technische universität dortmund

Fakultät Physik

Modulhandbücher für die Fachstudiengänge

B.Sc. Physik
M.Sc. Physics

B.Sc. Medizinphysik
M.Sc. Medical Physics and Physics of Living Systems

Module Handbooks for the one-subject degree programs

B.Sc. Physik
M.Sc. Physics

B.Sc. Medizinphysik
M.Sc. Medical Physics and Physics of Living Systems

Version: 12. November 2026

Inhalt/Content

Inhalt/Content 2
Änderungshistorie 10
Neues in der Version vom 12. November 2026 10
Neues in der Version vom 02. Oktober 2026 10
Neues in der Version vom 27. Juli 2026 10
Neues in der Version vom 06. Mai 2026 10
News 11
News in the version of 12 November 2026 11
News in the version of 2 October 2026 11
News in the version of 27 July 2026 11
News in the version 6 May 2026 12
Modulhandbuch zum Studiengang **Physik, Bachelor of Science** der Technischen Universität Dortmund 13
Erläuterungen 14
Module Semester 1 bis 4 16
Modul: Höhere Mathematik I 16
Modul: Höhere Mathematik II 17
Modul: Höhere Mathematik III 18
Modul: Höhere Mathematik IV 19
Modul: Numerische Mathematik 20
Modul: Einführung in die Programmierung 22
Modul: Allgemeine und anorganische Chemie (Vorlesung) für Physik 24
Modul: Allgemeine und anorganische Chemie (Praktikum) für Physik 26
Modul: Datenstrukturen, Algorithmen und Programmierung 1 (DAP 1) (INF-BSc-102) 27
Modul: Physik I (PHY111) 29
Modul: Physik II (PHY211) 31
Modul: Grundlagen wissenschaftlicher Datenverarbeitung am Computer (PHY212) 33
Modul: Physik III (PHY311) 34
Modul: Grundpraktikum Bachelor Physik I /II (PHY341/441) 36
Modul: Physik IV (PHY411) 38
Modul: Grundbegriffe der Physik Teil I: Von der Antike zur klassischen Feldtheorie (PHY312) 40
Modul: Grundbegriffe der Physik Teil II: Von der probabilistischen Revolution zum Physikverständnis mit KI-Methoden (PHY412) 42
Modul: Instrumente der modernen Physik (PHY421) 44
Module: Seminar: Introduction to particle accelerator physics (PHY422) 46
Module Semester 5 und 6 47
Modul: Seminar: Die Physik und Technik bei Star Trek (PHY513) 47

Modul: Physik des Segelns (PHY515) 48
Modul: Einführung in die Festkörperphysik (PHY521) 50
Modul: Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik (PHY522) 52
Module: Statistical Methods of Data Analysis / SMD A (PHY523a) 54
Module: Statistical Methods of Data Analysis / SMD B (PHY523b) 55
Modul: Physik und Technik der Verifikation von Rüstungsbegrenzungsverträgen (PHY524) 56
Module: Statistical Methods of Data Analysis 2 (PHY525) 58
Module: Nuclear Energy and Other Energy Issues (PHY528) 59
Modul: Teilchenphysik 1 (PHY529) 60
Modul: Vorlesung Magnetismus (PHY5210V) 61
Modul: Seminar Magnetismus (PHY5210S) 62
Modul: Materials for Nanoelectronics and High-Speed Quantum Electronic Devices (PHY5211) 63
Modul: Attosekundenphysik (Literaturseminar) (PHY5214) 64
Modul: Photovoltaik (PHY5216) 65
Modul: Streumethoden in der Festkörperphysik (PHY5217) 67
Modul: Einführung in die Quantentechnologien (PHY5218) 69
Modul: Thermodynamik und Statistik (PHY531) 70
Modul: Kosmologie, Quantenkosmologie, Gravitationswellen (PHY535) 72
Modul: Physik und Philosophie der Zeit (PHY536) 73
Module: Group Theory in Physics: with a Focus on Solid State Physics (PHY538) 74
Modul: Condensed Matter Meets Particle Physics (PHY539) 75
Module: Modern methods in experimental quantum physics (PHY541) 76
Modul: Bachelorarbeit (PHY611) 77
Modul: Spezielle Themen der experimentellen Teilchenphysik (PHY624) 78
Modul: Physik und Technologie von Halbleiter-Nanostrukturen (PHY625) 79
Module: Machine Learning for Physicists (PHY626) 80
Modul: Fortgeschrittene nichtlineare spektroskopische Methoden in der Festkörperphysik (PHY628) 81
Modul: Angewandte Dosimetrie (PHY629) 82
Modul: Superconductivity (PHY6212) 83
Module: Cold atoms and molecules (PHY6214) 85
Module: Quantum Technologies with Atoms and Photons (PHY6215) 86
Modul: Höhere Quantenmechanik (PHY631) 87
Modul: Computational Physics (PHY632) 89
Module: Theory of Soft and Biological Matter (PHY633) 91
Modul: Allgemeine Relativitätstheorie (PHY634) 93

Module: Advanced Solid State Physics I: Semiconductors and Light-Matter Interaction (PHY635) 94
Modul: Fortgeschrittenenpraktikum (Bachelor) (PHY641) 96
Module handbook for the study program **Physics, Master of Science** of the TU Dortmund University 98
Preface 99
Numbering Scheme 99
General remarks 99
Module Descriptions 102
Module: Accelerator Physics I (PHY712) 103
Modul: Ethik der Naturwissenschaften (PHY7240) 104
Module: NRW Lecture Series on Quantum Technologies (PHY7241) 106
Module: Advanced Deep Learning in Physics (PHY7242) 107
Module: How AI is advancing Fundamental Physics (PHY7243) 108
Module: Experimental methods in cold molecule physics (PHY7244) 109
Module: Principles and Applications of Nonlinear Optical Spectroscopy (PHY7245) 110
Module: Soft Matter and Biophysics: Experiment and Theory (PHY713) 111
Modul: Molecular Simulation of soft matter and biological materials (PHY714) 112
Module: Key Experiments in Particle Physics (PHY723) 113
Module: Measurement Methods in Surface Physics (PHY724) 114
Module: Accelerator Physics and Synchrotron Radiation: Applications in Solid State Physics (PHY726) 115
Module: Atomically Resolved Surface and Interface Analysis (PHY727) 116
Module: Solid State Spectroscopy (PHY728) 117
Modul: Laser – Arten und Anwendungen (PHY729) 118
Module: Particle and Astroparticle Physics (PHY7210) 119
Module: Neutrino and Gamma Astronomy (PHY7211) 120
Module: Particle Physical Aspects of Cosmic Rays (PHY7212) 121
Module: Modern Optics (PHY7213) 122
Module: Quantum Optics (PHY7214) 123
Module: Reading course on particle physics (PHY7215) 124
Module: Radio Astronomy (PHY7217) 125
Module: Cosmic Rays (PHY7218) 126
Module: Physical-Chemical Analytics 1a, Applied Spectrometry (PHY7219a) 127
Module: Physical-Chemical Analytics 2a, Applied Plasma Physics (PHY7220a) 128
Module: Physical-Chemical Analytics 3a, Applied Laser Spectrometry (PHY7221a) 129
Module: Physical-Chemical Analytics 1b, Applied Spectrometry (PHY7219b) 130
Module: Physical-Chemical Analytics 2b, Applied Plasma Physics (PHY7220b) 131

Module: Physical-Chemical Analytics 3a, Applied Laser Spectrometry (PHY7221b) 132
Module: Magnetism II (PHY7222a) 133
Modules: Magnetism II (PHY7222b) 134
Module: Information Technology of the Future (PHY7224) 135
Module: Tandem Projects in Particle Physics (PHY7225) 136
Module: The Search for New Particles, Dark Matter & Co. (PHY7227) 137
Module: Superconducting Technology applied to particle accelerators (PHY7228) 138
Module: Terahertz Dynamics of Condensed Matter (PHY7229) 139
Module: Quantum Technologies (PHY7230) 140
Module: Dynamics of Open Quantum Systems (PHY7231) 141
Module: Physics of the Top Quark and the Higgs Boson (PHY7232) 142
Module: Practical Aspects of Instrumentation (PHY7233) 143
Module: Laboratory of Condensed Matter Physics: Time-Resolved Photoemission (PHY7234) 144
Module: Advanced Solid State Physics II: Magnetism and Superconductivity (PHY7235) ... 146
Module: Quantum simulation with cold atoms and molecules (PHY7238) 147
Module: Particle physics meets astroparticle physics (PHY7239) 148
Module: Introduction to Theoretical Elementary Particle Physics (PHY731) 149
Module: Introduction to Theoretical Solid State Physics (PHY732) 150
Module: Quantum Field Theory (PHY733) 151
Module: Introduction to the Renormalization Group (PHY735) 152
Module: Physics Beyond the Standard Model (BSM Seminar) (PHY736) 153
Module: Theoretical Problems of Condensed Matter (PHY737) 154
Module: Hadrons in Quantum Chromodynamics (PHY738) 155
Module: Differential Geometry / General Relativity (PHY739) 156
Module: Big Questions (PHY7310) 157
Module: Neutrinos and Cosmology (PHY7311) 158
Module: Theory of Magnetism in Solids (PHY7312) 159
Module: Theory of Soft and Biological Matter (PHY7313) 160
Module: Quantum Theory of Semiconductors (PHY7314) 161
Module: Ask me anything: Quantum Dots (PHY7315) 162
Module: Advanced Topics in Quantum Field Theory (PHY7316) 163
Module: From Standard Model to BSM Physics (PHY7317) 164
Module: Advanced Laboratory I Master Physics (PHY742) 165
Module: Flavor Physics in Experiment and Theory (PHY811) 166
Module: Accelerator Physics II (PHY812) 167
Module: Practical Aspects of Particle Physics Measurements (PHY822) 168
Modul: Astroteilchenphysik (PHY823) 169

Module: Astroparticle Physics II (PHY823.2) 171
Module: Fundamentals of Detector Physics (PHY825) 172
Module: Detector systems in particle and medical physics (PHY826) 173
Module: False Discoveries in Particle Physics (PHY827) 174
Module: Structural Analysis with X-rays (PHY829) 175
Module: External School in Particle Physics (PHY8210) 176
Module: Applications of Synchrotron Radiation (PHY8211a) 177
Module: Applications of Synchrotron Radiation (PHY8211b) 178
Module: Light-Matter Interaction (PHY8212) 179
Module: Light-Matter Interaction (PHY8213) 180
Module: Many-Particle Solid-State Theory (PHY831) 181
Module: Cosmology (PHY832a) 182
Module: Cosmology (PHY832b) 183
Module: Flavor Physics (PHY833) 184
Module: Theory of Soft and Biological Matter II (PHY838) 185
Module: Advanced Methods in Theoretical High-Energy Physics (PHY839) 186
Module: Renormalization in Theoretical High-Energy Physics (PHY8310) 187
Module: Modern Quantum Computing and Quantum Simulation (PHY8311) 188
Module: Directions for New Physics (PHY8312) 189
Module: Ultrafast spintronics and light driven magnetisation dynamics (PHY8216) 190
Module: Dark Matter and Axions (PHY8217) 191
Module: Between Data and their Interpretations: Epistemology of Physics in the Age of AI (PHY 8218) 192
Module: Advanced Magnetism (PHY8219) 193
Module: Surface Science Lecture: Structure, Properties, and Analysis of Surfaces (PHY8220) 195
Module: Quantum Information (From Qubits to Black Holes) (PHY7318) 197
Module: Modern Quantum Computing and Quantum Simulation (PHY7319) 198
Module: Software Engineering for Physicists (PHY7320) 199
Module: Optical spin spectroscopy of semiconductors (PHY7321) 200
Module: Stochastic dynamics – from Brownian motion to field theory (PHY7322) 201
Module: Atmospheric Plasmas (PHY7323) 203
Module: Ultrafast Spectroscopic Methods in Solid State Physics (PHY7236) 204
Module: Condensed matter physics: Time-domain Terahertz spectroscopy (PHY7237) 205
Module: Advanced Laboratory Course II: Solid State Physics (PHY842) 207
Module: Advanced Laboratory Course II: Particle Physics (PHY843) 208
Module: Advanced Laboratory Course II: Theoretical Course (PHY844) 209
Module: Advanced Laboratory Course II: Electronics (PHY845) 210

Module: Condensed Matter Theory Laboratory Course (PHY846) 211
Module: Presentation Techniques (PHY847) 212
Module: English for Physics C1 213
Module: Research Internship (PHY911) 214
Module: Methods and Project Planning (PHY912) 215
Module: Particle physics meets industry (PHY921) 216
Module: Master's thesis (PHY1011) 217
Modulhandbuch zum Studiengang **Medizinphysik, Bachelor of Science** der Fakultät Physik .. 218
Pflichtmodule 219
Zur Verwendbarkeit der Module 220
Modul: Experimentalphysik I 222
Modul: Experimentalphysik II 223
Modul: Experimentalphysik III 224
Modul: Theoretische Physik I 225
Modul: Theoretische Physik II (Quantenphysik) 226
Modul: Medizinphysik I (PHY622) 227
Modul: Medizinphysik II 228
Modul: Struktur der Materie 230
Modul: Medizinische Strahlungsphysik I, Ringvorlesung Medizinphysik und Medizinphysikalisches Klinikpraktikum 231
Modul: Elektronik (PHY621) 233
Modul: Grundpraktikum 234
Modul: Fortgeschrittenenpraktikum Bachelor Medizinphysik 235
Modul: Bachelorarbeit 236
Modul: Anatomie I 237
Modul: Biochemie I 238
Modul: Biochemie II 239
Modul: Physiologie I 240
Modul: Physiologie II 241
Modul: Einführung in die Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftler (Logistik+WI) 242
Wahlbereich 243
Vorbemerkungen 243
Modul: Anatomie II 244
Modul: Arbeitsmedizin 245
Modul: Humangenetik 246
Modul: Hygiene und Umweltmedizin 247
Modul: Klinische Chemie 248

Modul: Klinische Propädeutik ... 249
Modul: Mikrobiologie ... 250
Modul: Pathologie ... 251
Modul: Pharmakologie ... 252
Modul: Methoden der klinischen Forschung (PHY6210) ... 253
Modul: Laser in der Medizintechnik ... 254
Modul: Strahlentherapie und Dosimetrie ... 255
Modul: Anwendungen des Maschinellen Lernens in der Medizinphysik (PHY6211) ... 256
Module handbook for the study program **Medical Physics and Physics of Living Systems (MMP-PLS), Master of Science** of TU Dortmund University ... 257
General remarks ... 258
Description of the study program ... 259
Study Phase ... 259
Research Phase ... 260
Typical Course Timelines (Examples) ... 261
Detailed module descriptions ... 266
Synchronisation courses ... 266
Module: Biomedical Physics (Synch Course) ... 267
Module: Theoretical Physics (Synch Course) ... 269
Fundamentals of thermodynamics and statistics ... 270
Module: Statistical Methods of Data Analysis / SMD A (PHY523a) ... 270
Module: Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik (Informatik) (GW02) 271
Module: Thermodynamik und Statistik (PHY531) ... 272
Module: Thermodynamics and Statistical Physics (RUB) ... 273
Module: Advanced Clinical Medical Physics ... 275
Module: Advanced Medical Imaging ... 277
Module: AI for Medical Applications ... 278
Module: Radiation applications in the clinic ... 280
Module: Modern Radiation Therapy ... 281
Module: Medical physics and technology of particle therapy ... 282
Module: Applied Proton Therapy ... 283
Module: TPS - Practical Course on Treatment-Planning (KM05) ... 284
Module: Basic radiation protection regulation for medical physics experts ... 285
Module: Fundamentals of Detector Physics (PHY825) ... 286
Module: Angewandte Dosimetrie (PHY629) ... 287
Module: Advanced MRI ... 288
Module: Image processing in medicine ... 290
Module: Ultrasound in medicine ... 291

Module: Applications of Machine Learning in Medical Physics 292
Module: Modern Techniques of Radiation Therapy 293
Module: Introduction to radiation physics and proton therapy 294
Module: Challenges of Future Radiation Oncology 295
Module: Hands-On MRI: From Phantom Fabrication to Image Acquisition 296
Module: Practical Aspects of Particle Science and Radiotherapy 298
Module: From Spin to Clinical Decisions: MRI at the Heart of Precision Medicine and Personalized Care 299
Module: Physics of life (BP12) 302
Module: Lab course to Physics of Living Systems 303
Module: AI for Medical Applications 304
Module: Theory of Soft and Biological Matter (PHY633) 306
Module: Molecular Simulation of Soft Matter and Biological Materials (PHY714) 307
Module: Biomaterials: From Cells to Tissues 309
Module: Tissue Engineering 311
Module: Biomolecular Modeling 312
Module: Medicinal Chemistry 1 313
Module: Medicinal Chemistry 2 315
Module: Fundamental Immunology 317
Module: Tomographic imaging methods 319
Module: Master's internship in medical technology 320
Module: Master's seminar in medical technology 321
Module: Biomedical Optics (BV07) 322
Module: Applied data visualization for medical physicists 323
Module: Medical image processing 324
Module: Seminar - Medical Image and Signal Processing 325
Module: Innovations in Medical Physics: From AI to Precision Medicine 326
Module: Applied Physics in Clinical Medicine (PHY7226) 329
Modules in the research phase 331
Module: Research Internship (FP02) 331
Module: Master’s thesis (FP03) 332
Modulübersicht / Module overview 333

Änderungshistorie

Neues in der Version vom 12. November 2026

Modul	Neuer Name	Alter Name	Einbettung in Modulhandbuch
Modifizierter Inhalt	**Photovoltaik** Öffnung für M.Ed. Physik (Lehramt)		B.Sc. Physik
	Modern Optics Angebot auch im WS		M.Sc. Physics
	Advanced Medical Imaging Angebot auch im SoSe		MMPPLS

- Zusammenlegen der Modulhandbücher zu einem Gesamt-Modulhandbuch

Neues in der Version vom 02. Oktober 2026

Modul	Neuer Name	Alter Name	Einbettung in Modulhandbuch
Modifizierter Name	Grundpraktikum Bachelor Physik I/II	Grundpraktikum für Physiker I / II	B.Sc. Physik
Modifizierter Inhalt	Physik III • veränderte Teilnahmebedingungen: Physik I oder II sowie Höhere Mathematik I oder II sind nur noch Empfehlung, keine Pflicht mehr		B.Sc. Physik
Weggefallenes Modul	Aktuelle Themen und Techniken aus der Oberflächenphysik		B.Sc. Physik

Neues in der Version vom 27. Juli 2026

Modul	Neuer Name	Alter Name	Einbettung in Modulhandbuch
Modifizierter Name	Modern Radiotherapy (KM10)	Modern Radiation Therapy (KM10)	MMPPLS

Neues in der Version vom 06. Mai 2026

Generalüberholung

- Neue Struktur des gesamten Modulhandbuchs: nur eine Modulbeschreibung für ein Modul in einem Modulhandbuch und in den anderen betreffenden Modulhandbüchern nur

Referenzen
- Einheitliche Sprache in allen Studiengängen (nur ein deutscher oder ein englischer Titel pro Modul)
- Nur ein Modulname für ein Modul (Reduktion von Redundanzen)
- Übersicht aller für den Studiengang relevanten Module in Form einer Tabelle am Ende des Modulhandbuchs

News

News in the version of 12 November 2026

Module	New Name	Old Name	Located in module handbook
modified content	**Photovoltaik** Open also for M.Ed. Physik (Lehramt)		B.Sc. Physik
	Modern Optics Offer also in WS		M.Sc. Physics
	Advanced Medical Imaging Offer also in SoSe		MMPPLS

- Combining the module handbooks into a single comprehensive module handbook

News in the version of 2 October 2026

Module	New Name	Old Name	Located in module handbook
modified name	Advanced Laboratory I Master Physics (PHY742)	Advanced Laboratory Course for Master Students (PHY742)	M.Sc. Physics

News in the version of 27 July 2026

Module	New Name	Old Name	Located in module handbook
new	Innovations in Medical Physics: From AI to Precision Medicine		MMPPLS
	Challenges of Future Radiation Oncology		MMPPLS
	Introduction to radiation physics and proton therapy		MMPPLS
	Principles and Applications of nonlinar optical Spectroscopy (PHY7245)		M.Sc. Physics
	Atmospheric Plasmas (PHY7323)		M.Sc. Physics

modified name	Practical Aspects of Particle Physics Measurements (PHY822)	Experimental Aspects of Particle Physics (PHY822)	M.Sc. Physics
	Modern Radiotherapy (KM10)	Modern Radiation Therapy (KM10)	MMPPLS
modified content	AI for Medical Applications • Open for M.Sc. Computer Science ans M.Sc. Applied Computer Science • New prerequisite lab course „Python Programming for Machine Learning“		MMPPLS

News in the version 6 May 2026

Overhaul

- new structure of the general module handbook: only one module description for one module in one module handbook and in the other module handbooks only references
- consistent language between all degree programs (only one German or one English title per module)
- only one module name for one module (reduce of redundances)
- overview of all modules which are relevant for the degree program in form of a table in the end of the module handbook

Modulhandbuch
zum Studiengang
Physik, Bachelor of Science
der Technischen Universität
Dortmund

Prüfungsordnung 2017

Erläuterungen

Die Module des Fachs Physik sind hier mit einer Nummer der Form **PHYklmn** versehen. Dabei ist

- **k** die Nummer des Semesters in dem dieses Modul normalerweise begonnen werden kann. Die Semester des Bachelor- und Masterstudiengangs sind dabei fortlaufend nummeriert, also k=1,...,6 für den Bachelorstudiengang und k=7,...,10 für den Masterstudiengang,
- **l** die Art der Veranstaltung:
  l=1: Theoretische und experimentelle Physik, z.B. integrierter Kurs;
  l=2: Experimentalphysik;
  l=3: Theoretische Physik;
  l=4 Experimentelle Übung (Praktikum),
- **mn** eine Ordnungsnummer.

Die im Bachelorstudiengang verwendeten Importmodule aus der Mathematik, Chemie und Informatik sind in der von den anbietenden Fakultäten veröffentlichten Form aufgeführt. Sie sind daher auch nicht nach dem oben beschriebenen Schema nummeriert und die Beschreibungen sind unterschiedlich gestaltet.

Die Module des Wahlbereichs bzw. des allgemeinen Vertiefungsgebiets im Bachelorstudiengang und im Masterstudiengang sind den Modulkatalogen der anbietenden Fakultäten zu entnehmen. Diese sind durch die jeweiligen Prüfungsordnungen näher bestimmt. Die Auswahl der möglichen Module geschieht in Abstimmung zwischen den beteiligten Fächern bzw. Fakultäten. Ein starrer Katalog ist im Interesse der Flexibilität und der Anpassung an neue Entwicklungen in der Wissenschaft und im Berufsfeld nicht sinnvoll. Als Anhaltspunkt für mögliche Kombinationen von Modulen in diesen Bereichen werden Beispiele für bewährte Kombinationen von Veranstaltungen im Internet publiziert.

Auch die Liste der Wahlmodule für den Wahlbereich bzw. das physikalische Vertiefungsgebiet ist nicht als exklusiv oder starr anzusehen. Auch hier müssen neue Entwicklungen berücksichtigt werden können; weiterhin sollen auch Lehrveranstaltungen von Gastdozentinnen und Gastdozenten sowie die Lehrveranstaltungen der an der Fakultät habilitierten externen (ISAS, DESY etc.) Lehrenden sowie weitere nicht regelmäßig stattfindende Lehrveranstaltungen in diesen Bereichen Verwendung finden können.

Für den Wahlbereich bzw. das physikalische Vertiefungsgebiet sind keine festen Module oder Modulkombinationen vorgeschrieben worden, um den Studierenden eine individuelle Schwerpunktsetzung, insbesondere im Masterstudiengang, zu ermöglichen. Diese Schwerpunktsetzung erfolgt in Abstimmung mit den Lehrenden, der Studienberatung und dem Prüfungsausschuss. Es hat sich gezeigt, dass sich ein Kanon von sinnvollen Standardkombinationen herausbildet, an dem sich die Studierenden orientieren.

Viele der Wahlmodule sind daher bewusst klein (3 LP) gehalten, um den Studierenden in Abstimmung mit den Lehrenden eine optimale Anpassung an individuelle Vertiefungswünsche zu ermöglichen. Beispielsweise könnte das Modul 825 (Grundlagen der Detektorphysik, 3LP) zusammen mit 823 (Astroteilchenphysik, 6LP) und 7210 (Seminar: Teilchen- und Astroteilchenphysik, 3LP) ein sinnvolles physikalisches Vertiefungsgebiet im Hinblick auf eine Masterarbeit in der Astroteilchenphysik sein. Dasselbe Modul 825 kann aber auch mit 622 (Einführung Medizinphysik, 8 LP) und Strahlentherapie und Dosimetrie (aus dem Studiengang Medizinphysik) für eine Spezialisierung in der Medizinphysik eingesetzt werden, oder, noch anders kombiniert, in der traditionellen Teilchenphysik an Beschleunigern. Eine erschöpfende Auflistung *aller* möglichen Kombinationen erscheint im Interesse der Übersichtlichkeit nicht sinnvoll.

Das Modul „Physikalisches Hauptseminar“ nach §10 der Master-Prüfungsordnung ist fachlich nicht näher spezifiziert, da alle Arbeitsgruppen der Fakultät regelmäßig Seminare auf dem entsprechenden Niveau anbieten. Einige davon sind im Modulkatalog explizit beschrieben, um darauf hinzuweisen, dass sie sich in Kombination mit anderen Modulen gut für ein Vertiefungsgebiet eignen; ein Beispiel dafür ist etwa PHY726. Selbstverständlich kann ein für ein Vertiefungsgebiet verwendetes Seminar nicht nochmals als Physikalisches Hauptseminar verwendet werden. Leistungspunkte für Seminare werden nur bei regelmäßiger aktiver Teilnahme an den Seminardiskussionen vergeben; außerdem muss ein eigener Beitrag vorgetragen werden.

Wie an den meisten Physikfakultäten und -Fachbereichen üblich, rotieren die Pflichtveranstaltungen und die größeren Wahlveranstaltungen unter den Lehrenden; daher wird in den Modulbeschreibungen auf Namensangaben der Lehrenden verzichtet.

Für die Mehrzahl der Module im Fach Physik ist die verwendete Literatur in den Modulbeschreibungen angegeben. Weitere Literatur wird jeweils zu Beginn eines Moduls von den aktuellen Lehrenden bekanntgegeben, auf Anfrage auch im Voraus.

Viele Module aus dem Bachelor- oder Master-Studiengang Medizinphysik können auch in den Bachelor- und Master-Studiengängen Physik verwendet werden, beispielsweise die Module Medizinphysik I und II und andere Module, deren Inhalte nicht weitgehend durch Pflicht- Wahlpflicht- oder Wahlmodule der Bachelor- und Master-Studiengänge Physik abgedeckt werden. Diese Module sind im entsprechenden Modulhandbuch des Master-Studienganges Medizinphysik beschrieben.

Modul: Höhere Mathematik I

für Physik, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (P/ET-IT/AI)

Bachelor-Studiengänge: Physik, Medizinphysik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik

Turnus	Dauer	Studienabschnitt	Credits	Aufwand
Jährlich zum WS	1 Semester	1. Semester	9	270 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI	V	6	4
2	Übungen zu Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache
Deutsch

3 Lehrinhalte
Dieses Modul vermittelt die grundlegenden mathematischen Begriffe der Analysis und der Linearen Algebra. Die Vorlesung (Element 1) beginnt mit der Einführung der reellen und komplexen Zahlen. Es folgen aus der Analysis die Themen 'Folgen und Reihen' sowie 'Stetigkeit, Differenzierbarkeit und Integration von Funktionen einer Veränderlichen'. Im Teil für Lineare Algebra werden 'Vektorräume und Lineare Abbildungen' sowie 'Determinanten und Eigenwerte' diskutiert.
Die Übungen (Element 2) dienen der Vertiefung der Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und der Anwendung auf konkrete Probleme der Physik und Ingenieurwissenschaften. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben.

4 Kompetenzen
Die Studierenden sollen die grundlegenden mathematischen Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen.

5 Prüfungen
Physik: Unbenotete Modulprüfung.
Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht.

6 Prüfungsformen und –leistungen
☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen
Empfohlen wird die Beherrschung des Schulstoffs Mathematik

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls
Pflichtmodul in den Bachelorstudiengängen Physik, Medizinphysik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik

9 Modulbeauftragte/r	Zuständige Fakultät
Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik	Fakultät für Mathematik

Modul: Höhere Mathematik II

für Physik, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (P/ET-IT/AI)

Bachelor-Studiengänge: Physik, Medizinphysik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik

Turnus	Dauer	Studienabschnitt	Credits	Aufwand
Jährlich zum SS	1 Semester	2. Semester	9	270 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Höhere Mathematik II für P/ET-IT/AI	V	6	4
2	Übungen zu Höhere Mathematik II für P/ET-IT/AI	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache
Deutsch

3 Lehrinhalte
Dieses Modul setzt das Modul *Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI* fort.
Die Vorlesung (Element 1) besteht aus den Themenkomplexen 'eindimensionale Integralrechnung', 'mehrdimensionale Differentialrechnung', 'mehrdimensionale Integralrechnung' und 'Gewöhnliche Differentialgleichungen'.
Die Übungen (Element 2) dienen der Vertiefung der Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und der Anwendung auf konkrete Probleme der Physik und Ingenieurwissenschaften. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben.

4 Kompetenzen
Die Studierenden sollen die grundlegenden mathematischen Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen bzw. weiter vertiefen.

5 Prüfungen
Benotete Modulprüfung.
Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht.

6 Prüfungsformen und –leistungen
☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen
Solide Kenntnisse aus Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls
Pflichtmodul in den Bachelorstudiengängen Physik, Medizinphysik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik

9 Modulbeauftragte/r
Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik

Zuständige Fakultät
Fakultät für Mathematik

Modul: Höhere Mathematik III

für Physik, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (P/ET-IT/AI)

Bachelor-Studiengänge: Physik, Medizinphysik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik

Turnus	Dauer	Studienabschnitt	Credits	Aufwand
Jährlich zum WS	1 Semester	3. Semester	9	270 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI	V	6	4
2	Übungen zu Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache
Deutsch

3 Lehrinhalte
Dieses Modul setzt das Modul *Höhere Mathematik II für P/ET/IT/AI* (Modul S-P200) fort.
Die Vorlesung (Element 1) führt die Themenkomplexe der Höheren Mathematik II fort. Dann folgen die Themen 'Funktionentheorie', 'Fourieranalysis' und 'Integraltransformationen' sowie eine Einführung in die Partiellen Differentialgleichungen.
Die Übungen (Element 2) dienen der Vertiefung der Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und der Anwendung auf konkrete Probleme der Physik und Ingenieurwissenschaften. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben.

4 Kompetenzen
Die Studierenden sollen die grundlegenden mathematischen Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen bzw. weiter vertiefen.

5 Prüfungen
Benotete Modulprüfung.
Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht.

6 Prüfungsformen und –leistungen
☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen
Solide Kenntnisse aus Höhere Mathematik I und II für P/ET/IT/AI

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls
Pflichtmodul in den Bachelorstudiengängen Physik, Medizinphysik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik

9 Modulbeauftragte/r
Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik

Zuständige Fakultät
Fakultät für Mathematik

Modul: Höhere Mathematik IV

für Physik

Bachelor-Studiengänge: Physik

Turnus:	**Dauer**	**Studienabschnitt**	**Credits**	**Aufwand**
Jährlich zum SS	1 Semester	4. Semester	6	180 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Höhere Mathematik IV für Physik	V + Ü	6	4

2 Lehrveranstaltungssprache
Deutsch

3 Lehrinhalte
Dieses Modul setzt das Modul *Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI* fort.
In der Veranstaltung werden einige fortgeschrittene und für physikalische Anwendungen besonders relevante Themenkomplexe der Analysis erarbeitet. Als solche eignen sich in besonderer Weise die Themen 'Hilberträume', 'Variationsrechnung', 'Differentialformen und Distributionen' und 'Dynamische Systeme'.
Die Übungen dienen der Vertiefung der jeweiligen Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und ihrer Anwendung auf konkrete Probleme. Sie bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben.

4 Kompetenzen
Die Studierenden sollen fortgeschrittene mathematische Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen bzw. weiter vertiefen.

5 Prüfungen
Benotete Modulprüfung in Form einer Klausurarbeit (90min).
Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht.

6 Prüfungsformen und –leistungen
☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung:**

7 Teilnahmevoraussetzungen
Solide Kenntnisse in Höhere Mathematik I - III für P/ET-IT/AI

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls
Pflicht-Teilmodul im Bachelorstudiengang Physik

9 Modulbeauftragte/r	**Zuständige Fakultät**
Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik	Fakultät für Mathematik

Modul: Numerische Mathematik

für Physik und Ingenieurwissenschaften

Bachelor-Studiengänge: Physik, Chemieingenieurwesen, Bioingenieurwesen, Bauingenieurwesen

Turnus	Dauer	Studienabschnitt	Credits	Aufwand
Jährlich zum SS	1 Semester	4. oder 6. Semester	6	180 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Numerische Mathematik für Physik und Ingenieurwissenschaften	V + Ü	6	4

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Dieses Modul setzt das Modul *Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI* fort.
In der Veranstaltung werden Methoden der Numerischen Mathematik zur praktischen Lösung numerischer Standardaufgaben (Interpolation, Integration, Gleichungssysteme, Differentialgleichungen, ...) behandelt. Die Übungen dienen der Vertiefung der jeweiligen Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und ihrer Anwendung auf konkrete Probleme. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben.
Die Veranstaltung vermittelt Grundlagen der numerischen Behandlung von Problemen, die in den Ingenieurwissenschaften und in der Physik vielfach auftreten:

1. Numerische Lineare Algebra (Lösung großer linearer Gleichungssysteme, Konditionierung, iterative Löser, Eigenwertberechnung)
2. Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme (Newton-Verfahren und Varianten)
3. Optimierung (lineare Programmierung, nichtlineare Probleme)
4. Numerische Behandlung gewöhnlicher Differentialgleichungen (Ein- und Mehrschrittverfahren, Steifheit von Differentialgleichungen, Randwertprobleme)

4 Kompetenzen

Die Studierenden sollen fortgeschrittene mathematischen Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen bzw. weiter vertiefen.
Die Studierenden kennen wesentliche mathematische Grundlagen zur numerischen Lösung von Anwendungsproblemen und gewinnen in den praktischen Übungen am Computer eigene Erfahrungen bei der Realisierung numerischer Algorithmen und bei der Anwendung geläufiger Verfahren auf Beispielprobleme. Sie können auf dieser Grundlage die Möglichkeiten und Grenzen der numerischen Lösungsverfahren einschätzen und passende Methoden für praktische Probleme auswählen.

5 Prüfungen

Benotete Modulprüfung in Form einer Klausurarbeit (90min).
Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht.

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung:**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Kenntnisse in Höhere Mathematik I - III für P/ET/IT/AI bzw. Höhere Mathematik I-IIIa für MB/BCI/BW; ggf. weitere Veranstaltungen des Studienfachs

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Pflicht-(Teil-)Modul im Bachelorstudiengang Physik

9	**Modulbeauftragte/r** Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik	**Zuständige Fakultät** Fakultät für Mathematik

Modul: Einführung in die Programmierung

für Physik, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (P/ET-IT/AI)

Bachelor-Studiengänge: Physik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik

Turnus	Dauer	Studienabschnitt	Credits	Aufwand
Jährlich im WS	1 Semester	1. Semester	12 (V,Ü,P) oder 9 (V,Ü)	360 oder 270 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Einführung in die Programmierung	V	6	4
2	Übungen zu Einführung in die Programmierung	Ü	3	2
3	Optional: Praktikum zu Einführung in die Programmierung	P	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Elemente 1 und 2

1. Begriffsklärungen: Informatik allgemein, Teilgebiete der Informatik, Algorithmus; Abgrenzung zu anderen Wissenschaften; Überblick: Rechnerarchitektur und Programmiersprachen; Darstellung von Information
2. Programmierung in C++: grundlegende Datentypen und -strukturen, Kontrollstrukturen, Zeiger, Funktionen, Klassenkonzept, Vererbung, Polymorphie, Ausnahmebehandlung, Schablonen, Überblick STL
3. Abstrakte Datentypen: Keller, Schlange, Listen, Binärbaum, Graphen, Komplexe Zahlen
4. Algorithmen: Suchen, Sortieren, Hashing, Rekursionsprinzip, einfache Graphalgorithmen
5. Einführung in die GUI-Programmierung (mit Qt)

Element 3

Die in der Vorlesung behandelten Inhalte werden anhand vorgegebener Aufgaben (im wesentlichen Programmieraufgaben) vertieft. Die Aufgaben sind mittels bereitgestellter Rechner praktisch zu bearbeiten und zu lösen.

Lehrbücher

- Lippmann; Lajoie; Moo: C++ Primer, 4. Auflage (dt. Ausgabe)
- May: Grundkurs Software-Entwicklung mit C++;
- Stroustrup: Die C++ Programmiersprache, 4. Auflage

4 Kompetenzen

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, Algorithmen aus unterschiedlichen Bereichen strukturiert zu entwerfen und in der objektorientierten Programmiersprache C++ umzusetzen. Dabei wählen sie jeweils geeignete Datentypen aus. Sie kennen die Sprachkonstrukte von C++ und beherrschen die Grundkonzepte von objektorientierten Programmiersprachen. Sie können verschiedene Softwarewerkzeuge zur Unterstützung der Programmierung und der Fehlersuche einsetzen.

5 Prüfungen

Benotete Modulprüfung: Klausur (180min)

Studienleistungen:

(1) Erwerben eines Übungsscheines zu Element 2

(2) Erwerben eines Übungsscheines zu Element 3

Die Studienleistungen (1) und (2) sind Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung**

7	**Teilnahmevoraussetzungen** -keine-	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** siehe Prüfungsordnungen der jeweiligen Studiengänge	
9	**Modulbeauftragte/r** Prof. Dr. Günter Rudolph	**Zuständige Fakultät** Informatik

Modul: Allgemeine und anorganische Chemie (Vorlesung) für Physik

B.Sc.-Studiengang: Physik				
Turnus Jährlich zum WS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 1. Semester	**Credits** 6	**Aufwand**: 180 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Allgemeine und anorganische Chemie /	V	6	4

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

In der Vorlesung „Allgemeine und Anorganische Chemie“ werden die wesentlichen Grundlagen folgender Themen behandelt: 1. Grundlagen der Stofftrennung, 2. Einführung in der Atomtheorie, 3. Stöchiometrie, 4. Chemische Reaktionsgleichungen, 5. Energieumsatz und chemische Reaktionen, 6. Elektronenstruktur der Atome, 7. Ionenbindung, 8. Kovalente Bindung, 9. Molekülgeometrie, 10. Flüssigkeiten und Feststoffe, 11. Lösungen, 12. Reaktionen in wässriger Lösung, 13. Reaktionskinetik, 14. Das chemische Gleichgewicht, 15. Säuren und Basen, 16. Säure-Base-Gleichgewichte, 17. Das Löslichkeitsprodukt, 18. Thermodynamik, 19. Elektrochemie, 20. Verwendung, Eigenschaften und Gewinnung der Elemente, 21. Verfahren und technische Geräte

4 Kompetenzen

Durch die erfolgreiche Beendigung dieses Moduls sollte der/die Studierende in der Lage sein,

- Modellvorstellungen und grundlegende Konzepte der Anorganischen Chemie zu unterscheiden, gegeneinander abzuwägen und zu reflektieren;
- Konzepte der Chemie zu verallgemeinern, auf neue Problemstellungen anzuwenden und die erhaltenen Ergebnisse durch Vergleich mit experimentellen Beobachtungen kritisch zu hinterfragen;
- durch die Kenntnis der Eigenschaften von ausgewählten chemischen Elementen und ausgesuchter Verbindungen deren Bedeutung für Mensch und Umwelt einordnen zu können;
- Erkenntnisprozesse und Anwendungen der Chemie hinsichtlich ihrer gesellschaftlichen und historischen Bedeutung einzuordnen und Verbindungslinien zu anderen Wissenschaften aufzuzeigen.

5 Prüfungen

Benotete Modulprüfung: Klausur.

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

keine

8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlpflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik	
9	**Modulbeauftragte/r** Prof. E.Sánchez García	**Zuständige Fakultät** Bio- und Chemieingenieurwesen

Modul: Allgemeine und anorganische Chemie (Praktikum) für Physik

B.Sc.-Studiengang: Physik				
Turnus Jährlich zum SS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 2. Semester	**Credits** 4	**Aufwand**: 120 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Anorganisch-chemisches Praktikum	P	4	4

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Im Anorganisch-chemischen Praktikum werden die Grundtypen anorganisch-chemischer Reaktionen (Säure-Base, Fällung, Redox und Komplexbildung) im Rahmen der Qualitativen und Quantitativen Analytik durchgeführt.

4 Kompetenzen

Durch die erfolgreiche Beendigung dieses Moduls sollte der/die Studierende in der Lage sein,

- Modellvorstellungen und grundlegende Konzepte der Anorganischen Chemie zu unterscheiden, gegeneinander abzuwägen und zu reflektieren;
- Konzepte der Chemie zu verallgemeinern, auf neue Problemstellungen anzuwenden und die erhaltenen Ergebnisse durch Vergleich mit experimentellen Beobachtungen kritisch zu hinterfragen;
- durch die Kenntnis der Eigenschaften von ausgewählten chemischen Elementen und ausgesuchter Verbindungen deren Bedeutung für Mensch und Umwelt einordnen zu können;
- geeignete chemisch-analytische Methoden problemorientiert auszuwählen, Experimente unter Beachtung von Umwelt- und Sicherheitsvorschriften zu planen, durchzuführen, auszuwerten und schriftlich zu dokumentieren;
- Erkenntnisprozesse und Anwendungen der Chemie hinsichtlich ihrer gesellschaftlichen und historischen Bedeutung einzuordnen und Verbindungslinien zu anderen Wissenschaften aufzuzeigen.

5 Prüfungen

Modulprüfung: testierte Versuche (unbenotet)
Alle Informationen zur Modulprüfung werden im Praktikumsskript bekannt gegeben.

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: testierte Versuche** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Das Modul „Allgemeine und anorganische Chemie (Vorlesung) für Physik“ muss bestanden sein.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik

9 Modulbeauftragte/r	**Zuständige Fakultät**
Dr. S. Zühlke	Chemie

Modul: Datenstrukturen, Algorithmen und Programmierung 1 (DAP 1) (INF-BSc-102)

B.Sc.-Studiengang: Physik				
Turnus Jedes Semester	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 1. Semester	**Credits:** 12	**Aufwand**: 360 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Datenstrukturen, Algorithmen und Programmierung 1	V	6	4
2	Datenstrukturen, Algorithmen und Programmierung 1	Ü	3	2
3	Datenstrukturen, Algorithmen und Programmierung 1	P	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Programmiersprachen: Einführung in die Sprache Java mit Konzepten für die strukturierte und objektorientierte Programmierung; informelle, exemplarische Diskussion von Syntax und Semantik einer Programmiersprache
Algorithmen: Sortieren auf Feldern, Verwalten von Listen, Verwalten und Traversieren von Bäumen mit verschiedenen Strategien, Suchen und Sortieren mit Bäumen; elementare Algorithmen auf Graphen
Datenstrukturen: Felder, Listen, Bäume, Graphen, implizite Datenstrukturen
Objektorientierte Software: Geheimnisprinzip und Kapselung bei der Konstruktion von Klassen, Nachrichtenaustausch zwischen Objekten, Vererbung, Aufbau von Spezialisierungshierarchien und Abbildung auf Vererbungshierarchien, Einsatz von Ausnahmebehandlung, Anwendung von Generizität, einfache Entwurfsmuster und objektorientierter Entwurf
Programmierung: Realisierung von Java-Programmen
Die begleitenden Übungen zu DAP 1 dienen zur Vertiefung des in der Vorlesung behandelten Stoffes. Dies geschieht durch regelmäßig ausgegebene Übungsaufgaben, die die Studierenden selbstständig bearbeiten. In den Präsenzzeiten der Übung werden die Lösungen der Aufgaben in kleineren Übungsgruppen besprochen.
Im begleitenden Praktikum zu DAP 1 werden die behandelten Themen durch Arbeiten am Computer praktisch eingeübt.

4 Kompetenzen

Nach erfolgreichem Abschluss sollen die Studierenden die informellen Grundlagen für die Beschreibung von Programmiersprachen und exemplarisch deren Umsetzung im Rahmen der Programmiersprache Java können. Die Studierenden sollen die Grundlagen der objektorientierten Programmgestaltung beherrschen und für gegebene Problemstellungen selbstständig Lösungsalgorithmen formulieren und diese als Java-Programme realisieren können. Sie beherrschen ausgewählte Entwurfsmuster für die objektorientierte Softwarekonstruktion und können ihre Verwendbarkeit einschätzen.

5 Prüfungen

Modulprüfung: Klausur
Studienleistung: Praktikumsschein in Element 3

	Die Studienleistung ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung.	
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung** ☐ **Teilleistung**	
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Keine-	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlpflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik	
9	**Modulbeauftragte/r** Studiendekan/in der Fakultät Informatik; Dr. S. Dißmann	**Zuständige Fakultät** Informatik

Modul: Physik I (PHY111)

(Mechanik, Grundlagen Thermodynamik und Hydrodynamik, Spez. Relativitätstheorie)

B.Sc.-Studiengang: Physik				
Turnus	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand:**
Jährlich zum WS	1 Semester	1. Semester	15	450 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Physik I: Integrierter Kurs; je ein/e Dozent/in aus der theoretischen und experimentellen Physik.	V	9	6
2	Übungen zur Physik I	Ü	6	4

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Experimentelle und theoretische Grundlagen der Mechanik, der Thermodynamik und der speziellen Relativitätstheorie.
Mechanik: Struktur des Raumes (Vektorrechnung, Koordinatensysteme), Kinematik (Beschreibung der Bewegung im dreidimensionalen Raum); Newton'sche Gesetze und einfache Anwendungen (Kräfte, Kraftfelder, Statik); allgemeine Bezugssysteme (Galilei-Transformationen, Scheinkräfte), allgemeine Integration der eindimensionalen Bewegungsgleichung; konservative Kräfte und Energieerhaltung; Erhaltungssätze in 2-Teilchen-Systemen; allgemeine Lösung des Zentralkraftproblems, Lösung des Keplerproblems; Rutherfordstreuung; freie und gedämpfte harmonische Schwingungen; erzwungene Schwingungen; gekoppelte Schwingungen; Wellen in einer Dimension (einschließlich Phasen- und Gruppengeschwindigkeit, Dopplereffekt, Wasserwellen); Mehrteilchensysteme: allgemeine Erhaltungssätze, Übergang zum starren Körper; Trägheitsmoment und Volumenintegration; Anwendungen des Trägheitsmoments; Drehimpuls des starren Körpers; Euler-Gleichungen und einfache Lösungen (eingehendere Behandlung des Kreisels einschließlich Trägheitstensor, Eigenwerte und Stabilität vgl. Physik III);
Grundlagen der Thermodynamik: Kinetische Theorie des Gase; thermodynamische Verteilungsfunktionen; phänomenologische Thermodynamik;
Elemente der Hydrodynamik; spezielle Relativitätstheorie: experimentelle Grundlagen, Lorentz-Transformationen, Minkowski-Diagramme, Energie und Impuls, Metrik und kovariante Schreibweise.
Literatur: M. Alonso, E. J. Finn, Fundamental University Physics I: Mechanics; Berkeley-Kurs Bd. 1: Mechanik

4 Kompetenzen

Die Studierenden lernen mit der Mechanik exemplarisch ein erstes konsistentes physikalisches Gedankengebäude und dessen historische Entwicklung kennen. Sie lernen, wie man komplexe Systeme wie gekoppelte Schwingungen, das Planetensystem oder den starren Körper durch geeignete Reduktion analysieren und analytisch erfassen kann. In der Thermodynamik lernen sie physikalische Systeme mit sehr vielen Freiheitsgraden kennen und statistische Konzepte darauf anzuwenden. Mit der Relativitätstheorie bekommen sie einen Einblick in eine Erweiterung der klassischen Mechanik und in das Konzept der Raum-Zeit.
In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren

	Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.	
5	**Prüfungen** Studienleistungen als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen sowie erfolgreiche Teilnahme an der Klausur zur Mitte der Vorlesungszeit. Die Details werden durch die Lehrenden zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben. Modulprüfung (Klausur 180min); die Note geht nicht in die Bachelor-Gesamtnote ein.	
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung**	
7	**Teilnahmevoraussetzungen** -keine-	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Physik II (PHY211)

(Klassische Elektrodynamik)

B.Sc.-Studiengang: Physik				
Turnus	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
Jährlich zum SS	1 Semester	2. Semester	15	450 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Physik II: Integrierter Kurs; je ein/e Dozent/in aus der theoretischen und experimentellen Physik.	V	9	6
2	Übungen zur Physik II	Ü	6	4

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Klassische Elektrodynamik; Elektrostatik: Coulomb'sches Gesetz, Divergenz, Gauß'scher Satz und Gaußsches Gesetz, Poisson-Gleichung, Multipolentwicklung, Punktladung und Delta-Funktion, elektrostatische Energie; elektrische Felder mit Randbedingungen, Kondensator und Kapazität, Dielektrika; der elektrische Strom: Ohm'sches Gesetz, Kirchhoff'sche Regeln, Schaltungen mit Kondensatoren und Widerständen, Entladung; Magnetostatik: allgemeiner Überblick über die magnetischen Erscheinungen; Biot-Savart' sches Gesetz; differentielle Eigenschaften des Magnetfeldes, Rotation, Ampere'sches Gesetz; Vektorpotential, Eichinvarianz; Multipol-Entwicklung, magnetischer Dipol; Kräfte auf magnetische Dipole, Magnetfeld in Materie; zeitlich veränderliche Felder: Induktionserscheinungen, Faraday'sches Gesetz, Generator, Elektromotor, induktive Messung von Magnetfeldern, Betatron, Selbstinduktion, RL-Schaltungen, Transformator, magn. Energiedichte; Wechselstromkreise: komplexe Widerstände und Amplituden, Kirchhoff'sche Regeln für Wechselstromkreise, Hoch- und Tiefpass, Schwingkreis, gekoppelte Schwingkreise, belasteter Transformator; elektromagnetische Wellen: Verschiebungsstrom, vollständige Maxwell-Gleichungen; skalares und Vektorpotential, elektromagnetische Wellen, freie ebene Wellen, Kugelwellen, Hertz'scher Dipol; Strahlungscharakteristik, Synchrotronstrahlung; relativistische Formulierung der Maxwell-Gleichungen; elektrische und magnetische Felder in Materie: makroskopische Beschreibung, Randbedingungen an Materialgrenzen; mikroskopische Modelle, Clausius-Mosotti, Ferromagnetika, spontane Magnetisierung, Weiß' sche Bereiche, Hysterese.
Literatur: J. D. Jackson, Klassische Elektrodynamik; M. Alonso, E. J. Finn, Fundamental University Physics II : Fields and Waves; Berkeley-Kurs Band 2: Elektrizität und Magnetismus

4 Kompetenzen

Die Studierenden lernen mit der Elektrodynamik ein physikalisches System kennen, das durch raum-zeit-abhängige Funktionen, also Felder beschrieben wird. Sie lernen, wie man Felder mathematisch beschreibt und eigenständig berechnet. Anhand der historischen Entwicklung lernen sie mit der durch Maxwell abgeschlossenen Synthese von elektrischen und magnetischen Erscheinungen eine erste „vereinheitlichte Feldtheorie“ kennen, so wie sie heute als umfassende Theorie aller physikalischen Erscheinungen gesucht wird. Die Studenten lernen eine Vielzahl von Anwendungen, insbesondere von Apparaten und Maschinen kennen und verstehen, die unsere technische Umwelt entscheidend prägen und im Laufe der 19. und 20. Jahrhunderts verändert haben.
In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und

	Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.	
5	**Prüfungen** Studienleistungen als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen. Eine Klausur zur Mitte der Vorlesungszeit sowie deren erfolgreiche Teilnahme sind optional. Die Details werden durch die Lehrenden zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben. Schriftliche benotete Modulprüfung (Klausur 180min).	
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung**	
7	**Teilnahmevoraussetzungen** -keine-	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Grundlagen wissenschaftlicher Datenverarbeitung am Computer (PHY212)

Studiengang: B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, M.Sc. Physics				
Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
Jährlich zum SS	1 Semester	2. Semester	3	90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Type	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

- Umgang mit Daten: Erzeugung, Speicherung, Analyse und Darstellung.
- Hands-on-Kurs am Computer: Datenverarbeitung mit Hilfe von Python.
- Grundlagen: Daten und Information, Speicherung und Dateiformate, Kompression, Reversibilität und Irreversibilität.
- Datenerzeugung: Simulation einfacher physikalischer Beispielsysteme durch numerische Lösung von Differentialgleichungen.
- Zufallszahlen in der wissenschaftlichen Praxis: Reproduzierbarkeit, Modellierung von Rauschen und Anwendung einfacher Monte-Carlo-Verfahren
- Grundlagen der statistischen Unsicherheitsabschätzung: Fehlerfortpflanzung, Kovarianz und Korrelation, statistische und systematische Fehler, Grundlagen statistischer Modellierung und computergestützte Parameteranpassung.
- Visualisierung und Interpretation von Daten.

Der Kurs ergänzt die Vorbereitung zum Praktikum und vermittelt nützliche Fähigkeiten für Projekt-, Bachelor-, und Masterarbeiten.
Die Übungsaufgaben werden unter Einbeziehung von gängiger Software (auch) am Computer gelöst. **Dazu wird ein eigener Computer (Laptop) benötigt.**

4 Kompetenzen

- Umgang mit Daten am Computer nach den Kriterien guter wissenschaftlicher Praxis
- Speicherung in adäquaten Formaten
- Fähigkeit Daten aufzubereiten, begründet, nachvollziehbar und reproduzierbar auszuwerten und zu dokumentieren
- Fähigkeit zur Datenauswertung adäquate Software und Programmiersprachen auszuwählen, diese zu nutzen und sich selbständig einzuarbeiten
- Selbst Simulationsdaten erzeugen und Plausibilität prüfen

5 Prüfungen
unbenotete Modulprüfung

6 Prüfungsformen und Leistungen
☒ Modulprüfung: Portfolio (unbenotet) **☐ Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen
-keine-

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls
Pflichtmodul in B.Sc. Physik und B.Sc. Medizinphysik, Wahlmodul im M.Sc. Physics

9	**Modulbeauftragte/r**	**Zuständige Fakultät**
	Dekan/in Physik	Physik

Modul: Physik III (PHY311)

(Wellenphänomene, Ausgleichsphänomene und Analytische Mechanik)

B.Sc.-Studiengang: Physik

Turnus	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
Jährlich zum WS	1 Semester	3. Semester	15	450 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Physik III: Integrierter Kurs; je ein/e Dozent/in aus der theoretischen und experimentellen Physik.	V	9	6
2	Übungen zur Physik III	Ü	6	4

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Gekoppelte Schwingungen, Normalmoden, Eigenwertproblem. Wellengleichung in mehreren Dimensionen und ihre Lösungen. Fourier-Techniken. Membranen und Resonatoren. Besselfunktionen. Greenfunktionen. Interferenz und Beugung. Stehende Wellen, Schwebungen, Wellenpakete.
Elektromagnetische Wellen, geometrische Optik und Wellenoptik: Maxwellgleichungen in Dielektrika, Reflexion, Brechung, Fresnelformeln. Fermats Prinzip. Matrizenoptik, optische Geräte, Abbildungsfehler. Kirchhoffsche Beugungstheorie, Fraunhofer- und Fresnelbeugung. Beugung an vielen identischen Objekten. Strukturfaktor und Formfaktor. Kohärenz und Interferenz. Polarisation. Wellenleiter und Hohlraumresonatoren.
Ausgleichsphänome: Diffusionsvorgänge. Wärmeleitung.
Analytische Mechanik: D'Alembert-Prinzip. Lagrangefunktion und Lagrangegleichungen. Variationsrechnung, Euler-Lagrange-Gleichungen. Hamiltons Prinzip. Symmetrien und Erhaltungssätze. Hamilton-Formalismus, Phasenraum. Hamilton-Jacobi-Theorie. Nichtlineare Dynamik und Chaos. Lagrangeformalismus für Kontinuumsphänomene, Lagrangedichte.
Der starre Körper; Drehimpuls und Trägheitstensor, Hauptträgheitsachsen und Stabilität, Theorie des Kreisels, Euler-Gleichungen und einfache Lösungen.
Literatur: Demtröder: Experimentalphysik 2, Sommerfeld: Optik, Born-Wolf: Principles of Optics, Jackson: Klassische Elektrodynamik, Goldstein: Klassische Mechanik, Kuypers: Klassische Mechanik, Marion: Classical Dynamics of Particles and Systems

4 Kompetenzen

Die Studierenden erkennen die Analogien und die Unterschiede zwischen Wellenphänomenen in verschiedenen Bereichen der Physik und beherrschen deren einheitliche theoretische Behandlung mit mathematischen Techniken, die auch für die Analyse diffusiver Prozesse benutzt werden. Sie können optische Phänomene im Rahmen der Strahlen- und der Wellenoptik analysieren und kennen die Grenzen beider Betrachtungsweisen. In der analytischen Mechanik überwinden sie die Einschränkungen des Kraftbegriffs und erkennen den Zusammenhang zwischen der Mechanik von Teilchen und der Dynamik von Feldern. Durch die Konzeption als integrierter Kurs beherrschen die Studierenden die unterschiedlichen Methoden der theoretischen und der experimentellen Physik und können diese in Anwendung auf konkrete Probleme miteinander kombinieren.
In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-

	mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.	
5	**Prüfungen** Studienleistungen als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen sowie erfolgreiche Teilnahme an der Klausur zum Ende der Vorlesungszeit. Die Details werden durch die Lehrenden zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben. Zwei mündliche benotete Modulprüfungen (je 30min) über Physik III und IV (exp./theor.) nach Physik IV	
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**	
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Eines der Module Physik I / II (PHY 111 / 211) sollte bestanden sein. Eines der Module Höhere Mathematik I / II sollte ebenfalls bestanden sein.	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Grundpraktikum Bachelor Physik I /II (PHY341/441)

Studiengang: B.Sc. Physik

Turnus	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
Jährlich zum WS	je 1 Semester	3. bzw. 4. Semester	jeweils 6	jeweils 180h, davon 60,5h Präsenz und Prüfungen

1	**Modulstruktur** 4 SWS, Praktikum und Einführungsvorlesung; die Versuche werden in Kleingruppen durchgeführt, und von erfahrenen Assistenten betreut.
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch
3	**Lehrinhalte** Grundlegende physikalische Experimente und Messmethoden. In der Vorlesung 'Einführung in die Messtechnik' werden grundlegende Kenntnisse der Messtechnik und der Datenanalyse gelernt. Es werden die notwendigen praktischen Kenntnisse und Erfahrungen zum experimentellen Arbeiten, zur Messtechnik und zur Datenanalyse an grundlegenden Experimenten erarbeitet, wobei methodische Gesichtspunkte im Vordergrund stehen. Das Praktikum orientiert sich an den grundlegenden Standardversuchen der Experimentalphysik aus den Bereichen: Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre, Schwingungen, Optik und speziellen Physik (z.B. Atomphysik, Radioaktivität). Die grundlegenden Versuche werden durch einfache, aktuelle Versuche ergänzt, um moderne Arbeitstechniken zu erlernen. **Literatur**: Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt, das neben den eigentlichen Versuchsanleitungen auch Hinweise zur Versuchsvorbereitung und Auswertung gibt. Eichler, Kronfeld, Sahm, Das Neue Physikalisches Grundpraktikum (Springer 2006) Geschke, Physikalisches Praktikum (Teubner 1998) Kohlrausch, Praktische Physik 1-3 (Teubner 1996) Walcher, Praktikum der Physik (Teubner 1994)
4	**Kompetenzen** Die Studierenden lernen physikalische Zusammenhänge zu verstehen und sind in der Lage, theoretische Konzepte im Experiment zu verifizieren. Sie haben gelernt grundlegende experimentelle Techniken und Messverfahren, sowie einfache Methoden der Datenanalyse und den Umgang mit Messunsicherheiten zu verstehen. Die Studierenden sind in der Lage einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie lernen, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren.
5	**Prüfungen** Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle. Benotete mündliche Modulprüfung (30 min) über PHY341/441 am Ende von PHY441. Der Online-Kurs zu Guter Wissenschaftlicher Praxis wird mit einem unbenoteten Online-Quiz abgeschlossen.
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**
7	**Teilnahmevoraussetzungen**

	Eines der Module Physik I / II (PHY 111 / 211) muss bestanden sein. Eines der Module Höhere Mathematik I / II muss ebenfalls bestanden. Im Falle der Wahl des Nebenfachs Mathematik entfällt die Voraussetzung, dass eines der Module Höhere Mathematik I / II bestanden werden muss.	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik	
9	**Modulbeauftragter** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Physik IV (PHY411)

(Quantenmechanik: Methoden und Phänomene)

B.Sc.-Studiengang: Physik

Turnus	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand
Jährlich zum SS	1 Semester	4. Semester	15	450 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Physik IV: Integrierter Kurs; je ein/e Dozent/in aus der theoretischen und experimentellen Physik.	V	9	6
2	Übungen zur Physik IV	Ü	6	4

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Grundlegende Quantenphänomene und Methodik der Quantenmechanik, z.B.: Schlüsselexperimente zur Quantenphysik, mikroskopische Grenzen der klassischen Physik. Materiewellen, Wahrscheinlichkeiten und die Schrödingergleichung. Mittelwerte und Schwankungen, Operatoren und Eigenfunktionen, Orts- und Impulsdarstellung. Quantenmechanik in einer Dimension; stückweise konstante Potentiale und harmonischer Oszillator. Tunneleffekt. WKB-Näherung und andere approximative und numerische Verfahren. Messprozess. Symmetrien und Erhaltungssätze. Zentralpotentiale, Drehimpuls, Wasserstoff und Wasserstoffähnliche Systeme. Bewegung im elektromagnetischen Feld. Spin, Drehimpulsaddition. Störungsrechnung, stationär und zeitabhängig. Optische Übergänge. Variationsprinzip. Identische Teilchen. Zeemaneffekt, Starkeffekt, Feinstruktur, Hyperfeinstruktur. Atomaufbau, Hundsche Regeln. Moleküle, chemische Bindung, einfache Moleküle, sp3-Orbitale.
Literatur: Cohen-Tannoudji et al: QM, Schwabl: QM, Demtröder: Experimentalphysik 3.

4 Kompetenzen

Die Studierenden können die charakteristischen Phänomene der Quantenphysik erkennen, einordnen und deuten, sowie den formalen Apparat der Quantenmechanik sicher auf die für die gesamte moderne Physik essentiellen Quantenphänomene anwenden. Durch die Konzeption als integrierter Kurs beherrschen die Studierenden die unterschiedlichen Methoden der theoretischen und der experimentellen Physik und können diese in Anwendung auf quantenmechanische Probleme miteinander kombinieren.
In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.

5 Prüfungen

Studienleistungen als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen sowie erfolgreiche Teilnahme an der Klausur zum Ende der Vorlesungszeit. Die Details werden durch die Lehrenden zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.
Zwei mündliche benotetete Modulprüfungen (je 30min) über Physik III und IV (exp./theor.) nach Physik IV

6 Prüfungsformen und –leistungen

	☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**	
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Eines der Module Physik I / II (PHY 111 / 211) muss bestanden sein. Eines der Module Höhere Mathematik I / II muss ebenfalls bestanden sein.	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Grundbegriffe der Physik Teil I: Von der Antike zur klassischen Feldtheorie (PHY312)				
Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Turnus: jährlich im WS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 3. o. 5. Sem. (B.Sc.) 1. o 3. Sem (M.Sc.)	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1	**Modulstruktur**				
	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Vorlesung	V	3	2
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch				
3	**Lehrinhalte** Teil I: Von der Antike zur klassischen Feldtheorie: Antike Astronomie, Symmetrien, Atomismus und Elementenlehre in der Antike, das aristotelische Weltbild, physikalisches Verständnis des Mittelalters, mittelalterliche Aristoteles-Kritik, Astronomie bis Kopernikus, Galilei, Kepler und die kopernikanische Revolution, die Begründung der experimentellen Methode (Galilei) , Physik zwischen Technik und Metaphysik (Francis Bacon; Descartes), Newtons Optik: experimentelle Phänomene und ihre Ursachen, Newtons Principia: Masse, Kraft und Gravitation; „Regeln des Philosophierens“, Raum und Zeit, die Leibniz-Clarke-Debatte um die „lebendige Kraft“, Energiebegriff, Energieerhaltung, Elektromagnetismus, Entwicklung des klassischen Feldbegriffs (Oerstedt, Faraday, Maxwell), Relativitätstheorie (Einstein)				
4	**Kompetenzen** Die Studierenden erkennen die historischen Bedingungen, unter denen sich die Grundbegriffe unseres gegenwärtigen physikalischen Weltbildes entwickelt haben. Das zeitabhängige Verständnis der Grundbegriffe (Raum, Zeit, Materie, Atomismus, Ladung, Kausalität, klassische Felder, Felder, Wahrscheinlichkeit u.a.) wird erlernt. Im interdisziplinären Grenzbereich zwischen der Physik und der Philosophie (Erkenntnistheorie, Wissenschafts-theorie) wird an diesem Kontext gezeigt, wie physikalische Forschung begründet werden kann sowie wie physikalische Theorien aufgestellt werden und welche epistemologischen Ansprüche an sie bestehen. Für den späteren Unterricht der Lehramtsstudierenden an Schulen oder Universitäten werden sowohl historische Zusammenhänge als auch pädagogische Aspekte und Konnotationen vermittelt. Ziel der Veranstaltung ist es, einen kompetenten und kritischen Umgang mit der Forschungsbegründung und –entwicklung zu vermitteln. .				
5	**Prüfungen** Studienleistung: Aktive Teilnahme an den Veranstaltungen, demonstriert durch Teilnahme an den Diskussionen sowie eine schriftliche Ausarbeitung.				
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: mündliche Prüfung** ☐ **Teilleistung**				
7	**Teilnahmevoraussetzungen** keine				

8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul in den Masterstudiengängen Physik und Medizinphysik (sowie im Bachelorstudiengang Physik), Wahlpflichtmodul in den Lehramtsstudiengängen (GyGe, BK). Geeignet für das Schüler- und Seniorenstudium.	
9	**Modulbeauftragte/r** Prof. W. Rhode	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Grundbegriffe der Physik Teil II: Von der probabilistischen Revolution zum Physikverständnis mit KI-Methoden (PHY412)				
Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Turnus: jährlich im WS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 4. o. 6. Sem. (B.Sc.) 2. o 4. Sem (M.Sc.)	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1	**Modulstruktur**				
	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Vorlesung	V	3	2
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch				
3	**Lehrinhalte** Teil II: Von der probabilistischen Revolution zum Physikverständnis mit KI-Methoden: Laplace: Determinismus und Wahrscheinlichkeit. Probabilistische Revolution, Energie-Erhaltungssatz; Entropiebegriff und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik, Kinetische Theorie der Wärme, Maxwell und Boltzmann, Entropiesatz, Strahlungstheorie und Plancks „Akt der Verzweiflung“, Einsteins Lichtquantenhypothese, Rutherford-Streuung und Bohrsches Atommodell, Quantenmechanik von 1925/26: Heisenberg, Schrödinger, Born; Heisenbergs Unschärferelation und Bohrs „Kopenhagener“ Deutung; Bohr-Einstein-Debatte, EPR-Gedankenexperiment, Schrödingers Katze, Bohms verborgene Parameter und Everetts „Viele Welten“, Dekohärenz, Quantenmechanik und Thermodynamik, Welle-Teilchen-Dualismus, Quantenfeldtheorien, der probabilistisch-rationalistische Ansatz der Erkenntnistheorie im Zeitalter der künstlichen Intelligenz.				
4	**Kompetenzen** Die Studierenden erkennen die historischen Bedingungen, unter denen sich die Grundbegriffe unseres gegenwärtigen physikalischen Weltbildes entwickelt haben. Das zeitabhängige Verständnis der Grundbegriffe (Raum, Zeit, Materie, Atomismus, Ladung, Kausalität, klassische Felder, Felder, Wahrscheinlichkeit u.a.) wird erlernt. Im interdisziplinären Grenzbereich zwischen der Physik und der Philosophie (Erkenntnistheorie, Wissenschafts-theorie) wird an diesem Kontext gezeigt, wie physikalische Forschung begründet werden kann sowie wie physikalische Theorien aufgestellt werden und welche epistemologischen Ansprüche an sie bestehen. Für den späteren Unterricht der Lehramtsstudierenden an Schulen oder Universitäten werden historische Zusammenhänge und pädagogische Aspekte Konnotationen vermittelt. Ziel der Veranstaltung ist es, einen kompetenten und kritischen Umgang mit der Forschungs-begründung und –entwicklung zu vermitteln. .				
5	**Prüfungen** Studienleistung: Aktive Teilnahme an den Veranstaltungen, demonstriert durch Teilnahme an den Diskussionen sowie eine schriftliche Ausarbeitung.				
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: mündliche Prüfung** ☐ **Teilleistung**				
7	**Teilnahmevoraussetzungen:** keine				

8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul in den Masterstudiengängen Physik und Medizinphysik (sowie im Bachelorstudiengang Physik), Wahlpflichtmodul in den Lehramtsstudiengängen (GyGe, BK). Geeignet für das Schüler- und Seniorenstudium.	
9	**Modulbeauftragte/r** Prof. W. Rhode	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Instrumente der modernen Physik (PHY421)

Studiengang: B.Sc. Physik M. Sc. Physics, , B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus: nach Bedarf	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 4. oder 5. Semester B.Sc. 1./2. Semester Master	**Credits** 5	**Aufwand** 150 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Instrumente der moderenen Physik	V + Ü	5	3

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Einleitung:
Wiederholung der Elektrodynamik und speziellen Relativitätstheorie, Licht- und Teilchenoptik,
Signalverarbeitung, Einführung in das Programmieren (für einige Übungsaufgaben).

Quellen elektromagnetischer Strahlung:
Schwarzer Körper, Entladungslampen, Lasersysteme, Röntgenröhren, Synchrotronstrahlungsquellen, Freie-Elektronen-Laser, optische Laborausrüstung.

Quellen von Teilchenstrahlung:
Kosmische Strahlung, radioaktive Präparate, Beschleuniger und Speicherringe.

Teilchendetektoren:
Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Ionisationskammern, Halbleiterdetektoren, Photomultiplier, Szintillatoren, Cherenkow-Effekt und Übergangsstrahlung.

Beispiele für Detektionstechniken und Anwendungen: Detektoren in der Teilchen- und Astroteilchenphysik, Gravitationswellendetektoren, Rastersondenmikroskope, Bildgebung in der Medizinphysik.

Sonstige Instrumente:
Elektrische Messinstrumente, Atomuhren, supraleitende Magnete, Vakuumtechnik, ...

4 Kompetenzen

Die Studierenden erhalten einen Überblick über Instrumente und experimentelle Techniken, die Ihnen während des Studiums sowie in der beruflichen Praxis in einem physikalischen Labor begegnen können. Der Schwerpunkt liegt auf Strahlungsquellen und Detektoren, aber auch andere Instrumente sowie die digitale Verarbeitung elektrische Signale werden angesprochen. Die Übungsaufgaben beinhalten Verständnisfragen, einfache Rechnungen und Simulationen mit einer Skriptsprache (Matlab oder Python). Programmierkenntnisse sind keine Voraussetzung, sondern werden im Rahmen der Übungen durch die praktische Anwendung auf physikalische Fragestellungen erlernt.

5 Prüfungen

Benotete mündliche Modulprüfung (30 min).
Studienleistung als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige und aktive Teilnahme an den Übungen sowie erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben. Details werden zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen:

Kenntnisse in Optik, klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie.

8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlbereich im Bachelorstudiengang	
9	**Modulbeauftragte/r** Prof. Shaukat Khan	**Zuständige Fakultät** Physik

Module: Seminar: Introduction to particle accelerator physics (PHY422)				
Degree program: B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik				
Frequency summer semester	**Duration** 1 semester	**Semester** fourth to sixth sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The students will get familiar with the basics of accelerator physics. For this purpose, face to face lectures will be taught. The students will complement the lectures with their own research on a related proposed topic to be presented by the end of the seminar. In order to prepare this presentation additional material such as scientific papers or presentations will be provided. The students thus acquire the skills in the field of accelerator physics through the following topics: History and applications of the accelerators Medical applications of accelerators How do accelerators work? Components of an accelerator: magnets, beam diagnosis, injection systems. Introduction to accelerator physic concepts: Longitudinal beam dynamics, phase focusing, Linear, transverse beam dynamics, transport matrices, twiss parameters, beam properties, Periodic Systems and Beam Stability and Chromatic effects, synchrotron radiation and applications, radiation effects Excursion: visiting an accelerator				
4	**Learning outcome** The participants will carry out independent research on the suggested topic in order to complete the material taught during the seminar. This work will be presented to the other participants and actively discussed.				
5	**Examination** Module examination				
6	**Coursework and examination requirements** Course work: active participation in the discussions following the lectures. Module examination: graded own presentation.				
7	**Prerequisites** None				
8	**Module type** Elective module				
9	**Responsible** Prof. A. Velez		**Organization** Department of Physics		

Modul: Seminar: Die Physik und Technik bei Star Trek (PHY513)				
Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus: jährlich im WS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 5. Sem. B.Sc.	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1	**Modulstruktur** 2 SWS Seminar. Selbststudium und eigene Vorträge. Das Seminar besteht aus Präsentationen der Studierenden zum Thema Physik und Star Trek	
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch	
3	**Lehrinhalte** Die Physik und Technik der Fernsehserie „Star Trek“ wird analysiert und mit der Realität verglichen. Dabei geht es einerseits um konkrete technische Entwicklungen wie etwa bei der Speichertechnologie und andererseits um physikalische Fragestellungen wie z.B. bei der Antriebstechnologie aus dem Bereich der Relativitätstheorie.	
4	**Kompetenzen** Die Studierenden lernen die verschiedensten Gebiete der Physik wie etwa die Festkörperphysik, Teilchenphysik, Relativitätstheorie, Quantentheorie anhand des Themas „Star Trek“ kennen. In diesem Seminar werden aber auch ganz gezielt Präsentationstechniken erlernt, um die Vermittlungskompetenz der Studierenden zu stärken.	
5	**Prüfungen** Studienleistung: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (30min + Diskussion)	
	Prüfungsformen und –leistungen ☒ **Modulprüfung: eigener Vortrag** ☐ **Teilleistung**	
7	**Teilnahmevoraussetzungen** keine	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul	
9	**Modulbeauftragter** Capt. Tolan	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Physik des Segelns (PHY515)				
Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus: jährlich im WS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 3./4. Studienjahr	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1	**Modulstruktur** 2 SWS Seminar. Selbststudium und eigene Vorträge. Das Seminar besteht aus Präsentationen der Studierenden zu Themen aus dem Bereich Physik des Segelns.
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch (Englisch)
3	**Lehrinhalte:** Experimentelle Methoden und theoretische Konzepte aus der Physik werden auf Themen rund um das Segeln, d.h. die Fortbewegung von Wasserfahrzeugen mit Windenergie, angewandt. Diese beinhalten u.a.: - Mechanik des Riggs - Aerodynamik - Stabilität von Yachten - Wetter- und Windsysteme - Wellen - Astronomische Navigation - Navigation der Polynesier - GPS - Funk - Radar - Regattasegeln - Seekrankheit
4	**Kompetenzen** Die Studierenden lernen, wie die verschiedensten experimentellen Methoden und theoretische Konzepte der Physik in einem spezifischen, angewandten Problemkreis zum Einsatz kommen und sich ergänzen. Daneben eignen sich die Studierenden auch Präsentationstechniken zur Wissensvermittlung und Diskussionstechniken an.
5	**Prüfungen** Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: eigener Vortrag** ☐ **Teilleistung**
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Grundkenntnisse der Physik I bis IV.
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul
9	**Modulbeauftragte/r** Prof. H. Päs **Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Einführung in die Festkörperphysik (PHY521)

Studiengang: B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jährlich zum WS	1 Semester	5. Semester	9	270 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Einführung in die Festkörperphysik	V	6	4
2	Übungen zur Einführung in die Festkörperphysik	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Grundlagen der Festkörperphysik, mit Schwerpunkt auf kristallinen Systemen; Phänomenologie, theoretische Ansätze und experimentelle Techniken.
Symmetrie und Struktur; Bindungen im Festkörper; Gitterschwingungen und Phononen; Freie Elektronen; Fast freie Elektronen: Bandstrukturen; Halbleiter; Magnetismus; Supraleitung. Synchrotronstrahlung und Anwendungen.
Literatur: K. Kopitzki: Einführung in die Festkörperphysik; Ch. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik; N. Ahscroft, N. Mermin: Solid state physics; Ibach-Lüth; Festkörperphysik.

4 Kompetenzen

Die Studierenden kennen die wichtigsten Stoffklassen, und können die wichtigsten mikroskopischen Modelle zur Diskussion der relevanten Phänomene verwenden. Hierzu zählen die Symmetrieklassen im Kristallbau, und deren Kenntnis als Ausgangspunkt für die folgenden elektronischen Eigenschaften, die sich an den Kristallsymmetrien orientieren. Der kompetente Umgang mit dem Kristallbau ermöglicht den Zugang zum qualitativen Verständnis der möglichen Gitterschwingungen. Darauf aufbauend werden vertiefte Kenntnisse zur elektronischen Struktur und moderne Verfahren zu deren Berechnung erworben.
In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.

5 Prüfungen

Studienleistungen: Hausaufgaben
Modulprüfung: Benotete Modulklausur (180 min).
Die bessere Modulnote von PHY521 und PHY522 geht mit einem Gewicht von 8 Leistungspunkten in die Bachelor-Gesamtnote ein, die schlechtere mit einem Gewicht von einem Leistungspunkt.

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Kenntnisse aus Physik I-IV

8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Pflichtmodul im B.Sc. Physik, Wahlmodul im B.Sc. Medizinphysik und MMPPLS	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik (PHY522)

Studiengang: B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jährlich zum WS	1 Semester	5. Semester B.Sc.	9	270 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik	V	6	4
2	Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Detektoren in der Kern- und Teilchenphysik, Dosimetrie, Beschleuniger
Kernphysik: Eigenschaften von Kernen, Kernmodelle (z.B. Tröpfchenmodell, Schalenmodell), Kernzerfälle, Kernfusion und –spaltung, Kernreaktoren
Teilchenphysik: additive Quantenzahlen, Isospin, Quarkmodell, Diskrete Symmetrien (inkl. P-, CP-, und T-Verletzung) , Eigenschaften von Leptonen, Quarks, Hadronen und Eichbosonen, CKM-Matrix, Schlüsselexperimente, Eigenschaften der fundamentalen Wechselwirkungen, Überblick über das Standardmodell der Teilchenphysik, aktuelles Forschungsprogramm der Teilchenphysik, Verbindung zur Kosmologie
Literatur: T. Mayer-Kuckuck; „Kernphysik – Eine Einführung“, B. Povh, K. Rith, C. Scholz, F. Zetsche; „Teilchen und Kerne – Eine Einführung in die physikalischen Konzepte“, W.S.C. Williams; „Nuclear and Particle Physics“, H. Frauenfelder, E.M. Henley; „Teilchen und Kerne, Subatomare Physik“, A. Das, T. Ferbel; „Kern- und Teilchenphysik“, D. Griffith; „Introduction to Elementary Particles“, D.H. Perkins, „Hochenergiephysik“, Ch. Berger; „Elementarteilchenphysik“

4 Kompetenzen

Die Studierenden kennen die Grundlagen der Kern- und Teilchenphysik und können die Quantenmechanik zur Beschreibung zahlreicher Phänomene anwenden. Sie sind mit den experimentellen Methoden zum Nachweis von Kern- und Teilchenreaktionen vertraut, haben einen Überblick über Kernphysik, Radioaktivität, Grundlagen der Kernenergie, das Standardmodell der Teilchenphysik und über den aktuellen Stand der Forschung auf dem Gebiet der Teilchenphysik.
In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.

5 Prüfungen

Studienleistungen: Hausaufgaben.
Modulprüfung: Benotete Modulklausur (180 min).
Die bessere Modulnote von PHY521 und PHY522 geht mit einem Gewicht von 8 Leistungspunkten in die Bachelor-Gesamtnote ein, die schlechtere mit einem Gewicht von einem Leistungspunkt.

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung**

7	**Teilnahmevoraussetzungen** Kenntnisse aus Physik I-IV, Experimentelle Übungen I/II	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Pflichtmodul im B.Sc.Physik, Wahlmodul im B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS und M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Module: Statistical Methods of Data Analysis / SMD A (PHY523a)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, MMPPLS				
Frequency: in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 2nd sem.	**Credits** 5	**Work load** 150 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture + Excercise	L+T	5	2 + 1
2	**Language:** English				
3	**Content** **SMD A: From raw data to signal subsurface separation:** Numerical methods of data processing, data handling and programming, algorithms and data structures, methods of linear algebra, probability theory, one and multidimensional distributions, random numbers and Monte Carlo methods, data mining methods: Discriminant Analysis, Principal Component Analysis, Feature Selection, Supervised Learning (kNN, Decision Trees, Random Forests), MRMR, Unsupervised Learning (Ensemble Learner), Convolutional Neural Nets and others.				
4	**Learning outcome** Today, data are usually collected electronically. The students learn the appropriate handling of statistical methods for the analysis of moderate to very large amounts of data, following the the temporal sequence of a data analysis. The exercises are solved (also) on the computer using current software. In the course, practical competence in data analysis is acquired for the preparation of theses and later professional practice.				
5	**Examination** Course Work: Active participation in the exercises of SMD A. Module examination: written or oral. The form of examination will be announced at the beginning of the semester.				
6	**Participation Requirements** Favorable: Programming knowledge in a suitable language, e.g. Python; Recommended: Participation in the Toolbox Workshop The SMD A event should be heard before the SMD B event.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. W. Rhode		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Statistical Methods of Data Analysis / SMD B (PHY523b)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/3rd sem.	**Credits** 5	**Work load** 150 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	2	Lecture with exercise	L+T	5	2 + 1
2	**Language:** English				
3	**Content** **From measurement data to physical measurement points and statements.** Parameter estimation, optimization problems, least squares method, maximum likelihood method, numerical fit methods, goodness-of-fit, regularization, confidence intervals and hypothesis testing, parameterization of data, Bayesian methods, methods for solving inverse problems and their evaluation, validation techniques, treatment of systematic errors, acceptance calculation.				
4	**Learning outcome** Today, data are usually collected electronically. The students learn the appropriate handling of statistical methods for the analysis of moderate to very large amounts of data, following the temporal sequence of a data analysis. The exercises are solved (also) on the computer using current software. In the course, practical competence in data analysis is acquired for the preparation of theses and for later professional practice.				
5	**Examination** Course Work: Active participation in the exercises of SMD B. Module examination: written or oral. The form of examination will be announced at the beginning of the semester.				
6	**Participation Requirements** Favorable: Programming knowledge in a suitable language, e.g. Python; Recommended: Participation in the Toolbox Workshop The SMD A event should be heard before the SMD B event.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. W. Rhode		**Faculty in charge** Department of Physics		

Modul: Physik und Technik der Verifikation von Rüstungsbegrenzungsverträgen (PHY524)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik				
Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jährlich im WS	1 Semester	5.-6. Sem. B.Sc. 1.-4. Sem. M.Sc.	3	90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Nutzung der Physik für die Überprüfung der Einhaltung von Rüstungsbegrenzungsabkommen. Aktuelle/eigene Forschung für Verifikation und Sicherungsmaßnahmen der IAEO wird einbezogen.
Mit Einführung in Rüstungsbegrenzung und die Bedeutung der Verifikation.

4 Kompetenzen

Die Studierenden lernen die physikalischen Grundlagen für die verschiedenen Überprüfungstechniken kennen, wobei elementare Formeln abgeleitet und Zahlenbeispiele aus der Praxis vorgerechnet werden. Bei den sog. nationalen technischen Mitteln der Verifikation sind dies: Bahnen von Satelliten, optische Abbildung mit Beugungsbegrenzung der Bildauflösung und Sensortechniken, Radar mit Radargleichung und Prinzip der Abbildung mit synthetischer Apertur. Bei den kooperativen Mitteln geht es um Kernstrahlungsnachweis, seismische und akustische (Infraschall, Unterwasserschall) Detektion von Kernexplosionen, Techniken zur Kontrolle von Raketenbehältern und zur Überwachung von Raketenstarts, Kennzeichen und Siegel, Bodensensoren. Aktuelle Forschung für neue Verifikationstechnik wird an Beispielen behandelt (akustisch-seismischer Land- und Luftfahrzeugnachweis, Überwachung eines unterirdischen Endlagers, Edelgasdetektion). Den Abschluss bilden aktuelle Verhandlungen und Vorschläge dafür sowie politische Fragen zur Verifikation.
Mit der Diskussion der Bedeutung der Verifikation für Rüstungsbegrenzung allgemein, der Darstellung der Verifikationsregeln und –techniken verschiedener Begrenzungsverträge und der Behandlung geschichtlicher Aspekte bei ihrem Zustandekommen werden Bezüge zwischen Naturwissenschaft und Gesellschaft bzw. internationaler Politik thematisiert und interdisziplinäre Fähigkeiten gestärkt. Elementare Kenntnisse in Rüstungskontrolle und Abrüstung werden vermittelt. Die Studierenden erkennen die Bedeutung der Naturwissenschaft für Abrüstung und Frieden und erhalten einen Einblick in aktuelle naturwissenschaftliche Verifikationsforschung. Die Aufmerksamkeit für gesellschaftliche Aspekte der eigenen Wissenschaft und die Verantwortung der Naturwissenschaftler/innen wird erhöht.

5 Prüfungen

Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (20 min)

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

	Grundkenntnisse der Physik (Physik I-IV)	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul	
9	**Modulbeauftragte(r)** PD Dr. Jürgen Altmann	**Zuständige Fakultät** Physik

Module: Statistical Methods of Data Analysis 2 (PHY525)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 week block course	**Semester:** 1st sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	Block course
2	**Language:** English				
3	**Content** Building on the lecture "Statistical Methods of Data Analysis", the course covers coverage probabilities (frequentist vs. Bayesian confidence intervals), deepening of the method of least squares with emphasis on applications with low statistics and not a priori known variances, application of multivariate selection methods, deconvolution using density mixture models and as a parameterization problem, Markov Chain, Monte Carlo, separation of signal and background using sWeights, event-by-event efficiencies, harmonic analysis and Lomb periodogram, robust statistics.				
4	**Learning outcome** Students will gain advanced insights into statistical analysis of data, building on lecture PHY523, "Statistical Methods of Data Analysis"				
5	**Examination** Examination: Written module examination (90min) or oral module examination depending on the number of participants.				
6	**Participation Requirements:** Desired: Programming knowledge in a suitable language (FORTRAN, C, JAVA, C++, or similar)				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. W. Rhode		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Nuclear Energy and Other Energy Issues (PHY528)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module Structure:** 2 contact hours per week seminar, self-study and own presentation.	
2	**Language:** English	
3	**Content** Fundamentals of nuclear and reactor physics, reactor design types, reactor safety aspects and accidents, fuel cycle, final disposal and reactor decommissioning, energy storage, aspects of other forms of energy, energy supply.	
4	**Learning outcome** The seminar is an introduction to the topic of nuclear energy in the context of energy supply. In particular, various aspects of reactor physics are highlighted and related to each other. The embedding of the topic in current issues also places the events in a social context. Independent research as well as presentation techniques are also trained.	
5	**Examination** Course Work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation on a seminar topic.	
6	**Participation requirements**	
7	**Module type** Elective module	
8	**Responsible** Prof. J. Albrecht	**Faculty in charge** Department of Physics

Modul: Teilchenphysik 1 (PHY529)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Turnus: nach Bedarf im WS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 3. Studienjahr (B.Sc.)	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache:
Deutsch oder Englisch

3 Lehrinhalte
Grundlagen der Teilchenphysik, Feynmangraphen, Starke und elektroschwache Wechselwirkung, Quark-Parton-Modell, CKM-Matrix und PMNS-Matrix, Detektoren, Schlüsselexperimente und -konzepte der Teilchenphysik, aktuelle Themen der experimentellen Teilchenphysik, Physik des LHC, z.B.: Physik mit Bottom- und Top-Quarks und Higgsbosonen, CP-Verletzung, seltene Zerfälle, Suchen nach neuer Physik, Dunkle Materie

4 Kompetenzen
Die Vorlesung gibt eine ergänzende Einführung in die Konzepte und Grundlagen der Teilchenphysik, welche sich an dem parallel dazu stattfindenden Modul „Einführung in die Kern- und Teilchenphysik“ (PHY522) orientiert. Die dort vermittelten Grundlagen werden hier vertieft, um damit ein besseres Verständnis der modernen Teilchenphysik zu erzielen. Die Teilnehmer lernen anhand von konkreten Beispielen aktuelle Forschungsarbeiten in diesem Bereich der Physik kennen.

5 Prüfungen
Studienleistungen: keine
Benotete Modulprüfung: schriftlich (2h) oder mündlich je nach Teilnehmerzahl

6 Prüfungsformen und –leistungen
☒ **Modulprüfung: schriftlich oder mündlich** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen
Kenntnisse Physik I – IV

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls
Wahlfach

9	**Modulbeauftragte/r**	**Zuständige Fakultät**
	Prof. J. Albrecht, Prof. K. Kröninger	Physik

Modul: Vorlesung Magnetismus (PHY5210V)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus: jährlich	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 3./4. Studienjahr	**Credits** 6	**Aufwand** 180 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	6	4

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Grundbegriffe und Grundbausteine des Magnetismus: magnetische Momente, magnetische Felder, magnetische Suszeptibilität, Einteilung der magnetischen Stoffe.
Magnetismus von Atomen/Ionen und lokalisierte magnetische Momente: atomarer Diamagnetismus, atomarer Paramagnetismus, Einfluss vom Kristallfeld in Festkörpern.
Magnetismus der Leitungselektronen: Landau Diamagnetismus, Pauli Paramagnetismus, Band Ferromagnetismus.
Austauschwechselwirkung: direkter und indirekter Austausch, Superaustausch, Doppelaustausch, RKKY-Wechselwirkung. Heisenberg Modell und Hubbard Modell für die Beschreibung von magnetisch geordneten Materialien, magnetischen Ordnungsstrukturen und Phasenübergängen.
Kollektiver Magnetismus: Ferromagnetismus, Antiferromagnetismus, Ferrimagnetismus, magnetische Anisotropie, magnetische Domäne, Spinwellen und Stoner Anregungen.

4 Kompetenzen

Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der Beschreibung magnetischer Materialien, und in die wichtigsten magnetischen Phänomene. Sie können diese Konzepte auf konkrete physikalische Situationen anwenden; zum Beispiel können Sie die Funktionsweise vieler Anwendungen im Bereich der Informations- und Kommunikations-technologie verstehen.

5 Prüfungen

Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Grundkenntnisse Festkörperphysik und Quantenmechanik

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Wahlfach

9 Modulbeauftragte/r	**Zuständige Fakultät**
Prof. Mirko Cinchetti	Physik

Modul: Seminar Magnetismus (PHY5210S)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics,B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jedes Semester	1 Semester	3./4. Studienjahr	3	60 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Seminar	S	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Das Seminar beinhaltet Vorträge zu verschiedenen Themen, die für die aktuelle Forschung im Bereich Magnetismus relevant sind. Unter anderem: Messmethoden, Materialien und technologisch-relevante Effekte.

4 Kompetenzen

Das Seminar versteht sich als Ergänzung zur Vorlesung Magnetismus. Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der Beschreibung magnetischer Materialien und in die wichtigsten magnetischen Phänomene. Sie können diese Konzepte auf konkrete physikalische Situationen anwenden, vor allem auf Gebieten, die aktuell im Schwerpunkt der Forschung im Bereich Magnetismus stehen. Zum Beispiel können sie die Funktionsweise vieler Anwendungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie verstehen.

5 Prüfungen

Modulprüfung: eigener Vortrag

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Grundkenntnisse Festkörperphysik und Quantenmechanik, Teilnahme an der Vorlesung Magnetismus **PHY5210V**.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Wahlfach

9	**Modulbeauftragte/r**	**Zuständige Fakultät**
	Prof. Mirko Cinchetti	Physik

Modul: Materials for Nanoelectronics and High-Speed Quantum Electronic Devices (PHY5211)

Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 5	**Work load** 150 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	3	2
2	Self-study and own presentation	S	2	1

2 Language: English

3 Content

In the lecture the essential basics of the following topics are covered:

1. Overview of the most important material systems and their application in nanoelectronic devices;
2. Transport mechanisms in quantum electronic devices, such as resonant tunnel structures;
3. Basics and applications of noise spectroscopy;
4. Properties of solid state structures in different dimensions and information technologies;
5. Advanced nanostructures based on biocompatible materials for high speed biosensors.

4 Learning outcome

Students gain insight into the fundamentals of nanotechnology: nanostructures, micro and nano fabrication of structures and their applications. Students will learn the state of the art of research in the areas of application of noise spectroscopy to study the transport properties of electronic nanodevices. The relevant concepts of the research field are presented, methodologically substantiated and illustrated with examples.

5 Examination

Course Work: Active participation in the discussions following the lectures.
Module examination: Graded own presentation on a topic from current research.

6 Participation requirements

7 Module type

Elective module

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	Prof. S. Vitusevich	Department of Physics

Modul: Attosekundenphysik (Literaturseminar) (PHY5214)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus: nach Bedarf im WS oder SS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 5.–6. Sem. (B.Sc) 1.–4. Sem. (M.Sc)	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Seminar	S	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch (Englisch)

3 Lehrinhalte

Wir besprechen zusammen jede Woche eine grundlegende oder aktuelle Veröffentlichung eines bekannten wissenschaftlichen Journals wie *Science* und *Nature* aus dem Gebiet der **Attosekunden- oder Röntgenphysik**.
Auch wenn diese Artikel durchweg interessant sind, sind sie doch auch typischerweise sehr kompakt gehalten und dadurch oft nicht leicht zu verstehen. Unsere gemeinsame Diskussion im Journal-Club verspricht einen angenehmeren (ersten?) Zugang zur Fachliteratur als das einsame Studium daheim.

4 Kompetenzen

Ein Student stellt am Anfang des Seminars den jeweiligen Artikel kurz vor (mit Folien, an der Tafel, mit Tischvorlage), anschließend wird darüber in der gesamten Runde diskutiert. Ziel ist die Entwicklung eines tiefergehenden Verständnisses der beschriebenen Zusammenhänge und das Herausbilden einer selbständigen Herangehensweise ans Fachliteraturstudium. Auch wissenschaftliche Fragen, die nicht in direkten Zusammenhang mit dem Artikel stehen, können jederzeit behandelt werden. Für eine ergiebige Diskussion sollten auch die nicht vortragenden Teilnehmer den Artikel schon vor dem Seminar studiert haben.

5 Prüfungen

Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag bei der Vorstellung der Veröffentlichung.

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: Eigener Vortrag** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Grundkenntnisse in Optik und Laserphysik.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Wahlmodul

9 Modulbeauftragte/r	**Zuständige Fakultät**
Jun.-Prof. W. Helml	Physik

Modul: Photovoltaik (PHY5216)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, M.Ed. Lehramt Studierende anderer Fachbereiche im Rahmen des Zertifikats Nachhaltigkeit (studium oecologicum)

Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand
nach Bedarf im WS	1 Semester	5. Sem. (B.Sc.) 1. Sem. (M.Sc.)	3	90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Seminar	S	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Das Seminar behandelt die physikalischen Grundlagen der Photovoltaik. Neben diesen Grundlagen werden Methoden der Analytik und Optimierung photovoltaischer Systeme sowie der technischen Umsetzung diskutiert. Insbesondere für fachfremde Studierende werden auch Vorträge zu aktuellen, politisch diskutierten Themen wie intelligente Stromnetze angeboten. Konkret ist eine Behandlung folgender Themen angedacht:
- optische Eigenschaften konventioneller Halbleiter
- Dotierung, p-n- und p-i-n-Übergänge
- solare Strahlung, Schottky-Queisser-Limit
- Design realer Solarzellen, Optimierung des Füllfaktors
- Multi-Junction-Solarzellen
- Beschichtungen und Nanostrukturierung: Optimierung des Wirkungsgrads
- Solarzellen aus organischen Halbleitern
- neuartige Solarzellen: Dünnschichtsolarzellen, Perovskite
- kommerzielle Aspekte der Photovoltaik
- Herausforderungen und Chancen der Integration von Solarstrom in die bestehende Strom netzinfrastruktur

4 Kompetenzen

Die Studierenden wenden die Konzepte der modernen Halbleiterphysik an, um die Wirkungsweise moderner Solarzellen und deren Optimierung zu verstehen. Diese Themen werden in den Kontext nachhaltiger Technologien und erneuerbarer Energieformen eingebettet.

5 Prüfungen

Modulprüfung: benoteter Seminarvortrag

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Für eine Reihe von Themen sind Grundkenntnisse in der Festkörperphysik (Einführung in die Festkörperphysik bzw. Struktur der Materie) erforderlich.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Wahlmodul in den Studiengängen der Fakultät Physik; Wahlmodul im Zertifikat Nachhaltigkeit

9 Modulbeauftragte/r	Zuständige Fakultät
Dekan/in(in) der Fakultät Physik	Physik

Modul: Streumethoden in der Festkörperphysik (PHY5217)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
nach Bedarf im WS	1 Semester	5. Sem. (B.Sc.) 1. Sem. (M.Sc.)	5	150 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	5	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Die Vorlesung deckt die wichtigsten Aspekte der Physik kristalliner Halbleiter ab. Zudem werden einige zentrale Halbleiterbauelemente diskutiert. Konkret werden die folgenden Themen behandelt:

1. Streuung: Wiederholung
2. Erzeugung von Synchrotronstrahlung
3. Röntgenstreuung: Grundlagen
4. Röntgenstreuung an Oberflächen und Grenzflächen
5. Röntgenreflektivität
6. Röntgenabsorptionspektroskopie
7. Freie Elektronenlaser
8. Erzeugung von Neutronen
9. Besonderheiten der Neutronen- und Vergleich mit Röntgenstreuung
10. Kleinwinkelstreuung mit Neutronen und Röntgenstrahlung
11. Inelastische Neutronen- und Röntgenstreuung

Die Vorlesung orientiert sich hierbei an den Büchern:
Elements of modern X-ray Physics: J Als-Nielsen, D McMorrow
Introduction to the Theory of Thermal Neutron Scattering: G. L. Squires
X-Ray and Neutron Reflectivity: Principles and Applications: J Daillant, A Gibaud
X-ray scattering from soft-matter thin films: M Tolan
X-Ray Diffraction Modern Experimental Techniques: Oliver Seeck, Bridget Murphy

4 Kompetenzen

Die Studierenden können die Konzepte der modernen Streumethoden anwenden, um die Wirkungsweise moderner Röntgen und Neutron Streumethoden um die Physik von Festkörper zu verstehen. Zudem lernen die Studierenden Konzepte, um die Eigenschaften von Streumethoden zu beschreiben und einzusetzen Probleme aus der Festkörperphysik zu lösen.

5 Prüfungen

Modulprüfung: mündliche Prüfung

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Grundkenntnisse in der Festkörperphysik (Einführung in die Festkörperphysik bzw. Struktur der Materie)

8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in der Fakultät Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Einführung in die Quantentechnologien (PHY5218)				
Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus: WS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 5. Sem. (B.Sc.) 1. Sem. (M.Sc.)	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Modulstruktur:**				
	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Vorlesung	V	3	2
2	**Sprache:** Deutsch				
3	**Inhalt** Einführung in moderne Quantentechnologien 1. Grundlegende Konzepte: Verschränkung, Qubits, Bellsche Ungleichungen, Licht-Atom-Wechselwirkungen, gequetschte Zustände 2. Überblick über die Gebiete der Quantentechnologien: Quantenrechnen, Quantensimulation, Quantenkommunikation und Quantensensorik 3. Überblick über Quantentechnologieplattformen: Ionen, Atome, supraleitende Schaltungen, Quantenpunkte, Photonen 4. Detaillierte Betrachtung einiger Beispiele				
4	**Kompetenzen** Die Studierenden erhalten einen Überblick über Quantentechnologien und deren Verbindung zur aktuellen Forschung an der TU Dortmund als Grundlage für vertiefende Vorlesungen.				
5	**Prüfungen** Benotete Prüfung (schriftlich oder mündlich abhängig von der Teilnehmendenzahl)				
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: schriftlich oder mündlich** ☐ **Teilleistung**				
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Physik IV				
7	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul				
8	**Modulbeauftragte/r** Prof. C. Weitenberg, Prof. E. Narevicius		**Zuständige Fakultät** Physik		

Modul: Thermodynamik und Statistik (PHY531)

Studiengang: B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, IMAPP, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jährlich im WS	1 Semester	5. Semester	9	270 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Thermodynamik und Statistik	V	6	4
2	Übungen zur Thermodynamik und Statistik	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch, teilweise Englisch

3 Lehrinhalte

Der bewusst von der Statistik abgetrennte Thermodynamik-Teil dient als Beispiel für eine phänomenologische Theorie; der statistische Teil enthält Grundlagen der klassischen und der Quantenstatistik. Zu beiden Teilen gibt es Anwendungen.
Thermodynamische Systeme; extensive und intensive Größen; die Hauptsätze, ideales Gas, Carnot-Prozess, Wirkungsgrad, Wärmekraftmaschinen. Thermodynamische Potentiale und Relationen, Thermodynamik bei veränderlicher Teilchenzahl. Phasendiagramme, Phasengleichgewicht. Van-der-Waals-Gas. Mehrstoffsysteme. Massenwirkungsgesetz. Osmotischer Druck. Optional: Thermodynamik in äußeren Feldern.
Makroskopische Systeme, Wahrscheinlichkeitsbegriffe, Argumente für eine statistische Beschreibung. Dichteoperatoren für Gleichgewichtsgesamtheiten. Definition der Entropie in der Statistik, Relation zur Thermodynamik. Mikrokanonische, kanonische, großkanonische Gesamtheiten und ihre Äquivalenz. Fluktuationen.
Besetzungszahldarstellung mit Anwendung auf die idealen Fermi-und Bose-Gase, Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren, Pseudobosonen, Planck'sches Strahlungsgesetz. Optional: Übergang von der Quantenstatistik zur klassischen.
Anwendungen: Klassische Virialentwicklung. Magnetische Momente, Magnetismus. Molekularfeld und Variationsprinzip. Ising-Modell. Landau-Theorie der Phasenübergänge. Kritische Exponenten und Skaleninvarianz. Ginzburg-Landau-Theorie. Renormierungsgruppe. Störungsrechnung in der Quantenstatistik. Lineare Antwort, Dissipations-Fluktuationstheorem.
Literatur: Landau-Lifschitz Bd. V; K. Huang: Statistical Mechanics. Vorlesungsskripte Dortmunder Dozenten.

4 Kompetenzen

Die Studierenden können die charakteristischen Phänomene der Thermodynamik erkennen, einordnen und deuten, sowie deren formalen Apparat beherrschen und anwenden. Gleiches gilt für die statistische Untermauerung der Thermodynamik. Die Studierenden verstehen insbesondere, dass erst durch die Quantenstatistik die Paradoxa und Unzulänglichkeiten der Thermodynamik und der klassischen Statistik überwunden werden konnten.
In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.

5 Prüfungen

Studienleistungen: Hausaufgaben; Modulprüfung: Benotete Klausur (180min)

6 Prüfungsformen und –leistungen

	☒ **Modulprüfung: Klausur**	☐ **Teilleistung**
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Kenntnisse aus Physik I bis IV	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Pflichtmodul im B.Sc.Physik, Wahlpflicht im MMPPLS, Wahlmodul in B.Sc. Medizinphysik, IMAPP und M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Kosmologie, Quantenkosmologie, Gravitationswellen (PHY535)				
Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Turnus: nach Bedarf	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 3. Studienjahr (B.Sc.), 1./2. Sem (M.Sc.)	**Credits** 9	**Aufwand** 270 h

1	**Modulstruktur**				
	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Vorlesung	V + Ü	9	4+2
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch				
3	**Lehrinhalte** Gravitation und Robertson-Walker-Metrik, Thermische Entwicklung im Universum, Primordiale Nukleosynthese, Rekombination, Strukturentstehung, Baryogenese, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Inflation, Gravitationswellen, Quantenkosmologie				
4	**Kompetenzen** Die Studierenden erhalten Einblicke in die Grundlagen der Kosmologie und erlernen Grundkenntnisse, wie wichtige Prozesse im frühen Universum beschrieben und Vorhersagen berechnet werden und, Prozesse wie Erzeugung der Dunklen Materie, der Baryonasymmetrie oder die Inflation beschreiben und analysieren zu können.				
5	**Prüfungen** Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)				
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**				
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Quantenphysik, Thermodynamik und Statistik, KET, Allgemeine Relativitätstheorie				
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul				
9	**Modulbeauftragte/r** Prof. H. Päs		**Zuständige Fakultät** Physik		

Modul: Physik und Philosophie der Zeit (PHY536)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus: nach Bedarf	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 3. Studienjahr (B.Sc.), 1./2. Sem (M.Sc.)	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Seminar	S	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Philosophie der Zeit: Zeit als kulturelles Phänomen, Platon, Aristoteles, Augustinus, Leibniz, Newton, Kant
Zeit in der modernen Physik: Thermodynamik, Relativitätstheorie, Quantenmechanik, Quantenkosmologie, Neurologie und Psychologie der Zeitwahrnehmung

4 Kompetenzen

Die Studierenden erhalten Einblicke in die Problematik ein fundamentales Konzept wie die Zeit zu definieren und lernen im Dialog mit er Philosophie, physikalische Zeitbegriffe zu hinterfragen, reflektieren und besser zu verstehen sowie offene Fragen zu identifizeren.

5 Prüfungen

Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (30 min)

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: eigener Vortrag** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Physik 1+2

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Wahlmodul

9	**Modulbeauftragte/r**	**Zuständige Fakultät**
	Prof. H. Päs	Physik

Module: Group Theory in Physics: with a Focus on Solid State Physics (PHY538)

Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency: As needed	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 5th/6th sem. (B.Sc.) 1st-3rd sem. (M.Sc.)	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with exercise	L+T	6	3+1
2	**Language:** English				
3	**Content** Group theory basics; representations and characters; orthogonality theorems; relation between quantum mechanics and group theory; the 32 point groups in solids; irreducible representations of point groups; double point groups; group theory in time-independent perturbation theory: splitting of atomic orbitals in solids; group theory evaluation of matrix elements: Wigner-Eckart theorem; Space groups and their irreducible representations; particles in periodic potentials. **Literature:** H.-W. Streitwolf, Group Theory in Solid State Physics; M. Böhm, Symmetries in Solids; M.S. Dresselhaus et al, Group Theory.				
4	**Learning outcome** Students learn the mathematical foundations of group theory and, in particular, the concept of irreducible representations of groups. Starting from these basics, they are taught the fundamental relationship between group theory and the properties of quantum mechanical systems. In the lecture and in the exercises, the students then deal in detail with the groups that are particularly important in solids, the point groups, the double point groups and the space groups.				
5	**Examination** Module exam: oral exam (30 min)				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** PD Dr. J. Bünemann		**Faculty in charge** Department of Physics		

Modul: Condensed Matter Meets Particle Physics (PHY539)				
Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: As needed	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 4th-6th sem. (B.Sc.) 1st-2nd sem. (M.Sc.)	**Credits:** 3	**Work load:** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar aims to identify common approaches from condensed matter physics, statistical physics, and elementary particle theory. In particular, it will examine the extent to which the two subject areas overlap and complement each other in the field of quantum field theory.				
4	**Learning outcome** Students can apply modern methods of theoretical physics (from the fields of statistical physics, condensed matter physics, and elementary particle theory). Students learn to discuss problems across disciplines.				
5	**Examination** Module exam: oral exam (own presentation)				
6	**Participation requirements** Basic knowledge Physik I-IV, Thermodynamik und Statistik (Theorie), Basic knowledge in Quantum Field Theory				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. E.Stamou		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Modern methods in experimental quantum physics (PHY541)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: Winter term	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 5th sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Laboratory course with lecture and seminar	P	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The course teaches a basic skill-set relevant to experimental physics (lasers, Gaussian optics, beam profiling, cavities, spectroscopy, lock electronics). The course combines lab work in small groups with lectures for the background knowledge. The experimental tasks include 1) Operating a diode laser and mode matching the laser beam 2) Coupling an optical cavity and interpreting the transmission spectra 3) Operating electooptical modulation to imprint sidebands on laser beams 4) Implementing a Pound-Drever-Hall frequency stabilization of the laser				
4	**Learning outcome** The students learn a basic experimental skill set for performing laboratory work, which will enable them later to understand and operate complex experimental setups due to hands-on experience with all relevant components as well as background knowledge on them. This includes alignment as well as quantitative evaluations. The students also learn to discuss about experimental setups and about the related physics.				
5	**Examination** Course work: performing experimental tasks in small groups Module exam: graded oral examination				
6	**Participation Requirements** Physics I - IV				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. E. Narevicius, Prof. C. Weitenberg		**Faculty in charge** Department of Physics		

Modul: Bachelorarbeit (PHY611)

Studiengang: B.Sc. Physik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jedes Semester	1 Semester	6. Sem.	10	300 h

1	**Modulstruktur** Betreute wissenschaftliche Arbeit	
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch oder Englisch	
3	**Lehrinhalte** Bearbeitung einer aktuellen wissenschaftlichen Problemstellung der experimentellen oder theoretischen Physik in einem internationalen Forschungsumfeld und unter Beachtung der Regeln Guter Wissenschaftlicher Praxis. Literatur: Monographien, Übersichtsartikel und Originalveröffentlichungen zur jeweiligen wissenschaftlichen Problemstellung.	
4	**Kompetenzen** Die Studierenden können sich in ein aktuelles wissenschaftliches Thema einarbeiten, ein Teilprojekt unter Anleitung bearbeiten, die Ergebnisse schriftlich dokumentieren, in einem Seminarvortrag darüber referieren und eine anschließende wissenschaftliche Diskussion darüberführen. Sie lernen so die Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens kennen und entwickeln neben der Fachkompetenz auch ihre Methodenkompetenz bei der Literaturrecherche, dem Medieneinsatz, der Umsetzung von Fachwissen und dem wissenschaftlichen Schreiben sowie ihre Präsentationstechniken und die Fähigkeit zur Diskussionsführung weiter. Durch die Teilnahme an einer Online-Unterweisung in Guter Wissenschaftlicher Praxis erhalten die Studierenden Einblick in die Themen Forschungsdatenmanagement, das Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten, die Autorenschaft, evtl. Interessenskonflikte, wissenschaftliche Kooperation und Aspekte wissenschaftlichen Fehlverhaltens.	
5	**Prüfungen** Bachelorarbeit mit Präsentation: Die Bachelorarbeit soll einen Umfang von 25 Seiten nicht überschreiten. Die Bearbeitungszeit der Bachelorarbeit beträgt drei Monate. Der Inhalt der Bachelorarbeit ist in einem halbstündigen hochschulöffentlichen Vortrag mit anschließender wissenschaftlicher Diskussion (etwa 15 Minuten) zu präsentieren. 2 benotete Teilleistungen: Begutachtung der Bachelorarbeit und des Vortrags hinsichtlich Inhalt und Form. Der Online-Kurs zu Guter Wissenschaftlicher Praxis wird mit einem unbenoteten Online-Quiz abgeschlossen.	
	Prüfungsformen und –leistungen ☐ **Modulprüfung:** ☒ **Teilleistungen: Bachelorarbeit und Vortrag**	
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Mindestens 135 erworbene Credit Points im Bachelorstudiengang, darunter die Module Physik I-IV, Höhere Mathematik I-III und Experimentelle Übungen I	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Pflichtmodul im B.Sc. Physik	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Spezielle Themen der experimentellen Teilchenphysik (PHY624)				
Studiengang: B.Sc. Physik				
Turnus: jährlich	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 6. Sem. (B.Sc.)	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1	**Modulstruktur**				
	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch				
3	**Lehrinhalte** Spezielle Themen der experimentellen Teilchenphysik mit wechselnden Schwerpunkten. Diese können z.B. Aspekte der Hadron-Collider-Physik, der Physik jenseits des Standardmodells oder der Flavorphysik sein.				
4	**Kompetenzen** Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Fachgebiet der Teilchenphysik durch ein Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben.				
5	**Prüfungen** Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Fachvortrag				
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: eigener Vortrag** ☐ **Teilleistung**				
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Kenntnisse aus der Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik				
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul				
9	**Modulbeauftragte/r** Prof. J. Albrecht		**Zuständige Fakultät** Physik		

Modul: Physik und Technologie von Halbleiter-Nanostrukturen (PHY625)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus: nach Bedarf im SS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 3./4. Studienjahr	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

1. Grundlagen der Halbleiterphysik:
Materialien, physikalische und elektronische Eigenschaften, Nanostrukturen

2. Herstellung, Charakterisierung und elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen

3. Transportphänomene
Leitfähigkeit, Tunnelprozesse, hochbewegliche Systeme, Quanten-Hall-Effekt

4. Optische Eigenschaften
Inter- und Intraband- Übergänge, Exzitonen in Quantendrähten und Quantenpunkten

5. 2D-Materialien:
Spezifische Aspekte von Monolagen-Halbleitern (Graphen, TMDs)

4 Kompetenzen

Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen und technologischen Grundlagen moderner Halbleiter-Nanostrukturen.

5 Prüfungen

Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Grundkenntnisse Festkörperphysik (z.B. Modul Einführung in die Festkörperphysik oder Struktur der Materie)

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Wahlfach

9 Modulbeauftragte/r	**Zuständige Fakultät**
Prof. M. Betz	Physik

Module: Machine Learning for Physicists (PHY626)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, IMAPP				
Frequency: in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 4	**Work load** 120 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with Excercise	L +T	8	1 + 1
2	**Language:** English				
3	**Content** Different methods and applications of machine learning will be presented in order to be directly used by the students in practical exercises. The focus is on deep learning methods, such as deep neural networks (DNNs), convolutional neural networks (CNNs) and feedback neural networks (RNNs). Exercises are conducted in Jupyter notebooks, and modern software libraries such as Keras, Tensorflow, and Scikit-Learn are used.				
4	**Learning outcome** Participants learn to apply modern machine learning methods to given problems. The methods learned are then applied to a data analysis problem posed by themselves and both the solution and the results are documented in a project report.				
5	**Examination** Course work: work on the exercises and presentation of the solutions Module exam: graded project report				
6	**Participation Requirements** Basic knowledge in Python, desirable is the lecture 'Statistical Methods of Data Analysis'.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. K. Kröninger		**Faculty in charge** Department of Physics		

Modul: Fortgeschrittene nichtlineare spektroskopische Methoden in der Festkörperphysik (PHY628)				
Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus: jährlich im SS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 6. Sem. (B.Sc.) 2. Sem. (M.Sc.)	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1	**Modulstruktur**				
	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Vorlesung	V	3	2
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch				
3	**Lehrinhalte** **Lineare licht-Materie Wechselwirkung:** elektrische Polarisation, dielektrischer Tensor, lineare Optik, lineare Magneto-Optik in magnetischen Materialien (Metalle und Insulatoren), Drude Modell, Lorentz Modell **Optik der Metalle:** freie- Elektronen Modell, Plasmonen **Optik der Isolatoren und Halbleiter:** direkte und indirekte Übergänge, Exzitonen **Nichtlineare Optik:** nichtlineare elektrische Polarisation, Harmonische Erzeugung, magnetische Erzeugung von Harmonischen**,** Erzeugung von harmonischen aus Exzitonen **Raman Spektroskopie:** Spontane und Induzierte Raman-Streuung an Phononen und Magnonen **Zeit-aufgelöst Methoden:** Pumpprobe Methode, zeitaufgelöste SHG und THG, zeitaufgelöste Raman-Spektroskopie.				
4	**Kompetenzen** Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der optischen Eigenschaften von unterschiedlichen Materialienklassen. Das Verständnis von traditionellen und modernen spektroskopischen Methoden wird dabei durch direkte Beispiele ergänzt.				
5	**Prüfungen** Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)				
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: mündliche Prüfung** ☐ **Teilleistung**				
7	**Teilnahmevoraussetzungen:** Grundkenntnisse Festkörperphysik und Elektromagnetismus				
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul				
9	**Modulbeauftragte/r** Dr. D. Yakovlev		**Zuständige Fakultät** Physik		

Modul: Angewandte Dosimetrie (PHY629)				
Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus: jährlich im SS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 6. Sem. (B.Sc.) 2. Sem. (M.Sc.)	**Credits** 3	**Aufwand** 90 h

1	**Modulstruktur**				
	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch				
3	**Lehrinhalte** Der Kurs deckt die Grundlagen der Dosimetrie und deren Anwendungen ab. Der Schwerpunkt des Kurses liegt insbesondere auf dem Aspekt der Personendosimetrie und ihrer Bedeutung im Strahlenschutz beruflich strahlenexponierter Personen. In dem Seminar werden sowohl detektorphysikalischen Grundlagen behandelt als auch technologische Aspekte der Anwendung wie z.B. die Anforderungen an Dosimeter sowie die Umsetzung in der Normung.				
4	**Kompetenzen** Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Fachgebiet der Dosimetrie durch ein Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben.				
5	**Prüfungen** Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Fachvortrag				
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: eigener Vortrag** ☐ **Teilleistung**				
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Struktur der Materie bzw. KET				
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul				
9	**Modulbeauftragte/r** Prof. K. Kröninger		**Zuständige Fakultät** Physik		

Modul: Superconductivity (PHY6212)

Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: annual in SS	**Duration:** 1 Semester	**Semester:** 2. Semester (M.Sc.) 6. Semester (B.Sc.)	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hour per week
1	Lecture	L	3	2

2 Language: English

3 Content

Fundamental Properties of Superconductors: vanishing of electrical resistance, perfect diamagnetism, flux quantization, quantum interference
Superconducting materials: superconducting elements, alloys, MgB_2, heavy-fermion superconductors, high-*T*c cupper oxides, iron-based superconductors, organic superconductors
Cooper pairing: Bardeen-Cooper-Schrieffer theory, conventional superconductivity, unconventional superconductivity, energy gap, electromagnetic response
Thermodynamics: Ginzburg-Landau theory, Type-I superconductors in a magnetic field, Type-II superconductors in a magnetic field, fluctuations above *T*c, states outside thermodynamic equilibrium
Applications of superconductors

Literature:
Reinhold Kleiner and Werner Buckel, *Superconductivity: An Introduction* (Wiley-VCH)
Michael Tinkham, *Introduction to Superconductivity* (Dover)
James. F. Annett, *Superconductivity, Superfluids and Condensates* (Oxford)
Terry R Orlando, Kevin A. Delin, *Foundations of Applied Superconductivity* (Addison-Wesley)

4 Learning outcome
The discovery of superconductivity is one of the most prominent scientific achievements over the past century. A significant collection of unexpected and surprising new phenomena was revealed by the study of superconductivity, which greatly enriched our knowledge of quantum mechanics. This course will provide an overview of superconductivity and superconducting materials, based on the preliminary knowledge of solid state physics and quantum mechanics. Besides the fundamental properties of superconductivity, the lectures will also cover selected topics of the contemporary research.

5 Examination
Module exam: oral exam (30 min)

6 Participation requirements
Knowledge in Solid State Physics und Quantum Mechanics. Bachelor students have to pass the module „Einführung in die Festkörperphysik“ (PHY521).

7 Module type
Elective module

9	**Responsible** Prof. Zhe Wang	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Cold atoms and molecules (PHY6214)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: Summer term	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 6th B.Sc.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with Exercise	L +T	6	2 + 2
2	**Language:** English				
3	**Content** 1) Basic concepts: Atomic structure, Light matter interaction, Bose and Fermi gases. 2) Preparation of quantum gases: Laser cooling, optical and magnetic traps, Evaporative cooling, Detection techniques, Scattering properties. 3) Quantum simulation with ultracold atoms: Optical lattices and Hubbard models, Artificial gauge fields. 4) Basic concepts: Molecular structure, collisions of cold molecules 5) Preparation: Molecular sources and laser cooling 6) Fundamental quantum physics with cold molecules				
4	**Learning outcome** Students learn the foundations of cold atoms and molecules including their preparation and modern research questions, which connect to solid state physics in an interdisciplinary way. In the exercises, the students deepen their understanding by solving related problems and discussing them in the group.				
5	**Examination** Course work: work on the exercises and presentation of the solutions Module exam: graded examination (written or oral depending on number of participants)				
6	**Participation Requirements** Physics IV				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. E. Narevicius, Prof C. Weitenberg		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Quantum Technologies with Atoms and Photons (PHY6215)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 6th semester	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Modern topics of quantum technologies with atoms and photons, such as atom interferometers, atomic clocks, atomic qubits in tweezers, dark matter searches, precision spectroscopy of molecules, gravitational wave interferometers, frequency combs, quantum Zeno effect, Hong-Ou Mandel interferometer, Hanbury-Brown Twiss correlations, ghost imaging, and photonic BEC.				
4	**Learning outcome** Students learn key concepts and experiments of quantum technologies with atoms and photons. In the seminar talks, students learn to present complex scientific issues and methodologies in an understandable way. Through discussions, they learn basic principles of scientific exchange and discourse.				
5	**Examination** Module examination: Graded own presentation (30 min + 15 min discussion)				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. E. Narevicius, Prof. C. Weitenberg		**Faculty in charge** Department of Physics		

Modul: Höhere Quantenmechanik (PHY631)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jährlich im SS	1 Semester	6. Semester	6	180 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Höhere Quantenmechanik	V	3	2
2	Übungen zur Höheren Quantenmechanik	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

(zeitabhängige) Störungstheorie: S-Matrix, Fermis goldene Regel;
Streutheorie: Lippmann-Schwinger, Bornscher Wirkungsquerschnitt
Pfadintegral: klassischer Limes, harmonischer Oszillator;
Relativistische Quantenmechanik: Poincare-Trafos, Spinoren
Klein-Gordon-Gleichung
Diracgleichung: Kovarianz, P,T,C, nicht-relativistischer Limes, Feinstruktur
Feldquantisierung, Fockraum, Photonen,
Symmetrien, SUSY-QM

Literatur: Schwabl: Quantenmechanik für Fortgeschrittene,
Peskin, Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory,
L.D. Landau, E.M. Lifshitz: Quantenmechanik, Bd. III

4 Kompetenzen

Die Studierenden erlernen die wichtigsten Elemente der fortgeschrittenen Quantenmechanik, sowie die Methoden zur technischen Handhabung von Fragestellungen und Berechnung von Messgrößen. Neben der kanonischen Quantisierung wird das Pfadintegral als wichtiges Konzept moderner Feldtheorie am harmonischen Oszillator eingeführt. Ein Schwerpunkt ist die relativistische Quantenmechanik, hier wird verstärkt auf gute Beherrschung und konzeptionelles Verständnis der entsprechenden Transformationen für Objekte mit Spin geachtet. Die Studierenden werden an Methoden herangeführt wie sie in der aktuellen Forschung benutzt werden.
In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.

5 Prüfungen

Studienleistung: Hausaufgaben
Modulprüfung: Benotete Klausur (120 min)

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: Klausur** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Kenntnisse Physik I-IV

8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul; Unbedingt empfohlen, wenn Bachelorarbeit oder darauffolgendes Masterstudium im Bereich Teilchentheorie angestrebt wird.	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Modul: Computational Physics (PHY632)

Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics; B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits:**	**Work load:**
jährlich im SS	1 Semester	6th Sem. (B.Sc.) 2nd Sem. (M.Sc.)	9	270 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hour per week
1	Computational Physics	L	6	4
2	Exercises to Computational Physics	T	3	2

2 Language: English

3 Content

Fundamental numerical techniques, e.g.:
Numerical differentiation, integration, solution of differential equations. Basic tasks of numerical linear algebra: linear equation systems and eigenvalue problems.

Specific numerical techniques in physics, e.g.:
Nonlinear optimization in many variables, determination of dominant eigenvalues in high-dimensional spaces, variational methods, solution of coupled ordinary differential equations, molecular dynamics simulations, solution of partial differential equations, Monte Carlo simulations and integrations, solution of stochastic differential equations.

Physical fields of application, e.g.:
Nonlinear dynamics (Poincaré sections, Lyapunov exponents, attractors, bifurcations). Electrodynamics (potential equation). Optics (diffraction). Quantum mechanics (stationary states, variational methods, ground state calculations, time evolution, scattering problems, Hartree-Fock method). Quantum field theory (lattice QFT, functional integrals). Statistical physics (transfer matrix methods, critical points and critical exponents, simulations of many-particle systems with molecular dynamics and classical and quantum mechanical Monte Carlo methods, stochastic dynamics). Solid state physics (density functional methods, band structure calculation). Particle physics.

Literature:
Press et al: Numerical Recipes
Schnakenberg: Algorithmen in der Quantentheorie und Statistischen Physik
Thijssen: Computational Physics
Gould-Tobochnik: An Introduction to Computer Simulation Methods

4 Learning outcome

Students can apply modern methods of computer-aided theoretical physics and computer simulation to examples from elementary particle physics and condensed matter physics. This includes identifying the numerical problem, selecting the appropriate algorithm, and implementing it in a program based on projects as homework assignments. Working on projects in teams promotes teamwork and project management skills, as well as the graphical preparation and presentation of numerical results.

5 Prüfungen

Course work: Presentation of the exercise projects.
Module exam, written or oral (will be announced at the beginning of the module)

6	**Participation requirements** Knowledge of “Thermodynamics and Statistical Physics” is strongly recommended.	
7	**Module type** Elective module	
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Theory of Soft and Biological Matter (PHY633)

Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Frequency: in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours
1	Lecture with exercise	L+T	6	3 + 1

2 Language: English

3 Content

Important soft and biological matter systems: colloidal systems, liquid crystals, polymers, fluid interfaces, fluid membranes; cell membrane, DNA, cytoskeleton, proteins, motor proteins, protein filaments.

1. **Statistical physics:**
   virial expansion, phase transitions (MeanField, scale laws).
2. **Molecular interactions:**
   Debye-Hückel theory, van der Waals interaction, DLVO theory, hydrophobic effect, hydrogen bonds, steric interactions.
3. **Polymers:**
   chain models, self-avoidance, polymer solutions, adsorption, rubber elasticity.
4. **Fluid interfaces:**
   surface tension, differential geometry, surfaces of constant curvature, capillary waves, wetting, foams.
5. **Membranes:**
   bending energy, liquid vesicle shapes, thermal fluctuations.
6. **Stochastic dynamics:**
   Brownian motion, diffusion problems, random walk, Markov processes, Langevin equation and Fokker-Planck equation.
7. **Physical and chemical kinetics:**
   thermally activated processes, chemical equilibrium, chemical kinetics, Michaelis-Menten.
8. **Biological physics:**
   molecular motors, filaments, ATP-driven processes.

4 Learning outcome

Students will be able to apply modern methods of theoretical physics (from the fields of statistical physics, mechanics, electrodynamics) to systems of soft matter and biological physics in an interdisciplinary way. In the exercises, the students learn to understand problems from the interdisciplinary subject area of Soft Matter as theoretical-physical problems, to solve them and to discuss them in groups.

5 Examination

Course work: Exercises
Module examination: Graded written exam (120min) or oral exam (30 min), will be announced at the beginning of the course.

6 Participation requirements

Knowledge of “Thermodynamics and Statistical Physics” is recommended.

7 Module type

Elective module

8	**Responsible** Prof. J. Kierfeld	**Faculty in charge** Department of Physics

Modul: Allgemeine Relativitätstheorie (PHY634)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)

Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand
im SS	1 Semester	6. Sem. (B.Sc) 2. Sem (M.Sc)	6	180 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung mit Übung	V+Ü	6	3 + 1

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch

3 Lehrinhalte

Wiederholung Spezielle Relativitätstheorie, Prinzipien der Allgemeinen Relativitätstheorie, Bezugssysteme und Äquivalenzprinzip, Tensorkalkül und Geometrie in gekrümmten Räumen, Gravitation und Einsteinsche Feldgleichungen, Tests der allgemeinen Relativitätstheorie, Schwarzschildmetrik, Sternmodelle, Schwarze Löcher, Gravitationswellen, Ausblick auf Kosmologie und Quantengravitation

Literatur:

S.M. Carroll: Spacetime and Geometry: Introduction to General Relativity und andere in der Vorlesung angegebene

4 Kompetenzen

Die Studierenden lernen, wie man die Raum-Zeit-Struktur gekrümmter Räume mathematisch beschreibt; sie erwerben eine vertiefte Einsicht in die Physik der Gravitation und ihre Beziehung zur Struktur der Raumzeit; sie lernen exemplarisch, wie sich aus allgemeinen Prinzipien und Postulaten eine Theorie mit meßbaren Konsequenzen herausbildet; sie entwickeln und üben die notwendigen Techniken, um den Formalismus der Allgemeinen Relativitätstheorie auf konkrete Probleme in Astrophysik und Kosmologie anzuwenden.

5 Prüfungen

Studienleistung: Hausaufgaben

Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) oder Klausur (120 min), wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: mündlich oder Klausur** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Kenntnisse aus Physik I-III

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Wahlmodul

9 Modulbeauftragte/r	Zuständige Fakultät
Prof. G. Hiller, Prof. H. Päs	Physik

Module: Advanced Solid State Physics I: Semiconductors and Light-Matter Interaction (PHY635)

Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
as needed in SS	1 semester	6th sem. (B.Sc.) 2nd sem. (M.Sc.)	6	150 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours
1	Lecture	V	6	4

2 Language: English

3 Content

The lecture covers the most important aspects of the modern physics of crystalline semiconductors and general aspects of the interaction of solids with light. Specifically, the following topics are covered:

Semiconductor Physics: crystal structures, lattice vibrations, electronic band structure of important semiconductor materials, defect states and electrical transport, heterostructures/nanostructures: fabrication and properties, influence of external fields: Stark effect, quantum Hall effect, semiconductor diodes: band diagram and electrical properties

Linear optics: optical properties of dielectrics, semiconductors and heterostructures including semiconductor structures; phonons, plasmons, polarons, excitons, optical Bloch equations; density matrix formalism; strong and ultra-strong light-matter coupling.
Nonlinear optics: nonlinear susceptibility; nonlinear wave equation; phase matching; 3rd and higher order nonlinearities; nonlinear optics of the two-level system.
Fundamentals of quantum optics: quantization of the electromagnetic field; quantum-mechanical states of the light field; coherence.

Literature: N.W. Ashcroft, N.O. Mermin: "Solid State Physics"
M. Grundmann, “The Physics of Semiconductors: An Introduction Including Nanophysics and Applications”
M. Fox: "Optical Properties of Solids"

4 Learning outcome

The lecture opens a comprehensive view of modern semiconductor physics including the most important heterostructures. It also offers insight into the general optical properties of condensed matter in a broad spectral range from microwave radiation to the ultraviolet. The aim is to develop an understanding in particular of collective electron dynamics, excitations of quasiparticles, nonlinear optical processes and basic features of quantum optics.

5 Examination

Module exam: oral exam (30 min)

6 Forms of examination and performance

Module examination: oral **Partial performance**

7	**Participation requirements** Basic knowledge of solid state physics (Introduction to Solid State Physics or Structure of Matter).	
8	**Module type** Elective module	
9	**Responsible** Dean of the Department of Physics	**Faculty in charge** Physics

Modul: Fortgeschrittenenpraktikum (Bachelor) (PHY641)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jährlich im SS	1 Semester	6. Semester	6	180h, davon 60,5 h Präsenz und Prüfungen

1	**Modulstruktur** 4 SWS, Praktikum; die Versuche werden in Kleingruppen durchgeführt, und von erfahrenen Wissenschaftlern betreut.
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch
3	**Lehrinhalte** Physikalische Experimente und Messmethoden: Es werden die von den Studierenden erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten aus den „Experimentellen Übungen für Physiker I + II“ vertieft und im Hinblick auf aktuelle Techniken erweitert. Neben weiterführenden Versuchen zur Elementarteilchen-, Kern-, Atom- und Festkörperphysik wird auch tiefer in die Forschungsrichtung des Fachbereichs eingeführt, so können z.B. einzelne Versuche an den Lehrstühlen durchgeführt werden. Die jeweiligen Versuchsanleitungen enthalten lediglich einen kurzen Abriss der theoretischen und experimentellen Grundlagen, so dass die erforderlichen Kenntnisse im Selbststudium erworben werden müssen und der Umgang mit (englischer) Fachzeitschriften gelernt wird. Die Inhalte der Vorlesungen „Einführung in die Kern- und Teilchenphysik“ sowie „Einführung in die Festkörperphysik“ werden vorausgesetzt. **Literatur:** Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt. Zusätzliche Literatur ist jedoch für das Verständnis erforderlich, u.a. Bergmann, Schäfer, Lehrbuch der Experimentalpysik 1-6 (Walter de Gruyter 1990) Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer 1994) Thorne, Litzen, Johansson, Spectrophysics (Springer 1999)
4	**Kompetenzen** Die Studierenden sind in der Lage, komplexe Experimente eigenständig zu verstehen, durchzuführen, zu analysieren und den Sachverhalt wissenschaftlich darzustellen. Sie haben gelernt mit englischsprachlicher Literatur zu arbeiten, sowie aus verschiedenen Messtechniken bzw. Analysemethoden eine geeignete Methode auszuwählen und anzuwenden. Die Studierenden sind mit computergestützter Messdatenerfassung und Experimentiersteuerung vertraut. Die Studierenden sind in der Lage einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie haben gelernt, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren.
5	**Prüfungen** Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle. Modulprüfung: Benotetes Abschlusskolloquium (30 min).
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: mündlich** ☐ **Teilleistung**
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Modul PHY341/441

8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Pflichtmodul	
9	**Modulbeauftragter** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Module handbook

for the study program

Physics, Master of Science

of the TU Dortmund University

Prüfungsordnung 2023

Preface

Numbering Scheme

The modules of the subject physics are provided here with a number of the form **PHYklmn:**

- **k is** the number of the semester in which this module can normally be started. The semesters of the Bachelor's and Master's program are numbered consecutively, i.e. k=1,... ,6 for the bachelor program and k=7,...,10 for the master program,
- **l** the type of course:
  l=1: Theoretical and experimental physics, e.g. integrated course;
  l=2: Experimental physics;
  l=3: Theoretical physics;
  l=4: Laboratory course,
- **mn** an ordinal number.

The import modules from mathematics, chemistry and computer science used in the bachelor's program are listed in the form published by the offering faculties. Therefore, they are also not numbered according to the scheme described above and the descriptions are designed differently.

General remarks

The modules of the elective area or the general area of specialization in the Bachelor's degree program and in the Master's degree program can be found in the module catalogs of the offering faculties. These are defined in more detail by the respective examination regulations. The selection of the possible modules is made in coordination between the participating subjects or faculties. A rigid catalog does not make sense in the interest of flexibility and adaptation to new developments in science and in the professional field. As an indication of possible combinations of modules in these areas, examples of proven combinations of courses are published on the Internet.

The list of elective modules for the elective area or the physics specialization area is also not to be regarded as exclusive or rigid. Here, too, it must be possible to take new developments into account; furthermore, it should also be possible to use courses taught by guest lecturers as well as courses taught by external lecturers habilitated at the faculty (ISAS, DESY, etc.) as well as other courses in these areas that do not take place on a regular basis.

No fixed modules or module combinations have been prescribed for the elective area or the physics specialization area in order to allow students to set their own individual focus, especially in the master's program. This focus is set in coordination with the lecturers, the student advisor and the examination board. It has been shown that a canon of sensible standard combinations emerges, to which the students orient themselves.

Many of the elective modules are therefore deliberately kept small (3CP) to allow students, in consultation with the lecturers, to optimally adapt to individual specialization preferences. For example, module 825 (Fundamentals of Detector Physics, 3CP) together with 823 (Astroparticle Physics, 6CP) and 7210 (Seminar: Particle and Astroparticle Physics, 3CP) could be a useful physics specialization in view of a master thesis in astroparticle physics. However, the same module 825 can also be used with 622 (Introduction to Medical Physics, 8 CP) and Radiation Therapy and Dosimetry (from the Medical Physics course) for a specialization in medical physics, or, combined still differently, in traditional particle physics at accelerators. In the interest of clarity, an exhaustive list of *all* possible combinations does not seem useful.

The module "Hauptseminar in Physics" according to §17 of the Master's Examination Regulations is not further specified in terms of subject matter, since all working groups of the faculty regularly offer seminars at the corresponding level. Some of them are explicitly described in the module catalog to indicate that they are well suited for an area of specialization in combination with other modules; an example is for instance PHY726. Of course, a seminar used for an area of specialization cannot be used again as a physics major seminar. Credit points for seminars are only awarded for regular active participation in the seminar discussions; in addition, an individual contribution must be presented.

As is common in most physics departments and faculties, required courses and major electives rotate among instructors; therefore, module descriptions do not include instructor names.

For the majority of the modules in physics, the literature used is given in the module descriptions. Further literature will be announced at the beginning of each module by the current lecturers, on request also in advance.

Many modules from the Bachelor's or Master's program in Medical Physics can also be used in the Bachelor's and Master's programs in Physics, for example the modules Medical Physics I and II and other modules whose contents are not largely covered by compulsory, elective or optional modules of the Bachelor's and Master's programs in Physics. These modules are described in the corresponding module manual of the Master's program in Medical Physics.

Work load

The work load of one credit point corresponds to 30 hours of work. The work load quoted in the description of the modules below represents the typical work load associated with the modules.

Mode of delivery

All courses are planned to be delivered face-to-face, but the mode of delivery can be changed in agreement with the students or external constraints. While distance learning is possible for most lectures and seminars, it is difficult to maintain for laboratory courses.

Examinations

Most modules are completed by an examination. If the type of examination is not fixed in the module description it has to be specified by the examiner no later than two weeks after the start of the course. Details about the examinations, e.g. the length and the announcement procedure, are detailed in §9 of the Master's Examination Regulation.

Teaching methods

The teaching methods used depend on the type of course:

- “Lecture” (L)for lecture-type courses and seminars given by invited speakers
- “Problem-based learning” (T) for tutorials/exercise sessions, e.g. in theoretical physics
- “Seminar” (S) for presentations prepared by students
- “Directed discussion” for an in-class discussion of the presented material organized by the teacher
- “Laboratory method” (P) for lab experiments conducted by the students and under supervision
- “Research” for the Master thesis and internships

Teachers can deviate from the teaching methods indicated given personal preferences.

Module: Accelerator Physics I (PHY712)

Degree Program: B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, M.Sc.Physics, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)

Frequency:	Duration:	Semester:	Credits	Work load
in WS	1 semester	1st sem.	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	4	3
2	Exercises	T	2	1

2 Language: English

3 Content

1. **Introduction:**
   physics basics, history, accelerator types.
2. **Transverse beam dynamics:**
   magnets, particle optics, transverse phase space
3. **Longitudinal beam dynamics:**
   high frequency systems, longitudinal phase space
4. **Synchrotron radiation:**
   properties of synchrotron radiation, radiation damping, wigglers and undulators, synchrotron radiation sources.

4 Learning outcome

Students obtain an overview of the physics and technology of particle accelerators that is beneficial not only for a career in accelerator physics, but also for future experimenters at an accelerator. Students learn the essential steps in designing an accelerator or storage ring. They perform beam dynamics calculations as part of exercises, including practice using a scripting language such as Matlab.

5 Examination

Course work: Successful completion of the exercises on a regular basis, active Participation in the exercises
Module examination: Graded oral examination (30 min)

6 Participation requirements

7 Module type

Elective module

8 Responsible	Faculty in charge
Prof. W. Helml	Department of Physics

Modul: Ethik der Naturwissenschaften (PHY7240)

Studiengang: B. Sc. Physik M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)

Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand
Wintersemester	1 Semester	1.-2. Sem.	3	90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Seminar	S	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

1. Historische Positionen: Aristoteles (Grundlegung der Diskussion in der „Nikomachischen Ethik“), Kant (Der kategorische Imperativ in der Metaphysik der Sitten und Kritik der praktischen Vernunft), Schopenhauer (Naturwissenschaft und Ethik in der „Welt als Wille und Vorstellung“), Lange (Ethik und Materialismus in der „Geschichte des Materialismus)
2. Grundlagen der gegenwärtigen Diskussion: Günther Anders (Die Antiquiertheit des Menschen) Hans Jonas („Das Prinzip Verantwortung“; „Technik, Medizin und Ethik“)
3. Physik im Krieg: Die Farmhall-Protokolle (Bernstein, „Hilters Uranium Club“), Navasky, Ethische Funktion des Krieges („Report from Iron Mountain“), Robert Jungk („Heller als tausend Sonnen“)
4. Spezialthemen zur ethischen Verantwortung in der Medizin und Neurowissenschaft: z.B. Verteilungsprobleme bez. medizintechnischer Ressourcen (Geräte, Medikamente);
   Apparate abschalten? Leben künstlich verlängern? Organtransplantation/Hirntod-Kriterium? Präimplantations-Diagnostik? Hirndoping? Literatur dazu: Dieter Sturma, Bert Heinrichs (Hrsg) (2015) Handbuch Bioethik. Metzler; Biller-Andorno, N., Monteverde, S., Krones, T., Eichinger, T. (Hrsg.) Medizinethik. Springer; Armin Grunwald (Hrsg.): Handbuch Technikethik (2013) Metzler; Stoecker, Ralf, Neuhäuser, Christian, Raters, Marie-Luise (Hrsg.); Handbuch angewandte Ethik (2011) Metzler; Europäische Enzyklopädie zu Philosophie und Wissenschaften, Meiner (1990), weitere Ressourcen: Material des dt. Ethikrats, des DRZE (Deutsches Referenzzentrum für Ethik in den Biowissenschaften) etc.

4 Kompetenzen

Die Studierenden erwerben durch Selbststudium zu ihrem eigenen Vortrag, durch die weiteren Vorträge und begleitenden Diskussionen ein vertieftes Wissen über die Begründung von Grundpositionen der Ethik und deren Anwendungsmöglichkeit in Hinblick auf Entscheidungsprobleme bei naturwissenschaftlich bzw. technisch induzierten Problemen. Dazu erwerben Sie die Fähigkeit, Fachtexte aus dem Gebiet der Philosophie inhaltlich zu erarbeiten und die für die Physik bzw. Naturwissenschaften relevanten Kernfragen herauszuarbeiten und auf die gegenwärtige gesellschaftliche Situation zu beziehen.
Sie sind in der Lage, sich in ein komplexes Gebiet selbständig einzuarbeiten und die wesentlichen Inhalte verständlich zu präsentieren. Dabei verfügen Sie über Kenntnisse moderner Präsentationstechnicken und können diese einsetzen.
Sie können in einer wissenschaftlichen Diskussion ihren Standpunkt verteidigen.

5 Prüfungen

Studienleistung: Seminarvortrag
Modulprüfung: wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: schriftlich oder mündlich** ☐ **Teilleistung**

7	**Teilnahmevoraussetzungen** keine	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul	
9	**Modulbeauftragte/r** Prof. Dr. Dr. W. Rhode	**Zuständige Fakultät** Physik

Module: NRW Lecture Series on Quantum Technologies (PHY7241)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: WS or SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** Any semester	**Credits** 4	**Work load** 120 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture + Laboratory visits	L+P	4	3
2	**Language:** English				
3	**Content** The lecture series is jointly organized by the Universities in Dortmund, Bonn and Paderborn. It consists of introductory online lectures and tutorials from the researchers from the participating Universities as well as on-site visits to the respective quantum technology labs. The students will get an overview of different experimental platforms of quantum technologies as well as current research topics. 1) Rydberg Atoms (Bonn) 2) Cold Atoms and Molecules (Dortmund) 3) Photonic Quantum Technologies (Paderborn) The weakly lectures or tutorials will be 2 hours and the three on-site visits will be about 6 hours plus travel time.				
4	**Learning outcome** Students obtain an overview of current research in quantum technologies at TU Dortmund and neighboring Universities.				
5	**Examination** Module exam: graded examination (written or oral depending on number of participants)				
6	**Participation Requirements** Physics IV				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** E. Narevicius and C. Weitenberg		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Advanced Deep Learning in Physics (PHY7242)				
Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, M.Ed. Lehramt				
Frequency By the semester	**Duration** 1 Semester	**Semester** $5^{th}/6^{th}$ semester B.Sc. $1^{st}/2^{nd}$ semester M.Sc.	**Credits** 3	**Work load** 90h

1	**Module structure** This course is structured in a novel way based on the established pedagogical principles of blended learning and student activation. Instead of traditional weekly lectures, the content is divided into short, focused video segments (15–20 minutes each) that you can watch on demand. Each video begins and ends with clearly defined learning objectives and is accompanied by a short self-correcting quiz to help you check and deepen your understanding right away. Each unit includes a practical exercise where you'll apply the concepts to typical real-world physics problems, similar to problems that you will encounter in future research projects. Weekly discussion sessions provide the opportunity to ask questions, review key topics, and go over the exercises together.	
2	**Language:** English	
3	**Content** Advanced deep learning architectures and concepts such as Graph Neural Networks, Transformers, Generative models (GANs and diffusion models), Normalizing Flows, uncertainty predictions, quantized networks, large language models, and text-to-image. Interpretability, Ethics, and Sustainability of Deep Learning. Practical skills in using common deep learning libraries and tools (TensorFlow/KERAS, PyTorch, JAX, scikit-learn, tensorboard, data loaders and data pipelines). All topics will be studied with examples from state-of-the-art research in physics.	
4	**Learning outcome** On completion of the course, the student should be able to: • create and design different advanced network architectures within Keras and PyTorch for problems in physics • read, understand, and handle complex data sets and prepare them for the training of neural networks • identify the right tool to tackle specific deep learning problems and apply the tools to the problems in the correct way	
5	**Examination** Course work: Successful participation in all assignments. Active participation in all discussion sessions. Graded portfolio examination consisting of hand-in assignments	
6	**Participation Requirements** Basic deep learning knowledge (e.g. by completing the course *Applied Deep Learning in Physics* or equivalent). Basic knowledge in Linear Algebra and Python	
7	**Module type** Elective module	
8	**Responsible** Prof. C. Glaser	**Organization** Department of Physics

Module: How AI is advancing Fundamental Physics (PHY7243)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency By the semester	**Duration** 1 Semester	**Semester** 1.-2. Sem. M.Sc.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and individual presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Artificial Intelligence is transforming many aspects of society, including the ways in which scientists are pursuing groundbreaking discoveries. In particular, recent advances in deep learning give us new ways of extracting more information from experimental data, which inevitably will lead to new breakthroughs when we apply these techniques for our research. The seminar covers recent examples of how modern deep learning methods and differential programming advanced Particle and Astroparticle Physics.				
4	**Learning outcome** The students learn about how state-of-the-art AI methods and how they can be applied to Particle and Astroparticle Physics. The students will not only learn about the AI methods itself, but also about the challenges when applying these methods to real data and how to overcome them.				
5	**Examination** Coursework: Active participation in discussions following lectures. Module examination: Graded oral presentation (Presentation in the seminar).				
6	**Participation Requirements** Basic knowledge of Particle and Astroparticle Physics, and deep learning.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. Christian Glaser		**Organization** Department of Physics		

Module: Experimental methods in cold molecule physics (PHY7244)				
Degree program: M.Sc. Physics, M.Ed. Lehramt Physik				
Frequency By the semester	**Duration** Block course	**Semester** 1st/2nd/3rd/4th semester	**Credits** 2	**Work load** 60 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lab course	P	2	15 h block
2	**Language:** English				
3	**Content** **1. Cryogenic apparatuses** Basics of cryogenic engineering (materials, relevant physical quantities); different types of cryo-coolers and their application **2. High-Tc-Superconductors** Mechanical and electromagnetic properties of REBCO superconductors; behavior under AC and transients; **3. Power Electronics** overview of components (diodes, MOSFETs, IGBT,,..); design of circuits; assessment of radio-frequency signals **4. Computer control of experimental apparatuses** Interfaces and protocols (serial, GPIB,...); commonly used software and packages				
4	**Learning outcome** Students are able to understand and debug existing experimental set-ups. They are capable of proposing components and experiment layouts suitable for a specific research purpose.				
5	**Examination** Course work: preparation and execution of experimental procedures Module examination: graded oral examination (20min)				
6	**Participation Requirements** -				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. E. Narevicius Dr. M. Pitzer		**Organization** Department of Physics		

Module: Principles and Applications of Nonlinear Optical Spectroscopy (PHY7245)				
Degree program: M.Sc. Physics, MMPPLS				
Frequency Annually in WS or SS	**Duration** 1 Semester	**Semester** 1st – 4th semester (M. Sc.)	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** **Fundamental principles** of nonlinear light–matter interaction: Nonlinear polarization, susceptibility tensors, symmetry properties of nonlinear media, and the role of intense laser fields. Nonlinear response functions and optical susceptibilities. Maxwell-Liouvielle equation. Second-order nonlinear processes including second harmonic generation, sum- and difference-frequency generation, and optical parametric amplification. Phase matching techniques such as birefringent and quasi-phase matching and their implementation in common nonlinear crystals. Third-order nonlinear effects including Kerr nonlinearity, third harmonic generation, self-phase modulation, self-focusing, and four-wave mixing. Nonlinear wave propagation and coupled-wave equations in bulk media and optical fibers. **Applications**: Frequency conversion, nonlinear optics in optical fibers, ultrafast pulse shaping and supercontinuum generation, and selected examples in modern photonics and spectroscopic studies in condensed matter physics. **Literature**: R. Boyd, Nonlinear Optics (Academic Press) S. Mukamel, Principles of Nonlinear Optical Spectroscopy (Oxford University Press) G. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics (Academic Press)				
4	**Learning outcome** Students acquire an understanding of the fundamental principles of nonlinear light–matter interaction and the physical mechanisms underlying nonlinear optical phenomena.				
5	**Examination** Module examination: Graded oral examination (30 min)				
6	**Participation Requirements** Knowledge in optics and electromagnetism				
8	**Module type** Elective module				
9	**Responsible** Dr. S. Kovalev Prof. Z. Wang		**Organization** Department of Physics		

Module: Soft Matter and Biophysics: Experiment and Theory (PHY713)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, MMPPLS				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar will consist of student presentations on topics related to soft matter and biophysics: Experimental methods and theoretical concepts in soft matter and biophysics, e.g.: 1. **Soft Matter:** experimental techniques such as small angle X-ray scattering and X-ray reflectivity, theory of colloids (hard spheres), liquid crystals, membranes and vesicles, polymers (DNA), etc. 2. **Biophysics:** experimental methods such as X-ray structure analysis and protein crystallization, high-resolution microscopy, theory and simulation of proteins and protein folding, molecular motors, viruses, etc.				
4	**Learning outcome** Students become familiar with a wide variety of experimental methods and theoretical concepts used in the interdisciplinary field of soft matter and biophysics research. In addition, students also acquire presentation techniques for knowledge transfer and discussion techniques. .				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation (30min + 15min discussion).				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. J. Kierfeld, Prof. M. Tolan		**Faculty in charge** Department of Physics		

Modul: Molecular Simulation of soft matter and biological materials (PHY714)				
Degree program: M.Sc. Physics, MMPPLS, RESOLV Graduate School				
Frequency in SS	**Duration** 1 week (Block course)	**Semester** 1st sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**SWS**
	1	Lecture with practical course	L+P	6	4
2	**Language:** English				
3	**Content** **Applications in relevant molecular systems:** - Biological soft matter: Proteins and lipid membranes. - Industrial materials: Polymers, surfactants, metals and 2D Materials. **Simulations of molecular systems**: - Molecular dynamics: underlying approximations, efficient algorithms, integration of Newton's equations of motion - ensembles (barostats and thermostats) - Coarse-graining and mesoscopic simulation methods - Heuristic sampling and optimization methods (e.g., Evolutionary algorithms, Swarm optimization) - Synergies with artifical inteligence and machine learning **Free energy calculations:** Reaction coordinates, free energy perturbation, thermodynamic integration, umbrella sampling, strings methods. **Non-equilibrium thermodynamics**: Jarzynski Equation and Crooks Theorem				
4	**Learning outcome** Students learn to apply modern computer methods (from the fields of statistical physics, mechanics) to molecular systems of soft matter and biological physics in an interdisciplinary manner. The power and relevance of these methods are demonstrated using exciting examples from the scientific literature. In the exercises, students learn to translate problems from the interdisciplinary subject area of soft matter into an computional-physical problem.				
5	**Coursework and examination requirements** Course work: Practical exercises. Module exam: Optional for students of the TU Dortmund. Oral exam (30 min).				
6	**Participation requirements** Basic Physics (e.g., Physics I-IV) knowledge as well as Thermodynamics and Statistics				
7	**Module type** Elective module in M.Sc. Physics and MMPPLS and as part of the RESOLV Graduate School				
8	**Responsible** Prof. H. J. Risselada		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Key Experiments in Particle Physics (PHY723)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 4	**Work load** 120 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	4	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Key experiments in particle physics, in particular fundamental discoveries and the development of key experimental technologies. These include the Wu experiment, the discovery of the Higgs boson, and the development of semiconductor detectors for particle physics. The experiments are placed in their historical context and their significance for particle physics is elaborated.				
4	**Learning outcome** Students deepen their knowledge in the field of particle physics through a self-study for their own lecture. This lecture also trains skills in scientific research and presentation techniques. Scientific discussion and writing techniques are acquired in the subsequent discussion and by preparing a written summary on the entire course content.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own lecture and preparation of a written report. Summary of the entire course.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. K. Kröninger, Prof. J. Albrecht		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Measurement Methods in Surface Physics (PHY724)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with exercise	L + T	6	3 + 1
2	**Language:** English				
3	**Content** The lecture consists of a theoretical part with reference to and examples from practice: Basic concepts of surface physics; experimental prerequisites; introduction to the most important measurement methods; description and nomenclature in surface physics; electronic and structural properties of surfaces; interactions at surfaces; surface states; atoms and molecules on surfaces, organic molecular films, insight into nanotechnology: nanostructures, micro and nano fabrication of structures, micro and nano applications. <u>Literature:</u> Henzler/Göpel, Surface Physics of the Solid State, F. Bechstedt/P. Herzog, Principles of Surface Physics, K. Kopitzki Introduction to Solid State Physics, W. Mönch, Semiconductor Surfaces and Interfaces; S. Morita/R.Wiesendanger/E.Meyer (Eds.), Noncontact Atomic Force Microscopy; W. Schattke/M.A. Van Hove (Eds.), Solid-State Photoemission and Related Methods; B. Bushan (Ed.), Springer Handbook of Nanotechnology; D.P. Woodruff/T.A. Delchar, Modern Techniques of Surface Science-Second Editon.				
4	**Learning outcome** The students know the basics of surface physics and surface-specific techniques: these are necessary prerequisites and allow early experimental approaches. They master the most important measurement methods used in surface physics from the theoretical side. The students know the respective strengths and limitations of the methods, and they have an overview of the respective advantages and disadvantages of the techniques used. The students make the necessary distinctions between volume and surface-specific techniques for the targeted characterization of materials; they explain their properties using examples. In addition, they know the most important interaction mechanisms of atoms and molecules with surfaces. They use this basis for subsequent insights into applications in nanotechnology.				
5	**Examination** Course work: Homework. Module examination: Graded oral examination (30 min)				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. C. Westphal		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Accelerator Physics and Synchrotron Radiation: Applications in Solid State Physics (PHY726)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik				
Frequency: every semester	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st -2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar consists of subfields of active research with storage rings and with synchrotron radiation: Current problems of generation and current applications with synchrotron radiation; methods of solid state physics for research with synchrotron light in the soft to hard X-ray range; electronic and structural properties of surfaces Literature: will be announced/provided in the seminar for the respective topics.				
4	**Learning outcome** The students know current problems in the generation of synchrotron radiation. For this purpose, they discuss modern methods for the characterization of accelerators. Today, synchrotron radiation is used to describe surfaces in many fields, for example physics, chemistry and biology. These methods connect disciplines in modern research. Through the joint seminar from the field of synchrotron radiation generation and the field of applications, the ability to work in a team is promoted. The students have modern methods for scientific research and the latest presentation techniques, which they deepen with their own contribution. Furthermore, they are able to weigh different methods and techniques of the use of synchrotron radiation in research for surface and volume specific analysis contextually against each other and discuss them problem-oriented.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation on a topic from current research.				
6	**Participation requirements** Recommended: accelerator physics				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Atomically Resolved Surface and Interface Analysis (PHY727)				
Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
in SS	1 semester	1st-3rd sem.	3	90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Introduction: basic properties of surfaces / interfaces; methods for real space imaging (scanning tunneling microscopy, atomic force microscopy, etc.); diffraction with electron and atomic beams at surfaces; investigation of nanostructures at surfaces; X-ray and neutron scattering (basics); X-ray reflectivity at surfaces and interfaces: Theory and examples.				
4	**Learning outcome** Students will learn different methods to investigate the nanoscopic structure of surfaces and interfaces, up to methods with atomic resolution. In particular, methods for real space imaging are compared with diffraction methods. The presentation of the basic mechanisms is complemented with many examples from current research. Fields of application such as nanotechnology will be highlighted.				
5	**Examinations** Module examination: Graded oral module examination (30 min) or short written test.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Solid State Spectroscopy (PHY728)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency: every semester	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar deals with subfields of active research, mainly magnetic resonance, but also dielectric and optical spectroscopy of solids: Novel methodological developments in nuclear and electron spin resonance and related spectroscopy techniques and their application to quantum physics, materials science, and medical physics issues. Literature: will be announced / provided in the seminar on the respective topics.				
4	**Learning outcome** Students have an overview of some essential spectroscopic methods for the study of both hard and soft matter. Accompanied by the lecturers, the students get to know a special field of research in more detail by means of the original literature and are able to prepare it in a structured way for the presentation in a presentation. Through the mandatory regular participation, you will also have an overview of other current developments in the field of solid state spectroscopy. The mandatory own presentation trains competences in the field of scientific research and presentation techniques.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation on a topic from current research.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		

Modul: Laser – Arten und Anwendungen (PHY729)				
Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jährlich	1 Semester	1.-2. Sem. M.Sc.	3	90 h

1	**Modulstruktur**				
	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch				
3	**Lehrinhalte** Das Seminar besteht aus Teilgebieten zu Grundlagen von Laserprozessen und zur aktiven Forschung mit Lasern: Laserprozesse, Lasertypen (Festkörper-, Gas-, Halbleiter-, Elektronenlaser etc.), Erzeugung und Anwendung ultrakurzer Laserpulse, Erzeugung und Anwendung extrem schmalbandiger Laser, Hochleistungslaser, Laser für Kommunikation und Nachrichtenübertragung, Laser in der Medizin Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben /bereitgestellt				
4	**Kompetenzen** Die Studierenden lernen aktuelle Probleme bei der Erzeugung und Nutzung von Lasern kennen. Der vorgeschriebene eigene Vortrag schult Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. Unterschiedliche Vorgehensweisen und Arbeitsmethoden gewähren einen Überblick der Forschung mit Laserstrahlung.				
5	**Prüfungen** Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Thema aus der aktuellen Forschung.				
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: eigener Vortrag** ☐ **Teilleistung**				
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Vorkenntnisse aus Festkörperphysik oder Festkörperspektroskopie				
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul				
9	**Modulbeauftragte(r)** Dekan/in Physik		**Zuständige Fakultät** Physik		

Module: Particle and Astroparticle Physics (PHY7210)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
every semester	1 semester	1st/2nd sem.	3	90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar will cover subfields of research in experimental particle and astroparticle physics and related fields such as cosmology and nuclear physics. Literature: will be announced or provided in the seminar on the respective topics.				
4	**Learning outcome** Students will deepen their knowledge in the field of the seminar through self-study for their individual presentations. These talks also train skills in scientific literature research and presentation techniques. In the subsequent discussion, scientific discussion techniques are acquired.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module i				
8	**Responsible** Prof. W. Rhode		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Neutrino and Gamma Astronomy (PHY7211)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, IMAPP				
Frequency: every semester	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd Sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar will cover subfields of research in the fields of neutrino and gamma astronomy and connecting fields such as cosmology and particle physics. Methods of analyzing the large amounts of data generated in these fields may also be covered. Literature: will be announced or provided in the seminar on the respective topics.				
4	**Learning outcome** Students deepen their knowledge in the field of the seminar through self-study on your own lecture. This lecture also trains skills in the area of scientific literature research and presentation techniques. Scientific discussion techniques are acquired in the subsequent discussion.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation.				
6	**Participation requirements** Recommended: astroparticle physics.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. W. Rhode		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Particle Physical Aspects of Cosmic Rays (PHY7212)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: As needed	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** In the seminar subareas of research in the field of cosmic rays and related fields are treated. Special attention is given to particle physics aspects. Literature: will be announced or provided in the seminar on the respective topics.				
4	**Learning outcome** Students deepen their knowledge in the field of the seminar through self-study on your own lecture. This lecture also trains skills in the area of scientific literature research and presentation techniques. In the subsequent discussion scientific discussion techniques acquired.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation.				
6	**Participation requirements** Recommended: astroparticle physics				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. W. Rhode		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Modern Optics (PHY7213)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency: in SS/WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st-3rd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Novel methodological developments for light field control and modern optical techniques for spectroscopy and imaging and their application in basic research, materials science and medical physics. Literature: will be announced/provided in the seminar for the respective topics.				
4	**Learning outcome** Students learn about current optical methods and applications. The students work out a delimited research topic on the basis of the original literature and prepare it for a presentation. The prescribed own presentation trains competences in the field of scientific literature research and presentation techniques. In the subsequent discussion, students learn scientific discussion techniques. The breadth of topics gives students an overview of the use of optical processes in both research and industrial applications.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation on a topic from current research.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Quantum Optics (PHY7214)				
Degree Program: M.Sc. Physics, MMPPLS				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st-3rd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Quantization of the light field, discrete variables, photon statistics, correlation functions and Fock states, continuous variables, Wigner functions and squeezed light, light-matter interaction, rotating-wave approximation, cavity quantum electrodynamics, Jaynes-Cummings model and Rabios oscillations, Mollow triplet and resonance fluorescence, weak measurements, entanglement, causality, and the delayed choice quantum eraser. Literature: Mandel/Wolf: Optical Coherence and Quantum Optics, Scully/Zubairy: Quantum Optics, Walls/Milburn: Quantum Optics, W. Schleich: Quantum Optics in Phase Space.				
4	**Learning outcome** Students learn fundamental effects of quantum optics and the adequate theoretical formalism to describe them. This enables the students to understand original papers independently and provides them with the necessary competence to successfully write theses in the field of experimental quantum optics as well as in the field of the theory of light-matter interaction.				
5	**Examinations** Module examination: Graded oral module examination (30 min).				
6	**Participation Requirements:**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. M.-A. Aßmann		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Reading course on particle physics (PHY7215)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, IMAPP				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar will focus on special topics in particle physics, e.g. dark matter, neutrinos or top quark physics.				
4	**Learning outcome** The participants read given publications in preparation for the seminar and have to search for further literature on their own. The publications will be discussed in detail during the seminar and placed in the context of particle physics. Thus, the reading of scientific papers shall be practiced and discussion techniques shall be learned. Furthermore, the participants will prepare summaries of the discussion, which are based on the concept of conference negotiations.				
5	**Examination** Course work: written summaries of discussions. Module examination: Graded oral examination.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Radio Astronomy (PHY7217)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** In the seminar, subareas of research in the field of radio astronomy are covered. Literature: will be announced or provided in the seminar on the respective topics.				
4	**Learning outcome** Students deepen their knowledge in the field of the seminar through self-study on your own lecture. This lecture also trains skills in the area of scientific literature research and presentation techniques. In the subsequent discussion scientific discussion techniques acquired.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation.				
6	**Participation requirements** Recommended: astroparticle physics.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. W. Rhode		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Cosmic Rays (PHY7218)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: as needed	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar will cover subfields of research in the field of cosmic rays and related fields. Literature: will be announced or provided in the seminar on the respective topics.				
4	**Learning outcome** Students deepen their knowledge in the field of the seminar through self-study on your own lecture. This lecture also trains skills in the area of scientific literature research and presentation techniques. Scientific discussion techniques are acquired in the subsequent discussion.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation.				
6	**Participation requirements** Recommended: astroparticle physics.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. W. Rhode		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Physical-Chemical Analytics 1a, Applied Spectrometry (PHY7219a)				
Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency: 2-year	**Duration:** 1 semester	**Semester:** from 1st sem.	**Credits:** 3	**Work load:** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Methods of modern analytics (with in-depth study of spectroscopic methods): 1. **Elemental analysis:** atomic absorption spectrometry; atomic emission analysis; X-ray fluorescence analysis; elemental mass spectroscopy. 2. **Molecular analysis:** infrared and Raman spectroscopy; NMR spectroscopy; Molecular mass spectrometry, solid state and surface analysis: microbeam analysis with photons, electrons and ions; structural analysis.				
4	**Learning outcome** Students gain an overview of the physical principles of modern analytics and are able to independently develop strategies for solving different analytical problems. They know the most important methods, their performance limits and areas of application. They have acquired the ability to select the most suitable methods in the various fields of application and to critically evaluate their results.				
5	**Examination** Module examination: Graded oral examination				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** PD J. Franzke		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Physical-Chemical Analytics 2a, Applied Plasma Physics (PHY7220a)				
Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency: 2-year	**Duration:** 1 semester	**Semester:** from 1st sem.	**Credits:** 3	**Work load:** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** 1. **Methods of modern analytics** (with in-depth study of spectroscopic methods): Physics of pulsed and continuous plasmas, plasma diagnostics, low and high pressure plasmas; 2. **Analytical plasmas:** glow discharges, arcs, inductively coupled plasmas, dielectric impeded discharges, laser generated plasmas; 3. **Plasma Emission Spectrometry and Plasma Mass Spectrometry**				
4	**Learning outcome** Students gain an overview of the physical principles of modern analytics and are able to independently develop strategies for solving different analytical problems. They know the most important methods, their performance limits and areas of application. They have acquired the ability to select the most suitable methods in the various fields of application and to critically evaluate their results.				
5	**Examination** Module examination: Graded oral examination				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** PD J. Franzke	**Faculty in charge** Department of Physics			

Module: Physical-Chemical Analytics 3a, Applied Laser Spectrometry (PHY7221a)				
Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency: 2-year	**Duration:** 1 semester	**Semester:** from 1st sem.	**Credits:** 3	**Work load:** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Methods of modern analytics (with in-depth study of spectroscopic methods): The laser as a spectroscopic instrument; absorption, fluorescence and Ionization spectrometry with lasers; high resolution spectrometry with lasers; optoacoustic and optothermal methods; surface plasmon resonance spectrometry; surface enhanced Raman spectroscopy; laser ionization mass spectrometry (RIMS, MALDI, etc.).				
4	**Learning outcome** Students gain an overview of the physical principles of modern analytics and are able to independently develop strategies for solving different analytical problems. They know the most important methods, their performance limits and areas of application. They have acquired the ability to select the most suitable methods in the different areas of application and to critically evaluate their results.				
5	**Examination** Module examination: Graded oral examination				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** PD J. Franzke		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Physical-Chemical Analytics 1b, Applied Spectrometry (PHY7219b)

Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS

Frequency:	Duration:	Semester:	Credits:	Work load:
2-year	1 semester	from 1st sem.	5	150 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	3	2
2	Lab Experiment	P	2	

2 Language: English

3 Content

Methods of modern analytics (with in-depth study of spectroscopic methods):

1. **Elemental analysis:**
   atomic absorption spectrometry; atomic emission analysis; X-ray fluorescence analysis; elemental mass spectroscopy.
2. **Molecular analysis:**
   infrared and Raman spectroscopy; NMR spectroscopy;
3. **Molecular mass spectrometry, solid state and surface analysis:**
   microbeam analysis with photons, electrons and ions; structural analysis

Lab experiment: absorption spectrometry, emission spectrometry

4 Learning outcome

Students gain an overview of the physical principles of modern analytics and are able to independently develop strategies for solving different analytical problems. They know the most important methods, their performance limits and areas of application. They have acquired the ability to select the most suitable methods in the various fields of application and to critically evaluate their results.

5 Examination

Module examination: Graded oral examination

6 Participation requirements

7 Module type

Elective module

Of the modules "Physical-Chemical Analysis 1b and 2b" **only one** can be chosen. The associated a-module can then no longer be selected because Part b includes Part a.

8 Responsible	Faculty in charge
PD J. Franzke	Department of Physics

Module: Physical-Chemical Analytics 2b, Applied Plasma Physics (PHY7220b)				
Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency: 2-year	**Duration:** 1 semester	**Semester:** From 1st sem.	**Credits:** 3 + 2	**Work load:** 150 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture Applied Plasma Physics	L	3	2
2	Lab Experiment	P	2	

2 Language: English

3 Content

Methods of modern analytics (with in-depth study of spectroscopic methods):
physics of pulsed and continuous plasmas, plasma diagnostics, low and
High pressure plasmas, analytical plasmas: glow discharges, arcs, inductively coupled plasmas, dielectric impeded discharges, laser generated plasmas;
Plasma Emission Spectrometry and Plasma Mass Spectrometry

Lab experiment: absorption spectrometry, emission spectrometry

4 Learning outcome

Students gain an overview of the physical principles of modern analytics and are able to independently develop strategies for solving different analytical problems. They know the most important methods, their performance limits and areas of application. They have acquired the ability to select the most suitable methods in the various fields of application and to critically evaluate their results.

5 Examination

Module examination: Graded oral examination

6 Participation requirements

7 Module type

Elective module
Only one of the modules "Physical-Chemical Analysis 1b and 2b" can be selected. The associated a-module can then no longer be selected because Part b includes Part a.

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	PD J. Franzke	Department of Physics

Module: Physical-Chemical Analytics 3a, Applied Laser Spectrometry (PHY7221b)				
Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency: 2-year	**Duration:** 1 semester	**Semester:** from 1st sem.	**Credits:** 5	**Work load:** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
	2	Lab Experiment	P	2	
2	**Language:** English				
3	**Content** Methods of modern analytics (with in-depth study of spectroscopic methods): The laser as a spectroscopic instrument; absorption, fluorescence and Ionization spectrometry with lasers; high resolution spectrometry with lasers; optoacoustic and optothermal methods; surface plasmon resonance spectrometry; surface enhanced Raman spectroscopy; laser ionization mass spectrometry (RIMS, MALDI, etc.).				
4	**Learning outcome** Students gain an overview of the physical principles of modern analytics and are able to independently develop strategies for solving different analytical problems. They know the most important methods, their performance limits and areas of application. They have acquired the ability to select the most suitable methods in the different areas of application and to critically evaluate their results.				
5	**Examination** Module examination: Graded oral examination				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** PD J. Franzke		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Magnetism II (PHY7222a)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency As needed	**Duration** 1 semester	**Semester** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The lecture covers advanced topics in magnetism. In particular, focus will be put on the three following themes: **Hybrid molecular interfaces for optoelectronics and spin-electronics**: basic concepts of surface science, physisorption and chemisorption of molecules on metallic surfaces, the concept of a spinterface, active molecular spinterfaces. **Rashba systems:** two-dimensional electron systems, Rashba splitting, Rashba systems for spintronics applications. **Topological insulators:** topology in material science, topological insulators. The seminar focuses on groundbreaking experiments related to the fields of research discussed in the lecture.				
4	**Learning outcome** This course starts from the fundamentals on magnetism that are discussed in the magnetism lecture and applies them to modern topics in condensed matter physics. The students will acquire a deep insight on different topics that are currently in the focus of intense research in the magnetism community. This course is basically intended as a preparatory course for students who want to pursue a PhD in a topic related to magnetism, surface science and solid state physics. In the seminar, the students acquire skills for the critical reading of the literature and improve their presentation techniques.				
5	**Examination** Module examination (lecture) or module component examinations (lecture and seminar)				
6	**Coursework and examination requirements** Course work: Active participation in the lecture and the seminar. Examination: Graded oral examination and, if applicable, graded presentation of about 30 minutes in the seminar.				
7	**Participation requirements** Recommended: magnetism				
8	**Module type** Elective module				
9	**Responsible** Prof. M. Cinchetti		**Faculty in charge** Department of Physics		

Modules: Magnetism II (PHY7222b)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency As needed	**Duration** 1 semester	**Semester** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The lecture covers advanced topics in magnetism. In particular, focus will be put on the three following themes: **Hybrid molecular interfaces for optoelectronics and spin-electronics**: basic concepts of surface science, physisorption and chemisorption of molecules on metallic surfaces, the concept of a spinterface, active molecular spinterfaces. **Rashba systems:** two-dimensional electron systems, Rashba splitting, Rashba systems for spintronics applications. **Topological insulators:** topology in material science, topological insulators. The seminar focuses on groundbreaking experiments related to the fields of research discussed in the lecture.				
4	**Learning outcome** This course starts from the fundamentals on magnetism that are discussed in the magnetism lecture and applies them to modern topics in condensed matter physics. The students will acquire a deep insight on different topics that are currently in the focus of intense research in the magnetism community. This course is basically intended as a preparatory course for students who want to pursue a PhD in a topic related to magnetism, surface science and solid state physics. In the seminar, the students acquire skills for the critical reading of the literature and improve their presentation techniques.				
5	**Examination** Module examination (lecture) or module component examinations (lecture and seminar)				
6	**Coursework and examination requirements** Course work: Active participation in the lecture and the seminar. Examination: Graded oral examination and, if applicable, graded presentation of about 30 minutes in the seminar.				
7	**Participation requirements** Recommended: magnetism				
8	**Module type** Elective module				
9	**Responsible** Prof. M. Cinchetti		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Information Technology of the Future (PHY7224)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: As needed	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st-3rd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The field of spin electronics arose from the idea of using the spin and charge degrees of freedom of electrons together in electronic devices. Due to the continuous development in the miniaturization of magnetic structures, surprising effects were found at the end of the 1980s concerning the interaction of the "static magnetic" and the "dynamic electric" properties of solids. Such "magnetoresistive" effects are the basis of today's data storage and processing. In the seminar we will cover the most important concepts of spin electronics, and from there discuss new concepts for data storage and processing that have emerged from the research fields of spin orbitronics, optomagnetism, and oxide electronics.				
4	**Learning outcome** The seminar introduces to the physical principles and electronic functionalities of magnetic phenomena in the field of information technology. Fundamental aspects as well as recent developments in the field of spin electronics, orbitonics and oxitronics are discussed. Furthermore, independent research and appropriate presentation techniques will be trained.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation on a seminar topic (30-45min + discussion).				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. M. Cinchetti		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Tandem Projects in Particle Physics (PHY7225)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: annual	**Duration:** 2 semesters	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Project work	P	3	2
	2	Summer School / Block Course	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** In the first part of the course, the participants work on a scientific project. The work is done in groups of two to three students from other universities, e.g. Bologna or Clermont. The topics are taken from particle physics. In the second part of the course, the participants attend a one-week international summer school (BCD Summer School in Cargese/Corsica). There, the participants get an overview of fundamental and current topics in particle physics and present their project work in a lecture.				
4	**Learning outcome** Students will learn in-depth aspects of particle physics in the subject area of the course. The focus is on cross-university and cross-national work in small groups. Presentation and discussion techniques will also be trained.				
5	**Examination** Course work: Project presentation. Module examination: Graded final report				
6	**Participation Requirements:**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. K. Kröninger		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: The Search for New Particles, Dark Matter & Co. (PHY7227)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The content of the seminar is the search for new particles, such as dark matter candidates, new quarks and leptons, or new gauge bosons. The focus is on current experimental approaches and results.				
4	**Learning outcome** Students deepen their knowledge in the field of the seminar through self-study on their own presentation. This lecture also trains competencies in scientific literature research and presentation techniques. In the subsequent discussion, scientific discussion techniques are acquired.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation.				
6	**Participation Requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. K. Kröninger		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Superconducting Technology applied to particle accelerators (PHY7228)				
Degree Program: M Sc. Physics, MMPPLS				
Frequency: In WS	**Duration:** 2 weeks	**Semester:** 1st sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	Block course
2	**Language:** English				
3	**Content** Along the seminar the principles and the application of superconducting radio frequency (SRF) technologies to the operation particle accelerators will be studied. To this end the key topics will be introduced by means of a lecture (superconductivity, SRF cavities, RF losses, limits of normal conducting cavities vs superconducting systems, loss mechanisms, ...). In addition, the students will complement the lectures with their own research on a related proposed topic to be presented by the end of the seminar. In order to prepare this presentation additional material such as scientific papers or presentations will be provided.				
4	**Learning outcome** The participants will carry out independent research on the suggested topic in order to complete the material taught during the seminar. This work will be presented to the other participants and actively discussed.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. A. Velez Saiz		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Terahertz Dynamics of Condensed Matter (PHY7229)				
Degree Program: M. Sc. Physics				
Frequency: Every semester	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** This seminar will constitute of presentations given by the participants on selected topics in the field of Terahertz dynamics in condensed matter. Both experimental methods and theoretical concepts will be covered for measuring and understanding the linear and nonlinear Terahertz responses of various systems. Examples include: • **Terahertz spectroscopy**: Sources for THz generation, time-resolved THz spectroscopy, two-dimensional THz spectroscopy, combinations with other spectroscopic or microscopic techniques etc. • **Solid-state systems:** semiconductors, magnetic materials, superconductors, topological materials, THz cavity quantum electrodynamical structures, etc.				
4	**Learning outcome** The students will learn different experimental approaches to investigating the dynamics of selected condensed-matter systems in the THz frequency range, as well as the theoretical principles governing the observed THz dynamics. This seminar is aimed to provide a comprehensive introduction to the frontiers of THz science, and serves as a preparatory course for students who are interested in pursuing a PhD in a related research topic or curious about this very active research field.				
5	**Examination** Course work: active participation within the seminar presentations and discussions. Module examination: Graded own presentation (30min + 15min discussion)				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. C. Lange, Prof. Z. Wang		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Quantum Technologies (PHY7230)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: as needed in SS and WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st-4th sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar covers all subfields of quantum technologies, in particular quantum sensing, quantum metrology, quantum simulation, quantum computing, quantum information processing, quantum communication and quantum cryptography. For this purpose, a current or fundamental publication is to be worked on by each student and presented to the entire group in a didactically prepared manner and then discussed in detail within the group. Publications that represent a significant technological, theoretical, or even methodological advance in one of these subfields are the focus of the seminar.				
4	**Learning outcome** In the seminar, students acquire the core competencies for the successful acquisition of results from the relevant specialist literature. A key point here is the independent development of the content of a technical article. This also includes the learning of efficient literature research and the didactic preparation of the material in order to be able to present it in a lecture. In their role as listeners, students also learn how to efficiently understand the core information of a compact lecture and how to deepen their understanding of the material by asking specific further questions. In addition, students learn about the professional status quo in the field of quantum technologies.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation at presentation of the publication.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. M. Aßmann		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Dynamics of Open Quantum Systems (PHY7231)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: as needed in SS and WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 5	**Work load** 150 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with exercise	L+T	5	2 + 1
2	**Language:** English				
3	**Content** **Lecture:** Coupling of optical light fields to an external reservoir, time evolution of first and higher order correlation functions. Master equations for light fields in the absence or presence of light-matter interaction. The birth-death model of the laser, the quantum regression theorem, quantum trajectories, quantum jump formalism, weak measurements. **Practice:** Numerical treatment of selected open systems problems, e.g., coupling of a coherent state to a thermal bath, stochastic ODEs, quantum process tomography.				
4	**Learning outcome** Students learn theoretical methods for the treatment of open systems and can apply these methods to problems from the field of optics. In the exercises, the students learn the concrete implementation of these approaches and develop an understanding of how to grasp open optical systems as a problem and how to adequately describe and solve them. Both the physical concepts and the concrete implementation of solution approaches will be discussed in the group.				
5	**Examination** Module examination: oral module examination (30 Minutes)				
6	**Participation requirements** Knowledge of higher quantum mechanics desirable e.g. by completing the module PHY631 "Advanced Quantum Mechanics".				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. M. Aßmann, Dr. D. Reiter		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Physics of the Top Quark and the Higgs Boson (PHY7232)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: As needed in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element/Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
	2	Exercise	T	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** After an introduction to the basic properties of the top quark and the Higgs boson, the module deals with selected topics in top and Higgs physics. • **Top quark physics:** pair and single production, decay properties, measurements of top quark parameters, associated production with other particles, charge asymmetry, spin correlations, differential measurements, top quark in extensions of the Standard Model. • **Higgs boson physics:** Higgs discovery, measurements in the diphoton and ZZ* channels, measurements of Higgs boson parameters, fermionic decays, measurement of top quark-Yukawa coupling, Dihiggs production, Higgs boson in extensions of the Standard Model.				
4	**Learning outcome** Students will gain further insight into aspects of top quark and Higgs boson physics.				
5	**Examination** Course work: active participation in the exercise. Module examination: Graded written or oral examination depending on the number of participants.				
6	**Participation Requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. K. Kröninger		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Practical Aspects of Instrumentation (PHY7233)

Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, MMPPLS, IMAPP

Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load
By the semester	1 semester	1st/2nd sem.	3/6/9	90/180/270 h

1 Module structure

No.	Element / course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	3	2
2	Optional: exercise session	T	3	2
3	Optional: seminar	S	3	2

2 Language: English

3 Content

The lecture covers basic principles of instrumentation, electronics and sensor technology. The characterization of instruments, aspects of data acquisition as well as measurement procedures is discussed. Furthermore, applications of instrumentation in specific fields of research, e.g. particle physics, condensed matter physics or medical physics, are presented. Current developments in instrumentation are briefly reported on.
The exercise session offers the possibility to discuss concrete details and, if applicable, test the material of the lecture in a laboratory environment.
The seminar focuses on the historical development of instrumentation in specific fields of research. Concrete examples for modern instrumentation systems, e.g. in spectroscopy, particle physics or medical imaging, are discussed.

4 Learning outcome

The students acquire basic knowledge of modern instrumentation. They are able to name and explain different sensor and detection principles, and understand the composition of common instrumentation systems. Furthermore, the students acquire skills for the critical reading of the literature and improve their presentation techniques.

5 Examination

Module examination (lecture) or module component examinations (lecture and optional exercise session and/or seminar)
Course work: Active participation in the lecture and the seminar.
Examination: Graded oral examination and, if applicable, graded presentation of about 30 minutes in the seminar; the exercise session is not graded.

6 Participation Requirements

7 Module type

Elective module

8 Responsible	Faculty in charge
Guest Chair for Instrumentation Dean of the Department of Physics	Department of Physics

Module: Laboratory of Condensed Matter Physics: Time-Resolved Photoemission (PHY7234)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency As needed	**Duration** 1 semester	**Semester** 1st/2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1 Module structure

No.	Element / course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	3	2
2	Exercise	T	3	2

2 Language: English

3 Content

The lecture will be divided into three main chapters:

1. Introduction to the ultra-high vacuum (UHV) and to the basic instrumentation employed in surface preparation/characterization. Different surface techniques will be presented and analyzed in detail from the theoretical point of view. In particular, this part will focus on:
    a. UHV environment (pumps, pressure sensor, bake-out, vacuum components)
    b. Surface preparation tools (e-beam evaporators, ion sputtering, residual gas analyzer)
    c. Surface characterization tools
        - Low energy electron diffraction
        - Auger electron spectroscopy
2. Introduction to photoemission spectroscopy
    a. Theoretical description of the process.
    b. X-ray photoemission spectroscopy (XPS) and angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES)
    c. Performing photoemission spectroscopy using a photoemission electron microscope.
        - Basic principles of cathode lens microscopy
        - Going from real space to momentum operation modes
3. Introduction to pump-probe photoemission spectroscopy
    a. Principle and applications of 2 photon photoemission (2PPE)
    b. Principle and applications of high harmonic generation (HHG)
    c. How to couple pump-probe measurements to photoemission electron microscopy.

The exercise session will offer instead the possibility to apply what has been discussed during the frontal lecture. In particular, this part will provide a "hand-on" approach where students will have the chance to see the different state-of-the-art techniques at work and, most importantly, use them to perform real experiments in a laboratory environment. Part of the exercise session will be dedicated to introduce the basic principles of data analysis commonly used in time-resolved photoemission spectroscopy.

4 Learning outcome

The students will acquire a basic knowledge of state-of-the-art instrumentation related to surface preparation/characterization. They will deep their knowledge from both the theoretical and practical point of view thanks to the exercise sessions. At the end of the lecture they are expected to have an overview of time-resolved photoemission spectroscopy and also a basic knowledge on the basic principles of data-analysis.

5 Examination

Two module component examinations (lecture and exercise session)
Course work: Active participation in the lecture and the exercise session.

	Examination: Graded oral examination (lecture) and graded written final report (exercise session).	
6	**Participation Requirements**	
7	**Module type** Elective module	
8	**Responsible** Prof. M. Cinchetti	**Faculty of charge** Department of Physics

Module: Advanced Solid State Physics II: Magnetism and Superconductivity (PHY7235)				
Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, MMPPLS				
Frequency in WS	**Duration** 1 Semester	**Semester** 1st /3rd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	6	4
2	**Language:** English				
3	**Content** The lecture covers the most important aspects on collective phenomena in modern condensed matter physics, particularly on magnetism and superconductivity, based on the basic knowledge of solid state physics and quantum mechanism. Besides the fundamental properties of magnetically ordered materials and superconductors, the lectures will also cover selected topics of the contemporary research. **Magnetism:** magnetic moments, magnetization, dia- and para-magnetism of localized ions and of conduction electrons, exchange interaction, spin-orbit coupling, Zeeman interaction, ferromagnetism, antiferromagnetism, magnetic anisotropy, magnetization dynamics, magnetic excitations, quantum spin dynamics, applications. **Superconductivity:** vanishing of electrical resistance, Meissner effect, flux quantization, Type-I superconductors, Type-II superconductors, Ginzburg-Landau theory, Bardeen-Cooper-Schrieffer theory, electromagnetic response, superconducting materials, applications. Literature: Kittel, C. Introduction to Solid State Physics (Wiley) Ashcroft, Neil W.; Mermin, N. David. Solid State Physics (Brooks/Cole) Gross, R.; Marx, A. Festkörperphysik (3., akt. Aufl.). (De Gruyter.) Reinhold Kleiner and Werner Buckel, Superconductivity: An Introduction (Wiley-VCH) Michael Tinkham, Introduction to Superconductivity (Dover) James. F. Annett, Superconductivity, Superfluids and Condensates (Oxford) Terry R Orlando, Kevin A. Delin, Foundations of Applied Superconductivity (Addison-Wesley)				
4	**Learning outcome** The lecture provides a comprehensive view of collective phenomena in condensed matter physics, particularly on magnetism and superconductivity. The aim is to develop an understanding in the fundamental physics and in the working principles behind the applications, for example in the fields of spin-electronics, superconducting devices, or more generally of information and communication technology.				
5	**Examination** Module exam: oral exam (30 min)				
6	**Participation Requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty of charge** Department of Physics		

Module: Quantum simulation with cold atoms and molecules (PHY7238)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Modern topics of quantum simulation with cold atoms and molecules, such as degenerate quantum gases, laser cooling, Feshbach resonances, degenerate molecules, optical lattices, quantum gas microscopes, Hubbard models, and artificial gauge fields.				
4	**Learning outcome** Students learn modern topics in experiments with ultracold atoms and molecules. In the seminar talks, students learn to present complex scientific issues and methodologies in an understandable way. Through discussions, they learn basic principles of scientific exchange and discourse.				
5	**Examination** Module examination: Graded own presentation (30 min + 15 min discussion)				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. E. Narevicius, Prof. C. Weitenberg		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Particle physics meets astroparticle physics (PHY7239)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
As needed	1 semester	1st/2nd sem.	3	90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar addresses the question how particle and astroparticle physics try to give answers to fundamental open questions in modern research. Topics that could be the subject of the seminars range from the study of current problems in observational astroparticle physics (e.g. the 'muon puzzle'), to the interplay between flavour physics and astroparticle physics in understanding the universe, or related fields such as cosmology and nuclear physics.				
4	**Learning outcome** Students deepen their knowledge in the field of particle physics and astroparticle physics through self-study for their individual presentations. They understand the underlying experimental tech-niques and analyse how the topics address fundamental open questions in physics. The prepara-tion of the talks also trains skills in scientific literature research and presentation techniques. In the subsequent discussion, scientific discussion techniques are acquired to evaluate the pre-sented topics.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussion following the lectures Module examination: Graded own presentation				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. J. Albrecht		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Introduction to Theoretical Elementary Particle Physics (PHY731)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
annually in WS	1 semester	1st sem.	12	360 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	8	4
	2	Exercise	T	4	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Kinematics of relativistic particle reactions: Cross sections and branching ratios; Calculation of elementary processes; The Standard Model and its phenomenology: quarks, leptons, QCD and electroweak interaction, Higgs, C,P,CP,- flavor symmetries and symmetry breaking. **Literature:** Peskin, Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory; Nachtmann: Elementary Particle Physics; Georgi: Weak Interactions and modern particle physics.				
4	**Learning outcome** In the lecture, knowledge is imparted which enables participation in advanced special seminars and the preparation of a master's thesis in elementary particle physics. This includes an introduction to concepts and methods of high energy physics. In the exercises, students learn to describe simple physical systems both formally-mathematically and verbally and to present solutions by solving problems independently and discussing them in the group. In doing so, they learn to review their learning and measure it against that of their fellow students. To encourage teamwork, homework is accepted as group work by up to 3 students.				
5	**Examination** Course work: Homework Module examination: Graded written exam (120 min)				
6	**Participation requirements** Recommended: Advanced Quantum Mechanics				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Introduction to Theoretical Solid State Physics (PHY732)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
in WS	1 semester	1st sem.	12	360h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	8	4
2	Exercise	T	4	2

2 Language: English

3 Content

Symmetries of crystal lattices; lattice vibrations, Born-Oppenheimer approximation, approaches to crystal potential, thermodynamics of phonons, phonon spectroscopy, photon-phonon and phonon-phonon interactions; electrons in solids, band structure for nearly free and strongly bound electrons, density functional theory, modern band structure methods, dynamics of band electrons in electromagnetic fields; Electronic excitations, interactions, excitons, plasmons, shielding, overall introduction of the quasiparticle concept; fundamentals of magnetism, superconductivity phenomenological and Bardeen-Cooper-Schrieffer theory; transport in solids.

Literature:

e.g. Czycholl, Theoretische Festkörperphysik, Vieweg (2000).

4 Learning outcome

Students will learn to understand phenomena in solids as applications of quantum mechanics. Importantly, they will recognize that and how novel collective behavior emerges from the complexity of very many degrees of freedom. They are introduced to the challenging abstract description of such collective phenomena. They will learn to apply the well-known fundamental methods of solid-state theory independently. They will be enabled to work independently through monographs and review articles from the field of condensed matter physics, thereby being able to prepare seminar presentations from this field as well as to conduct a master's thesis in the fields of experimental or theoretical condensed matter physics on this basis.
In the exercises, the students will learn to work out results in teamwork. Furthermore, they will learn how to communicate abstract issues appropriately to other students and to discuss their theoretical description, if necessary controversially, in a results-oriented manner.

5 Examination

Course work: Homework
Module examination: Graded written or oral examination

6 Participation requirements

7 Module type

Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Dean of the Department of Physics	Department of Physics

Module: Quantum Field Theory (PHY733)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
annual	1 semester	from 1st sem.	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture with exercise	L + T	6	2+2

2 Language: English

3 Content

canonical quantization Φ^4 theory, Noether theorem, correlation functions, path integral for spin 0, spin 1/2, and spin 1 fields, elements of renormalization (dimensional), and renormalization group.

Literature:
Mark Srednicki: Quantum Field Theory,
Peskin, Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory

4 Learning outcome

Students learn the most important elements of quantum field theory, as well as the methods for the technical handling of perturbation theory problems. The relativistic path integral is covered in detail as the basis for quantizing all known fields in the standard model of elementary particle physics. Elements of renormalization with one-loop calculations are part of the course. Students are introduced to methods as they are used in current research.
In the exercises, students learn to describe simple physical systems both formally-mathematically and verbally and to present solutions by solving problems independently and discussing them in the group. In doing so, they learn to review their learning and measure it against that of their fellow students. To encourage teamwork, homework is accepted as group work by up to 3 students.

5 Examination

Course work: Homework
Module examination: Graded written examination (120 min) or oral examination (30 min) depending on the number of participants.

6 Participation requirements

recommended: Advanced Quantum Mechanics; Introduction to Elementary Particle Theory

7 Module type

Elective module; recommended if master's thesis in the field of particle theory is intended.

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	Dean of the Department of Physics	Department of Physics

Module: Introduction to the Renormalization Group (PHY735)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: as needed in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 4	**Work load** 120 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	4	2
2	**Language:** English				
3	**Content** 1. **Fundamentals of phase transitions:** spontaneous symmetry breaking, order parameters, correlation length, critical behavior, molecular field theory, Landau theory of phase transitions. 2. **Renormalization group:** path integral of the state sum, the three steps of renormalization, Gaussian fixed point, Wilson-Fisher ε-expansion, critical exponents. 3. **Quantum critical phenomena:** generalized Landau-Ginsburg-Wilson functional, Hertzian theory, thermal and quantum fluctuations, outlook on numerical renormalization group.				
4	**Learning outcome** Students will gain insight into the basics of the Wilson renormalization group, the concept of the fixed point, and the relationship between the perturbative expansion of the RG transform around the fixed point and the calculation of critical exponents.				
5	**Examination** Module examination: Graded oral examination (30 min)				
6	**Participation Requirements** Recommended: Introduction to theoretical solid state physics				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. F. Anders		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Physics Beyond the Standard Model (BSM Seminar) (PHY736)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, IMAPP				
Frequency: every semester	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Current problems in particle theory on physics beyond the Standard Model: flavor problem and observables, rare decays, effective thoeries, dark matter, Higgs sectors, quantum gravity and asymptotic security, model building and phenomenology, recent results.				
4	**Learning outcome** Students deepen their knowledge in the field of the seminar through self-study on their own lecture. This lecture also trains skills in scientific literature research and presentation techniques. In the subsequent discussion, scientific discussion techniques are acquired.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation on a current research topic.				
6	**Participation Requirements** Introduction to elementary particle physics				
7	**Module type** Elective module in B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, mandatory course in IMAPP				
8	**Responsible** Prof. H. Päs, Prof. E. Stamou		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Theoretical Problems of Condensed Matter (PHY737)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
every semester	1 semester	1st/2nd sem.	3	90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar consists of subfields of current theoretical research in condensed matter theory: Current problems in the theory of solid state systems, biological and soft matter, and quantum information; focus on concepts and methods, with equal emphasis on analytical and numerical aspects; development of methods for describing equilibrium and non-equilibrium states and their critical evaluation; definition of theoretical issues Literature: will be announced in the seminar for the respective topics and provided if necessary.				
4	**Learning outcome** Students are introduced to current research in condensed matter theory. They become familiar with methods and concepts as well as their application to still unsolved problems. They become proficient in scientific discourse through the joint discussions and learn to tackle tasks in a team. By preparing and giving their own presentation, they acquire skills in scientific methodology, especially in literature research and presentation techniques. A special goal is to train the view for the essentials of a physical problem.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation (45-60 min) on a topic from current research.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Hadrons in Quantum Chromodynamics (PHY738)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: as needed	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 4	**Work load** 120 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	4	2
	This is an event offered jointly by the University of Siegen and the TU Dortmund University. Part of the lectures will be transmitted from or to Siegen via video conference.				
2	**Language:** English				
3	**Content** • Introduction to quantum chromodynamics • Quark structure and spectroscopy of hadrons • Flavour symmetries: Isospin, SU(3), chiral and heavy-quark symmetries. • Quark currents and hadronic matrix elements: Decay constants and • Form factors, phenomenology of strong interaction, • S-matrix, scattering amplitude, Mandelstam variables, • Analyticity ä t and unitarity condition, • Dispersion relations, • Introduction to Heavy-Quark Effective Theory, • QCD Vacuum and Hadrons, Quark and Gluon Condensates • Operator product development, QCD sum rules				
4	**Learning outcome** Students will gain advanced insights into theoretical and phenomenological aspects of particle physics with an emphasis on the physics of hadrons.				
5	**Examination** Module examination: Graded written examination or oral examination depending on the number of participants.				
6	**Participation Requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. A. Khodjamirian (Siegen) Prof. G. Hiller (Dortmund)		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Differential Geometry / General Relativity (PHY739)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
irregular	1 semester	1st-3rd sem.	5	150 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	5	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The mathematical structure of special solutions of the Einstein equations: The Schwarschild space-time, the Reissner Nordström and the Kerr solution, the Gödel universe. Completeness of geodesics, structure of singularities, maximal extensions, symmetries, Killing vectors, causality.				
4	**Learning outcome** The following key competencies are acquired: the ability to deal in depth and independently with an advanced mathematical or physical subject area as well as its appealing written and oral presentation in a free lecture in front of a larger audience. A further learning objective is the practice of joint scientific discourse resulting from questions and discussions. Skills acquired for the preparation of the written paper will later benefit the students in the preparation of the master's thesis.				
5	**Examination** Graded module examination. Regular attendance at the seminar sessions is a prerequisite. The practice of scientific discourse in the group as an important learning objective requires such compulsory attendance. Without this, the learning objective cannot be achieved or can only be achieved with considerable additional work load. Module examination: 90-minute oral presentation on an agreed topic and written elaboration of this presentation.				
6	**Participation requirements** Knowledge of general relativity and differential geometry				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** PD U. Löw/ Prof. L. Schwachhöfer		**Faculty in charge** Department of Physics/ Department of Mathematics		

Module: Big Questions (PHY7310)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Self-study and own presentation	S	3	2

2 Language: English

3 Content
Fundamental philosophical questions from the point of view of physics, such as "What is time?", "What is consciousness?", "How does classical reality arise from an underlying quantum description?", "What is fundamental?", "What is the relationship between matter and information?".

4 Learning outcome
Students learn how concepts from quantum mechanics and information theory can be used to discuss fundamental philosophical questions. This can focus on different problems such as the nature of time, the understanding of consciousness, the relationship of matter and information, the question of naturalness of physical theories, the reality of parallel universes, or the relationship of quantum information processing and gravity.
In addition, students also acquire presentation techniques for conveying knowledge and discussion techniques.

5 Examination
Course work: Active participation in the discussions following the lectures.
Module examination: Graded own presentation.

6 Participation requirements

7 Module type
Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Prof. H. Päs	Department of Physics

Module: Neutrinos and Cosmology (PHY7311)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Self-study and own presentation	S	3	2

2 Language: English

3 Content
Current research in cosmology and neutrino physics.

4 Learning outcome
Students learn to work through current research papers in the fields of cosmology and neutrino physics, as well as to deal with English-language literature in general. In addition, students also acquire presentation techniques for conveying knowledge and discussion techniques.

5 Examination
Course work: Active participation in the discussions following the lectures.
Module examination: Graded own presentation.

6 Participation Requirements
Recommended: Advanced quantum mechanics, introduction to elementary particle theory, cosmology.

7 Module type
Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Prof. H. Päs	Department of Physics

Module: Theory of Magnetism in Solids (PHY7312)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: irregular	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st-3rd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L + T	6	2+1

2 Language: English

3 Content

Models for describing magnetic order in solids; theorems for magnetic order in solids; ground state properties and thermodynamics of magnetically ordered solids; excitations and response functions in magnetically ordered solids; many-body methods for studying magnetic order in solids.

Literature:

W. Nolting and A. Ramakanth, "Quantum Theory of Magnetism," (Springer, 2009);
P. Fazekas, "Lecture Notes on Electron Correlation and Magnetism" (World Scientific, 1999);
N. Majilis, "The Quantum Theory of Magnetism" (World Scientific, 2007).

4 Learning outcome

The students learn the use of canonical many-body methods on the special problem of magnetic order in solids. In addition, they learn under which conditions magnetic order can occur in solids and which properties the systems ordered in this way have.

5 Examination

Module examination: Graded oral examination (30 min)

6 Participation requirements

Recommended: introduction to theoretical solid state physics

7 Module type

Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
PD J. Bünemann	Department of Physics

Module: Theory of Soft and Biological Matter (PHY7313)				
Degree Program: Physics (M.Sc.)				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st sem.	**Credits** 5	**Work load** 150 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with exercise	L+T	5	2 + 1
2	**Language:** English				
3	**Content** Important soft and biological matter systems: colloidal systems, liquid crystals, polymers, fluid interfaces, fluid membranes; Cell membrane, DNA, cytoskeleton, proteins, motor proteins, protein filaments. • **Statistical physics:** virial expansion, phase transitions (MeanField, scale laws). • **Molecular interactions:** Debye-Hückel theory, van der Waals interaction, DLVO theory, hydrophobic effect, hydrogen bonds, steric interactions. • **Polymers:** chain models, self-avoidance, polymer solutions, adsorption, rubber elasticity. • **Fluid interfaces:** surface tension, differential geometry, surfaces of constant curvature, capillary waves, wetting, foams. • **Membranes:** bending energy, shapes of liquid vesicles, thermal fluctuations.				
4	**Learning outcome** Students will be able to apply the modern methods of theoretical physics (from the areas of statistical physics, mechanics, electrodynamics) to systems of soft matter and biological physics in an interdisciplinary manner. In the exercises, students learn to independently grasp problems from the interdisciplinary subject area of soft matter as a theoretical-physical problem, to solve them and to discuss them in the group.				
5	**Examination** Course work: Exercises. Module examination: Graded written exam (120min) or oral exam (30 min), will be announced at the beginning of the course.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. J. Kierfeld		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Quantum Theory of Semiconductors (PHY7314)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency As needed	**Duration** 1 semester	**Semester** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Semiconductors play a vital role in modern devices used in computers, smartphones and quantum technologies. Using a microscopic description of semiconductors, the lecture will introduce the basic concepts of semiconductor theory. The lecture covers several topics from semiconductor physics including semiconductor band structures, heterostructures, excitons, light-matter interaction, transport theory as well as two dimensional materials like graphene or transition metal dichalcogenides. This gives a solid background to understand modern research papers. Literature: A script will be provided during the lecture.				
4	**Learning outcome** The students acquire fundamental knowledge of semiconductor physics, such that they are able to understand and explain different phenomena observed in semiconductors. Additionally, they learn how to theoretically model semiconductors and their nanostructures.				
5	**Examination** Graded oral examination (20-30min)				
6	**Participation requirements** Recommended: introduction to theoretical solid state physics				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. D. Reiter		**Faculty of charge** Department of Physics		

Module: Ask me anything: Quantum Dots (PHY7315)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency As needed	**Duration** 1 semester	**Semester** 1st/2nd Sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar/Directed discussion	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** This topic of this seminar is the physics and theoretical description of semiconductor quantum dots. Quantum dots are prime examples for few-level systems and can be excited by optical fields, while still being solid-state objects. As photon sources, they are actively used in state-of-the-art devices in quantum technologies. Therefore, discussing quantum dots covers aspects from solid-state theory, semiconductor physics and quantum optics. Examples for topics are state preparation schemes for quantum dots like Rabi rotations or adiabatic rapid passage, electron-phonon interaction and the reappearance regime, magnetically doped quantum dots, photonic states generated by quantum dots in a cavity, entangled photon generation from quantum dots. To cover these topics, the students are given material (either lecture notes, fundamental papers or recent research articles) covering one session. Each session will be hosted by a student, who is responsible for asking questions to the lecturer, such that the full content of the session is covered. The chair shall also involve other students to participate in the discussions.				
4	**Learning outcome** The students acquire in-depth knowledge about a modern topic of physics. This includes self-study of an advanced topics in solid-state theory. By taking the active role of the chair, the students to learn how to ask questions and moderate a discussion. The seminar language shall be English, such that the students learn how to formulate questions and discuss in the language spoken at most conferences.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the seminar Graded chairing of one seminar session				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. D. Reiter		**Faculty of charge** Department of Physics		

Module: Advanced Topics in Quantum Field Theory (PHY7316)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency As needed	**Duration** 1 semester	**Semester** From 1st sem.	**Credits** 6	**Work load** 240 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
	2	exercise session / seminar session	T/S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** This course covers advanced topics of quantum field theory that typically have not been covered in depth in the mandatory course of "Theoretical Elementary Particle Physics". Key topics: • Quantisation of non-abelian gauge theories • Renormalization in QED and QCD • Effective field theories • Renormalisation with EFTs • Spontaneous symmetry breaking of global symmetries				
4	**Learning outcome** The students acquire basic knowledge of the concepts and computational methods required for research projects in theoretical particle physics. The concepts of renormalisation and effective field theories are introduced and illustrated in terms of examples relevant to modern particle physics. Self-reading and the use of available computer algebra tools is encouraged and promoted through the exercise/seminar session.				
5	**Examination** Course work: active participation in the lecture and the exercise sessions. Module examination (lecture) or module component examinations (lecture and optional exercise session and/or seminar)				
6	**Participation requirements** Recommended: introduction to theoretical particle physics, quantum field theory				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. E. Stamou		**Faculty of charge** Department of Physics		

Module: From Standard Model to BSM Physics (PHY7317)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Concepts of modern particle physics models; The ingredients of the Standard model and directions and phenomenological tool to BSM model building. • **Standard Model:** Lagrangian, Matter, Symmetries • **BSM:** flavor, leptoquarks, vector-like fermions, Z' models, model-independent approaches, stability, landau poles • **Tools:** Computing tools for practicioners: FIts, Cross sections, Wilson coefficients, beta-functions and evolution				
4	**Learning outcome** Students understand the foundations of SM and modern concepts to BSM physics. Indepth analysis of BSM benchmarks and intriduction of tools allows them to pursue research in particle theory and phenomenology.				
5	**Examination** Course work: active participation Module examination: Lecture (30 min) or written exam				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. G. Hiller		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Advanced Laboratory I Master Physics (PHY742)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st semester	**Credits** 6	**Work load** 180h

1	**Module structure** 4 contact hours per week, laboratory course; experiments are performed in small groups, and supervised by experienced scientists.	
2	**Language:** English	
3	**Content** Physical experiments and measurement methods: The knowledge and skills acquired by the students from the laboratory courses of the Bachelor's program are deepened and extended with regard to current techniques. Advanced experiments on elementary particle, nuclear, atomic and solid state physics are carried out The respective experimental instructions contain only a brief outline of the theoretical and experimental basics, so that the required knowledge must be acquired through self-study and the handling of (English) journals is learned. Literature: A script will be provided. Additional literature required for understanding e.g.: Bergmann, Schäfer, Textbook of Experimental Physics 1-6 (Walter de Gruyter 1990) Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer 1994). Thorne, Litzen, Johansson, Spectrophysics (Springer 1999). Trade journal articles	
4	**Learning outcome** The students are able to independently understand, perform and analyze complex experiments and to present the facts scientifically. They have learned to familiarize themselves independently with a topic (with English-language literature), as well as to select and apply a suitable method from various measurement techniques or analysis methods. Students have learned to look for errors and to correct them if necessary. The students are able to formulate a scientific work process linguistically, to document it and to discuss its results critically. They have learned to work in a team and to communicate scientifically with each other.	
5	**Examination** Course work: Preparation, experimental performance and tested experimental protocols. Module examination: Graded oral examination (30 min).	
6	**Participation requirements**	
7	**Module type** Mandatory module	
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Flavor Physics in Experiment and Theory (PHY811)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: as needed in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	4.5	3
2	Exercise	T	1.5	1

This is an event offered jointly by the University of Siegen and the TU Dortmund University. Part of the lectures will be transmitted from or to Siegen via video conference.

2 Language: English

3 Content

Historical introduction to flavor physics from theoretical and experimental points of view. Flavour structure of the Standard Model, derivation of the quark mixing matrix (CKM), measurement of the CKM parameters, detailed discussion of CP violation, measurement of CP-violating parameters, short-range structure of flavour transitions, effective Hamiltonian of flavour-changing processes, theory of exclusive decays, measurements on electroweak penguin decays, lepton flavour physics, top flavour physics.

4 Learning outcome

Students will gain advanced insights into theoretical and experimental aspects of flavor physics. About half of the lecture is given as a theory lecture and half as an experimental physics lecture.

5 Examination

Course work: active participation in the exercise.
Module examination: Graded written or oral examination depending on the number of participants.

6 Participation requirements

7 Module type

Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Prof. Th. Mannel (Siegen) Prof. J. Albrecht (Dortmund)	Department of Physics

Module: Accelerator Physics II (PHY812)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency: in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	3	2
2	Exercise / Seminar	T/S	3	2

2 Language: English

3 Content

Brief review of the basics:

Longitudinal and transverse beam dynamics, synchrotron radiation

A selection coordinated with students from the following special topics:

Superconducting magnets and high-frequency structures, beam diagnostics, ultrashort radiation pulse generation, free-electron laser theory, collective phenomena in storage rings, beam cooling, Hamiltonian beam dynamics, special accelerator facilities (e.g., energy-recovery linear accelerators, spallation sources, neutrino factories), new concepts (e.g., laser-plasma accelerators).

Field trip to an out-of-town accelerator laboratory

4 Learning outcome

Students learn about several current research topics in the field of accelerator physics, aiming for a balanced mix of theory, experimental physics and accelerator technology. Students will perform calculations on the respective topics in exercises, including practicing the use of a scripting language such as Matlab. The seminar program consists of one lecture per participant, possibly supplemented by guest lectures. In this way, the students practice working independently on a special topic and presenting it in a comprehensible way.

5 Examination

Module examination: Graded oral examination (30 min).

The following course work must be completed as a prerequisite for admission: Regular successful completion of the exercise tasks, active participation in the exercises, a Seminar presentation (20-30 min)

6 Participation Requirements:

Participation in the module Accelerator Physics I.

7 Module type

Elective module

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	J.Prof. W. Helml	Department of Physics

Module: Practical Aspects of Particle Physics Measurements (PHY822)				
Degree program: M.Sc. Physics, IMAPP, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Frequency in SS	**Duration** 1 semester	**Semester** 2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 120 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
	2	Exercise	T	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Experimental aspects of particle physics with varying focus, e.g. searches for new phenomena, precision measurements, current and future experiments. Basic experimental methods in accelerator-based particle physics.				
4	**Learning outcome** This subject focus on experimental techniques necessary to perform measurements in the field of particle physics. Students will learn in-depth aspects in the subject area, with particular attention to data analysis. They will acquire the necessary knowledge and skill to treat complex measurements and systematics effects. In addition to professional training, at the end of the course, students will be able to read critically original literature.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the exercise sessions. Graded module examination (oral or written)				
6	**Participation Requirements**				
7	**Module type** Elective module in M.Sc. Physics, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK), mandatory course in IMAPP				
8	**Responsible** Prof. J. Albrecht		**Faculty in charge** Department of Physics		

Modul: Astroteilchenphysik (PHY823)				
Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Turnus: regelmäßig im SS	**Dauer:** 1 Semester	**Studienabschnitt:** 6. Sem. (B.Sc.) 2. Sem. (M.Sc.)	**Credits** 6	**Aufwand** 180 h

1	**Modulstruktur**				
	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Vorlesung mit integrierter Übung	V+Ü	6	4
2	**Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch				
3	**Lehrinhalte** Kosmische Strahlung: Kerne, Elektronen, Photonen, Neutrinos, Nachweis energiereicher Teilchen, Beschleunigungsmechanismen, Propagation der Teilchen durch das interstellare Medium, Interaktion und Zerfall, galaktische Magnetfelder, kosmische Hintergrundstrahlung, Infrarothintergrund, kosmologische Aspekte, Stern- und Galaxienentstehung. Astrophysikalische Quellen: Überreste von Sternexplosionen, kompakte Objekte (schwarze Löcher, Neutronensterne), Stoßwellen in der abgestoßenen Sternenhülle, Molekülwolken, Starburst – Galaxien, Galaxienhaufen, Supernovae, Binärsysteme, Mikroquasare, Kerne aktiver Galaxien, Gamma Ray Bursts. Teilchenphysikalische Quellen: Spallation, Dunkle Materie (WIMPs), Topologische Defekte, Monopole, Protonzerfall, Axionen, Teilchenphysikalische Messungen: inklusive Wirkungsquerschnitte, Energieverlust im Medium, Neutrinooszillationen, Physik bei höchsten Energien. Nachweisinstrumente: optische Teleskope, Radioteleskope, Luftschaueranlagen, Gamma-Ray-Teleskope, Neutrino-Teleskope, Satellitenexperimente, Niederenergiedetektoren. Praktische Konsequenzen: biologische Auswirkungen, technologische Konsequenzen **Literatur:** Astroteilchenphysik. Das Universum im Licht der kosmischen Strahlung, Claus Grupen. Springer, Heidelberg 2000. Teilchenastrophysik. Hans Volker Klapdor-Kleingrothaus, Kai Zuber, Stuttgart 1997. Astroparticle Physics: Theory and Phenomenology, Günter Sigl, Atlantis Press 2016. Cosmic Rays and Particle Physics, Thomas Gaisser, Cambridge 2016. Cosmic Ray Astrophysics, Reinhard Schlickeiser, Berlin Heidelberg New York 2002, An Introduction to Modern Astrophysics, Bradley W. Carroll, Dale A. Ostlie, Reading, Menlo Park New York				
4	**Kompetenzen** Die Studierenden erlernen Inhalte aus dem Grenzbereich zwischen Astronomie, Kern- und Teilchenphysik und Kosmologie und deren interdisziplinäre Diskussion. Erlernt werden auch auf dem Zusammenspiel von Theorie und Experiment beruhende Argumentationstechniken. Anhand von phänomenologischen Rechnungen wird erlernt, die Tragweite von Experimenten zu planen und zu prüfen.				
5	**Prüfungen** Studienleistungen: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen. Modulprüfung: Benotete schriftliche oder mündliche Prüfung, wird zu Beginn der Veranstaltungbekanntgegeben.				
6	**Prüfungsformen und –leistungen** ☒ **Modulprüfung: schriftlich oder mündlich** ☐ **Teilleistung**				
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Kenntnisse aus Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik				
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul				

9	**Modulbeauftragte/r** Prof. W. Rhode	**Zuständige Fakultät** Physik

Module: Astroparticle Physics II (PHY823.2)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, IMAPP				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with integrated exercise	L+T	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** 1. **Early universe:** big bang, inflation and thermal evolution of the cosmos. Freeze-out and heavy relics. Cosmic neutrino background. 2. **Propagation of energetic particles:** Absorption processes, extragalactic radiation fields, plasmas in interstellar and intergalactic space, particle interactions. 3. **Dark matter:** models beyond the standard model of particle physics, indicators, halo formation and evolution, power spectrum of density fluctuations, direct and indirect search for dark matter with ground- and space-based experiments. 4. **AGN - models:** leptonic and hadronic models for blazars. Inverse Compton scattering, internal and external radiation fields, photohadronic and pp models, implications for gamma and neutrino observations. 5. **Gravitational waves:** experimental detection methods and multi-messenger astronomy. **Literature:** Cosmic Ray Astrophysics, Reinhard Schlickeiser, Berlin Heidelberg New York 2002. Gravitation and Cosmology: Principles and Applications Of The General Theory Of Relativity, Steven Weinberg, Wiley India, 2017. Gravity, Black Holes, and the Very Early Universe. An Introduction to General Relativity and Cosmology, Tai L. Chow, Springer 2007.				
4	**Learning outcome** Students learn about topics from the most current research questions in astroparticle physics and cosmology with a special focus on the processes associated with strong gravity and the early universe. Advanced phenomenological computational techniques and scientific critical reading and assessment of recent experimental and theoretical publications are also learned.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the exercises Module examination: written (written exam 120 min) or oral (30 min), will be announced at the beginning.				
6	**Participation Requirements** Recommended: astroparticle physics				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. W. Rhode		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Fundamentals of Detector Physics (PHY825)

Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS, IMAPP

Frequency:	Duration:	Semester:	Credits	Work load
annually in SS	1 semester	1st/2nd sem.	3	90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	3	2

2 Language: English

3 Content

Interactions of charged, neutral particles and of photons with matter, overview of overall detector systems, gas-filled ionization detectors (types and modes of operation, ionization and charge loss, motion in elctr. and magn. field, proportional chambers, drift chambers)
Field, proportional chambers, drift chambers, semiconductor detectors (basics, pn-junction and interfaces, types, pixel detectors), scintillation detectors (function, applications), calorimetry (electromagnetic and hadronic, homogeneous and sampling), particle identification, trigger systems, data acquisition systems (DAQ)

4 Learning outcome

Students gain an overview of the various detector designs used in particle physics, medical physics, and other fields. In particular, they learn the relationship between the respective primary interactions of the particles to be detected with the total matter traversed and the fractions exploited by the respective detector design. This leads to an understanding of the respective advantages and disadvantages of the construction types for different application purposes. Furthermore, the students are enabled to work with original literature.

5 Examination

Course work: none.
Module Exam: Graded written or oral examination.

6 Participation Requirements

7 Module type

Elective module

8 Responsible

Dean of the Department of Physics

Faculty in charge

Department of Physics

Module: Detector systems in particle and medical physics (PHY826)				
Degree program: M.Sc. Physics, MMPPLS, IMAPP				
Frequency in WS	**Duration** 1 semester	**Semester** 1st sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Different types of detectors used in particle and/or medical physics, e.g. semiconductor and scintillation detectors, X-ray detection systems. Detector systems and components composed of different types, e.g. calorimeters, modern particle physics experiments, PET, CT, etc.				
4	**Learning outcome** The seminar will deepen the knowledge of the different types of detectors which are used in particle physics and in medical physics. The important lectures on systems and trigger systems allow to understand the interplay of the different detector designs to be understood. The prescribed own lecture leads to a very intensive study of a special topic and also trains competences in the field of scientific literature research and presentation techniques.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussion. Graded module examination: oral presentation on one of the topics of the seminar				
6	**Participation Requirements** Recommended: Fundamentals of Detector Physics				
7	**Module type** Elective module in M.Sc. Physics, MMPPLS, compulsory elective in IMAPP				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Organization** Department of Physics		

Module: False Discoveries in Particle Physics (PHY827)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, IMAPP				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
As needed	1 semester	1st/2nd sem.	3	90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Self-study and own presentation	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar deals with discoveries in particle physics, which in retrospect turned out to be erroneous. Literature: will be announced or provided in the seminar on the respective topics.				
4	**Learning outcome** Students deepen their knowledge in the field of the seminar through self-study on your own lecture. This lecture also trains skills in the area of scientific literature research and presentation techniques. In the subsequent discussion scientific discussion techniques acquired. In addition to these classical competences, the seminar helps students to become aware of the rules of good scientific practice and to reflect on possible problems.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation.				
6	**Participation Requirements** Recommended: astroparticle physics.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. J. Albrecht		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Structural Analysis with X-rays (PHY829)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency: in SS	**Duration:** 2 weeks Block course	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 5	**Work load** 150 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Block course	L	3	2
	2	Exercises and self-study	T	2	1
2	**Language:** English				
3	**Content** 1. **Structure of ideal crystals:** description of periodic structures, fundamental lattice types, lattice planes, examples of simple crystal structures. 2. **X-ray structure analysis:** diffraction of waves at the crystal, Laue interference function, reciprocal lattice, methods of X-ray structure analysis, structure factor, phase problem, non-ideal crystal structures, amorphous structures, scattering at the surface. 3. **Special X-ray techniques:** X-ray reflectometry, small angle X-ray scattering, absorption spectroscopy, fluorescence spectroscopy, X-ray Raman scattering. 4. **Modern X-ray sources:** X-ray tube, synchrotron radiation sources, X-ray laser.				
4	**Learning outcome** Students learn the basic description of crystal structures, the fundamentals of structure elucidation with X-rays and various applications of the corresponding experimental methods. They gain an overview of the different X-ray methods that can be used for the structural elucidation of crystalline and non-crystalline systems.				
5	**Examination:** Graded written or oral module examination; to be announced at the beginning of the course.				
6	**Participation Requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dr. C. Sternemann, Dr. M. Paulus		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: External School in Particle Physics (PHY8210)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: irregular	**Duration:** (min.) 1 week block course	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 1	**Work load** 30 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Block course	L	1	Block course
2	**Language:** English				
3	**Content** The content depends on the topic of the external school and comes from the field of particle physics or the methods used there, e.g. data analysis and statistics, Monte Carlo generators or programming. The school must include an exercise and correspond to a course load of at least 2 Contact hours per week (30h).				
4	**Learning outcome** The students should deepen the specialist knowledge they have been taught and benefit from the experience of the external experts. In doing so, they should also network with fellow students from other universities and the lecturers.				
5	**Examination** upgraded module (even if an in-school exam is offered graded). Course credit: none. Module examination: either internal school examination or, if this is not offered, a written summary of the school.				
6	**Participation Requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Applications of Synchrotron Radiation (PHY8211a)				
Degree Program: M.Sc. Physics, MMPPLS				
Frequency: in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st-4th sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The course will cover the following topics: 1. **Generation of synchrotron radiation**: operating principle of a storage ring, relativistic description of a charge moving in a magnetic field, insertion devices, X-ray optics and scheme of a beamline. 2. **X-ray interaction with matter:** scattering and absorption in the classical approach (Maxwell equations and dumped Lorentz oscillators) and semi-classical approach. 3. **Applications of synchrotron radiation:** photoemission techniques (X-ray photoemission spectroscopy and microscopy, angle-resolved photoemission spectroscopy, X-ray photoelectron diffraction, spin polarized photoemission spectroscopy) and their applications, e.g. chemical/structural analysis and study of the electronic properties of the matter with/without spatial resolution. Absorption techniques (X-ray absorption spectroscopy, X-ray magnetic circular dichroism) and their applications, e.g. study of the magnetic and chemical properties of the matter. Diffraction techniques, from crystal and powder.				
4	**Learning outcome** The aim of the course is to provide a basic knowledge on the main parameters involved in a synchrotron-based experiment, as well as to have an overview on the most important techniques that can be performed, with a special focus on the photoemission-related experiments.				
5	**Examination** Graded oral examination:				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. M. Cinchetti		**Responsible Faculty** Department of Physics		

Module: Applications of Synchrotron Radiation (PHY8211b)				
Degree Program: M.Sc. Physics, MMPPLS				
Frequency: in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st-4th sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The course will cover the following topics: 1. **Generation of synchrotron radiation**: operating principle of a storage ring, relativistic description of a charge moving in a magnetic field, insertion devices, X-ray optics and scheme of a beamline. 2. **X-ray interaction with matter:** scattering and absorption in the classical approach (Maxwell equations and dumped Lorentz oscillators) and semi-classical approach. 3. **Applications of synchrotron radiation:** photoemission techniques (X-ray photoemission spectroscopy and microscopy, angle-resolved photoemission spectroscopy, X-ray photoelectron diffraction, spin polarized photoemission spectroscopy) and their applications, e.g. chemical/structural analysis and study of the electronic properties of the matter with/without spatial resolution. Absorption techniques (X-ray absorption spectroscopy, X-ray magnetic circular dichroism) and their applications, e.g. study of the magnetic and chemical properties of the matter. Diffraction techniques, from crystal and powder.				
4	**Learning outcome** The aim of the course is to provide a basic knowledge on the main parameters involved in a synchrotron-based experiment, as well as to have an overview on the most important techniques that can be performed, with a special focus on the photoemission-related experiments.				
5	**Examination** Graded own presentation				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. M. Cinchetti		**Responsible Faculty** Department of Physics		

Module: Light-Matter Interaction (PHY8212)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st-3rd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours**
	1	Lecture	L	4	3
	2	Exercise	T	2	1
2	**Language:** English				
3	**Content** The lecture covers the fundamentals of light-matter interaction in solids and molecules with references to current research and modern applications. After the introduction of linear optical properties of metals, semiconductors and dielectrics, concepts of nonlinear optics in perturbative and non-perturbative approximation are explained. In the exercise, these aspects are deepened by application-relevant exercises with reference to modern experiments. 1. **Linear optics:** linear optical properties of atoms, molecules, and solids; atomic line spectra; band spectra of molecules; optical properties of solids including semiconductor structures; phonons, plasmons, polarons, excitons, optical Bloch equations; density matrix formalism; strong and ultra-strong light-matter coupling. 2. **Nonlinear optics:** nonlinear susceptibility; nonlinear wave equation; phase matching; 3rd and higher order nonlinearities; nonlinear optics of the two-level system. 3. **Fundamentals of quantum optics:** quantization of the electromagnetic field; quantum-mechanical states of the light field; coherence.				
4	**Learning outcome** The lecture opens a comprehensive view on the optical properties of condensed matter in a broad spectral range from microwave radiation to the ultraviolet. The aim is to develop an understanding in particular of collective electron dynamics, excitations of quasiparticles, nonlinear optical processes and basic features of quantum optics.				
5	**Examination:** Module examination: oral				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. C. Lange		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Light-Matter Interaction (PHY8213)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st-3rd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Seminar	S	3	2

2 Language: English

3 Content

The content of the seminar is based on the parallel lecture, which is strongly recommended. Like the lecture, the seminar focuses on the fundamentals of light-matter interaction in solids and molecules and provides references to current research and modern applications. The content includes linear optical properties of metals, semiconductors and dielectrics as well as concepts of nonlinear optics in perturbative and non-perturbative approximation.

Students develop and give an independent seminar presentation on a topic of their choice with reference to the topics from the lecture. Depending on the topic, the focus is on fundamentals or applications.

Possible seminar topics include: Kramers-Kronig relations, birefringence, Gaussian optics, plasmonics, light conduction in optical fibers, nonlinear fiber optics, polymer optics, lasers, femtosecond pulse generation, ultrashort pulse characterization, four-wave mixing, high harmonic generation, frequency combs, metamaterials and subwavelength resonators, entangled photons, near-field microscopy, single photon sources, EPR paradox, FTIR spectroscopy, CCD spectrometers, Raman spectroscopy, organic LEDs, quantum cascade lasers, solar cells, dispersion and compression of ultrashort laser pulses, and others.

4 Learning outcome

The seminar gives the participants the opportunity to deepen their knowledge of a topic in modern optics and to present it to the group.

5 Examination:

Module examination: Graded seminar presentation

6 Participation requirements

Recommended as addition to the lecture "Light-Matter Interaction"

7 Module type

Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Prof. C. Lange	Department of Physics

Module: Many-Particle Solid-State Theory (PHY831)

Degree Program: M.Sc. Physics

Frequency:	Duration:	Semester:	Credits	Work load
As needed	1 semester	2nd sem.	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture + exercise	L + T	6	3+1
Or: 2	Lecture	L	6	4

2 Language: English

3 Content

1. **General:**
   Deepening of the quasiparticle concept and its limits.
2. **Diagrammatic perturbation theory:**
   Green functions, derivation of Feynman diagrams, self-energy, dyson equation, vertex corrections, random phase approximation, microscopic Fermi liquid theory, dynamical molecular field theory;
3. **Renormalization:**
   e.g. poor man's scaling, functional renormalization, continuous unitary transformations;
4. **Luttinger liquid:**
   bosonization, one-dimensional systems, perturbations;
5. **Transport:**
   Kubo approach, Boltzmann equation, Landauer-Büttiker formula;
6. **Applications:**
   e.g. superconductivity, magnetism, transport, decoherence.

Literature: e.g.,
G. Rickayzen, Green's Functions and Condensed Matter, Academic Press (1988);
A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, and I. E. Dzyaloshinski, Methods of Quantum Field Theory in Statistical Physics, Dover (1975);
A.L. Fetter and J.D. Walecka, Quantum Theory of Many-Particle Systems, McGraw-Hill (1971);
Th. Giamarchi, Quantum Physics in One Dimension, Oxford Science Publications, (2004);
A.O. Gogolin, A.A. Nersesyan and A.M. Tsvelik, Bosonization and Strongly Correlated Systems, Cambridge University Press (1998).

4 Learning outcome

Students are introduced to the level of current research. The relevant concepts of the research field are presented, methodologically underpinned and illustrated with examples. To this end, students will become familiar with the advanced methods of condensed matter theory and critically evaluate their advantages and disadvantages themselves. They will acquire the competence to successfully complete a master's thesis in condensed matter theory.
Exercises and/or lectures will introduce students to the ways of scientific discourse.

5 Examination

Course work: Homework, if exercises offered.
Module examination: Graded oral module examination (30min) or written module examination.

6 Participation requirements

Recommended: Introduction to Theoretical Solid State Physics

7 Module type

Elective module

8 Responsible	Faculty in charge
Prof. G. Uhrig, Prof. F. Anders	Department of Physics

Module: Cosmology (PHY832a)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
As needed	1 semester	1st-3rd sem.	3	90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Cosmology	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Structures in and history of the universe, gravity and Robertson-Walker metric, world models, thermal evolution of the universe, primordial nucleosynthesis, recombination, structure formation, baryogenesis, dark matter, phase transitions in the early universe, inflation, CMB and precision cosmology. **Literature:** L. Bergström, A Goobar: Cosmology and Particle Astrophysics; D. Bailin, A. Love: Cosmology in gauge field theory and string theory; E.W. Kolb, M. Turner: The Early Universe; S. Weinberg: Cosmology				
4	**Learning outcome** Students are introduced to the physics of emergence and the early universe. They learn about a field of physics that is still developing, both in terms of observations and theory building; they recognize how hypotheses develop and modify in interaction with experimental observations. They see how physics on cosmic scales and physics on subnuclear scales are mutually dependent and influence each other in theory building.				
5	**Examination** Module examination: Graded oral module examination (30min) or written examination (120 min)				
6	**Participation requirements** Recommended: introduction to theoretical elementary particle physics, general relativity.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. H. Päs		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Cosmology (PHY832b)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: As needed	**Duration:** 1 Semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 6	**Woek load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with exercise	L + T	6	2+2
2	**Language:** English				
3	**Content** Gravity and Robertson-Walker metric**,** Thermal evolution in the universe, Primordial nucleosynthesis, Recombination, Structure formation, Baryogenesis, Dark Matter, Dark Energy, Inflation				
4	**Learning outcome** Students gain an insight into the basics of cosmology and learn fundamental skills how important processes in the early universe are described and quantitative predictions are made to be able to describe and analyze processes such as dark matter production, baryogenesis or inflation.				
5	**Examination** Graded written exam				
6	**Participation requirements** Recommended: introduction to theoretical elementary particle physics, general relativity.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. H. Päs		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Flavor Physics (PHY833)				
Degree Program: M.Sc. Physics, M.Ed. Lehramt (Gy/Ge, BK)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
Annual	1 semester	1st/ 2nd sem.	6	180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with exercise	L+T	6	3+2
2	**Language:** English				
3	**Content** The lecture is intended for interested students in higher semesters with previous knowledge in theoretical particle physics such as the Standard Model and the calculation of simple elementary processes. The aim of the course is to provide basic theoretical knowledge for a master thesis or more in the field of flavor physics. The lecture also focuses on phenomenology and signatures at the LHC(b) as well as superflavor factories and is therefore also addressed to ambitious experimental physicists. Topics to be covered include: Flavor and CP in the Standard Model, rare processes, flavor symmetries, minimal flavor violation, neutrinos, flavor beyond the Standard Model, in particular supersymmetry, lepton flavor, electric dipole moments. Literature: current references from lecture; Brock, Schoerner-Sadenius: Physics at the Terascale				
4	**Learning outcome** Students are introduced to methods as they are used in current research. In the exercises, students learn to describe simple physical systems both formally-mathematically and verbally and to present solutions by solving problems independently and discussing them in the group. In doing so, they learn to review their learning and measure it against that of their fellow students. To encourage teamwork, homework is accepted as group work by up to 3 students.				
5	**Examination** Course work: Homework. Module examination: Graded written (120 min) or oral examination depending on the number of participants.				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module; recommended if a Master's thesis in the area of focus flavor physics (hadronic, leptonic/neutrinos) is aimed for in the area of theory or experiment.				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Theory of Soft and Biological Matter II (PHY838)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, MMPPLS				
Frequency: As needed	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 2nd sem.	**Credits** 5	**Work load** 150 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture and exercise	L+T	5	2 + 1

2 Language: English

3 Course content

Advanced topics in soft and biological matter: in particular, theoretical models for membranes, cytoskeleton, proteins, motor proteins, protein filaments.

1. **Membranes:**
   bending energy, liquid vesicle shapes, thermal fluctuations.
2. **Stochastic dynamics:**
   Brownian motion, diffusion problems, random walk, Markov processes, Langevin equation and Fokker-Planck equation.
3. **Physical and chemical kinetics:**
   thermally activated processes, chemical equilibrium, chemical kinetics, Michaelis-Menten.
4. **Biological physics:**
   molecular motors, filaments, ATP-driven processes.
5. **Nonlinear dynamics:**
   nonlinear mathematical models biological processes, reaction-diffusion processes, pattern formation, Turing instabilities.

4 Learning outcome

Students will be able to apply the modern methods of theoretical physics (from the areas of statistical physics, stochastic dynamics, nonlinear dynamics) to systems of soft matter and biological physics in an interdisciplinary manner. In exercises, students learn to independently grasp problems from the interdisciplinary subject area of soft matter as a theoretical-physical problem, to solve them and to discuss them in the group.

5 Examination

Course work: Exercises.
Module examination: Graded written exam (120min) or oral exam (30 min), will be announced at the beginning of the course.

6 Participation requirements

Recommended: Theory of soft and biological matter 1. part

7 Module type

Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Prof. J. Kierfeld	Department of Physics

Module: Advanced Methods in Theoretical High-Energy Physics (PHY839)				
Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: By the semester	**Duration:** Block course	**Semester:** 5th/6th sem.	**Credits** 2/3	**Work load** 60/90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	2/3	14h/ 22h Block
	2	Optional: Exercise session	T	1	4h/ 6h Block
2	**Language:** English				
3	**Course content** The block course is held by an external lecturer from a subfield of theoretical high-energy physics with expertise in, e.g., quantum field theory, physics beyond the standard model, or theoretical Astro-partivle physics and cosmology. The concrete topics covered vary. The students are introduced to theoretical concepts and frameworks relevant for state-of-the-art research in high-energy physics closely related to the current research and master-thesis projects at the HET groups of the TUDo. These include the topics of Non-abelian Gauge Theories, Renormalisation, Effective Field Theories Within and Beyond the Standard Model, Conformal Field Theories, Supersymmetry, Models of Adymptotic Safety, Early Universe and Baryogenesis.				
4	**Learning outcome** Students obtain a first in-depth contact with a concrete topic of high-energy physics with emphasis on theoretical methods and applications related to state-of-the-art research in theoretical high-energiy physics preparing them for a master-thesis project at the HET groups of the TUDo.				
5	**Examination** Module examination: written or oral depending on number of participants				
6	**Participation requirements** Physics IV and Advanced Quantum Mechanics (Theoretical Particle Physics or Quantum Field Theory useful.)				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. H. Päs Prof. E. Stamou		**Department in charge** Department of Physics		

Module: Renormalization in Theoretical High-Energy Physics (PHY8310)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: As needed	**Duration:** 1 Semester	**Semester:** from 2nd Semester	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with integrated exercise	L + T	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** This lecture is a hands-on introduction to the topic of renormalization in high-energy physics. Topics include: loop computations, UV divergencies, regularization techniques, renormalization schemes, dimensional regularization, renormalization group equations, Callan-Symmanzik equation, dimensional transmutation, quantum triviality, Landau poles, asymptotic freedom and safety, critical phenomena, examples of fixed points.				
4	**Learning outcome** Students are familiar with regularization and renormalization techniques, and can apply them to UV divergencies encountered in loop calculations. The concept of the renormalization group and many phenomena, including critical points are understood.				
5	**Examination** Module exam: oral examination (30 min)				
6	**Participation Requirements** Recommended Courses: Quantum Field Theory, Introduction to Theoretical Elementary Particle Physics				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. G. Hiller		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Modern Quantum Computing and Quantum Simulation (PHY8311)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: As needed	**Duration:** 1 Semester	**Semester:** 1st/2nd Semester	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** • Feynman's Vision of Quantum Simulation • Universal Quantum Computers • Fundamental Algorithms • Modern Digital Quantum Simulations • Quantum Error Correction • Physical Realization of Quantum Gates • Topological Quantum Computation • Quantum Supremacy/Advantage				
4	**Learning outcome** Students will gain insights into the foundational works of quantum computing and digi-tal quantum simulations. The students work independently on a closely circled topic using one or two research articles. The aim of the seminar is for the students to pre-sent their gained knowledge and thereby expand the presentation techniques.				
5	**Examination** Module exam: oral presentation				
6	**Participation Requirements** Basic knowledge on quantum physics and quantum computing.				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** JProf. B. Fauseweh		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Directions for New Physics (PHY8312)				
Degree Program: B. Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency: In SS	**Duration:** 1 Semester	**Semester:** 1st/2nd Semester	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Theoretical topics of present-day problems and challenges in the phenomenology and formal aspects of Beyond the Standard Model physics: Dark Matter, Flavour Puzzle, Strong CP Problem, Neutrino oscillations, Hierarchy Problem of the Standard Model Higgs, Baryogenesis, and Early Universe Dynamics. Relevant concepts: Quantum Field Theory, Effective Theories, perturbative and non perturbative approaches for high-energy particle physics.				
4	**Learning outcome** The students gain a deeper insight into a specific topic relevant in current high-energy particle theory by the self-study of state-of-the-art literature followed by a presentation of the topic. With a seminar-course the students develop skills in literature search and learn to critically assess it. By attending the presentation of their peers they are exposed to topics beyond their own and gain a broader picture of relevant topics current high-energy physics. The presentations are prepared in English language.				
5	**Examination** Course work: attendance and active participation in the discussions following the presentations. Module exam: graded presentation on the personal topic related to a current research direction in high-energy physics				
6	**Participation Requirements** Theoretical Elementary Particle Physics course (“Elementarteilchentheorie”)				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. G. Hiller, Prof. H. Päs, Prof. E. Stamou		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Ultrafast spintronics and light driven magnetisation dynamics (PHY8216)				
Degree program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics				
Frequency Annually in SS	**Duration** 1 Semester	**Semester** 1st – 4th semester (M. Sc.) from 5th semester (B. Sc.)	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** Contemporary topics in light-field driven electron spin, orbital and/or magnetisation manipulation on ultrafast timescales, including areas such as ultrafast magnetisation dynamics in ferro- and antiferromagnetic systems, light-field driven spin current generation, ultrafast magneto-resistive effects in magnetic heterostructures, spintronic terahertz frequency harmonic generation, nonlinear regime of magnetisation dynamics, spintronic terahertz emission spectroscopy, ultrafast magneto-optical effects.				
4	**Learning outcome** Students will gain an understanding of the modern problems of ultrafast spintronics, including fundamental and experimental aspects of electron spin, orbital, and/or magnetisation manipulation with light. In their own presentations, students will learn how to present scientific material in an understandable way and how to participate in scientific discussions.				
5	**Examination** Performance: active participation in the seminar presentations and discussions. Module examination: Graded own presentation (30 minutes + 15 minutes discussion)				
6	**Prerequisites** Knowledge in optics and introductory condensed matter physics				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dr. S. Kovalev Prof. Z. Wang		**Organization** Department of Physics		

Module: Dark Matter and Axions (PHY8217)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The content of the seminar is the search for new particles that could compose the dark matter. We will primarily examine axions as candidates, while also covering Weakly Interacting Massive Particles (WIMP), with an emphasis on current experimental approaches and results. These experimental approaches can be ground-based, either in experiments above ground or in underground laboratories, as well as space-based, utilizing observatories from NASA, ESA, and JAXA.				
4	**Learning outcome** Students deepen their knowledge in the field of the seminar through self-study on their own presentation. This lecture also trains competencies in scientific literature research and presentation techniques. In the subsequent discussion, scientific discussion techniques are acquired.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation.				
6	**Participation Requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. J. Vogel, Dr. J. Ruz Armendáriz		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Between Data and their Interpretations: Epistemology of Physics in the Age of AI (PHY 8218)

Degree program: M.Sc. Physics

Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load
Summer Semester	1 Semester	First or third Semester	3	90 h

1 Module structure

No.	Element / course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Seminar	S	3	2

2 Language: English

3 Content

The seminar explores the epistemological and methodological foundations of modern science. The focus is on the question of how the theories of physics relate to empirical reality and what scientific progress is. The following topics will be covered:

- The relation between theories and empirical data
- Observation, measurement, and the theory dependence of data interpretation
- Epistemic progress and scientific revolutions
- Models, idealizations, and the experimental method
- Scientific realism vs. instrumentalism

For a basic understanding of the nature of scientific knowledge, the classical approaches of 20th century philosophy of science are discussed: logical empiricism (Rudolf Carnap) vs. falsificationism (Karl Popper); historical epistemology and paradigm change (Thomas Kuhn). For a deeper understanding of current scientific practice, the recent philosophical discussion about models, idealizations, and computer simulations (Margaret Morrison) is taken up to clarify the significance of machine learning for scientific knowledge in the age of artificial intelligence.

4 Learning outcome

Students acquire basic knowledge of modern philosophy of science. They can identify and explain different approaches and derive the consequences for the interpretation of research results. Particular emphasis is placed on the epistemological consequences of data analysis using machine learning and artificial intelligence. In addition, students acquire skills in critical reading of the literature and improve their presentation techniques.

5 Examination

Course work: Active presence in the seminar. Seminar talk presentation, including a hand -out of a summarizing essay (two pages).
Module exam: graded presentation (30 min + 15 min discussion)

6 Participation Requirements

None

7 Module type

Elective module

8 Responsible	Organization
Prof. W. Rhode	Department of Physics

Module: Advanced Magnetism (PHY8219)

Degree program: M.Sc. Physics

Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load
Summer semester only	1 Semester	First and second sem.	9	270 h

1 Module structure

No.	Element / course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	6	4
2	Optional: seminar	S	3	2

2 Language: English

3 Content

This lecture provides an advanced and integrated overview of magnetism in condensed matter systems, combining fundamental aspects with modern research topics and ultrafast dynamics. The emphasis is on experimental aspects, including standard and advanced methodologies in magnetism-related research, as well as the observation and control of magnetic phenomena using state-of-the-art spectroscopic and magneto-optical techniques.
It covers:

Fundamental principles of magnetism:
Magnetic moments, magnetic fields, magnetic susceptibility, and classification of magnetic materials. Atomic and ionic magnetism: localized magnetic moments, crystal field effects. Itinerant electron magnetism: Landau diamagnetism, Pauli paramagnetism, and band ferromagnetism. Exchange interactions and microscopic models: Direct, indirect, superexchange, double exchange, and RKKY interactions. Heisenberg and Hubbard models for magnetically ordered materials, magnetic phase transitions. Collective phenomena and excitations: Ferro-, antiferro-, and ferrimagnetism, magnetic anisotropy, magnetic domains, spin waves, and Stoner excitations.

Modern topics in magnetism and spintronics:
Hybrid molecular interfaces and spinterfaces, Rashba systems and two-dimensional electron gases, topological insulators and topological magnetism, magnetism at surfaces and in low-dimensional systems.

Femtomagnetism and ultrafast spin dynamics:
Ultrafast optical manipulation of magnetic order on femtosecond timescales, microscopic mechanisms of demagnetization, spin–lattice and spin–orbit coupling dynamics, time-resolved magneto-optical and photoemission techniques for probing nonequilibrium magnetism.

Optional Seminar:
Students who wish to explore specific aspects of advanced magnetism in more depth can participate in an accompanying seminar. The seminar focuses on the discussion of selected literature, student presentations, and current research topics related to magnetism, spintronics, and ultrafast phenomena.

4 Learning outcome

After successful completion of the module, students will:

- Understand the fundamental and advanced concepts describing magnetic phenomena in solids.
- Be able to apply phenomenological models to describe static and dynamic magnetic behavior.
- **Develop a strong understanding of experimental methods in magnetism**, including spectroscopic, magneto-optical, and ultrafast time-resolved techniques.
- **Gain practical competence in analyzing and interpreting experimental data** related to magnetic materials and phenomena.
- Have insight into current frontiers in magnetism and spintronics, including topological systems, molecular systems and systems with reduced dimensionalty (interfaces, 2D materials).
- Understand the principles of **ultrafast magnetism (femtomagnetism)** and how light–matter interactions can control magnetic order.
- Be well prepared for Master's thesis or PhD research in the fields of **experimental**

	magnetism, spintronics, and ultrafast condensed matter physics. • (*Optional seminar participants*) Gain experience in scientific presentation and critical analysis of current research literature.	
5	**Examination** Graded oral examination (lecture) module component examination (seminar). if applicable, graded presentation of about 30 minutes in the seminar; the exercise session is not graded.	
7	**Participation Requirements** Fundamentals of Solid State Physics and Quantum Mechanics.	
8	**Module type** Elective module	
9	**Responsible** Prof. Dr. Mirko Cinchetti	**Organization** Department of Physics

Module: Surface Science Lecture: Structure, Properties, and Analysis of Surfaces (PHY8220)				
Degree program: M.Sc. Physics, M.Ed. Lehramt				
Frequency Summer semester only	**Duration** 1 Semester	**Semester** First and second sem.	**Credits** 6	**Work load** 270 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	6	4
2	**Language:** English				
3	**Course description:** This lecture provides a comprehensive introduction to the fundamental principles and modern methods of surface science, focusing on the physical and chemical phenomena occurring at interfaces. Students will gain insight into the structure, electronic, magnetic properties, and dynamics of surfaces, as well as the techniques used to probe and manipulate them on the atomic and molecular scale. **Content Overview**: The course begins with an introduction to the description and nomenclature of surfaces in solid-state physics, including crystallographic notation, surface reconstruction, and relaxation phenomena. The electronic and structural properties of surfaces are discussed in detail, emphasizing surface states, work function, and adsorption processes. A major focus is placed on interactions at surfaces, covering adsorption and desorption, catalysis, and charge transfer processes. The behavior of atoms and molecules on surfaces, including the formation and characterization of organic molecular films, is explored in connection with applications in nanotechnology. This includes an introduction to nanostructures, micro- and nanofabrication techniques, and micro- and nano-scale applications in modern materials science and device engineering. A second focus addresses the magnetic properties of surfaces and interfaces. This section covers magnetic anisotropy at surfaces, magnetic proximity effects, ultrathin magnetic films, and magnetism in 2D materials and altermagnets. Particular emphasis is placed on spin-dependent hybridization at molecule/ferromagnet interfaces and on the magnetic behavior of van der Waals magnets. **Experimental Techniques**: Students will be introduced to a wide range of surface analysis methods, including: X-ray Photoelectron Spectroscopy (**XPS**), Atomic Force Microscopy (**AFM**) and Scanning Tunneling Microscopy (**STM**), Nonlinear Optical Techniques such as Sum Frequency Generation (**SFG**), Spin- and Time-Resolved Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy (S**TrARPES**).				
4	**Learning outcome** After successful completion of the module, students will: • Describe and classify surfaces using proper physical nomenclature. • Explain the fundamental electronic magnetic and structural properties of surfaces and van der Waals materials. • Understand key interaction mechanisms of atoms and molecules on surfaces • Apply knowledge of surface-sensitive techniques to interpret experimental data • Relate surface science principles to applications in nanotechnology and materials research.				
5	**Examination** Graded oral examination				
7	**Participation Requirements** Fundamentals of Solid State Physics and Quantum Mechanics.				

8	**Module type** Elective module	
9	**Responsible** Dr. A. Ghalgaoui, Prof. Dr. Mirko Cinchetti	**Organization** Department of Physics

Module: Quantum Information (From Qubits to Black Holes) (PHY7318)				
Degree Program: M. Sc. Physics				
Frequency: As needed	**Duration:** 1 Semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** QM Recap, Computing & Church-Turing Thesis, Quantum Computing: Qubits, Circuits, Gates & Entanglement, Quantum Dense Coding & Quantum Teleportation, Quantum Algorithms, Complexity, Decoherence & Quantum Error Correction, Experimental Realizations, Cryptography & Quantum Money, Quantum Information, Black Holes & Emergent Spacetime, Quantum Information & QFT				
4	**Learning outcome** Students gain an insight into the basics of quantum information and quantum computing, such as Qubits, density matrices, entanglement, quantum circuits and gates, quantum error correction, including recent applications such as quantum computing and black holes information processing.				
5	**Examiation** Graded written or oral exam				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. H. Päs		**Faculty of charge** Department of Physics		

Module: Modern Quantum Computing and Quantum Simulation (PHY7319)

Degree program: M.Sc. Physics

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
in SS	1 Semester	1st/2nd sem.	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L + T	6	3+1

2 Language: English

3 Content

Part 1:
Basics of Quantum Information Theory and Processing, Qubits, Gates, Quantum Circuits, POVMs, Solovay-Kitaev Theorem, Tomography, Mixed States, Entanglement (bipartite and multi-partite), Fisher Information, Algorithms (Deutsch–Jozsa, QFT, Digital Quantum Simulation, Grover, Shor, Harrow–Hassidim–Lloyd, Quantum Singular Value Transformation), Elements of Quantum Complexity Theory

Part 2:
Selected Topics of: Noise and Decoherence, Noise Learning, Error Correction, Hybrid Quantum Classical Methods, Adiabatic Quantum Computing & Annealing, Variational Algorithms, Parameter Shift Rules, Quantum Machine Learning, Barren Plateaus, Quantum Natural Gradient, Fermionic to Qubit Mappings (Jordan-Wigner, Tree-based mappings), Error Mitigation, Programming on Modern Quantum Computing Platforms, Random Quantum Circuits & Monitored Dynamics, Measurement-Based Quantum Computing

4 Learning outcome

Students get a comprehensive overview of quantum information theory, such as qubits, gates, circuits, entanglement, algorithms, and complexity theory as well as an introduction into the current research topics of the noisy intermediate scale quantum era, such as decoherence, error correction, hybrid approaches, quantum machine learning and programming modern quantum computing platforms.

5 Examination

Graded written or oral exam

6 Participation requirements

7 Module type

Elective Module

8 Responsible	**Faculty of charge**
JProf. B. Fauseweh	Department of Physics

Module: Software Engineering for Physicists (PHY7320)

Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, MMPPLS

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
By the semester	1 Semester	Recommended: 5th sem. (B.Sc.) 1st sem. (M.Sc.)	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Seminar	L + T	3	2
2	Exercise sessions/project	P	3	2

2 Language: English

3 Content

This module will introduce students to the basics of modern software engineering, including technical skills, tools, and practices. It will cover topics such as version control, testing, continuous integration, and deployment as well as agile methodologies. The module will be structured around a real project that students will work on throughout the course as a team. We will develop a web application that will allow users to visualize and analyze data from physics simulations and the goal is to create a useful tool for physicists that is actually used in practice.

4 Learning outcome

By the end of the module, students will have a solid foundation in software engineering principles and practices, and be able to apply them in their own projects or give them a head start in their careers in case they choose to pursue a career in software development which is a quite common career path for physicists.

5 Examination

Course work: active participation in project work
Module exam: Graded oral examination

6 Participation requirements

Basic Experience in at least one programming language. Attendance of computational physics is desirable.

7 Module type

Elective Module

8 Responsible	**Faculty of charge**
Prof. J. Kierfeld, Dr. T. Kampmann	Department of Physics

Module: Optical spin spectroscopy of semiconductors (PHY7321)

Degree Program: M.Sc. Physics

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
in WS	1 Semester	1st sem.	3	90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	3	2

2 Language: English

3 Content

This course offers an in-depth exploration of Optical Spin Spectroscopy, a powerful approach to probing spin-related phenomena in condensed matter physics. Starting from fundamental concepts such as the Stern-Gerlach experiment, quantum spin degrees of freedom, band structures, and spin-orbit coupling, the course guides students through the intricacies of spin dynamics in various material systems grown by methods like MBE, MOCVD, colloidal synthesis, perovskites, and TMDCs. Students will gain a comprehensive understanding of optical orientation, spin dephasing mechanisms, electron-nuclear interactions, and the principles underlying techniques such as ODNMR, NMR, and magneto-optical spectroscopies. Further, the course emphasizes both linear and nonlinear spectroscopy methods, including photoluminescence, pump-probe techniques, resonant spin amplification (RSA), photon echo phenomena, and advanced four-wave mixing (4WM) techniques such as spin-resolved 4WM and two-dimensional Fourier spectroscopy (2DFS). Additional attention is given to spin-noise spectroscopy, coherent optical control of spins, interactions with phonons, single-spin versus ensemble measurements, and applications in quantum information and communication technologies, illustrating the versatility and significance of spin spectroscopy across contemporary physics research.

4 Learning outcome

- Develop a thorough conceptual and practical understanding of spin phenomena in condensed matter systems.
- Be proficient in the theoretical foundations and experimental implementations of optical spin spectroscopy techniques.
- Acquire hands-on familiarity with state-of-the-art linear and nonlinear spectroscopy methods used in modern research.
- Gain the ability to critically analyze spin dynamics and coherence mechanisms in a variety of material systems.

5 Examination

Module examination: oral exam (30 min)

6 Participation requirements

7 Module type

Elective Module

8 Responsible	**Faculty of charge**
Dean of the Department of Physics	Department of Physics

Module: Stochastic dynamics – from Brownian motion to field theory (PHY7322)

Degree program: M.Sc. Physics, MMPPLS

Frequency:	Duration:	Semester:	Credits	Work load
By the semester	1 Semester	1st/2nd sem.	5	150 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	3	2
2	Optional: exercise session	T	2	1

2 Language: English

3 Content

The mathematics of stochastic processes plays a central role in contemporary research across theoretical biophysics, statistical mechanics, chemistry, and quantitative finance. This lecture is designed to equip students with a solid and comprehensive understanding of the subject. We begin by introducing the fundamental theoretical framework of stochastic processes, exploring both analytical methods and numerical techniques for their simulation. Our primary focus will be on classical Markov processes. Topics include various forms of the Fokker-Planck equation (FPE), master equations (ME), stochastic differential equations (SDE), and stochastic path integrals. We discuss the connection to thermodynamics and fundamentals of stochastic energetics. Building on this foundation, we will extend our discussion to field-theoretic approaches, including perturbation theory. Throughout the course, theoretical concepts will be illustrated through a wide range of examples drawn from molecular and cellular biophysics, financial mathematics, epidemiology, and the physics of active matter.

The exercise session offers the possibility to discuss concrete details and practice different techniques. The seminar focuses on current research topics in biophysics involving stochastic dynamics and advanced theoretical frameworks, e.g., the the Doi-Peliti formalism.

4 Learning outcome

The students acquire solid understanding of the basic concepts used for describing stochastic processes and have become acquainted with formalisms and equations (FPE, SDE, ME). They can solve prototypic equations analytically and name fundamental types of solutions. The students have moreover learned to simulate continuous and discrete stochastic processes on the computer (Brownian dynamics, Gillespie algorithm). Finally, the students have acquired a portfolio of basic examples of applications in physics and biology. Lastly, the seminar will allow students to acquire skills for the critical reading of the literature and improve their presentation techniques.

5 Examination

Course work: Active participation in the lecture and exercises.
Examination: Graded written or oral examination; the exercise session is not graded.

6 Participation requirements

None. Knowledge of Statistical Mechanics, Analytical Mechanics, Soft Matter Physics, Biophysics is helpful.

7 Module type

	Elective Module	
8	**Responsible** Prof. B. Sabaß	**Faculty of charge** Department of Physics

Module: Atmospheric Plasmas (PHY7323)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency In WS	**Duration** 1 Semester	**Semester** 1st/2nd semester	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	2	2
	2	Exercise session + Discussion	T	1	1
2	**Language:** English				
3	**Content** The goal is to provide insight into the physics of atmospheric plasmas. The focus will be on electric discharge plasmas and associated phenomena. The student will acquire basic knowledge of the microphysics of discharges, the inception and properties of discharges in various gas mixtures, transient luminous events (TLEs) and terrestrial gamma-ray flashes (TGFs). The acquired knowledge forms the foundation of further studies of electric discharges.				
4	**Learning outcome** A student who has met the objectives of the course will be able to: • define the steps in discharge evolution • classify the relation between streamers, leaders, transient luminous events and terrestrial gamma-ray flashes • explain and calculate the electron motion in various gas mixtures • calculate collision probabilities of particles moving in an ambient gas • plan and design simulations of particle swarms in an ambient gas • use and exploit well-known theoretical and empirical models for the atmospheric plasmas				
5	**Examination** Course work: Active participation in the lecture and the exercises. Examination: Graded oral examination				
6	**Participation Requirements** Physics I-IV, particularly, classical mechanics, electrodynamics; Quantum Mechanics and Special Relativity might be useful				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. C. Köhn		**Organization** Department of Physics		

Module: Ultrafast Spectroscopic Methods in Solid State Physics (PHY7236)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency As needed	**Duration** 1 Semester	**Semester** 1st – 4th semester	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** 1. **Excitation techniques:** generation of femtosecond and attosecond laser pulses, ultrafast laser amplifier systems, optical parametric amplifier, laser- and accelerator-based infrared and THz sources. 2. **Probing techniques:** electro- and magneto-optic sampling, transient reflection or absorption spectroscopy, Fourier transform infrared spectroscopy, Raman spectroscopy, THz emission spectroscopy, high harmonic generation spectroscopy, time-resolved angular resolved photoemission spectroscopy, ultrafast electron diffraction spectroscopy. 3. **Examples:** ultrafast magnetization dynamics, high harmonic generation, light induced spin or charge transport dynamics etc.				
4	**Learning outcome** Students gain insight into modern techniques of time-resolved ultrafast or nonlinear spectroscopy, together with examples of their implementation in recent solid-state physics research.				
5	**Examination** Module examination: Graded oral examination (30 min)				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dr. S. Kovalev, Prof. Z. Wang		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Condensed matter physics: Time-domain Terahertz spectroscopy (PHY7237)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency As needed	**Duration** 1 Semester	**Semester** 1st/2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1 Module structure

No.	Element / course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	3	2
2	Exercise	T	3	2

2 Language: English

3 Content

Lecture

1. **Introduction:**
   optical response functions, Maxwell equations in matter
2. **Charge carrier transport:**
   2.1. Drude model
   2.2. DC conductivity
   2.3. AC conductivity
3. **Terahertz technology**
   3.1. General introduction
   3.2. Generation of sub-picosecond Terahertz pulses
      3.2.1. Terahertz pulse generation by photoconductive switches
      3.2.2. Terahertz pulse generation in gas plasma
      3.2.3. Terahertz pulse generation by optical rectification
   3.3. Time-resolved detection of Terahertz pulses: Photoconducting dipole antennas and electro-optic sampling
4. **Introduction to multidimensional Terahertz spectroscopy**
   4.1. Introduction to nonlinear optics
   4.2. Liouville Pathway diagrams
   4.3. Case of semiconductors
   4.4. Case of liquid water
   4.5. Case of magnetic materials

Exercise

The exercise session serves first as in depth hands-on introduction of the complex experimental setup to the students. In particular, the students will have the chance to see the different state-of the-art technique at work and how to use them to perform real experiments in the laboratory. In addition, this session will be dedicated to show to the student how to analyze the experimental data. At the end, the experimental part will allow the students to:

- Understand the water vapor absorption lines in the terahertz regime using THz-TDS spectroscopy.
- Measure the terahertz transmission of a Silicon substrate and find the thickness of the substrate from the time domain signals.
- Determination of the complex refractive index of semiconductors (Silicon, GaAs, Germanium, ...) and liquid solution (water, isopropanol, methanol, ...)

4 Learning outcome

The students will acquire basic interdisciplinary knowledge in the field of time-domain and multidimensional Terahertz spectroscopy. They will be able to measure and analyze a Terahertz spectrum, for instance obtaining the thickness and calculating the refractive index of a sample. After the successful completion of the course, students are expected

	to have an overview about nonlinear multidimensional terahertz spectroscopy	
5	**Examination** Course work: Active participation in the lecture and the exercise session. Examination: Graded oral examination (lecture) and graded written final report (exercise session)	
6	**Participation requirements**	
7	**Module type** Elective module	
8	**Responsible** Dr. A. Ghalgaoui, Prof. Z. Wang	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Advanced Laboratory Course II: Solid State Physics (PHY842)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
in SS	1 semester	2nd semester	6	180h

1	**Module structure** 4 contact hours per week, laboratory course; experiments are performed in small groups, and supervised by experienced scientists.	
2	**Language:** English	
3	**Content** In the optional second part of the advanced laboratory course, students are given the opportunity to focus thematically. The module with the focus on solid state physics usually consists of 5 experiments in this area. For this purpose, more advanced experiments are offered from the area of the classical advanced practical course. Examples are the experiments on the Faraday effect and X-ray reflectometry. Such experiments are then combined with lab experiments from the experimental solid state physics groups. Examples from this area are experiments on nonlinear and/or ultrafast optics on solids. By means of such experiments, the knowledge and skills acquired by the students from the practical courses of the bachelor's program are deepened and extended with respect to current techniques. The respective experiment instructions contain only a short outline of the theoretical and experimental basics, so that the required knowledge has to be acquired by self-study and the handling of English journals is learned. Accompanying the module, students are given the opportunity to give a seminar talk in a thematically related seminar and to acquire an additional 3 LP through active participation in the seminar. **Literature:** In addition to the instructions, self-study of the literature is necessary, e.g.: Bergmann, Schäfer, Textbook of Experimental Physics 1-6 Gross, Marx, Solid State Physics Provided journal articles	
4	**Learning outcome** The students are able to independently understand, perform and analyze complex experiments and to present the facts. They have learned to independently familiarize themselves with a topic (with English-language literature), as well as to select and apply a suitable method from various measurement techniques or analysis methods. Students have learned to troubleshoot and correct errors if necessary. Students are able to formulate and document a scientific work process and to critically discuss their results. They have learned to work in a team and to communicate with each other scientifically.	
5	**Examination** Course work: Preparation, experimental performance and tested experimental protocols. Module examination: Graded oral examination (30 min).	
6	**Participation requirements**	
7	**Module type** Elective module	
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Advanced Laboratory Course II: Particle Physics (PHY843)				
Degree program: M.Sc. Physics, IMAPP				
Frequency in SS	**Duration** 1 semester	**Semester** 2nd semester	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Laboratory course in small groups	P	6	4
2	**Language:** English				
3	**Content** Students explore experimental techniques in particle physics in depth through approximately five specific experiments and approach advanced topics in the field. The techniques to be learned come from the areas of data analysis, simulation, and detector physics, among others. The concepts and background to these techniques and topics will be developed by the students themselves.				
4	**Learning outcome** Students will selectively explore experimental techniques and advanced topics and deepen their knowledge through hands-on experiments in the field.				
5	**Examination** Course work: Preparation and conduction of laboratory experiments including reports Module examination: graded oral examination (30 min.)				
7	**Participation requirements** Basic knowledge of particle physics				
8	**Module type** Elective module in M.Sc. Physics, mandatory module in IMAPP				
9	**Responsible** Prof. K. Kröninger		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Advanced Laboratory Course II: Theoretical Course (PHY844)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: annual	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module Structure:** 4 contact hours per week internship, project work usually in small groups	
2	**Language:** English	
3	**Content** The students deepen theoretical techniques in condensed matter or particle physics within the framework of a larger project by means of independent literature study and, based on this, their own analytical calculations or independently programmed simulations on advanced topics in these areas. Students thus learn advanced analytical methods or gain in-depth practical experience in scientific programming, especially in structuring larger programming projects. Accompanying the module, students are given the opportunity to give a seminar talk in a thematically related seminar and to earn an additional 3 CP through active participation in the seminar.	
4	**Learning outcome** Students are able to independently understand, apply and present complex analytical methods or simulation techniques. They have learned to familiarize themselves independently with a topic (on the basis of English-language literature) and to actively comprehend the latest theoretical methods.	
5	**Examination** Course work: Written report Module examination: Graded oral examination (30 min)	
6	**Participation Requirements** Knowledge of solid-state theory or elementary particle theory	
7	**Module type** Elective module	
8	**Responsible** Prof. J. Kierfeld	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Advanced Laboratory Course II: Electronics (PHY845)				
Degree program: M.Sc. Physics, MMPPLS, IMAPP				
Frequency in SS	**Duration** 1 semester	**Semester** 2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Laboratory course in small groups	P	6	4
2	**Language:** English				
3	**Content** The students deepen basic concepts of electronics and apply them in practical exercises. The practical covers the areas of analog and digital electronics.				
4	**Learning outcome** The course introduces the fundamental elements of electronics, together with laboratory experiences. The student will acquire knowledge of the typical building blocks, components and methods of electronics. Using standard examples, he/she will be able to identify and characterize components in circuits. The student will gain expertise in working with real circuits and standard measurement setups. The laboratory experience will allow the student to develop social skills working in teams.				
5	**Examination** Course work: Preparation and conduction of laboratory experiments including reports Module examination: Oral examination				
6	**Participation requirements**				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dr. J. Weingarten		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Condensed Matter Theory Laboratory Course (PHY846)

Degree Program: M.Sc. Physics

Frequency:	Duration:	Semester:	Credits	Work load
annual	1 semester	2nd sem.	3	90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Self-study and own presentation	S	3	2

2 Language: English

3 Content

In the theoretical laboratory course (Module PHY844), students deepen their knowledge of theoretical techniques in condensed matter physics within the framework of a larger project by means of independent study of the literature and, based on this, their own analytical calculations or independently programmed simulations.

Accompanying Module PHY844, students in this module are given the opportunity to give an English-language seminar presentation on their project. In doing so, the own work results from the theoretical laboratory course (Module PHY844) as well as their physical environment are to be presented in an English-language lecture.

4 Learning outcome

By preparing and giving their own presentation, they acquire skills in scientific methodology, especially in research and presentation techniques. A special goal is to train the view for the essentials of a physical problem.

5 Examination

Course work: Active participation in the discussions following the lectures.
Module examination: Graded own oral presentation (30 min) on the project topic of the theoretical laboratory course (Module PHY844).

6 Participation Requirements

Participation in the theory course (Module PHY844) in condensed matter.

7 Module type

Elective module

8 Responsible	Faculty in charge
Prof. J. Kierfeld	Department of Physics

Module: Presentation Techniques (PHY847)

Degree Program: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS

Frequency:	Duration:	Semester:	Credits	Work load
SS or WS	1 semester	5^{th}-6^{th} sem. (B.Sc.) 1^{st}-2^{nd} sem. (M.Sc.)	3	90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Self-study and own presentation	S	3	2

2 Language: English (Deutsch)

3 Content

Modern presentation techniques, discussion about the presentation, feedback from teachers and seminar participants with varying physical content.

4 Learning outcome

B Students are familiarized with the basics of presentation techniques, for example, for lectures or for creating and presenting posters. To this end, lectures on the didactics of presentation are held, and students create a lecture/poster themselves, which is then iteratively optimized with the supervisors.

Through self-study for their lecture/poster, students acquire in-depth knowledge of a physics topic and research. They have demonstrated that they are able to independently familiarize themselves with a complex area and present the essential content in an understandable way. In doing so, they have in-depth knowledge of modern presentation techniques and are able to apply them.

5 Examination

Course work: Active participation in the discussions following the lectures.
Module examination: Graded own oral presentation on the seminar topic

6 Participation Requirements

Knowledge of Physics I-IV

7 Module type

Elective module

8 Responsible	Faculty in charge
Prof. J. Albrecht	Department of Physics

Module: English for Physics C1				
Degree program: M.Sc. Physics, MMPPLS				
Frequency: in WS/SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st, 3rd semester	**Credits** 6	**Work load** 180h

1	**Module structure** 4 contact hours per week	
2	**Language:** English	
3	**Content** The course develops students' abilities to communicate orally and in writing, with an emphasis on scientific and technological topics relevant to physics. Upon successful graduation, students should be able to communicate in a professional setting, discuss topics related to physics, and disseminate science in academic and professional contexts. The course participants are invited to make their suggestions on discussion topics.	
4	**Learning outcome** The course trains the following competencies: • ability to understand written, audio, and audio-visual texts from a variety of authentic sources; • ability to provide logical descriptions of the phenomena related to their professional field; • ability to summarize and critically respond to scientific texts such as lectures, talks, and articles; • ability to integrate concept and process descriptions into their written texts and presentations; • ability to talk and write about their research activities and explain their ongoing work.	
5	**Examination** This is an integrated skills course. To graduate from the course, a student should demonstrate sufficient abilities in listening, reading, writing, speaking, and mediation. Graded certificate requirements: • listening-comprehension test (20%) • in-class presentation and a follow-up discussion (25%) • course portfolio (50%) • active participation (5%) • Selected assignments are collected and turned in as a course portfolio. The portfolio organizes and presents what students learned in the course and showcases their achievements.	
6	**Participation requirements** English B2 Permitted missing units: 8 units (1 unit corresponds to 45 minutes)	
7	**Module type** Elective module	
8	**Responsible** zhb	**Faculty in charge** zhb

Module: Research Internship (PHY911)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency: every semester	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 3rd sem.	**Credits** 15	**Work load** 450 h

1	**Module structure** Research internship	
2	**Language:** English	
3	**Content** Literature research Familiarization with theoretical procedures or experimental procedures Discussion of problems of current research Preparation of a short (approx. 5 p.) report **Literature:** Current literature on the respective research area In addition, e.g. Ascheron, Kickuth: Make Your Mark in Science, Alley: The Craft of Scientific Presentation, Alley: The Craft of Scientific Writing.	
4	**Learning outcome** Students will be able to work independently in a current area of research with the associated experimental or theoretical methods. The students can summarize their work in a report. In addition to the technical deepening, the students have further developed their written presentation skills as well as their media skills and communication skills.	
5	**Examination** Graded written or oral short report	
6	**Participation requirements** 40 credit points earned in the master's degree program in physics	
7	**Module type** Mandatory module	
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Methods and Project Planning (PHY912)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
every semester	1 semester	3rd sem.	15	450 h

1	**Module structure** Project planning for the master thesis Working group seminar: 2 contact hours per week Online Lecture in Good Scientific Practice	
2	**Language:** English	
3	**Content** Students define a scientific problem in consultation with their future supervisor and develop a project plan to solve the problem within a given time frame. They are introduced to basic project management methods and create, present and discuss the developed project plan. The online Course on Good Scientific Practice gives an introduction to the rules of good scientific practice and covers different aspects of misconduct in research and handling of conflicts, handling of research data, writing of qualification works and publications, authorship, subject-specific areas of responsibility of good scientific practice, the responsibility of supervisors and supervised students, conflicts of interest, scientific cooperation and science communication.	
4	**Learning outcome** Students will be able to formulate a current scientific problem and develop the work plan and timetable for successful completion of the independent research project as part of the master's thesis. In particular, they have further developed their methodological competence in the application of specialized knowledge as well as the ability to write scientifically. In the course of good scientific practice, students acquire basic professional competencies to understand the fundamentals of good scientific practice in general and in relation to the topics mentioned above. They acquire initial action competencies to apply the rules of good scientific practice to their academic field.	
5	**Examination** Graded project work, e.g., research plan and methods overview. Online quiz or oral exam (not graded) for the part on good scientific practice.	
6	**Participation requirements** 40 credit points earned in the master's degree program in physics	
7	**Module type** Mandatory module	
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Particle physics meets industry (PHY921)				
Degree Program: M.Sc. Physics				
Frequency: in SS and WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 3rd/4th sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	2
2	**Language:** English				
3	**Content** The seminar is aimed at Master's students who have specialized in particle physics (or related fields) and who are about to complete their Master's degree. The aim of the seminar is to bridge the gap between university education and industry, and to foster the dialog between students and practitioners. We will invite former (particle) physics students, e.g., from the IMAPP program, industry contacts or non-academic collaborators, to present their work as physicists in industry, business or management, to explain how they entered the labor market, and to discuss which of the skills and competences they learned during their university education have proven useful. Students will also be introduced to research opportunities in industry, e.g., as potential future employees or for doctoral studies. The presentations will be supplemented by a selection of material that will provide orientation for a possible transition from university to industry.				
4	**Learning outcome** Students will obtain an overview of different areas of work. They will understand different paths on how to enter the labor market and learn about the requirements on the skill sets needed for different industries. The students will evaluate their competences with regard to these requirements and explore additional offers by the university and elsewhere to improve them. At the end of the course, students will be able to compare their interests and skills with the requirements of a representative selection of professions.				
5	**Examination** Course work: Active participation in the discussions following the presentations. Module exam: Graded summary report				
6	**Participation Requirements** %				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. K. Kröninger		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Master’s thesis (PHY1011)				
Degree program: M.Sc. Physics				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
every semester	6 months	4th Sem.	30	900 h

1	**Module structure** Supervised research	
2	**Language:** English	
3	**Content** Work on a current scientific problem in experimental or theoretical physics in an international research environment and final presentation of the results. Literature: Monographs, review articles and original publications on the respective scientific problem.	
4	**Learning outcome** The students are able to work independently on a current scientific project in an international research environment in accordance with a project plan they have developed, i.e. carry out the corresponding experiments or calculations. In addition to the technical competence required for the research project, the students will have developed their methodological competence, team competence, communication competence, oral presentation skills, self-competence (ability to work under pressure, flexibility, time management) and often also intercultural competence.	
5	**Examination** Course work: presentation of research results in a lecture. Graded module examination: Assessment of the master's thesis with regard to content and form.	
6	**Participation requirements** Module "Methods and Project Planning" (PHY912)	
7	**Module type** Mandatory module	
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics	**Faculty in charge** Department of Physics

Modulhandbuch zum Studiengang

Medizinphysik, Bachelor of Science

der Fakultät Physik

Prüfungsordnung 2017

Pflichtmodule

Zur Verwendbarkeit der Module

Die folgenden Module wurden eigens für diesen Studiengang neu geschaffen:

- Module Experimentalphysik I, II, III
- Modul „Struktur der Materie“ bestehend aus Festkörperphysik (Teil A) und Kern- und Elementarteilchenphysik (Teil B)
- Module Medizinphysik I und II
- Modul Medizinische Strahlungsphysik I, Ringvorlesung Medizinphysik und medizinphysikalisches Klinikpraktikum

Dabei sollen die beiden letztgenannten (Medizinphysik sowie Medizinische Strahlungsphysik I, Ringvorlesung Medizinphysik und medizinphysikalisches Klinikpraktikum) auch als Vertiefungsgebiete im Studiengang Physik Verwendung finden.

Die übrigen Module finden auch in anderen Studiengängen der TU Dortmund Verwendung und zwar im Einzelnen wie folgt:

- Module Höhere Mathematik I, II, III in den Studiengängen Elektrotechnik, Informationstechnik, Physik und Angewandte Informatik
- Module Anatomie I, Biochemie I, II, Physiologie I, II in den Studiengängen Statistik, Informatik, Angewandte Informatik und Physik, ebenso wie die weiteren aufgeführten Wahlveranstaltungen aus dem Angebot der Medizinischen Fakultät der RUB
- Module Experimentelle Übungen (Grundpraktikum und Fortgeschrittenenpraktikum) sowie Elektronik im Studiengang Physik
- Module Theoretische Physik I, II in den Studiengängen Statistik, Informatik, Angewandte Informatik, Mathematik und Wissenschaftsjournalismus
- Modul Einführung in die Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftler in den Studiengängen Logistik und Wirtschaftsingenieurswesen

Module aus dem Bereich Physik

Experimentalphysik I	(1. Semester, 11 LP)
Experimentalphysik II	(2. Semester, 9 LP)
Experimentalphysik III	(3. Semester, 9 LP)
Theoretische Physik I	(3. Semester, 9 LP)
Theoretische Physik II	(4. Semester, 9 LP)
Medizinphysik I	(4. Semester, 8 LP)
Medizinphysik II	(5. Semester, 7 LP)
Struktur der Materie (Teil A: Festkörperphysik; Teil B: Kern- und Elementarteilchenphysik)	(5. Semester, 8 LP)
Medizinische Strahlungsphysik I, Ringvorlesung Medizinphysik und medizinphysikalisches Klinikpraktikum	(5. Semester, 8 LP)
Elektronik	(6. Semester, 8 LP)
Physikalisches Grundpraktikum	(3./4. Semester, 12 LP)
Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum	(5. Semester, 6 LP)
Bachelorarbeit	(6. Semester, 10 LP)

Module aus dem Bereich Medizin

Biochemie I	(1. Semester, 3 LP)
Biochemie II	(2. Semester, 3 LP)
Physiologie I	(1. Semester, 3 LP)
Physiologie II	(2. Semester, 3 LP)
Anatomie I	(5. Semester, 4 LP)

Module aus dem Bereich Mathematik

Höhere Mathematik I	(1. Semester, 9 LP)
Höhere Mathematik II	(2. Semester, 9 LP)
Höhere Mathematik III	(3. Semester, 9 LP)

Module aus dem Bereich Informatik

Einführung in die Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftler	(1. Semester, 7 LP)

Modul: Experimentalphysik I

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	1. Semester	11	330 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	6	4
2	Übungen	Ü	5	3

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Einführung: Einleitende Bemerkungen, Messung physikalischer Größen
Mechanik: Kinematik, die Newtonschen Axiome und ihre Anwendung, Koordinaten und Bezugssysteme, Arbeit und Energie, der starre Körper, Rotationsbewegungen, Schwingungen, harmonischer Oszillator, mechanische Wellen, Flüssigkeitsmechanik
Wärmelehre: Druck und Temperatur, das ideale Gas, Wärmemenge, spezifische Wärme, Hauptsätze der Wärmelehre

4 Literatur: (weitere Literaturhinweise in der Vorlesung)
Demtröder, Experimentalphysik 1 und 2 (Springer)
Halliday, Resnick, Walker, Physik (Wiley-VCH)
Gerthsen, Meschede, Physik (Springer)

5 Kompetenzen:
Die Studierenden gewinnen ein Verständnis der physikalischen Phänomene, der experimentellen Methodik und der mathematischen Beschreibung der unter 3 genannten Gebiete der klassischen Physik. Sie sind in der Lage, einfache physikalische Probleme selbständig zu bearbeiten.

6 Prüfungsformen und -leistungen:
Studienleistungen als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen sowie erfolgreiche Teilnahme an der Klausur zur Mitte der Vorlesungszeit. Die Details werden durch die Lehrenden zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.
Modulprüfung (Klausur 180min); die Note geht nicht in die Bachelor-Gesamtnote ein.

7 Teilnahmevoraussetzungen: keine

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Experimentalphysik II

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	2. Semester	9	270 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	6	4
2	Übungen	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Elektro- und Magnetostatik: Ladung und elektrostatische Felder, elektrischer Strom, magnetische Felder und Magnetostatik
Elektrodynamik: Zeitlich veränderliche Felder, Wechselstromnetzwerke, die Maxwellschen Gleichungen, elektromagnetische Wellen und Strahlung, verschiedene Lösungen der Wellengleichung, Grundbegriffe zur Synchrotronstrahlung
Optik: Licht als elektromagnetische Welle, geometrische Optik, optische Abbildungen und Instrumente, Reflexion, Brechung, Beugung

4 Literatur: (weitere Literaturhinweise in der Vorlesung)
Demtröder, Experimentalphysik 2 (Springer)
Halliday, Resnick, Walker, Physik (Wiley-VCH)
Gerthsen, Meschede, Physik (Springer)

5 Kompetenzen:
Die Studierenden gewinnen ein Verständnis der physikalischen Phänomene, der experimentellen Methodik und der mathematischen Beschreibung der unter 3 genannten Gebiete der klassischen Physik. Sie sind in der Lage, einfache physikalische Probleme selbständig zu bearbeiten.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.

7 Teilnahmevoraussetzungen: keine

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Experimentalphysik III

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	3. Semester	9	270 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	6	4
2	Übungen	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 **Transportphänomene**: Hydrodynamik, Wärme- und Stofftransport, Diffusion
Wellenphänomene: Wellengleichung, Fourierreihen, Fouriertransformation, Fourierintegral, ebene Wellen, Kugelwellen, Wellenarten (laufende und stehende), Superpositionsprinzip, Huygens' Prinzip, Fraunhofer Beugung, Wellenleiter und Resonatoren
Quantenphänomene: Welle/Teilchendualismus, Schwarzkörperstrahlung, Dispersionsrelation, Elektronenwelle, Unbestimmtheitsrelation, Schrödingergleichung, Wasserstoffatom, Quantenzahlen, Spin, (Hyper-) Feinstruktur, Helium, Aufbau der Elektronenhülle der Elemente, chemische Elemente

4 Literatur:
Demtröder, Experimentalphysik 1-3, M. Alonso, E. J. Finn, Fundamental University Physics III, Haken Wolf, Cohen-Tannoudji

5 Kompetenzen:
Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten der klassischen Physik und einfacher Teilgebiete der modernen Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Physik einordnen und Zusammenhänge zwischen diesen herstellen

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Eines der Module Experimentalphysik I oder II muss bestanden sein

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Theoretische Physik I

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	3. Semester	9	270 h

Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	6	4
2	Übungen	Ü	3	2

2 **Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch

3 **Lehrinhalte:**
Mechanik: Klassische Newton-Mechanik, D'Alembert'sches Prinzip, Hamilton-Lagrange Formalismus, nichtlineare dynamische Systeme: deterministisches Chaos, Kontinuumsmechanik (Elastizitätstheorie) und Fluiddynamik
Elektrodynamik: Elektrostatik, Kontinuitätsgleichung, bewegte Ladungen, Magnetostatik, Induktion, Maxwellgleichungen, Feldenergie, Potentiale, Wellengleichung, retardierte Potentiale, Dipolstrahlung

4 **Literatur:**
Goldstein, Theoretische Mechanik (Wiley)
Jackson, Classical Electrodynamics (Wiley)

5 **Kompetenzen:**
Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der klassischen Theoretischen Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Physik in den Rahmen abstrakter Modelle einordnen und Zusammenhänge auf gehobenem mathematischen Niveau herstellen.

6 **Prüfungsformen und –leistungen:**
Mündliche oder schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen

7 **Teilnahmevoraussetzungen:**
Math. Vorkenntnisse, z.B. im Umfang der Höheren Mathematik I und II sind notwendig

8 **Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:**
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 **Modulbeauftragte/r:** Dekan/in Physik | **Zuständige Fakultät:** Physik

Modul: Theoretische Physik II (Quantenphysik)

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	4. Semester	9	270 h

Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	6	4
2	Übungen	Ü	3	2

2 **Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch

3 **Lehrinhalte:**

Spezielle Relativitätstheorie: Michelson-Morley-Experiment, Relativitätsprinzip, Lorentztransformation und Konsequenzen daraus, Lorentzinvarianz der Maxwellgleichungen, Raum-Zeit-Kontinuum, relativistische Mechanik

Grenzen der klassischen Physik: Strahlungsgesetze, Photoeffekt

Experimente zur Quantenmechanik: Licht als Teilchen, Materiewellen, Doppelspaltversuch und Unschärfe, die „alte“ Quantentheorie: das Bohr’sche Atommodell

Die Schrödingergleichung: Wellenpakete, Unschärferelation, Grundprinzipien der Quantenmechanik, Ehrenfest’scher Satz, eindimensionale Probleme: Kastenpotential, Potentialstufe, Tunneleffekt, Alpha-Zerfall, harmonischer Oszillator

Mathematische Konzepte der Quantenmechanik: Operatoren, Eigenvektoren, Hilbertraum, Darstellungen; Drehimpuls: Bahndrehimpuls, Spin, „normaler“ Zeemaneffekt

Das Wasserstoffatom

Zeitunabhängige Störungstheorie

Feinstruktur des Wasserstoffs und äußere Felder: Spin-Bahn Kopplung, Hyperfeinstruktur, anomaler Zeemaneffekt, Stark-Effekt

Atome mit mehreren Elektronen: identische Teilchen, Pauli-Prinzip, Heliumatom, Periodensystem der Elemente, Atomaufbau

4 **Literatur:**

Gasiorowicz, Quantum Mechanics (Wiley)

4 **Kompetenzen:**

Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der Quantenphysik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Mikrophysik in den Rahmen abstrakter Modelle einordnen und Zusammenhänge zu Vektor- und Funktionenräumen sowie anderen Konzepten der Mathematik herstellen.

5 **Prüfungsformen und –leistungen:**

Schriftliche oder mündliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.

6 **Teilnahmevoraussetzungen:** keine

7 **Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:**

Pflichtmodul im Studiengang Medizinphysik

8	**Modulbeauftragte/r:**	**Zuständige Fakultät:**
	Dekan/in Physik	Physik

Modul: Medizinphysik I (PHY622)

Studiengang: B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, M.Sc. Physics

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	4. Semester	8	240 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	5	3
2	Übungen	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Medizin und Physik: Historische Entwicklung der Medizin. Physiker in der Medizin: Aufgaben und Ausbildungsangebote. Molekulare und energetische Grundlagen des Lebens
Physik des Körpers: Grundbegriffe der Elastizitätslehre, Aufbau und Eigenschaften der Knochen, Funktionsweise von Muskeln und Gelenken. Blutkreislauf: Funktionsweise und Übersicht. Hydrodynamische Eigenschaften des Blutes: Viskosität, Reibung, laminare / turbulente Strömung. Akustik des Ohres: Aufbau und Funktionsweise, Schallimpedanz und Impedanzanpassung, Wellengleichung, Frequenzseparation im Innenohr. Optik des Auges; geometrische Optik, Abbildungsfehler, Empfindlichkeit und Auflösung. Wahrnehmung und Verarbeitung von optischen Signalen. Übersicht über verschiedene physik-basierte diagnostische Methoden

4 Literatur:
Bille, Schlegel (Hrsg.), Medizinische Physik (Springer)

5 Kompetenzen:
Die Studierenden erhalten Einblick in die physikalischen Grundlagen des Lebens und der Medizin. Sie lernen, physikalische Modelle von biologischen und medizinischen Phänomenen zu erstellen, und entsprechende Beobachtungen in der Physiologie und Biophysik einzuordnen. Sie lernen wichtige Grundlagen für den Einsatz der Physik in der Medizin, wie z.B. die Wechselwirkung von mechanischen Kräften und elektromagnetischen Feldern mit menschlichem Gewebe. Sie können bestimmte Aspekte der Informationsübertragung im menschlichen Organismus mathematisch beschreiben

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Eines der Module Experimentalphysik I oder II muss bestanden sein. Eines der Module Höhere Mathematik I oder II muss ebenfalls bestanden sein

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik, Wahlmodul in B.Sc. Physik, M.Sc. Physics

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Medizinphysik II

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	5. Semester	7	210 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	4	3
2	Übungen	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:

Röntgendiagnostik: Historische Entwicklung, Röntgenquellen, Arten und Eigenschaften von Röntgenstrahlung, Übersicht über die wichtigsten Detektortypen. Wechselwirkung von ionisierender Strahlung mit Wasser und Gewebe. Kontrast und Rauschen, Abbildungsqualität, Tomographie und dreidimensionale Bilderzeugung: Grundlagen und Rekonstruktion

Diagnostische Methoden: Nukleardiagnostik: radioaktiver Zerfall, Eigenschaften und Herstellung von Radionukliden, Detektoren (Scintillatoren, Kollimatoren, Gamma-Kamera). Übersicht über die wichtigsten nukleardiagnostischen Verfahren (SPECT, PET): Einsatzmöglichkeiten und Eigenschaften, Art der Strahlung, Strahlenbelastung. Bildrekonstruktion und Auflösung. Ultraschall: piezoelektrische Wandler, Schallausbreitung, akustische Wellen, Auflösung, Artefakte. Erweiterte Ultraschallverfahren: Doppler-Ultraschall, zeitaufgelöste Messungen. Mechanische und thermische Wirkung von Ultraschall. Bildgebende Kernspinresonanz (MRI / MRT): Grundlagen: Zeeman-Effekt, Blochgleichungen, Relaxation, zeitaufgelöste Kernspinresonanz, Gradienten zur Ortsauflösung, Kontrast, Bildrekonstruktion, Anwendungsbeispiele. Bioelektrische Quellen: Entstehung von elektrischen und magnetischen Feldern im Organismus, medizinische Bedeutung, Detektion und Messtechniken

Therapeutische Methoden: Laser in der Medizin: Funktionsweise eines Laser, Lasertypen, Eigenschaften von Laserlicht. Diagnostische Anwendungen: Fluoreszenz, Laserpinzetten. Therapeutische Anwendungen: Absorption und Streuung im Gewebe, Energiedesposition, Wärmeleitung, Photoionisation. Anwendungsbeispiele

4 Literatur:

Bille, Schlegel (Hrsg.), Medizinische Physik (Springer)

5 Kompetenzen:

Die Studierenden lernen, physikalische Modelle von biologischen und medizinischen Phänomenen zu erstellen, und entsprechende Beobachtungen einzuordnen. Sie lernen wichtige Grundlagen für den Einsatz der Physik in der Medizin, wie z.B. die Wechselwirkung von elektromagnetischen Feldern und akustischen Wellen mit menschlichem Gewebe. Sie erhalten eine Übersicht über die Nutzung von unterschiedlichen physikalischen Phänomenen in der medizinischen Diagnostik und Therapie. Sie können aus physikalischen Messgrößen Bildinformation rekonstruieren und ihre Aussagekraft einschätzen. Sie lernen, wie Physiker diese Verfahren entwickeln und verbessern können

6 Prüfungsformen und –leistungen:

Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen

7	**Teilnahmevoraussetzungen:** keine	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:** Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik	
9	**Modulbeauftragte/r:** Dekan/in Physik	**Zuständige Fakultät:** Physik

Modul: Struktur der Materie

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	5. Semester	8	240 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	6	4
2	Übungen	Ü	2	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte: Das Modul besteht aus zwei Teilen, die grundlegende Aspekte der Festkörperphysik sowie der Kern- und Elementarteilchenphysik abdecken.
Teil A (Festkörperphysik): Kristalle, Strukturanalyse, Gitterschwingungen, thermische Eigenschaften, elektronische Bandstrukturen, freies Elektrongas, Materialklassen Isolatoren/Halbleiter/Metalle, Magnetismus, Supraleitung
Teil B (Kern- und Elementarteilchenphysik): Zerfallsarten, Positronen, Paarvernichtung, PET. Tröpfchenmodell des Atomkerns. Wechselwirkung von Strahlung und Materie. Detektoren

4 Literatur:
Teil A (Festkörperphysik):
Gross/Marx, Festkörperphysik (De Gruyter)
Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenbourg Verlag)
Teil B (Kern- und Elementarteilchenphysik):
Povh, Rith, Scholz, Zetsche: Teilchen und Kerne (Springer)
H. Krieger: Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes (Springer)
H. Kolanoski, N. Wermes: Teilchendetektoren (Springer)

5 Kompetenzen:
Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten der Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Physik einordnen und Zusammenhänge zwischen diesen herstellen.

6 Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung.
Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.

7 Teilnahmevoraussetzungen: keine

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Medizinische Strahlungsphysik I, Ringvorlesung Medizinphysik und Medizinphysikalisches Klinikpraktikum

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	5. Semester	8	240 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	3	2
2	Ringvorlesung	V	2	2
3	Klinikpraktikum	P	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:

Element 1: Atome und ionisierende Strahlung, Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit Materie (Photonen, Elektronen, Neutronen, Protonen, Schwere Ionen), Strahlungsfelder und Strahlungsfeldgrößen (Teilchenfluenz, Energiefluenz), Begriffe und Größen der Dosimetrie (KERMA, Energie- u. Ionendosis, DFP, Oberflächendosis, Tiefendosis usw.), Dosisverteilungen, theoretische Dosisermittlung und Sondenmethode, Strahlungsdetektoren für die Dosimetrie, Praktische klinische Dosimetrie, Anwendungen der Dosimetrie in der Medizin, Verfahren zur Berechnung der Dosisverteilungen im menschlichen Körper

Element 2 (Ringvorlesung): Umsetzung medizinphysikalischer Methoden in der klinischen Praxis. Beispiele aus verschiedenen Abteilungen: Operationsroboter in der Mund- und Kieferchirurgie, Messtechnik für die Intensivpflege, Bildverarbeitung in der Hautkrebsdiagnostik, Sonografie in der Gynäkologie, Nierensteinzertrümmerung mit Ultraschall, Audiologie, Technik von Cochlea-Implantaten, Bildgebung mit Röntgen und Magnetresonanz, Bestrahlung und Dosimetrie, Anästhesietechnik, Optische Messverfahren in der Augenheilkunde.

Element 3 (Klinikpraktikum): Anwendungen physikalischer Geräte und Verfahren in der Krankenversorgung. Gliederung eines Krankenhauses. Zusammenarbeit von medizinischem und nichtmedizinischem Personal. In einem Zeitraum von 2 Wochen sollen möglichst 5-8 verschiedene Bereiche einer Klinik durchlaufen werden, wobei die apparative / physikalische Thematik dominieren soll. Beispiele: Messtechnik in Anästhesie und Intensivmedizin, Ultraschall in Diagnostik und Therapie, Bildgebung mit Röntgen und Magnetresonanz, Bestrahlung und Dosimetrie, Audiologie, optische Messverfahren in der Augenheilkunde, OP-Roboter.

4 Literatur:
Skriptum zur Vorlesung

5 Kompetenzen:
Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten der Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Strahlungsphysik einordnen und Zusammenhänge zur medizinischen Anwendung herstellen. Außerdem erhalten sie einen Einblick in die medizinphysikalischen Anwendungen in den verschiedenen Abteilungen einer Klinik.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Schriftliche Modulprüfung

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Zulassungsvoraussetzung für das Teilmodul „Medizinphysikalisches Klinikpraktikum“:
2 von 4 der folgenden Module müssen bestanden sein: Experimentalphysik I, II, Höhere Mathematik I, II

8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:** Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik	
9	**Modulbeauftragte/r:** Dr. A. Block, Klinikum Dortmund	**Zuständige Fakultät:** Physik

Modul: Elektronik (PHY621)

Studiengang: B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, M.Sc. Physics, MMPPLS

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	6. Semester	8	240 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	5	3
2	Übungen	Ü	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Verhalten und Kennlinie einer Diode, Kleinsignalverhalten und Grenzdaten des Betriebs, Statisches und dynamisches Verhalten im Modell, Anwendungen mit speziellen Dioden; Kennlinien, Arbeitspunkt und Kleinsignalverhalten von Bipolartransistoren, Grundschaltungen mit Dioden und Bipolartransisto-ren, Kennlinien, Grenzdaten und Arbeitspunkt von Feldeffekttransistoren, Source-, Gate- und Drainschaltungen; Verstärker: Stromquellen, Stromspiegel, Differenzverstärker, Arbeitspunkt, Operationsverstärker, Prinzip der Gegenkopplung, typische Anwendungen von Operationsverstärkern; Kippschaltungen, Einsatz von Gattern, Komparatoren, Schmitt-Trigger, Digitaltechnik Grundlagen: logische Grundfunktionen, abgeleitete Grundfunktionen; Schaltnetze: Zahlendarstellung, Addierer. Anwendungen: Impedanzkonverter, Filter, Stromversorgungen, Messschaltungen, Sensorik

4 Literatur:
Tietze, Schenk, Halbleiterschaltungstechnik (Springer)Rohe, Elektronik für Physiker (Teubner)Hinsch, Elektronik – Ein Werkzeug für Naturwissenschaftler (Springer)Heine-mann: PSPICE, Einführung in die Elektroniksimulation (Hanser)

5 Kompetenzen
Methodenkompetenzen
- Verständnis der grundlegenden Eigenschaften elektrischer und elektronischer Bauelemente
- Identifizierung und Charakterisierung typischer elektronischer Standard-Bausteine
- Übersicht über verschiedene Methoden zur elektronischen Messaufnahme
- Verständnis einfacherer Schaltungen aus aktiven Halbleiter-Bauelementen
- Numerische Simulation und Dimensionierung elektronischer Schaltungen
- Übertragung der theoretischen Kenntnisse auf reale Schaltungen

Sozialkompetenzen
- werden in den Übungen durch die Bildung von Zweiergruppen gefördert
- Teamfähigkeit durch gemeinsame Erarbeitung von Lösungsstrategien
- Vermittlung und Darstellung eigener Lösungskonzepte
- gemeinsame Realisierung von Schaltungen und Standardmessaufbauten

6 Prüfungsformen und –leistungen
Studienleistungen: Hausaufgaben und praktische Realisierung in den Übungen
Schriftliche Modulabschlussprüfung (Klausur 3 h)

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Kenntnisse aus Experimentalphysik I-III, Grundpraktikum

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik, Wahlmodul in B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, MMPPLS

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Grundpraktikum

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	2 Semester	3./4. Semester	12	360 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Einführungsvorlesung und	V	6	4
	Praktikum 3. Semester	P		
2	Praktikum 4. Semester	P	6	4

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Grundlegende physikalische Experimente und Messmethoden. In der Vorlesung ‚Einführung in die Messtechnik' werden grundlegende Kenntnisse der Messtechnik und Datenanalyse gelernt. Anschließend werden die notwendigen praktischen Kenntnisse und Erfahrungen zum experimentellen Arbeiten, zur Messtechnik und zur Datenanalyse an grundlegenden Experimenten erarbeitet, wobei methodische Gesichtspunkte im Vordergrund stehen. Das Praktikum orientiert sich an den grundlegenden Standardversuchen der Experimentalphysik aus den Bereichen: Mechanik, Wärmelehre, Strömungslehre, Elektrizitätslehre, Schwingungen, Optik und speziellen Physik (z.B. Atomphysik, Radioaktivität). Die grundlegenden Versuche werden durch einfache Versuche ergänzt, die die Relevanz der physikalischen Arbeitstechniken in der Medizin verdeutlicht.

4 Literatur:
Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt, das neben den eigentlichen Versuchsanleitungen auch Hinweise zur Versuchsvorbereitung und Auswertung gibt.
Eichler, Kronfeld, Sahm, Das Neue Physikalisches Grundpraktikum (Springer)
Geschke, Physikalisches Praktikum (Teubner)
Kohlrausch, Praktische Physik 1-3 (Teubner)
Walcher, Praktikum der Physik (Teubner)

5 Kompetenzen:
Die Studierenden lernen physikalische Zusammenhänge zu verstehen und sind in der Lage, theoretische Konzepte im Experiment zu verifizieren. Sie haben erlernt grundlegende experimentelle Techniken und Messverfahren, sowie einfache Methoden der Datenanalyse und den Umgang mit Messunsicherheiten zu verstehen. Die Studierenden sind in der Lage einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie lernen, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle
Prüfung: Eine mündliche Modulprüfung (30min) über beide Studienabschnitte am Ende von SS
Der Online-Kurs zu Guter Wissenschaftlicher Praxis wird mit einem unbenoteten Online-Quiz abgeschlossen.

7 Teilnahmevoraussetzungen: Ein bestandenes Experimentalphysik I oder Experimentalphysik II Modul UND ein bestandenes HöMa I oder HöMa II Modul

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Fortgeschrittenenpraktikum Bachelor Medizinphysik

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	5. Semester	6	180 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Praktikum	P	6	4

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Physikalische Experimente und Messmethoden: Es werden die von den Studierenden erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten aus den „Experimentellen Übungen für Medizinphysik I + II“ vertieft und im Hinblick auf aktuelle Techniken erweitert. Neben weiterführenden Versuchen zur Elementarteilchen-, Kern-, Atom-, Festkörper- und Medizinphysik wird auch tiefer in die Forschungsrichtung des Fachbereichs eingeführt, wobei die Anwendungen in der Medizinphysik weiter in den Vordergrund treten. Die jeweiligen Versuchsanleitungen enthalten lediglich einen kurzen Abriss der theoretischen und experimentellen Grundlagen, so dass die erforderlichen Kenntnisse im Selbststudium erworben werden müssen und der Umgang mit (englischen) Fachzeitschriften gelernt wird.

4 Literatur:

Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt. Zusätzliche Literatur ist jedoch für das Verständnis erforderlich, u.a.:
Bergmann, Schäfer, Lehrbuch der Experimentalpysik 1-6 (Walter de Gruyter)
Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer)
Thorne, Litzen, Johansson, Spectrophysics (Springer)

5 Kompetenzen:

Die Studierenden sind in der Lage, komplexe Experimente eigenständig zu verstehen, durchzuführen, zu analysieren und den Sachverhalt wissenschaftlich darzustellen. Sie haben gelernt mit englischsprachlicher Literatur zu arbeiten, sowie aus verschiedenen Messtechniken bzw. Analysemethoden eine geeignete Methode auszuwählen und anzuwenden. Die Studierenden sind in der Lage einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie haben gelernt, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren.

6 Prüfungsformen und –leistungen:

Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle.
Prüfung: Abschlusskolloquium (30min)

7 Teilnahmevoraussetzungen:

Grundpraktikum

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:

Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Bachelorarbeit

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jedes Semester	1 Semester	6. Semester	10	300 h

Modulstruktur: Betreute wissenschaftliche Arbeit

Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch

Lehrinhalte:
Bearbeitung einer aktuellen wissenschaftlichen Problemstellung der experimentellen oder theoretischen Medizinphysik in einem internationalen Forschungsumfeld und unter Beachtung der Regeln Guter Wissenschaftlicher Praxis.
Literatur: Monographien, Übersichtsartikel und Originalveröffentlichungen zur jeweiligen wissenschaftlichen Problemstellung.

Literatur:
Jeweilige fachspezifische Literatur

Kompetenzen:
Die Studierenden können sich in ein aktuelles wissenschaftliches Thema einarbeiten, ein Teilprojekt unter Anleitung bearbeiten, die Ergebnisse schriftlich dokumentieren, in einem Seminarvortrag darüber referieren und eine anschließende wissenschaftliche Diskussion darüber führen. Sie lernen so die Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens kennen und entwickeln neben der Fachkompetenz auch ihre Methodenkompetenz bei der Literaturrecherche, dem Medieneinsatz, der Umsetzung von Fachwissen und dem wissenschaftlichen Schreiben sowie ihre Präsentationstechniken und die Fähigkeit zur Diskussionsführung weiter. Durch die Teilnahme an einer Online-Unterweisung in Guter Wissenschaftlicher Praxis erhalten die Studierenden Einblick in die Themen Forschungsdatenmanagement, das Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten, die Autorenschaft, evtl. Interessenskonflikte, wissenschaftliche Kooperation und Aspekte wissenschaftlichen Fehlverhaltens.

Prüfungsformen und –leistungen:
Begutachtung der Bachelorarbeit hinsichtlich Inhalt und Form.

Teilnahmevoraussetzungen:
Mindestens 135 erworbene Leistungspunkte im Bachelorstudiengang, darunter
die Module Experimentalphysik I-III, Theoretische Physik I-II, Höhere Mathematik I-III, Medizinphysik I und Experimentelle Übungen (Grundpraktikum)

Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Anatomie I

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	1. Semester	4	120 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Anatomie des menschlichen Körpers	V	4	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Anatomie des Skelettes, der Muskulatur, des Brustkorbes, der Bauchhöhle und der Extremitäten. Wegen der Fülle des Stoffes ist umfangreiches häusliches Nacharbeiten unerlässlich

4 Literatur:
Lippert, Lehrbuch Anatomie (Urban & Fischer)

5 Kompetenzen:
Ziel ist es, das Grundverständnis der Anatomie in den Vorlesungen zu erarbeiten und einen entsprechenden Praxisbezug zu Krankheiten und Verletzungen herzustellen.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Die Inhalte der letzten Vorlesung werden zu Beginn der nächsten Vorlesung kurz nachgefragt.
Am Ende der Veranstaltung findet eine benotete Modulprüfung (Multiple-Choice-Fragen, Freitextantworten oder Beschriftung von Bildern) statt.

7 Teilnahmevoraussetzungen: keine

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:
Dr. Bodo Schönebeck
Institut für Anatomie
Ruhr-Universität Bochum

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät,
Ruhr-Universität Bochum

Modul: Biochemie I

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	1. Semester	3	90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Molekularbiologie, Biochemie	V	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Biomoleküle, Zelle, Genexpression, DNA-Replikation, Strukturproteine, Motorproteine Sauerstoffbindende Proteine, Enzyme, Membranen, Signaltransduktion

4 Literatur:
Zu jeder Vorlesung wird ein Skript verteilt
Zur Vertiefung geeignet: Löffler, Basiswissen der Biochemie (Springer)

5 Kompetenzen:
Ziel der Veranstaltung ist es, Grundlagen für das Verständnis der Pharmakologie, Mikrobiologie, Virologie und Hygiene zu erarbeiten. Häufig vorkommende Krankheiten (z. B. Tumoren, Virusinfektionen) werden behandelt.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Die Inhalte der letzten Vorlesung werden zu Beginn der nächsten Vorlesung kurz nachgefragt.
Am Ende der Veranstaltung findet eine benotete Modulprüfung (Multiple-Choice-Fragen, Freitextantworten, Beschriftung von Bildern) statt.

7 Teilnahmevoraussetzungen: keine

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:
Prof. Dr. A. Wegner

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät,
Ruhr-Universität Bochum

Modul: Biochemie II

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	2. Semester	3	90 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Biochemie des Stoffwechsels	V	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Stoffwechsel der Kohlenhydrate, Fettsäuren, Cholesterin, Aminosäuren, Purine, Pyrimidine, Porphyrine, Vitamine, Blutstillung, Einführung in die Immunabwehr

4 Literatur:
zu jeder Vorlesung wird ein Skript verteilt.
Zur Vertiefung geeignet: Löffler, Basiswissen Biochemie (Springer)

5 Kompetenzen:
Ziel der Veranstaltung ist es, Grundlagen für das Verständnis der Pharmakologie, Mikrobiologie und der Klinischen Chemie zu erarbeiten. Außerdem werden wichtige Stoffwechselkrankheiten (Diabetes, Adipositas, Arteriosklerose, Gicht usw.) behandelt.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Benotete schriftliche Modulprüfung mit MC-Fragen
Zu jeder Vorlesung werden Fragen verteilt, die dann in der nächsten Vorlesungsstunde besprochen werden.

7 Teilnahmevoraussetzungen: keine

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Prof. Dr. A. Wegner	Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum

Modul: Physiologie I

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	1. Semester	3	90 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Physiologie I	V	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Zellfunktionen, Nerv, Muskel, Synapsen, Somatoviszerale Sensibilität, vegetatives und motorisches Nervensystem, Herz, Kreislauf

4 Literatur:
Ein zusammenfassendes Skript wird zur Verfügung gestellt.
Zur Vertiefung geeignet: Schmidt, Thews, Lang, Physiologie des Menschen (Springer)

5 Kompetenzen:
Ziel der Veranstaltung ist es, die Grundfunktionen von Nerven, Muskeln und Synapsen zu erarbeiten. Dabei werden insbesondere die Prozesse der Erregungsbildung- und -leitung sowie die Vorgänge bei der Muskelkontraktion besprochen. Im Teil Somatoviszerale Sensibilität werden die Grundlagen der Aufnahme und Weiterleitung externer und interner Reize durch Sensoren vorgestellt. Darauf aufbauend werden die Funktionen des motorischen und des vegetativen Nervensystems sowie die Herz- und Kreislauffunktionen behandelt.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Benotete Modulprüfung (schriftlich oder mündlich) am Ende des Semesters.

7 Teilnahmevoraussetzungen: keine

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:
PD Dr. M. Hexamer

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät,
Ruhr-Universität Bochum

Modul: Physiologie II

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	2. Semester	3	90 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Physiologie II	V	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Atmung und Gastransport, Niere, Energiehaushalt, Arbeitsphysiologie, Temperaturphysiologie, Regulationsphysiologie, Sinnesorgane, Zentralnervensystem

4 Kompetenzen:
Ziel der Veranstaltung ist es, die Wirkungsweise komplexer physiologischer Funktionssysteme zu erarbeiten. Dabei soll die Wirkung physiologischer Regulationssysteme im Hinblick auf die Konstanthaltung des physikalischen und chemischen Milieus verdeutlicht werden. Außerdem werden die wichtigsten Sinnessysteme und integrative Funktionen des Zentralnervensystems besprochen.

5 Prüfungsformen und –leistungen:
Benotete Modulprüfung (schriftlich oder mündlich) am Ende des Semesters.

6 Teilnahmevoraussetzungen:
Die erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung Physiologie I ist zum Verständnis dieser Veranstaltung erforderlich.

7 Literatur:
Ein zusammenfassendes Skript wird zur Verfügung gestellt.
Zur Vertiefung geeignet: Schmidt, Thews, Lang, Physiologie des Menschen (Springer)

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
PD Dr. M. Hexamer	Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum

Modul: Einführung in die Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftler (Logistik+WI)

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jährlich zum WS	1 Semester	1. Semester	7	210 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	3	2
2	Übungen	Ü	1	1
3	Praktikum	P	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:

Spezifikationen, Algorithmen, formale Sprachen, Grammatik
Programmiersprachenkonzepte
- Syntax und Semantik
- imperative, objektorientierte, funktionale und logische Programmierung

Grundlagen der Programmierung
- imperative Programmierung
- Verfeinerung, elementare Operationen, Sequenz, Selektion, Iteration, funktionale Algorithmen und Rekursion, Variablen und Wertzuweisungen, Prozeduren, Funktionen und Modularität
- objektorientierte Programmierung

Algorithmen und Datenstrukturen

4 Literatur: Skripte der Fakultät

5 Kompetenzen:

Studierende sollen nach erfolgreichem Abschluss der Veranstaltung Kenntnisse und Konzepte der prozeduralen und objektorientierten Programmierung besitzen. Sie sollen diese auf konkrete Aufgabenstellungen übertragen und geeignete Lösungen konzipieren und implementieren können.

6 Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung.
Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.

7 Teilnahmevoraussetzungen:keine

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Studiendekan/in Informatik	Informatik

Wahlbereich

Vorbemerkungen

Im Wahlbereich soll den Studierenden des Bachelor-Studiengangs Medizinphysik weitgehende Freiheit bei der Wahl und der Kombination der Module gelassen werden, um sowohl eine tiefergehende Spezialisierung in Medizin / Medizinphysik als auch eine Schwerpunktsetzung im Bereich der (nicht-medizinischen) Physik zu ermöglichen, etwa wenn ein Masterstudium in Physik angestrebt wird.

Auch eine Ergänzung durch sinnvolle Fächer außerhalb von Physik und Medizin sollte möglich sein; gedacht ist hier etwa an Ingenieurwissenschaften, Informatik, Biologie, Recht und Wirtschaft. Zu all diesen Bereichen gibt es an der TU Dortmund und den anderen Mitgliedshochschulen der UAR (Universitätsallianz Ruhr) ein so reichhaltiges Angebot, dass eine detaillierte Aufzählung hier den Rahmen sprengen würde.

Im Folgenden finden sich die Beschreibungen von Wahlmodulen aus dem Bereich Medizin. Außerdem sind Module aus den Studiengängen B.Sc. Physik /M.Sc. Physics/MMP-PLS angeführt, die als Wahlmodule in höheren Semestern einsetzbar sind.

Modul: Anatomie II

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	2. Semester	4	120 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Neuroanatomie	V	4	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Anatomie des zentralen und peripheren Nervensystems einschließlich der Gefäßversorgung und Liquorräume, Sinnesorgane Haut, Auge, Ohr. An drei Terminen finden praktische Übungen und Demonstrationen am Mikroskop und anatomischen Präparat statt.

4 Literatur:
Trepel, Neuroanatomie - Struktur und Funktion (Urban und Fischer)

5 Kompetenzen:
Die Studierenden sollen die anatomischen Strukturen des Nervensystems und der Sinnesorgane erkennen und deren Funktionen benennen können.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Zu jeder Vorlesung werden online im Blackboard Mulitple-Choice-Fragen angeboten, die wöchentlich besprochen werden. Zum Ende des Semesters praktische Prüfung am Präparat oder Modell und eine benotete schriftliche Modulprüfung (Multiple-Choice-Fragen kombiniert mit Freitextantworten und Beschriftung von Bildern)

7 Teilnahmevoraussetzungen: keine
Der vorherige Besuch der Veranstaltung Anatomie I ist nicht erforderlich.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:
Prof. Dr. P. M. Faustmann
Institut für Anatomie

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät,
Ruhr-Universität Bochum

Modul: Arbeitsmedizin

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	z.B. 6. Semester	2	60 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Arbeitsmedizin	V	2	1

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Erkrankungen, die durch Einflüsse am Arbeitsplatz ausgelöst werden einschließlich der ursächlichen Faktoren. Zudem werden die Studierenden mit Maßnahmen zur Prävention dieser Erkrankungen vertraut gemacht.

4 Literatur:
wird jeweils zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben, und kann unter http://www.ifado.de/lehre_nachwuchs/arbeitsmedizin/index.html erhalten werden.

5 Kompetenzen:
Die Studierenden sollen Erkrankungen, die am Arbeitsplatz ausgelöst werden können, deren Ursachen und Maßnahmen zur Prävention benennen können.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Benotete schriftliche Modulprüfung mit MC-Fragen

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:
Prof. Dr. K. Golka

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät,
Ruhr-Universität Bochum;
Institut für Arbeitsphysiologie,
TU Dortmund

Modul: Humangenetik

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS oder SS	1 Semester	z.B. 4. Semester	5	150 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Humangenetik	V	5	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Theoretische (und klinische) Grundlagen der Humangenetik einschließlich Patienten-/Klientenvorstellung anhand einschlägiger Krankheitsbilder mit monogen bedingten (autosomal dominanten, rezessiven, X-chromosomalen) Erbgängen incl. multifaktoriell bedingter Volkskrankheiten. Wegen der Fülle des Stoffes ist umfangreiches häusliches Nacharbeiten unerlässlich.

4 Literatur:
siehe Hinweise zu Beginn der Vorlesung
Außerdem zur Vertiefung geeignet: Schaaf, Zschocke, Basiswissen Humangenetik (Springer); Hennig, Graw, Genetik (Springer)

5 Kompetenzen:
Die Studierenden sollen die Grundzüge der (humangenetischen Beratungspraxis bei) Modellerkrankungen kennen sowie benennen können.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Benotete schriftliche Modulprüfung mit MC-Fragen

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:
Prof. Dr. J. T. Epplen

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät,
Ruhr-Universität Bochum
Abteilung Humangenetik

Modul: Hygiene und Umweltmedizin

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	z.B. 5. Semester	2	60 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Hygiene und Umweltmedizin	V	2	1

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Biologische, chemische und physikalische Faktoren in der Umwelt, deren gesundheitlichen Auswirkungen auf den Menschen und Präventionsmaßnahmen. Hygieneaspekte in Krankenhäusern.
- Umwelthygiene und Umweltmedizin (Luft, Wasser, Lebensmittel, Innenraum, Beurteilungsmaßstäbe, Bedeutung des humanen Biomonitorings)
- Krankenhaushygiene
- Impfen/Reisemedizin

4 Literatur:
Anmeldung zum Moodle-Kurs per E-Mail an lehre-hygiene@rub.de.
Weitere Informationen über https://www.ruhr-uni-bochum.de/umweltmedizin/lehre/nawi.html.de.
Zur Vertiefung geeignet: Fiedler, Wilhelm: Hygiene / Präventivmedizin / Umweltmedizin systematisch (Uni-Med-Verlag).

5 Kompetenzen:
Die Studierenden sollen biologische, chemische und physikalische Faktoren in der Umwelt benennen und deren gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen erlernen und präventive Maßnahmen zur Minimierung schädlicher Einflüsse der Umwelt auf den Menschen darlegen können. Grundlagen der infektiologischen Risiken im Krankenhaus und krankenhaushygienischen Schutzmaßnahmen sollen erlernt werden.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
- Schriftliche Prüfung (multiple choice), 30 Fragen/45 Minuten
- Benotete Modulprüfung

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:
PD Dr. med. J. Hölzer

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum, Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin

Modul: Klinische Chemie

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	z.B. 6. Semester	3	90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Klinische Chemie	V	3	1

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Hämatologie, Gerinnung, Enzyme, Kohlenhydrate, Fettstoffwechsel, Tumormarker, Urindiagnostik, Einflussgrößen/Störfaktoren, Proteine, Hormone, Qualitätskontrolle

4 Literatur:
Vorlesungsfolien werden online zur Verfügung gestellt; außerdem zur Vertiefung geeignet: Dörner, Klinische Chemie und Hämatologie (Thieme); Medizinische Chemie. Targets, Arzneistoffe, Chemische Biologie (Deutscher
Apotheker Verlag - 2. Auflage)

5 Kompetenzen:
Überblick über die klinisch-chemischen Möglichkeiten, häufige Stoffwechselerkrankungen sowie organbezogene Erkrankungen zu diagnostizieren.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Benotete schriftliche Modulprüfung mit MC-Fragen
Nachweis, die klinisch-chemischen Vorlesungsfolien im Internet parallel zu der Vorlesung vertiefend bearbeitet zu haben.

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:
Dr. H. Stiegler

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät,
Ruhr-Universität Bochum

Modul: Klinische Propädeutik

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	z.B. 6. Semester	3	90 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Klinische Propädeutik	V	3	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Allgemeine Krankheitslehre
Ausgesuchte Krankheitsbilder der Inneren Medizin und der Chirurgie
Struktur der Gesundheitsversorgung in Deutschland

4 Kompetenzen:
Kenntnisse in
- allgemeiner Krankheitslehre
- Grundlagen häufiger Erkrankungen
- Ursachen von Erkrankungen
- diagnostischen Maßnahmen
- Therapiemöglichkeiten

5 Prüfungsformen und –leistungen:
Benotete Modulprüfung.
Die Anforderungen zum Erwerb der Leistungspunkte werden zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.
Zum Beispiel: Erfolgreiche Bearbeitung schriftlicher Aufgaben im multiple-choice-Verfahren.

6 Teilnahmevoraussetzungen:
Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.

7 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

8 Modulbeauftragte/r:
Prof. Dr. H.-W. Wiechmann

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät,
Ruhr-Universität Bochum;
St. Barbara Kilinik Hamm-Hessen,
Innere Medizin

Modul: Mikrobiologie

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	z.B. 6. Semester	2	60 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Mikrobiologie	V	2	1

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte
Physiologie von Mikroorganismen, Bedeutung für die Medizin, diagnostische Verfahren der medizinischen Mikrobiologie, Besprechung ausgewählter Infektionskrankheiten, deren Therapie und Prophylaxe

4 Literatur:
Zur Vertiefung geeignet:
Hahn, Kaufmann, Schulz, Suerbaum: Mikrobiologie und Infektiologie (Springer)
Groß, Kurzlehrbuch Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie (Thieme)

5 Kompetenzen:
Ziel ist, das grundlegende Verständnis für Pathogenese, Diagnostik und Therapie von Infektionskrankheiten zu vermitteln.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Benotete schriftliche Modulprüfung mit MC-Fragen
Semesterbegleitend werden Fragen ausgeteilt, die die Studierenden schriftlich beantworten.

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte/r:	**Zuständige Fakultät:**
Prof. Dr. S. Gatermann	Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum

Modul: Pathologie

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum WS	1 Semester	z.B. 5. Semester	5	150 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Pathologie	V+Ü	5	3

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Allgemeine Pathologie, Spezielle Pathologie und Zytopathologie. Makroskopische und mikroskopische (histologische und zytologische) Übungen

4 Literatur:
Riede, Allgemeine und spezielle Pathologie (Thieme)

5 Kompetenzen:
Die Studierenden sollen die theoretischen Grundlagen der allgemeinen Pathologie und der wichtigsten Organpathologie beherrschen. Sie sollen auch die makroskopischen, histologischen und zytologischen Veränderungen wiedererkennen können.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Benotete Modulprüfung.
Abschlussklausur (multiple choice) und mündliche Prüfungen am makroskopischen, histologischen und zytologischen Material (Mikroskopie) am Ende des Semesters.
Voraussetzung für die Teilnahme an der Abschlussklausur und Prüfung (makroskopisch und mikroskopisch) ist die Teilnahme an den Vorlesungen (Anwesenheitspflicht).

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte:
Prof. Dr. J. Guzman y Rotaeche

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät,
Ruhr-Universität Bochum
Pathologie

Modul: Pharmakologie

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits:**	**Aufwand:**
jährlich zum SS	1 Semester	z.B. 6. Semester	3	90 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Pharmakologie	V	3	1

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Pharmakodynamik und -Kinetik, Herz-Kreislauf, ZNS-wirksame Pharmaka, Analgetika, Blutgerinnung, Toxikologie

4 Literatur:
Aktories et al., Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie
Range, Dale, Ritter, Pharmacology
Lüllmann, Mohr, Taschenatlas der Pharmakologie

5 Kompetenzen:
Die Studierenden sollen pharmakologische Prinzipien kennen und wichtige Pharmaka benennen können.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Benotete schriftliche Prüfung mit MC-Fragen
Erfolgreiche Bearbeitung mündlicher und schriftlicher Aufgaben zu Themenkomplexen im Laufe der Vorlesung

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

9 Modulbeauftragte:
Prof. Dr. D. Koesling

Zuständige Fakultät:
Medizinische Fakultät,
Ruhr-Universität Bochum
Institut für Pharmakologie und Toxikologie

Modul: Methoden der klinischen Forschung (PHY6210)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
nach Bedarf im SS	1 Semester	6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc)	5	150 h

1 Modulstruktur

Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	5	3

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Zusammenhänge in der klinischen Forschung. Methodische, statistische, rechtliche und ethische Aspekte.

Klassifizierung von Studien: Observationsstudien (Fall-Kontroll-Studien, Querschnittsstudien, Kohortenstudien), Interventionsstudien (randomisert, kontrolliert, doppel-verblindet), Phasen klinischer Studien.
Statische Unterscheidung von Untersuchungsgruppen: Parametrische und nicht-parametrische Tests.
Assoziationen von Untersuchungsgrößen: Korrelation (Pearson, Spearman), Regression (univariate, multivariate und logistische)
Risiko- und Prognosefaktoren: Odds Ratio, Hazard Ratio, Absolutes Risiko, Relatives Risiko.
Genauigkeit diagnostischer Verfahren: Sensitivität, Spezifität, Receiver Operating Curve (ROC), Likelihood Ratio (LR+ und LR-).
Körperliche Belastbarkeit: Auswertung maximaler und submaximaler Belastungstests.
Lebensqualität: Fragebögen – Umgang und Auswertung.
Rechtliche und ethische Aspekte: Good Clinical Practice (GCP), Ethikkommission, Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM)

4 Kompetenzen

Die Studenten erlernen Methoden, die in der Klinischen Forschung angewandt werden. Da es sich in der medizinischen Wissenschaft um Forschung am Subjekt handelt, werden auch Kenntnisse zu rechtlichen und ethischen Aspekten erworben. In den Übungen lernen die Studenten, Aufgaben aus dem Bereich Kinischen Forschung eigenständig als Problem zu erfassen, zu lösen und in der Gruppe zu diskutieren.

5 Prüfungen

Modulprüfung: Benotete Klausur (120min) oder mündliche Prüfung (30 min), wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.
Im Masterstudiengang Medizinphysik kann auch eine Studienleistung für ein Schwerpunktmodul (z.B. klinische Medizinphysik) erworben werden: Vortrag, oder Klausur oder Prüfungsgespräch – wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.

6 Prüfungsformen und –leistungen

☒ **Modulprüfung: Klausur oder mündlich** ☐ **Teilleistung**

7 Teilnahmevoraussetzungen

Medizinphysikalische Grundkenntnisse

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Wahlmodulim B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS

9 Modulbeauftragte/r	**Zuständige Fakultät**
Dr. G. Weinreich	Physik

Modul: Laser in der Medizintechnik

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jährlich zum WS	1 Semester	3. Semester	3	90 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Vorlesung	V	2	1
	2	Übungen	Ü	1	1

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Grundlagen der Optik (Geometrische und Wellen-Optik, Abbildungen), Grundlagen der Laserphysik (Lasertypen, Wechselwirkung mit biologischem Gewebe), Operationsmikroskopie, Endoskopie, Fluoreszenzmethoden zur Diagnostik und Therapie, Augentherapie (Grundlagen Auge, Sehfehler, Refraktion und Aberration, Kohärenztomographie, Lasermethoden zur Vermessung und Therapie des Auges), weitere Anwendungen z.B. Behandlung von Narben, Entfernung von Tätowierungen, etc.

4 Literatur:
Meschede, Optics, Light, and Lasers Wang, Wu, Biomedical optics
Saleh, Teich, Fundamentals of Photonics

5 Kompetenzen:
Das Modul soll einen Einblick geben in das Potential, das Lasersysteme für die Diagnose und Behandlung von Krankheiten momentan und künftig bieten. Dazu werden die Grundlagen von Optik und Laserphysik wiederholt und vertieft, und eine Übersicht über die Einsatzgebiete entsprechender Verfahren in der Medizin gegeben.

6 Prüfungsformen und –leistungen:
Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Eines der Module Experimentalphysik I oder II muss bestanden sein.

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls
Wahlmodul

9 Modulbeauftragte/r	**Zuständige Fakultät**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Strahlentherapie und Dosimetrie

Studiengang: B.Sc. Medizinphysik

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
jährlich zum WS	1 Semester	3. Semester	6	180 h

1 Modulstruktur

	Nr.	**Element / Lehrveranstaltung**	**Typ**	**Credits**	**SWS**
	1	Vorlesung	V	4	2
	2	Übungen	Ü	2	2

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte:
Einführung in die Grundlagen der klinischen Dosimetrie, Überblick über Therapieformen der Brachytherapie und Protonentherapie am Auge: Grundbegriffe und Definitionen der klinischen Dosimetrie, Sekundärelektronengleichgewicht, Hohlraumtheorie, Bragg-Gray-Theorie, Detektoren, Typen klin.Dosimeter, Dosimeter für spezielle Anwendungen, Modalitäten der Brachytherapie, Therapieindikationen, Zielvolumenlokalisation, Therapieplanung, Therapiedurchführung, Applikatoren und Applikationsformen, Afterloading-Brachytherapie, intravaskuläre Brachytherapie, Augentumor-Brachytherapie, Protonentherapie am Auge, Forschungsprojekte im Bereich der Brachytherapie

4 Literatur: Strnad, Pötter, Kovács, Stand und Perspektiven der klinischen Brachytherapie, Reich (Hrsg), Dosimetrie ionisierender Strahlung
Nath, Anderson, Luxton et al., Dosimetry of interstitial brachytherapy sources: Recommendations of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 43

5 Kompetenzen:
Die Studierenden erhalten einen Einblick in die physikalischen Grundlagen der klinischen Dosimetrie, die Anwendung von Dosimetern im Rahmen typischer klinischer Aufgabenstellungen und die damit verbundenen Probleme. Die Eigenschaften spezieller Dosimetriesysteme, zum Beispiel für die Brachytherapie, werden diskutiert. Es wird ein Einblick in die medizinischen und physikalischen Grundlagen der Brachytherapie geboten. Exemplarische Schwerpunkte sind dabei die Afterloading-Therapie mit Gammastrahlungsquellen und die Therapie von Augentumoren mit Beta- und Niederenergie-Gammastrahlungsquellen. Die Studierenden werden dabei auch mit typischen klinischen Behandlungssituationen konfrontiert. Als Alternative zur Brachytherapie am Auge werden Methoden der Protonentherapie diskutiert. Im Rahmen eines Mini-Praktikums am Universitätsklinikum werden die Bestrahlungseinrichtungen, Planungssysteme und Dosimeter für die Brachytherapie demonstriert. Exemplarisch können die Studenten ausgewählte Problemstellungen selbst bearbeiten.

6 Prüfungsformen und -leistungen
Mündliche Modulprüfung

7 Teilnahmevoraussetzungen:
Kenntnisse aus Experimentalphysik I-III, Medizinphysik I-II, Grundpraktikum

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls
Wahlmodul

9 Modulbeauftragte/r	**Zuständige Fakultät**
Dekan/in Physik	Physik

Modul: Anwendungen des Maschinellen Lernens in der Medizinphysik (PHY6211)

Studiengang: B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS

Turnus:	**Dauer:**	**Studienabschnitt:**	**Credits**	**Aufwand**
im WS	1 Semester	3. Studienjahr (B.Sc) 1. Studienjahr (M.Sc)	3	90 h

1	**Modulstruktur** 2 SWS Seminar	
2	**Lehrveranstaltungssprache** Deutsch oder Englisch	
3	**Lehrinhalte** Maschinelles Lernen findet in vielen Bereichen der Medizin seit Jahren eine zunehmende Anwendung und hat das Potential diese sogar völlig zu verändern. Schon heute sind Methoden des maschinellen Lernens beispielsweise in der Diagnostik mithilfe bildgebender Verfahren von großer Bedeutung. Dort helfen Methoden des maschinellen Lernens behandelnden Medizinern dabei, die hochkomplexen Daten auszuwerten, um präziser und schneller eine Diagnose zu stellen. Aber auch in anderen Bereichen, wie zum Beispiel der Therapieplanung, der Behandlung oder sogar in der Entwicklung von wirksamen Medikamenten, kann maschinelles Lernen effizient eingesetzt werden, um nicht nur Kosten und Zeit zu sparen, sondern letztlich den Patienten die bestmögliche Versorgung zu ermöglichen. In diesem Seminar werden Sie zunächst einen Überblick über die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten des maschinellem Lernens in der Medizin bekommen. Darüber hinaus werden Sie ein ausgewähltes Thema wissenschaftlich recherchieren, einen tieferen Einblick und Verständnis bekommen und anschaulich als Vortrag aufarbeiten und präsentieren. Der zentrale Fokus liegt bei diesen Seminarvorträgen auf den medizin-physikalischen Anwendungen, weniger auf den technischen Aspekten des maschinellen Lernens. Zusätzlich zu den Seminarvorträgen bereiten wir kurze Vortragseinschübe vor, in denen wir die technischen Aspekte des maschinellen Lernens in den jeweiligen Anwendungen näher durchleuchten und ohne nötiges Vorwissen erklären.	
4	**Kompetenzen** Die Teilnehmer bekommen einen Überblick über aktuellen Themen der Medizin, in denen moderne Methoden des maschinellen Lernens eingesetzt werden. Sie erlernen ein wissenschaftliches Thema zu recherchieren und in einem verständlichen Vortrag einem Publikum zu präsentieren. Zusätzlich bekommen Sie Einblicke wie moderne Algorithmen des maschinellen Lernens funktionieren.	
5	**Prüfungen** Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen in den Seminarstunden Modulprüfung: Benoteter, eigenständig recherchierter und herausgearbeiteter Seminarvortrag	
6	**Prüfungsformen und –leistungen** Modulprüfung: Benoteter Seminarvortrag	
7	**Teilnahmevoraussetzungen** Grundkenntnisse in der Medizinphysik, wünschenswert ist die Vorlesung 'Statistische Methoden der Datenanalyse'	
8	**Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls** Wahlmodul	
9	**Modulbeauftragte/r** Dekan/in der Physik	**Zuständige Fakultät** Physik

Module handbook for the study program

Medical Physics and Physics of Living Systems (MMP-PLS), Master of Science

of TU Dortmund University

Prüfungsordnung 2025

General remarks

To avoid inconsistencies, each module offered by the faculty appears in the module handbook of only one (!) degree program.

Responsible Person

As is common in most physics departments and faculties, required courses and major electives rotate among instructors; therefore, module descriptions do not include instructor names but responsible Persons.

Work Load

The work load of one credit point corresponds to 30 hours of work. The work load quoted in the description of the modules below represents the typical work load associated with the modules.

Mode of delivery

All courses are planned to be delivered face-to-face, but the mode of delivery can be changed in agreement with the students or external constraints. While distance learning is possible for most lectures and seminars, it is difficult to maintain for laboratory courses.

Examinations

Most modules are completed by an examination. If the type of examination is not fixed in the module description it has to be specified by the examiner no later than two weeks after the start of the course. Details about the examinations, e.g. the length and the announcement procedure, are detailed in §9 of the Master's Examination Regulation.

Teaching methods

The teaching methods used depend on the type of course:

- “Lecture” (L)for lecture-type courses and seminars given by invited speakers
- “Problem-based learning” (T) for tutorials/exercise sessions, e.g. in theoretical physics
- “Seminar” (S) for presentations prepared by students
- “Directed discussion” for an in-class discussion of the presented material organized by the teacher
- “Laboratory method” (P) for lab experiments conducted by the students and under supervision
- “Research” for the Master thesis and internships

Teachers can deviate from the teaching methods indicated given personal preferences

Description of the study program

The Master of Science in Medical Physics and Physics of Living Systems program has a standard period of study of 4 semesters and a total number of 120 credit points (CP). It is divided into a study phase (1st - 3rd semester) with 75 CP and a research phase (3rd - 4th semester) with 45 CP.

The program offers two tracks, from which one has to be chosen:

Track A: Medical Physics

Track B: Physics of Living Systems

Each Track combines a number of mandatory courses (core curriculum) as well as electives. While the core curriculum assures a high standard in order to pass the program, a wide range of electives enables the students to match their individual interests in this fast-growing field.

All students are divided into one of three study pathways according to their previous training in medical physics before starting the Master programme. To align students' basic knowledge of medical physics, there are “synchronisation courses”, which are credited in the elective area.

Study Phase

During the study phase, modules from four different areas must be taken.

1. Synchronisation (9 CP)

Students are assigned to one of three course plans (1, 2, 3) based on their subject-specific prior knowledge (i.e., their Bachelor’s degree). A synchronisation course is assigned to each of these course plans. For students assigned to course plan 2 or 3, the synchronisation course is compulsory. For students assigned to the course plan 1, the synchronisation course is optional and they can choose elective courses instead to reach their full CPs.

Plan	Bachelor’s degree	Synchronisation course	CP
1	Medical Physics	*Free electives*	9
2	Physics	Biomedical Physics	9
3	Biomedical Engineering, Biophysics or related subjects	Theoretical Physics	9

Exception: If the assigned synchronisation course has been successfully attended within the Bachelor’s program, students have to choose elective courses instead to reach their full CPs.

2. Fundamentals of thermodynamics and statistics (Mandatory) (13/14 CP)

Within the Fundamentals of thermodynamics and statistics the students need to select courses in statistics and thermodynamics. Students have to choose one of the following two courses:

Modules	CP
Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik (German)	4
Statistical methods of data analysis A (English)	5

As well as one of the courses thermodynamics/statistical physics:

Modules	CP
Thermodynamik und Statistik (German)	9

Thermodynamics and Statistical Physics (RUB, English)	9

Exception: If any of the courses has been successfully attended within the Bachelor's program, students have to choose elective courses instead to reach their full CPs.

3. Area of specialization (39 CP)

In the master of Medical Physics and Physics of Living Systems, a specialisation track must be taken:

Track	**CP**
A) Medical Physics	39
B) Physics of Living Systems	39

The module representatives are:

Track	**Module representative**
A) Medical Physics	Prof. Dr. Armin Lühr
B) Physics of Living Systems	Prof. Dr. Matthias Schneider

4. Free electives (13-14 CP)

Free electives can be chosen from a large selection of courses. Students can explore their interest within both possible tracks, i.e., every course that is part of a specialisation track can also be chosen as a free elective. Additionally, a variety of modules with different topics is provided. An overview of courses can be found below. The division into subject areas is for clarity purposes only.

Research Phase

In the 3rd and 4th semester, the focus shifts to research. Parallel to remaining courses in the 3rd semester, there is a research internship to prepare for the Master's thesis. The 4th semester is dedicated to the Master's thesis.

Module	**CP**
Research internship for the Master's thesis	15
Master's thesis and presentation	30
Sum	45

Typical Course Timelines (Examples)

*Table 1: Example for students with a **B. Sc. in Medical Physics** (**NO** Synchronisation Course) studying **Track A Medical Physics***

	Semester	Fundamentals of Thermo-dynamics and statistics	Track A: Medical Physics	Electives/ Synchroni-sation courses	Master's thesis	Total
Study Phase	**1**		Advanced Clinical Medical Physics 6 CP	Radiation Applications in the Clinic 3 CP		31 CP
			Advanced Medical Imaging 6 CP	Ultrasound in Medicine 5 CP		
			Python for Machine Learning 5 CP	Physics of Life 6 CP		
	2	Statistical Methods of Data Analysis A 5 CP	Medical Physics and Technology in Particle Therapy 3 CP			30 CP
		Thermo-dynamics and Statistical Physics 9 CP	Advanced Magnetic Resonance Imaging 6 CP			
			Fundamentals of Detector Physics 3 CP			
			AI for Medical Applications 4 CP			
Research Phase	**3**		TPS - Practical Course on Treatment-Planning 6 CP	Applications of Machine Learning in Medical Physics 3 CP	Research Internship 15 CP	30 CP
				Physics of Life 6 CP		
	4				Master's thesis 30 CP	30 CP
	Sum:	14 CP	39 CP	22 CP	45 CP	121 CP

*Table 2: Example for students with a **B. Sc. in Medical Physics** studying **Track A Medical Physics**.*

	Semester	Fundamentals of Thermo-dynamics and statistics	Track A: Medical Physics	Electives/ Synchroni-sation courses	Master's thesis	Total
Study Phase	1		Advanced Clinical Medical Physics 6 CP	Modern Radiation Therapy 6 CP		29 CP
			Advanced Medical Imaging 6 CP	Physics of life 6 CP		
			Python for Machine Learning 5 CP			
	2	Statistical Methods of Data Analysis A 5 CP	Applied Proton Therapy 6 CP	Computational Physics 9 CP		34 CP
		Thermo-dynamics and Statistical Physics 9 CP	AI for Medical Applications 4 CP	Basic radiation protection regulation for medical physics experts 1 CP		
Research Phase	3		Radiation Applications in the Clinic 3 CP		Research Internship 15 CP	27 CP
			TPS - Practical Course on Treatment-Planning 6 CP			
			Applications of Machine Learning in Medical Physics 3 CP			
	4				Master's thesis 30 CP	30 CP
	Sum:	14 CP	39 CP	22 CP	45 CP	120 CP

*Table 3: Example for students with a **B. Sc. in Biomedical Engineering** (Synchronisation Course **Theoretical Physics** (WS)) studying **Track A Medical Physics**.*

	Semester	**Fundamentals of Thermo-dynamics and statistics**	**Track A: Medical Physics**	**Electives/ Synchroni-sation courses**	**Master's thesis**	**Total**
Study Phase	**1**		Advanced Clinical Medical Physics 6 CP	**Synch. Course** Theoretical Physics 9 CP		31 CP
			Advanced Medical Imaging 6 CP	Ultrasound in Medicine 5 CP		
			Python for Machine Learning 5 CP			
	2	Statistical Methods of Data Analysis A 5 CP	Advanced Magnetic Resonance Imaging 6 CP			30 CP
		Thermo-dynamics and Statistical Physics 9 CP	Applied Proton Therapy 6 CP			
			AI for Medical Applications 4 CP			
Research Phase	**3**		Radiation Applications in the Clinic 3 CP	Applied Physics in Clinical Medicine 3 CP	Research Internship 15 CP	30 CP
			Applied Dosimetry 3 CP	Physics of Life 6 CP		
	4				Master's thesis 30 CP	30 CP
	Sum:	14 CP	39 CP	22 CP	45 CP	120 CP

*Table 4: Example for students with a **B. Sc. in Physics** (Synchronisation Course **Biomedical Physics** (WS)) studying **Track B Physics of Living Systems**.*

	Semester	Fundamentals of Thermo-dynamics and Statistics	Track B: Physics of Living Systems	Electives/ Synchroni-sation courses	Master's thesis	Total CP
Study Phase	**1**		Physics of Life 6 CP	**Synch. Course** Biomedical physics 9 CP		29 CP
			Python for Machine Learning 5 CP	Advanced Medical Imaging 6 CP		
				Applied Dosimetry 3 CP		
	2	Thermodynamic and Statistical Physics 9 CP	Lab PLS 5 CP			33 CP
		Statistical methods of data analysis A 5 CP	Tissue Engineering 4 CP			
			Soft Matter 6 CP			
			AI for Medical Applications 4 CP			
Research Phase	**3**		MD – Soft Matter and Biomaterials 6 CP	Detector systems in particle and medical physics 3 CP	Research Internship 15 CP	28 CP
			Biomaterials 4 CP			
	4				Master's thesis 30 CP	30 CP
	Sum:	14 CP	40 CP	21 CP	45 CP	120 CP

*Table 5: Example for students with a **B. Sc. Biomed Eng** (Synchronisation Course **Theoretical Physics** (WS)) studying **Track B Physics of Living Systems**.*

	Semester	Fundamentals of Thermo-dynamics and Statistics	Track B: Physics of Living Systems	Electives/ Synchroni-sation courses	Master's thesis	Total CP
Study Phase	**1**		Physics of Life 6 CP	**Synch. Course** Theoretical Physics 9 CP		30 CP
			Python for Machine Learning 5 CP	Advanced Medical Imaging 6 CP		
			Biomaterials 4 CP			
	2	Thermodynamic and Statistical Physics 9 CP	Lab PLS 5 CP			33 CP
		Statistical methods of data analysis A 5 CP	Fundamental Immunology 4 CP			
			Soft Matter 6 CP			
			AI for Medical Applications 4 CP			
Research Phase	**3**		MD – Soft Matter and Biomaterials 6 CP	Detector systems in particle and medical physics 3 CP	Research Internship 15 CP	27 CP
				Applied Phys in Clinical Med 3 CP		
	4				Master's thesis 30CP	30 CP
	Sum:	14 CP	40 CP	21 CP	45 CP	120 CP

Detailed module descriptions

Synchronisation courses

Module: Biomedical Physics (Synch Course)

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
WS	1 semester	1. sem.	9	270 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	6	4
	Tutorial	T	3	2

2 Language: English

3 Content

I. **Physics of Physiology & Biophysics**

1) History of the Role of Physics in Medicine. How Biology stimulated physics and how physics stimulated biology
2) Thermodynamics: The first and 2nd Law and its statistical interpretation. Diffusion
   Math Section: Probability Theory
3) Energetics and physical chemistry in living systems, chem. Potential and puffer systems; Blood oxygenation (Allostery)
4) Biomolecules and The Cell: From Material to Protein Folding
5) Hydrodynamics of Blood flow, viscosity, FL Effect and Blood Clotting
   Math Section: The Navier Stokes Equation
6) The Heart as a mechanical pump; The heart as a muscle
   Math Section: Elasticity Theory
7) Membranes & Introduction to Neuroscience
8) Physics of hearing; resonance, impedance and non-linear oscillators
   Math Section: The Wave Equation
9) Physics of the eye

II. Medical Physics: Imaging tools

1) X-Ray and Computed Tomography (CT)
   Math Section: Fourier Transformation, Convolution
2) Magnetic Resonance Imaging (MRI)
3) Ultrasound
4) EKG and Blood Pressure
5) Modern Tools: Cell Mechanics, Microfluidics, PCR, CTC, DNA-Squeezing, FACS…
6) Tool in challenging Environments: Socioeconomic Considerations

4 Learning outcome

After successfully completing the module students

- recognize the complexity of biological processes and the necessity of having multiple physical concepts ready to understand these processes quantitively.
- are able to transform physical principles and knowledge to problems of living systems and medical applications.
- can apply physical concepts of elasticity theory in membrane mechanics and the physics of hearing.
- can apply the principles of hydrodynamics to understand physical foundation of blood flow and blood clotting. They understand blood as a complex fluid in contrast to “simple” fluids like water and air.
- will have an overview of diagnostically relevant tools and their physical principles.
- are able to apply mathematical tools to reconstruct an image from x-ray, MRI and ultrasound studies.
- are up to date on recent developments in diagnostic tools.
- can apply physical concepts to minimize effort, prerequisites and costs of modern medical tools as may (for instance) become necessary in socioeconomic challenged communities.

5 Examination

Graded exam (120 min) or oral exam (30 min), will be announced at the beginning of the course

6	**Participation Requirements** No	
7	**Module type** Elective module/ mandatory module	
8	**Responsible** Prof. Dr. Matthias Schneider	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Theoretical Physics (Synch Course)

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
WS	1 semester	1. sem.	9	270 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	6	4
	Tutorial	T	3	2

2 Language: English

3 Content

I. Theoretical Mechanics

1) Elements of classical Newtonian mechanics, conservation laws (momentum, angular momentum energy), 2-body problem with central force
2) Stationary action principle, Lagrangian mechanics, Hamiltonian mechanics
3) Conservation laws, dynamics in phase space, Poisson brackets, overview nonlinear dynamics

II. Quantum Mechanics

1) Limits of classical physics
2) 5 postulates, wave functions, operators, uncertainty relation, Hamiltonian, Schrödinger equation, correspondence principle, Ehrenfest theorem
3) Harmonic oscillator, potential well, potential step, tunneling
4) Angular momentum operator, spin, normal Zeeman effect
5) Hydrogen atom
6) Perturbation theory, hyperfine structure, Stark, anomalous Zeeman effect

4 Learning outcome

The students are familiar with the principles and laws of classical theoretical mechanics and quantum mechanics as outlined in the course content and can apply them, i.e. they can classify phenomena of physics and microphysics in the context of abstract models and establish connections to the appropriate concepts of mathematics.

5 Examination

Study achievements: homework
Graded exam (180 min) or oral exam (30 min), will be announced at the beginning of the course

6 Participation Requirements

No

7 Module type

Elective module/ mandatory module

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	Prof. Dr. Jan Kierfeld	Department of Physics

Fundamentals of thermodynamics and statistics

Module: Statistical Methods of Data Analysis / SMD A (PHY523a)
Degree Program: B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, M.Sc. Physics, MMPPLS

https://physik.tu-dortmund.de/en/study/courses-and-qualification/bachelor-physik/module-handbook/

Module: Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik (Informatik) (GW02)

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1. – 3. sem.	**Credits** 4	**Work load** 120 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture + Tutorial	L+T	4	4
2	**Language:** Deutsch				
3	**Content** Characteristics and data types, statistical key figures for univariate and bivariate data (location, scatter, connection). Probability spaces and basics of statistical modeling. Random variables and their distributions, important probability distributions. Conditional probabilities and stochastic independence. expected value and variance; Markoff chains. Estimation, statistical tests and confidence intervals				
4	**Learning outcome** After successfully completing the module – Students understand the basics of statistical modeling – Students can apply the statistical methods presented				
5	**Examination** Study achievements: homework, module examination: graded exam (max. 120 min)				
6	**Participation Requirements** No				
7	**Module type** Elective module/ mandatory module				
8	**Responsible** Dean of the Faculty of Statistics		**Faculty in charge** Department of Statistics		

Module: Thermodynamik und Statistik (PHY531)
Degree Program: Bachelor Physics (B.Sc.), B.Sc. Medizinphysik, IMAPP, Lehramt, MMPPLS

https://physik.tu-dortmund.de/en/study/courses-and-qualification/bachelor-physik/module-handbook/

Module: Thermodynamics and Statistical Physics (RUB)

Degree Program: Master Physics (M. Sc.), RUB				
Frequency: in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1. – 3. sem.	**Credits** 9	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture + Tutorial	L+T	6	4+2
2	**Language:** English				
3	**Content** Quantum statistics and classical statistical mechanics, thermodynamics, applications. Starting point is the simple statistics of many particles, thermodynamics is derived from this. Afterwards quantum statistics with applications				
4	**Learning outcome** After successfully completing this module, the students – Have a basic understanding of the concepts of statistical mechanics – Know the fundamental concepts of quantum statistics – Are familiar with fundamental definitions of classical and quantum mechanical statistical physics – Can solve typical problems of non-interacting multi-particle physics				
5	**Examination** Written examination of 120 min				
6	**Participation Requirements** Formal: None Content: Knowledge of the contents of “Introduction to Quantum Mechanics and Statistics” (Bachelor) will be expected Preparation: None				
7	**Module type** Elective module/ mandatory module				
8	**Responsible** Prof. Dr. Sulpizi		**Faculty in charge** Department of Physics (RUB)		

https://www.physik.ruhr-uni-bochum.de/en/studies/degree-programs/bachelor-of-science/modulhandbuecher-b-sc/

Track A: Medical physics

Mandatory courses	**Sem.**	**CP**
Advanced Clinical Medical Physics	WS	6 CP
Advanced Medical Imaging	WS + SS	6 CP
AI for Medical Applications		
- Data Analysis Lab: Python for Machine Learning	WS	5 CP
- AI for Medical Applications	SS	4 CP
Elective courses		
Radiotherapy and Dosimetry		
Radiation applications in the clinic	WS	3 CP
Modern Radiation Therapy	WS	6 CP
Medical Physics and Technology in Particle Therapy	SS	3 CP
Applied Proton Therapy	SS	6 CP
TPS – Practical Course on Treatment Planning	WS + SS	6 CP
Basic radiation protection regulation for medical physics experts	SS	1 CP
Fundamentals of Detector Physics	SS	3 CP
Angewandte Dosimetrie	SS	3 CP
Medical Imaging and Machine Learning		
Advanced Magnetic Resonance Imaging	SS	6 CP
Image Processing in Medicine	SS	5 CP
Ultrasound in Medicine	WS	5 CP
Applications of Machine Learning in Medical Physics	WS	3 CP

The following modules are of particular interest with regard to a later career as a clinical medical physics expert:

- Advanced Clinical Medical Physics
- Advanced Medical Imaging
- Radiation applications in the clinic
- Modern Radiation Therapy
- Medical Physics and Technology in Particle Therapy
- Applied Proton Therapy
- TPS – Practical Course on Treatment Planning
- Basic radiation protection regulation for medical physics experts (German)
- Applied Dosimetry

Module: Advanced Clinical Medical Physics

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

Frequency:	Duration:	Semester:	Credits	Work load
WS	1 semester	1. – 3. sem.	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	6	4

2 Language: English

3 Content

Dosimetry and radiation therapy:
1) Dosimetry: basic terms and definitions of clinical dosimetry, secondary electron balance, cavity theory, Bragg-Gray theory, detectors, types clinical. Dosimeter, dosimeter for special applications, water absorbed dose concept incl., calorimetric representation, calibration of dosimeters teletherapy and brachytherapy, legal basis for metrological controls, dose measurement method according to DIN 6800-2
2) Physics and technology of the electron linear accelerator
3) Introduction to the basics of the therapeutic forms of brachytherapy and proton therapy on the eye: Modalities of brachytherapy, therapy indications, target volume localization, therapy planning, therapy implementation, applicators and forms of application, afterloading brachytherapy, intravascular brachytherapy, eye tumor brachytherapy, proton therapy on the eye, research projects in the field of brachytherapy
4) Introduction to the basics and implementation of radiotherapy (teletherapy) for tumor patients: Biological basics: types of radiation, dose-effect relationships, cell survival curves, linear-quadratic model, fractionation. Radiation therapy treatment chain: patient positioning and immobilization, 3D imaging as the basis for radiation planning, concept of contouring of target volumes and organs at risk, radiation planning (choice of technique, dose calculation, plan assessment), patient positioning on the device, verification procedures. Conformational radiotherapy: requirements, possibilities, limits. Intensity-modulated radiation therapy as a modern development: Inverse radiation planning, method for implementing intensity-modulated techniques on conventional linear accelerators. Helical tumor therapy as an alternative concept. Dosimetric verification of intensity-modulated irradiations. Approaches to improve the accuracy of beam application: Stereotactic radiation therapy. Image-guided radiation therapy. Problems and possible solutions in the irradiation of respiratory tumors. Practical demonstration at the University Hospital Essen: Implementation of image-guided, intensity-modulated radiation therapy on the phantom.
5) Quality assurance in radiotherapy

Imaging procedures and radiation protection:
6)X-ray imaging: Generation and absorption of X-rays, image formation, detectors and films, applications of X-ray imaging, e.g. DEXA, mammography, classic X-ray image
7) Tomographic methods CT, PET, SPECT: Functional principle, technical basics, combination devices, radiation detectors, image acquisition and reconstruction, basics of contrast agent application, basics for the comparability and quantification of CT examinations based on HU values, quantification methods (PET), Production, use and effects of radiopharmaceuticals,
8) Radiation protection: How can patients and staff be protected from the ionizing radiation from imaging procedures? The dose exposures of the various imaging procedures are presented.

4 Learning outcome

After successfully completing the module, students will have acquired knowledge in the field of radiation therapy and imaging, which is typically one of the requirements for medical physics experts. The students
1. are familiar with the basics of dosimetry and its applications,
2. have acquired in-depth knowledge of the physical and technical fundamentals of radiation therapy and the functional principles of imaging techniques,
3. know the advantages and disadvantages and the technical limitations of teletherapy and brachytherapy and imaging methods,
4. are familiar with the biological and technical requirements as well as the process of treatment with ionizing radiation and the physical principles of imaging procedures using ionizing radiation.
5. understand the connections between ionizing radiation. Radiation protection, diagnostic methods, dosimetry, biological effectiveness of ionizing radiation and radiation therapy.

5	**Examination** will be announced at the beginning of the course	
6	**Participation Requirements** Basic knowledge of radiation physics and the interaction of radiation and matter is required. These can be acquired, for example, by successfully participating in the “Strahlungsphysik I” module of the bachelor’s degree program in Medical Physics at TU Dortmund University.	
7	**Module type** Elective module/ mandatory module	
8	**Responsible** Prof. Dr. Andreas Block (Klinikum Dortmund)	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Advanced Medical Imaging

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

Frequency:	Duration:	Semester:	Credits	Work load
WS + SS	1 semester	1. – 3. sem.	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture + Tutorial	L+T	6	4

2 Language: English

3 Content

The “Advanced Medical Imaging” module provides students with advanced concepts, technologies and applications of medical imaging. It covers a wide range of imaging techniques used in modern clinical diagnostics and research. The focus is on the theoretical foundations of image processing, the functioning of the various imaging procedures, including the meaning and clinical relevance of the imaged quantities, their clinical application and their current limitations.

The module will cover the following key topics:

- Introduction to imaging technologies: Historical development and current technologies.
- Basics of image processing: image quality, filtering, noise reduction, reconstruction.
- Imaging techniques and their clinical relevance:
  - Magnetic resonance imaging (MRI) and functional MRI
  - Computed tomography (CT)
  - Positron emission tomography (PET) and single photon emission tomography (SPECT)
  - Ultrasound (US) and optical imaging (OI)
  - Hybrid imaging techniques (e.g. PET/CT, PET/MRI)
- Image analysis and interpretation: quantitative analysis, image segmentation and registration and 3D modeling.
- Clinical applications: Tumor diagnostics, cardiology, neurology, radiology, minimally invasive surgery.
- Future of medical imaging: artificial intelligent (AI) and machine learning in image processing, new imaging techniques and their potential applications.

4 Learning outcome

Upon successful completion of this module, students will be able to:

- Explain the principles and technologies behind advanced medical imaging techniques.
- Compare the advantages and limitations of imaging modalities such as MRI, CT, PET, SPECT, US, and OI.
- Apply image processing and analysis techniques to interpret medical images and assist in clinical decision-making.
- Understand the role of imaging in personalized medicine and clinical research.
- Discuss current trends and future directions in medical imaging, including the use of AI and machine learning.

5 Examination

Will be announced at the beginning of the course

6 Participation Requirements

Basic knowledge on physics and technology of medical imaging as provided by the courses "Medical Physics II" or "Biomedical Physics (Synch Course)" is desirable, but not mandatory for understanding the topics in this course.

7 Module type

Elective module/ mandatory module

8 Responsible

Prof. Dr. A. Lühr
PD Dr. habil rer. nat. Mona Salehi Ravesh

Faculty in charge

Department of Physics

Module: AI for Medical Applications

Degree Program: MMPPLS, M.Sc. Physics, M.Sc. Computer Science, M.Sc. Applied Computer Science				
Frequency: annually	**Duration:** 2 semester	**Semester:** 1. – 3. sem.	**Credits** 9	**Work load** 270 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	**WS**: Lab (4h)	P	5	4
2	**SS**: Lecture (1h) + Tutorial (2h)	L+T	4	3

2 Language: English

3 Content

Partial assessment 1 (Data Analysis Lab: Python for Machine Learning)

This course provides a practice-oriented introduction to Python programming for data analysis, machine learning, and deep learning. It combines lecture-style introductions with supervised practical computer exercises. Each session consists of approximately 90 minutes of conceptual input and approximately 90 minutes of hands-on programming. The first part introduces Python programming and the Python ecosystem, including variables, control flow, functions, object-oriented programming, data structures, recursion, testing, debugging, scripts, command-line usage, and Jupyter notebooks. The second part covers machine learning workflows in Python. Students learn how to load, inspect, preprocess, visualize, and split datasets; how to train and evaluate models using pandas, scikit-learn, and common visualization libraries; and how to reason about validation, overfitting, reproducibility, and hyperparameter tuning. The third part introduces deep learning with PyTorch, including tensors, automatic differentiation, datasets, dataloaders, neural network modules, loss functions, optimizers, training loops, evaluation, checkpointing, GPU usage, regularization, convolutional networks, residual networks, and an introduction to attention-based models and fine-tuning. Throughout the course, students solve practical programming and machine learning tasks on a PC. Selected assignments may be organized as small data challenges or leaderboard-based competitions.

Partial assessment 2 (AI for Medical Applications)

- Motivation – What are the goals and what tools are required to attain them?
- Medical Data – Types, Standards & Multimodality
- Machine Learning Basics I & II
- Basic and advances Computer Vision with Deep Learning. What does the computer see?
- Natural Language Processing – From Basics to Large Language models. How does the computer read?
- Introduction to Generative AI – GAN and Diffusion models
- Timeseries Analysis with classical methods and AI
- Introduction to AI Agents
- What else is there? Pointers to other methods and bleeding edge developments.

Exercises accompanying the lecture content. The algorithms and approaches are implemented and evaluated using real medical data sets. Students will have access to a learning platform with GPUs to train their models.

4 Learning outcome

Partial assessment 1

After successfully completing the course, students will be able to:

- write and execute Python scripts and Jupyter notebooks for data analysis and machine learning tasks;
- use Python environments, packages, IDEs, command-line tools, and debugging workflows;
- implement basic programs using functions, data structures, object-oriented programming, recursion, and tests;
- load, preprocess, visualize, and analyze datasets using common Python libraries;
- train, tune, evaluate, and compare machine learning models using scikit-learn;
- report experimental results reproducibly using suitable metrics, random seeds, visualizations, and summaries;

	• implement, train, evaluate, save, and load neural networks in PyTorch; • make informed practical choices about losses, optimizers, learning rates, regularization, model architectures, and compute devices. <u>Partial assessment 2</u> • Participants will be able to assess the importance of AI in medicine • Know about types of medical data and how to handle it • Understand how to apply classic machine learning and AI algorithms to medical images and clinical text • After the course, participants will be able to familiarize themselves independently with more advanced AI procedures and apply (i.e. programming) them to the medical domain	
5	**Examination** <u>Partial assessment 1</u> The course is assessed through practical programming assignments, data analysis tasks or a final project. The exact assessment criteria will be announced at the beginning of the course. <u>Partial assessment 2</u> Coursework: Practical exercises Exam: written exam (90 min) or oral exam (30 min), will be announced at the beginning of the course	
6	**Participation Requirements** <u>Partial assessment 1</u> No advanced Python knowledge is required. Basic programming experience and basic mathematical knowledge, especially linear algebra and probability/statistics, are recommended. <u>Partial assessment 2</u> • Knowledge of all content covered in partial assessment 1 • Solid programming skills in Python or similar language • Experience with git, ssh and command line tools desirable	
7	**Module type** Mandatory module	
8	**Responsible** Prof. Dr. Michael Kamp, Prof. Dr. Dr. Jens Kleesiek	**Faculty in charge** Medical Faculty UDE / Department of Physics / Department of Computer Science

Module: Radiation applications in the clinic

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
WS	1 semester	1. – 3. sem.	3	90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Seminar	S	3	Single appointments + block course

2 Language: English

3 Content

Basics, clinical applications and current developments in research in the areas of radiation therapy, nuclear medicine, radiology and medical radiation protection. An overarching focus topic is determined for each seminar series. Possible topics include, for example, the biological effects of radiation, physical measurement methods in clinical environments or current treatment and diagnostic options and their limitations. In addition to technical aspects of the methods, their relevance and requirements in the clinical environment should also be discussed.

4 Learning outcome

By completing the module, students have acquired in-depth knowledge of clinical aspects of medical physics that are used in the areas of radiation therapy, nuclear medicine, radiology and medical radiation protection.
You can identify the basic physical principles of diagnostic and therapeutic methods and understand their interaction as well as practical limitations in applying the principles due to the complex patient situation.
You are able to familiarize yourself with a complex subject area independently and present the essential content in an understandable and convincing manner. You have knowledge of modern presentation techniques and can use them.
They can defend their point of view in a scientific discussion.

5 Examination

Provision of academic achievement. The coursework is achieved in the form of a lecture and participation in the discussion of other lectures.

6 Participation requirements

Basic knowledge of medical physics and radiation physics is required. These can be acquired, for example, by successfully participating in the “Medizinphysik II” or “Strahlungsphysik I” module of the bachelor's degree program in Medical Physics at the TU Dortmund.

7 Module type

Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Prof. Dr. Armin Lühr (TUDo)	Department of Physics
9 Teachers	
Prof. Dr. Armin Lühr (TUDo), Prof. Dr. Andreas Block and Dr. Katharina Loot (Klinikum Dortmund)	

Module: Modern Radiation Therapy

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
WS	1 semester	1. – 3. sem.	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture + Tutorial	L+T	6	4

2 Language: English

3 Content

Radiotherapy is multifaceted, and the complexity of tumor treatment requires the use of different radiotherapy modalities and technical solutions to achieve optimal treatment results. The lecture provides an introduction to modern radiotherapy:

- Imaging procedures in radiotherapy (repetition)
- Structure recognition, segmentation and registration in radiotherapy
- State of the art of photon therapy
- Stereotaxy and radiosurgery
- Radiotherapy with charged particles
- Temporal-spatial fractionation in radiotherapy
- FLASH therapy
- 4D radiotherapy (for mobile tumors)
- Adaptive radiotherapy
- MRI-based radiotherapy
- Boron neutron capture therapy
- Brachytherapy and intraoperative radiotherapy
- Radiotherapy for pregnant patients

4 Learning outcome

After successfully completing the module, students can:

- Describe and differentiate the various modern radiation techniques such as Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT), Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT), helical tomotherapy, sterotaxy, image-guided radiation therapy (IGRT), adaptive radiation therapy, charged particle therapy and brachytherapy for optimal cancer treatment and for different tumor types.
- Differentiate the conceptual applications of imaging techniques and in vivo dosimetry procedures in modern radiation techniques.
- Evaluate the risk of secondary tumors after radiotherapy.

5 Examination

Course credits: active participation
Module examination: oral examination or written examination

6 Participation Requirements

7 Module type

Elective module

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	Dr. A. Hammi	Department of Physics

Module: Medical physics and technology of particle therapy

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
SS	1 semester	1. – 3. sem.	3	90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture	L	3	2
2	**Language: English**				
3	**Content** Radiation effect of higher-energy protons and other nuclei, radiobiological effect, beam generation by cyclotron or synchrotron, Bragg peak, range calculation, spread out Bragg peak, functional principle and design of the systems with gantry and radiator head, different beam types and corresponding radiator heads for proton therapy, radiation planning: concepts and clinical case studies				
4	**Learning outcome** After successfully completing the module, students will be able to understand and categorize the basics and applications of particle therapy. They know the difference in lateral and depth dose profiles due to the completely different nature of interactions in tissue between photons and particles (protons). You are familiar with the various beam generation techniques. In addition, they understand the methods for beam expansion and depth modulation. You can name the essential elements of the complex irradiation systems and explain their function. They can apply the principles of appropriate biological and physical radiation treatment planning.				
5	**Examination** will be announced at the beginning of the course				
6	**Participation Requirements** Basic knowledge of radiation physics and the interaction of radiation and matter is required. These can be acquired, for example, by successfully participating in the “Strahlungsphysik I” module of the bachelor’s degree program in Medical Physics at TU Dortmund University.				
7	**Module type** Elective module/ mandatory module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		
9	**Teacher** Dr. C. Bäumer (WPE)				

Module: Applied Proton Therapy

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.), M.Sc. Physics				
Frequency: in SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1. – 3. sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Computer Lab	P	6	4

2 Language: English

3 Content

Basics of the Monte Carlo simulation method

- Interaction of ionizing radiation and description by means of computer simulations
- Focus: Proton radiation and field shaping for clinical applications in radiation therapy
- Simulation of patient irradiation by integration of CT image data sets
- other changing topics: e.g. radiation protection or biological effectiveness

In each course, a compact introduction to the topic is followed by its direct implementation in simulations to be created by the students themselves. In a final project work, a complete irradiation is simulated and evaluated from a clinical point of view.

4 Learning outcome

After successful completion of the module, students can

- Name the basics of Monte Carlo (MC) simulation techniques and apply them to specific problems involving ionizing radiation.
- Interpret and process results from simulations and present them in an appropriate manner.
- Explain the effect of individual components of different beam shaping techniques for clinical treatment fields and recreate them using computer simulations.
- Recognize and explain differences in the physical dose distribution of various types of radiation and irradiation techniques.
- Explain the data structure of the clinical standard file format (DICOM) and display, read and process content in suitable software.
- Describe the creation of simple proton irradiation plans, evaluate them from a clinical perspective, and apply what they have learned to a specific project.

5 Examination

Course achievement: written project report
Module exam: will be announced at the beginning of the course.

6 Participation requirements

No

7 Module type

Elective module

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	Prof. Dr. A. Lühr	Department of Physics

Module: TPS - Practical Course on Treatment-Planning (KM05)

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load
WS+SS	1 semester	1. – 3. sem.	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Practice	P	6	2

2 Language: German / English

3 Content

Introduction to the basics of radiation planning, carrying out contouring and radiation planning on simple phantoms, but also interactive or inverse creation of individual radiation plans for patients based on anonymized patient data.

4 Learning outcome

The students are familiar with the modules of a radiation planning system and various dose calculation methods. You know the volume concept in radiation therapy, the use of the most important imaging procedures with multimodal image registration and fusion, as well as the essential principles of plan optimization (protection of organs at risk, homogeneous irradiation of the target volume). You can operate a modern 3D/4D treatment planning system, evaluate isodose curves and interpret dose-volume histograms.

5 Examination

Coursework: Attendance; Preparation of protocols for the internship experiments; final oral group examination (30 min)

6 Participation Requirements

Basic knowledge of radiation physics and the interaction of radiation and matter is required. These can be acquired, for example, through successful participation in the module “Strahlungsphysik I”, “Medizinphysik I & II” and “Medizinphysikalisches Klinikpraktikum” of the Medical Physics bachelor’s degree program at the TU Dortmund.

7 Module type

Elective module

8 Responsible

Dean of the Department of Physics

Faculty in charge

Department of Physics

9 Teachers

Christian Mehrens and Prof. Dr. Andreas Block (Klinikum Dortmund), Dr. Anne Bialek (TUDo)

Module: Basic radiation protection regulation for medical physics experts

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
SS	1 semester	1. – 3. sem.	1	30 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture and practice	S	1	Block course
2	**Language:** German				
3	**Content** Basics: radiation physics, radioactivity, radiation biology, dosimetry, radiation planning. Dose estimates, personal dosimetry. Radiation use on humans: justifiable indication Natural and civilizational radiation exposure. Radiation protection: basics, structural and equipment radiation protection, applications (e.g. in nuclear medicine). Legal basis.				
4	**Learning outcome** The students have acquired the knowledge that is imparted in a basic radiation protection course in accordance with legal regulations.				
5	**Examination** will be announced at the beginning of the event				
6	**Participation requirements** Basic mathematical and physical knowledge from the bachelor's degree program				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics		**Faculty in charge** Department of Physics		
9	**Teachers** Prof. Dr. Andreas Block (Klinikum Dortmund), Jun.-Prof. Dr. Armin Lühr (TUDo)				

Module: Fundamentals of Detector Physics (PHY825)
Degree Program: Physics (M.Sc.), B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, M.Sc. Physics, IMAPP, MMPPLS

https://physik.tu-dortmund.de/en/study/courses-and-qualification/master-physics/module-handbook/

Module: Angewandte Dosimetrie (PHY629)
Degree Program: Physik (B. Sc.), B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, M.Sc. Physics, MMPPLS

https://physik.tu-dortmund.de/en/study/courses-and-qualification/bachelor-physik/module-handbook/

Module: Advanced MRI

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.), B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, IMAPP

Frequency:	Duration:	Semester:	Credits	Work load
WS	1 semester	1. – 3. sem.	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture (1h)	L	6	4
2	Exercise Session (1h)	E		
3	Seminar (1h)	S		
4	Clinical Training (1h)	T		

2 Language: English

3 Content

Magnetic resonance imaging (MRI) is a non-ionizing imaging technique. MRI enables multidimensional (2D, 3D, 4D,...) and multicontrast (T_1-, T_2, T_2*, diffusion, perfusion, susceptibility,...) in-vivo (human or animals) or ex-vivo (forensic, various substances, cell culture) imaging using either exogenous contrast agents or endogenous substances (blood, tissue components).

The well-functioning combination of different hardware and software components based on physical and mathematical principles allows the creation of an MRI image that can be used for both scientific and diagnostic purposes. The MRI images can be evaluated either qualitatively or quantitatively. A quantitative evaluation enables both an objective assessment of the MRI images independent of the user's professional experience and the use of appropriate MRI methods in the context of long-term examinations and drug treatments.

The focus of this four-part course is on 1) understanding the formation of different image contrasts from a physical point of view, 2) analyzing quantitative MRI images using different programming languages, 3) preparing a scientific presentation on an MRI-related topic based on current literature, and 4) practical experience with the MRI techniques and contrasts presented in the course.

Literature:

- Mona Salehi Ravesh; Lecture notes, TU Dortmund University, 2024.
- Bernstein M. et al; "Handbook of MRI pulse sequences", Academic Press
- Haacke M. et. Al.; "Magnetic Resonance Imaging: Physical Principle and Sequence Design", Wiley
- Schlegel W. et. Al.; "Medical Physics", Springer
- www.pubmed.org
- https://mriquestions.com/index.html

4

The lecture covers the basics of magnetic resonance imaging and MRI weighting (T_1, T_2, T_2*, perfusion, diffusion weighting), which are necessary for understanding quantitative MRI techniques.

As part of exercises, students will implement mathematical-physical methods in a programming language of their choice, which will be used for the quantitative analysis of the MRI methods covered in the lecture.

In a seminar, students will be able to extract the essence of selected research articles and present recent advances in the application of quantitative MRI techniques to human imaging. This gives students practical experience and develops their presentation skills, which are essential for future research activities and international conferences.
As part of a subsequent practical course, students will be able to perform in vitro (phantom) examinations on a human MRI machine, giving them hands-on experience of the techniques covered and the image contrasts within this course. In addition, they will gain their first experience in producing a phantom that can be used for a specific question (quantitative relaxometry). This will provide students with practical experience and develop their decision-making skills, which are essential for future research activities.

5 Examination

Course credit: Active participation in the exercises, 20-minute seminar presentation, 2-3-page practical report.
Module exam: oral exam (30 min)

6	**Participation Requirements** Knowledge from the courses "Theoretical Physics II" and "Experimental Physics III" is desirable, but not mandatory for understanding the topics in this course.	
7	**Module type** Elective module/ mandatory module	
8	**Responsible** PD Dr. habil rer. nat. Mona Salehi Ravesh	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Image processing in medicine

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
SS	1 semester	1. – 3. sem.	5	150 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture+ Tutorial	L+T	5	

2 Language: English

3 Content

Reception by the human visual system, definition and basics of image processing (e.g. discretization, sampling theorem, global parameters of images), operations in the spatial domain (histogram modulation, filtering, morphological operations, geometric
Image operations, distance transformation), information extraction methods (segmentation, texture analysis, shape description), classification and machine learning (support vector machines, deep learning), image restoration, image registration, visualization.

4 Learning outcome

After successfully completing the module
- Can students confidently apply the basics of two- and multi-dimensional signal processing.
- The students master techniques and strategies in order to be able to solve typical tasks in image processing independently.
- The students have in-depth programming knowledge in MATLAB through exercises.
- The students are qualified to analyze cross-disciplinary, interdisciplinary questions through the application area of medical image processing.
- The students are prepared to work on further questions in medical image processing in the research phase.

5 Examination

will be announced at the beginning of the event

6 Participation requirements

Confident handling of Fourier transformation and description of systems in the frequency domain (time frequencies / spatial frequencies)

7 Module type

Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Prof. Dr.-Ing. Georg Schmitz	RUB

Module: Ultrasound in medicine

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
WS	1 semester	1. – 3. sem.	5	150 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture+ Tutorial	L+T	5	

2 Language: English

3 Content

Linearized acoustic field equations in fluid media and elastic solids, scattering and attenuation in biological tissues, the piezoelectric effect, ultrasonic transducers (structure, equivalent circuits), imaging methods with ultrasonic transducer arrays, flow measurement and Doppler methods, ultrasound contrast agents, selected special areas (elastography, photoacoustics, harmonic imaging, HIFU therapy, superresolution imaging)

4 Learning outcome

After successfully completing the module
- Students know the basic linear acoustic equations and can explain the linearizations used and derive the linear wave equation in inhomogeneous media.
- The students know the basic quantities and relationships for the propagation of ultrasound waves in solid bodies.
- Students can model the acoustic properties of biological tissue (scattering, attenuation).
- The students know how conventional clinical ultrasound devices work, can describe the structure of ultrasound transducers and are able to implement simple reconstruction procedures (delay-and-sum).
- The students are prepared to work on further questions regarding imaging and therapeutic ultrasound systems in the research phase.

5 Examination

will be announced at the beginning of the event

6 Participation requirements

Confident handling of Fourier transformation and description of systems in the frequency domain (time frequencies / spatial frequencies)

7 Module type

Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Prof. Dr.-Ing. Georg Schmitz	RUB

Module: Applications of Machine Learning in Medical Physics

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
WS	1 semester	1. – 3. sem.	3	90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Seminar	S	3	2

2 Language: English

3 Content

Machine learning has been increasingly used in many areas of medicine for years and even has the potential to change them completely. Already today, machine learning methods are of great importance, for example, in diagnostics with the help of imaging procedures. There, machine learning methods help physicians to evaluate the highly complex data in order to make a diagnosis more precisely and faster. But machine learning can also be used efficiently in other areas, such as therapy planning, treatment or even in the development of effective drugs, not only to save costs and time, but ultimately to provide patients with the best possible care.

In this seminar, you will first get an overview of the diverse applications of machine learning in medicine. In addition, you will scientifically research a selected topic, gain a deeper insight and understanding, and clearly prepare and present it as a lecture. The central focus of these seminar lectures is on the medical-physical applications, less on the technical aspects of machine learning.

In addition to the seminar lectures, we prepare short lecture inserts in which we take a closer look at the technical aspects of machine learning in the respective applications and explain them without any necessary prior knowledge.

4 Learning outcome

The participants get an overview of current topics in medicine, in which modern machine learning methods are used. You will learn how to research a scientific topic and present it to an audience in a comprehensible lecture. In addition, you will gain insights into how modern machine learning algorithms work.

5 Examination

Course Credits: Active participation in the discussions during the seminar hours.
Module examination: Graded, independently researched and elaborated seminar presentation.

6 Participation requirements

Basic knowledge in medical physics, desirable is the lecture 'Statistical Methods of Data Analysis'.

7 Module type

Elective module

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	Prof. Dr. Kevin Kröninger	Department of Physics

Module: Modern Techniques of Radiation Therapy

Degree Program: **Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.) (and B.Sc.), Physics M.Sc. (and B.Sc.)**

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits:**	**Work load**
in SS/WS	1 semester	5.-6. Sem (B.Sc) 1.-3. Sem (M.Sc)	3	90 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Seminar**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	1
2	**Language:** German/English				
3	**Content** This seminar complements the lecture “Modern Radiation Therapy” by providing a discussion- and project-oriented deep dive into modern technologies used in clinical radiation oncology. Students will assess and discuss the current clinical workflows, technological trade-offs, and implementation barriers, based on state-of-the-art literature and clinical case scenarios. Core technology blocks include: • State-of-the-art photon therapy • Image guidance and motion management • Adaptive radiotherapy • MRI-guided radiotherapy • Charged particle therapy (IMPT robust optimization, range verification) • Proton Arc therapy • Temporal and spatial fractionation concepts • FLASH radiotherapy • Boron neutron capture therapy • Brachytherapy and intraoperative radiotherapy Seminar format: • Presentation				
4	**Learning outcome** Participants will: • understand the operating principles and clinical workflows of key modern radiation therapy technologies, • be able to compare technologies in terms of plan quality, robustness, imaging burden, delivery constraints, and uncertainties, • understand the challenges and the evidence behind “new” technologies: identify what the limitations are, and what is still unknown then translate that into realistic clinical use case. • communicate technology assessments clearly in oral presentations.				
5	**Examination** Module exam: graded individual seminar presentation. (Active participation in discussions is expected as part of the seminar performance.)				
6	**Participation Requirements** For bachelor’s students, the successful completion of the lecture Medical Physics II				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dr. Abdelkhalek Hammi		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Introduction to radiation physics and proton therapy

Degree Program: **Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)**				
Frequency: in SS/WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 5.-6. Sem (B.Sc) 1.-3. Sem (M.Sc)	**Credits:** 3	**Work load** 90 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Seminar**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture with practical course (exercise)	L+E	3	2
2	**Language:** German/English				
3	**Content** This lecture introduces basic concepts of radiation physics, the radiation therapy workflow, and in particular proton therapy for medical physics and physics students. It is also suitable for students without a physics background or non-physics PhD candidates working at the interface with proton therapy. The aim is to make the physical principles behind proton therapy and radiation therapy in general accessible and directly relevant for biologists, chemists and non-physics PhD candidates working in projects related to proton therapy. **Topics include:** - Interaction of photons, electrons, and heavy charged particles - Dosimetry basics - Biological relevance of radiation therapy: DNA damage, radiation chemistry, repair pathways - Overview of medical imaging modalities used in radiotherapy - Physical and biological advantages of proton therapy - Proton therapy: workflow and clinical applications - Patient-specific dose calculation: proton vs. photon- treatment plans - Assessment of dosimetric effects of radiotherapy - Proton therapy: uncertainties and challenges - Alternative radiation therapy techniques Practical sessions include simplified hands-on interpretation of imaging data, proton dose calculations, and case-based comparisons between photon and proton therapy, linking the underlying physics to biological effects**.**				
4	**Learning outcome** After completing the lecture, participants will: - Understand the fundamental physical mechanisms underlying radiation therapy and be able to connect these physical principles with biological and chemical mechanisms relevant for research or clinical practice. - Understand how radiation affects molecules, cells, and tissues. - Understand the need for multi-modal imaging in radiotherapy and its use in radiotherapy. - Understand the basic clinical workflow of radiation therapy in general, with a particular focus on proton therapy. - Be able to perform basic patient-specific proton-based treatment plan calculations. - Be able to assess and interpret basic dosimetric quantities and related effects in patient cases (e.g., dose, dose rate, LET, RBE, NTCP). - Understand the need for new technologies and assessment tools to improve the outcomes of future proton therapy.				
5	**Examination** Module exam: Oral exam				
6	**Participation Requirements** Own laptop				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dr. Abdelkhalek Hammi		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Challenges of Future Radiation Oncology

Degree Program: **Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)**

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits:**	**Work load**
in SS/WS	1 semester	5.-6. Sem (B.Sc) 1.-3. Sem (M.Sc)	3	90 h

1	**Module Structure:**				
	No.	**Element / Seminar**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	1
2	**Language:** German/English				
3	**Content** This seminar is built around the European Society for Radiotherapy and Oncology task-group on the future challenges for medical physics in the era of precise radiation oncology and focuses on four tightly connected dilemmas that will shape future practice: 1) Target definition as inherent problem in the radiation oncology: moving from expert-driven contours to evidence- and data-driven target concepts (including uncertainty-aware / probabilistic thinking). 2) AI and automation: implementing AI safely as a clinical tool not as a black box. 3) Biology and individualized radiotherapy: developing interpretable bio-mathematical models that combine standard matrices with clinical, imaging and biological information to support precision decisions. 4) Side effects versus benefit of radiation therapy: managing normal-tissue toxicity and immune-related effects as a central constraint of personalization to define how far we can boost treatment, push margins, and adapt treatment without causing avoidable toxicity? Seminar format: • Presentation				
4	**Learning outcome** By the end of the seminar, participants will be able to: • explain why defining the target is still hard and uncertain in clinical practice, and how newer methods aim to make contours more consistent and avoid unnecessary treatment • judge when AI/automation is ready for clinical use by checking data, validation, failure modes, and QA requirements. • connect dose and fractionation decisions to biological response and toxicity models and discuss what individualized radiotherapy would require in practice. • frame the core dilemma of future RT: maximizing tumor control while minimizing side effects (including immune-related effects), and argue for balanced, evidence-based decisions.				
5	**Examination** Module exam: graded individual seminar presentation. (Active participation in discussions is expected as part of the seminar performance.)				
6	**Participation Requirements** For bachelor's students, the successful completion of the lecture Medical Physics II				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Dr. Abdelkhalek Hammi		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: Hands-On MRI: From Phantom Fabrication to Image Acquisition

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
Winter Semester	1 semester	3nd sem.	9	270 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture (1 h/week)	L	9	6
2	Exercise Session (4 h/week)	E		
3	Seminar (1 h/week)	S		

2 Language: English

3 Content

Magnetic resonance imaging (MRI) is a non-ionizing imaging technique. MRI enables multidimensional (2D, 3D, 4D,...) and multicontrast (T_1-, T_2, T_2*, diffusion, perfusion, susceptibility,...) in-vivo (human or animals) or ex-vivo (forensic samples, various substances, cell culture) applications using either exogenous contrast agents or endogenous substances (blood, tissue components).

The well-functioning combination of different hardware and software components based on physical and mathematical principles allows the creation of MRI images for both scientific research and clinical diagnostics.

The module Hands-On MRI: From Phantom Fabrication to Image Acquisition is offered jointly by the Hybrid Learning Center (HyLeC) at TU Dortmund University (Monika Radtke), the Department of Electrical Engineering and Information Technology at South Westphalia University of Applied Sciences in Hagen (Prof. Dr. Jens Gröbner), and the Department of Radiology and Neuroradiology at Klinikum Dortmund (Prof. Dr. med. Stefan Rohde). This module provides students with a practice-oriented understanding of the complete workflow of an MRI experiment, from the formulation of a specific imaging objective to data acquisition and image evaluation. Students learn how to translate an imaging question into an appropriate experimental design and measurement protocol.

This three-part course focuses on:

- translating a defined imaging objective into an appropriate selection of established or work-in-progress MRI techniques and acquisition strategies;
- developing, fabricating, and characterizing dedicated radio frequency (RF) coils and measurement phantoms to enable the implementation of specialized MRI experiments; and
- developing the scientific competencies required to identify, evaluate, and justify suitable methodological approaches based on the current research literature. These competencies are demonstrated through the preparation and delivery of a scientific presentation in which students critically assess the literature and propose an evidence-based approach to a specific MRI-related imaging task.

The module covers the relevant technical and methodological steps, including:

- MR safety,
- the design, fabrication, and basic characterization of an RF coil,
- the development and additive manufacturing of a resolution phantom,
- the selection and optimization of acquisition parameters,
- image acquisition using both a didactic MRI system and a clinical whole-body MRI system,
- and the qualitative and quantitative assessment of the resulting image data.

Literature:

- Mona Salehi Ravesh; Lecture notes, TU Dortmund University, 2026.
- Bernstein M. et al; "Handbook of MRI pulse sequences", Academic Press
- Haacke M. et. Al.; "Magnetic Resonance Imaging: Physical Principle and Sequence Design", Wiley
- https://mriquestions.com/index.html
- https://www.magnetomworld.siemens-healthineers.com/publications/mr-basics
- www.pubmed.org

4	**Learning outcome** The module provides students with the theoretical and practical competencies required to plan, conduct, and evaluate MRI experiments. In the practical sessions, students develop and characterize an RF coil and a resolution phantom, perform measurements on a didactic and a clinical whole-body MRI system, and assess the resulting image data. In the seminar, students critically review current scientific literature, evaluate methodological approaches, and present an evidence-based solution to a specific MRI-related imaging task. Upon successful completion of the module, students will be able to: • apply MR safety procedures, • translate an imaging objective into an experimental design and acquisition protocol • design, fabricate, and characterize an RF coil and a resolution phantom • select and optimize relevant acquisition parameters • perform MRI measurements on didactic and clinical systems • qualitatively and quantitatively evaluate MRI data; and • critically assess and communicate scientific literature and experimental results.	
5	**Examination** Course credit: Active participation in the lectures, delivery of a seminar presentation, participation in the MRI experiments, preparation of laboratory reports, and the design and fabrication of an RF coil and a resolution phantom. Module exam: None	
6	**Participation Requirements** Knowledge gained in the courses “Advanced Medical Imaging” and “From Spin to Clinical Decisions: MRI” is helpful but not required to understand the topics covered in this course. The number of participants is limited to a maximum of 10 students.	
7	**Module type** Elective module	
8	**Responsible** apl. Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Mona Salehi Ravesh	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Practical Aspects of Particle Science and Radiotherapy

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency: in WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1. – 3. sem.	**Credits** 3/6/9	**Work load** 90/180/270 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	3	2
2	Optional: exercise session	T	3	2
3	Optional: seminar	S	3	2

2 Language: English

3 Content

The lecture covers basic principles of advanced methods and technologies for different scientific disciplines that are relevant to current applications and future developments in radiotherapy and in particular proton therapy. Each semester, the course focuses on a specific research area. Concrete examples of relevant research areas include dosimetry, radiochemistry, radiobiology, treatment planning, medical imaging, clinical radiooncology and medical AI applications.
The exercise session offers the possibility to discuss concrete details and, where appropriate, to test the material of the lecture in a laboratory environment.
The seminar focuses on current and future developments in the research area under discussion.

4 Learning outcome

The students acquire basic knowledge of modern aspects of a dedicated field with relevance to particle science and proton therapy. They are able to name and explain different concepts relevant for that field. Furthermore, the students acquire skills for the critical reading of the literature and improve their presentation techniques

5 Examination

Module examination (lecture) or module component examinations (lecture and optional exercise session and/or seminar)
Course work: Active participation in the lecture and the seminar.
Examination: Graded oral examination and, if applicable, graded presentation of about 30 minutes in the seminar; the exercise session is not graded

6 Participation Requirements

7 Module type

Elective module

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	Dean of the Department of Physics	Department of Physics

Module: From Spin to Clinical Decisions: MRI at the Heart of Precision Medicine and Personalized Care				
Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency: Summer Semester	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 2nd sem.	**Credits** 6	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture (2 h/week)	L	6	4
	2	Exercise Session (1 h/week)	E		
	3	Seminar (1 h/week)	S		
2	**Language: English**				
3	**Content** Magnetic resonance imaging (MRI) is a non-ionizing imaging technique. MRI enables multidimensional (2D, 3D, 4D,...) and multicontrast (T_1-, T_2, T_2*, diffusion, perfusion, susceptibility,...) in-vivo (human or animals) or ex-vivo (forensic samples, various substances, cell culture) applications using either exogenous contrast agents or endogenous substances (blood, tissue components). The well-functioning combination of different hardware and software components based on physical and mathematical principles allows the creation of MRI images for both scientific research and clinical diagnostics. MRI images can be evaluated either qualitatively or quantitatively. Quantitative evaluation allows objective, user-independent assessment of MRI datasets and supports the longitudinal analysis of disease progression as well as therapy and drug response monitoring. The module “From Spin to Clinical Decisions: MRI at the Heart of Precision Medicine and Personalized Care” provides students with mathematical, physical, and medical principles of MRI techniques used in (pre)clinical applications. It covers a broad spectrum of imaging methods designed to address anatomical, functional, and metabolic questions from both diagnostic and research perspectives. The focus lies on the theoretical foundations of image formation and processing, the functioning of different imaging techniques, and their (pre)clinical relevance. This three-part course focuses on 1) Understanding the physical mechanisms underlying MRI contrast formation, 2) Analyzing qualitative and quantitative MRI datasets using different programming languages, 3) Preparing and delivering a scientific presentation on an MRI-related topic based on current literature. This module will cover the following key topics: • Introduction to MR-based imaging techniques, including perfusion, diffusion, susceptibility-weighted imaging, T_1- and T_2-mapping, and contrast-agent-free techniques: historical development and current state of the art • Fundamentals of image processing, including image quality assessment, segmentation, and qualitative/quantitative analysis • Future perspectives of MR-based imaging, including artificial intelligence (AI) and machine learning, novel imaging techniques, and their potential clinical and research applications **Literature:**				

	• Mona Salehi Ravesh; Lecture notes, TU Dortmund University, 2026. • Bernstein M. et al; "Handbook of MRI pulse sequences", Academic Press • Haacke M. et. Al.; "Magnetic Resonance Imaging: Physical Principle and Sequence Design", Wiley • https://mriquestions.com/index.html • https://www.magnetomworld.siemens-healthineers.com/publications/mr-basics • www.pubmed.org
4	**Learning outcome** The lecture covers the MRI techniques (T_1, T_2, T_2*, perfusion-, diffusion-weighting,...) that are essential for understanding qualitative and quantitative MRI applications. As part of the exercise sessions, students will implement mathematical and physical methods using a programming language of their choice to perform qualitative and quantitative analyses of MRI data. In the seminar, students will extract the key findings of selected research articles and present recent advances in the application of various MRI techniques to (pre)clinical imaging. This provides students with practical experience and further develops their presentation skills, which are essential for future research activities and participation in international conferences. Upon successful completion of this module, students will be able to: • Explain the mathematical, physical, and medical principles underlying MR-based imaging techniques • Compare advantages and limitations of MRI techniques for addressing anatomical, functional, and metabolic questions in (pre)clinical diagnostics and research • Apply image processing algorithms to MRI datasets with varying contrast mechanisms and dimensionality • Understand the role of MRI in personalized medicine and clinical research • Discuss current trends and future developments in medical imaging, including AI and machine learning approaches
5	**Examination** Course credit: Active participation in weekly exercises and seminar presentations. Module exam: Written exam (45 minutes)
6	**Participation Requirements** Knowledge from the courses "Advanced medical imaging" is desirable, but not mandatory for understanding the topics in this course.
7	**Module type** Elective module
8	**Responsible** apl. Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Mona Salehi Ravesh **Faculty in charge** Department of Physics

Track B: Physics of Living Systems

Mandatory courses	**Sem.**	**CP**
Physics of life	WS	6 CP
Lab course: Physics of Living Systems	SS	5 CP
AI for Medical Applications		
- Data Analysis Lab: Python for Machine Learning	WS	5 CP
- AI for Medical Applications	SS	4 CP
Elective courses		
Soft Matter	SS	6 CP
MD Simulation of Biological Materials	WS	6 CP
Neuroinformatics	WS/SS	6 CP
Biomaterials	WS	4 CP
Tissue Engineering	SS	4 CP
Medicinal Chemistry 1	WS	4 CP
Medicinal Chemistry 2	SS	4 CP
Fundamental Immunology	SS	4 CP
Biomolecular Modelling	WS	4 CP

Note: Electives can also be suggested proactively. An informal proposal including the description of the course should be send to the secretary of the chair of the program.

Module: Physics of life (BP12)

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.), B.Sc. Physik, B.Sc. Medizinphysik, M.Sc. Physics

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
WS	1 semester	1. – 3. sem.	6	180 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture + Tutorial	L+T	6	4

2 Language: English

3 Content

i) Thermodynamics, phase transformations and critical phenomena in biology. Role of fluctuations, Landau-Ginzburg, connection to all other areas
ii) Mechanics of the cell: elasticity of shells, Helfrich theory, wetting, cell adhesion according to Sackmann, budding line tension.
iii) Electrostatics on biopolymers and membranes: Poisson-Boltzmann, Gouy Chapmann, coupling to phase transformations
iv) Polymer Theory: Gauss and Flory Chain, Dynamics (Rousse and Zimm), De Gennes, Reptation, Semiflexible Polymer
v) Viscoelasticity theory of biopolymer networks/cytoskeleton. Affine networks, scale arguments, rubber plateau, dynamics and elasticity
vi) Life at small Reynolds numbers. Microswimmer, reversibility, slender body theory (sperm, bacteria, paramecium, lungs,...)
vii) Non-linear phenomena. (coupled) nonlinear oscillators (hearing), solitons, application nerves, heart...
viii) Evolution theory

4 Learning outcome

After successfully completing the module

- Students can apply physical concepts of hydrodynamics, elasticity theory, thermodynamics/statistics and electrodynamics in an interdisciplinary manner to questions of biological and medical physics (especially) on a mesoscopic and macroscopic scale.
- In the exercises, students learned to independently understand problems from the interdisciplinary subject area of biological physics and physiology as physical problems, to solve them and to discuss them in the group.

5 Examination

Course work: Exercises
Graded exam (120 min) or oral exam (30 min), will be announced at the beginning of the course

6 Participation Requirements

No

7 Module type

Elective module/ mandatory module

8 Responsible

Prof. Dr. Matthias Schneider

Faculty in charge

Department of Physics

Module: Lab course to Physics of Living Systems

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency: SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1. – 3. sem.	**Credits** 6 CP	**Work load** 180 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lab	P		
2	**Language: English**				
3	**Content** Experimental introduction to central working methods from biophysical research i.e. • Electrophysiology • Lipids and Membrane Biophysics • Fluorescence microscopy • FRET • Contraction Force microscopy The respective experiment instructions only contain a brief outline of the theoretical and experimental basics. The necessary knowledge must be acquired through self-study.				
4	**Learning outcome** The students earn the practical knowledge that is necessary for successful independent experimental work in the field of biophysical research. The students are familiar with different techniques and their respective theoretical background.				
5	**Examination** Oral Exam (30min)				
6	**Participation Requirements** Physics of Life				
7	**Module type** Elective module/ mandatory module				
8	**Responsible** Prof. Dr. Matthias Schneider		**Faculty in charge** Department of Physics		

Module: AI for Medical Applications

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

To avoid copying errors and discrepancies, each entry is printed only once. Detailed information about the module can be found in the section on Track A.

Elective courses

Elective courses	
Soft Matter	6 CP
MD Simulation of Biological Materials	6 CP
Neuroinformatics	6 CP
Biomaterials	4 CP
Tissue Engineering	4 CP
Biomolecular Modelling	4 CP
Mediclinal Chemistry 1	4 CP
Mediclinal Chemistry 2	4 CP
Fundamental Immunology	4 CP

Module: Theory of Soft and Biological Matter (PHY633)
Degree Program: Physik (B. Sc.), B.Sc. Physik, M.Sc. Physics, M.Ed. Lehramt (Gym/Ge, BK)

https://physik.tu-dortmund.de/en/study/courses-and-qualification/bachelor-physik/module-handbook/

Module: Molecular Simulation of Soft Matter and Biological Materials (PHY714)
Degree Program: Physics (M. Sc.)

https://physik.tu-dortmund.de/en/study/courses-and-qualification/master-physics/module-handbook/

Neuroinformatics.

This subject area offers a variety of courses offered primarily by the Institute for Neuroinformatics at RUB.
An overview of the courses currently offered can be found here:
https://www.ini.rub.de/teaching/courses/

Examples of courses offered include:

Introduction to Data Science	WS
Deep Learning	WS
Natural Language Processing with Deep Leaning	WS
Supervised Methods	SoS
Unsupervised Methods	WS
Introduction to Computational Neuroscience	SoS
Single-Neuron Models	SoS
Neural Dynamics	WS

* the selection of courses offered varies to some degree each year.

Module: Biomaterials: From Cells to Tissues

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency: annual, WS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1. – 3. sem.	**Credits** 4	**Work load**

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Biomaterials: From cells to tissues	L	3	2
2	Exercise for Biomaterials: From cells to	T	1	1

2 Language: English

3 Content

1) Introduction to biological tissues
− properties at the cellular scale
− properties at the macromolecular scale: composition of the extracellular matrix
2) Interactions between cells and their native tissue environment
− soluble signals
− matrix-bound cues
− matrix mechanics
− cell-cell interactions
3) Biomaterials and scaffolds: definitions and fundamental properties
− biocompatibility, biodegradability, structural and functional support for cells
4) Types of biomaterial scaffolds
− natural biomaterials (decellularized tissues, ECM protein hydrogels)
− synthetic polymeric biomaterials
5) Scaffold design and biomaterial properties
− structure (porosity, fibrous)
− mechanical and degradative properties
− biochemical composition
− topography
6) Scaffold fabrication techniques
− hydrogel synthesis and functionalization
− techniques to introduce porosity
− fiber electrospinning
− 3D printing
7) Biomaterials in 2D versus 3D cell culture: applications
8) Regulation of cell function by biomaterial properties
− cell-matrix interactions (e.g. cell adhesion, mechanotransduction)
− cell migration
− stem cell proliferation and differentiation

4 Learning outcome

After module completion, students will be able to
- explain basic design principles in modern biomaterials and cell culture scaffolds
- understand how properties of biomaterials regulate cell function and apply this knowledge to custom-design biomaterials for specific cell culture applications
- develop design strategies for biomedical applications at the interface of chemistry, materials science and cell biology
- independently familiarize themselves with a biomedical topic/problem in a scientific manner
- present complex interdisciplinary biomedical topics in spoken and written language using the correct scientific terminology

5 Examination

Coursework: seminar presentation,
module examination: oral or written examination.

6 Participation Requirements

None,
Basic knowledge of cell biology, comparable to courses on cell biology in the Bachelor's program in chemical biology and basic knowledge on biochemistry are recommended.

7 Module type

Elective module/ mandatory module

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	Prof. Dr. B. Trappmann	Department of Chemistry and Chemical Biology

Module: Tissue Engineering

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency: annual, SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1. – 3. sem.	**Credits** 4	**Work load**

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Tissue Engineering	L	3	2
2	Exercise for Tissue Engineering	T	1	1

2 Language: English

3 Content

1. Basic principles of tissue engineering
2. Biomaterials in tissue engineering
− Scaffolds: design, materials, fabrication and characterization
3. Cell source: isolation, expansion, differentiation
4. In vitro control of tissue development
− Microfluidic platforms
− Principles of bioreactor design
5. Gene therapy
6. Current applications
− Skin
− Heart
− Bone
− Muscle
− Nervous system
7. Fundamentals of drug delivery
8. In vivo transplantation of engineered tissues
9. Clinical translation
10. Applications of engineered tissues in drug testing/ replacement of animal models
11. Current challenges of tissue engineering and outlook on future possibilities

4 Learning outcome

After module completion, students will be able to

- explain basic design principles in tissue engineering and regenerative medicine
- understand the criteria for choosing an appropriate combination of cell source, scaffolds and bioreactors to engineer specific tissues
- apply tissue engineering principles to address clinical problems
- demonstrate knowledge of already existing clinical applications of tissue engineering and their limitations
- independently familiarize themselves with a biomedical topic/problem in a scientific manner
- present complex interdisciplinary biomedical topics in spoken and written language using the correct scientific terminology

5 Examination

Coursework: seminar presentation,
module examination: oral or written examination.

6 Participation Requirements

None,
Basic knowledge of cell biology, comparable to courses on cell biology in the Bachelor's program in chemical biology and basic knowledge on biochemistry are recommended.

7 Module type

Elective module/ mandatory module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Prof. Dr. B. Trappmann	Department of Chemistry and Chemical Biology

Module: Biomolecular Modeling

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
annual	1 semester	1. – 3. sem.	4	

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Biomolecular Modeling	L	3	2
2	Exercises for Biomolecular Modeling	T	1	1

2 Language: English

3 Content

1. Basics
− Molecular coordinate systems
− Classical mechanics
− Statistical mechanics
− Principles of Monte Carlo simulation
− Principles of molecular dynamics simulations
− Optimization methods/vibration analysis
2. Atomic models for biological systems
− Intra- and intermolecular potential functions
− Potential parametrization
− Construction principles of complex molecular models
− Efficient calculation methods
3. Calculation of observables
− Thermodynamic quantities
− Structural variables, distribution functions
− Dynamic quantities, time correlation functions
− Comparison with experimental data
4. Special simulation techniques
− Creation of different ensembles
− Free energy simulations
− The Potential of Mean Force
− Advanced methods
5. Applications
− Biological membranes
− Protein dynamics
− Protein-ligand binding

4 Learning outcome

Upon successful completion of the module, students will be able to,

- explain different simulation and modeling methods for biological systems,
- propose suitable calculation methods for given applications and questions and to estimate the limits of their predictive power and the effort required,
- select and apply appropriate programming techniques for problem solving,
- use acquired knowledge to develop methodical solution strategies for biochemical and biophysical problems and to logically analyze the results,
- develop solution strategies, discuss, present their own point of view appropriately orally and in writing as well as cooperate with others.

5 Examination

Oral examination

6 Participation Requirements

None

7 Module type

Elective module/ mandatory module

8 Responsible

Prof. Dr. S. M. Kast

Faculty in charge

Department of Chemistry and Chemical Biology

Module: Medicinal Chemistry 1

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
annual, WS	1 semester	1. – 3. sem.	4	

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Medicinal Chemistry 1	L	3	2
2	Exercise for Medicinal Chemistry 1	T	1	1

2 Language: English

3 Content

1. Fundamentals of protein-ligand interaction:
- Methods for understanding protein-ligand interactions as a basis for the rational design of W agents.

2. Basic concepts of medicinal/pharmaceutical chemistry:
- Definition of active substance
- Drug substance and medicinal product, how do active substances work?
- Phase I-IV clinical trials

3. Basic concepts of the description of pharmacokinetics:
- LADME concept and terms
- Application routes

4. Independent pharmacokinetic characteristics:
- Understanding of clearance parameters,
- Volume of distribution
- Bioavailability
- Half-life
- Elimination

5. Structural properties and possibilities for optimising pharmacokinetic properties:
- Lipinsky Rules and Innovations
- Metabolic processes
- Prediction of ADME properties on the basis of calculated parameters

6. Prediction of human PK properties:
- Transporter properties
- Microsomal stability
- Caco 2 assay
- Scaling methods

7. Structure-based drug design and computer methods of modern drug discovery:
- Visualisation of physicochemical properties of active substances
- molecular modelling
- virtual screening
- Database searches

8. Case studies:
- Factor Xa inhibitors
- MMP inhibitors
- Kinase inhibitors
- Lipid 2 antagonists
- PDE5 inhibitors
- Adenosine agonists
- sGC stimulators
- sGC activators
- DPP4 inhibitors

4 Learning outcome

By successfully completing this module, students will be able to,

- explain basic principles of protein-ligand interaction and modern drug discovery.
- comprehend structure-based, rational and computer-based methods for the development of active substances
- explain factors that influence the interplay of pharmacokinetics and pharmacodynamics and understand the possibilities for influencing these processes through chemical modification and apply them in problem solving.
- develop interdisciplinary solution strategies for practical problems at the interface between chemistry, pharmacology and biophysics for basic research and biomedical applications.
- discuss, communicate their own point of view appropriately and cooperate with others when

	developing solution strategies.	
5	**Examination** Written exam	
6	**Participation Requirements** None, knowledge of bioorganic chemistry and organic chemistry is recommended	
7	**Module type** Elective module/ mandatory module	
8	**Responsible** Prof. Dr. D. Rauh	**Faculty in charge** Department of Chemistry and Chemical Biology

Module: Medicinal Chemistry 2

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
annual, SS	1 semester	1. – 3. sem.	4	

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Medicinal Chemistry 2	L	3	2
2	Exercise for Medicinal Chemistry 2	T	1	1

2 Language: English

3 Content

1. History of drug research and discovery:
- Active plant ingredients
- Aspirin
- Process of synthesis of the active substance

2. Targets for pharmacologically active agents:
- Distribution of target classes for commercial agents

3. Protein-ligand interactions:
- Significance of the individual energy contributions
- Strength of different types of interaction

4. Enzyme inhibitors:
- Types of enzyme inhibition and their kinetic description
- Types of enzyme inhibition and their kinetic description
- Mechanisms of different protease types
- Proteasome and proteasome inhibitors

5. Industrial pharmaceutical research:
- Screening process
- Screening by selection
- Computational chemistry methods in the hit finding and hit-to-lead process
- Optimisation cycles

6. Case studies:
- Factor Xa inhibitors
- MMP inhibitors
- Kinase inhibitors
- Lipid 2 antagonists
- PDE5 inhibitors
- sGC stimulators
- sGC activators
- DPP4 inhibitors

7. Biological drugs such as oligonucleotides and antibodies

4 Learning outcome

By successfully completing this module, students will be able to,

- explain the processes of pharmaceutical research and industrial applications.
- understand the underlying principles for the action of biological drugs
- understand different technologies for drug identification
- describe different types of enzyme inhibition and to draw conclusions about possible consequences of enzyme inhibition from chemical structural features.
- develop interdisciplinary solution strategies for practical problems at the interface between chemistry, pharmacology and biophysics for basic research and biomedical applications.
- discuss, communicate their own point of view appropriately and cooperate with others when developing solution strategies.

5 Examination

Written exam

6 Participation Requirements

None,
knowledge of bioorganic chemistry and organic chemistry is recommended

7 Module type

Elective module/ mandatory module

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	Prof. Dr. D. Rauh	Department of Chemistry and Chemical Biology

Module: Fundamental Immunology

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
annual, SS	1 semester	1. – 3. sem.	4	

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Fundamental Immunology	L	3	2
2	Exercises for Fundamental Immunology	T	1	1

2 Language: English

3 Content

1. organs and cell types of the immune system
2. immunological processes during viral or bacterial infections
3. immunological effector mechanisms of infection control
4. basics of immunological anti-tumor response
5. novel immunologic therapeutic approaches
- therapy with monoclonal antibodies,
- cell therapy,
- immunosuppressive drugs,
- bone marrow transplantation
6. basics of signal transduction in immune cells
- Signal transduction of cytokines,
- T cell receptor,
- inhibitory receptors

4 Learning outcome

By successfully completing this module, students will be able to,

- understand the different cell types and organs of the immune system and their functions based on their knowledge acquired in the course.
- understand the interaction of the different components of the immune system in a successful immune response.
- understand and evaluate experimental approaches for the investigation of immunological processes.
- explain various manipulations of the immune system for therapeutic purposes.
- present scientific facts in technically correct terms in speech and in writing and to discuss them with others.

5 Examination

Written exam

6 Participation Requirements

None,
basic knowledge of cell biology comparable to courses on cell biology in the bachelor's degree program in chemical biology is recommended.

7 Module type

Elective module/ mandatory module

8	**Responsible**	**Faculty in charge**
	Prof. Dr. Carsten Watzl	Department of Chemistry and Chemical Biology

Free Electives

Every course that is part of specialization Track A and B can also be chosen as a free elective. For these courses, the module descriptions can be found under the descriptions of Track A and Track B.
Courses provided by the Department of Physics of the TU Dortmund University are also eligible as Free Electives. The module descriptions can be found in the respective module handbooks

Examples of electives are listed below

Subject area Clinical Medical Physics

Module	**CP**	**Module handbook**
Advanced Clinical Medical Physics	6	MMPPLS
Radiation applications in the clinic	3	MMPPLS
Modern Radiation Therapy	6	MMPPLS
Medical Physics and Technology in Particle Therapy	3	MMPPLS
Applied Proton Therapy	6	MMPPLS
TPS – Practical Course on Treatment Planning	6	MMPPLS
Basic radiation protection regulation for medical physics experts	1	MMPPLS
Introduction to radiation physics and proton therapy	3	MMPPLS
Fundamentals of Detector Physics	3	M. Sc. Physics
Detector systems in particle and medical physics	3	M. Sc. Physics

Subject area Medical Imaging

Module	**CP**	**Department**
Advanced Medical Imaging	6	TU Phys/ MMPPLS
Advanced Magnetic Resonance Imaging	6	TU Phys/ MMPPLS
Image Processing in Medicine	5	RUB ET
Ultrasound in Medicine	5	RUB ET
Tomographic imaging methods	5	RUB ET
Master's internship in medical technology	3	RUB ET
Master's seminar in medical technology	3	RUB ET
Biomedical Optics	3	RUB ET
Applied data visualization for medical physicists	6/9	TU Comp
Medical image processing	6/9	TU Comp
Seminar - Medical Image and Signal Processing	6/9	TU Comp

Module: Tomographic imaging methods

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency: SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 5	**Work load** 150 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Lecture+ Tutorial	L+T	5	
2	**Language:** English?				
3	**Content** Generation and detection of X-rays, interactions of X-rays with matter, CT reconstruction methods (Fourier slice theorem, filtered back projection), practical aspects of image reconstruction, nuclear magnetic resonance effect, FID/spin echoes/gradient echoes, spatial coding in MRI, k-space description the MRI, simple basic sequences (spin echo, TSE, EPI, GRASE, BOLD), acoustic wave equation and Fourier diffraction theorem.				
4	**Learning outcome** After successfully completing the module ● Students know the basic tomographic reconstruction methods for X-ray computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI) and acoustic diffraction tomography. ● Can the students compare the tomographic imaging methods and explain their imaging properties (contrast mechanism, spatial and time resolution). In particular, they can describe the imaging properties in the spatial frequency space. ● The students know the basic technical structure of the systems for CT and MRI. ● Students can practically implement simple reconstruction algorithms. ● The students are prepared to work on further questions for imaging systems in the research phase.				
5	**Examination** will be announced at the beginning of the event				
6	**Participation requirements** Confident handling of Fourier transformation and description of systems in the frequency domain (time frequencies / spatial frequencies)				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. Dr.-Ing. Georg Schmitz		**Faculty in charge** RUB		

Module: Master's internship in medical technology

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
WS	1 semester	1st/2nd sem.	3	90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Practice	P	3	

2 Language: English?

3 Content

The internship includes four experiments, each of which is carried out on several dates. In addition to recording measurement data, it is often necessary to evaluate algorithms that have to be programmed as part of the internship. The four experiments have the topics:

- Basics of ultrasound pulse-echo imaging
- Optimization of ultrasonic transducers with the Finite Element Method (FEM) with a professional commercial FEM program that is used, among others, by the most important manufacturers of medical ultrasound devices.
- Design and optimization of array systems for imaging, complete simulation of imaging ultrasound devices from data acquisition to image.
- Registration of medical image data using the example of computer-assisted surgery.

4 Learning outcome

After successfully completing the module

- Students can practically solve exemplary questions about imaging systems.
- The students have acquired in-depth knowledge of programming with Matlab.
- Using an example, the students learned how to technically optimize a system based on finite element methods.
- The students can present a test result in the form of a technical report correctly in terms of content and form.
- The students practiced sensibly dividing complex activities into small teams.

5 Examination

Test certificate after successful completion of the test and submission of the test report. Before the experiment is carried out, the knowledge required for the experiment is asked (10 minutes) and must be available in sufficient quantity.

6 Participation requirements

Confident handling of Fourier transformation and description of systems in the frequency domain (time frequencies / spatial frequencies)

7 Module type

Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Prof. Dr.-Ing. Georg Schmitz	RUB

Module: Master's seminar in medical technology

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
SS	1 semester	1st/2nd sem.	3	90 h

1 Module structure

No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
1	Seminar	S	3	

2 Language: English?

3 Content

The seminar basically covers topics from the area of imaging and image processing of medical image data. The main topic is chosen anew every semester and announced on the website of the Chair of Medical Technology at the beginning of the semester or in the preliminary discussion of the event.

4 Learning outcome

After successfully completing the module
- Students can independently review literature on a given topic and grasp and reproduce the essential content.
- The students master key skills for presenting their results, such as the written summary of the research results (literature study) and the presentation of the results.
- Students are enabled to express constructive criticism of the work of colleagues (peer review) and to formulate questions regarding content.

5 Examination

The coursework is achieved in the form of a lecture and participation in the discussion of other lectures.

6 Participation requirements

no

7 Module type

Elective module

8 Responsible

Prof. Dr.-Ing. Georg Schmitz

Faculty in charge

RUB

Module: Biomedical Optics (BV07)

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency: SS	**Duration:** 1 semester	**Semester:** 1st/2nd sem.	**Credits** 3	**Work load** 90 h

1	**Module structure**				
	No.	**Element / Course**	**Type**	**Credits**	**Contact hours per week**
	1	Seminar	S	3	
2	**Language:** English				
3	**Content** Basics of the interaction of light and biological tissues, instrumentation for biomedical optical imaging, microscopy, optical coherence tomography (OCT), other tomographic optical methods, treatment of diseases with light (e.g. laser surgery).				
4	**Learning outcome** After successfully completing the module - The students have learned to follow a lecture in English - The students know the essential interaction mechanisms between light and biological tissue. - Students understand various methods of optical imaging of biological tissue and the treatment of diseases with light.				
5	**Examination** The coursework is achieved in the form of a lecture and participation in the discussion of other lectures.				
6	**Participation requirements** no				
7	**Module type** Elective module				
8	**Responsible** Prof. Dr. rer. nat. Martin Hofmann		**Faculty in charge** RUB		

Module: Applied data visualization for medical physicists

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
SS	1 semester	1st/2nd sem.	6 or 9	180 h or 270h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	6	4
2	Exercise (optional)	T	3	2

2 Language: English?

3 Content

With the increasing size of data volumes in practically all areas as well as their complexity and changeability, visualization is becoming increasingly important. It serves both for intuitive representation and as a means of analysis. Corresponding visualizations are often achieved by mapping onto graphic scenes, which are then displayed efficiently using graphic data processing methods. The first part of the module covers basic concepts for visualizing and analyzing data of different types. Data types considered are in particular one- and two-dimensional functions, multi-dimensional functions, graphs and scattered point sets. Methods of graphical data processing, statistical data analysis, efficient discrete algorithms and data structures as well as applied mathematics are presented, on which the concepts and their realizations are based. Furthermore, existing visualization/analysis systems that provide corresponding concepts are discussed. The second part of the module presents advanced visualization concepts that are specifically relevant to medical physics. These concern volume data, as occurs in various imaging procedures, as well as vector and tensor fields. Furthermore, the use of visualization techniques in the analysis and prognosis of biomedical signals will be discussed, taking existing systems of computer-assisted diagnosis into account.

4 Learning outcome

After successfully completing the module
- Students have methodological knowledge that enables them to solve complex visualization and analysis tasks on data, e.g. B. result in connection with medical-physical requirements
- Students have applied methods that are available in existing systems and are based on original literature in their given form, but have also adapted them to new, possibly expanded questions and identified application limits and specific features

5 Examination

Coursework: none; Module examination or two partial achievements. If you only take the lecture: graded oral module examination. If the exercises are also completed: two partial achievements, for the lecture: graded, oral exam, exercises: ungraded, written

6 Participation requirements

No

7 Module type

Elective module

8 Responsible	**Faculty in charge**
Priv.-Doz. Dr. F. Weichert	Department of Computer Science

Module: Medical image processing

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
WS	1 semester	1st/2nd sem.	6 or 9	180 h or 270h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	6	4
2	Exercise (optional)	T	3	2

2 Language: English?

3 Content

The capture and processing of images (generally sensor data) with computers and mobile devices is spreading rapidly due to the inexpensive availability of the technical equipment. The subject of the course is methods of digital image analysis. One focus is the classic processing chain of image analysis, which is divided into the parts discretization, image restoration, image enhancement and segmentation. Basic concepts such as the sampling theorem, the Fourier transform and other transformations as well as methods for solving optimization problems are presented. Another focus is the introduction to machine learning methods (deep learning), image compression and 3D computer vision, which are the basis for important applications of digital image processing.

4 Learning outcome

After successfully completing the module
- Students have basic knowledge that enables them to recognize and master tasks that can be solved using digital image analysis methods.
- Students find their way around the field in such a way that they are able to identify, understand and apply related methods and procedures that go beyond those of the lecture, depending on the task

5 Examination

Coursework: none; Module examination or two partial achievements. If you only take the lecture: graded oral module examination. If the exercises are also completed: two partial achievements, for the lecture: graded, oral exam, exercises: ungraded, written

6 Participation requirements

No

7 Module type

Elective module

8 Responsible

Priv.-Doz. Dr. F. Weichert

Faculty in charge

Department of Computer Science

Module: Seminar - Medical Image and Signal Processing

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)

Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
WS	1 semester	1st/2nd sem.	6 or 9	180 h or 270h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Lecture	L	6	4
2	Exercise (optional)	T	3	2

2 Language: English?

3 Content

Medical image and signal processing is developing into a key technology in the diagnosis and therapy of various clinical pictures, both through more complex and efficient algorithms and through new imaging and processing hardware. As part of the seminar, relevant concepts and techniques will be examined. The lectures will cover, among other things, current methods of image analysis and pattern recognition for computer-aided diagnostics and therapy, for two- and three-dimensional reconstruction and visualization, as well as numerical and analytical methods for simulating and describing the relevant processes in the context of diagnostics and therapy. In addition, work on experimental and imaging procedures (e.g. MRI) is also discussed. Within the seminar should

- Machine learning methods (e.g. CNNs) for classifying relevant structures or predicting processes,
- Visualization methods for representing static and dynamic processes,
- Techniques for simulating medical and biological processes,
- Concepts for generating realistic models via synthesis or additive manufacturing processes,
- Algorithms for the photorealistic spatial representation of anatomical structures,
- Measurement techniques (e.g. CT, MRT) to determine processes (e.g. flow processes) and anatomical structures be treated as lecture topics

4 Learning outcome

After successfully completing the module

- Students can independently review literature on a given topic and grasp and reproduce the essential content.
- The students master key skills for presenting their results, such as the written summary of the research results (literature study) and the presentation of the results.
- Students are enabled to express constructive criticism of the work of colleagues (peer review) and to formulate questions regarding content.

5 Examination

The coursework is achieved in the form of a lecture and participation in the discussion of other lectures.

6 Participation requirements

No

7 Module type

Elective module

8 Responsible

Priv.-Doz. Dr. F. Weichert

Faculty in charge

Department of Computer Science

Module: Innovations in Medical Physics: From AI to Precision Medicine

Degree program: MMPPLS

Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load
By the semester	1 Semester	1st/2nd semester	5	150h

1 Module structure

No.	Element / course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Seminar and flipped-classroom lecture	L+S	3	
2	**Preparation of a Research Paper on a Scientific Topic**	T	2	

2 Language: English

3 Content

This course adopts a flipped-classroom format in which students explore recent scientific publications and emerging technologies in medical physics. Topics include **AI for inverse problems and** advanced imaging, single-cell diagnostics, spatial omics, bioprinting, precision medicine, and other cutting-edge developments from academia and industry. The course aims to provide students with an up-to-date understanding of modern technologies, foster critical analysis of current research, and prepare them for careers in both scientific research and industry.

4 Learning outcome

After completing this course, students will be able to:

- **critically analyze and discuss recent scientific publications in medical physics;**
- **describe the principles, opportunities, and limitations of the most prominent emerging technologies**
- **evaluate the scientific and clinical relevance of technological innovations;**
- **present and communicate current research topics effectively to an expert audience**

5 Examination

Module examination: Graded presentation on a Scientific topic of choice.

6 Coursework and examination requirements

Preparation of a Research Paper on the chosen Scientific Topic (see Examination). Regular active participation in the course.

7 Prerequisites

Basic knowledge of Python and Medical Physics

8 Module type

Elective module

9	**Responsible**	**Organization**
	Benedikt Sabaß	Department of Physics

Subject area Biophysics

Module	CP	Module handbook
Theory of Soft and Biological Matter II	5	M. Sc. Physics
Soft Matter and Biophysics: Experiment and Theory	3	M. Sc. Physics
Structural Analysis with X-rays	5	M. Sc. Physics

https://physik.tu-dortmund.de/en/study/courses-and-qualification/master-physics/module-handbook/

Subject area Applied Physics in Medicine

Module	CP	Module handbook
Accelerator Physics I (PHY712)	6	M. Sc. Physics
Accelerator Physics II (PHY812)	6	M. Sc. Physics
Fundamentals of Detector Physics (PHY825)	3	M. Sc. Physics
Detector systems in particle and medical physics (PHY826)	3	M. Sc. Physics
Laser – Arten und Anwendungen (deutsch) (PHY729)	3	M. Sc. Physics
Physical-Chemical Analytics 1a, Applied Spectrometry (PHY7219a	3	M. Sc. Physics
Quantum Optics	3	M. Sc. Physics
Modern Optics	3	M. Sc. Physics
Advanced Solid State Physics II: Magnetism and Superconductivity	6	M. Sc. Physics

https://physik.tu-dortmund.de/en/study/courses-and-qualification/master-physics/module-handbook/

Module: Applied Physics in Clinical Medicine (PHY7226)

Degree Program: Physics (M.Sc.), B.Sc. Medizinphysik, MMPPLS				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
in WS	1 semester	1st/2nd sem.	3	90 h

1 Module structure

No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
1	Seminar	S	3	2

2 Language: English

3 Content

1. Physics as a duty for the physician (radiation protection, Medical Devices Act)
2. Technical devices in diagnostics and therapy
3. Brain, eye, ear
4. Neck
5. Lung
6. Heart
7. Visceral surgery I (esophagus, gastrointestinal)
8. Visceral surgery II (liver, gall bladder, pancreas)
9. Trauma surgery
10. Orthopedics
11. Angiology

4 Learning outcome

Basic knowledge of applied physics in the clinical medicine according to the course content.
The seminars are structured so that first the anatomy and physiology, the pathophysiology and then the typical diseases are discussed and to what extent physics is applied in diagnostics and therapy.
When possible, particular reference is made to the possible field of activity of the medical physicist.

5 Examination

Written or oral module final examination: the requirements.
will be announced by the instructor at the beginning of the course.

6 Participation requirements

no

7 Module type

Elective module

8 Responsible

Dr. A. Schilling (Klinikum Westfalen)

Faculty in charge

Department of Physics

Module	CP	Module handbook
Einführung in die Festkörperphysik (deutsch) (PHY521)	9	B. Sc. Physics
Statistical Methods of Data Analysis/ SMD B	5	B. Sc. Physics
Practical Aspects of Instrumentation (PHY7233)	3-9	M. Sc. Physics
Computational Physics (PHY632)	9	B. Sc. Physics
Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik (deutsch) (PHY522)	9	B. Sc. Physics
Advanced Solid State Physics I: Semiconductors and Light-Matter Interaction	6	B. Sc. Physics
Methoden der klinischen Forschung (deutsch) (PHY6210)	5	B. Sc. Medizinphysik
Applications of Synchrotron Radiation	3	M. Sc. Physics
Applications of Synchrotron Radiation (Seminar) (PHY8211b)	3	M. Sc. Physics
Machine Learning for Physicists (PHY626)	4	B. Sc. Physics
Anwendungen des maschinellen Lernens in der Medizinphysik (PHY6211)	3	B. Sc. Medizinphysik
Superconducting Technology applied to particle accelerators	3	M. Sc. Physics
Vorlesung Magnetismus (deutsch) (PHY5210V)	6	B. Sc. Physics
Seminar Magnetismus (deutsch) (PHY5210S)	3	B. Sc. Physics
Photovoltaik (deutsch) (PHY5216)	3	B. Sc. Physics
Stochastic dynamics – from Brownian motion to field theory (PHY7322)	6	M. Sc. Physics
Principles and Applications of Nonlinear Optical Spectroscopy (PHY7245)	3	M. Sc. Physics

https://physik.tu-dortmund.de/en/study/courses-and-qualification/master-physics/module-handbook/

Module: Research Internship (FP02)

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
every semester	1 semester	3rd sem.	15	450 h

1	**Module structure** Research internship	
2	**Language:** English	
3	**Content** Literature research Familiarization with theoretical procedures or experimental procedures Discussion of problems of current research Preparation of a short (approx. 5 p.) report or presentation Literature: Current literature on the respective research area In addition, e.g. Ascheron, Kickuth: Make Your Mark in Science, Alley: The Craft of Scientific Presentation, Alley: The Craft of Scientific Writing.	
4	**Learning outcome** Students will be able to work independently in a current area of research with the associated experimental or theoretical methods. The students can summarize their work in a report. In addition to the technical deepening, the students have further developed their written presentation skills as well as their media skills and communication skills.	
5	**Examination**	
6	**Participation requirements**	
7	**Module type** Mandatory module	
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics	**Faculty in charge** Department of Physics

Module: Master's thesis (FP03)

Degree Program: Master Medical Physics and Physics of Living Systems (M. Sc.)				
Frequency:	**Duration:**	**Semester:**	**Credits**	**Work load**
every semester	6 months	4th Sem.	30	900 h

1	**Module structure** Supervised research	
2	**Language:** English	
3	**Content** Work on a current scientific problem in experimental or theoretical medical or bio-physics in an international research environment and final presentation of the results. Literature: Monographs, review articles and original publications on the respective scientific problem.	
4	**Learning outcome** The students are able to work independently on a current scientific project in an international research environment in accordance with a project plan they have developed, i.e. carry out the corresponding experiments or calculations. In addition to the technical competence required for the research project, the students will have developed their methodological competence, team competence, communication competence, oral presentation skills, self-competence (ability to work under pressure, flexibility, time management) and often also intercultural competence.	
5	**Examination**	
6	**Participation requirements** Module "Research Internship"	
7	**Module type** Mandatory module	
8	**Responsible** Dean of the Department of Physics	**Faculty in charge** Department of Physics

Modulübersicht / Module overview

Modulliste Gesamtübersicht/ List of all Modules
(Stand/Status quo Module(s) 12 November 2026)

Modulnr./ Module No.	Name	CP	Modultyp/ Module type	Verantwortlichkeit/ Responsibility	Verortung/Location in Modulhandbuch/ Module handbook	Modul wählbar als ... im Studiengang .../ Chose the module .... in degree program ...					Sprache/ Language	Turnus/ cycle	Blockkurs/ Block course	Studienleistung/ Course Work
						B.Sc. Physik	M.Sc. Physics	B.Sc. Medizinphysik	MMPPLS	IMAPP	Sprache(n) für Modulbeschreibung und Modulname/ Language for Module description and module name			
	Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI	9	V+Ü	Studiendekan/in Mathematik, Dean of Studies of the Department of Mathematics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory		Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
	Höhere Mathematik II für P/ET-IT/AI	9	V+Ü	Studiendekan/in Mathematik, Dean of Studies of the Department of Mathematics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory		Pflicht/compulsory			Deutsch	SS		ja/yes
	Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI	9	V+Ü	Studiendekan/in Mathematik, Dean of Studies of the Department of Mathematics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory		Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
	Höhere Mathematik IV für P	6	V+Ü	Studiendekan/in Mathematik, Dean of Studies of the Department of Mathematics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory					Deutsch	SS		ja/yes
	Numerische Mathematik für Physik und Ingenieurwissenschaften	6	V+Ü	Studiendekan/in Mathematik, Dean of Studies of the Department of Mathematics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory					Deutsch	SS		ja/yes
	Allgemeine und anorganische Chemie für Physik (Vorlesung)	6	V	Sánchez García	B.Sc. Physik	Wahlpflicht/elective compulsory					Deutsch	WS		
	Allgemeine und anorganische Chemie für Physik (Praktikum)	4	P	Zühlke	B.Sc. Physik	Wahlpflicht/elective compulsory					Deutsch	SS		
	Einführung in die Programmierung für P/ET-IT/AI (Varianten mit/ohne Praktikum)	12/9	V+Ü+(P)	Rudolph	B.Sc. Physik	Wahlpflicht/elective compulsory		Wahlpflicht/elective compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
INF-BSc-102	Datenstrukturen, Algorithmen und Programmierung 1 (DAP 1)	12	V+Ü+P	Hiller, Päs, Stamou	B.Sc. Physik	Wahlpflicht/elective compulsory		Wahlpflicht/elective compulsory			Deutsch	WS/SS	ja/yes	
PHY111	Physik I (Mechanik, Grundlagen Thermodynamik und Hydrodynamik, Spez. Relativitätstheorie)	15	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory					Deutsch	WS		ja/yes
PHY211	Physik II (Klassische Elektrodynamik)	15	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory					Deutsch	SS		ja/yes
PHY212	Grundlagen wissenschaftlicher Datenverarbeitung am Computer	3	V	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory	Wahl/elective	Pflicht/compulsory			Deutsch	SS		
PHY311	Physik III (Wellenphänomene, Ausgleichsphänomene und Analytische Mechanik)	15	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory					Deutsch	WS		ja/yes
PHY312	Grundbegriffe der Physik Teil I: Von der Antike zur klassischen Feldtheorie	3	V	Rhode	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	WS		ja/yes
PHY 341/441	Grundpraktikum Bachelor Physik I /II	12	V+P	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory					Deutsch	WS		ja/yes
PHY411	Physik IV (Quantenmechanik: Methoden und Phänomene)	15	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory					Deutsch	SS		ja/yes
PHY412	Grundbegriffe der Physik Teil II: Von der probabilistischen Revolution zum Physikverständnis mit KI-Methoden	3	V	Rhode	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	WS		ja/yes
PHY421	Instrumente der modernen Physik	5	V+Ü	Khan	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY422	Introduction to particle accelerator physics	3	S	Velez	B.Sc. Physik	Wahl/elective		Wahl/elective			English	SS		ja/yes
PHY513	Die Physik und Technik bei Star Trek	3	S	Capt. Tolan	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective			Deutsch	WS		ja/yes
PHY515	Physik des Segelns	3	S	Päs	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch (English)	WS		ja/yes
PHY521	Einführung in die Festkörperphysik	9	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory		Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	WS		ja/yes
PHY522	Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik	9	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory		Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	WS		ja/yes
PHY523a	Statistical Methods of Data Analysis / SMD A	5	L+T	Rhode	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	SS		ja/yes
PHY523b	Statistical Methods of Data Analysis / SMD B	5	L+T	Rhode	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	WS		ja/yes
PHY524	Physik und Technik der Verifikation von Rüstungsbegrenzungsverträgen	3	V	Altmann	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective			Deutsch	WS		
PHY525	Statistical Methods of Data Analysis 2	3	V	Rhode	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective				English	WS	ja/yes	
PHY528	Nuclear Energy and Other Energy Issues	3	S	Albrecht	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	WS		ja/yes
PHY529	Teilchenphysik 1	3	V	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	WS		
PHY6210V	Vorlesung Magnetismus	6	V	Cinchetti	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	jährlich/annual		
PHY6210S	Seminar Magnetismus	3	S	Cinchetti	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	WS/SS		

PHY6211	Materials for Nanoelectronics and High-Speed Quantum Electronic Devices	5	V+S	Vitusevich	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective			English	WS		ja/yes
PHY6214	Attosekundenphysik (Literaturseminar)	3	S	Helml	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch (English)	bei Bedarf im WS/SS/ as needed in WS/SS		
PHY6216	Photovoltaik	3	S	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	WS		
PHY6217	Streumethoden in der Festkörperphysik	5	V	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	bei Bedarf im WS/ as needed in WS		
PHY6218	Einführung in die Quantentechnologien	3	V	Narevicius/Weitenberg	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	WS		
PHY631	Thermodynamik und Statistik	9	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory		Wahl/elective	pflicht/elective compu	Wahl/elective or Pflicht/mandatory	Deutsch	WS		
PHY635	Kosmologie, Quantenkosmologie, Gravitationswellen	9	V	Päs	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective				Deutsch	bei Bedarf/as needed		
PHY636	Physik und Philosophie der Zeit	3	S	Päs	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	bei Bedarf/as needed		
PHY638	Group Theory in Physics: with a Focus on Solid State Physics	6	L+T	Bünemann	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	bei Bedarf/as needed		
PHY639	Condensed Matter Meets Particle Physics	3	S	Stamou	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		
PHY641	Modern Methods in Experimental Quantum Physics	3	L+P+S	Narevicius/Weitenberg	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective				English	WS		ja/yes
PHY811	Bachelorarbeit mit Vortrag	10	betreute wissenschaftliche Arbeit	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory					Deutsch (English)	WS/SS		
PHY821	Elektronik	8	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik	Wahl/elective	Wahl/elective	Pflicht/compulsory	Wahl/elective		Deutsch	SS		ja/yes
PHY822	Medizinphysik I	8	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik	Wahl/elective	Wahl/elective	Pflicht/compulsory			Deutsch	SS		ja/yes
PHY824	Spezielle Themen der experimentellen Teilchenphysik	3	S	Albrecht	B.Sc. Physik	Wahl/elective					Deutsch	jährlich/ annual		
PHY825	Physik und Technologie von Halbleiternanostrukturen	3	V	Betz	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	bei Bedarf im SS/ as needed in SS		Phy
PHY828	Machine Learning for Physicists	4	S	Kröninger	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	elective	English	SS		ja/yes
PHY829	Angewandte Dosimetrie	3	S	Kröninger	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	SS		ja/yes
PHY6210	Methoden der klinischen Forschung	5	V	Weinreich	B.Sc. Medizinphysik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	bei Bedarf im SS/ as needed in SS		optional
PHY6211	Anwendungen des maschinellen Lernens in der Medizinphysik	3	S	Kröninger	B.Sc. Medizinphysik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	WS		ja/yes
PHY6212	Superconductivity	3	L	Z. Wang	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective				English	SS		
PHY6214	Cold atoms and molecules	6	L+T	Narevicius/Weitenberg	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective				English	SS		ja/yes
PHY6215	Quantum Technologies with Atoms and Photons	3	S	Narevicius/Weitenberg	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective				English	SS		
BP12	Physics of Life	6	L+T	Schneider	MMPPLS	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	WS		ja/yes
PHY831	Höhere Quantenmechanik	6	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	SS		ja/yes
PHY832	Computational Physics	9	V+Ü	Kierfeld/Bünemann	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	SS		ja/yes
PHY833	Theory of Soft and Biological Matter	6	V+Ü	Kierfeld	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective		Wahl/elective		English	SS		ja/yes
PHY834	Allgemeine Relativitätstheorie	6	V+Ü	Päs/Hiller	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	SS		ja/yes
PHY835	Advanced Solid State Physics I: Semiconductors and Light-Matter Interaction	6	L	Greilich/Reiter	B.Sc. Physik	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	bei Bedarf im SS/ as needed in SS		
PHY841	Fortgeschrittenenpraktikum (Bachelor)	6	P	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Physik	Pflicht/compulsory					Deutsch	SS		ja/yes
PHY712	Accelerator Physics I	6	L+T	Helml	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	WS		ja/yes
PHY7240	Ethik der Naturwissenschaften	3	S	Rhode	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	WS		ja/yes
PHY713	Soft Matter and Biophysics: Experiment and Theory	3	S	Kierfeld/Tolan	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective		Wahl/elective		English	WS		ja/yes
PHY724	Measurement Methods in Surface Physics	6	L+T	Westphal	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	WS		ja/yes
PHY726	Accelerator Physics and Synchrotron Radiation: Applications in Solid State Physics	3	S	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective			English	WS/SS		ja/yes
PHY727	Atomically Resolved Surface and Interface Analysis	3	L	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	SS		
PHY728	Solid State Spectroscopy	3	S	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	WS/SS		ja/yes
PHY729	Laser – Arten und Anwendungen	3	S	Akimov	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		Deutsch	jährlich/ annual		ja/yes
PHY7210	Particle and Astroparticle Physics	3	S	Rhode	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	WS/SS		ja/yes
PHY7211	Neutrino and Gamma Astronomy	3	S	Rhode	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		elective	English	WS/SS		ja/yes
PHY7212	Particle Physical Aspects of Cosmic Rays	3	S	Rhode	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY7213	Modern Optics	3	S	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	SS		ja/yes
PHY7214	Quantum Optics	3	L	Aßmann	M.Sc. Physics		Wahl/elective		Wahl/elective		English	WS		
PHY7215	Reading course on particle physics	3	S	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective			elective	English	WS		ja/yes
PHY7217	Radio Astronomy	3	S	Rhode	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	WS		ja/yes

PHY7218	Cosmic Rays	3	S	Rhode	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY7219a	Physical-Chemical Analytics 1a, Applied Spectrometry	3	L	Franzke	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	2-jährig/ 2-year		
PHY7220a	Physical-Chemical Analytics 2a, Applied Plasma Physics	3	L	Franzke	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	2-jährig/ 2-year		
PHY7221a	Physical-Chemical Analytics 3a, Applied Laser Spectrometry	3	L	Franzke	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	2-jährig/ 2-year		
PHY7219b	Physical-Chemical Analytics 1b, Applied Spectrometry	5	L+P	Franzke	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	2-jährig/ 2-year		
PHY7220b	Physical-Chemical Analytics 2b, Applied Plasma Physics	5	L+P	Franzke	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	2-jährig/ 2-year		
PHY7221b	Physical-Chemical Analytics 3b, Applied Laser Spectrometry	5	L+P	Franzke	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	2-jährig/ 2-year		
PHY7224	Information Technology of the Future	3	L	Cinchetti	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY7225	Tandem Project in Particle Physics	6	Project + Summer School/Block course	Kröninger	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	jährlich/ annual	ja/yes	ja/yes
PHY7235	Advanced Solid State Physics II: Magnetism and Superconductivity	6	L	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective		Wahl/elective		English	WS		
PHY7238	Quantum Simulation with cold atoms and molecules	3	S	Narevicius/Weitenberg	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	WS		
PHY736	Physics Beyond the Standard Model (BSM Seminar)	3	S	Päs/Stamou	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective			Pflicht/Compulsory	English	WS/SS		ja/yes
PHY737	Theoretical Problems of Condensed Matter	3	S	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS/SS		ja/yes
PHY7313	Theory of Soft and Biological Matter I	5	L+T	Kierfeld	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective		Wahl/elective		English	WS/SS		ja/yes
PHY823	Astroteilchenphysik	6	V+Ü	Rhode	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective			Deutsch	SS		ja/yes
PHY823.2	Astroparticle Physics II	3	L+T	Rhode	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective			Wahl/elective	English	WS		ja/yes
PHY825	Fundamentals of Detector Physics	3	L	Albrecht/Kröninger	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahlpflicht/ Compulsory elective	English	jährlich/ annual		
PHY827	False Discoveries in Particle Physics	3	S	Albrecht	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective			Wahl/elective	English (Deutsch)	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY8212	Light-Matter Interaction	6	L+T	Lange	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	WS		
PHY8213	Light-Matter Interaction	3	S	Lange	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	WS		
PHY8214	Introduction to the clinical application of magnetic resonance imaging	6	L+T+S+P	Salehi Ravesh	MMPPLS	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	jährlich/ annual		ja/yes
PHY8216	Ultrafast spintronics and light driven magnetisation dynamics	3	S	Kovalev/Z. Wang	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	SS		ja/yes
PHY832a	Cosmology	3	L	Päs	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	jährlich/2-jährig/ annual/2-year		
PHY838	Theory of soft and biological matter II	5	L+T	Kierfeld	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective		Wahl/elective		English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY839	Advanced Methods in Theoretical High-Energy Physics	2/3	L(+T)	Päs/Stamou	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	WS/SS	ja/yes	
PHY847	Presentation Techniques	3	S	Albrecht	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English (Deutsch)	WS/SS		ja/yes
PHY714	Molecular Simulation of Soft Matter and Biological Materials	6	L+T	Risselada	M.Sc. Physics		Wahl/elective		Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	WS		ja/yes
PHY723	Key Experiments in Particle Physics	4	S	Kröninger/Albrecht	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS		ja/yes
PHY7222a	Magnetism II	3	L	Cinchetti	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY72222b	Magnetism II	3	S	Cinchetti	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY7226	Applied Physics in Clinical Medicine	3	S	Schilling	MMPPLS		Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	WS		
PHY7227	The Search for New Particles, Dark Matter & Co.	3	S	Kröninger	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS		ja/yes
PHY7228	Superconducting Technology applied to particle accelerators	3	S	Velez Saiz	M.Sc. Physics		Wahl/elective		Wahl/elective		English	WS	ja/yes	ja/yes
PHY7229	Terahertz Dynamics of Condensed Matter	3	S	Lange/Z. Wang	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS/SS		ja/yes
PHY7230	Quantum Technologies	3	S	Aßmann	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf im WS and SS/as needed in WS and SS		ja/yes
PHY7231	Dynamics of Open Quantum Systems	5	L+T	Aßmann/Reiter	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed in SS		
PHY7232	Physics of the Top Quark and the Higgs Boson	6	L+T	Kröninger	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf im SS/ as needed in SS		ja/yes
PHY7233	Practical Aspects of Instrumentation	3 or 6 or 9	L(+T)(+S)	Guest Chair for Instrumentation Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective		Wahl/elective	elective	English	WS/SS		ja/yes
PHY7234	Laboratory of Condensed Matter Physics: Time- Resolved Photoemission	6	L+T	Cinchetti	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY7236	Ultrafast Spectroscopic Methods in Solid State Physics	3	L	Kovalev/Z. Wang	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		
PHY7237	Condensed matter physics: Time-domain Terahertz spectroscopy	6	L+T	Ghalgaoui/Z. Wang	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY7238	Quantum simulation with cold atoms and molecules	3	S	Narevicius/ Weitenberg	M.Sc. Physics		Wahl/elective	Wahl/elective			English	WS		
PHY7239	Particle Physics meets Astroparticle Physics	3	S	Albrecht	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY731	Introduction to Theoretical Elementary Particle Physics	12	L+T	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Wahlpflicht/ Compulsory elective				English	WS		ja/yes

PHY732	Introduction to Theoretical Solid State Physics	12	L+T	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Wahlpflicht/ Compulsory elective				English	WS		ja/yes
PHY733	Quantum Field Theory	6	L+T	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	jährlich/annual		ja/yes
PHY735	Introduction to the Renormalization Group	4	L	Anders	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed in WS		
PHY738	Hadrons in Quantum Chromodynamics	4	L	Khodjamirian/Hiller	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		
PHY739	Differential Geometry / General Relativity	5	S	Löw/Schwachhöfer	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	irregular		
PHY7310	Big Questions	3	S	Päs	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS		ja/yes
PHY7311	Neutrinos and Cosmology	3	S	Päs	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS		ja/yes
PHY7312	Theory of Magnetism in Solids	6	L+T	Bünemann	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	irregular		
PHY7314	Quantum Theory of Semiconductors	3	L	Reiter	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		
PHY7315	Ask me anything: Quantum Dots	3	S	Reiter	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY7316	Advanced Topics in Quantum Field Theory	6	L+T/S	Stamou	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY7317	From Standard Model to BSM Physics	3	L	Hiller	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	SS		ja/yes
PHY7318	Quantum Information (From Qubits to Black Holes)	3	L	Päs	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		
PHY7319	Modern Quantum Computing and Quantum Simulation	6	L+T	Fauseweh	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	SS		
PHY742	Advanced Laboratory I Master Physics	6	P	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Pflicht/compulsory				English	WS		ja/yes
KM09/ APM11	Applied Proton Therapy	6	L+P	Lühr	MMPPLS		Wahl/elective		Wahl/elective		English	SS		ja/yes
PHY811	Flavor Physics in Experiment and Theory	6	L+T	Mannel/Albrecht	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed in SS		ja/yes
PHY812	Accelerator Physics II	6	L+T+S	Helml	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	SS		ja/yes
PHY822 im iMAPP: iMAPP-02-02	Experimental Aspects of Particle Physics Measurements	6	L+T	Albrecht	M.Sc. Physics		Wahl/elective			Pflicht/Compulsory	English	SS		ja/yes
PHY826	Detector systems in particle and medical physics	3	S	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Wahl/elective		Wahl/elective	Wahlpflicht/ compulsory elective	English	WS		ja/yes
PHY829	Structural Analysis with X-rays	5	L+T	Sternemann/Paulus	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	SS	ja/yes	
PHY8210	External School in Particle Physics	1	L	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	irregular	ja/yes	
PHY8211a	Applications of Synchrotron Radiation	3	L	Cinchetti	M.Sc. Physics		Wahl/elective		Wahl/elective		English	SS		
PHY8211b	Applications of Synchrotron Radiation	3	S	Cinchetti	M.Sc. Physics		Wahl/elective		Wahl/elective		English	SS		
PHY831	Many-Particle Solid-State Theory	8	L+T	Uhrig/Anders	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		ja/yes
PHY832a	Cosmology	3	L	Päs	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		
PHY832b	Cosmology	6	L+T	Päs	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		
PHY833	Flavor Physics	6	L+T	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	jährlich/annual		ja/yes
PHY8310	Renormalization in Theoretical High-Energy Physics	3	L+T	Hiller	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		
PHY8311	Modern Quantum Computing and Quantum Simulation	3	S	Fauseweh	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	bei Bedarf/as needed		
PHY842	Advanced Laboratory Course II: Solid State Physics	6	P	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	SS		ja/yes
PHY843	Advanced Laboratory Course II: Particle Physics	6	P	Kröninger	M.Sc. Physics		Wahl/elective			Pflicht/Compulsory	English	SS		ja/yes
PHY844	Advanced Laboratory Course II: Theoretical Course	6	P	Kierfeld	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	jährlich/annual		ja/yes
PHY845	Advanced Laboratory Course II: Electronics	6	P	Weingarten	M.Sc. Physics		Wahl/elective		Wahl/elective	Elective	English	SS		ja/yes
PHY846	Condensed Matter Theory Laboratory Course	3	S	Kierfeld	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	jährlich/annual		ja/yes
PHY911	Research Internship	15	Research internship	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Pflicht/Compulsory				English	WS/SS		
PHY912	Methods and Project Planning	15	L+S	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Pflicht/Compulsory				English	WS/SS		
PHY921	Particle physics meets industry	3	S	Kröninger	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS/SS		ja/yes
PHY1011	Master's thesis	30	Supervised research	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Pflicht/Compulsory				English	WS/SS		ja/yes
	English for Physics C1	6	T	zhb	M.Sc. Physics		Wahl/elective		Wahl/elective		English	WS/SS		ja/yes
KM10	Modern Radiation Therapy	6	L+P	Hammi	MMPPLS		Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	WS		ja/yes
PHY8312	Directions for New Physics	3	S	Hiller, Päs, Stanou	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	SS		ja/yes
PHY7320	Software Engineering	6	S+P	Kierfeld, Kampmann	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective		Wahl/elective		English	WS/SS		ja/yes
PHY7321	Optical Spin Spectroscopy of Semiconductors	3	L	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS		
PHY8218	Between Data and their Interpretations: Epistemology of Physics in the Age of AI	3	S	Rhode	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	SS		ja/yes
PHY7241	NRW Lecture Series on Quantum Technologies	4	L+P	Narevicius, Weitenberg	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS/SS		
PHY7322	Stochastic Dynamics - from Brownian motion to field theory	6	L(+T)	Sabaß	M.Sc. Physics		Wahl/elective		Wahl/elective		English	WS/SS		ja/yes
PHY8219	Advanced Magnetism	9	L(+S)	Cinchetti	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	SS		
PHY7242	Applied Deep Learning in Physics	5	S	Glaser	M.Sc. Physics	Wahl/elective	Wahl/elective				English	WS/SS		ja/yes
PHY8220	Surface Science Lecture: Structure, Properties, and Analysis of Surfaces	6	L	Ghalgaoui, Cinchetti	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	SS		ja/yes
PHY7243	How AI is advanced Fundamental Physics	3	S	Glaser	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS/SS		ja/yes
PHY7244	Experimental Methods in cold Molecule Physics	2	P	Narevicius, Pitzer	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	SS	ja/yes	ja/yes

PHY8217	Dark Matters and Axions	3	S	Vogel, Ruz Armendáriz	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	SS		ja/yes
	SM Physics and BSM Directions	3	L	Hiller, Päs	IMAPP					Pflicht/Compulsory	English	SS		ja/yes
	Spring/Summer School	3	L	Kröninger	IMAPP					Pflicht/Compulsory	English	SS	ja/yes	ja/yes
KM06	Strahlenschutzkurs	1	V+P	Lühr	B.Sc. Medizinphysik		Wahl/elective	Wahlpflicht/elective compulsory			Deutsch	SS		
	Experimentalphysik I	11	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
	Experimentalphysik II	9	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	SS		ja/yes
	Experimentalphysik III	9	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
	Theoretische Physik I	9	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
	Theoretische Physik II (Quantenphysik)	9	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	SS		ja/yes
	Medizinphysik II	7	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
	Struktur der Materie	8	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
	Medizinische Strahlungsphysik I, Ringvorlesung Medizinphysik und Medizinphysikalisches Klinikpraktikum	8	V+V+P	Block	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		
	Grundpraktikum Bachelor Medizinphysik I /II	12	V+P+P	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
	Fortgeschrittenenpraktikum Bachelor Medizinphysik	6	P	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
	Bachelorarbeit	10	betreute wissenschaftliche Arbeit	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch/Englisch	WS/SS		
	Anatomie I	4	V	Schönebeck (RUB)	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes (?)
	Biochemie I	4	V	Wegner (RUB)	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes (?)
	Biochemie II	3	V	Wegner (RUB)	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	SS		ja/yes (?)
	Physiologie I	3	V	Hexamer	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		
	Physiologie II	3	V	Hexamer	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	SS		
	Einführung in die Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftler (Logistik + WI)	7	V+Ü+P	Studiendekan Informatik, Dean of Studies of the Department of Computer Science	B.Sc. Medizinphysik			Pflicht/compulsory			Deutsch	WS		ja/yes
	Anatomie II	4	V	Faustmann (RUB)	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	SS		ja/yes
GW14	Arbeitsmedizin	2	V	Golka (RUB)	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	SS		ja/yes
	Humangenetik	5	V	Epplen (RUB)	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	WS/SS		
GW13	Hygiene und Umweltmedizin	2	V	Hölzer (RUB)	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	WS		
	Klinische Chemie	3	V	Stiegler (RUB)	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	SS		ja/yes
GW15	Klinische Propädeutik	3	V	Wiechmann (RUB)	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	SS		
	Mikrobiologie	2	V	Gatermann (RUB)	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	SS		ja/yes
	Pathologie	5	V+Ü	Guzman y Rotaeche	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	WS		
	Pharmakologie	3	V	Koesling	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	SS		ja/yes
	Laser in der Medizintechnik	3	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	WS		ja/yes
	Strahlentherapie und Dosimetrie	6	V+Ü	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	B.Sc. Medizinphysik			Wahl/elective			Deutsch	WS		
	Biomedical Physics (Synch Course)	9	L+T	Schneider	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	WS		
	Theoretical Physics (Synch Course)	9	L+T	Kierfeld	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	WS		ja/yes
GW02	Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik (Informatik)	4	V+Ü	Dekan/in Statistik, Dean of the Department of Statistics	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		Deutsch	WS		ja/yes
	Thermodynamics and Statistical Physics (RUB)	9	L+T	Sulpizi (RUB)	MMPPLS				Wahlpflicht/ compulsory elective		English	SS		
KM02	Advanced Clinical Medical Physics	6	L+T	Block	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	WS		
	Advanced Medical Imaging	6	L+T	Lühr, Salehi Ravesh	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	WS/SS		
	AI for Medical Applications	9	L+T+P	Kamp, Kleesiek	MMPPLS				Pflicht/mandatory		English	jährlich/annual		
	Radiation Applications in the Clinic	3	S	Lühr	MMPPLS				Wahl/elective		English	WS		ja/yes
	Medical Physics and Technology of Particle Therapy	3	L+T	Bäumer	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	SS		
KM05	TPS - Practical Course on Treatment Planning	6	P	Mehrens, Block, Bialek	MMPPLS				Wahl/elective		German/English	WS/SS		ja/yes
	Basic Radiation Protection Regulation for Medical Physics Experts	1	L+P	Block, Lühr	MMPPLS				Wahl/elective		Deutsch	SS		das Modul bekommt den deut
	Image Processing in Medicine	5	L+T	(Georg) Schmitz (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English	SS		
	Ultrasound in Medicine	5	L+T	(Georg) Schmitz (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English	WS		
	Lab course to Physics of Living Systems	6	P	Schneider	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	SS		ja/yes

	Biomaterials: From Cells to Tissues	4	L+T	Trappmann	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	WS		ja/yes
	Tissue Engineering	4	L+T	Trappmann	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	SS		ja/yes
	Current Topics of Cell Biology	4	L+S	Pfander	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	WS		ja/yes
	Biomolecular Modeling	4	L+T	Kast	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	jährlich/annual		
	Medicinal Chemistry 1	4	L+T	Rauh	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	WS		
	Medicinal Chemistry 2	5	L+T	Rauh	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	SS		
	Fundamental Immunology	4	L+T	Watzl	MMPPLS				Wahl/elective or Pflicht/mandatory		English	SS		
	Tomographic Imaging Methods	5	L+T	(Georg) Schmitz (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English?	SS		
	Master's Internship in Medical Technology	3	P	(Georg) Schmitz (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English?	WS		
	Master's seminar in medical technology	3	S	(Georg) Schmitz (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English?	SS		ja/yes
BV07	Biomedical Optics	3	S	Hofmann	MMPPLS				Wahl/elective		English	WS		ja/yes
	Applied Data Visualization für Medical Physicists	6 or 9	L(+T)	Weichert	MMPPLS				Wahl/elective		English?	SS		
	Medical Image Processing	6 or 9	L(+T)	Weichert	MMPPLS				Wahl/elective		English?	WS		
	Medical Image and Signal Processing	6 or 9	L(+T)	Weichert	MMPPLS				Wahl/elective		English?	WS		ja/yes
NI02	Machine Learning - Supervised Methods	6	L+T	Glasmachers (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English	SS		
NI03	Machine Learning - Evolutionary Algorithms	6	L+T	Glasmachers (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English	WS		
NI04	Machine Learning: Unsupervised Methods	6	L+T	Wiskott (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English	WS		
NI05	Computational Neuroscience: Neural Dynamics	6	L+T	Schöner (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English	WS		
NI06	Machine Learning: Vision and Memory	6	L+T	Wiskott (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English	SS		
NI07	Autonomous Robotics: Action, Perception and Cognition	6	L+T	Schöner (RUB)	MMPPLS				Wahl/elective		English	SS		
NI08	Modeling, simulation and analysis	6	L+T	Buchholz	MMPPLS				Wahl/elective		English	WS (2-jährig/2-year)		
NI09	Practical optimization	8	L+T	Rudolph	MMPPLS				Wahl/elective		English?	SS		
FP02	Research Internship	15	Research Internship	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	MMPPLS				Pflicht/mandatory		English	WS/SS		
FP03	Master's thesis	30	Supervised research	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	MMPPLS				Pflicht/mandatory		English	WS/SS		
	Modern Techniques of Radiation Therapy	3	S	Hammi	MMPPLS	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	WS/SS		ja/yes
	Challenges of Future Radiation Oncology	3	S	Hammi	MMPPLS	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	WS/SS		ja/yes
	Introduction to radiation physics and proton therapy	3	S	Hammi	MMPPLS	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective	Wahl/elective		English	WS/SS		
	Innovation in Medical Physics: From AI to Precision Medicine	5	L+S+T	Sabaß	MMPPLS		Wahl/elective		Wahl/elective		English	WS/SS		
PHY7245	Principles and Applications of nonlinear optical Spectroscopy	3	L	Kovalev/Z. Wang	M.Sc. Physics		Wahl/elective		Wahl/elective		English	WS/SS		
PHY7323	Atmospheric Plasmas	3	L+T	Köhn	M.Sc. Physics		Wahl/elective				English	WS		ja/yes
	From Spin to Clinical Decisions: MRI at the Heart of Precision Medicine and Personalized Care	6	L+T+S	Salehi Ravesh	MMPPLS				Wahl/elective		English	SS		ja/yes
	Hands-on MRI: From Phantom Fabrication to Image Acquisition	9	L+T+S	Salehi Ravesh	MMPPLS				Wahl/elective		English	WS		ja/yes
	Practical Aspects of Particle Science and Radiotherapy	3 or 6 or 9	L(+T)(+S)	Dekan/in Physik, Dean of the Department of Physics	MMPPLS				Wahl/elective		English	WS		ja/yes