कोटा विश्वविद्यालय, कोटा

UNIVERSITY OF KOTA, KOTA

पाठ्यक्रम रूपरेखा, प्रक्रीया एवं विवरण

Curriculum Framework, Syllabus, Scheme and Course Details

विज्ञान संकाय

Faculty of Science

विज्ञान स्नातक (बी.एससी.)

Bachelor of Science (B.Sc.)

भौतिक विज्ञान पाठ्यक्रम कोड : PHY9600P

Physics Programme Code: PHY9600P

पंचम समेस्टर (जुलाई-दिसंबर, 2025)

षष्ठम समेस्टर (जनवरी-जून 2026)

Fifth Semester (July-December, 2025)
Sixth Semester (January-June, 2026)

Edition: 2025
संस्करण : 2025

Programme code (पाठ्यक्रम कोड): PHY9600P

Type of Programme (पाठ्यक्रम का प्रकार): Regular/ Non-Collegiate (नियमित/स्वयंपाठी)

Title of Programme (पाठ्यक्रम का शीर्षक): B.Sc. (विज्ञान स्नातक)

Level of Programme (पाठ्यक्रम का स्तर): UG (स्नातक)

Medium of Instruction and Examination: English/ Hindi.
शिक्षण एवं परीक्षा का माध्यम: अंग्रेजी/हिंदी

Qualification Level of the Programme: NHEQF Level 5.5
पाठ्यक्रम का योग्यता स्तर: एनएचईक्यूएफ स्तर 5.5

Duration of the Programme: The B.Sc. [Bachelor of Science] program consists of three academic years separated into six semesters. Students who pass the first and second semester examinations have the option of graduating with a science certificate. Additionally, students have the choice to graduate with a diploma in science after completing the examinations for the third and fourth semesters. The student will receive a Bachelor of Science (B.Sc.) degree after successfully completing the three-year curriculum. The B.Sc. (Hons.-Physics) Four year scheme will be subjected to the University of Kota, Kota decision.

पाठ्यक्रम की अवधि: बी.एससी. विज्ञान स्नातक **पाठ्यक्रम** तीन शैक्षणिक वर्षों का होता है, जो छह सेमेस्टर में विभाजित होते हैं। पहले और दूसरे सेमेस्टर की परीक्षाएँ उत्तीर्ण करने वाले छात्रों के पास विज्ञान में प्रमाणपत्र के साथ स्नातक होने का विकल्प होता है। इसके अतिरिक्त, छात्रों के पास तीसरे और चौथे सेमेस्टर की परीक्षाएँ उत्तीर्ण करने के बाद विज्ञान में डिप्लोमा के साथ स्नातक होने का विकल्प भी होता है। तीन वर्षीय पाठ्यक्रम सफलतापूर्वक पूरा करने पर छात्र को विज्ञान स्नातक (बीएससी) की उपाधि प्राप्त होगी। बी.एस.सी. (ऑनर्स-भौतिकी) चारवर्षीय योजना कोटा विश्वविद्यालय, कोटा के निर्णय के अधीन होगी।

Objectives of the Programme: Science is concerned with the study of the universe from the smallest to the largest scale, why it is the way it is and how it works. Such knowledge is basic to scientific progress. Many of the conveniences of modern life are based very directly on the understanding provided by physics. Many techniques used in medical imaging are derived directly from physics instrumentation. Core and applied courses of theory as well as practical papers which are compulsory for all thestudents. This Bachelor of Science programme of university is a pioneering model in Indian science and education, imparting education in Physics while simultaneously encouraging a participation in research. This course shall provide the thorough knowledge of branches of Physics with extensive theoretical and experimental knowledgein major areas of Physics.

पाठ्यक्रम के उद्देश्य: विज्ञान, ब्रह्मांड के सूक्ष्मतम से लेकर सबसे बड़े पैमाने तक के अध्ययन से संबंधित है, यह क्यों है और कैसे कार्य करता है। यह ज्ञान वैज्ञानिक प्रगति का आधार है। आधुनिक जीवन की कई सुविधाएँ सीधे तौर पर भौतिकी द्वारा प्रदान की गई समझ पर आधारित हैं। चिकित्सा इमेजिंग में प्रयुक्त कई तकनीकें सीधे भौतिकी उपकरणों से ली गई हैं। सिद्धांत के मूल और

अनुप्रयुक्त पाठ्यक्रम और साथ ही व्यावहारिक शोध-पत्र, जो सभी छात्रों के लिए अनिवार्य हैं। विश्वविद्यालय का यह विज्ञान स्नातक कार्यक्रम भारतीय विज्ञान और शिक्षा में एक अग्रणी मॉडल है, जो भौतिकी में शिक्षा प्रदान करने के साथ-साथ अनुसंधान में भागीदारी को प्रोत्साहित करता है। यह पाठ्यक्रम भौतिकी के प्रमुख क्षेत्रों में व्यापक सैद्धांतिक और प्रायोगिक ज्ञान के साथ-साथ भौतिकी की शाखाओं का गहन ज्ञान प्रदान करेगा।

Programme Outcomes (POs): This Bachelor of Science programme of university is a pioneering model in Indian science and education, imparting education in Physics while simultaneously encouraging a participation in research. This course shall provide the thorough knowledge of branches of Physics with extensive theoretical and experimental knowledgein major areas of Physics.

पाठ्यक्रम परिणाम (POs): विश्वविद्यालय का यह विज्ञान स्नातक पाठ्यक्रम भारतीय विज्ञान और शिक्षा में एक अग्रणी मॉडल है, जो भौतिकी में शिक्षा प्रदान करने के साथ-साथ अनुसंधान में भागीदारी को प्रोत्साहित करता है। यह पाठ्यक्रम भौतिकी के प्रमुख क्षेत्रों में व्यापक सैद्धांतिक और प्रायोगिक ज्ञान के साथ-साथ भौतिकी की शाखाओं का गहन ज्ञान प्रदान करेगा।

Programme Specific Outcomes (PSOs): The programme will support the students to get the fundamentaland applied knowledge of various branches of Physics. The hands-on practical exposure will be enhanced to get the exposure with various aspects of the instruments and their uses. This course also emphasizes on the Communication & Presentation skills of the students in area of Physics.

पाठ्यक्रम-विशिष्ट परिणाम (PSO): यह पाठ्यक्रम छात्रों को भौतिकी की विभिन्न शाखाओं का मूलभूत और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में सहायता करेगा। उपकरणों और उनके उपयोगों के विभिन्न पहलुओं से परिचित कराने के लिए व्यावहारिक अनुभव को बढ़ाया जाएगा। यह पाठ्यक्रम भौतिकी के क्षेत्र में छात्रों के संचार और प्रस्तुति कौशल पर भी ज़ोर देता है।

Structure of the Programme: The B.Sc. (Physics) consists of:

(i) Core and applied courses of theory as well as practical components which are compulsory for all students including Discipline Centric Core (DCC) and Discipline Specific Elective (DSE) nature.

(ii) The program contains different components of NEP-2020 namely Continuous Assessment and Grading System, End of Semester Evaluation, Semester Grade Point Average (SGPA), Cumulative Grade Point Average (CGPA), Laboratory work or Practical component, Academic Bank of Credits (ABC), Elective/optional components, practical focus, practical hands on training, ability enhancement components, etc.

पाठ्यक्रम की संरचना:

(i) सिद्धांत के मुख्य और अनुप्रयुक्त पाठ्यक्रम और साथ ही व्यावहारिक घटक जो सभी छात्रों के लिए अनिवार्य हैं, जिनमें डीसीसी और डीएसई प्रकृति शामिल हैं।

(ii) पाठ्यक्रम में एनईपी-2020 के विभिन्न घटक शामिल हैं, जैसे सतत मूल्यांकन और ग्रेडिंग प्रणाली, सेमेस्टर के अंत में मूल्यांकन, सेमेस्टर ग्रेड प्वाइंट औसत (एसजीपीए), संचयी ग्रेड प्वाइंट औसत (सीजीपीए), प्रयोगशाला कार्य या व्यावहारिक घटक, अकादमिक बैंक ऑफ क्रेडिट (एबीसी), वैकल्पिक/वैकल्पिक घटक, व्यावहारिक फोकस, व्यावहारिक प्रशिक्षण, क्षमता वृद्धि घटक, आदि।

Structure with Distribution of Marks and Credits
अंकों और क्रेडिट के वितरण के साथ संरचना

B.Sc. (Physics) Semester V
विज्ञान स्नातक (भौतिक विज्ञान) समेस्टर - पंचम

Course code	Course Type	Course Nomenclature	Duration of End Sem. Exam	Teaching Hrs per Week & Credit			Distribution of Marks			Min. Pass Marks	
				L	P	C	Conti. Assess.	End Sem. Assess.	Total	**Conti. Assess.**	End Sem. Assess.
PHY501T (Elective)	DSE	**A.** Elementary Quantum Mechanics and Spectroscopy	3 Hrs	4	--	4	30	70	100	12	28
	DSE	**B.** Nuclear and Particle Physics	3 Hrs	4	--	4	30	70	100	12	28
	DSE	**C.** Optics	3 Hrs	4	--	4	30	70	100	12	28
PHY502P	DCC	Physics Practical-V	6 Hrs	--	4	2	--	50	50	--	25
Fifth Semester Total				**4**	**4**	**6**	**30**	**120**	**150**	**--**	

B.Sc. (Physics) Semester VI
विज्ञान स्नातक (भौतिक विज्ञान) समेस्टर - षष्ठम

Course code	Course Type	Course Nomenclature	Duration of End Sem. Exam	Teaching Hrs per Week & Credit			Distribution of Marks			Min. Pass Marks	
				L	P	C	Conti. Assess.	End Sem. Assess.	Total	**Conti. Assess.**	End Sem. Assess.
PHY601T (Elective)	DSE	**A.** Mathematical Physics	3 Hrs	4	--	4	30	70	100	12	28
	DSE	**B.** Solid State Physics	3 Hrs	4	--	4	30	70	100	12	28
	DSE	**C.** Basic Instrumentation Techniques	3 Hrs	4	--	4	30	70	100	12	28
PHY602P	DCC	Physics Practical IV	6 Hrs	--	4	2	--	50	50	--	25
Sixth Semester Total				**4**	**4**	**6**	**30**	**120**	**150**	**--**	
Fifth and Sixth Semester (Third Year) Total				**8**	**8**	**12**	**60**	**240**	**300**		
Option for exit with B.Sc. degree (120 Credit Score)											

Teaching Methodologies: The classroom teaching would be through conventional lectures or information and communication technologies (ICT). The lecture would be such that the student should participate actively in the discussion. Student seminars would be conducted and scientific discussions would be arranged to improve their communicative skills and subjective knowledge. In the laboratory, instructions would be given for the experiments followed by demonstration and finally the students have to do the experiments individually.

शिक्षण पद्धतियाँ: कक्षा शिक्षण पारंपरिक व्याख्यानों या सूचना एवं संचार प्रौद्योगिकी (आईसीटी) के माध्यम से होगा। व्याख्यान इस प्रकार होगा कि छात्र चर्चा में सक्रिय रूप से भाग ले सकें। छात्रों के लिए संगोष्ठियाँ आयोजित की जाएँगी और उनके संचार कौशल और व्यक्तिपरक ज्ञान को बेहतर बनाने के लिए वैज्ञानिक चर्चाएँ आयोजित की जाएँगी। प्रयोगशाला में, प्रयोगों के निर्देश दिए जाएँगे, फिर प्रदर्शन किया जाएगा और अंत में छात्रों को व्यक्तिगत रूप से प्रयोग करने होंगे।

Attendance: Every teaching faculty handling a course shall be responsible for the maintenance of attendance Register for candidates who have registered for the course. Each student should earn 75% attendance in the courses of a particular semester failing which he or she will not be permitted to appear in the End-Semester Examinations. The attendance will be monitored by the concern Head of the Department/Principal of College or any competent authorities, as applicable. However, it shall be open to the authorities to grant exemption to a candidate who has failed to obtain the prescribed attendance for valid reasons as [per their norms.

उपस्थिति: पाठ्यक्रम संचालित करने वाला प्रत्येक शिक्षक, उस पाठ्यक्रम के लिए पंजीकृत अभ्यर्थियों की उपस्थिति पंजिका के रखरखाव के लिए उत्तरदायी होगा। प्रत्येक छात्र को किसी विशेष समेस्टर के पाठ्यक्रमों में 75% उपस्थिति दर्ज करनी होगी, अन्यथा उसे अंतिम समेस्टर परीक्षाओं में बैठने की अनुमति नहीं दी जाएगी। उपस्थिति की निगरानी संबंधित विभागाध्यक्ष/कॉलेज के प्राचार्य या किसी सक्षम प्राधिकारी द्वारा की जाएगी, जैसा भी लागू हो। हालाँकि, प्राधिकारी अपने मानदंडों के अनुसार, वैध कारणों से निर्धारित उपस्थिति दर्ज न कर पाने वाले अभ्यर्थी को छूट दे सकते हैं।

Maximum Marks: Maximum marks of a theory and practical paper shall be decided on the basis of their contact hours/credit per week. One teaching hourper week shall equal to one credit and carry 25 maximum marks and therefore, four teaching hours per paper per week shall carry 100 maximum marks for each theory paper/course. Each four contact hours per week for laboratory or practical work shall be equal to two credits per week and carry 50 maximum marks.

अधिकतम अंक: किसी सैद्धांतिक और प्रायोगिक पेपर के अधिकतम अंक उनके प्रति सप्ताह संपर्क घंटों/क्रेडिट के आधार पर तय किए जाएँगे। प्रति सप्ताह एक शिक्षण घंटा एक क्रेडिट के बराबर होगा और अधिकतम 25 अंक का होगा। इसलिए, प्रति सप्ताह प्रति पेपर चार शिक्षण घंटों के लिए प्रत्येक सैद्धांतिक पाठ्यक्रम के लिए अधिकतम 100 अंक होंगे। प्रयोगशाला या प्रायोगिक कार्य के लिए प्रति सप्ताह प्रत्येक चार संपर्क घंटे प्रति सप्ताह दो क्रेडिट के बराबर होंगे और अधिकतम 50 अंक के होंगे।

Scheme of Examinations: The examination shall be divided into two parts in which first part is internal assessment and second part is semester assessment or external assessment. The schemes for the internal and external examinations shall be as under:

परीक्षा योजना: परीक्षा दो भागों में विभाजित होगी, जिसमें पहला भाग आंतरिक मूल्यांकन और दूसरा भाग सेमेस्टर मूल्यांकन या बाह्य मूल्यांकन होगा। आंतरिक और बाह्य परीक्षाओं की योजनाएँ इस प्रकार होंगी:

a) The assessment of the student for theory paper shall be divided into two parts in which first part is internal assessment (30% of maximum marks) and second part is semester assessment or external assessment (70% of maximum marks). For practical papers there will be only one external assessment (100% of maximum marks).

सैद्धांतिक पेपर के लिए छात्र का मूल्यांकन दो भागों में विभाजित होगा, जिसमें पहला भाग आंतरिक मूल्यांकन (अधिकतम अंकों का *30%)* और दूसरा भाग समेस्टर मूल्यांकन या बाह्य मूल्यांकन (अधिकतम अंकों का *70%)* होगा। प्रायोगिक पेपर के लिए केवल एक बाह्य मूल्यांकन (अधिकतम अंकों का *100%)* होगा।

b) The internal assessment for each theory course shall be taken by the teacher concerned in the Department during each semester. There will be two components of internal assessment; one by test having 2/3 weightage (20 marks) and another by seminar / assignment / presentation / quiz / group discussion / viva-voce/ small projects/ scientific model/poster preparation/ Innovative Ideas/ Skill based demonstration/ Industry oriented work / Field visits etc. of 1/3 weightage (10 marks), for theory papers in each semester. Internal assessment test shall be of one hour duration for each paper and shall be taken according to academic calendar notified by the University / Departments. There will be no internal examination in the practical paper.

प्रत्येक सेमेस्टर के दौरान, प्रत्येक सैद्धांतिक पाठ्यक्रम का आंतरिक मूल्यांकन विभाग के संबंधित शिक्षक द्वारा किया जाएगा। आंतरिक मूल्यांकन के दो घटक होंगे: एक, **2/3** भार (**20** अंक) वाली परीक्षा और दूसरा, प्रत्येक समेस्टर में सैद्धांतिक पेपरों के लिए **1/3** भार (**10** अंक) वाला सेमिनार/असाइनमेंट/प्रस्तुति/प्रश्नोत्तरी/समूह चर्चा/मौखिक परीक्षा/लघु परियोजनाएँ/वैज्ञानिक मॉडल/पोस्टर निर्माण/नवप्रवर्तन विचार/कौशल आधारित प्रदर्शन/उद्योग-उन्मुख कार्य/क्षेत्र भ्रमण आदि। प्रत्येक पेपर के लिए आंतरिक मूल्यांकन परीक्षा एक घंटे की अवधि की होगी और विश्वविद्यालय/विभागों द्वारा अधिसूचित शैक्षणिक कैलेंडर के अनुसार ली जाएगी। प्रायोगिक पेपर में कोई आंतरिक परीक्षा नहीं होगी।

c) A student who remains absent (defaulter) or fails or wants to improve the marks in the internal assessment may be permitted to appear in the desired paper(s) (only one time) in the same semester with the permission of the concerned Head of the Department. A defaulter / improvement fee of Rupees 250/- per paper shall be charged from such candidates. Duly forwarded application of such candidates by the teacher concerned shall be submitted to HOD who may permit the candidate to appear in the internal assessment after depositing the defaulter/ improvement fee. A record of such candidates shall be kept in the Department.

जो छात्र अनुपस्थित (डिफॉल्टर) रहता है, अनुत्तीर्ण होता है या आंतरिक मूल्यांकन में अंक सुधारना चाहता है, उसे संबंधित विभागाध्यक्ष की अनुमति से उसी समेस्टर में वांछित पेपर (केवल एक बार) में बैठने की अनुमति दी जा सकती है। ऐसे छात्रों से प्रति पेपर **250** रुपये का डिफॉल्टर/सुधार शुल्क लिया जाएगा। संबंधित शिक्षक द्वारा ऐसे छात्रों का विधिवत अग्रेषित आवेदन विभागाध्यक्ष को प्रस्तुत किया जाएगा, जो डिफॉल्टर/सुधार शुल्क जमा करने के बाद छात्र को आंतरिक मूल्यांकन में बैठने की अनुमति दे सकते हैं। ऐसे छात्रों का रिकॉर्ड विभाग में रखा जाएगा।

d) The external assessment shall be of three hours duration for each theory paper and six hours duration for practical paper. The practical examination shall be taken by the panel of at least one external and one internal examiner at the end of each semester.

बाह्य मूल्यांकन प्रत्येक सैद्धांतिक प्रश्नपत्र के लिए तीन घंटे और प्रायोगिक प्रश्नपत्र के लिए छह घंटे की अवधि का होगा। प्रायोगिक परीक्षा प्रत्येक समेस्टर के अंत में कम से कम एक बाह्य और एक आंतरिक परीक्षक के पैनल द्वारा ली जाएगी।

e) **Also proposed to include the one hour of practical is equivalent to one hour teaching workload of the faculty member (i.e. practical load of faculty members will not be multiplied by ¾ factor, as it was used to be).**

इसमें यह भी प्रस्ताव किया गया है कि एक घंटे का प्रायोगिक कार्य संकाय सदस्य के एक घंटे के शिक्षण कार्यभार के बराबर होगा (अर्थात संकाय सदस्यों के प्रायोगिक कार्य के भार को ¾ कारक से गुणा नहीं किया जाएगा, जैसा कि पहले होता था)।

f) The syllabus for each theory paper is divided into five independent units and each theory question paper will have the format as mentioned below:
प्रत्येक सिद्धांत पत्र के पाठ्यक्रम को पांच स्वतंत्र इकाइयों में विभाजित किया गया है और प्रत्येक सिद्धांत प्रश्न पत्र का प्रारूप नीचे उल्लिखित होगा:

Section A: Compulsory Part-There will be ten short answer type questions covering all units but not more than two questions from each unit.
खंड अ: अनिवार्य भाग- इसमें सभी इकाइयों को शामिल करने वाले दस लघु उत्तरीय प्रश्न होंगे, लेकिन प्रत्येक इकाई से दो से अधिक प्रश्न नहीं होंगे।

Section B: Long answer type questions covering all units but not more than two questions from each unit, descriptive type. Students have to attempt 5 questions in Section B, taking one from each unit. Paper setter shall be instructed to design question paper covering from all five units.
खंड ब: सभी इकाइयों को शामिल करने वाले दीर्घ उत्तरीय प्रश्न, लेकिन प्रत्येक इकाई से अधिकतम दो प्रश्न, वर्णनात्मक प्रकार के। छात्रों को खंड ब में प्रत्येक इकाई से एक प्रश्न लेकर पाँच प्रश्न हल करने होंगे। प्रश्न-पत्र तैयार करने वाले को सभी पाँच इकाइयों को शामिल करने वाले प्रश्न-पत्र तैयार करने का निर्देश दिया जाएगा।

The pattern of question paper of internal and external shall be as follows:
आंतरिक एवं बाह्य प्रश्नपत्र का पैटर्न निम्नानुसार होगा:

(A) Continuous or Internal Assessment-30% weightage of Maximum Marks
सतत या आंतरिक मूल्यांकन- अधिकतम अंकों का 30% भार

The internal assessment for each theory paper shall be taken by the teacher concerned in the Department during each semester as,
प्रत्येक सेमेस्टर के दौरान प्रत्येक सिद्धांत पेपर के लिए आंतरिक मूल्यांकन विभाग में संबंधित शिक्षक द्वारा लिया जाएगा,

<table>
<tr><td colspan="3">Continuous Assessment Weightage (सतत मूल्यांकन भार)</td><td>External Assessment Weightage (बाह्य मूल्यांकन भार)</td><td>Total Marks (Total credits) कुल अंक (कुल क्रेडिट)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Regular Students (नियमित छात्र)</td><td rowspan="2">Total (कुल)</td><td rowspan="2">Paper based External Evaluation (End term examination) पेपर आधारित बाह्य मूल्यांकन (अंतिम सत्र परीक्षा)</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Mid-Term (मध्यावधि परीक्षा)</td><td>Seminar / assignment / presentation / quiz / group discussion / viva-voce/ small projects/ scientific model/poster preparation/ Innovative Ideas/ Skill based demonstration / Industry oriented work / Field visits etc.
सेमिनार / असाइनमेंट / प्रस्तुति / प्रश्नोत्तरी / समूह चर्चा / मौखिक परीक्षा / लघु परियोजनाएं / वैज्ञानिक मॉडल / पोस्टर तैयारी / अभिनव विचार / कौशल आधारित</td></tr>
</table>

	प्रदर्शन / उद्योग उन्मुख कार्य / क्षेत्र दौरे आदि।			
20	10	30	70	100 (04)

(B) Semester or External Assessment-70% weightage of Max. Marks

सेमेस्टर या बाह्य मूल्यांकन- अधिकतम अंकों का 70% भार

Semester or External Assessment:

सेमेस्टर या बाह्य मूल्यांकन:

समय 3 घण्टे पूर्णांक :70

नोट: इस प्रश्न पत्र में 02 खण्ड निम्न प्रकार होंगें :

खण्ड अ : इस खण्ड में एक अनिवार्य प्रश्न जिसमें प्रत्येक इकाई से 02 लघु प्रश्न लेते हुए कुल 10 लघु प्रश्न होंगे। कुल अंक:20

खण्ड ब : इस खण्ड में प्रत्येक इकाई से 02 प्रश्न लेते हुए कुल 10 प्रश्न होंगे।प्रत्येक इकाई से एक प्रश्न का चयन करते हुए कुल 05 प्रश्नों के उत्तर देने होंगे।

कुल अंक:50

SECTION-A (खण्ड अ**) : 10x2=20**

Q. No. (प्रश्न क्र.). **1**

(i) ……..…… **2 Mark**
(ii) ……..…… **2 Mark**
(iii) ……..…… **2 Mark**
(iv)……..…… **2 Mark**
(v)……..…… **2 Mark**
(vi)……..…… **2 Mark**
(vii)……..…… **2 Mark**
(viii)……..…… **2 Mark**
(ix)……..…… **2 Mark**
(x)……..…… **2 Mark**

SECTION-B (खण्ड ब**): 5x 10 =50**

Unit-1 (इकाई-1)

Q. No. 2. . ……..……

Or/अथवा

……..…….

10 Marks

Unit-2 (इकाई-2)

Q. No. 3. ……..……

Or

……..……...

10 Marks

Unit-3 (इकाई-3)

Q. No. 4. ……..……

Or

……..……

10 Marks

Unit-4 (इकाई-4)

Q. No. 5. …….....……

Or

…….....……...

10 Marks

Unit-5 (इकाई-5)

Q. No. 6. …….....

Or

…….....

10 Marks

(c) Distribution of Marks for Practical Examinations:

प्रायोगिक परीक्षाओं के लिए अंकों का वितरण

Duration of Exam: 06 Hours **Maximum Marks: 50**

परीक्षा की अवधि: 06 घंटे अधिकतम अंक: 50

S.No. (क्र.स.)	**Name of Exercise (कार्य का प्रकार)**	**Marks (अंक)**
1.	Exercise **(प्रयोग)**	30
2.	Viva-voce **(मौखिक)**	10
3.	Practical Record **(प्रायोगिक रिकॉर्ड)**	10
	Total Marks (कुल अंक)	**50**

Rules regarding determination of results:

परिणामों के निर्धारण से संबंधित नियम:

1. To Pass in a subject, a candidate is required to obtam at least 40% marks in internal and external examinatuns separately.
2. All Candidates will be automatically promoted from odd semester to even semester i.e. Sem. I to Sem. II, Sem. III to Sem. IV and Sem. V to Sem. VI irrespectively of their result as applicable.
3. Eligibility to promote from even Sem. to odd Sem. i.e. Sem. II to Sem. III and Sem. IV to Sem. V will be decided as per the results of both semesters taken together. For example, for Sem. III, results of Sem. I and Sem. II and for Sem. V, results of Sem. III and Sem. IV will be considered.
4. (a) A candidate who has failed in 1 yr. (1 & 11 Sem. together) but has passed minimum 50% of Credits is eligible to promote to Sem. III.

(b) A candidate who has failed in II yr. (III & IV Sem together) but has passed minimum 50% of Credits is eligible to promote to Sem. V.

5. If a student secures all prescribed Credits in first/second year, he/she will be promated with the remarks "PASS" in the respective year..
6. If a student secures minimum (50% of total credits) in the current year, he/she will be promoted with the remarks BACK PROMOTED" to next year.
7. Otherwise, the student will be "EX-STUDENT or N.C. as the case may be with the remark "FAIL".
8. If a candidate fails to clear any course(s) /paper(s) in odd/even semester in the first attempt, he/she is allowed to clear the back paper(s) in two more consecutive attempts in odd/even semester only (total maximum attempts allowed three)
9. The maximum duration of 3 year course/programme shall be of 5 years.
10. (a) In case of fail/due in theory papers, internal marks will be carry forwarded. (b) In case of fail/due in internal examination, the student needs to appear in intermal and external examinations both in next attempt.

11. Candidate desiring scrutiny of the result and/or revaluation of their answer-books should apply as per prescribed procedure.
12. In case of any mistake being detected during the preparation of the marks sheet or brought to notice afterwards, the University will be fully empowered to correct the same. (Ord. 169H).
13. (*)Star shown against paper/subject denotes fail in that paper/subject
14.(#) Hash shown against paper/subject denotes marks after Ravaluation
15. Other Rules and Regulation related to examination shall be applicable as per the concerned Programme/Syllabus.
16. Students have to appear in only those subject(s)/paper in which he/she is failed even as a Ex-Student
17. GRADING AND PASSING RULES UNDER CHOICE BASED CREDIT SYSTEM (CBCS).

Letter Grade	Grade Points	Description	Range of Marks (%)
O	10	Outstanding	90-100
A+	9	Excellent	80-89,99
A	8	Very Good	70-79.99
B+	7	Good	60-69.99
B	6	Above Average	50-59.99
C	5	Average	45-49.99
P	4	Below Average/Pass	40-44.99
F	0	Fail	0-39.99
U	0	Unfair Means	--
W	0	Withdrawn	--
Ab	0	Absent	Absent

18. The calculation SGPA and CGPA will be calculated on the credit weighted average of the grade points obtained with letter grades countable in CGPA based on EoSE only.

$$SGPA = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i P_i}{\sum_{i=1}^{n} C_i}$$ Where C_i : Number of credits earned of the course in a semester; P_i: Grade point earned by the student in the course.

CREDIT POINT : EARNED CREDIT x GRADE POINT

CGPA = SGPA $\sum_{i=1}^{n} C_i P_i / \sum_{i=1}^{n} C_i$ (of ALL Semesters for Cummulative Grade.

NOTE: For more details, please see the rules as prescribed by Examination Department of the University of Kota, Kota.

नोट: अधिक जानकारी के लिए कृपया कोटा विश्वविद्यालय, कोटा के परीक्षा विभाग द्वारा निर्धारित नियम देखें।

विज्ञान स्नातक सेमेस्टर - पंचम

(भौतिक विज्ञान)

B.Sc. Semester – V

(Physics)

Course code (पाठ्यक्रम कोड): PHY501T

Course Title: Elementary Quantum Mechanics and Spectroscopy
पाठ्यक्रम शीर्षक: प्रारंभिक क्वांटम यांत्रिकी एवं स्पेक्ट्रोस्कोपी

Credit of Course (पाठ्यक्रम का क्रेडिट) : 4

Type of Course (पाठ्यक्रम का प्रकार): Discipline Specific Elective (DSE)

Qualification Level of the Course: NHEQF Level 5.5

Course Objective: The aim of the course is to give the basic and applied knowledge of quantum mechanics to the students.

पाठ्यक्रम का उद्देश्य: पाठ्यक्रम का उद्देश्य छात्रों को क्वांटम यांत्रिकी का बुनियादी और व्यावहारिक ज्ञान देना है।

Course Outcomes: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of quantum mechanics. Such introductory applied knowledge of quantum mechanics will help the students in applying in different branches of physics.

शिक्षण पाठ्यक्रम के परिणाम: यह पाठ्यक्रम छात्रों को क्वांटम यांत्रिकी का मूलभूत और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा। क्वांटम यांत्रिकी का ऐसा प्रारंभिक व्यावहारिक ज्ञान छात्रों को भौतिकी की विभिन्न शाखाओं में लागू करने में मदद करेगा।

Lecture: Sixty Lectures including diagnostic and formative assessments during lecture hours.
व्याख्यान: व्याख्यान समय के दौरान निदानात्मक और रचनात्मक मूल्यांकन सहित साठ व्याख्यान।

Course Syllabus (पाठ्यक्रम विवरण)

UNIT–I

Failures of the classical mechanics, black body radiation and spectral distribution of energy, Planck's quantum hypothesis and average energy of Plank oscillator, Plank's radiation law and discussion to obtain Wein's, Rayleigh-Jeans and Stefan-Boltzmann laws using it, photoelectric effect, Compton effect, Wave-particle duality, De Broglie relation, Davison Germer experiment, group and phase velocities, Wave function, boundary and continuity conditions of wave function, physical significance of wave function and its interpretation.

UNIT–II

Uncertainity principle (i) Position & momentum (ii) Energy & Time (iii) Angular displacement and Angular momentum. its application such as (i) Non existence of electron in nucleus, (ii) Ground state energy of H–atom, (iii) Ground state energy of harmonic oscillator. Fundamental postulates of quantum mechanics, Eigenfunction and eigen values, Degenracy. Orthogonality of eigenfunction, Commutation relations, Ehrenfest's theorem and

complementarity wave packet, Construction of one dimensional wave packet, its momentum representation, (Fourier transform), Gaussian wave packet and its momentum representation (Fourier transform).

UNIT–III

Schrodinger's equation, Its need and justification, time dependent and time independent forms, probability current density. Operators in quantum mechanics, Definition of an operator, linear and Hermitian operators, Expectation value of dynamical variables, position momentum and energy. Particle in one dimensional box, Eigenfunction and eigenvalues, discrete energy levels, generalisation to three dimensions and degenaracy of energy levels.

UNIT – IV

Potential steps and rectangular potential barrier, calculation of reflection and transmission coefficient. Qualitative discussion of the application to alpha decay, Square well potential problem calculation of transmission coefficient and resonant scattering (Ramsaur–Townsent effect). Particle in one dimensional infinite potential well and finite depth potential well–energy eigen–values and eigenfunction, transcedental equation and its solution, Simple harmonic oscillator (one dimensional case) and qualitative discussion of its eigenfunctions, energy eigenvalues. Zero point energy.

UNIT – V

Quantum features of spectra of one electron atoms, Frank–Hertz experiment and discrete energy states, Stern and Gerlach experiment, spin and magnetic moment.

Qualitative features of molecular spectra, Rigid rotator discussion of energy, eigenvalues and eigenfunction, rotational energy levels of diatomic molecules, Rotational spectra, vibrational energy levels of diatomic molecules, vibrational spectra, vibrational rotational spectra.

इकाई–1

क्वान्टम सिद्धान्त के प्रायोगिक प्रमाणः चिरसम्मत सिद्धान्त की सीमायें, कृष्णिका विकिरण को समझने हेतु, स्पेक्ट्रमी ऊर्जा वितरण की गुणात्मक विवेचना, प्लांक की परिकल्पना **एवं प्लांक दौलित्र के ओसत ऊर्जा की गणना**, प्लांक के विकिरण नियम की गुणात्मक विवेचना **एवं इसका प्रयोग करके वीन, रेले-जीन्स व स्टीफन-बोल्टजमान नियम का निगमन**, प्रकाश वैद्युत प्रभाव, कॉम्पटन प्रभाव, द्रव्य तरंगें :दी ब्रोगली सम्बन्ध, डेवीसन और जर्मर का प्रयोग, **समूह और कला वेग, तरंग फलन एवं इसकी सीमाएं तथा सांतत्य समीकरण, तरंग फलन का भौतिक महत्व और इसकी व्याख्या |**

इकाई–2

अनिश्चित्ता का सिद्धान्त (i) स्थिति एवं संवेग (ii) उर्जा एव समय (iii) कोणीय विस्थापन एवं कोणीय संवेग इसके अनुप्रयोग जैसे (i) परमाणवीय नाभिक में इलेक्ट्रोनों की अनुपस्थिति, (ii) मूल ऊर्जा स्तर में हाइड्रोजन परमाणु की ऊर्जा, (iii) आवर्ती दोलित्र की मूल अवस्था में ऊर्जा। क्वान्टम यांत्रिकी के मौलिक अभिगृहित, आइगेन फलन और आइगेन मान, अपभ्रष्टता, आइगेन फलनों की लांबिकता, क्रम विनिमेय सम्बन्ध, एरनफेस्टम प्रमेय और पूरकता, एकविमीय तरंग की रचना तरंग संघ का संवेगी निरूपण (फूरिए रूपान्तरण), गौसियन तरंग संघ।

इकाई–3

श्रोडिंजर तरंग यांत्रिकी : श्रोडिंजर समीकरण, इसकी आवश्यकता और औचित्य, काल आश्रित और काल अनाश्रित स्वरूप, प्रायिकता धारा घनत्व, क्वान्टम यांत्रिकी में संकारक, संकारक की परिभाषा, रेखिक और हर्मिटी संकारक, अवस्था फलन, गतिज चरों के प्रत्याशित मान, स्थिति, संवेग और ऊर्जा, एकविमीय अनन्त विभव कूप व परिमित गहराई के विभव कूप में स्थित कण. ऊर्जा आइगेन मान और आइगेन फलन, त्रिविमीय के लिये व्यापकीकरण और ऊर्जा स्तरों की अपभ्रष्टता।

इकाई–4

विभव सीढ़ी, एकविमीय आयताकार विभवरोधिका, परावर्तन और पारगमन गुणांकों की गणना, सुरंगन प्रभाव, अल्फा क्षय में अनुप्रयोग के लिए गुणात्मक विवेचन, वर्ग विभव कूप, पारगमन गुणांक की गणना और अनुनादी प्रकीर्णन (रामसॉर टाउनसेंड प्रभाव), एकविमीय अनन्त विभव कूप व परिमित गहराई के विभव कूप में स्थित कण. ऊर्जा आइगेन मान और आइगेन फलन, ट्रान्सेंडैंटल समीकरण और इसका हल, सरल आवर्ती दोलित्र (एकविमीय) तथा इसके आइगेन फलनों व ऊर्जा आइगेन मानों की गुणात्मक विवेचना, शून्य बिन्दु ऊर्जा।

इकाई–5

एकल इलेक्ट्रॉन परमाणुओं के स्पेक्ट्रमों के क्वान्टम लक्षण, फ्रेन्क.हर्टज् प्रयोग और विविक्त ऊर्जा स्तर, स्टर्न और गरलेक का प्रयोग, चक्रण और चुम्बकीय आघूर्ण।

आण्विक स्पेक्ट्रम के गुणात्मक लक्षण, दृढ़ घूर्णी, ऊर्जा, आइगेन मान और आइगेन फलन की विवेचन, द्विपरमाणुक अणु के घूर्णन ऊर्जा स्तर, घूर्णन स्पेक्ट्रम, द्विपरमाणुक अणु के कम्पनिक ऊर्जा स्तर, कम्पनिक स्पेक्ट्रा, कंपनिक.घूर्णी स्पेक्ट्रा।

Text/Reference Books:

1. Elementary Quantum Mechanics and Spectroscopy - S. L. Kakani, C. Hemrajni and T.C. Bansal, College Book Centre, Jaipur, 1995.
2. Quantum Mechanics-Theory & Applications by A. K. Ghatak & S. Loknathan, McMillan, 1977.
3. Introduction to Atomic Spectra - H E. White, Tata McGgraw Hill International Edition
4. Concepts of Modern Physics, Arthur Beiser, (Tata McGraw-Hill).
5. Modern Physics, R. Murugeshan and K. Sivaprasath, (S. Chand & Company Ltd)
6. Modern Physics, K. S. Krane, (Wiley India Pvt Ltd)
7. Introduction to Quantum Mechanics, D. J. Griffiths, (Pearson Education)
8. Quantum Mechanics, G. Aruldhas, (Prentice Hall India)
9. Quantum Mechanics, John L. Powell and Bernd Crasemann, (Oxford & IBH Publishing Co)

E-resources:

- **MIT Open Course Ware: Quantum Physics I**; ocw.mit.edu/courses/8-04-quantum-physics-i-spring-2016/
- **Coursera and edX:** These platforms offer multiple courses on quantum mechanics, often from reputable universities.
- **Swayam-NPTEL: Quantum Mechanics I;** onlinecourses.nptel.ac.in/noc20_ph05/preview.

- **Swayam-NPTEL: Quantum Mechanics and Molecular Spectroscopy**; onlinecourses.nptel.ac.in/noc20_cy31/preview E-books and textbooks:

Course code (पाठ्यक्रम कोड): PHY501T

Course Title: Nuclear and Particle Physics
(पाठ्यक्रम शीर्षक): नाभिकीय एवं कण भौतिकी

Credit of Course (पाठ्यक्रम का क्रेडिट) : 4

Type of Course (पाठ्यक्रम का प्रकार): Discipline Specific Elective (DSE)

Qualification Level of the Course: NHEQF Level 5.5

Course Objective: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of nuclear physics and fundamental particle physics.

पाठ्यक्रम का उद्देश्य: यह पाठ्यक्रम छात्रों को परमाणु भौतिकी और मूलभूत कण भौतिकी का मौलिक और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा।

Course Outcomes: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of nucelar and particle physics. Such introductory applied knowledge of nucelar and particle physics will help the students in applying in different branches of physics.

शिक्षण पाठ्यक्रम के परिणाम: यह पाठ्यक्रम छात्रों को नाभिकीय और कण भौतिकी का मूलभूत और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा। नाभिकीय और कण भौतिकी का ऐसा परिचयात्मक व्यावहारिक ज्ञान छात्रों को भौतिकी की विभिन्न शाखाओं में लागू करने में मदद करेगा।

Lecture: Sixty Lectures including diagnostic and formative assessments during lecture hours.
व्याख्यान: व्याख्यान समय के दौरान निदानात्मक और रचनात्मक मूल्यांकन सहित साठ व्याख्यान।

Course Syllabus (पाठ्यक्रम विवरण)

Unit-I

Nuclear Properties: Rutherford's scattering and Nucleus model of atom, Properties of Nuclei, Mass, Charge, Estimation of charge density, size, density, spin, parity, statistics, magnetic dipole moment, Electric Quadrupole Moment, Mass Defect and concepts of Binding energy, Constituents of nucleus, Discovery of neutron and proton-neutron hypothesis, Nuclear potential, Nuclear Force, Liquid drop model, Semi Empirical Mass formula and its applications; 1. Alpha decay, 2. Mass Parabola, 3. Mirror Nuclei, Nuclear

Mass measurements, Aston's Mass Spectrograph, Double Focussing Mass Spectrograph and Doublet method.

Unit-II

Nuclear Fission:- The Discovery of Nuclear Fission, The Energy Release in Fission, Mass and Energy distribution of fission products, Neutron emission in fission, Energetics of Spontaneous fission, Bohr Wheeler theory and Quantum effects, Neutron induced fission, Fission cross-section and threshold, Nuclear Fission as a source of Energy, The Nuclear Chain Reaction, condition of controlled chain Reaction, The principle of Nuclear Reactors, classification of Reactors, Typical Reactors, Power of Nuclear Reactor, Critical size of Thermal Reactors, The Breeder Reactor, Reprocessing of the Spent Fuel, Physical, Chemical and Biological effects of nuclear radiations, Radiation hazards.

Unit-III

Nuclear Fusion: Nuclear Fusion reactions, The sources of stellar Energy, The problems of controlled nuclear fusion, The plasma-Fourth State of the Matter, Energy Balance and Lawson Criterion, Magnetic Confinement of Plasma. Classical plasma Losses from the Magnetic Container, Anomalous Losses, Turbulence and plasma Instabilities, The Laser fusion Problem, fusion Reactor:

Elementary particles: Classification of Elementary Particles, Quantum Numbers, Fundamental Interactions, Unified approach (Basic ideas), The conservation Laws, Quarks, Basic idea of color and quark confinement.

Unit-IV

Accelerators: Ion sources, Cock-Craft-Walten High Voltage Generators, Van De- Graff Generators, Drift Tube Linear Accelerators, Wave Guide Accelerator, Magnetic Focussing In cyclotron, Synchrocyclotron, Betatron, the Electromagnetic Induction Accelerator, Electron Synchrotron, Proton Synchrotron.

Unit –V

Particle and Radiation Detectors: Ionisation Chamber, Region of Multiplicative Operation, Proportional Counter, Geiger-Muller Counter, Cloud Chamber.

Cosmic Rays: Discovery of Comic Rays, Nature of Cosmic Rays, soft and hard component variation in cosmic rays- (i) Latitude Effect, (ii) East-West Asymmetry Directional Effect and (iii) Altitude Effect, Detection of cosmic Ray particles, Origin of Cosmic Rays

इकाई-I

नाभिकीय गुण: रदरफोर्ड प्रकीर्णन तथा परमाणु का नाभिकीय प्रतिरूप, नाभिकों के गुणधर्म, द्रव्यमान, आवेश, आवेश घनत्व का आंकलन, आकार, घनत्व, चक्रण, समता, सांख्यिकी, चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण, नाभिकीय चतुर्ध्रुव आघूर्ण, द्रव्यमान क्षति तथा बन्धन ऊर्जा की अवधारणा, नाभिक के घटक, न्यूट्रान की खोज एवं प्रोटोन-न्यूट्रान परिकल्पना, नाभिकीय विभव, नाभिकीय बल, द्रव बूंद प्रतिरूप, अर्ध आनुभविक द्रव्यमान सूत्र तथा इसके अनुप्रयोग; 1. अल्फा क्षय, 2. द्रव्यमान परवलय 3. दर्पण नाभिक, नाभिकीय द्रव्यमान मापन, एस्टन का द्रव्यमान स्पेक्ट्रोग्राफ, द्विफोकसन द्रव्यमान स्पेक्ट्रोग्राफ, द्विक विधि।

इकाई-II

नाभिकीय विखण्डनः नाभिकीय विखण्डन की खोजए विखण्डन में मुक्त उर्जाए विखण्डन उत्पादों में द्रव्यमान एवं ऊर्जा वितरणए विखण्डन में न्यूट्रान उत्सर्जनए स्वतः विखण्डन का ऊर्जावानए बोर व्हीलर सिद्धान्त तथा क्वा□ प्रभावए न्यूट्रान प्र□ विखण्डनए विखण्डन का□ क्ष□ तथा द□ीजए नाभिकीय विखण्डन एक उर्जा स्त्रोत क□ रूप मेंए नाभिकीय श्रृंखला अभिक्रियाए नियंत्रित श्रृंखला अभिक्रिया क□ लिए प्रतिबंधए नाभिकीय परमाणु भट्टी क□ सिद्धान्तए परमाणु भट्टी का वर्गीकरणए प्रारूपिक परमाणु भट्टीए परमाणु भट्टी की शक्तिए तापीय परमाणु भट्टी का क्रांतिक आकारए प्रजनक परमाणु भट्टीए व्ययित ईंधन का पुनर्संसाधनए नाभिकीय विकिरणों क□ भौतिकए रसायनिक तथा जैविक प्रभावए विकिरण स□खतरा ।

इकाई.ण्ण्

नाभिकीय संलयनः नाभिकीय संलयन अभिक्रियाए, तारकीय ऊर्जा का स्त्रोत, नियंत्रित नाभिकीय संलयन की समस्याऐं, प्लाज्मा.पदार्थ की चतुर्थ अवस्था, ऊर्जा संतुलन एवं लाउसन की कसौ□, प्लाज्मा का चुम्बकीय परिरोध, चुम्बकीय पात्र द्वारा चिरसम्मत प्लाज्मा क्षति, असंगत हानियांए विक्षोभ एवं प्लाज्मा अस्थिरताएं, ल□ संलयन समस्याएं, संलयन अभिक्रियक।

मूलभूत कणः मूलभूत कणों का वर्गीकरण, कवान□ संख्याएं, मूलभूत अन्योन्य क्रियायें, एकीकृत उपागम (मूलभत अवधारणाएं), संरक्षण नियमए क्वार्क, कलर और क्वार्क परिरोध की आधारभूत जानकारी ।

इकाई.ण्ट

त्वरित्रः आयन स्त्रोत, कॉक. क्राफ्ठ.वाल□ उच्च विभव जनित्र, वान.डी ग्राफ जनित्र, अपवहन नलिका र□खिक त्वरित्र, तरंग निर्देशक त्वरित्र, सा□क्लोट्रान में चुम्बकीय फोकसन, सिन्क्रो.सा□क्लोट्रान, बी□ट्रान, विधुतचुम्बकीय प्र□ त्वरक, ल□क्ट्रीन सिन्क्रोट्रानए प्रो□ सिन्क्रोट्रान ।

इकाई.ट

कण एवं विकिरण संसूचकः आयन प्रकोष्ठ, बहुगणक संक्रिया क्ष□, अनुपातिक गणित्र, गा□र.मूलर गणित्र, अभ्र प्रकोष्ठ।

अंतरिक्ष किरणें रू अंतरिक्ष किरणों की खोज, अंतरिक्ष किरणो की प्रकृति, मृदु एवं कठोर घ□क, अंतरिक्ष किरणों में परिवर्तनः (i) अक्षांश प्रभाव, (ii) पूर्व. पश्चिम असममिता दिशात्मक प्रभाव तथा (iii) उन्नतांश प्रभाव, अंतरिक्ष किरणों का संसूचन, अंतरिक्ष किरणों का उद्गम।

Text/Reference Books:

1. Basic ideas and concepts in nuclear physics: An introductory approach, K. Heyde, 3rd edition, 1999, IOP Publication.
2. Introductory Nuclear Physics, K. S. Krane, 2008, Wiley-India Publication.
3. Nuclear Physics, S. N. Ghoshal, 1st edition, 2010, S. Chand Publication.
4. Nuclear Physics: Principles and applications, J. Lilley, 2006, Wiley Publication 5) Concepts of Nuclear Physics, B. L. Cohen, 1974, Tata McGraw Hill Publication 6) Radiation detection and measurement, G. F. Knoll, 2010, John Wiley and Sons
5. Modern Particle Physics, M. Thompson, 2013, Cambridge University Press.
6. Particles and Nuclei: An Introduction to the Physical Concepts, B. Povh, K. Rith, C. Scholz, F. Zetsche and W. Rodejohann, 2015, Springer-Verlag.

7. An Introductory Course of Particle Physics, P. B. Pal, 2015, CRC Press
8. Introduction to High Energy Physics, D.H. Perkins, 4th edition, 2000, Cambridge University Press.
9. Introduction to elementary particles, D. J. Griffiths, 2008, Wiley.
10. Quarks and Leptons, F. Halzen and A. D. Martin, 1984, John Wiley
11. Problems and Solutions in Nuclear and Particle Physics, S. Petreta, 2019, Springer
12. Schaum's Outline of Modern Physics, 1999, McGraw-Hill
13. Schaum's Outline of College Physics, E. Hecht, 11th edition, 2009, McGraw Hill
14. Problems and Solutions on Atomic, Nuclear and Particle Physics, Yung-Kuo Lim, 2000, World Scientific
15. Nuclear Physics "Problem-based Approach" including MATLAB, H. M. Aggarwal, 2016, PHI Learning Pvt. Ltd

E-resources:

- **NPTEL (Swayam):** This platform offers university-level courses taught by professors from top Indian institutions.
  - Nuclear and Particle Physics: A course on NPTEL provides modules and references covering both fundamental and advanced topics.
- **Swayam2:** Several courses are listed here, such as:
  - Nuclear and Particle Physics: Covers topics from hypercharge and quarks to the Standard Model.
  - Particle Physics: Focuses on the more specific area of particle physics.
- **YouTube Channels:** Many universities and lecturers make their physics lectures available on YouTube. Searching for "nuclear and particle physics lectures" on YouTube can provide valuable visual and auditory learning resources.
- **Academia.edu:** This platform is a great resource for finding academic papers and book excerpts. Searching for "Nuclear and Particle Physics" here yields relevant PDFs uploaded by researchers and students
- **CERN (The European Organization for Nuclear Research):** Hosts educational resources, including PDFs like Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments. While more advanced, some chapters contain foundational information useful for undergraduates
- ntroduction to Elementary Particles by David Griffiths.
- Nuclear and Particle Physics by Kenneth Krane.
- Introduction to Nuclear and Particle Physics by A. Das and T. Ferbel.
- Particles and Nuclei by Povh, Rith, Scholz, and Zetsche.
- Introduction to Nuclear Physics by Harald Enge.

Course code (पाठ्यक्रम कोड): PHY501T

Course Title (पाठ्यक्रम शीर्षक): Optics (प्रकाशिकी)

Credit of Course (पाठ्यक्रम का क्रेडिट): 4

Type of Course (पाठ्यक्रम का प्रकार): Discipline Specific Elective (DSE)

Qualification Level of the Course: NHEQF Level 5.5

Course Objective: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of optics and fundamental aspects of LASER.

पाठ्यक्रम का उद्देश्य: यह पाठ्यक्रम छात्रों को प्रकाशिकी और लेजर के मूलभूत पहलुओं का मौलिक और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा।

Course Outcomes: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of different aspects of optics like LASER, Intefreence, diffraction, polarisation, etc.

शिक्षण पाठ्यक्रम के परिणाम: यह पाठ्यक्रम छात्रों को प्रकाशिकी के विभिन्न पहलुओं जैसे लेजर, व्यतिकरण, विवर्तन, ध्रुवण, आदि का मौलिक और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा।

Lecture: Sixty Lectures including diagnostic and formative assessments during lecture hours.
व्याख्यान: व्याख्यान समय के दौरान निदानात्मक और रचनात्मक मूल्यांकन सहित साठ व्याख्यान।

Course Syllabus (पाठ्यक्रम विवरण)

Unit-I

Geometrical Optics: Fermat's principle of extremum path, Aplantic points of a spherical refracting surface, Cardinal points of an optical system, Newton's formula and other relations for coaxial lens system, thick lens & lens combination, Lagrange's law, Aberration in images, spherical aberration and methods of its reduction, chromatic aberration, achromatic combination of lenses placed in contact and placed at some distance, coma and astigmatism, Eye pieces: Huygen's, Ramsden's and Gauss's eyepieces and their comparison.

Unit- II

Interference: Young's double slit experiment, temporal and spatial coherence, coherence length and time effect of size of slit and purity of spectral line, Interference in thin films,colour in thin films.Wedge shaped film, Newton's rings and determination of wavelength and refractive index of liquid, Hadinger and Fizeau fringes, Michelson Interferometer, Measurement of wavelength, wavelength difference between two close wavelengths and thickness of thin plate. Fabry-Perot interferometer, intensity distribution, coefficient of sharpness and half width, Measurement of wavelength and resolution of two close spectral lines.

Unit-III

Diffraction: Fraunhofer diffraction at single slit, intensity distribution and width of central maxima, and determination of slit size, two slit diffraction and its intensity distribution with missing orders. Diffraction due to N slits with intensity distributions. Plane transmission grating its formation and intensity distribution, Dispersive power of grating, Angular width of

principal maximum, Absent Spectra, Rayleigh's criterion, resolving power of plane transmission grating. Fresnel class of diffraction, half period zones, zone plate, diffraction due to circular obstacle and circular aperture, cylindrical wavefront and its effect at an external point, Diffraction at straight edge, thin and thick wire, rectangular slit.

Unit-IV

Polarization: Polarization states of electromagnetic waves, Plane, Circularly and Elliptically Polarised Light, quarter and half wave plates, methods of production & detection of polarized light, Huygen's theory of double refraction using Fresnal's ellipsoidal surface, Crystal Optics, Optical activity, Specific rotation, Fresnel's law of optical rotation, Biquartz and Laurent's half shade polarimeters, Reflection and refraction of plane EM wave at plane dielectric surface, boundary conditions, Fresnel's relations.

Unit-V

Lasers and Holography: Stimulated and spontaneous emission, stimulated absorption, Einstein's A and B coefficients, population inversion, conditions for laser action, metastable states, Types of lasers, construction,working and energy level schemes of He-Ne and Ruby laser, Applications of Lasers, Basic concepts of holography, construction of a hologram and reconstruction of the image, important features of hologram and uses of holography

इकाई-I

ज्यामितिय प्रकाशिकी: फर्मेट का चरम पथ का सिद्धान्त, गोलीय अपवर्ती सतह के अविपथी बिन्दु, प्रकाशीय निकाय के प्रधान बिन्दु, न्यूटन का सूत्र व समाक्षीय लेन्स निकाय के लिए अन्य सम्बंध, मोटे लेंस एवं लेंसों का संयोजन, लेग्रेंज का नियम, प्रतिबिम्बों में विपथन, गोलीय विपथन व इनको कम करने की विधियां, वर्णिक विपथन, लेंसों का अवर्णक संयोजन जब लेंस संपर्क में हो व लेंसों के बीच सीमित दूरी हो, कॉमा और अबिन्दुकता, नेत्रिकाएं: हाईगेन, रमसडन, गॉस की नेत्रिका और इनकी तुलना।

इकाई-II

व्यतिकरण: यंग का द्विस्लिट प्रयोग, कालिक तथा स्थानिक सम्बद्धता, सम्बद्धता लम्बाई तथा समय प्रभाव रेखा छिद्र की चौड़ाई तथा स्पेक्ट्रल रेखा की परिशुद्धता, पतली फिल्मों में व्यतिकरण, पतली फिल्मों में रंग, फनाकार फिल्म, न्यूटन वलय एवं तरंगदर्ध्यों तथा द्रव का अपवर्तनांक निर्धारण, हडिन्जर व फीजो फ्रिंजे, माइकेल्सन व्यतिकरणमापी, तरंगदर्ध्यों मापन, दो निकटवर्ती तरंगदर्ध्यों का अन्तर तथा पतली प्लेट की मोटाई निर्धारण, फेब्री-पर्रोट व्यतिकरणमापी, तीव्रता वितरण, तीक्ष्णता गुणांक एवं अर्द्ध चौड़ाई, तरंगदर्ध्यों का मापन एवं दो निकटवर्ती स्पेक्ट्रल रेखाओं का विभेदन।

इकाई-III

विवर्तन: एकल रेखाछिद्र से फ्रानहोफर विवर्तन, तीव्रता वितरण, केन्द्रीय उच्चिष्ट की चौड़ाई तथा रेखाछिद्र आकार का मापन, द्वि स्लिट विवर्तन तथा इसका अनुपस्थित कोटियों सहित तीव्रता वितरण, N स्लिटों द्वारा विवर्तन व तीव्रता वितरण, समतल पारगमन ग्रेटिंग, इसका निर्माण एवं तीव्रता वितरण, ग्रेटिंग की विक्षेपन क्षमता, मुख्य उच्चिष्ट की चौड़ाई, अनुपस्थित स्पेक्ट्रम, रलि की कसौटी, समतल पारगमन ग्रेटिंग की विभेदन क्षमता

फ्रेनल प्रकार विवर्तन, अर्द्धावर्ती कटिबन्ध, जोन पट्टिका, वृत्ताकार अवरोध व वृत्ताकार द्वारक से विवर्तन, बेलनाकार तरंगाग्र तथा इसका किसी बाह्य बिन्दु पर प्रभाव, सीधी कोर, पतले तार, मोटे तार व आयताकार रेखाछिद्र के द्वारा विवर्तन।

इकाई-IV

ध्रुवण: विद्युत चुम्बकीय तरंगों की ध्रुवण अवस्थाएं, समतल, वृत्तीय एवं दीर्घवृत्तीय ध्रुवीय प्रकाश, चतुर्थांश एवं अर्द्ध तरंग पट्टिकायें, ध्रुवीय प्रकाश का उत्पादन एवं विश्लेषण की विधियाँ, फ्रेनल के दीर्घवृतज सतहो की सहायता से द्विअपवर्तन का हाइगेन सिद्धान्त, जालक प्रकाशिकी, प्रकाशिक सक्रियता, विशिष्ट घूर्णन, प्रकाशिक घूर्णन का फ्रेनल का नियम, द्विक्वार्टज एवं लोरंट अर्ध छाया ध्रुवणमापी, किसी परावैद्युत के समतल पृष्ठ से समतल विद्युत चुम्बकीय तरंग का परावर्तन तथा अपवर्तन, परिसीमा प्रतिबन्ध, फ्रेनल सम्बन्ध ।

इकाई-V

लेसर एवं होलोग्राफी: स्वतः एवं उद्दीप्त उत्सर्जन, उद्दीप्त अवशोषण, आइंस्टीन के A तथा B गुणांक, जनसंख्या व्युत्क्रमण, लेसर क्रिया के लिए शर्त, मितस्थायी अवस्थाए, लेसर के प्रकार, हीलियम-नियोन लेसर व रूबी लेसर की संरचना, कार्यप्रणाली व ऊर्जा स्तर योजना, लेसर के अनुप्रयोग, होलोग्राफी की मूल सिद्धांत, होलोग्राम का निर्माण व प्रतिबिम्ब का पुननिर्माण, होलोग्राम के मुख्य गुण व होलोग्राफी के उपयोग।

Text/Reference Books:

1. Fundamental of Optics, A. Kumar, H. R. Gulati and D. R. Khanna, 2011, R. Chand Publications.
2. Optics, A. Ghatak, 6th edition, 2017, McGraw-Hill Education, New Delhi
3. The Physics of Vibrations and Waves, H. J. Pain, 2013, John Wiley and Sons.
4. Principles of Optics, M. Born and E. Wolf, 7th edition, 1999, Pergamon Press.
5. Optics, E. Hecht, 4th edition, 2014, Pearson Education.
6. Fundamentals of Optics, F. A. Jenkins and H. E. White, 1981, McGraw-Hill
7. A Text book of Optics, Subrahmanyam N., BrijLal and M. N. Avadhanulu, S. Chand & Co., New Delhi (2006).
8. Optics and Spectroscopy, R. Murugesan and KiruthigaSivaprasath, S. Chand & Co., New Delhi (2006).
9. Optics, Khanna D. R. &Gulati H. R., S. Chand & Co., New Delhi (1979).
10. Fundamentals of Physics, D. Halliday, R. Resnick and J. Walker, Wiley, 6 th Edition, New York (2001).
11. H. Lipson and D.S Tannhauser, S.G. Lipson, Optical Physics, (3rd edition), Cambridge University press (1995).
12. Miles V. Klein and Thomas E.Furtak, Optics, John Wiley & sons(2nd edition) (1987)

E-resources:

- **NPTEL (Swayam):** This is a key resource for university-level courses in India, offering multiple free online courses relevant to optics. ; https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/102103044/pdf/mod2.pdf; https://nptel.ac.in/courses/122103011
- **MIT OpenCourseWare:** Provides free access to course materials used in various MIT courses, including those on optics. These include lecture notes, assignments, and exams.
- **YouTube:** Many educators and universities have created specialized video playlists for BSc-level physics and optics.
- Channels like "Virtue Physics Classes" offer playlists specifically for topics like interference, catering to BSc and engineering students

- Some channels also provide specific lectures tailored to university syllabi, such as IGNOU programs.
- **Physics of Light and Optics by Justin Peatross and Michael Ware:** A free, comprehensive online textbook that covers both geometric and physical optics
- **Raman Research Institute:** Hosts a free e-book portal with links to classic and contemporary books on optics and other physics topics

---

Course code (पाठ्यक्रम कोड): PHY502P

Course Title (पाठ्यक्रम शीर्षक): Physics Practical-V (भौतिक विज्ञान प्रयोग-V)

Credit of Course (पाठ्यक्रम का क्रेडिट) : 2

Type of Course (पाठ्यक्रम का प्रकार): Discipline Centric Core (DCC)

Qualification Level of the Course: NHEQF Level 5.5

Course Objective: The aim of the course is to develop the practical skills by giving the hands on experiences about various experiments.
पाठ्यक्रम का उद्देश्य: इस पाठ्यक्रम का उद्देश्य विभिन्न प्रयोगों का व्यावहारिक अनुभव प्रदान करके व्यावहारिक कौशल विकसित करना है।

Course Outcomes: This course will help the students in practical exposure to the physics experiments. The students would be able to perform, record and analyse the experimental results, understand basic concepts of physics and process, estimate the error and bounds on the experiments, deduce the experimental results using graphs and tables, extend the scope if the outcomes are not as per expectations, collaboratively handling the equipments, understand the importance of the good and rich data, applied part of the experimental scope, etc.
पाठ्यक्रम परिणाम: यह पाठ्यक्रम छात्रों को भौतिकी प्रयोगों का व्यावहारिक अनुभव प्रदान करने में मदद करेगा। छात्र प्रयोगात्मक परिणामों को निष्पादित, रिकॉर्ड और विश्लेषण करने, भौतिकी और प्रक्रिया की मूल अवधारणाओं को समझने, प्रयोगों की त्रुटि और सीमाओं का अनुमान लगाने, ग्राफ़ और तालिकाओं का उपयोग करके प्रयोगात्मक परिणामों को निकालने, यदि परिणाम अपेक्षा के अनुरूप न हों तो उनके दायरे का विस्तार करने, उपकरणों का सहयोगात्मक संचालन करने, अच्छे और समृद्ध आँकड़ों के महत्व को समझने, प्रयोगात्मक दायरे के अनुप्रयुक्त भाग आदि में सक्षम होंगे।

List of Experiments (प्रयोगों की सूची)

Note- One experiment must be performed in the semester examination. Marks distribution will be as: Experiment - 30, Practical record – 10, Viva Voce – 10.

1. Determine the electric charge (e/m) using Millikan's oil drop method.
2. Determine the specific charge (e/m) using helical method.

3. Determine ballistic constant using constant deflection method.
4. Determine ballistic constant using condenser method.
5. Determine the magnetic field using ballistic galvanometer and search coil.
6. Determine the mechanical equivalent of heat (J) by using Calendar and Barn's constant flow calorimeter.
7. Determine the value of Stefan's constant.
8. Any other experiments of the equivalent standard can be set.

नोट- सेमेस्टर परीक्षा में एक प्रयोग अवश्य करना होगा। अंकों का वितरण इस प्रकार होगा: प्रयोग - 30, प्रायोगिक अभिलेख -10, मौखिक परीक्षा -10।

1. मिलिकन की तेल-बूंद विधि का उपयोग करके विद्युत आवेश (e/m) ज्ञात कीजिए।
2. कुंडलिनी विधि का उपयोग करके विशिष्ट आवेश (e/m) ज्ञात कीजिए।
3. स्थिर विक्षेपण विधि का उपयोग करके प्राक्षेपिक स्थिरांक ज्ञात कीजिए।
4. संधारित्र विधि का उपयोग करके प्राक्षेपिक स्थिरांक ज्ञात कीजिए।
5. प्राक्षेपिक गैल्वेनोमीटर और खोज कुंडली का उपयोग करके चुंबकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए।
6. कैलेंडर और बार्न के स्थिर प्रवाह कैलोरीमीटर का उपयोग करके ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक (J) ज्ञात कीजिए।
7. स्टीफन स्थिरांक का मान ज्ञात कीजिए।
8. समतुल्य मानक के कोई अन्य प्रयोग निर्धारित किए जा सकते हैं।

Text/References:

1. Lab and component manuals.
2. Advanced Practical Physics Vol. I and II by S.P. Singh, Pragati Prakashan, Meerut.

E-Resources:

1. Freely available Lecture Notes by the Eminent Teachers and Instrument Manuals available.
2. https://onlinecourses.nptel.ac.in.

विज्ञान स्नातक सेमेस्टर - षष्ठम

(भौतिक विज्ञान)

B.Sc. Semester –VI

(Physics)

Course code (पाठ्यक्रम कोड): PHY601T

Course Title (पाठ्यक्रम शीर्षक): Mathematical Physics

Credit of Course (पाठ्यक्रम का क्रेडिट) : 4

Type of Course (पाठ्यक्रम का प्रकार): Discipline Specific Elective (DSE)

Qualification Level of the Course: NHEQF Level 5.5

Course Objective: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of different mathemetical methods which are useful in Physics.

पाठ्यक्रम का उद्देश्य: यह पाठ्यक्रम छात्रों को भौतिकी में उपयोगी विभिन्न गणितीय विधियों का मौलिक और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा।

Course Outcomes: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of different mathematical methods along with fundamental knowlede of basic mathematical methods like coordinate systems, Dirac-delta function, four vector speace, Laplace transform, etc.

शिक्षण पाठ्यक्रम के परिणाम: यह पाठ्यक्रम छात्रों को विभिन्न गणितीय विधियों के मौलिक और व्यावहारिक ज्ञान के साथ-साथ निर्देशांक प्रणाली, डिराक-डेल्टा फलन, चार सदिश आकाश, लाप्लास ट्रांसफ़ॉर्म आदि जैसे बुनियादी गणितीय विधियों के मौलिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा।

Lecture: Sixty Lectures including diagnostic and formative assessments during lecture hours.
व्याख्यान: व्याख्यान समय के दौरान निदानात्मक और रचनात्मक मूल्यांकन सहित साठ व्याख्यान।

Course Syllabus (पाठ्यक्रम विवरण)

Unit-I

Orthogonal Curvilinear coordinate system, scale factors, expression for gradient, divergence and curl and their applications to Cartesian, cylindrical and spherical polar coordinate systems, Coordinate transformation and Jacobian, Transformation of covariant, contravariant and mixed tensor, Addition, Multiplication and contraction of tensors, Quotient law, pseudo tensor, Metric tensor, transformation of Tensors.

Unit-II

Dirac-Delta Function and its properties, Fourier series, computation of Fourier coefficients, applications to simple periodic functions like square wave, sawtooth wave and rectifier out put, Postulates of special theory of relativity and observational evidence, Lorentz transformation and rotation in space time, time like and space like vectors, length contraction, time dilation, worldline, mass-energy relation, energy-momentum relation.

Unit-III

Four vector formulation, energy-momentum four vectors, relativistic equation of motion, Orthogonality of four forces and four velocities, transformation of four wave vector, longitudinal and transverse Doppler's effect, Transformation between laboratory and center of mass systems, four momentum conservation, Kinematics of decay products of an unstable particles and reaction thresholds, pair production, inelastic collision of two particles, Compton effect. Electromagnetic field tensor, transformation of four potentials, four currents, electric and magnetic field between two inertial frames of reference, Lorentz force, equation of continuity, conservation of charge, tensor description of Maxwell's equations.

Unit-IV

The second order linear differential equation with variable coefficient and singular points, series solution method and its application in the Bessel's, Hermite's, Legendre's and Laguerre's differential equations, Basic properties like orthogonality, recurrence relations, graphical representation and generating function of Bessel, Hermite, Legendre Laguerre and Associated Legendre functions.

Unit-V

Technique of separation of variables and its application to following boundary value problems: (i) Laplace equation in three dimension Cartesian Coordinate system-line charge between two earthed parallel conducting plates, (ii) wave equation in spherical polar coordinates - the vibration of circular membrane, (iii) Diffusion equation in two dimensional Cartesian coordinate system-heat conduction in thin rectangular plate, (iv) Laplace equation in spherical coordinate system-Electric Potential about a spherical surface.

इकाई-I

लाम्बिक वक्ररेखीय निर्देश तंत्र, स्केल गुणांक, प्रवणता, डाइवर्जेन्स व कर्ल के व्यंजक तथा कार्तीय, बेलनीय एवं गोलीय ध्रुवीय निर्देश तन्त्रों में इनके अनुप्रयोग। निर्देशांक रूपान्तरण एवं जेकोबियन, सहचर, प्रतिचर, मिश्रित प्रदिशों के रूपान्तरण, प्रदिशों के योग, गुणन, संकुचन, भागफल नियम, छद्म प्रदिश, मीट्रिक प्रदिश एवं प्रदिशों के रूपान्तरण।

इकाई-II

डिराक डेल□ फलन एवं इसके गुणधर्म, फूरिये श्रेणी एवं फूरिये गुणांको की गणना करना, सरल आवर्ती फलनों यथा वर्गाकार, आरादंती तरंग एवं दिष्टकारी निर्गत वोल□ा के लिए इसके अनुप्रयोग,

आपेक्षिकता के विशिष्ट सिद्धांत के अभिग्रहित एवं प्रेक्षित प्रमाण, लारेन्ज रूपान्तरण एवं दिक्-काल में घूर्णन, समयवत् एवं आकाशवत् सदिश, लम्बाई संकुचन, समय विस्तारण, जगतरेखा, द्रव्यमान-ऊर्जा सम्बन्ध, ऊर्जा-संवेग सम्बन्ध।

इकाई-III

चतुर्विम सदिश संरूपण, ऊर्जा-संवेग चतुर्विम सदिश, आपेक्षकीय गति के समीकरण, चतुर्विम बलो व चतुर्विम वेगो की लाम्बिकता, चतुर्विम सदिश रूपान्तरण, अनुदैर्ध्य एवं अनुप्रस्थ डाप्लर प्रभाव, प्रयोगशाला एवं द्रव्यमानकेन्द्र निर्देश तंत्रों के मध्य रूपान्तरण, चतुर्विम संवेग संरक्षण, अस्थाई कणों के क्षय उत्पादों की गतिकी एवं देहली अभिक्रिया ऊर्जा, युग्म उत्पादन, दो कणों का अप्रत्यास्थ संघट्ट, काम्प□ प्रभाव, विद्युत चुम्बकीय क्षेत्र प्रदिश, चतुर्विम विभव का रूपान्तरण, चतुर्विम धारा, दो जड़त्वीय निर्देश तंत्रों में विद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्र, लारेन्ज बल, सांतत्यता समीकरण, आवेश का संरक्षण, मैक्सवैल समीकरणों का प्रदिश रूप में वर्णन।

इकाई-IV

चरों गुणकों की द्वितीय कोटि रेखिक अवकल समीकरण एवं विचित्र बिन्दु, श्रेणी हल विधि एवं इसक बेसल, हरमाइट, लिजेंद्रे एव लगेर अवकल समीकरणों में अनुप्रयोग, बेसल, हरमाइट, लिजेंद्रे, लगेर, सह लगेर फलनो के मूलभूत गुण यथ लाम्बिकत, पुनरावृत्ति संबन्ध, ग्राफीय प्रदर्शन, उद्भव फलन |

इकाई-V

चरों की प्रथक्करण विधि एवं इसके अग्रलिखित परिसीम मान समस्याओं पर अनुप्रयोग: (i) त्रिविमीय कार्तीकीय निर्देशक तंत्र में लाप्लास समीकरण दो भूसम्पर्कित समान्तर चालक प्लेटों के मध्य रेखिक आवेश (ii) गोलीय ध्रुवीय निर्देशकों में तरंग समीकरण. वृतीय झिल्ली में कम्पन्न (iii) द्विविमीय कार्तीकीय निर्देश तन्त्र में विसरण समीकरण.पतली आयताकार प्लेट में उष्मा चालन (iv) गोलीय निर्देशकों में लाप्लास समीकरण.गोलीय सतह के लिए विद्युत विभव।

Text/Reference Books:

1. Mathematical Methods for Physicists, G.B.Arfken, H.J.Weber, F.E.Harris, 2013, 7th Edn., Elsevier.
2. An introduction to ordinary differential equations, E.A.Coddington, 2009, PHI learning.
3. Differential Equations, George F. Simmons, 2007, McGraw Hill.
4. Advanced Engineering Mathematics,D.G.Zill and W.S.Wright, 5 Ed.,2012,Jones Bartlett Learning.
5. Mathematical Physics, Goswami, 1st edition, Cengage Learning.
6. Engineering Mathematics, S.Pal and S.C. Bhunia, 2015, Oxford University Press.
7. Advanced Engineering Mathematics, Erwin Kreyszig, 2008, Wiley India.
8. Mathematical Physics by P. K. Chattopadhyay (T)
9. Mathematical Physics by B. S. Rajput
10. Mathematical Physics by Mathews and Walkers
11. Mathematics for Physicists by Mary L Boas.
12. Matrices and Tensors for Physicists by A. W. Joshi

E-resources:

- NPTEL (Swayam): Offers free-to-enroll courses, such as Mathematical Methods in Physics I and II, which are structured for undergraduate students.
- MIT Open Course Ware: Provides free lecture notes and other course materials for many of its physics courses, including mathematical methods.
- YouTube: Several academic and educational channels, such as Dot Physics, provide free lecture videos covering specific topics like vector analysis and line integrals relevant to mathematical physics.

- Federal University of Agriculture, Abeokuta (FUNAAB) Open Course Ware: Provides detailed lecture notes on mathematical methods for physics, covering linear algebra, special functions, and integral transforms
- New Jersey Institute of Technology (NJIT): A downloadable PDF of lecture notes for a course on mathematical physics is available, covering topics like matrices, Hilbert spaces, and the eigenvalue problem.
- Raman Research Institute (RRI): Their library's Open Access Portal lists free e-books on mathematical physics, including topics like classical mechanics and differential equations.
- NIST Digital Library of Mathematical Functions (DLMF): While comprehensive, it focuses on advanced topics and serves as an excellent reference for special functions and applied mathematics.
- Springer Open Access: Some Springer books are published under an open-access model, meaning you can find specific books on mathematical physics available for free download.

Course code (पाठ्यक्रम कोड): PHY601T

Course Title (पाठ्यक्रम शीर्षक): Solid State Physics

Credit of Course (पाठ्यक्रम का क्रेडिट) : 4

Type of Course (पाठ्यक्रम का प्रकार): Discipline Specific Elective (DSE)

Qualification Level of the Course: NHEQF Level 5.5

Course Objective: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of solid state physics.

पाठ्यक्रम का उद्देश्य: यह पाठ्यक्रम छात्रों को ठोस अवस्था भौतिकी का मौलिक और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा।

Course Outcomes: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of solid state physics like crystal structure, electric and thermal properties of materials, superconductivity, magnetism, etc.

शिक्षण पाठ्यक्रम के परिणाम: यह पाठ्यक्रम छात्रों को ठोस अवस्था भौतिकी जैसे क्रिस्टल संरचना, पदार्थों के विद्युत और तापीय गुण, अतिचालकता, चुंबकत्व आदि का मौलिक और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा।

Lecture: Sixty Lectures including diagnostic and formative assessments during lecture hours.

व्याख्यान: व्याख्यान समय के दौरान निदानात्मक और रचनात्मक मूल्यांकन सहित साठ व्याख्यान।

Course Syllabus (पाठ्यक्रम विवरण)

Unit-I

Crystal Binding and Crystal Structure: Crystal bonding, ionic bond, binding energy of ionic crystal, determination of the repulsive exponent, covalent bonding, metallic bonding, molecular or Vander Waal's bonding, hydrogen bonding, Space lattice and Crystal structure, reciprocal lattice, Bravis lattice, Miller indices, Spacing of planes in Crystal Lattice, Atomic Packing, Simple cubic structure, Face centered cubic structure, Hexagonal closed packed structure, Pervoskite structure, X-ray diffraction and Bragg's law, Laue pattern.

Unit-II

Thermal Properties of Solids, Concepts of Thermal Energy and Phonons, Internal Energy and Specific Heat, The Various theories of Lattice specific Heat of Solids, The Einstein Model, Vibrational Modes of Continuous Medium, Debye Model, Electronic Contribution of the internal Energy to the Specific Heat of Metals, Thermal Conductivity of the Lattice.

Unit-III

Band Theory of Solids, Formation of bands, Periodic Potential of a solid, Wave function in a Periodic Lattice and Bloch Theorem, Number of States in the Band, Kronig Penny model, Velocity of the Bloch electrons and Dynamical effective mass, Momentum, Crystal Momentum and Physical Origin of the Effective Mass, Negative Effective Mass and Holes, The distinction between metals, insulators and intrinsic semiconductors.

Unit-IV

Electrical Conductivity, Drude-Lorentz Theory of Electrical Conductivity, Boltzmann Transport Equation, Sommerfeild Theory of Electrical Conductivity, Mathiessen's Rule, Thermal Conductivity and Widemann-Franz'sLaw, The Hall Effect.

Superconductivity, Introduction, Meisnner's effect, The Isotope Effect and Electron-Phonon Interaction, The Effect of the Superconductivity Transition on properties, Special Features of Superconducting Materials, London's equation, Flux Quantization, Qualitative discussion of BCS Theory of Superconductivity, Cooper Pairs, Applications of Superconductors, Josephson Junction.

Unit-V

Magnetic Properties, Origin of Atomic Magnetism, Dynamics of Classical Dipole in Magnetic field, Magnetic Susceptibility, Diamagnetism, Paramagnetism, Paramagnetism of Ionic Crystal, Ferromagnetism, Temperature Dependance of saturation of Spontaneous Magnetization, The Paramagnetic Region, The nature of ferromagnetism, Nature and Origin of Weiss Molecular Field, Heisenberg's Exchange Interaction, Quantum Theory of Ferromagnetism, Relation between Jo (Exchange Integral) and I (Weiss Constant), Ferromagnetism Domain.

इकाई-I

क्रिस्टल बंधन एवं क्रिस्टल संरचना: क्रिस्टल आबंधन, आयनिक बंध, आयनिक क्रिस्टल की बंधन ऊर्जा, चरघातांक प्रतिकर्षी का निर्धारण, सहसंयोजन बंध, धात्विक बंध, आणविक अथवा वान्डर-वाल बंध, हाइड्रोजन

बंध, अन्तराकाशी जालक एवं क्रिस्टल संरचना, व्युत्क्रम जालक, ब्रेव जालक, मिलर सूचकांक, क्रिस्टल जालकों के तलों के मध्य अन्तराल, परमाण्विक संकुचन, सरल घनीय संरचना, फलक केन्द्रित घनीय संरचना, षट्कोणीय बंद संकुलित संरचना, परवोस्कॉइट संरचना, एक्स-किरण विवर्तन एवं ब्रेग का नियम, लावे पैटर्न।

इकाई-II

ठोसों के ऊष्मीय गुणधर्म: ऊष्मीय ऊर्जा एवं फोनोन की अवधारणा, आंतरिक ऊर्जा व विशिष्ट उष्मा, जालकीय ठोस की विशिष्ठ ऊष्मा के विभिन्न सिद्धान्त, आइन्स्टीन प्रतिरूप, सतत माध्यम की कम्पन विधाए, डिबाई प्रतिरूप, धातुओं की विशिष्ठ ऊष्मा में इलेक्ट्रोनिक योगदान, जालक की ऊष्मीय चालकता।

इकाई-III

ठोसों के बैण्ड सिद्धान्त: बैण्ड विनिर्माण, ठोस का आवर्ती विभव, ब्लॉख प्रमेय एवं आवर्ती जालकों में तरंग फलन, बैण्ड में अवस्थाओ की संख्या, क्रोनिग पैनी प्रतिरूप, ब्लाख इलेक्ट्रान का वेग एवं गतिकीय प्रभावी द्रव्यमान, संवेग, क्रिस्टल संवेग एवं प्रभावी द्रव्यमान का भौतिकीय उद्गम, ऋणात्मक प्रभावी द्रव्यमान एवं कोटर, धातुओं, अचालकों एवं नैज अर्धचालकों में अन्तर।

इकाई-IV

विद्युतीय चालकता: ड्रूड-लारेन्ज का विद्युत चालकता का सिद्धान्त, बोल्ट्जमेंन अभिगमन समीकरण, विद्युत चालकता का सोमरफील्ड सिद्धान्त, मैथिसेन का नियम, वाइडमान-फ्रेंज का ऊष्मीय चालकता का नियम, हाल प्रभाव।

अतिचालकता: परिचय, माइजनर प्रभाव, समस्थानिक प्रभाव एवं इलेक्ट्रान फोनोन अन्योन्य क्रिया, अतिचालकीय संक्रमण का विभिन्न गुणधर्मो पर प्रभाव, अतिचालकीय पदार्थों के विशिष्ट गुणधर्म,अतिचालक पदार्थ, लन्दन समीकरण, अभिवाह क्वान्टीकरण, अतिचालकता का बी.सी.एस. सिद्धान्त की गुणात्मक विवेचना, कूपर युग्म, अतिचालकों के उपयोग,जोसेफसन संधि।

इकाई-V

चुम्बकीय गुणधर्म: परमाण्वीय चुम्बकत्व का उद्गम, चिरसम्मत द्विध्रुव की चुम्बकीय क्षेत्र में बलगतिकी, चुम्बकीय प्रवृत्ति, प्रतिचुम्बकत्व, अनुचुम्बकत्व, आयनिक क्रिस्टलों में अनुचुम्बकत्व, लौह चुम्बकत्व, स्वतः चुम्बकत्व की संतृप्तता की ताप निर्भरता, अनुचुम्बकीय क्षेत्र, लौह चुम्बकत्व की प्रकृति, वाइस आणविक क्षेत्र की उत्पत्ति एवं प्रकृति, हाइजेनबर्ग विनिमय अन्योन्य क्रिया, लौह चुम्बकत्व के लिए क्वांटम सिद्धान्त, J_0 (विनिमय समाकलक) तथा I (वाइस नियतांक) में सम्बन्ध, लौह चुम्बकत्व डोमेन।

Text/Reference Books:

1. Introduction to Solid State Physics, Charles Kittel, 8th edition, 2004, Wiley India Pvt. Ltd.
2. Elements of Solid State Physics, J. P. Srivastava, 2nd edition, 2006, Prentice-Hall of India.
3. Introduction to Solids, Leonid V. Azaroff, 2004, Tata Mc-Graw Hill.
4. Solid State Physics, N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, 1976, Cengage Learning.

5. Solid-state Physics, H. Ibach and H. Luth, 2009, Springer
6. Elementary Solid State Physics, M. Ali Omar, 2006, Pearson
7. Solid State Physics, R. John, 2014, McGraw Hill
8. Solid State Physics, M. A. Wahab, 2011, Narosa Publications

E-resources:

- E-resources for Solid State Physics include digital library databases from major publishers like Cambridge University Press and The Electrochemical Society, university course materials from IITs and other institutions, specialized online platforms such as Materials Project, and lectures and notes from sources like Oxford University and MIT Open Course Ware.
- ECS Digital Library: Offers access to various journals, including the Journal of The Electrochemical Society and the ECS Journal of Solid State Science and Technology.
- Cambridge University Press: Provides access to journals and supporting online resources for their Solid State Physics textbooks.
- P K Kelkar Library (IITK): This library provides access to e-books, including titles like Solid State Physics by Quinn and Solid State Phase Transformations by V Raghavan.
- MIT OpenCourseWare (OCW): Features resources, including courses on solid state chemistry.
- Oxford University: Offers online lectures and course materials on solid state physics.
- SATHEE (IIT Kanpur): Contains an article on solid-state physics, explaining concepts like electronic structure and band theory.
- DAMTP (University of Cambridge): The Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics offers online materials, including a PDF on solid-state physics.

Course code (पाठ्यक्रम कोड): PHY601T

Course Title: Basic Instrumentation Techniques
(पाठ्यक्रम शीर्षक): मुलभुत यंत्रीकरण तकनीकें

Credit of Course (पाठ्यक्रम का क्रेडिट) : 4

Type of Course (पाठ्यक्रम का प्रकार): Discipline Specific Elective (DSE)

Qualification Level of the Course: NHEQF Level 5.5

Course Outcomes: Course Objective: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of different instrumental techniques useful in Physics.

पाठ्यक्रम का उद्देश्य: यह पाठ्यक्रम छात्रों को भौतिकी में उपयोगी विभिन्न उपकरण तकनीकों का मौलिक और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा।

Course Outcomes: This course will help the students in getting the fundamental as well as applied knowledge of different instrumnetal methods like basic measurements, CRO, Generators, etc.

शिक्षण पाठ्यक्रम के परिणाम: यह पाठ्यक्रम छात्रों को बुनियादी माप, सीआरओ, जेनरेटर आदि जैसे विभिन्न उपकरण विधियों के मौलिक और व्यावहारिक ज्ञान प्राप्त करने में मदद करेगा।

Lecture: Sixty Lectures including diagnostic and formative assessments during lecture hours.

व्याख्यान: व्याख्यान समय के दौरान निदानात्मक और रचनात्मक मूल्यांकन सहित साठ व्याख्यान।

Course Syllabus (पाठ्यक्रम विवरण)

UNIT-I

Basic of Measurement: Instruments accuracy, precision, sensitivity, resolution range etc. Errors in measurements and loading effects. Multimeter: Principles of measurement of dc voltage and dc current, ac voltage, ac current and resistance. Specifications of a multimeter and their significance. Digital Instruments: Principle and working of digital meters. Comparison of analog & digital instruments. Characteristics of a digital meter. Working principles of digital voltmeter. Digital Multimeter: Block diagram and working of a digital multimeter.

UNIT- II

Electronic Voltmeter: Advantage over conventional multimeter for voltage measurement with respect to input impedance and sensitivity. Principles of voltage, measurement (block diagram only). Specifications of an electronic Voltmeter/ Multimeter and their significance. AC millivoltmeter: Type of AC millivoltmeters: Amplifier- rectifier, and rectifier- amplifier. Block diagram ac millivoltmeter, specifications and their significance.

UNIT- III

Cathode Ray Oscilloscope: Block diagram of basic CRO. Construction of CRT, Electron gun, electrostatic focusing and acceleration (Explanation only– no mathematical treatment), brief discussion on screen phosphor, visual persistence & chemical composition. Time base operation, synchronization. Front panel controls. Specifications of a CRO and their significance. Use of CRO for the measurement of voltage (dc and ac frequency, time period. Special features of dual trace, introduction to digital oscilloscope, probes. Digital storage Oscilloscope: Block diagram and principle of working.

UNIT- IV

Signal Generators and Analysis Instruments: Digital techniques and applications (registers, counters, comparators and similar circuits). A/D and D/A converters. Microprocessor and microcontroller basics.

UNIT- V

Data interpretation and analysis. Precision and accuracy. Error analysis, propagation of errors. Least squares fitting, High frequency devices (including generators and detectors). Block diagram, explanation and specifications of low frequency signal generators. pulse

generator, and function generator. Brief idea for testing, specifications. Distortion factor meter, wave analysis.

इकाई.८

मापन के मूल सिद्धांत: उपकरणों की यथार्थता, परिशुद्धता, सुग्राहिता, विभेदन सीमा आदि। मापन में त्रुटियाँ और भार प्रभाव। मल्टीमीटर: डीसी वोल्टेज और डीसी धारा, एसी वोल्टेज, एसी धारा और प्रतिरोध के मापन के सिद्धांत। मल्टीमीटर के विनिर्देश और उनका महत्व। डिजिटल उपकरण: डिजिटल मीटर का सिद्धांत और कार्य। एनलॉग (अनुरूप) और डिजिटल उपकरणों की तुलना। डिजिटल मीटर की विशेषताएँ। डिजिटल वोल्टमीटर के कार्य सिद्धांत। डिजिटल मल्टीमीटर: ब्लॉक आरेख और डिजिटल मल्टीमीटर की कार्यविधि।

इकाई. ए

इलेक्ट्रॉनिक वोल्टमीटर: निवेशी प्रतिबाधा और सुग्राहिता के संदर्भ में वोल्टेज मापन के लिए पारंपरिक मल्टीमीटर की तुलना में लाभ। वोल्टेज मापन के सिद्धांत (केवल ब्लॉक आरेख)। इलेक्ट्रॉनिक वोल्टमीटर/मल्टीमीटर के विनिर्देश और उनका महत्व। एसी मिलीवोल्टमीटर: एसी मिलीवोल्टमीटर के प्रकार: प्रवर्धक-दिष्टकारी, और दिष्टकारी-प्रवर्धक। ब्लॉक आरेख एसी मिलीवोल्टमीटर, विनिर्देश और उनका महत्व।

इकाई- III

कैथोड किरण दोलनदर्शी: मूल CRO का ब्लॉक आरेख। CRT का निर्माण, इलेक्ट्रॉन गन, स्थिरवैद्युत फ़ोकसिंग और त्वरण (केवल व्याख्या - कोई गणितीय प्रतिपादन नहीं), स्क्रीन फ़ॉस्फ़र, दृश्य सातत्य और रास्टर आनुक्रमिक संरचन पर संक्षिप्त विचार-विमर्श। समय आधारित संक्रिया, तुल्यकालन। फ्रंट पैनल नियंत्रण। CRO के विनिर्देश और उनका महत्व। वोल्टेज (डीसी और एसी आवृत्ति, आवर्तकाल) के मापन के लिए CRO का उपयोग। द्वय ट्रेस की विशेष गुणधर्म, डिजिटल दोलनदर्शी का परिचय, प्रोब। डिजिटल संग्रहण दोलनदर्शी: ब्लॉक आरेख और कार्य सिद्धांत।

इकाई- IV

संकेत जनरेटर और विश्लेषण उपकरण: डिजिटल तकनीकें और अनुप्रयोग (रजिस्टर, काउंटर, तुलनित्र और समरूप सर्किट)।A/D और D/A कन्वर्टर्स। माइक्रोप्रोसेसर और माइक्रोकंट्रोलर की मूलभूत तत्व।

इकाई- V

डेटा व्याख्या और विश्लेषण। परिशुद्धता और यथार्थता। त्रुटि विश्लेषण, त्रुटियों का प्रसार। न्यूनतम वर्ग समंजन, उच्च आवृत्ति उपकरण (जनरेटर और संसूचक सहित)। ब्लॉक आरेख,निम्न आवृत्ति सिग्नल जनरेटर की व्याख्या और विनिर्देश। पल्स जनरेटर, और फ़ंक्शन जनरेटर। परीक्षण के लिए संक्षिप्त विचार, विनिर्देश। विरूपण कारक मीटर, तरंग विश्लेषण।

Reference Books

1. A text book in Electrical Technology - B L Theraja - S Chand and Co.
2. Performance and design of AC machines - M G Say ELBS Edn.

3. Digital Circuits and systems, Venugopal, 2011, Tata McGraw Hill.
4. Logic circuit design, Shimon P. Vingron, 2012, Springer.
5. Digital Electronics, Subrata Ghoshal, 2012, Cengage Learning.
6. Electronic Devices and circuits, S. Salivahanan & N. S.Kumar, 3rd Ed., 2012, Tata Mc-Graw Hill.

E-resources:

- **SWAYAM (NPTEL) portal.**
  - **Electrical Measurement and Electronic Instruments:** A course covering electromechanical instruments, impedance measurement (bridges), signal and function generators, and oscilloscopes.
  - **Introduction to Process Control and Instrumentation:** An introductory course for beginners. Topics include the functions of instruments, final control elements, and control loop components.
  - **Complete Field Instrumentation Engineering Master Class:** A comprehensive training program that covers design, documentation, engineering aspects, and common instruments for flow, level, temperature, and pressure.
- **YouTube:** Several channels provide free video lectures and demonstrations on instrumentation.

Course code (पाठ्यक्रम कोड): PHY602P

Course Title (पाठ्यक्रम शीर्षक): Physics Practical-VI (भौतिक विज्ञान प्रयोग-VI)

Credit of Course (पाठ्यक्रम का क्रेडिट): 2

Type of Course (पाठ्यक्रम का प्रकार): Discipline Specific Elective (DSE)

Qualification Level of the Course: NHEQF Level 5.5

Course Objective: The aim of the course is to develop the practical skills by giving the hands on experiences about various experiments.
पाठ्यक्रम का उद्देश्य: इस पाठ्यक्रम का उद्देश्य विभिन्न प्रयोगों का व्यावहारिक अनुभव प्रदान करके व्यावहारिक कौशल विकसित करना है।

Course Outcomes: This course will help the students in practical exposure to the physics experiments. The students would be able to perform, record and analyse the experimental results, understand basic concepts of physics and process, estimate the error and bounds on the experiments, deduce the experimental results using graphs and tables, extend the scope if the outcomes are not as per expectations, collaboratively handling the equipments,

understand the importance of the good and rich data, applied part of the experimental scope, etc.

पाठ्यक्रम परिणाम: यह पाठ्यक्रम छात्रों को भौतिकी प्रयोगों का व्यावहारिक अनुभव प्रदान करने में मदद करेगा। छात्र प्रयोगात्मक परिणामों को निष्पादित, रिकॉर्ड और विश्लेषण करने, भौतिकी और प्रक्रिया की मूल अवधारणाओं को समझने, प्रयोगों की त्रुटि और सीमाओं का अनुमान लगाने, ग्राफ़ और तालिकाओं का उपयोग करके प्रयोगात्मक परिणामों को निकालने, यदि परिणाम अपेक्षा के अनुरूप न हों तो उनके दायरे का विस्तार करने, उपकरणों का सहयोगात्मक संचालन करने, अच्छे और समृद्ध आँकड़ों के महत्व को समझने, प्रयोगात्मक दायरे के अनुप्रयुक्त भाग आदि में सक्षम होंगे।

List of Experiments (प्रयोगों की सूची)

Note- One experiment must be performed in the semester examination. Marks distribution will be as: Experiment - 30, Practical record – 10, Viva Voce – 10.

1. Determine the value of Plank's constant using photocell.
2. Determine the value of Plank's constant using solar cell.
3. Work function of Tungsten, Richardson's equation.
4. Determine hall voltage, mobility, carrier concentration and hall coefficient in a given semiconductor.
5. Determine the magnetic susceptibility of a paramagnetic salt by Quinck's method.
6. Determine hysterisis loss using CRO.
7. Study the dynamics of a lattice using electrical analogue.
8. Study the characteristics of a G.M counter and verify the inverse square law.
9. Study of β- absorption in aluminium foil using G.M counter.
10. Study of variation of modulus of rigidity of a given specimen as a function of temperature.
11. Any other experiments of the equivalent standard can be set.

नोट- सेमेस्टर परीक्षा में एक प्रयोग अवश्य करना होगा। अंकों का वितरण इस प्रकार होगा: प्रयोग - 30, प्रायोगिक अभिलेख -10, मौखिक परीक्षा -10।

1. फोटोसेल का उपयोग करके प्लैंक स्थिरांक का मान निर्धारित करें।
2. सौर सेल का उपयोग करके प्लैंक स्थिरांक का मान निर्धारित करें।
3. टंगस्टन का कार्य फलन, रिचर्डसन का समीकरण।
4. किसी दिए गए अर्धचालक में हॉल वोल्टेज, गतिशीलता, वाहक सांद्रता और हॉल गुणांक निर्धारित करें।
5. क्विंक विधि द्वारा एक अनुचुंबकीय लवण की चुंबकीय प्रवृत्ति निर्धारित करें।
6. CRO का उपयोग करके शिथिल्य हानि निर्धारित करें।
7. विद्युत अनुरूप का उपयोग करके एक जालक की गतिकी का अध्ययन करें।
8. G.M. काउंटर की विशेषताओं का अध्ययन करें और व्युत्क्रम वर्ग नियम का सत्यापन करें।
9. G.M. काउंटर का उपयोग करके एल्युमिनियम पन्नी में β-अवशोषण का अध्ययन।
10. तापमान के फलन के रूप में किसी दिए गए नमूने के दृढ़ता गुणांक के परिवर्तन का अध्ययन।
11. समतुल्य मानक के कोई अन्य प्रयोग निर्धारित किए जा सकते हैं।

Text/References:

1. Lab and component manuals.
2. Advanced Practical Physics Vol. I and II by S.P. Singh, Pragati Prakashan, Meerut.

E-Resources:

1. https://onlinecourses.nptel.ac.in.
2. Freely available Lecture Notes by the Eminent Teachers and Instrument Manuals available.
