



หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ทฤษฎีและปรัชญาธรรมชาติ
(หลักสูตรนานาชาติ)

Doctor of Philosophy Program
in
Theoretical Physics and Natural Philosophy
(International Program)

ศูนย์ฟิสิกส์ทฤษฎีและปรัชญาธรรมชาตินครสวรรค์
โครงการจัดตั้งวิทยาเขตนครสวรรค์ มหาวิทยาลัยมหิดล

หลักสูตรใหม่ พ.ศ. 2566

**Doctor of Philosophy Program in Theoretical Physics and Natural Philosophy
(International Program / New Program B.E. 2566)**

Name of Institution	Mahidol University
Campus/Faculty/Department	Nakhon Sawan Campus/Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy

Section 1 General Information

1. Curriculum Name

English Doctor of Philosophy Program in Theoretical Physics and Natural Philosophy (International Program)

Thai หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ทฤษฎีและปรัชญาธรรมชาติ (หลักสูตรนานาชาติ)

2. Name of Degree and Major

Full Title English: Doctor of Philosophy (Theoretical Physics and Natural Philosophy)

Abbreviation English: Ph.D. (Theoretical Physics and Natural Philosophy)

Full Title Thai: ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ฟิสิกส์ทฤษฎีและปรัชญาธรรมชาติ)

Abbreviation Thai: ป.ด. (ฟิสิกส์ทฤษฎีและปรัชญาธรรมชาติ)

3. Major Subjects (if any)

None

4. Required Credits

4.1 Plan 2.1 For students with Master's Degree: not less than 49 credits

4.2 Plan 2.2 For students with Bachelor's Degree: not less than 73 credits

5. Curriculum Characteristics

5.1 Curriculum type/model: Doctoral degree

5.2 Language: English

5.3 Recruitment: Both Thai and international students

5.4 Collaboration with Other Universities: This program is Mahidol University's program.

5.5 Graduate Degrees Offered to the Graduates: One degree

6. Curriculum Status and Curriculum Approval

6.1 Program new B.E. 2566

6.2 Starting in semester 1, academic year 2023 onwards

6.3 Approval in principle by Mahidol University Council in its 579 meeting on April 20, 2022

6.4 Curriculum screening committee approved the program in its meeting 42/2565 on August 28, 2022.

6.5 The Mahidol University Council approved the program in its meeting 586 on November 16, 2022.

7. Readiness to Implement/Promote the Curriculum

The curriculum from the program is readily implemented and promoted its quality and standard according to criteria set by Thai Qualification Framework for Higher Education 2009 in academic year 2568.

8. Career Opportunities of the Graduates

8.1 An academician or an expert in universities, government or private institutions.

8.2 A researcher in theoretical physics in research institutions.

8.3 A quantitative model analyst in financial institutions, private companies, other institutions which acquire knowledges in physics, complex system, environment, social system, economics and finances.

9. Name, ID Number, Title and Degree of the Faculty in Charge of the Program

No.	Identification Card Number Academic position - Name – Surname	Degree (Field of Study) University: Year of graduate	Department
1	x-xxxx-xxxxx-xx-x Professor Dr. Burin Gumjudpai	Ph.D. (Cosmology) University of Portsmouth, U.K.: 2003 M.Econ. (Financial Economics) National Institute of Development Administration, Thailand: 2020 M.Sc. (Physics) University of Sussex, U.K.: 1999 B.S. (Physics) Chiang Mai University, Thailand: 1996	Nakhon Sawan Campus/Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy
2	x-xxxx-xxxxx-xx-x Lecturer Dr. Nandan Roy	Ph.D. (Physics) Indian Institute of Science Education and Research Kolkata, India.: 2015 M.Sc. First Class (Physics) Vidyasagar University, India: 2008	Nakhon Sawan Campus/Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy

No.	Identification Card Number Academic position - Name – Surname	Degree (Field of Study) University: Year of graduate	Department
		B.Sc. First Class Hons. (Physics) Vidyasagar University, India: 2006	
3	x-xxxx-xxxx-xx-x Lecturer Dr. Pradeep Bhadola	Ph.D. (Physics) University of Delhi, India: 2016 M.Sc. First Class (Physics) University of Delhi, India: 2008 B.Sc. First Class Hons (Physics) University of Delhi, India: 2006	Nakhon Sawan Campus/Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy

10. Venue for Instruction

Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy , Mahidol University, Nakhon Sawan Campus

11. External Factors to Be Considered in Curriculum Planning

11.1 Economic Situation/Development

Technological progress in fields such as informatics, communication, biology, energy, environment, and medical science etc. have delivered us our convenience and economic growth both in production and consumer sides which in turn effect our everyday life. The economics growth with too little concern in wealth distribution leads to inequality problem both of wisdom and traditional wealth. Educating people so that they have enough wisdom to navigate the unequal world with disruptive change would mitigate such problem.

11.2 Social and Cultural Situation/Development

Wisdom inequality is another reflection the educational opportunity. The inequality leads to inappropriate interpretation of tradition, history, nation and democracy which evidently reflect in our political unrest. The education that, develop more wholistic view and analytical competency enough to create “ literacy” not only usage of technology, would contribute toward solving such issues via wisdom inequality reduction.

12. The Effects Mentioned in No. 11. 1 and 11. 2 on Curriculum Development and Relevance to the Missions of the University/Institution

12.1 Curriculum Development

Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy aware that the wisdom and wealth inequality lead to others issues such political unrests, crimes, environments, epidemics and above all the state and social institution failures. Thus, the Centre develops curriculum to train

workforce in theoretical physics capable of criticize and contemplate knowledges of systems in nature, in which we refer as natural philosophy. The graduates not only going to be the workhorse of theoretical physics, which is quite in a scarcity, but they will be bridges that connect many disciplines together to form new knowledge and fill in the gaps.

12.2 Relevance to the Missions of the University/Institution

Mission of Mahidol University is:

- (1) Continuously research and support research to construct, develop knowledge, and implement for the benefits of Thailand and the university.
- (2) Produce graduates according to the Thailand Education Scheme, the National Economic and Social Development Plan with emphasis on knowledge, professional competence, ethic, social awareness and self-development.
- (3) Promote, apply and develop academics and higher profession.
- (4) Provide medical, academic and professional service at international standard.
- (5) Research and development for continuously improve learning process.
- (6) Support and motivate personnel from other institutions to participate in construction, development and being transferred of knowledge.
- (7) Collaborate with other institutions aligned with mission (1) to (6)
- (8) Support religions, arts, traditions and sustainably used of environment.

The production of graduates in this field, those have the level of understanding and knowledge enough to contribute to society both professionally, socially and academically via research and knowledge transfer, would be in line with mission (1), (2), (3), (6) and (7).

13. Collaboration with Other Curricula of the University (if any)

Doctor of Philosophy Program in Physics, Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University.

13.1 Course(s) offered by other faculties/departments/ programs: none

13.2 Course(s) offered to other programs: none

13.3 Coordination:

Joint graduate seminar will be organized once or twice per semester.

Section 2 Information of the Curriculum

1. Philosophy, Justification, and Objectives of the Curriculum

1.1 Philosophy and Justification of the Curriculum

Philosophy of the Curriculum

The curriculum focusses on natural phenomena and other phenomena research using theoretical physics paradigm at the profound level of international standard by aiming at students' ability to see integrated structure in physics principle so that the students are able to ask questions not only to the theory of nature but also the nature of theory itself. Thus, the students are capable of applying and integrating theoretical physics to study systems of nature and systems of other disciplines. The result is professional ethical fully aware academic leaders.

Justification of the Curriculum

The progress in knowledge of various disciplines has eluded us, humanity, that we can, almost, contemplate the natural and social phenomena. However, no matter how advance physics have become the almost forgotten question on what the knowledge is, on what the paradigm is, on what shape of theories are, on what the nature of the theory is not yet fully addressed. The criticism is questioning logical soundness of facts and knowledge. If one could be critical about knowledge, paradigm, theories, and the one could notice what should be features of the theory of interest with ability to see the connection among various disciplines then the new paradigm emerge with one question remain to be addressed: can one discover the theory of theories. The study of philosophy of nature, social system included, could borrow paradigm and theories from science to arrive at rather more complete the social science and vice versa.

The discipline of theoretical physics has well defined paradigm and theories but training on how to critique and analogue study of other systems both within and across discipline are relatively unfocused unlike developing of mathematical skills. The ability to critique and make such analogies will extend area of theoretical physics application e.g., the usage of thermal complex non-equilibrium system and statistical mechanics of interacting individuals and collective phenomena to explain strategic competition in economic system, application of electrical circuit to the internal communication system in an institute, and towards the understanding of the peace and conflict via theoretical physics lens one could start at constructing different domain of thought and analyze the instability and stress of such system. Other applications include attempts to understand catastrophe, system with rapid change, via physical phenomena such as the butterfly effect and emergent phenomena; in explaining phase change of an institution, inflation, unemployment in macroeconomic terms one may study the system using statistical mechanics and network theory and with the same lens one may also study DNA molecule and irrigation system.

Currently Thailand is in shortage of theoretical physicists who possess ability to apply viewpoint in physics to solve issue in other disciplines such as social science, economics,

logistic, irrigation and biology as formerly mentioned. According to the National Economic and Social Development Plan, the thirteenth plan (2022-2026), there is an emphasize on systematic knowledge management which include application of a suitable integrated knowledge and technologies. Therefore, the curriculum focuses on the study of fundamental in physics and frontier of knowledge in the field so to create the level of understanding which allows integrating usage of physics and critical consideration on the nature of knowledge and theories. The curriculum aims to develop academic leaders of international standard who possess great research potential and profound knowledge in physics enough to teach in graduate level.

1.2 Objectives of the Program

By the end of the study, students :

- 1.2.1 possess morals and ethics such as ability to resolve conflict of interests, being honest by not conducting plagiarism in academic work, realization in rights and duties of citizen.
- 1.2.2 possess deep knowledge and contemplating the unite structure of theoretical physics.
- 1.2.3 possess self-motivation in studying, good skills in analyzing and synthesizing of theoretical physics knowledge.
- 1.2.4 possess self-control ability, duty and personal responsibility, social relation building capacity, understanding and realization of roles in teamwork as leader and team members and acting accordingly to the roles
- 1.2.5 possess abilities to interpret, communicate (including listening, reading, speaking and writing), select appropriate statistical and mathematical tools in modeling and problems solving, and use computational skills and information technology appropriately

1.3 Program Learning Outcomes (PLOs)

- 1.3.1 Understanding of rights and duties of themselves as a citizen of a country and of the world, and possessing moral and theoretical physics professional values.
- 1.3.2 Having profound knowledge and understanding core principles of theoretical physics.
- 1.3.3 Having intellectual characters and skills in logically criticizing, analyzing and synthesizing theoretical physics knowledge or philosophical concepts of natural systems.
- 1.3.4 Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective.
- 1.3.5 Having good skills in communication, information technology and data analyzing with appropriate mathematical and statistical tools.

2. Plan for Development and Improvement

Plan for Development/Revision	Strategies	Evidences/Indexes
1. Developing modern curriculum with international standard.	1. Evaluating curriculum every 2-year period 2. Bench mark the curriculum with other world leaders such as Perimeter Institute for Theoretical Physics, SISSA, DAMTP University of Cambridge	1. Evaluation reports 2. Documents of curriculum development
2. Developing academic excellence for faculties.	1. Arranging academic seminar. 2. Encouraging faculties to participate in advance training both internally and externally.	1. Frequency of which each faculty member attends academic conference/ advance training (at least 1 such attendance per annum)

Section 3 Educational Management System, Curriculum Implementation, and Structure

1. Educational Management System

- 1.1 **System:** Two Semester Credit system. 1 Academic Year consists of 2 Regular Semesters, each with not less than 15 weeks of study.
- 1.2 **Summer Session:** None.
- 1.3 **Credit Equivalence to Semester System:** None.

2. Curriculum Implementation

- 2.1 **Teaching Schedule** Weekdays from Monday to Friday (08:00 A.M. – 4:00 P.M.)
 - Semester 1 August – December
 - Semester 2 January – May

2.2 Qualifications of Prospective Students

Plan 2.1 For students with Master's Degree

- 1) Holding a Master's Degree in theoretical physics, applied physics, mathematical physics, engineering and other related subjects accredited by the Office of the Higher Education Commission.
- 2) Having cumulative GPA not less than 3.50
- 3) Have and English Proficiency Examination score as the requirement of Faculty of Graduate Studies
- 4) Students without any qualifications under 2 and 3 may be granted at the discretion of the Program Administrative Committee and the Dean of the Faculty of Graduate Studies.

Plan 2.2 For students with Bachelor's Degree

- 1) Holding a Bachelor's Degree in theoretical physics, applied physics, mathematical physics, engineering and other related subjects accredited by the Office of the Higher Education Commission.
- 2) Having cumulative GPA not less than 3.50
- 3) Have and English Proficiency Examination score as the requirement of Faculty of Graduate Studies
- 4) Students without any qualifications under 2 and 3 may be granted at the discretion of the Program Administrative Committee and the Dean of the Faculty of Graduate Studies.

2.3 Problems Encountered by New Students

2.3.1 Insufficient background knowledge in physics and mathematics.

2.3.2 Financial difficulties

2.4 Strategies for Problem Solving/Limited Requirements in No.2.3

Problems of New Students	Strategies for Problem Solving
Insufficient background knowledge in physics and mathematics.	Arrange teaching activities in form of academic service to fill the knowledge or skill gaps.
Financial difficulties	Monitoring opportunities for scholarship/funding from Mahidol University, National Astronomical Research Institute of Thailand, National Research Council of Thailand, and others as such.

2.5 Five-Year-Plan for Recruitment and Graduation of Students

(1) Plan 2.1 For students with Master's Degree

Academic Year	2023	2024	2025	2026	2027
1 st	2	3	4	5	5
2 nd		2	3	4	5
3 rd			2	3	4
Cumulative numbers	2	5	9	12	14
Expected number of students graduated			2	3	4

(2) Plan 2.2 For students with Bachelor's Degree

Academic Year	2023	2024	2025	2026	2027
1 st	2	2	2	3	3
2 nd		2	2	2	3
3 rd			2	2	2
4 th				2	2
5 th					2
Cumulative numbers	2	4	6	9	12

Expected number of students graduated					2
---------------------------------------	--	--	--	--	---

2.6 Budget based on the plan

Budget: The budget is from Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy Mahidol University.

(1) Plan 2.1 For students with Master's Degree

Estimated income per student

Registration fee

Qualifying examination 4,200

Tuition (13 credits) 117,000

Dissertation (36 credits) 54,000

Dissertation research fee 300,000

Total income per student 475,200

Estimated expenses

Variable expenses per student

Position allowance for qualifying examination committee 4,200

College/university allocation 23,400

Position allowance of dissertation advisor and committee 54,000

Total variable expenses per student 81,600

Fixed expenses (3 years)

Program director payment (5,000/months 36 months) 180,000

Teaching payment (1,000/hours 12 credits) 180,000

Utility fee (approx. 5,000/months 36 months) 180,000

Position allowance for distinguished curriculum evaluating committee 20,000

Accommodation and travelling expense for distinguished curriculum evaluating committee 12,000

Material fee 36,000

Total Fixed expenses 608,000

Number of students at break-even point 1.54 persons (3 years period)

Cost of students at break-even point 385,600 Baht

Expenses per student per academic year 128,533.33 Baht

(2) Plan 2.2 For students with Bachelor's Degree

Estimated income per student

Registration fee

Qualifying examination 4,200

Tuition (25 credits)	225,000
Dissertation (48 credits)	72,000
Dissertation research fee	300,000
Total income per student	601,200
<u>Estimated expenses</u>	
Variable expenses per student	
Position allowance for qualifying examination committee	4,200
College/university allocation	45,000
Position allowance of dissertation advisor and committee	72,000
Total variable expenses per student	121,200
<u>Fixed expenses (5 years)</u>	
Program director payment (5,000/months 60 months)	300,000
Teaching payment (1,000/hours 25 credits)	375,000
Utility fee (approx. 5,000/months 60 months)	300,000
Position allowance for distinguished curriculum evaluating committee	20,000
Accommodation and travelling expense for distinguished curriculum evaluating committee	12,000
Material fee	60,000
Total Fixed expenses	1,067,000
Number of students at break-even point	2.22 persons (5 years period)
Cost of students at break-even point	476,866.67 Baht
Expenses per student per academic year	95,373.33 Baht

2.7 Educational System: Classroom Mode

2.8 Transfer of Credits, Courses and Cross University Registration (If any)

Credits transferring must be in compliance with Mahidol University's regulations on Graduate Studies. Additional information can be found at www.grad.mahidol.ac.th.

3. Curriculum and Instructors

3.1 Curriculum

3.1.1 Number of credits

- (1) Students with Master's Degree: not less than 49 credits
- (2) Students with Bachelor's Degree: not less than 73 credits

3.1.2 Curriculum Structure

The curriculum structure is set in compliance with Announcement of Ministry of Education on the subject of Criteria and Standards of Graduate Studies B.E. 2558, Doctoral Degree, Plan 2 below:

(1) Plan 2.1 for students with Master's Degree

Required courses	11 credits
Elective courses not less than	2 credits
Dissertation	36 credits
Total not less than	49 credits

(2) Plan 2.2 for students with Bachelor's Degree

Required courses	23 credits
Elective courses not less than	2 credits
Dissertation	48 credits
Total not less than	73 credits

3.1.3 Courses in the curriculum

1) Required Courses

Students with Master's Degree		11 credits
		Credits (lecture – practice – self-study)
NWTP 641	Complex and Adaptive Systems	2 (2-0-4)
นวพท ๖๔๑	ระบบซับซ้อนและปรับตัวได้	
NWTP 691	Theoretical Physics and Natural Philosophy Seminar	1 (1-0-2)
นวพท ๖๙๑	สัมมนาทางฟิสิกส์ทฤษฎีและปรัชญาธรรมชาติ	
NWTP 701	Philosophy of Natural Systems	1 (1-0-2)
นวพท ๗๐๑	ปรัชญาของระบบธรรมชาติ	
NWTP 702	Symmetries and Lie Algebra in Physics	2 (2-0-4)
นวพท ๗๐๒	สมมาตรและพีชคณิตของลีในฟิสิกส์	
NWTP 741	Non-linear Dynamics	2 (2-0-4)
นวพท ๗๔๑	พลวัตไม่เชิงเส้น	
NWTP 801	Geometry and Topology in Physics	3 (3-0-6)
นวพท ๘๐๑	เรขาคณิตและทอพอโลยีในฟิสิกส์	
Students with Bachelor's Degree		23 credits
		Credits (lecture – practice – self-study)
NWTP 511	Classical Dynamics	2 (2-0-4)
นวพท ๕๑๑	พลศาสตร์คลาสสิก	
NWTP 512	Quantum Mechanics	2 (2-0-4)
นวพท ๕๑๒	กลศาสตร์ควอนตัม	
NWTP 521	Equilibrium Thermodynamics and Phase Transitions	2 (2-0-4)
นวพท ๕๒๑	อุณหพลศาสตร์สมดุลและการเปลี่ยนวัฏภาค	
NWTP 531	Fluid Dynamics	2 (2-0-4)
นวพท ๕๓๑	พลศาสตร์ของไหล	
NWTP 601	Integrable System	2 (2-0-4)
นวพท ๖๐๑	ระบบที่ปริพันธ์ได้	
NWTP 611	Classical Field Theory	2 (2-0-4)
นวพท ๖๑๑	ทฤษฎีสนามคลาสสิก	
NWTP 641	Complex and Adaptive Systems	2 (2-0-4)
นวพท ๖๔๑	ระบบซับซ้อนและปรับตัวได้	
NWTP 691	Theoretical Physics and Natural Philosophy Seminar	1 (1-0-2)
นวพท ๖๙๑	สัมมนาทางฟิสิกส์ทฤษฎีและปรัชญาธรรมชาติ	

NWTP 701	Philosophy of Natural Systems	1 (1-0-2)
นวฟท ๗๐๑	ปรัชญาของระบบธรรมชาติ	
NWTP 702	Symmetries and Lie Algebra in Physics	2 (2-0-4)
นวฟท ๗๐๒	สมมาตรและพีชคณิตของลีในฟิสิกส์	
NWTP 741	Non-linear Dynamics	2 (2-0-4)
นวฟท ๗๔๑	พลวัตไม่เชิงเส้น	
NWTP 801	Geometry and Topology in Physics	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๐๑	เรขาคณิตและทอพอโลยีในฟิสิกส์	

2) Elective Courses not less than 2 credits

Courses in foundation of theoretical physics and mathematics

		Credits (lecture – laboratory – self-study)
NWTP 501	Mathematical Methods of Physics	2 (2-0-4)
นวฟท ๕๐๑	กระบวนการวิธีทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์	
NWTP 502	Green's Functions and Propagations	2 (2-0-4)
นวฟท ๕๐๒	ฟังก์ชันกรีนและการแผ่กระจาย	
NWTP 503	Numerical Methods in Physics	2 (2-0-4)
นวฟท ๕๐๓	ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในฟิสิกส์	
NWTP 513	Classical Electrodynamics	2 (2-0-4)
นวฟท ๕๑๓	พลศาสตร์ไฟฟ้าคลาสสิก	
NWTP 522	Equilibrium Statistical Mechanics and Kinetic Theory	2 (2-0-4)
นวฟท ๕๒๒	กลศาสตร์เชิงสถิติสมดุลและทฤษฎีจลน์	
NWTP 532	Vibrations and Waves	2 (2-0-4)
นวฟท ๕๓๒	การสั่นสะเทือนและคลื่น	
NWTP 551	Special Relativity	2 (2-0-4)
นวฟท ๕๕๑	สัมพัทธภาพพิเศษ	
NWTP 612	Relativistic Quantum Mechanics	2 (2-0-4)
นวฟท ๖๑๒	กลศาสตร์ควอนตัมเชิงสัมพัทธภาพ	
NWTP 613	Quantum Mechanics and Path Integrals	2 (2-0-4)
นวฟท ๖๑๓	กลศาสตร์ควอนตัมและปริพันธ์ตามวิถี	
NWTP 614	Particles and Fields	2 (2-0-4)
นวฟท ๖๑๔	อนุภาคและสนาม	
NWTP 631	Signals and Systems	2 (2-0-4)
นวฟท ๖๓๑	สัญญาณและระบบ	
NWTP 681	Statistics for Physics	2 (2-0-4)
นวฟท ๖๘๑	สถิติสำหรับฟิสิกส์	
NWTP 682	Computer Simulation for Physics	2 (2-0-4)

นวฟท ๖๘๒ การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับฟิสิกส์

Courses in high energy physics

		Credits (lecture – laboratory – self-study)
NWTP 711	Relativistic Quantum Fields I	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๑๑	สนามควอนตัมเชิงสัมพัทธภาพ 1	
NWTP 712	Relativistic Quantum Fields II	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๑๒	สนามควอนตัมเชิงสัมพัทธภาพ 2	
NWTP 713	Soliton and Instanton	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๑๓	โซลิตอนและอินสแตนตัน	
NWTP 714	Quantum Fields in Curved Spacetime	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๑๔	สนามควอนตัมบนกาลอวกาศโค้ง	
NWTP 715	Finite Temperature Field Theory	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๑๕	ทฤษฎีสถานที่อุณหภูมิจำกัด	
NWTP 811	Supersymmetry and Supergravity	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๑๑	สมมาตรยวดยิ่งและความโน้มถ่วงยวดยิ่ง	
NWTP 812	String Theory	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๑๒	ทฤษฎีสตริง	
NWTP 813	Statistical Field Theory	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๑๓	ทฤษฎีสถานที่เชิงสถิติ	
NWTP 814	Loop Quantum Gravity	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๑๔	ความโน้มถ่วงควอนตัมแบบลูป	
NWTP 815	Advanced Quantum Field Theory	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๑๕	ทฤษฎีสถานที่ควอนตัมขั้นสูง	
NWTP 816	Topological Gauge Theory and Geometrical Phases	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๑๖	ทฤษฎีเกจเชิงทอพอโลยีและวัฏภาคเรขาคณิต	

Courses in gravitational theory and cosmology

		Credits (lecture – laboratory – self-study)
NWTP 751	General Relativity	4 (4-0-8)
นวฟท ๗๕๑	สัมพัทธภาพทั่วไป	
NWTP 761	Cosmology	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๖๑	จักรวาลวิทยา	
NWTP 762	The Early Universe	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๖๒	เอกภพระยะแรกเริ่ม	
NWTP 763	Observational Cosmology	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๖๓	จักรวาลวิทยาเชิงการสังเกตการณ์	
NWTP 851	Advanced General Relativity	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๕๑	สัมพัทธภาพทั่วไปขั้นสูง	

NWTP 852	Scalar-Tensor Theory of Gravitation	3 (3-0-6)
นwfท ๘๕๒	ทฤษฎีความโน้มถ่วงแบบสเกลาร์-เท็นเซอร์	
NWTP 853	Dark Energy and Modifications of Gravity	3 (3-0-6)
นwfท ๘๕๓	พลังงานมืดและความโน้มถ่วงขยายความ	
NWTP 854	Gauge Symmetries in Gravitation	3 (3-0-6)
นwfท ๘๕๔	สมมาตรเกจในความโน้มถ่วง	
NWTP 855	Physics of Black Holes	3 (3-0-6)
นwfท ๘๕๕	ฟิสิกส์ของหลุมดำ	
NWTP 856	Theoretical Foundations of Cosmology	3 (3-0-6)
นwfท ๘๕๖	รากฐานเชิงทฤษฎีของจักรวาลวิทยา	
NWTP 861	Cosmic Microwave Background Radiation	3 (3-0-6)
นwfท ๘๖๑	รังสีคอสมิกไมโครเวฟพื้นหลัง	
NWTP 862	Quantum Cosmology	3 (3-0-6)
นwfท ๘๖๒	จักรวาลวิทยาควอนตัม	

Courses in collective systems and complexity

Credits (lecture – laboratory – self-study)

NWTP 721	Non-equilibrium Thermodynamics	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๒๑	อุณหพลศาสตร์ไม่สมดุล	
NWTP 722	Advanced Statistical Mechanics	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๒๒	กลศาสตร์เชิงสถิติขั้นสูง	
NWTP 723	Non-Equilibrium Statistical Mechanics	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๒๓	กลศาสตร์เชิงสถิติไม่สมดุล	
NWTP 731	Turbulence	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๓๑	สภาพปั่นป่วน	
NWTP 732	Fluctuations in Physical Systems	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๓๒	การกระเพื่อมในระบบกายภาพ	
NWTP 733	Synchronization	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๓๓	การซิงโครไนซ์	
NWTP 734	Condensed Matter Physics	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๓๔	ฟิสิกส์สารควบแน่น	
NWTP 735	Granular Physics	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๓๕	ฟิสิกส์ของสารเม็ดละเอียด	
NWTP 742	Complex Network	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๔๒	โครงข่ายซับซ้อน	
NWTP 743	Scaling	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๔๓	การปรับมาตร	
NWTP 744	Self-Organization and Pattern Formation	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๔๔	การจัดเรียงตัวเองและการเกิดแบบลาย	
NWTP 771	Physics of Economy and Financial System	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๗๑	ฟิสิกส์ของระบบเศรษฐกิจและการเงิน	
NWTP 772	Physics of Social System	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๗๒	ฟิสิกส์ของระบบสังคม	
NWTP 773	Physics of Ecological System	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๗๓	ฟิสิกส์ของระบบนิเวศน์	
NWTP 774	Physics of Traffics	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๗๔	ฟิสิกส์ของการจราจร	
NWTP 781	Probability, Entropy, Information and Communication	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๘๑	ความน่าจะเป็น เอนโทรปี ข่าวสาร และการสื่อสาร	
NWTP 782	Bayesian Data Analysis	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๘๒	การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเบย์	
NWTP 783	Time Series Analysis	3 (3-0-6)

นวฟท ๗๘๓	การวิเคราะห์อนุกรมเวลา	
NWTP 784	Random Matrix Theory	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๘๔	ทฤษฎีเมตริกซ์สุ่ม	
NWTP 785	Stochastic Calculus for Physics	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๘๕	แคลคูลัสสโตแคสติกสำหรับฟิสิกส์	
NWTP 786	Applied Game Theory and Evolutionary Dynamics	3 (3-0-6)
นวฟท ๗๘๖	ทฤษฎีเกมประยุกต์และพลวัตเชิงวิวัฒนาการ	
NWTP 821	Theory of Critical Phenomena	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๒๑	ทฤษฎีปรากฏการณ์วิกฤติ	
NWTP 822	Phase Transitions in Classical Field Theory	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๒๒	การเปลี่ยนวิถุภาคในทฤษฎีสนามคลาสสิก	
NWTP 841	Synergetics I	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๔๑	ซินเนอร์จิสติกส์ 1	
NWTP 842	Synergetics II	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๔๒	ซินเนอร์จิสติกส์ 2	
NWTP 843	Catastrophe Theory	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๔๓	ทฤษฎีหายนะพิบัติ	
NWTP 844	Random Walk and Renormalizations	3 (3-0-6)
นวฟท ๘๔๔	การเดินแบบสุ่มและการรีนอร์มัลไลเซชัน	

In addition to elective courses mentioned above, a student may register other courses in international program offered by other faculties equivalent to graduate studies, Mahidol University or the ones offered by other universities according to the student's interest with the approval of the program committee or the advisor.

3) Dissertation

		Credits (lecture – laboratory – self-study)
NWTP 699	Dissertation	36 (0-108-0)
นวฟท ๗๙๘	วิทยานิพนธ์	
NWTP 799	Dissertation	48 (0-144-0)
นวฟท ๗๙๙	วิทยานิพนธ์	

3.1.4 Research Project of the Program

Guidelines for conducting a research project are as follows:

- (1) Cosmology and Gravity

Propose new models and model examinations of gravity and dark energy for the early universe and its current state both theoretically and with phenomenal calculation.

(2) Theoretical High Energy Physics

Examine and propose topics in integrable system of equation of motions from high energy physics system and analysis of non-Hermitian systems in field theory.

(3) Complexity and Natural Philosophy

Examine of nature of theories from various discipline. Extend notions and paradigm of thermal system and entropy of thermodynamic equilibrium to economic and financial systems. Apply network theory and random matrix to the field of molecular biology, Thai irrigation system, international trade, and pricing in stock market.

3.1.5 Definition of Course Codes

Four main alphabets are defined as follows:

The first two alphabets are abbreviation of the faculty offering the course.

NW is an abbreviation of Nakhon Sawan Campus

The latter two alphabets are abbreviation of the department or the major offering the course.

TP means an abbreviation of Centre of Theoretical Physics and Natural Philosophy

The first digit of numbers is indicated level of the courses which have 4 level denoted by number 5, 6, 7 and 8.

The second digit of numbers is indicated sub field of the courses with the following:

0 associates with philosophy of theory describe nature, philosophy of experiment, theoretical methods, and mathematical physics.

1 associates with fundamental physics with concept of equation of motions including classical mechanics, quantum mechanics, electromagnetic field theory, high energy physics, nuclear physics, and particle physics.

2 associates with fundamental physics of collective system with concept of equation of states including thermodynamics and phase transition statistical mechanic.

3 associates with fundamental physics related to energy and mass transfer including waves, vibration, fluid dynamics, nature of matters, state of matters.

4 associates with non-linear dynamics, complex systems, and methods for complex systems.

5 associates with relativity theories, classical gravitational theories, dark energies

6 associates with cosmology, astrophysics, subject related to phenomenal cosmology

7 associates with applied physics paradigm to other systems such as economic system, engineering, ecosystems, biology and social system.

8 associates with statistical methods, probability, sampling method, time series, empirical data analysis, game theories, computation and computer.

9 associates with seminars, special topics, and dissertation

The last digit of numbers is indicated numeric order of the course.

3.1.6 Study Plan

(1) Plan 2.1 For students with Master's Degree

Year	Semester 1	Semester 2
1	NWTP 641 Complex and Adaptive Systems 2 (2-0-4) NWTP 702 Symmetries and Lie Algebra in Physics 2 (2-0-4) NWTP 741 Non-linear Dynamics 2 (2-0-4) NWTP 691 Theoretical Physics and Natural Philosophy Seminar 1 (1-0-2) Total 7 credits	NWTP 701 Philosophy of Natural Systems 1 (1-0-2) NWTP 801 Geometry and Topology in Physics 3 (3-0-6) Elective not less than 2 credits Qualifying Examination (after the 2nd semester) Total 6 credits
2	NWTP 699 Dissertation 6 (0-12-0) Total 6 credits	NWTP 699 Dissertation 6 (0-12-0) Total 6 credits
3	NWTP 699 Dissertation 12 (0-24-0) Total 12 credits	NWTP 699 Dissertation 12 (0-24-0) Total 12 credits

(2) Plan 2.2 For students with Bachelor's Degree

Year	Semester 1	Semester 2
1	NWTP 511 Classical Dynamics 2 (2-0-4) NWTP 521 Equilibrium Thermodynamics and Phase Transitions 2 (2-0-4) NWTP 531 Fluid Dynamics 2 (2-0-4) Total 6 credits	NWTP 512 Quantum Mechanics 2 (2-0-4) NWTP 611 Classical Field Theory 2 (2-0-4) NWTP 601 Integrable System 2 (2-0-4) Total 6 credits
2	NWTP 641 Complex and Adaptive Systems 2 (2-0-4) NWTP 702 Symmetries and Lie Algebra in Physics 2 (2-0-4) NWTP 741 Non-linear Dynamics 2 (2-0-4) NWTP 691 Theoretical Physics and Natural Philosophy Seminar 1 (1-0-2) Total 7 credits	NWTP 701 Philosophy of Natural Systems 1 (1-0-2) NWTP 801 Geometry and Topology in Physics 3 (3-0-6) Elective not less than 2 credits Qualifying Examination (after the 2nd semester) Total 6 credits
3	NWTP 799 Dissertation 8 (0-16-0) Total 8 credits	NWTP 799 Dissertation 8 (0-16-0) Total 8 credits
4	NWTP 799 Dissertation 8 (0-16-0) Total 8 credits	NWTP 799 Dissertation 8 (0-16-0) Total 8 credits
5	NWTP 799 Dissertation 8 (0-16-0) Total 8 credits	NWTP 799 Dissertation 8 (0-16-0) Total 8 credits

3.1.7 Course Description

Please see Appendix A.

3.2 Name, I.D. Number, Title and Degree of Instructors

3.2.1 Full time instructors of the curriculum (Please see Appendix B)

No.	Identification Card Number Academic position - Name – Surname	Degree (Field of Study) University: Year of graduate	Department
1	x-xxxx-xxxxx-xx-x Professor Dr. Burin Gumjudpai	Ph.D. (Cosmology) University of Portsmouth, U. K. : 2003 M.Econ. (Financial Economics) National Institute of Development Administration, Thailand: 2020 M.Sc. (Physics) University of Sussex, U.K.: 1999 B.S. (Physics) Chiang Mai University, Thailand: 1996	Nakhon Sawan Campus/Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy
2	x-xxxx-xxxxx-xx-x Lecturer Dr. Nandan Roy	Ph.D. (Physics) Indian Institute of Science Education and Research Kolkata, India: 2015 M.Sc. First Class (Physics) Vidyasagar University, India: 2008 B.Sc. First Class Hons. (Physics) Vidyasagar University, India: 2006	Nakhon Sawan Campus/Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy
3	x-xxxx-xxxxx-xx-x Lecturer Dr. Pradeep Bhadola	Ph.D. (Physics) University of Delhi, India: 2016 M.Sc. First Class (Physics) University of Delhi, India: 2008 B.Sc. First Class Hons (Physics) University of Delhi, India: 2006	Nakhon Sawan Campus/Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy

3.2.2 Full time instructors (Identical to the list above)

No.	Identification Card Number Academic position - Name – Surname	Degree (Field of Study) University: Year of graduate	Department
1	x-xxxx-xxxxx-xx-x Lecturer Dr. Kumar Abhinav	Ph.D. (Physics) Indian Institute of Science Education and Research Kolkata, India:2015 M.Sc. First Class (Physics) Dibrugarh University, India: 2005 B.Sc. First Class Hons. (Physics) Dibrugarh University, India: 2003	Nakhon Sawan Campus/Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy

3.2.3 Part time instructors

None

4. Details of Practicum (if any)

None

5. Dissertation requirement

5.1 Short Description

Considering dissertation, it must be relevant to knowledge of theoretical physics or development or applied theoretical physics paradigm to describe philosophical concept of other systems stated in requiring the correct pattern and specific date of submission. The content in dissertation must include clearly novel synthesis of knowledge or viewpoints.

5.2 Standard Learning Outcomes

- 5.2.1 Students are able to set good example in academic domain and are able to solve problems with ethical consideration.
- 5.2.2 Students are able to self-study and are intellectual in the sense that knowledge have intrinsic value.
- 5.2.3 Students have fundamental knowledge in theoretical physics and are critical minded about nature of theory such that researching, monitoring, synthesizing and critic of new finding is allowed.
- 5.2.4 Students are able to utilize skill related to information technology in searching, communication, and transferring knowledge to experts and general public.

5.3 Time Frame

- (1) Plan 2.1 For students with Master's Degree
From the first semester of the second academic year onwards or subject to the discretion of the program committee
- (2) Plan 2.2 For students with Bachelor's Degree
From the first semester of the third academic year onwards or subject to the discretion of the program committee

5.4 Number of credits

- (1) Plan 2.1 For students with Master's Degree : 36 credits
- (2) Plan 2.2 For students with Bachelor's Degree : 48 credits

5.5 Preparation

- 5.5.1 Students are able to acquire possible research directions on the topic of interest since the state of admission interview.
- 5.5.2 Student are oriented in research group selection and topics
- 5.5.3 The dissertation committee is appointed which include advisor as head of the committee and 2-3 co-advisors
- 5.5.4 The dissertation progress monitoring includes 1 progress report per semester started from the semester in which NWTP 699/799 Dissertation is registered with attendance of academic deputy director or chairman of the program committee.

5.6 Evaluation Process

- 5.6.1 The dissertation will be evaluated on the suitability of the topic and research direction by the dissertation proposal committee.
- 5.6.2 The final oral examination is systematically evaluated by the graduate committee following the standards of the Faculty of Graduate Studies, Mahidol University.

Section 4 Learning Outcome, Teaching Strategies and Evaluation

1. Development of Students' Specific Qualifications

Special Characteristics	Teaching Strategies or Student Activities
<p>1. Possess Mahidol university core values which includes</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. M – Mastery 2. A – Altruism 3. H – Harmony 4. I – Integrity 5. D – Determination 6. O – Originality 7. L – Leadership 	<p>The Centre arranges and encourages doctoral students to participate in activities to Mahidol University core values. The activities can be organized by the Centre or by other organizations. Examples are the Khaothong Seminar Series, NAS Mana Physics Camp, and Newton Society in Khaothong Pittayakhom sub-district high school. Khaothong Seminar Series is a Centre's weekly traditional seminars run the whole year in semester time. NAS Mana Physics Camp is a 2-3 days physics volunteering teaching camp at high school in rural areas. Newton Society in Khaothong Pittayakhom is a society to promote and strengthen learning of physics and mathematics in Khaothong Pittayakhom school which is in rural area and is in needs of academic supports. Special characters of this teaching style include integration of ethics teaching and ethical practice to students and to the staff themselves. This surely encompasses the Mahidol University core values where mindfulness, self-control, self-determination, listening to others, and integrity in the presenting, questing, and answering questions so to construct a good example of an intellectual person. Each year students are requested to join volunteering teams in NAS Mana Physics Camp such that each doctoral student teach 1-2 hours in the camp and help organizing camp's apparatus and other equipment in setting up the activities. Doctoral students are encouraged to join the Centre's volunteering team in teaching mathematics and physics to the Newton Society's school students for an hour a month. Doctoral students are also required to give one seminar per year in the Khaothong Seminar Series. The presentation of the seminar is under guidance and</p>

	foreseeing of advisor who shall inspire honest practice in preparing research literature survey and research result reporting.
2. Possess academic abilities in theoretical physics at international level.	The Centre teaching team is ensured to be well-qualified faculty members with capacity in publishing research article at international level. There are weekly Khaothong Seminar Series, weekly cosmology journal club, and an annual summer advanced school on theoretical physics subjects such as cosmology, gravitation, high energy physics and complexities organized at the Centre. Each month, doctoral students regularly participate 5-8 seminar events and and they have to participate in at least one advanced training school a year.

2. Development of Learning Outcome in Each Objective

Expected Outcome	Teaching Strategies	Evaluation Strategies
1. Morality and Ethics 1.1 Possessing consciousness and awareness in order to act according to complicated ethics in academics and generosity	1.1 Faculty members create and maintain good institutional culture wherein duties, rights, using shared resources and generosity are of concerned. 1.2 Faculty members are role model in academic integrity and is mentioned in the courses where suitable.	1.1 Punctual and rule respect behaviors are observed. 1.2 No plagiarism, and work of others are fully respected by include a proper accurate reference when needed. 1.3 Role and generosity in activities are observed.
2. Knowledge 2.1 Possessing profound knowledge and understanding in the principle and theories of (1) philosophy of natural systems (2) physics with equation of motion (3)	2.1 Encouraging questions in class so that the knowledge and theories are investigated rigorously for validity and soundness 2.2 Assigning work in from of research, report and	2.1 Qualifying examination, midterm examination, and final examination 2.2 Assigned works 2.3 In class presentations 2.4 Behaviour in developing the dissertation, proposal

Expected Outcome	Teaching Strategies	Evaluation Strategies
<p>physics with equation of state</p> <p>2.2 Possessing deep knowledge in a sub-discipline of theoretical physic such that the student is able to self-motivated track the subject progress in order to synthesize one themselves</p> <p>2.3 Possessing sufficient knowledge in nature of theory to analyses and critique theories about nature</p>	<p>presentation are given with well-informed feedback from faculty members.</p> <p>2.3 Routinely arranging academic seminar so to turn it to culture</p> <p>2.4 Supporting participation in learning activities such as presenting research works in academic conference</p>	<p>examination, and dissertation examination are observed</p>
<p>3. Intellectual Development</p> <p>3.1 Be able to analyze theories in physics and applied such principle to the real world</p> <p>3.2 Solving theoretical physical problems with appropriate principles</p> <p>3.3 Being critical to the connection between physics and theories of other disciplines</p>	<p>3.1 Training in critical thinking and dialoguing with instructor where appropriate in courses</p> <p>3.2 Teaching based on analysis of case study and hypothetical situation</p> <p>3.3 Assigned work to study, analyze, synthesize, predict and critique in form of reports or presentations</p>	<p>3.1 Evaluating form works and behaviour such as questions asked to the case study and hypothetical situation</p> <p>3.2 Critical-thinking-based examination or oral examination</p> <p>3.3 Answer given to the question in proposal examinations and dissertation examinations</p>
<p>4. Interpersonal Relationship and Responsibility</p> <p>4.1 Having Responsibilities and collaborating with others with cautiousness and</p>	<p>4.1 Organizing class with group works and assignments that require collaboration</p>	<p>4.1 Participations and role in the group activities are observed.</p>

Expected Outcome	Teaching Strategies	Evaluation Strategies
good interpersonal skills both as a leader and as a member of the team	4.2 Organizing activities with various duties and motivate self-development	4.2 Working behaviors both in individual works and group works are observed. 4.3 Participations in discussion and dialogue are observed.
<p>5. Mathematical Analytical Thinking, Communication Skills, and Information Technology Skills</p> <p>5.1 Able to study and interpret presentation in formats of table and diagrams also able to select an appropriate statistic or advance mathematics in research and suggesting problem solving directions.</p> <p>5.2 Able to utilize information technology to search, compile, interpret and present appropriately.</p>	<p>5.1 Analyzing hypothetical situation related to numerical analysis.</p> <p>5.2 Setting up learning experience to promote student skills in selection and usage of information technologies.</p> <p>5.3 Stimulating student to communicate in various forms and methods.</p>	<p>5.1 Evaluating form presentation techniques that use information technologies, mathematic or statistics.</p> <p>5.2 Evaluating skills of delivering an explanation and discussion in class.</p> <p>5.3 Evaluating from critical thinking skills reflect in assignments and the dissertation.</p>

3. Curriculum Mapping

Please see Appendix C.

Section 5 Criteria for Student Evaluation

1. Grading System

Grading system and graduation shall be complied with the criteria stated in Regulations of Mahidol University on Graduate studies (cf. www.grad.mahidol.ac.th).

2. Evaluation Process for the Learning Outcome of Students

The program provides an evaluating process from students, lecturers, and the board of the program committee in every course based on learning at the end of each semester and academic year. Furthermore, the program provides an evaluating process from students' theses and duration to complete the theses.

3. Graduation Requirement

3.1 Students must graduate according to the study plan.

3.2 Students must complete courses to meet the following requirement.

3.2.1 Students with Master's Degree must complete courses as stated in the curriculum at least 13 credits, Dissertation 36 credits, and the total not less than 49 credits.

3.2.2 Student with Bachelor's Degree must complete courses as stated in the curriculum at least 25 credits, Dissertation 48 credits, and the total not less than 73 credits.

3.3 Student must have a minimum CUM-GPA of 3.00.

3.4 Students must meet the English Competence Standard of Graduate Students, Mahidol University set by the Faculty of Graduate Studies, Mahidol University

3.5 Students must pass the qualifying examination.

3.6 Students must participate in and pass skill development activities of the Faculty of Graduate Studies, Mahidol University

3.7 Students must submit dissertation and pass the dissertation defence examination by following Regulations of Mahidol University on Graduate Studies. The dissertation examination must be public and open to a general audience.

3.8 A Dissertation or a part of the Dissertation must be published or accepted for publication in an international peer-reviewed academic journal at least 1 article in compliance with the regulations of the Higher Education Commission on the subject of Criteria and Regulation of Publishing.

Section 6 Faculty Development

1. The Orientation for New Faculty Members

1.1 New faculty members are introduced to know other faculties of the Centre and the Campus

1.2 The Centre explain concerned disciplines, curriculum, process of teaching, and assignments to the new faculty members.

1.3 New faculty members have to attend an orientation that aims to provide knowledge and understanding about the policies of Mahidol University under Mahidol University Academic Development Program.

2. Skill and Knowledge Development for New Faculty Members

2.1 Skills Development in Teaching and Evaluation

2.1.1 According to Mahidol university academic development program the new faculty members are provided with training in teaching methods, teaching preparations, appropriate measurements and evaluations.

2.1.2 Provide training to develop effective teaching such as developing lesson plan, developing curriculum and courses, technique in teaching and evaluation and using information technology in teaching and seminar.

2.2 Other Academic and Professional Skill Development

2.2.1 Support instructors to do research, produce, and present academic and research work, and in some case encourage instructors to pursue higher degrees or conduct research training in the country or abroad.

2.2.2 Support instructors to submit a research grant in their sub-fields.

2.2.3 Support instructors to attend national and international conferences and publish proceedings.

2.2.4 Support instructors to attend meetings, training sessions, and seminars at Mahidol University or other institutes and organizations.

2.2.5 Encourage instructors to participate in academic service work such as being invited to an academic conference and being a reviewer for journals, research grants, and academic promotion.

Section 7 Quality Assurance

1. Regulatory Standard

1.1 Mechanism in Faculty/ Campus level is responsible for management and control systematically the educational activities to adhere to the standard of curriculum by developing execution plan and allocate sufficient support budget those allow efficiency and effectiveness.

1.2 Implementing the Quality Assurance to ensure that quality is in compliance with Mahidol university policy by evaluation criteria setting both on study grades of students and teaching results of faculty members.

1.3 Implementing of the Quality Assurance follow KPIs given by Office of national education standards and quality assessment (Public Organization)

1.4 Executing the program evaluation every 5 years for up to date curriculum both in term of technological progression and social/user demand of graduates.

2. Graduate Students

2.1 The success of the program management will be evaluated based on graduates' characters according to the program objectives and the demand for graduates after their graduation

2.2 Stakeholder satisfaction surveys of both graduates and their employers will be conducted and updated regularly.

3. Students

3.1 Academic advising and counseling

3.1.1 All incoming students will have to go through the orientation at the beginning of the program, where course objectives, study plan, class schedule, and academic counseling by faculty members will be explained and provided.

3.1.2 An academic advisor is assigned to advise and assist students on all aspects including academic and personal problems.

3.1.3 Students are encouraged to participate in field trips, short-term research abroad, and national/international conferences to advance their academic and research skills.

3.2 student appeal

Student appeals can be made to the dean of the Faculty of Graduate Studies via chairman of curriculum both verbally or through filing a document. The dean will consider the appeals and take necessary action to deal with the concerned issues.

4. Instructors

4.1 New Faculty Members

Searching for and appointing a new faculty member are handled by Faculty of Science and the department in compliance with the university regulations, which state that the

appointment of a new faculty member must be based on [1] educational qualifications, [2] working experience, and [3] interview in order to evaluate the applicants' competence, attitude, interest, interpersonal relation, and other personality traces.

4.2 Human resource development

The Centre of Theoretical Physics and Natural Philosophy, Mahidol university, Nakhon Sawan Campus has a policy to encourage faculty members to grow and develop knowledge, abilities, and skills according to their academic and research interests for the betterment of teaching, learning, and conducting research of students in the program (more details in section 6).

5. Program, Study and Student Assessment

5.1 Participation of faculty members in planning and reviewing the curriculum

Curriculum meeting is arranged every semester to plan, consult, and exchange opinion on learning and teaching of each course in order to review the curriculum and to evaluate the progress of students. Suggestions from course assessment are evaluated and used as an input for revising the curriculum.

5.2 Appointment of special instructors

A course coordinator can select a special instructor, who is not a regular faculty member, based on qualification and experience consistent with course content in order to provide students with specific theoretical and practical knowledge. The selected instructor must be approved by the program director.

5.3 Student Evaluation

Student evaluation of each course includes not only midterm and final examinations but also other components such as quizzes, homework, class participation, class report, and presentation. The percentage of each component towards the total grade will be included in the course description or TQF.3, which an instructor will inform students on the first day of class. This course evaluation is in compliance with the Regulations of the Graduate Studies of 2013 issued by Mahidol University.

6. Learning Support

6.1 Budget management

The Graduate School and Office of the President, Mahidol university allocate an annual budget to acquire textbooks, teaching facilities, computers, IT infrastructure, and other materials to support and create suitable environment for teaching and learning of student both in and out of a classroom. The budget is also used for supporting lecturers and administrative staffs to assist them to excel in their work.

6.2 Existing learning/teaching resources

6.2.1 High quality modern research facilities where by the Centre is waiting for facilities improvement budget approval in fiscal year 2022

6.2.2 Stang Mongkolsuk Library of the Faculty of science has large and diverse collections of books, e- books, and resources to support students in searching and accessing academic publications in both domestic and international databases.

6.2.3 Project' s room for student with working desk for self- study, lesson preparation, and other require activities.

6.2.4 Lecture rooms, media, learning equipment and audio-visual equipment adequate for enhanced learning in the curriculum.

6.2.5 The environment and atmosphere to support effective learning and studying

6.3 Evaluation of sufficiency of learning and teaching resources and additional sourcing

Curriculum is planned to accommodate students and faculty members needs by responding to result in satisfactory surveys of students and faculty members on resource issues.

7. Key Performance Indicators

The doctoral program, Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy divides key performance based on the curriculum that meets the standards of Thai Qualifications Framework following conditions: (1) the compulsory performance indicators (numbers 1-5) must pass beyond expectations and (2) the total number of performance indicators must reach their goal by no less than 80 percent each year. The Key Performance Indicators are as follows:

Key Performance Indicators	Academic Year				
	2023	2024	2025	2026	2027
1. At least 80% of all full-time instructors in each program have to participate in meetings that set up plans to evaluate and revise the curriculum.	√	√	√	√	√
2. The program must have the details of the curriculum according to TQF2 which is associated with the Thai Qualifications Framework or the standards of the program (if any)	√	√	√	√	√
3. The program must have course specifications and field experience specifications (if any) according to TQF3 and TQF4 before the beginning of each trimester	√	√	√	√	√
4. Instructors must produce course reports and file experience reports (if any) according to TQF5 and TQF6 within 30 days after the end of the trimester.	√	√	√	√	√
5. Instructors must produce program reports according to TQF7 within 60 days after the end of the academic year	√	√	√	√	√

Key Performance Indicators	Academic Year				
	2023	2024	2025	2026	2027
6. Instructors must revise the grading of students according to learning standards indicated in TQF3 and TQF4 (if any) for at least 25 percent of courses that are offered each academic year.	√	√	√	√	√
7. Instructors must assess the development and/ or improvement of teaching methods, teaching techniques or the grading system from the evaluation results in TQF 7 of the previous year.		√	√	√	√
8. Every new instructor (if any) has to participate in the orientation and receive adequate information on the college's teaching requirements.	√	√	√	√	√
9. Full- time instructors must demonstrate academic and/or profession improvement at least once a year.	√	√	√	√	√
10. The number of supporting staff (if any) who demonstrate academic and/ or professional improvement by at least 50 percent each year.	√	√	√	√	√
11. The level of satisfaction from the previous year's students and new graduates toward curriculum quality, with an average score of at least 3.5 out of 5			√	√	√
12. The level of satisfaction from employers of new graduates with an average score of at least 3.5 out of 5				√	√
13. Instructors have been evaluated by students after teaching at 100 percent.	√	√	√	√	√
14. The number of accepted students in accordance with the program's plan.	√	√	√	√	√
15. Graduates who get a job with a starting rate salary not lower than the rate stated by the Office of the Civil Service Commission (OCSC).				√	√
Total key performance indicators (items) for each year	11	12	13	15	15
Required performance indicators (items)	5	5	5	5	5
Performance indicators that need to pass expectations	9	10	11	12	12

Section 8 Evaluation and Improvement of the Curriculum Implementation

1. Evaluation on the Teaching Efficiency

1.1 Evaluation of Teaching Strategies

1.1.1 Evaluation of student's behaviours in class in questioning and joining the discussion.

1.1.2 Evaluation of students' learning performance from midterm examinations and final examinations.

1.1.3 Assessing from students' evaluation towards courses and instructors.

1.2 Evaluation of Instructors' Skills in Using Teaching Strategies

Instructor evaluation will be conducted using all aspects such as teaching techniques, punctuality, ability to cover all goals and objective of a course, using efficient methods to evaluate students, and the use of appropriate teaching materials. The evaluation will be performed using information from

1.2.1 Student survey about courses and instructors.

1.2.2 Students' performance in class and grades.

1.2.3 Evaluation by in class observations or inquiries from instructors themselves, colleagues, or a committee.

2. Overall Evaluation of the Curriculum

The overall evaluation of the curriculum is processed by gathering information using satisfaction survey from stakeholders (students, instructors, experts, graduate users and other stakeholders) to analyze for possible improvement directions and development of curriculum together with improving in teaching methods both on overall picture and individual courses.

3. Evaluation of Curriculum Implementation in Accordance with the Curriculum

Evaluation is made annually by the chairman and instructors according to the key performance indicators of section 7, item 7. The committee must comprise 3 persons: One of them must be a specialist of the field or an instructor of the program. The criteria of curriculum revision are

“Fair” means the program does not cover the first 10 Key Performance Indicators,

“Good” means the program shows all first 10 Key Performance Indicators,

“Excellent” means the program has all Key Performance Indicators

4. Review of the Evaluation and Plans for Improvement

The program committee gathering information from:

- 4.1 Evaluating results of individual course teaching by students.
- 4.2 Curriculum satisfaction evaluation results by graduates.
- 4.3 Graduate satisfaction evaluation results by graduate users.
- 4.4 Curriculum evaluation reports by quality assurance committee (experts/externals).

For the curriculum annual performance reports submit to the department meeting for collecting idea and planning the curriculum improvement to stay up to date and relevant to stakeholders and to be in compliance with Announcement of Ministry of Education on the subject of Criteria and Standards of Graduate Studies B.E. 2558 in which every curriculum is subject to evaluation and report annually for improvements of curriculum by the curriculum interval or every 5 years.

Appendix A

Course Description

Required Courses

NWTP 511 Classical Dynamics **2(2-0-4)**

นwfท ๕๑๑ พลศาสตร์คลาสสิก

Principles of Newtonian mechanics; Lagrange equations of motion; variational principles; Kepler motion; kinematics of rigid body; eigenvalue equation for oscillations; Hamilton equations of motion; canonical transformations; conservation theorems; generating functions; Hamilton-Jacobi theory

หลักของกลศาสตร์แบบนิวตัน สมการการเคลื่อนที่ของลากราง หลักของการแปรผัน การเคลื่อนที่เคปเลอร์ จลนศาสตร์ของวัตถุแข็งเกร็ง สมการค่าลักษณะเฉพาะของการแกว่ง สมการการเคลื่อนที่ของแฮมิลตัน การแปลงแบบบัญญัติ ทฤษฎีบทของการอนุรักษ์ ฟังก์ชันก่อกำเนิด ทฤษฎีแฮมิลตัน-จาโคบี

NWTP 512 Quantum Mechanics **2(2-0-4)**

นwfท ๕๑๒ กลศาสตร์ควอนตัม

Selective measurements; inner-product spaces; Hermitian operators; eigenvalue problem; Hilbert space; Wigner's theorem; symmetries and transformations; uncertainties' principle; localization; stability and decay of quantum systems; spectra of Hamiltonians; angular momentum; spin; harmonic oscillators; Hydrogen atom; Green functions; path integrals; the quantum dynamical principle; quantum scattering

การเลือกสำหรับการวัด ปริภูมิอินเนอร์โปรดักต์ ตัวดำเนินการเฮอร์มิเทียน ปัญหาค่าไอเกน ปริภูมิฮิลเบิร์ต ทฤษฎีของวิกเนอร์ การแปลงและความสมมาตร หลักความไม่แน่นอน การระบุตำแหน่ง เสถียรภาพ และการสลายตัวของระบบควอนตัม สเปกตรัมของแฮมิลโทเนียน โมเมนตัมเชิงมุม สปิน ตัวสั้นเชิงฮาร์โมนิกสโอะตอม ไฮโดรเจน ฟังก์ชันกรีน การปริพันธ์ตามวิถี หลักพลศาสตร์ควอนตัม การกระเจิงเชิงควอนตัม

NWTP 521 Equilibrium Thermodynamics and Phase Transitions **2(2-0-4)**

นwfท ๕๒๑ อุณหพลศาสตร์สมดุลและการเปลี่ยนวัฏภาค

Temperature and the zeroth law of thermodynamics; state and process; equation of state; ideal gas and real gas; paramagnetic substance; energy transfer; internal energy and the first law of thermodynamics; Carnot cycle; entropy and the second law of thermodynamics; thermodynamics potentials; structure of thermodynamics; first and second order phase transitions; the third law of thermodynamics; open system; statistical mechanics and finding equation of state; correlation function; critical exponent; universality; free energy and phase transition; Ising model; mean field theory; Landau theory; Landau-Ginzburg theory

อุณหภูมิและกฎข้อที่ศูนย์ของอุณหพลศาสตร์ ภาวะและกระบวนการ สมการภาวะ แก๊สอุดมคติ และแก๊สจริง สารพาราแมกเนติก การถ่ายโอนพลังงาน พลังงานภายในและกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ วัฏจักรคาร์โนต์ เอนโทรปีและกฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์ ศักย์เชิงอุณหพลศาสตร์ โครงสร้างของอุณหพลศาสตร์ การเปลี่ยนวัฏภาคอันดับหนึ่งและอันดับสอง กฎข้อที่สามของอุณหพลศาสตร์ ระบบเปิด กลศาสตร์เชิงสถิติและ

การหาสมการภาวะ ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ เลขชี้กำลังวิกฤติ สากลภาพ พลังงานเสรีกับการเปลี่ยนวิวัฒนาการ แบบจำลอง ไอซิงทฤษฎีสถานะเฉลี่ย ทฤษฎีแลนเดา ทฤษฎีแลนเดา-กินส์เบิร์ก

NWTP 531 Fluid Dynamics

2(2-0-4)

นwfท ๕๓๑ พลศาสตร์ของไหล

Definition of fluids; lines of flow; Bernoulli's theorem; potential flow; boundary layers; Euler fluid; continuity equation; Euler's equation; transverse gradients in steady flow; compressible flow; potential flow; vortex lines; viscosity; shear stress in Newtonian fluids; bulk viscosity; Navier-Stokes equation; turbulence; instabilities in fluids

นิยามของของไหล เส้นการไหล ทฤษฎีบทของเบอร์นูลลี การไหลแบบศักย์ ขอบชั้น ของไหลแบบ ออยเลอร์ สมการความต่อเนื่อง สมการออยเลอร์ กราเดียนต์แนวขวางในการไหลแบบคงตัว การไหลแบบอัดตัวได้ เส้นวอร์เทกซ์ในการไหลแบบศักย์ ความหนืด ความเครียดเฉือนในของไหลแบบนิวตัน ความหนืดเชิงปริมาตร สมการนาเวียร์-สโตกส์ ความปั่นป่วน อเสถียรภาพในของไหล

NWTP 601 Integrable System

2(2-0-4)

นwfท ๖๐๑ ระบบที่ปริพันธ์ได้

Finite dimensional Hamiltonian systems on \mathbb{R}^N ; Poisson brackets; Poisson manifolds; generalized Darboux theorem; Liouville integrability; symmetries in integrability; moment map; Noether's principle; Hamiltonian systems; loop algebras; infinite dimensional integrable systems; KdV equation; pseudo-differential operators; infinite dimensional Poisson structure

ระบบแฮมิลโทเนียนมิติจำกัดบนปริภูมิของจำนวนจริงอนันต์ วงเล็บปัวซอง มานิโฟลด์ปัวซอง ทฤษฎีบทคาร์บูซ์ สภาพปริพันธ์ได้ลิววิลล์ สมมาตรในสภาพปริพันธ์ได้ การส่งโมเมนต์ หลักการของนีเธอร์ ระบบแฮมิลโทเนียน พีชคณิตของลูป ระบบที่ปริพันธ์ได้ที่มีมิติอนันต์ สมการเคดีวี ตัวดำเนินการเชิงอนุพันธ์เทียม โครงสร้างปัวซองที่มีมิติเป็นอนันต์

NWTP 611 Classical Field Theory

2(2-0-4)

นwfท ๖๑๑ ทฤษฎีสถานะคลาสสิก

Review of classical electrodynamics and classical dynamics; electromagnetic radiation; formulation of scattering problem; scalar field; optical theorem; invariance and special relativity; covariant electrodynamics; Lagrangian field theory; interacting fields and particles; gauge field; gauge symmetries; Noether's theorem; general covariance; Lagrangian for gravitational field

ทบทวนพลศาสตร์ไฟฟ้าคลาสสิกและพลศาสตร์คลาสสิก การแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า รูปแบบปัญหา การกระเจิง สนามสเกลาร์ ทฤษฎีบทอพติคัล อินเวเรียนท์และสัมพัทธภาพพิเศษ รูปแบบโคเวเรียนท์ของ พลศาสตร์ไฟฟ้า ทฤษฎีสถานะแบบลากรางเจียน สนามและอนุภาคที่มีอันตรกิริยากัน สนามเกจ สมมาตรเกจ ทฤษฎีบทของนีเธอร์ หลักการโคเวเรียนท์ทั่วไป ลากรางเจียนสำหรับสนามโน้มถ่วง

NWTP 641 Complex and Adaptive Systems 2(2-0-4)

นwfท ๖๔๑ ระบบซับซ้อนและปรับตัวได้

Graph theory and small-world networks; chaos, bifurcations and diffusion; complexity and information theory; random Boolean networks; cellular automata and self-organized criticality; Darwinian evolution, hypercycles and game theory; synchronization phenomena; element of cognitive system theory; research applications

ทฤษฎีกราฟและเครือข่ายโลกใบเล็ก เคออส ไบเฟอร์เคชันและการฟุ้งกระจาย ความซับซ้อนและทฤษฎีข่าวสาร เครือข่ายบูลีนแบบสุ่ม เซลลูลาร์ออโตมาตาและสภาพวิกฤติในการจัดเรียงตัวเอง วิวัฒนาการแบบดาร์วิน ไฮเปอร์ไซเคิลและทฤษฎีเกม ปรากฏการณ์การซิงโครไนซ์ ทฤษฎีระบบการตระหนักรู้เบื้องต้น การประยุกต์ในงานวิจัย

NWTP 691 Theoretical Physics and Natural Philosophy Seminar 1(1-0-2)

นwfท ๖๙๑ สัมมนาทางฟิสิกส์ทฤษฎีและปรัชญาธรรมชาติ

Training students in oral presentation concerning scientific works; students must perform literature review and give a seminar on their chosen topics related to theoretical physics and natural philosophy; students must also attend the seminar organized by the Centre; their performance will be evaluated by faculty members.

นักศึกษาฝึกทักษะในการฟังและการนำเสนองานทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการทบทวนวรรณกรรมในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ทฤษฎีและปรัชญาธรรมชาติโดยมีคณาจารย์ในศูนย์ฯ เป็นผู้ประเมิน

NWTP 701 Philosophy of Natural Systems 1(1-0-2)

นwfท ๗๐๑ ปรัชญาของระบบธรรมชาติ

Concept, definition, function of laws, rules, hypotheses and theories in physics; qualitative and quantitative data and fact; postulate and axiom; definition of fact, knowledge and paradigm; postulative and empirical laws; induction and deduction, classifying of subjects; system paradigm; source paradigm; duality paradigm; interaction paradigm; structure of mechanics; structure of thermodynamics; research methodology

แนวคิด นิยาม และหน้าที่ ของกฎ ข้อบังคับ สมมติฐานและทฤษฎีทางฟิสิกส์ ข้อมูลและข้อเท็จจริงเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ สัจพจน์ นิยามของข้อเท็จจริง นิยามขององค์ความรู้และนิยามของกระบวนทัศน์ กฎที่ได้จากสัจพจน์และกฎเชิงประจักษ์ การนิรนัยและการอุปนัย การแบ่งจำแนกสาขาวิชา กระบวนทัศน์ระบบ กระบวนทัศน์แหล่ง กระบวนทัศน์ทวิภาวะ กระบวนทัศน์อันตรกิริยา โครงสร้างของกลศาสตร์คลาสสิก โครงสร้างของอุณหพลศาสตร์ และระเบียบวิธีวิจัย

NWTP 702 Symmetries and Lie Algebra in Physics 2(2-0-4)

นwfท ๗๐๒ สมมาตรและพีชคณิตของลีในฟิสิกส์

Groups and representations; definition of a group; permutation group; conjugacy classes; subgroups; homomorphisms; group representations; induced transformation of the quantum mechanical wavefunction; characters; reducibility; unitary representations; irreducible

representations; orthogonality of characters; physical applications; continuous groups $SO(N)$; $SU(N)$ groups and particle physics; Young tableaux; representations of the Poincaré group; gauge groups; gauge transformations

กรุปและตัวแทน นิยามของกรุป กรุปการเรียงสับเปลี่ยน คลาสสังยุค กรุปย่อย สาทิสส์ฐาน ตัวแทนของกรุป การแปลงเหนี่ยวนำของฟังก์ชันคลื่นในกลศาสตร์ควอนตัม ลักษณะเฉพาะ การลดรูปได้ ตัวแทนยูนิแทรีตัวแทนลดรูปไม่ได้ การตั้งฉากของลักษณะเฉพาะ การประยุกต์ทางกายภาพ กรุปต่อเนื่อง เอสโอเอ็น กรุปเอสยูเอ็นและฟิสิกส์อนุภาค ตารางยัง ตัวแทนของกรุปวงกาเร กรุปเกจ การแปลงเกจ

NWTP 741 Non-linear Dynamics

2(2-0-4)

นวพท ๗๔๑ พลวัตไม่เชิงเส้น

Second-order differential equations in the phase plane; plane autonomous systems and linearization, geometrical aspects of plane autonomous systems; periodic solutions; averaging methods; perturbation methods; singular perturbation methods; forced oscillations; harmonic and sub-harmonic response; stability; determination of stability by solution perturbation; Liapunov methods for determining stability of the zero solution; existence of periodic solutions; bifurcations and manifolds; Poincaré sequences; homoclinic bifurcation and chaos

สมการเชิงอนุพันธ์อันดับสองในระนาบเฟส ระบบสมการอิสระเชิงระนาบและการทำให้เป็นเชิงเส้น ลักษณะเชิงเรขาคณิตของระบบสมการอิสระเชิงระนาบ ผลเฉลยที่เป็นคาบ ระเบียบวิธีการเฉลี่ย ระเบียบวิธีการรบกวน ระเบียบวิธีการรบกวนเชิงเอกฐาน การสั้นแกว่งที่ถูกบังคับ การตอบสนองแบบฮาร์มอนิกและแบบฮาร์มอนิกย่อย เสถียรภาพ การระบุเสถียรภาพโดยการรบกวนผลเฉลย วิธีเลียนูปูนอฟสำหรับการระบุเสถียรภาพของผลเฉลยที่ศูนย์การมีอยู่ของผลเฉลยที่เป็นคาบ จุดแยกสองรากไบเฟอร์เคชันและมานิโฟลด์ ลำดับปวงกาเร จุดแยกสองรากไบเฟอร์เคชันแบบโฮโมคลินิกและเคออส

NWTP 801 Geometry and Topology in Physics

3(3-0-6)

นวพท ๘๐๑ เรขาคณิตและทอพอโลยีในฟิสิกส์

Basics of space R^N ; mappings; real analysis; group theory and linear algebra; differentiable manifolds; curves; functions on a manifold; basis vector fields; fiber bundles; integral curves; a differentiation of vector field; one-forms; tensor fields; tensor operations; metric tensor fields; Lie derivatives; submanifolds; Killing vector fields; Lie algebras and Lie groups; differential forms; definition of volume; fields of forms; metric volume element; calculus of forms; exterior derivatives; applications to physics

พื้นฐานของปริภูมิของจำนวนจริงเอ็นมิติ การส่ง การวิเคราะห์จำนวนจริง ทฤษฎีกรุปและพีชคณิตเชิงเส้น มานิโฟลด์ที่อนุพันธ์ได้ เส้นโค้ง ฟังก์ชันบนมานิโฟลด์ สนามเวกเตอร์ฐาน ไฟเบอร์บันเดิล เส้นโค้งปริพันธ์ อนุพันธ์ของสนามเวกเตอร์ วันฟอร์ม สนามเทนเซอร์ การดำเนินการเทนเซอร์ สนามเมตริกเทนเซอร์ อนุพันธ์ลี มานิโฟลด์ย่อย สนามเวกเตอร์คิลลิง พีชคณิตลีและกรุปลี ฟอर्मอนุพันธ์ นิยามของปริมาตร สนามของฟอร์มองค์ประกอบปริมาตรเมตริก แคลคูลัสของฟอร์ม การอนุพันธ์ภายนอก การประยุกต์ในวิชาฟิสิกส์

Elective courses

NWTP 501 Mathematical Methods of Physics **2(2-0-4)**

นวพท ๕๐๑ กระบวนวิธีทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

Fields and vector spaces; inner-product space; Hilbert space; Fourier transform; Dirac's delta function; Heaviside step function; functions of complex variables; contour integrals; Cauchy residue theorem; special functions

สนามและปริภูมิเวกเตอร์ ปริภูมิอินเนอร์โปรดักต์ ปริภูมิฮิลแบร์ท การแปลงฟูรีเยร์ ดิเรกเดลตา ฟังก์ชัน เฮวีไซด์สเตปฟังก์ชัน ฟังก์ชันของจำนวนเชิงซ้อน คอนทัวร์อินทิกรัล ทฤษฎีรีซิดิวของโคชี ฟังก์ชันพิเศษ

NWTP 502 Green's Functions and Propagations **2(2-0-4)**

นวพท ๕๐๒ ฟังก์ชันกรีนและการแผ่กระจาย

Dirac's delta function; Green's function for initial-value problems and for boundary-value problems; partial differential equations; time and space variables; Poisson's equation in physics; Dirichlet problems; Neumann problems; the diffusion equation; simple-harmonic solutions; the propagator and Green's function; the Schrodinger equation; the wave equation; radiation sources; the Lienard-Wiechert potential; Larmor's formula; the Helmholtz equation and diffraction; Fourier transformation of the wave equation; the Huygens-Fresnel model of diffraction

ฟังก์ชันดิเรกเดลตา ฟังก์ชันกรีนสำหรับปัญหาค่าเริ่มต้นและสำหรับปัญหาค่าขอบเขต สมการอนุพันธ์ย่อย ตัวแปรเวลาและอวกาศ สมการปัวซงของในวิชาฟิสิกส์ปัญหาดิเรกเซล ปัญหานิวแมนน์ สมการการแพร่ ผลเฉลยฮาร์โมนิกอย่างง่าย ตัวแผ่กระจายและฟังก์ชันกรีน สมการชโรดิงเงอร์สมการคลื่น แหล่งกำเนิดการแผ่รังสี ศักย์เลียวนาร์ดไวน์เชอร์ตสูตรของลามอร์ สมการเฮล์มโฮลท์และการเลี้ยวเบน การแปลงฟูรีเยร์ของสมการคลื่นแบบจำลองฮอยเกนส์และเฟรสเนลของการเลี้ยวเบน

NWTP 503 Numerical Methods in Physics **2(2-0-4)**

นวพท ๕๐๓ ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในฟิสิกส์

Solution of linear algebraic equations; interpolation; integration of functions; evaluation of functions; root finding and nonlinear sets of equations; Fast Fourier Transform (FFT); Markov chain Monte Carlo simulations with Metropolis-Hastings algorithm

การหาค่าตอบของสมการพีชคณิตเชิงเส้น การประมาณค่าในช่วง การหาปริพันธ์ของฟังก์ชัน การประเมินค่าฟังก์ชันการหารากของสมการไม่เชิงเส้น การแปลงฟูรีเยร์แบบเร็ว การจำลองสายโซ่มาร์คอฟมอนติคาร์โลโดยใช้ขั้นตอนวิธีเมโทรโพลิสเฮสติงส์

NWTP 513 Classical Electrodynamics **2(2-0-4)**

นวพท ๕๑๓ พลศาสตร์ไฟฟ้าคลาสสิก

Advanced treatment of electrostatics; boundary-value problem in electrostatics; Green's theorem; Green's function; multipole expansion; electrostatics in dielectrics; advanced treatment of magnetostatics; boundary-value problem in magnetostatics; Maxwell's equation;

gauge transformation; electromagnetic wave in media and its boundary condition; polarization; wave guides and cavity; electromagnetic radiation; Lienard-Wiechert potential; Cherenkov radiation

ไฟฟ้าสถิตในรูปแบบขั้นสูง ปัญหาค่าขอบเขตในไฟฟ้าสถิต ทฤษฎีบทของกรีน ฟังก์ชันของกรีน การกระจายมัลติโพล ไฟฟ้าสถิตในไดอิเล็กทริก แม่เหล็กสถิตในรูปแบบขั้นสูง ปัญหาค่าขอบเขตในแม่เหล็กสถิต สมการของแมกซ์เวลล์ การแปลงเกจ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวกลางและเงื่อนไขค่าขอบเขต โพลาริเซชัน ท่อนำคลื่นและโพรง การแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่รังสีจากประจุที่เคลื่อนที่; ศักย์ลีนาเรต-วีเชิร์ต รังสีเชเรนคอฟ

NWTP 522 Equilibrium Statistical Mechanics and Kinetic Theory

2(2-0-4)

นวพท ๕๒๒ กลศาสตร์เชิงสถิติสมดุลและทฤษฎีจลน์

Statistical mechanics and classical dynamics; phase space; ensemble and distribution function; isolated system; density of states; microcanonical ensemble; Gibbs paradox; system in thermal contact with reservoir; partition function; canonical ensemble; Boltzmann factor; grand canonical ensemble; Maxwell-Boltzmann statistics; Fermi-Dirac statistics; Bose-Einstein statistics; black-body radiation; phase transition; singularities; symmetry breaking; order parameter; mean-field theory; correlation function; critical exponent; universality and scaling; transport phenomena; diffusion; fluctuations; Brownian motion

ความเชื่อมโยงระหว่างกลศาสตร์เชิงสถิติและพลศาสตร์คลาสสิก ปริภูมิวัฏภาค อองซอมเบิลและฟังก์ชันการแจกแจง ระบบโดดเดี่ยว ความหนาแน่นของภาวะ อองซอมเบิลแบบจุลบัญญัติ ปฏิทรรศน์กิบส์ ระบบที่สัมผัสเชิงความร้อนกับแหล่งกักเก็บความร้อน ฟังก์ชันแบ่งส่วน อองซอมเบิลแบบบัญญัติ ตัวคูณโบลซ์มานน์ อองซอมเบิลแบบบัญญัติใหญ่ สถิติแมกซ์เวลล์-โบลซ์มานน์ สถิติเฟอร์มิ-ดิแรก สถิติโบส-ไอน์สไตน์ การแผ่รังสีของวัตถุดำ การเปลี่ยนวัฏภาค ความเป็นเอกฐาน การเสียสมมาตร พารามิเตอร์อันดับ ทฤษฎีสถานาเฉลี่ย ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ เลขชี้กำลังวิกฤติ สากลภาพ และการปรับมาตรการปรากฏการณ์ขนส่ง การพุ่ง การกระเพื่อม การเคลื่อนที่แบบบราวน์

NWTP 532 Vibrations and Waves

2(2-0-4)

นวพท ๕๓๒ การสั่นสะเทือนและคลื่น

Mechanical vibrations and waves; normal modes; forced vibrations; resonance; coupled oscillations; driven coupled oscillators; vibrations of continuous systems; reflection and refraction; longitudinal and transverse wave motion; electromagnetic waves; boundary effects and standing waves; interference; multidimensional waves; Rayleigh polarization; scattering; Snell's Law; Fresnel equations; thin films; Huygens's principle; Fraunhofer diffraction; grating

การสั่นเชิงกลและคลื่นเชิงกล โหมดปกติ การสั่นภายใต้แรง การสั่นพ้อง การแกว่งกวัดคู่ควบ ตัวแกว่งกวัดคู่ควบขับ การสั่นของระบบต่อเนื่อง การสะท้อนและการหักเห การเคลื่อนที่ของคลื่นตามยาวและตามขวาง ผลกระทบของขอบเขตและคลื่นนิ่ง การแทรกสอด คลื่นหลายมิติ โพรราโรเซชันแบบเรย์ลี การกระเจิง กฎของสเนลล์ สมการเฟรสเนล ฟิล์มบาง หลักการของฮอยเกนส์ การเลี้ยวเบนแบบเฟราน์โฮเฟอร์ เกรตติง

NWTP 551 Special Relativity**2(2-0-4)****นวพท ๕๕๑ สัมพัทธภาพพิเศษ**

Four-vectors; Lorentz transformations; causality; foundation and intricacies of the special theory and the Lorentz group; dynamics in special relativity; covariance of Maxwell's equations; rediscovering the Lorentz force; Green's functions; solutions of electrodynamics and high energy collisions; introduction to general relativity

เวกเตอร์สี่ การแปลงลอเรนทซ์ การเชื่อมโยงเชิงสาเหตุ รากฐานและความสลับซับซ้อนของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษและกรุปลอเรนทซ์ พลศาสตร์ในทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ โคเวเรียนซ์ของสมการแมกซ์เวลล์ คำอธิบายว่าแรงลอเรนทซ์เป็นผลจากสัมพัทธภาพพิเศษได้อย่างไร ฟังก์ชันกรีน ผลเฉลยของพลศาสตร์ไฟฟ้าและการชนที่พลังงานสูง; บทนำสู่สัมพัทธภาพทั่วไป

NWTP 612 Relativistic Quantum Mechanics**2(2-0-4)****นวพท ๖๑๒ กลศาสตร์ควอนตัมเชิงสัมพัทธภาพ**

Review of quantum mechanics; Klein-Gordon equation; interacting states and asymptotic boundary conditions; particle detection; differential cross sections; optical theorem; Coulomb scattering; functional treatment of scattering theory; Dirac equation; Lorentz covariance; Boosts and spatial rotations; spin; helicity and PCT transformations; general solution of the Dirac equation; massless Dirac particles; physical interpretation; localization and particle content

ทบทวนกลศาสตร์ควอนตัม สมการไคลน์-กอร์ดอน สถานะอันตรกิริยาและเงื่อนไขขอบเขตแบบอสมโทติก การตรวจจับอนุภาค ค่าอนุพันธ์ภาคตัดขวาง ทฤษฎีบทออปติคัล การกระเจิงคูลอมบ์ การแก้ปัญหาในทฤษฎีการกระเจิงด้วยวิธีฟังก์ชันนัล สมการดิแรก การแปลงลอเรนทซ์ โคเวเรียนซ์บูสท์และการหมุนในอวกาศ สปิน เฮลิซิตีและการแปลงเพริติประจุและเวลา ผลเฉลยทั่วไปของสมการดิแรก อนุภาคดิแรกไร้มวล การตีความเชิงฟิสิกส์ของอนุภาคดิแรก โลกัลโลเซชันและอนุภาค

NWTP 613 Quantum Mechanics and Path Integrals**2(2-0-4)****นวพท ๖๑๓ กลศาสตร์ควอนตัมและปริพันธ์ตามวิถี**

Classical action; quantum amplitude; sum over paths; Gaussian integrals; Schrodinger equation; measurements; transition element; applications of path integrals

แอ็กชันคลาสสิก แอมพลิจูดควอนตัม ผลรวมทวิวิถี ปริพันธ์เกาส์เซียน สมการชโรดิงเจอร์ การวัดองค์ประกอบการถ่ายโอน การประยุกต์ใช้ปริพันธ์ตามวิถี

NWTP 614 Particles and Fields**2(2-0-4)****นวพท ๖๑๔ อนุภาคและสนาม**

The structure of the standard model; relativistic wave equations; quantum electrodynamics; quark model; quantum chromodynamics; gauge theory; Yang-Mills theory; spontaneous broken symmetry; Higgs mechanism; particle detectors; charged current; weak

interactions; CP violation; electroweak unification; neutrinos and astro-particle physics; beyond the standard model

โครงสร้างของแบบจำลองมาตรฐาน สมการคลื่นสัมพัทธภาพ พลศาสตร์ไฟฟ้าควอนตัม แบบจำลองของควาร์ก รังคพลศาสตร์ควอนตัม ทฤษฎีเกจ ทฤษฎีของแรงแรง-มิลล์ การเสถียรภาพที่เกิดขึ้นเอง กลไกของฮิกส์ เครื่องมือตรวจจับอนุภาค กระแสที่มีประจุ อันตรกิริยาอย่างอ่อน การละเมิดซีพี การรวมแรงอิเล็กโทรวีก อนุภาคนิวตริโนและฟิสิกส์อนุภาคดาราศาสตร์องค์ความรู้ขั้นถัดไปจากแบบจำลองมาตรฐาน

NWTP 631 Signals and Systems

2(2-0-4)

นwfท ๖๓๑ สัญญาณและระบบ

Definition of signals and system; linear-time invariant systems; continuous time systems; frequency domain; Laplace transform; CT system analysis; bode plots; discrete signals and Z-transforms; discrete-time systems; generalized functions; impulse response and convolution; discrete-time convolution; continuous-time convolution; deconvolution; causality and stability; filters; modulation; sampling; Fourier analysis of discrete and continuous time signals; linear feedback systems

นิยามของสัญญาณและระบบ ระบบเชิงเส้นที่ไม่แปรตามเวลา ระบบเวลาต่อเนื่อง โดเมนความถี่ การแปลงลาปลาซ การวิเคราะห์ระบบแบบซีที การพล็อตโบด สัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องและการแปลงซี ระบบสัญญาณเวลาที่ไม่ต่อเนื่อง ฟังก์ชันทั่วไป การตอบสนองอิมพัลส์และคอนโวลูชัน คอนโวลูชันของเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง คอนโวลูชันของเวลาแบบต่อเนื่อง การทำดีคอนโวลูชัน การเชื่อมโยงเชิงสาเหตุและเสถียรภาพ ตัวกรองสัญญาณ มอดูเลชัน การซิกตัวอย่าง การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของสัญญาณต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง;ระบบป้อนกลับเชิงเส้น

NWTP 681 Statistics for Physics

2(2-0-4)

นwfท ๖๘๑ สถิติสำหรับฟิสิกส์

Experiments and data; probability; probability distributions; sampling and estimation; sampling distributions associated with the normal distribution; parameter estimation; maximum likelihood and minimum variance; least-squares and other methods; interval estimation; hypothesis testing with parameters; other methods for hypothesis testing.

การทดลองและข้อมูล ความน่าจะเป็น การแจกแจงความน่าจะเป็น การสุ่มตัวอย่างและการคะเน การแจกแจงการสุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กับการแจกแจงปกติ การคะเนค่าพารามิเตอร์ ความเป็นไปได้สูงสุดและความแปรปรวนต่ำสุด กำลังสองน้อยที่สุดและวิธีการอื่น ๆ การคะเนช่วงเวลา การทดสอบสมมติฐานด้วยพารามิเตอร์ การทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีอื่น ๆ

NWTP 682 Computer Simulation for Physics

2(2-0-4)

นwfท ๖๘๒ การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับฟิสิกส์

Models and simulation; finite-difference methods; simulation with particles; the Monte Carlo method; wave equation simulation; finite-element method; computational fluid dynamics

แบบจำลองและการจำลองเหตุการณ์ วิธีการผลต่างจำกัด การจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาค วิธีการมอนติคาร์โล การจำลองสมการคลื่น วิธีการไฟไนต์อีลิเมนต์ พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

NWTP 711 Relativistic Quantum Fields I 3(3-0-6)

นwfท ๗๑๑ สนามควอนตัมเชิงสัมพัทธภาพ

Lagrangian field theory; Klein-Gordon field; Dirac field; Photons and the electromagnetic field; photon: covariant theory; Feynman diagrams and rules in QED; QED processes in lowest order; radiative correction; regularization

ทฤษฎีสนามลากรางเจียน สนามไคลน์-กอร์ดอน สนามดิแรก โฟตอนและสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทฤษฎีควาเรียนท์สำหรับโฟตอน ไดอะแกรมและกฎของฟายน์แมนในพลศาสตร์ไฟฟ้าควอนตัม กระบวนการพลศาสตร์ไฟฟ้าควอนตัมในลำดับต่ำสุด การแก้ไขค่าการแผ่รังสี การเรกูลาไรซ์

NWTP 712 Relativistic Quantum Fields II 3(3-0-6)

นwfท ๗๑๒ สนามควอนตัมเชิงสัมพัทธภาพ

Gauge theory; field theory methods; path integrals; quantum chromodynamics; asymptotic freedom and renormalization; weak interaction; gauge theory of weak interaction; spontaneous symmetry breaking; the standard electroweak theory

ทฤษฎีเกจ วิธีการทางทฤษฎีสนาม ปริพันธ์ตามวิถี รังคพลศาสตร์ควอนตัม เสรีภาพอิมโททิกและการรีนอร์มัลไลซ์ อันตรกิริยาอย่างอ่อน ทฤษฎีเกจสำหรับอันตรกิริยาอย่างอ่อน การเสียสมมาตรที่เกิดขึ้นเอง ทฤษฎีอิเล็กโทรวีกมาตรฐาน

NWTP 713 Soliton and Instanton 3(3-0-6)

นwfท ๗๑๓ โซลิตอนและอินสแตนตอน

Non-topological soliton; KdV equation; generality of KdV equation; topological soliton; sine-Gordon equation; envelope soliton; non-linear Schrödinger-type equation; linearization around soliton solution; collective coordinates; inverse-scattering transform; solitons in quantum field theory; kink; monopoles; tunneling and instantons; topology of gauge transformation; Yang-Mills instantons and U(1)

โซลิตอนแบบไม่มีนัยทอพอโลยี สมการเคดีวี ความเป็นทั่วไปของสมการเคดีวี โซลิตอนแบบทอพอโลยี สมการกอร์ดอนรูบ์ไซน์ โซลิตอนแบบคงรูป สมการชโรดิงเงอร์แบบไม่เชิงเส้น การทำให้เป็นเชิงเส้นรอบผลเฉลยโซลิตอน พิกัดหมู่ การแปลงการกระเจิงผกผัน โซลิตอนในทฤษฎีสนามควอนตัม ส่วนตกค้างมอดุโลสองแบบคิงค์ แม่เหล็กขั้วเดียว การลอดอุโมงค์และอินสแตนตอน ทอพอโลยีของการแปลงเกจ อินสแตนตอนแองมิลล์ และกรุปยูวัน

NWTP 714 Quantum Fields in Curved Spacetime 3(3-0-6)

นwfท ๗๑๔ สนามควอนตัมบนกาลอวกาศโค้ง

Quantum fields in Minkowski spacetime; basics concepts of quantum fields in curved spacetimes; expectation values quadratic in fields; particle creation by black holes; one-loop effective action; effective action for non-gauge theories; effective action for gauge theories; quantized inflaton perturbations

สนามควอนตัมในอวกาศแบบมินคอฟสกี แนวคิดพื้นฐานของสนามควอนตัมในกาลอวกาศโค้ง ค่าคาดหวังที่เป็นฟังก์ชันกำลังสองของสนาม การสร้างอนุภาคโดยหลุมดำ แอ็กชันยังผลระดับลูปเดียว แอ็กชันยังผลสำหรับทฤษฎีที่ไม่ใช่เกจและแบบเกจต่างๆ การรบกวนอินฟลาตอนที่พิจารณาเป็นควอนตัม

NWTP 715 Finite Temperature Field Theory

3(3-0-6)

นwfท ๗๑๕ ทฤษฎีสถานที่อุณหภูมิจำกัด

Imaginary time formalism; real time formalism; thermofield dynamics; gauge theories; cutting rules at non-zero temperature; symmetry breaking; Nielsen identities; subtleties at non-zero temperature; supersymmetry at non-zero temperature; derivative expansion; non-equilibrium phenomena

รูปแบบสำหรับเวลาจินตภาพ รูปแบบเวลาจริง พลวัตสนามอุณหภูมิ ทฤษฎีเกจแบบต่างๆ ข้อบังคับในการตัดออกที่อุณหภูมิไม่เป็นศูนย์ การทำลายสมมาตร เอกลักษณะนีสเช่น ความบอบบางที่อุณหภูมิไม่เป็นศูนย์ สมมาตรยวดยิ่งที่อุณหภูมิไม่เป็นศูนย์ การกระจายเชิงอนุพันธ์ ปฏิกิริยาการผันแปรไม่สมดุล

NWTP 721 Non-equilibrium Thermodynamics

3(3-0-6)

นwfท ๗๒๑ อุณหพลศาสตร์ไม่สมดุล

Gibbs stability theory; critical phenomena and configurational heat capacity; stability and fluctuations based on entropy production; local equilibrium; local entropy production; energy conservation in open system; Onsager relations and symmetry principle; stationary state under non-equilibrium conditions; minimum entropy production principle; nonlinear thermodynamics; far-from-equilibrium system; linear stability analysis; dissipative structures

ทฤษฎีเสถียรภาพของกิบส์ ปฏิกิริยาการผันแปรวิกฤติและความจุความร้อนเชิงโครงสร้าง เสถียรภาพและการกระเพื่อมจากการผลิตเอนโทรปี สมดุลเฉพาะที่ การผลิตเอนโทรปีเฉพาะที่ การอนุรักษ์พลังงานในระบบเปิด ความสัมพันธ์ของออนซาเยร์และหลักการสมมาตร ภาวะคงตัวภายใต้เงื่อนไขไม่สมดุล หลักการผลิตเอนโทรปีน้อยที่สุด อุณหพลศาสตร์ไม่เชิงเส้น ระบบที่อยู่นอกสมดุลไปไกล การวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงเส้น โครงสร้างกระจายตัว

NWTP 722 Advanced Statistical Mechanics

3(3-0-6)

นwfท ๗๒๒ กลศาสตร์เชิงสถิติขั้นสูง

Review of thermodynamics; thermodynamics potentials; Gibbs-Duhem and Maxwell relations; response function; statistical ensembles; mean field theory and Landau theory; Ising model; dense gases and liquids; critical phenomena; universality; renormalization group; quantum fluids; linear response theory; disordered system

บททบทวนอุณหพลศาสตร์ ศักย์ทางอุณหพลศาสตร์ ความสัมพันธ์กิบส์-ดูเฮมและความสัมพันธ์แมกซ์เวลล์ ฟังก์ชันตอบสนอง อองซอมเบิลเชิงสถิติ ทฤษฎีสถานะเฉลี่ยและทฤษฎีแลนเดา แบบจำลองไอซิง แก๊สที่หนาแน่นและของเหลว ปราภฏการณ์วิกฤติ สาภภาพ กรุปรีนอร์มัลไลเซชัน ของไหลควอนตัม ทฤษฎีการตอบสนองแบบเชิงเส้น ระบบอันไร้ระเบียบ

NWTP 723 Non-Equilibrium Statistical Mechanics

3(3-0-6)

นwfท ๗๒๓ กลศาสตร์เชิงสถิติไม่สมดุล

Brownian motion; fluctuations in equilibrium; response to applied forces; linear response theory; time translation invariance; vector operators; relaxation from constrained equilibrium; field operators; scattering; fluctuation-dissipation theorem; time-correlation functions; Nyquist theorem; Drude model for charge transport; linearized Langevin functions; hydrodynamic description of time-correlation functions; hydrodynamic spectrum of normal fluids; kinetic theory; critical phenomena and broken symmetry; dynamic renormalization group; unstable growth

การเคลื่อนที่แบบบราวน์ การกระเพื่อมในภาวะสมดุล การตอบสนองต่อแรงที่ให้ ทฤษฎีการตอบสนองเชิงเส้น การอินเวเรียนซีในการเลื่อนเวลา ตัวดำเนินการเวกเตอร์ การคลายตัวจากสมดุลที่ถูกบังคับ ตัวดำเนินการสนาม การกระเจิง ทฤษฎีบทการกระเพื่อม-การกระจายตัว ฟังก์ชันสหสัมพันธ์เชิงเวลา ทฤษฎีบทนายกิส์ท แบบจำลองดรูดสำหรับการขนส่งประจุ ฟังก์ชันลองจิวแวงที่ทำให้เป็นเชิงเส้นแล้ว ฟังก์ชันสหสัมพันธ์เชิงเวลาเมื่อพรรณนาในแบบอุทกพลศาสตร์ สเปกตรัมเชิงอุทกพลศาสตร์ของของไหลปกติ ทฤษฎีจลน์ ปราภฏการณ์วิกฤติ และการเสียสมมาตร กรุปรีนอร์มัลไลเซชันเชิงพลวัต การเติบโตแบบอเสถียร

NWTP 731 Turbulence

3(3-0-6)

นwfท ๗๓๑ สภภาพปั่นป่วน

Nature of turbulent flows; equations of fluid motion; continuum fluid properties; Eulerian and Lagrangian fields; continuity equation; random nature of turbulence; characterization of random variables; random fields; probability and averaging; mean-flow equations; free-shear flows; energy cascade and Kolmogorov hypotheses; structure functions; two-point correlation; Fourier modes; velocity spectra; channel flow; pipe flow; boundary layers; turbulent structures

ธรรมชาติของการไหลแบบปั่นป่วน สมการการเคลื่อนที่สำหรับของไหล สมบัติของของไหลต่อเนื่องสนามออยเลอร์และสนามลากรางเจียน สมการความต่อเนื่อง ธรรมชาติแบบสุ่มของความปั่นป่วน การจำแนกตัวแปรสุ่ม สนามสุ่ม ความน่าจะเป็นและการเฉลี่ยค่า สมการการไหลเฉลี่ย การไหลปราศจากความเค้นเฉือน ระดับชั้นพลังงานและสมมุติฐานของโกโลมโกรอฟ ฟังก์ชันโครงสร้าง สหสัมพันธ์สองจุด โหมดฟูเรียร์ สเปกตรัมความเร็ว การไหลในช่อง การไหลในท่อ ขอบเขตชั้น โครงสร้างความปั่นป่วน

NWTP 732 Fluctuations in Physical Systems

3(3-0-6)

นwfท ๗๓๒ การกระเพื่อมในระบบกายภาพ

Basics of statistical analysis; fluctuations in electric circuits; fluctuation-dissipation theorem; Kramers-Kronig relations; Brownian motion; random walks; density fluctuation in gases; a reference model; Markov processes; diffusion of particles; thermal fluctuation in a diode; Fermi acceleration

พื้นฐานการวิเคราะห์เชิงสถิติ การกระเพื่อมในวงจรไฟฟ้า ทฤษฎีบทการกระเพื่อม-การกระจายตัว ความสัมพันธ์คราเมอส์-โครนิก การเคลื่อนที่แบบบราวน์ การเดินแบบสุ่ม การกระเพื่อมของความหนาแน่นในแก๊ส แบบจำลองอ้างอิง กระบวนการมาร์คอฟ การแพร่ของอนุภาค การกระเพื่อมของอุณหภูมิในไดโอด ความเร่งเฟอร์มิ

NWTP 733 Synchronization

3(3-0-6)

นwfท ๗๓๓ การซิงโครไนซ์

Definition of synchronization; self-sustained oscillator and its phase; synchronization of a periodic oscillator by external force; synchronization of two and many oscillators; synchronization of chaotic systems; detecting synchronization in experiments; synchronization of periodic oscillators by periodic external action; mutual synchronization of two interacting periodic oscillators; synchronization in the presence of noise; phase synchronization of chaotic systems; synchronization in oscillatory media; populations of globally coupled oscillators; complete synchronization; complex systems; synchronization of complex dynamics by external forces

นิยามการซิงโครไนซ์ ออสซิลเลเตอร์แบบยั่งยืนด้วยตนเองและวัฏภาค การซิงโครไนซ์ของออสซิลเลเตอร์แบบคาบโดยแรงภายนอก การซิงโครไนซ์ของออสซิลเลเตอร์สองตัวและหลายตัว การซิงโครไนซ์ระบบที่โกลาหล การตรวจจับการซิงโครไนซ์ในการทดลอง การซิงโครไนซ์ของออสซิลเลเตอร์แบบคาบโดยแรงกระทำภายนอกแบบคาบ การซิงโครไนซ์ที่สัมพันธ์กันของออสซิลเลเตอร์แบบคาบสองตัวที่ทำอันตรกิริยากัน การซิงโครไนซ์ภายใต้สัญญาณรบกวนอ่อนๆ การซิงโครไนซ์เชิงวัฏภาคของระบบโกลาหล การซิงโครไนซ์ในตัวกลางที่มีการสั่น; จำนวนทั้งหมดของออสซิลเลเตอร์ที่คู่ควกันแบบโกลบัล การซิงโครไนซ์ที่สมบูรณ์ ระบบซับซ้อน การซิงโครไนซ์ของพลวัตระบบซับซ้อนโดยแรงภายนอก

NWTP 734 Condensed Matter Physics

3(3-0-6)

นwfท ๗๓๔ ฟิสิกส์สารควบแน่น

Simple liquids; approach to electron systems; electron correlations; two-dimensional electron systems; quasi one-dimensional system; hopping and localization; magnetism; superconductivity; liquid ^4He ; liquid ^3He ; liquid crystals, polymer

ของเหลวอย่างง่าย ระบบอิเล็กตรอน สหสัมพันธ์ของอิเล็กตรอน ระบบอิเล็กตรอนสองมิติ ระบบกึ่งหนึ่งมิติ การตื่นตัวและโลคัลไลเซชัน สภาพแม่เหล็ก สภาพนำยวดยิ่ง ของเหลวฮีเลียม 4 ของเหลวฮีเลียม 3 ผลึกเหลว พอลิเมอร์

NWTP 735 Granular Physics

3(3-0-6)

นwfท ๗๓๕ ฟิสิกส์ของสารเม็ดละเอียด

Interaction at the grain level; granular solid; statics, elasticity and plasticity of granular solid; granular gases; granular liquid; immersed granular media; erosion and sediment transport; geomorphology

อันตรกิริยาที่ระดับเกรน สถิติศาสตร์ ความยืดหยุ่นและความเป็นพลาสติกของแข็งเม็ดละเอียดกรานูลา แก๊สกรานูลา ของเหลวกรานูลา ตัวกลางกรานูลารวม การกัดกร่อนและการลำเลียงตะกอน ธรณีฐานวิทยา

NWTP 742 Complex Network

3(3-0-6)

นwfท ๗๔๒ โครงข่ายซับซ้อน

History related to graph theory in physics, sociology, finance, and other disciplines; nodes; edges; matrix forms; types of graph; types of degree; types of paths; weighted networks; Erdos-Renyi random graph models; small-world networks; Watts-Strogatz model; scale-free networks (power law); spectral properties of complex network; hierarchical clustering methods; statistical physics of networks; network topology; computational and statistical tools; non-equilibrium perspective on growing networks; robustness; control and evolution; effect of feedbacks

ประวัติของทฤษฎีกราฟในฟิสิกส์ สังคมวิทยา การเงินและสาขาอื่นๆ โหนด ขอบ รูปแบบเมตริกซ์ ชนิดของกราฟ ชนิดขององศา ชนิดของวิถี เครือข่ายถ่วงน้ำหนัก แบบจำลองกราฟสุ่มเออร์โดส-เรnyi เครือข่ายโลก ใบเล็ก แบบจำลองวัตต์ส-สโตรกัทซ์ เครือข่ายไม่ขึ้นกับมาตรา (กฎกำลัง) สมบัติเชิงสเปกตรัมของโครงข่ายซับซ้อน กระบวนการวิวัฒนาการลำดับขั้น ฟิสิกส์เชิงสถิติของเครือข่าย ทอพอโลยีของเครือข่าย เครื่องมือทางสถิติ และการคำนวณที่เกี่ยวข้อง มุมทัศน์แบบไม่สมดุลของเครือข่ายที่กำลังเติบโต ความยืดหยุ่น การควบคุมและการวิวัฒนาการ ผลของการป้อนกลับ

NWTP 743 Scaling

3(3-0-6)

นwfท ๗๔๓ การปรับมาตร

Dimensional analysis and physical similarity; self-similarity and intermediate asymptotics; complete and incomplete similarity and self-similar solutions of the first and second kind; scaling and transformation groups; renormalization group; self-similar phenomena and travelling wave; scaling laws and fractals; scaling laws for turbulent wall-bounded shear flows at very large Reynolds numbers

การวิเคราะห์เชิงมิติและความเหมือนกันเชิงกายภาพ ความเหมือนตนเองและอสมิทิตีกระดับกลาง ความเหมือนกันแบบสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์และผลเฉลยของความเหมือนตนเองของชนิดแรกและชนิดที่สอง การปรับมาตรและกรุปของการแปลง รีโนรมัลไลเซชันกรุป ปรากฏการณ์การเหมือนตนเองและคลื่นเคลื่อนที่ กฎของการปรับมาตรและแฟร็กทัล กฎของการปรับมาตรสำหรับการไหลแบบเฉือนภายในผนังโดยไหลปั่นป่วนและมีค่าเลขเรย์โนลด์์มากๆ

NWTP 744 Self-Organization and Pattern Formation**3(3-0-6)****นwfพ ๗๔๔ การจัดเรียงตัวเองและการเกิดแบบลาย**

Convection; reaction-diffusion systems; Faraday waves; bifurcation and symmetries; groups; lattice patterns; superlattices; hidden symmetries; modulation and envelope equations; instability of stripes and travelling plane waves; spirals; defects; Cross-Newell equation

การนำ ระบบที่มีการแพร่และมีปฏิกิริยา คลื่นฟาราเดย์ จุดแยกไบเฟอร์เคชันและสมมาตร กรุปแบบลายของแลตทิซ ซูเปอร์แลตทิซ สมมาตรที่ซ่อนไว้ สมการมอดูแลชันและสมการเอนVELOP เสถียรภาพของแถบและคลื่นระนาบเคลื่อนที่ ขดเกลียว ความบกพร่อง สมการครอส-นีเวลล์

NWTP 751 General Relativity**4(4-0-8)****นwfพ ๗๕๑ สัมพัทธภาพทั่วไป**

Equivalent principle in mechanics; special relativity; non-inertial effects and electromagnetism; four vectors; differential forms and Hodge duality; absolute differentiation; geodesics; curvature; Einstein field equations; Schwarzschild solution; Gravitational Lensing; PPN formalism; experimental tests of general relativity; gravitomagnetism; tetrad formalism; Killing vector and conservation laws; gravitational collapse; black holes; wormholes; Penrose diagram; thermodynamics of black holes; singularities; cosmic censorship; gravitational action; Cauchy problem; weak field approximation; gravitational radiation; Petrov classification; Friedmann–Lemaître–Robertson–Walker geometry; basics of cosmology; electrodynamics as abelian gauge theory; non-abelian gauge theory; gauging Lorentz symmetry; Dirac equation in Schwarzschild spacetime; gravity and electromagnetism in five dimensions

หลักความสมมูลในกลศาสตร์ สัมพัทธภาพพิเศษ ผลกระทบในกรอบไม่เฉื่อยและแม่เหล็กไฟฟ้า เวกเตอร์สี่ รูปแบบอนุพัทธ์และทวิภาพฮอดจ์ ผลต่างอนุพัทธ์สัมบูรณ์ จีโอเดสิก ความโค้ง สมการสนามของไอน์สไตน์ ผลเฉลยชวาร์ซชิล เบนส์ความโน้มถ่วง รูปแบบพีพีเอ็น การทดสอบสัมพัทธภาพทั่วไปด้วยการทดลอง กราวิตโทแม็กเนติก รูปแบบเทเทรต เวกเตอร์คิลลิงและกฎการอนุรักษ์ การยุบตัวด้วยความโน้มถ่วง หลุมดำ รุหนอน แผนภาพเพนโรส อุณหพลศาสตร์ของหลุมดำ สภาพเอกฐาน เช่นเซอร์ระดับจักรวาล แอ็กชันความโน้มถ่วง ปัญหาเคาซี การประมาณที่สนามอ่อน การแผ่รังสีความโน้มถ่วง การจำแนกเพททรอฟ เรขาคณิตฟรีดมานน์-เลอแมร์-โรเบิร์ตสัน-วอร์กเกอร์จักรวาลวิทยาขั้นต้น แม่เหล็กไฟฟ้าในฐานะทฤษฎีเกจแบบอาบีเลียน ทฤษฎีเกจแบบไม่เป็นอาบีเลียน การเกจสมมาตรลอเรนซ์ สมการดิแรกในกาลอวกาศชวาร์ซชิล ความโน้มถ่วงและแม่เหล็กไฟฟ้าในห้ามิติ

NWTP 761 Cosmology**3(3-0-6)****นwfพ ๗๖๑ จักรวาลวิทยา**

Expansion of the Universe; spacetime geometry; cosmological redshift; Hubble constant; distance measurement in cosmology; dynamical expansion; equilibrium era; recombination and last scattering; the early universe; cosmological nucleosynthesis; baryon synthesis and lepton genesis; inflation

การขยายตัวของเอกภพ เรขาคณิตของกาลอวกาศ เรดชิฟท์ในทางจักรวาลวิทยา การวัดระยะทางในทางจักรวาลวิทยา ค่าคงที่ฮับเบิล พลวัตของการขยายตัวของจักรวาล จักรวาลในสภาวะสมดุล รีคอมบิเนชัน การกระเจิงแสงครั้งสุดท้าย จักรวาลในระยะแรกเริ่ม กระบวนการสังเคราะห์นิวเคลียส กระบวนการสังเคราะห์แบรีออนและเลปตอน การพองตัวของจักรวาล

NWTP 762 The Early Universe

3(3-0-6)

นwfพ ๗๖๒ เอกภพระยะแรกเริ่ม

Matter density fluctuations; field equations; Fourier decomposition and stochastic initial conditions; gauge transformations; conservation theorem; evolution of cosmological fluctuations; scalar perturbations; tensor perturbations; linear growth factor; structure formation; anisotropies of the cosmic microwave background; temperature fluctuations; polarization

การกระเพื่อมของความหนาแน่นสสาร สมการสนาม การแยกอนุกรมฟูเรียร์และเงื่อนไขตั้งต้นแบบสุ่ม การแปลงเกจ ทฤษฎีบทการอนุรักษ์ วิวัฒนาการของการกระเพื่อมในทางจักรวาลวิทยา การรบกวนสเกลาร์ การรบกวนเทนเซอร์ แฟกเตอร์การเติบโตเชิงเส้น การก่อตัวของโครงสร้างสสาร ความเป็นไอโซโทรปีของรังสีไมโครเวฟพื้นหลังของจักรวาล การกระเพื่อมของอุณหภูมิ โพลาริเซชันของรังสีไมโครเวฟพื้นหลังของจักรวาล

NWTP 763 Observational Cosmology

3(3-0-6)

นwfพ ๗๖๓ จักรวาลวิทยาเชิงการสังเกตการณ์

Introduction to cosmological models; distance scale; contents of the universe; Hubble's observation; cosmic microwave background; Supernova observations; Baryon Acoustic Oscillations; large scale structure; gravitational lensing; other cosmological observations

แบบจำลองจักรวาลเบื้องต้น มาตรการระยะทาง ส่วนประกอบของเอกภพ การสังเกตการณ์ของฮับเบิล รังสีคอสมิกไมโครเวฟพื้นหลัง การสังเกตการณ์ซูเปอร์โนวา การสั่นแกว่งเชิงนาทศาสตร์ของสสารบารีออน โครงสร้างระดับใหญ่ เลนส์ความโน้มถ่วง การสังเกตการณ์อื่นๆทางจักรวาลวิทยา

NWTP 771 Physics of Economy and Financial System

3(3-0-6)

นwfพ ๗๗๑ ฟิสิกส์ของระบบเศรษฐกิจและการเงิน

Thermodynamics formulations of microeconomics and macroeconomics; random walk, stochastic process in financial physics; cross-correlation; power law; financial market and model of turbulence; model of wealth distribution; modeling financial fluctuation with statistical mechanics; application of complex network in financial physics

รูปแบบอุณหพลศาสตร์ของเศรษฐศาสตร์จุลภาคและมหภาค การเดินแบบสุ่ม กระบวนการสโตแคสติกในฟิสิกส์การเงิน สหสัมพันธ์แบบข้าม กฎกำลัง กระบวนการสโตแคสติกในตลาดการเงินและกระบวนการสโตแคสติกในแบบจำลองความปั่นป่วน แบบจำลองการกระจายความมั่งคั่ง การสร้างแบบจำลองการกระเพื่อมทางการเงินและกลศาสตร์เชิงสถิติ การใช้ทฤษฎีเครือข่ายในฟิสิกส์การเงิน

NWTP 772 Physics of Social System**3(3-0-6)****นwfท ๗๗๒ ฟิสิกส์ของระบบสังคม**

Basic features of social systems and modelling; opinion formation in a society; social choices and popularity; crowd-avoiding dynamical phenomena; social phenomena on complex networks; flows and transports social agents

คุณสมบัติพื้นฐานของระบบสังคมและการสร้างแบบจำลอง การก่อตัวของความคิดเห็นในสังคม ทางเลือกทางสังคมและความนิยม ปรากฏการณ์พลวัตในการเลี่ยงการก่อตัวของฝูงชน ปรากฏการณ์ทางสังคมกับโครงข่ายซับซ้อน การไหลและการถ่ายโอนตัวแทนองค์ประกอบทางสังคม

NWTP 773 Physics of Ecological System**3(3-0-6)****นwfท ๗๗๓ ฟิสิกส์ของระบบนิเวศน์**

Thermodynamics; irreversible thermodynamics; an ecophysical definition of life and living; environmental conditions necessary for life; sources of energy; population and carbon in the biosphere; population of an individual species; evolution in the past; evolution in the future; territoriality; a measure of psychological behavior; behavior predicted by energy needs

อุณหพลศาสตร์ อุณหพลศาสตร์แปรผันกลับไม่ได้ นิยามเชิงนิเวศฟิสิกส์ของชีวิตและการดำรงชีวิต เงื่อนไขเชิงสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นสำหรับชีวิต แหล่งกำเนิดของพลังงาน ประชากรและคาร์บอนในชีวมณฑล ประชากรของแต่ละสปีชีส์ วิวัฒนาการในอดีต วิวัฒนาการในอนาคต พื้นที่อาณานิคม การวัดพฤติกรรมเชิงจิตวิทยาพฤติกรรมที่ทำนายด้วยเกณฑ์ความต้องการพลังงาน

NWTP 774 Physics of Traffics**3(3-0-6)****นwfท ๗๗๔ ฟิสิกส์ของการจราจร**

Definition of traffic flow; tree traffic phases; traffic breakdown at bottleneck; highway capacities; emergence of moving jam; hypotheses of three-phase traffic flow theory; pattern of congested traffics; traffic description and control based on fundamental diagram of traffic flow; applications in traffic engineering

นิยามการไหลของการจราจร การจราจรแบบสามวัฏภาค การสิ้นสภาพการจราจรที่คอขวด ความจุของทางหลวง การอุบัติขึ้นเองของสภาพรถติดที่เคลื่อนตัวได้ สมมติฐานของทฤษฎีการไหลของการจราจรแบบสามวัฏภาค รูปแบบการจราจรที่หนาแน่น การพรรณนาและการควบคุมการจราจรโดยใช้แผนภาพรากฐานของการไหลของการจราจร การประยุกต์ใช้กับวิศวกรรมจราจร

NWTP 781 Probability, Entropy, Information and Communication**3(3-0-6)****นwfท ๗๘๑ ความน่าจะเป็น เอนโทรปี ข่าวสาร และการสื่อสาร**

Combinatorics; sets and measures; probability; discrete random variables; information and types of entropy; communication; random variables with probability density functions; random vectors

คณิตศาสตร์การจัดหมู่ เซตและการวัด ความน่าจะเป็น ตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง ข้อมูลและเอนโทรปีแบบต่างๆ การสื่อสาร ตัวแปรสุ่มกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น เวกเตอร์สุ่ม

NWTP 782 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเบย์**3(3-0-6)****นwfท ๗๘๒ Bayesian Data Analysis**

Probability theory; deductive logic; Bayesian inference; single-parameter models; informative and non-informative prior distributions; multi-parameter models; model selection; hierarchical models; non-parametric models; nested sampling

ทฤษฎีความน่าจะเป็น ตรรกวิทยานิรนัย การอนุมานแบบเบย์ แบบจำลองพารามิเตอร์เดี่ยว การแจกแจงตั้งต้นแบบให้ข้อมูลและไม่ให้ข้อมูล แบบจำลองพารามิเตอร์หลายตัว การเลือกแบบจำลอง แบบจำลองแบบชั้นลำดับ แบบจำลองนอนพาราเมตริก การสุ่มตัวอย่างแบบเครือข่าย

NWTP 783 Time Series Analysis**3(3-0-6)****นwfท ๗๘๓ การวิเคราะห์อนุกรมเวลา**

Time series embedding and reconstruction; stochasticity and determinism; embedding lag and dimension; dynamic measure and topological invariants; entropy, complexity and information of time series; estimation of correlation dimension; the method of surrogate data; non-standard and non-linear surrogates; identifying the dynamics

การฝังอนุกรมเวลาและการสร้างอนุกรมเวลา ความเป็นสโตแคสติกและสภาพเชิงกำหนด การฝังแล็กและมิติ การวัดเชิงพลวัตและทอพอโลยีอินเวเรียนซ์ เอนโทรปี ความซับซ้อนและข่าวสารของอนุกรมเวลา การคะเนของมิติเชิงสหัสสัมพันธ์ วิธีการของข้อมูลเชิงตัวแทน ตัวแทนไม่มาตรฐานและไม่เชิงเส้น การระบุบัพซิ่งพลวัต

NWTP 784 Random Matrix Theory**3(3-0-6)****นwfท ๗๘๔ ทฤษฎีเมตริกซ์สุ่ม**

Motivation from nuclear physics and L-functions; historical introduction; eigenvalue; semi-circle law; adjacent neighbor spacings; thin sub-families; number theory; similarities between random matrix theory and L-functions; eigenvalue densities; non-semi-circle behavior; sparse matrices; Gaussian-Wigner ensemble

แนวคิดตั้งต้นจากฟิสิกส์นิวเคลียร์และฟังก์ชันแอล ประวัติของทฤษฎีเมตริกซ์สุ่ม ค่าไอเกน กฎกึ่งวงกลม ระยะห่างข้างเคียงถัดกัน แฟมิลีย่อยแบบบาง ทฤษฎีจำนวน ความคล้ายคลึงกันระหว่างทฤษฎีเมตริกซ์สุ่มและฟังก์ชันแอล ความหนาแน่นของค่าไอเกน พฤติกรรมไม่เป็นกึ่งวงกลม เมตริกซ์เบาบาง อองชอมเบิลแบบวิกเนอร์ที่เป็นเกาส์เซียน

NWTP 785 Stochastic Calculus for Physics**3(3-0-6)****นwfท ๗๘๕ แคลคูลัสสโตแคสติกสำหรับฟิสิกส์**

Probability theory; differential equations; further properties of stochastic processes; stochastic equation and Gaussian noise; numerical methods for Gaussian noise; Fokker-Plank

equations and reaction-diffusion systems; jump processes; Levy processes; modern probability theory

ทฤษฎีความน่าจะเป็น สมการเชิงอนุพันธ์ คุณสมบัติอื่นๆของกระบวนการสโตแคสติก สมการสโตแคสติกกับการสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน วิธีการเชิงตัวเลขสำหรับสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน สมการพอกเกอร์-พลังค์กับระบบที่มีปฏิริยาและการแพร่ กระบวนการกระโดด กระบวนการเลวี ทฤษฎีความน่าจะเป็นยุคใหม่

NWTP 786 Applied Game Theory and Evolutionary Dynamics

3(3-0-6)

นวพท ๗๘๖ ทฤษฎีเกมประยุกต์และพลวัตเชิงวิวัฒนาการ

Game; strategies; backward induction; finite horizon game; eliminating dominated strategies; Nash equilibria; games in extensive form with incomplete information; mixed strategy Nash equilibria; games in extensive form with complete information; symmetries of games; alternatives to the Nash equilibrium; review of dynamical system; evolutionary dynamics; replicator system; evolutionary dynamics with two pure strategies; equilibrium and strategies of replicator game; evolutionary game

เกม กลยุทธ์ การอุปนัยย้อนกลับ เกมที่มีขอบฟ้าจำกัด การลดผลของกลยุทธ์ที่ถูกครอบงำ สภาพสมดุลของแนช เกมในรูปแบบเอ็กซ์เทนซีฟกับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ สภาพสมดุลของแนชที่มีกลยุทธ์ผสม เกมในรูปแบบเอ็กซ์เทนซีฟกับข้อมูลที่สมบูรณ์ สมมาตรของเกม ทางเลือกนอกจากสภาพสมดุลของแนช บทบาทของระบบพลวัต พลวัตวิวัฒนาการ ระบบของตัวจำลองแบบซ้ำ พลวัตวิวัฒนาการของสองกลยุทธ์บริสุทธิ์ สมดุลและกลยุทธ์ของเกมที่มีตัวจำลองแบบซ้ำ เกมที่มีวิวัฒนาการ

NWTP 811 Supersymmetry and Supergravity**3(3-0-6)****นวพท ๘๑๑ สมมาตรยวดยิ่งและความโน้มถ่วงยวดยิ่ง**

Supersymmetric algebra and multiplets; chiral superfield Lagrangian; renormalisable supersymmetric chiral field Lagrangians; Feynman rules for chiral supermultiplets; F-term supersymmetry breaking; D-term supersymmetry breaking; supersymmetric non-abelian gauge theories; supersymmetric electroweak theory; supergravity coupling to matter; Wess-Zumino model; super-Higgs mechanism and gravitino mass; gaugino condensate; supergravity grand unified theory

พีชคณิตสมมาตรยวดยิ่งและมัลติเพลต ลากรางเจียนสนามยวดยิ่งไครัล ลากรางเจียนสนาม ลากรางเจียนที่มีสมมาตรยวดยิ่งไครัลที่รีนอร์มัลไลซ์ได้ กวีนโฟน์แมนสำหรับไครัลมัลติเพลตยวดยิ่ง การเสียดสมมาตรยวดยิ่งในพจน์ เอฟ การเสียดสมมาตรยวดยิ่งในพจน์ ดี ทฤษฎีเกจแบบไม่เป็นอาบีเลียนที่เป็นสมมาตรยวดยิ่ง ทฤษฎีอิเล็กโทรวีกสมมาตรยวดยิ่ง ความโน้มถ่วงยวดยิ่งที่คู่ควบกับสสาร แบบจำลองเวส-ซุมิโน กลไกฮิกส์ยวดยิ่งและมวลของกราวิตีโน การควบแน่นของเกจจิโน ทฤษฎีเอกภาพอันยิ่งใหญ่ที่เป็นความโน้มถ่วงยวดยิ่ง

NWTP 812 String Theory**3(3-0-6)****นวพท ๘๑๒ ทฤษฎีสตริง**

String unification; special relativity and higher dimensions; electromagnetism in various dimensions; nonrelativistic strings; relativistic point particle; classical relativistic string; Nambu-Goto and Polyakov action; world-sheet currents; solutions of the open and closed string equations of motion; quantum harmonic oscillator; relativistic quantum open and closed string; light-cone relativistic string; covariant and light-cone quantization; T-duality of closed string

การรวมแรงเป็นเอกภาพด้วยสตริง สัมพัทธภาพพิเศษและมิติที่สูงกว่า วิชาแม่เหล็กไฟฟ้าในอวกาศที่มีจำนวนมิติต่างกัน สตริงที่ไม่เป็นสัมพัทธภาพ อวกาศที่เป็นสัมพัทธภาพ สตริงคลาสสิกที่เป็นสัมพัทธภาพ แอ็กชันนามบู-โกโตและโพลยาคอฟ กระแสเวิร์ลชีท ผลเฉลยของสมการการเคลื่อนที่ของสตริงแบบเปิดและแบบปิด ตัวแกว่งกวัดฮาร์โมนิกควอนตัม สตริงแบบเปิดและแบบปิดที่เป็นสัมพัทธภาพและเป็นควอนตัม สตริงเชิงสัมพัทธภาพของกรวยแสง การควอนไทซ์ที่เป็นโคแควเรียนท์และการควอนไทซ์กรวยแสง ทวิภาวะ T ของสตริงแบบปิด

NWTP 813 Statistical Field Theory**3(3-0-6)****นวพท ๘๑๓ ทฤษฎีสนามเชิงสถิติ**

Order parameter and broken symmetries; example of physical situations modelled by the Ising model; a few results for Ising model; high-temperature and low-temperature expansions; some geometric problems related to phase transitions; phenomenological description of critical behaviors; mean field theory; beyond the mean field theory; concepts and ideas of conformal field theory (CFT); renormalization group; renormalization group for the ϕ^4 theory; renormalized theory; Goldstone modes; large n limit

พารามิเตอร์อันดับและสมมาตรที่ถูกทำลาย ตัวอย่างของสถานการณ์ทางฟิสิกส์ที่ถูกจำลองโดยแบบจำลองไอซิง ผลลัพธ์บางประการของแบบจำลองไอซิง การขยายตัวที่อุณหภูมิสูงและที่อุณหภูมิต่ำ ปัญหาเชิง

เรขาคณิตบางประการสำหรับการเปลี่ยนวิภาค คำอธิบายเชิงปรากฏการณ์สำหรับพฤติกรรมวิกฤติ ทฤษฎีสนามเฉลี่ย เลยจากจากทฤษฎีสนามเฉลี่ย แนวคิดและทฤษฎีต่างๆของทฤษฎีสนามคงรูป รีนอมัลไรเซชันกรุป รีนอมัลไรเซชันกรุปสำหรับทฤษฎี? ⁴ไฟกำลังสี่ ทฤษฎีที่ถูกรีนอมัลไลซ์ แบบจำลองโกลด์สโตน สถานการณ์ที่เอนมีค่ามาก

NWTP 814 Loop Quantum Gravity

3(3-0-6)

นwfท ๘๑๔ ความโน้มถ่วงควอนตัมแบบลูป

Special relativity and electromagnetism; some elements of general relativity; Hamiltonian mechanics including constraints and fields; Yang-Mills theories; quantum mechanics and elements quantum field theory; canonical gravity; Ashtekar's variables; loop representation for general relativity; classical canonical cosmology; Wheeler-De Witt quantization; loop quantum cosmology; black hole entropy in loop quantum gravity; spin foam; problem of time

สัมพัทธภาพพิเศษและทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า หัวข้อสัมพัทธภาพทั่วไปที่จำเป็น กลศาสตร์แฮมิลตันที่มีเงื่อนไขบังคับและและสนาม ทฤษฎีของแองเงิล-มิลส์ กลศาสตร์ควอนตัมและหัวข้อในทฤษฎีสนามควอนตัมที่เป็นพื้นฐานความโน้มถ่วงคาโนนิคัล ตัวแปรแอสทีคาร์ ตัวแทนแบบลูปสำหรับสัมพัทธภาพทั่วไป จักรวาลวิทยาคาโนนิคัลแบบคลาสสิก การควอนไทเซชันแบบวีลเลอร์-เดอวิตท์ จักรวาลวิทยาแบบลูปควอนตัม เอนโทรปีของหลุมดำในความโน้มถ่วงควอนตัมแบบลูป โฟมที่เกิดจากสปิน ปัญหาประเด็นเกี่ยวกับเวลา

NWTP 815 Advanced Quantum Field Theory

3(3-0-6)

นwfท ๘๑๕ ทฤษฎีสนามควอนตัมขั้นสูง

Higher spin fields; field theory anomalies; Poincaré/super-Poincaré algebras; particle states/supermultiplets superspace; quantum dynamical principle; vacuum-to-vacuum transition amplitudes and solution of field theory; generalized Faddeev-Popov factors; CPT; spin & statistics connection; intricacies of abelian and non-abelian gauge theories; theory of renormalization; proof of finiteness to any order; high-energy/short distance behavior; fixed points methods and asymptotic freedom; superfields; supersymmetric extensions; strings; superstrings and low energy effective actions; aspects of quantum gravity

สนามสปินขั้นสูง ความผิดปกติของทฤษฎีสนาม พีชคณิตปวงกาเรและซูเปอร์ปวงกาเร ปริภูมียวดยิ่งของสถานะอนุภาคและมัลติเพลตยวดยิ่ง หลักการพลวัตควอนตัม แอมพลิจูดการเปลี่ยนภาวะจากสุญญากาศสู่สุญญากาศและผลเฉลยของทฤษฎีสนาม ตัวประกอบแพดดีฟ-โพโปบกรณทั่วไป ซีพีที การเชื่อมโยงของสปินและสถิติ ความซับซ้อนของทฤษฎีเกจแบบอาบีเลียนและแบบไม่อาบีเลียน ทฤษฎีรีนอมัลไลเซชัน การพิสูจน์การมีค่าจำกัดที่อันดับใดๆ พฤติกรรมที่พลังงานสูงหรือที่ระยะทางสั้นๆ วิธีการจุดตรึงและเสรีภาพในการกำกับ สนามยวดยิ่ง การพัฒนาต่อยอดทฤษฎีสมาตรวดยิ่ง สตรีง สตรีงยวดยิ่งและแอ็กชันยังผลที่พลังงานต่ำ ประเด็นเกี่ยวกับควอนตัมกราวิตี

NWTP 816 Topological gauge theory and geometrical phases

3(3-0-6)

นwfท ๘๑๖ ทฤษฎีเกจเชิงทอพอโลยีและวิภาคเรขาคณิต

Field theory in 1+1 and 2+1 dimensions; Chern-Simons theory and gauge-invariant mass; Coleman-Hill theorem; spontaneous symmetry breaking; parity anomaly; topological

techniques in physics; solitons; instantons; vortices; monopoles; fractional statistics and anyons; mean-field Hall effect; topological quantum fluids; conformal fields

ทฤษฎีสถานามในมิติ 1+1 และมิติ 2+1 ทฤษฎีเอน-ไซมอนและมวลที่เป็นเกจอินแวเรียนซ์ ทฤษฎีบทโคลแมน-ฮิลล์ การเสียสมมาตรที่เกิดขึ้นเอง ความผิดปกติของแฟร็กต์ เทคนิคทางทอพอโลยีในฟิสิกส์ โซลิตอน อินแตนตอน วอร์ทิกซ์ ขั้วเดี่ยว สถิติสัดส่วนและแอนิออน ผลกระทบฮอลล์ด้วยสนามเฉลี่ย ของไหลควอนตัมเชิงทอพอโลยีสนามคงรูป

NWTP 821 Theory of Critical Phenomena 3(3-0-6)

นwfท ๘๒๑ ทฤษฎีปรากฏการณ์วิกฤติ

Continuous phase transitions and critical points; order parameter; correlation functions; universality; thermodynamics potentials; fluctuations; spontaneous symmetry breaking; Ising model; lattice gas; percolation model; high temperature expansions; real-space renormalization; critical exponents; scaling laws; mean-field theory; Landau-Ginzburg theory; diagrammatic perturbation theory; renormalization group

การเปลี่ยนวัฏภาคแบบต่อเนื่องและจุดวิกฤติ พารามิเตอร์อันดับ ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ สากลภาพ ศักย์ทางอุณหพลศาสตร์ การกระเพื่อม การเสียสมมาตรที่เกิดขึ้นเอง แบบจำลองไอซิง แก๊สแลชทิส แบบจำลองเพอร์โคเลชัน การกระจายพจน์ในย่านอุณหภูมิต่ำ การรบกวนโมดัลในปริภูมิจริง เลขชี้กำลังวิกฤติ กฎการปรับมาตร ทฤษฎีสถานามเฉลี่ย ทฤษฎีแลนเดา-กินส์เบิร์ก ทฤษฎีการรบกวนที่ใช้แผนภาพ รินอมัลไรเซชันกรุป

NWTP 822 Phase Transitions in Classical Field Theory 3(3-0-6)

นwfท ๘๒๒ การเปลี่ยนวัฏภาคในทฤษฎีสถานามคลาสสิก

Geometry of surfaces; kinematics of surfaces; balance laws for a continuous system with an interface; phase equilibrium; stationary and time dependent problems; phase changes in mixtures; crystal growth; systems with interfaces and ferroelectricity

เรขาคณิตของพื้นผิว จลนคณิตของพื้นผิว กฎดุลสำหรับระบบต่อเนื่องที่มีแนวรอยต่อกับระบบอื่น ความสมดุลของวัฏภาค ปัญหาระบบคงตัวและที่ขึ้นกับเวลา การเปลี่ยนวัฏภาคในของผสม การเติบโตของผลึก ระบบที่มีแนวรอยต่อและสภาพเฟอร์โรอิเล็กทริก

NWTP 841 Synergetics I 3(3-0-6)

นwfท ๘๔๑ ซินเนอร์เจติกส์

Probability; information; chance; necessity; chance and necessity; self-organization; physical systems; chemical and biochemical systems; applications of biology; sociology and economics; chaos

ความน่าจะเป็น ข่าวสาร โอกาส ข้อจำเป็น โอกาสและข้อจำเป็น การจัดเรียงตนเอง ตัวอย่างกรณีระบบกายภาพ ระบบเคมีและชีวเคมี ระบบชีววิทยา ระบบสังคมวิทยาและระบบเศรษฐกิจ เคออส

NWTP 842 Synergetics II**3(3-0-6)****นwfth ๘๔๒ ซินเนอร์จิสติกส์ 2**

Linear ordinary differential equations; linear ordinary differential equations with quasiperiodic coefficients; stochastic nonlinear differential equations; coupled nonlinear oscillators; nonlinear coupling of oscillators; persistence of quasiperiodic motion; nonlinear equation; the slaving principle; qualitative macroscopic changes; spatial patterns; inclusion of noise; discrete noisy maps; unsolvable problem in dynamics; relations between synergetics and other sciences

สมการเชิงอนุพันธ์สามัญเชิงเส้นที่มีสัมประสิทธิ์แบบกึ่งเป็นคาบ สมการเชิงอนุพันธ์สโตแคสติกแบบไม่เชิงเส้น ตัวสั้นแบบไม่เชิงเส้นที่มีการคู่ควบ การคู่ควบแบบไม่เชิงเส้นของตัวสั้น ความคงทนของการเคลื่อนที่แบบกึ่งคาบ สมการไม่เชิงเส้น หลักแห่งความลาด การเปลี่ยนแปลงระดับมหภาคเชิงคุณภาพ แบบลาย การพิจารณารวมเอาสัญญาณรบกวน แผนที่ต่อเนื่องของสัญญาณรบกวน ปัญหาที่หาผลเฉลยไม่ได้ในวิซาระบบพลวัต ความสัมพันธ์ระหว่างซินเนอร์จิสติกส์และวิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ

NWTP 843 Catastrophe Theory**3(3-0-6)****นwfth ๘๔๓ ทฤษฎีหายนะพิบัติ**

Smooth and sudden changes; multidimensional geometry; multidimensional calculus; critical points and transversality; Zeeman machine; cusp catastrophe; structural stability; Thom's classification theorem; determinacy and unfolding; seven catastrophe geometries; applications in thermodynamics and phase transition; applications in ecology; applications in social modeling

การเปลี่ยนแปลงแบบเรียบง่ายและแบบเฉียบพลัน เรขาคณิตหลายมิติ แคลคูลัสหลายมิติ จุดวิกฤติ และสภาพแนวขวาง เครื่องจักรของซีมาน หายนะพิบัติที่ปลายยอด เสถียรภาพเชิงโครงสร้าง ทฤษฎีบทการจำแนกของธอม สภาพเชิงกำหนดและการคลายพิบ แบบเรขาคณิตหายนะพิบัติทั้งเจ็ดแบบ การประยุกต์ในอุณหพลศาสตร์และการเปลี่ยนวิภูภาค การประยุกต์ทางนิเวศวิทยา การประยุกต์ใช้สร้างแบบจำลองสังคม

NWTP 844 Random Walk and Renormalizations**3(3-0-6)****นwfth ๘๔๔ การเดินแบบสุ่มและการรีนอร์มัลไลเซชัน**

Random walk; generating function; recurrence, boundary conditions; steady state and the electrostatic analogy; variations on the random walk; shape of a random walk; path integrals and self-avoidance; scaling of walks and critical phenomena; walks and the $O(n)$ model: mean field theory and spin waves; fractal, and renormalization; renormalization group

การเดินแบบสุ่ม ฟังก์ชันก่อกำเนิด การเกิดซ้ำ เงื่อนไขขอบเขต สถานะคงตัวและการอุปมาทับเชิงไฟฟ้าสถิต การเดินสุ่มแบบต่างๆ รูปร่างของการเดินแบบสุ่ม ปริพันธ์ตามวิถีและการหลีกเลี่ยงตนเอง การปรับมาตราของการเดินและปรากฏการณ์วิกฤติ การเดินและแบบจำลองลำดับเบอน ทฤษฎีสนามเฉลี่ยและคลื่นสปิน แฟร็กทัลและการรีนอร์มอลไลซ์ รีนอร์มอลไลเซชันกรุป

NWTP 851 Advanced General Relativity**3(3-0-6)****นวพท ๘๕๑ สัมพัทธภาพทั่วไปขั้นสูง**

Differential manifolds; tangent vector spaces; Lie derivatives; torsion and curvature; spinor algebra; Petrov classification; Newman-Penrose formalism; Asymptotics; conformal gauge; the characteristic initial value problem; Cauchy problem; Lagrangian and Legendrian maps

มานิโฟลด์ที่อนุพันธ์ได้ ปริภูมิเวกเตอร์แทนเจนท์ อนุพันธ์ลี การบิดและความโค้ง พีชคณิตของสปินเนอร์ การจำแนกเพททรอฟ รูปแบบนิวแมน-เพ็นโรส พฤติกรรมเส้นกำกับ เกจคองรูป ปัญหาค่าเริ่มต้นบ่งลักษณะเฉพาะ ปัญหาโคซี แผนภูมิลากรางและเลอจอง

NWTP 852 Scalar-Tensor Theory of Gravitation**3(3-0-6)****นวพท ๘๕๒ ทฤษฎีความโน้มถ่วงแบบสเกลาร์-เท็นเซอร์**

Origin of scalar field; weak equivalence principle; prototype Brans-Dicke model; conformal transformation; Brans-Dicke model with cosmological constant; two-scalar model; scale invariance; dilaton as Nambu-Goldstone boson; coupling to matter; temporal variation of fine structure constant; generalized scalar theories

จุดกำเนิดของสนามสเกลาร์ หลักการสมมูลแบบอ่อน แบบจำลองแบรนส์-ดิกกีต้นแบบ การแปลงคองรูป แบบจำลองแบรนส์-ดิกกีกับค่าคงที่จักรวาลวิทยา แบบจำลองสองสนามสเกลาร์ สเกลอินแวเรียนซ์ ดิเลตอนในบทบาทของโบซอนนามบู-โกลด์สโตน การคู่ควบกับสสาร การแปรตามเวลาของค่าคงตัวโครงสร้างละเอียด ทฤษฎีสเกลาร์-เท็นเซอร์กรณีที่เป็นทั่วไป

NWTP 853 Dark Energy and Modifications of Gravity**3(3-0-6)****นวพท ๘๕๓ พลังงานมืดและความโน้มถ่วงขยายความ**

Observational evidence of dark energy; cosmological constant; fine-tuning and coincident problem; anthropic principle; quintessence; k-essence; phantoms; coupled dark energy; chameleons; future singularities; $f(R)$ gravity; scalar-tensor theories; Gauss-Bonnet dark energy models; brane worlds; void models; backreactions; dark energy cosmological perturbations

หลักฐานทางการสังเกตการณ์ของพลังงานมืด ค่าคงที่จักรวาลวิทยา ผลเฉลยปรับมาตร ปัญหาความประจวบเหมาะ หลักการเชิงมานุษยวิทยา แบบจำลองควินเทสเซนซ์ แบบจำลองเค-เอสเซนซ์ แบบจำลองแฟนทอม แบบจำลองพลังงานมืดคู่ควบ แบบจำลองคามิเลียน ภาวะเอกฐานในอนาคต ความโน้มถ่วงแบบเอพอาร์ ทฤษฎีสเกลาร์-เท็นเซอร์ แบบจำลองพลังงานมืดแบบเกาส์-บอนเนต ภาพแผ่น แบบจำลองวอยด์ ปฏิกริยากลับหลัง การรบกวนเชิงจักรวาลวิทยาที่เป็นผลจากพลังงานมืด

NWTP 854 Gauge Symmetries in Gravitation**3(3-0-6)****นวพท ๘๕๔ สมมาตรเกจในความโน้มถ่วง**

Spacetime symmetries; Poincare gauge theory; Weyl gauge theory; Hamiltonian formulation; gauge symmetries, asymptotic symmetries and conservation laws; gravity in flat spacetime; nonlinear effects in gravity; supersymmetry and supergravity; Kaluza-Klein theory; string theory

สมมาตรของกาลอวกาศ ทฤษฎีเกจของปวงกาเร ทฤษฎีเกจของไวล์ รูปแบบแฮมิลโทเนียน สมมาตรเกจแบบต่างๆ สมมาตรด้วยเส้นกำกับและกฎการอนุรักษ์ ความโน้มถ่วงในอวกาศแบนราบ ผลกระทบแบบไม่เชิงเส้นในความโน้มถ่วง สมมาตรยวดยิ่งและความโน้มถ่วงยวดยิ่ง ทฤษฎีของคาลูซา-ไคลน์ ทฤษฎีสตริง

NWTP 855 Physics of Black Holes

3(3-0-6)

นwfท ๘๕๕ ฟิสิกส์ของหลุมดำ

Gravitational collapse; Schwarzschild black holes; Killing vectors; free collapse of spherically symmetric pressure; Carter-Penrose diagrams; asymptotia; event horizon; charged black holes; Cauchy horizons; rotating black holes; uniqueness theorem; Kerr solution; Penrose process; covariant formulation of charged integral; ADM energy; Komar integrals; the laws of black hole thermodynamics; Hawking radiation

การยุบตัวโดยความโน้มถ่วง หลุมดำชวาชิลด์ เวกเตอร์คิลลิง การยุบตัวอิสระของความดันที่มีสมมาตรทรงกลม แผนภาพคาร์เตอร์-เพ็นโรส ออสมิโตเปียร์ ขอบฟ้าเหตุการณ์ หลุมดำที่มีประจุ ขอบฟ้าโคซี หลุมดำที่มีการหมุน ทฤษฎีบทยูนิคเนส ผลเฉลยของเคอร์รรู กระบวนการเพ็นโรส รูปแบบโคแควเรียนท์ของปริพันธ์ประจุ พลังงานเอดีเอ็มปริพันธ์โคมาร์ กฎทางอุณหพลศาสตร์ของหลุมดำ การแผ่รังสีฮอว์กิง

NWTP 856 Theoretical Foundations of Cosmology

3(3-0-6)

นwfท

๘๕๖

รากฐานเชิงทฤษฎีของจักรวาลวิทยา

Manifold model of spacetime; relativistic model of spacetime; method of fiber bundles; frame bundle and general relativity; cosmological problem; geometry of standard cosmological model; evolution of dynamical spacetime theories

แบบจำลองมานิโฟลด์ของกาลอวกาศ แบบจำลองสัมพัทธภาพของกาลอวกาศ วิธีการไฟเบอร์บันเดิลเฟรมบันเดิลและสัมพัทธภาพทั่วไป ปัญหาจักรวาลวิทยา เรขาคณิตของแบบจำลองจักรวาลวิทยามาตรฐาน วิวัฒนาการของทฤษฎีกาลอวกาศที่เป็นพลวัต

NWTP 861 Cosmic Microwave Background Radiation

3(3-0-6)

นwfท ๘๖๑ รังสีคอสมิกไมโครเวฟพื้นหลัง

Statistical properties of random field; correlation functions; power spectra; ergodic theorem; cosmic variance; Newtonian perturbation; Boltzmann's equations; Jean mass; gauge transformation; gauge invariance; perturbation equations; the Bardeen equation; transfer function; acoustic oscillation; Liouville equation; Silk damping; CMB multipoles; spherical expansion; Sachs-Wolfe effect; reionization; Stokes' parameters; power spectrum of CMB polarization

คุณสมบัติเชิงสถิติของสนามแบบสุ่ม ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ สเปกตรัมกำลัง ทฤษฎีบทเออร์โกดิก ความแปรปรวนระดับจักรวาล การรบกวนแบบนิวโทเนียน สมการของโบลซ์มานน์ มวลจีน การแปลงเกจ เกจอินแวเรียนซ์ สมการการรบกวน สมการบาร์ดีน ฟังก์ชันถ่ายโอน การสั่นเชิงสวอนศาสตร์ สมการลูวิลล์ การหน่วงซิลค์ มัลติโพลของรังสีคอสมิกไมโครเวฟพื้นหลัง การกระจายอนุกรมแบบทรงกลม ปราคฏการณ์แซคส์-วูลฟ์ รีไอออไนเซชันพารามิเตอร์ของสโตคส์ สเปกตรัมกำลังของโพลาริเซชันในรังสีคอสมิกไมโครเวฟพื้นหลัง

NWTP 862 Quantum Cosmology**3(3-0-6)****นวพท ๘๖๒ จักรวาลวิทยาควอนตัม**

Hamiltonian treatment of general relativity; classical boundary-value problem; path-integral in quantum gravity; spin 1/2 fermions; Hamiltonian formulation of supergravity; quantum amplitude; semi-classical expansion; Ashtekar variables in general relativity and in supergravity; quantum loop

วิธีการแฮมิลโทเนียนในสัมพัทธภาพทั่วไป ปัญหาค่าขอบเขตแบบคลาสสิก การปริพันธ์ตามวิถีในความโน้มถ่วงควอนตัม เฟอร์มิออนซึ่งมีสปินครึ่ง รูปแบบแฮมิลโทเนียนสำหรับความโน้มถ่วงยวดยิ่ง แอมพลิจูดควอนตัม การกระจายกึ่งคลาสสิก ตัวแปรแอสเตการ์ในสัมพัทธภาพทั่วไปและในความโน้มถ่วงยวดยิ่ง ควอนตัมลูป

Dissertation**NWTP 699 Dissertation****36(0-108-0)****นวพท ๖๙๘ วิทยานิพนธ์**

Carrying out literatures review; developing research proposals with advisor and conducting research in theoretical physics with academic ethics; noticing and applying of critical skills in the spirit of paradigms in the philosophy of natural theories; dissertation writing; dissertation presenting; dissertation defending; publishing research outputs in high standard journals

การทบทวนวรรณกรรมจนสามารถพัฒนาหัวข้อการวิจัยทางฟิสิกส์ทฤษฎีร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดำเนินกิจกรรมวิจัยด้วยจริยธรรมทางวิชาการและใช้กระบวนการทัศน์เชิงวิพากษ์ในการถามหาความสมเหตุสมผลของกระบวนการทัศน์ในปรัชญาของทฤษฎีสำหรับระบบธรรมชาติ การเขียนวิทยานิพนธ์ การนำเสนอและสอบวิทยานิพนธ์ การตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารที่มีมาตรฐานสูง

NWTP 799 Dissertation**48(0-144-0)****นวพท ๖๙๙ วิทยานิพนธ์**

Carrying out literatures review; developing research proposals with advisor and conducting research in theoretical physics with academic ethics; noticing and applying of critical skills in the spirit of paradigms in the philosophy of natural theories; dissertation writing; dissertation presenting; dissertation defending; publishing research outputs in high standard journals

การทบทวนวรรณกรรมจนสามารถพัฒนาหัวข้อการวิจัยทางฟิสิกส์ทฤษฎีร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดำเนินกิจกรรมวิจัยด้วยจริยธรรมทางวิชาการและใช้กระบวนการทัศน์เชิงวิพากษ์ในการถามหาความสมเหตุสมผลของกระบวนการทัศน์ในปรัชญาของทฤษฎีสำหรับระบบธรรมชาติ การเขียนวิทยานิพนธ์ การนำเสนอและสอบวิทยานิพนธ์ การตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารที่มีมาตรฐานสูง

Appendix B
Curriculum Vitae of the Faculty in Charge of the Program

1 Name: Professor Dr. Burin Gumjudpai

Education

Degree	Degree Name	Institute	Year of Graduation
Ph.D.	Cosmology	University of Portsmouth, U.K.	2003
M.Econ.	Financial Economics	National Institute of Development Administration	2020
M.Sc.	Physics	University of Sussex, U.K.	1999
B.S.	Physcis	Chiang Mai University, Thailand	1996

Affiliation: Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy, Nakhon Sawan Campus, Mahidol University

Interesting Research Topics or Specialties

1. Gravity
2. Cosmology
3. Thermodynamics
4. Physics of social system

Academic work as not part of the study for degree certificate and published and disseminated in accordance with the stipulated criteria regarding academic rank appointment in five retrospective years *

Types of Academic Work	Title	Standard Criteria and Weights	Year of Publication
Published research work	<p>[1] Kaeonikhom, C., Rangdee, P., Hooshyar, A., Ssadullahi, Gumjudpai, B., Schewtschenko, J., & Wands, D. (2020, December). Qualitative dynamics of interacting vacuum cosmologies. <i>Physical Review D</i>, 102, 10.1103/PhysRevD.102.123519.</p> <p>[2] Kritpetch, C., Muhammad, C., & Gumjudpai, B. (2020, December). Holographic dark energy with non-minimal derivative coupling to gravity effects. <i>Physics of the Dark Universe</i>, 30, 10.1016/j.dark.2020.100712</p> <p>[3] Gumjudpai, B., “Thermodynamics Formulation of Economics,” Proceedings of International Conference on Thermodynamic 2.0., 22-24 June 2020. Worcester, MA, USA, 9-12.</p> <p>[4] Kritpetch, C., Sanongkhun, J., Vanichchajaroen, P., & Gumjudpai, B. (2020, May). Nonlinear Schrödinger-type formulation of scalar field cosmology: Two barotropic fluids and exact solutions. <i>Modern Physics Letters A</i>, 35, (19),10.1142/S0217732320501576.</p>	12, 1 12, 1 11,0.4 12, 1	2020 2020 2020 2020
Books	<p>บุรินทร์ กำจัดภัย (2563), จักรวาลวิทยา ปฐมบท, คณะกรรมการหนังสือตำราสถาบันสำนักเรียนท่าโพธิ์ฯ, 381 หน้า (ISBN 978-616-7902-34-0)</p>	7, 1	2020

Assigned Teaching Load for the Proposed Program

NWTP 701 Philosophy of Natural Systems 1(1-0-2)

NWTP 751 General Relativity 4(4-0-8)

NWTP 699 Dissertation 36 (0-108-0)

NWTP 799 Dissertation 48 (0-144-0)

2. Name: Lecturer Dr. Nandan Roy

Education

Degree	Degree Name	Institute	Year of Graduation
Ph.D.	Physics	Indian Institute of Science Education and Research Kolkata, India	2015
M.Sc. (First Class)	Physics	Vidyasagar University, India	2008
B.Sc. (First Class Hons.)	Physics	Vidyasagar University, India	2006

Affiliation: Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy, Nakhon Sawan Campus, Mahidol University

Interesting Research Topics or Specialties

1. Study of scalar field models of dark energy using dynamical systems analysis and recent cosmological data.
2. Dynamical system analysis and it's application in cosmology and general relativity.
3. The Critical phenomenon in gravitational collapse.
4. Signature of chaos in gravity and cosmology.
5. Stability properties of the astrophysical fluid under strong gravity through the linearized and non-linear perturbation analysis.
6. Application of Machine learning to cosmology.

Academic work as not part of the study for degree certificate and published and disseminated in accordance with the stipulated criteria regarding academic rank appointment in five retrospective years *

Types of Academic Work	Title	Standard Criteria and Weights	Year of Publication
Published research work	[1] Linares Cedeno, F. X., Roy, N. , & Urena-Lopez, L. A. (2021, December). Tracker phantom field and a cosmological constant: dynamics of a composite dark energy model. <i>Physical Review D</i> , 104, (12), 10.1103/PhysRevD.104.123502	12, 1	2021
	[2] Ureña-López, L. A., & Roy, N. (2020, September). Generalized tracker quintessence models for dark energy. <i>Physical Review D</i> , 102, (6), 10.1103/PhysRevD.102.063510.	12, 1	2020
	[3] Das, S., Banerjee, M., & Roy, N. (2019, August). Dynamical system analysis for steep potentials. <i>Journal of Cosmology and Astroparticle Physics</i> , 2019, (8), 10.1088/1475-7516/2019/08/024	12, 1	2019
	[4] Roy, N. , & Bamba, K. (2019, June). Arbitrariness of potentials in interacting quintessence models. <i>Physical Review D</i> , 99, (12), 10.1103/PhysRevD.99.123520.	12, 1	2019

Assigned Teaching Load for the Proposed Program

NWTP 741 Non-linear Dynamics 2(2-0-4)

NWTP 699 Dissertation 36 (0-108-0)

NWTP 799 Dissertation 48 (0-144-0)

3. Name: Lecturer Dr. Pradeep Bhadola

Education

Degree	Degree Name	Institute	Year of Graduation
Ph.D.	Physics	University of Delhi, India	2016
M.Sc. (First Class)	Physics	University of Delhi, India	2008
B.Sc. (First Class Hons.)	Physics	University of Delhi, India	2006

Affiliation: Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy, Nakhon Sawan Campus, Mahidol University

Interesting Research Topics or Specialties

1. Complex system and Network
2. Computational Physics
3. Statistical Mechanics
4. Econophysics

Academic work as not part of the study for degree certificate and published and disseminated in accordance with the stipulated criteria regarding academic rank appointment in five retrospective years *

Types of Academic Work	Title	Standard Criteria and Weights	Year of Publication
------------------------	-------	-------------------------------	---------------------

Published research work	[1] Sujaritpong, O., Yoo-Kong, S., & Bhadola, P. (2021, January). Analysis and dynamics of the international coffee trade network. <i>Journal of Physics: Conference Series</i> , 1719, (1), 10.1088/1742-6596/1719/1/012106.	11,0.4	2021
	[2] Saichaemchan, S., & Bhadola, P. (2021, January). Evolution, structure and dynamics of the Thai stock market: A network perspective. <i>Journal of Physics: Conference Series</i> , 1719, (1), 10.1088/1742-6596/1719/1/012105.	11,0.4	2021
	[3] Bhadola, P. , Saichaenchan, S., & Deo, N. (2020, December). Spectral analysis of financial threshold networks. <i>Indian Academy of Sciences Conference Series</i> , 3, (1), 151-160.	11,0.4	2020
	[4] Bhadola, P. , & Deo, N. (2019, April). Evolution and dynamics of the currency network. <i>New Economic Windows: New Perspectives and Challenges in Econophysics and Sociophysics</i> , 133-145.	11,0.4	2019
	[5] Bhadola, P. , & Deo, N. (2019, October). Spectral and network method in financial time series analysis: A study on stock and currency market. <i>Network Theory and Agent-Based Modeling in Economics and Finance</i> , 331-351.	12, 1	2019

Assigned Teaching Load for the Proposed Program

NWTP 641 Complex and Adaptive Systems 2(2-0-4)

NWTP 699 Dissertation 36 (0-108-0)

NWTP 799 Dissertation 48 (0-144-0)

Full time instructors

1. Name: Lecturer Dr. Kumar Abhinav

Education

Degree	Degree Name	Institute	Year of Graduation
Ph.D.	Physics	Indian Institute of Science Education and Research Kolkata, India	2015
M.Sc. (First Class)	Physics	Dibrugarh University, India	2005
B.Sc. (First Class Hons.)	Physics	Dibrugarh University, India	2003

Affiliation: Centre for Theoretical Physics and Natural Philosophy, Nakhon Sawan Campus, Mahidol University

Interesting Research Topics or Specialties

1. Topological gauge theory
2. Effective gravity
3. Integrable and non-integrable deformations, pseudo-Hermitian systems.

Academic work as not part of the study for degree certificate and published and disseminated in accordance with the stipulated criteria regarding academic rank appointment in five retrospective years *

Types of Academic Work	Title	Standard Criteria and Weights	Year of Publication
Published research work	[1] K. Abhinav , I. Mukherjee & P. Guha. (2022,May). Non-holonomic and quasi-integrable deformations of the AB equations. Physica D: Nonlinear Phenomena, (433), 10.1016/j.physd.2022.133186.	12,1	2022
	[2] Abhinav, K. , Guha, P., & Mukherjee, I. (2020, January). Analysis and comparative study of non-holonomic and quasi-integrable deformations of	12,1	2020

	<p>the nonlinear Schrodinger equation. Nonlinear Dynamics, 99, (2), 1179-1194.</p> <p>[3] Abhinav, K., Guha, P., & Mukherjee, I. (2018, October). Study of quasi-integrable and non-holonomic deformation of equations in the NLS and DNLS hierarchy. Journal of Mathematical Physics, 59, (10), 10.1063/1.5019268.</p>	12,1	2018
--	--	------	------

Assigned Teaching Load for the Proposed Program

NWTP 702 Symmetries and Lie Algebra in Physics 2(2-0-4)

NWTP 801 Geometry and Topology in Physics 3(3-0-6)

Table of Relationship between Learning Outcomes of the Program and Core Value of Mahidol University

Learning Outcomes (as stated in Section 5, item no. 2)	Core value of Mahidol University
1. Morality and Ethics	
1.1 Possessing consciousness and awareness in order to act according to complicated ethics in academics and generosity	Integrity, Altruism
2. Knowledge	
2.1 Possessing profound knowledge and understanding in the principle and theories of (1) philosophy of natural systems (2) physics with equation of motion (3) physics with equation of state	Mastery
2.2 Possessing deep knowledge in a sub-discipline of theoretical physic such that the student is able to self-motivated track the subject progress in order to synthesize one themselves	Mastery, Determination
2.3 Possessing sufficient knowledge in nature of theory to analyses and critique theories about nature	Mastery, Harmony, Determination, Originality
3. Intellectual Skills	
3.1 Able to analyze theories in physics and applied such principle to the real world.	Mastery, Determination
3.2 Solving theoretical physical problems with appropriate principles.	Determination
3.3 Being critical to the connection between physics and theories of other disciplines.	Mastery, Determination, Originality
4. International Relationship and responsibility	
4.1 Having Responsibilities and collaborating with others with cautiousness and good interpersonal skills both as a leader and as a member of the team	Altruism, Leadership, Harmony, Originality
5. Mathematical Analytical Thinking, Communication Skills, and Information	
5.1 Able to study and interpret presentation in formats of table and diagrams also able to select an appropriate statistic or advance mathematics in research and suggesting problem solving directions.	Mastery, Determination, Originality, Leadership

Learning Outcomes (as stated in Section 5, item no. 2)**Core value of Mahidol University**

5.2 Able to utilize information technology to search, compile, interpret and present appropriately. Mastery, Determination, Originality

Appendix D
Program Learning Outcomes

Table 1: Comparison between before and after revised objective of the program

Objective of the Program (2023)
1. Students possess morals and ethics such as ability to resolve conflict of interests, being honest by not conducting plagiarism in academic work, realization in rights and duties of citizen.
2. Students possess deep knowledge and contemplating the unite structure of theoretical physics.
3. Students possess self- motivation in studying, good skills in analyzing and synthesizing of theoretical physics knowledge.
4. Students possess self- control ability, duty and personal responsibility, social relation building capacity, understanding and realization of roles in teamwork as leader and team members and acting accordingly to the roles.
5. Student possess abilities to interpret, communicate (including listening, reading, speaking and writing), selecte appropriate statistical and mathematical tools in modeling and problems solving, and use computational skills and information technology appropriately.

Table 2: Relationship between objective of the program and program learning outcome

Objective of the Program	Program Learning Outcome*				
	PLO1	PLO2	PLO3	PLO4	PLO5
1. Students possess morals and ethics such as ability to resolve conflict of interests, being honest by not conducting plagiarism in academic work, realization in rights and duties of citizen.	√				
2. Students possess deep knowledge and contemplating the unite structure of theoretical physics.		√			
3. Students possess self-motivation in studying, good skills in analyzing and synthesizing of theoretical physics knowledge.			√		
4. Students possess self-control ability, duty and personal responsibility, social relation building capacity, understanding and realization of roles in teamwork as leader and team members and acting accordingly to the roles.				√	
5. Student possess abilities to interpret, communicate (including listening, reading, speaking and writing) , selecte appropriate statistical and mathematical tools in modeling and problems solving, and use computational skills and information technology appropriately.					√

PLO1 Understanding of rights and duties of themselves as a citizen of a country and of the world, and possessing moral and theoretical physics professional values

PLO2 Having profound knowledge and understanding core principles of theoretical physics

PLO3 Having intellectual characters and skills in logically criticizing, analyzing and synthesizing theoretical physics knowledge or philosophical concepts of natural systems

PLO4 Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective

PLO5 Having good skills in communication, using information technology and data analyzing with appropriate mathematical and statistical tools

Table 3: Standard domains of learning outcome and Program Learning Outcomes

Domains	Standard Learning Outcomes (TQF)	Program Learning Outcomes				
		PLO1	PLO2	PLO3	PLO4	PLO5
Morality and Ethics	1.1 Possess consciousness and awareness in order to act according to complicated ethics in academics and generosity.	√				
Knowledge	2.1 Possess profound knowledge and understanding in the principle and theories of (1) philosophy of natural systems (2) physics with equation of motion (3) physics with equation of state		√			
	2.2 Possessing deep knowledge in a sub- discipline of theoretical physic such that the student is able to self- motivated track the subject progress in order to synthesize one themself		√			
	2. 3 Possessing sufficient knowledge in nature of theory to analyses and critique theories about nature		√			
Intellectual Development	3.1 Being able to analyze theories in physics and applied such principle to the real world.			√		
	3. 2 Solving theoretical physical problems with appropriate principles.			√		
	3. 3 Being critical to the connection between physics and theories of other disciplines.			√		
Interpersonal Relationship and Responsibility	4. 1 Having Responsibilities and collaborating with others with cautiousness and good interpersonal skills both as a leader and as a member of the team				√	

Domains	Standard Learning Outcomes (TQF)	Program Learning Outcomes				
		PLO1	PLO2	PLO3	PLO4	PLO5
Math, Communication, IT Skills	5.1 Able to study and interpret presentation in formats of table and diagrams also able to select an appropriate statistic or advance mathematics in research and suggesting problem solving directions.					√
	5.2 Able to utilize information technology to search, compile, interpret and present appropriately.					√

Table 4: Learning and Assessment Strategies for Program Learning Outcomes Evaluation

PLOs	Learning Method	Assessment
<p>PLO1 Understanding of rights and duties of themselves as a citizen of a country and of the world, and possessing moral and theoretical physics professional values</p>	<p>1.1 Faculty members create and maintain good institutional culture wherein duties, rights, using shared resources and generosity are of concerned.</p> <p>1.2 Faculty members are role model in academic integrity and is mentioned in the courses where suitable.</p>	<p>1.1 Punctual and rule respect behaviors are observed.</p> <p>1.2 No plagiarism, and work of others are fully respected by include a proper accurate reference when needed.</p> <p>1.3 Role and generosity in activities are observed.</p>
<p>PLO2 Having profound knowledge and understanding core principles of theoretical physics</p>	<p>2.1 Encouraging questions in class so that the knowledge and theories are investigated rigorously for validity and soundness</p> <p>2.2 Assigning work in from of research, report and presentation are given with well- informed feedback from faculty members.</p> <p>2.3 Routinely arranging academic seminar so to turn it to culture</p> <p>2.4 Supporting participation in learning activities such as presenting research works in academic conference</p>	<p>2.1 Qualifying examination, midterm examination, and final examination</p> <p>2.2 Assigned works</p> <p>2.3 In class presentations</p> <p>2.4 Behaviour in developing the dissertation, proposal examination, and dissertation examination are observed</p>
<p>PLO3 Having intellectual characters and skills in logically criticizing, analyzing and synthesizing theoretical physics knowledge or</p>	<p>3.1 Training in critical thinking and dialoguing with instructor where appropriate in courses</p> <p>3.2 Teaching based on analysis of case study and hypothetical situation</p> <p>3.3 Assigned work to study, analyze, synthesize, predict and critique in form of reports or presentations</p>	<p>3.1 Evaluating form works and behaviour such as questions asked to the case study and hypothetical situation</p> <p>3.2 Critical-thinking-based examination or oral examination</p> <p>3.3 Answer given to the question in proposal examinations and dissertation examinations</p>

PLOs	Learning Method	Assessment
philosophical concepts of natural systems		
PLO4 Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective	<p>4.1 Organizing class with group works and assignments that require collaboration</p> <p>4.2 Organizing activities with various duties and motivate self-development</p>	<p>4.1 Participations and role in the group activities are observed.</p> <p>4.2 Working behaviors both in individual works and group works are observed.</p> <p>4.3 Participations in discussion and dialogue are observed.</p>
PLO5 Having good skills in using information technology and in data analyzing with appropriate mathematical and statistical tools	<p>5.1 Analyzing hypothetical situation related to numerical analysis.</p> <p>5.2 Setting up learning experience to promote student skills in selection and usage of information technologies.</p> <p>5.3 Stimulating student to communicate in various forms and methods.</p>	<p>5.1 Evaluating form presentation techniques that use information technologies, mathematic or statistics.</p> <p>5.2 Evaluating skills of delivering an explanation and discussion in class.</p> <p>5.3 Evaluating from critical thinking skills reflect in assignments and the dissertation.</p>

Table 5: Relationship between Courses of the Program and Program Learning Outcomes

Code	Name	Credits	PLOs				
			1	2	3	4	5
1.Required courses							
NWTP 511	Classical Dynamics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 512	Quantum Mechanics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 521	Equilibrium Thermodynamics and Phase Transitions	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 531	Fluid Dynamics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 601	Integrable System	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 611	Classical Field Theory	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 641	Complex and Adaptive Systems	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 691	Theoretical Physics and Natural Philosophy Seminar	1(1-0-2)	M	R	M	P	P
NWTP 701	Philosophy of Natural Systems	1(1-0-2)	P	P	R	R	P
NWTP 702	Symmetries and Lie Algebra in Physics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 741	Non-linear Dynamics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 801	Geometry and Topology in Physics	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
2. Elective courses							
NWTP 501	Mathematical Methods of Physics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 502	Green's Functions and Propagations	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 503	Numerical Methods in Physics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 513	Classical Electrodynamics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 522	Equilibrium Statistical Mechanics and Kinetic Theory	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 532	Vibrations and Waves	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 551	Special Relativity	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 612	Relativistic Quantum Mechanics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 613	Quantum Mechanics and Path Integrals	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 614	Particles and Fields	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 631	Signals and Systems	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 681	Statistics for Physics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 682	Computer Simulation for Physics	2(2-0-4)	P	P	R	R	P
NWTP 711	Relativistic Quantum Fields I	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 712	Relativistic Quantum Fields II	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 713	Soliton and Instanton	3(3-0-6)	P	P	R	R	P

Code	Name	Credits	PLOs				
			1	2	3	4	5
NWTP 714	Quantum Fields in Curved Spacetime	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 715	Finite Temperature Field Theory	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 721	Non-equilibrium Thermodynamics	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 722	Advanced Statistical Mechanics	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 723	Non-Equilibrium Statistical Mechanics	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 731	Turbulence	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 732	Fluctuations in Physical Systems	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 733	Synchronization	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 734	Condensed Matter Physics	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 735	Granular Physics	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 742	Complex Network	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 743	Scaling	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 744	Self-Organization and Pattern Formation	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 751	General Relativity	4(4-0-8)	P	P	R	R	P
NWTP 761	Cosmology	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 762	The Early Universe	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 763	Observational Cosmology	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 771	Physics of Economy and Financial System	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 772	Physics of Social System	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 773	Physics of Ecological System	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 774	Physics of Traffics	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 781	Probability, Entropy, Information and Communication	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 782	Bayesian Data Analysis	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 783	Time Series Analysis	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 784	Random Matrix Theory	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 785	Stochastic Calculus for Physics	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 786	Applied Game Theory and Evolutionary Dynamics	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 811	Supersymmetry and Supergravity	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 812	String Theory	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 813	Statistical Field Theory	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 814	Loop Quantum Gravity	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 815	Advanced Quantum Field Theory	3(3-0-6)	P	P	R	R	P

Code	Name	Credits	PLOs				
			1	2	3	4	5
NWTP 816	Topological gauge theory and geometrical phases	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 821	Theory of Critical Phenomena	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 822	Phase Transitions in Classical Field Theory	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 841	Synergetics I	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 842	Synergetics II	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 843	Catastrophe Theory	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 844	Random Walk and Renormalizations	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 851	Advanced General Relativity	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 852	Scalar-Tensor Theory of Gravitation	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 853	Dark Energy and Modifications of Gravity	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 854	Gauge Symmetries in Gravitation	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 855	Physics of Black Holes	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 856	Theoretical Foundations of Cosmology	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 861	Cosmic Microwave Background Radiation	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
NWTP 862	Quantum Cosmology	3(3-0-6)	P	P	R	R	P
3. Dissertation							
NWTP 699	Dissertation	36(0-108-0)	M	M	M	M	M
NWTP 799	Dissertation	48(0-144-0)	M	M	M	M	M

I = ELO is introduced & assessed

P = ELO is practiced & assessed

R = ELO is reinforced & assessed

M = Level of Mastery is assessed

Table 6: The expectation of learning outcomes at the end of the academic year

Students with Master's Degree

Year of study	Knowledge, skills, and any other expected learning outcomes
1 st	<ul style="list-style-type: none"> - Having profound knowledge and understanding core principles of theoretical physics - Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective - Having good skills in communication, using information technology and data analyzing with appropriate mathematical and statistical tools
2 nd	<ul style="list-style-type: none"> - Having profound knowledge and understanding core principles of theoretical physics - Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective - Having good skills in communication, using information technology and data analyzing with appropriate mathematical and statistical tools - Having intellectual characters and skills in logically criticizing, analyzing and synthesizing theoretical physics knowledge or philosophical concepts of natural systems
3 rd	<ul style="list-style-type: none"> - Having profound knowledge and understanding core principles of theoretical physics - Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective - Having good skills in communication, using information technology and data analyzing with appropriate mathematical and statistical tools - Having intellectual characters and skills in logically criticizing, analyzing and synthesizing theoretical physics knowledge or philosophical concepts of natural systems - Understanding of rights and duties of themselves as a citizen of a country and of the world, and possessing moral and theoretical physics professional values

Students with Bachelor's Degree

Year of study	Knowledge, skills, and any other expected learning outcomes
1 st	<ul style="list-style-type: none"> - Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective
2 nd	<ul style="list-style-type: none"> - Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective - Having good skills in communication, using information technology and data analyzing with appropriate mathematical and statistical tools
3 rd	<ul style="list-style-type: none"> - Having profound knowledge and understanding core principles of theoretical physics

	<ul style="list-style-type: none"> - Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective - Having good skills in communication, using information technology and data analyzing with appropriate mathematical and statistical tools - Having intellectual characters and skills in logically criticizing, analyzing and synthesizing theoretical physics knowledge or philosophical concepts of natural systems
4 th	<ul style="list-style-type: none"> - Having profound knowledge and understanding core principles of theoretical physics - Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective - Having good skills in communication, using information technology and data analyzing with appropriate mathematical and statistical tools - Having intellectual characters and skills in logically criticizing, analyzing and synthesizing theoretical physics knowledge or philosophical concepts of natural systems - Understanding of rights and duties of themselves as a citizen of a country and of the world, and possessing moral and theoretical physics professional values
5 th	<ul style="list-style-type: none"> - Having profound knowledge and understanding core principles of theoretical physics - Having skills in building relation in team working environment and showing self-responsibility and open-minded perspective - Having good skills in communication, using information technology and data analyzing with appropriate mathematical and statistical tools - Having intellectual characters and skills in logically criticizing, analyzing and synthesizing theoretical physics knowledge or philosophical concepts of natural systems - Understanding of rights and duties of themselves as a citizen of a country and of the world, and possessing moral and theoretical physics professional values