भौतिकी

भाग 1

कक्षा 11 के लिए पाठ्यपुस्तक

© NCERT
not to be republished

11088

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्
NATIONAL COUNCIL OF EDUCATIONAL RESEARCH AND TRAINING

11088 – भौतिकी (भाग 1)
कक्षा 11 के लिए पाठ्यपुस्तक

ISBN 81-7450-515-6

प्रथम संस्करण
मार्च 2006 फाल्गुन 1927

पुनर्मुद्रण
मार्च 2007, जनवरी 2008, जून 2009, दिसंबर 2009, नवंबर 2010, फरवरी 2012, जनवरी 2013, जून 2014, दिसंबर 2014, दिसंबर 2015, मार्च 2017, जनवरी 2018, जनवरी 2019 और नवंबर 2019

संशोधित संस्करण
दिसंबर 2022 पौष 1944

पुनर्मुद्रण
मार्च 2024 चैत्र 1946

PD 10T SU

© *राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, 2006, 2022*

₹ 160.00

एन.सी.ई.आर.टी. वाटरमार्क 80 जी.एस.एम. पेपर पर मुद्रित।

प्रकाशन प्रभाग में सचिव, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, श्री अरविंद मार्ग, नयी दिल्ली 110 016 द्वारा प्रकाशित तथा बी.एम. ऑफ़सेट प्रिंटर्स, एच-37, सैक्टर-63, नोएडा, उत्तर प्रदेश द्वारा मुद्रित।

सर्वाधिकार सुरक्षित

- प्रकाशक की पूर्व अनुमति के बिना इस प्रकाशन के किसी भाग को छापना तथा इलेक्ट्रॉनिकी, मशीनी, फोटोप्रतिलिपि, रिकॉर्डिंग अथवा किसी अन्य विधि से पुनः प्रयोग पद्धति द्वारा उसका संग्रहण अथवा प्रसारण वर्जित है।
- इस पुस्तक की बिक्री इस शर्त के साथ की गई है कि प्रकाशक की पूर्व अनुमति के बिना यह पुस्तक अपने मूल आवरण अथवा जिल्द के अलावा किसी अन्य प्रकार से व्यापार द्वारा उधारी पर, पुनर्विक्रय या किराए पर न दी जाएगी, न बेची जाएगी।
- इस प्रकाशन का सही मूल्य इस पृष्ठ पर मुद्रित है। रबड़ की मुहर अथवा चिपकाई गई पर्ची (स्टिकर) या किसी अन्य विधि द्वारा अंकित कोई भी संशोधित मूल्य गलत है तथा मान्य नहीं होगा।

एन.सी.ई.आर.टी. के प्रकाशन प्रभाग के कार्यालय

एन.सी.ई.आर.टी. कैंपस
श्री अरविंद मार्ग
नयी दिल्ली 110 016 फोन : 011-26562708

108, 100 फीट रोड
हेली एक्सटेंशन, होस्डेकेरे
बनाशंकरी III स्टेज
बेंगलुरु 560 085 फोन : 080-26725740

नवजीवन ट्रस्ट भवन
डाकघर नवजीवन
अहमदाबाद 380 014 फोन : 079-27541446

सी.डब्ल्यू.सी. कैंपस
निकट: धनकल बस स्टॉप पनिहटी
कोलकाता 700 114 फोन : 033-25530454

सी.डब्ल्यू.सी. कॉम्प्लैक्स
मालीगांव
गुवाहाटी 781 021 फोन : 0361-2674869

प्रकाशन सहयोग

अध्यक्ष, प्रकाशन प्रभाग	:	*अनूप कुमार राजपूत*
मुख्य संपादक	:	*श्वेता उप्पल*
मुख्य उत्पादन अधिकारी	:	*अरुण चितकारा*
मुख्य व्यापार प्रबंधक (प्रभारी)	:	*अमिताभ कुमार*
संपादक	:	*नरेश यादव*
सहायक उत्पादन अधिकारी	:	ओम प्रकाश

आवरण एवं चित्रांकन
श्वेता राव

© NCERT not to be republished

आमुख

राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा (2005) सुझाती है कि बच्चों के स्कूली जीवन को बाहर के जीवन से जोड़ा जाना चाहिए। यह सिद्धांत किताबी ज्ञान की उस विरासत के विपरीत है जिसके प्रभाववश हमारी व्यवस्था आज तक स्कूल और घर के बीच अंतराल बनाए हुए है। नयी राष्ट्रीय पाठ्यचर्या पर आधारित पाठ्यक्रम और पाठ्यपुस्तकें इस बुनियादी विचार पर अमल करने का प्रयास हैं। इस प्रयास में हर विषय को एक मज़बूत दीवार से घेर देने और जानकारी को रटा देने की प्रवृत्ति का विरोध शामिल है। आशा है कि ये कदम हमें राष्ट्रीय शिक्षा नीति (1986) में वर्णित बाल-केंद्रित व्यवस्था की दिशा में काफ़ी दूर तक ले जाएँगे।

इस प्रयत्न की सफलता अब इस बात पर निर्भर है कि स्कूलों के प्राचार्य और अध्यापक बच्चों को कल्पनाशील गतिविधियों और सवालों की मदद से सीखने और सीखने के दौरान अपने अनुभवों पर विचार करने का कितना अवसर देते हैं। हमें यह मानना होगा कि यदि जगह, समय और आज़ादी दी जाए तो बच्चे बड़ों द्वारा सौंपी गई सूचना-सामग्री से जुड़कर और जूझकर नए ज्ञान का सृजन करते हैं। शिक्षा के विविध साधनों एवं स्रोतों की अनदेखी किए जाने का प्रमुख कारण पाठ्यपुस्तक को परीक्षा का एकमात्र आधार बनाने की प्रवृत्ति है। सर्जना और पहल को विकसित करने के लिए ज़रूरी है कि हम बच्चों को सीखने की प्रक्रिया में पूरा भागीदार मानें और बनाएँ, उन्हें ज्ञान की निर्धारित खुराक का ग्राहक मानना छोड़ दें।

ये उद्देश्य स्कूल की दैनिक जिंदगी और कार्यशैली में काफ़ी फ़ेरबदल की माँग करते हैं। दैनिक समय-सारणी में लचीलापन उतना ही ज़रूरी है, जितना वार्षिक कैलेंडर के अमल में चुस्ती, जिससे शिक्षण के लिए नियत दिनों की संख्या हकीकत बन सके। शिक्षण और मूल्यांकन की विधियाँ भी इस बात को तय करेंगी कि यह पाठ्यपुस्तक स्कूल में बच्चों के जीवन को मानसिक दबाव तथा बोरियत की जगह खुशी का अनुभव बनाने में कितनी प्रभावी सिद्ध होती है। बोझ की समस्या से निपटने के लिए पाठ्यक्रम निर्माताओं ने विभिन्न चरणों में ज्ञान का पुनर्निर्धारण करते समय बच्चों के मनोविज्ञान एवं अध्यापन के लिए उपलब्ध समय का ध्यान रखने की पहले से अधिक सचेत कोशिश की है। इस कोशिश को और गहराने के यत्न में यह पाठ्यपुस्तक सोच-विचार और विस्मय, छोटे समूहों में बातचीत एवं बहस और हाथ से की जाने वाली गतिविधियों को प्राथमिकता देती है।

एन.सी.ई.आर.टी. इस पुस्तक की रचना के लिए बनाई गई पाठ्यपुस्तक निर्माण समिति के परिश्रम के लिए कृतज्ञता व्यक्त करती है। परिषद् विज्ञान एवं गणित पाठ्यपुस्तक सलाहकार समिति के अध्यक्ष, प्रोफ़ेसर जे.वी. नार्लीकर और इस पाठ्यपुस्तक के मुख्य सलाहकार, प्रोफ़ेसर ए.डब्ल्यू. जोशी, जिन्होंने इस समिति के कार्य को निर्देशित किया, की विशेष आभारी है। इस पाठ्यपुस्तक के विकास में कई शिक्षकों ने योगदान किया; इस योगदान को संभव बनाने के लिए हम उनके प्राचार्यों के आभारी हैं। हम उन सभी संस्थाओं और संगठनों के प्रति कृतज्ञ हैं जिन्होंने अपने संसाधनों, सामग्री तथा सहयोगियों की मदद लेने में हमें उदारतापूर्वक सहयोग दिया। प्रोफ़ेसर मृणाल मीरी और प्रोफ़ेसर जी. पी. देशपांडे की अध्यक्षता में मानव संसाधन विकास मंत्रालय के अधीन उच्च माध्यमिक शिक्षा विभाग द्वारा गठित निगरानी समिति (मॉनीटरिंग कमेटी) के सदस्यों के अमूल्य समय और सहयोग के लिए हम कृतज्ञ हैं। व्यवस्थागत सुधारों और अपने प्रकाशनों में निरंतर निखार लाने के प्रति समर्पित एन.सी.ई.आर.टी. टिप्पणियों एवं सुझावों का स्वागत करेगी जिनसे भावी संशोधनों में मदद ली जा सके।

निदेशक
राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और
प्रशिक्षण परिषद्

नयी दिल्ली
20 दिसंबर 2005

© NCERT not to be republished

पाठ्यपुस्तकों में पाठ्य सामग्री का पुनर्संयोजन

कोविड-19 महामारी को देखते हुए, विद्यार्थियों के ऊपर से पाठ्य सामग्री का बोझ कम करना अनिवार्य है। *राष्ट्रीय शिक्षा नीति, 2020* में भी विद्यार्थियों के लिए पाठ्य सामग्री का बोझ कम करने और रचनात्मक नज़रिए से अनुभवात्मक अधिगम के अवसर प्रदान करने पर ज़ोर दिया गया है। इस पृष्ठभूमि में, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् ने सभी कक्षाओं में पाठ्यपुस्तकों को पुनर्संयोजित करने की शुरुआत की है। इस प्रक्रिया में रा.शै.अ.प्र.प. द्वारा पहले से ही विकसित कक्षावार सीखने के प्रतिफलों को ध्यान में रखा गया है।

पाठ्य सामग्रियों के पुनर्संयोजन में निम्नलिखित बिंदुओं को ध्यान में रखा गया है –

- एक ही कक्षा में अलग-अलग विषयों के अंतर्गत समान पाठ्य सामग्री का होना;
- एक कक्षा के किसी विषय में उससे निचली कक्षा या ऊपर की कक्षा में समान पाठ्य सामग्री का होना;
- कठिनाई स्तर;
- विद्यार्थियों के लिए सहज रूप से सुलभ पाठ्य सामग्री का होना, जिसे शिक्षकों के अधिक हस्तक्षेप के बिना, वे खुद से या सहपाठियों के साथ पारस्परिक रूप से सीख सकते हों;
- वर्तमान संदर्भ में अप्रासंगिक सामग्री का होना।

वर्तमान संस्करण, ऊपर दिए गए परिवर्तनों को शामिल करते हुए तैयार किया गया पुनर्संयोजित संस्करण है।

© NCERT not to be republished

© NCERT not to be republished

प्राक्कथन

एक दशक से भी अधिक समय पूर्व, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् ने प्रो. टी.वी. रामकृष्णन, एफ.आर.एस., की अध्यक्षता में लेखकों के एक दल की सहायता से कक्षा 11 तथा 12 के लिए लिखी गई पाठ्यपुस्तकें प्रकाशित की थीं। इन पुस्तकों को विद्यार्थियों तथा शिक्षकों ने समान रूप से भलीभांति अपनाया। वास्तव में ये पुस्तकें मील का पत्थर तथा विचारधारा निर्धारित करने वाली सिद्ध हुईं। तथापि, पाठ्यपुस्तकों और विशेषकर विज्ञान की पुस्तकों का विकास परिवर्तनशील बोध, आवश्यकता, पुनर्निवेशन तथा विद्यार्थियों, शिक्षाविदों तथा समाज के अनुभवों की दृष्टि से एक गत्यात्मक प्रक्रिया है। विद्यालयी शिक्षा के लिए राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा–2000 पर आधारित संशोधित पाठ्यक्रमों के अनुरूप भौतिकी की पाठ्यपुस्तकों का एक दूसरा संस्करण प्रोफेसर सुरेश चन्द्र के निर्देशन में प्रकाशित किया गया जो अब तक लागू था। हाल में राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् ने राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा 2005 (एन.सी.एफ. 2005) प्रकाशित की तथा विद्यालयी स्तर पर पाठ्यचर्या नवीकरण प्रक्रिया के दौरान पाठ्यक्रम में तदनुसार संशोधन किया गया। *उच्चतर माध्यमिक स्तर के लिए पाठ्यक्रम* (एन.सी.ई.आर.टी., 2005) विकसित किया गया है। कक्षा 11 की पाठ्यपुस्तक में 15 अध्याय दो भागों में हैं। भाग 1 में प्रथम आठ अध्याय हैं जबकि भाग 2 में अगले सात अध्याय हैं। प्रस्तुत पुस्तक वर्तमान पाठ्यपुस्तक निर्माण समिति के नवीन प्रयास का परिणाम है और साथ ही यह आशा है कि विद्यार्थी भौतिकी के सुंदरता एवं तर्क का महत्त्व समझेंगे। उच्चतर माध्यमिक स्तर के आगे विद्यार्थी भौतिकी का अध्ययन जारी रख सकते हैं या नहीं भी परन्तु हम मानते हैं कि वे चाहे किसी भी दूसरे विषय का अध्ययन करें, उसमें वे भौतिकी की सोच–विचार प्रक्रिया को उपयोगी पाएँगे। यह विषय, कुछ भी हों, जैसे – अर्थव्यवस्था, प्रशासन, सामाजिक विज्ञान, पर्यावरण, अभियांत्रिकी, प्रौद्योगिकी, जीवविज्ञान या चिकित्साशास्त्र। उन विद्यार्थियों के लिए, जो भौतिकी का अध्ययन इस स्तर के आगे जारी रखेंगे, इस पुस्तक में विकसित विषय निश्चय ही एक सुदृढ़ आधार प्रदान करेगा।

विज्ञान और प्रौद्योगिकी की लगभग सभी शाखाओं के ज्ञान का आधारभूत भौतिकी है। यह उल्लेख करना रोचक है कि भौतिकी की धारणाओं एवं विचारों का उपयोग ज्ञान की दूसरी भाषाओं; जैसे – अर्थशास्त्र, वाणिज्य और व्यवहार विज्ञान में भी बढ़ता जा रहा है। हम इस तथ्य से अनभिज्ञ हैं कि भौतिकी के कुछ सरल आधारिक सिद्धांत प्रायः प्रत्यात्मक रूप में जटिल होते हैं। इस पुस्तक में हमने 'प्रत्यात्मक सामंजस्य' लाने का प्रयास किया है। शैक्षणिक तथा विषय की परिशुद्धता को बनाए रखकर सरल एवं सुबोध भाषा का प्रयोग करना हमारे प्रयास का केंद्र बिंदु है। भौतिकी विषय की प्रकृति ही ऐसी है जिसके लिए कुछ न्यूनतम गणित का उपयोग करना आवश्यक हो जाता है। जहाँ तक संभव हो सका है हमने गणितीय सूत्रों को तार्किक ढंग से विकसित करने का प्रयास किया है।

भौतिकी के विद्यार्थियों एवं अध्यापकों को पूर्ण रूप से समझना चाहिए कि भौतिकी विषय को याद करने की बजाय बोधगम्य बनाने की आवश्यकता होती है। जब हम माध्यमिक से उच्चतर माध्यमिक या आगे की स्तर को जाते हैं तो भौतिकी में मुख्य रूप से चार अवयव होते हैं : (i) गणित का पर्याप्त सुदृढ़ आधार, (ii) तकनीकी शब्द एवं पद जिनके अंग्रेजी भाषा में सामान्य अर्थ एकदम भिन्न हो सकते हैं, (iii) नयी जटिल अवधारणाएँ, तथा (iv) प्रायोगिक आधार। भौतिकी में गणित की आवश्यकता है क्योंकि हम अपने चारों ओर के परिवेश का यथार्थ चित्रण विकसित तथा अपने प्रेक्षणों को मेय राशियों के पदों में व्यक्त करना चाहते हैं। भौतिकी कणों के नए गुणों की खोज करती है तथा प्रत्येक कण के लिए एक नाम देना चाहती है। शब्द

© NCERT not to be republished

आमतौर से अंग्रेजी, लैटिन, या ग्रीक भाषा से लेते हैं परन्तु भौतिकी इन शब्दों को एकदम नया अर्थ देती है। इसको समझने के लिए आप ऊर्जा, बल, शक्ति, आवेश, स्पिन या इस तरह के अन्य शब्दों के मान किसी मानक अंग्रेजी शब्दावली में देख सकते हैं तथा इनके अर्थों को भौतिकी में प्रयुक्त इन शब्दों के अर्थों से तुलना कर सकते हैं। भौतिकी कणों के व्यवहार को समझाने के लिए जटिल एवं अनूठी अवधारणाओं को विकसित करती है। अन्ततः यह याद रखना होगा कि भौतिकी प्रेक्षणों और प्रयोगों पर आधारित है – इनके अभाव में किसी सिद्धांत को भौतिकी के क्षेत्र में मान्यता नहीं मिलती है।

इस पुस्तक में कुछ विशिष्टताएँ हैं । हमें पूर्ण आशा एवं विश्वास है कि ये विद्यार्थियों के लिए पुस्तक की उपयोगिता में वृद्धि करेंगी । अध्याय की विषय-वस्तु पर तेजी से सरसरी दृष्टि डालने के लिए प्रत्येक अध्याय के अंत में **सारांश** दिया गया है । इसके पश्चात् **विचारणीय विषय** दिए गए हैं जो विद्यार्थियों के मस्तिष्क में उत्पन्न होने वाली संभावित भ्रांतियों, अध्याय में दिए कुछ प्रकथनों/सिद्धांतों में छिपी उलझनों तथा अध्याय से उपलब्ध ज्ञान के उपयोग के लिए आवश्यक 'चेतावनियों' की ओर इंगित करते हैं। ये कुछ विचार उत्तेजक प्रश्न भी उठाते हैं जिनसे विद्यार्थी भौतिकी के परे जीवन पर विचार कर सके। इन 'बिंदुओं' पर सोचना तथा अपने मस्तिष्क का अनुप्रयोग करना विद्यार्थियों को रोचक लगेगा । इसके अतिरिक्त संकल्पनाओं के स्पष्टीकरण तथा/अथवा दैनिक जीवन की परिस्थितियों में इन संकल्पनाओं के अनुप्रयोगों की व्याख्या के लिए बड़ी संख्या में पाठ्य सामग्री में 'हल सहित अभ्यासों' का समावेश किया गया है । यदा-कदा भौतिकी विषय के क्रमिक विकास के प्रति जिज्ञासा को शांत करने के लिए ऐतिहासिक परिप्रेक्ष्यों को भी सम्मिलित किया गया है । बहुत से अध्यायों में या तो इसी उद्देश्य के लिए अथवा उन विषयवस्तुओं जिनमें विद्यार्थियों को अतिरिक्त ध्यान देने की आवश्यकता होती है, उनकी कुछ विशेष विशिष्टताओं की ओर आकर्षित करने के उद्देश्य से विषयवस्तु को 'बॉक्स' में दिया गया है । पुस्तक के अंत में पुस्तक में प्रयुक्त मुख्य शब्दों की सूची दी गई है।

भौतिकी की विशेष प्रकृति, धारणाओं की समझ के अलावा कुछ परिपाटियों का ज्ञान, आधारभूत गणितीय साधन, महत्त्वपूर्ण भौतिक स्थिरांकों के आंकिक मान, सूक्ष्म स्तर से गैलेक्सीन स्तर के परिसर तक उपयोगी मात्रकों की प्रणाली की अपेक्षा करती है। विद्यार्थियों की सहायता के लिए हमने पुस्तक के अंत में परिशिष्ट A1 से A9 के रूप में आवश्यक साधन एवं डाटाबेस दिए हैं। अतिरिक्त जानकारी या किसी अध्याय विशेष में वर्णित विषय के उपयोग के लिए कुछ अध्यायों के अंत में भी कुछ परिशिष्ट दिए गए हैं।

सुस्पष्ट चित्र प्रदान करने की ओर विशेष ध्यान दिया गया है । चित्रों की स्पष्टता में वृद्धि के लिए उन्हें 'दो रंगों' में रेखांकित किया गया है । प्रत्येक अध्याय के अंत में पर्याप्त संख्या में अभ्यास दिए गए हैं । इनमें से कुछ जीवन की वास्तविक परिस्थितियों से संबंधित हैं । विद्यार्थियों से अनुरोध है कि वे इन्हें हल करें और ऐसा करते समय वे इन अभ्यासों को अत्यधिक शिक्षाप्रद पाएंगे। कुछ अतिरिक्त अभ्यास भी दिए गए हैं जो अधिक कठिन हैं। कुछ अभ्यासों को हल करने के लिए संकेत एवं उत्तर दिए गए हैं। संपूर्ण पुस्तक में SI मात्रकों का उपयोग किया गया है । निर्धारित पाठ्यक्रम/पाठ्यचर्या के भाग के रूप में और साथ ही भौतिकी के लक्ष्य में सहायक के रूप में अध्याय 2 में "मात्रक और मापन" का विस्तृत विवरण दिया गया है । इस अध्याय में दिया गया एक 'बॉक्स' एक लंबी वक्रीय लाइन जैसी सरल वस्तु के मापन से कठिनाइयों को उजागर करता है। SI मूल मात्रकों एवं अन्य संबंधित मात्रकों की सारणी इस अध्याय में वर्तमान मान्य परिभाषाओं को मन में बैठाने तथा आज मापन में उपलब्ध शुद्धता की उच्चकोटि को स्पष्ट करने के लिए की गई है। यहाँ दी गई संख्याओं को न तो कंठस्थ करने की आवश्यकता है और न इन्हें परीक्षा में पूछना चाहिए।

विद्यार्थियों, अध्यापकों तथा आम जनता में यह धारणा है कि माध्यमिक और उच्चतर माध्यमिक स्तर में तीक्ष्ण चढ़ाव है। परन्तु तनिक सोच दर्शाती है कि शिक्षा की वर्तमान व्यवस्था में ऐसा होगा ही। माध्यमिक स्तर तक की शिक्षा सामान्य शिक्षा है जहाँ विद्यार्थी को कई विषयों, विज्ञान, सामाजिक विज्ञान, गणित, भाषा का अध्ययन प्राथमिक स्तर का करना होता है। उच्चतर माध्यमिक या आगे की शिक्षा में, उद्यम के किसी

© NCERT not to be republished

चुने क्षेत्र में व्यावसायिक दक्षता ग्रहण करना होता है। इसकी तुलना आप निम्न स्थिति से कर सकते हैं। बच्चे अपने घरों के अंदर या बाहर या गलियों में क्रिकेट या बैडमिंटन खेलते हैं। परन्तु उनमें से कुछ स्कूल टीम, फिर जिले की टीम, फिर राज्य टीम और राष्ट्रीय टीम तक पहुँचना चाहते हैं। प्रत्येक स्तर पर तीक्ष्ण चढ़ाव होगा ही। अधिक परिश्रम जरूरी होता है यदि विद्यार्थी विज्ञान, साहित्य, भाषा, संगीत, कला, वाणिज्य, अर्थप्रबन्ध, वास्तुकला के क्षेत्र में शिक्षा ग्रहण करना चाहते हैं या वे खिलाड़ी या फैशन डिज़ाइनर बनना चाहते हैं।

इस पुस्तक को पूर्ण कर पाना बहुत से व्यक्तियों की सहज स्वाभाविक एवं सतत् सहायता के कारण ही संभव हो सका है। पाठ्यपुस्तक निर्माण समिति डा. आर.एच. रेबेगकर का अध्याय 4 में उनके बॉक्स विषय तथा डॉ. एफ.आई. सुर्वे का अध्याय 15 में उनके बॉक्स विषय के उपयोग की अनुमति के लिए आभारी है। विज्ञान शिक्षा में सुधार के लिए राष्ट्रीय प्रयासों के एक भाग के रूप में इस पाठ्यपुस्तक के निर्माण का कार्य सौंपने के लिए हम राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् के निदेशक के प्रति अपना आभार प्रकट करते हैं । परिषद् के विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग के अध्यक्ष तथा संकाय के अन्य सदस्य इस उद्यम में सदैव ही हर संभव ढंग से हमारी सहायता के लिए तत्पर रहे, हम उनके भी अत्यंत अभारी हैं।

पुरानी पाठ्यपुस्तक को शिक्षकों, विद्यार्थियों तथा विशेषज्ञों का श्रेष्ठ विद्वतापूर्ण निवेश प्राप्त हुआ जिन्होंने पिछले कुछ वर्षों में परिमार्जन के लिए सुझाव दिए। हम उन सभी के कृतज्ञ हैं जिन्होंने एन.सी.ई.आर.टी. को अपने सुझाव भेजे। हम प्रथम पाण्डुलिपि पर चर्चा तथा परिमार्जन के लिए आयोजित समीक्षा कार्यगोष्ठी तथा सम्पादन कार्यगोष्ठी के सदस्यों के भी आभारी हैं। हम अध्यक्ष तथा उनके लेखन मंडल को उनके द्वारा 1988 में लिखी गई पाठ्यसामग्री के लिए धन्यवाद देते हैं जिसने 2002 संस्करण तथा जिसने हमें इस पाठ्यपुस्तक को विकसित करने का आधार तथा संदर्भ प्रदान किया। यदा–कदा पुरानी पुस्तकों के कुछ बड़े भागों को, विशेषकर जिन्हें विद्यार्थियों/शिक्षकों ने सराहा है, विद्यार्थियों की भावी पीढ़ी के हित को ध्यान में रखकर, प्रस्तुत पुस्तक में अपनाया/रूपांतरित किया है ।

हम अपने सम्मानित प्रयोक्ताओं, विशेषकर विद्यार्थियों तथा शिक्षकों से प्राप्त समीक्षा एवं सुझावों का आदर करते हैं । हम अपने युवा पाठकों की भौतिकी के रोमांचकारी कार्यक्षेत्र की ओर अग्रसर होने की कामना करते हैं ।

ए. डब्ल्यू. जोशी
मुख्य सलाहकार
पाठ्यपुस्तक निर्माण समिति

© NCERT not to be republished

अध्यापकों के लिए संदेश

पाठ्यचर्या को शिक्षार्थी–केंद्रित बनाने के लिए अति आवश्यक है कि विद्यार्थी अधिगम प्रक्रिया में सक्रिय रूप से भाग लें। प्रति सप्ताह या प्रति छः कक्षाओं पर एक बार इस तरह के सेमिनार और विचारों का आदान–प्रदान आयोजित होना चाहिए। भागीदारों के बीच परिचर्चा के लिए, इस पुस्तक में कुछ विशेष विषयों के संदर्भ में, कुछ सुझाव नीचे दिए गये हैं।

विद्यार्थियों को पाँच या छः के समूह में व्यवस्थित कीजिए। यदि आवश्यक हो, तो शिक्षण वर्ष में इन समूहों के सदस्यों में क्रमावर्तन करें।

परिचर्चा के विषय को बोर्ड पर या कागज पर लिखें। विद्यार्थियों को निर्देश दीजिए कि वे प्रश्नों के उत्तर या अपनी प्रतिक्रिया, जो भी अभीष्ट है, दिए हुए कागज पर लिखें। तत्पश्चात अपने समूह में चर्चा करें तथा इन पृष्ठों पर संशोधन या टिप्पणी जोड़ें। फिर इन सबकी उसी कक्षा में या किसी और कक्षा में परिचर्चा करें। विद्यार्थियों के उत्तर पृष्ठों का मूल्यांकन भी किया जा सकता है। प्रस्तुत पुस्तक से हम तीन सम्भावित विषयों को प्रस्तावित करते हैं। वास्तव में, प्रथम दो विषय, बहुत ही सामान्य हैं तथा पिछले चार या अधिक शताब्दियों के दौरान विज्ञान के विकास से सम्बन्धित हैं। प्रत्येक सेमिनार के लिए विद्यार्थी तथा अध्यापक, इस तरह के अन्य विषय को सुझा सकते हैं।

1. विचार जिसने सभ्यता को बदल दिया

मान लीजिए मानव जाति धीरे–धीरे विलुप्त हो रही है और आने वाली पीढ़ी या परकीय आगंतुक के लिए कोई संदेश छोड़ना है। प्रसिद्ध भौतिक विज्ञानी आर.पी. फाइनमैन आने वाली पीढ़ी के लिए निम्न संदेश छोड़ना चाहते थे :

"पदार्थ अणुओं से बना है"

एक महिला छात्रा तथा साहित्य की अध्यापिका निम्न संदेश छोड़ना चाहती थी :

"जल विद्यमान है, अतः मानव जाति का अस्तित्व रहेगा"

किसी अन्य व्यक्ति ने सोचा : "गति के लिए पहिए का विचार"

आने वाली पीढ़ी के लिए आप में से प्रत्येक जो संदेश छोड़ना चाहेंगे उसे लिखें। तब अपने समूह में इस पर चर्चा करें, और इसमें परिवर्तन करें या इसमें और विचार जोड़ें, यदि आप अपना विचार बदलना चाहते हैं। इसे अपने अध्यापक को दें तथा इससे संबंधित परिचर्चा में भाग लें।

2. न्यूनीकरण

गैस का अणुगति सिद्धान्त 'बड़े को छोटे से' या 'मैक्रो को माइक्रो' से संबंधित करता है। एक निकाय के रूप में गैस इसके अवयवों, अणुओं से संबंधित है। किसी निकाय को उसके अवयवों के गुणों से संबंधित करके वर्णित करना *न्यूनीकरण* कहलाता है। यह विधि व्यष्टि के साधारण एवं भविष्यवाची व्यवहार के आधार पर समूह के व्यवहार को स्पष्ट करती है। इस उपगमन में सूक्ष्मदर्शी गुणों एवं स्थूल प्रेक्षणों में एक परस्पर निर्भरता होती है। क्या यह विधि उपयोगी है? इस प्रकार के उपगमन की भौतिकी और रसायन विज्ञान के अतिरिक्त अन्य विषयों में अपनी सीमाएँ होती हैं – सम्भव है इन विषयों में भी सीमाएँ हों। किसी कैनवस पर बने चित्र को इसमें प्रयुक्त रसायनों के गुणों के समूह से संबंधित कर विवेचना *नहीं* की जा सकती है। वास्तविकता अवयवों के योग से कहीं परे है।

प्रश्न : क्या आप अन्य क्षेत्र बता सकते हैं जहाँ इस प्रकार के उपगमन को उपयोग में लाया जाता है?

किसी निकाय का संक्षेप में वर्णन कीजिए जिसका उसके अवयवों के पदों में पूर्ण रूप से विवेचना किया जा सके। एक अन्य निकाय का भी वर्णन कीजिए जिसमें ऐसा सम्भव नहीं है। अपने समूह के अन्य सदस्यों से इस पर विचार–विमर्श करें और अपने विचार लिखें। इसे अपने अध्यापक को दें तथा इस पर आयोजित परिचर्चा में भाग लें।

3. ऊष्मा का आण्विक उपगमन

आपके विचार से निम्न अवस्थाओं में क्या होगा, बताएँ।

कोई आवेष्टन एक सरंध्र दीवार से दो भागों में पृथक है। एक भाग नाइट्रोजन गैस (N_2) तथा दूसरा कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) से भरा है। गैसें एक भाग से दूसरे भाग में विसरित होती हैं।

प्रश्न 1 : दोनों गैसें एकसमान मात्रा में विसरित होंगी? यदि नहीं, तो कौन सी गैस अधिक विसरित होगी? कारण सहित बताइए।

प्रश्न 2 : क्या दाब एवं ताप अपरिवर्तित रहेंगे? यदि नहीं तो दोनों में क्या परिवर्तन होगा? कारण सहित बताइए।

अपने उत्तर लिखिए। समूह के अन्य सदस्यों के साथ विचार–विमर्श करें तथा उत्तर को परिष्कृत करें या टिप्पणी जोड़ें। उत्तर अध्यापक को दें तथा परिचर्चा में भाग लें।

विद्यार्थी तथा अध्यापक पाएँगे कि इस तरह के परिचर्चा तथा विचार–विमर्श, न केवल भौतिकी में, बल्कि विज्ञान तथा सामाजिक विज्ञान की समझ में हमें अत्यधिक सहायक होते हैं। इससे विद्यार्थियों की सोच में परिपक्वता आएगी।

© NCERT not to be republished

पाठ्यपुस्तक निर्माण समिति

अध्यक्ष, विज्ञान और गणित पाठ्यपुस्तकों की सलाहकार समिति

जे.वी. नार्लीकर, *इमेरिटस प्रोफ़ेसर,* अंतर-विश्वविद्यालय केंद्र : खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी, पुणे

मुख्य सलाहकार

ए.डब्ल्यू. जोशी, *प्रोफ़ेसर,* हानरेरी विजिटिंग साइंटिस्ट, एनसीआरए, पुणे
(भूतपूर्व प्रोफ़ेसर, भौतिकी विभाग, पुणे विश्वविद्यालय)

सदस्य

अनुराधा माथुर, *पी.जी.टी.,* मॉडर्न स्कूल, बसंत विहार, नयी दिल्ली
आर.जोशी. *प्रवक्ता* (एस.जी.), डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली
एच.सी. प्रधान, *प्रोफ़ेसर,* होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केन्द्र, टाटा इंस्टीट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च, मुंबई
एन. पंचपकेशन, *अवकाश प्राप्त प्रोफ़ेसर,* भौतिकी एवं खगोलभौतिकी विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली
एस. राय चौधरी, *प्रोफ़ेसर,* भौतिकी एवं खगोलभौतिकी विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली
एस.के. दास, *रीडर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली
एस.एन. प्रभाकर, *पी.जी.टी.,* डी.एम.स्कूल, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, एन.सी.ई.आर.टी., मैसूर
गगन गुप्त, *रीडर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली
चित्रा गोयल, *पी.जी.टी.,* राजकीय प्रतिभा विकास विद्यालय, त्यागराज नगर, लोदी रोड, नयी दिल्ली
टी.जे. सिंह, *प्रोफ़ेसर,* भौतिकी विभाग, मणिपुर विश्वविद्यालय, इम्फाल
पी.के. श्रीवास्तव, *अवकाश प्राप्त प्रोफ़ेसर,* निदेशक, सीएसईसी, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली
पी.के. मोहंती, *पी.जी.टी.,* सैनिक स्कूल, भुवनेश्वर
पी.सी. अग्रवाल, *रीडर,* क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, एन.सी.ई.आर.टी., भुवनेश्वर
वी.पी. श्रीवास्तव, *रीडर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली
शेर सिंह, *पी.जी.टी.,* नवयुग स्कूल, लोदी रोड, नयी दिल्ली

सदस्य-समन्वयक (अंग्रेजी संस्करण)

वी.के. शर्मा, *प्रोफ़ेसर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

हिंदी अनुवादक

आर.एस. दास, *अवकाश प्राप्त उपप्रधानाचार्य,* बलवंत राय मेहता विद्याभवन सीनियर सेकंडरी स्कूल, नयी दिल्ली
ओ.पी. खंडेलवाल, *अवकाश प्राप्त रीडर,* द्रोणाचार्य राजकीय महाविद्यालय, गुड़गाँव, हरियाणा
जे.पी. अग्रवाल, *अवकाश प्राप्त प्राचार्य,* शिक्षा निदेशालय, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली
विनोद प्रकाश, *अवकाश प्राप्त प्रोफ़ेसर,* भौतिकी विभाग, इलाहाबाद विश्वविद्यालय, इलाहाबाद, उ.प्र.

सदस्य-समन्वयक

वी.पी. श्रीवास्तव, *रीडर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

© NCERT not to be republished

आभार

पुस्तक के अंतिम स्वरूप के लिए आयोजित कार्यशाला में भाग लेने वाले निम्नलिखित प्रतिभागियों की बहुमूल्य टिप्पणियों के बारे में परिषद् आभार व्यक्त करती है: वी.बी. त्रिपाठी, *अवकाश प्राप्त प्रोफ़ेसर*, भौतिकी विभाग, आई.आई.टी., नयी दिल्ली; एम.एन. बापट, *रीडर*, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, एन.सी.ई.आर.टी., मैसूर; डी. प्रसाद, *वरिष्ठ वैज्ञानिक अधिकारी* (अवकाश प्राप्त), विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग, नयी दिल्ली; जे.सी. शर्मा, *शिक्षा अधिकारी*, शिक्षा निदेशालय, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली।

शैक्षिक व प्रशासनिक सहयोग के लिए परिषद् एम. चन्द्रा, *प्रोफ़ेसर* तथा *विभागाध्यक्ष*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली की आभारी है।

परिषद् सन 2017 में पाठ्य के पुनरीक्षण और परिष्करण में अमूल्य योगदान के लिए ए.के. श्रीवास्तव, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली; अरनब सेन, एन.ई.आर.आइ.ई., शिलांग; एल.एस. चौहान, आर.आइ.ई., भोपाल; ओ.एन. अवस्थी (रिटायर्ड), आर.आइ.ई, भोपाल; रचना गर्ग, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली; रामन नंबूदरी, आर.आइ.ई., मैसुरू; आर.आर. कोइरेंग, डी.सी.एस. एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली; शशि प्रभा, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली और एस.वी. शर्मा, आर.आइ.ई., अजमेर का भी आभार व्यक्त करती है।

परिषद् गीता, इन्द्र कुमार, हरि दर्शन लोधी *डी.टी.पी. ऑपरेटर*; रेशमा नेगी, सतीश झा, *कॉपी एडीटर;* अनुराधा, रणधीर ठाकुर, *प्रूफ रीडर*; दीपक कपूर, *कंप्यूटर स्टेशन प्रभारी,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी. और प्रकाशन विभाग के सहयोग हेतु हार्दिक आभार ज्ञापित करती है।

© NCERT not to be republished

विषय-सूची

आमुख *iii*
पाठ्यपुस्तकों में पाठ्य सामग्री का पुनर्संयोजन *v*
प्राक्कथन *vii*
अध्यापकों के लिए संदेश *x*

अध्याय 1
मात्रक एवं मापन

1.1 भूमिका 1
1.2 मात्रकों की अंतर्राष्ट्रीय प्रणाली 1
1.3 सार्थक अंक 3
1.4 भौतिक राशियों की विमाएँ 7
1.5 विमीय सूत्र एवं विमीय समीकरणें 7
1.6 विमीय विश्लेषण एवं इसके अनुप्रयोग 7

अध्याय 2
सरल रेखा में गति

2.1 भूमिका 13
2.2 तात्क्षणिक वेग एवं चाल 14
2.3 त्वरण 15
2.4 एकसमान त्वरण से गतिमान वस्तु का शुद्धगतिकी संबंधी समीकरण 17

अध्याय 3
समतल में गति

3.1 भूमिका 28
3.2 अदिश एवं सदिश 28
3.3 सदिशों की वास्तविक संख्या से गुणा 30
3.4 सदिशों का संकलन व व्यवकलन – ग्राफी विधि 30
3.5 सदिशों का वियोजन 32
3.6 सदिशों का योग – विश्लेषणात्मक विधि 34
3.7 किसी समतल में गति 35
3.8 किसी समतल में एकसमान त्वरण से गति 38
3.9 प्रक्षेप्य गति 39
3.10 एकसमान वृत्तीय गति 42

अध्याय 4
गति के नियम

4.1 भूमिका 50
4.2 अरस्तू की भ्रामकता 51
4.3 जड़त्व का नियम 51

© NCERT not to be republished

4.4	न्यूटन का गति का प्रथम नियम	52
4.5	न्यूटन का गति का द्वितीय नियम	54
4.6	न्यूटन का गति का तृतीय नियम	57
4.7	संवेग-संरक्षण	58
4.8	किसी कण की साम्यावस्था	59
4.9	यांत्रिकी में सामान्य बल	60
4.10	वर्तुल (वृत्तीय) गति	64
4.11	यांत्रिकी में समस्याओं को हल करना	66

अध्याय 5

कार्य, ऊर्जा और शक्ति

5.1	भूमिका	72
5.2	कार्य और गतिज ऊर्जा की धारणा : कार्य-ऊर्जा प्रमेय	74
5.3	कार्य	74
5.4	गतिज ऊर्जा	75
5.5	परिवर्ती बल द्वारा किया गया कार्य	76
5.6	परिवर्ती बल के लिए कार्य-ऊर्जा प्रमेय	77
5.7	स्थितिज ऊर्जा की अभिधारणा	78
5.8	यांत्रिक ऊर्जा का संरक्षण	79
5.9	किसी स्प्रिंग की स्थितिज ऊर्जा	81
5.10	शक्ति	84
5.11	संघट्ट	84

अध्याय 6

कणों के निकाय तथा घूर्णी गति

6.1	भूमिका	94
6.2	द्रव्यमान केन्द्र	97
6.3	द्रव्यमान केन्द्र की गति	101
6.4	कणों के निकाय का रेखीय संवेग	102
6.5	दो सदिशों का सदिश गुणनफल	103
6.6	कोणीय वेग और इसका रेखीय वेग से संबंध	105
6.7	बल आघूर्ण एवं कोणीय संवेग	107
6.8	दृढ़ पिण्डों का संतुलन	111
6.9	जड़त्व आघूर्ण	116
6.10	अचल अक्ष के परित: शुद्ध घूर्णी गतिकी	119
6.11	अचल अक्ष के परित: घूर्णी गतिकी	120
6.12	अचल अक्ष के परित: घूर्णी गति का कोणीय संवेग	123

अध्याय 7

गुरुत्वाकर्षण

7.1	भूमिका	130
7.2	केप्लर के नियम	131
7.3	गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम	133

© NCERT not to be republished

7.4	गुरुत्वीय नियतांक	135
7.5	पृथ्वी का गुरुत्वीय त्वरण	135
7.6	पृथ्वी के पृष्ठ के नीचे तथा ऊपर गुरुत्वीय त्वरण	136
7.7	गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा	138
7.8	पलायन चाल	139
7.9	भू उपग्रह	140
7.10	कक्षा में गतिशील उपग्रह की ऊर्जा	142

परिशिष्ट 148

अभ्यास तथा अतिरिक्त अभ्यासों के उत्तर 164

© NCERT not to be republished

भारत का संविधान

उद्देशिका

हम, भारत के लोग, भारत को एक [1][**संपूर्ण प्रभुत्व-संपन्न समाजवादी पंथनिरपेक्ष लोकतंत्रात्मक गणराज्य**] बनाने के लिए, तथा उसके समस्त नागरिकों को :

सामाजिक, आर्थिक और राजनैतिक **न्याय,**

विचार, अभिव्यक्ति, विश्वास, धर्म
और उपासना की **स्वतंत्रता,**

प्रतिष्ठा और अवसर की **समता**

प्राप्त कराने के लिए,

तथा उन **सब में**

व्यक्ति की गरिमा और [2][**राष्ट्र की एकता और अखंडता**] सुनिश्चित करने वाली **बंधुता**

बढ़ाने के लिए

दृढ़संकल्प होकर **अपनी इस संविधान सभा में** आज तारीख 26 नवंबर, 1949 ई. को **एतद्द्वारा इस संविधान को अंगीकृत, अधिनियमित और आत्मार्पित करते हैं।**

---

1. संविधान (बयालीसवां संशोधन) अधिनियम, 1976 की धारा 2 द्वारा (3.1.1977 से) ''प्रभुत्व-संपन्न लोकतंत्रात्मक गणराज्य'' के स्थान पर प्रतिस्थापित।
2. संविधान (बयालीसवां संशोधन) अधिनियम, 1976 की धारा 2 द्वारा (3.1.1977 से) ''राष्ट्र की एकता'' के स्थान पर प्रतिस्थापित।

© NCERT not to be republished