



Curriculum für das Masterstudium

Physics

Curriculum 2017

Dieses Curriculum wurde vom Senat der Karl-Franzens-Universität Graz in der Sitzung vom 08.03.2017 und vom Senat der Technischen Universität Graz in der Sitzung vom 20.03.2017 genehmigt.

Das Studium ist als gemeinsames Studium (§ 54 Abs. 9 UG) der Karl-Franzens-Universität Graz (Uni Graz) und der Technischen Universität Graz (TU Graz) im Rahmen von „NAWI Graz“ eingerichtet. Rechtsgrundlagen für dieses Studium sind das Universitätsgesetz (UG) sowie die Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzungen der Uni Graz und der TU Graz in der jeweils geltenden Fassung.

Inhaltsverzeichnis:

I	Allgemeines.....	3
§ 1.	Gegenstand des Studiums und Qualifikationsprofil	3
II	Allgemeine Bestimmungen.....	5
§ 2.	Zulassungsbedingungen:	5
§ 3.	Zuteilung von ECTS-Anrechnungspunkten	5
§ 4.	Gliederung des Studiums	6
§ 5.	Lehrveranstaltungstypen	6
§ 6.	Gruppengrößen	7
§ 7.	Richtlinien zur Vergabe von Plätzen für Lehrveranstaltungen	7
III	Studieninhalt und Studienablauf.....	8
§ 8a.	Module, Lehrveranstaltungen und Semesterzuordnung	8
§ 8b.	Modul M: Preparation for the Master Thesis.....	9
§ 9.	Wahlmodule: Lehrveranstaltungskataloge.....	10
§ 10.	Freifach	16
§ 11.	Masterarbeit	17
§ 12.	Anmeldevoraussetzungen für Lehrveranstaltungen/Prüfungen.....	17
§ 13.	Auslandsaufenthalte und Praxis	17
IV	Prüfungsordnung und Studienabschluss.....	18
§ 14.	Prüfungsordnung.....	18
§ 15.	Studienabschluss	19
V	In-Kraft-Treten und Übergangsbestimmungen	20
§ 16.	In-Kraft-Treten	20
§ 17.	Übergangsbestimmungen	20



Anhang I	
Modulbeschreibungen.....	21
Anhang II	
Studienablauf	56
Anhang III	
Empfohlene Lehrveranstaltungen für das Freifach	62
Anhang IV	
Äquivalenz- und Anerkennungsliste	62
Anhang V	
Glossar.....	73

I Allgemeines

§ 1. Gegenstand des Studiums und Qualifikationsprofil

Das naturwissenschaftliche Masterstudium Physics umfasst vier Semester. Der Gesamtumfang beträgt 120 ECTS-Anrechnungspunkte gem. § 51 Abs. 2 Z 26 UG.

Das Masterstudium Physics wird als fremdsprachiges Studium gemäß § 71e Abs. 4 UG in englischer Sprache durchgeführt.

Absolventinnen und Absolventen dieses Studiums wird der akademische Grad „Master of Science“, abgekürzt „MSc“, verliehen.

(1) Gegenstand des Studiums

Das englischsprachige Masterstudium Physics an der Karl-Franzens-Universität Graz und der Technischen Universität Graz vermittelt eine naturwissenschaftliche Ausbildung im Fach Physik, welche eine besondere Breite des Fächerkanons anbietet, aus dem die Studierenden individuelle Schwerpunkte setzen können.

(2) Qualifikationsprofil und Kompetenzen

Das Ausbildungsziel des NAWI Graz Masterstudiums Physics (an der Karl-Franzens-Universität Graz und der Technischen Universität Graz) ist international wettbewerbsfähige Absolventinnen und Absolventen heranzubilden, die befähigt sind, flexibel zukünftige Problemlösungen im physikalisch / naturwissenschaftlichen Bereich zu bewältigen. Dies wird durch eine Kombination aus fundierter allgemeiner Physikausbildung und Anwendungsnähe zusammen mit der Möglichkeit der individuellen Vertiefung erreicht. Dadurch können Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiums Physics in verschiedenen Berufsfeldern erfolgreich tätig werden und selbstverantwortlich wirken.

Die Studierenden des Masterstudiums Physics erhalten eine anspruchsvolle physikalisch-mathematische Ausbildung im Allgemeinen, können aber auch eine der folgenden fünf Vertiefungsrichtungen wählen: „Atmospheric Physics and Climate“, „Astrophysics“, „Experimental Physics“, „Space Physics and Aeronomy“, „Theoretical and Computational Physics“. Neben diesen vorgeschlagenen Vertiefungsrichtungen können die Studierenden flexibel ihre Module zusammenstellen und auf Wunsch individuelle Vertiefungsrichtungen genehmigt bekommen, um für zukünftige Anforderungen bestens vorbereitet zu sein.

Absolventinnen und Absolventen dieses Studiums

- haben die im Bachelorstudium erworbenen Fähigkeiten vertieft und weiterentwickelt,
- sind mit Teilgebieten der aktuellen physikalischen Forschung vertraut und können diese reflektieren,
- können komplexe Problemstellungen durch Anwendung von physikalisch-mathematischen Methoden selbstständig bewältigen,
- weisen einen hohen Grad an analytischem Denkvermögen auf;

- besitzen ein hohes Maß an Teamfähigkeit, welche im Rahmen von Projektarbeiten vertieft geschult wurde,
- sind versiert im Umgang mit theoretischen, experimentellen bzw. computerbasierten Methoden zur Problemlösung,
- sind in der Lage die Ergebnisse ihrer Arbeit nach außen, sowohl an andere Experten als auch an Laien, zu kommunizieren,
- beherrschen die englische Fachsprache in einem sehr guten Ausmaß und sind zusammen mit dem international gebräuchlichen Titel „Master of Science“ besonders wettbewerbsfähig im internationalen Kontext,
- qualifizieren sich für die selbstbestimmte und autonome Weiterführung ihrer Studien z.B. im Rahmen eines PhD/Doktoratstudiums.

(3) Bedarf und Relevanz des Studiums für die Wissenschaft und für den Arbeitsmarkt

Die Absolventinnen und Absolventen mit einer einerseits breiten aber auch individuell vertieften Ausbildung, wie unter (2) angeführt, sind befähigt, in einer Reihe unterschiedlicher Berufsfelder im In- und Ausland tätig zu werden. Daher dienen sie im wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und industriellen Bereich als hochqualifizierte Fachkräfte.

Die Absolventinnen und Absolventen verfügen sowohl über ausgezeichnete Fachqualifikationen als auch über jene wertvolle häufig als „Physikalische Denkweise“ bezeichnete personale Kernkompetenz, die sich aus einer Kombination von solidem naturwissenschaftlichen Wissen, Vertrautheit mit praktischen Methoden (experimentell, theoretisch und computerorientiert), hohem analytischen Denkvermögen und ausgeprägter Problemlösungsfähigkeit ergibt. Dadurch stellen die Absolventinnen und Absolventen jene gesuchten Kräfte dar, welche flexibel und fachübergreifend für neu entstehende Aufgabenbereiche einsetzbar sind. Darüber hinaus findet physikalisches Arbeiten praktisch nur mehr in Arbeitsgruppen statt, wodurch die Teamfähigkeit besonders entwickelt wird. Durch dieses breite Kompetenzspektrum sind die Absolventinnen und Absolventen vor allem für die nachstehend angeführten Berufsfelder im In- und Ausland bestens qualifiziert:

- Mitarbeit und Leitungsfunktion an öffentlichen/privaten Forschungs- und Bildungseinrichtungen im physikalisch-technischen Bereich
- Mitarbeit an großen internationalen Forschungskollaborationen
- Modellierung und Simulation im wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Bereich
- Algorithmenentwicklung in diversen Fachgebieten
- Mitarbeit und Leitungspositionen in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen diverser Industriebereiche, besonders der Hightech-Industrie
- Führungspositionen in der Verwaltung und Logistik
- Unternehmensberatung
- Tätigkeiten in der Qualitätskontrolle
- Beratungsorgan im naturwissenschaftlich-technischen Bereich

II Allgemeine Bestimmungen

§ 2. Zulassungsbedingungen:

- (1) Die Zulassung zu einem Masterstudium setzt den Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums oder eines fachlich in Frage kommenden Fachhochschul-Bachelorstudienganges oder eines anderen gleichwertigen Studiums an einer anerkannten inländischen oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung voraus (§ 64 Abs. 5 UG).
- (2) Das Masterstudium Physics baut auf einem Bachelorstudium Physik auf, wie zum Beispiel dem im Rahmen von NAWI Graz angebotenen Bachelorstudium Physik. Absolventinnen und Absolventen dieses letztgenannten Studiums erfüllen jedenfalls die Aufnahmevoraussetzungen für das Masterstudium Physics.
- (3) Wenn die Gleichwertigkeit grundsätzlich gegeben ist und nur einzelne Ergänzungen auf die volle Gleichwertigkeit fehlen, können zur Erlangung der vollen Gleichwertigkeit zusätzliche Lehrveranstaltungen und Prüfungen aus dem Bachelorstudium Physik im Ausmaß von maximal 30 ECTS-Anrechnungspunkten vorgeschrieben werden. Die Anerkennung dieser zusätzlich zu erbringenden Leistungen ist für den Bereich des Freifachs bis zu einem Umfang von 5 ECTS-Anrechnungspunkten gemäß § 10 zulässig.
- (4) Um einen Gesamtumfang der aufbauenden Studien von 300 ECTS-Anrechnungspunkten zu erreichen, ist die Zuordnung ein und derselben Lehrveranstaltung sowohl im zur Zulassung berechtigenden Bachelorstudium als auch im gegenständlichen Masterstudium ausgeschlossen.

§ 3. Zuteilung von ECTS-Anrechnungspunkten

Allen von den Studierenden zu erbringenden Leistungen werden ECTS-Anrechnungspunkte zugeteilt. Mit diesen ECTS-Anrechnungspunkten ist der relative Anteil des mit den einzelnen Studienleistungen verbundenen Arbeitspensums zu bestimmen, wobei das Arbeitspensum eines Jahres 1500 Echtstunden zu betragen hat und diesem Arbeitspensum 60 ECTS-Anrechnungspunkte zugeteilt werden (entsprechend einem Umfang von 25 Echtstunden je ECTS-Anrechnungspunkt). Das Arbeitspensum umfasst den Selbststudienanteil und die Semesterstunden. Eine Semesterstunde entspricht 45 Minuten pro Unterrichtswoche des Semesters.

§ 4. Gliederung des Studiums

Das Masterstudium Physics mit einem Arbeitsaufwand von 120 ECTS-Anrechnungspunkten umfasst vier Semester und ist wie folgt modular strukturiert:

	ECTS
Pflichtmodul G: General Physics	15
Pflichtmodul M: Preparation for the Master's Thesis	14
5 Vertiefungsmodule (je 9 ECTS-Anrechnungspunkte)	45
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	9
Freifach	6
Masterarbeit	30
Masterprüfung	1
Summe	120

§ 5. Lehrveranstaltungstypen

- (1) Vorlesungen (VO)*: Sie dienen der Einführung in die Methoden des Fachgebietes und der Vermittlung von Überblicks- und Spezialkenntnissen aus dem gesicherten Wissensstand, aus dem aktuellen Forschungsstand und aus besonderen Forschungsbereichen des Faches.
- (2) Vorlesungen mit Übungen (VU)*: Dabei erfolgt sowohl die Vermittlung von Überblicks- und Spezialkenntnissen als auch die Vermittlung von praktischen Fähigkeiten. Diese Lehrveranstaltungen besitzen immanenten Prüfungscharakter.
- (3) Übungen (UE)*: Übungen haben den praktischen Zielen der Studien zu entsprechen und dienen der Lösung konkreter Aufgaben. Diese Lehrveranstaltungen besitzen immanenten Prüfungscharakter.
- (4) Laborübungen (LU)*: Laborübungen dienen der Vermittlung und praktischen Übung experimenteller Techniken und Fähigkeiten. Diese Lehrveranstaltungen besitzen immanenten Prüfungscharakter.
- (5) Seminare (SE)*: Sie dienen der eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit und der wissenschaftlichen Diskussion darüber, wobei eine schriftliche Ausarbeitung eines Themas und dessen mündliche Präsentation geboten werden soll. Darüber ist eine Diskussion abzuhalten. Diese Lehrveranstaltungen besitzen immanenten Prüfungscharakter.
- (6) Projekte (PT)*: In Projekten werden experimentelle, theoretische und/oder konstruktive angewandte Arbeiten bzw. kleine Forschungsarbeiten unter Berücksichtigung aller erforderlichen Arbeitsschritte durchgeführt. Projekte werden mit einer schriftlichen Arbeit abgeschlossen, die einen Teil der Beurteilung bildet. Diese Lehrveranstaltungen besitzen immanenten Prüfungscharakter.
- (7) Exkursionen (EX)*: Exkursionen tragen zur Veranschaulichung und Vertiefung des Unterrichtes bei und finden außerhalb der Universitätsräumlichkeiten statt. Insbesondere sollen durch den Besuch außeruniversitäre Einrichtungen der Forschung, Wirtschaft oder Industrie relevante, praxisnahe Zusatzinformation ver-

mittelt werden, welche eine wertvolle Ergänzung zur Universitätsausbildung darstellen. Über die Exkursion ist ein Bericht zu verfassen, welcher entweder schriftlich oder auch in Form einer mündlichen Präsentation durch die Studierenden erfolgen kann. Exkursionen können im In- und im Ausland stattfinden.

- (8) Privatissimum (PV)*: Dies sind spezielle Forschungsseminare, die auf reger Diskussion und Impulsreferaten zu aktuellen Forschungsfragen aufbauen. Diese Lehrveranstaltungen besitzen immanenten Prüfungscharakter.

* Es gelten die in der Satzung Studienrecht (Uni Graz) bzw. Richtlinie (TU Graz) der beiden Universitäten festgelegten Lehrveranstaltungstypen bzw. -arten. Siehe § 1 Abs. 3 des studienrechtlichen Satzungsteiles der Uni Graz bzw. Richtlinie über Lehrveranstaltungstypen der Curricula-Kommission des Senates der TU Graz vom 6.10.2008 (verlautbart im Mitteilungsblatt der TU Graz vom 3.12.2008).

§ 6. Gruppengrößen

Bei den nachfolgenden Lehrveranstaltungstypen werden folgende maximale Teilnehmerschuldenzahlen (Gruppengrößen) festgelegt:

- (1) Für Übungen (UE) und für Übungsanteile von Vorlesungen mit integrierten Übungen (VU) ist die maximale Gruppengröße 25. Entspricht der Übungsanteil der VU einer Laborübung, dann ist die maximale Gruppengröße für den Übungsanteil 6.
- (2) Für Laborübungen (LU) und Privatissima (PV) ist die maximale Gruppengröße 6.
- (3) Für Projekte (PT), Seminare (SE) und Exkursionen (EX) ist die maximale Gruppengröße 20

§ 7. Richtlinien zur Vergabe von Plätzen für Lehrveranstaltungen

- (1) Melden sich mehr Studierende zu einer Lehrveranstaltung an als verfügbare Plätze vorhanden sind, sind parallele Lehrveranstaltungen vorzusehen, im Bedarfsfall auch in der vorlesungsfreien Zeit.
- (2) Können nicht im ausreichenden Maß parallele Lehrveranstaltungen (Gruppen) angeboten werden, sind Studierende nach folgender Prioritätsordnung in die Lehrveranstaltung aufzunehmen:
 - a. Die Lehrveranstaltung ist für die/den Studierende/n verpflichtend im Curriculum vorgeschrieben.
 - b. Die Summe der im betreffenden Studium positiv absolvierten Lehrveranstaltungen (Gesamt ECTS-Anrechnungspunkte)
 - c. Das Datum (Priorität früheres Datum) der Erfüllung der Teilnahmevoraussetzung.
 - d. Studierende, welche bereits einmal zurückgestellt wurden oder die Lehrveranstaltung wiederholen müssen, sind bei der nächsten Abhaltung der Lehrveranstaltung bevorzugt aufzunehmen.
 - e. Die Note der Prüfung- bzw. der Notendurchschnitt der Prüfungen (gewichtet nach ECTS-Anrechnungspunkten) - über die Lehrveranstaltung(en) der Teilnahmevoraussetzung

- f. Studierende, für die solche Lehrveranstaltungen zur Erfüllung des Curriculums nicht notwendig sind, werden lediglich nach Maßgabe freier Plätze berücksichtigt; die Aufnahme in eine eigene Ersatzliste ist möglich. Es gelten sinngemäß die obigen Bestimmungen.
- (3) An Studierende, die im Rahmen von Mobilitätsprogrammen einen Teil ihres Studiums an den an NAWI Graz beteiligten Universitäten absolvieren, werden vorrangig bis zu 10% der vorhandenen Plätze vergeben.

III Studieninhalt und Studienablauf

§ 8a. Module, Lehrveranstaltungen und Semesterzuordnung

Die einzelnen Lehrveranstaltungen dieses Masterstudiums und deren Gliederung in Pflicht- und Wahlmodule sind nachfolgend angeführt. Die in den Modulen zu vermittelnden Kenntnisse, Methoden oder Fertigkeiten werden im Anhang I näher beschrieben. Die Zuordnung der Lehrveranstaltungen zur Semesterfolge ist eine Empfehlung und stellt sicher, dass die Abfolge der Lehrveranstaltungen optimal auf Vorwissen aufbaut und das Arbeitspensum möglichst gleichmäßig über die vorgesehenen Semester verteilt ist. Die Zuordnung der Lehrveranstaltungen zu den beteiligten Universitäten erfolgt in Anhang II und § 9.

Masterstudium Physics						Semester mit ECTS-Anrechnungspunkten			
Modul	Lehrveranstaltung	LV SSt.	LV Typ	ECTS	Semester mit ECTS-Anrechnungspunkten				
					I	II	III	IV	
Pflichtmodul G: General Physics									
	Statistical Physics ¹	2	VO	4	4				
	Statistical Physics ¹	1	UE	2	2				
	Advanced Quantum Mechanics ¹	2	VO	4	4				
	Advanced Quantum Mechanics ¹	1	UE	2	2				
	Introduction to General Relativity and Cosmology	2	VO	3	3				
Zwischensumme Pflichtmodul G		8		15	15				
Pflichtmodul M: Preparation for the Master's Thesis²									
Zwischensumme Pflichtmodul M				14			12	2	
Summe Pflichtmodule				29	15		12	2	
5 Vertiefungsmodule (je 9 ECTS)				45	12	18	15		
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)				9		9			
Summe Wahlmodule lt. § 9				54	12	27	15		
Masterarbeit				30				30	
Masterprüfung				1				1	
Freifach lt. § 10				6	3	3			
Summe Gesamt				120	30	30	27	33	

¹: gemeinsame Abhaltung mit Masterstudium „Technical Physics“

²: Dieses Modul wird in § 8b definiert.

§ 8b. Modul M: Preparation for the Master's Thesis

Das Modul M dient der Vorbereitung der Masterarbeit und muss thematisch mit der Masterarbeit zusammenhängen. Es wird in der untenstehenden Tabelle definiert.

Modul M: Preparation for the Master's Thesis							
Modul / Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung		Uni-Graz ¹	TU-Graz ¹
				WS	SS		
Modul M0: Preparation for the Master's Thesis							
Practical Training in the Area of the Master's Thesis ²	4	LU/PT	10	X	X	X	
Tutorial in the Area of the Master's Thesis ²	2	PV	2	X	X	X	
Master's Seminar in the Area of the Master's Thesis ²	2	SE	2		X	X	

¹: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

²: Diese Lehrveranstaltungen können auch mit einem Untertitel, der das Fachgebiet der Master Theses näher beschreibt, angeboten werden.

Wird die Masterarbeit in einem der Bereiche Astrophysics, Atmospheric Physics and Climate, oder Space Physics and Aeronomy verfasst, dann gilt abweichend folgende Festlegung für das Modul M:

Modul M: Preparation for the Master's Thesis in ...							
Modul / Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung		Uni-Graz ¹	TU-Graz ¹
				WS	SS		
Modul M1: Preparation for the Master's Thesis in Astrophysics							
Data Analysis in Astrophysics ²	3	VO	4	X		X	
Data Analysis in Astrophysics ²	2	UE	3	X		X	
Selected Problems in Astrophysical Data Analysis ²	2	SE	3	X		X	
Tutorial for Master's Students in Astrophysics	2	PV	2	X		X	
Master's Seminar in Astrophysics ²	2	SE	2		X	X	
Modul M2: Preparation for the Master's Thesis in Atmospheric Physics and Climate							
Field Course Atmospheric and Climate Physics ²	3	PT	6		X	X	
Climate and Environmental Change – Current Research Topics	2	SE	3		X	X	
Selected Topics in Atmospheric and Climate Physics ²	2	SE/VO	3		X	X	
Tutorial for Master's Students in Atmospheric Physics and Climate	2	PV	2	X		X	
Modul M3: Preparation for the Master's Thesis in Space Physics and Aeronomy							
Practical Training in Space Physics and Aeronomy ²	3	PT	6	X		X	
Master's Seminar in Space Physics and Aeronomy	2	SE	3		X	X	
Selected Topics in Space Physics and Aeronomy ²	2	SE/VO	3	X		X	
Tutorial for Master's Students in Space Physics and Aeronomy	2	PV	2	X		X	

¹: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

²: Diese Lehrveranstaltung wird im Zweijahresrhythmus angeboten.

§ 9. Wahlmodule: Lehrveranstaltungskatalog

(1) Vertiefungsrichtungen

Auf Wunsch der Studierenden / des Studierenden kann eine der unten aufgelisteten Vertiefungsrichtungen im Masterzeugnis ausgewiesen werden. Dazu müssen die Masterarbeit und das Vorbereitungsmodul M fachlich dieser Vertiefungsrichtung entsprechen, sowie Vertiefungsmodule (siehe § 9 Abs. 3) entsprechend folgender Auflistung absolviert werden:

- **Astrophysics:** Module A1, A2, A3, A4, A5.
- **Atmospheric Physics and Climate:** Module C1, C2, C3, C4, C5
- **Experimental Physics:** Mindestens 3 Module aus E1, E3, E4, E5 und E7. E5 und E7 können nicht gemeinsam gewählt werden.
- **Space Physics and Aeronomy:** Module S1, S2, S3, S4, C2.
- **Theoretical and Computational Physics:** Module T1, T2 und T3

Eine andere als hier aufgelistete Vertiefungsrichtung kann vom studienrechtlichen Organ auf Antrag der/des Studierenden genehmigt werden, wobei eine entsprechende Liste an Vertiefungsmodulen festzulegen ist.

(2) Mentoring

Als Hilfestellung für die individuelle Zusammenstellung der Vertiefungsmodule wird den Studierenden empfohlen, mit einer zu wählenden Mentorin / einem zu wählenden Mentor im Laufe des ersten Semesters ein Gespräch abzuhalten. Dadurch soll ein optimaler Studienverlauf für die Studierenden gewährleistet werden. Eine Liste potentieller Mentoren/innen wird den Studierenden über die Webseiten der Physik Institute bzw. der Studienvertretung zugänglich gemacht.

(3) Vertiefungsmodule

Es sind 5 Vertiefungsmodule zu je 9 ECTS-Anrechnungspunkten zu absolvieren. In jedem der gewählten Module sind die mit (♦) gekennzeichneten Lehrveranstaltungen verpflichtend zu absolvieren.

Vertiefungsmodule							
Modul / Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung		Uni-Graz ¹	TU-Graz ¹
				WS	SS		
Modul A1: Stellar Astrophysics							
♦ Stellar Structure and Evolution ²	3	VO	4		X	X	
♦ Stellar Structure and Evolution ²	1	UE	2		X	X	
♦ The Galaxy and Extragalactic Systems ²	2	VO	3	X		X	

Vertiefungsmodule							
Modul / Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung		Uni-Graz ¹	TU-Graz ¹
				WS	SS		
Modul A2: Theoretical Astrophysics							
♦ The Physics of Stellar Atmospheres ²	3	VO	4	X		X	
♦ The Physics of Stellar Atmospheres ²	1	UE	2	X		X	
♦ Magneto-hydrodynamics and Solar-terrestrial Modeling ²	2	VO	3		X	X	
Modul A3: Physics of the Solar System							
♦ Introduction to Solar Physics ²	2	VO	3		X	X	
♦ Introduction to Solar Physics ²	1	UE	2		X	X	
♦ Solar Physics Lab ²	1	PT	1		X	X	
♦ Introduction to Planetology ²	2	VO	3	X		X	
Modul A4: Observing Techniques in Astrophysics							
♦ Instrumentation and Observing Techniques in Astrophysics ²	2	VO	3	X		X	
♦ Astrophysics Lab ²	2	PT	3	X		X	
♦ Astrophysical Seminar ²	2	SE	3		X	X	
Modul A5: Selected Topics in Astrophysics							
Exoplanets and Astrobiology ²	2	VO	3		X	X	
Introduction to Space Plasma Physics ²	2	VO	3	X		X	
Astrophysics Lab 2 ²	2	PT	3			X	
Celestial Mechanics ²	2	VO	3		X	X	
Hydrodynamics ²	2	VO	3			X	
Sun and Space Weather ²	2	VO	3		X	X	
Advanced General Relativity and Quantum Gravity ²	2	VO	3	X		X	
Astroparticle Physics ²	2	VO	3		X	X	
Further Lectures on Selected Astrophysical Topics ²	2	VO/SE	3	X		X	
Modul C1: Principles of the Climate System							
♦ Earth's Climate System and Climate Change	2	VO	3	X		X	
♦ Physical Oceanography, Hydrology and Climate ²	2	VO	3		X	X	
♦ Paleoclimatology ²	2	VO	3	X		X	
Modul C2: Data Analysis and Simulation							
♦ Methods of Modeling and Simulation	2	VO	3	X		X	
♦ Methods of Modeling and Simulation	2	UE	3	X		X	
♦ Time Series Analysis ²	2	VO	3	X		X	
Modul C3: Atmospheric Physics							
♦ Atmospheric Dynamics ²	2	VO	3		X	X	
♦ Atmospheric Composition and Chemistry ²	2	VO	3	X		X	
♦ Radiation and Energy Balance ²	2	VO	3	X		X	
Modul C4: Climate Physics							
♦ Climate Modeling ²	2	VO	3		X	X	
♦ Climate Dynamics ²	2	VO	3		X	X	
♦ Selected Topics in Climate Science ²	2	VO/SE	3	X		X	

Vertiefungsmodulare							
Modul / Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung		Uni-Graz ¹	TU-Graz ¹
				WS	SS		
Modul C5: Atmospheric Measurement Methods and Observing Systems							
♦ Atmospheric Measurement Methods: Remote Sensing ²	2	VO	3		X	X	
♦ Atmospheric Measurement Methods: in situ ²	2	VO	3	X		X	
♦ Seminar on Measurement Methods in Atmospheric Physics ²	2	SE	3		X	X	
Modul E1: Surface Science: Basic Principles							
Surface Science	2	VO	3	X		X	
♦ Experimental Methods in Surface Science	2	VU ⁴	3		X	X	X
Thin Film Science and Processing	2	VO	3		X		X
Modul E2: Surface Science: Advanced Topics							
Molecular Interfaces ²	2	VO	3		X	X	
Scanning Probe Techniques	2	VO	3		X	X	
Synchrotron Radiation Techniques	2	VO	3	X		X	
Surface Chemistry	2	VO	3		X		X
Vacuum Technology	2	VO	3	X		X	X
Special Topics in: „Surface Science“ ²	2	VO	3			X	
Modul E3: Spectroscopy							
♦ Spectroscopy	2	VO	3	X		X	X
♦ Research Laboratory Spectroscopy	2	LU	3		X	X	X
Synchrotron Radiation Techniques	2	VO	3	X		X	
X-ray and Neutron Scattering	2	VO	3		X		X
Magnetic Resonance: NMR and ESR ²	2	VO	3		X	X	
Application of Group Theory	2	VO	3		X	X	
Modul E4: Nano-optics and Laser Optics⁵							
♦ Advanced Optics	2	VO	3	X		X	
♦ Research Laboratory Nano and Laser Optics	2	LU	3	X		X	X
Nano Optics	2	VO	3		X	X	
Laser Physics	2	VO	3	X		X	
Ultrafast Laser Physics	2	VO	3		X		X
Modul E5: Quantum Optics and Molecular Physics⁵							
♦ Fundamental Optics	2	VO	3	X	X		X
♦ Research Laboratory Quantum Optics and Molecular Physics	2	LU	3	X	X	X	X
Laser Physics	2	VO	3	X		X	
Ultrafast Laser Physics	2	VO	3		X		X
Quantum Optics	2	VO	3	X			X
Modelling of Molecular Systems	2	VO	3	X			X
Modul E6: Nano and Quantum Matter							
♦ Solid-state Physics: Size Effects and Quantum Phenomena	2	VO	3	X		X	
Modern Materials ²	2	VO	3	X		X	
Scanning Probe Techniques	2	VO	3	X		X	
Nano- and Quantum Magnetism ²	2	VO	3	X		X	
Application of Group Theory	2	VO	3		X	X	

Vertiefungsmodule							
Modul / Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung		Uni-Graz ¹	TU-Graz ¹
				WS	SS		
Theory of Superconductivity	2	VO	3	X			X
Phase Transitions and Critical Phenomena	2	VO	3	X			X
Theory of Magnetism and Collective Phenomena	2	VO	3	X			X
Quantum Transport Theory	2	VO	3		X	X	X
Exotic States in Solids	2	VO	3		X	X	
Nanostructures and Nanotechnology	2	VO	3		X		X
Modul E7: Biological Applications							
♦ Research Laboratory Biophysics	2	LU	3		X	X	
Molecular Biophysics 1	2	VO	3	X		X	
Molecular Biophysics 2	2	VO	3		X	X	
Biological and Biobased Materials	2	VO	3		X		X
Biophotonics	2	VO	3		X	X	
Biomagnetism ²	2	VO	3	X		X	
Soft Matter Physics	2	VO	3	X			X
Modul E8: Industrial Applications							
♦ Topics of Industrial Relevance	2	VO	3	X		X	
♦ Signal Theory and Signal Processing	2	VU ⁶	3		X	X	X
Patent Law and Technology Transfer	2	VO	3		X	X	
Ultrasound Methods ²	2	VO	3		X	X	
Thin Film Science and Processing	2	VO	3		X		X
Modelling and Simulations of Semiconductors	2	VO	3		X		X
Temperature Measurements	2	VO	3	X			X
Light Engineering	2	VO	3	X			X
Excursion	1	EX	1	X		X	
Modul S1: Fundamentals of Space Physics and Aeronomy							
♦ Introduction to Planetology ²	2	VO	3	X		X	
♦ Introduction to Aeronomy ²	2	VO	3	X		X	
♦ Introduction to Space Plasma Physics ²	2	VO	3	X		X	
Modul S2: Solar and Heliospheric Physics							
♦ Introduction to Solar Physics ²	2	VO	3		X	X	
♦ Magneto-hydrodynamics and Solar-terrestrial Modeling ²	2	VO	3		X	X	
♦ Introduction to Solar Physics ²	1	UE	2		X	X	
♦ Solar Physics Lab ²	1	PT	1		X	X	
Modul S3: Physics of Planetary Atmospheres and Magnetospheres							
♦ Physics of Planetary Atmospheres ²	2	VO	3		X	X	
♦ Earth and Planetary Magnetic Fields ²	2	VO	3		X	X	
♦ Planetary Magnetospheres ²	2	VO	3		X	X	
Modul S4: Measurement Methods and Observing Systems							
♦ Measurement Methods in Space Physics ²	2	VO	3		X	X	
♦ Space Missions and Experiments Design ²	2	VO	3		X	X	

Vertiefungsmodulare							
Modul / Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung		Uni-Graz ¹	TU-Graz ¹
				WS	SS		
♦ Seminar on Measurement Methods in Space Physics ²	2	SE	3		X	X	
Modul T1: Advanced Theoretical Physics 1							
♦ Advanced Mathematical Methods	3	VO	4,5	X		X	
♦ Quantum Field Theory	3	VO	4,5		X	X	
Modul T2: Advanced Theoretical Physics 2							
♦ Advanced Quantum Mechanics 2	2	VO	3	X		X	
♦ Advanced Statistical Physics	2	VO	3	X		X	X
♦ Basic Concepts of Solid-state Theory	2	VO	3	X		X	
Modul T3: Computational Physics							
♦ Numerical Methods in Linear Algebra	2	VU ³	3	X		X	
♦ Monte-Carlo Methods	2	VU ³	3	X		X	
Computational Methods in Solid-state Physics	2	VU ³	3	X		X	
Computational Methods in Particle Physics ²	2	VU ³	3		X	X	
Modul T4: Theoretical Solid-state Physics ⁵							
♦ Green's Functions for Solid-state Physics	2	VU ³	3		X	X	
Fundamentals of Electronic Structure Theory	2	VO	3		X	X	X
Theory of Magnetism and Collective Phenomena	2	VO	3	X			X
Theory of Superconductivity	2	VO	3	X			X
Phase Transitions and Critical Phenomena	2	VO	3	X			X
Exotic States in Solids	2	VO	3		X	X	
Quantum Transport Theory	2	VO	3		X	X	X
Computational Methods in Solid-state Physics	2	VU ³	3	X		X	
Modul T5: Theoretical Nanophysics							
Theoretical Nano- and Quantum Physics	2	VO	3		X	X	
Plasmonics ²	2	VO	3		X	X	
Quantum Transport Theory	2	VO	3		X	X	X
Fundamentals of Electronic Structure Theory	2	VO	3		X	X	X
Exotic States in Solids	2	VO	3		X	X	
Modul T6: Modelling of Materials ⁵							
♦ Fundamentals of Electronic Structure Theory	2	VO	3		X	X	X
♦ Simulating Materials Properties from First Principles	2	UE	3		X	X	X
Applications of Electronic Structure Methods	2	VO	3		X		X
Ab-initio Methods for Correlated Materials	2	VO	3	X			X
Advanced Ab-Initio Techniques	2	VO	3	X		X	X
Modelling of Molecular Systems	2	VO	3	X			X

Vertiefungsmodulare							
Modul / Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung		Uni-Graz ¹	TU-Graz ¹
				WS	SS		
Modul T7: Foundations of Particle Physics							
♦ Quantum Field Theory 2: Gauge Theories	4	VU ³	6	X		X	
Lattice Field Theory	2	VO	3		X	X	
Functional Methods in Quantum Field Theory ²	2	VO	3	X		X	
Computational Methods in Particle Physics	2	VU ³	3		X	X	
Special Topics in: "Foundations of Particle Physics"	2	VO	3	X		X	
Advanced Mathematical Methods 2 ²	2	VO	3	X		X	
Project in: „Foundations of Particle Physics“	2	PT	3		X	X	
Modul T8: Phenomenology of Particle Physics							
♦ Hadron Physics	2	VO	3		X	X	
Electroweak Physics ²	2	VO	3		X	X	
Supersymmetry ²	2	VO	3	X		X	
Physics Beyond the Standard Model ²	2	VO	3		X	X	
Advanced General Relativity and Quantum Gravity ²	2	VO	3	X		X	
Astroparticle Physics ²	2	VO	3		X	X	
Special Topics in: "Phenomenology of Particle Physics" ²	2	VO	3		X	X	
Project in: "Phenomenology of Particle Physics"	2	PT	3	X		X	

¹: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

²: Diese Lehrveranstaltung wird im Zweijahresrhythmus angeboten.

³: 2/3 SSt./Vorlesungsteil, 1/3 SSt./Übungsteil.

⁴: 1/4 SSt./Vorlesungsteil, 3/4 SSt./Übungsteil. Der Übungsanteil entspricht einer Laborübung.

⁵: Gemeinsames Modul im gegenständlichen Masterstudium „Physics“ und im Masterstudium „Technical Physics“.

⁶: 2/3 SSt./Vorlesungsteil (VO), 1/3 SSt./Übungsteil. Der Übungsanteil entspricht einer Laborübung.

(4) Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)

Das allgemeine Wahlmodul umfasst Lehrveranstaltungen im Ausmaß von 9 ECTS-Anrechnungspunkten.

Für das Allgemeine Wahlmodul können folgende Lehrveranstaltungen gewählt werden:

- Lehrveranstaltungen aus dem Katalog der o.g. Vertiefungsmodulare (§ 9 Abs. 3), die nicht bereits in den gewählten Vertiefungsmodulen verwendet wurden.
- Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen des NAWI Graz Masterstudiums „Technical Physics“ unter Berücksichtigung der jeweiligen Anmeldevoraussetzungen, wenn sie nicht bereits in den gewählten Vertiefungsmodulen verwendet wurden.
- Lehrveranstaltungen zur Vertiefung einer Fremdsprache (Englisch oder Deutsch) in einem Umfang von bis zu 3 ECTS-Anrechnungspunkten.
- Lehrveranstaltungen aus dem nachfolgenden Katalog „Allgemeines Wahlmodul“

- Deutschsprachige Lehrveranstaltungen aus dem nachfolgenden Katalog „Bachelor-Vertiefungsrichtung Allgemeine Physik“ des NAWI-Graz Bachelorstudiums Physik unter Berücksichtigung von § 2 Abs. 4.

Lehrveranstaltungskatalog: Allgemeines Wahlmodul							
Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung		Uni-Graz ¹	TU-Graz ¹
				WS	SS		
Advanced Mathematical Methods	1	UE	1,5	X		X	
Quantum Field Theory	1	UE	1,5		X	X	
Halbleiterphysik und Mikroelektronik ²	2	VO	4		X	X	
Digitalelektronik ²	1	VU ³	2	X		X	
Journal Club ^{2,4}	2	PV	3	X		X	
Mechanische Fertigungstechniken ²	1	VU ³	2	X		X	

¹: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

²: Abhaltung in deutscher Sprache.

³: 1/4 SSt./Vorlesungsteil, 3/4 SSt./Übungsteil. Der Übungsanteil entspricht einer Laborübung.

⁴: Diese Lehrveranstaltung wird im Zweijahresrhythmus angeboten.

Lehrveranstaltungskatalog: Bachelor-Vertiefungsrichtung Allgemeine Physik							
Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung		Uni-Graz ¹	TU-Graz ¹
				WS	SS		
Moderne Kapitel der experimentellen Physik ²	2	VO	3		X	X	
Moderne Kapitel der theoretischen Physik ²	2	VO	3		X	X	
Einführung in die Astrophysik ²	2	VO	3	X		X	
Einführung in die Geophysik ²	2	VO	3		X	X	
Einführung in die Meteorologie und Klimaphysik ²	2	VO	3	X		X	

¹: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

²: Abhaltung in deutscher Sprache.

§ 10. Freifach

- (1) Die im Rahmen des Freifaches im Masterstudium Physics zu absolvierenden Lehrveranstaltungen dienen der individuellen Schwerpunktsetzung und Weiterentwicklung der Studierenden und können frei aus dem Lehrveranstaltungsangebot aller anerkannten in- und ausländischen Universitäten sowie aller inländischen Fachhochschulen und pädagogischen Hochschulen gewählt werden. Anhang III enthält eine Empfehlung für frei wählbare Lehrveranstaltungen.
- (2) Sofern einer frei zu wählenden Lehrveranstaltung keine ECTS-Anrechnungspunkte zugeordnet sind, wird jede Semesterstunde (SSt.) dieser Lehrveranstaltung mit einem ECTS-Anrechnungspunkt bewertet. Sind solche Lehrveranstaltungen jedoch vom Typ Vorlesung (VO), so werden ihnen 1,5 ECTS-Anrechnungspunkte pro SSt. zugeordnet.
- (3) Weiters besteht gemäß § 13 die Möglichkeit, eine berufsorientierte Praxis oder kurze Studienaufenthalte im Ausland im Rahmen des Freifaches zu absolvieren.

§ 11. Masterarbeit

- (1) Die Masterarbeit dient dem Nachweis der Befähigung, wissenschaftliche Themen selbstständig sowie inhaltlich und methodisch vertretbar zu bearbeiten. Die Aufgabenstellung der Masterarbeit ist so zu wählen, dass für die Studierende oder den Studierenden die Bearbeitung innerhalb von sechs Monaten möglich und zumutbar ist.
- (2) Das Thema der Masterarbeit ist aus einem der Pflicht- oder Wahlmodule zu entnehmen. Über Ausnahmen entscheidet das zuständige studienrechtliche Organ.
- (3) Die Masterarbeit ist vor Beginn der Bearbeitung über das zuständige Dekanat unter Einbindung des zuständigen studienrechtlichen Organs anzumelden. Zu erfassen sind dabei das Thema, das Fachgebiet, dem das Thema zugeordnet ist, sowie die Betreuerin bzw. der Betreuer mit Angabe des Instituts.
- (4) Für die Masterarbeit werden 30 ECTS-Anrechnungspunkte festgelegt.
- (5) Die Masterarbeit ist in gedruckter sowie in elektronischer Form zur Beurteilung einzureichen.

§ 12. Anmeldevoraussetzungen für Lehrveranstaltungen/Prüfungen

- (1) Die Zulassungsvoraussetzung zur kommissionellen Masterprüfung ist der Nachweis der positiven Beurteilung aller Prüfungsleistungen gemäß §§ 8a, 8b und 9 sowie die positiv beurteilte Masterarbeit.
- (2) Studierende, die nach § 2 Abs. 3 Zulassungsvoraussetzungen für das Masterstudium Physics zu erfüllen haben, müssen diese vor der Teilnahme an Laborübungen (LU) und an Vorlesungen mit Übungen (VU) mit Laborübungsanteil positiv absolviert haben.

§ 13 Auslandsaufenthalte und Praxis

- (1) **Empfohlene Auslandsstudien**
Studierenden wird empfohlen, in ihrem Studium ein Auslandssemester zu absolvieren. Dafür kommen in diesem Masterstudium insbesondere das zweite und dritte Semester in Frage. Während des Auslandsstudiums absolvierte Module bzw. Lehrveranstaltungen werden bei Gleichwertigkeit vom Studienrechtlichen Organ anerkannt. Zur Anerkennung von Prüfungen bei Auslandsstudien wird auf § 78 Abs. 5 UG verwiesen (Vorausbescheid).
Ferner können auf Antrag an das zuständige studienrechtliche Organ auch die erbrachten Leistungen von kürzeren Studienaufenthalten im Ausland, wie beispielsweise die aktive Teilnahme an internationalen Sommer- bzw. Winterschulen, im Rahmen des Freifaches anerkannt werden.
- (2) **Praxis**
Im Rahmen des Freifachs besteht die Möglichkeit, eine berufsorientierte Praxis zu absolvieren.
Dabei entsprechen jeder Arbeitswoche im Sinne der Vollbeschäftigung 1,5 ECTS-Anrechnungspunkte. Als Praxis gilt auch die aktive Teilnahme an einer

wissenschaftlichen Veranstaltung. Diese Praxis ist von den zuständigen studienrechtlichen Organen zu genehmigen und hat in sinnvoller Ergänzung zum Studium zu stehen.

IV Prüfungsordnung und Studienabschluss

§ 14. Prüfungsordnung

Lehrveranstaltungen werden einzeln beurteilt.

- (1) Über Lehrveranstaltungen, die in Form von Vorlesungen (VO) abgehalten werden, hat die Prüfung über den gesamten Inhalt der Lehrveranstaltung zu erfolgen. Prüfungen können ausschließlich mündlich, ausschließlich schriftlich oder kombiniert schriftlich und mündlich erfolgen.
- (2) Über Lehrveranstaltungen, die in Form von Vorlesungen mit integrierten Übungen (VU), Übungen (UE), Laborübungen (LU), Konstruktionsübungen (KU), Projekten (PT), Seminaren (SE), Seminar/Projekten (SP) und Privatissima (PV) abgehalten werden, erfolgt die Beurteilung laufend auf Grund von Beiträgen, die von den Studierenden geleistet werden und/oder durch begleitende Tests. Jedenfalls hat die Beurteilung aus mindestens zwei Prüfungsvorgängen zu bestehen.
- (3) Der positive Erfolg von Prüfungen ist mit „sehr gut“ (1), „gut“ (2), „befriedigend“ (3) oder „genügend“ (4) und der negative Erfolg ist mit „nicht genügend“ (5) zu beurteilen. Die im Lehrveranstaltungs-Katalog als EX ausgewiesenen Lehrveranstaltungen werden mit "mit Erfolg teilgenommen", bzw. "ohne Erfolg teilgenommen" beurteilt.
- (4) Besteht ein Modul aus mehreren Prüfungsleistungen, die Lehrveranstaltungen entsprechen, so ist die Modulnote zu ermitteln, indem
 - a. die Note jeder dem Modul zugehörigen Prüfungsleistung mit den ECTS-Anrechnungspunkten der entsprechenden Lehrveranstaltung multipliziert wird,
 - b. die gemäß lit. a. errechneten Werte addiert werden,
 - c. das Ergebnis der Addition durch die Summe der ECTS-Anrechnungspunkte der Lehrveranstaltungen dividiert wird und
 - d. das Ergebnis der Division erforderlichenfalls auf eine ganzzahlige Note gerundet wird. Dabei ist bei Nachkommawerten, die größer als 0,5 sind aufzurunden, sonst abzurunden.
 - e. Eine positive Modulnote kann nur erteilt werden, wenn jede einzelne Prüfungsleistung positiv beurteilt wurde.
 - f. Lehrveranstaltungen, deren Beurteilung ausschließlich die erfolgreiche bzw. nicht erfolgreiche Teilnahme bestätigt, sind in diese Berechnung laut lit. a. bis d. nicht einzubeziehen.
- (5) Die kommissionelle Masterprüfung besteht aus
 - Präsentation der Masterarbeit (maximal 20 Minuten),
 - Verteidigung der Masterarbeit (Prüfungsgespräch),

- einer mündlichen Prüfung über Themen aus dem Modul, dem die Masterarbeit zugeordnet ist, sowie aus einem weiteren Modul gemäß §§ 8a und 9, das thematisch nicht dem Thema der Masterarbeit zugeordnet ist.

Die Themen werden vom zuständigen studienrechtlichen Organ der Universität der Zulassung auf Vorschlag der Kandidatin/des Kandidaten festgelegt. Die Gesamtzeit der kommissionellen Masterprüfung beträgt im Regelfall 60 Minuten und hat 75 Minuten nicht zu überschreiten.

- (6) Dem Prüfungssenat der Masterprüfung gehören die Betreuerin oder der Betreuer der Masterarbeit und zwei weitere Mitglieder an, die nach Anhörung der Kandidatin oder des Kandidaten vom zuständigen studienrechtlichen Organ nominiert werden. Den Vorsitz führt ein Mitglied des Prüfungssenates, welches nicht Betreuerin oder Betreuer der Masterarbeit ist. Bei der Auswahl des Prüfungssenates ist auf eine breite fachliche Vertretung besonderer Wert zu legen. Die neben der Betreuerin oder Betreuer der Masterarbeit weiteren Mitglieder dürfen in keinem Naheverhältnis zur gegenständlichen Masterarbeit stehen und sollten in anderen Arbeitsgruppen als der, in der die Masterarbeit angefertigt wurde, tätig sein.
- (7) Die Note dieser kommissionellen Prüfung wird vom Prüfungssenat festgelegt.
- (8) Im Sinne eines zügigen Studienfortschrittes ist bei allen Lehrveranstaltungen mit immanentem Prüfungscharakter das Nachreichen, Ergänzen oder Wiederholen von Teilleistungen, jedenfalls mindestens einer von der Lehrveranstaltungsleiterin oder dem Lehrveranstaltungsleiter festzulegenden Teilleistung, bis spätestens vier Wochen nach Ende der Lehrveranstaltung zu ermöglichen. Endet die Anmeldefrist einer aufbauenden Lehrveranstaltung innerhalb dieses Zeitraumes, so muss diese Gelegenheit bis zum Ende der Anmeldefrist ermöglicht werden. Ausgenommen von dieser Bestimmung sind Laborübungen.
- (9) Für die An- und Abmeldung sowie für die Durchführung von Prüfungen gelten die Bestimmungen der Satzung jener Universität, die mit der Durchführung der gegenständlichen Prüfung betraut ist. Wird eine Prüfung von beiden Universitäten gemeinsam durchgeführt, ist im Online-System zu veröffentlichen, welche Satzung zur Anwendung kommt. Diese Regelungen gelten sowohl für Vorlesungen (punktuelle Prüfung) als auch für Lehrveranstaltungen mit prüfungsimmanentem Charakter.

§ 15. Studienabschluss

- (1) Mit der positiven Beurteilung der Lehrveranstaltungen aller Pflicht- und Wahlmodule, des Freifaches, der Masterarbeit und der kommissionellen Masterprüfung wird das Masterstudium abgeschlossen.
- (2) Über den erfolgreichen Abschluss des Studiums ist ein Abschlusszeugnis auszustellen. Das Abschlusszeugnis über das Masterstudium Physics enthält
 - a. eine Auflistung aller Module (Prüfungsfächer) gemäß § 4 (inklusive ECTS-Anrechnungspunkte) und deren Beurteilungen. Hierbei wird nur die englische Bezeichnung des Moduls angeführt ohne Angabe des Modulkennbuchstaben, also etwa „General Physics“ oder „Stellar Astrophysics“ usw.
 - b. Titel und Beurteilung der Masterarbeit,
 - c. die Beurteilung der abschließenden kommissionellen Prüfung,

d. den Gesamtumfang in ECTS-Anrechnungspunkten des Freifaches gemäß § 10 sowie

e. die Gesamtbeurteilung des Studiums.

Die Gesamtbeurteilung des Studiums hat „bestanden“ zu lauten, wenn jedes Modul sowie die Masterarbeit und die kommissionelle Masterprüfung positiv beurteilt wurden. Diese Gesamtbeurteilung hat „mit Auszeichnung bestanden“ zu lauten, wenn weder ein Modul noch die Masterarbeit und die kommissionelle Masterprüfung mit einer schlechteren Beurteilung als „gut“ beurteilt wurden und mindestens die Hälfte der Beurteilungen (Module, Masterarbeit, kommissionelle Masterprüfung) die Note „Sehr Gut“ aufweist.

f. Falls eine Vertiefungsrichtung gewählt wurde, so ist diese auszuweisen.

V In-Kraft-Treten und Übergangsbestimmungen

§ 16. In-Kraft-Treten

Dieses Curriculum 2017 (UNIGRAZonline-Abkürzung 17W, TUGRAZonline Abkürzung 17U) tritt mit dem 1. Oktober 2017 in Kraft.

§ 17. Übergangsbestimmungen

Studierende des Masterstudiums Physik der Karl-Franzens-Universität Graz, die bei In-Kraft-Treten dieses Curriculums am 1.10.2017 dem Curriculum 2013 unterstellt sind, sind berechtigt, ihr Studium nach den Bestimmungen des Curriculums 2013 innerhalb von 6 Semestern abzuschließen. Wird das Studium bis zum 30.9.2020 nicht abgeschlossen, sind die Studierenden dem Curriculum für das Masterstudium Physics in der jeweils gültigen Fassung zu unterstellen. Im Übrigen sind die Studierenden berechtigt, sich jederzeit freiwillig innerhalb der Zulassungsfristen dem neuen Curriculum zu unterstellen. Eine diesbezügliche schriftliche unwiderrufliche Erklärung ist an das zuständige studienrechtliche Organ zu richten.

Studierende, welche das Bachelorstudium Technische Physik nach dem Curriculum 2009 bzw. nach einem weiter vorhergehenden Curriculum abgeschlossen haben und das NAWI-Masterstudium Physics nach dem vorliegenden Curriculum 2017 beginnen, haben anstelle der Lehrveranstaltungen Statistical Physics, VO (2 SSt., 4 ECTS) und Statistical Physics, UE (1 SSt., 2 ECTS) die Lehrveranstaltungen Elektrodynamik, VO (2 SSt., 4 ECTS-Anrechnungspunkte) und Elektrodynamik, UE (1 SSt., 2 ECTS) zu absolvieren.

Anhang zum Curriculum des Masterstudiums Physics

Anhang I.

Modulbeschreibungen der Pflichtmodule

Modul G	General Physics
ECTS credit points	15

Subject content	<ul style="list-style-type: none"> ◆ <u>Statistical Physics</u>: Introduction; probability; classical statistical physics (microcanonical, canonical and grand canonical ensembles, ideal gas, etc.); quantum statistics (density operator, ensembles, Bose-Einstein and Fermi-Dirac statistics, ideal Bose gas, black-body radiation, etc.) ◆ <u>Advanced Quantum Mechanics</u>: Scattering theory; non-relativistic quantum field theory (second quantisation); many-particle quantum theory; coupling to electromagnetic field; gauge invariance; addition of angular momenta; Wigner-Eckart theorem ◆ <u>Introduction to General Relativity and Cosmology</u>: Manifolds and tensors, Einstein-Hilbert action and Einstein equation; linearised gravity and gravitational waves; homogenous and isotropic (Friedmann-Robertson Walker) cosmology; Schwarzschild metric; Kerr metric; numerical relativity and nonlinear gravitational waves
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the basic principles of statistical physics and of general relativity and cosmology; • apply advanced methods in quantum theory, and • perform successful standard-type calculations in these fields. <p>After having completed the module, students have gained profound knowledge of</p> <ul style="list-style-type: none"> • classical statistical physics; • some aspects of quantum statistics, and • some of the more advanced techniques in quantum physics, and some basic understanding of the most prominent physical effects in general relativity.
Teaching and learning activities and methods	Lectures, exercise courses
Previous knowledge expected	Theory courses at bachelor's level
Frequency of offer	Every year

Modul M0	Preparation for the Master's Thesis
ECTS credit points	14
Subject content	<p>◆ <u>Practical Training in the Area of the Master's Thesis</u>: Participation in current research topics related to the planned master's thesis; working and solving problems in teams; training in required theoretical and/or practical tools; presentation of the results in short talks</p> <p>◆ <u>Tutorial in the Area of the Master's Thesis</u>: Students are introduced to the current literature and methods of their planned master's thesis project. Discussion and short presentations of physical knowledge required for the planned master's theses</p> <p>◆ <u>Master's Seminar in the Area of the Master's Thesis</u>: Presentation of the ongoing (thesis) work of the participating advanced MSc students (and PhD students), complemented by recent and ongoing work of further presenters (e.g. of scientific guests)</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • solve problems in research-related topics; • present the results in short talks, and • discuss recent advances in the research field connected to the master's thesis.
Teaching and learning activities and methods	The module consists of a practical project, a tutorial and a seminar.
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	Every year

Modul M1	Preparation for the Master's Thesis in Astrophysics
ECTS credit points	14
Subject content	<p>◆ <u>Tutorial and Seminars for Master's Students in Astrophysics</u>: Discussions and guidance for ongoing master's thesis projects of the participating MSc students; solar and stellar physics, stellar-planetary relations; observations and modelling; scientific writing; presentation skills; scientific ethics; preparation for the master's thesis defence; future perspectives in science with a focus on research frontiers in astrophysics</p> <p>◆ <u>Data Analysis and Selected Problems in Astrophysics</u>: Data handling and scientific data reduction, data analysis and interpretation; space-borne and ground-based observations; numerical modelling; independent investigations in the framework of scientific projects; presentation of project results; group discussions; current understanding of fundamental physical processes in astrophysics; preparation of results in the form of figures and written text to be used for scientific publications</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • perform scientific projects on observational data analysis and numerical modelling on physical processes in astrophysics; • handle (large) astrophysical data sets and reduce them properly; • design observing campaigns; • analyse, interpret, and critically examine derived results; • contribute to the debate on astrophysical processes; • contribute to the debate on emerging topics in atmospheric physics; • plan and structure scientific work by themselves; • participate constructively in scientific discussions and discourse; • adequately document the results of scientific work in written form; • provide valuable contributions when working as a member of a scientific team, and • process results to be presented in scientific talks. <p>After having completed the module, students have gained knowledge of</p> <ul style="list-style-type: none"> • data analysis and interpretation; • numerical modelling of astrophysical processes; • the current understanding of astrophysics and major problems in astrophysics to be solved in future research; • the fundamentals of astrophysics and research frontiers in astrophysics, and • thesis design and good scientific practices.
Teaching and learning activities and methods	The module consists of one practical course, one lecture, two seminars and one tutorial.
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years, tutorial and master's seminar at least every year

Modul M2	Preparation for the Master's Thesis in Atmospheric Physics and Climate
ECTS credit points	14
Subject content	<p>◆ <u>Tutorial for Master's Students: Atmospheric Physics and Climate</u>: The earth's climate system; physical climate mechanisms and geobiochemical cycles; climate modelling and prediction; anthropogenic climate change, global warming and current research topics in climate and environmental change; guidance for ongoing thesis work of the participating MSc students</p> <p>◆ <u>Field Course Atmospheric and Climate Physics</u>: Field measurements of meteorological parameters and climate variables; campaign design, instrument setup and calibration; data storage and data transfer; data analyses and interpretation</p> <p>◆ <u>Current Research Topics and Selected Topics</u>: Understanding of fundamental physical processes in the atmosphere and climate system; current research frontiers in atmospheric and climate physics</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • perform meteorological measurements outside of laboratory environments; • calibrate meteorological instruments and facilitate data storage and transmission; • design and implement measurement campaigns; • analyse and interpret measurement records; • contribute to the debate on climate and environmental change on a global and regional scale; • contribute to the debate on emerging topics in atmospheric physics; • plan and structure scientific work by themselves; • participate constructively in scientific discussions and discourse; • adequately document the results of scientific work in written form, and • provide valuable contributions when working as a member of a scientific team. <p>After having completed the module, students have gained knowledge of</p> <ul style="list-style-type: none"> • instrument setup and calibration; • the design and implementation of meteorological field campaigns; • data analysis and interpretation; • the climate system, future projections of climate change and research frontiers in climate and environmental research; • the fundamentals of atmospheric and climate physics and research frontiers in atmospheric and climate physics, and • thesis design and good scientific practices.
Teaching and learning activities and methods	The module consists of one practical course, two seminars and one tutorial.
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years, tutorial at least every year

Modul M3	Preparation for the Master's Thesis in Space Physics and Aeronomy
ECTS credit points	14
Subject content	<p>◆ <u>Tutorial for Master's Students: Space Physics and Aeronomy</u>: For example, cosmic rays: historical development; V. F. Hess. Primary/secondary cosmic rays; (Fermi) acceleration mechanism; spallation; energy spectrum; Forbush decrease; geophysical effects; Stoermer trajectories; CRAND; Van Allen belts; air shower; particle detectors; cosmic ray observatories; Cerenkov radiation; CERN; interpretation of data.</p> <p>Discussion and support of the current level of knowledge in the field of the master's thesis; teamwork</p> <p>◆ <u>Practical Training in Space Physics and Aeronomy</u>: Analysis of data obtained from in situ and remote measurements from ongoing space missions: in situ measurement of space plasma; data processing and analysis (calibration); single and multi-point measurements; comparison of observational results with models and theory. Remote measurement of planetary/solar radio waves; development of dynamic spectra. Analysis and interpretation of radio spectra; radio wave generation mechanism; source region; wave polarisation; propagation. Comparison with models and theory</p> <p>◆ <u>Master's Seminar and Selected Topics</u>: Presentation of the ongoing (theses) work of the participating advanced MSc students (and PhD students), complemented by recent and ongoing work of further presenters (e.g. of scientific guests)</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students understand</p> <ul style="list-style-type: none"> • the fundamental physics principles of in situ and remote measurements; • the sequence of data acquisition, processing and analysis (calibration), modelling and simulation, and • the basics regarding selected topics in space physics and aeronomy. <p>Students have gained</p> <ul style="list-style-type: none"> • competence in space science through knowledge of experiment performance, data acquisition, physical processes interpretation, modelling and simulation; • profound knowledge of scientific literature search, oral presentations, writing scientific reports and papers, and • experience in various forms of scientific work (single, teamwork with different roles of responsibility).
Teaching and learning activities and methods	Practical training, seminar, teamwork, tutorial, lecture
Previous knowledge expected	Knowledge of astrophysics, astronomy, physics, geophysics, electromagnetism, hydrodynamics, electronics, plasma physics, elementary particle physics, waves theory at bachelor's level
Frequency of offer	At least every two years, tutorial at least every year

Modulbeschreibungen der Vertiefungsmodule

Modul A1	Stellar Astrophysics
ECTS credit points	9
Subject content	<ul style="list-style-type: none"> ◆ <u>Stellar Structure and Evolution</u>: Basic equations of stellar structure; thermonuclear fusion in stars; protostars; main sequence stars; post-main sequence stellar evolution; final stages of stellar evolution; circumstellar disks and formation of planets ◆ <u>Exercises in Stellar Structure and Evolution</u>: Training in the methods introduced in the associated lecture by solving problems related to stellar properties and stellar evolution ◆ <u>The Galaxy and Extragalactic Systems</u>: Composition and structure of the galaxy and extragalactic systems; galaxy clusters; galactic distance indicators
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the structure and evolution of stars with different masses; • understand basic stellar structure equations; • obtain physical stellar parameters from observations; • understand the basic structure of the universe, and • apply the knowledge obtained after having passed the mandatory exercises.
Teaching and learning activities and methods	The module consists of two mandatory courses in which the theoretical concepts are taught. In the mandatory exercises, students use practical examples to train and apply their knowledge.
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul A2	Theoretical Astrophysics
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>The Physics of Stellar Atmospheres</u>: Theory of stellar atmospheres; stellar spectra and spectral classification; qualitative and quantitative analysis of stellar spectra; theoretical description of spectral line profiles and comparison with observations; stellar model atmospheres</p> <p>◆ <u>Exercises in Stellar Atmospheres</u>: Training in the methods introduced in the associated lecture by solving problems related to the analysis of stellar spectra</p> <p>◆ <u>Magnetohydrodynamics and Solar-terrestrial Modelling</u>: Basic magnetohydrodynamics (MHD) equations; magnetic reconnection; interaction of the solar wind with planetary atmospheres; solar-terrestrial relations</p>
Learning outcomes	<p>After having completed the module successfully, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • analyse and interpret stellar spectra; • understand stellar model atmospheres and the physics behind them; • compare theoretical models with other models and observations, and • understand the basic concepts of MHD and apply them to the solar-terrestrial interactions.
Teaching and learning activities and methods	<p>The module consists of two mandatory lectures where the theoretical concepts are taught and their relation to observations is discussed.</p> <p>In the mandatory exercises, stellar spectra are classified, numerical methods and models to describe stellar atmospheres are discussed, and the models are compared with observations.</p>
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul A3	Physics of the Solar System
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Introduction to Solar Physics</u>: The sun as a star; determination of basic physical parameters describing the sun and stars; solar interior structure; thermonuclear fusion in the solar core; solar neutrinos; helioseismology; solar atmosphere; phenomena of the quiet and the active sun; solar activity cycle; solar dynamo; solar wind; flares, coronal mass ejections; space weather</p> <p>◆ <u>Exercises in Solar Physics</u>: Training in the methods introduced in the associated lecture by solving problems related to Solar Physics.</p> <p>◆ <u>Solar Physics Lab</u>: Practical exercises at Kanzelhöhe Observatory to obtain an insight into state-of-the-art methods of ground-based observations of the sun</p> <p>◆ <u>Introduction to Planetology</u>: Overview of the solar system (terrestrial planets, gas giants, moons, planetary ring systems, asteroids, and comets); structure and composition of planetary bodies (energy budget and dynamics); thermal models; tidal interactions; exploration of the solar system by satellite missions and ground-based observatories</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the physics and structure of the sun and the solar system; • describe the most relevant phenomena of the quiet and the active sun; • understand the solar activity and its variability with the solar dynamo theory; • gain practical experience of how to obtain solar data with observations from ground-based and space-borne instruments; • describe the structure and composition of planetary bodies, and • understand the exploration of the solar system with in situ and remote sensing techniques.
Teaching and learning activities and methods	<p>The module consists of two mandatory lectures that teach the basic theoretical concepts of the physics of the sun and the solar system. After having attended the two theoretical courses successfully, students improve their knowledge through practical exercises and observations in the Solar Physics Laboratory.</p>
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul A4	Observation Techniques in Astrophysics
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Instrumentation and Observing Techniques in Astrophysics</u>: Introduction to classical and modern astrophysical techniques; observing electromagnetic radiation from radio to gamma rays; basics of optics; construction and operation of astronomical instruments; technology and application of detectors; telescopes; mountings; adaptive optics; interferometry; operation and usage of modern, large observatories; satellite observations; remote sensing and in situ instrument techniques; application to solar and stellar observations</p> <p>◆ <u>Astrophysics Lab</u>: Planning and execution of practical observations at Lustbühel Observatory; practical methods for data reduction and data analysis</p> <p>◆ <u>Astrophysical Seminar</u>: Platform for presenting and discussing selected topics in astrophysics using ground-based and space-based observations</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand modern telescopes and instruments and their fields of application; • understand astrophysical observing techniques (remote sensing and in situ); • plan own observations with telescopes and perform own photometric and spectroscopic measurements; • reduce observational data and present the results, and • obtain an overview of the modern topics in observational astrophysics.
Teaching and learning activities and methods	<p>The module offers a lecture where the basics of modern astrophysical observing techniques are discussed. In the practical exercises, students have the possibility of carrying out their own observations with telescopes. The obtained data is analysed and discussed in the corresponding seminar. In the seminar, modern astrophysical topics are discussed.</p>
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul A5	Selected Topics in Astrophysics
ECTS credit points	9
Subject content	Students can make their own selection from a range of lectures. The goal is to specialise in specific fields of astrophysics by deepening knowledge. The topics include exoplanets and astrobiology; physics of space plasmas; an advanced observational laboratory; celestial mechanics; hydrodynamics; sun and space weather; advanced general relativity, and other topics (depending on topicality and possibilities).
Learning outcomes	<ul style="list-style-type: none">• Students can specialise in theory and by practicing in specific topics and specific research fields of modern astrophysics.
Teaching and learning activities and methods	In the module, three lectures must be selected. These could be classical lectures, advanced laboratories or seminars. A total of 9 ECTS credit points is required.
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul C1	Principles of the Climate System
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>The Earth's Climate System and Climate Change</u>: The earth's climate system (terminology, subsystems, scales, balance principle, budgets and cycles); brief context of paleoclimate and history of climate; climate observations, climate elements, climate classification; physical climate mechanisms, water and energy cycles; the earth's radiation balance, and imbalances due to anthropogenic forcings and feedbacks; anthropogenic climate change; climate modelling, prediction, and projection; state-of-the-art physical climate change, adaptation, mitigation knowledge, IPCC and beyond</p> <p>◆ <u>Physical Oceanography, Hydrology and Climate</u>: Descriptive oceanography, topography, plate tectonics; physical properties of water, chemistry of seawater; thermodynamics and hydrodynamics; equations of motion; waves, tides, and ocean circulation; sea ice and cryosphere; measurement techniques and instruments; oceans and climate</p> <p>◆ <u>Paleoclimatology</u>: Climate change and environmental changes throughout the earth's history; physical mechanisms that caused these changes; scientific methods for the detection of past climate change and environmental changes</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand and critically appraise physical climate system and climate change knowledge; • adequately appreciate IPCC assessment report knowledge and conclusions; • apply the principles and methods of physical climatology, oceanography and hydrology; • contribute with expertise to the discourse on contemporary anthropogenic climate change and its consequences, in the proper context of paleoclimate and historical climate processes and dynamics; • describe the important processes influencing the oceans and the oceans' role in the climate system, and • provide an overview of the field of oceanography and discuss relevant current events (e.g. the increased melting of sea ice). <p>After having completed the module, students have gained knowledge of</p> <ul style="list-style-type: none"> • the earth's physical climate system and anthropogenic climate change; • key climate science methodologies including field modelling based on balance principles and state equations, network modelling based on budgets and cycles, climatic time series analysis from paleo-ages to the present; • physical oceanography and hydrology, and their relation to climate dynamics; • relations and interactions between the hydrosphere and the atmosphere, and • paleoclimatology and climate history of the Holocene and the previous millennia and centuries.
Teaching and learning activities and methods	The module consists of three lectures. The relevant theoretical concepts are taught in detail and illustrated with examples and applications.
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul C2	Data Analysis and Simulation
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Methods of Modelling and Simulation</u>: Overview and basic methods of modelling and simulation of systems in atmospheric, climate and environmental sciences. Modelling and numerical simulation of deterministic, stochastic and dynamical systems. Mathematical and physical modelling/simulation via ordinary and partial differential equations, random processes, discrete automata. Basic numerical solution methods. Empirical modelling via linear and nonlinear regression methods. State estimation/measurement model estimation. Error analysis. Optimal estimation, inverse modelling and data inversion methods</p> <p>◆ <u>Exercises in Methods of Modelling and Simulation</u>: Practical training in the topics of the associated lecture on methods of modelling and simulation. Selected examples of modelling/simulating systems in atmosphere, climate and environmental sciences</p> <p>◆ <u>Time Series Analysis</u>: Probability theory: random variables, distributions, statistical moments. Statistical inference: maximum likelihood estimation. Statistical modelling: linear, generalised and vector regression models. Stochastic processes: ARMA processes, Yule-Walker equations, simulation. Spectral analysis: spectrum, phase spectrum, cross spectrum, coherence, wavelet spectrum. Pattern methods: principal component analysis, canonical correlation analysis</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the basic principles of system modelling/simulation and statistical time series analysis; • formulate and build mathematical/physical models; • apply suitable (numerical) methods for solving modelling problems; • apply suitable methods for the analysis of time series and data records, and • analyse and interpret model/simulation results. <p>After having completed the module, students have gained</p> <ul style="list-style-type: none"> • knowledge of different methods of modelling/simulation in atmosphere, climate and environmental sciences; • knowledge of fundamental concepts and different methods of time series analysis, and • problem solving skills for practical modelling/simulation and data analysis problems.
Teaching and learning activities and methods	<p>The module consists of two lectures and an accompanying exercise on modelling and simulation. In the lectures, the material is presented theoretically and explained with selected examples. In the exercise, practical training, mainly computer-based, is provided for the topics covered by the associated lecture, supported by adequate software for modelling and simulation. The training covers both independent problem solving (supported by advice) and joint problem solving in a team.</p>
Previous knowledge expected	Basic knowledge of a programming language at bachelor's level
Frequency of offer	Mandatory courses (◆) every year

Modul C3	Atmospheric Physics
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ Atmospheric Dynamics: Thermodynamics; equations of motion; balanced flow, scale analysis; circulation and vorticity; atmospheric waves; extra-tropical weather systems; general circulation; air masses and fronts; tropical and polar weather</p> <p>◆ Atmospheric Composition and Chemistry: Development and evolution of planetary atmospheres; composition and vertical structure of the earth's atmosphere; fundamentals of stratospheric and tropospheric chemistry; chemical cycling; air pollution and air quality; photochemistry; gas-phase chemistry; aerosol nucleation and growth; aerosol-cloud chemistry; chemistry-climate connections; chemical geoengineering</p> <p>◆ Radiation and Energy Balance: Radiative transfer in planetary atmospheres; radiative forcing; interaction of radiation (UV/VIS, IR) with gases and clouds; atmospheric energy budget</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • apply scale analysis to simplify the equations of motion; • apply perturbation analysis to study atmospheric waves; • solve chemical reaction equations; • contribute to the debate on stratospheric ozone depletion/recovery, degrading air quality and chemistry-climate connections, and • perform radiative transfer calculations. <p>After having completed the module, students have gained knowledge of</p> <ul style="list-style-type: none"> • the physical principles governing large-scale and mesoscale atmospheric flow and atmospheric thermodynamics; • the composition and evolution of planetary atmospheres and fundamental chemical cycles; • the principles of stratospheric and tropospheric chemistry and chemistry-climate connections, and • radiative forcing and transfer in planetary atmospheres, the earth's energy balance.
Teaching and learning activities and methods	The module consists of three lectures. The relevant theoretical concepts are taught in detail and illustrated with many examples and applications.
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul C4	Climate Physics
ECTS credit points	9
Subject content	<ul style="list-style-type: none"> ◆ <u>Climate Modelling</u>: Hierarchy of climate models; parameterisations; finite differencing; climate model experiments; uncertainties; skill of climate models; global climate projections; regional climate modelling ◆ <u>Climate Dynamics</u>: Geophysical fluid dynamics; energy balance models; climate equilibria and stability (warm and cold climates); large-scale atmospheric energy and momentum transport; air-sea fluxes; physics of large-scale climate modes (ENSO, NAO, PNA); inter-annual to centennial climate variability ◆ <u>Selected Topics in Climate Science</u>: Current status of climate observations and climate projections; current research frontiers in climate research
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • critically interpret the design of climate model experiments and future projections of global and regional climate change; • interpret fingerprints of large-scale climate modes; • apply fundamental geophysical fluid dynamics in process analyses, and • contribute to the debate on climate change on a global and regional scale. <p>After having completed the module, students have gained knowledge of</p> <ul style="list-style-type: none"> • the principles of climate modelling at an introductory level; • a wide range of possibilities of using climate models; • the benefits and limitations of climate models; • geophysical fluid dynamics and energy and momentum transport; • large-scale climate modes, their underlying drivers and their role in the climate system; • inter-annual to centennial climate variability, and • the current understanding of the climate system, future projections of climate change and research frontiers in climate research.
Teaching and learning activities and methods	The module consists of three lectures. The relevant theoretical concepts are taught in detail and illustrated with many examples and applications.
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul C5	Atmospheric Measurement Methods and Observing Systems
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Atmospheric Measurement Methods: Remote Sensing</u>: Introduction to and an overview of remote sensing of the atmosphere and climate. Types and classification of remote sensing systems, sensors, platforms, and basic measurement geometries. Physics of remote sensing. Relevant properties of electromagnetic radiation and interaction processes with matter, radiative transfer. Applications for remote sensing of thermodynamic variables, wind, and atmospheric composition</p> <p>◆ <u>Atmospheric Measurement Methods: In situ</u>: Introduction to and an overview of in situ measurement methods for meteorological parameters, tropospheric trace gases, air pollutants, atmospheric properties and climate variables. Instrument types and underlying measurement/sampling/recording principles. Application of in situ measurements in atmospheric and climate research. Overview of global/regional in situ monitoring networks</p> <p>◆ <u>Seminar on Measurement Methods in Atmospheric Physics</u>: Specific selected topics from the field of remote sensing and in situ atmospheric measurement methods for deepening knowledge of the topics in the associated lectures. Important measurement methods/techniques, instruments/sensors, data processing methods for atmospheric thermodynamic variables and atmospheric composition e.g. temperature, trace gas and wind sounding</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • name, classify, explain and distinguish important atmospheric measurement methods; • discuss advantages and disadvantages of individual methods; • select suitable observing systems for practical applications; • relate measurement principles to basic physical and chemical processes; • undertake literature research and cite scientific literature according to given standards; • prepare and summarise information on a scientific topic, and • present a scientific topic. <p>After having completed the module, students have gained knowledge of</p> <ul style="list-style-type: none"> • different atmospheric remote sensing measurement methods; • different atmospheric in situ measurement methods; • physical and chemical principles of individual measurement techniques, and • scientific presentation.
Teaching and learning activities and methods	<p>The module consists of two lectures and an accompanying seminar. In the lectures, the material is presented theoretically. In the seminar, knowledge of the topics covered by the associated lectures is deepened. The seminar prepares students for independent work, and presentation and discussion of research-related topics on important or new atmospheric measurement methods.</p>
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul E1	Surface Science: Basic Principles
ECTS credit points	9
Subject content	<ul style="list-style-type: none"> ◆ <u>Surface Science</u>: Geometric and electronic structure of surfaces (theory and methods); adsorption; (thermodynamics, growth processes) ◆ <u>Experimental Methods in Surface Science</u>: Combination of lectures and laboratory courses; the focus is on understanding the principles of modern experimental surface science techniques (morning lectures) and gaining direct hands-on experience (afternoon laboratory course) with the techniques available at the surface science groups at Uni Graz and TU Graz. ◆ <u>Thin Film Science and Processing</u>: Principles of thin film growth; thermodynamics and kinetics; adsorption; desorption; diffusion; techniques (PVD, CVD, LB, spin coating); nanostructure fabrication (etching, etc.)
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the fundamental (geometric and electronic) properties of surfaces as a representation of a truncated crystalline bulk material; • understand the principles of, operate, and interpret the results obtained with state-of-the-art ultra-high vacuum-based surface science methods and standard surface analytical methods for industry, and • understand the principles and methods of adsorption on surfaces, self-assembly, thin film growth and nanostructuring.
Teaching and learning activities and methods	Lectures, laboratory course
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	Every year

Modul E2	Surface Science: Advanced Topics
ECTS credit points	9
Subject content	<p><u>Molecular Interfaces</u>: Bonding; orbitals; band structure; interfaces; angle-resolved UPS; orbital tomography</p> <p><u>Scanning Probe Techniques</u>: Scanning tunnelling microscopy (theory; operation; measurement modes; spectroscopy; applications; spin-polarised STM; inelastic STM/STS; manipulation).</p> <p>Atomic force microscopy (theory; interaction forces; modes (static, dynamic); force-distance curves; Kelvin probe; magnetic force spectromicroscopy: PEEM; LEEM; μ-XPS</p> <p><u>Synchrotron Radiation Techniques</u>: Synchrotron light generation (history, accelerators, etc.); synchrotron XPS (time-resolved; data analysis; line shapes; curve fitting, etc.); X-ray absorption spectroscopy (EXAFS, XANES)</p> <p><u>Surface Chemistry</u>: Chemical reactions on surfaces (heterogeneous catalysis; photocatalysis; electrochemistry)</p> <p><u>Vacuum Technology</u>: Gas kinetics; pumps; pressure measurements; vacuum chambers; safety</p>
Learning outcomes	These advanced courses are partly intended as preparation for and as accompanying lectures during the master's research project. They provide students with deeper knowledge of the systems and techniques of surface physics and surface chemistry.
Teaching and learning activities and methods	Lectures
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	Every year

Modul E3	Spectroscopy
ECTS credit points	9
Subject content	<p>General aspects of spectroscopic methods in modern physical research together with some selected special topics</p> <p>◆ <u>Spectroscopy</u>: General aspects of spectroscopic methods; wave-particle duality; energy and momentum conservation; dispersion relation (classical, relativistic); mass and massless excitations; scattering processes (elastic, inelastic); cross sections; Fermi's golden rule; dissipation-fluctuation theorem; selection rules; optical spectroscopy; interaction of photons with matter; electron spectroscopy; physics of EELS; EELS imaging; edge fine structure ELNES/EXELFS; photoelectron spectroscopy; neutron scattering; μSR; NMR; ESR; interpretation of spectra; line shapes (Lorentzian, Gauss, Voigt, Fano); selected practical examples: determination of coordination; valences; bond lengths; composition; vibrational frequencies; lifetime of states; Fermi resonance; difference in classical and highly correlated systems (nested Fermi surface, marginal Fermi liquid, superconductors, correlated electron states, spin systems)</p> <p>◆ <u>Research Laboratory Spectroscopy</u>: Practical use and interpretation of the spectra. Laboratory course with practical training in selected spectroscopic methods</p> <p><u>Synchrotron Radiation Techniques</u>: Synchrotron light generation (history, accelerators, etc.); synchrotron XPS (time-resolved; data analysis; line shapes; curve fitting, etc.); X-ray absorption spectroscopy (EXAFS, XANES)</p> <p><u>X-ray and Neutron Scattering</u>: Basic principles of elastic and inelastic scattering techniques to study the structure and dynamics of materials at the atomic and molecular level</p> <p><u>Magnetic resonance: NMR and ESR</u>: Nuclear and electron spins; density matrix and internal energy; thermodynamic equilibrium; Bloch equation; 2 level systems and quantum computing; spin coupling by dipoles and Suhl-Nakamura interaction; hyperfine interactions; Knight shift; Korringa relaxation; spin diffusion; vortex ordering and fluctuations in superconductors; experimental setup; pulse and Fourier spectroscopy; spin-echo methods</p> <p><u>Application of Group Theory</u>: Symmetries in physics; groups; linear operators; tensors; point symmetries; representations and characters; projection operators; G-independent subspaces; selection rules; translational symmetry; Bloch theorem; symmetry restriction on material properties; simplification of eigenvalue problems; application on vibrations; phonons; electronic structure, etc.</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the basic principles of spectroscopic methods in modern physical research; • have an overview of spectroscopic methods; • are able to interpret spectroscopic data with respect to physical behaviour of molecules and solids; • are able to use some selected spectroscopic methods practically in the laboratory, and • have more detailed knowledge of some selected spectroscopic methods.
Teaching and learning activities and methods	Lectures, laboratory course
Previous knowledge expected	Attending the laboratory course requires the knowledge from the mandatory lecture (◆).
Frequency of offer	Mandatory courses (◆) every year; others at least every two years

Modul E4	Nano-optics and Laser Optics
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Advanced Optics</u>: Light and matter; interference and diffraction; beam and pulse propagation; layered media and waveguides; microscopy; sources and detectors</p> <p>◆ <u>Research Laboratory Nano-optics and Laser Optics</u>: Practical training in advanced experimental techniques with the opportunity to choose topics according to interests and lectures attended</p> <p><u>Nano-optics</u>: Super-resolution microscopy; near-field microscopy; quantum emitters; photonic crystals; plasmonics; metamaterials</p> <p><u>Laser Physics</u>: Emission and absorption; Einstein coefficients; laser theory and rate equations; optical resonators and modes; laser pulses; laser types; laser safety</p> <p><u>Ultrafast Laser Physics</u>: Introduction to the state-of-the-art research field of femtosecond time-resolved molecular spectroscopy: generation and amplification of femtosecond laser pulses; pulse propagation in media, dispersion compensation; pulse characterisation; methods and examples of femtosecond time-resolved spectroscopy; strong field effects; applications</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand and apply the concepts of ray and wave optics; • understand and apply the concepts of optical material properties and light-matter interaction at all length scales, and • understand and apply the physical and technical principles of (ultra-fast) lasers. <p>After having completed the module, students have acquired</p> <ul style="list-style-type: none"> • the ability to design optical and laser setups, and • the basis for the master's thesis in a research laboratory in the fields of modern optics and photonics.
Teaching and learning activities and methods	Lectures, laboratory course
Previous knowledge expected	Experimental physics, quantum mechanics, electrodynamics and mathematical concepts at bachelor's level
Frequency of offer	Every year

Modul E5	Quantum Optics and Molecular Physics
ECTS credit points	9
Subject content	<p>Concepts of light-matter interaction are introduced and described with semiclassical and quantum physics. Topics ranging from light propagation in solids to the investigation of processes in isolated molecules with femto-second laser pulses and their modelling are covered.</p> <p>◆ <u>Fundamental Optics</u>: Basics of optics for research and industrial applications: light propagation in isotropic materials; conducting media and bi-refracting crystals; polarisation optics; nonlinear optics; Fraunhofer and Fresnel diffraction; Fresnel zone plates; coherence and interference; holography; Fourier optics</p> <p>◆ <u>Research Laboratory Quantum Optics and Molecular Physics</u>: Practical training in advanced experimental techniques with the opportunity to choose topics according to interests and lectures attended. Students also participate in one of the research experiments.</p> <p><u>Ultrafast Laser Physics</u>: Introduction to the state-of-the-art research field of femtosecond time-resolved molecular spectroscopy: generation and amplification of femtosecond laser pulses; pulse propagation in media, dispersion compensation; pulse characterisation; methods and examples of femtosecond time-resolved spectroscopy; strong field effects; applications</p> <p><u>Laser Physics</u>: Emission and absorption; Einstein coefficients; laser theory and rate equations; optical resonators and modes; laser pulses and types; laser safety</p> <p><u>Quantum Optics</u>: Correlated photons; theory of light-pressure force; laser cooling and trapped atomic ensembles; atom interferometry; quantum interference; foundations and theory of atomic clocks and optical magnetometers</p> <p><u>Modelling of Molecular Systems</u>: Non-Born-Oppenheimer effects; rovibronic interactions; group theory; excited states; post-Hartree-Fock techniques; solvation, QM/MM embedding; reaction dynamics and transition state theory</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • solve optics-related tasks in research and industry, equipped with a substantial fundamental and practical basis; • understand light-induced molecular processes, their investigation with (femtosecond) laser radiation, as well as their modelling; • design and construct optical setups for laser applications, and • carry out a master's thesis in a research laboratory in the field of modern optics or laser spectroscopy.
Teaching and learning activities and methods	Lectures, laboratory course
Previous knowledge expected	Experimental physics, quantum mechanics, electrodynamics and mathematical concepts at bachelor's level
Frequency of offer	Every year

Modul E6	Nano and Quantum Matter
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Solid-state Physics: Size Effects and Quantum Phenomena</u>: Building crystals from atoms; chemical bond; translational symmetry; zone mapping; phonons; band structure; magnetism; surface and interfaces; heterojunctions; low-dimensional systems; confined states in, exotic quantum effects in nanostructures; spin transport and magnetisation switching; dimensionality; periodic boundary conditions at finite size; development of Bloch states; oligomers-polymers; carbon nanophases; quantum dots; Born-Oppenheimer; Hückel; tight-binding; Hubbard; Heisenberg; magnons; quantum Hall; topological insulators; superconductivity and superfluidity; polaritons; plasmons; mass of photons; soft modes; phase transitions</p> <p><u>Modern Materials</u>: Shape-dependent and size-dependent properties; nano-analytic; nanostructures; quantisation effects; single-electron effects; molecular electronics; nanoparticles; polymers and biological materials; smart materials</p> <p><u>Scanning Probe Techniques</u>: Scanning tunnelling microscopy (theory; operation; measurement modes; spectroscopy; applications; spin-polarised STM; inelastic STM/STS; manipulation)</p> <p>Atomic force microscopy (theory; interaction forces; modes (static, dynamic); force-distance curves; Kelvin probe; magnetic force; spectromicroscopy: PEEM; LEEM; μ-XPS</p> <p><u>Nanomagnetism and Quantum Magnetism</u>: Mean field approximation; Curie-Weiss law; spin-spin interaction models; spontaneous order; magnetic anisotropy; magnetoelastic coupling; exchange bias; magneto-optics; inter-layer exchange coupling; RKKY interaction; GMR; superparamagnetism; SQUID magnetometry; magnetic force microscopy; X-ray circular dichroism</p> <p><u>Application of Group Theory</u>: Symmetries in physics; groups; linear operators; tensors; point symmetries; representations and characters; projection operators; G-independent subspaces; selection rules; translational symmetry; Bloch theorem; symmetry restriction on material properties; simplification of eigenvalue problems; application on vibrations; phonons; electronic structure, etc.</p> <p><u>Theory of Superconductivity</u>: Phenomenology of superconductors; the Meissner effect; London equations. Microscopic theory: BCS theory at zero and finite temperatures; introduction to strong-coupling Migdal-Eliashberg theory</p> <p><u>Phase Transitions and Critical Phenomena</u>: Lattice models and applications of statistical physics. Mean field; perturbation series; transfer matrix; renormalisation group; mapping between representations. Simulation techniques and practical examples, including cluster Monte Carlo and Kosterlitz-Thouless transition</p> <p><u>Theory of Magnetism and Collective Phenomena</u>: Magnetic exchange mechanisms; models for magnetic materials; response functions and phase transitions; Brown theory of micromagnetism; magnetic domains</p> <p><u>Quantum Transport Theory</u>: Introduction to basic approaches to quantum transport theory, e.g. semiclassical Boltzmann equation; Wigner function approach; Green's function techniques. Selected applications in nanophysics</p> <p><u>Exotic States in Solids</u>: Berry phase; topological matter; the quantum Hall and spin Hall effect; topological insulators; Dirac and Majorana fermions; monopoles; vortices, etc.</p> <p><u>Nanostructures and Nanotechnology</u>: Overview of physical nanoscience: physics of low-dimensional systems. Electronic transport and magnetic</p>

	properties on the nanoscale. Nanoparticles, nanocrystalline and nanoporous materials. Lateral nanostructuring. Nanowires, nanotubes and nanodots. Scanning probe techniques
Learning outcomes	After having participated successfully in the module, students <ul style="list-style-type: none">• understand modern physics based on size effects, dimensionality and quantum phenomena;• have gained an experimental and theoretical insight into methods of modern physics, and• have acquired knowledge and an understanding of the principles of modern materials and their use in new products.
Teaching and learning activities and methods	Lectures
Previous knowledge expected	Knowledge of solid-state physics, quantum mechanics, experimental and computational techniques at bachelor's level
Frequency of offer	Mandatory courses (◆) every year; others at least every two years

Modul E7	Biological Applications
ECTS credit points	9
Subject content	<p><u>Molecular Biophysics 1</u>: Origin, evolution and building elements of life; structure of cells and biological materials; intermolecular forces and interactions; diffusion and dynamics; molecular interplay in cellular processes</p> <p><u>Molecular Biophysics 2</u>: Selected topics in molecular biophysics, including protein conformation, lipid membranes, lipid/protein interactions, motor proteins, cytoskeleton/membrane interactions, membrane processes</p> <p><u>Biophotonics</u>: Interaction of light with biological tissue, including models of light transport; therapeutic effects of light and optical imaging methods in biology and medicine, including special microscopy techniques, optical coherence tomography and photoacoustic imaging</p> <p><u>Biomagnetism</u>: Basics: superparamagnetism and blocked mono-domain particles; iron inclusions in biological tissue; SQUID magnetometry; detection of iron oxide-marked cells; medical applications of magnetic fields</p> <p><u>Soft Matter Physics</u>: Structural, mechanical and optical properties of soft matter, such as colloids, gels, liquid crystals, polymers and biological systems; hierarchical structures; self-assembly; internal surfaces; metastable states and phase separation</p> <p><u>Biological and Biobased Materials</u>: Mutual dependencies of physicochemical properties and function of biological materials; hierarchical construction and the resulting material properties both on the molecular and the macroscopic levels; applications in the form of biosensors or synthetic fibres</p> <p>◆ <u>Research Laboratory Biophysics</u>: Practical training in advanced experimental techniques, including photoacoustic spectroscopy and imaging, small angle X-ray diffraction, X-ray reflectivity, with the opportunity to choose topics according to interests and lectures attended</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the hierarchical structure of biological systems; • specify methods for determining physical properties of biological materials, and • use selected experimental methods for the characterisation of biological materials.
Teaching and learning activities and methods	Lectures, laboratory course
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	Mandatory course (◆) every year; others at least every two years

Modul E8	Industrial Applications
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Topics of Industrial Relevance</u>: External lecturers present a course on technological and analytic methods and current innovative developments of industrial relevance challenging physicists. The main aspect is the perspective from outside the university on research and development and the specific expectations of physicist graduates. Specific topics from various fields of industrial relevance are offered on an annual basis.</p> <p>◆ <u>Signal Theory and Signal Processing</u>: Introduction to the fundamentals of signal theory, digital filters, spectral analysis (FFT, wavelets, Hilbert transform), noise measurements and correlation techniques, embedding software in hardware solutions</p> <p><u>Patent Law and Technology Transfer</u>: Basics of intellectual property rights (IPRs) with a special focus on patents; (rough) overview of patent systems (esp. USA and Europe); search for patent literature; tools for technology transfer, licensing contracts and case study</p> <p><u>Ultrasound Methods</u>: Theory of ultrasound in fluids and solids, ultrasonic waves in bulk, at surfaces and interfaces; ultrasound generation and measurement techniques; ultrasound applications: non-destructive evaluation of materials, acoustic microscopy, biomedical imaging, photoacoustic imaging</p> <p><u>Thin Film Science and Processing</u>: Principles of thin film growth, thermodynamics and kinetics, adsorption, desorption, diffusion, techniques (PVD, CVD, LB, spin coating), nanostructure fabrication (etching, etc.)</p> <p><u>Modelling and Simulation of Semiconductors</u>: Introduction to the electronic structure of semiconductors; scattering mechanisms for electrons; transport modelling techniques (drift diffusion, Monte Carlo, Boltzmann equation); organic and nanotube field-effect transistors</p> <p><u>Temperature Measurements</u>: Temperature measurements by: fixed points, expansion of liquids and metals, electrical resistance, thermoelectric effects; optical temperature measurement: pyrometry, emissivity, black-body radiation</p> <p><u>Light Engineering</u>: Photometry, colorimetry; radiation flux and intensity, radiance, irradiance; visual measurements; physical and visual photometry, spectral luminous efficiency; the CIE chromaticity of black-body radiation</p> <p><u>Excursion</u>: An excursion to companies or external laboratory courses.</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students</p> <ul style="list-style-type: none"> • have gained suitable knowledge of the concepts of how physical research is transferred to industrial applications and methods; • have acquired some specific professional skills in management and legal aspects (protection of intellectual property rights, patent law), and • are able to use modern experimental equipment and methods in industry. <p>After having completed the module, students</p> <ul style="list-style-type: none"> • have gained experience to use basic physical knowledge in industry; • are familiar with industrial practice to assess industrial projects, and • possess competence in the specialised elective courses.
Teaching and learning activities and methods	Lectures, laboratory courses at the university or (externally) in industry, excursion to specific companies
Previous knowledge expected	Knowledge of solid-state physics, quantum mechanics, experimental and computational techniques at bachelor's level
Frequency of offer	Mandatory courses (◆) every year; others at least every two years

Modul S1	Fundamentals of Space Physics and Aeronomy
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Introduction to Planetology</u>: Overview of the solar system (terrestrial planets, gas giants, moons, planetary ring systems, asteroids and comets); structure and composition of planetary bodies (energy budget and dynamics); thermal models; tidal interactions</p> <p>◆ <u>Introduction to Aeronomy</u>: Basis of atmospheric physics in general (composition and structure, transport processes, radiation, chemistry); special situation of upper atmospheres; examples; overview of experimental methods; overview of models; review: ionospheres</p> <p>◆ <u>Introduction to Space Plasma Physics</u>: Fundamentals of the motion of charged particles in electric and magnetic fields; magnetohydrodynamic equations; elementary wave phenomena in plasmas; magnetohydrodynamic and electrodynamic waves in plasmas; magnetoplasmas in planetary magnetospheres</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • give an overview of the physical properties of the bodies in our planetary system; • explain the differences and commonalities of the planets and their physical causes; • describe the basic physical processes governing planetary atmospheres – with a focus on the upper atmosphere; • give an overview of the basic physical processes in planetary ionospheres, and • explain the fundamentals of magnetohydrodynamics and electrodynamic waves in plasmas. <p>After having completed the module, students have gained knowledge of</p> <ul style="list-style-type: none"> • terrestrial planets, gas giants, moons, planetary ring systems, asteroids, and comets; • the energy budget and dynamics of planets and tidal interactions; • methods and research systems in the aeronomy of the upper atmospheres of the earth and the planets with an emphasis on the neutral gas part; • the fundamentals of the motion of charged particles in electric and magnetic fields, and • the behaviour of space plasmas and wave phenomena in magnetoplasma.
Teaching and learning activities and methods	The module consists of three lectures. The relevant theoretical concepts are taught in detail and illustrated with examples and applications.
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul S2	Solar and Heliospheric Physics
ECTS credit points	9
Subject content	<ul style="list-style-type: none"> ◆ <u>Introduction to Solar Physics</u>: The sun as a star; determination of basic physical parameters describing the sun and stars; solar interior structure; thermonuclear fusion in the solar core; solar neutrinos; helioseismology; solar atmosphere; phenomena of the quiet and the active sun; solar activity cycle; solar dynamo; solar wind; flares, coronal mass ejections and space weather ◆ <u>Magnetohydrodynamics and Solar-terrestrial Modelling</u>: Basic magnetohydrodynamics (MHD) equations; magnetic reconnection; interaction of the solar wind with planetary atmospheres; solar-terrestrial relations ◆ <u>Exercises in Solar Physics</u>: Training in the methods introduced in the associated lecture by solving problems related to Solar Physics. ◆ <u>Solar Physics Lab</u>: Practical exercises at Kanzelhöhe Observatory to obtain an insight into state-of-the-art methods of ground-based observations of the sun
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the physics and structure of the sun and the solar system; • describe the most relevant phenomena of the quiet and the active sun; • understand solar activity and its variability with the solar dynamo theory; • understand the basic concepts of MHD and apply them to the solar-terrestrial interactions, and • give an overview of plasma physical phenomena and their applications in the solar system and astrophysical systems. <p>After having completed the module, students have gained knowledge of</p> <ul style="list-style-type: none"> • the solar interior structure and helioseismology; • solar wind, flares, coronal mass ejections, and space weather; • basic magnetohydrodynamics; • magnetic reconnection and interaction of the solar wind with planetary atmospheres; • practical analysis methods for space plasmas (waves, shock waves, turbulence, reconnection), and • the plasma physical picture of the solar system.
Teaching and learning activities and methods	The module consists of three lectures. The relevant theoretical concepts are taught in detail and illustrated with examples and applications.
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	At least every two years

Modul S3	Physics of Planetary Atmospheres and Magnetospheres
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Physics of Planetary Atmospheres</u>: Overview of the origin and evolution of planetary atmospheres. Solar system planets versus exoplanets. Atmosphere structure and escape. Sources of initial atmospheres and water inventories of terrestrial planets. Formation of mineralogical (silicate) atmospheres and exospheres. The role of impacts by comets and asteroids. Spacecraft techniques for atmosphere detection on planets beyond the earth</p> <p>◆ <u>Earth's and Planetary Magnetic Fields</u>: Concept of magnetic fields. Planetary core dynamics of electrically conducting fluids. Elements of magnetohydrodynamics. Dynamo mechanisms (twisting and stretching effects). Potential field description using spherical harmonic analysis. Surface remanent magnetisation. Paleomagnetism. Ionospheric and magnetospheric sources. Time variation of magnetic fields. Magnetic fields of solar system bodies. Measurement techniques</p> <p>◆ <u>Planetary Magnetospheres</u>: Physics of interaction between the solar wind plasma and planetary magnetic fields. Magnetospheric structures and internal processes of magnetised solar system planets: electric fields, charged particle motion, Van Allen belts. Auroral processes, planetary non-thermal radio emission. Specifics of giant planets magnetospheres (Jupiter-Io interaction, Saturn microsignatures, magnetospheric structure changes of oblique rotators). Magnetic indices</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students understand</p> <ul style="list-style-type: none"> • the fundamental physics principles of planetary atmospheres; • the concept of magnetic fields and their origin, and • the basic plasma physics involved in particle and field interactions. <p>Students have gained</p> <ul style="list-style-type: none"> • an insight into complex interconnected areas of aeronomy and habitability; • competence in space science through magnetic fields, and • profound knowledge of solar system plasma physics.
Teaching and learning activities and methods	Lectures
Previous knowledge expected	Knowledge of astrophysics, astronomy, geophysics (earth's interior structure), chemistry, electromagnetism, hydrodynamics, plasma physics, electromagnetic and plasma waves at bachelor's level
Frequency of offer	At least every two years

Modul S4	Measurement Methods and Observing Systems
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Measurement Methods in Space Physics</u>: Plasma, fields and waves as measurement parameters in a near-planetary environment, interplanetary space and from the ground. Remote and in situ measurements by satellites, spacecraft and telescopes. Fundamental measurement methods and techniques by single/multiple (simultaneous) experiments. Data acquisition and analysis of significance, error, and interpretation. Connection between experiment reliability and data quality</p> <p>◆ <u>Space Missions and Experiments Design</u>: Physics objectives of space target and corresponding space mission development. Concept of spacecraft/satellite construction and science payload. Experiments design, power, data storage, communication and housekeeping systems. Interconnectivity and complementarity of experiments, issues of experiment and data calibration. Optimisation of choice of spacecraft/satellite trajectory and sequence of experiment operations</p> <p>◆ <u>Seminar on Measurement Methods in Space Physics</u>: The content of the lecture Measurement Methods in Space Physics is treated interactively and enforced by students' presentations, discussions and teamwork. Additional related issues and objectives have to be identified, analysed, interpreted and presented by students' literature and media search.</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students understand</p> <ul style="list-style-type: none"> • the fundamental physics principles of remote and in situ measurement methods; • the concept of space mission development, experiment performance, observation, and data acquisition, and • the basics regarding data quality, significance and error analysis. <p>Students have gained</p> <ul style="list-style-type: none"> • an insight into the complex interconnection of experiment and observational data; • competence in space science through knowledge of experiment performance, data acquisition and physical process interpretation, and • profound knowledge of measurement methods and techniques.
Teaching and learning activities and methods	Lectures and seminar
Previous knowledge expected	Knowledge of astrophysics, astronomy, physics, geophysics, electromagnetism, hydrodynamics, electronics, plasma physics and waves theory at bachelor's level
Frequency of offer	At least every two years

Modul T1	Advanced Theoretical Physics 1
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Advanced Mathematical Methods</u>: Group theory (discrete groups, Lie algebras and Lie groups); complex analysis (Cauchy's integral theorem, residue theorem, conformal maps, etc.), basic elements of geometry and topology (manifolds, homotopy groups)</p> <p><u>Advanced Mathematical Methods Exercises</u>: Problem solving for the topics of the lecture</p> <p>◆ <u>Quantum Field Theory</u>: Klein-Gordon, Dirac and Maxwell fields; canonical formalism, functional integrals, Feynman rules, renormalisation, leading order QED processes</p> <p><u>Quantum Field Theory Exercises</u>: Problem solving for the topics of the lecture</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> perform successful standard-type calculations involving group representations and algebras, with complex functions and distributions, and with elementary topological quantities; understand the basic principles of quantum field theory; apply basic methods in quantum field theory, and perform successful standard-type calculations in quantum field theory. <p>After having completed the module, students have gained</p> <ul style="list-style-type: none"> profound knowledge of group theory, complex analysis and the basics of quantum field theory.
Teaching and learning activities and methods	Lectures, exercise-based courses
Previous knowledge expected	Theory courses at bachelor's level and General Physics module
Frequency of offer	Every year

Modul T2	Advanced Theoretical Physics 2
ECTS credit points	9
Subject content	<ul style="list-style-type: none"> ◆ <u>Advanced Statistical Physics</u>: Phase transitions; renormalisation group; Bose-Einstein condensates; spontaneous symmetry breaking and Goldstone theorem ◆ <u>Advanced Quantum Mechanics 2</u>: Scattering theory (continued); open quantum systems; density operator; quantum measurement; quantum information; quantum optics ◆ <u>Basic Concepts in Solid-state Theory</u>: Electron gas; Bloch theorem and Bloch waves; spin-orbit coupling; ion lattices and phonons; electron-phonon interaction and (conventional) superconductivity; Hartree-Fock approximation; screening
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand properties of physical systems from the thermodynamic limit in statistical physics; • apply further advanced methods in quantum theory, and • perform successful standard-type calculations in these fields. <p>After having completed the module, students have gained</p> <ul style="list-style-type: none"> • profound knowledge of phase transitions, properties of systems with spontaneously broken symmetries and exotic types of quantum matter as well as modern developments in quantum theory, and • basic knowledge of the underlying principles of solid state theory.
Teaching and learning activities and methods	Lectures
Previous knowledge expected	Theory courses at bachelor's level and General Physics module
Frequency of offer	Every year

Modul T3	Computational Physics
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Numerical Methods in Linear Algebra</u>: Numerical methods of linear algebra and partial differential equations; direct and iterative methods for solving linear systems of equations and eigenvalue problems; finite difference approach to partial differential equations; von Neumann stability</p> <p>◆ <u>Monte Carlo Methods</u>: Random numbers; random walks; importance sampling; Metropolis algorithm; cluster and worm algorithms; data analysis. Applications: spin systems, lattice field theories</p> <p><u>Computational Methods in Solid-state Physics</u>: Computational approaches in solid-state physics, with an emphasis on dynamic processes e.g. spontaneous magnetisation and self-consistency; quantum interference effects in qubit control; spin-selective transport in semiconductor heterostructures; Andreev reflection, etc.</p> <p><u>Computational Methods in Particle Physics</u>: Numerical solution of functional equations, e.g. exact renormalisation group equations, Dyson-Schwinger equations and Bethe-Salpeter equations</p>
Learning outcomes	<p>After having completed the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • apply direct and iterative methods for the numerical solution of linear systems of equations; • characterise and analyse finite difference approximations of partial differential equations by a von Neumann stability analysis and compute their solution; • classify various Monte Carlo methods; • apply Monte Carlo methods to physical problems, and • convert physical problems of solid-state physics or elementary particle physics into numerical algorithms and obtain their numerical solutions.
Teaching and learning activities and methods	<p>The module consists of two compulsory lectures teaching the theoretical basis of the numerical algorithms, knowledge of which is deepened by solving problems by writing computer programs. In a further lecture, either numerical methods specific to problems of solid-state theory or particle physics are treated.</p>
Previous knowledge expected	None
Frequency of offer	Every year

Modul T4	Theoretical Solid-state Physics
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ <u>Green's Functions for Solid-state Physics</u>: Physical response and Green's functions (finite T); functional integral representation; contour ordering; perturbation theory; irreducible diagrams and integral equations; zero-temperature Green's Functions: linear response; Fermi liquid theory, etc.</p> <p><u>Fundamentals of Electronic Structure Theory</u>: Electronic band structure; free-electron bands and tight-binding approximation. Self-consistent field approximation; density functional theory; basis functions; full-potential and pseudopotential methods; advanced topics</p> <p><u>Theory of Magnetism and Collective Phenomena</u>: Magnetic exchange mechanisms; models for magnetic materials; response functions and phase transitions; Brown theory of micromagnetism; magnetic domains</p> <p><u>Theory of Superconductivity</u>: Phenomenology of superconductors; the Meissner effect; London equations. Microscopic theory: BCS theory at zero and finite temperatures; introduction to strong-coupling Migdal-Eliashberg theory</p> <p><u>Phase Transitions and Critical Phenomena</u>: Lattice models and applications of statistical physics. Mean field; perturbation series; transfer matrix; renormalisation group; mapping between representations. Simulation techniques and practical examples, including cluster Monte Carlo and Kosterlitz-Thouless transition</p> <p><u>Quantum Transport Theory</u>: Introduction to basic approaches to quantum transport theory, e.g. semiclassical Boltzmann equation, Wigner function approach, Green's function techniques. Selected applications in nanophysics</p> <p><u>Exotic States in Solids</u>: Berry phase; topological matter; the quantum Hall and spin Hall effect; topological insulators; Dirac and Majorana fermions; monopoles; vortices, etc.</p> <p><u>Computational Methods in Solid-state Physics</u>: Computational approaches in solid-state physics, with an emphasis on dynamic processes e.g. spontaneous magnetisation and self-consistency; quantum interference effects in qubit control; spin-selective transport in semiconductor heterostructures; Andreev reflection, etc.</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students have a clear overview of the fundamental methods and open problems of modern theoretical solid-state physics.</p> <p>After having completed the module, students have acquired the basic skills to solve related problems at the level of a master's thesis.</p>
Teaching and learning activities and methods	Lectures with multimedia material
Previous knowledge expected	Knowledge of solid-state physics, quantum mechanics and statistical physics at master's level
Frequency of offer	Mandatory courses (◆) every year; others at least every two years

Modul T5	Theoretical Nanophysics
ECTS credit points	9
Subject content	<p><u>Theoretical Nanophysics and Quantum Physics</u>: Quantisation of the electromagnetic field; basic concepts of quantum optics; Green's function; optical near fields; surface plasmons</p> <p><u>Plasmonics</u>: Theoretical foundations of nano-optics and nanophysics: basic concepts of plasmonics (metallic nanoparticles; optical near fields; interaction with quantum emitters; energy transfer; sensing); introduction to computational simulation models; plasmon imaging (tomography; EELS); non-linear and nonlocal effects; metamaterials</p> <p><u>Quantum Transport Theory</u>: Introduction to basic approaches to quantum transport theory, e.g. semiclassical Boltzmann equation; Wigner function approach; Green's function techniques. Selected applications in nanophysics</p> <p><u>Fundamentals of Electronic Structure Theory</u>: Electronic band structure; construction of free-electron bands and tight-binding approximation. Self-consistent field approximation; density functional theory; basis functions; full-potential and pseudopotential methods; advanced topics</p> <p><u>Exotic States in Solids</u>: Berry phase; topological matter; the quantum Hall and spin Hall effect; topological insulators; Dirac and Majorana fermions; monopoles; vortices, etc.</p>
Learning outcomes	<p>After having completed the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand and apply concepts of quantum optics; • comprehend the foundations and applications of plasmonics; • classify and apply quantum and semiclassical approaches of transport theory; • explain the foundations of density functional theory and interpret typical results of DFT calculations, and • classify various quantum states of modern solid-state physics.
Teaching and learning activities and methods	Lectures
Previous knowledge expected	Knowledge of solid-state physics, quantum mechanics and statistical physics at master's level
Frequency of offer	Mandatory courses (♦) every year; others at least every two years

Modul T6	Modelling of Materials
ECTS credit points	9
Subject content	<p>Students are introduced to modern simulation techniques for electronic and nuclear motion in atoms, molecules and bulk structures. They are taught topical problems inspired by current research and industrial needs.</p> <p>◆ <u>Fundamentals of Electronic Structure Theory</u>: Electronic band structure; free-electron bands and tight-binding approximation. SCF approximation; density functional theory (DFT); basis functions; full-potential and pseudo-potential approximations; advanced topics</p> <p>◆ <u>Simulating Materials Properties from First Principles</u>: Tutorial and scientific exercise. Molecular properties; excitations; vibrations; visualisation; band-structure calculations; ab initio MD; interaction driven Mott transition</p> <p><u>Advanced Ab Initio Techniques</u>: Going beyond semi-local functionals. Perturbative approaches beyond DFT – G₀W₀ and GW. Dispersion corrections; RPA; the Bethe-Salpeter equation for simulating excitations; time-dependent DFT</p> <p><u>Modelling of Molecular Systems</u>: Non-Born-Oppenheimer effects; rovibronic interactions; group theory; excited states; post-Hartree-Fock techniques; solvation, QM/MM embedding; reaction dynamics and transition state theory</p> <p><u>Applications of Electronic Structure Methods</u>: Interpretation of electronic structure calculations; global structure determination; ab initio thermodynamics, vibrations, phonon bands and heat transport; optical and core-level excitations; scanning probe experiments</p> <p><u>Ab Initio Methods for Correlated Materials</u>: Introduction to correlated materials; localised basis sets; Hubbard model and calculation of interaction parameters; (non-)Fermi liquids; dynamical mean field theory; Mott-Hubbard transition</p>
Learning outcomes	The module offers a solid methodical and computational background as well as practical knowledge regarding program packages and libraries at the edge of current research. Participants are equipped with substantial knowledge in the field of materials modelling and electronic structure theory, which makes them valuable job candidates at materials research facilities.
Teaching and learning activities and methods	Lectures, laboratory course
Previous knowledge expected	Quantum mechanics, electrodynamics, advanced quantum mechanics
Frequency of offer	Every year

Modul T7	Foundations of Particle Physics
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ Quantum Field Theory 2: Gauge Theories: Geometry of gauge fields; gauge fixing; Faddeev-Popov quantisation; BRST symmetry; lattice regularisation; one-loop quantum corrections; instantons</p> <p>Other lectures and project: Advanced methods in elementary particle physics and neighbouring areas</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> investigate contemporary research questions in elementary particle physics and neighbouring areas.
Teaching and learning activities and methods	Lectures, exercises and project
Previous knowledge expected	Theory courses at bachelor's level, General Physics module as well as module T1
Frequency of offer	Lecture Quantum Field Theory II and project every year; other lectures and exercises every second year

Modul T8	Phenomenology of Particle Physics
ECTS credit points	9
Subject content	<p>◆ Hadron Physics: QCD Lagrangian; Green's functions; gauge fixing; renormalisation; running coupling; flavour symmetries; current algebra; Ward-Takahashi identities; bound states; decay constants; hadron spectrum; flavour multiplets and flavour wave functions; spontaneous chiral symmetry breaking; axial anomaly; sigma model and chiral perturbation theory; quark models; hadron matrix elements and form factors; deep inelastic scattering; scaling violations; parton model</p> <p>Other lectures and project: Selected phenomenological aspects of particle physics, astroparticle physics and related areas</p>
Learning outcomes	<p>After having participated successfully in the module, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> understand the phenomena in elementary particle physics (hadron physics, electroweak physics, theories beyond the Standard Model) and neighbouring areas e.g. astroparticle physics, quantum gravity models, etc.
Teaching and learning activities and methods	Lectures and project
Previous knowledge expected	Theory courses at bachelor's level, General Physics module as well as module T1
Frequency of offer	Lecture Hadron Physics and project every year; other lectures and exercises every second year

Anhang II

Studienablauf des Masterstudiums „Physics“

1. Semester	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz ¹	TU Graz ¹
Statistical Physics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Statistical Physics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Introduction to General Relativity and Cosmology (Modul G)	2	VO	3	X	
Vertiefungsmodule	8		12	X	X
Freies Wahlfach	2		3	X	X
1. Semester Summe	18		30		
2. Semester					
Vertiefungsmodule	14		21	X	X
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	4		6	X	X
Freies Wahlfach	2		3	X	X
2. Semester Summe	20		30		
3. Semester					
Vertiefungsmodule	8		12	X	X
Practical Training in the Area of the Master's Thesis (Modul M0)	4	LU/PT	10	X	
Tutorial for Master's Students in the Area of the Master's Thesis (Modul M0)	2	PV	2	X	
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	2		3	X	X
3. Semester Summe	16		27		
4. Semester					
Master's Seminar in the Area of the Master's Thesis (Modul M0)	2	SE	2	X	
Master's Thesis			30	X	
Masterprüfung			1		
4. Semester Summe			33		
Summe ECTS gesamt			120		

¹: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten werden.

Studienablauf für Vertiefungsrichtung „Astrophysics“

1. Semester	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz ¹	TU Graz ¹
Statistical Physics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Statistical Physics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Cosmology and Introduction to General Relativity (Modul G)	2	VO	3	X	
The Galaxy and Extragalactic Systems (Modul A1)	2	VO	3	X	
The Physics of Stellar Atmospheres (Modul A2)	3	VO	4	X	
The Physics of Stellar Atmospheres (Modul A2)	1	UE	2	X	
Introduction to Planetology (Modul A3)	2	VO	3	X	
Freies Wahlfach	2		3	X	X
1. Semester Summe	18		30		
2. Semester					
Stellar Structure and Evolution (Modul A1)	3	VO	4	X	
Stellar Structure and Evolution (Modul A1)	1	UE	2	X	
Magneto-hydrodynamics and Solar-terrestrial Modeling (Modul A2)	2	VO	3	X	
Introduction to Solar Physics (Modul A3)	2	VO	3	X	
Introduction to Solar Physics (Modul A3)	1	UE	2	X	
Solar Physics Lab (Modul A3)	1	PT	1	X	
LV1 aus Modul A5	2	VO	3	X	
LV2 aus Modul A5	2	VO	3	X	
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	4		6	X	X
Freies Wahlfach	2		3	X	X
2. Semester Summe	20		30		
3. Semester					
Instrumentation and Observing Techniques in Astrophysics (Modul A4)	2	VO	3	X	
Astrophysics Lab (Modul A4)	2	PT	3	X	
Astrophysical Seminar (Modul A4)	2	SE	3	X	
Data Analysis in Astrophysics (Modul M1)	3	VO	4	X	
Data Analysis in Astrophysics (Modul M1)	2	UE	3	X	
Selected Problems in Astrophysical Data Analysis (Modul M1)	2	SE	3	X	
Tutorial for Master Students in Astrophysics (Modul M1)	2	PV	2	X	
LV3 aus Modul A5	2	VO	3	X	
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	2		3	X	X
3. Semester Summe	17		27		
4. Semester					
Master's Seminar in: Astrophysics (Modul M1)	2	SE	2	X	
Master's Thesis			30	X	
Masterprüfung			1		
4. Semester Summe			33		
Summe ECTS gesamt			120		

¹: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten werden.



Studienablauf für Vertiefungsrichtung „Atmospheric Physics and Climate“

1. Semester	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz ¹	TU Graz ¹
Statistical Physics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Statistical Physics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Cosmology and Introduction to General Relativity (Modul G)	2	VO	3	X	
Earth's Climate System and Climate Change (Modul C1)	2	VO	3	X	
Paleoclimatology (Modul C1)	2	VO	3	X	
Methods of Modelling and Simulation (Modul C2)	2	VO	3	X	
Methods of Modelling and Simulation (Modul C2)	2	UE	3	X	
Time Series Analysis (Modul C2)	2	VO	3	X	
1. Semester Summe	18		30		
2. Semester					
Physical Oceanography, Hydrology and Climate (Modul C1)	2	VO	3	X	
Atmospheric Dynamics (Modul C3)	2	VO	3	X	
Climate Modeling (Modul C4)	2	VO	3	X	
Atmospheric Measurement Methods: Remote Sensing (Modul C5)	2	VO	3	X	
Seminar on Measurement Methods in Atmospheric Physics (C5)	2	SE	3	X	
Field Course in Atmospheric and Climate Physics (Modul M2)	3	PT	6	X	
Selected Topics in Atmospheric and Climate Physics (Modul M2)	2	SE/VO	3	X	X
Freies Wahlfach	4		6	X	X
2. Semester Summe	20		30		
3. Semester					
Atmospheric Composition and Chemistry (Modul C3)	2	VO	3	X	
Radiation and Energy Balance (Modul C3)	2	VO	3	X	
Climate Dynamics (Modul C4)	2	VO	3	X	
Selected Topics in Climate Science (Modul C4)	2	VO/SE	3	X	
Atmospheric Measurement Methods: In Situ (Modul C5)	2	VO	3	X	
Tutorial for Master's Students in Atmospheric Physics and Climate (Modul M2)	2	PV	2	X	
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	6	SE/VO	9	X	
3. Semester Summe	16		26		
4. Semester					
Climate and Environmental Change – Current Research Topics (Modul M2)	2	SE	3	X	
Master's Thesis			30	X	
Masterprüfung			1		
4. Semester Summe			34		
Summe ECTS gesamt			120		

¹: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten werden.

Studienablauf für Vertiefungsrichtung „Experimental Physics“

1. Semester	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz ¹	TU Graz ¹
Statistical Physics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Statistical Physics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Cosmology and Introduction to General Relativity (Modul G)	2	VO	3	X	
LV1 aus Vertiefungsmodul 1 (E1, E3, E4 oder wahlweise E5/E7)	2		3	X	X
LV1 aus Vertiefungsmodul 2 (E1, E3, E4 oder wahlweise E5/E7)	2		3	X	X
LV1 aus Vertiefungsmodul 3 (E1, E3, E4 oder wahlweise E5/E7)	2		3	X	X
LV1 aus Vertiefungsmodul 4	2		3	X	X
Freies Wahlfach 1	2		3	X	X
1. Semester Summe	18		30		
2. Semester					
LV2 aus Vertiefungsmodul 1 (E1, E3, E4 oder wahlweise E5/E7)	2		3	X	X
LV2 aus Vertiefungsmodul 2 (E1, E3, E4 oder wahlweise E5/E7)	2		3	X	X
LV2 aus Vertiefungsmodul 3 (E1, E3, E4 oder wahlweise E5/E7)	2		3	X	X
LV2 aus Vertiefungsmodul 4	2		3	X	X
LV1 aus Vertiefungsmodul 5	2		3	X	X
LV3 aus Vertiefungsmodul 1 (E1, E3, E4 oder wahlweise E5/E7)	2		3	X	X
LV3 aus Vertiefungsmodul 2 (E1, E3, E4 oder wahlweise E5/E7)	2		3	X	X
LV3 aus Vertiefungsmodul 3 (E1, E3, E4 oder wahlweise E5/E7)	2		3	X	X
LV3 aus Vertiefungsmodul 4	2		3	X	X
Freies Wahlfach 2	2		3	X	X
2. Semester Summe	20		30		
3. Semester					
LV2 aus Vertiefungsmodul 5	2		3	X	X
LV3 aus Vertiefungsmodul 5	2		3	X	X
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	6		9	X	X
Tutorial in the Area of the Master's Thesis (Modul M0)	2	PV	2	X	
Practical Training in the Area of the Master Thesis (Modul M0)	4	LU/PT	10	X	
3. Semester Summe	16		27		
4. Semester					
Master's Seminar in the Area of the Master's Thesis (Modul M0)	2	SE	2	X	
Master's Thesis			30	X	
Masterprüfung			1		
4. Semester Summe			33		
Summe ECTS gesamt			120		

Studienablauf für Vertiefungsrichtung „Space Physics and Aeronomy“

1. Semester	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz ¹	TU Graz ¹
Statistical Physics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Statistical Physics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Cosmology and Introduction to General Relativity (Modul G)	2	VO	3	X	
Introduction to Planetology (Modul S1)	2	VO	3	X	
Introduction to Aeronomy (Modul S1)	2	VO	3	X	
Introduction to Space Plasma Physics (Modul S1)	2	VO	3	X	
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	2		3	X	X
Freies Wahlfach	2		3	X	X
1. Semester Summe	18		30		
2. Semester					
Introduction to Solar Physics (Modul S2)	2	VO	3	X	
Magneto-Hydrodynamics and Solar-Terrestrial Modeling (Modul S2)	2	VO	3	X	
Introduction to Solar Physics (Modul S2)	1	UE	2	X	
Solar Physics Lab (Modul S2)	1	PT	1	X	
Physics of Planetary Atmospheres (Modul S3)	2	VO	3	X	
Earth and Planetary Magnetic Fields (Modul S3)	2	VO	3	X	
Planetary Magnetospheres (Modul S3)	2	VO	3	X	
Measurement Methods in Space Physics (Modul S4)	2	VO	3	X	
Space Missions and Experiments Design (Modul S4)	2	VO	3	X	
Seminar on Measurement Methods in Space Physics (Modul S4)	2	SE	3	X	
Freies Wahlfach	2		3	X	X
2. Semester Summe	20		30		
3. Semester					
Methods of Modelling and Simulation (Modul C2)	2	VO	3	X	
Methods of Modelling and Simulation (Modul C2)	2	UE	3	X	
Time Series Analysis (Modul C2)	2	VO	3	X	
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	4		6	X	X
Tutorial for Master's Students: Space Physics and Aeronomy (Modul M3)	2	PV	2	X	
Practical Training in Space Physics and Aeronomy (Modul M3)	3	PT	6	X	
Selected Topics in Space Physics and Aeronomy (Modul M3)	2	SE/VO	3	X	
3. Semester Summe	16		26		
4. Semester					
Master's Seminar in Space Physics and Aeronomy (Modul M3)	2	SE	3	X	
Master's Thesis			30	X	
Masterprüfung			1		
4. Semester Summe			34		
Summe ECTS gesamt			120		

¹: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten werden.

Studienablauf für Vertiefungsrichtung „Theoretical and Computational Physics“

	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz ¹	TU Graz ¹
1. Semester					
Statistical Physics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Statistical Physics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	2	VO	4	X	X
Advanced Quantum Mechanics (Modul G)	1	UE	2	X	X
Cosmology and Introduction to General Relativity (Modul G)	2	VO	3	X	
Advanced Mathematical Methods (Modul T1)	3	VO	4,5	X	
Advanced Statistical Physics (Modul T2)	2	VO	3	X	X
Advanced Quantum Mechanics 2 (Modul T2)	2	VO	3	X	
Basic Concepts of Solid-state Theory (Modul T2)	2	VO	3	X	
1. Semester Summe	17		28,5		
2. Semester					
Quantum Field Theory (Modul T1)	3	VO	4,5	X	
Vertiefungsmodule	12		18	X	X
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	2		3	X	X
Freies Wahlfach	4		6	X	X
2. Semester Summe	21		31,5		
3. Semester					
Numerical Methods in Linear Algebra (Modul T3)	2	VU	3	X	
Monte-Carlo Methods (Modul T3)	2	VU	3	X	
Wahl-LV aus Modul T3	2	VU	3	X	
Allgemeines Wahlmodul (Elective Topics)	4		6	X	X
Tutorial in the Area of the Master's Thesis (Modul M0)	2	PV	2	X	
Practical Training in the Area of the Master's Thesis (Modul M0)	4	LU/PT	10	X	
3. Semester Summe	16		27		
4. Semester					
Master's Seminar in the Area of the Master's Thesis (Modul M0)	2	SE	2	X	
Master's Thesis			30	X	
Masterprüfung			1		
4. Semester Summe			33		
Summe ECTS gesamt			120		

¹: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten werden.

Anhang III

Empfohlene Lehrveranstaltungen für das Freifach

Frei zu wählende Lehrveranstaltungen können laut § 10 dieses Curriculums frei aus dem Lehrveranstaltungsangebot aller anerkannten in- und ausländischen Universitäten sowie aller inländischen Fachhochschulen und pädagogischen Hochschulen gewählt werden.

Im Sinne einer Verbreiterung der Wissensbasis im Bereich der Module dieses Studiums werden Lehrveranstaltungen aus den Gebieten Fremdsprachen, soziale Kompetenz, Technikfolgenabschätzung sowie Frauen- und Geschlechterforschung empfohlen. Insbesondere wird auf das Angebot der Serviceeinrichtung Sprachen, Schlüsselkompetenzen und Interne Weiterbildung der TU Graz bzw. Treffpunkt Sprachen der Universität Graz, des Zentrums für Soziale Kompetenz der Universität Graz sowie des Interuniversitären Forschungszentrums für Technik, Arbeit und Kultur hingewiesen.

Im Sinne der Qualifizierung für zukünftige Leitungs- und Führungspositionen wird auf das Angebot der „Transferinitiative für Management- und Entrepreneurship-Grundlagen, Awareness, Training und Employability“ (kurz: TIMEGATE) der Universität Graz empfohlen.

Anhang IV

Äquivalenz- und Anerkennungslisten

Für Lehrveranstaltungen, deren Äquivalenz bzw. Anerkennung in diesem Teil des Anhangs zum Curriculum definiert ist, ist keine gesonderte Anerkennung durch das für studienrechtliche Angelegenheiten zuständige Organ mehr erforderlich. Auf die Möglichkeit einer individuellen Anerkennung nach § 78 UG per Bescheid durch das für studienrechtliche Angelegenheiten zuständige Organ wird hingewiesen.

Für Studierende des Masterstudiums Physik, Curriculum 2013, an der Uni Graz regeln die nachfolgenden Tabellen die Anerkennung von Lehrveranstaltungen zwischen dem auslaufenden Masterstudium Physik, Curriculum 2013 (13W), und dem vorliegenden Curriculum (17W).

- a. Studierende der Uni Graz, welche nicht in das vorliegende Curriculum wechseln, können Lehrveranstaltungen des Masterstudiums Physik, Curriculum 2013 (13W), durch Lehrveranstaltungen des vorliegenden Curriculums (17W) gemäß folgender Tabelle ersetzen.

Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)				Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Allgemeine Physik							
Statistische Physik	VO	3	4	Statistical Physics (G)	VO	2	4
Übungen Statistische Physik	UE	1	2	Statistical Physics (G)	UE	1	2

Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)				Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Allgemeine Relativitätstheorie und Kosmologie	VO	2	4	Introduction to General Relativity and Cosmology (G)	VO	2	3
Physik moderner Materialien	VO	2	4	Modern Materials (E6)	VO	2	3
Schwerpunktfach Astrophysik							
Einführung in die Plasmaphysik	VO	2	3	Introduction to Space Plasma Physics (A5, S1)	VO	2	3
Sternaufbau und Sternentwicklung	VO	3	6	Stellar Structure and Evolution (A1)	VO	3	4
Sternaufbau und Sternentwicklung	UE	1	2	Stellar Structure and Evolution (A1)	UE	1	2
Einführung in die Sonnenphysik	VO	2	3	Introduction to Solar Physics (A3, S2)	VO	2	3
Einführung in die Sonnenphysik	UE	1	2	Introduction to Solar Physics (A3, S2)	UE	1	2
Physik der Sternatmosphären	VO	3	6	The Physics of Stellar Atmospheres (A2)	VO	3	4
Physik der Sternatmosphären	UE	1	2	The Physics of Stellar Atmospheres (A2)	UE	1	2
Galaxis und extragalaktische Systeme	VO	2	3	The Galaxy and Extragalactic Systems (A1)	VO	2	3
Astrophysikalisches Seminar	SE	2	3	Astrophysical Seminar (A4)	SE	2	3
Instrumente und Beobachtungstechniken der Astrophysik	VO	2	3	Instrumentation and Observing Techniques in Astrophysics (A4)	VO	2	3
Astronomisches Praktikum	PR	2	3	Astrophysics Lab (A4)	PT	2	3
Astrophysikalische Datenanalyse	VO	3	5	Data Analysis in Astrophysics (M1)	VO	3	4
Astrophysikalische Datenanalyse	UE	2	3	Data Analysis in Astrophysics (M1)	UE	2	3
Ausgewählte Probleme der astrophysikalischen Datenanalyse	SE	2	3	Selected Problems in Astrophysical Data Analysis (M1)	SE	2	3
Einführung in die Planetologie	VO	2	3	Introduction to Planetology (A3, S1)	VO	2	3
Sonne und Space Weather	VO	2	3	Sun and Space Weather (A5)	VO	2	3
Praktikum Sonnenphysik	PR	1	1	Solar Physics Lab (A3)	PT	1	1
Magnetohydrodynamik und solar-terrestrische Modellierung	VO	2	3	Magneto-Hydrodynamics and Solar-Terrestrial Modeling (A2, S2)	VO	2	3
Astrobiology: astrophysical aspects	VO	2	3	Exoplanets and Astrobiology (A5)	VO	2	3
Himmelsmechanik	VO	2	3	Celestial Mechanics (A5)	VO	2	3

Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)				Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Privatissimum aus Astrophysik für DiplomandInnen	PV	2	3	Tutorial for Master Students in Astrophysics (M)	PV	2	2
Schwerpunktfach Experimentalphysik							
Physik der kondensierten Materie <u>oder</u> Anregungen im Festkörper	VO	2	4	Solid-state Physics: Size Effects and Quantum Phenomena (E6)	VO	2	3
Signalverarbeitung	VO	2	4	Signal Theory and Signal Processing (E8)	VU	2	3
Quantenoptik	VO	2	4	Quantum Optics (E5)	VO	2	3
Spektroskopie	VO	2	4	Spectroscopy (E3)	VO	2	3
Oberflächenphysik	VO	2	4	Surface Science (E1)	VO	2	3
Anwendungen der Gruppentheorie in Molekül- und Festkörperphysik	VO	2	3	Application of Group Theory (E3, E6)	VO	2	3
Seminar Experimentalphysik	SE	2	2	Master's Seminar in the Area of the Master' Thesis (M0)	SE	2	2
Labor Oberflächenphysik	LU	3	6	Practical Training in the Area of the Master's Thesis (M0)	LU/PT	4	10
Labor Experimentalphysik	LU	6	10	3 von: Experimental Methods in Surface Science (E1) <u>oder</u> Research Laboratory Spectroscopy (E3) <u>oder</u> Research Laboratory Nano and Laseroptics (E4) <u>oder</u> Research Laboratory Quantum Optics and Molecular Physics (E5) <u>oder</u> Research Laboratory Biophysics (E7)	LU/VU	6	9
Privatissimum Oberflächenphysik	PV	2	2	Tutorial in the Area of the Master's Thesis (M0)	PV	2	2
Labor Photonik	LU	3	6	Practical Training in the Area of the Master's Thesis (M0)	LU/PT	4	10
Privatissimum Photonik	PV	2	2	Tutorial in the Area of the Master's Thesis (M0)	PV	2	2

Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)				Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Labor Spektroskopie und Magnetismus	LU	3	6	Practical Training in the Area of the Master's Thesis (M0)	LU/PT	4	10
Privatissimum Spektroskopie und Magnetismus	PV	2	2	Tutorial in the Area of the Master's Thesis (M0)	PV	2	2
Fortgeschrittene Optik	VO	2	4	Advanced Optics (E4)	VO	2	3
Allgemeine Methoden der Oberflächenphysik	VO	2	4	Experimental Methods in Surface Science (E1)	VU	2	3
Synchrotronstrahlungsmethoden	VO	2	4	Synchrotron Radiation Techniques (E2, E3)	VO	2	3
Biophotonik	VO	2	4	Biophotonics (E7)	VO	2	3
Photonen und Ultraschall	VO	2	4	Ultrasound Methods (E8)	VO	2	3
Rastersondenmethoden	VO	2	4	Scanning Probe Techniques (E2, E6)	VO	2	3
Grundlagen des Magnetismus in reduzierten Dimensionen (Nano-Magnetismus)	VO	2	4	Nano- and Quantum Magnetism (E6)	VO	2	3
Nano-Optik	VO	2	4	Nano Optics (E4)	VO	2	3
Schwerpunktfach Geophysik							
Klimasystem der Erde und Klimawandel	VO	2	3	Earth's Climate System and Climate Change (C1)	VO	2	3
Methoden der Modellierung und Simulation	VO	2	4	Methods of Modeling and Simulation (C2)	VO	2	3
Übungen zu Methoden der Modellierung und Simulation	UE	2	4	Methods of Modeling and Simulation (C2)	UE	2	3
Seminar Messmethoden der Geophysik - Atmosphären- und Klimaphysik	SE	1	2	Seminar on Measurement Methods in Atmospheric Physics (C5)	SE	2	3
Seminar Messmethoden der Geophysik – Weltraumphysik und Aeronomie	SE	1	2	Seminar on Measurement Methods in Space Physics (S4)	SE	2	3
Magnetismus und Magnetfeld der Erde	VO	2	3	Earth and Planetary Magnetic Fields (S3)	VO	2	3
Methoden der Datenanalyse und Dateninversion	VO	2	4	Time Series Analysis (C2)	VO	2	3
Ausgewählte Kapitel der Geophysik (Atmospheric Chemistry and Climate)	VO	2	3	Atmospheric Composition and Chemistry (C3)	VO	2	3
Ausgewählte Kapitel der Geophysik (Klima- und Umweltveränderungen im Laufe der Erdgeschichte)	VO	2	3	Paleoclimatology (C1)	VO	2	3

Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)				Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Ausgewählte Kapitel der Geophysik (Remote Sensing of Atmospheres and Climate Change)	VO	2	3	Selected Topics in Climate Science (C4)	VO /SE	2	3
Privatissimum aus Geophysik für DiplomandInnen	PV	2	3	Tutorial for Master's Students in Atmospheric Physics and Climate (M2)	PV	2	2
Privatissimum aus Geophysik für DiplomandInnen	PV	2	3	Tutorial in for Master's Students in Space Physics and Aeronomy (M3)	PV	2	2
Physik der Atmosphäre 1 (Zusammensetzung und Dynamik)	VO	2	3	Atmospheric Dynamics (C3)	VO	2	3
Physik der Atmosphäre 2 (Strahlungs- und Energiehaushalt)	VO	2	3	Radiation and Energy Balance (C3)	VO	2	3
Einführung in die Aeronomie	VO	2	3	Introduction to Aeronomy (S1)	VO	2	3
Physikalische Ozeanographie, Hydrologie und Klima	VO	2	3	Physical Oceanography, Hydrology and Climate (C1)	VO	2	3
Messmethoden der Atmosphären und Klimaphysik	VO	2	3	Atmospheric Measurement Methods: Remote Sensing (C5)	VO	2	3
Klima- und Umweltwandel: Aktuelle Forschungsbeiträge	SE	2	3	Climate and Environmental Change - Current Research Topics (M2)	SE	2	3
Praktikum aus Atmosphären- und Klimaphysik	PR	3	6	Field Course Atmospheric and Climate Physics (M2)	PT	3	6
Ausgewählte Kapitel der Atmosphären und Klimaphysik	VO/SE	2	3	Selected Topics in Climate Science (C4)	VO/SE	2	3
Planetenmagnetosphären	VO	2	3	Planetary Magnetospheres (S3)	VO	2	3
Messmethoden der Weltraumphysik und Aeronomie	VO	2	3	Measurement Methods in Space Physics (S4)	VO	2	3
Praktikum aus Weltraumphysik und Aeronomie	PR	3	6	Practical Training in Space Physics and Aeronomy (M3)	PT	3	6
Schwerpunktfach Theoretische und Computerorientierte Physik							
Höhere Quantenmechanik 1	VO	2	4	Advanced Quantum Mechanics (G)	VO	2	4
Theoretische Festkörperphysik 1	VO	2	3	Basic Concepts of Solid-state Theory (T2)	VO	2	3
Computational Physics 1	VU	2	4	Monte-Carlo Methods (T3)	VU	2	3
Höhere Quantenmechanik 2	VO	2	3	Advanced Quantum Mechanics 2 (T2)	VO	2	3

Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)				Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Computational Physics 2	VU	2	4	Numerical Methods in Linear Algebra (T3)	VU	2	3
Funktionentheorie und Gruppentheorie	VO	2 + 2	4 + 3	Advanced Mathematical Methods VO (T1) und Advanced Mathematical Methods UE	VO + UE	3 + 1	4,5 + 1,5
Theoretische Elementarteilchenphysik	VO	4	8	Quantum Field Theory 2: Gauge Theories (T7)	VU	4	6
Projektpraktikum Theoretische Physik	PP	4	8	Practical Training in the Area of the Master's Thesis (M0)	LU/PT	4	10
Quantenfeldtheorie	VO	3	6	Quantum Field Theory VO (T1) und Quantum Field Theory UE	VO + UE	3 + 1	4,5 + 1,5
Theoretische Festkörperphysik 2	VO	2	4	Fundamentals of Electronic Structure Theory (T4, T5, T6)	VO	2	3
Computermethoden der Festkörperphysik	VU	2	4	Computational Methods in Solid-state Physics (T3, T4)	VU	2	3
Computermethoden der Elementarteilchenphysik	VU	2	4	Computational Methods in Particle Physics (T3, T7)	VU	2	3
Theoretische Nano- und Quantenoptik	VO	2	4	Theoretical Nano- and Quantum Physics (T5)	VO	2	3
Einführung in die Gitterfeldtheorie	VO	2	3	Lattice Field Theory (T7)	VO	2	3

- b. Studierende der Uni Graz, welche in das vorliegende Curriculum (17W) wechseln, können Lehrveranstaltungen des vorliegenden Curriculums (17W) durch Lehrveranstaltungen des Masterstudiums Physik, Curriculum 2013 (13W), gemäß folgender Tabelle ersetzen. Nach der Unterstellung in das vorliegende Curriculum ist nur mehr das Absolvieren der Lehrveranstaltungen dieses Curriculums zulässig.

Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)				Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
				Allgemeine Physik			
Statistical Physics (G)	VO	2	4	Statistische Physik	VO	3	4
Statistical Physics (G)	UE	1	2	Übungen Statistische Physik	UE	1	2
Introduction to General Relativity and Cosmology (G)	VO	2	3 +	Allgemeine Relativitätstheorie und Kosmologie	VO	2	4

Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)				Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
<i>und</i> 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)			1				
Modern Materials (E6) <i>und</i> 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VO	2	3 + 1	Physik moderner Materialien	VO	2	4
				Schwerpunktfach Astrophysik			
Introduction to Space Plasma Physics (A5, S1)	VO	2	3	Einführung in die Plasmaphysik	VO	2	3
Stellar Structure and Evolution (A1) <i>und</i> 2 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VO	3	4 + 2	Sternaufbau und Sternentwicklung	VO	3	6
Stellar Structure and Evolution (A1)	UE	1	2	Sternaufbau und Sternentwicklung	UE	1	2
Introduction to Solar Physics (A3, S2)	VO	2	3	Einführung in die Sonnenphysik	VO	2	3
Introduction to Solar Physics (A3, S2)	UE	1	2	Einführung in die Sonnenphysik	UE	1	2
The Physics of Stellar Atmospheres (A2) <i>und</i> 2 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VO	3	4 + 2	Physik der Sternatmosphären	VO	3	6
The Physics of Stellar Atmospheres (A2)	UE	1	2	Physik der Sternatmosphären	UE	1	2
The Galaxy and Extragalactic Systems (A1)	VO	2	3	Galaxis und extragalaktische Systeme	VO	2	3
Astrophysical Seminar (A4)	SE	2	3	Astrophysikalisches Seminar	SE	2	3
Instrumentation and Observing Techniques in Astrophysics (A4)	VO	2	3	Instrumente und Beobachtungstechniken der Astrophysik	VO	2	3
Astrophysics Lab (A4)	PT	2	3	Astronomisches Praktikum	PR	2	3
Data Analysis in Astrophysics (M1) <i>und</i> 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VO	3	4 + 1	Astrophysikalische Datenanalyse	VO	3	5
Data Analysis in Astrophysics (M1)	UE	2	3	Astrophysikalische Datenanalyse	UE	2	3
Selected Problems in Astrophysical Data Analysis (M1)	SE	2	3	Ausgewählte Probleme der astrophysikalischen Datenanalyse	SE	2	3
Introduction to Planetology (A3, S1)	VO	2	3	Einführung in die Planetologie	VO	2	3

Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)				Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Sun and Space Weather (A5)	VO	2	3	Sonne und Space Weather	VO	2	3
Solar Physics Lab (A3)	PT	1	1	Praktikum Sonnenphysik	PR	1	1
Magneto-Hydrodynamics and Solar-Terrestrial Modeling (A2, S2)	VO	2	3	Magnetohydrodynamik und solar-terrestrische Modellierung	VO	2	3
Exoplanets and Astrobiology (A5)	VO	2	3	Astrobiology: astrophysical aspects	VO	2	3
Celestial Mechanics (A5)	VO	2	3	Himmelsmechanik	VO	2	3
Tutorial for Master Students in Astrophysics (M1) <i>und</i> 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	PV	2	2 + 1	Privatissimum aus Astrophysik für DiplomandInnen	PV	2	3
				Schwerpunktfach Experimentalphysik			
Solid-state Physics: Size Effects and Quantum Phenomena (E6) <i>und</i> 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VO	2	3 + 1	Physik der kondensierten Materie <i>oder</i> Anregungen im Festkörper	VO	2	4
Signal Theory and Signal Processing (E8) <i>und</i> 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VU	2	3 + 1	Signalverarbeitung	VO	2	4
Quantum Optics (E5)	VO	2	3	Quantenoptik	VO	2	4
Spectroscopy (E3) <i>und</i> 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VO	2	3 + 1	Spektroskopie	VO	2	4
Surface Science (E1)	VO	2	3	Oberflächenphysik	VO	2	4
Application of Group Theory (E3, E6)	VO	2	3	Anwendungen der Gruppentheorie in Molekül- und Festkörperphysik	VO	2	3
Master's Seminar in the Area of the Master Thesis (M0)	SE	2	2	Seminar Experimentalphysik	SE	2	2
Practical Training in the Area of the Master's Thesis (M0)	LU/PT	4	10	Labor Oberflächenphysik	LU	3	6
3 von: Experimental Methods in Surface Science (E1) <i>oder</i> Research Laboratory Spectroscopy (E3) <i>oder</i> Research Laboratory Nano and Laseroptics (E4) <i>oder</i>	LU/VU	6	9 + 1	Labor Experimentalphysik	LU	6	10

Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)				Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Research Laboratory Quantum Optics and Molecular Physics (E5) oder Research Laboratory Biophysics (E7) und 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)							
Tutorial in the Area of the Master's Thesis (M0)	PV	2	2	Privatissimum Oberflächenphysik	PV	2	2
Practical Training in the Area of the Master's Thesis (M0)	LU/PT	4	10	Laborübungen Photonik	LU	3	6
Tutorial in the Area of the Master's Thesis (M0)	PV	2	2	Privatissimum Photonik	PV	2	2
Practical Training in the Area of the Master's Thesis (M0)	LU/PT	4	10	Labor Spektroskopie und Magnetismus	LU	3	6
Tutorial in the Area of the Master's Thesis (M0)	PV	2	2	Privatissimum Spektroskopie und Magnetismus	PV	2	2
Advanced Optics (E4) und 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VO	2	3 + 1	Fortgeschrittene Optik	VO	2	4
Experimental Methods in Surface Science (E1)	VU	2	3	Allgemeine Methoden der Oberflächenphysik	VO	2	4
Synchrotron Radiation Techniques (E2, E3)	VO	2	3	Synchrotronstrahlungsmethoden	VO	2	4
Biophotonics (E7)	VO	2	3	Biophotonik	VO	2	4
Ultrasound Methods (E8)	VO	2	3	Photonen und Ultraschall	VO	2	4
Scanning Probe Techniques (E2, E6)	VO	2	3	Rastersondenmethoden	VO	2	4
Nano- and Quantum Magnetism (E6)	VO	2	3	Grundlagen des Magnetismus in reduzierten Dimensionen (Nano-Magnetismus)	VO	2	4
Nano Optics (E4)	VO	2	3	Nano-Optik	VO	2	4
				Schwerpunktfach Geophysik			
Earth's Climate System and Climate Change (C1)	VO	2	3	Klimasystem der Erde und Klimawandel	VO	2	3
Methods of Modeling and Simulation (C2)	VO	2	3	Methoden der Modellierung und Simulation	VO	2	4
Methods of Modeling and Simulation (C2)	UE	2	3	Übungen zu Methoden der Modellierung und Simulation	UE	2	4
Seminar on Measurement Methods in Atmospheric Systems (C5)	SE	2	3	Seminar Messmethoden der Geophysik - Atmosphären- und Klimaphysik	SE	1	2

Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)				Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Seminar on Measurement Methods in Space Physics (S4)	SE	2	3	Seminar Messmethoden der Geophysik – Weltraumphysik und Aeronomie	SE	1	2
Earth and Planetary Magnetic Fields (S3)	VO	2	3	Magnetismus und Magnetfeld der Erde	VO	2	3
Time Series Analysis (C2) und 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VO	2	3 + 1	Methoden der Datenanalyse und Dateninversion	VO	2	4
Atmospheric Composition and Chemistry (C3)	VO	2	3	Ausgewählte Kapitel der Geophysik (Atmospheric Chemistry and Climate)	VO	2	3
Paleoclimatology (C1)	VO	2	3	Ausgewählte Kapitel der Geophysik (Klima- und Umweltveränderungen im Laufe der Erdgeschichte)	VO	2	3
Selected Topics in Climate Science (C4)	VO /SE	2	3	Ausgewählte Kapitel der Geophysik (Remote Sensing of Atmospheres and Climate Change)	VO	2	3
Tutorial for Master's Students in Atmospheric Physics and Climate (M2) und 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	PV	2	2 + 1	Privatissimum aus Geophysik für DiplomandInnen	PV	2	3
Tutorial in for Master's Students in Space Physics and Aeronomy (M3) und 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	PV	2	2 + 1	Privatissimum aus Geophysik für DiplomandInnen	PV	2	3
Atmospheric Dynamics (C3)	VO	2	3	Physik der Atmosphäre 1 (Zusammensetzung und Dynamik)	VO	2	3
Radiation and Energy Balance (C3)	VO	2	3	Physik der Atmosphäre 2 (Strahlungs- und Energiehaushalt)	VO	2	3
Introduction to Aeronomy (S1)	VO	2	3	Einführung in die Aeronomie	VO	2	3
Physical Oceanography, Hydrology and Climate (C1)	VO	2	3	Physikalische Ozeanographie, Hydrologie und Klima	VO	2	3
Atmospheric Measurement Methods: Remote Sensing (C5)	VO	2	3	Messmethoden der Atmosphären und Klimaphysik	VO	2	3
Climate and Environmental Change - Current Research Topics (M2)	SE	2	3	Klima- und Umweltwandel: Aktuelle Forschungsbeiträge	SE	2	3

Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)				Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Field Course Atmospheric and Climate Physics (M2)	PT	3	6	Praktikum aus Atmosphären- und Klimaphysik	PR	3	6
Selected Topics in Climate Science (C4)	VO/SE	2	3	Ausgewählte Kapitel der Atmosphären und Klimaphysik	VO/SE	2	3
Planetary Magnetospheres (S3)	VO	2	3	Planetenmagnetosphären	VO	2	3
Measurement Methods in Space Physics (S4)	VO	2	3	Messmethoden der Weltraumphysik und Aeronomie	VO	2	3
Practical Training in Space Physics and Aeronomy (M3)	PT	3	6	Praktikum aus Weltraumphysik und Aeronomie	PR	3	6
				Schwerpunktfach Theoretische und Computerorientierte Physik			
Advanced Quantum Mechanics (G)	VO	2	4	Höhere Quantenmechanik 1	VO	2	4
Basic Concepts of Solid-state Theory (T2)	VO	2	3	Theoretische Festkörperphysik 1	VO	2	3
Monte-Carlo Methods (T3) und 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VU	2	3 + 1	Computational Physics 1	VU	2	4
Advanced Quantum Mechanics 2 (T2)	VO	2	3	Höhere Quantenmechanik 2	VO	2	3
Numerical Methods in Linear Algebra (T3) und 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VU	2	3 + 1	Computational Physics 2	VU	2	4
Advanced Mathematical Methods VO (T1) und Advanced Mathematical Methods UE und 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VO + UE	3 + 1	4,5 + 1,5 + 1	Funktionentheorie und Gruppentheorie	VO	2 + 2	4 + 3
Quantum Field Theory 2: Gauge Theories (T7) und 2 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VU	4	6 + 2	Theoretische Elementarteilchenphysik	VO	4	8
Practical Training in the Area of the Master's Thesis (M0)	LU/PT	4	10	Projektpraktikum Theoretische Physik	PP	4	8
Quantum Field Theory VO (T1) und Quantum Field Theory UE	VO + UE	3 + 1	4,5 + 1,5	Quantenfeldtheorie	VO	3	6

Lehrveranstaltung aus dem vorliegenden Curriculum 2017 (17W)				Lehrveranstaltung aus dem auslaufendem Curriculum 2013 (13W)			
Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS	Lehrveranstaltung	LV-Typ	SSt.	ECTS
Fundamentals of Electronic Structure Theory (T4, T5, T6) <i>und</i> 1 ECTS für das Allgemeine Wahlmodul (Elective Topics)	VO	2	3 + 1	Theoretische Festkörperphysik 2	VO	2	4
Computational Methods in Solid-state Physics (T3, T4)	VU	2	3	Computermethoden der Festkörperphysik	VU	2	4
Computational Methods in Particle Physics (T3, T7)	VU	2	3	Computermethoden der Elementarteilchenphysik	VU	2	4
Theoretical Nano- and Quantum Physics (T5)	VO	2	3	Theoretische Nano- und Quantenoptik	VO	2	4
Lattice Field Theory (T7)	VO	2	3	Einführung in die Gitterfeldtheorie	VO	2	3

Anhang V

Glossar

Glossar der verwendeten Bezeichnungen, welche in den Satzungen und Richtlinien der beiden Universitäten unterschiedlich benannt sind

Bezeichnung in diesem Curriculum (NAWI Graz)	Bezeichnung Uni Graz	Bezeichnung TU Graz
SSt.	KStd.	SSt.
Wahlmodul	Gebundenes Wahlfach	Wahlfach
Freifach	Freie Wahlfächer	Freifach