म.प्र. राज्य शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद
सा विद्या या विमुक्तये

शिक्षा का अधिकार
सर्व शिक्षा अभियान
सब पढ़ें सब बढ़ें
मध्य प्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल

TESS India

विज्ञान
हाई स्कूल/हायर सेकेण्डरी

भौतिक मॉडलों का उपयोग: कक्षा X को विद्युत के बारे में पढ़ाना

भारत में विद्यालय समर्थित शिक्षक शिक्षा

www.TESS-India.edu.in

CC BY SA
http://creativecommons.org/licenses/

The Open University

UKaid from the British people

स

एस.आर.मोहन्ती
अपर मुख्य सचिव

अ.शा.पत्र क्र R.S.K/10
दूरभाष कार्यालय - 0755-4251330
मध्यप्रदेश शासन
स्कूल शिक्षा विभाग
मंत्रालय, वल्लभ भवन, भोपाल-462 004
भोपाल, दिनांक 20-1-2016

संदेश

प्रिय शिक्षक साथियों,

बच्चों की शिक्षा को गुणवत्तापूर्ण और रोचक बनाने के लिए स्कूल शिक्षा विभाग निरन्तर प्रयासरत् है। आप सभी के प्रयासों से शिक्षकों के शिक्षण कौशल में भी निखार आया है और शालाओं में कक्षा शिक्षण भी आंनददायी तथा बेहतर हुआ है।

इसी दिशा में शिक्षकों को बाल केन्द्रित शिक्षण की ओर उन्मुख करने और शिक्षक प्रशिक्षण की गुणवत्ता को बेहतर बनाने के उद्देश्यों को लेकर, TESS India द्वारा मुक्त शैक्षिक संसाधनों (Open Educational Resources) का विकास किया गया हैं। इनका उपयोग शिक्षण कार्य में सहजता व सुगमतापूर्वक किया जा सकता है। आशा है कि ये संसाधन, शिक्षकों एवं शिक्षक प्रशिक्षकों के व्यावसायिक उन्नयन और क्षमतावर्द्धन में लाभकारी और उपयोगी सिद्ध होंगे।

राज्य शिक्षा केन्द्र के संयुक्त तत्वाधान में TESS India द्वारा स्थानीय भाषा में तैयार किये गये मुक्त शैक्षिक संसाधनों (Open Educational Resources) को www.educationportal.mp.gov.in पर भी उपलब्ध कराया गया हैं। आशा है इन संसाधनों के उपयोग से प्रदेश के शिक्षक और शिक्षक प्रशिक्षक लाभान्वित होंगे और कक्षाओं में पठन पाठन को रूचिकर और गुणवत्तायुक्त बनाने में मदद मिलेगी।

शुभकामनाओं सहित,

(एस.आर.मोहन्ती)

दीप्ति गौड मुकर्जी
आयुक्त
राज्य शिक्षा केन्द्र एवं
सचिव
मध्यप्रदेश शासन
स्कूल शिक्षा विभाग

अर्द्ध शा. पत्र क्र. : 8
दिनांक : 12-1-16
पुस्तक भवन, वी-विंग
अरेरा हिल्स, भोपाल-462011
फोन : (का.) 2768392
फैक्स : (0755) 2552363
वेवसाइट : www.educationportal.mp.gov.in
ई-मेल : rskcommmp@nic.in

संदेश

प्रिय शिक्षक साथियों,

सभी बच्चों को रूचिकर और बाल केन्द्रित शिक्षा उपलब्ध हो इसके लिए आवश्यक है कि हमारे शिक्षकों को शिक्षण की नवीनतम तकनीकों और शिक्षण विधियों से परिचित कराया जाए साथ ही इन तकनीकों के उपयोग के लिए उन्हे प्रोत्साहित भी किया जाए। TESS India द्वारा तैयार किये गये मुक्त शैक्षिक संसाधनों (Open Educational Resources) के उपयोग से शिक्षक शिक्षण प्रविधि के व्यावहारिक उपयोग को सीख सकते हैं। इनकी सहायता से शिक्षक न केवल विषय वस्तु को सुगमता पूर्वक पढ़ा सकते हैं बल्कि पठन पाठन की इस प्रकिया में बच्चों की अधिक से अधिक सहभागिता भी सुनिश्चित कर सकते हैं।

राज्य शिक्षा केन्द्र स्कूल शिक्षा विभाग ने स्थानीय भाषा में तैयार किये गये इन मुक्त शैक्षिक संसाधनों (Open Educational Resources) को अपने पोर्टल www.educationportal.mp.gov.in पर भी उपलब्ध कराया है।

आशा हैं, कि आप इन संसाधनों का कक्षा शिक्षण के दौरान नियमित रूप से उपयोग करेंगे और अपने शिक्षण कौशल में वृद्धि करते हुए बच्चों की पढ़ाई को आनंददायक बनाने का प्रयास करेंगे।

शुभकामनाओं सहित,

(दीप्ति गौड़ मुकर्जी)

शिक्षा का अधिकार

सर्व शिक्षा अभियान
सब पढ़ें सब बढ़ें

टेस–इण्डिया स्थानीयकृत ओईआर निर्माण में सहयोग

मार्गदर्शन एवं समीक्षा :
श्रीमती स्वाति मीणा नायक, अपर मिशन संचालक, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
डॉ. एच. के. सेनापति, प्राचार्य, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
डॉ. ओ.पी.शर्मा, अपर संचालक, मध्यप्रदेश एससीईआरटी
डॉ. अशोक कुमार पारीक उपसंचालक, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
श्री आर. पी. त्रिपाठी, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
प्रो.जयदीप मंडल, विभागाध्यक्ष विज्ञान एवं गणित शिक्षा संकाय, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
डॉ. आर. रायजादा, सहप्राध्यापक एवं विभागाध्यक्ष विस्तार शिक्षा, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
डॉ. वी.जी. जाधव, से.नि. प्राध्यापक भौतिक, एनसीईआरटी
डॉ. के. बी. सुब्रमण्यम से.नि. प्राध्यापक गणित, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
डॉ. आई. पी. अग्रवाल से.नि. प्राध्यापक विज्ञान, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
डॉ. अश्विनी गर्ग सहा. प्राध्यापक गणित संकाय, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
डॉ. एल. के. तिवारी, सहप्राध्यापक विज्ञान, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
श्री एल.एस.चौहान, सहा. प्राध्यापक विज्ञान, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
डॉ. श्रुति त्रिपाठी, सहा. प्राध्यापक अंग्रेजी, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
डॉ. रजनी थपलियाल, व्याख्याता अंग्रेजी, ईएलटीआई, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
डॉ. मधु जैन, व्याख्याता शास. उच्च शिक्षा उत्कृष्टता संस्थान, भोपाल
डॉ. सुशोवन बनिक, सहा. प्राध्यापक क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
डॉ. सौरभ कुमार मिश्रा, सहा. प्राध्यापक क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
श्री. अजी थॉमस, सहा. प्राध्यापक क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
डॉ. राजीव कुमार जैन, सहा. प्राध्यापक क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल म.प्र.
स्थानीयकरण :
भाषा एवं साक्षरता
डॉ. लोकेश खरे, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
डॉ. एम.एल. उपाध्याय से.नि. व्याख्याता शास. उत्कृष्ट उ.मा.विद्यालय मुरैना
श्री रामगोपाल रायकवार ,कनि. व्याख्याता, डाइट कुण्डेश्वर, टीकमगढ़
डॉ. दीपक जैन अध्यापक, शास. उत्कृष्ट उ.मा.विद्यालय क्र 1 टीकमगढ़
अंग्रेजी
श्री राजेन्द्र कुमार पाण्डेय, प्राचार्य, ईएलटीआई, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
श्रीमती कमलेश शर्मा. डायरेक्टर , ईएलटीआई, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
श्री हेमंत शर्मा, प्राचार्य, ईएलटीआई, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
श्री मनोज कुमार गुहा वरि. व्याख्याता, एससीईआरटी. मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
डॉ. एफ.एस.खान, वरि.व्याख्याता, प्रगत शैक्षिक अध्ययन संस्थान (आईएएसई) भोपाल
श्री सुदीप दास, प्राचार्य, शास.उ.मा.विद्यालय दालौदा, मन्दसौर
श्रीमती संगीता सक्सेना, व्याख्याता, ,शास.कस्तूरबा कन्या उ.मा.विद्यालय भोपाल
गणित
श्री बी.बी. पी. गुप्ता, समन्वयक गणित, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
श्री ए. एच. खान प्राचार्य शास.उ.मा.विद्यालय रामाकोना, छिंदवाड़ा
डॉ. राजेन्द्र प्रसाद गुप्त , प्राचार्य शास. जीवाजी ऑब्जर्वेटरी उज्जैन
डॉ.आर,सी. उपाध्याय, वरि. व्याख्याता, डाइट, सतना
डॉ. सीमा जैन, व्याख्याता, शास. कन्या उ.मा.विद्यालय गोविन्दपुरा, भोपाल
श्री सुशील कुमार शर्मा, शिक्षक, शास. लक्ष्मी मंडी उ.मा.विद्यालय, अशोका गार्डन, भोपाल
विज्ञान
डॉ. अशोक कुमार पारीक उपसंचालक, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र भोपाल
डॉ. सुसम्मा जॉनसन, व्याख्याता एस.आई.एस.ई. जबलपुर मध्यप्रदेश
डॉ.सुबोध सक्सैना, समन्वयक एससीईआरटी मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र भोपाल
श्री आर. पी. त्रिपाठी, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
श्री अरूण भार्गव, वरि. व्याख्याता, एससीईआरटी, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र भोपाल
श्रीमती सुषमा भट्ट, वरि.व्याख्याता, एससीईआरटी, मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
श्री ब्रजेश सक्सेना, प्राचार्य, एससीईआरटी ,मध्यप्रदेश राज्य शिक्षा केन्द्र, भोपाल
डॉ. रेहाना सिद्दकी से.नि. व्याख्याता सेन्ट फ्रांसिस हा. से. स्कूल भोपाल

*TESS-India (*विद्यालय समर्थित शिक्षक शिक्षा*)* का उद्देश्य मुक्त शैक्षिक संसाधनों की सहायता से भारत में प्रारंभिक और सेकेण्डरी शिक्षको के कक्षा अभ्यास व कक्षा निष्पादन को सुधारना है जिसमें वे इन संसाधनों की सहायता से छात्र -केंद्रित, सहभागी दृष्टिकोणों का विकास कर सकें। टेस इंडिया के मुक्त शैक्षिक संसाधन शिक्षकों के लिए स्कूल पाठ्य पुस्तक के अतिरिक्त, सहयोगी पुस्तिका या संसाधन की तरह हैं। इसमें शिक्षकों के लिए कुछ गतिविधियां दी गई हैं जिन्हे वे कक्षाओ में विद्यार्थियों के साथ प्रयोग में ला सकते हैं, इसके साथ साथ कुछ केस स्टडी दी गई हैं जो यह बताती हैं कि कैसे अन्य शिक्षकों ने पाठ्य विषय को कक्षाओं में पढ़ाया और अपनी विषय संबंधी जानकारियों को बढ़ाने तथा पाठ योजनाओं को तैयार करने में संसाधनों का उपयोग किया।

TESS-India OER भारतीय पाठ्यक्रम और संदर्भों के अनुकूल भारतीय तथा अंतर्राष्ट्रीय लेखकों के सहयोग से तैयार किये गये है और ये ऑनलाइन तथा प्रिंट रूप में उपयोग के लिए उपलब्ध हैं *(http://www.tess-india.edu.in)*। *OER* कार्यक्रम से जुड़े प्रत्येक भारतीय राज्य के शिक्षकों के उपयोग के लिए उपयुक्त तथा कई संस्करणों में उपलब्ध हैं तथा शिक्षक व उपयोगकर्ता इन्हे अपनी स्थानीय आवश्यकताओं और सन्दर्भों के अनुरूप इनका स्थानीय करण करके उपयोग कर सकते हैं।

प्रस्तुत संस्करण मध्यप्रदेश की स्थानीय आवश्यकताओं और संदर्भों को ध्यान में रखकर तैयार किया गया है।

वीडियो संसाधन

इस इकाई में कुछ गतिविधियों के साथ यह आइकॉन (संकेत) दिया गया है*:* *.* इसका अर्थ है कि आप उक्त विशिष्ट विषयवस्तु या शैक्षणिक प्रविधि को और अधिक समझने के लिए *TESS-India* के वीडियो संसाधनों की मदद ले सकते हैं।

TESS-India वीडियो ससांधन (Resources) भारतीय परिप्रेक्ष्य में कक्षाओं में उपयोग की जा सकने वाली सीखने–सिखाने की विविध तकनीकों को दर्शाते हैं। हमें यकीन है कि इनसे आपको इसी प्रकार की तकनीकें अपनी कक्षा में करने में मदद मिलेगी। यदि इन वीडियो संसाधनों तक आपकी पहुँच नहीं हो तो कोई बात नहीं। यह वीडियो पाठ्यपुस्तक का स्थान नहीं लेते, बल्कि उसको पढ़ाने में आपकी मदद करते हैं।

TESS-India के वीडियो संसाधनों को *TESS-India* की वेबसाइट *http://www.tess-india.edu.in/* पर ऑनलाइन देखा जा सकता है या डाउनलोड किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त आप इन वीडियो को सीडी या मेमोरी कार्ड में लेकर भी देख सकते हैं।

संस्करण 2.0 SS10v2
Madhya Pradesh

तृतीय पक्ष सामग्रियों और अन्यथा कथित को छोड़कर, यह सामग्री क्रिएटिव कॉमन्स एट्रिब्यूशन–शेयरएलाइक लाइसेंस के अंतर्गत उपलब्ध कराई गई है: http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/

TESS-India is led by The Open University UK and funded by UK aid from the UK government

यह इकाई किस बारे में है

विज्ञान को अक्सर एक 'कठिन विषय' माना जाता है। जिस समय तक माध्यमिक स्कूलों के विद्यार्थी सार्वजनिक परीक्षाओं तक पहुंचते हैं, विज्ञान में सफलता निर्भर करती है अमूर्त विचारों और मॉडलों को समझने पर और साथ ही अंकों के ज्ञान, लिखने–पढ़ने के सामर्थ्य और तथ्यपरक ज्ञान के भंडार की क्षमता पर विज्ञान की सफलता निर्भर करतीं है। उत्तरोत्तर बढ़ते परिष्करण वाले मानसिक मॉडलों का विकास कराने वाले संरचित अनुभव प्रदान करते हुए शिक्षक विद्यार्थियों को उनकी समझ बढ़ाने में मदद करते हैं। ये मॉडल विद्यार्थियों को जानकारी और अवधारणाओं को प्रभावी ढंग से आत्मसात करने योग्य बनाते हैं, जिससे वे उन्हें सिर्फ याद ही नहीं रख पाते, बल्कि उनका आवश्यकता अनुसार, उचित उपयोग भी कर पाते हैं।

अपने विद्यार्थियों को परिष्कृत मानसिक मॉडल विकसित करने के लिये मदद करने का एक तरीका भौतिक मॉडलों का उपयोग करना है। वस्तुओं या अवधारणाओं का प्रतिनिधित्व करने वाली चीज़ों का उपयोग करते हुए विद्यार्थियों को किसी विषय में अपनी समझ विकसित करने में मदद करने में भौतिक मॉडल सहायक होते हैं। वे 'चीज़ों के साथ काम करते हैं', जिससे पाठ्यपुस्तक पढ़ने या द्वि–आयामी चित्र देखने की अपेक्षा अधिक गहरी समझ बनती है। भौतिक मॉडलों के साथ, विद्यार्थी व्यवहार, तारतम्य और जुड़ाव के बारे में जानते हैं, और भविष्यवाणियाँ करते हैं। उन्हें अलग अलग मॉडलों का सामर्थ्य और सीमाएं भी समझनी चाहियें।

इस यूनिट में विद्यार्थियों द्वारा विद्युत को समझने के लिये भौतिक मॉडलों के उपयोग पर ध्यान दिया जाएगा। आप भौतिक मॉडलों के बारे में जो सीखेंगे वह अन्य विषयों पर भी लागू होगा। आप अन्य TESS-India यूनिट में विद्यार्थियों को मानसिक मॉडल विकसित करने में मदद करने के बारे में सीख सकते हैं।

इस इकाई से आप क्या सीख सकते हैं

- मॉडलों के प्रकार और समरूपताएं तथा अच्छे मॉडलों के लक्षण।
- विद्युत के बारे में पढ़ाने के लिए प्रयुक्त भौतिक मॉडलों की कुछ सामर्थ्य और सीमाएं।
- विद्युत के बारे में आपके विद्यार्थियों को बेहतर तरीक़े से समझने में मदद के लिए भौतिक मॉडलों के उपयोग के कुछ तरीक़े।

यह तरीका क्यों महत्वपूर्ण है

अनेक विद्यार्थियों को विद्युत एक कठिन या चुनौतीपूर्ण विषय लगता है। इसका एक कारण यह है कि विद्युत के बारे में सीखने के लिये अमूर्त अवधारणाएं और दिखाई न देने वाली वस्तुओं का उपयोग किया जाता है, जैसे आवेश और इलेक्ट्रॉन।

भौतिक मॉडल और समरुप उदाहरण (Analogies) से अमूर्त अवधारणाओं को 'मूर्त स्वरूप' देने में इस तरह मदद मिलती है?

- विद्यार्थियों को ऐसी कान्पनिक वस्तुओं या प्रक्रियाओं को देखने में मदद करके जिन्हें वे सीधे नहीं देख सकते (जैसे, किसी वस्तु के आकार या किसी प्रक्रिया में लगने वाला समय बहुत ही कम हो)
- किसी जटिल समस्या को सरल करके
- विद्यार्थी वस्तुओं को उलट–पलट कर देख सकते हैं जिससे वह अवधारणा उनके मन में और पक्की हो जाएं या किसी प्रणाली के अलग अलग भागों के बीच का संबंध जान सकते हैं
- मॉडल को उलट–पुलट करके विद्यार्थी यह देख सकते हैं कि वह जिस वस्तु का मॉडल है वह वस्तु कैसे काम करती है।

विद्युत की पढ़ाई भौतिक मॉडलों के साथ करने से विद्यार्थी अपनी कल्पनाओं को परख सकते हैं, भविष्यवाणियाँ कर सकते हैं और प्रभावी मानसिक मॉडल विकसित कर सकते हैं।।

मॉडल और उनके समरुप उदाहरण दोनों की ही अपनी सामर्थ्य और सीमाएं होती हैं। एक सन्दर्भ में काम करने वाला मॉडल हो सकता है कि दूसरे सन्दर्भ में काम न करे। 'सही' मॉडल से मदद मिलती है, लेकिन 'गलत' मॉडल से सीखने में कठिनाई आ सकती है। विद्युत परिपथों के भौतिक मॉडलों का अंदाज़ा करने में एक अच्छे मॉडल की विशेषताओं के बारे में सोचना पड़ता है। इसका संबंध संपूर्ण वैज्ञानिक कुतूहल से है, सिर्फ विद्युत से नहीं।

1 विद्यार्थियों को विद्युत के बारे में क्या कठिनाई महसूस होती है?

इसकी अवधारणाएं अमूर्त होने के अलावा, ऐसा भी संभव है कि विद्यार्थियों ने रोज़मर्रा के अनुभव के आधार पर विद्युत के बारे में गलतफहमियां बना ली हों। उदारहण के लिये, छोटे विद्यार्थी किसी विद्युत उपकरण को एक ही तार से विद्युत की सप्लाई से जुड़ा देखते हैं, लेकिन उन्हे यह सीखना पड़ता है कि इस उपकरण के चलने के लिये इसके अंदर एक पूरा परिपथ होना जरूरी है।

अनुसंधान से पता चला है कि विद्युत परिपथ के बारे में कुछ गलतफहमियाँ बड़े विद्यार्थियों में भी पाई जाती हैं। इन गलतफहमियों में शामिल हैं वे उदाहरण जो तालिका 1 में दिये हैं।

*तालिका **1** विद्युत परिपथों के संबंध में गलतफहमियाँ*

विद्यार्थी का विचार	मान्य वैज्ञानिक विचार
बैटरी से विद्युत प्रवाह या आवेश मिलता है	बैटरी वह विभव का अंतर प्रदान करती है जो आवेश को परिपथ में चलाने के लिये आवश्यक होता है।
परिपथ के उपकरणों द्वारा विद्युत प्रवाह 'सोख लिया' जाता है	किसी भी श्रेणी परिपथ में प्रवाह एकसमान होता है। इन गलतफहमियों को दूर करने का सबसे अच्छा तरीका है कि हम विद्यार्थियों को बल्ब के दोनों ओर अमीटर की एक समान रीडिंग दिखाते हुए उसके सबूत दें, लेकिन कुछ विद्यार्थी अब भी इसी विचार को मानते रह सकते हैं

कुछ विद्यार्थियों को वोल्टेज और प्रवाह, या प्रवाह और ऊर्जा में भेद करना भी कठिन हो सकता है।

कुछ विद्यार्थियों के लिये, आसान परिपथ के आरेख का संबंध उन तारों और उपकरणों से लगाना कठिन हो सकता है जिन्हें वे परिपथों के साथ काम करते समय देखते हैं। कई परिपथों की बनावट में समझने के लिये बहुत कुछ होता है। यदि आप उनसे कौन–सी चीज़ कहाँ जुड़ी है, ये श्रेणी में जुड़ी है या समांतर में आदि पूछते हुए परिपथ का वर्णन नहीं करेंगे तो आपके विद्यार्थियों को इसके महत्वपूर्ण भाग समझना कठिन हो सकता है।

केस स्टडी 1 विद्युत के बारे में सीखते समय आने वाली कठिनाइयाँ

हाल ही में एक प्रशिक्षण के दौरान, कुमारी जोशी ने सीखा कि वे कौन–सी बातें हैं जो विद्युत के बारे में सीखते समय विद्यार्थियों को कठिन लगती हैं।

प्रशिक्षण सत्र में हमने उन कठिनाईयों पर चर्चा की जो कई विद्यार्थियों के सामने आती हैं जब वे विद्युत के बारे में सीखते हैं और ये भी देखा कि पाठ के दौरान हमारा सामना इनसे कहाँ पर हो सकता है।

हमने शुरूआत की थी बैटरी के कार्य के बारे में बातें करके, लेकिन जल्दी ही ग़लतफहमी में डालने वाली और बातें भी सामने आईं। मैंने इसके बारे में पहले नहीं सोचा था, लेकिन जैसे हम चर्चा करते गए, मुझे अहसास हुआ कि मैंने अपने पढ़ाए हुए कई विद्यार्थियों में यह समस्या देखी है। उन्हें लगता था कि बैटरी ही आवेश प्रदान कर रही है, और वह ऐसा करती रहेगी क्योंकि आवेश परिपथ के उपकरणों से गुजरने के कारण 'खर्च' हो जा रहा है। यदि उन्हें विश्वास नहीं हो कि आवेश तो पहले से ही था और बैटरी ने आवेश को चलाने के लिये विभवांतर प्रदान किया है, तो स्विच को बंद करने से हर चीज़ एकसाथ कैसे चालू हो सकती है? मि.मि. प्रति सेकंड पर आवेश प्रवाह का कोई मतलब नहीं रह जाता यदि आवेश पहले से ही मौजूद न हो ...

जब हम बातें कर रहे थे कि कक्षा X के विद्युत के पाठ में कठिनाइयाँ कहाँ पर आ सकती हैं, तब मुझे अहसास हुआ कि इन गलतफहमियों और कठिनाईयों के कारण बार–बार समस्याएं आएंगी। मुझे अपने पाठों की योजना बनाते समय इन कठिनाइयों का ध्यान रखना होगा।

विचार कीजिए

- विद्युत के विषय में आपके विद्यार्थियों को कौन–सी बात विशेषकर कठिन लगी?
- जब आप विद्युत के बारे में पढ़ा रहे थे तब क्या ऊपर वर्णन की गई गलतफहमियों में से कोई आपने देखी?

गतिविधि 1: विद्यार्थियों को विद्युत के बारे में पढ़ाने की तैयारी करना
किन्ही विशेष पाठों के दौरान आपके विद्यार्थियों को किस प्रकार की कठिनाइयाँ आ सकती हैं इस बात को ध्यान में रखते हुए यह गतिविधि विद्युत के बारे में पढ़ाने की योजना बनाने में आपकी मदद करेगी। कक्षा X की पाठ्यपुस्तक के अध्याय 5 के प्रत्येक भाग को देखिये और पहचानिये कि प्रत्येक भाग में कौन–से मुख्य बिंदु और कठिनाइयों के स्त्रोत हैं। अपने विचारों को दर्ज करने के लिये तालिका 2 का उपयोग करें। (एक अन्य गतिविधि में आप इन कठिनाइयों का सामना करने की कुछ संभावित नीतियाँ देखेंगे।) जब आप समाप्त कर लें, तब अपने लिखे हुए का मिलान संसाधन 1 से करें, जिसमें कुछ संभावित टिप्पणियाँ हैं।

तालिका 2 विद्यार्थियों को विद्युत के बारे में पढ़ाने की योजना बनाना।

खण्ड	मुख्य शैक्षणिक बिंदु / इस गतिविधि और साथ के पाठ से विद्यार्थियों को मुझे क्या सिखाना है?	कठिनाइयों के स्त्रोत?
5.3	आवेश (कूलम्ब में मापा जाने वाला) का प्रति सेकंड प्रवाह ही विद्युत प्रवाह (एम्पीयर में मापा जाने वाला) है विद्युत प्रवाह और इलेक्ट्रॉन एक चालक से हो कर जाते हैं। विद्युत प्रवाह तुरंत होता है, लेकिन चलन की गति लगभग 1 मि. मि. प्रति सेकंड होती है।	आवेश दिखाई नहीं देता है। इलेक्टॉनों की धीमी गति का मिलान तुरंत चलने वाले विद्युत प्रवाह से करते हुए।
5.4		
5.5		
5.6		
5.7		
5.8		
5.9		
5.10		

2 विद्युत के बारे में सीखने में मदद के लिये मॉडलों का उपयोग करना।

शिक्षक अनेक मॉडलों और समरूप उदाहरणों का उपयोग करके विज्ञान की अवधारणाओं के बारे में विद्यार्थियों के ज्ञान और समझ को विकसित करते हैं। मॉडल और समरूप उदाहरण अपरिचित अवधारणाओं और अनुभवों को परिचित व रोज़मर्रा के अनुभवों से जोड़ते हैं। उदाहरण के लिये, विद्युत परिपथों का वर्णन करने के लिये अक्सर जिस समानता का उपयोग किया जाता है वह है: 'चालक में बहता हुआ विद्युत प्रवाह वैसा ही है जैसे नदी या पाइप में बहता हुआ पानी'।

भौतिक मॉडलों में ठोस, वास्तविक वस्तुओं का उपयोग किसी वस्तु या प्रणाली के हिस्सों को दर्शाने के लिये होता है (चित्र 1)। विद्यार्थी वास्तविक वस्तुओं को छू कर अवधारणाओं, प्रक्रियाओं और संबंधों का वर्णन और उनकी खोज करते हैं। उदाहरण के लिये, किसी विद्युत परिपथ के विभवांतर में बदलाव का प्रभाव दर्शाने के लिये आप ऐसी किसी पट्टी को झुका सकते हैं जिस पर कंचे हों: पटरी सीधी हो तब कंचे लुढ़कते नहीं हैं, लेकिन जब वह झुकी हो तब ऊंचाई से नीचे की ओर लुढ़कते हैं। (कंचे विद्युत प्रवाह हैं और झुकाव विभवांतर है।) यदि विभवांतर नहीं हो, तो परिपथ में प्रवाह चलेगा ही नहीं। लेकिन यदि आप विभवांतर बढ़ा दें, तो प्रवाह बढ़ेगा।

चित्र 1 अपने खुद के भौतिक मॉडल बनाता हुआ विद्यार्थियों का एक समूह।
चेन लगा हुआ एक पेंसिल केस मानों एक परिवर्तनशील प्रतिरोधक है।

भौतिक मॉडलों में कम्प्यूटर पर बने मॉडल शामिल हैं, साथ ही विद्यार्थियों को भी मॉडल के हिस्से बनाया जा सकता है। उदाहरण के लिये, विद्यार्थियों के साथ एक रोल प्ले गतिविधि की जा सकती है जिसमें एक व्यक्ति बैटरी है जो उस रस्सी के घेरे को खींचता है जिसे समूह ने सहारा दे रखा है; चलती हुई रस्सी परिपथ में चलते हुए आवेश को दर्शाती है। इंटरनेट पर कम्प्यूटर पर बने अनेक मॉडल उपलब्ध हैं। आप अपने विद्यार्थियों को किसी इंटरनेट कैफे पर जा कर ढूंढ़ने के लिये कह सकते हैं।

अपने विद्यार्थियों के साथ किसी भी मॉडल का उपयोग करने में एक अहम बात यह है कि यह परस्पर संवादात्मक होना चाहिये। आप विद्यार्थियों को सीधे नहीं बताएं कि मॉडल क्या है: आप उनसे प्रश्न पूछें जैसे कि 'मॉडल के इस भाग का क्या मतलब है?' या, 'इस मॉडल में प्रतिरोध कौन प्रदर्शित कर रहा है?', और अपने विद्यार्थियों को उनके विचार रखने के लिये प्रोत्साहित करें। वे अधिक सीखेंगे यदि वे खुद आपसी संबंधों को पहचानेंगे, बजाय इसके कि उन्हें केवल बता दिया जाए।

आपके विद्यार्थियों को समूह में काम करना चाहिये और एक–दूसरे के साथ अपने विचारों पर चर्चा करनी चाहिये। मॉडल का उपयोग करना और उसके बारे में चर्चा करने से आपके विद्यार्थियों को अपनी समझ बढ़ाने में मदद मिलेगी, और जब आप उनकी बातें और चर्चा को सुनेंगे तो आपको और अच्छी तरह समझ आएगा कि उनकी समस्याएं कहां पर हैं।

केस स्टडी 2: विद्युत परिपथों के लिये रोल प्ले गतिविधि का मॉडल

श्री पटेल ने स्थानीय क्म्प्ज में एक प्रशिक्षण में भाग लिया था और विद्युत परिपथों के लिये एक रोल प्ले गतिविधि का मॉडल देखा। (इन दोनों मॉडलों का विवरण आप संसाधन 2 में देख सकते हैं।)

पिछले हफ्ते मैं विद्युत पढ़ाने के एक प्रशिक्षण सत्र में था। मुझे पहले तो आश्चर्य हुआ जब प्रशिक्षक ने हमें बताया कि हम विद्युत के लिये एक मॉडल का प्रयोग करने वाले हैं जिसे 'रस्सी का मॉडल' कहते हैं। मैंने यह मॉडल पहले नहीं देखा था और मुझे तब और भी आश्चर्य हुआ जब मैंने देखा कि यह एक रोल प्ले गतिविधि जैसा था! मैं लौट कर स्कूल गया और कक्षा ग के साथ उसका प्रयोग किया।

मेरी कक्षा में 50 विद्यार्थी थे तो मैंने 12 के दो और 13 के दो समूह बनाए। हर समूह के पास एक डोरी थी। मैंने उन्हे इसे हल्के से थामे रखने को कहा और एक व्यक्ति से उसे खींचने को कहा।

फिर मैंने हर समूह में से एक व्यक्ति को चुपके से डोरी को ज्यादा कस कर पकड़ने को कहा। खींचने वाले को डोरी को हिलाना ज्यादा कठिन हो गया और कस कर पकड़ने वाले को अपने हाथ कुछ गर्म लगने लगे।

मैंने ब्लैकबोर्ड पर कुछ प्रश्न लिखे:

- इस मॉडल में डोरी खींचने वाला क्या है?
- हिलती हुई डोरी किसका प्रतीक है?
- जब कोई डोरी को ज्यादा कस कर पकड़ता है तो क्या होता है? यह किसका प्रतीक है?
- यह मॉडल किसी परिपथ में चलती विद्युत का प्रतीक कैसे है?
- इस मॉडल से क्या मदद मिलती है?

मैंने अपने विद्यार्थियों को चार के समूह में बाँटा और प्रश्नों के उत्तर देने के लिये कहा। जब वे काम कर रहे थे तब मैंने सभी के पास जा कर उनकी बातें सुनी।

दस मिनट के बाद, मैंने कुछ समूहों में से एक–एक व्यक्ति को उनके उत्तरों का वर्णन करने को कहा।

आखिर में, मैंने उन्हें फिर उनके 12 के समूहों में बाँटा और हमने फिर वही सब किया। इस बार जब वे डोरी को हिला रहे थे, तब मैंने मॉडल की मुख्य विशेषताओं को दर्शाने के लिये प्रश्नों के उत्तरों का वर्णन किया।

इस मॉडल के बारे में अच्छी बात यह है कि सभी डोरी एक साथ हिलने लगती हैं। एक परिपथ में आवेश भी एक ही साथ चलता रहता है। यही वह बात थी जिसे कई विद्यार्थी समझ नहीं पा रहे थे जब पिछले साल मैंने कक्षा को विद्युत पढ़ाई थी। मैंने महसूस किया कि ऐसा इसलिये था क्योंकि वे सोच रहे थे कि आवेश बैटरी में से आता है और परिपथ में घूमता है, बजाय इसके कि वह हमेशा वहाँ होता है और जब विभवांतर लाया जाए तब चलना शुरू करता है।

जब किसी ने डोरी को कस कर पकड़ा, तो वह प्रतिरोध लगाने जैसा था। विद्यार्थियों ने देखा कि डोरी तो अब भी परिपथ में ही थी, इसका मतलब आवेश परिपथ से जाता नहीं है, जैसा उनमें से कुछ को लग रहा था। कुछ ऊर्जा प्रतिरोध के रास्ते बाहर निकल रही थी, क्योंकि प्रतिरोध बने विद्यार्थी के हाथ गर्म हो रहे थे।

पूरे कार्यक्रम में सिर्फ लगभग 20 मिनट लगे लेकिन मुझे पक्का पता है कि मेरे विद्यार्थियों को विद्युत परिपथ बेहतर ढंग से समझने में मदद मिली।

विचार कीजिए

- विद्युत के बारे में पढ़ाने के लिये आपने किन समरूपों (।दंसवहपमे) का उपयोग किया उनमें से कौन–सी उपयोगी रहीं?
- क्या आपने विद्युत के बारे में पढ़ाने के लिये किसी भौतिक मॉडल का उपयोग किया है? वे कौन–से थे?

रोल प्ले गतिविधियों के बारे में अधिक जानकारी के लिये देखें संसाधन 2।

वीडियोः कहानी, गीत, रोल प्ले गतिविधि और नाटक का उपयोग

गतिविधि **2:** मॉडलों का उपयोग करना
मॉडलों का उपयोग कैसे किया जा रहा है और अधिक मॉडलों का उपयोग कहां सहायक हो सकता है इस पर विचार कराते हुए यह गतिविधि आपको विद्युत के बारे में पढ़ाने की योजना बनाने में मदद करेगी। आपको गतिविधि 1 में बनाई हुई तालिका की आवश्यकता होगी। तालिका 3 में बताए अनुसार तालिका में दाईं ओर एक और कॉलम बनाइये। अध्याय को फिर से पढ़िये और पाठ में कौन–से मॉडल और समानताओं का उपयोग किया गया है। अन्य मॉडल या समानताएं जोड़ें जो आपके अनुसार सहायक हो सकते हैं। उदाहरण के लिये पहली पंक्ति भरी गई है। आप रस्सी के मॉडल और 'मिठाइयाँ और कप' नामक अन्य मॉडल के बारे में संसाधन 3 में अधिक जानकारी प्राप्त कर सकते हैं। जब आप तालिका पूरी कर लें, तब अपनी टिप्पणियों को संसाधन 4 से मिला कर देखें।

तालिका 3 पाठ्यपुस्तक के सबक के साथ कौन–से मॉडल या समानताएं जोड़ी जा सकती हैं।

खण्ड	मुख्य शैक्षणिक बिंदु / इस गतिविधि और साथ के पाठ से विद्यार्थियों को मुझे क्या सिखाना है?	कठिनाइयों के स्त्रोत?	यहां कौन–से मॉडल या समानताएं उपयोग में आ रही हैं या लाई जा सकती हैं ?
5.3	आवेश (कूलम्ब में मापा जाने वाला) का प्रति सेकंड प्रवाह ही विद्युत प्रवाह (एम्पीयर में मापा जाने वाला) है। अमीटर द्वारा मापा गया विद्युत प्रवाह पारम्परिक प्रवाह की माप + से – तक होती है। विद्युत प्रवाह और इलेक्ट्रॉन एक चालक से हो कर जाते हैं। विद्युत प्रवाह तुरंत होता है, लेकिन चलन की गति लगभग 1 मि.मि. प्रति सेकंड होती है	आवेश ऐसी वस्तु नहीं जिसे देखा जा सकें इलेक्ट्रॉन के बहाव की दिशा और पारम्परिक प्रवाह को लेकर भ्रम इलेक्ट्रॉन्स की धीमी गति और प्रवाह की तत्क्षणता का मेल	उपयोग किये जा रहेः बहाव के रूप में विद्युत प्रवाह परिपथ एक सतत चलने वाला बंद रास्ता है परिपथ के टूटने से प्रवाह रूकता है यह भी देखेंः रस्सी का मॉडल।
5.4			–
5.5			–
5.6			
5.7		–	

5.8		–	–
5.9			
5.10			

3 मॉडलों और समानताओं का सामर्थ्य और सीमाएं

मॉडलों और उनके समरूपों के उपयोग की कुछ सामान्य सामर्थ्य और सीमाएं हैं, लेकिन प्रत्येक मॉडल और उसके समरूपों की अपनी सामर्थ्य और सीमाएं भी हैं।

आसान मॉडल कुछ ही परिस्थितियों में सही काम कर सकते हैं और कोई मॉडल जो एक संदर्भ में सही हो वह अन्य सन्दर्भ में गलत भी हो सकता है। कभी–कभी, किसी सन्दर्भ में आप दो या अधिक मॉडलों का उपयोग कर सकते हैं, प्रत्येक का तरीका अलग हो सकता है।

मॉडल या उसके समरूप का चुनाव महत्वपूर्ण है। यदि आपके विद्यार्थी किसी वस्तु या परिस्थिति से परिचित नहीं हों, तो उसे आप मॉडल या उसके समरूप का हिस्सा नहीं बनाएं, क्योंकि इससे वे भरम में पड़ सकते हैं।

अपने मॉडल से उत्पन्न अतिरिक्त गलतफहमी की अवस्थाओं के बारे में भी जानकारी होना महत्वपूर्ण है। कभी–कभी, शिक्षक के तौर पर आप जिन बातों पर ध्यान नहीं देते उनसे विद्यार्थी विचलित हो सकते हैं, या जब वे मॉडल को याद कर रहे हों तब कुछ बातें अलग तरह से कर सकते हैं।

उदाहरण के लिये, आप एक 'रोलर कोस्टरध्मेले का झूला' मॉडल का उपयोग विद्युत परिपथ में विद्युत विभव को दर्शाने के लिये करें। इसमें यह विचार दर्शाया गया है कि गाड़ियों को एक ऊंची जगह पर ले जाना होता है तभी वे खुद से चलने लगता हैं, और यह विचार कि परिपथ में आवेश सिर्फ घूमता रहता है इससे मेल खाता है कि गाड़ियाँ पटरी पर सिर्फ चलती रहती हैं और चलने के दौरान कोई उनमें से उतरता नहीं। यह उपयुक्त मॉडल हो सकता है, लेकिन संभव है कि आप जो सिखाना चाहते हों, उसके बजाय विद्यार्थी का ध्यान इस पर जाए कि 'रोलर कोस्टर की पहली पहाड़ी सबसे बड़ी होती है' और तय कर लें कि जब आप परिपथ में जितना आगे चलेंगे उतनी कम ऊर्जा उपलब्ध होगी।

आपको तभी पता चलेगा कि आपके मॉडल के साथ गलतफहमियाँ भी आ गई हैं जब आप अपने विद्यार्थियों से मॉडल के बारे में प्रश्न पूछेंगे और उनकी समझ के बारे में जानने के लिये ध्यान से सुनेंगे। आप विद्यार्थियों को चित्र बनाने या आपके दिये चित्रों में जानकारी या टिप्पणियाँ जोड़ने के लिये कह कर भी ऐसी बातों का पता लगा सकते हैं। अपने विद्यार्थियों की समझ का पता लगाने के बारे में आप अधिक जानकारी पा सकते हैं यूनिट समझ की परखः कार्य और ऊर्जा में, और मुख्य संसाधन 'प्रगति एवं प्रदर्शन का आकलन' में।

गतिविधि 3: विद्युत परिपथ के दो रोल प्ले गतिविधि के मॉडलों की तुलना

इस गतिविधि से आपको अपनी कक्षा के साथ भौतिक मॉडलों का उपयोग और मूल्यांकन करने का अनुभव मिलेगा। आपको इस गतिविधि के लिये 2 संसाधनों की आवश्यकता होगी।

पढ़ाने के दौरान आप कभी भी इनमें से किसी भी मॉडल को दिखा और उपयोग कर सकते हैं, लेकिन विद्यार्थियों से इनकी तुलना और मूल्यांकन करवाना विषय के अंत में ही ठीक रहेगा, क्योंकि इससे विद्यार्थी अपनी समझ का पता खुद लगा सकेंगे।

पाठ से पहले, अपने विद्यार्थियों को समूहों में बाँटिये और तय कीजिये कि आप गतिविधि को दोनों मॉडलों के बारे में ज्यादा नहीं बताते हुए किस प्रकार शुरू करने वाले हैं।

आपको एक निर्देश सूची या पोस्टर देना होगा जिसमें प्रत्येक मॉडल के लिये आप अपने विद्यार्थियों से जो प्रश्न पूछेंगे वह भी शामिल हों। विद्यार्थियों के प्रत्येक समूह को दोनों मॉडलों पर काम करना है। कुछ समूह रस्सी के मॉडल से शुरू कर सकते हैं, जबकि दूसरे 'मिठाई' मॉडल के साथ। फिर आप सभी को रोकें जिससे वे अन्य मॉडल का उपयोग करने वाले समूह से अपने साधनों की अदला–बदली करें।

समूह जब काम कर रहे हों तब उनके बीच घूमें। उन्हें एक–दूसरे के साथ अपने विचार बांटने के लिए प्रोत्साहित करें। हमेशा से ज्यादा शोर के लिये तैयार रहें, खासकर यदि विद्यार्थी बड़े घेरों में अपनी आवाज़ सुनाने के लिये ज़ोर से बोल रहे हों।

जब सभी ने दोनों मॉडलों पर काम कर लिया हो, तब पूरी कक्षा के साथ प्रश्नों पर चर्चा करें। हर मॉडल के सामर्थ्य और सीमाओं पर अपने विद्यार्थियों को अपने समूह में चर्चा करने को कहें। इन विचारों पर पूरी कक्षा के साथ चर्चा करें।

4 सारांश

इस यूनिट में आपने सीखा कि वे कौन–सी बातें हैं जो विद्युत को कठिन विषय बनाती हैं और कैसे मॉडलों का उपयोग आपके शिक्षा देने में मदद कर सकता है।

केस स्टडी 2 और गतिविधि 3 में विद्युत परिपथ के बारे में पढ़ाने की एक तकनीक, रोल प्ले गतिविधि, के बारे में बताया गया। हालांकि, मॉडलों का उपयोग करने के कई तरीके हैं और गतिविधि 2 में आपने कई विषयों की पहचान की जिनमें मॉडल के उपयोग से विद्यार्थियों की समझ विकसित की जा सकती है।

कभी–कभी लगता है कि कक्षा X तक आते–आते विद्यार्थियों को भौतिक मॉडलों की जगह मानसिक मॉडल बनाने चाहिएं। लेकिन, समझ के विकास की प्रक्रिया के लिये भौतिक मॉडल बहुत मददगार होते हैं और यहाँ तक कि यूनिवर्सिटी के विद्यार्थी भी भौतिक मॉडलों से लाभ ले सकते हैं, जैसे कि, रसायनशास्त्र में अणुओं के मॉडल बना कर समावयवता के अलग अलग रूपों को समझना।

पढ़ाने के अपने अगले विषय के लिये, पहचानें कि विद्यार्थियों को अवधारणात्मक कठिनाइयाँ कहाँ पर आ सकती हैं और कहाँ पर मॉडलों का उपयोग सहायक होगा। विचार करें कि कौन–से मॉडल और समानताएं सबसे उचित होंगी।

अपने साथी शिक्षकों के साथ अपनी गतिविधियों की योजनाओं पर चर्चा करें:

- आप किस प्रकार के मॉडल या सम्भावित का इस्तेमाल करने की योजना बना रहे हैं?
- इस मॉडल की सामर्थ्य और संभावित सीमाएं क्या हैं?
- अपने समूह में आप इन गतिविधियों को कैसे शामिल करेंगे?
- आप किन खास विशेषताओं की ओर ध्यान आकर्षित करेंगे?

एक शिक्षण योजना बनाएं जिसमें कक्षा शिक्षण के दौरान कम–से–कम एक मॉडल–आधारित गतिविधि शामिल हो।

संसाधन

संसाधन 1: विद्युत विषय में कठिनाई के स्त्रोत

यह संसाधन गतिविधि 1 में उपयोग किया गया है।

तालिका R *1-1* विद्यु*त विषय* में आपके विद्यार्थियों को कहाँ कठिनाई आ सकती है?

खण्ड	मुख्य शैक्षणिक बिंदु / इस गतिविधि और साथ के पाठ से विद्यार्थियों को मुझे क्या सिखाना है?	कठिनाई के स्त्रोत? संभाव्य गलतफहमियाँ?
5.3	आवेश (कूलम्ब में मापा जाने वाला) का प्रति सेकंड प्रवाह ही विद्युत प्रवाह (एम्पीयर में मापा जाने वाला) है। अमीटर द्वारा मापा गया विद्युत प्रवाह पारम्परिक प्रवाह की माप + से – तक होती है। विद्युत प्रवाह और इलेक्ट्रॉन एक चालक से हो कर जाते हैं। विद्युत प्रवाह तुरंत होता है, लेकिन चलन की गति लगभग 1 मि.मि. प्रति सेकंड होती है	
5.1 5.2	चालक में विभवांतर के कारण आवेश उसमें से प्रवाहित होता है विभवांतर = प्रति यूनिट आवेश पर किया गया काम 1 वोल्ट = 1 जूल प्रति कूलम्ब (वोल्टमीटर द्वारा मापा गया)	आवेश ऐसी वस्तु नहीं जिसे देखा जा सके इलेक्ट्रॉन के बहाव की दिशा और पारम्परिक प्रवाह को लेकर संभ्रमइलेक्ट्रॉन्स की धीमी गति और प्रवाह की तत्क्षणता का मेल
5.4	आम तौर पर उपयोग किये जाने वाले पुरजों (components) के लिये पारम्परिक चिह्न	–
	किसी चालक के लिये वोल्टेज और विद्युत प्रवाह का आपसी संबंध। अलग अलग सैलों के लिए V और I के मध्य ग्राफ खीचकर ओहा के नियम का निगमन	वोल्टेज और विद्युत प्रवाह के बीच शेष ग़लतफहमी परिपथ के रेखाचित्र का संबंध वास्तविक परिपथ से जोड़ना वोल्टमीटर और अमीटर के संयोजन
	अवयव/पुरजों को बदलने से प्रवाह प्रभावित होता है। प्रतिरोध की अवधारणा: प्रतिरोध बढ़ने से प्रवाह कम होता है	संभावित गलतफहमी 'हिस्सों द्वारा प्रवाह को सोख लिया जाता है' पाठ की चर्चा में चालक में से इलेक्ट्रॉनों के हो कर गुजरने का मानसिक मॉडल

	चालक के प्रतिरोध को प्रभावित करने वाले कारण • तार की प्रतिरोधकता या लंबाई जितनी ज्यादा, प्रतिरोध भी उतना ही ज्यादा • अनुप्रस्थ काट का क्षेत्र जितना ज्यादा, उतना ही प्रतिरोध कम	विद्युत प्रवाह को मापते हुए प्रतिरोध का अनुमान लगाना – प्रतिरोध को सीधे मापना नहीं। अनुप्रस्थ काट के क्षेत्र का नियम प्राप्त करने के लिये, विद्यार्थियों को याद दिलाना होता है कि व्यास दुगुना करने से क्षेत्रफल चौगुना होता है आपसी संबंध याद रखना
5.5	श्रेणी में प्रतिरोधकः श्रेणी परिपथ में कहीं भी प्रवाह एक समान होता है; प्रवाह प्रतिरोध की कुल मात्रा पर निर्भर करता है	परिपथ को परिपथ रेखाचित्र से मिलाना – 'प्रवाह सोख लिया जाना' गलतफहमी
5.5(1)	श्रेणी में प्रतिरोधकों के लिये, कुल विभवांतर अर्थात प्रत्येक प्रतिरोधक के विभवांतरों का योग। V = IR के रूप में, श्रेणी में प्रतिरोधकों का कुल प्रतिरोध = प्रतिरोधकों का योग	परिपथ को परिपथ रेखाचित्र से मिलाना
5.5(2)	तीन प्रतिरोधक समांतर हों, तो प्रत्येक प्रतिरोधक का विभवांतर और तीनों का कुल विभवांतर समान होगा परिपथ के अखंडित भाग में प्रवाह = प्रत्येक प्रतिरोधक के प्रवाहों का योग	परिपथ को परिपथ रेखाचित्र से मिलाना गणनाएं समझने के लिये कठिन हो सकती हैं गतिविधि के बाद कुल प्रतिरोध की गणना कठिन हो सकती है; कुल प्रतिरोध में कमी आना शुरू में सहज ज्ञान के विपरीत होता है
5.6	जब विद्युत प्रवाह किसी चालक में से गुजरता है तब कुछ ऊर्जा गर्मी के रूप में निकल जाती है शक्ति $P = VI$ ऊर्जा $H = VIt$ ऊर्जा $H = I^2 R$	
	ऊष्मीय के प्रभाव के व्यावहारिक उपयोगः हीटर, टोस्टर आदि, फिलामेंट वाले बल्ब, फ्यूज़	क्या सभी विद्यार्थी इन उदाहरणों को पहचानते होंगे?
	विद्युत शक्ति $P = VII$ $P = V/R$ $P = I^2R$ शक्ति को वाट्स में मापा जाता है ऊर्जा की व्यापारिक यूनिट = किलोवाट घंटा (kW h) = $3\text{-}6 \times 10^6$ जूल्स। विद्युत उपकरणों द्वारा आवेश का उपयोग किया जाता। हम उपयोग की गई ऊर्जा का पैसा देते हैं, आवेश का नहीं	ऊर्जा और आवेश में ग़लतफहमी

(संदर्भ – विज्ञान कक्षा 10 विद्युत एवं उसके प्रभाव (म.प्र. राज्य शिक्षा केन्द्र भोपाल)

संसाधन 2: रोल प्ले गतिविधि

रोल प्ले (Role play) गतिविधि में विद्यार्थियों को एक भूमिका निभानी होती है और, किसी छोटे प्रसंग के दौरान, वे उस भूमिका में बोलते और अभिनय करते हैं, उस पात्र की आदतें और प्रवृत्तियाँ ले लेते हैं जिसे वह निभा रहे हैं। इसमें स्क्रिप्ट नहीं होती लेकिन महत्वपूर्ण बात यह है कि शिक्षक द्वारा विद्यार्थियों को पर्याप्त जानकारी दी जाती है जिससे वे भूमिका निभाने में सक्षम हों। भूमिका निभा रहे विद्यार्थियों से कहा जाना चाहिये कि अपने विचार और भावनाएं सहज तरीके से व्यक्त करें।

रोल प्ले गतिविधि के कई लाभ हैं, क्योंकि यहः

- दूसरों की भावनाओं की समझ विकसित करने के लिये वास्तविक जीवन की घटनाएं लाती है
- निर्णय–क्षमता के विकास को बढ़ावा देती है

- सीखने में विद्यार्थियों का सक्रिय सहयोग होता है और सभी विद्यार्थियों को योगदान देने का अवसर मिलता है
- ऊंचे स्तर की सोच को बढ़ावा देती है

रोल प्ले गतिविधि में भाग लेने से छोटे विद्यार्थियों को अलग अलग सामाजिक स्थितियों में बात करने के लिए आत्मविश्वास को विकसित करने में मदद मिल सकती है, उदाहरण के लिए, मान लेते हैं कि स्टोर में किसी दुकान पर हैं, स्थानीय स्मारक के लिये पर्यटकों को रास्ता बताते हैं या कोई टिकट खरीदते हैं। आप कुछ ही सामग्री और निशानों के साथ, जैसे 'होटल', 'डॉक्टर' या 'गैरेज' के साथ आसान घटनाएं बना सकते हैं। अपने विद्यार्थियों से पूछें, 'यहाँ कौन काम करता है?', 'ये क्या कहते हैं?' और 'हम इनसे क्या पूछते हैं?', और उन्हें इन भूमिकाओं में आपस में बातें करने के लिये प्रोत्साहित करें और उनका भाषा–उपयोग देखें।

रोल प्ले गतिविधि से बड़े विद्यार्थियों के जीवन के कौशलों का विकास हो सकता है। उदाहरण के लिए, कक्षा में हो सकता है कि आप इस बात का पता लगा रहे हों कि टकराव को किस प्रकार सुलझाया जाए। अपनी स्कूल या समाज के किसी उदाहरण को लेने के बजाय, आप उन्हीं समस्याओं पर आधारित कोई ऐसी घटना ले सकते हैं जिसका संबंध वहां से नहीं हो। विद्यार्थियों को भूमिकाएं दें या उनसे कहें कि वे ही चुन लें। आप उन्हें योजना बनाने का समय दे सकते हैं या उन्हें तुरंत ही रोल प्ले गतिविधि शुरू करने को कह सकते हैं। रोल प्ले गतिविधि कक्षा के सामने की जा सकती है, या विद्यार्थी छोटे समूहों में काम कर सकते हैं जिससे कोई और उन्हें नहीं देखे। ध्यान दें कि रोल प्ले गतिविधि का उद्देश्य है भूमिकाओं का खेल और इससे क्या शिक्षा मिलती है; आप शानदार अभिनय या बॉलीवुड अभिनेताओं के पुरस्कारों की अपेक्षा नहीं करें।

विज्ञान और गणित में भी रोल प्ले गतिविधि का उपयोग किया जा सकता है। विद्यार्थी अणुओं के व्यवहार की नकल कर सकते हैं, आपसी व्यवहार में कणों के गुण ले सकते हैं या गर्मी या प्रकाश का प्रभाव दर्शाने के लिये बर्ताव बदल सकते हैं। गणित में, विद्यार्थी कोण या किसी आकार की भूमिका अदा कर सकते हैं जिससे वे उसके गुणों और संयोग के बारे में जानें।

संसाधन 3: विद्युत परिपथों के बारे में पढ़ाने के लिये दो मॉडल

इस संसाधन का संदर्भ केस स्टडी 2 में और उपयोग गतिविधि 2 में किया गया है।

प्रत्येक मॉडल को पूरा करने में किसी समूह को सारे साधन और निर्देश मिल जाने के बाद लगभग पाँच मिनट लगते हैं।

नोटः इन दोनों मॉडलों के लिये, विद्यार्थियों को यह बताए बिना निर्देशों का पालन करने दें कि सारी विशेषताएं और क्रियाएं किनके प्रतीक हैं। प्रश्नों द्वारा उनका ध्यान आकर्षित करें और उन्हें उत्तर स्वयम् ही खोजने को प्रोत्साहित करें।

प्रत्येक मॉडल के निर्देशों के बाद उत्तर और टिप्पणियाँ दी गई हैं।

मिठाइयाँ और कप

जरूरी सामान

आवरण में लिपटी मिठाइयाँ, दो बक्से और कागज के कुछ कप। आधी मिठाइयाँ एक बक्से में और आधी दूसरे में रखें।

यह मॉडल तब सही काम करता है जब आपके पास लगभग 20 मिठाइयाँ हों और घेरे में दस व्यक्ति हों, साथ ही एक दर्शक और एक प्रश्न पढ़ने वाला व्यक्ति हो। यदि आप इससे बड़े समूह और अधिक मिठाइयाँ लेते हैं, तो घेरे में मिठाइयाँ घुमाने में बहुत अधिक समय लगेगा।

कैसे खेलें

शुरू करने से पहले, समूह में से एक व्यक्ति को निर्देश और प्रश्न ज़ोर से पढ़ कर सुनाने के लिये कहें।

- एक को छोड़ कर सभी को घेरे में खड़ा करें। घेरे के बाहर का व्यक्ति कार्यवाही देखेगा।
- एक व्यक्ति के पास वह बक्सा है जिसमें आधी मिठाइयाँ हैं। वह हर एक सेकंड में एक मिठाई अपने दाईं ओर खड़े व्यक्ति को देता है, जो उसे तुरंत ही अपने दाईं ओर खड़े व्यक्ति को देता है और इस तरह चलता रहता है। (घेरे के बाहर एक व्यक्ति को समय का ध्यान रखने में सहायता करनी है जो हर एक सेकंड पर टेबल बजाकर आवाज़ करे।)
- घेरे में एक व्यक्ति के पास एक कप है। जब उनके पास मिठाई आती है, तब वे उसे एक सेकंड कप में रखते हैं और फिर आगे बढ़ाते हैं। जल्दी ही बक्से की सारी मिठाइयां घेरे में समान गति से घूमने लगती हैं। बक्सा लिये व्यक्ति के बाईं ओर के व्यक्ति के पीछे दर्शक को खड़ा करें, और वे एक ताली बजाएं जब उनके सामने वाला व्यक्ति बक्से वाले व्यक्ति को मिठाई दे। मिठाई के कई चक्कर पूरे होने दें जिससे सभी एक लय में जम जाएं और फिर आप बदलाव करें।
- अब एक और व्यक्ति को एक कप दें। अब मिठाइयाँ किस गति से परिपथ में घूम रही हैं (दर्शक ने कितनी बार ताली बजाई)?
- अब समूह में किसी और को मिठाइयों का दूसरा बक्सा दें जिसमें आधी मिठाइयाँ हैं। वे भी हर सेकंड में एक मिठाई देते हैं, तो अब दो व्यक्ति घेरे में मिठाइयाँ बाँट रहे हैं जिससे हर सेकंड में दो मिठाइयाँ चल रही हैं)। इससे घेरे में मिठाइयों के चलने की गति बढ़ती है, और दर्शक दुगुनी गति से ताली बजाता है।

प्रश्न

- मिठाई बाँटने वाला व्यक्ति किसका प्रतीक है?
- मिठाई किसका प्रतीक है?
- कप किसका प्रतीक है?
- एक और व्यक्ति मिठाई बाँटने लगता है वह किसका प्रतीक है और इसका प्रभाव क्या होता है?

उत्तर और टिप्पणियाँ

- मिठाई बाँटने वाला व्यक्ति बैटरी के समान है जो आवेश को परिपथ में चलाती है। (इस मॉडल से ऐसा लग सकता है कि बैटरी से आवेश आता है, जोकि गलत है। बैटरी से आवेश सिर्फ चलता है।)
- मिठाइयाँ आवेश हैं। आप देख सकते हैं कि मिठाइयाँ समान संख्या में चल रही हैं। मिठाइयों के चलने की दर प्रवाह है। दर्शक जितनी तेज़ी से ताली बजाता है, परिपथ में प्रवाह उतना ही तेज़ है। दर्शक एक अमीटर के समान है, जो प्रवाह में बदलाव की दर को मापता है।
- कपों के कारण मिठाइयों का प्रवाह धीमा होता है। वे प्रतिरोधी या बत्ती की तरह काम करते हैं। (वास्तविक परिपथ में यहाँ से ऊर्जा बाहर निकलती है, लेकिन इस मॉडल में इसे देखना मुश्किल है।)
- मिठाइयाँ बाँटने वाला दूसरा व्यक्ति एक और बैटरी की तरह है। एक और बैटरी जोड़ने से प्रवाह बढ़ता हैः दर्शक के सामने से मिठाइयाँ अब दुगुनी तेज़ी से गुज़र रही हैं। अधिक मिठाइयाँ लेकर किसी को जोड़ने में समस्या यह है कि ऐसा लगता है कि एक और बैटरी जोड़ने से आवेश बढ़ गया है, जबकि घूमने वाला आवेश समान होना चाहिये। केवल उसके चलने की गति बढ़ती है।

सामर्थ्य

परिपथ में चलने वाला आवेश समान रहता है यह दर्शाने के लिये यह मॉडल अच्छा है। मिठाइयाँ समूह के बाहर नहीं जातीं, और प्रतिरोधी जोड़ने पर प्रवाह कम होता है।

सीमाएं

मॉडल से ऐसा लगता है कि बैटरी से आवेश आता है और आवेश को परिपथ में गति करने में थोड़ा समय लगता है। इस मॉडल से स्पष्ट रूप से पता चलता है कि ऊर्जा का स्थानांतरण कहाँ हो रहा है।

रस्सी का मॉडल

जरूरी सामान

हल्की रस्सी का एक (बड़ा) छल्ला बनाएं, जिस पर यदि हर एक मीटर पर निशान बना हो तो ज्यादा अच्छा है, जिससे आप इसके चलने की गति देख सकें। रस्सी जितनी बड़ी होगी, आप उतने अधिक व्यक्तियों को इस रोल प्ले गतिविधि के समूह में रख सकते हैं।

कैसे खेलें

शुरू करने से पहले, समूह में से एक व्यक्ति को निर्देश और प्रश्न ज़ोर से पढ़ कर सुनाने के लिये कहें।

- सभी एक घेरा बना कर खड़े होते हैं, जिससे रस्सी बहुत कसेगी नहीं, लेकिन कहीं भी उसमें झोल भी नहीं आएगा।
- एक व्यक्ती एक ही गति से रस्सी को खींचता है।
- अन्य सभी को रस्सी बहुत हल्के से पकड़नी है जिससे वह चल सके।
- एक व्यक्ति अन्यों की अपेक्षा अधिक कस कर पकड़े और ध्यान दे कि क्या होता है। ध्यान दें कि कोई भी बहुत कस कर नहीं पकड़े – यह रस्साकशी का खेल नहीं है! खींचने वाले व्यक्ति को एक समान ताकत से खींचना है, धीरे–धीरे ताकत बढ़ानी नहीं है।

प्रश्न

- इस मॉडल में डोरी खींचने वाला क्या है?
- हिलती हुई डोरी किसका प्रतीक है?
- जब कोई रस्सी को अपेक्षाकृत कस कर पकड़ता है, तो यह किसका प्रतीक है?

उत्तर और टिप्पणियाँ

- रस्सी खींचने वाला व्यक्ति बैटरी है। जब वह रस्सी खींचता है, तो परिपथ को ऊर्जा मिलती है।
- चलती हुई रस्सी परिपथ में चलता हुआ आवेश है।

- जब कोई रस्सी को अपेक्षाकृत कस कर पकड़ता है, तो उनके हाथ गर्म होने लगते हैं और रस्सी को खींचना थोड़ा कठिन होता है। कस कर पकड़ना बढ़ा हुआ प्रतिरोध है। किसी के हाथ गर्म होना परिपथ से ऊर्जा बाहर जाने का प्रतीक है। पकड़ने वाला व्यक्ति बल्ब या प्रतिरोधी के समान है।

सामर्थ्य

इस मॉडल से पता चलता है कि सारा आवेश परिपथ में एक ही समय चलता है, और इसमें प्रतिरोध और ऊर्जा स्थानांतरण में संबंध पता चलता है।

सीमाएं

जब रस्सी कस कर पकड़ी हो तब रस्सी खींचने वाला व्यक्ति यदि ज़ोर लगा कर खींचे, तो ऐसा लग सकता है कि प्रतिरोध बढ़ने पर बैटरी को ज्यादा काम करना पड़ता है जिससे प्रवाह समान रहे।

संसाधन 4: विद्युत के बारे में पढ़ाने के लिये मॉडल और समानताओं का उपयोग

यह संसाधन गतिविधि 2 में उपयोग किया गया है। तालिका R3.1 में उपयोग किये गए मॉडल और समानताओं की पहचान की गई है और दूसरे ऐसे मॉडलों के सुझाव दिये हैं जो सहायक हो सकते हैं।

तालिका R*4-1* विद्युत के बारे में पढ़ाने के लिये मॉडल और समानताओं का उपयोग।

खण्ड	मुख्य शैक्षणिक बिंदु / इस गतिविधि और साथ के पाठ से विद्यार्थियों को मुझे क्या सिखाना है?	कठिनाइयों के स्त्रोत?	यहाँ पर किन मॉडल या समानताओं का उपयोग हो रहा है या किया जा सकता है?
5.3	आवेश (कूलम्ब में मापा जाने वाला) का प्रति सेकंड प्रवाह ही विद्युत प्रवाह (एम्पीयर में मापा जाने वाला) है अमीटर द्वारा मापा गया विद्युत प्रवाह पारम्परिक प्रवाह की माप + से – तक होती है। विद्युत प्रवाह और इलेक्ट्रॉन एक चालक से हो कर जाते हैं। विद्युत प्रवाह तुरंत होता है, लेकिन चलन की गति लगभग 1 मि.मि. प्रति सेकंड होती है	आवेश ऐसी वस्तु नहीं जिसे देखा जा सके इलेक्ट्रॉन के बहाव की दिशा और पारम्परिक प्रवाह को लेकर संभ्रम इलेक्ट्रॉन्स की धीमी गति और प्रवाह की तत्क्षणता का मेल	उपयोग किये जा रहे: बहाव के रूप में विद्युत प्रवाह परिपथ एक सतत चलने वाला बंद रास्ता है – किसी भी टूट से प्रवाह रूकता है यह भी देखें: रस्सी का मॉडल
5.1 5.2	चालक में विभवांतर के कारण आवेश उसमें से प्रवाहित होता है विभवांतर = प्रति यूनिट आवेश पर किया गया काम। 1 वोल्ट = 1 जूल प्रति कूलम्ब वोल्टमीटर द्वारा मापा गया	यह विचार कि बैटरी विद्युत प्रवाह देती है वोल्टेज नहीं	उपयोग किये जा रहे: पानी को नीचे की ओर बहने के लिये गुरूत्वीय विभवांतर की आवश्यकता होती है। आवेश को बहने के लिये विद्युतीय विभवांतर की आवश्यकता होती है यह भी देखें: रस्सी का मॉडल
5.4	आम तौर पर उपयोग किये जाने वाले हिस्सों के लिये पारम्परिक चिह्न।		–
	किसी चालक के लिये वोल्टेज और विद्युत प्रवाह का आपसी संबंध। अलग अलग सेल्स की संख्या के लिये V विरूद्ध I के ग्राफ से प्राप्त ओहम का नियम	वोल्टेज और विद्युत प्रवाह के बीच शेष ग़लतफहमी परिपथ के रेखाचित्र का संबंध वास्तविक परिपथ से जोड़ना वोल्टमीटर और अमीटर के संयोजन	उपयोग किये जा रहे: परिपथ के प्रतीक के लिये परिपथ रेखाचित्र (सारी गतिविधियों में उपयोग किया गया)

	हिस्सों को बदलने से प्रवाह प्रभावित होता है। प्रतिरोध की अवधारणाः प्रतिरोध बढ+ने से प्रवाह कम होता है	संभावित गलतफहमी 'हिस्सों द्वारा प्रवाह को सोख लिया जाता है' पाठ की चर्चा में चालक में से इलेक्ट्रॉनों के हो कर गुजरने का मानसिक मॉडल	संभावित सहायकः रस्सी का मॉडल, मिठाई का मॉडल
	चालक के प्रतिरोध को प्रभावित करने वाले कारण तार की प्रतिरोधकता या लंबाई जितनी ज्यादा, प्रतिरोध भी उतना ही ज्यादा अनुप्रस्थ काट का क्षेत्र जितना ज्यादा, उतना ही प्रतिरोध कम	विद्युत प्रवाह को मापते हुए प्रतिरोध का अनुमान लगाना – प्रतिरोध को सीधे मापना नहीं। अनुप्रस्थ काट के क्षेत्र का नियम प्राप्त करने के लिये, विद्यार्थियों को याद दिलाना होता है कि व्यास दुगुना करने से क्षेत्रफल चौगुना होता है आपसी संबंध याद रखना	संभावित सहायकः (ऐसा कुछ जिसका अभिनय किया जा सके?) भीड़भरे गलियारे में बक्सों का ढेर ले कर चलना। टकराने से बक्से गिरने लगते हैं गलियारा जितना बड़ा होगा उतने ज्यादा बक्से गिरेंगे और जितना संकरा होगा, टकराने की बारम्बारता उतनी ज्यादा होगी।
5.5	श्रेणी में प्रतिरोधकः श्रेणी परिपथ में कहीं भी प्रवाह एक समान होता है। प्रवाह प्रतिरोध की कुल मात्रा पर निर्भर करता है	परिपथ को परिपथ रेखाचित्र से मिलाना – 'प्रवाह सोख लिया जाना' गलतफहमी	संभावित सहायकः मिठाई का मॉडल
5.5(1)	श्रेणी में प्रतिरोधकों के लियेः प्रत्येक प्रतिरोधक के विभवांतरों का योग कुल विभवांतर है। V = IR,के रूप में, श्रेणी में प्रतिरोधकों का कुल प्रतिरोध = प्रतिरोधकों का योग	परिपथ को परिपथ रेखाचित्र से मिलाना	–
5(2)	जब तीन प्रतिरोधक समांतर होंः प्रत्येक प्रतिरोधक का विभवांतर और तीनों का कुल विभवांतर समान होगा परिपथ के अखंडित भाग में प्रवाह = प्रत्येक प्रतिरोधक के प्रवाहों का योग	परिपथ को परिपथ रेखाचित्र से मिलाना गणनाएं समझने के लिये कठिन हो सकती हैं गतिविधि के बाद कुल प्रतिरोध की गणना कठिन हो सकती है; कुल प्रतिरोध में कमी आना शुरू में सहज ज्ञान के विपरीत होता है	संभावित सहायकः विभवांतर के लिये ढलान का मॉडल। किसी चौड़ी प्लास्टिक की फनेल में ऊपर से तीन छर्रे (बॉलबेयरिंग) एक साथ छोड़ें (नीचे एक बोल रखें)। प्रत्येक का मार्ग अलग होगा लेकिन गिरने की दूरी हर बार एक ही होगी। संभावित सहायकः विद्युत प्रवाह का मॉडल जिसमें समूह तीन अलग–अलग मार्गों से जा कर फिर एक जगह मिलते हैं। प्रतिरोध में कमी का प्रभाव, जैसे सामान पहुँचाने के लिये एक की जगह तीन गाड़ियों का उपयोग
5.6	जब विद्युत प्रवाह किसी चालक में से गुजरता है तब कुछ ऊर्जा गर्मी के रूप में निकल जाती है शक्ति $P = VI$ ऊर्जा $H = V I t$ ऊर्जा $H = I^2 R$		संभावित सहायकः रस्सी का मॉडल
	गर्मी के प्रभाव के व्यावहारिक उपयोगः हीटर, टोस्टर आदि, फिलामेंट वाले बल्ब, फ्यूज़	क्या सभी विद्यार्थी इन उदाहरणों को पहचानते होंगे?	–

	विद्युत बलः $P = V I$ $P = V/R$ $P = I^2R$ शक्ति को वाट्स में मापा जाता है ऊर्जा की व्यापारिक यूनिट = किलोवाट घंटा (kW h) = 3-6 × 10^6 जूल्स। विद्युत उपकरणों द्वारा आवेश सोख नहीं लिया जाता। हम उपयोग की गई ऊर्जा का पैसा देते हैं, आवेश का नहीं	ऊर्जा और आवेश में ग़लतफहमी	

अतिरिक्त संसाधन

- Information on practical activities in physics for 11–19-year-olds: http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics (accessed 19 May 2014)

संदर्भ/संदर्भग्रंथ सूची

Boohan, R. (2002) 'Learning from models, learning about models', in Amos, S. and Boohan, R. (eds) *Aspects of Teaching Secondary Science*. London, UK: RoutledgeFalmer.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. and Wood-Robinson, V. (1994) *Making Sense of Secondary Science*. London, UK: Routledge.

National Strategies (2008) *Science Teaching Unit: Explaining How Electric Circuits Work*. London, UK: Department for Children, Schools and Families. Available from: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110202093118/http://nationalstrategies.standards.dcsf.gov.uk/node/286751 (accessed 21 May 2014).

Strawson, R. (2011) 'Electricity and magnetism' in Sang, D. (ed.) *Teaching Secondary Physics*. London, UK: John Murray.

(विज्ञान कक्षा 10 (2013), म.प्र. राज्य शिक्षा केन्द्र भोपाल

अभिस्वीकृतियाँ

यह सामग्री क्रिएटिव कॉमन्स एट्रिब्यूशन–शेयरएलाइक लाइसेंस (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/) के अंतर्गत उपलब्ध कराई गई है, जब तक कि अन्यथा निर्धारित न किया गया हो। यह लाइसेंस TESS-India, OU और UKAID लोगो के उपयोग को वर्जित करता है, जिनका उपयोग केवल TESS-India परियोजना के भीतर अपरिवर्तित रूप से किया जा सकता है।

कॉपीराइट के स्वामियों से संपर्क करने का हर प्रयास किया गया है। यदि किसी को अनजाने में अनदेखा कर दिया गया है, तो पहला अवसर मिलते ही प्रकाशकों को आवश्यक व्यवस्थाएं करने में हर्ष होगा।

वीडियो (वीडियो स्टिल्स सहित): भारत भर के उन अध्यापक शिक्षकों, मुख्याध्यापकों, अध्यापकों और छात्रों के प्रति आभार प्रकट किया जाता है जिन्होंने उत्पादनों में दि ओपन यूनिवर्सिटी के साथ काम किया है।