Masterstudienprogramm

Das Masterstudienprogramm in Physik an der Universität Zürich (UZH) beginnt im Herbstsemester und dauert drei Semester (90 ECTS Credits). Freiwillig kann ein Minor für zusätzlich 30 ECTS gemacht werden. Nach erfolgreichem Abschluss wird folgender Titel verliehen: “Master of Science UZH in Physics”. Die Programmsprache ist Englisch.

Zu Beginn des Masterstudiums vereinbaren die Studierenden mit dem Direktor oder der Direktorin des Studienprogramms schriftlich ein Studienprogramm für das ganze Masterstudium („Learning Agreement“).
Vor Beginn der Masterarbeit wird dieses learning agreement mit dem Koordinator oder der Koordinatorin des zur Masterarbeit passenden Gebiets und/oder dem Betreuer/der Betreuerin der Masterarbeit finalisiert. Nachträgliche Änderungen der Vereinbarung setzen das Einverständnis des Koordinators oder der Koordinatorin, bzw. der Direktorin oder des Direktor des Studienprogramms voraus.
Masterarbeiten werden in zwei verschiedenen Längen angeboten. Längere Arbeiten von 50 ECTS dauern etwa 10 Monate bei Vollzeit Beschäftigung (inkl. Vorbereitung auf die Prüfung, sowie die Möglichkeit von Ferien in Absprache mit dem Betreuer/der Betreuerin). In solchen Arbeiten wird die selbständige Forschung stark gewichtet.
Kürzere Arbeiten im Umfang von 30 ECTS dauern etwa 6 Monate bei Vollzeit Beschäftigung (inkl. Vorbereitung auf die Prüfung, sowie die Möglichkeit von Ferien in Absprache mit dem Betreuer/der Betreuerin). Bei solchen Arbeiten ist es möglich eine breitere Auswahl an fortgeschrittenen Vorlesungen zu besuchen.
Die Forschung der Gruppen am Physik-Institut und in den assoziierten Forschungsgruppen an der UZH können in folgende vertiefende Gebieten aufgeteilt werden:

- Kondensierte Materie: die Untersuchung von Materialien, deren Eigenschaften durch das Zusammenwirken vieler Quantenzustände charakterisiert sind. Die Arbeiten finden hauptsächlich experimentell statt, in den Gruppen Aegerter, Chang, Natterer, Nordlander, Janoschek, Latychevskaia und Schilling, sowie theoretisch in den Gruppen Neupert und Bzdušek.
- Elementarteilchenphysik: Die Untersuchung der fundamentalen Bausteine der Materie und deren Wechselwirkungen. Die Arbeiten finden experimentell in den Gruppen Baudis, Canelli, Kilminster, Serra, Steinkamp und Caminada, sowie theoretisch in den Gruppen Gehrmann, Grazzini, Isidori, Pozzorini, Signer, Crivellin, Stoffer und Zoller statt.
- Astro(teilchen)physik und Kosmologie: Die Untersuchung der Eigenschaften von Galaxien sowie des Universums als Ganzes. Dazu gehört insbesondere auch die Suche nach dunkler Materie. Die Arbeiten finden theoretisch in den Gruppen Helled, Jetzer, Mayer, Moore, Saha, Feldmann, Schneider und Yoo sowie experimentell in den Gruppen Baudis, Kilminster, Penning und Soares-Santos statt.
- Biologische und Medizinische Physik: Die Benützung physikalischer Untersuchungsmethoden und bildgebender Verfahren zum Verständnis biologischer Systeme oder zur medizinischen Anwendung z. B. in der Strahlentherapie. Die Arbeiten finden in den Gruppen Aegerter, Kozerke, Schneider, Schuler und Unkelbach statt.

Eine Übersicht über die aktuellen Forschungsarbeiten findet man in den Jahresberichten unter http://www.physik.uzh.ch/de/berichte.html, und auf den Webseiten der einzelnen Forschungsgruppen: http://www.physik.uzh.ch/de/forschung.html

Masterarbeiten können in den Gruppen des Physik-Instituts sowie assoziierten Forschungsgruppen durchgeführt werden. Für Forschungsgebiete, die in diesen Gruppen nicht abgedeckt werden, ist es auch möglich eine Masterarbeit in einer externen Forschungsgruppe auszuführen. Dazu ist ein schriftlicher Antrag mit Arbeitsplan an einen Dozenten der Physik der UZH zu stellen, der bereit sein

muss, für die Arbeit die Verantwortung zu übernehmen. Die Auswahl der zu besuchenden Vorlesungen wird dann mit diesem Dozenten/dieser Dozentin festgelegt.
Für solche Masterarbeiten kommen jedoch grundsätzlich nur Themen mit physikalischen Fragestellungen in Frage. Eine Masterarbeit in einer externen Forschungsgruppe unterliegt in Bezug auf Dauer, Qualität, Betreuung und Benotung den Anforderungen eines Masterstudienganges in Physik an der UZH. Die entsprechenden Kreditpunkte gelten deshalb als Kreditpunkte, die in einem Masterstudiengang für Physik an der UZH erworben wurden.

Übertritt in den Masterstudiengang mit Hauptfachprogramm Physik

Ein «Bachelor of Science UZH in Physik» oder ein Bachelor in Physik einer anderen schweizerischen universitären Hochschule berechtigt automatisch zur Zulassung zum Physik-Masterstudiengang.
Bei der Anmeldung zum Masterstudiengang müssen alle Pflicht- und Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiums (inkl. Bachelorarbeit) abgeschlossen sein.
Maximal 30 ECTS, welche während des Bachelorstudiums erworben wurden, können für das Masterstudium angerechnet werden. Mit der Masterarbeit darf erst nach Abschluss des Bachelorstudiums begonnen werden.
Bachelordiplome ausländischer universitärer Hochschulen werden von der Fakultät individuell beurteilt. Die betreffenden Unterlagen müssen zusammen mit der Bewerbung zur Immatrikulation bei der Kanzlei bzw. bei der Zulassungsstelle für Studierende mit ausländischer Vorbildung eingereicht werden. Je nach Vorbildung werden während des Masterstudiums zusätzliche Studienleistungen verlangt.

Übertritt vom BSc180/BSc150 Mono- oder Major-Studienprogramm Physik in den konsekutiven Master
Mit einem BSc Abschluss im Mono-Studienprogramm Physik 180 oder im Major-Studienprogramm 150 ECTS Punkte ist es ohne Auflagen möglich in den konsekutiven Master überzutreten.

Übertritt vom Major-Studienprogramm Physik 120 in den konsekutiven Master

Mit einem BSc Abschluss im Major-Studienprogramm Physik 120 ECTS Punkte setzt ein Übertritt in den konsekutiven Master die nachfolgenden Module voraus.

Festkörperphysik (PHY210)
Kern- und Teilchenphysik I (PHY211)
Quantenmechanik I (PHY 331)
Thermodynamik und statistische Mechanik (PHY341)

Module dieser Liste, die nicht im Wahlpflichtbereich des 3. Studienjahres des Bachelors absolviert wurden, sind im Masterstudium zu absolvieren, wobei eine Anrechnung im Wahlbereich des Masterstudiums möglich ist.

Pflichtmodule

Masterarbeit und dazugehörige Modulprüfung (30 oder 50 ECTS)

Die Masterarbeit bildet einen zentralen Teil des Masterstudienprogrammes, insbesondere, wenn die längere Version im Umfang von 50 ECTS gewählt wird. Die Masterarbeit besteht aus einem selbständigen Forschungsprojekt im Rahmen einer der physikalischen Forschungsgruppen unserer Universität oder nach Absprache in einer externen Forschungsgruppe.

Die Masterarbeit wird in einem schriftlichen Bericht festgehalten, der benotet wird.

Bei Vollzeitbeschäftigung entspricht eine 50 ECTS Masterarbeit etwa einer Dauer von 10 Monaten, wobei dabei die Vorbereitung zur Modulprüfung sowie das Verfassen des Berichts mitzählen. Ebenfalls sind dabei Ferien bis zu vier Wochen in Absprache mit der Betreuerin/dem Betreuer möglich. Bei Teilzeitbeschäftigung, sowie mehr oder weniger Ferien ändert sich die Dauer entsprechend.

Eine Masterarbeit im Umfang von 30 ECTS entspricht dementsprechend einer Dauer von etwa 6 Monaten, wobei hier die gleichen Randbedingungen gelten. In dieser Dauer sind Ferien bis zu zwei Wochen inbegriffen.

Die Modulprüfung zur Masterarbeit besteht aus zwei Teilen von je etwa 30 Minuten Dauer und wird ebenfalls benotet. Im Rahmen eines öffentlichen Seminarvortrages wird zuerst die Masterarbeit vorgestellt. In einem zweiten, nicht öffentlichen Teil erfolgt eine mündliche Befragung durch mindestens zwei Dozierende zu physikalischen Konzepten, welche mit der Masterarbeit in Zusammenhang stehen.

Die Gesamtnote für die Masterarbeit ergibt sich aus dem gewichteten Mittelwert der Noten für den schriftlichen Bericht (2/3) und der Modulprüfung (1/3). Sowohl Masterarbeit als auch Modulprüfung müssen als ausreichend, d.h. mindestens mit 4.0 bewertet werden.

Die Termine für die Masterarbeit und für die dazugehörige Modulprüfung werden in persönlicher Absprache mit dem Betreuer/der Betreuerin festgelegt. Die Anmeldung erfolgt mit den Formularen auf der Webseite
http://www.physik.uzh.ch/de/studium/studienberatung/formulare.html

Forschungsseminar

Im Masterstudienprogramm sind Forschungsseminare zu besuchen. Diese können aus allen angebotenen Forschungsseminaren, sowie dem gemeinsamen Kolloquium in Physik mit der ETH gewählt werden. Während 2 Semestern sind ein Total von 20 Seminarvorträgen zu besuchen, wobei die Teilnahme vom Organisator des Seminars oder einem teilnehmenden Dozierenden bestätigt werden muss. Formulare dazu findet man auf der Webseite
http://www.physik.uzh.ch/de/studium/studienberatung/formulare.html.

Minor

Um den Mastertitel in Physik zu erlangen, sind 90 KP erforderlich. Freiwillig kann ein Minor für zusätzlich 30 KP gemacht werden.

Masternote

Die Masternote wird aus dem nach Kreditpunkten gewichteten Mittelwert aller benoteten Module des Masterstudienganges gebildet.

Auswahl der weiteren Vorlesungsmodule

Neben dem Forschungsseminar und der Masterarbeit müssen im Total 16 ECTS aus dem unten angegebenen Wahlpflichtblock gewählt werden. Je nach Gebiet der Masterarbeit empfehlen sich verschiedene Kombinationen aus Wahlpflichtmodulen inhaltlich für eine optimale Vorbereitung für die Ausführung der Arbeit. Insbesondere bei einer kürzeren Masterarbeit im Umfang von 30 ECTS ist es aber gut möglich breiter gefächerte fortgeschrittene Vorlesungen zu besuchen.

Der nach den Wahlpflichtvorlesungen verbleibende Wahlbereich kann auch mit anderen Wahlpflichtmodulen gefüllt werden.

Ebenso sind Physik-Mastermodule aus dem Angebot der ETH und der UZH aus allen Gebieten der Physik zugelassen

Wahlpflichtmodule

Modul	ECTS
PHY 411 Solid state theory	10
PHY 401 Condensed Matter	10
PHY 452 Elementary Particle Theory	10
PHY 451 Elementary Particle Physics	8
PHY 471 Physics and Mathematics of Radiotherapy planning	6
PHY 361 Physics against cancer	6
PHY475 Computational problems in medical physics and radiation oncology	6
PHY431 Biological Physics	4
PHY425 Modern Optics and Microscopy	4
PHY352 Continuum Mechanics	8
AST511 General Relativity	10
AST513 Physical Cosmology	10
AST512 Theoretical Astrophysics	10
AST 514 Planetary Formation	10
PHY473 Introduction to Astroparticle Physics and Cosmology	6

Die Wahlpflichtmodule, sowie die Wahlmodule werden im learning agreement zu Beginn des Studiums mit dem Direktor des Studienprogramms (Prof. Christof Aegerter) besprochen und vor Beginn der Masterarbeit mit dem Bertreuer/der Betreuerin der Masterarbeit, oder dem Direktor des Masterstudienprogramms festgehalten. Geeignete Kombinationen für die verschiedenen Gebiete (sowie Untergebiete davon) sowie mögliche Wahlmodule sind unten aufgeführt.

Kondensierte Materie

Für eine Masterarbeit im Gebiet der kondensierten Materie empfehlen sich die Wahlpflichtmodule PHY401 und PHY411 absolviert werden.

Wahlmodule mit Fokus auf kondensierte Materie (von der UZH angeboten):

- PHY 212 Festkörperphysik II
- PHY 420 Electronspectroscopy
- PHY 425 Modern Optics and Microscopy
- PHY 426 Laser Matter Interaction
- PHY 427 Electron microscopy lectures
- PHY 432 Physics with Muons: From Atomic Physics to Solid State Physics
- PHY 434 Nanomagnetism and Spintronics
- PHY 435 Introducing Photons, Neutrons and Muons for Materials Characterisation
- PHY 522 Computational Quantum Physics
- PHY 523 Unconventional Superconductivity
- PHY 541 Introduction to Disordered and Random Systems
- PHY 585 Principles of X-ray and Neutron Scattering
- CHE 437 Surface and Interface Science
- PHY 542 Geometry and Topology in Condensed Matter Physics
- PHY 576 Topological condensed matter physics

Elementarteilchenphysik

Für eine Masterarbeit im Gebiet der Elementarteilchenphysik empfehlen sich die Wahlpflichtmodule PHY451 und PHY452.

Wahlmodule mit Fokus auf Elementarteilchenphysik (von der UZH angeboten):

- PHY 213 Kern- und Teilchenphysik II
- PHY 551 Quantenfeldtheorie I
- PHY 552 Quantum Field Theory II
- PHY 563 The Standard Model and Beyond
- PHY 462 Particle physics experiment at PSI,
- PHY 432 Physics with Muons: From Atomic Physics to Solid State Physics
- PHY 585 Principles of X-ray and Neutron Scattering
- PHY 579 Special Topics in Particle Theory
- PHY 578 Effective Field Theories for Particle Physics
- PHY 461 Experimentelle Methoden und Instrumente der Teilchenphysik
- PHY 564 QCD and Scattering Amplitudes

Es können hier auch ECTS Credits aus Blockkursen für die Graduiertenausbildung angerechnet werden.

Astrophysik

Für eine Masterarbeit im Gebiet der Astrophysik empfehlen sich die Wahlpflichtmodule AST512 und AST514.

Wahlmodule mit Fokus auf Astrophysik (von der UZH angeboten):
AST 511 General Relativity
AST 513 Physical Cosmology
PHY 473 Introduction to Astroparticle Physics and Cosmology
ESC 204 Computational Methods for Radiative Transfer
PHY 519 Applications of General Relativity in Astrophysics and Cosmology
ESC 411 Computational Science I
PHY 551 Quantum Field Theory I
ESS 427 Planetary Geochemistry

Kosmologie

Für eine Masterarbeit im Gebiet der Kosmologie empfehlen sich je nach Spezialgebiet der Masterarbeit die Wahlpflichtmodule AST511 und AST513.

Wahlmodule mit Fokus auf Kosmologie (von der UZH angeboten):

- AST 512 Theoretical Astrophysics
- AST 514 Planetary Formation
- PHY 473 Introduction to Astroparticle Physics and Cosmology
- ESC 204 Computational Methods for Radiative Transfer
- PHY 519 Applications of General Relativity in Astrophysics and Cosmology
- ESC 411 Computational Science I
- PHY 551 Quantum Field Theory I
- ESS 427 Planetary Geochemistry

Astroteilchenphysik

Für eine Masterarbeit im Gebiet der experimentellen Astroteilchenphysik empfehlen sich die Wahlpflichtmodule PHY451 und PHY473.

Wahlmodule mit Fokus auf Astroteilchenphysik (von der UZH angeboten):

- AST 511 General Relativity
- AST 512 Theoretical Astrophysics
- AST 513 Physical Cosmology
- PHY 519 Applications of General Relativity in Astrophysics and Cosmology
- PHY 461 Experimentelle Methoden und Instrumente der Teilchenphysik
- PHY 585 Principles of X-ray and Neutron Scattering

PHY 563 The Standard Model and Beyond

Biologische Physik

Für eine Masterarbeit im Gebiet der Biologischen Physik empfehlen sich die Wahlpflichtmodule PHY352, PHY425 und PHY431.

Wahlmodule mit Fokus auf biologische Physik (von der UZH angeboten):

- BIO 330 Modelling in Biology
- PHY 474 Advanced Topics in Medical Imaging
- ESC 204 Computational Methods for Radiative Transfer
- PHY 426 Laser Matter Interaction
- PHY 427 Electron microscopy lectures
- PHY 252 Computergestütztes Experimentieren
- PHY 253 Computergestütztes Experimentieren II

Medizinphysik

Für eine Masterarbeit im Gebiet der Medizinphysik empfehlen sich die Wahlpflichtmodule PHY361, PHY475 und PHY471.

Wahlmodule mit Fokus auf Medizinphysik (von der UZH angeboten):

- PHY425 Modern Optics and Microscopy
- PHY 474 Advanced Topics in Medical Imaging
- ESC 204 Computational Methods for Radiative Transfer
- PHY 426 Laser Matter Interaction
- PHY 427 Electron microscopy lectures

Theoretische Physik

Für eine Masterarbeit im Gebiet der theoretischen Physik empfehlen sich die Wahlpflichtmodule PHY411, PHY452 und AST511.

Wahlmodule mit Fokus auf theoretische Physik (von der UZH angeboten):

- PHY 351 Quantenmechanik II
- PHY 522 Computational Quantum Physics
- PHY 523 Unconventional Superconductivity
- PHY 541 Introduction to Disordered and Random Systems
- PHY 542 Geometry and Topology in Condensed Matter Physics
- PHY 576 Topological condensed matter physics
- PHY 551 Quantum Field Theory I
- PHY 552 Quantum Field Theory II
- PHY 563 The Standard Model and Beyond
- PHY 564 QCD and Scattering Amplitudes
- PHY 579 Special Topics in Particle Theory
- PHY 578 Effective Field Theories for Particle Physics
- AST 512 Theoretical Astrophysics
- AST 513 Physical Cosmology
- PHY 519 Applications of General Relativity in Astrophysics and Cosmology

Inhaltsangaben zu den Pflicht- und Wahlpflichtmodulen

PHY401 Kondensierte Materie
Phänomenologie der
- Energiebänder und Fermiflächen
- optischen Eigenschaften
- Supraleitung
- Dielektrika und Ferroelektrika
- Magnetischen Eigenschaften
- Oberflächeneffekte
- Elektronen-Optik und Anwendungen fokussierter Elektronenstrahlen
- Herstellung von Strukturen im Mikro- und Nanometer-Bereich
- Lithografischen Strukturierungsverfahren
- Mesoskopische Physik

PHY411: Solid State Theory
- Elektronen und Phononen
- Spektren, Bändertheorie
- Anwendung der Gruppentheorie
- Zweite Quantisierung
- Vielteilchentheorie
- Elektron-Phonon Wechselwirkung
- Supraleitung
- Magnetismus

PHY451 Elementary particle physics

- Beginning of particle physics
- Detectors Accelerators
- QCD physics
- Electroweak physics
- Flavor and neutrino physics
- Dark matter
- Beyond-Standard Model physics
- Future facilities

PHY452 Elementary Particle Theory
- Elements of Quantum Field Theory
- Quantum Electrodynamics
- Nonabelian Gauge Theories
- Quantum Chromodynamics (Strong Interactions)
- Electroweak Standard Model and Higgs Mechanism
- Quark Masses and Mixing
- Neutrinos

PHY551 Quantenfeldtheorie I
- Relativistische Wellengleichungen
- Quantisierung freier Felder
- Renormierung
- Störungstheorie

PHY461 Experimentelle Methoden und Instrumente der Teilchenphysik
- Physik und Aufbau der Teilchenbeschleuniger
- Grundlagen und Konzepte der Teilchendetektoren
- Spur- und Vertexdetektoren, Kalorimetrie, Teilchenidentifikation

- Spezielle Anwendungen wie Cerenkovdetektoren, Luftschauer, direkte Detektion von dunkler Materie, Emulsionen
- Simulationsmethoden, Ausleseelektronik, Trigger und Datenerfassung
- Beispiele und Schlüsselexperimente

PHY463 Forschungspraktikum
Das Praktikum dauert 4 bis 6 Wochen und beinhaltet Aufbau, Durchführung und Auswertung eines Experimentes an einem Teilchenstrahl am CERN oder am PSI oder an einem anderen Forschungslabor. Es kann sich zum Beispiel um das Praktikum am PSI handeln, bei dem in Gruppenarbeit während dreier Wochen ein Experiment an einem Sekundärstrahl des PSI geplant, aufgebaut und im Schichtbetrieb gemeinsam durchgeführt wird. Anschliessend folgt die Auswertung der Daten und das Erstellen eines Berichtes.

PHY552 Quantenfeldtheorie II
Fortgeschrittene Themen, zum Beispiel
- Renormierungsgruppe
- Abelsche und nichtabelsche Eichtheorien
- Standardmodell, Higgsmechanismus
- Pfadintegrale

PHY568 Flavour Physics
- B-Phänomenoligie
- Neutrino-Massen und -Oszillationen
- CP-Verletzung im B^0_s

AST511 General Relativity
- repetition of special relativity
- principle of equivalence
- motion in the gravitational field, gravitational red-shift
- tensors in Riemann-Space
- covariant derivative, parallel transport
- Riemann tensor, Bianchi-Identities
- Einstein's field equations
- Schwarzschild-solution
- precession of the perihelion, deflection of light
- geodesic precession
- gravitational waves
- black holes
- Friedman-Robertson-Walker universe

AST512 Theoretical Astrophysics
- radiative processes in the interstellar medium
- Sternaufbau
- Sternentwicklung
- Supernovae
- Weisse Zwerge
- Neutronensterne
- Schwarze Löcher
- Planet formation

AST513 Physical Cosmology
- big bang and early universe
- nucleosynthesis
- inflation

- relativistic perturbation theory and growth of structure
- cosmic microwave background and large scale structure
- dark matter and dark energy

227-0385-10L Biomedical Imaging
(wird vom Institut für Biomedizinische Technik angeboten)
- Physikalische und technische Grundlagen der medizinischen Bildgebung
- Bildrekonstruktion
- Röntgenbildgebung und Computertomographie (CT)
- Single Photon Emission Tomography (SPECT)
- Positron Emission Tomography (PET)
- Magnetresonanztomographie (MR)
- Ultraschall

PHY471 Physics and Mathematics of Radiotherapy planning
- Wechselwirkung von Strahlung im Gewebe
- Dosisberechnungsalgorithmen
- Bestrahlungsplanung
- Intensitätsmodulierte Strahlentherapie (IMRT)
- Mathematische Optimierungsmethoden in der IMRT Planung
- Bildregistrierung
- Grundlagen der klinischen Radioonkologie, Zielvolumendefinition, Fraktionierung

PHY361 Physics against cancer: The physics of imaging and treating cancer
- Radiation Physics
- Imaging for radiotherapy
- Imaging with protons and ions
- Radiotherapy with photons, electrons, protons and heavy ions
- Basics of radiobiology and bio-physical modeling for radiotherapy
- Organ motion management
- Special radiotherapy techniques

STA404 Clinical biostatistics
- Confidence intervals for proportions,
- Analysis of diagnostic studies,
- Analysis of agreement,
- Randomized controlled trials,
- Hypothesis tests and sample size calculation,
- Randomization and blinding,
- Analysis of continuous and binary outcomes,
- Multiplicity,
- Subgroup analysis,
- Protocol deviations,
- Some special designs (crossover, equivalence, and clusters),
- Analysis of prognostic studies,
- Development and assessment of clinical prediction models.

ESC411 Computational Science I
- Ordinary differential equations
- Partial differential equations
- Monte-Carlo
- Inverse problems
- Signal-processing
- Optimization

- Visualization
- Combinatorial problems

PHY233 Numerical Methods I
- Floating point representation
- Solving systems of linear equations
- Matrix diagonalization algorithms
- Eigenvalue calculations
- Function interpolation and extrapolation
- Solving the differential equations with numerical methods

BIO330 Modelling in Biology
- Deterministic Reaction-Diffusion models
- Stochastic Reaction-Diffusion models
- Finite-element modeling
- Cell-based tissue models
- Image analysis