एकक III

गतिमान पिंड, व्यक्ति एवं विचार

प्रयोग 32

उद्देश्य

एकसमान चाल से गतिमान किसी पिण्ड के लिए दिए गए s तथा t के आंकड़ों के समुच्चय से दूरी-समय (s-t) ग्राफ खींचना तथा पिण्ड की चाल ज्ञात करना।

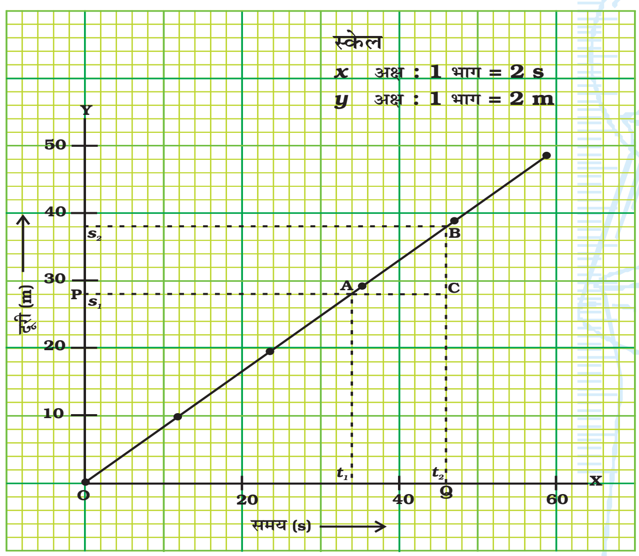
सिद्धांत

गतिमान पिण्ड के द्वारा चलित दूरी समय के साथ परिवर्तित होती है। यदि पिण्ड t समय में s दूरी तय करता है, तो इसकी चाल

$$v = \frac{s}{t} \qquad (1)$$

जब कोई पिण्ड समान समय-अंतरालों में समान दूरियाँ तय करता है तो उसकी गति को एकसमान चाल कहा जाता है। परंतु यदि पिण्ड की चाल अथवा गति की दिशा में समय के साथ परिवर्तन होता है तो इसे असमान गति कहा जाता है।

एकसमान गति में पिण्ड द्वारा चलित दूरी, इस दूरी को तय करने में लिए गए समय के अनुक्रमानुपाती होती है। इस प्रकार चली गयी दूरी तथा समय के बीच ग्राफ एक सरल रेखा होता है। इस दूरी-समय ग्राफ का उपयोग पिंड की चाल ज्ञात करने के लिए किया जा सकता है। चित्र 32.1 में एक समान चाल से गतिमान किसी पिण्ड का दूरी-समय (s-t) ग्राफ दर्शाया गया है। इस पिण्ड की चाल ज्ञात करने के लिए s-t ग्राफ के किसी छोटे भाग AB पर विचार कीजिए। x- अक्ष तथा y- अक्ष के समान्तर खींची गयी दो रेखाएं क्रमश: PAC एवं



चित्र 32.1 : एकसमान चाल से गतिशील पिंड का दूरी-समय ग्राफ

© NCERT not to be republished

BCQ एक दूसरे से बिन्दु C पर मिलकर एक त्रिभुज ABC बनाती हैं। रेखा खण्ड AC समय अंतराल (t_2-t_1) को दर्शाता है जबकि रेखा-खण्ड BC दूरी (s_2-s_1) के तदनुरूपी है। अत: पिण्ड की चाल, V को इस प्रकार निरूपित किया जा सकता है।

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{BC}{AC} \qquad (2)$$

यह (*s*-*t*) ग्राफ की प्रवणता भी है। ग्राफ की प्रवणता जितनी अधिक होती है उतनी ही अधिक पिण्ड की चाल होती है। (*s*-*t*) ग्राफ का उपयोग उस समय पर भी पिण्ड की चाल का अनुमान लगाने में किया जा सकता है जो आंकड़ों में नहीं दिया गया है। समय अंतराल के दिये गये परिसर के भीतर किसी ऐसे समय, जिस पर कि दिए गए आंकड़े में, पिण्ड की स्थिति को नहीं दर्शाया गया है, पिण्ड की स्थिति का अनुमान लगाया जा सकता है (अंतर्वेशन)। इसी प्रकार कोई भी इस ग्राफ का उपयोग पिण्ड की स्थिति तथा चाल को उस समय पता लगाने में कर सकता है जो आंकड़े के दिए गए परिसर से बाहर हैं (बहिर्वेशन)। इसके विपरीत समीकरण (1) का उपयोग केवल उन्ही क्षणों में पिण्ड की चाल ज्ञात करने में किया जा सकता है जिनके लिए आंकड़े में दूरियाँ दी गयी होती हैं।

आवश्यक सामग्री

ग्राफ पेपर

कार्यविधि

1. विभिन्न समयों (*t*) पर पिण्ड द्वारा तय की गयी दूरियों (*s*) के दिए गए आंकड़ों का परीक्षण कीजिए। प्रत्येक राशि के अधिकतम् तथा न्यूनतम् मानों का अंतर ज्ञात कीजिए (ये दूरी तथा समय के मानों के परिसर हैं।) सारणी 1 में किसी कार द्वारा तय की गयी दूरी (m में) तथा इन दूरियों को तय करने में लगे समय (s में) के आंकड़े दर्शाए गए हैं। इस सारणी में समय के मानों का परिसर 0 से 10 s है जबकि दूरी के मानों का परिसर 0 से 100 m है।

सारणी 1 : एक कार की गति

क्रम. सं.	समय *t* (s)	दूरी *s* (m)
1	0	0
2	1	10
3	2	20
4	3	30
5	4	40
6	5	50
7	6	60
8	7	70
9	8	80
10	9	90
11	10	100

2. एक ग्राफ पेपर लीजिए तथा उस पर *x* तथा *y* अक्ष निरूपित करने के लिए क्रमश: दो लम्बवत् रेखाएं OX तथा OY खींचिए (चित्र 32.1)। दोनों अक्षों के अनुदिश ग्राफ पेपर पर लम्बाइयाँ मापिए (अथवा उपलब्ध अंशों की संख्या गिनिए)। उदाहरण के लिए मान लीजिए कि जो ग्राफ पेपर आप को दिया गया है उसकी *x*- अक्ष के अनुदिश लम्बाई 15 cm (अथवा एक-एक सेन्टीमीटर के 15 भाग) तथा *y*-अक्ष के अनुदिश लम्बाई 25 cm (अथवा एक-एक सेन्टीमीटर के 25 भाग) हैं।

3. *x*- अक्ष के अनुदिश तथा *y*- अक्ष के अनुदिश दर्शाई जाने वाली राशियों के बारे में निर्णय लीजिए। परिपाटी के अनुसार समय को *x*- अक्ष के अनुदिश तथा दूरी को *y*- अक्ष के अनुदिश दर्शाया जाता है।

© NCERT not to be republished

4. दोनों अक्षों पर उपलब्ध भागों तथा समय एवं दूरी के दिए गए आंकड़ों के आधार पर y- अक्ष के अनुदिश दूरी को निरूपित करने के लिए एक पैमाना तथा x- अक्ष के अनुदिश समय निरूपित करने के लिए कोई दूसरा पैमाना इस प्रकार लिया जा सकता है समय: 1 s = 1 cm; तथा दूरी: 10 m = 2 cm (पैमानों का चयन करते समय ग्राफ पेपर के अधिकतम् भाग का उपयोग करने का प्रयास कीजिए)।
5. चयनित पैमानों के अनुसार समय तथा दूरियों के मानों को उनके अक्षों पर अंकित कीजिए। कार की गति के लिए x- अक्ष पर प्रत्येक 1 cm के पश्चात् मूलबिन्दु O से समय 1 s, 2 s, 3 s.... अंकित कीजिए। इसी प्रकार y- अक्ष पर प्रत्येक 2 cm के पश्चात् मूलबिन्दु से 10 m, 20 m, 30 m अंकित कीजिए।
6. अब आंकड़ों में प्रदान किए गए दूरी तथा समय के मानों के प्रत्येक समुच्चय को निरूपित करने के लिए ग्राफ पेपर पर बिन्दुओं को अंकित कीजिए।
7. ग्राफ पेपर पर अंकित सभी बिन्दुओं को मिलाइए। यह कार की गति के लिए प्रदान किए गए आंकड़े का s-t ग्राफ है। जाँच कीजिए कि यह एक सरल रेखा है अथवा नहीं। सरल रेखीय ग्राफ यह इंगित करता है कि कार नियत चाल से गतिमान है।

प्रेक्षण एवं परिकलन

कार की चाल ज्ञात करने के लिए सरल रेखीय ग्राफ पर कोई दो बिन्दु लेकर उनके तदनुरूपी t तथा s के मान ज्ञात कीजिए (जैसा कि ऊपर सैद्धान्तिक भाग में सुझाया गया है।) सुगमता के लिए यह सुझाव दिया जाता है कि वे बिन्दु लीजिए जो समय तथा दूरी के पूर्णांक मानों के तदनुरूपी हो। मान लीजिए इन दो बिन्दुओं के निर्देशांक $(t_1, s_1,)$ तथा (t_2, s_2). हैं। तब कार द्वारा समय अंतराल $(t_2 - t_1)$ में चली गयी दूरी $(s_2 - s_1)$ है। समीकरण (2) द्वारा समय अंतराल $(t_2 - t_1)$ में कार की चाल परिकलित कीजिए।

इसी प्रकार s-t ग्राफ पर बिन्दुओं के अन्य समुच्चय लेकर कार की चाल कुछ अन्य समय अंतरालों पर ज्ञात कीजिए। अपने प्रेक्षणों को सारणीबद्ध कीजिए।

क्रम संख्या	ग्राफ पर चयनित पहले बिन्दु पर समय का मान, t_1	ग्राफ पर चयनित दूसरे बिन्दु पर समय का मान, t_2	समय t_1 पर दूरी, s_1	समय t_2 पर दूरी, s_2	समीकरण (2) द्वारा कार की चाल
	(s)	(s)	(m)	(m)	(m s^{-1})
1					
2					
3					
4					

परिणाम एवं परिचर्चा

कार की गति का दूरी–समय ग्राफ सरल रेखीय ग्राफ है। यह इंगित करता है कि कार एक समान चाल से गतिमान है। अपनी प्रायोगिक पुस्तिका में दूरी–समय ग्राफ चिपकाइए।

कार की औसत चाल =.....m s^{-1}

© NCERT not to be republished

सावधानियाँ

- ग्राफ खींचने में नुकीली पेंसिल का उपयोग कीजिए।
- कार की गति संबंधी दो राशियों, दूरी तथा समय को ग्राफ पेपर पर निरूपित करने के लिए चयनित पैमाना ऐसा होना चाहिए कि ग्राफ पेपर का अधिकतम् भाग का उपयोग हो जाए। इससे ग्राफ की अच्छी व्याख्या करने में सहायता मिलेगी।

शिक्षक के लिए

- इस प्रयोग में कार की गति के लिए दूरी–समय आंकड़े का एक नमूना समुच्चय प्रस्तुत किया गया है। आपको यह सुझाव दिया जाता है कि छात्रों को आप s - t ग्राफ खींचने तथा एकसमान गतिमान पिण्ड की चाल ज्ञात करने के लिए किसी गतिमान पिण्ड के लिए दूरी–समय के विभिन्न समुच्चय प्रदान करें।
- ग्राफ पेपर पर क्रमश: समय तथा दूरियों के मान निरूपित करने के लिए दो अक्षों OX तथा OY को खींचते समय बिन्दु O को ग्राफ पेपर के निचले बाएं कोने से कुछ दूर लेना चाहिए।
- अक्षों पर भौतिक राशियों को उनके उचित मात्रकों सहित इंगित करना चाहिए। ग्राफ पेपर के ऊपरी दाएं कोने पर राशियों के पैमानों को भी उचित प्रकार से व्यक्त करना चाहिए।

अनुप्रयोग

- $s - t$ ग्राफ की प्रवणता गतिमान वस्तु की चाल की माप होती है। विभिन्न गतिमान पिण्डों के लिए विभिन्न s-t ग्राफ हो सकते हैं। इनकी प्रवणताओं से इनकी चालों की तुलना की जा सकती है। किसी ग्राफ की जितनी अधिक प्रवणता होती है उतना ही अधिक पिण्ड की चाल होती है।
- यहाँ खींचा गया ग्राफ समय अंतराल के किसी दिए गए परिसर में पिण्ड की गति दर्शाता है। इसी ग्राफ का उपयोग करके आंकड़ों में दिए गए समय अंतराल के परिसर के बाहर भी गतिमान पिण्ड की स्थिति ज्ञात की जा सकती है। इसके लिए ग्राफ का वहिर्वेशन किया जाता है।

प्रश्न

- एक समान चाल से गतिमान किसी पिण्ड के लिए दूरी–समय ग्राफ की आकृति क्या होती है? इस ग्राफ की प्रवणता द्वारा निरूपित भौतिक राशि का नाम लिखिए?
- उस पिण्ड के $s - t$ ग्राफ की आकृति क्या होगी जो विरामावस्था में है?
- यदि किसी पिण्ड का दूरी–समय ग्राफ समय–अक्ष के समांतर है, तो इस पिण्ड की गति के विषय में आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?
- क्या आप समय अक्ष के समांतर दूरी–समय ग्राफ से गति की कल्पना कर सकते हैं?

© NCERT not to be republished

- इस प्रयोग में ग्राफ पेपर के अधिकतम् भाग के उपयोग का सुझाव दिया गया है। इस सुझाव की न्याय संगतता सिद्ध कीजिए?
- ग्राफ खीचते समय पैमाने का चयन करने में ध्यान रखने योग्य बातों को लिखिए?
- परिवर्ती चाल से गतिमान पिंड के लिए आपको किस आकृति का ग्राफ प्राप्त होने की आशा है?

© NCERT not to be republished

प्रयोग 33

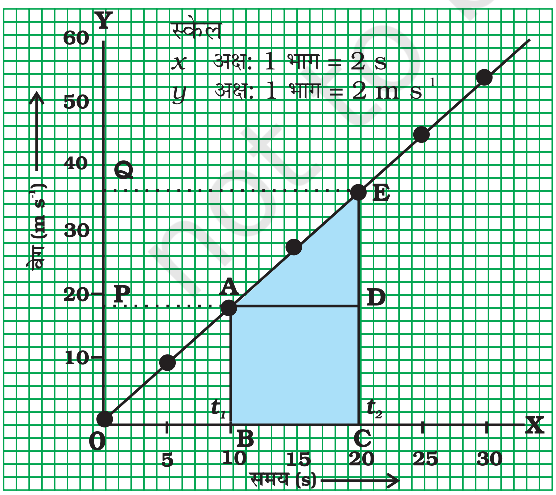
उद्देश्य

एकसमान त्वरण से गतिमान पिण्ड के लिए दिए गए ($\upsilon - t$) आंकड़ों के समुच्चय से वेग-समय ग्राफ खींचना तथा गतिमान पिण्ड का त्वरण तथा पिण्ड द्वारा चली गयी दूरी ज्ञात करना।

सिद्धांत

हम जानते हैं कि जब कोई पिण्ड सरल रेखीय गति में समान समय अंतरालों में असमान दूरियाँ तय करता है, तो पिण्ड की गति को असमान गति अथवा त्वरित गति कहा जाता है। इस प्रकार की गतियों में पिण्ड के वेग में समय के साथ परिवर्तन होता है। इसमें विभिन्न क्षणों में गमन पथ के विभिन्न बिन्दुओं पर वेग के विभिन्न मान होते हैं। किसी पिण्ड का त्वरण एकांक समय में पिण्ड के वेग में परिवर्तन की माप होती है। यदि कोई पिण्ड आरंम्भिक (समय 0 पर) वेग u से गति करते हुए समय t में अंतिम वेग υ प्राप्त कर लेता है, तो इसका त्वरण होता है।

$$a = \frac{\upsilon - u}{t} \qquad (1)$$



चित्र 33.1: *एकसमान त्वरण से गतिशील एक कार का वेग-समय ग्राफ*

यदि पिण्ड का त्वरण समय के सभी क्षणों में समान रहता है तो ऐसी गति को एकसमान त्वरित गति कहते हैं। अत: एक समान त्वरित गति का वेग-समय ग्राफ एक सरल रेखा होगी। चित्र 33.1 में समान त्वरण से गतिमान किसी कार का वेग-समय ग्राफ दर्शाया गया है। ग्राफ की प्रकृति यह दर्शाती है कि वेग में समान समय अंतरालों में समान वेग परिवर्तन हो रहा है। अत: कार का वेग समय के अनुक्रमानुपाती है।

© NCERT not to be republished

पिछले कार्यकलाप में हम यह देख चुके हैं कि दूरी–समय ग्राफ के उपयोग द्वारा एकसमान गति से गतिमान किसी कार के किसी भी क्षण पर वेग को ज्ञात किया जा सकता है। इसी प्रकार किसी पिण्ड का वेग–समय (υ-t) ग्राफ खींचकर उसकी एक समान त्वरित गति का त्वरण ज्ञात किया जा सकता है।

गतिमान पिण्ड का त्वरण ज्ञात करने के लिए υ-t ग्राफ के किसी लघुभाग AE पर विचार कीजिए। x- अक्ष तथा y- अक्ष के समांतर खींची गयी दो रेखाएँ क्रमशः PAD तथा EDC त्रिभुज AED बनाते हुए एक दूसरे से बिन्दु AD पर मिलती हैं। रेखा खण्ड AD समय अंतराल ($t_2 - t_1$) को दर्शाता है जबकि रेखा खण्ड ED पिण्ड के वेग में υ_1 से υ_2 तक के परिवर्तन अथवा ($\upsilon_2 - \upsilon_1$) के तद्नुरूपी है। अतः पिण्ड के त्वरण a को इस प्रकार निरूपित किया जा सकता है।

$$a = \frac{\upsilon_2 - \upsilon_1}{t_2 - t_1} = \frac{\text{ED}}{\text{DA}} \qquad (2)$$

इस प्रकार, एक समय त्वरण से गतिमान किसी पिण्ड के लिए दिए गए υ-t आंकड़ों के समुच्चय से पिण्ड का त्वरण परिकलित किया जा सकता है।

किसी गतिमान पिण्ड के वेग–समय ग्राफ द्वारा उस पिण्ड द्वारा चली गयी दूरी भी ज्ञात की जा सकती है। वेग–समय ग्राफ के नीचे के क्षेत्रफल द्वारा पिण्ड द्वारा दिए गए समय अंतराल में चली दूरी प्राप्त होती है। आइए चित्र 33.1 में दिए गए एक समान त्वरित कार के υ-t ग्राफ को देखते हैं। कार द्वारा समय अंतराल $t_2 - t_1$ में चली गयी s दूरी वेग–समय ग्राफ के नीचे के क्षेत्रफल ABCDE द्वारा प्राप्त होगी।

अर्थात्, चली गयी दूरी

s = आयत ABCD का क्षेत्रफल + त्रिभुज ADE का क्षेत्रफल, अथवा

$$= \text{AB} \times \text{BC} + \frac{1}{2}(\text{ED} \times \text{AD})$$

$$s = \upsilon_1 \times (t_2 - t_1) + \frac{1}{2}[(\upsilon_2 - \upsilon_1) \times (t_2 - t_1)] \qquad (3)$$

आवश्यक सामग्री

ग्राफ पेपर

कार्यविधि

1. विभिन्न समयों (t) पर पिण्ड के वेग के दिए गए आंकड़ों की जाँच कीजिए। प्रत्येक राशि के अधिकतम् तथा न्यूनतम् भागों के बीच अंतर ज्ञात कीजिए (ये मान वेग तथा समय के मानों के परिसर हैं।) सारणी 1 में समय के विभिन्न क्षणों पर कार के वेग (m s^{-1} में) दर्शाए गए हैं। इस सारणी में समय के मानों का परिसर 0 से 50 s है जबकि वेग के मानों का परिसर 0 से 100 m s^{-1} के बीच है।
2. एक ग्राफ पेपर लीजिए तथा इस पर x- अक्ष तथा y-अक्ष निरूपित करने के लिए क्रमशः दो लम्बवत् रेखाएं OX तथा OY खींचिए (चित्र 33.1 देखिए)। दोनों अक्षों के अनुदिश लम्बाइयाँ मापिए (अथवा उपलब्ध भागों की संख्या गिनिए। उदाहरण के लिए मान लीजिए जो ग्राफ पेपर आपको दिया गया है

© NCERT not to be republished

सारणी 1 : एक कार की गति

क्र. सं॰	समय, t (s)	कार का वेग, v ($m\ s^{-1}$)
1	0	0
2	5	10
3	10	20
4	15	30
5	20	40
6	25	50
7	30	60
8	35	70
9	40	80
10	45	90
11	50	100

x- अक्ष के अनुदिश 15 cm (अथवा एक-एक cm के 15 भाग विभाजन) तथा y- अक्ष के अनुदिश 25 cm (अथवा एक-एक cm के 25 भाग) का है।

3. x- अक्ष के अनुदिश तथा y- अक्ष के अनुदिश दर्शाई जाने वाली राशियों के बारे में निर्णय लीजिए। परिपाटी के अनुसार, समय को x- अक्ष के अनुदिश तथा वेग को y- अक्ष के अनुदिश दर्शाया जाता है।

4. दोनों अक्षों पर उपलब्ध भागों तथा वेग एवं समय के आँकड़ों के दिए गए परिसरों के आधार पर y- अक्ष के अनुदिश वेग को निरूपित करने के लिए एक पैमाना तथा x- अक्ष के अनुदिश समय को निरूपित करने के लिए एक अन्य पैमाना के लिए एक पैमाना चुनिए।

   उदाहरण के लिए, सारणी 1 में दी गई कार की गति के लिए समय 5 = 1 cm; तथा वेग 10 m s^{-1} = 2 cm हो सकता है। (पैमाने का चयन करते समय ग्राफ पेपर के अधिकतम् भाग को उपयोग करने का प्रयास कीजिए।)

5. समय तथा वेग के मानों को संगत अक्षों पर अपने द्वारा चुने गए पैमाने के अनुसार अंकित कीजिए। कार की गति के लिए मूल बिन्दु O से x- अक्ष पर प्रत्येक cm के पश्चात् 5 s, 10 s, 15 s.... अंकित कीजिए तथा y- अक्ष पर मूल बिन्दु O से प्रत्येक 2 cm के पश्चात् वेग 10 m s^{-1}, 20 m s^{-1}, 30 m s^{-1} ..... अंकित कीजिए।

6. अब ग्राफ पेपर पर वेग–समय के दिए गए आंकड़ों के प्रत्येक वेग तथा समय के मानों के समुच्चय को निरूपित करने के लिए बिन्दु अंकित कीजिए।

7. ग्राफ पेपर पर अंकित सभी बिन्दुओं को मिलाइए। यह कार की गति के लिए प्रदान किए गए आंकड़े का v-t ग्राफ है। जाँच कीजिए कि यह एक सरल रेखा है अथवा नहीं। सरल रेखीय ग्राफ यह इंगित करता है कि कार एकसमान त्वरण से गतिमान है।

प्रेक्षण एवं परिकलन

A पिण्ड का त्वरण ज्ञात करना

कार का त्वरण ज्ञात करने के लिए सरल रेखीय ग्राफ पर कोई दो बिन्दु लेकर इनके संगत t तथा v के मान (उपरोक्त सैद्धांतिक भाग में सुझाए अनुसार) ज्ञात कीजिए। सुविधा के लिए ऐसे बिन्दुओं को लेने का सुझाव दिया जाता है जिनके लिए समय तथा वेग के पूर्णांक मान हो। मान लीजिए इन दो बिन्दुओं के निर्देशांक (t_1, v_1) तथा (t_2, v_2) है। इस समय-अंतराल $(t_2 - t_1)$ की अवधि में कार का त्वरण समीकरण (2) द्वारा परिकलित कीजिए:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

© NCERT not to be republished

इसी प्रकार, तीन अन्य समयांतरालों पर सरल रेखीय υ - t ग्राफ के अन्य बिन्दुओं का चयन करके प्राप्त विभिन्न समुच्चयों के लिए त्वरण ज्ञात कीजिए। द्वारा ज्ञात कीजिए। अपने प्रेक्षणों को तालिकाबद्ध कीजिए।

(B) *पिण्ड द्वारा चली गयी दूरी ज्ञात करना*

$\upsilon - t$ ग्राफ के उपयोग द्वारा कार द्वारा दिए गए समय अंतराल में चली गयी दूरी ज्ञात की जा सकती है। किसी नियत समय अंतराल जैसे 10 s, का चयन कीजिए। सैद्धांतिक भाग में वर्णन की गयी विधि का उपयोग करके

क्रम सं.	ग्राफ पर चयनित पहले बिन्दु पर समय का मान, t_1	ग्राफ पर चयनित दूसरे बिन्दु पर समय का मान, t_2	क्षण t_1 पर वेग, υ_1	क्षण t_2 पर वेग, υ_2	कार का त्वरण A [समीकरण (2) का उपयोग करके]
	(s)	(s)	(m s^{-1})	(m s^{-1})	(m s^{-2})
1					
2					
3					
4					
5					

समीकरण (3) द्वारा, कार द्वारा पहले 10 s में चली गयी दूरी परिकलित कीजिए। यह कार द्वारा t = o s से 10 s के बीच चली गयी दूरी है। अब यह कार द्वारा अगले 10 s (अर्थात् कार द्वारा t = 10 s से 20 s के बीच) में चली गयी दूरी परिकलित कीजिए। कार द्वारा समय T में समय के विभिन्न क्षणों के बीच चली गयी दूरी ज्ञात कीजिए तथा अपने प्रेक्षणों को सारणीबद्ध कीजिए।

दिए गए समयांतराल में कार द्वारा चली गयी दूरी का परिकलन υ - t ग्राफ के नीचे के वर्गों को गिनकर भी किया जा सकता है।

क्रम संख्या	आरम्भिक समय, t_1	अंतिम समय, t_2	समय t_1, पर वेग υ_1,	समय t_2, पर वेग υ_2	समय, अंतराल $(t_2 - t_1)$ में कार द्वारा चली दूरी समीकरण (3) द्वारा	वर्गों को गिनने पर
	(s)	(s)	(m s^{-1})	(m s^{-1})	(m)	(m)
1	0	T =				
2	T =	$2T$ =				
3	$2T$ =	$3T$ =				
4	$3T$ =	$4T$ =				
5	$4T$ =	$5T$ =				
	0	यात्रा के अंत में समय			कुल दूरी	कुल दूरी

परिणाम एवं परिचर्चा

कार की गति के लिए वेग–समय ग्राफ समय–अक्ष से प्रवणता युक्त सरल रेखा है। यह इंगित करता है कि कार एक समान त्वरण से गतिमान है। वेग–समय ग्राफ अपनी प्रायोगिक पुस्तिका से संलग्न कीजिए।

गतिमान कार का त्वरण (ग्राफ से) = ______ m s^{-2}.

© NCERT not to be republished

प्रेक्षणों द्वारा चली गई कुल दूरी (ग्राफ द्वारा, परंतु समीकरण (3) का उपयोग करके) = m; तथा
कार द्वारा चली गई कुल दूरी (v - t ग्राफ के नीचे के वर्गों को गिनकर) = ... m

प्रेक्षणों द्वारा यह पाया गया कि विभिन्न समय पर समान समयांतराल में कार द्वारा चली गई दूरियाँ भिन्न-भिन्न हैं। यह दर्शाता है कि कार त्वरित गति में है।

सावधानियाँ

- ग्राफ खींचने के लिए नुकीली पेंसिल का प्रयोग कीजिए।
- कार की गति से संबंधित दो राशियों वेग तथा समय को ग्राफ पेपर पर निरूपित करने के लिए चयनित पैमाना ऐसा होना चाहिए कि ग्राफ के अधिकतम् भाग का उपयोग हो जाए। इससे ग्राफ की अच्छी व्याख्या करने में सहायता मिलेगी।

शिक्षक के लिए

- इस कार्यकलाप को करने से पहले यह, परामर्श दिया जाता है कि कक्षा के सभी छात्र इससे पहले के कार्यकलाप जिसका उद्देश्य "एक समान चाल से गतिमान किसी पिण्ड के लिए दिए गए s तथा t के आंकड़ों के समुच्चय से दूरी-समय (s - t) ग्राफ खींचना तथा पिण्ड की चाल ज्ञात करना" है को पूरा कर लें।
- इस विस्तृत विवरण में कार की गति के लिए वेग-समय आंकड़ों का एक नमूना समुच्चय प्रस्तुत किया गया है। आपको यह सुझाव दिया जाता है कि आप विद्यार्थियों को $v - t$ ग्राफ खींचने, एक समान त्वरण से गतिमान पिण्ड का त्वरण ज्ञात करने तथा विभिन्न समयांतरालों में पिण्ड द्वारा चली दूरियाँ ज्ञात करने के लिए किसी गतिमान पिण्ड के लिए वेग-समय के विभिन्न समुच्चय प्रदान करें।
- ग्राफ पेपर पर समय तथा वेगों के मान निरूपित करने के लिए क्रमशः अक्षों OX तथा OY को खींचते समय बिन्दु O को ग्राफ पेपर के निचले बाएं कोने से ज़रा दूर लेना चाहिए।
- अक्षों पर भौतिक राशियों को उनके उचित मात्रकों सहित इंगित करना चाहिए। ग्राफ पेपर के ऊपरी दाएं कोने पर राशियों के पैमानों को भी उचित प्रकार से व्यक्त करना चाहिए।

© NCERT not to be republished

अनुप्रयोग

- $v - t$ ग्राफ की प्रवणता गतिमान वस्तु के त्वरण की माप होती है। तथा $v - t$ ग्राफ के नीचे का क्षेत्रफल वस्तु द्वारा चली दूरी प्रदान करता है। विभिन्न गतिमान पिण्डों के लिए बहुत से v - t ग्राफ खींचे जा सकते हैं। इन ग्राफों की प्रवणताओं से इन पिण्डों के त्वरणों की तुलना की जा सकती है। v - t ग्राफ की जितनी अधिक प्रवणता होती है उतना ही अधिक पिण्ड का त्वरण होता है। इसी प्रकार v - t ग्राफ के नीचे जितना अधिक क्षेत्रफल होता है उतनी ही अधिक दूरी पिण्ड द्वारा चली जाती है।
- यहाँ खींचा गया v - t ग्राफ समय-अंतराल के किसी दिए गए परिसर में पिण्ड की चाल को दर्शाता है इस ग्राफ द्वारा आंकड़े में दिए गए समय-अंतराल के परिसर के बाहर भी पिण्ड का वेग (अथवा त्वरण) ज्ञात किया जा सकता है।

प्रश्न

- एक समय वेग से गतिमान किसी पिण्ड के लिए वेग-समय ग्राफ की प्रकृति कैसी होती है? इस ग्राफ की प्रवणता क्या होती है?
- एकसमान अथवा असमान त्वरण से गतिमान किसी पिण्ड के लिए वेग-समय ग्राफ की प्रकृति क्या होती है? इसकी प्रवणताएं कैसी होती हैं?
- जो पिण्ड विराम में है उसके $v-t$ ग्राफ की आकृति कैसी होगी?
- यदि किसी पिण्ड की गति के लिए खींचा गया $v-t$ ग्राफ समय-अक्ष के समांतर है तो इससे आप क्या निष्कर्ष निकालेंगे?
- क्या आप किसी ऐसे वेग-समय ग्राफ की कल्पना कर सकते हैं जो वेग-अक्ष के समांतर हो?
- दो कारें किसी सीधी सड़क पर विभिन्न एकसमान त्वरणों के साथ 15 मिनट तक दौड़ती हैं। अत: इनके $v-t$ ग्राफों की प्रवणताएं भिन्न-भिन्न हैं। कौन सी कार अधिक दूरी तय करेगी?
- इस प्रयोग में ग्राफ पेपर के अधिकतम् भाग का उपयोग करने के लिए सुझाव दिया गया है। क्यों?
- ग्राफ खींचने के लिए पैमाने का चयन करते समय जिन बातों का अनुसरण करना आवश्यक है उन्हें लिखिए?

© NCERT not to be republished

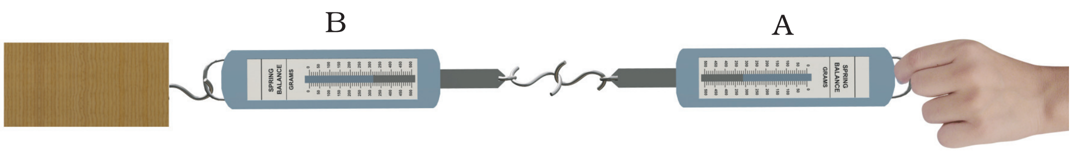
प्रयोग 34

उद्देश्य

दो कमानीदार तुलाओं का उपयोग करके गति के तीसरे नियम का अध्ययन करना।

सिद्धांत

गति के पहले दो नियम हमें यह बताते हैं कि किस प्रकार कोई अनुप्रयुक्त बल किसी पिण्ड की गति की अवस्था में परिवर्तन करता है तथा हमें बल की माप की विधि भी बताते हैं। गति का तीसरा नियम यह स्पष्ट करता है कि जब कोई पिण्ड किसी अन्य पिण्ड पर बल आरोपित करता है तो दूसरा पिण्ड पहले पिण्ड पर वापस बल आरोपित कर देता है। ये दोनों बल सदैव ही परिमाण में समान परंतु दिशा में विपरीत होते हैं। ये बल विभिन्न पिण्डों पर कार्य करते हैं एक ही पिण्ड पर कदापि कार्य नहीं करते। इन दो विपरीत बलों को क्रिया तथा प्रतिक्रिया बलों द्वारा भी जाना जाता है। आइए दो कमानीदार तुलाओं। तथा B पर विचार करते हैं जो चित्र 34.1 में दर्शाए अनुसार एक दूसरे से जुड़ी हैं। तुला B का अचल सिरा दीवार जैसे किसी दृढ आधार से जुड़ा है। जब कमानीदार तुला A के स्वतंत्र सिरे पर कोई बल आरोपित किया जाता है तो यह प्रेक्षण किया जाता है कि दोनों कमानीदार तुलाएं अपने पैमानों पर समान पाठ्यांक दर्शाती हैं। इसका अर्थ यह है कि तुला B पर तुला A द्वारा आरोपित बल परिणाम में समान परंतु दिशा में तुला B द्वारा तुला A पर आरोपित बल के विपरीत है। कमानीदार तुला A द्वारा कमानीदार तुला B पर आरोपित बल को *क्रिया* कहते हैं तथा तुला B द्वारा तुला A पर आरोपित बल को *प्रतिक्रिया* कहते हैं। इससे हमें गति के तीसरे नियम का एक वैकल्पिक



चित्र 34.1: क्रिया तथा प्रतिक्रिया बल समान एवं विपरीत होते हैं

© NCERT not to be republished

कथन प्राप्त होता है। अर्थात् प्रत्येक क्रिया की समान एवं विपरीत प्रतिक्रिया होती है। तथापि हमें यह याद रखना चाहिए कि क्रिया तथा प्रतिक्रिया सदैव दो भिन्न पिण्डों पर कार्य करती हैं।

आवश्यक सामग्री

दो सर्वसम कमानीदार तुलाएं (0 – 5 N; 0 – 500 g), बाट पेटी, अवितान्य धागा, घर्षणहीन घिरनी (जिसे मेज की कोर पर जड़ा जा सके) तथा ज्ञात द्रव्यमान का एक पलड़ा।

कार्यविधि

1. दोनों कमानीदार तुलाओं का परिसर तथा अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. यह सुनिश्चित कीजिए कि दोनों तुलाएं सर्वसम हैं।
3. यह परीक्षण कीजिए कि कमानीदार तुलाएं बल माप सकती हैं अथवा नहीं। यदि दोनों तुलाओं पर बल के मात्रकों के पदों में अंशांकन है तो अच्छा है। यदि ऐसा नहीं है, अर्थात् कमानीदार तुलाओं पर केवल द्रव्यमान के पदों में अंशांकन हैं, तो 'शिक्षक के लिए' शीर्षक में वर्णनानुसार इसे बल के मात्रकों में रूपांतरित करना सीखिए।
4. दोनों तुलाओं को ऊर्ध्वाधरत: पकड़िए तथा यह सुनिश्चित कीजिए कि इसके संकेतक शून्यांक चिह्न पर हैं।

© NCERT not to be republished

चित्र 34.2: *प्रायोगिक व्यवस्था*

5. कमानीदार तुलाओं A तथा B, पलड़े तथा घिरनी को अवितान्य धागे की सहायता से चित्र 34.2 में दर्शाए अनुसार व्यवस्थित कीजिए। कमानीदार तुला B दृढ़ आधार से जुड़ी रहनी चाहिए। कमानीदार तुला मेज की ऊपरी चिकनी सतह पर टिकायी जा सकती है जबकि धागे को मेज की ऊपरी सतह को स्पर्श नहीं करना चाहिए। धागे का दूसरा सिरा जो पलड़े से जुड़ा होता है उसे भी मेज को स्पर्श किए बिना मुक्त रूप से लटकना चाहिए।

6. दोनों कमानीदार तुलाओं के पैमानों के पाठ्यांक क्या हैं? क्या ये समान हैं? क्या यह पलड़े के भार (w) [पलडे का द्रव्यमान (m) × आपके स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण (g)] के बराबर हैं?

7. क्रिया तथा प्रतिक्रिया बलों की पहचान कीजिए। कमानीदार तुला A द्वारा तुला B पर आरोपित बल क्रिया (कमानीदार तुला B का पाठ्यांक) है। तुला A का पाठ्यांक अर्थात् वह बल जो कमानीदार तुला B तुला A पर आरोपित करती है, प्रतिक्रिया को दर्शाता है।

8. पलड़े पर कोई द्रव्यमान M (जैसे 100 g) रखिए। धागे से जुड़ा अब कुल द्रव्यमान ($M + m$) है। दोनों तुलाओं के पाठ्यांकों का प्रेक्षण कीजिए।

9. चरण 8 को पलड़े पर कम-से-कम अन्य पाँच द्रव्यमान रखकर दोहराएं। अपने प्रेक्षणों को सारणीबद्ध कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

(i) दोनों कमानीदार तुलाओं के परिसर = __ — __ N or ___ — ___ g

(ii) कमानीदार तुला की अल्पतमांक = __ — __ N or___ — ___ g

(iii) आपके स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण (g) = ___ m s^{-2}

(iv) पलड़े का द्रव्यमान (दिया हुआ है) m = _____ g = ___ kg

(v) पलड़े का भार $w = m$ (in kg)× g = ___ N.

क्रम सं.	पलड़े पर द्रव्यमान, M	कमानीदार तुला A से जुड़ा कुल द्रव्यमान ($M + m$)		कमानीदार तुला A से जुड़ा कुल भार ($M + m$) × g	कमानीदार तुला A के पैमाने का पाठ्यांक F_a			कमानीदार तुला B के पैमाने का पाठ्यांक F_B			$F_A \sim F_B$
	(g)	(g)	(kg)	(N)	(g)	(kg)	(N)	(g)	(kg)	(N)	(N)
1.	0										
2.											
3.											
4.											
5.											

© NCERT not to be republished

परिणाम एवं परिचर्चा

दोनों कमानीदार तुलाओं के पैमानों पर पाठ्यांक समान हैं। इसका यह अर्थ है कि कमानीदार तुला A द्वारा तुला B पर आरोपित बल, क्रिया बल; प्रतिक्रिया बल (कमानीदार तुला B द्वारा तुला A पर आरोपित बल) के बराबर है। इस प्रकार क्रिया तथा प्रतिक्रिया बल समान तथा विपरीत हैं तथा दो भिन्न पिण्डों पर कार्य करते हैं। यह गति के तीसरे नियम को सत्यापित करता है।

उस प्रकरण में जबकि दोनों कमानीदार तुलाओं के पैमानों पर पाठ्यांक लगभग समान हैं (अर्थात् बिल्कुल समान नहीं हैं) तो कारणों पर परिचर्चा कीजिए।

सावधानियाँ

- दोनों कमानीदार तुलाओं का उपयोग करने से पूर्व यह सुनिश्चित कर लें कि उनके संकेतक शून्यांक चिह्न पर हैं।
- दोनों कमानीदार तुलाओं के पाठ्यांक तभी लेने चाहिए जबकि उनके संकेतक विराम अवस्था में आ जाएं।
- ऐसी कमानीदार तुलाओं का चयन कीजिए जिनके पैमानों का अंशांकन एक समान तथा बराबर दूरियों पर हो।
- प्रयोग में उपयोग किया जाने वाला धागा अवितान्य होना चाहिए। ऐसा न होने पर डोरी में खिंचाव कमानीदार तुला पर आरोपित बल को परिवर्तित कर सकता है।

शिक्षक के लिए

- कमानीदार तुलाओं के उचित उपयोग के लिए यह परामर्श दिया जाता है कि इस प्रयोग को करने से पूर्व छात्रों को कमानीदार तुला के उपयोग के बारे में भलीभाँति प्रशिक्षित किया जाए (प्रयोग 3 तथा 4 देखिए)।
- इस प्रयोग का उद्देश्य गति के तीसरे नियम की व्याख्या करना है। मापन-कौशल को अनावश्यक महत्व देने से बचने के लिए पलड़े के द्रव्यमान का मान बता देने का परामर्श दिया जाता है।
- कमानीदार तुला मुख्यरूप से किसी पिण्ड का भार (बल) मापने के लिए होती है। तथापि, प्रयोगशालाओं में इसका उपयोग प्राय: पिण्डों के द्रव्यमान मापने में किया जाता है। याद रखना चाहिए कि कमानीदार तुला के पैमाने का अंशांकन इसके निर्माण के स्थान पर किया जाता है, अत: यह उस स्थान के गुरुत्वीय त्वरण (g) के मान पर निर्भर करता है। अत: यदि किसी कमानीदार तुला का उपयोग द्रव्यमान मापने के लिए किसी अन्य स्थान पर जहाँ 'g' का मान भिन्न है, किया जाता है तो द्रव्यमान की माप में त्रुटि दृष्टिगोचर होगी। तथापि इस प्रयोग में यदि दोनों कमानीदार तुलाएं सर्वसम हैं, तो यह त्रुटि प्रयोग को प्रभावित नहीं करेगी क्योंकि हम यहाँ कमानीदार तुलाओं का उपयोग गुरुत्वीय बलों की तुलना करने के लिए कर रहे हैं।
- इस प्रयोग में हमारा अभिप्राय गति के तीसरे नियम का अध्ययन करना है जो क्रिया तथा प्रतिक्रिया बलों के बारे में है। अत: यहाँ द्रव्यमानों की अपेक्षा बलों को मापना अधिक महत्वपूर्ण है। अत: ऐसी कमानीदार तुलाओं के उपयोग के लिए परामर्श दिया जाता है जो न्यूटन (N) में भार (बल) को भी मापती हैं। यदि ऐसी कमानीदार तुला उपलब्ध नहीं है तथा छात्र ऐसी

© NCERT not to be republished

कमानीदार तुलाओं का उपयोग करने के लिए विवश हैं जो केवल द्रव्यमानों के पाठ्यांकों को निर्दिष्ट करती हैं, तो उन्हें द्रव्यमानों की यथार्थ माप लेने का सुझाव दीजिए। फिर द्रव्यमान के पाठ्यांकों को प्रयोग के स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण (g) के मान से गुणा करने पर अभीष्ट परिणाम (भार/बल) प्राप्त किए जा सकते हैं।

अनुप्रयोग

अपने दैनिक जीवन से ऐसे कुछ उदाहरण खोजिए जिनमें आप गति के तीसरे नियम के अनुप्रयोग देख सकें। हम सड़क पर कैसे चलते हैं? इस में क्रिया तथा प्रतिक्रिया के युगल को पहचानिए। क्या ये बल लिए गए दोनों पिण्डों में समान त्वरण उत्पन्न करते हैं?

प्रश्न

- रेत पर चलने में हमें कठिनाई क्यों होती है?
- जब कोई घोड़ा किसी ताँगे को खींचता है तो गति के तीसरे नियम के अनुसार ताँगा भी घोड़े को विपरीत दिशा में समान बल लगाकर खींचता है? तब फिर घोड़े-ताँगे का निकाय गति क्यों करता है?
- कमानीदार तुला का अंशांकन द्रव्यमान में है तो यह तुला क्या मापती है – द्रव्यमान अथवा भार?
- किसी कमानीदार तुला का g में अंश शोधन कोलकाता (मान लीजिए) में किया गया है। नई दिल्ली में इस तुला द्वारा मापने पर किसी पिण्ड का द्रव्यमान 60 g है। इस पिण्ड का परिशुद्ध द्रव्यमान क्या है? इस कमानीदार तुला द्वारा उसी पिण्ड का चन्द्रमा के पृष्ठ पर क्या द्रव्यमान दर्शाया जाएगा?
- किसी प्रायोगिक प्रेक्षण में एक अच्छी कमानीदार तुला से किसी पिण्ड का द्रव्यमान मापने पर 495 g पाया जाता है। तथापि, इस पिण्ड का परिशुद्ध द्रव्यमान 500 g था। इस प्रेक्षण का स्पष्टीकरण कैसे किया जा सकता है? क्या यह गति के तीसरे नियम के विरुद्ध जाता है?

© NCERT not to be republished

प्रयोग 35

उद्देश्य

किसी पिण्ड के द्रव्यमान तथा उसके सम्पर्क पृष्ठों की प्रकृति के साथ सीमांत घर्षण में परिवर्तन का अध्ययन करना।

सिद्धांत

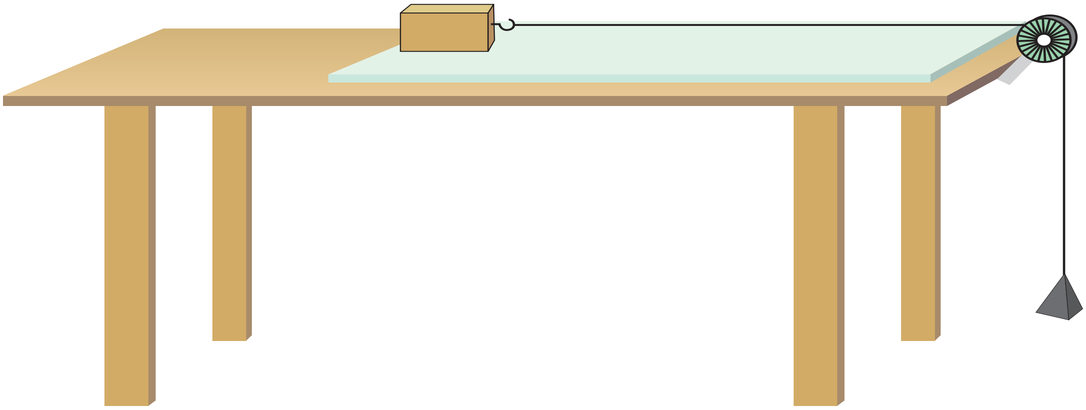
जब भी बल आरोपित करने पर कोई पिण्ड किसी अन्य पिण्ड के पृष्ठ पर सरकाया जाता है तो घर्षण बल (अथवा केवल घर्षण) इस गति का विरोध करता है। घर्षण बल, अनुप्रयुक्त बल की दिशा के विपरीत दिशा में कार्य करता है। जैसे-जैसे पिण्ड पर अनुप्रयुक्त बल में वृद्धि होती जाती है वैसे-वैसे ही इस बल को संतुलित करने के लिए घर्षण बल में भी वृद्धि होती जाती है। पिण्ड पर नेट बल शून्य रहता है तथा वह गति नहीं करता। तथापि, घर्षण बल में किसी निश्चित सीमा तक ही वृद्धि हो सकती है। एक बार अनुप्रयुक्त बल में इस सीमा से अधिक वृद्धि होने पर पिण्ड पर एक असंतुलित बल कार्य करता है और वह गति करने लगता है। पिण्ड में गति उत्पन्न होने से तुरंत पहले दो ठोस पृष्ठों के बीच कार्यरत घर्षण बल के अधिकतम् मान को *सीमांत घर्षण बल* (अथवा केवल *सीमांत घर्षण*)कहते हैं।

किसी पिण्ड के द्रव्यमान पर सीमांत घर्षण की निर्भरता का अध्ययन करने के लिए आपको पिण्ड पर अनुप्रयुक्त बल को मापने तथा इस पिण्ड को पृष्ठ पर मात्र गति कराने के लिए आवश्यक बल को ज्ञात करने के लिए किसी व्यवस्था की आवश्यकता होगी। ऐसी ही एक व्यवस्था चित्र 35.1 में दर्शायी गयी है। इस व्यवस्था में डोरी का एक सिरा उस पिण्ड से जुड़ा है जिसे गतिमय बनाना है तथा दूसरा सिरा पलड़े से बाँधा गया है। यह डोरी किसी घर्षण रहित घिरनी से इस प्रकार गुजरती है कि पलड़ा वायु में मुक्त रूप से निलंबित रहे। जब पलड़े पर कोई भार रखते हैं तो डोरी से होकर वस्तु पर क्षैतिज दिशा में बल कार्य करता है। यदि पलड़े पर भार सीमांत घर्षण के बराबर है तो वस्तु सरकना आरम्भ कर देती है। अत:

सीमांत घर्षण = डोरी से होकर आरोपित बल

= (पलड़े का भार + पलड़े पर अतिरिक्त भार) × गुरुत्वीय त्वरण *(g)*

© NCERT not to be republished



चित्र 35.1: निलंबित पिण्ड के द्रव्यमान में परिवर्तन के साथ सीमांत घर्षण में परिवर्तन का अध्ययन करने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था

आवश्यक सामग्री

हुक लगा लकड़ी का गुटका, क्षैतिज पृष्ठ, दो भिन्न ऊपरी समतल पृष्ठ (जैसे काँच की शीट, वुड माइका लगा लकड़ी का समतल पृष्ठ अथवा हार्ड बोर्ड), एक घर्षण रहित घिरनी (जिसे समतल पृष्ठ के किनारे पर जड़ा जा सके), ज्ञात द्रव्यमान का पलड़ा, स्पिरिट लेविल, चिमटी सहित बाट पेटी, कमानीदार तुला, एक डोरी, तथा नियत द्रव्यमान (जैसे 100 g) के 10 भार।

कार्यविधि

1. मेज पर स्वच्छ काँच की शीट रखिए। स्पिरिट लेविल की सहायता से पृष्ठ को क्षैतिज बनाइए। काँच के ऊपरी पृष्ठ को क्षैतिज बनाने के लिए उसके नीचे कागज अथवा गत्ते के टुकड़े धँसा सकते हैं।
2. कमानीदार तुला का अल्पतमांक तथा परिसर ज्ञात कीजिए।
3. हुक लगे लकड़ी के गुटके का द्रव्यमान (M) कमानीदार तुला द्वारा ज्ञात कीजिए।
4. चित्र 35.1 में दर्शाए अनुसार घिरनी को मेज के किनारे से जड़िए।
5. डोरी का एक सिरा पलड़े से तथा दूसरा सिरा गुटके के हुक से बाँधिए।
6. चित्र 35.1 में दर्शाए अनुसार लकड़ी के गुटके को काँच के ऊपरी क्षैतिज पृष्ठ पर रखिए तथा डोरी को घिरनी के ऊपर से गुजारते हुए पलड़े को लटकाइए। यह सुनिश्चित कीजिए कि लकड़ी के गुटके तथा घिरनी के बीच की डोरी का भाग किसी भी स्थान पर मेज के ऊपरी पृष्ठ को न छुए। इसके लिए घिरनी की ऊँचाई इस प्रकार समायोजित कीजिए कि घिरनी के शीर्ष की ऊँचाई लकड़ी के गुटके में लगे हुक के लेविल में हो।
7. बाट पेटी से कोई छोटा द्रव्यमान (p) जैसे 20 g, पलड़े पर रखिए। काँच के पृष्ठ को धीरे-धीरे थपथपाइए और प्रेक्षण कीजिए कि ऐसा करने पर क्या लकड़ी के गुटके में कोई गति उत्पन्न होती है। पलड़े पर चरणों में उस समय तक द्रव्यमान घटाते अथवा बढ़ाते जाइए जब तक कि काँच के ऊपरी पृष्ठ को धीरे-धीरे थपथपाने पर लकड़ी का गुटका काँच के पृष्ठ पर सरकना आरंम्भ नहीं कर देता। पलड़े पर रखे द्रव्यमान को नोट कीजिए।
8. पलड़े से द्रव्यमानों को हटाइए तथा गुटके को उसकी पूर्व स्थिति पर ले जाइए।

© NCERT not to be republished

9. लकड़ी के गुटके पर कोई द्रव्यमान (q), जैसे 200 g रखिए। पहले की ही भाँति पलड़े पर रखे जाने वाले उस द्रव्यमान को ज्ञात कीजिए जिसे पलड़े पर रखने पर द्रव्यमान (q) सहित लकड़ी का गुटका काँच के पृष्ठ पर सरकना आरम्भ कर देता है। पलड़े पर रखे द्रव्यमान को नोट कीजिए।
10. लकड़ी के गुटके पर विभिन्न द्रव्यमानों को रखकर कार्यकलाप को दोहराइए तथा गुटके को काँच के पृष्ठ पर सरकाने के लिए पलड़े पर रखने के लिए आवश्यक द्रव्यमान नोट कीजिए।
11. मेज पर रखी काँच की ऊपरी शीट को किसी अन्य पृष्ठ जैसे वुडमाइका, हार्ड बोर्ड, आदि से प्रतिस्थापित करके कार्यकलाप के 6 से 10 तक के चरणों को दोहराइए तथा अपने प्रेक्षण नोट कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

दो विभिन्न पृष्ठों के लिए अपने प्रेक्षणों को भिन्न-भिन्न सारणियों में लिखिए।

(i) कमानीदार तुला का परिसर = ______ g

(ii) कमानीदार तुला का अल्पतमांक = ______ g

(iii) हुक सहित लकड़ी के गुटके का द्रव्यमान, M = ______ g

(iv) पलड़े का द्रव्यमान, m (दिया गया है) = ______ g

(v) आपके स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण, g = ______ m/s^2

सारणी-1 समतल पृष्ठ 1 (काँच) पर लकड़ी के गुटके का सरकना

क्रम सं.	लकड़ी के गुटके पर द्रव्यमान q	लकड़ी के गुटके का कुल द्रव्यमान = $M+q$		काँच के पृष्ठ पर लकड़ी के गुटके को सरकाने के लिए पलड़े पर आवश्यक द्रव्यमान, p	पलड़े का कुल द्रव्यमान = $m+p$		सीमांत घर्षण = पलड़े का कुल भार = $(m+p)g$
	(g)	(g)	(kg)	(g)	(g)	(kg)	($kg\ m/s^2$) or (N)
1.	0						
2.							
3.							

सारणी-2 समतल पृष्ठ 2 (वुड माइका अथवा हार्डबोर्ड) पर लकड़ी के गुटके का सरकना

क्रम सं.	लकड़ी के गुटके पर द्रव्यमान q	लकड़ी के गुटके का कुल द्रव्यमान $(M+q)$		माइका के पृष्ठ पर लकड़ी के गुटके को सरकाने के लिए पलड़े पर आवश्यक द्रव्यमान p	पलड़े का कुल द्रव्यमान $(m+p)$		सीमांत घर्षण = पलड़े का कुल भार = $(m+p)g$
	(g)	(g)	(kg)	(g)	(g)	(kg)	($kg\ m/s^2$) or (N)
1.							
2.							

© NCERT not to be republished

परिणाम एवं परिचर्चा

- दिए गए पृष्ठ पर सरकने वाले पिण्ड के भार में वृद्धि के साथ सीमांत घर्षण में वृद्धि हो जाती है।
- सम्पर्क के पृष्ठों की प्रकृति में परिवर्तन होने पर सीमांत घर्षण के मान में परिवर्तन हो जाता है। _________ तथा _________ पृष्ठों के बीच घर्षण, _________ तथा_________ पृष्ठों के बीच घर्षण से अधिक है।

सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- चूँकि घिरनी पर घर्षण, सीमान्त घर्षण को प्रभावित करता है इसलिए घिरनी यथासंभव चिकनी होनी चाहिए।
- डोरी अवितान्य होनी चाहिए।
- लकड़ी के गुटके तथा घिरनी के बीच का डोरी का भाग क्षैतिज होना चाहिए।
- समतल पृष्ठ तथा लकड़ी के गुटके का सम्पर्क वाला पृष्ठ स्वच्छ तथा शुष्क होना चाहिए।
- पलड़ा डोरी से इस प्रकार बँधा होना चाहिए कि जब इस पर कोई द्रव्यमान नहीं है तब मुक्त रूप से निलम्बन के समय यह क्षैतिज रहे।
- जब पलड़े पर द्रव्यमान बढ़ाया जाए तो क्षैतिज समतल पृष्ठ (काँच, वुड माइका, हार्ड बोर्ड आदि) को यह जानने के लिए कि गुटका गति करता है अथवा नहीं, धीरे-धीरे थपथपाना चाहिए।
- छोटे द्रव्यमानों को पलड़े पर चढ़ाते अथवा उतारते समय चिमटी का उपयोग करना चाहिए। यह सुनिश्चित कीजिए, कि पलड़े के गति करते समय द्रव्यमान नीचे न गिरें।

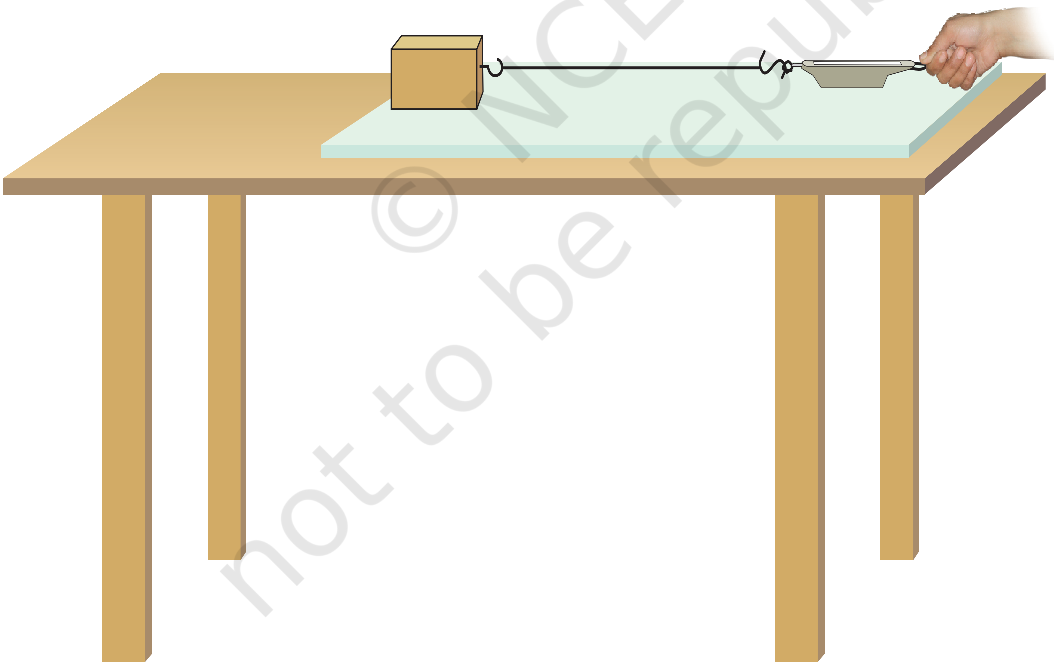
शिक्षक के लिए

- छात्रों को कमानीदार तुला के उपयोग का अभ्यास कराइए (प्रयोग 3 तथा 4)।
- इस प्रयोग का उद्देश्य सीमांत घर्षण की परिघटना को समझना है। यह परामर्श दिया जाता है कि पलड़े का द्रव्यमान (m) तथा लकड़ी के गुटके के द्रव्यमान (M) को बता दिया जाए।
- डोरी का वह भाग जो लकड़ी के गुटके तथा घिरनी के बीच है, क्षैतिज रहना चाहिए। इसके लिए मेज के एक सिरे पर जड़ी घिरनी की स्थिति को समतल पृष्ठों की मोटाई तथा सरकने वाले लकड़ी के गुटके को ध्यान में रखकर समायोजित करना पड़ सकता है।
- इस प्रयोग के लिए द्रव्यमानों के समुच्चय तथा लकड़ी के गुटके के साइज़ का न्यायसंगत चयन महत्वपूर्ण है। यदि गुटका बहुत हल्का है तो सीमांत घर्षण बल केवल खाली पलड़े के भार से भी कम हो सकता है और ऐसी परिस्थिति में केवल गुटके के लिए प्रेक्षण लेना संभव नहीं हो सकता। इसी प्रकार दिए गए द्रव्यमानों के समुच्चय को गुटके पर रखने पर परिवर्तन द्वारा गुटके का

© NCERT not to be republished

अधिकतम् द्रव्यमान इतना अधिक नहीं होना चाहिए कि गुटके को सरकाने के लिए पलड़े पर रखने के लिए अत्यधिक द्रव्यमान की आवश्यकता पड़े।

- यदि किसी प्रकरण में घिरनी उपलब्ध न हो अथवा उसे उचित प्रकार से लगाना संभव न हो तो किसी सतह पर गुटके को सरकाने के लिए आवश्यक बल की माप कमानीदार तुला द्वारा की जा सकती है। डोरी का एक सिरा गुटके में लगे हुक से बाँधिए तथा दूसरा सिरा कमानीदार तुला के हुक से बाँधिए। डोरी की लम्बाई इतनी होनी चाहिए कि कमानीदार तुला को मेज़ के एक सिरे पर रखकर लकड़ी के गुटके को मेज़ के दूसरे सिरे पर रखा जा सके (चित्र 35.2)। यहाँ पर भी गुटके पर बल आरोपित करते समय डोरी को क्षैतिज रखना चाहिए। अब कमानीदार तुला को खींचकर गुटके पर थोड़ा बल आरोपित कीजिए। बल को धीरे-धीरे उस समय तक बढ़ाते जाइए जब तक कि गुटका क्षैतिज पृष्ठ पर सरकना आरम्भ नहीं कर देता। ध्यान दीजिए कि कमानीदार तुला गुटके में गति दर्शाने से तुरंत पूर्व अपेक्षाकृत अधिक मान का बल प्रदर्शित करता है। कमानीदार तुला का यह अधिकतम् पाठ्यांक सीमांत घर्षण का मान बताता है। यदि दी गई कमानीदार तुला का अंशांकन न्यूटन में है तो, बल की माप सीधे ही की जा सकती है। परंतु यदि तुला का अंशांकन किलोग्राम अथवा ग्राम में है तो मापे गये मान को गुरुत्वीय त्वरण से गुणा करना होता है।



चित्र 35.2 : सीमांत घर्षण के अध्ययन के लिए एक वैकल्पिक (काम चलाऊ) व्यवस्था

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- इस प्रयोग में घर्षण रहित घिरनी के उपयोग के लिए परामर्श क्यों दिया जाता है?
- इस प्रयोग में यदि खाली पलड़े का भार, आपके द्वारा उपयोग किए जा रहे लकड़ी के गुटके तथा मेज़ के पृष्ठ के बीच सीमांत घर्षण से अधिक हो तो क्या होगा?
- गुटके पर घर्षण बल किस दिशा में कार्य करता है?
- गुटके को गति प्रदान करने वाले धागे को मेज़ के पृष्ठ तथा आपके द्वारा उपयोग किए जा रहे गुटके के सापेक्ष क्षैतिज क्यों रखा जाता है?
- यदि सम्पर्क में आने वाले दो पृष्ठों के बीच ग्रीस अथवा तेल लगा दिया जाए तो सीमांत घर्षण पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- 100 g का कोई गुटका डोरी में $x\,N$ तनाव होने पर सरकने लगता है। यदि इस गुटके के ऊपर एक अन्य सर्वसम गुटका रख दें तो गुटकों के इस निकाय को सरकाने के लिए डोरी में आवश्यक तनाव कितना होगा?
- उपरोक्त प्रश्न में वर्णित दो गुटकों को संयोजित करके उसी पृष्ठ पर रखा जाता है। अब इन गुटकों को सरकाने के लिए डोरी में आवश्यक तनाव कितना होगा?
- आप किसी बल की माप में सीमांत घर्षण की संकल्पना का उपयोग किस प्रकार करेंगे?
- इस प्रयोग में जैसे ही गुटका पृष्ठ पर सरकने लगता है एक ध्वनि सुनाई देती है। इस ध्वनि के उत्पन्न होने का क्या कारण है? स्पष्ट कीजिए?

© NCERT not to be republished

प्रयोग 36

उद्देश्य

आर्किमीडीज़ के नियम को सत्यापित करना।

सिद्धांत

आर्किमीडीज़ के नियम, जिसे उत्प्लावनता का नियम भी कहते हैं, के अनुसार किसी शांत तरल में पूर्णत: अथवा अंशत: डूबे पिण्ड पर एक उपरिमुखी (उत्प्लावन) बल कार्य करता है। इस बल का परिमाण विस्थापित तरल के भार के बराबर होता है। विस्थापित तरल का आयतन पिण्ड के डूबे भाग के आयतन के बराबर होता है। इस प्रयोग में हम किसी ठोस पिंड को जल में डुबोकर इस नियम को सत्यापित करने का प्रयास करेंगे।

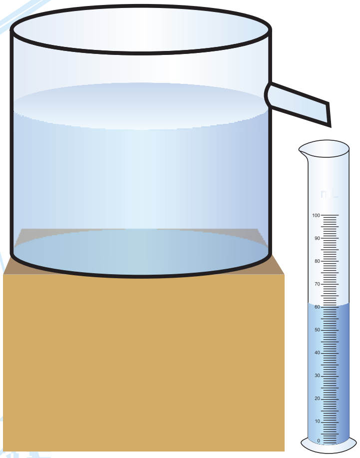
आवश्यक सामग्री

एक आप्लावी बर्तन, एक लकड़ी का गुटका, एक मापक सिलिण्डर (धारिता 100 mL तथा 1 mL अल्पतमांक वाले सिलिण्डर को अधिमानता दें), एक कमानीदार तुला, एक ठोस पिण्ड (कोई पत्थर अथवा धातु का गुटका जिसे सरलता से आप्लावी बर्तन में नीचे गिराया जा सके), प्रयोगशाला-स्टैण्ड तथा एक सिल्क के धागे का टुकड़ा।

कार्यविधि

1. कमानीदार तुला तथा मापक सिलिण्डर का परिसर एवं अल्पतमांक ज्ञात कीजिए। यदि कमानीदार तुला न्यूटन (N) में अंशांकित है तो इसका परिसर एवं अल्पतमांक N में ज्ञात कीजिए।
2. लकड़ी के गुटके पर आप्लावी बर्तन रखकर इसमें उस समय तक जल भरिए जब तक कि इसके वितुंड से जल बहना आरम्भ न हो जाए। वितुंड से आखिरी जल की बूँद गिरने तक प्रतीक्षा कीजिए।

© NCERT not to be republished

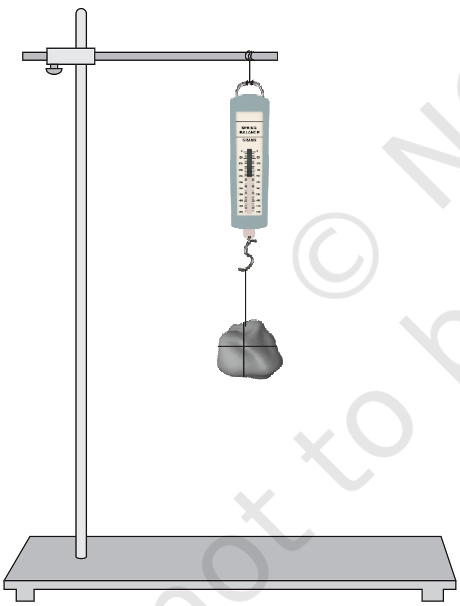


चित्र 36.1 (a) : आप्लावी बर्तन एवं मापक सिलिंडर का समायोजन

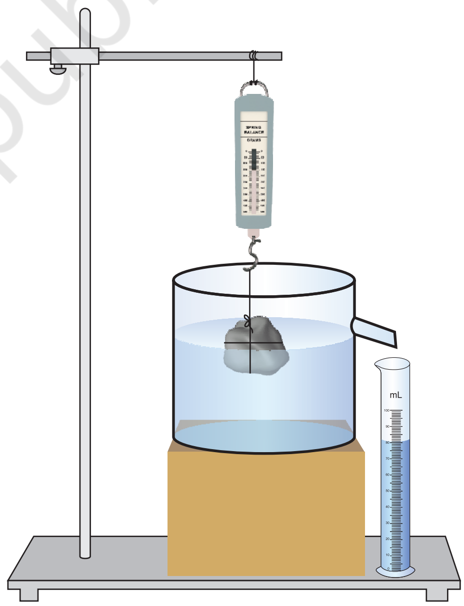
ऐसा यह सुनिश्चित करने के लिए किया जाता है कि आप्लावी बर्तन में जल लबालब भर गया है।

3. आप्लावी बर्तन के वितुंड के नीचे जल को एकत्र करने के लिए मापक सिलिण्डर रखिए [चित्र 36.1(a)]।
4. दिए गए ठोस को धागे से बाँधकर इसे कमानीदार तुला के हुक से लटकाइए। कमानीदार तुला को प्रयोगशाला स्टैण्ड में इस प्रकार लगाइए जैसा कि चित्र 36.2(b) में दर्शाए अनुसार ठोस मुक्त रूप से निलम्बित रहे। कमानीदार तुला का पाठ्यांक नोट कीजिए।
5. ठोस को आप्लावी बर्त्तन में भरे जल के भीतर इतना नीचे ले जाइए कि ठोस का कुछ भाग जैसे आधे से कम भाग जल में डूब जाए। ठोस द्वारा विस्थापित जल को आप्लावी बर्तन के वितुण्ड से गिरकर नीचे रखे मापक सिलिण्डर में एकत्र होने दीजिए जैसा चित्र 36.1(c) में दर्शाया गया है। आप्लावी बर्तन से जल की आखिरी बूँद टपकने तक प्रतीक्षा कीजिए। मापक बर्तन में एकत्रित जल का आयतन ज्ञात कीजिए।

© NCERT not to be republished



चित्र 36.1 (b) : किसी पिंड का वायु में भार मापन



चित्र 36.1 (c) : जल में डूबे हुए पिंड के भार का मापन

6. जब ठोस जल में आंशिक रूप से डूबा हो तथा वितुंड से जल की बूँदों का टपकना रुक जाए तो कमानीदार तुला का पाठ्यांक नोट कीजिए। यह ठोस के उस भार का तदनुरूपी है, जबकि ठोस आंशिक रूप से जल में डूबा है।

7. ठोस को आप्लावी बर्तन के जल में और नीचे ले जाइए (परंतु इसे पूरा मत डुबोइए)। पहले की भाँति मापक सिलिण्डर में विस्थापित जल को एकत्र करके जल का नया आयतन नोट कीजिए। चरण 6 में पहले आपने जिस प्रकार कमानीदार तुला का पाठ्यांक नोट किया था उसी प्रकार अब भी भार ज्ञात कीजिए।
8. अब ठोस को आप्लावी बर्तन के जल में इतना नीचे ले जाइए कि यह पूरा डूब जाए परंतु यह कहीं भी आप्लावी बर्तन की दीवारों अथवा तली को स्पर्श न करे। पहले की भाँति फिर कमानीदार तुला तथा मापक सिलिण्डर में एकत्र हुए जल का पाठ्यांक नोट कीजिए।
9. अपने साथी छात्रों से सामान्य शिष्टाचार बरतते हुए इस प्रयोग को करते समय जो जल मेज पर बिखर गया है उसे पोंछ कर मेज को साफ कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

(i) कमानीदार तुला का परिसर = _____ g = _____ N

(ii) कमानीदार तुला का अल्पतमांक = _____ g = _____ N

(iii) मापक सिलिण्डर का परिसर = _____ mL

(iv) मापक सिलिण्डर का अल्पतमांक = _____ mL

(v) ठोस का वायु में भार, W_o = _____ N

[अथवा W_0 = ठोस का वायु में द्रव्यमान, M_o (kg में) × गुरुत्वीय त्वरण g (m/s^2 में)]

(vi) जल का घनत्व, ρ (दिया है) = _____ g/mL

(vii) गुरुत्वीय त्वरण (g) (आपके स्थान पर) = _____ m/s^2.

क्रम सं.	जल में ठोस के क्रमागत अधिक आयतन को डुबोते हुए कमानीदार तुला का पाठ्यांक W_1 (or m_1g)	ठोस के भार में तदनुरूपी कमी $W = W_0 - W_1$ या $W = m_0g - m_1g$	मापक सिलिण्डर में एकत्रित जल का आयतन V	मापक सिलिण्डर में एकत्रित जल का भार (उत्प्लावन बल) $W_w = V_{Tap} \times \rho \times g$	ठोस के भार में आभासी कमी तथा विस्थापित जल के भार में अंतर $W \sim W_w$
	(N)	(N)	(mL)	(N)	(N)
1.					
2.					
3.					
4.					

© NCERT not to be republished

परिणाम एवं परिचर्चा

जल में डुबोने पर ठोस के भार में आभासी कमी तथा ठोस द्वारा विस्थापित जल के भार, इन दोनों का अंतर बहुत कम होने के कारण उपेक्षीय (_____N) है। प्रत्येक प्रकरण में जल में डूबे हुए ठोस के भार में आभासी कमी प्रेक्षित मान विस्थापित जल के भार के लगभग समान है। इससे आर्किमीडीज़ का नियम सत्यापित होता है।

सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- मापक सिलिण्डर तथा कमानीदार तुला पर अंशांकन चिह्न समान दूरियों पर होने चाहिए।
- जल में उपस्थित अशुद्धियों के कारण इसके घनत्व में परिवर्तन हो सकता है।
- उपयोग किया जाने वाला ठोस अरंध्री होना चाहिए अन्यथा यह कुछ जल अवशोषित कर लेगा। अवशोषित जल ठोस के भार तथा विस्थापित जल के आयतन में अंतर को प्रभावित कर सकता है।
- ठोस का घनत्व जल के घनत्व से अधिक होना चाहिए ताकि वह जल में डूब जाए।
- मापक सिलिण्डर को क्षैतिज पृष्ठ पर रखना चाहिए तथा विस्थापित जल के आयतन का पाठ्यांक नोट करते समय दृष्टि रेखा को निचली मेनिस्कस के तल में रखना चाहिए।
- मापक सिलिण्डर में जल के मेनिस्कस का पाठ्यांक नोट करते समय यह सुनिश्चित करना चाहिए कि जल के भीतर वायु का कोई बुलबुला न हो।
- कमानीदार तुला का पाठ्यांक इसके संकेतक के विरामावस्था में आने के पश्चात् ही नोट करना चाहिए। यदि कमानीदार तुला में कोई शून्यांक त्रुटि है तो माप लेने से पहले उसे नोट करना चाहिए तथा कमानीदार तुला के उपयोग के समय इसका ध्यान रखना चाहिए।
- इस प्रयोग में उपयोग होने वाला धागा भी कुछ जल अवशोषित कर सकता है।

शिक्षक के लिए

- आगामी प्रयोग 37 ''कम-से-कम दो विभिन्न ठोसों को लेकर उन्हें (i) टोंटी के जल; (ii) अत्यधिक नमकीन जल में पूर्णत: डुबोने पर ठोस के भार में होने वाली आभासी कमी तथा ठोस द्वारा विस्थापित जल के भार के बीच संबंध स्थापित करना'' तथा इस प्रयोग के उद्देश्य तथा क्रियाविधि किंचित समान हैं। अत: यह परामर्श दिया जाता है कि छात्रों को इन दो प्रयोगों में से केवल किसी एक को करने के लिए दिया जाए।
- यदि आप्लावी बर्तन उपलब्ध नहीं है तो बड़े साइज का ऐसा बीकर उपयोग कीजिए जिसका कि वितुंड कुछ बड़ा हो।

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- कमानीदार तुला से निलम्बित पत्थर को जल में डुबोने पर तुला का संकेतक ऊपर क्यों उठ जाता है?
- किसी तरल में डूबे किसी पिण्ड पर कार्यरत उत्प्लावन बल किन-किन कारकों पर निर्भर करता है?
- यदि पत्थर को टोंटी के जल के स्थान पर नमकीन जल में डुबोएं तो इसके आभासी भार में कमी पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- किसी आप्लावी बर्तन का उपयोग करते समय बरती जाने वाली दो सावधानियाँ लिखिए?
- कमानीदार तुला से निलम्बित किसी ठोस को जल से भरे आप्लावी बर्तन में धीरे-धीरे डुबोया जाता है। जैसे-जैसे ठोस जल में डूबता जाता है वैसे-वैसे उसके भार में आभासी कमी होने लगती है। इस परिवर्तन के क्या कारण हैं?
- तरल क्या होता है? यह ठोस, द्रव अथवा गैस में किससे भिन्न होता है?

© NCERT not to be republished

प्रयोग 37

उद्देश्य

कम-से-कम दो विभिन्न ठोसों को लेकर उन्हें (i) टोंटी के जल; (ii) अत्यधिक नमकीन जल में पूर्णत: डुबोने पर ठोस के भार में होने वाली आभासी कमी तथा ठोस द्वारा विस्थापित जल के भार के बीच संबंध स्थापित करना।

सिद्धांत

जब किसी ठोस को जल में डुबोया जाता है तो इसके भार में कुछ कमी होती है। भार में होने वाली यह कमी ठोस द्वारा विस्थापित जल के भार के बराबर होती है। इस प्रयोग में हम दो भिन्न-भिन्न ठोस वस्तुओं को टोंटी के जल में तथा अत्यधिक नमकीन जल में डूबो कर इस संबंध का मूल्यांकन करेंगे।

आवश्यक सामग्री

एक आप्लावी बर्तन, एक लकड़ी का गुटका, मापक सिलिण्डर (धारिता 100 mL तथा अल्पतमांक 1 mL वाले सिलिण्डर को अधिमानता या वरीयता दें), एक कमानीदार तुला, दो छोटे भिन्न अरंध्री ठोस पिण्ड, प्रयोगशाला स्टैण्ड, टोंटी का जल, ज्ञात घनत्व का अत्यधिक नमकीन जल, सिल्क का धागा।

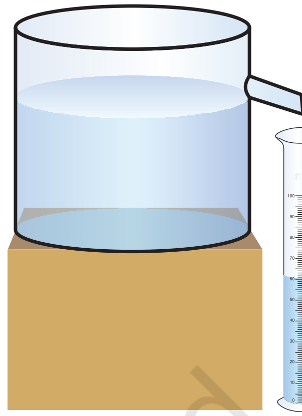
कार्यविधि

1. कमानीदार तुला तथा मापक सिलिण्डर का परिसर एवं अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. कमानीदार तुला को ऊर्ध्वाधर पकड़कर यह सुनिश्चित कीजिए कि इसका संकेतक शून्यांक पर हो।
3. यहाँ परीक्षण कीजिए कि क्या कमानीदार तुला भार माप सकती है? यदि इसके अंशांकन बल के मात्रकों अर्थात् N के पदों में है तो ठीक है अन्यथा यदि कमानीदार तुला पर केवल द्रव्यमान के पदों

© NCERT not to be republished

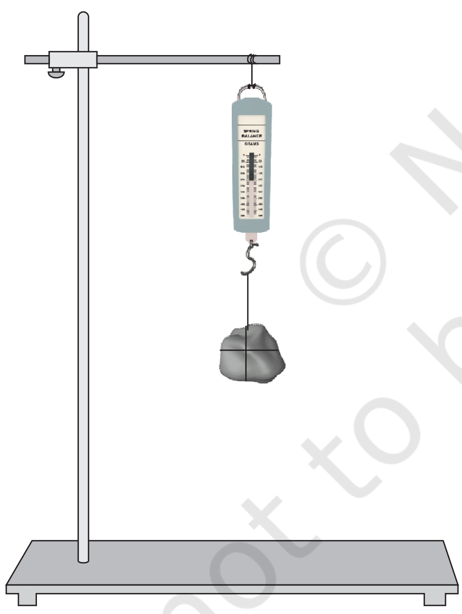
में अंशांकन हैं तो इसे अपने स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण के मान से गुणा करके भार में परिवर्तित कर लीजिए।

4. आप्लावी बर्तन लेकर उसे लकड़ी के गुटके पर रखिए तथा इसमें उस समय तक टोंटी का जल भरिए जब तक यह उसके वितुण्ड से बाहर नहीं बहता। जल की आखिरी बूँद के टपकने तक प्रतीक्षा कीजिए। यह सुनिश्चित करता है कि आप्लावी बर्तन जल से लबालब भरा है।
5. दोनों ठोस पिण्डों में से किसी एक को धागे से बाँधकर कमानीदार तुला के हुक से लटकाइए। कमानीदार तुला को प्रयोगशाला स्टैण्ड में इस प्रकार कसिए कि ठोस पिण्ड वायु में मुक्त रूप से लटके। पिण्ड का वायु में द्रव्यमान (m_{1a}) अथवा भार (w_{1a}) मापिए [चित्र 37.1(b)]।
6. आप्लावी बर्तन के वितुण्ड के नीचे जल एकत्र करने के लिए एक खाली मापक सिलिण्डर रखिए [चित्र 37.1 (a)]।

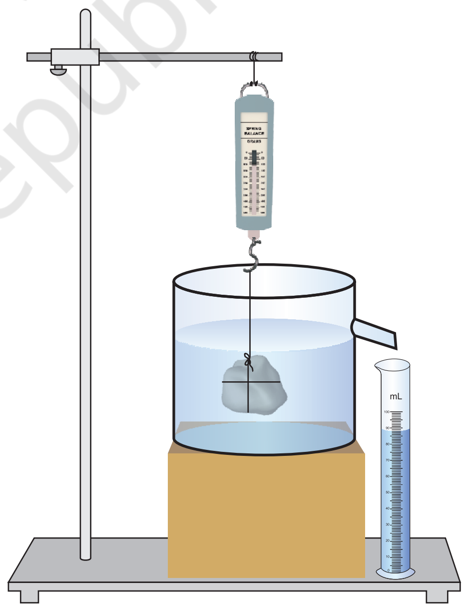


चित्र 37.1 ***(a)*** *: आप्लावी बर्तन एवं मापक सिलिंडर का समायोजन*

© NCERT not to be republished



चित्र 37.1 ***(b)*** *: किसी पिंड का वायु में भार मापन*



चित्र 37.1 ***(c)*** *: जल में डूबे हुए पिंड का भार मापन*

7. प्रयोगशाला स्टैण्ड (जिससे ठोस पिण्ड सहित कमानीदार तुला कसी है) को टोंटी के जल से भरे आप्लावी बर्तन के ऊपर लाइए। चित्र 37.1(c) में दर्शाए अनुसार ठोस पिण्ड को टोंटी के जल से भरे आप्लावी बर्तन में पूर्णत: डुबोइए।

8. आप्लावी बर्तन में ठोस पिण्ड द्वारा विस्थापित जल को मापक सिलिण्डर में एकत्र कीजिए। आप्लावी बर्तन के वितुण्ड से टपकती जल की बूँदों के रुकने की प्रतीक्षा कीजिए। मापक सिलिण्डर में एकत्रित जल का आयतन V_{tap} नोट कीजिए।
9. ठोस का टोंटी के जल के भीतर द्रव्यमान (m_{1Tap}) अथवा भार (w_{1Tap}) ज्ञात करने के लिए कमानीदार तुला का पाठ्यांक नोट कीजिए। अपने प्रेक्षणों को नोट कीजिए।
10. दूसरे ठोस पिण्ड के लिए क्रियाविधि के तीसरे चरण से अगले चरणों को दोहराइए।
11. समस्त क्रिया विधि को टोंटी के जल के स्थान पर अत्यधिक नमकीन जल के साथ दोहराइए। क्या आप इन पाठ्यांकों में कोई अंतर पाते हैं?

प्रेक्षण एवं परिकलन

(i) कमानीदार तुला का परिसर = __ — __ N or __ — __ g

(ii) कमानीदार तुला का अल्पतमांक = __ N or ___ g

(iii) आपके स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण (g) = __ m s^{-2}

(iv) अन्य मान

क्रम सं.	पहला/ दूसरा	ठोस पिण्ड: वायु के द्रव्यमान m_a		ठोस पिण्ड: वायु में भार $w_a = m_a \times g$	घनत्व: टोंटी के जल का ρ_{Tap}		घनत्व: अत्यधिक नमकीन जल का ρ_{SSW}	
		(g)	(kg)	(N)	g/mL	kg/m^3	g/mL	kg/m^3
1.	पहला							
2.	दूसरा							

A. टोंटी के जल के लिए

क्रम सं.	ठोस पिण्ड पहला/ दूसरा	कमानीदार तुला का पाठ्यांक जबकि ठोस पिण्ड टोटी के जल में पूर्णत: डूबा है। द्रव्यमान		भार W_{Tap}	ठोस के भार में कमी जबकि वह टोंटी के जल में पूर्णत: डूबा है। W_{STap}	मापक सिलिण्डर में एकत्रित टोंटी के जल का आयतन V_{Tap}		मापक सिलिण्डर में एकत्रित टोंटी के जल का भार $W_{WTap} = V_{Tap} \times \rho_{Tap} \times g$	टोंटी के जल में ठोस के भार में कमी तथा ठोस द्वारा विस्थापित टोंटी के जल के भार में अंतर $W_{STap} \sim W_{WTap}$
		(g)	(kg)	(N)	(N)	(mL)	(m^3)	(N)	(N)
1.	पहला								
2.	दूसरा								

परिणाम एवं परिचर्चा

इस प्रयोग में उपयोग किए गए दोनों ठोस पिण्ड जब टोंटी के जल तथा अत्यधिक नमकीन जल में पूर्णत: डुबोए जाते हैं तो इनके भारों में कमी इनके द्वारा विस्थापित जलों के भार के बराबर (अथवा लगभग बराबर) होती है।

© NCERT not to be republished

B. अत्यधिक नमकीन जल के लिए

क्रम सं.	ठोस पिण्ड	कमानीदार तुला का पाठ्यांक जबकि ठोस पिण्ड अत्यधिक नमकीन जल में पूर्णत: डूबा है।			ठोस के भार में कमी जबकि वह अत्यधिक नमकीन जल में पूर्णत: डूबा है। W_{SSSw}	मापक सिलिण्डर में एकत्रित अत्यधिक नमकीन जल का आयतन V_{SSW}		मापक सिलिण्डर में एकत्रित अत्यधिक नमकीन जल का भार W_{WSSW} = $V_{SSW} \times \rho_{SSW} \times g$	अत्यधिक नमकीन जल में ठोस के भार में कमी तथा ठोस द्वारा विस्थापित अत्यधिक नमकीन जल के भार में अंतर $W_{SSSW} \sim W_{WSSW}$
	पहला/ दूसरा	द्रव्यमान		भार W_{SSSW}					
		(g)	(kg)	(N)	(N)	(mL)	(m^3)	(N)	(N)
1.	पहला								
2.	दूसरा								

परिणाम एवं परिचर्चा

किसी दिए गए ठोस पिण्ड के लिए ठोस द्वारा विस्थापित अत्यधिक नमकीन जल का भार ठोस द्वारा विस्थापित टोंटी के जल के भार से (जबकि दोनों में ही उसे पूर्णत: डुबोया जाता है) अधिक होता है। अत: जिस द्रव में पिण्ड को डुबोया जाता है यदि उसका घनत्व अधिक है, तो उस ठोस द्वारा विस्थापित द्रव का भार अधिक (अथवा ठोस पर लगा उपरिमुखी अथवा उत्प्लावन बल) होगा।

सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- कमानीदार तुला का उपयोग करने से पहले यह सुनिश्चित करना चाहिए कि इसका संकेतक शून्यांक चिह्न पर है।
- यह सुनिश्चित करना चाहिए कि प्रयोगशाला स्टैण्ड पर कमानीदार तुला ऊर्ध्वाधर लटकी हो।
- ठोस पिण्ड अरंध्र होने चाहिए अन्यथा वे कुछ जल अवशोषित करेंगे। वह ठोस के आभासी भार तथा ठोस द्वारा विस्थापित जल के आयतन में परिवर्तन कर सकता है।
- ठोस पिण्ड का घनत्व नमकीन जल से अधिक होना चाहिए ताकि वह डूब जाए।
- मापक सिलिण्डर को क्षैतिज पृष्ठ पर रखना चाहिए तथा विस्थापित जल का आयतन मापते समय जल की निचली मेनिस्कस तथा दृष्टि रेखा एक ही तल में होनी चाहिए।
- मापक सिलिण्डर में जल की मेनिस्कस का पाठ्यांक लेने से पूर्व यह सुनिश्चित करना चाहिए कि जल के भीतर कोई वायु का बुलबुला न हो।
- कमानीदार तुला का पाठ्यांक केवल तभी लेना चाहिए जबकि उसका संकेतक विरामावस्था में आ जाए। यदि कमानीदार तुला में कोई शून्यांक त्रुटि है तो मापन से पूर्व इसे नोट कर लेना चाहिए तथा कमानीदार तुला का प्रयोग करते समय इसे ध्यान में रखना चाहिए।
- जल में उपस्थित अशुद्धियाँ इसके घनत्व को परिवर्तित कर सकती हैं।
- प्रयोग में उपयोग किया गया धागा भी जल को अवशोषित कर त्रुटि उत्पन्न कर सकता है।

© NCERT not to be republished

शिक्षक के लिए

- पहले प्रयोग (सं॰ 36) "अर्किमीडीज़् के नियम का सत्यापन करना" तथा इस प्रयोग के लगभग समान उद्देश्य तथा कार्यविधियाँ हैं। अत: यह परामर्श दिया जाता है कि विद्यार्थियों को इनमें से किसी एक प्रयोग को करने के लिए कहा जाए।
- यदि आप्लावी बर्तन उपलब्ध नहीं है तो बड़े वितुंड वाले किसी बड़े बीकर का उपयोग किया जा सकता है।
- विद्यार्थियों को टोंटी का जल तथा अत्यधिक नमकीन जल पृथक-पृथक दिए जाएं। नमकीन जल का घनत्व भी प्रदान किया जा सकता है। यदि नमकीन जल का घनत्व प्रदान नहीं किया गया है तो विद्यार्थियों से किसी ज्ञात आयतन के जल में ज्ञात द्रव्यमान का नमक घोलकर अत्यधिक नमकीन जल बनाकर उसका घनत्व परिकलित करने के लिए कहा जा सकता है।
- ठोस पिण्ड को बाँधने के लिए उपयोग किए जाने वाला धागा भी जल को अवशोषित करके त्रुटि उत्पन्न कर सकता है। अत: यह सुझाव दिया जा सकता है कि इस प्रयोग में सूती धागे के स्थान पर रेशम का धागा उपयोग करें।
- यदि किसी ठोस पिण्ड का घनत्व जल के घनत्व से कम है तो इस प्रयोग को करने के लिए सिंकर का उपयोग किया जा सकता है।

अनुप्रयोग

इस विधि का उपयोग किसी भी द्रव का घनत्व ज्ञात करने के लिए किया जा सकता है।

प्रश्न

- नदी अथवा तरण ताल के जल में तैरने की अपेक्षा समुद्री जल में तैरना क्यों आसान होता है?
- ग्लिसरीन अथवा केरोसिन में से किसमें किसी ठोस के पूर्णत: डुबोने पर भार में अधिक कमी होगी?
- इस प्रयोग को आप ऐसे ठोस के साथ किस प्रकार करेंगे जिसका घनत्व उपयोग में किए गए द्रव के घनत्व से कम हो?
- इस प्रयोग की क्या सीमाएं हैं?
- इस प्रयोग का उपयोग करके आप किसी द्रव का घनत्व कैसे ज्ञात करेंगे?
- जल के स्थान पर ग्लिसरीन को उपयोग करते समय इस प्रयोग को करने में ठोस का चयन आप किस प्रकार करेंगे?

© NCERT not to be republished

प्रयोग 38

उद्देश्य

किसी तप्त पिण्ड के शीतलन के लिए ताप-समय ग्राफ आलेखित करना।

सिद्धांत

कोई तप्त पिण्ड ऊष्मीय विकिरणों के रूप में अपने परिवेश में ऊष्मा खोता है। किसी पिण्ड द्वारा ऊष्मा-क्षति की दर पिण्ड तथा उसके परिवेश के तापांतर पर निर्भर करती है।

आवश्यक सामग्री

एक कैलोरीमीटर (500 mL) विलोडक सहित, कैलोरीमीटर का दो छिद्र युक्त ढक्कन, एक तापमापी (–10 °C — 110 °C), एक विराम घड़ी, स्पिरिट लैम्प या गैस बर्नर, तार की जाली सहित त्रिपाद स्टैण्ड, प्रयोगशाला-स्टैंड, जल तथा धागा।

कार्यविधि

1. तापमापी का परिसर तथा अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. तापमापी को वायु में ऊर्ध्वाधर पकड़िए तथा कक्ष ताप नोट कीजिए।
3. कैलोरी मीटर में लगभग 300 mL जल लीजिए इसमें विलोडक डालकर इसे दो छिद्रों वाले ढक्कन से ढक दीजिए। चित्र 38.1 में दर्शाए अनुसार ढक्कन से होते हुए तापमापी इस प्रकार लगाइए कि तापमापी का बल्ब जल में डूबा रहे।
4. कैलोरीमीटर को त्रिपाद स्टैण्ड पर रखी तार की जाली पर रखिए और इसे स्पिरिट लैम्प अथवा गैस-बर्नर द्वारा गर्म कीजिए।

© NCERT not to be republished

चित्र 38.1: एक कैलोरीमीटर में जल को गर्म करना

5. जल को कक्ष ताप (परिवेश का ताप) से लगभग 40 °C अधिक ताप तक गर्म कीजिए। इस ताप तक पहुँचने पर गर्म करना बंद कर दीजिए।

6. विराम घड़ी चालू कीजिए तथा हर निश्चित समय अंतराल के पश्चात तापमापी का पाठ्यांक नोट कीजिए। आरम्भ में प्रत्येक 1 मिनट के अंतराल पर और इसके पश्चात जब ताप कक्ष ताप से लगभग 10 °C अधिक रह जाए तो हर दो मिनट के अंतराल पर तापमापी का पाठ्यांक नोट कर सकते हैं। कैलोरीमीटर के समस्त जल का ताप एकसमान रखने के लिए विलोडक द्वारा धीरे-धीरे तप्त जल को विलोडित करते रहिए।

7. कैलोरीमीटर के जल का ताप परिवेश के ताप (कक्ष ताप) से लगभग 5 °C अधिक रह जाने तक ताप नोट करना जारी रखिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

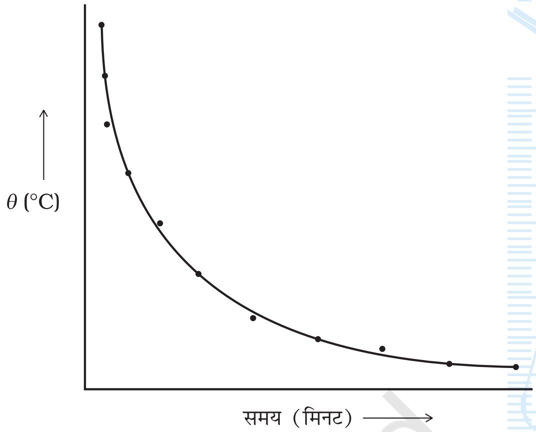
कक्ष ताप (परिवेश का ताप), θ_1 = ___ °C = ___ K.

क्रम सं.	समय, t	जल का ताप, θ_2	तापांतर, θ
	मिनट	(°C)	$= \theta_2 - \theta_1$ (°C)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

© NCERT not to be republished

ग्राफ

तप्त जल तथा कक्ष के तापांतर θ तथा t समय के मानों के परिवर्तन के परिसर का अध्ययन कीजिए। ताप तथा समय के बीच ग्राफ आलेखित करने के लिए इन राशियों के लिए उचित पैमाने का चयन कीजिए। ग्राफ पेपर पर x- तथा y-अक्ष अंकित कीजिए। y-अक्ष के अनुदिश तापांतर θ तथा x- अक्ष के अनुदिश समय t लीजिए। तापांतर θ के प्रत्येक मान के तद्नरूपी समय t के मान ज्ञात करके इनके बिन्दुओं को ग्राफ पर अंकित कीजिए। सभी बिन्दुओं को यथा संभव निष्कोण (नुकीले किनारों के बिना) वक्र द्वारा जोड़िए। ऐसा हो सकता है कि ग्राफ पर निष्कोण वक्र सभी बिन्दुओं को जोड़ते हुए न निकले। तथापि निष्कोण वक्र को यथासंभव अधिक से अधिक बिन्दुओं से गुजरते हुए खींचना चाहिए। यदि कुछ बिन्दु वक्र के इधर-उधर छूटते हैं तो इसकी चिन्ता मत कीजिए (चित्र 38.2)।



चित्र 38.2: तप्त जल का समय के साथ शीतलन दर्शाता वक्र

परिणाम एवं परिचर्चा

ग्राफ आलेखित करने पर प्राप्त वक्र का अध्ययन कीजिए। ग्राफ से यह निष्कर्ष निकालिए कि जल का शीतलन किस प्रकार जल के ताप तथा कक्ष ताप (परिवेश के ताप) के अंतर पर निर्भर करता है। याद रखिए कि y- अक्ष के लगभग समांतर (अथवा इसी प्रकार का) वक्र यह दर्शाता है कि शीतलन तीव्र है (अर्थात् शीतलन की दर उच्च है)। जबकि x- अक्ष के लगभग समांतर वक्र (अथवा इसी प्रकार का) यह दर्शाता है कि शीतलन मंद है (अर्थात, शीतलन की दर निम्न है)।

सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- कैलोरीमीटर में गर्म जल का आरम्भिक ताप परिवेश के ताप (कक्ष ताप) से लगभग 40 °C अधिक होना चाहिए।
- प्रयोग के समय कैलोरीमीटर के जल को धीरे-धीरे निरंतर विलोडित करना चाहिए।
- संवहन अथवा वाष्पन द्वारा ऊष्मा क्षय को रोकने (अथवा कम करने) के लिए कैलोरीमीटर को भलीभाँति ढक कर रखना चाहिए।
- ग्राफ आलेखन के लिए पैमाने का चयन इस प्रकार किया जाना चाहिए कि सभी प्रेक्षित मानों को आसानी से समायोजित किया जा सके। वक्र खींचते समय यह प्रयास किया जाना चाहिए कि यह निरंतर तथा निष्कोण होने के साथ-साथ अधिकतम बिन्दुओं से होकर इस प्रकार गुजरे कि शेष बिन्दुओं में से लगभग समान बिन्दु इस वक्र से इधर-उधर रहें। कभी-कभी निष्कोण वक्र ऐसा भी हो सकता है कि लगभग सभी बिन्दु इसके बाहर हों।

© NCERT not to be republished

शिक्षक के लिए

- कैलोरीमीटर के बाहरी पृष्ठ को काला पोतने पर चालन द्वारा ऊष्मान्क्षय कम हो जाएगा। इसीलिए काले पुते कैलोरीमीटर के उपयोग को वरीयता दी जानी चाहिए।
- यदि कैलोरीमीटर उपलब्ध न हो तो ऐसा बीकर जिसका बाहरी पृष्ठ काला पुता हो, कैलोरीमीटर के स्थान पर उपयोग किया जा सकता है।
- प्रयोग 32 तथा 33 में ग्राफ आलेखित करने के लिए अच्छा अभ्यास प्रदान किया गया है। अत: यह परामर्श दिया जाता है कि विद्यार्थी इन दो प्रयोगों में से कोई एक प्रयोग इस प्रयोग से पहले करें।

प्रश्न

- इस प्रयोग में जब हम दिए गए तप्त जल के ताप का पाठ्यांक लेना आरम्भ करते हैं तो ताप तेजी से क्यों गिरता है?
- प्रयोग करते समय कैलोरीमीटर को ढक कर क्यों रखा जाता है?
- प्रयोग को करते समय इस कैलोरीमीटर को ऊष्मारोधी पृष्ठ पर रखने को वरीयता क्यों देते हैं?
- जब कैलोरीमीटर के जल का ताप कक्ष ताप के निकट पहुँचना आरम्भ करता है तो ताप के गिरने की दर कम क्यों हो जाती है?
- हम ऐसे कैलोरीमीटर के उपयोग को वरीयता क्यों देते हैं जिसका बाहरी पृष्ठ काला पुता हो?
- किसी दिए गए तप्त द्रव के लिए ताप समय ($\theta - t$) ग्राफ समय अक्ष के समांतर होता है। इस प्रकार के ग्राफ से आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं? (सावधान: ऐसी परिस्थिति वास्तविक नहीं हो सकती।)
- ऐसे ताप-समय ग्राफ से आप क्या निष्कर्ष निकालेंगे जो ताप-अक्ष के समांतर है?
- इस प्रयोग में आपने यह प्रेक्षण किया होगा कि आरम्भ में तप्त जल का ताप शीघ्रता से गिरता है। परंतु जैसे-जैसे जल का ताप परिवेश के ताप के निकट पहुँचता है ताप का गिरना कम हो जाता है, क्यों?

© NCERT not to be republished