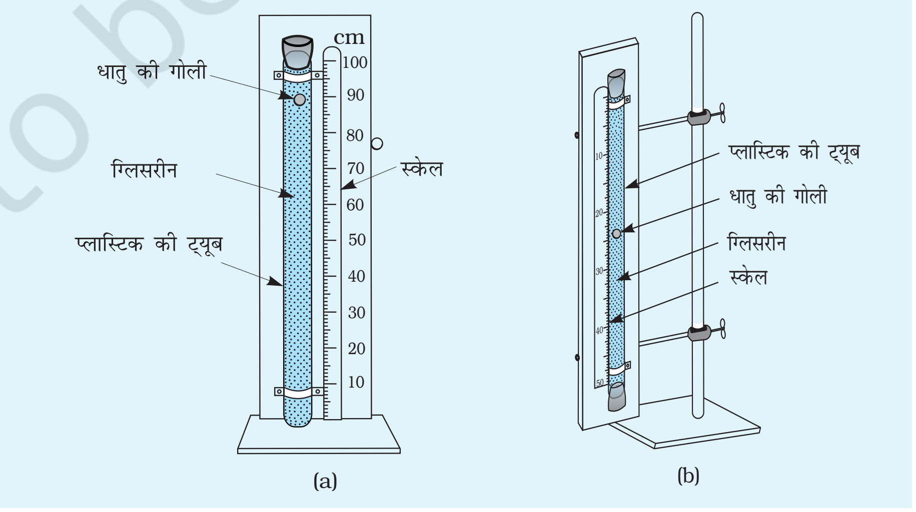
निदर्शन 1

किसी सीधी रेखा में एक अनुदिश एकसमान गति का निदर्शन करना

घर्षण बल के अंतर्निहित होने के कारण किसी स्वतन्त्रतापूर्वक गतिशील पिंड की एकसमान गति का निदर्शन करना निश्चय ही कठिन है। तथापि, यदि पिंड पर लगने वाले बल संतुलित हैं तो पिंड की एकसमान गति का निदर्शन करना संभव है।

(a) *काँच या प्लास्टिक की ट्यूब में भरी ग्लिसरीन या एरंड तेल में किसी पिंड की एकसमान गति का निदर्शन करना*

एक मीटर लंबी तथा लगभग 10 mm व्यास वाली काँच या प्लास्टिक की एक ट्यूब लीजिए। इसके एक सिरे को कॉर्क से बंद कर दीजिए। ट्यूब को ऊपर तक ग्लिसरीन (रंगहीन) या एरंड तेल से भर दीजिए। इसमें लगभग 3 mm व्यास की एक स्टील की गेंद या सीसे का छर्रा डालिए तथा एक कॉर्क से इस प्रकार बंद कीजिए कि ट्यूब में वायु का कोई भी बुलबुला न रहे। 7.5 – 10.0 cm चौड़ा लकड़ी का आधार लीजिए जिसके सिरों के पास धातु के ब्रैकेट लगे हों। बोर्ड को सफेद पेंट से पोतिए या इस पर एक सफ़ेद कागज़ की शीट जड़िए। धातु के ब्रैकेटों की सहायता से ट्यूब को लकड़ी के आधार पर जड़ दीजिए (ट्यूब प्रतिदीप्ति नलिका के आधार की भाँति टिकी रहे)। काले या नीले पेंट या स्याही से आधार पर 10 cm के नियमित अंतराल पर चिह्न लगाइए [चित्र D 1.1(a)]। एकसमान गति का निदर्शन करने



*चित्र D 1.1 दो संतुलित बलों के प्रभाव में किसी गेंद (या गोली) की ऋजुरेखीय एकसमान गति का निदर्शन **(a)** 1 m लंबा एक निदर्शन उपकरण **(b)** 50 cm लंबा एक कम लागत का उपकरण।*

© NCERT not to be republished

के लिए ट्यूब को ऊर्ध्वाधर रखिए तथा धातु की गोली को ग्लिसरीन के ऊपरी तल पर धीमें से मुक्त कीजिए। किसी एक छात्र से गोली द्वारा 10 cm के क्रमिक खंडों की दूरी तय करने में लिए गए समय को नोट करने के लिए कहिए। ट्यूब को कुछ बार उलट कर प्रयोग को दोहराइए। इस बात पर ज़ोर देना चाहिए कि यदि 10 cm के खंड को 1 या 2 cm के खंडों में फिर से प्रविभाजित किया जाए तो गोली उत्तरोत्तर छोटे खंडों को भी समान समय अंतराल में तय करेगी।*

इस निदर्शन को आधे मीटर लंबी काँच की नली तथा आधे मीटर स्केल की सहायता से भी किया जा सकता है। इसे एक प्रयोगशाला स्टैंड में ऊर्ध्वाधर कसा जा सकता है [चित्र D 1.1(b)]। इस स्थिति में छात्रों से 1 cm के उत्तरोत्तर खंडों को तय करने में गोली द्वारा लिए गए समय को नोट करने के लिए भी कहा जा सकता है।

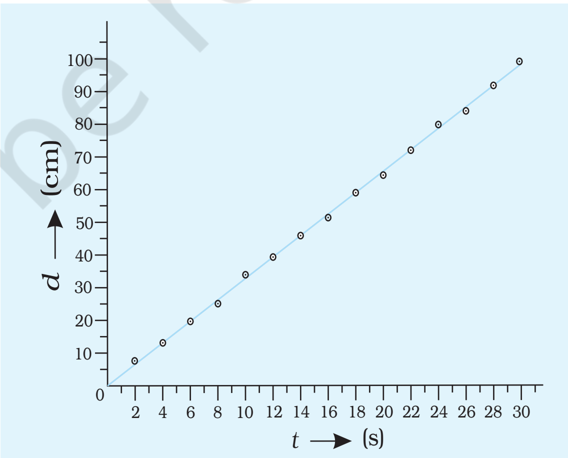
ट्यूब को ऊर्ध्वाधर से लगभग 5° तिरछा करके भी रखा जा सकता है। इस व्यवस्था के निम्नलिखित लाभ हैं-

(i) गोली स्केल के समीप गति करती है जिससे कि स्केल पर इसकी स्थिति का प्रेक्षण करने में लंबन त्रुटि कम हो जाती है।

(ii) ट्यूब की दीवार के संपर्क में गतिशील गेंद अपनी संपूर्ण गति में समान परिस्थिति में रहती है। यदि आप इसे ट्यूब के केंद्र में, अर्थात्, ट्यूब के अक्ष के अनुदिश गति कराना चाहते हैं, तो ट्यूब के ऊर्ध्वाधर समायोजन को अत्यधिक परिशुद्धता से करना पड़ता है।

इस निदर्शन को आधे मीटर की ट्यूब से अधिक प्रभावी ढंग से करने के लिए, गोली द्वारा चली गई दूरी तथा ऐसा करने में लिए गए समय को साथ-साथ अंकित करने के लिए छात्र को अपनी क्रियाविधि सोचने के लिए प्रोत्साहित करना चाहिए। उदाहरण के लिए, एक छात्र गिरती हुई गोली को समीप से देख सकता है। तथा जैसे ही गोली पहले से तय किसी चिह्न तथा उसके बाद एक दूसरे से क्रमिक चिह्नों से गुज़रे मेज थपथपा कर संकेत दे सकता है।

एक अन्य छात्र थपथपाने की ध्वनि सुनकर विराम घड़ी को चालू कर सकता है। इसके पश्चात्, घड़ी को रोके बगैर वह प्रत्येक



चित्र D 1.1(c) *ग्लिसरीन में धातु की गोली के गति के लिए दूरी-समय ग्राफ़*

* इस प्रयोग में, प्रारंभ में कुछ समय के लिए गोली त्वरित होती है और फिर संबंध $u = u_0 = (1\text{-}e^{-t/T})$ के अनुसार अंतिम वेग u_0 के समीप पहुँचती है। विशिष्ट अंतिम वेग $u_0 = 3 \text{ cm s}^{-1}$ के लिए समय नियतांक $T = 0.003$s। अतः, त्वरित गति की अवधि इतनी छोटी है कि इस पर विचार करने की आवश्यकता नहीं है।

© NCERT not to be republished

क्रमिक थपथपाने पर घड़ी द्वारा दर्शाए गए समय को देखकर एवं बोलकर बताता है? तीसरा छात्र मापन प्रारंभ होने से गोली द्वारा तय की गई दूरी तथा व्यतीत हुए समय के आँकड़ों को नोट कर सकता है। इन आँकड़ों के आधार पर गोली की गति के लिए छात्रों से दूरी तथा समय के बीच ग्राफ़ खींचने के लिए कहें तथा इस ग्राफ़ के स्वरूप पर विचार विमर्श करें [चित्र D 1.1(c)]।

तीन छात्रों के इस समन्वित क्रियाकलाप में यह सम्भव है कि जब गोली किसी चिह्न से गुज़रे तो पहला छात्र संकेत देने से चूक जाए। ऐसी स्थिति में उसे केवल यह कह इंगित करना चाहिए कि "चूक गए" और 15 से 20 बिंदुओं में से ग्राफ़ पर यदि कुछ बिंदु कम भी हो जाएँ तो उनका कोई महत्त्व नहीं होता। इसी प्रकार, किसी भी थपथपाने को यदि वह बाद में महसूस करता है कि यह ठीक समय पर नहीं हो पाया तो वह "गलत" कहकर इसे सूचित कर सकता है। इन आँकड़ों को दो छात्र भी अंकित कर सकते हैं। यदि क्रमिक पाठ्यांकों के बीच पर्याप्त समय है तो दूसरा छात्र तीसरे के कार्य को भी कर सकता है। कुछ अभ्यास से तथा गोली के समीप बाएँ हाथ में घड़ी लेकर, केवल एक छात्र भी आँकड़ों को अंकित कर सकता है और इसे एक व्यक्तिगत क्रियाकलाप बना सकता है।

ग्लिसरीन में उचित अनुपात में पानी मिलाकर गेंद की गति की चाल को इस प्रकार समायोजित किया जा सकता है कि यह न तो बहुत धीमी रहे जिससे कि कक्षा ऊब जाए और न ही इतनी तेज रहे कि आँकड़े को अंकित करना कठिन हो जाए।

(b) *ब्यूरेट का उपयोग करके*

उपरोक्त निदर्शन को एक लंबी ब्यूरेट का उपयोग करके भी किया जा सकता है। इसका अपना स्केल भी होता है। तथापि, कक्षा में पीछे बैठे हुए विद्यार्थियों के लिए स्केल को देख पाना कठिन हो सकता है। साथ ही, इसका ऊपरी सिरा खुला होता है जिसके परिणामस्वरूप एक ही साइज़ की बहुत-सी गोलियाँ उपलब्ध होनी चाहिए। वास्तव में उपरोक्त निदर्शन (a) में भी यदि एक ही साइज़ की अनेक गोलियाँ उपलब्ध हों तो ट्यूब के ऊपरी सिरे को खुला रखा जा सकता है, क्योंकि इस निदर्शन का सबसे जटिल भाग ट्यूब के ऊपरी सिरे को वायु के बुलबुले के बगैर बंद करना है।

उपरोक्त परिचर्चा के अनुसार ही ब्यूरेट के साथ निदर्शन को भी अधिक प्रभावशाली बनाया जा सकता है।

टिप्पणी–

1. एकसमान चाल से गिरती हुई स्टील की गोली के निदर्शन के पश्चात् कक्षा में परिचर्चा के दौरान एक महत्वपूर्ण प्रश्न होगा, "किन दो संतुलित बलों के अंतर्गत यह एक समान वेग से गति करती है?" इनमें से एक गोली का नेट भार है जो अधोमुखी दिशा में लगता है जिसके कारण प्रारंभ में इसकी चाल बढ़ती है। जैसे ही इसकी चाल बढ़ती है, उपरिमुखी दिशा में लगने वाला गति के लिए द्रव का प्रतिरोध बढ़ता जाता है जब तक कि यह भार को संतुलित नहीं कर लेता। इसके पश्चात्, गोली अंतिम वेग प्राप्त कर लेती है और इसकी चाल लगभग एकसमान रहती है।
2. हमारे प्रतिदिन के जीवन में अनेक स्थितियाँ ऐसी हैं जहाँ कोई पिंड एकसमान वेग से ठीक ऐसे ही नीचे गिरता है जैसे कि द्रव में गोली।

© NCERT not to be republished

चित्र D 1.2 *पैराशूट की सहायता से नीचे उतरते छतरी-सैनिक की गति एकसमान होती है*

(a) जब कोई छतरी-सैनिक (पैराशूट पर) किसी हवाई जहाज से पैराशूट की सहायता से नीचे उतरती/उतरता है तो प्रायः पैराशूट पर वायु का प्रतिरोध उसके भार को संतुलित कर लेता है। इस दशा में पवन के कारण कुछ क्षैतिज अपवाह के अतिरिक्त वह ऊर्ध्वाधर दिशा में नीचे की ओर एकसमान चाल से गति करती/करता है (चित्र D 1.2)।

(b) बहुत से बच्चे खिलौना पैराशूट से खेलते हैं जिसे पहले ऊपर फेंका जाता है। तब यह नीचे की ओर ठीक उसी प्रकार गति करता है जैसे कि कोई छतरी-सैनिक पैराशूट के साथ करता है।

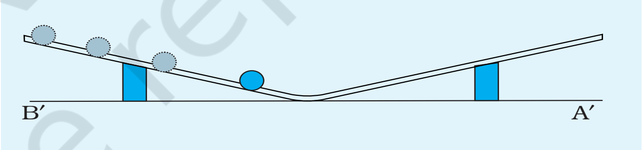
(c) बैडमिंटन के खेल में उपयोग की जाने वाली चिड़िया (शटल कॉक) को ऊर्ध्वाधरतः ऊपर की ओर फेंका जाता है। जब यह नीचे आती है तो खिलाड़ी अक्सर देखते हैं कि प्रारम्भ में थोड़े समय के लिए बढ़ती हुई चाल के पश्चात यह एकसमान चाल से नीचे की ओर गति करती है (यदि पवन प्रवाह न चल रहा हो)।

3. इस निदर्शन को स्टॉक के नियम द्वारा द्रव की श्यानता ज्ञात करने के लिए प्रयोग किए जाने वाले उपकरण से भी किया जा सकता है। तथापि, एक सरल रेखा में एकसमान गति को निदर्शित करने के लिए, (a) स्केल का उपयोग करके गोली की स्थिति को पढ़ने तथा (b) ट्यूब को क्षैतिज की ओर थोड़ा झुकाकर रखने की व्यवस्था के कारण प्रस्तुत निदर्शन अपेक्षाकृत सुगम तथा व्यावहारिक है।

निदर्शन 2

किसी आनत पथ पर किसी गेंद की गति की प्रकृति को निदर्शित करना

50 cm लंबाई तथा उठे हुए सिरे पर लगभग 2 – 3 cm ऊँचाई का एक आनत समतल बनाइए। विकल्पत:, आप एक द्विक-आनत पथ उपकरण का उपयोग कर सकते हैं और आधार पट्टी पर इसकी दो भुजाओं को जोड़कर एकल समतल बना सकते हैं। लकड़ी के गुटके या मोटी पुस्तक की सहायता से आधार पट्टी के एक सिरे को लगभग दो सेंटीमीटर ऊँचा उठाकर इसे निम्न (अल्प) झुकाव दें (चित्र D 2.1)। अब एक तालमापी (मेट्रोनोम) से ½ सेकंड के अंतराल पर ध्वनि संकेत उत्पन्न करें। गेंद को आनत समतल के ऊपरी सिरे पर रखें। इसे किसी एक ध्वनि संकेत (जिसे शून्य वाँ संकेत कहा जा सकता है) पर छोड़ें और इसे छोड़ने के बाद विद्यार्थियों से पहले, दूसरे, तीसरे तथा चौथे संकेत पर इसकी स्थिति का प्रेक्षण करने को कहें। इस कार्य के लिए, कक्षा को चार समूहों में बाँट लें। श्यामपट्ट पर एक चित्र की सहायता से उन्हें पहले ही समझा दें कि समूह 1 को गेंद की पहली स्थिति का प्रेक्षण करना है, समूह 2 गेंद की दूसरी स्थिति का प्रेक्षण करेगा इत्यादि।



चित्र D 2.1 *द्विआनत तल पर किसी गोली की गति का अध्ययन*

निदर्शन के पश्चात्, गेंद की प्रत्येक स्थिति के लिए प्रत्येक समूह में विद्यार्थियों की संख्या के अनुसार अनेक प्रेक्षण होंगे। एक विद्यार्थी को अपने समूह में प्रेक्षणों को एकत्र करके तथा उनके माध्यमान की गणना करके श्यामपट्ट पर अंकित करने के लिए कहें। तब यह दर्शाया जा सकता है कि आनत समतल पर गेंद के लुढ़कते समय, ½ सेकंड के क्रमिक अंतराल में गेंद द्वारा तय की गई दूरी समान परिणाम से बढ़ती जाती है।

टिप्पणी–

1. यदि तालमापी (मेट्रोनोम) उपलब्ध न हो, तो किसी एक छात्र को घड़ी के दोलक या प्रयोगशाला स्टैंड पर लटके 25 cm लंबाई के एक सरल दोलक की चरम स्थिति के समकालित नियत गति से मेज थपथपाने के लिए कहें।

2. यदि प्रतिध्वनिदर्शी-प्रकाश (strobe-light) उपलब्ध हो तो इसे गेंद को पथ पर नीचे लुढ़कते समय प्रकाशित करने के लिए उपयोग करें। तब छात्र स्पष्टतया देख सकते हैं कि गेंद समान समय अंतराल में उत्तरोत्तर अधिक दूरी तय करती है।

© NCERT not to be republished

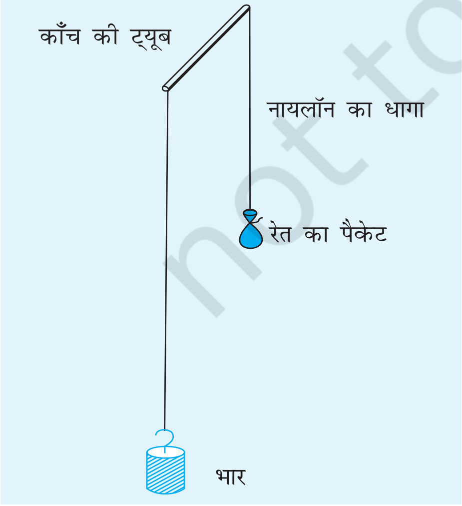
निदर्शन 3

यह दर्शाना कि किसी वृत के अनुदिश किसी पिंड को एकसमान चाल से गति कराने के लिए अभिकेंद्र बल का लगना आवश्यक है तथा इस बल का परिमाण कोणीय वेग के साथ बढ़ता जाता है

(a) *काँच की ट्यूब तथा हुक युक्त भार का उपयोग करके*

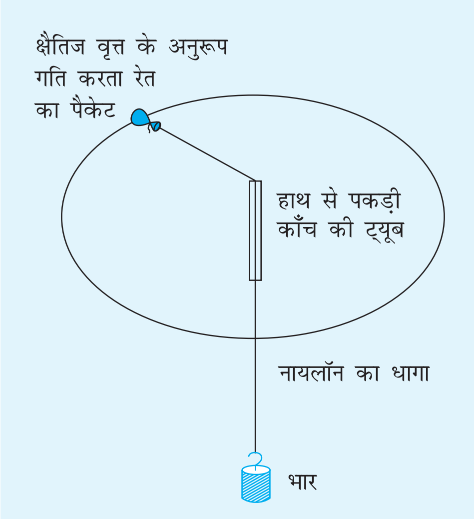
लगभग 15 cm लंबी तथा 10 mm बाहरी व्यास की काँच की एक ट्यूब लीजिए। इसके सिरों को लौ के ऊपर गरम करके चिकना कीजिए। सिल्क या नायलॉन का लगभग 1.5 m लंबा मजबूत धागा ट्यूब में पिरोइए। धागे के एक सिरे पर रेत का एक पैकेट या रबर की डाट बांधिए और दूसरे सिरे पर एक भार (*W*) (रेत या डाट के भार से लगभग 3 – 10 गुना भारी) बांधिए। पहले निदर्शित कीजिए कि काँच की ट्यूब को उठाने पर भार मेज पर ही रुका रहता है जबकि रेत का पैकेट या डाट ऊपर उठ जाता है (चित्र D 3.1)।

अब एक हाथ से काँच की ट्यूब को कस कर पकड़कर और दूसरे हाथ से भार (*W*) को सहारा देते हुए रेत के पैकेट को क्षैतिज वृत्त में घुमाइए। जब गति की चाल पर्याप्त तीव्र हो जाती है तो भार (*W*) आपके हाथ के सहारे के बगैर स्वतंत्रतापूर्वक लटक सकता है। घूर्णन की चाल को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि भार (*W*) की स्थिति न बदले। इस स्थिति में भार (*W*) पैकेट या डाट को वर्तुल पथ के अनुदिश गति करने के लिए आवश्यक अभिकेंद्र बल प्रदान करता है (चित्र D 3.2)। यदि गति की चाल को और अधिक बढ़ाया जाए तो भार (*W*) ऊपर की ओर उठने लगता है जबकि गति की चाल कम होने पर यह नीचे जाने लगता है। क्यों?



चित्र D 3.1 *काँच की ट्यूब से गुज़रने वाले धागे के नीचे बाँधा गया भार उसके दूसरे सिरे पर बांधे गए रेत के पैकेट से बहुत अधिक भारी है।*

© NCERT not to be republished

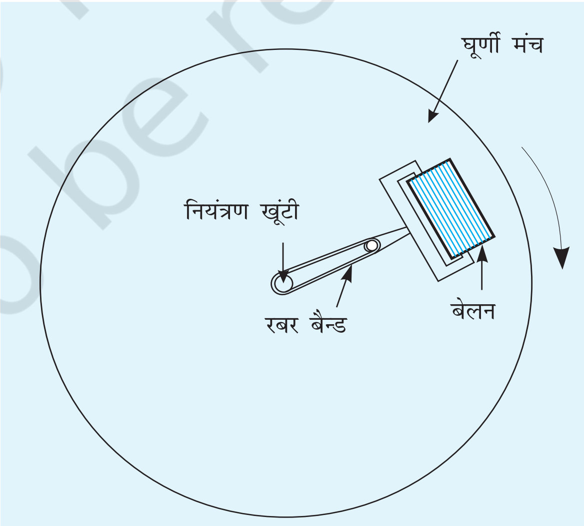


चित्र D 3.2 *रेत के पैकेट को उपयुक्त चाल से घुमाने पर मेज से भार ऊपर उठ जाता है। इसका भार आवश्यक अभिकेंद्र बल प्रदान करने के लिए पर्याप्त है।*

इस निदर्शन में सुरक्षात्मक सावधानी के लिए क्षैतिज वृत्त में घूर्णन करने वाला पैकेट रेत या सीसे के महीन छर्रों या रबर की डाट आदि का होना चाहिए जिससे कि यदि धागा टूटे तो यह किसी को नुकसान न पहुँचाए। साथ ही, काँच की ट्यूब पर टेप की दो परतें लपेट देनी चाहिए जिससे कि टूटने पर यह प्रयोग को निदर्शित करने वाले व्यक्ति को चोट न पहुँचाए।

(b) *बेलन (रोलर) तथा घूर्णी मंच का उपयोग करके*

यदि घूर्णी मंच (जैसा कि आपने सम्भवत: ग्रामोफ़ोन में देखा होगा) या कुम्हार का चाक उपलब्ध हो तो इसे भी अभिकेंद्र बल को निदर्शित करने के लिए उपयोग किया जा सकता है। घूर्णी मंच पर एक छोटा बेलन रखा जाता है तथा इसके चौखटे (फ्रेम) को रबर के एक छल्ले की सहायता से नियंत्रण खूंटी से जोड़ दिया जाता है (चित्र D 3.3)। बेलन केंद्र की ओर या इससे दूर त्रिज्यीय पथ पर लुढ़कने के लिए स्वतंत्र है। घूर्णी मंच की डिस्क को पहले 16 घूर्णन प्रति मिनट की न्यूनतम चाल से गति में लाया जाता है। रबर के छल्ले का खिंचाव यह दर्शाता है कि बेलन पर त्रिज्या के अनुदिश बाहर की ओर एक बल लग रहा है। घूर्णी मंच की 33 घूर्णन प्रति मिनट या 45 या 78 घूर्णन प्रति मिनट जैसी उच्च चाल पर रबर के छल्ले के खिंचाव को और अधिक स्पष्टत: देखा जा सकता है जो यह दर्शाता है कि अधिक और अधिक अभिकेंद्र बल कार्य कर रहा है। नोट कीजिए जैसे-जैसे कोणीय चाल बढ़ती है रबर के छल्ले की दैर्ध्यवृद्धि के कारण बेलन की वर्तुल गति की त्रिज्या भी बढ़ती जाती है।



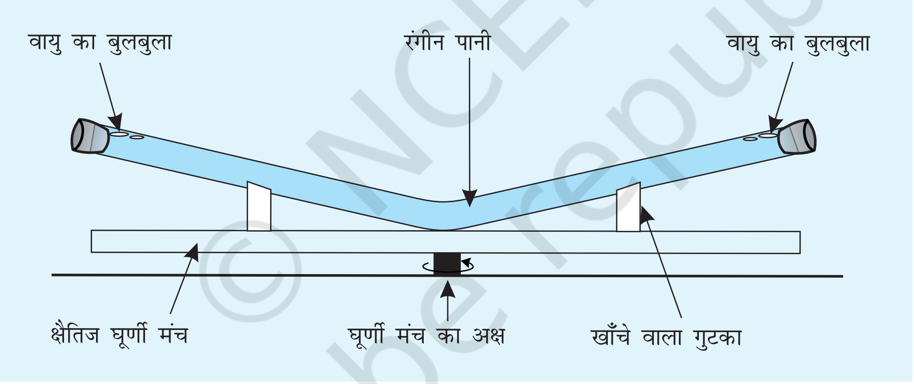
चित्र D 3.3 *रबर के छल्ले की दैर्ध्यवृद्धि यह दर्शाती है कि बेलन पर अभिकेंद्र बल लगा रहा है।*

© NCERT not to be republished

निदर्शन 4

अपकेंद्रित्र के सिद्धांत का निदर्शन करना

एक काँच की ट्यूब (लगभग 10 से 15 mm व्यास) को इसके बीच से, मान लीजिए 160° के कोण पर, थोड़ा-सा मोड़िए। इसको रंगीन जल से इस प्रकार भरिए कि इसमें हवा का एक बुलबुला रह जाए और तब इसके दोनों सिरों को रबर की डाट से बंद कीजिए। अब घूर्णी मंच को क्षैतिज रखते हुए इसकी दोनों भुजाओं को क्षैतिज से लगभग 10° के झुकाव पर रखकर आरोपित कीजिए। ध्यान रहे कि घूर्णी मंच को मध्य खूंटी से संलग्न किया जाना चाहिए (चित्र D 4.1)। इस स्थिति में वायु का बुलबुला काँच की ट्यूब की एक भुजा या दोनों भुजाओं के शीर्ष भाग पर रुका रहता है।



चित्र D 4.1 *घूर्णी मंच के बीच की खूंटी से पानी से भरी तथा हवा के बुलबुले सहित संलग्न की हुई एक मुड़ी हुई काँच की ट्यूब।*

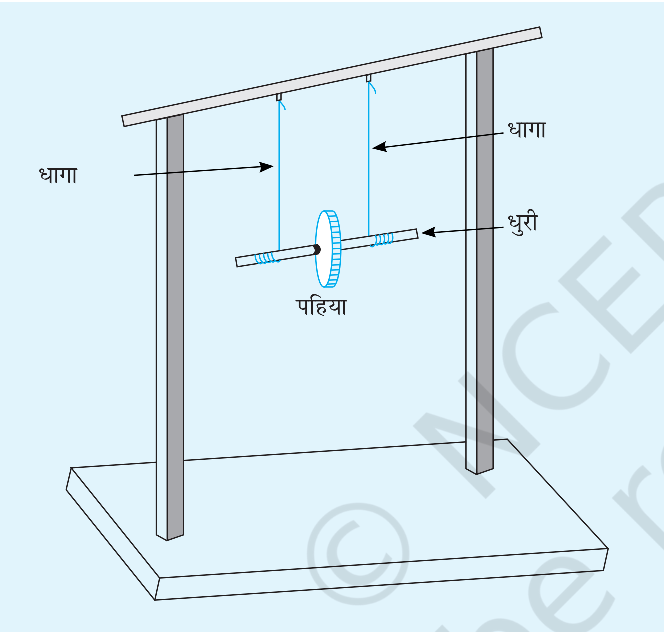
अब घूर्णी मंच को घुमाइए और इसकी चाल को 16 घूर्णन प्रति मिनट, फिर 33 घूर्णन प्रति मिनट, 45 घूर्णन प्रति मिनट और 78 घूर्णन प्रति मिनट तक बढ़ाइए। जब घूर्णन की चाल बढ़ती है तो विद्यार्थियों का ध्यान आकर्षित करें कि वायु का बुलबुला केंद्र की ओर, ट्यूब के सबसे निचले भाग की ओर, गति करता है।

घूर्णन करता घूर्णी मंच एक त्वरित निर्देश फ्रेम है। इसके प्रत्येक बिंदु पर त्वरण केंद्र की ओर निदेशित है। इस प्रकार इस निर्देश फ्रेम में विराम अवस्था में कोई भी पिंड एक बहिर्मुखी बल का अनुभव करता है। ट्यूब में जल का प्रत्येक अणु इस बल का वैसे ही अनुभव करता है जैसे गुरूत्वाकर्षण का बल। इस बल के प्रभाव में अधिक सघन पदार्थ बहिर्मुखी तथा कम सघन पदार्थ अंतर्मुखी दिशा में गति करता है।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 5

गतिज तथा स्थितिज ऊर्जा के अंतरा-रूपांतरण को निदर्शित करना



चित्र D 5.1 मैक्सवेल का पहिया

गतिज तथा स्थितिज ऊर्जाओं के अंतरा-रूपांतरण को मैक्सवेल के पहिए से निदर्शित किया जा सकता है (चित्र D 5.1)। इसमें एक पहिया होता है जो अपने केंद्र से गुज़रने वाली एक लंबी धुरी से दृढ़तापूर्वक जड़ा होता है। यह दो बराबर लंबाई के धागों से लटकाया जाता है जो पहिए के दोनों ओर धुरी से बंधे होते हैं। पहिए की निम्नतम स्थिति में दोनों धागों के निचले सिरों के बीच पृथक्करण उनके बीच निलंबन आधार अर्थात् ऊपरी सिरे पर से थोड़ा-सा अधिक होता है।

इसको क्रियाशील बनाने के लिए पहिए को घुमाकर ऊपर की ओर ले जाते हैं जिससे कि दोनों धागे धुरी पर लिपट जाते हैं। जब पहिया ऊपर जाता है तो यह कुछ स्थितिज ऊर्जा अर्जित करता है। छोड़ने पर यह नीचे गिरता है और स्थितिज ऊर्जा पहिए के घूर्णन की गतिज ऊर्जा में रूपांतरित हो जाती है। इसकी निम्नतम स्थिति पर जब दोनों धागों की सारी लंबाई खुल जाती है, पहिए की समस्त ऊर्जा गतिज ऊर्जा होती है जिसके कारण धागे फिर से विपरीत दिशा में लिपटना प्रारंभ कर देते हैं।

इस प्रकार पहिया ऊपर चलना प्रारंभ कर देता है जिससे इसकी गतिज ऊर्जा पुनः स्थितिज ऊर्जा में रूपांतरित होती जाती है तथा यह क्रम बारंबार दोहराया जाता है।

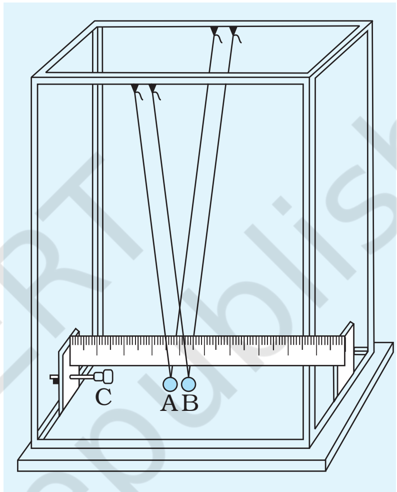
टिप्पणी– यह सुनिश्चित करने के लिए कि पहिए की क्रमागत ऊपर नीचे की गतियों में ऊर्जा का ह्रास कम हो धागे बिलकुल नम्य, अवितान्य तथा एक-दूसरे के सर्वसम होने चाहिए।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 6

संवेग संरक्षण को निदर्शित करना

संवेग संरक्षण के नियम को एक ही लंबाई तथा विभिन्न धातुओं के गोलकों का उपयोग करके दो द्वितंतु लोलकों की सहायता से निदर्शित किया जा सकता है (चित्र D 6.1)। दोनों लोलकों का आवृत्ति काल समान है। प्रारंभ में दोनों के गोलक A तथा B अपनी विराम अवस्था में एक दूसरे को स्पर्श करते हैं। साथ ही A तथा B की विराम अवस्था में उनके निलंबन-तंतु एक दूसरे के समांतर हैं।



चित्र D 6.1 द्वितंतु लोलक

गोलक A को लकड़ी की एक पट्टी से विस्थापित किया जाता है ताकि वह संदर्भ खूँटी C से स्पर्श करने लगे और इस प्रकार इसे 'a' विस्थापन दिया जाता है जिसे स्केल की सहायता से नोट किया जाता है। अब पट्टी को तेजी से हटा लेते हैं जिससे कि गोलक A सहज रूप से विराम अवस्था की ओर गति करता है तथा गोलक B से संघट्ट करता है। संघट्ट के पश्चात् गोलकों A तथा B के अधिकतम विस्थापन क्रमशः a' तथा b' साथ-साथ नोट किए जाते हैं। B के दाईं ओर स्केल पर एक आरोही (राइडर) रख दिया जाता है जिसे गोलक B द्वारा विस्थापन b' करते समय धकेल दिया जाता है। तब A के विस्थापन को सीधे स्केल द्वारा तथा B के विस्थापन को आरोही की विस्थापित स्थिति से पढ़ने में आसानी हो जाती है।

गोलकों के द्रव्यमान m_A तथा m_B मापे जाते हैं। संघट्ट से ठीक पहले तथा संघट्ट के ठीक बाद गोलकों के वेग उनके विस्थापनों के अनुक्रमानुपाती हैं, क्योंकि दोनों लोलकों का आवर्तकाल, T, समान है तथा किसी सरल लोलक का उसकी विराम स्थिति में वेग आयाम $\times \frac{2\pi}{T}$ के बराबर है। इसलिए, संघट्ट से पहले तथा संघट्ट के बाद दोनों गोलकों के कुल संवेग की समता का अर्थ है

$$m_A a = m_A a' + m_B b'$$

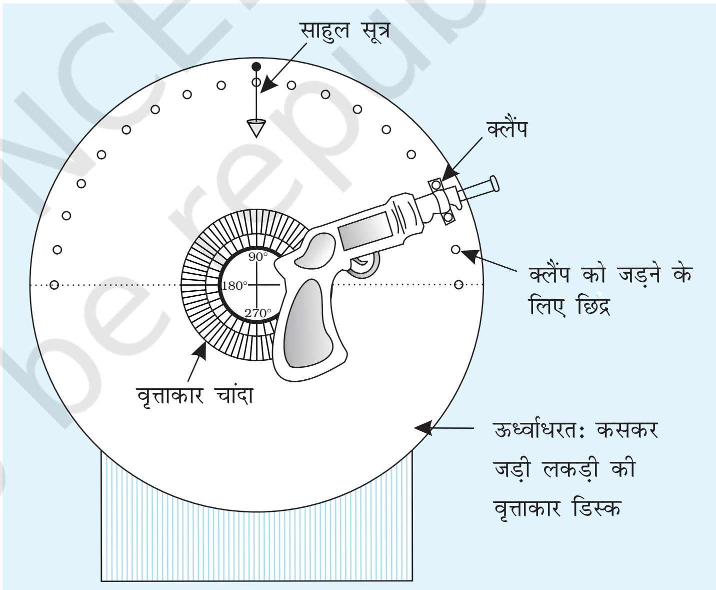
a, a' तथा b' को मापने के पश्चात् उपरोक्त समानता की जाँच की जा सकती है (a' तथा b' संघट्ट के बाद के विस्थापन हैं।)।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 7

किसी प्रक्षेप्य के परास पर प्रमोचन कोण के प्रभाव को निदर्शित करना

प्रमोचन कोण के साथ किसी प्रक्षेप्य के परास में परिवर्तन को प्राक्षेपिक पिस्तौल अथवा खिलौना-बंदूक का उपयोग करके निदर्शित किया जा सकता है। इसके लिए प्राक्षेपिक पिस्तौल को उचित रूप से आरोपित करना आवश्यक है जिससे कि प्रमोचन कोण को सुगमता से बदला जा सके। बंदूक को आरोपित करते समय यह अवश्य जाँच लेना चाहिए कि बंदूक का अक्ष डिग्री में अशांकित वृत्त के केंद्र से गुज़रे (चित्र D 7.1)। यदि ऐसी खिलौना बंदूक का उपयोग किया जाए, जिसका अधिकतम परास कमरे की लंबाई से अधिक हो तो इस निदर्शन को विद्यालय के खेल के मैदान जैसे खुले स्थान में किया जा सकता है।



चित्र D 7.1 *किसी खिलौना बंदूक से प्रक्षेप्य के परास का अध्ययन करने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था*

बंदूक को 0° तथा 90° के बीच विभिन्न कोणों पर दाग कर, संगत परासों को सावधानीपूर्वक मापा जाता है। प्रमोचन कोण तथा परास के बीच आलेख (ग्राफ़) खींचा जा सकता है।

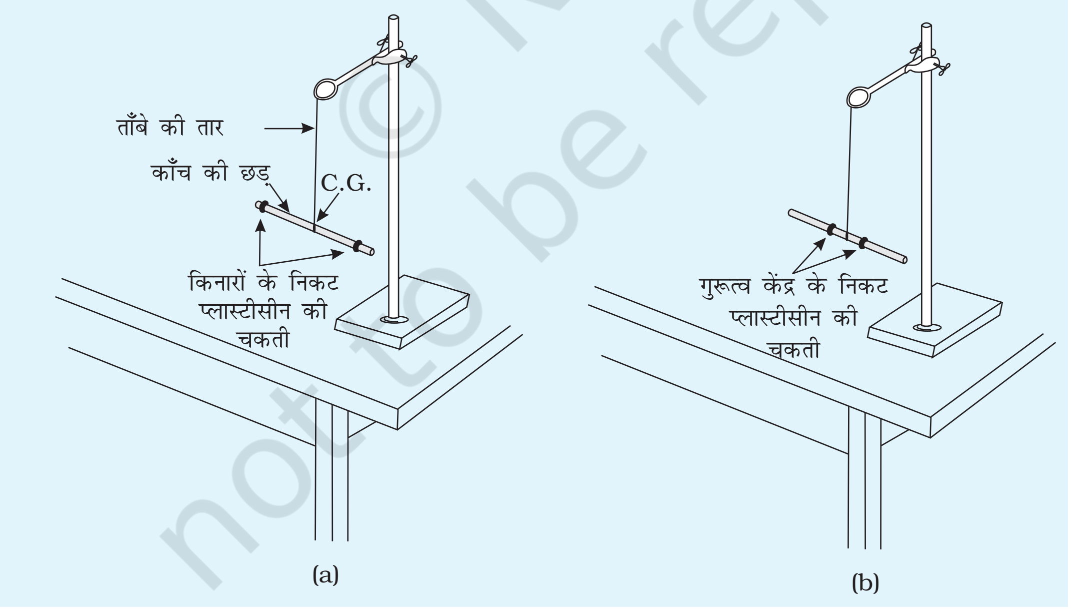
एकांतरत: विभिन्न कोणों पर प्रक्षेपित पानी की धार (जेट) के परास का भी अध्ययन किया जा सकता है। यहाँ यह सुनिश्चित करना आवश्यक है कि पानी समान दाब से ही प्रक्षिप्त हो।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 8

निदर्शित करना कि किसी छड़ का जड़त्व आघूर्ण उस छड़ से जुड़े समान द्रव्यमान के युगल की स्थिति परिवर्तन के साथ परिवर्तित होता है

काँच की एक छड़ लीजिए और एक पतले तथा हल्के तार की सहायता से इसे इसके गुरूत्वकेंद्र से क्षैतिजत: लटकाइए। प्लास्टीसीन के समान द्रव्यमान के दो टुकड़े लीजिए और दोनों से एकसमान मोटाई तथा समान साइज़ की दो चकती (डिस्क) बनाइए। अब उन्हें काँच की छड़ के दो किनारों के समीप इस प्रकार जोड़िए (छल्ले की तरह) कि छड़ फिर से क्षैतिज रहे [चित्र D 8.1(a)]। सुनिश्चित कीजिए कि प्लास्टीसीन की चकतियाँ छड़ के अनुदिश आसानी से गति कर सकें। छड़ को थोड़ा-सा कोणीय विस्थापन दीजिए तथा 10 दोलनों के लिए समय नोट कीजिए। एक दोलन का आवर्तकाल ज्ञात कीजिए। अब प्लास्टीसीन की चकतियों को छड़ के केंद्र की ओर समान दूरी तक इस प्रकार लाइए कि छड़ क्षैतिज रहे [चित्र D 8.1(b)]। प्लास्टीसीन की चकतियों के स्थान पर आप समान द्रव्यमान के बोल्ट (नट-बोल्ट) लेकर भी निदर्शन कर सकते हैं बशर्ते उन्हें काँच की छड़ पर किसी भी स्थान



चित्र D 8.1 *यह दर्शाने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था कि यदि कुल द्रव्यमान नियत रहे तो जड़त्व आघूर्ण द्रव्यमान के वितरण पर निर्भर करता है। (a) चलायमान द्रव्यमान दूर-दूर हैं, (b) द्रव्यमान छड़ के गुरूत्व केंद्र के समीप हैं।*

© NCERT not to be republished

पर दृढ़तापूर्वक जड़ा जा सके और छड़ को गतिशील करने पर वह अपनी स्थिति पर बने रहें। छड़ को फिर से थोड़ा-सा विस्थापित कीजिए और पुनः 10 दोलनों के लिए समय नोट कीजिए। पुनः एक दोलन का आवर्तकाल समान है या भिन्न है? यदि आप पाते हैं कि दोनों स्थितियों में आवर्तकाल अलग-अलग है, तो यह दर्शाता है कि चाहे कुल द्रव्यमान नियत रहे लेकिन वस्तु में द्रव्यमान के वितरण को बदल देने से जड़त्व आघूर्ण बदल जाता है।

इस निदर्शन की सफलता के लिए एक महत्वपूर्ण सावधानी है कि धातु के तार को काँच की छड़ के जिस बिंदु से जोड़ा गया है (जिस बिंदु के इर्द-गिर्द काँच की छड़ घूर्णी दोलन करती है) वह अचल रहना चाहिए। धातु के तार को इस प्रकार बाँधना चाहिए कि इससे छड़ क्षैतिजतः लटके। यह सुनिश्चित करता है कि घूर्णन अक्ष गुरूत्व केंद्र से होकर गुज़र रही है। तार को काँच की छड़ से दृढ़ता से बांधने के लिए किसी अच्छी गोंद (ससंजक पदार्थ) का उपयोग किया जा सकता है। प्लास्टीसीन की चकतियों की स्थिति को इस प्रकार समायोजित करना चाहिए कि काँच की छड़ क्षैतिजतः लटके।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 9

काँच की दो शीटों के बीच वेजरूपी (फ़न्नी के आकार का) रिक्ति में कोशिकीय उन्नयन की आकृति को निदर्शित करना

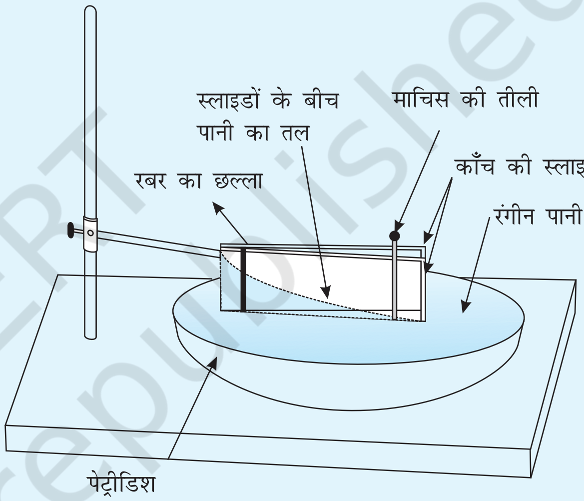
इस निदर्शन के लिए आपको आवश्यकता होगी, समतल काँच के दो स्लाइड, रबर का एक मोटा छल्ला, माचिस की तीली, पेट्रीडिश, पोटेशियम परमैंगनेट के कुछ कण तथा काँच पर लिखने वाला फ़ेल्ट टिप पैन।

काँच की स्लाइड तथा पेट्री डिश को अच्छी प्रकार साबुन तथा पानी से साफ़ करें और फिर उनका आसुत जल से प्रक्षालन करें। सुनिश्चित करें कि उन पर साबुन की कोई झिल्ली बाकी न रहे। पेट्री डिश को पोटेशियम परमेंगनेट से रंगीन किए गए आसुत जल से लगभग आधा भरें। स्लाइडों को एक-दूसरे के ऊपर रखकर उनके एक सिरे को रबर के छल्ले से अच्छी प्रकार बांधें तथा उनके दूसरे सिरे पर दोनों स्लाइडों के बीच माचिस की एक तीली रखें (चित्र D 9.1)। इस प्रबंध को पेट्री डिश में रखे रंगीन पानी में इस प्रकार डुबोएँ कि परस्पर जुड़ी दो स्लाइडों के लंबवत् कोर पानी के संपर्क में हों। क्या दोनों स्लाइडों के बीच की रिक्ति में रंगीन पानी चढ़ता है? रबर के छल्ले से बंधे हुए सिरों की ओर माचिस की तीली के सिरे की तुलना में अधिक ऊँचाई तक पानी ऊपर चढ़ता है क्योंकि काँच के स्लाइडों के बीच रिक्ति बंधे हुए सिरे से माचिस की तीली के सिरे की ओर रैखिकत: बढ़ती है।

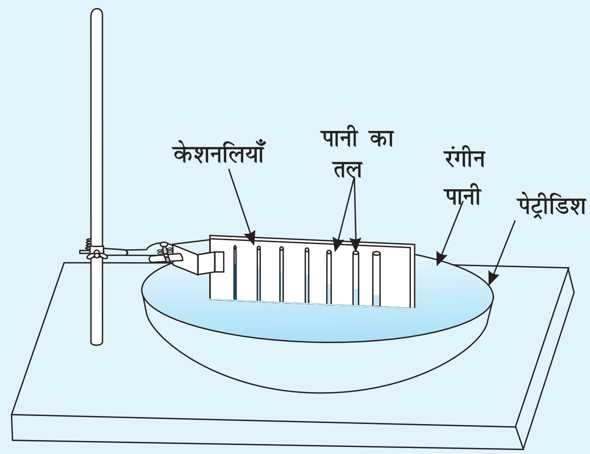
टिप्पणी–

1. इस प्रभाव को विभिन्न व्यासों की अनेक केशनलियों को बढ़ते हुए व्यास के क्रम में पास-पास लगा कर निदर्शित किया जा सकता है जैसा कि चित्र D 9.2 में दर्शाया गया है।

2. विद्यार्थी इस प्रयोग को क्रियाकलाप या परियोजना कार्य की भाँति ले सकते हैं।



चित्र D 9.1 *काँच के स्लाइडों के वेजरूपी अंतराल में पानी का केशकीय उन्नयन रबर के छल्ले के सिरे की ओर अधिक है*



चित्र D 9.2 *विभिन्न व्यास की केशनलियों में पानी का उन्नयन*

© NCERT not to be republished

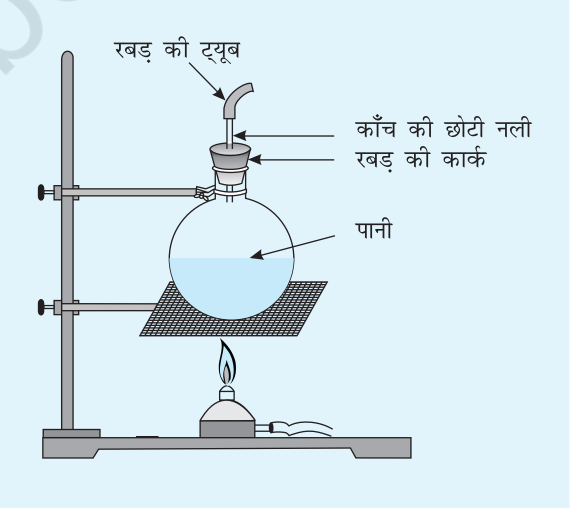
निदर्शन 10

भाप से आंशिक निर्वात उत्पन्न करके वायुमंडलीय दाब के प्रभाव को निदर्शित करना

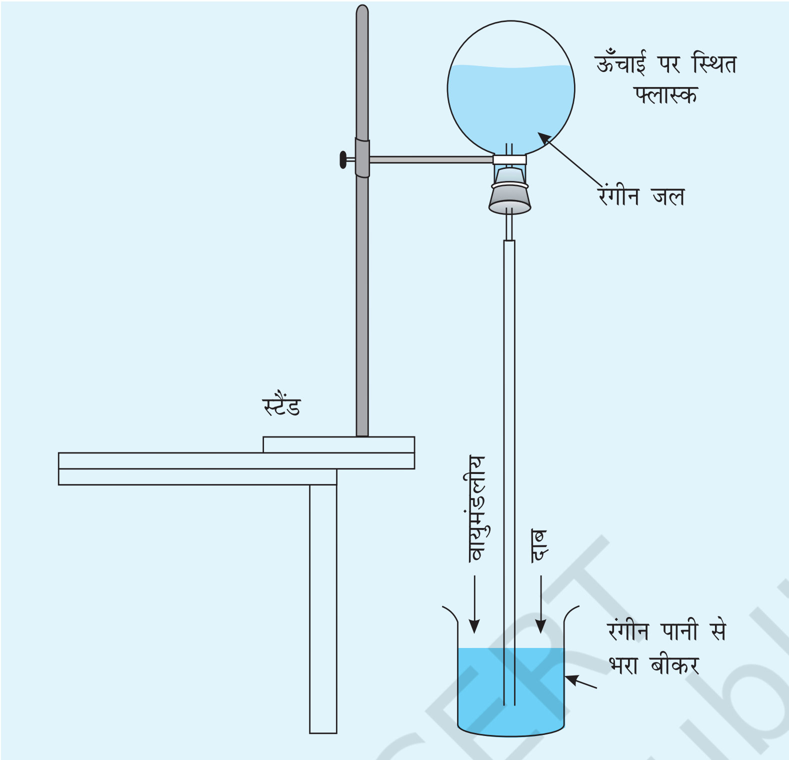
इस निदर्शन को करने के लिए आपको आवश्यकता होगी, गोल पेंदे का एक फ्लास्क, काँच की नली (ट्यूब), कॉर्क, कॉर्क वेधक, एक लंबी दाब सह नली जो काँच की नली में ठीक-ठीक फिट हो जाए, पिंच कॉक, बर्नर, त्रिपाद-स्टैंड, क्लैंप सहित प्रयोगशाला स्टैंड तथा पानी का एक बड़ा बर्तन।

गोल पेंदे के फ्लास्क में कुछ पानी लीजिए। इसके मुँह को रबर की एक कॉर्क से कस कर बंद करें जिसमें काँच की एक छोटी नली लगी हुई हो। काँच की नली के खुले सिरे में लगभग 1.5 m मीटर लंबी दाब सह नली लगाइए। चित्र D 10.1(a) में दर्शाए अनुसार पानी को गरम करें। फ़्लास्क में उत्पन्न हुई भाप फ्लास्क काँच की नली तथा रबर की नली से वायु को बाहर निकाल देती है। कुछ समय के पश्चात् गरम करना बंद करें और रबर की नली के मुँह को तुरंत पिंच कॉक से कस कर बंद कर दें।

फ़्लास्क को उल्टा करें और इसे मेज पर रखे एक लंबे स्टैंड जितना ऊँचा हो सके, क्लैंप कर दें [चित्र D 10.1(b)]। रबर की नली के स्वतंत्र सिरे को मेज पर रखे बड़े बर्तन में भरे रंगीन पानी में डुबोएँ और पिंच कॉक को खोल दें। जैसे ही फ़्लास्क ठंडा होता है, बर्तन में से पानी



चित्र D 10.1 (a) *भाप फ़्लास्क से वायु को बाहर निकाल देती है*



चित्र D 10.1 (b) *जब फ़्लास्क में भाप द्रवित होती है तो वायुमंडलीय दाब रंगीन पानी को फ़्लास्क में ऊपर धकेल देता है।*

काँच की नली से होता हुआ तेजी से फ़्लास्क में पहुँचता है। स्वाभाविक रूप से विद्यार्थी पानी के इस ऊँचाई तक चढ़ने का कारण जानने के लिए उत्सुक होंगे। इसकी व्याख्या बर्तन में पानी की सतह पर वायु दाब तथा फ़्लास्क के अंदर वायु के दाब में अंतर के पदों में की जा सकती है।

टिप्पणी

इस प्रयोग को और अधिक प्रभावशाली बनाने के लिए किसी विद्यार्थी को मेज पर चढ़ाकर या मेज पर एक स्टूल रखकर स्टैंड को 2 m या उससे अधिक ऊँचा उठाया जा सकता है। इस स्थिति में दाब सह नली को और अधिक लंबा लेना होगा।

© NCERT not to be republished

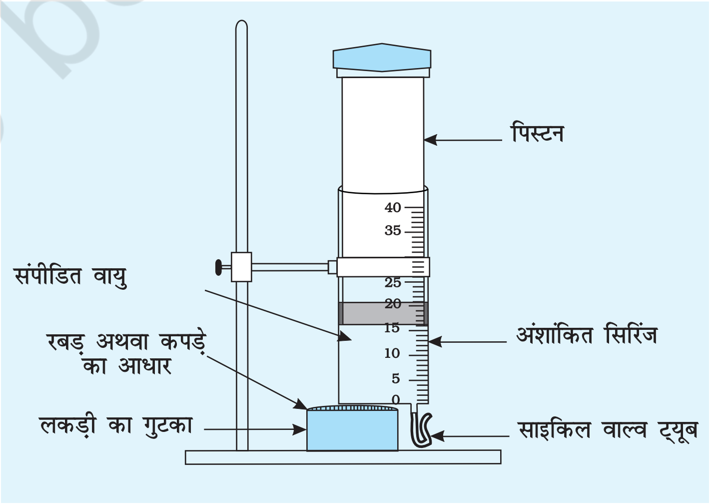
निदर्शन 11

डॉक्टर की सिरिंज की सहायता से नियत ताप पर दाब के साथ किसी गैस के आयतन में परिवर्तन का अध्ययन करना

इस निदर्शन को करने के लिए आपको आवश्यकता होगी– बड़े साइज़ की डॉक्टरी सिरिंज (50 mL या अधिक) (प्रयोज्य प्रकार की), प्रयोगशाला स्टैंड, ग्रीज़ या कोई गाढ़ा स्नेहक तेल, एक दूसरे के ऊपर ठीक बैठ जाने वाले 200 ग्राम से 1 किलोग्राम तक के भार, साइकिल का वाल्व-ट्यूब, रबर का छल्ला और लकड़ी का गुटका।

सिरिंज में ग्रीज़ या किसी गाढ़े स्नेहक तेल की एक बूंद लगाकर पिस्टन को वायुरोधी बनाइए। सिरिंज में पिस्टन को बाहर खींचिए जिससे कि इसके द्वारा परिबद्ध वायु का आयतन इसकी पूरी धारिता के बराबर हो। अब सिरिंज की निकास नली में साइकिल वाल्व-ट्यूब लगाकर और उसे मोड़कर निकास नली को बंद कीजिए। सिरिंज को प्रयोगशाला स्टैंड में ऊर्ध्वाधरतः इस प्रकार लगाइए कि इसका आधार लकड़ी के एक गुटके पर टिका रहे (चित्र D 11.1)।

सिरिंज के अंदर की वायु को संपीडित करने के लिए पिस्टन को नीचे की ओर दबाइए। पिस्टन को छोड़िए और प्रेक्षण कीजिए कि क्या अंदर की वायु पिस्टन को ऊपर धकेलते हुए अपने प्रारंभिक आयतन को पुनः प्राप्त कर लेती है। क्योंकि पिस्टन तथा सिरिंज के अंदर की दीवार दोनों ही प्लास्टिक की हैं, इसलिए इनके बीच घर्षण बहुत अधिक होता है, इस कारण अंदर



चित्र D 11.1 सिरिंज के पिस्टन पर उसके अक्ष के अनुदिश बल लगाने के लिए कोई भार रखा गया है

© NCERT not to be republished

की वायु पिस्टन को उसकी प्रारंभिक स्थिति तक नहीं धकेल पाती। जब पिस्टन विराम अवस्था में आता है तो वायुमंडलीय दाब का प्रणोद तथा सीमांत घर्षण, इस पर नीचे की ओर कार्य कर रहे होते हैं। पिस्टन की इस स्थिति में परिबद्ध वायु के आयतन को नोट कीजिए।

अब, पिस्टन को थोड़ा ऊपर खींच कर छोड़िए। अब भी यह अपनी प्रारंभिक स्थिति पर ठीक-ठीक नहीं पहुँच पाता। इस बार इस पर नीचे की ओर वायुमंडलीय दाब का प्रणोद तथा सीमांत घर्षण का अंतर कार्य करता है (वायुमंडलीय दाब का प्रणोद-सीमांत घर्षण)। वायु के इस आयतन को भी नोट कीजिए और जाँच कीजिए कि इस प्रकार मापे गए इन दोनों आयतनों का औसत वायुमंडलीय दाब पर वायु के प्रारम्भिक आयतन के बराबर है।

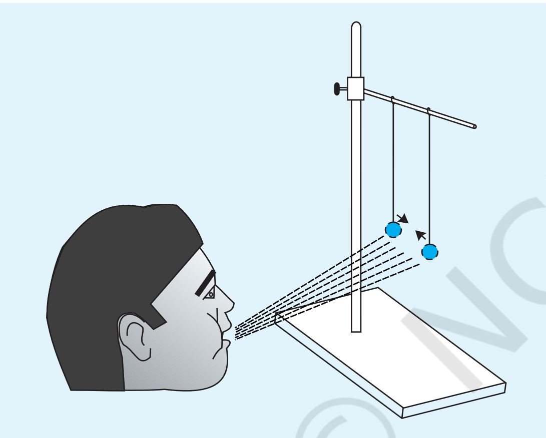
अब पिस्टन के हैन्डिल पर 1 kg के भार को संतुलित कीजिए। परिबद्ध वायु के दो आयतनों को नोट कीजिए, (i) पिस्टन धीरे-धीरे ऊपर आकर विराम अवस्था में आता हुआ तथा (ii) पिस्टन धीरे-धीरे नीचे जाता हुआ और विराम अवस्था में आता हुआ। इन दोनों का औसत निकालिए। इस प्रकार पिस्टन पर संतुलित किए गए कम-से-कम दो भिन्न-भिन्न भारों, माना 1 kg तथा 1.8 kg, के लिए वायु का आयतन V नोट कीजिए। अंत में यह सुनिश्चित करने के लिए कि प्रयोग करते समय वायु लीक नहीं हुई है, जाँच कीजिए कि बगैर भार रखे वायु का आयतन वहीं है जो प्रयोग के प्रारंभ में था। यदि ग्राफ़ पेपर उपलब्ध है तो तीन प्रेक्षणों $W = 0$ kg, 1 kg तथा 1.8 kg के लिए $1/V$ तथा भार W के बीच ग्राफ़ खींचिए। एकांतरत: इसे विद्यार्थियों को गृह कार्य के रूप में दिया जा सकता है।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 12

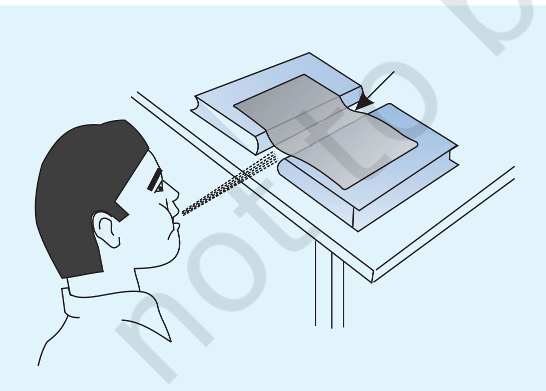
सरल उदाहरणों द्वारा बर्नूली के सिद्धांत को निदर्शित करना

(a) प्रयोगशाला स्टैंड में कसी हुई किसी क्षैतिज छड़ से दो सरल लोलक लटकाइए (चित्र D 12.1)। उनके गोलक समान ऊँचाई पर तथा एक-दूसरे के समीप होने चाहिए लेकिन एक दूसरे को स्पर्श करते हुए न हों। विद्यार्थियों से पूछें कि यदि गोलकों के बीच रिक्त स्थान में तीव्र प्रवाह से हवा फूँके तो क्या होगा? कोई व्यक्ति/विद्यार्थी जो बर्नूली सिद्धांत के संदर्भ में नहीं सोच रहा है वह यही निष्कर्ष निकालेगा कि रिक्त स्थान में फूँकी गई वायु गोलकों को एक दूसरे से दूर धकेल देगी। अब एक दूसरे के पास लटकाए गोलकों के बीच रिक्त स्थान में वायु फूँके और उनसे कहें कि देखें क्या होता है। उनके बीच गुज़रने वाली वायु की चाल, कम स्थान उपलब्ध होने के कारण बढ़ जाती है और इसीलिए वहाँ पर दाब कम हो जाता है। अतः, गोलकों के बाहरी फलकों पर वायु दाब उन्हें एक दूसरे के समीप धकेल देता है। यही कारण है हम देखते हैं गोलक वास्तव में एक दूसरे के समीप आ जाते हैं।



चित्र D 12.1

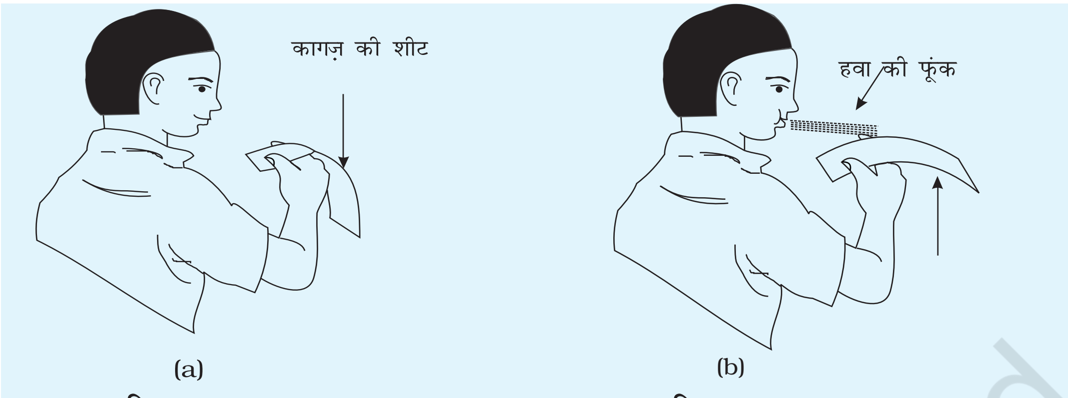
(b) दो किताबों को आधार बनाकर कागज़ की एक शीट को किसी पुल की भांति रखिए। किताबें थोड़ा-सा अभिसारी रखें (चित्र D 12.2) अर्थात् उनका पृथक्करण आपकी ओर थोड़ा अधिक हो। अब आप इस पुल के नीचे से फूँकिए, कागज़ का पुल नीचे की ओर झुक जाता है।



चित्र D 12.2

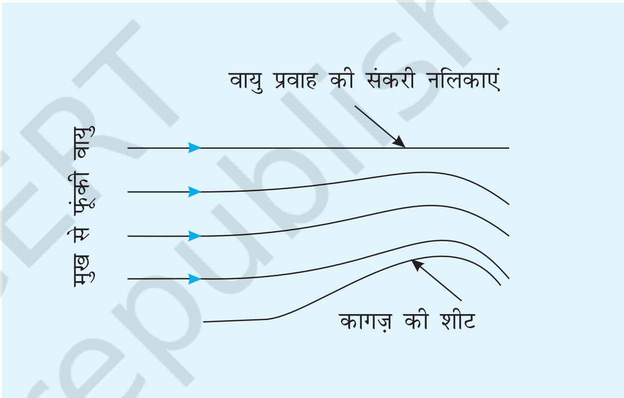
(c) कागज़ की एक शीट के छोटे फलक को क्षैतिजतः पकड़िए, जिससे कि अपने भार के कारण यह लंबाई के अनुदिश नीचे की ओर मुड़ जाए [चित्र D 12.3(a)]। यदि आप कागज़ के क्षैतिज भाग को अपनी अंगुलियों से धीरे-से नीचे की ओर दबाएं तो कागज़ और अधिक नीचे की ओर मुड़ जाता है। अब हाथ से छूने के बजाय कागज़ की शीट के क्षैतिज फलक को अपने मुख के निकट रखें। क्षैतिज भाग के अनुदिश पेपर पर फूँकिए। क्या लटकी हुई कागज़ की शीट नीचे की ओर जाती है या ऊपर उठती है [चित्र D 12.3(b)]? पवन के आगे

© NCERT not to be republished



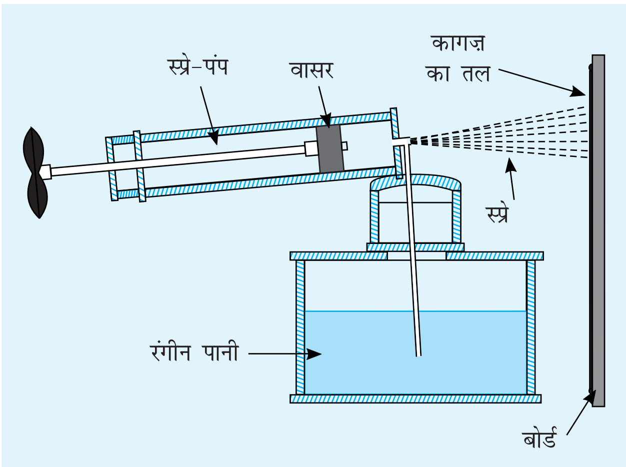
चित्र D 12.3 (a) चित्र D 12.3 (b)

बढ़ने पर कागज़ की मुड़ी हुई आकृति उसके ऊपर से प्रवाहित होने वाली पवन की प्रवाह नलिकाओं को [चित्र D 12.3(c)] और संकीर्ण बनाती है। इसके कारण वायु की चाल बढ़ जाती है तथा कागज़ के ऊपरी हिस्से में दाब घटता है।



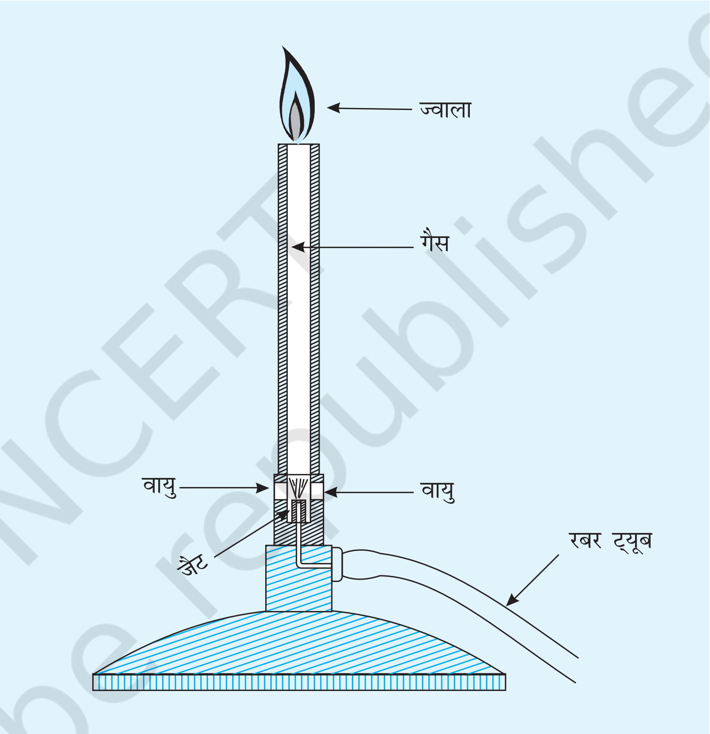
चित्र D 12.3 (c)

(d) किसी कीटनाशी/पीड़कनाशी स्प्रे पंप में रंगीन पानी भरिए। पानी को सफ़ेद कागज़ की शीट पर स्प्रे कीजिए। रंगीन बूंदे कागज़ पर फ़ैल जाती हैं। यह सुस्पष्ट है कि टैंक से पानी इससे जुड़ी हुई नली में ऊपर उठता है और फिर बारीक सूक्ष्म बूंदों के रूप में आगे की ओर फेंक दिया जाता है। लेकिन पानी को नली में ऊपर कौन-सा बल उठाता है? जब पंप बारीक छिद्र से वायु को बाहर फेंकता है तो नली के खुले सिरे के ठीक ऊपर के क्षेत्र में वायु की चाल अधिक हो जाती है (चित्र D 12.4)। इस प्रकार इस क्षेत्र में आस-पास की स्थिर वायु (जहाँ पर दाब, वायुमंडलीय दाब के बराबर है) की अपेक्षा वायु का दाब कम हो जाता है। ठीक इसी क्षेत्र में, पंप में छिद्र के ठीक नीचे, उस बारीक नली का ऊपरी खुला सिरा है जिससे पानी, नली के बाहर पानी के पृष्ठ पर कार्य करने वाले वायुमंडलीय दाब के कारण ऊपर चढ़ता है।



चित्र D 12.4

(e) चित्र D 12.5 बुन्सन बर्नर की संरचना को दर्शाता है। ऊर्ध्वाधर नली के केंद्र में स्थित जेट J से ईंधन बाहर आती है। गैस की उच्च चाल के कारण इसका दाब कम हो जाता है। इसलिए ऊर्ध्वाधर ईंधन नली के पार्श्व में चौड़े छिद्र से वायु तेज़ी से अन्दर आती है, ईंधन तथा गैस से मिश्रित होती है जिससे गैस नीली गर्म लौ के साथ जलती है। यदि ईंधन गैस के साथ वायु इस जगह पर मिश्रित नहीं होती और यह इसके संपर्क में केवल लौ के पास ही आती है, तो लौ की दीप्ति, मोमबत्ती की पीली-नारंगी लौ जैसी होगी। ऐसा गैस के अपूर्ण ज्वलन के कारण होता है ध्यान रहे जब गैस नीली लौ के साथ जलती है उससे तुलनात्मक रूप से अधिक ऊष्मा प्राप्त होती है।



चित्र D 12.5

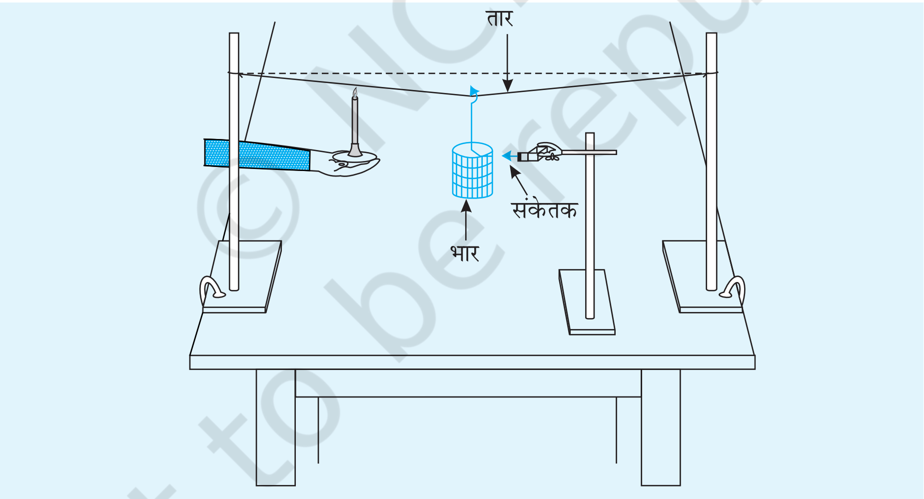
© NCERT not to be republished

निदर्शन 13

गर्म करने पर धातु के तार के प्रसार को निदर्शित करना

G-क्लैंपों द्वारा मेज पर दृढ़ता से जड़े दो प्रयोगशाला स्टैंडों के बीच धातु के तार की दी गई लंबाई को दृढ़ता से तानिए (चित्र D 13.1)। तार के मध्य में एक छोटा भार लटकाइए तथा लोहे के स्टैंडों में कोई बंकन न करते हुए जितना हो सके कस कर तानिए। तथापि, तार को सीधा नहीं रखा जा सकता और इसके बीच में भार लटका होने के कारण कुछ झुकाव अवश्य होगा। भार के ऊपरी किनारे के पीछे की ओर एक संकेतक रखिए जो संदर्भ की भाँति कार्य कर सके।

स्प्रिट लैंप या मोमबत्ती की सहायता से तार को समस्त लंबाई के अनुदिश गरम कीजिए। तार में और झुकाव दिखाई देता है और भार नीचे की ओर आ जाता है। लौ को हटाइए और तार को ठंडा होने दीजिए। जैसे-जैसे तार ठंडा होता जाता है, भार अपनी प्रारंभिक अवस्था में ऊपर आ जाता है



चित्र D 13.1 गरम करने पर तने हुए तार में उसके ऊष्मीय प्रसार के कारण उत्पन्न झुकाव

टिप्पणी

यदि आप चाहें तो तार को विद्युत से भी गरम कर सकते हैं। एक अपचायी ट्रांसफॉर्मर का उपयोग करें जो 2 वोल्ट से 12 वोल्ट तक विभिन्न चरणों में वोल्टताएं दे सकता है। इसका लाभ यह है कि तार के सिरों पर एक निश्चित वोल्टता लगाने पर यह अपनी संपूर्ण लंबाई के अनुदिश एकसमान रूप से गरम होगा तथा इस प्रकार गरम करने से हुआ प्रेक्षित झुकाव दोहराया जा सकता है।

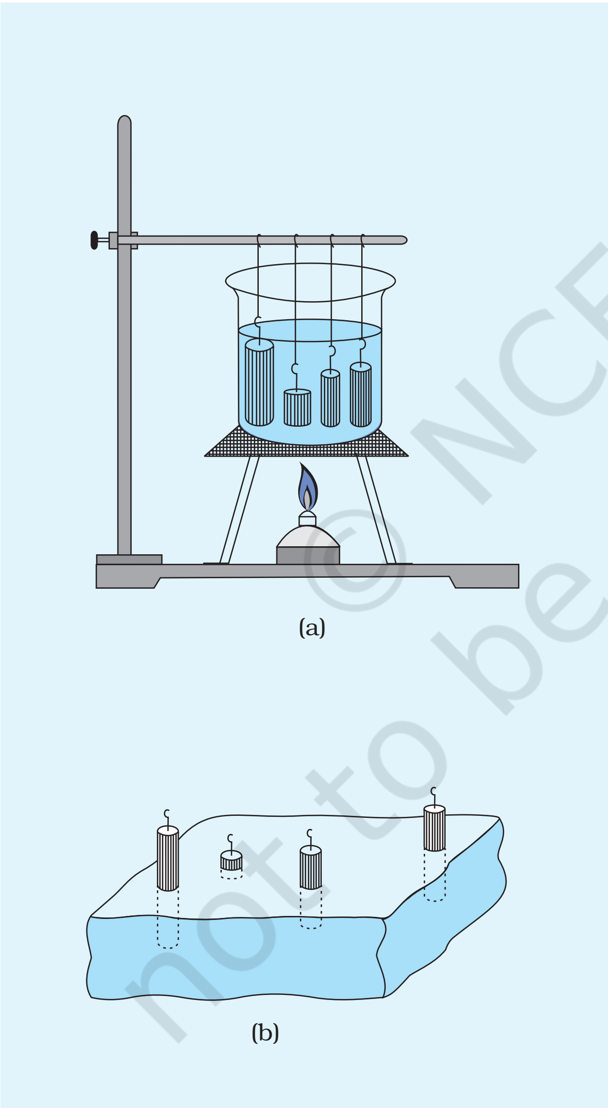
© NCERT not to be republished

निदर्शन 14

यह निदर्शित करना कि ऐलुमिनियम, लोहे, ताँबे तथा सीसे (लेड) के समान द्रव्यमान के पिंडों की ऊष्मा धारिताएं भिन्न-भिन्न होती हैं

इस निदर्शन को करने के लिए आपको आवश्यकता होगी, ऐलुमिनियम, लोहे, ताँबे तथा सीसे के समान द्रव्यमान तथा समान अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल के चार बेलन, पैराफिन मोम का एक आयताकार गुटका, बीकर/धातु का बर्तन, धागा, जल तथा गरम करने की युक्ति।

क्योंकि चार ठोस बेलनों का समान द्रव्यमान तथा समान अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल है इसलिए उनकी लंबाइयाँ उनके घनत्वों के व्युत्क्रमानुपाती हैं। किसी बीकर या धातु के बर्तन में जल लीजिए और इसे उबालिए। चारों बेलनों को धागे से बाँधकर पूरी तरह उबलते जल के अंदर लटकाइए (यदि बीकर का उपयोग किया जा रहा है तो सावधानी बरतें)। कुछ मिनट के पश्चात् सभी पिंड उबलते जल के ताप पर पहुँच जाते हैं [चित्र D 14.1(a)]।



चित्र D 14.1 *विभिन्न धातुओं की ऊष्मा धारिताओं की गुणात्मक तुलना*

बेलनों को एक-एक करके बाहर निकालिए और उन्हें पैराफिन मोम के मोटे गुटके पर एक-दूसरे के निकट रखिए [चित्र D 14.1(b)]। (बेलनों को गरम पानी से निकालने के समय में अंतर कम करने के लिए गरम करने से पूर्व उन्हें एक ही छड़ से बाँधकर लटकाया जा सकता है।) बेलन पैराफिन मोम में भिन्न-भिन्न गहराइयों तक धँसते हैं। धँसने के प्रक्रम में वे उबलते जल के ताप से मोम के गलनांक तक ठंडे होते हैं। यद्यपि सभी बेलनों का द्रव्यमान समान है लेकिन उनके द्वारा दी गई ऊष्मा की मात्रा भिन्न-भिन्न है।

एक वैकल्पिक (तथा करने में अधिक सुविधाजनक) व्यवस्था में लकड़ी का एक बोर्ड लीजिए जिसमें अर्धबेलनाकार खाँचे बने हों। प्रारंभ में प्रत्येक खाँचे की समान लंबाई को मोम से भर दिया जाता है। गर्म बेलनों को मोम के गुटके पर रखने की बजाय खाँचों में भरे इस मोम के ऊपर रखते हैं।

© NCERT not to be republished

टिप्पणी

प्रत्येक बेलन द्वारा दी गई ऊष्मा का एक बड़ा भाग वायुमंडल में विकिरित हो जाता है। इसके अतिरिक्त, उनके पृष्ठ क्षेत्रफल में अंतर के कारण वे भिन्न-भिन्न दरों से ऊष्मा विकिरित करते हैं। इसलिए, इस प्रयोग द्वारा हम इन ठोसों की ऊष्मा धारिताओं की केवल गुणात्मक तुलना ही कर पाते हैं।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 15

विभिन्न कंपमान निकायों के मुक्त दोलनों को निदर्शित करना

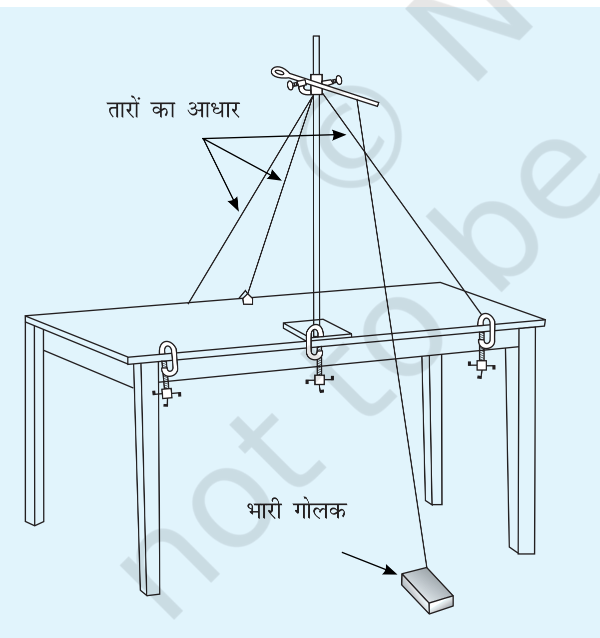
यहाँ कंपमान निकायों के संदर्भ में बहुत से निदर्शन (a) से (j) तक प्रस्तुत किए गए हैं। जितने संभव हो सकें उनसे कंपमान निकायों को निदर्शित कीजिए तथा प्रत्येक स्थिति में निम्न बिंदुओं पर विचार विमर्श कीजिए–

(i) कंपनों के दौरान ऊर्जा परिवर्तन किस प्रकार के होते हैं?

(ii) कंपन की आवृत्ति किस प्रकार बदली जा सकती है?

(iii) क्या निकाय के अवमंदन को कम किया जा सकता है? यदि ऐसा है, तो कैसे?

(iv) कम्पित वस्तु पर लगने वाला बल इसकी माध्य स्थिति से विस्थापन के साथ किस प्रकार परिवर्तित होता है?



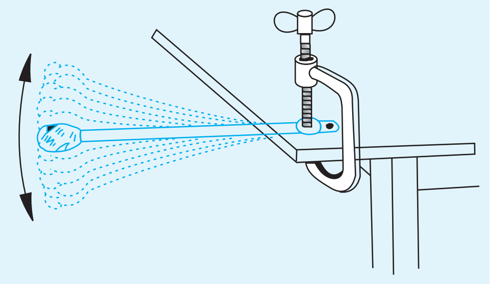
चित्र D 15.1 *एक भारी लोलक के दोलनों का अध्ययन करने के लिए व्यवस्था*

(a) *सरल लोलक*– प्रयोग 6 में वर्णित पदों के अनुसार एक लंबा तथा भारी सरल लोलक बनाइए। लगभग 1.5 m लंबाई के एक मजबूत धागे के एक सिरे पर एक ईंट या 1 kg का भार बाँधा जा सकता है। लोलक को किसी ऐसे स्टैंड से लटकाइए जिसका आधार भारी हो जिससे कि यह लरजकर गिर न पड़े। आधार पर कोई भार जैसे कुछ ईंटें रखकर, इसे भारी बनाया जा सकता है। एकांतरत: स्टैंड को मेज पर एक G-क्लैंप से कसा जा सकता है। मेज पर जड़े तीन G-क्लैंप (चित्र D 15.1) से कस कर स्टैंड की ऊर्ध्वाधर छड़ को और अधिक दृढ़ आधार प्रदान किया जा सकता है। एक दृढ़ स्टैंड लोलक को काफी लंबे समय तक बहुत कम अवमंदन के साथ दोलन करने में सहायक होगा।

(b) *लोहाकाट आरी (हैक सॉ) का कंपमान ब्लेड*– एक लोहाकाट आरी के ब्लेड (या धातु की पतली पत्ती) को इसके चपटे पृष्ठ को क्षैतिज रखते हुए उसे क्लैंप द्वारा मेज के किनारे पर कसिए (चित्र D 15.2)। इसके स्वतंत्र सिरे का लगभग 20 g प्लास्टीसीन या 20 g के भार धागे की सहायता से ब्लेड से बाँधकर, भारण करें। स्वतंत्र सिरे को ऊपर और नीचे कंपित कराएँ। निदर्शन को ब्लेड पर कम

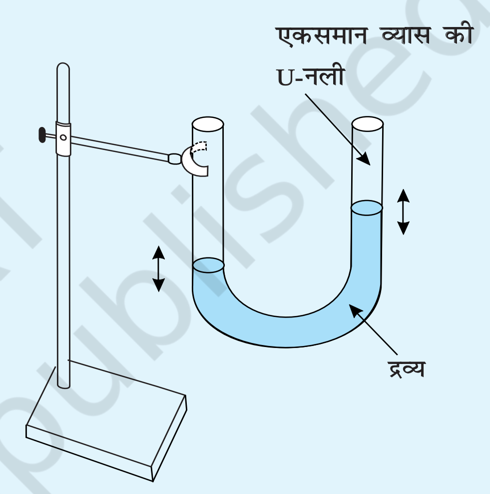
© NCERT not to be republished

भार और फिर बगैर भार के दोहराएँ। विभिन्न भारों के साथ दोलनों की तुलना करें।



चित्र D 15.2 *एक सिरे पर कसा हैक सा ब्लेड ऊपर नीचे कंपन करता हुआ*

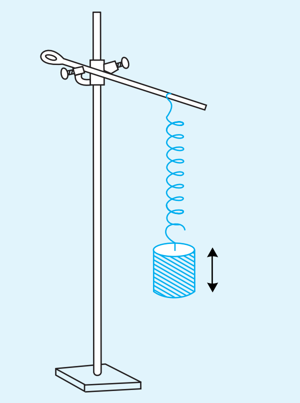
(c) *दोलायमान द्रव स्तंभ*– बड़े व्यास (लगभग 2 cm) की एक U–नली को इसकी भुजाओं को ऊर्ध्वाधर रखकर एक स्टैंड पर कसिए। इसमें निम्न श्यानता का कोई द्रव जैसे जल या कैरोसिन या मैथिल एल्कोहॉल युक्त स्पिरिट भरें। द्रव स्तंभ को नली में ऊपर नीचे दोलन कराएँ (चित्र D 15.3)। इसके लिए U–नली की एक भुजा में जैसे ही द्रव स्तंभ अधिकतम ऊँचाई पर आए तो उसमें अपने मुँह से बारंबार फूँकें। ऐसा करने से इसमें प्रत्येक बार थोड़ा वायुदाब उत्पन्न होगा जिससे कि द्रव स्तंभ अनुनाद से दोलन करेगा। दूसरी विधि है स्टैंड को बारम्बार एक ओर को थोड़ा-सा तिरछा करें। U–नली के एक स्टैंड पर जड़े होने के कारण द्रव स्तंभ अनुनाद के द्वारा दोलन करेगा।



चित्र D 15.3 *U–नली में द्रव स्तंभ के दोलनों के निदर्शन की व्यवस्था*

अल्प लागत लगभग 50 cm लंबी तथा 3.5 cm से 4.0 cm व्यास की दो सीधी नलियों से एक तात्कालिक U–नली बनाई जा सकती है। नलियों को लकड़ी के एक तख्ते पर लगभग 20 cm से 30 cm की दूरी पर जड़िए। उनके निचले सिरों को रबर की किसी नली के टुकड़े या प्लास्टिक से बने होज़ पाइप के टुकड़े से जोड़िए। प्लास्टिक का होज़ पाइप अधिक अच्छा है क्योंकि यह आसानी से U–आकृति में मुड़ जाता है। दोनों खुले सिरों से लगभग 10 cm नीचे तक U–नली को रंगीन पानी से भरिए। ऊपर वर्णित दो विधियों में से किसी एक से नली में द्रव को दोलन कराइए।

(d) *कुंडलिनी कमानी*– कुंडलिनी कमानी के सिरे पर या कोई उपयुक्त द्रव्यमान, मान लीजिए 1kg, संलग्न कीजिए (चित्र D 15.4)। कमानी को ऊर्ध्वाधरत: लटकाइए। भार को नीचे की ओर थोड़ी दूर खींचिए और छोड़ दीजिए। कमानी के निचले सिरे से लटके द्रव्यमान के ऊर्ध्वाधर दोलनों को प्रेक्षित कीजिए और उनका अध्ययन कीजिए।

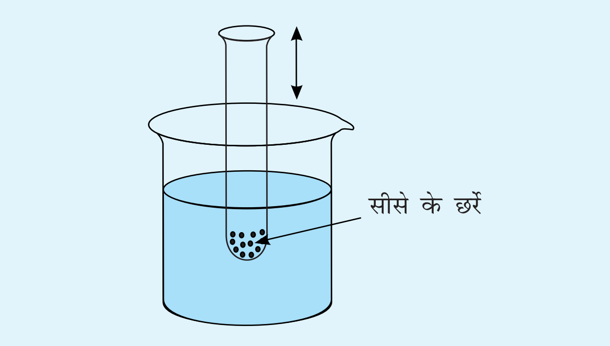


चित्र D 15.4 *कुंडलिनी कमानी के निचले सिरे से जुड़ा भार ऊपर नीचे दोलन करता हुआ*

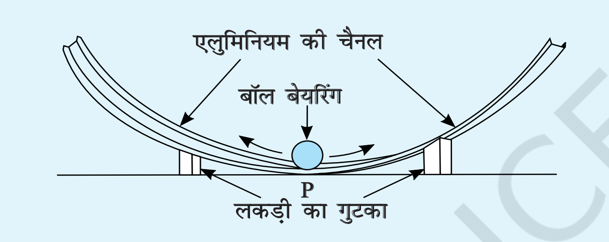
(e) *तैरती हुई परखनली के दोलन*– एक परखनली लीजिए और इसकी तली में लगभग 10 g सीसे के छर्रे या लोहे का बुरादा या रेत भरिए। परखनली को पानी में तैराइए तथा नली में भार (सीसे के छर्रे या लोहे का बुरादा या रेत) को समायोजित कीजिए जब तक कि यह ऊर्ध्वाधरत: न तैरने लगें। नली को ऊर्ध्वाधर रखते हुए थोड़ा-सा नीचे की ओर दबाइए और छोड़ दीजिए जिससे कि यह पानी के पृष्ठ पर ऊपर-नीचे दोलन करने लगे (चित्र D 15.5)।

(f) *किसी वक्र पथ के अनुदिश किसी गेंद का दोलन*– लगभग 30 cm लंबी ऐलुमिनियम की पर्दे की चैनल लीजिए और इसे एक वृत्त की चाप में मोड़िए। इसे मेज

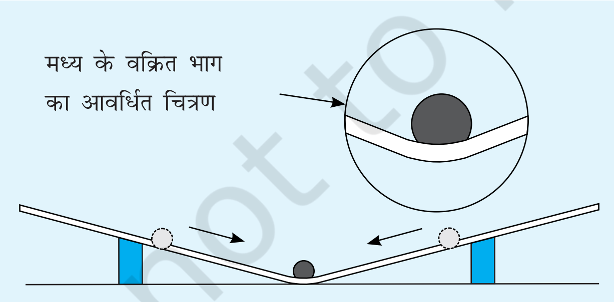
© NCERT not to be republished



चित्र D 15.5 *भार के कारण ऊर्ध्वाधर स्थिति में तैरती हुई परखनली को जब थोड़ा-सा नीचे धकेलकर छोड़ते हैं, तो यह ऊपर-नीचे दोलन करती है।*



चित्र D 15.6 *वृत्त के चाप की आकृति में मुड़ी चैनल में एक बॉल बेयरिंग की दोलन गति के निदर्शन के लिए व्यवस्था*



चित्र D 15.7 *द्विक आनत पथ के अनुदिश किसी गेंद की दोलन गति के निदर्शन के लिए व्यवस्था*

पर रखिए और दो आयताकार मोटे गत्ते या प्लाईवुड के टुकड़ों के उचित सहारे से ऊर्ध्वाधर तल में खड़ा कीजिए। इसके खाँचे में एक बॉल बेयरिंग या काँच के कंचे को दोलन कराइए (चित्र D 15.6)। एकांतरत: किसी अवतल दर्पण (10 cm या 15 cm द्वारक) या *कटोरा* या *कढ़ाही* के अवतल भाग को ऊपर की ओर रख कर मेज पर रखिए। एक बॉल बेयरिंग या कंचे को चित्र D 15.6 में दर्शाए इसके निम्नतम बिंदु P से गुज़रने वाली चाप के अनुदिश दोलन कराइए।

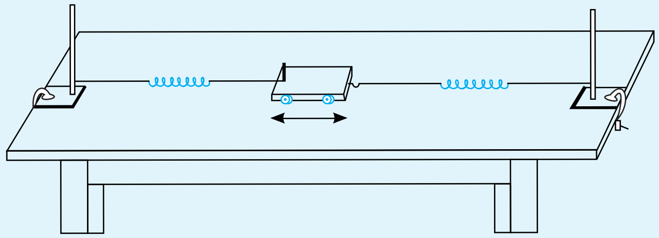
(g) *द्विक आनत पथ पर गेंद के दोलन–* किसी द्विक आनत पथ को मेज पर इस प्रकार समायोजित कीजिए कि इसकी भुजाएँ क्षैतिज से समान रूप से झुकी हों (चित्र D 15.7)। स्टील के एक बॉल बेयरिंग (व्यास 2.5 cm) को एक भुजा के ऊपरी सिरे से छोड़िए और इसे द्विक आनत पथ की दोनों भुजाओं के बीच दोलन करने दीजिए।

(h) *मेज पर दो कमानियों के बीच रखी ट्रॉली के दोलन–* एक ट्रॉली लीजिए और इसके दोनों सिरों पर दो कुंडलिनी कमानियाँ इस प्रकार जोड़िए कि कमानियाँ एक सीधी रेखा के अनुदिश रहें। ट्रॉली को मेज पर रखिए तथा कमानियों के स्वतंत्र सिरों को मेज के विपरीत सिरों पर दो दृढ़ टेकों से इस प्रकार जोड़िए कि कमानियाँ उसी एक सीधी रेखा के अनुदिश तनी हुई रहें [चित्र D 15.8(a)]। दोनों कमानियों को तनाव में रखते हुए ट्रॉली को एक दिशा में थोड़ा-सा विस्थापित कीजिए। ट्रॉली को छोड़िए और कमानियों की लंबाई के अनुदिश इसकी इधर-उधर गति को प्रेक्षित कीजिए। दोलनों के आवर्त काल ज्ञात कीजिए तथा अवमंदन के बारे में भी टिप्पणी कीजिए।

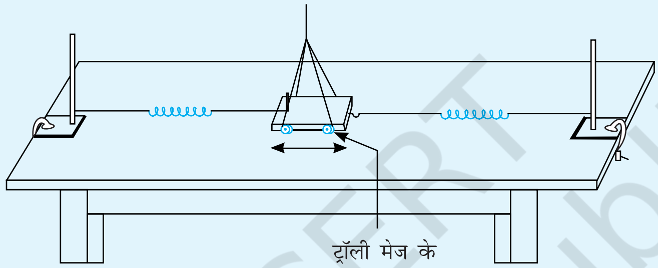
(i) *किसी कमानी से जुड़ी हुई ट्रॉली के दोलन–* चित्र D 15.8 (a) में दर्शाई निदर्शन (h) के लिए की गई व्यवस्था में से एक कमानी को हटाइए। ट्रॉली को एक ओर विस्थापित कीजिए और इसे छोड़ दीजिए। पहली स्थिति (निदर्शन h) से दोलनों के आवर्तकाल तथा अवमंदन के प्रभाव की तुलना कीजिए।

(j) *किसी बिंदु से लटकाई हुई तथा दो कमानियों के बीच रोकी हुई ट्रॉली के दोलन–* निदर्शन (h) में वर्णित व्यवस्था के अनुसार मेज पर दो कमानियों के साथ एक ट्रॉली को लगाइए। चित्र D 15.8(b) में दर्शाए अनुसार एक अनम्य

© NCERT not to be republished



चित्र D 15.8(a) दो एकसमान कमानियों के बीच रखी ट्रॉली की इधर-उधर गति के निदर्शन की व्यवस्था



चित्र D 15.8(b) किसी ऊँची टेक से लटकाई हुई तथा दो कमानियों के बीच रोकी हुई ट्रॉली की इधर-उधर गति के निदर्शन की व्यवस्था

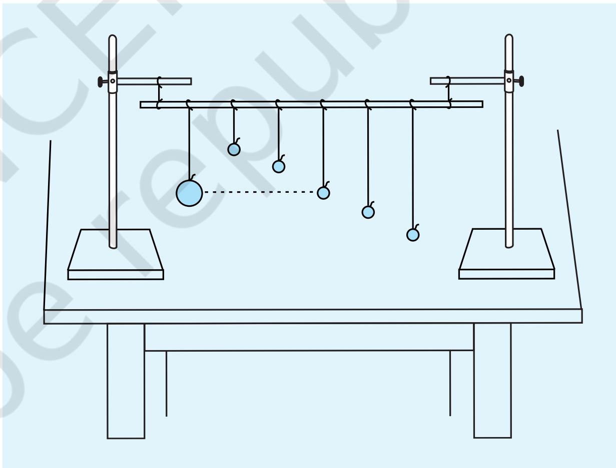
(दृढ़) डोरी से ट्रॉली को बांधिए। डोरी के दूसरे सिरे को मेज पर रखे एक स्टूल पर रखे हुए स्टैंड या छत पर लगे किसी हुक से इस प्रकार जोड़िए कि ट्रॉली मेज से थोड़ा ऊपर लटकी रहे। ट्रॉली को एक ओर थोड़ा-सा विस्थापित करके दोलन कराइए। अध्ययन कीजिए कि दोलनों का आवर्तकाल तथा अवमंदन, निदर्शन (h) की तुलना में, जब ट्रॉली मेज पर रखी थीं, कैसे प्रभावित होता है।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 16

युग्मित लोलकों के सेट से अनुनाद को निदर्शित करना

लोहे के दो स्टैंड लेकर उन्हें एक मेज पर एक दूसरे से लगभग 40 cm दूर रखें। आधे मीटर के एक स्केल को (अच्छा हो यदि 1.5 cm चौड़ी लकड़ी की सीधी पट्टी) उनके बीच में इस प्रकार बाँधिए कि इसका फलक ऊर्ध्वाधर हो और यह क्षैतिज रहे और अपने ऊपरी किनारे के इर्द गिर्द घूर्णन के लिए स्वतंत्र हो (चित्र D 16.1)। स्केल के एक किनारे के पास एक भारी गोलक (माना लगभग 200 g) का लोलक लटकाइए। चार या पाँच विभिन्न लंबाइयों और अपेक्षाकृत कम द्रव्यमान के गोलकों के लोलक भी लटकाइए। तथापि, इनमें से एक बिलकुल उसी लंबाई का हो जैसा कि भारी गोलक का लोलक।



चित्र D 16.1 युग्मित लोलकों में अनुनाद निदर्शित करने की व्यवस्था

उपरोक्त व्यवस्था के अनुसार लोलक निलंबित करने के पश्चात् सभी लोलकों को विराम में आने दें। भारी लोलक के गोलक को धीरे-से खींचे और छोड़ दें जिससे कि यह दोलन करना प्रारंभ कर दे। सुनिश्चित करें कि इस प्रक्रम में दूसरे लोलक विक्षुब्ध न हों। दूसरे लोलकों की गति को प्रेक्षित करें। कौन-सा लोलक उसी आवृत्ति से दोलन करता है जो भारी लोलक की है? विभिन्न लोलकों के कंपन का आयाम किस प्रकार भिन्न है?

© NCERT not to be republished

निदर्शन 17

माध्यम के प्रतिरोध के कारण लोलक के अवमंदन को निदर्शित करना

(a) *वायु के कारण दो समान द्रव्यमान के लोलकों के अवमंदन*–समान लंबाई के दो सरल लोलकों को व्यवस्थित कीजिए। एक का गोलक साइज़् में छोटा होना चाहिए जैसे कि ठोस पीतल का बना हुआ। दूसरे का गोलक उसी द्रव्यमान का लेकिन बड़े साइज़ का होना चाहिए। यह या तो किसी हल्के पदार्थ जैसे थर्मोकोल का हो या एक खोखला गोला हो। इन्हें समान प्रारंभिक विस्थापन दीजिए और साथ–साथ छोड़िए। प्रेक्षित कीजिए कि बड़े साइज़ के गोलक के लोलक का आयाम अधिक तेज़ी से कम होता है। इसके अधिक क्षेत्रफल के कारण वायु इसकी गति में अधिक प्रतिरोध प्रस्तुत करती है। यद्यपि प्रारंभ में दोनों लोलकों की ऊर्जा समान है, बड़ा गोलक प्रत्येक दोलन में अधिक ऊर्जा की हानि करता है।

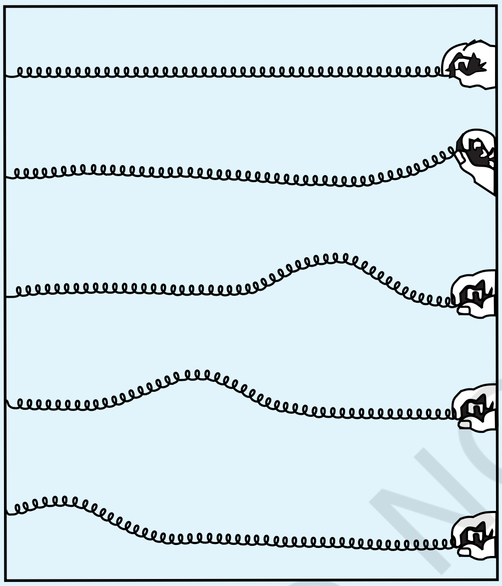
(b) *वायु तथा जल के कारण अवमंदन की तुलना करके वैकल्पिक निदर्शन*–लगभग आधे मीटर लंबाई तथा 25 mm या अधिक व्यास के धातु के गोलक के सरल लोलक को व्यवस्थित कीजिए। इसकी ऊर्ध्वाधर स्थिति में गोलक मेज से लगभग 4 cm से 5 cm की ऊँचाई पर होना चाहिए। पहले लोलक को वायु में दोलन करने दें और इसके अवमंदन का प्रेक्षण करें। अब गोलक के नीचे पानी से भरी एक ऐसी द्रोणी रखें कि गोलक पानी में डूबा रहे। पानी में डूबे गोलक के साथ लोलक को दोलन कराएँ तथा अवमंदन पर माध्यम के परिवर्तन का प्रभाव नोट करें।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 18

अनुदैर्ध्य तथा अनुप्रस्थ तरंगों को निदर्शित करना

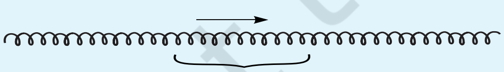
स्लिंकी (दीर्घ लंबाई की कुंडलिनी कमानी) की सहायता से अनुप्रस्थ तथा अनुदैर्ध्य तरंगों के कुछ लाक्षणिक गुणों को निदर्शित किया जा सकता है। स्लिंकी एक कोमल स्प्रिंग है जो स्टील की एक पतली चपटी पट्टी (लगभग 150 से 200 लपेट) के लपेटों से, जिनका व्यास लगभग 6 cm तथा चौड़ाई 8 cm से 10 cm, से बनी है। आजकल स्लिंकी के आकार की प्लास्टिक से बनी स्प्रिंग भी उपलब्ध हैं। दो विद्यार्थियों से स्लिंकी के एक-एक सिरे को पकड़ने तथा इसे किसी चिकने फ़र्श पर पूरी लंबाई (कम-से-कम 5 मीटर) तक खींचने को कहें। एक सिरे पर एक तीक्ष्ण अनुप्रस्थ झटका दें और विद्यार्थियों को स्प्रिंग के अनुदिश गति करने वाले स्पंद को प्रेक्षित करने को कहें [चित्र D 18.1(a)]।



चित्र D 18.1(a) *स्लिंकी से होकर एक स्पंद की गति*

स्प्रिंग की खिंची हुई लंबाई के अनुदिश एक सिरे से दूसरे सिरे तक स्पंद को गति करने में लगे समय को माप कर स्पंद की चाल ज्ञात करें। अधिक यथार्थता के लिए, स्पंद द्वारा एक सिरे से दूसरे सिरे तक गति करने में लिया गया समय मापने के बजाय इसके द्वारा स्प्रिंग की संपूर्ण लंबाई के अनुदिश तीन या चार यात्राएँ करने में लिया गया समय मापें। यह इसलिए संभव हो पाएगा क्योंकि प्रत्येक स्पंद समाप्त होने से पहले स्प्रिंग की लंबाई के अनुदिश कुछ बार आगे पीछे गति करता है।

स्प्रिंग में तनाव घटाकर (इसे छोटी लंबाई तक खींचकर) प्रयोग को दोहराएँ तथा स्पंद की चाल ज्ञात करें। क्या चाल तनाव पर निर्भर करती है?



चित्र D 18.1(b) *स्लिंकी की लंबाई के अनुदिश गति करता हुआ एक संपीडन*

स्लिंकी को अनुदैर्ध्य तरंगों के संचरण को निदर्शित करने के लिए भी प्रयोग किया जा सकता है। ऐसा करने के लिए, स्लिंकी को अनुप्रस्थ स्पंद की गति को दर्शाते समय खींचने की तुलना में केवल आधी लंबाई (2.5 m) तक ही खींचे और फिर इसके एक सिरे पर [चित्र D 18.1(b)] झटका दें। विद्यार्थियों से स्प्रिंग के संपीडन के रूप में स्पंद की गति का प्रेक्षण करने को कहें।

© NCERT not to be republished

यदि फ़र्श चिकना नहीं है तो अवमंदन बहुत अधिक होगा। ऐसी स्थिति में स्लिंकी को कमरे की विपरीत दीवारों पर कस कर जड़ी दो खूंटियों के बीच तने स्टील के एक तार से लटका कर, प्रयोग किया जा सकता है। स्प्रिंग के बीच में अवनमन (झोल) के प्रभाव को न्यूनतम करने के लिए, एक दूसरे से लगभग 25 cm की दूरी पर तार में बंधे धागे के टुकड़ों से स्प्रिंग को लटकाकर सहारा दिया जा सकता है। धागे के सभी टुकड़े लंबाई में समान होने चाहिए।

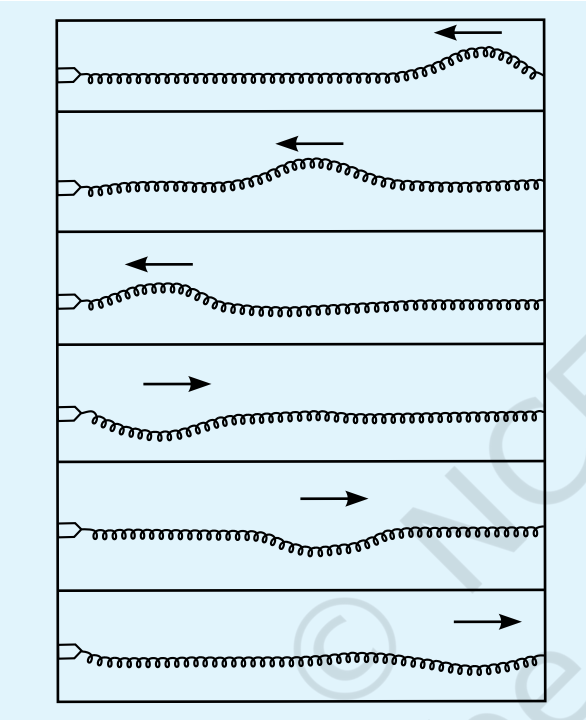
अनुप्रस्थ तरंगों को स्लिंकी के बजाय कपड़े सुखाने की लचीली डोरी या रबर की ट्यूब या रस्से की सहायता से भी निदर्शित किया जा सकता है। रबर की ट्यूब या डोरी के एक सिरे को दरवाज़े की मूठ से बांधें और इसे तना हुआ रखकर दूसरे सिरे से एक झटका दें। यदि रबर की ट्यूब भारी हो (इसमें पानी भर दें) तथा इसे ढ़ीला पकड़कर रखा जाए तो स्पंद धीमी गति से चलेगी और प्रेक्षण अच्छा होगा।

एकल स्पंद के बजाय, एक के बाद एक स्पंद पैदा करके स्पंदों की एक श्रेणी से सतत् तरंग संचरण के प्रभाव को भी निदर्शित किया जा सकता है। इसे स्लिंकी या कपड़े सुखाने की लचीली डोरी से किया जा सकता है। स्लिंकी को फ़र्श पर तानिए और एक विद्यार्थी से एक सिरे को कसकर पकड़ने को कहिए। दूसरे सिरे पर केवल एक झटका देने की बजाय, लगभग 0.5m की तरंगदैर्घ्य की तरंगे उत्पन्न करने के लिए हाथ को इधर-उधर लगातार चलाइए जिससे कि स्लिंकी के अनुदिश लगातार गति करती हुई तरंगें देखी जा सकें।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 19

दो माध्यमों की परिसीमा पर तरंगों के परावर्तन तथा संचरण को निदर्शित करना



चित्र D 19.1 (a) स्थिर सिरे से परावर्तित स्पंद में π कालान्तर होता है

स्लिंकी को चिकने फ़र्श पर तानिए या इसे निदर्शन 18/1 में वर्णन किए अनुसार स्टील के तने हुए तार से लटकाइए। एक सिरे को स्थिर रखकर दूसरे सिरे से स्पंद प्रेषित कीजिए। स्थिर सिरे से परावर्तन होने से पहले तथा परावर्तन होने के बाद स्पंद के विस्थापन का साइज़ तथा दिशा नोट कीजिए। नोट कीजिए कि परावर्तित स्पंद का विस्थापन आपतित स्पंद की अपेक्षा उल्टा है तथा साइज़ में थोड़ा परिवर्तन है [चित्र D 19.1(a)]।

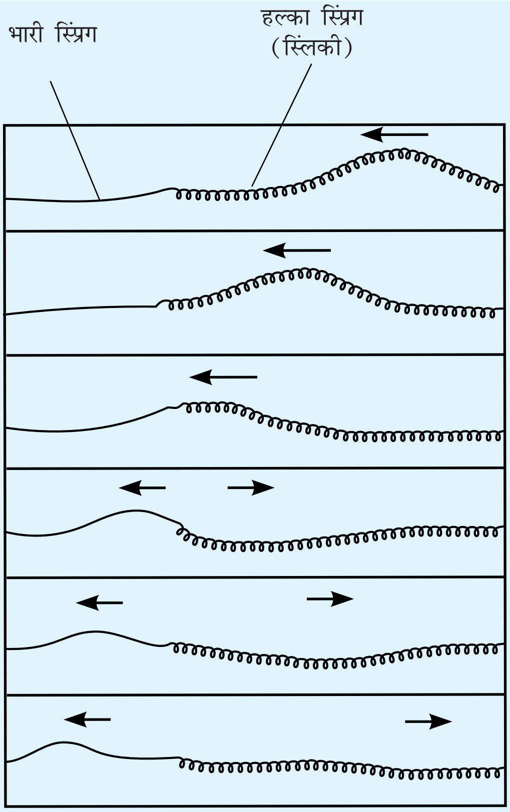
अब कुंडलित स्प्रिंग (स्लिंकी) को अधिक द्रव्यमान की एक अन्य कमानी (स्प्रिंग) के सिरे से जोड़िए [चित्र D 19.1(b)]। प्रत्येक स्प्रिंग के स्वतंत्र सिरे को पकड़कर इन्हें तानिए और हल्की स्प्रिंग (स्लिंकी) के स्वतंत्र सिरे पर एक स्पंद उत्पन्न कीजिए। प्रेक्षित कीजिए कि जब स्पंद दोनों कमानियों के जोड़ पर पहुँचता है तो क्या होता है। परावर्तित स्पंद में किस प्रकार का (अर्थात् साइज़ तथा विस्थापन की दिशा) परिवर्तन होता है? क्या भारी स्प्रिंग में संचरित स्पंद में भी कुछ परिवर्तन होता है?

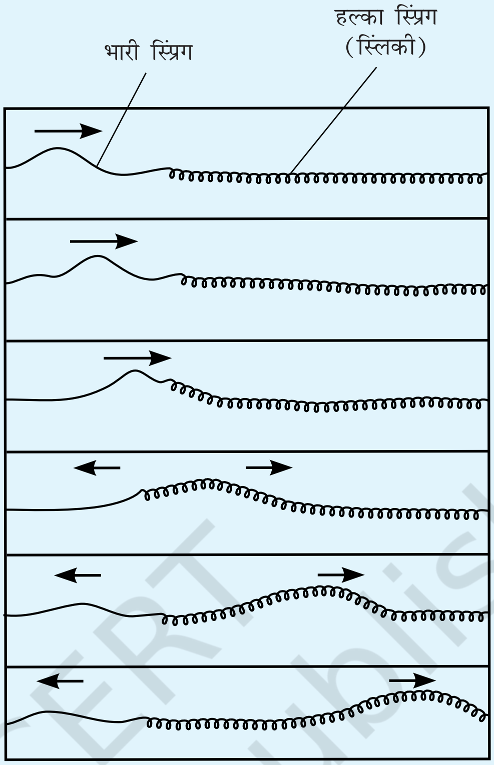
इस निदर्शन को भारी स्प्रिंग के स्वतंत्र सिरे से स्पंद भेजकर दोहराइए। नोट कीजिए कि आपतित स्पंद की तुलना में दोनों कमानियों की परिसीमा पर परावर्तित तथा संचरित स्पंद में क्या परिवर्तन है [चित्र D 19.1(c)]।

ये परिवर्तन उनसे किस प्रकार भिन्न हैं जब आपतित स्पंद हलके से भारी स्प्रिंग की ओर जाता है?

अब स्लिंकी (कुंडलित स्प्रिंग) को भारी स्प्रिंग के बजाए एक महीन धागे से जोड़िए। स्प्रिंग तथा धागे को तानिए तथा स्प्रिंग के स्वतंत्र सिरे पर एक स्पंद उत्पन्न कीजिए। नोट कीजिए कि स्प्रिंग तथा धागे की परिसीमा पर स्पंद का क्या होता है।

© NCERT not to be republished





चित्र D 19.1 (b) *विरल माध्यम से सघन माध्यम में जाने पर स्पंद का परावर्तन तथा संचरण*

चित्र D 19.1 (c) *सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाने पर स्पंद का परावर्तन तथा संचरण*

© NCERT not to be republished

निदर्शन 20

आवृत्तियों में थोड़े से अंतर वाले दो स्वरित्र द्विभुजों द्वारा उत्पन्न तरंगों के अध्यारोपण के कारण होने वाली विस्पंदों की परिघटना को निदर्शित करना

बराबर आवृत्ति के दो स्वरित्र द्विभुज लीजिए। एक स्वरित्र द्विभुज की भुजाओं पर प्लास्टीसीन या मोम का छोटा-सा टुकड़ा चिपकाइए। इससे स्वरित्र द्विभुज की आवृत्ति थोड़ी-सी कम हो जाएगी। स्वरित्र द्विभुजों को एक-एक हाथ में पकड़कर दोनों को एक साथ रबर के दो पैडों से टकराइए। उन्हें एक-दूसरे के समीप रखिए।

दोनों स्वरित्र द्विभुजों द्वारा उत्पन्न मिश्रित ध्वनि को ध्यानपूर्वक सुनिए। ध्वनि की तीव्रता धीरे-धीरे बढ़ती और घटती हुई सुनाई देगी। यह बहुत कम अंतर की आवृत्तियों की तरंगों के अध्यारोपण द्वारा उत्पन्न विस्पंद के कारण है। यदि इन तरंगों की आवृत्तियों में दो या तीन कंपन प्रति सेकंड से अधिक का अंतर नहीं है तो आप प्रति सेकंड उत्पन्न होने वाले विस्पंदों की संख्या की गणना भी कर सकते हैं। जो व्यक्ति स्पंदों को सुन रहा है वह प्रत्येक अधिकतम तीव्रता या न्यूनतम तीव्रता पर मौन संकेत देता है, जैसे जिस प्रकार हम हाँ कहते हैं उस मुद्रा में अपने सिर को हिलाते हैं। तभी एक दूसरा व्यक्ति विराम घड़ी की सहायता से या तो 10 स्पंदों में लिया गया समय ज्ञात करता है या 5 सेकंड में उत्पन्न हुए स्पंदों की संख्या गिनता है। विराम घड़ी वाला व्यक्ति स्पंद भी सुनेगा, यद्यपि कमज़ोर से और वह बगैर पहले व्यक्ति के संकेत की सहायता के आवृत्ति माप सकता है।

यदि लकड़ी के अनुनाद बक्से पर जड़े समान आवृत्ति के दो बड़े स्वरित्र द्विभुज उपलब्ध हों तो कक्षा में सभी विद्यार्थी स्पंदों को सुन सकते हैं उन्हें कक्षा के कमरे के बीच में किसी डेस्क पर रखिए। कक्षा में पूर्ण नीरवता होनी चाहिए। स्वरित्र द्विभुजों पर रबर के हथौड़े से द्रुत गति से लगातार लगभग समान बल से आघात कीजिए। इनमें से एक स्वरित्र द्विभुज पर थोड़ा-सा मोम या प्लास्टीसीन चिपकाकर या चिपकने वाली टेप से छोटा-सा भार चिपकाकर दोनों की आवृत्तियों में थोड़ा-सा अंतर किया जा सकता है। दोनों स्वरित्र द्विभुज अच्छी गुणवत्ता के होने चाहिए ताकि वह अनुनाद बॉक्स में ऊर्जा ह्रास के बावजूद लगभग 8 से 10 सेकंड तक श्रव्य ध्वनि अवश्य उत्पन्न करते रहें।

© NCERT not to be republished

निदर्शन 21

एक स्प्रिंग (कमानी) की सहायता से अप्रगामी तरंगों को निदर्शित करना

तार की स्प्रिंग (भारी हो और स्लिंकी न लें) के एक सिरे को दरवाजे के हत्थे से बांधकर लगभग 6 m से 7 m की लंबाई तक तानिए। यह बीच में से झुक सकती है लेकिन इससे निदर्शन पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा। इसके स्वतंत्र सिरे पर एक अनुप्रस्थ क्षैतिज झटका दीजिए। स्प्रिंग के अनुदिश एक स्पंद गमन करेगा और आगे-पीछे परावर्तित होगा। यदि स्प्रिंग को वायु में टांगने के बजाय इसे फ़र्श के अनुदिश ताना जाता है, तो काफी अधिक अवमंदन के कारण परिणाम इतने स्पष्ट तथा विश्वसनीय नहीं होंगे।

अब कमानी को निश्चित समय अंतरालों पर बार-बार झटके देकर सतत् अनुप्रस्थ तरंग उत्पन्न कीजिए। अपने हाथ को दोलित करने के आवर्तकाल को बदल कर तरंगों की आवृत्ति को बदलिए जब तक कि अप्रगामी तरंगें स्थापित न हो जाएँ। आप देखेंगे कि अप्रगामी तरंगें तभी उत्पन्न होती हैं जब स्प्रिंग की संपूर्ण लंबाई में लूपों की पूर्ण संख्या जैसे 1, 2, 3 आदि समायोजित हो जाएँ। दूसरे शब्दों में, अप्रगामी तरंगें केवल कुछ निश्चित आवर्तकालों के संगत ही उत्पन्न होती है।

किसी एक विद्यार्थी से अप्रगामी तरंगों का आवर्तकाल मापने के लिए कहिए जब तनी हुई स्प्रिंग की दी हुई लंबाई में एक लूप, दो लूप, तीन लूप आदि बन रहे हों। स्प्रिंग के समान विस्तार के लिए, और इस प्रकार स्प्रिंग में समान तनाव के लिए अप्रगामी तरंगों के एक लूप, दो लूपों तथा तीन लूपों के आवर्तकाल एक-दूसरे से किस प्रकार संबंधित हैं?

अप्रगामी तरंगें उत्पन्न करते समय, अचानक अपने हाथ को इधर-उधर चलाना बंद कीजिए और इस प्रकार स्प्रिंग के ऊर्जा संभरण को रोकिए। इसे सबसे अच्छी प्रकार एक स्टूल की सहायता लेकर किया जा सकता है जिस पर तरंगें उत्पन्न करते समय और साथ-साथ जब आप अपने हाथ को रोकते हैं उस समय आपका हाथ टिका रहे। प्रेक्षित कीजिए कि स्प्रिंग उसी आवर्तकाल से और उन्हीं लूपों की संख्या से कुछ समय तक कंपन करती रहती है। इस प्रकार यह निदर्शित किया जा सकता है कि तनी हुई स्प्रिंग विभिन्न प्रकार के एक लूप, दो लूपों, तीन लूपों आदि के साथ मुक्त दोलन करने में समर्थ है। वह सभी विभिन्न आवर्तकाल, जिनके साथ आप इसमें अप्रगामी तरंगें उत्पन्न कर सकते हैं, भी स्प्रिंग के प्राकृतिक आवर्तकाल हैं।

इस प्रकार, जब आप तनी हुई स्प्रिंग में अप्रगामी तरंगें उत्पन्न कर रहे हैं और देख रहे हैं तो आप इसे एक अनुनाद परिघटना मान सकते हैं। तथापि, इस स्थिति में, प्रणोदित दोलनों के अधीन वस्तु (अर्थात् तनी हुई स्प्रिंग), अनेक आवर्तकालों में से एक के साथ मुक्त रूप से दोलन करने में समर्थ है। यह सरल लोलक की उस परिघटना से भिन्न है जो आपने लोलक के साथ अनुनाद की परिघटना का अध्ययन करने के लिए पहले किया है।

© NCERT not to be republished

अप्रगामी तरंगों को एक ऐसी स्प्रिंग से भी निदर्शित किया जा सकता है जिसके दोनों सिरे गति करने के लिए स्वतंत्र हैं। 3 – 4 मीटर लंबाई के एक धागे को स्प्रिंग के एक सिरे पर बांधिए। धागे के दूसरे सिरे को दीवार पर किसी हुक से या दरवाजे के हत्थे से बांधिए। स्प्रिंग के स्वतंत्र सिरे को हाथ में लेकर तानिए और अपने हाथ के सिरे की गति द्वारा स्प्रिंग में सतत् अनुप्रस्थ तरंग भेजिए। क्या आप प्रेक्षित करते हैं कि इस बार उत्पन्न हुई अप्रगामी तरगें उनसे कुछ भिन्न हैं जब स्प्रिंग का एक सिरा स्थिर था। दोनों स्थितियों में अप्रगामी तरंगों के पैटर्न में अंतर नोट कीजिए और इस अंतर के कारण पर विचार विमर्श कीजिए। जब स्प्रिंग में अप्रगामी तरंग स्थापित होती है तो उत्पन्न लूपों की संख्या भी नोट कीजिए।

अपने हाथ की इधर–उधर की गति को समायोजित करके, तरंग के आवर्तकाल को स्प्रिंग के उसी विस्तार के लिए ½ लूप, 1½ लूप, 2½ लूप आदि उत्पन्न करने के लिए, परिवर्तित कीजिए।

ये आवर्तकाल कंपन के उन आवर्तकालों से किस प्रकार भिन्न है, जब वह सिरा स्थिर था जो आपके हाथ में नहीं है और स्प्रिंग का विस्तार इतना ही था?

टिप्पणी

गणितीय ढंग से, यह दर्शाया जा सकता है कि किसी अनंत माध्यम में विपरीत दिशाओं में गतिशील समान आवृत्ति (और इस प्रकार समान वेग से गतिशील) की दो तरंगों के अध्यारोपण से अप्रगामी तरंगें उत्पन्न होती हैं। इस गणितीय प्रतिपादन में अप्रगामी तरंगों के उत्पन्न होने में विशिष्ट आवृत्तियों की आवश्यकता नहीं है। तथापि, इस गणितीय परिणाम को सरल प्रायोगिक निदर्शन में परिणत करना संभव नहीं है। किसी प्रयोग में हमें एक सीमित माध्यम लेना पड़ता है, जैसे कि सीमित लंबाई की तानित स्प्रिंग। सीमाओं से बद्ध किसी सीमित माध्यम की अपनी स्वाभाविक आवृत्ति होती है और इसलिए प्रयोग उन्हीं आवृत्तियों पर किया जाता है। उपरोक्त निदर्शनों में एक तरंग हाथ से उत्पन्न की जाती है और दूसरी (विपरीत दिशा में चलती हुई) परावर्तित तरंग है और उनका अध्यारोपण अप्रगामी तरंगें उत्पन्न करता है, जो उपरोक्त उल्लिखित गणितीय परिणाम का उदाहरण है।

© NCERT not to be republished

परिशिष्ट

परिशिष्ट A-1
कुछ महत्वपूर्ण नियंताक

नाम	प्रतीक	मान
निर्वात में प्रकाश की चाल	c	2.9979×10^{8} m s^{-1}
इलेक्ट्रॉन का आवेश	e	1.602×10^{-19} C
गुरुत्वीय नियतांक	G	6.673×10^{-11} N m^2 kg^{-2}
प्लांक नियतांक	h	6.626×10^{-34} J s
बोल्ट्ज़मान नियतांक	k	1.381×10^{-23} J K^{-1}
आवोगाद्रो संख्या	N_A	6.022×10^{23} mol^{-1}
सार्वत्रिक गैस नियतांक	R	8.314 J mol^{-1} K^{-1}
इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान	m_e	9.110×10^{-31} kg
न्यूट्रॉन का द्रव्यमान	m_n	1.675×10^{-27} kg
प्रोटॉन का द्रव्यमान	m_p	1.673×10^{-27} kg
इलेक्ट्रॉन-आवेश व द्रव्यमान अनुपात	e/m_e	1.759×10^{11} C/kg
फैराडे नियतांक	F	9.648×10^{4} C/mol
रिडबर्ग नियतांक	R	1.097×10^{7} m^{-1}
बोहर त्रिज्या	a_0	5.292×10^{-11} m
स्टेफॉन-बोल्ट्जमान नियतांक	σ	5.670×10^{-8} W m^{-2} K^{-4}
वीन नियतांक	b	2.898×10^{-3} m K
मुक्त आकाश का परावैद्युतांक	ε_0	8.854×10^{-12} C^2 N^{-1} m^{-2}
	$1/4\pi\varepsilon_0$	8.987×10^{9} N m^{-2} C^{-2}
मुक्त आकाश की चुंबकशीलता	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ T m A^{-1}
		$\cong 1.257 \times 10^{-6}$ Wb $A^{-1}m^{-1}$

कुछ उपयोगी नियंताक

नाम	प्रतीक	मान
ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक	J	4.186 J cal^{-1}
मानक वायुमंडलीय दाब	1 atm	1.013×10^{5} Pa
परम शून्य	0 K	– 273.15 °C
इलेक्ट्रॉन वोल्ट	1 eV	1.602×10^{-19} J
परमाण्वीय द्रव्यमान मात्रक	1 u	1.661×10^{-27} kg
इलेक्ट्रॉन विराम ऊर्जा	mc^2	0.511 MeV
1 u का ऊर्जा तुल्यांक	1 uc^2	931.5 MeV
आदर्श गैस का आयतन (0°C तथा 1 atm)	V	22.4 L mol^{-1}
गुरुत्वीय त्वरण (समुद्र तल, विषुवत वृत्त पर)	g	9.78049 m s^{-2}

© NCERT not to be republished

परिशिष्ट A-2
पदार्थों का घनत्व (20°C)

पदार्थ	घनत्व (10^3 kgm^{-3})	पदार्थ	घनत्व (10^3 kgm^{-3})
ऐल्कोहॉल (मेथिल)	0.81	जैतून का तेल	0.9
ऐल्कोहॉल (एथिल)	0.79	क्वार्ट्ज (क्रिस्टल)	2.6
ऐस्बेस्टॉस	2.4	समुद्री जल	1.03
पीतल (60.40)	8.4	स्टेनलेस इस्पात	7.8
पीतल (70.30)	8.5	तारपीन तेल	0.85
ढलवाँ लोहा	7.0	पिटवां लोहा	7.8
एरंड तेल	0.95	जस्ता	7.1
चारकोल	0.4	जल 0°C	0.99987
कोयला	1.6 – 1.4	4°C	1.00000
ताँबा	8.9	20°C	0.99823
कांसटेन्टन	8.9	100°C	0.9584
कॉर्क	0.24	जल, भारी	
हीरा	3.5	(D_2O) अधिकतम घनत्व,	
जर्मन सिल्वर	8.4	11 °C ताप पर	1.106
कांच	2.5		
ग्लिसरीन	1.3	पेट्रोल	0.70
सोना (शुद्ध)	19.3	केरोसिन	0.80
सोना (22 कैरेट)	17.5	साधारण नमक घोल	1.189
सोना (9 कैरेट)	11.3	(20% भार से)	
ग्रैफ़ाइट	2.3	वायु (मानक ताप तथा दाब पर)	0.00129
बर्फ़	0.92	कार्बन डाई-ऑक्साइड (मानक ताप तथा दाब पर)	0.00198
मैंगनिन	8.5	हाईड्रोजन (मानक ताप तथा दाब पर)	0.00009
मृदु इस्पात	7.9	ऑक्सीजन (मानक ताप तथा दाब पर)	0.00143
दूध	1.03	नाइट्रोजन (मानक ताप तथा दाब पर)	0.00125
पारा	13.56		

परिशिष्ट A-3
वायुमंडलीय ताप तथा दाब में ऊँचाई के साथ परिवर्तन
(समुद्र तल पर दाब = मानक दाब तथा ताप = 15°C माना गया है।)

ऊँचाई (metres) (1)	दाब (millibars) (2)	ताप (°C) (3)
0	1013.25	15.0
250	983.58	13.4
500	854.61	11.8
750	926.34	10.1
1000	898.75	8.5
1500	825.56	5.2
2000	794.25	2.0
2500	746.82	1.2
3000	701.08	– 4.5
3500	657.64	– 7.8
4000	616.40	–11.0
4500	577.28	–14.2
5000	540.20	–17.5
6000	471.81	–29.0
7000	410.61	–30.5
8000	356.00	–37.0
9000	307.42	–43.5
10000	246.36	–50.0

© NCERT not to be republished

परिशिष्ट A-4

भारत के विभिन्न स्थानों (उनके अंक्षाक, रेखांश तथा ऊँचाई) पर गुरुत्वीय त्वरण

स्थान	g(m/s²)	अक्षांश (N)	रेखांश (E)	ऊँचाई (m)
आगरा	9.7905	27°12'	78°02'	158
अलीगढ़	9.7908	27°54'	78°05'	187
इलाहाबाद	9.7894	25°27'	81°51'	94
बनारस (वाराणसी)	9.7893	25°20'	83°00'	81
बाम्बे (मुम्बई)	9.7863	18°54'	72°49'	10
कलकत्ता (कोलकाता)	9.7880	22°35'	88°20'	6
दिल्ली	9.7914	28°40'	77°14'	216
भूमध्य रेखा	9.7805	00°00'	n.a.	0
जयपुर	9.7900	26°55'	75°47'	433
उदयपुर	9.7881	24°35'	73°44'	563
श्रीनगर	9.7909	34°05'	74°50'	159
उत्तरी ध्रुव	9.8322	90°00'	n.a.	0
मद्रास (चैन्नई)	9.7828	13°04'	80°15'	6
त्रिवेंद्रम	9.7812	8°28'	76°58'	27
तिरुपति	9.7822	13°38'	79°24'	169
मदुराई	9.7810	9°55'	78°7'	133
बंगलौर (बंगलोरु)	9.7803	12°57'	77°37'	915
गुवाहाटी	9.7899	26°12'	91°45'	52
भुवनेश्वर	9.7866	20°28'	85°54'	23

© NCERT not to be republished

परिशिष्ट A-5
द्रवों के पृष्ट तनाव

पदार्थ	संपर्क में	ताप (°C)	पृष्ठ तनाव (10^{-3} Nm^{-1})
जल	वायु	10	74.22
	वायु	20	72.55
	वायु	30	71.18
	वायु	40	69.56
	वायु	50	67.91
ऐसीटिक अम्ल	वाष्प	10	28.8
	वाष्प	20	27.8
	वाष्प	50	24.8
ऐथिल ऐल्कोहॉल	वायु	0	24.05
	वाष्प	10	23.61
	वाष्प	20	22.75
	वाष्प	30	21.89
ग्लिसराल	वायु	20	63.04
	वाष्प	90	58.6
मेथिल ऐल्कोहॉल	वायु	0	24.49
	वायु	20	22.61
	वाष्प	50	20.14
पारा	वाष्प	20	470
	वाष्प	100	456
ओलीक अम्ल	वायु	20	32.5
केरोसीन	वायु	20	24
तारपीन	वायु	20	27

परिशिष्ट A-6
द्रवों का श्यानता गुणांक

पदार्थ	ताप (°C)	श्यानता गुणांक (cP)
जल	0	1.787
	20	1.002
	50	0.5468
	100	0.2818
ऐसीटिक अम्ल	15	1.31
	30	1.04
	60	0.70
	100	0.43
एथिल ऐल्कोहॉल	0	1.773
	20	1.200
	50	0.834
	70	0.504
पारा	0	1.685
	20	1.554
	50	1.407
	100	1.240
	200	1.052
मेथिल ऐल्कोहॉल	0	0.82
	20	0.597
	30	0.510
	50	0.403
ग्लिसरीन	20	1495
	25	942
	30	622
कार्बन डाइसल्फ़ाइड	0	0.436
	20	0.4375
	40	0.329
एरंड तैल	10	2420
	30	451
	50	125
कार्बन टेट्राक्लोराइड	0	1.348
	20	0.972
	40	0.744

© NCERT not to be republished

परिशिष्ट A-7
ठोसों का प्रत्यास्थ गुणधर्म

पदार्थ	यंग का गुणांक (10^{10} Nm^{-2})	दृढ़तांक (10^{10} Nm^{-2})	आयतन-प्रत्यास्थता गुणांक (10^{10} Nm^{-2})
ऐलुमिनियम	7.03	2.61	7.55
पीतल (70/30)	10.06	3.73	11.18
ताँबा	12.98	9.83	13.78
सोना	7.8	2.7	21.7
लोहा (मृदु)	21.14	8.16	16.98
चांदी	8.27	3.03	10.36
स्टील (मृदु)	21.19	8.22	17.92
रबर	0.05	0.00015	-
लकड़ी (बांज़)	1.3	-	-
लकड़ी (सागौन)	1.7	-	-
काँच	5.1-7.1	3.1	3.75
क्वार्ट्ज़	5.4	3.4	-

परिशिष्ट A-8
ध्वनि की चाल

पदार्थ	ताप (0°C)	अनुदैर्ध्य तरंग की चाल (ms^{-1})	पदार्थ	ताप (0°C)	अनुदैर्य तरंग की चाल (ms^{-1})
एल्कोहॉल	20	1177	हाइड्रोजन	0	1284
*ऐलुमिनियम	20	5240	*लोहा	20	5170
वायु	0	331.45	पारा	20	1451
*पीतल	20	3130-3450	नाइट्रोजन	0	334
*ताँबा (तापानुशीतित)	20	3790	*इस्पात (औजार)	20	5150
कार्बन डाइ-ऑक्साइड	0	259	जल	20	1484
*काँच, क्राउन	20	4710-5300	जल वाष्प	100	405
*काँच, फ्लिंट	20	3490-4550	आक्सीजन	0	316

*ठोसों के लिए ध्वनि की चाल पतले छड़ों के लिए दिए गए हैं।

गैसों के लिए ध्वनि की चाल 0°C, अर्थात् V_0 दिए गए हैं। उचित यथार्थता तक, T°C पर चाल है – $v_t = v_0 \left(\frac{273.15 + t}{273.15}\right)^{\frac{1}{2}}$

परिशिष्ट A-9
कुछ चुनिंदा वस्तुओं की चाल

वस्तु	चाल
कंबु या घोंघा	1.6 mm/s
कछुवा	10 to 15 cm/s
आदमी की चाल	80 to 160 cm/s
साइकिल चलाता व्यक्ति	2.5 to 5 m/s
100 m दौड़ (अंतर्राष्ट्रीय पुरूष वर्ग)	~10 m/s
रेलगाड़ी (1988 में सबसे तेज शताब्दी एक्सप्रेस)	38.9 m/s
चीता (जमीन पर सबसे तेज चलनेवाला जानवर)	29 m/s
सरजित (सबसे तेज उड़नेवाला पक्षी)	100 m/s
जंबो जेट जहाज	267 m/s
वायु में ध्वनि	331 m/s
पृथ्वी के निकट उपग्रह	7.7 km/s
सूर्य की परिक्रमा करती पृथ्वी	29.9 km/s
प्रकाश	300,000 km/s

© NCERT not to be republished

परिशिष्ट A-10
सामान्य वस्तुओं का घर्षण गुणांक

पदार्थ	अवस्था	गतिक घर्षण गुणांक
काँच पर काँच	स्वच्छ और सूखा	0.18
काँच पर लकड़ी	स्वच्छ और सूखा	0.2 to 0.3
लकड़ी पर लकड़ी	स्वच्छ और सूखा	0.25 to 0.5
स्टील पर लकड़ी	स्वच्छ और सूखा	0.20 to 0.25
स्टील पर स्टील	स्वच्छ और सूखा	0.17 - 0.23
स्टील पर स्टील	ग्रीज़	0.05
कंक्रीट पर पत्थर	सूखा	0.45
कंक्रीट पर कार टायर	सामान्य चाल	0.40

परिशिष्ट A-11
मानक तार गेज़

नाप (S.W.G)	व्यास (mm)	नाप (S.W.G.)	व्यास (mm)
1	7.62	21	0.813
2	7.01	22	0.711
3	6.40	23	0.610
4	5.89	24	0.559
5	5.38	25	0.508
6	4.88	26	0.457
7	4.47	27	0.417
8	4.06	28	0.376
9	3.66	29	0.345
10	3.25	30	0.315
11	2.95	31	0.295
12	2.64	32	0.274
13	2.34	33	0.254
14	2.03	34	0.234
15	1.83	35	0.213
16	1.63	36	0.193
17	1.42	37	0.173
18	1.22	38	0.152
19	1.02	39	0.132
20	0.914	40	0.122

परिशिष्ट A-12
प्रसार गुणांक

ठोस	अनुदैर्ध्य प्रसार का गुणांक (10^{-6} K^{-1})	द्रव	आयतन प्रसार गुणांक (10^{-4} K^{-1})
ऐलुमिनियम	24	एल्कोहॉल (एथिल)	11.2
पीतल	18 to 19	एल्कोहॉल (मेथिल)	12.2
ताँबा	16.7	बेंजीन	12.4
कांस्टैन्टन	18	ईथर (एथिल)	16.3
काँच (पाइरेक्स)	3	ग्लिसरीन	5.3
काँच (साफ्ट सोडा)	8.5		
लोहा (ढलवा)	10.0	पारा	1.8
लोहा (पिटुवा)	12.0	पानी (15°C)	1.5
बर्फ़	51.0	पानी (99°C)	7
स्टील	11.0	केरोसिन	10.0
शीशा	23.0		
जिंक	28.0		

© NCERT not to be republished

परिशिष्ट A-13
पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा

पदार्थ	विशिष्ट ऊष्मा, $Jkg^{-1}K^{-1}$	पदार्थ	विशिष्ट ऊष्मा, $Jkg^{-1}K^{-1}$
ठोस		*द्रव*	
एलुमिनियम (0°C)	877	ऐथिल ऐल्कोहॉल	2436
तांबा (0°C)	380	मेथिल ऐल्कोहॉल	2562
तांबा (50°C)	390	बेंजिन	1680
बर्फ	2100	ईथर	2352
लोहा (ढलवा)	500	ग्लिसरीन	2478
लोहा (पिंदुवा)	483	पारा	140
स्टील	470	जल (15°C)	4185.5
शीशा	130	लवण जल (0°C)	2970
पीतल	380	समुद्री जल (17°C)	3930
कांस्टैन्टन	412		
जिंक (0°C)	384		
काँच (क्राउन)	670		
काँच (फ्लिंट)	500		
बालू	1000 to 800		

परिशिष्ट A-14
गलन गुप्त ऊष्मा तथा वाष्पन गुप्त ऊष्मा

पदार्थ	10^4 J/kg
(i) गलन गुप्त ऊष्मा	
एलुमिनियम	40.2
कैल्सियम	23.0
तांबा	20.5
सोना	6.3
लोहा	26.8
शीशा	2.5
पारा	1.17
मैग्नीशियम	37.7
प्लैटिनम	11.3
चांदी	10.5
सोडियम	11.3
टिन	5.8
जिंक	10.0
जल	33.4
(ii) वाष्पन गुप्त ऊष्मा	
ऐसीटिक अम्ल	40.5
बेंजिन	39.4
कार्बन डाइ-सल्फाइड	35.1
ईथर	35.1
जल (100°C)	226.0
जल (30°C)	243.0

© NCERT not to be republished

परिशिष्ट A-15
आसुत जल का क्वथनांक

दाब (10^5 Pa)	क्वथनांक (°C)
0.784	93.0
0.88	96.2
0.98	99.1
1.013	100.0
1.209	105.0
1.76	116.3
1.96	119.6

परिशिष्ट A-16
अंतर्राष्ट्रीय व्यावहारिक ताप स्केल 1968

		K	°C
1.	त्रिक बिंदु	13.81	–259.34
2.	पारे के 25 cm दाब पर हाइड्रोजन का क्वथनांक	17.042	–256.108
3.	हाइड्रोजन का क्वथनांक	20.28	–252.87
4.	नियान का क्वथनांक	27.102	–246.048
5.	ऑक्सीजन का त्रिक बिंदु	54.361	–218.789
6.	आर्गन का त्रिक बिंदु	83.798	– 189.352
7.	ऑक्सीजन का संघनन-बिंदु	90.188	– 182.962
8.	जल का त्रिक बिंदु	273.16	0.01
9.	जल का क्वथनांक	373.15	100
10.	टिन का हिमांक	505.1181	231.9681
11.	जिंक का हिमांक	692.73	419.58
12.	चांदी का हिमांक	1235.08	961.93
13.	सोने का हिमांक	1337.58	1064.43

नोट–

1. I.P.T.S-65 के मापदंड 1968 में भार और भाप की अंतर्राष्ट्रीय समिति द्वारा अपनाए गए थे।
2. क्वथनांक (संघनन बिन्दु) तथा हिमांक, यदि अन्यथा नहीं कहा गया हो, मानक दाब (अर्थात् 0°C पर पारे के 760 mm के तुल्य अथवा 101325 Pa) पर।

© NCERT not to be republished

ग्रंथ सूची

1.	Advanced Practical Physics,	Leslie Beckett (General Editor) John Murray,
2.	Physics is Fun (Book I to IV),	Jim Jardine Heinemann Educational Books Ltd.
3.	The Flying Circus of Physics,	Jearl Walker, New York: John Wiley & Sons Inc.
4.	Practical Physics for Pre-Engg./Pre.Medical/B.Sc. I students.	U.S. Kushwaha & S.S.Datta, Chandigarh: Punjab University.
5.	Practical Physics for Pre-Univrsity Students	U.S. Kushwaha & S.S. Datta, Chandigarh: Panjab University.
6.	A Lab. Manual of Physics,	D.P. Khandelwal, Vani Educational
7.	Physics-Guide to Experiments Vol I to V	The Nuffield Foundation, Longmans, Green and Co. Ltd.
8.	Physics Laboratory Guide	Physics Science Study Committee, Indian Edition published by NCERT, New Delhi.
9.	Physics, an Experimental Science	White and White, Van Nostrand
10.	Source Book for Science Teaching	UNESCO (Revised Edition)
11.	Physics Resource Materials for Secondary School Teachers, Vol. I and II,	Regional College of Education, Mysore.
12.	Physics Experiments and Projects	W.Bolton, Pergamon Press.
13.	Enjoy Physics	Vinay B. Kamble, Vikram Sarabhai Community Science Centre.
14.	Projects in Physics	N.D.N. Belham, London: B.T. Batsford Ltd.
15.	Physics Through Experiments Vol. II - Mechanical Systems	B. Saraf and D.P. Khandelwal, Vikas Publishing House.
16.	Great Experiments in Physics	Edited by Morris H. Shamos, New York : Holt, Rinehart and Winston.
17.	Laboratory Experiments in Physics	Charles E. Dull, H. Clark Metcal and John E. Williams. New York; Holt, Rinehart and Winston.
18.	The Many Faces of Teaching and Learning Mechanics in Secondary and Tertiary Education	Edited by P.L. Linse, UNESCO - Utrecht.
19.	New Trends in Physics Teaching, Vol. III	Edited by John L. Lewis, UNESCO.
20.	New Trends in Physics Teaching, Vol. IV	Edited by E.J. Wenham, UNESCO,
21.	Teaching School Physics: A UNESCO Source Book	John L. Lewis, Paris: Penguine - UNESCO.
22.	Physics Laboratory Manual for Senior Secondary Classes, Vol. I, class XI and Vol. II, Class XII	NCERT, New Delhi.
23.	A Textbook of Practical Physics,	H.S. Allen and H.Moore, Macmillan & Co,, 2007.
24.	Practical Physics,	W.S. Franklin, C.M., EBSCO, HOST.
25.	Advanced Level Practical Work for Physics,	Mike Crundell & Chris Mee, Hodder & Stoughton (seek books.com.air)

© NCERT not to be republished

26. Practical Physics, G.L. Squires, Cambridge University Press (2001).

27. Thinking Physics :Practical Lessons in Critical Thinking (Paperback) Lewis C. Epstein.

कुछ उपयोगी वेबसाइट

1. www.meet - physics.net/David Harrison
2. www.upscale.utoronto.ca/general internet/Harrison/Flash
3. www.ac.wwu.edu
4. www.scienceclarified.com
5. www.met.tamu.edu
6. hyperphysics.phy-astr.gsci.edu
7. http://kidsearth.nasa.gov/archive/airpressure
8. www.Amazon.co.uk/books
9. www.tesco.com/books/
10. www.choosebooks.com
11. www.doorone.co.uk/physics+books
12. www.GLsquires-2001-books.google.com
13. www.antiqbook.co.uk/boox/seab/5697.html
14. www.practicalphysics.org/go/guidance_43.html

© NCERT not to be republished

दत्त अनुभाग

लघुगणक

सारणी I

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170						5	9	13	17	21	26	30	34	38
						0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	16	20	24	28	32	36
11	0414	0453	0492	0531	0569						4	8	12	16	20	23	27	31	35
						0607	0645	0682	0719	0755	4	7	11	15	18	22	26	29	33
12	0792	0828	0864	0899	0934						3	7	11	14	18	21	25	28	32
						0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	20	24	27	31
13	1139	1173	1206	1239	1271						3	6	10	13	16	19	23	26	29
						1303	1335	1367	1399	1430	3	7	10	13	16	19	22	25	29
14	1461	1492	1523	1553	1584						3	6	9	12	15	19	22	25	28
						1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	14	17	20	23	26
15	1761	1790	1818	1847	1875						3	6	9	11	14	17	20	23	26
						1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	19	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148						3	6	8	11	14	16	19	22	24
						2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	10	13	16	18	21	23
17	2304	2330	2355	2380	2405						3	5	8	10	13	15	18	20	23
						2430	2455	2480	2504	2529	3	5	8	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648						2	5	7	9	12	14	17	19	21
						2672	2695	2718	2742	2765	2	4	7	9	11	14	16	18	21
19	2788	2810	2833	2856	2878						2	4	7	9	11	13	16	18	20
						2900	2923	2945	2967	2989	2	4	6	8	11	13	15	17	19
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6471	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8

© NCERT not to be republished

लघुगणक

सारणी 1 (क्रमशः)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7768	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9997	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

not to be republished © NCERT

प्रतिलघुगणक

सारणी II

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	3	3	4	5	6	6
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	3	3	4	5	6	6

© NCERT not to be republished

प्रतिलघुगणक

सारणी II (क्रमश:)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
.51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	42S6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
.76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
.77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
.78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
.79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
.80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
.81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	1314	
.84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
.85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
.88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
.89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
.90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
.91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
.92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
.93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
.96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
.97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
.98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
.99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20