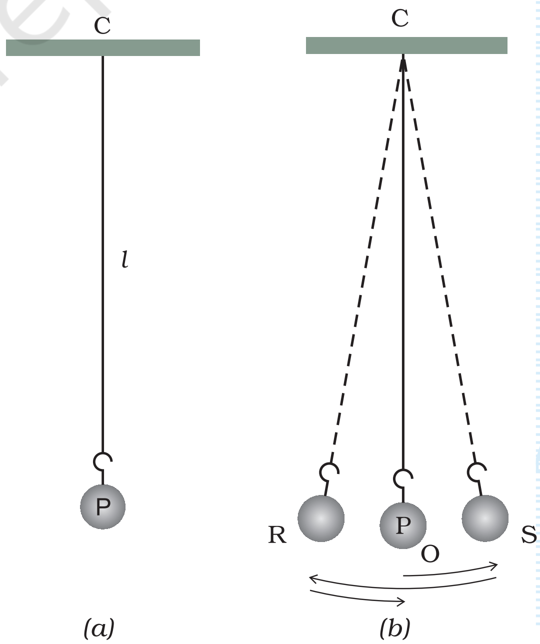
प्रयोग 39

उद्देश्य

किसी सरल लोलक के आयाम का उसके आवर्त काल पर प्रभाव का अध्ययन करना।

सिद्धांत

एक सरल लोलक एक छोटे भारी पिण्ड, जिसे गोलक कहते हैं को दृढ़ आधार से किसी हल्के अवितान्य धागे से लटकाने पर बनता है। (चित्र 39.1(a))। जब गोलक P के मुक्त सिरे को एक ओर थोड़ा दूर ले जाकर (जैसे बिन्दु R तक) छोड़ देते हैं तो वह अपनी माध्य स्थिति के सापेक्ष दोलन करना आरम्भ कर देता है [चित्र 39.1(b)]। लोलक द्वारा एक दोलन पूरा करने में लिए गए समय को लोलक का आवर्त काल कहते हैं। लोलक का अपनी माध्य स्थिति से अधिकतम् विचलन (अथवा लोलक की गति की लम्बाई का आधा) लोलक का आयाम कहलाता है। क्या किसी सरल लोलक का आवर्त काल उसके आयाम पर निर्भर करता है? इस प्रयोग में हम इसकी खोज करने का प्रयास करेंगे।



चित्र 39.1: (a) एक सरल लोलक तथा (b) दोलन करते किसी सरल लोलक के गोलक की विभिन्न स्थितियाँ तथा एक पूर्ण दोलन

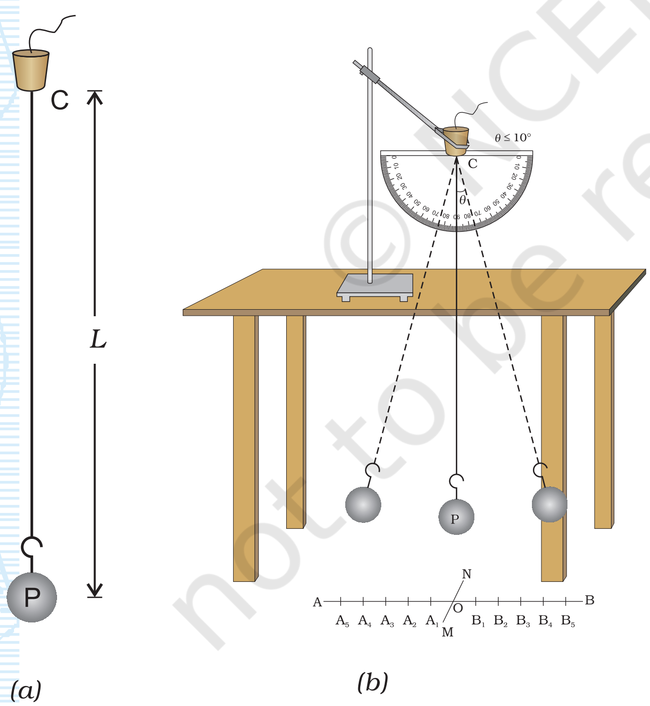
© NCERT not to be republished

आवश्यक सामग्री

एक भारी लोहे का स्टैण्ड, एक कॉर्क (बीच से लम्बाई के अनुदिश कटी हुई), लगभग 1.5 m लम्बा अवितान्य धागा, ज्ञात त्रिज्या का धातु का एक गोलक, एक विराम घड़ी, बड़े साइज़ का चाँदा तथा मीटर पैमाना।

कार्यविधि

1. दी गयी विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. लगभग 1.5 m लम्बे अवितान्य धागे का एक सिरा गोलक से बाँधिए तथा धागे के दूसरे सिरे को चित्र 39.2(a) में दर्शाए अनुसार दो भागों में बँटी कॉर्क से गुजारिए।
3. कॉर्क को दृढ़तापूर्वक भारी लोहे के स्टैण्ड में कसिए तथा इसे क्षैतिज मेज के किनारे पर रखिए। लोलक को मेज से हटकर लटकना चाहिए जिससे कि वह स्वतंत्रतापूर्वक दोलन कर सके।
4. कॉर्क के ठीक नीचे एक बड़े साइज का चाँदा इस प्रकार लगाइए कि इसकी 0° - 180° रेखा क्षैतिज रहे ताकि ऊर्ध्वाधर लटका लोलक चाँदे की 90° की रेखा के संपाती रहे। यह भी सुनिश्चित कीजिए कि लोलक की विराम स्थिति में चाँदे का केन्द्र लोलक के निलम्बन बिन्दु C के ठीक नीचे रहे [चित्र 39.2(b)]।



चित्र 39.2 : *(a) दो भोगों में बँटी कॉर्क में दृढ़ किया गया सरल लोलक (b) आयाम में परिवर्तन से लोलक के दोलन काल में होने वाले परिवर्तन का अध्ययन करने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था*

5. लोलक की प्रभावी लम्बाई *l*, को किसी वांछित मान (जैसे 1 m) पर समायोजित कीजिए। लोलक की प्रभावी लम्बाई निलम्बन बिन्दु (कटी कॉर्क का निम्नतम् बिन्दु जहाँ से लोलक मुक्त रूप से निलम्बित है।) से गोलक के संहति केन्द्र (जो कि गोल पिण्ड के प्रकरण में उसका ज्यामितीय केन्द्र होता है) तक की लम्बाई होती है। चित्र: 39.2(a). में दर्शाए अनुसार यह लम्बाई CP है। लोलक की प्रभावी लम्बाई को कॉर्क को थोड़ा ढ़ीला करके धागे को ऊपर या नीचे खींचकर कम या अधिक समायोजित किया जा सकता है। सरल लोलक की लम्बाई नोट कीजिए।
6. पृष्ठ पर दो रेखाएं खींचिए जिनमें एक (AB) मेज के किनारे के समांतर हो तथा अन्य (MN) इसके लम्बवत् इस प्रकार हो कि दोनों बिन्दु O पर प्रतिच्छेदन करें [चित्र 39.2(b)]।
7. प्रयोगशाला स्टैण्ड की स्थिति तथा ऊँचाई को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि रेखाओं AD तथा MN का प्रतिच्छेदन बिन्दु O, लोलक की विराम अवस्था में गोलक के केन्द्र के ठीक नीचे हो।

© NCERT not to be republished

8. रेखा AB को, बिन्दु O के दोनों ओर, लगभग 4 cm (मान लीजिए) के बराबर भागों में विभाजित कीजिए।
9. बिन्दु O के ठीक ऊपर गोलक P को धीरे से पकड़िए। धागे को तानित रखते हुए गोलक को रेखा AB पर लोलक की माध्य स्थिति (O) के किसी भी ओर पहले विभाजन बिन्दु OA_1 (अथवा OB_1) तक विस्थापित कीजिए। साथ ही कॉर्क के साथ लगे चाँदे पर गोलक का कोणीय विस्थापन भी नोट कीजिए। गोलक को माध्य स्थिति के परितः दोलन करने के लिए छोड़ दीजिए। दोलित लोलक का क्या आयाम है? यह लोलक का अपनी माध्य स्थिति (बिंदु P अथवा O पर) से अधिकतम् विस्थापन (बिंदु A_1 अथवा B_1 पर) हैं। अत: इस सरल लोलक का आयाम OA_1 (अथवा OB_1) है। आयाम तथा कोणीय विस्थापन का मापन कर सारणी में लिखें।
10. विराम घड़ी की सहायता से लोलक के पर्याप्त दोलनों की संख्या, n (जैसे 10 दोलन) के लिए लगने वाले समय का प्रेक्षण कीजिए। प्रेक्षण तालिका में n दोलनों का समय नोट कीजिए।
11. लोलक को इसकी माध्य स्थिति पर विराम स्थिति में लाइए। गोलक को पहले के विस्थापन की तुलना में दुगुनी दूरी तक विस्थापित कीजिए। लोलक का आयाम तथा कोणीय विस्थापन नोट कीजिए। n दोलनों में लगे समय को मापने के लिए चरण 10 को दोहराइए।
12. आयाम के तीन अन्य मानों (तथा कोणीय विस्थापनों)के लिए चरण 11 को दोहराइए तथा प्रत्येक प्रकरण में n दोलनों का समय नोट कीजिए।
13. प्रत्येक प्रकरण में सरल लोलक का आवर्त काल परिकलित कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

i. विराम घड़ी का अल्पतमांक = ___ s

ii. लोलक का व्यास, d = ___ cm

iii. गोलक की त्रिज्या , $r = d/2$ = ___ cm

iv. [धागे की लम्बाई + हुक की लम्बाई (यदि है] l = ___ cm

v. सरल लोलक की प्रभावी लम्बाई $L (= l + r)$ = ___ cm
= ___ m.

क्रम सं.	लोलक का आयाम	कोणीय विस्थापन	दोलनों की संख्या	n दोलनों में लिया गया समय	आवर्त काल $T = t/n$
	a	θ	n	t	
	(cm)	(°)		(s)	(s)
1.	4				
2.	8				
3.	12				
4.	16				
5.	20				
6.	25				
7.	30				

© NCERT not to be republished

ग्राफ

किसी नियत प्रभावी लम्बाई L के सरल लोलक के लिए लोलक के आयाम a तथा आवर्तकाल T, के बीच ग्राफ आलेखित कीजिए। आयाम a को y-अक्ष तथा T को x-अक्ष के अनुदिश लीजिए। सभी बिन्दुओं को निष्कोण वक्र द्वारा जोड़िए। प्रेक्षणों के साथ ग्राफ अपनी पुस्तिका में लगाइए।

परिणाम एवं परिचर्चा

प्रेक्षण तालिका तथा ग्राफ से हम सरल लोलक के आयाम तथा आवर्त काल के बीच संबंध के बारे में निष्कर्ष निकाल सकते हैं।

आप यह खोज सकते हैं कि छोटे आयामों (कोणीय विस्थापन, $\theta \leq 10°$, के तद्नरूपी) के लिए आवर्त काल आयाम पर निर्भर नहीं करता। परंतु बड़े आयामों (अथवा बड़े कोणीय विस्थापनों) के लिए लोलक का आवर्त काल आयाम के साथ परिवर्तित हो जाता है।

(लघु आयाम के लिए तो दोलन काल आयाम पर निर्भर नहीं करता परंतु दीर्घ आयाम के लिए क्यों करता है? इस विषय में आप उच्चतर कक्षाओं में अध्ययन करेंगे।)

सावधानियाँ

- सरल लोलक की प्रभावी लम्बाई तथा गोलक का द्रव्यमान सभी मापों के लिए समान रहना चाहिए।
- धागा हल्का, मजबूत तथा अवितान्य होना चाहिए। धागे में विस्तार होने पर लोलक की प्रभावी लम्बाई में वृद्धि हो जाएगी। धागे में कोई ऐंठन अथवा मरोड़ नहीं होने चाहिए।
- लोलक की टेक दृढ़ होनी चाहिए। इसके लिए भारी आधार का प्रायोगिक स्टैण्ड लेना चाहिए।
- दो भागों में कटी कॉर्क को स्टैण्ड में कसते समय उसका निचला फलक क्षैतिज होना चाहिए।
- दोलन करते समय लोलक को मेज के किनारों अथवा नीचे के पृष्ठ को स्पर्श नहीं करना चाहिए।
- गोलक को उसकी विस्थापित स्थिति से बहुत धीरे तथा बिना धक्के के मुक्त किया जाना चाहिए वरना वह सरल रेखा AB के अनुदिश गति नहीं करेगा। यदि आप यह अनुभव करें कि दोलन दीर्घवृत्ताकार है अथवा गोलक चक्रण कर रहा है अथवा गोलक ऊपर नीचे कूद रहा है तो लोलक को रोक कर दुबारा विस्थापित कीजिए।
- प्रयोग के स्थान पर वायु का विक्षोभ नहीं होना चाहिए। यहाँ तक कि प्रेक्षण के समय पंखों को भी बन्द कर देना चाहिए।
- दोलनों की गिनती उस समय आरम्भ करनी चहिए जब दोलायमान लोलक अपनी माध्य स्थिति से गुजर रहा हो।

© NCERT not to be republished

शिक्षक के लिए

- प्रयोग को सुगम बनाने के लिए गोलक का व्यास अथवा त्रिज्या तथा हुक की लम्बाई विद्यार्थियों को प्रदान की जा सकती है।
- यदि ऐसा प्रतीत होता है कि प्रयोग में काफी समय लग रहा है तो कोणीय विस्थापन की माप को छोड़ा जा सकता है।
- व्यवहार में समय के साथ लोलक के प्रत्येक दोलन में आयाम कम होता जाता है। इस प्रकार लोलक अत्यधिक समय तक दोलन करता नहीं रहेगा। अत: दोलन का आयाम बहुत कम होने से पहले ही लिए गए समय की माप के लिए दोलनों की गिनती करना बन्द कर देना चाहिए। अत: यह परामर्श दिया जाता है कि उन दोलनों की संख्या (n), जिनके लिए समय की माप की जाती है, कम (जैसे $n = 10$) होनी चाहिए।

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- विवेचना कीजिए कि किसी नियत लम्बाई के लोलक का आवर्त काल दोलन के आयाम में परिवर्तन के साथ किस प्रकार परिवर्तित होता है?
- पर्याप्त आयाम से दोलन करते किसी सरल लोलक का प्रेक्षण कीजिए। क्या इसका आयाम नियत रहता है? 10 दोलनों के पश्चात् अवलोकन की विवेचना कीजिए?
- दो विद्यार्थी इस प्रयोग को दो विभिन्न स्थितियों जैसे क्रमश: (i) विद्यालय प्रयोगशाला में तथा (ii) निर्वात में करते हैं। इनमें से किस विद्यार्थी को अच्छे परिणाम प्राप्त हो सकते हैं? इसकी विवेचना कीजिए?
- जब किसी सरल लोलक को उसकी माध्य स्थिति से विस्थापित करके मुक्त कर दिया जाता है तो वह किस कारण दोलन करता रहता है?
- किसी सरल लोलक के दोलनों के समाप्त होने के लिए उत्तरदायी कारक कौन-कौन से हैं?
- यदि लोलक का गोलक मेज़ के किनारों को स्पर्श करे तो क्या होगा?
- किसी सरल लोलक का आवर्त काल ज्ञात करते समय हम लगभग 10 दोलनों का समय मापने को क्यों वरीयता देते हैं?
- चित्र 39.2(b) का प्रेक्षण कीजिए। वह स्थान निर्धारित कीजिए जहाँ गोलक की चाल अधिकतम् तथा निम्नतम है। इन बिन्दुओं पर लोलक की गतिज तथा स्थितिज ऊर्जाओं की विवेचना भी कीजिए?
- क्या आप ऐसी स्थिति की कल्पना कर सकते हैं जिसमें किसी सरल लोलक का आवर्तकाल अनन्त हो जाता है?

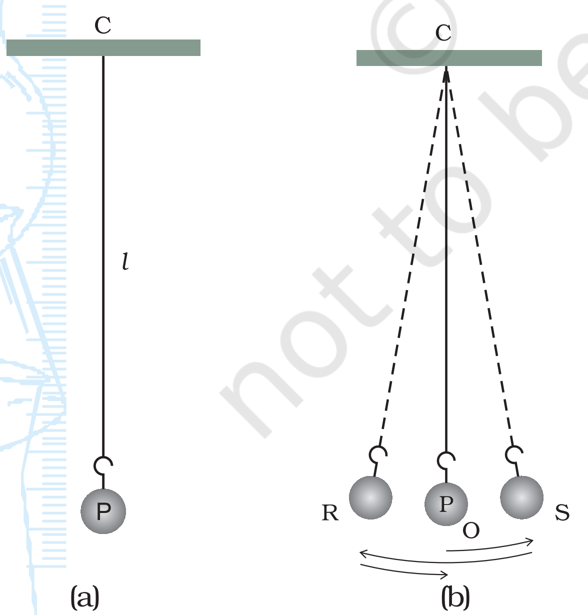
प्रयोग 40

उद्देश्य

सरल लोलक की लम्बाई में परिवर्तन के साथ उसके आवर्त काल में परिवर्तन का अध्ययन करना।

सिद्धांत

एक भारी पिण्ड जिसे गोलक कहते हैं, को दृढ़ आधार से किसी हल्के अवितान्य धागे से लटकाने पर सरल लोलक बनता है [चित्र 40.1(a)]। जब गोलक CP के मुक्त सिरे P को एक ओर (जैसे बिन्दु R तक) थोड़ा दूर ले जाकर छोड़ देते हैं, तो वह अपनी माध्य स्थिति पर दोलन करना आरम्भ कर देता है [चित्र 40.1(b)]। लोलक द्वारा एक दोलन पूरा करने में लिए गए समय को लोलक का आवर्त काल कहते हैं। सरल लोलक का आवर्त काल उसकी लम्बाई पर निर्भर करता है। इस प्रयोग में हम सरल लोलक की लम्बाई तथा उसके आवर्त काल के बीच संबंध स्थापित करने का प्रयास करेंगे।



चित्र 40.1: (a) एक सरल लोलक तथा (b) सरल लोलक के गोलक की दोलन करते समय विभिन्न स्थितियाँ तथा एक पूर्ण दोलन

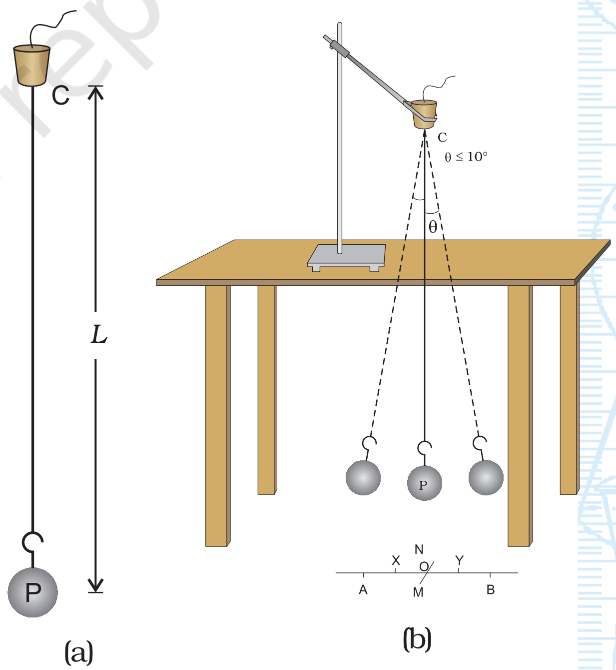
© NCERT not to be republished

आवश्यक सामग्री

भारी लोहे का स्टैण्ड, एक कॉर्क (लम्बाई के अनुदिश बीच से कटी हुई), लगभग 1.5 m लम्बा अवितान्य धागा, धातु की ज्ञात त्रिज्या का गोलक, एक विराम घड़ी, बड़े साइज आमाप का चाँदा तथा मीटर पैमाना।

कार्यविधि

1. दी गयी विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. लगभग 1.5 m लम्बे अवितान्य धागे का एक सिरा गोलक से बाँधिए तथा धागे के दूसरे सिरे को चित्र 40.2(a) में दर्शाए अनुसार दो भागों में बँटी कॉर्क से गुजारिए।
3. लोहे के भारी स्टैण्ड में कॉर्क को दृढ़ता पूर्वक कसिए तथा इसे क्षैतिज मेज पर रखिए। लोलक मेज से हटकर लटकना चाहिए जिससे वह स्वतंत्रता पूर्वक दोलन कर सके।
4. लोलक की प्रभावी लम्बाई L को किसी वांछित लम्बाई (जैसे 1 m) पर समायोजित कीजिए। लोलक की प्रभावी लम्बाई निलम्बन बिन्दु (कटी कार्क का निम्नतम बिन्दु जहाँ से लोलक मुक्त रूप से निलम्बित है) से गोलक के संहति केन्द्र (जो कि गोल पिण्ड के प्रकरण में उसका ज्यामितीय केन्द्र होता है) तक की लम्बाई होती है। अर्थात् चित्र 40.2(a) में CP लोलक की प्रभावी लम्बाई है। लोलक की इस लम्बाई को कॉर्क को थोड़ा ढ़ीला करके धागे को नीचे (अथवा ऊपर) खींचकर अधिक अथवा कम किया जा सकता है। सरल लोलक की लम्बाई मापिए।
5. पृष्ठ पर दो रेखाएँ खींचिए जिनमें एक (AB) मेज के किनारे के समांतर हो तथा दूसरी (MN) इसके लम्बवत इस प्रकार खींची गयी हो कि दोनों रेखाएँ बिन्दु O पर चित्र 40.2(b) में दर्शाए अनुसार बिंदु O प्रतिच्छेद करें।
6. प्रयोगशाला स्टैण्ड की ऊँचाई तथा स्थिति को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि रेखाओं AB तथा MN का प्रतिच्छेदन बिन्दु O, लोलक की विराम अवस्था में गोलक के केन्द्र के ठीक नीचे हो।
7. बिन्दु O के ठीक ऊपर गोलक P को धीरे से पकड़िए। धागे को तानित रखते हुए गोलक को रेखा AB के अनुदिश लोलक की माध्य स्थिति (O) के किसी भी ओर जैसे बिन्दु X अथवा बिन्दु Y तक विस्थापित कीजिए। (गोलक का विस्थापन इसकी माध्य स्थिति O से लगभग 10 cm होना चाहिए ताकि कोणीय विस्थापन 10° से अधिक न हो)। गोलक को मुक्त



चित्र 40.2: (a) विभक्त कॉर्क में दृढ़ सरल लोलक तथा (b) सरल लोलक की लम्बाई में परिवर्तन के साथ उसके आवर्त काल में परिवर्तन के अध्ययन के लिए प्रयोगिक व्यवस्था।

© NCERT not to be republished

कीजिए ताकि वह अपनी माध्य स्थिति के परित: दोलन करना आरम्भ कर दे। लोलक के शीर्ष पर जुड़े चाँदे से गोलक के कोणीय विस्थापन की जाँच भी कीजिए।

8. विराम घड़ी द्वारा दोलनों की पर्याप्त संख्या, n (जैसे 10 दोलन) द्वारा लिये गये समय का प्रेक्षण कीजिए। प्रेक्षण तालिका में n दोलनों में लगे समय को नोट कीजिए।
9. लोलक को उसकी माध्य स्थिति पर विराम अवस्था में लाइए। लोलक की समान लम्बाई L के लिए चरण 7 और 8 को दोहराइए तथा लिए गए समयों को नोट कीजिए।
10. लोलक की प्रभावी लम्बाई के विभिन्न मानों के लिए (या तो आरोही क्रम में अथवा अवरोही क्रम में) कार्यकलाप को कम से कम चार अन्य मानों के लिए दोहराइए तथा अपने प्रेक्षणों को तालिका में नोट कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

(i) विराम घड़ी का अल्पतमांक = ___ s

(ii) गोलक का व्यास, d = ___ cm

(iii) गोलक की त्रिज्या, $r = d/2$ = ___ cm

(iv) दोलनों की संख्या, n = ___

(v) [धागे की लम्बाई + हुक की लम्बाई (यदि कोई है)] l = ___ cm

(vi) सरल लोलक की प्रभावी लम्बाई, L (= $l + r$) = ___ cm

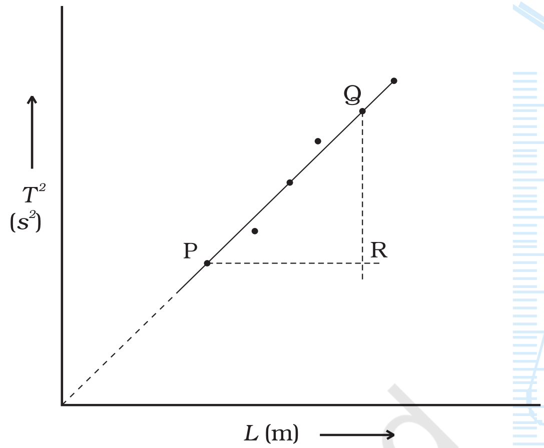
= ___ m.

© NCERT not to be republished

क्रम सं.	लोलक की प्रभावी लम्बाई L = धागे की लम्बाई + हुक की लम्बाई (यदि कोई है) + गोलक की त्रिज्या, r		n दोलनों में लगा समय t	आवर्त काल $T = t/n$	औसत आवर्त काल T	T^2
	(cm)	(m)	(s)	(s)	(s)	(s^2)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

ग्राफ

सरल लोलक की प्रभावी लम्बाई L, तथा औसत आवर्त काल के वर्ग, T^2, के बीच L को x-अक्ष के अनुदिश तथा T^2 को y-अक्ष के अनुदिश लेकर ग्राफ आलेखित कीजिए। आपके द्वारा अंकित बिन्दुओं को जोड़ते हुए एक सरल रेखा इस प्रकार खींचिए कि अधिक से अधिक बिन्दु इस रेखा पर आएं (चित्र 40.3)। कुछ बिन्दु इस रेखा पर न होकर इसके इधर-उधर हो सकते हैं। यह जाँचने के लिए कि प्रेक्षित ग्राफ मूल बिन्दु से गुजरता है अथवा नहीं इस सरल को पीछे की ओर बढ़ाइए।



चित्र 40.3: *L तथा T^2 के बीच ग्राफ*

परिणाम एवं परिचर्चा

लोलक की लम्बाई तथा इसके आवर्तकाल के वर्ग के बीच ग्राफ एक सरल रेखा है। इसका यह अर्थ है कि किसी सरल लोलक का आवर्त काल उसकी लम्बाई के वर्गमूल के अनुक्रमानुपाती होता है।

सावधानियाँ

- उपयोग किया जाने वाला धागा पतला, हल्का, मजबूत तथा अवितान्य होना चाहिए। धागे में कोई विस्तार लोलक की प्रभावी लम्बाई में वृद्धि करेगा। धागे में कोई ऐंठन अथवा मरोड़ नहीं होनी चाहिए।
- लोलक की टेक (प्रयोगशाला स्टैण्ड) दृढ़ होनी चाहिए।
- विभक्त कॉर्क को उसका निचला फलक क्षैतिज रखते हुए स्टैण्ड में कसना चाहिए।
- दोलन करते समय लोलक को मेज़ के किनारे अथवा नीचे के पृष्ठ को नहीं छूना चाहिए।
- गोलक का अपनी माध्य स्थिति से विस्थापन लघु होना चाहिए।
- गोलक को उसकी विस्थापित स्थिति से बहुत धीरे से तथा बिना धक्के के मुक्त किया जाना चाहिए वर्ना वह सरल रेखा AB के अनुदिश गति नहीं करेगा। यदि आप यह पाते हैं कि दोलन दीर्घवृत्तीय है अथवा गोलक चक्रण कर रहा है अथवा ऊपर-नीचे कूद रहा है तो लोलक को रोक कर पुन: विस्थापित कीजिए।
- प्रयोग के स्थान पर वायु का विक्षोभ नहीं होना चाहिए। यहाँ तक कि प्रेक्षण लेते समय पंखों को भी बन्द कर देना चाहिए।
- दोलनों की गिनती उस समय आरम्भ करनी चाहिए जब दोलायमान लोलक अपनी माध्य स्थिति से गुजर रहा हो।

© NCERT not to be republished

शिक्षक के लिए

- प्रयोग को सुगम बनाने के लिए गोलक के व्यास अथवा त्रिज्या तथा हुक की लम्बाई के मान विद्यार्थियों को प्रदान किए जा सकते हैं।
- व्यवहार में समय के साथ लोलक के प्रत्येक दोलन में आयाम कम होता जाता है। इस प्रकार लोलक अत्यधिक समय तक दोलन नहीं करता रहेगा। अत: दोलन का आयाम बहुत कम होने से पूर्व ही समय मापने के लिए दोलनों की गिनती रोक देनी चाहिए। इसलिए यह परामर्श दिया जाता है कि उन दोलनों की संख्या (n) जिनके लिए समय की माप ली जानी है, कम (जैसे $n = 10$) होनी चाहिए।

प्रश्न

- सरल लोलक की माध्य स्थिति को परिभाषित कीजिए।
- समय के साथ दोलायमान लोलक का आयाम घटता जाता है। इसके लिए उत्तरदायी कारक सुझाइए।
- जब आप किसी लोलक को उसकी माध्य स्थिति से विस्थापित करते हैं और फिर मुक्त कर देते हैं तो यह इधर-उधर गति करने लगता है। ऐसा क्यों होता है? अपने मित्रों अथवा शिक्षक से इस पर चर्चा कीजिए।
- कौन सा लोलक अधिक समय तक दोलन करेगा – जो वायु में दोलन कर रहा है अथवा जो निर्वात में दोलन कर रहा है?
- क्या होगा यदि गोलक मेज़ के किनारे को स्पर्श कर रहा है?
- सरल लोलक के प्रयोग में आयाम छोटा क्यों होना चाहिए?
- लोलक का आवर्त काल ज्ञात करते समय हम लगभग 10 दोलनों का समय मापने को वरीयता क्यों देते हैं?
- चित्र 40.2(b) का प्रेक्षण कीजिए। उन स्थितियों को निश्चित कीजिए जहाँ गोलक की चाल निम्नतम् तथा अधिकतम् है। इन बिन्दुओं पर लोलक की गतिज एवं स्थितिज ऊर्जाओं पर भी परिचर्चा कीजिए?
- लम्बे अथवा छोटे धागे के लोलकों में से किसमें आवर्त काल की माप अधिक परिशुद्ध होगी?
- किसी लोलक की कुल लम्बाई (L) तथा आवर्त काल (T) के बीच ग्राफ की आकृति कैसी होगी?
- क्या आप ऐसी स्थिति की कल्पना कर सकते हैं जिसमें किसी सरल लोलक का आवर्त काल अनन्त हो जाता है?

© NCERT not to be republished

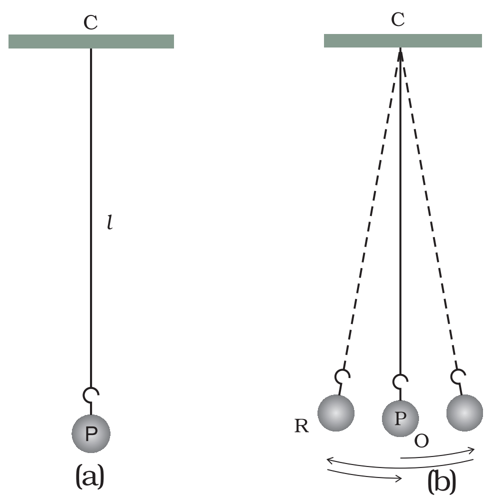
प्रयोग 41

उद्देश्य

किसी सरल लोलक के आवर्त काल पर उसके गोलक के द्रव्यमान के प्रभाव का अध्ययन करना।

सिद्धांत

सरल लोलक में किसी भारी पिण्ड, जिसे गोलक कहते हैं, को हल्के धागे से बाँधकर नियत तथा मुक्त सिरे P से थोड़ा एक ओर (जैसे बिन्दु R तक) ले जाकर मुक्त कर दिया जाता है तो वह अपनी माध्य स्थिति O के दोनों ओर दोलन करने लगता है [चित्र 41.1 (b)]। लोलक द्वारा एक दोलन पूरा करने में लिया गया समय उसका आवर्त काल कहलाता है। सरल लोलक में दोलनों को बनाए रखने के लिए उत्तरदायी बल प्रत्यानयन बल होता है जिसमें गोलक का द्रव्यमान सम्मिलित होता है। इस प्रयोग में हम सरल लोलक के आवर्त काल पर उसके गोलक के द्रव्यमान के प्रभाव का अध्ययन करेंगे।



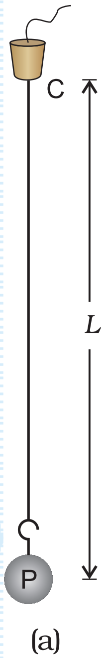
चित्र 41.1 : (a) सरल लोलक (b) किसी दोलायमान सरल लोलक के गोलक की विभिन्न स्थितियाँ तथा एक पूर्ण दोलन

© NCERT not to be republished

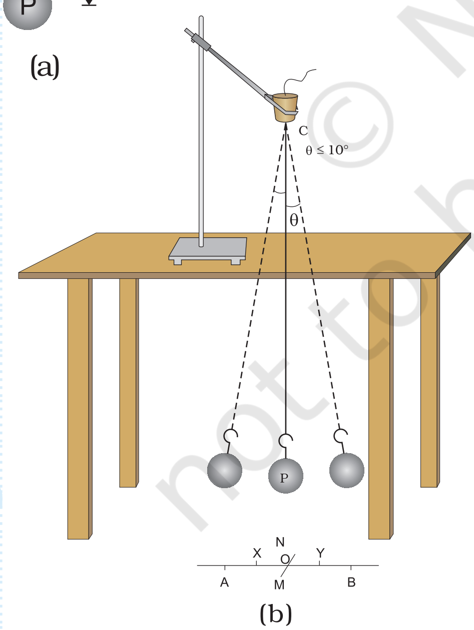
आवश्यक सामग्री

लोहे का भारी स्टैण्ड, कॉर्क (लम्बाई के अनुदिश बीच में विभक्त), लगभग 1.5 m लम्बा एक अवितान्य धागा, ज्ञात द्रव्यमान तथा व्यासों के तीन धात्विक गोलक (जिनके द्रव्यमान भिन्न हों), विराम घड़ी, बड़ा चाँदा, तथा मीटर पैमाना।

कार्यविधि



1. दी गयी विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. लगभग 1.5 m लम्बे अवितान्य धागे का एक सिरा द्रव्यमान m_1 तथा व्यास d_1 वाले पहले लोलक के धातु के गोलक से बाँधकर इसके दूसरे सिरे को चित्र 41.2(b)की भाँति विभक्त कॉर्क के बीच से गुजारिए।
3. कॉर्क को दृढ़तापूर्वक भारी लोहे के स्टैण्ड में कसिए तथा इसे क्षैतिज मेज पर रखिए। लोलक को मेज़ से हटकर लटकना चाहिए जिससे कि वह स्वतंत्रतापूर्वक दोलन कर सके।
4. लोलक की प्रभावी लम्बाई *L*, को किसी वांछित लम्बाई (जैसे 1 m). पर समायोजित कीजिए। लोलक की प्रभावी लम्बाई की माप निलम्बन बिन्दु (विभक्त कॉर्क के निम्नतम् बिन्दु जहाँ से गोलक मुक्त रूप से निलंबित है।) से गोलक के संहति केन्द्र (जो कि गोल पिण्ड के प्रकरण में उसका ज्यामितीय केन्द्र होता है।) तक की दूरी होती है अर्थात् चित्र 41.2(a) में यह लम्बाई CP है। लोलक की इस लम्बाई को विभक्त कार्क को थोड़ा ढीला करके धागे को नीचे (अथवा ऊपर) खींचकर अधिक अथवा कम किया जा सकता है। इस प्रयोग में सरल लोलक की लम्बाई नियत रखिए।
5. पृष्ठ पर दो रेखाएं खींचिए जिनमें एक (AB) मेज़ के किनारे के समांतर तथा दूसरी (MN) इसके लम्बवत् इस प्रकार खींची गयी हो कि दोनों रेखाएं चित्र [Fig. 41.2(b)] में दर्शाए अनुसार बिन्दु O पर प्रतिच्छेदन करें।
6. प्रयोगशाला स्टैण्ड की स्थिति तथा कॉर्क की ऊँचाई इस प्रकार समायोजित कीजिए कि रेखाओं AB तथा MN का प्रतिच्छेदन बिन्दु O, लोलक की विराम स्थिति में गोलक के केन्द्र के ठीक नीचे हो।
7. बिन्दु O के ठीक ऊपर लोलक के गोलक P को धीरे से पकड़िए तथा धागे को तानित रखते हुए गोलक को रेखा AB के अनुदिश लोलक की माध्य स्थिति के किसी भी ओर जैसे बिन्दु X अथवा बिन्दु Y तक विस्थापित कीजिए (गोलक का विस्थापन लगभग 10 cm होना चाहिए ताकि कोणीय विस्थापन $10°$ से अधिक न हो।) गोलक को मुक्त कीजिए ताकि वह अपनी माध्य स्थिति पर दोलन करना आरम्भ कर दे। लोलक के शीर्ष पर जुड़े चाँदे से गोलक के कोणीय विस्थापन की जाँच भी कीजिए।



चित्र 41.2: *(a) एक–दो भागों में विभक्त कॉर्क में लगा सरल लोलक, तथा (b) गोलक के द्रव्यमान में परिवर्तन से सरल लोलक के दोलन काल में होने वाले परिवर्तन का अध्ययन करने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था*

© NCERT not to be republished

8. विराम घड़ी द्वारा दोलनों की पर्याप्त संख्या n (जैसे 10 दोलन) में लगे समय का प्रेक्षण कीजिए। प्रेक्षण तालिका में n दोलनों द्वारा लिया गया समय नोट कीजिए।
9. लोलक को उसकी माध्य स्थिति पर विराम अवस्था में लाइए। समान धात्विक गोलक के लिए चरण 8 को फिर से दोहराइए। n दोलनों का कुल समय नोट कीजिए।
10. लोलक के धात्विक गोलक को ज्ञात द्रव्यमान (m_2) एवं व्यास (d_2) के किसी अन्य धात्विक गोले द्वारा प्रतिस्थापित कीजिए। चरण 4 में दी गयी विधि द्वारा सरल लोलक की कुल लम्बाई L समान रखते हुए समायोजित कीजिए। n दोलनों को पूर्ण करने में लगे समय को नोट करने के लिए पुनः चरण 8 तथा 9 को दोहराइए।
11. दिए गए तीसरे धात्विक गोलक के लिए चरण 10 को दोहराइए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

(i) विराम घड़ी का अल्पतमांक = ___ s

(ii) दिए गए तीन धात्विक गोलकों का विशिष्ट विवरण:

गोलक	द्रव्यमान m (g)	व्यास d (cm)	त्रिज्या r (cm)	गोलक से जुड़े हुक की लम्बाई h (cm)
पहला	m_1 =	d_1 =	r_1 =	h_1 =
दूसरा	m_2 =	d_2 =	r_2 =	h_2 =
तीसरा	m_3 =	d_3 =	r_3 =	h_3 =

(iii) सरल लोलक की कुल लम्बाई, L = धागे की लम्बाई $+ r + h$ = ___ cm = ___ m

(iv) दोलनों की संख्या, n = ___ .

क्रम सं.	गोलक का द्रव्यमान m	धागे की लम्बाई l	लोलक की कुल लम्बाई $= l + r + h$	n दोलनों का समय t	आवर्त काल $T = t/n$	औसत आवर्त काल
	(g)	(cm)	(cm)	(s)	(s)	(s)
1.	m_1	__	L	__	__	__
2.			L	__	__	
3.	m_2	__	L	__	__	__
4.			L	__	__	
5.	m_3	__	L	__	__	__
6.			L	__	__	

© NCERT not to be republished

परिणाम एवं परिचर्चा

प्रेक्षणों के आधार पर सरल लोलक के गोलक के द्रव्यमान का उसके आवर्त काल पर प्रभाव के विषय में निष्कर्ष निकालिए। आप यह देख सकते हैं कि सरल लोलक का आवर्त काल उसके गोलक के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता (इस स्वतंत्रता के विषय में विस्तार से आप उच्च कक्षाओं में अध्ययन करेंगे।)

सावधानियाँ

- समस्त प्रयोग में लोलक की कुल लम्बाई समान रहनी चाहिए।
- उपयोग किया गया धागा मजबूत तथा अवितान्य होना चाहिए। धागे में कोई विस्तार (जो गोलक के द्रव्यमान पर निर्भर होता है।) लोलक की प्रभावी लम्बाई में वृद्धि करेगा। धागे में कोई ऐंठन अथवा मरोड़ नहीं होनी चाहिए।
- लोलक की टेक (प्रयोगशाला स्टैण्ड) दृढ़ होनी चाहिए।
- विभक्त कॉर्क को स्टैण्ड में कसते समय इसका निचला फलक क्षैतिज होना चाहिए।
- दोलन करते समय लोलक मेज़ के किनारे अथवा नीचे के पृष्ठ से स्पर्श नहीं करना चाहिए।
- गोलक का उसकी माध्य स्थिति से विस्थापन लघु होना चाहिए।
- गोलक को इसकी विस्थापित स्थिति से धीरे से बिना किसी झटके के मुक्त करना चाहिए अन्यथा यह सरल रेखा AB के अनुदिश गमन नहीं करेगा। यदि आप यह पाएं कि दोलन दीर्घ वृत्ताकार हैं अथवा गोलक चक्रण कर रहा है तो लोलक को रोककर इसे पुनः विस्थापित कीजिए।
- प्रयोग के स्थान पर वायु का कोई विक्षोभ नहीं होना चाहिए। अतः प्रेक्षण के समय सभी पंखे बन्द कर देने चाहिए।
- दोलन करते समय जब लोलक का गोलक अपनी माध्य स्थिति से गुजरे तभी से दोलनों की गिनती करना आरम्भ करना चाहिए।

शिक्षक के लिए

- मापन कौशल के अनावश्यक महत्व से बचने के लिए लोलक के गोलक का व्यास अथवा त्रिज्या, उसके हुक की लम्बाई तथा उसका द्रव्यमान विद्यार्थियों को प्रदान किया जा सकता है। धातु के सभी गोलकों का एक ही धातु से बना होना आवश्यक नहीं है। ये धातुएँ भिन्न हो सकती हैं।
- व्यवहार में समय के साथ लोलक के प्रत्येक क्रमागत दोलन में आयाम घटता जाता है। इस प्रकार लोलक अत्यधिक समय तक दोलन नहीं करता रहेगा। अतः दोलन का आयाम बहुत कम होने से पूर्व ही समय मापने के लिए दोलनों की गिनती रोक देनी चाहिए। इसलिए यह परामर्श दिया जाता है कि समय की माप किए जाने वाले दोलनों की संख्या n कम (जैसे $n = 10$) होनी चाहिए।
- धातु के गोलकों के द्रव्यमान अत्यधिक नहीं होने चाहिए अन्यथा धागा टूट सकता है। इसके

© NCERT not to be republished

अतिरिक्त दोलन करते लोलक का आयाम अति शीघ्र समाप्त (लोलक के निलम्बन बिन्दु पर घर्षण के कारण!) हो सकता है।

- प्रयोग की समस्त अवधि में लोलक की नियत लम्बाई सुनिश्चित करना काफी कठिन है। लोलक के गोलक के रूप में कोई छोटी खोखली गेंद ली जा सकती है जिसे विभिन्न पदार्थों से भरकर उसका द्रव्यमान परिवर्तित किया जा सकता है।

प्रश्न

- क्या किसी सरल लोलक का आवर्तकाल उसके गोलक के द्रव्यमान पर निर्भर करता है?
- क्या किसी सरल लोलक का आवर्तकाल उसके गोलक के साइज पर निर्भर करता है? क्या यह गोलक की आकृति पर निर्भर करता है?
- आपको दो सरल लोलक दिए गए हैं जिनकी लम्बाई समान है परन्तु द्रव्यमान भिन्न हैं। ये दोनों सरल लोलक समान दूरी तक विस्थापित करके माध्य स्थिति पर दोलन करने के लिए मुक्त कर दिए जाते हैं। यदि वायु का प्रतिरोध दोनों लोलकों पर समान है तो इनके आवर्त कालों की तुलना कीजिए?

© NCERT not to be republished

प्रयोग 42

उद्देश्य

तानित डोरी से संचरण करते किसी अनुप्रस्थ स्पन्द की चाल ज्ञात करना।

सिद्धांत

किसी माध्यम में अल्प समय में समाप्त होने वाले लघु विक्षोभ को स्पन्द कहते हैं। किसी स्पन्द की गति का प्रेक्षण लम्बी तानित डोरी अथवा तानित स्लिन्की पर किया जा सकता है। किसी स्पन्द का वर्गीकरण उसके द्वारा माध्यम में उत्पन्न विक्षोभ की दिशा द्वारा किया जाता है। अनुप्रस्थ स्पन्द ऐसा विक्षोभ होता है जो किसी माध्यम को स्पन्द के गमन की दिशा के लम्बवत गति कराता है। यदि विक्षोभ स्पन्द के गमन की दिशा में है, तो स्पन्द अनुदैर्ध्य होता है।

किसी अनुप्रस्थ स्पन्द की गति का प्रेक्षण किसी एक सिरे पर बँधी लम्बी तानित डोरी पर किया जा सकता है। डोरी के एक सिरे पर झटका देकर उत्पन्न किया गया कूबड़ अनुप्रस्थ स्पन्द का एक उदाहरण है। हाथ से पकड़ी किसी डोरी के सिरे पर यकायक उत्पन्न किया गया स्पन्द डोरी के अनुदिश गति करते हुए दूसरे सिरे पर पहुँचकर समाप्त हो जाता है। तथापि, यदि डोरी दोनों सिरों पर बँधी हो तो स्पन्द समाप्त होने से पूर्व इसके सिरों से कई बार परावर्तित हो सकता है [चित्र 42.1(a-g)]। डोरी की ज्ञात लम्बाई l तय करने में स्पन्द द्वारा लिए गये समय t को मापकर, डोरी के अनुदिश स्पन्द की चाल (v) ज्ञात की जा सकती है। अर्थात्

$$v = \frac{l}{T}$$

आवश्यक सामग्री

लगभग 0.5 cm व्यास की 10 m लम्बी कसकर बुनी एक सूती डोरी, विराम घड़ी तथा मीटर पैमाना।

© NCERT not to be republished

कार्यविधि

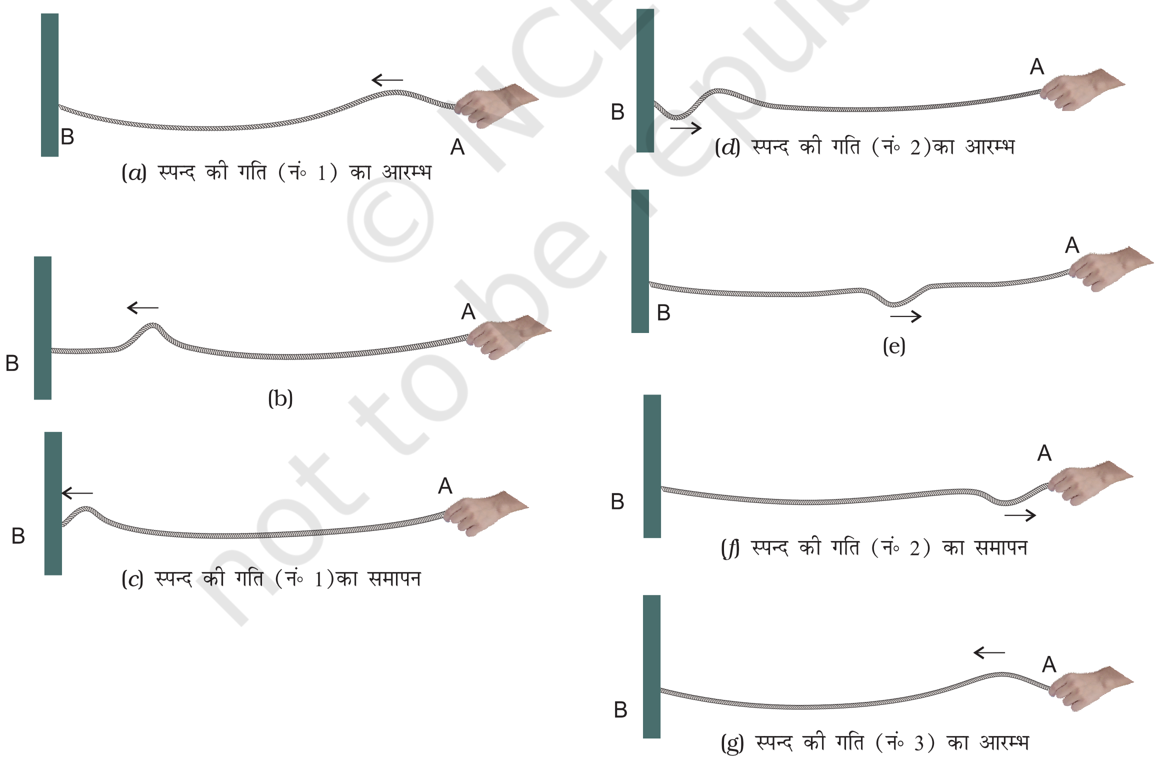
1. विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।

2. कसकर बुनी सूती डोरी (जैसी रस्सी कूदने के खेल में उपयोग होती है) का एक सिरा दरवाजे की हत्थी अथवा खिड़की की ग्रिल अथवा दीवार में लगी खूँटी से बाँधिए। डोरी की ज्ञात लम्बाई (l_1) को डोरी के दूसरे सिरे को कसकर पकड़िए और थोड़ी ढ़ील रखते हुए तानिए। डोरी के इस सिरे को भी किसी अन्य दरवाजे की हत्थी अथवा खूँटी से बाँधा जा सकता है। डोरी में अपने भार के कारण बीच में झोल पड़ सकती है। तथापि थोड़े से झोल से आपके प्रेक्षणों पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा।

3. स्पन्द उत्पन्न करने के लिए डोरी के एक सिरे पर एक लघु क्षैतिज अनुप्रस्थ झटका दीजिए। स्पन्द को डोरी के अनुदिश गमन करने दीजिए। डोरी में ऐसा एकल स्पन्द उत्पन्न करने के लिए, जो डोरी के अनुदिश निर्विघ्न गमन कर सके अभ्यास की आवश्यकता होगी।

4. डोरी के अनुदिश गमन करते स्पन्द का प्रेक्षण कीजिए और यह नोट कीजिए कि जब स्पन्द डोरी के

© NCERT not to be republished



चित्र 42.1(a-g): *सिरों पर बँधी डोरी में, स्पन्द समाप्त होने से पूर्व कई बार इधर-उधर गमन करता है*

दूसरे सिरे पर पहुँचता है तो क्या होता है। क्या यह परावर्तन के पश्चात वापस लौटता है? क्या यही परिघटना उस सिरे पर भी होती है जिस पर स्पन्द उत्पन्न किया गया था?

5. तानित डोरी के एक सिरे को पकड़कर स्पन्द उत्पन्न करने के लिए एक झटका दीजिए। जैसे ही आप तानित डोरी को झटका दें वैसे ही अपने मित्र को विराम घड़ी चालू करने के लिए कहिए। स्पन्द द्वारा दो सिरों के बीच डोरी की समस्त लम्बाई के अनुदिश n यात्राएं करने में लगा समय मापिए [चित्र 42.1 (a-g)]। यह तब ही संभव है जब स्पन्द समाप्त होने से पूर्व डोरी के अनुदिश इधर-उधर कई बार गमन करे। विराम घड़ी का चालू करना तथा बन्द करना स्पन्द के उत्पन्न होने तथा स्पन्द के उस बिन्दु तक पहुँचने जहाँ तक माप ली जानी है, के समक्षणिक होना चाहिए। स्पन्द डोरी की समस्त लम्बाई को कितनी बार तय करता है इसकी गिनती करने में भी सावधानी बरतनी चाहिए।

6. दो सिरे जहाँ पर डोरी बँधी है के बीच की दूरी में परिवर्तन करके उसी डोरी की विभिन्न लम्बाइयाँ (जैसे l_2, l_3 आदि) लेकर प्रयोग को दोहराइए। स्पन्द द्वारा डोरी की विभिन्न लम्बाईयों की n यात्राएं पूरी करने में लगा समय नोट कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

i. विराम घड़ी का अल्पतमांक = _____ s

क्रम सं.	दो सिरों की बीच डोरी की लम्बाई	स्पन्द द्वारा n यात्राएं करने में लगा समय	स्पन्द द्वारा एक यात्रा पूरी करने का समय	डोरी में स्पन्द की चाल
	l	t	T (= t/n)	$v = l/T$
	(m)	(s)	(s)	(m/s)
1.	l_1 =			v_1 =
2.	l_2 =			v_2 =
3.	l_3 =			v_3 =

परिणाम एवं परिचर्चा

डोरी की विभिन्न लम्बाइयों पर स्पन्द की चाल तालिका में दी गयी है। इस प्रयोग में कदाचित आपने डोरी की विभिन्न लम्बाईयों के लिए अनुप्रस्थ स्पन्द की चालों के विभिन्न मान प्राप्त किए हैं। अपने शिक्षक तथा मित्रों से डोरी में स्पन्द की चाल को प्रभावित करने वाले कारकों के नाम लिखकर उन पर चर्चा कीजिए।

© NCERT not to be republished

सावधानियाँ

- दोनों सिरों पर बँधे होने पर डोरी अत्यधिक तनी हुई नहीं होनी चाहिए। उच्च तनाव की अवस्था में स्पन्द का वेग अत्यधिक होने के कारण इसके गमन के समय का प्रेक्षण करना कठिन होगा। डोरी के भार के कारण पड़ने वाले कुछ झोल से डोरी में स्पन्द उत्पन्न करने तथा उसकी गति का प्रेक्षण करने में सहायता मिलेगी।
- डोरी को किसी दृढ़ पृष्ठ पर (इसके सम्पर्क में) नहीं रखना चाहिए क्योंकि ऐसी स्थिति में स्पन्द अतिशीघ्र समाप्त हो जाएगा तथा प्रेक्षण में कठिनाई होगी।
- यह सुनिश्चित करना चाहिए कि तानित डोरी के दो सिरों के अतिरिक्त इसका अन्य कोई भी भाग किसी पृष्ठ से स्पर्श नहीं करना चाहिए। क्यों?
- डोरी की प्रयुक्त लम्बाई में कोई गाँठ अथवा ऐंठन नहीं होनी चाहिए।
- स्पन्द की यात्राओं की गिनती शून्य से आरम्भ करनी चाहिए (एक से नहीं)। अर्थात् स्पन्द उत्पन्न करना तथा विराम घड़ी चालू करना समक्षणिक होना चाहिए।
- ऐसा प्रयास किया जाना चाहिए कि स्पन्द का आयाम काफी अधिक रहे ताकि डोरी के स्थिर सिरों से इसका कई बार परावर्तन हो सके।

शिक्षक के लिए

- इस प्रयोग को करने के लिए काफी अभ्यास आवश्यक है अतः इसे दो या तीन विद्यार्थियों के समूह में करना चाहिए।
- सूती डोरी के स्थान पर जूट, प्लास्टिक अथवा किसी अन्य पदार्थ की रस्सी का उपयोग भी किया जा सकता है।
- इस प्रयोग को करने के लिए किसी हॉल अथवा गैलरी को वरीयता दी जानी चाहिए।
- इस प्रयोग में स्पन्द की चाल विभिन्न लम्बाइयों के लिए परिवर्तित होती है। यह सुझाव दिया जाता है कि विद्यार्थी अपने प्रेक्षणों की पुनरावृत्ति डोरी की समान लम्बाई, जैसे l_1 के लिए करें। कदाचित उन्हें स्पन्द की चाल के विभिन्न मान प्राप्त होंगे। विद्यार्थियों को इसका कारण ज्ञात करने के लिए प्रोत्साहित कीजिए।
- यह सुझाव दिया जाता है कि इस प्रयोग को ऐसे स्थान पर किया जाए जहाँ पर बाह्य प्रभाव (जैसे तेज वायु) कम से कम हों। प्रयोग करते समय पंखे बन्द कर दीजिए।
- यह पाया जाता है कि किसी डोरी में स्पन्द (अथवा तरंग) की चाल डोरी में तनाव के वर्गमूल के अनुक्रमानुपाती तथा डोरी के प्रति एकांक लम्बाई के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होती है। मापने योग्य समय के लिए यह सुझाव दिया जाता है कि डोरी तथा उसमें तनाव का चयन न्याय संगत हो।

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- स्पन्द तथा तरंग में क्या अंतर होता है?
- तानित डोरी में उत्पन्न स्पन्द की क्या प्रकृति होती है? यह अनुप्रस्थ होती है अथवा अनुदैर्ध्य? क्या किसी डोरी अथवा धागे में अनुदैर्ध्य स्पन्द उत्पन्न किया जा सकता है (बच्चों का डोरी वाला टेलीफोन)?
- इस प्रयोग को करने के लिए हम लम्बी डोरी को वरीयता क्यों देते हैं?
- इस प्रयोग में आपने यह पाया होगा कि डोरी में स्पन्द की चाल को व्यक्त करते समय डोरी की विभिन्न लम्बाइयों में प्राप्त स्पन्द की चालों का औसत मान प्राप्त करने का सुझाव नहीं दिया गया है। क्यों?

© NCERT not to be republished

प्रयोग 43

उद्देश्य

किसी तानित स्लिन्की से संचारित अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल ज्ञात करना।

सिद्धांत

स्पन्द माध्यम में उत्पन्न एक लघु विक्षोभ होता है जो माध्यम में अल्प समय तक ही बना रह पाता है। स्पन्द की गति का प्रेक्षण किसी लम्बी तानित डोरी पर अथवा तानित स्लिन्की में किया जा सकता है। किसी स्पन्द का वर्गीकरण उस दिशा के संदर्भ में किया जाता है जिसमें वह माध्यम को विक्षोभित करता है। अनुदैर्ध्य स्पन्द ऐसा विक्षोभ होता है जिसके कारण माध्यम के कण स्पन्द की गति की दिशा के समांतर दोलन करते हैं। यदि विक्षोभ के कारण माध्यम के कणों की गति स्पन्द की गति की दिशा के लम्बवत् होती है तो वह अनुप्रस्थ स्पन्द होता है। धात्विक स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द उत्पन्न किया जा सकता है यदि स्लिन्की को बाहर की ओर क्षैतिज दिशा में खींचकर स्लिन्की की पहली कुछ कुण्डलियों को संपीडित करके क्षैतिज दिशा में मुक्त कर दिया जाए। ऐसे प्रकरण में माध्यम (स्लिन्की) की प्रत्येक पृथक कुण्डली स्पन्द की गति की दिशा के समांतर दिशा में दोलन गति करने लगती है। संपीडन, जहाँ माध्यम के भाग (स्लिन्की की कुण्डली) सामान्य से एक दूसरे के अधिक पास होते हैं, अथवा विरलन, जहाँ माध्यम के भाग सामान्य से एक दूसरे के अधिक

चित्र 43.1: धात्विक स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द

दूरी पर होते हैं, से एक गतिशील अनुदैर्ध्य स्पन्द बनता है। संपीडन अथवा विरलन (स्पन्द) स्लिन्की की लम्बाई के अनुदिश गमन करता है। यदि स्लिन्की के दोनों सिरे दृढ़तापूर्वक जुड़े हैं तो स्पन्द समाप्त होने से पूर्व कई बार इधर-उधर परावर्तित हो सकता है। धात्विक स्लिन्की में स्पन्द की चाल, स्पन्द द्वारा तानित

© NCERT not to be republished

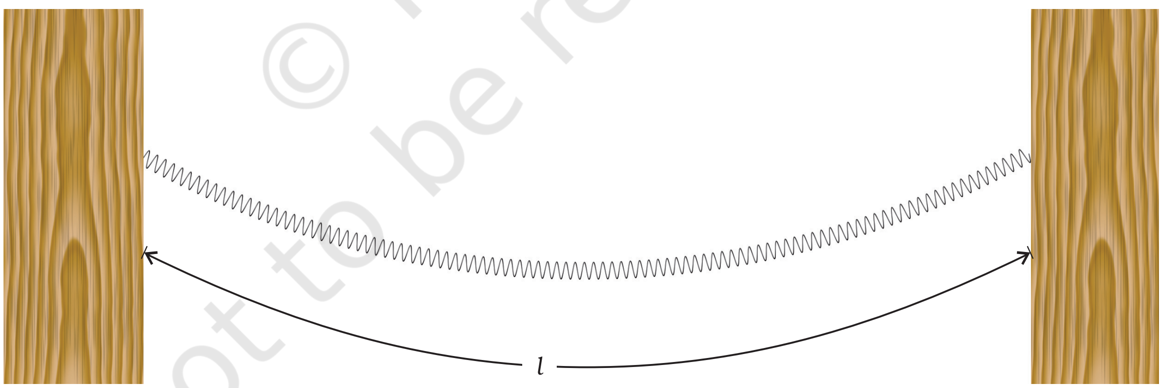
स्लिन्की की ज्ञात लम्बाई (l) चलने में लगे समय (T) को मापकर ज्ञात की जा सकती है। इस प्रकार अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल $v = \frac{l}{T}$

आवश्यक सामग्री

लम्बी धात्विक स्लिन्की, अवितान्य धागा, मीटर पैमाना (या मापक फीता) तथा एक विराम घड़ी।

कार्यविधि

1. विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. धात्विक स्लिन्की का एक सिरा किसी दृढ़ टेक जैसे दरवाजे की हत्थी अथवा खिड़की की ग्रिल अथवा दीवार में लगी खूँटी से बाँधिए।
3. स्लिन्की के दूसरे सिरे को कस कर पकड़िए तथा इसे किसी ज्ञात लम्बाई l_1 (चित्र 43.2) तक खींचिए। स्लिन्की को तब तक खींचिए जब तक उसकी कुण्डलियों के बीच की दूरी लगभग 1 cm न हो जाए। स्लिन्की के भार के कारण बीच में झोल पड़ सकता है। तथापि थोड़े से झोल से प्रेक्षणों पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। यहाँ पर स्लिन्की की ज्ञात लम्बाई से अर्थ चित्र 42.2 में दर्शाए

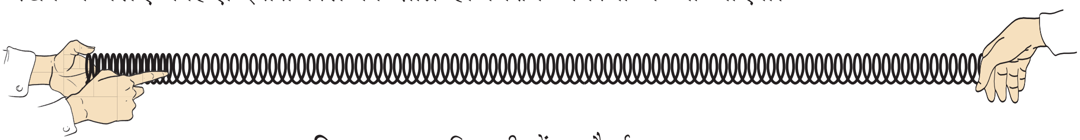


चित्र 43.2 : ज्ञात लम्बाई (l) की तानित स्लिन्की

अनुसार तानित अवनमित (झोल पड़ी हुई) स्लिन्की की लम्बाई है। इस लम्बाई को मापने के लिए तानित स्लिन्की के अवनमित पथ के अनुदिश मापक फीते का उपयोग कीजिए। वैकल्पिक रूप से किसी धागे तथा मीटर पैमाने द्वारा तानित स्लिन्की की लम्बाई ज्ञात कीजिए।

© NCERT not to be republished

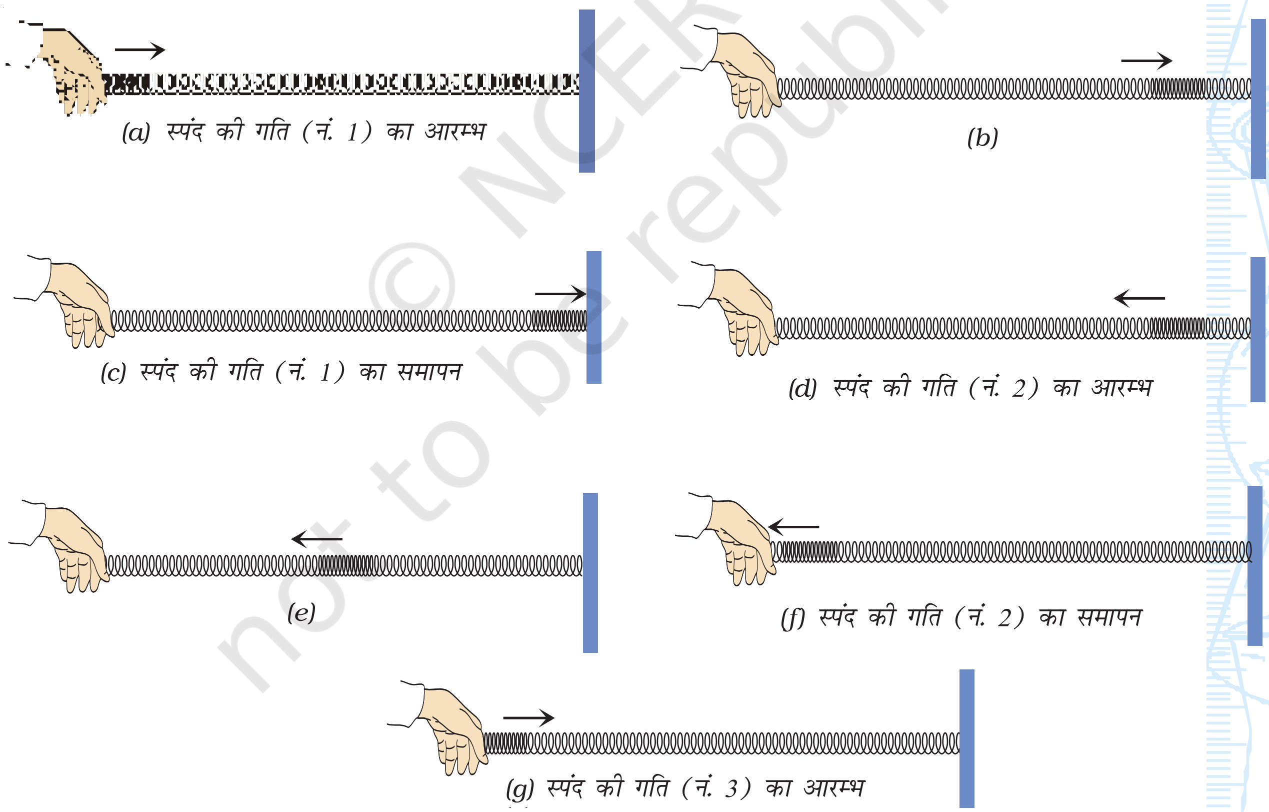
4. आप क्या प्रेक्षण करते हैं? स्लिन्की दोलन कर रही है! स्लिन्की को विराम में तथा स्थायी अवस्था में आने दीजिए। इसके लिए अपने मित्र से तानित स्लिन्की को बीच से कुछ देर तक धीरे से पकड़े रखने के लिए कहिए। इससे स्लिन्की शीघ्र ही विराम अवस्था में आ जाएगी।



चित्र 43.3 : स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द का बनना

5. जिस सिरे से आप स्लिन्की को पकड़े हुए हैं, वहाँ पर स्लिन्की की कुछ कुण्डलियों को अपनी ओर एकत्र कीजिए। इन्हें शीघ्रता से मुक्त कीजिए। प्रेक्षण कीजिए कि किस दिशा में स्पन्द गति कर रहा है तथा किस दिशा में तानित स्लिन्की की कुण्डलियाँ (माध्यम) गति कर रही हैं। क्या गतियाँ समान दिशा में हैं? क्या स्पन्द अनुप्रस्थ है या अनुदैर्ध्य?

6. इस प्रकरण में स्लिन्की की कुण्डली विक्षोभ की दिशा के लम्बवत गति नहीं करती। इसके विपरीत, किसी क्षेत्र में कुण्डलियाँ गुच्छ के रूप में एकत्र हो जाती हैं तथा गुच्छ स्लिन्की में आगे की ओर बढ़ता प्रतीत होता है। स्लिन्की की कुण्डलियाँ इधर-उधर गति करती हैं। इस प्रकार स्लिन्की में उत्पन्न स्पन्द अनुदैर्ध्य है (चित्र 43.3)।



चित्र 43.4 (a-g): *दोनों सिरों पर जुड़ी हुई स्लिंकी में एक अनुदैर्ध्य स्पंद समाप्त होने से पूर्व कई बार इधर-उधर गमन करता है*

© NCERT not to be republished

7. चरण 4 की भाँति स्लिन्की को पुनः विराम अवस्था में लाइए।
8. तानित स्लिन्की के एक सिरे को पकड़कर उसकी कुछ कुण्डलियों को अपनी ओर एकत्र करके शीघ्रता से इन्हें मुक्त कीजिए। अपने मित्र से कहिए कि जैसे ही आप कुण्डलियों के गुच्छ को मुक्त करें वह तत्क्षण ही विराम घड़ी को चालू कर दे। स्पन्द द्वारा चित्र 43.4 (a-g) में दर्शाए अनुसार दो सिरों के बीच स्लिन्की की समस्त लम्बाई की n यात्राएं करने में लगा कुल समय मापिए। यह तभी संभव हो सकता है जब स्लिन्की में उत्पन्न स्पन्द समाप्त होने से पूर्व स्लिन्की में इधर-उधर n बार गमन करे। विराम घड़ी को चालू करना तथा बन्द करना स्लिन्की में स्पन्द उत्पन्न करने तथा अंत में इसके n यात्रा पूरी करके सिरे पर पहुँचने के तत्क्षणिक होनी चाहिए। तानित स्लिन्की की समस्त लम्बाई l_1 की स्पन्द द्वारा यात्रा करने की गिनती करने में सावधानी रखनी चाहिए। वास्तव में आपकी अँगुली जो तानित स्लिन्की के एक सिरे को पकड़े हुए है वह भी स्पन्द के परावर्तनों को स्लिन्की में स्पन्द द्वारा पूर्ण की गयी दूसरी, चौथी, छटी, आठवीं यात्राओं के पश्चात् भली भाँति अनुभव करेगी। हर बार जब भी स्पन्द आपकी अँगुली पर पहुँचेगा आपकी अँगुली पर दाब आरोपित करेगा।
9. स्लिन्की की विभिन्न लम्बाईयाँ जैसे l_2, l_3 आदि लेकर अपने प्रयोग को दोहराइए। इसके लिए आप अपने उस हाथ की स्थिति में परिवर्तन कर सकते हैं जो स्लिन्की को पकड़े हुए (अथवा अपनी स्थिति में परिवर्तन कर सकते हैं) तथा दूसरे सिरे को उसी स्थान पर स्थिर रख सकते हैं। अपने प्रेक्षणों को तालिका में नोट कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

विराम घड़ी का अल्पतमांक = _______ s.

क्रम सं.	दो सिरों के बीच तानित स्लिन्की की लम्बाई l	स्पन्द द्वारा n यात्राएं पूरी करने का समय t	स्पन्द द्वारा 1 यात्रा पूरी करने का समय $T = t/n$	स्लिन्की में स्पन्द की चाल $v = l/T$
	(m)	(s)	(s)	(m s^{-1})
1	l_1 =			v_1 =
2	l_2 =			v_2 =
3	l_3 =			v_3 =

परिणाम एवं परिचर्चा

तानित स्लिन्की में विभिन्न लम्बाइयों पर अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल उपरोक्त तालिका में दी गयी है। इस प्रयोग में कदाचित् आप तानित स्लिन्की की विभिन्न ज्ञात लम्बाइयों के लिए अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल के विभिन्न

© NCERT not to be republished

मान प्राप्त कर सकते हैं। इस पर अपने शिक्षक एवं मित्रों से चर्चा करके उन कारकों को लिखिए जो स्पन्द की चाल को प्रभावित करते हैं।

सावधानियाँ

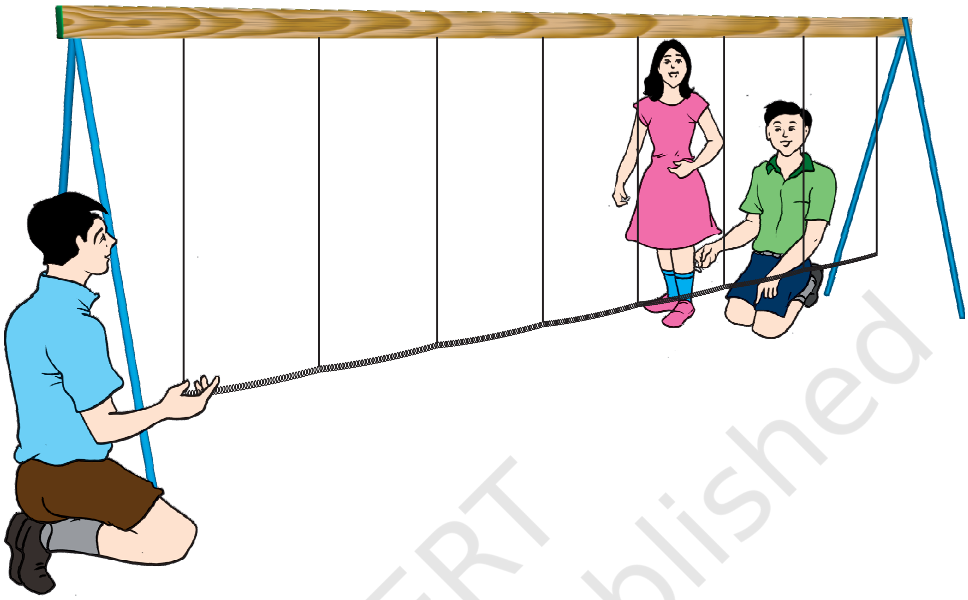
- प्रयोग करते समय स्लिन्की को अतितानित न करें।
- यह सुनिश्चित कीजिए कि स्लिन्की का कोई भाग किसी भी पृष्ठ को न छुए। क्यों? तानित स्लिन्की की कुण्डलियों का किसी भी पृष्ठ से सम्पर्क, स्पन्द की ऊर्जा को सम्पर्क के माध्यम में अवशोषित कराएगा जिसके फलस्वरूप आप स्लिन्की में स्पन्द की कई यात्राएं नहीं देख पाएंगे।
- स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द उत्पन्न करते समय संपीडित स्लिन्की की कुण्डलियों को धीरे व शीघ्रतापूर्वक मुक्त करना चाहिए। एकत्रित कुण्डलियों को मुक्त करते समय कोई बल नहीं लगाना चाहिए।
- स्लिन्की में इसकी लम्बाई के अनुदिश कहीं भी कोई गाँठ अथवा ऐंठन नहीं होनी चाहिए। स्लिन्की की कुण्डलियों में कोई उलझन नहीं होनी चाहिए।
- स्पन्द उत्पन्न करते समय गिनती शून्य से आरम्भ करनी चाहिए तथा विराम घड़ी उसी क्षण आरम्भ कर देनी चाहिए।
- स्पन्द का आयाम काफी बड़ा रखने का प्रयास किया जाना चाहिए ताकि यह स्लिन्की के सिरों पर पर्याप्त संख्या में परावर्तित हो सके। अभ्यास द्वारा उपयुक्त आयाम ज्ञात किया जा सकता है जो सर्वोत्तम परिणाम दे।

शिक्षक के लिए

- इस प्रयोग में पर्याप्त अभ्यास चाहिए अतः इसे दो अथवा तीन विद्यार्थियों के समूह में किया जाना चाहिए।
- इस प्रयोग में धातु की स्लिन्की का प्रयोग करने के लिए सुझाया गया है तथापि इसे प्लास्टिक की स्लिन्की द्वारा भी किया जा सकता है। परन्तु हो सकता है कि तब आप स्लिन्की में पर्याप्त समय तक स्पन्द को बने रहने का प्रेक्षण (अथवा अनुभव) नहीं कर पायें।
- यह सुझाव दिया जाता है कि इस प्रयोग को ऐसे स्थान पर किया जाए जहाँ वायु जैसे बाह्य कारकों का प्रभाव निम्नतम् हो (प्रयोग करते समय पंखे बंद कर देने चाहिए।)।
- तानित स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल काफी अधिक होती है जिससे स्पन्द की एक यात्रा में लगे समय को मापने में कठिनाई होती है। अतः यह सुझाव दिया जाता है कि जितनी अधिकतम् यात्राओं के समय की माप संभव हो उतनी लीजिए।

© NCERT not to be republished

- यदि इस प्रयोगिक व्यवस्था में स्लिन्की में अवनमन अत्यधिक है तो चित्र 43.5 में दर्शाए अनुसार हल्के धागों की सहायता से कुछ टेक प्रदान की जा सकती हैं।



चित्र 43.5 : *बहुत सी प्रत्यास्थ डोरियों द्वारा अवलम्बित बड़ी स्लिन्की*

प्रश्न

- इस प्रयोग में आपको सुझाया गया है कि आप विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात करें। वहीं आपको मीटर पैमाने अथवा मापक फीते का उपयोग करने के लिए भी कहा गया है। परन्तु आपको इन लम्बाई मापने के उपकरणों का अल्पतमांक मापने का सुझाव नहीं दिया गया है। ऐसा क्यों है?
- स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द उत्पन्न करते समय स्लिन्की की एकत्रित कुण्डलियों को शीघ्र मुक्त क्यों करना चाहिए?
- स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द कैसे गमन करता है?
- इस प्रयोग में आप लम्बी स्लिन्की का उपयोग क्यों करते हैं?
- स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द के गमन करते समय यदि तानित स्लिन्की का मध्य भाग किसी पृष्ठ को स्पर्श करे तो क्या होगा?
- स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द उत्पन्न करते समय यदि कोई विद्यार्थी एकत्रित कुण्डलियों को धीरे से पकड़ कर शीघ्रता से मुक्त करने के स्थान पर स्लिन्की के एक सिरे को पकड़कर अपने हाथ को तिरछे हिलाए तो स्लिन्की में किस प्रकार का स्पन्द उत्पन्न होगा? अपने उत्तर की व्याख्या कीजिए।

- इस प्रयोग में आप कदाचित् तानित स्लिन्की की विभिन्न लम्बाइयों के लिए अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल के विभिन्न मान ज्ञात करते हैं। क्यों?
- इस प्रयोग में हम तानित स्लिन्की में स्पन्द की यात्राओं की अधिक संख्या के लिए समय की माप क्यों करते हैं?

© NCERT not to be republished

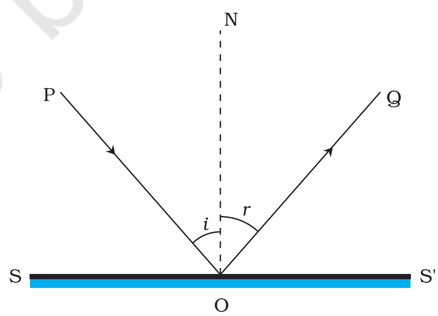
प्रयोग 44

उद्देश्य

ध्वनि के परावर्तन का अध्ययन करना।

सिद्धांत

ध्वनि उन्हीं नियमों का पालन करते हुए परावर्तित होती है जिनका कि प्रकाश किरणें पालन करती हैं। अर्थात् परावर्तित किरण आपतित किरण के तल (जिसमें आपतित किरण तथा परावर्तक पृष्ठ के आयतन बिन्दु पर अभिलम्ब होते हैं) में ही होती है तथा परावर्तन कोण ($\angle r$) आपतन कोण ($\angle i$) के बराबर होता है।



चित्र 44.1: ध्वनि का परावर्तन

आवश्यक सामग्री

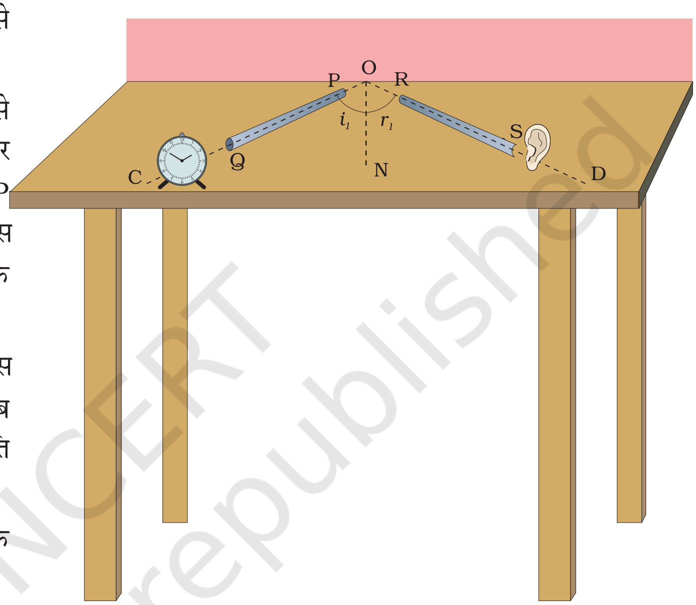
दो सर्वसम प्लास्टिक-पाइप (लम्बाई लगभग 1 m) तथा व्यास लगभग 10 cm अथवा कम), एक चाँदा (बड़े साइज़ को वरीयता), मीटर पैमाना तथा कम आयाम का ध्वनि स्रोत जैसे मेज़ घड़ी।

© NCERT not to be republished

कार्यविधि

1. इस प्रयोग में आपको कम आयाम की ध्वनि तरंगें सुननी हैं अत: यह आवश्यक है कि वातावरण शांतिपूर्ण हो। ध्वनि को स्पष्ट सुन सकने के लिए आपको यह परामर्श और दिया जाता है कि पंखे बन्द कर दें।
2. पेंसिल अथवा चाक के टुकड़े से मेज पर (चित्र 44.2 में दर्शाए अनुसार) दीवार के पृष्ठ के लम्बवत् एक रेखा ON खींचिए।
3. अब रेखा ON से कोई कोण $\angle i_1$ (जैसे 30°) बनाते हुए एक रेखा OC खींचिए।
4. दो प्लास्टिक पाइपों में से कोई एक (जैसे PQ) रेखा OC के अनुदिश इस प्रकार रखिए कि प्लास्टिक पाइप का सिरा P दीवार के बिन्दु O के काफी निकट हो। इस अवस्था में पाइप PQ का अक्ष रेखा OC के ऊपर होता है (चित्र 44.2)।
5. अब दूसरा प्लास्टिक पाइप RS मेज़ पर इस प्रकार रखिए कि इसका सिरा R अभिलम्ब ON के दूसरी ओर हो। सिरे R की स्थिति मेज पर चिह्नित कीजिए।
6. मेज़ घड़ी को पाइप PQ के सिरे Q के निकट रखिए।
7. अपना कान पाइप RS के सिरे S के पास लाइए तथा पाइप से होकर आने वाली घड़ी की ध्वनि को सुनने का प्रयास कीजिए। क्या आपको कोई ध्वनि सुनाई देती है। सिरे R की स्थिति को वहीं रखते हुए, पाइप RS की स्थिति को मेज पर इस प्रकार

   समायोजित कीजिए कि घड़ी की ध्वनि सुनाई देने लगे। पाइप RS के सिरे S की उस स्थिति को चिह्नित कीजिए जहाँ आपको अधिकतम् ध्वनि सुनाई दे।



चित्र 42.2: प्रायोगिक व्यवस्था

8. दीवार के बिन्दु O, पाइप के दोनों सिरों को निरूपित करने वाले बिन्दुओं R तथा S को मिलाते हुए रेखा OD खींचिए।
9. कोण $\angle$NOD को मापिए। आपतन कोण $\angle i_1$ के लिए यह परावर्तन कोण (जैसे $\angle r_1$) है। प्रेक्षण नोट कीजिए।
10. पाइप RS के सिरे R को स्थिर रखते हुए सिरे S को कुछ ऊँचाई तक ऊर्ध्वाधर उठाइए। क्या अब आप पाइप से होकर घड़ी की ध्वनि सुन सकते हैं? यदि हाँ तो सिरे S को कुछ और ऊँचाई तक ऊर्ध्वाधर उठाइए। क्या अब भी आपको ध्वनि सुनाई देती है अथवा पूर्णत: समाप्त हो जाती है?
11. आपतन कोण $\angle i$ के अन्य तीन विभिन्न मानों के लिए कार्य विधि के चरण 2 से आगे के चरणों को दोहराकर तदनुरूपी परावर्तन कोणों $\angle r$ के मान ज्ञात कीजिए।

© NCERT not to be republished

12. आपने मेज पर बहुत सी रेखाएं खींची हो सकती हैं। आपके पश्चात् इस प्रयोग को करने आने वाले अन्य विद्यार्थियों के लिए सामान्य शिष्टाचारवश मेज पर खिंची सभी रेखाएं मिटा दीजिए।

प्रेक्षण

क्रम सं.	आपतन कोण $\angle i$ (°)	परावर्तन कोण $\angle r$ (°)	$\angle i \sim \angle r$ (°)
1			
2			
3			
4			

परिणाम एवं परिचर्चा

1. सभी प्रकरणों में आपतन कोण परावर्तन कोण के बराबर है।
2. जब उस पाइप को जिससे ध्वनि सुनते हैं, ऊर्ध्वाधर उठाते हैं तो मेज घड़ी की ध्वनि या तो दुर्बल हो जाती है अथवा पूर्णत: समाप्त हो जाती है। यह दर्शाता है कि परावर्तित ध्वनि आपतित ध्वनि के तल में ही होती है।

यह प्रेक्षण सत्यापित करते हैं कि ध्वनि किसी ठोस पृष्ठ से परावर्तित होती है तथा प्रकाश की भाँति परावर्तन के नियमों का पालन करती है। यदि आपके प्रेक्षण अपेक्षित प्रेक्षणों से भिन्न हैं तो कारणों पर चर्चा कीजिए।

सावधानियाँ

- स्पष्ट परावर्तित ध्वनि सुनने के लिए आपतित ध्वनि भी स्पष्ट एवं निर्बाध होनी चाहिए।
- जब ध्वनि किसी पृष्ठ पर पड़ती है तो वह केवल परावर्तित ही नहीं होती वरन् उसका कुछ भाग दीवार के पृष्ठ द्वारा भी अवशोषित कर लिया जाता है। अत: जो ध्वनि आप पाइप से होकर सुनते हैं वह दीवार की प्रकृति पर निर्भर करती है। यदि परावर्तक दीवार चिकनी है तो परावर्तन अधिक होगा। अत: परावर्तक पृष्ठ चिकना होना महत्वपूर्ण है।
- यदि हम बड़े आयाम का ध्वनि स्रोत लें तो आपको उस स्रोत की ध्वनि सीधी सुनाई दे सकती है (अर्थात् जो न केवल पाइप QP से होती हुई दीवार से परावर्तन के पश्चात् पाइप RS से होती हुई आपके कानों में पहुँचे बल्कि आप वह तरंगें भी प्राप्त करेंगे जो ध्वनि स्रोत से सीधे ही आपके कानों में पहुँच रही हैं)। अत: यह आवश्यक है कि स्रोत लघु आयाम की ध्वनि उत्पन्न करने वाला हो। इसी कारण यह परामर्श दिया जाता है कि प्रेक्षण लेते समय आपका दूसरा कान बन्द होना चाहिए।
- इस प्रयोग में यह माना गया है कि मेज घड़ी ध्वनि की कोई तरंग उत्पन्न करती है जो पथ QPO के अनुदिश दीवार पर आपतन करके पथ ORSD (चित्र 44.2) के अनुदिश परावर्तित होती है। अर्थात्

© NCERT not to be republished

स्रोत दिशिक है। वास्तविकता में ऐसा नहीं होता। अवांछनीय ध्वनि के सीमित करने के लिए यह परामर्श दिया जाता है कि छोटे व्यास का लम्बा पाइप उपयोग करें।

- कोण मापने के लिए पाइप के अक्षों को आपतित तथा परावर्तित तरंगें मापना चाहिए। रेखाओं OC तथा OD को खींचने एवं पाइपों को रखने में अत्यधिक सावधानी बरतनी चाहिए।
- क्योंकि आप अपेक्षाकृत बड़ी विमाओं का उपयोग कर रहे हैं अत: आपको कोण मापने के लिए बड़े साइज के चाँदे का उपयोग करने का परामर्श दिया जाता है।

शिक्षक के लिए

- इस प्रयोग में दो सर्वसम प्लास्टिक पाइप अनुमोदित किए गए हैं। यदि प्लास्टिक पाइप उपलब्ध न हों तो चार्ट पेपर अथवा समाचार पत्रों के पाइप बनाए जा सकते हैं।
- अवांछनीय ध्वनि तरंगों से बचाव के लिए (जैसा कि सावधानियाँ तथा त्रुटियों के स्रोत बिन्दु 4 में स्पष्ट किया गया है।) दोनों पाइपों के भीतरी पृष्ठों को काफी खुरदरा बनाया जा सकता है। प्लास्टिक पाइपों को उपयोग करने से पूर्व उनके भीतर समाचार पत्र की एक परत बनायी जा सकती है। इस प्रकार से प्रेक्षक के कानों में पहुँचने वाली ध्वनि सुस्पष्ट सुन जाएगी।
- अभिलंब ON के अनुदिश गत्ते (अथवा लकड़ी) की विभाजक दीवार, स्रोत से सीधी ध्वनि पहुँचने को रोकने में सहायता कर सकती है।

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- इस प्रयोग को करते समय हम कम व्यास तथा अधिक लम्बाई के पाइपों के उपयोग को वरीयता क्यों देते हैं?
- ध्वनि के परावर्तन का प्रयोग प्रकाश के परावर्तन के प्रयोग से किस प्रकार भिन्न है?
- इस प्रयोग के लिए ध्वनि परावर्तक पृष्ठ के रूप में आप किस शीट का चयन करेंगे (a) लकड़ी का चिकना बोर्ड अथवा (b) थर्मोकोल की शीट? क्यों?
- मान लीजिए इस प्रयोग की सारी प्रायोगिक व्यवस्था जल में डूबी है। प्रेक्षणों में आप किन परिवर्तनों की अपेक्षा करते हैं ?
- परावर्ती ध्वनि को सुस्पष्ट तथा निर्विघ्न बनाने के लिए पाइपों की रचना में आप क्या परिवर्तन कर सकते हैं?