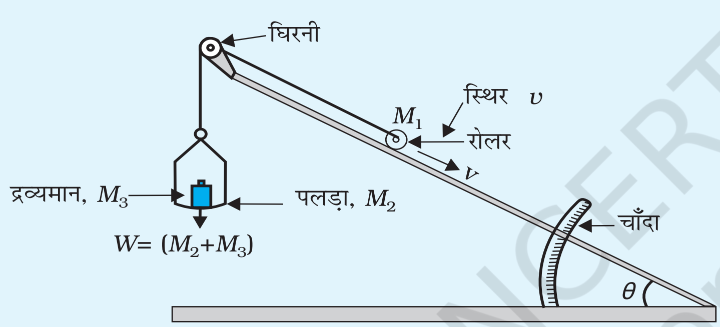
प्रयोग 8

उद्देश्य

गुरुत्व बल के कारण आनत समतल के अनुदिश किसी रोलर पर लगने वाले अधोमुखी बल को ज्ञात करना तथा बल एवं sin θ के बीच ग्राफ़ आलेखित करके आनति कोण से इसके संबंध का अध्ययन करना।

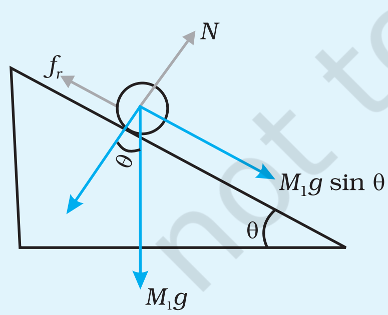


चित्र E 8.1 आनत समतल के अनुदिश अद्योमुखी बल ज्ञात करने की प्रायोगिक व्यवस्था।

उपकरण तथा सामग्री

चाँदे तथा घिरनी सहित आनत समतल, रोलर, बाट पेटी, कमानीदार तुला, स्पिरिट लेविल, पलड़ा तथा धागा।

सिद्धांत



चित्र E 8. 2 बल निर्देशक आरेख

चित्र E 8.1 में दर्शाए व्यवस्था पर विचार कीजिए। इसमें क्षैतिज तल से कोण θ पर आनत एक समतल पर संहति M_1 का रोलर रखा है। संहति M_1 से एक धागा बंधा होता है जिसके दूसरे सिरे पर एक पलड़ा लटकता है। धागा आनत तत्व के सिरे पर लगी घिरनी से गुज़ारा जाता है। पलड़े पर भार रखकर रोलर M_1 पर बल लगाया जा सकता है। v_1 वेग से गतिमान संहति M_1 पर लगनेवाला बल है

$$W = M_1 g \sin\theta - f_r$$

यहाँ f_r लुढ़कने के कारण घर्षण बल, M_1 रोलर का द्रव्यमान तथा W धागे में कुल तनाव (W = निलंबित भार)। घिरनी और धागे के बीच घर्षण को नगण्य मान लिया गया है।

© NCERT not to be republished

कार्यविधि

1. चित्र E 8.1 में दिखाए अनुसार आनत समतल, रोलर तथा पलड़े पर द्रव्यमानों को व्यवस्थित कीजिए। यह सुनिश्चित कीजिए कि घिरनी घर्षणहीन हो। यदि आवश्यक हो तो इसका स्नेहन कीजिए।
2. मान लीजिए आरंभ में W को इस प्रकार समायोजित करते हैं कि रोलर आनत समतल के शीर्ष पर विराम की स्थिति में ठहरे।
3. पलड़े से लघु चरणों में द्रव्यमानों को उस समय तक घटाइए जब तक कि रोलर नियत वेग से आनत समतल पर लुढ़कना आरंभ नहीं करता। भार W तथा θ को भी नोट कीजिए। जैसे ही रोलर नीचे की ओर लुढ़कना आरम्भ करता है उस स्थिति में बल निर्देशक आरेख चित्र E 8.2 में दर्शाया गया है।
4. θ के विभिन्न मानों के लिए चरण 2 व 3 को दोहराइए। प्रेक्षणों को सारणी में नोट कीजिए।

प्रेक्षण

गुरुत्व जनित त्वरण $g = \ldots ms^{-2}$

रोलर का द्रव्यमान = $(M_1)g$

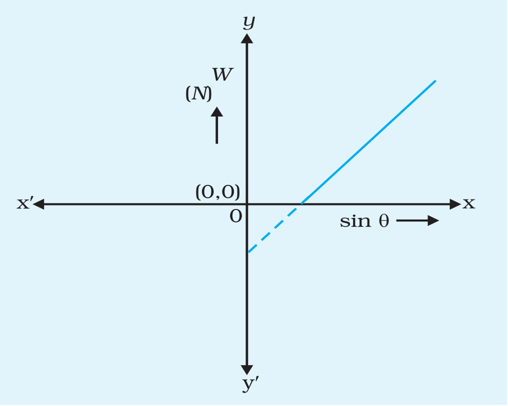
पलड़े का द्रव्यमान = $(M_2)g$

सारणी E 8.1

क्रम संख्या	$\theta°$	$\sin\theta$	पलड़े पर रखे द्रव्यमान M_3 (g)	बल $W = (M_2 + M_3)$ g (N)
1				
2				
3				

ग्राफ़ आलेखित करना

$\sin\theta$ तथा W के बीच ग्राफ़ आलेखित कीजिए (चित्र E 8.3)। यह सरल रेखा होना चाहिए।



चित्र E 8. 3 W तथा sin θ के बीच ग्राफ़

परिणाम

चूँकि W तथा $\sin\theta$ के बीच ग्राफ़ एक सरल रेखा है, अत: प्रायोगिक त्रुटियों की सीमा के भीतर आनत समतल के अनुदिश अधोमुखी बल $\sin\theta$ के पद के अनुक्रमानुपाती है, यहाँ θ समतल का आनति कोण है।

© NCERT not to be republished

सावधानियाँ

1. स्पिरिट लेविल की सहायता से यह सुनिश्चित कीजिए कि आनत समतल क्षैतिज पृष्ठ पर रखा है अथवा नहीं।
2. घिरनी घर्षणहीन होनी चाहिए।
3. मेज अथवा दूसरी वस्तुओं को बिना स्पर्श किए भार मुक्त रूप से निलंबित होना चाहिए।
4. रोलर को बिना सर्पण किये लुढ़कना चाहिए।
5. भार W को लघु चरणों में कम किया जाना चाहिए।

त्रुटियों के स्रोत

1. नियत वेग का गलत अनुमान होने के कारण त्रुटि हो सकती है।
2. हो सकता है कि घिरनी घर्षणहीन न हो।
3. यथार्थपूर्वक यह निर्धारित करना कठिन कार्य है कि रोलर कब नियत वेग से गति प्रारंभ करता है।
4. हो सकता है कि आनत पृष्ठ एक समान रूप से खुरदरा (रुक्ष)/चिकना न हो।
5. हो सकता है कि बाट-पेटी के भार मानक न हों।

परिचर्चा

समतल की आनति में शून्य से आरंभ होकर ज्यों-ज्यों वृद्धि होती जाती है त्यों-त्यों $mg \sin\theta$ के मान में भी वृद्धि होती जाती है तथा इसी के अनुसार घर्षण बल में भी वृद्धि होती है। अतः चरम घर्षण तक $W = 0$ हमें धागे पर कोई तनाव अनुप्रयोग करने की आवश्यकता नहीं होती है।

जब हम कोण में और वृद्धि करते हैं तो $(mg \sin \theta - f_r)$ को संतुलित करने के लिए धागे में नेट तनाव की आवश्यकता होती है अन्यथा रोलर अधोमुखी त्वरित गति करने लगेगा।

W का यथार्थ मान निर्धारित करना कठिन कार्य है। इसके लिए हम यह कर सकते हैं कि पहले हम वह तनाव W_1 ($<$ W) ज्ञात करें जिस पर रोलर अधोमुखी गति करना आरंभ करता है तथा फिर वह तनाव W_2 ($>$ W) भी ज्ञात करें जिस पर रोलर उपरिमुखी गति करना आरंभ करता है। तब हम $W = \frac{(W_1 + W_2)}{2}$ ले सकते हैं।

© NCERT not to be republished

स्व-मूल्यांकन

1. ऐसा कोई उदाहरण दीजिए जिसमें घर्षण बल की दिशा वही हो जिस दिशा में वस्तु गति कर रही है।
2. आप रोलर तथा आनत समतल के बीच लोटनिक घर्षण गुणांक ज्ञात करने के लिए ग्राफ़ का उपयोग किस प्रकार करेंगे?
3. अधोमुखी बल एवं समतल के आनति कोण के बीच क्या संबंध है?
4. आप यह कैसे सुनिश्चित करेंगे कि रोलर नियत वेग से अधोमुखी/उपरिमुखी गति कर रहा है।

सुझाए गए अतिरिक्त प्रयोग/क्रियाकलाप

1. ग्राफ़ से उसके अंतः खंड तथा प्रवणता ज्ञात कीजिए। दी गई समीकरण से इनकी व्याख्या कीजिए।
2. पलड़े पर द्रव्यमानों को समायोजित करके रोलर को आनत समतल के ऊपर की ओर गति कराइए। W' तथा O sin θ के बीच ग्राफ पर टिप्पणी कीजिए, यहाँ W' वह द्रव्यमान है जिसे रोलर को आनत समतल पर ऊपर की दिशा में गति कराने के लिए पलड़े पर रखा जाता है।

© NCERT not to be republished

प्रयोग 9

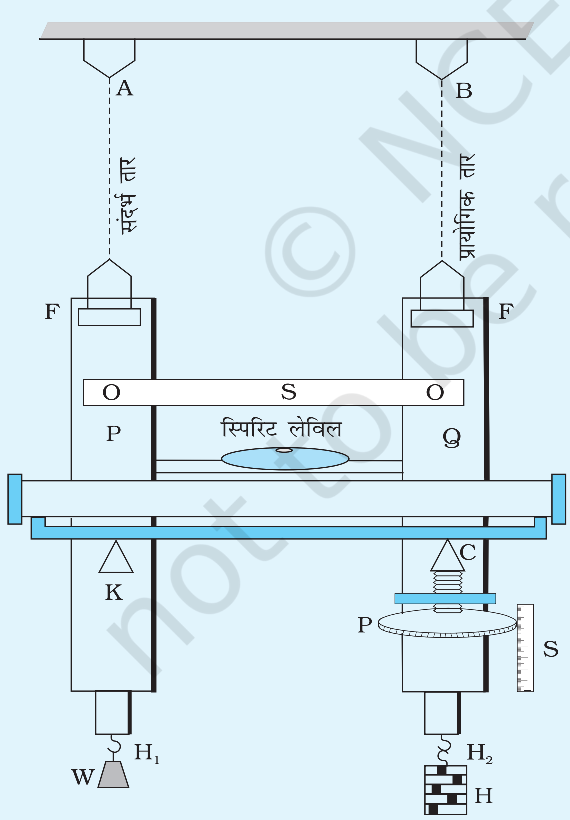
उद्देश्य

सर्ल-उपकरण द्वारा दिए गए तार के पदार्थ का यंग का गुणांक ज्ञात करना।

उपकरण

सर्ल-उपकरण, खाँचेदार बाट, प्रायोगिक तार, स्क्रूगेज़, स्पिरिट लेविल।

सर्ल-उपकरण



चित्र E 9.1 *Y का मान ज्ञात करने के लिए सर्ल-उपकरण।*

इसमें दो धातु के फ्रेम P तथा Q होते हैं जो एक दूसरे के साथ इस प्रकार कब्जेदार होते हैं कि एक दूसरे के सापेक्ष ऊर्ध्वाधर दिशा में गति कर सकें। (चित्र E 9.1)।

इसमें एक दृढ़ क्रॉस बार फ्रेम होता है जिसके एक सिरे पर एक स्पिरिट लेविल टिका होता है तथा दूसरा सिरा माइक्रोमीटर स्क्रू c की नोंक पर रखा होता है तथा यह नोंक एक अन्य क्रॉस बार से होकर ऊर्ध्वाधर गति कर सकती है। इस माइक्रोमीटर में एक चक्रिका होती है जिस पर परिधि के अनुदिश 100 बराबर भाग अंकित होते हैं। इसके पार्श्व में एक रैखिक स्केल ऊर्ध्वाधर जुड़ा होता है। यदि दोनों फ्रेमों में कोई सापेक्ष गति हो तो स्पिरिट लेविल क्षैतिज नहीं रहता तथा वायु का बुलबुला स्पिरिट लेविल के केंद्र से विस्थापित हो जाता है। इस बुलबुले को वापस इसकी मूल स्थिति पर लाने के लिए पेंच को ऊपर अथवा नीचे लाना होता है। वह दूरी जो पेंच की नोंक तय करती है उससे हमें दो फ्रेमों के बीच का सापेक्ष विस्थापन प्राप्त होता है।

ये दो फ्रेम सर्वसम समान पदार्थ के लंबे तार द्वारा समान दृढ़ क्षैतिज टेक से निलंबित होते हैं। तार B को प्रायोगिक तार कहते हैं तथा तार A संदर्भ तार के रूप में कार्य करता है। इन P तथा Q, फ्रेमों के सिरों पर

© NCERT not to be republished

हुक H_1 तथा H_2 लगे होते हैं जिनसे भारों को लटकाया जा सकता है। संदर्भ तार के हुक H_1 से एक नियत भार W लटकाया जाता है जो इसे तानित रखता है।

हुक H_2 से एक हैंगर लटका होता है जिस पर खाँचेदार बाट रखे जा सकते हैं ताकि प्रायोगिक तार पर बल का अनुप्रयोग किया जा सके।

सिद्धांत

यह उपकरण हुक के नियम पर कार्य करता है। यदि त्रिज्या r तथा लंबाई L के तार में बल F (= Mg) आरोपित करने पर उसकी लंबाई में हुई वृद्धि l है, तो दिए गए तार के पदार्थ का यंग का गुणांक:

$$Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l}$$

कार्यविधि

1. दोनों हुकों से भार लटकाइए ताकि दोनों तार तानित रहें और किसी भी प्रकार की ऐंठन से मुक्त हो जाएं। संदर्भ तार से केवल एक नियत भार W लटकाइए ताकि वह तना रहे।
2. प्रायोगिक तार की लंबाई, इसके टेक बिंदु से उस बिंदु तक जहाँ यह फ़्रेम से जुड़ा है, मापिए।
3. स्क्रूगेज़ का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए। प्रायोगिक तार का व्यास, इसके लगभग 5 भिन्न बिंदुओं पर तथा हर बिंदु पर दो परस्पर लंबवत दिशाओं में ज्ञात कीजिए। तार का माध्य व्यास और त्रिज्या ज्ञात कीजिए।
4. फ़्रेम से जुड़े माइक्रोमीटर स्क्रू (पेंच) का चूड़ी अंतराल तथा अल्पमतांक ज्ञात कीजिए। इस फ्रेम को पेंच द्वारा इस प्रकार समायोजित कीजिए कि इससे जुड़े स्पिरिट लेविल का बुलबुला ठीक बीचों-बीच में हो। माइक्रोमीटर का पाठ्यांक नोट कीजिए।
5. प्रायोगिक तार से जुड़े हैंगर पर बाट रखिए तथा इन बाटों को 0.5 kg के चरणों में रखिए। प्रत्येक बाट रखने के पश्चात स्पिरिट लेविल के बुलबुले को ठीक मध्य में लाकर माइक्रोमीटर के पाठ्यांक नोट कीजिए। पिच्छट त्रुटि से बचने के लिए सावधानी बरतिए।
6. तार पर बाट चढ़ाते हुए (भार में वृद्धि करते हुए) लगभग 8 प्रेक्षण लीजिए।
7. तार से 0.5 kg के चरणों में भार कम करते हुए चरण 5 की भाँति माइक्रोमीटर का पाठ्यांक लीजिए।

© NCERT not to be republished

प्रेक्षण

तार की लंबाई L = ...

स्क्रूगेज़ का चूड़ी अंतराल = ...

स्क्रूगेज़ के वृत्तीय स्केल पर भागों की संख्या = ...

स्क्रूगेज़ का अल्पतमांक = ...

स्क्रूगेज़ की शून्यांक त्रुटि = ...

सारणी E 9.1- तार के व्यास का मापन

क्रम संख्या	किसी भी दिशा के अनुदिश पाठ्यांक			लम्बवत दिशा के अनुदिश पाठ्यांक			माध्य व्यास
	मुख्य स्केल पाठ्यांक S (cm)	वृत्तीय स्केल पाठ्यांक n	व्यास $d_1 = S + n \times$ L.C. (cm)	मुख्य स्केल पाठ्यांक S (c)	वृत्तीय स्केल पाठ्यांक n	व्यास $d_1 = S + n \times$ L.C. (cm)	$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ (cm)
1							
2							
3							
4							
5							

माध्य व्यास (शून्यांक त्रुटि के लिए संशोधित) = ...

माध्य त्रिज्या = ...

विस्तार l का मापन

माइक्रोमीटर स्क्रू का चूड़ी अंतराल = ...

वृत्तीय स्केल पर भागों की संख्या = ...

माइक्रोमीटर स्क्रू का अल्पतमांक = ...

गुरुत्वीय त्वरण, g =

© NCERT not to be republished

सारणी E 9.2- भार के साथ विस्तार का मापन

क्रम संख्या	प्रायोगिक तार पर भार	माइक्रोमीटर स्क्रू का पाठ्यांक		माध्य पाठ्यांक
	(kg)	भार बढ़ाते हुए x cm	भार घटाते हुए y cm	$\frac{x + y}{2}$ cm
1	0.5			a
2	1.0			b
3	1.5			c
4	2.0			d
5	2.5			e
6	3.0			f
7	3.5			g
8	4.0			h

परिकलन

सारणी E 9.2 में रिकार्ड किए गए प्रेक्षणों के आधार पर किसी ज्ञात भार के कारण प्रायोगिक तार में होने वाले विस्तार का परिकलन किया जा सकता है जैसा कि सारणी E 9.3 में किया गया है।

सारणी E 9.3- किसी भार द्वारा हुए प्रस्तार का परिकलन

क्रम संख्या	भार M (g)	माध्य पाठ्यांक (cm)	M (kg)	माध्य पाठ्यांक	1.5kg के लिए विस्तार
1		a)	2.0	d)	d - a
2		b)	2.5	e)	e - b
3		c)	3.0	f)	f - c

© NCERT not to be republished

$\therefore$ माध्य विस्तार $= \dfrac{(a-d)+(b-c)+(c-f)}{3}$ = ... cm 1.5 kg के लिए

प्रायोगिक तार के लिए यंग का गुणांक Y :

$$Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l} = \ldots \text{N / m}^2$$

ग्राफ़

यंग के गुणांक Y का मान l तथा Mg के बीच ग्राफ़ आलेखित करके भी ज्ञात किया जा सकता है। भार को x– अक्ष तथा विस्तार को y– अक्ष के अनुदिश आलेखित कीजिए। यह ग्राफ़ एक सरल रेखा होता है। इस सरल रेखा की प्रवणता $= \dfrac{\Delta l}{\Delta M}$ ज्ञात कीजिए। इस मान का उपयोग करके Y का मान ज्ञात कीजिए।

परिणाम

तार के पदार्थ का यंग का गुणांक (अर्धसारणी विधि का उपयोग करने पर)

$= Y \pm \Delta Y$ N/m^2

(ग्राफ़ द्वारा) $= Y \pm \Delta Y$ N/m^2

त्रुटि

ΔM (M के मापन में अनिश्चितता) को दंड तुला/भौतिक तुला द्वारा मानक बाट पेटी/अथवा नियत धारिता की पानी की बोतलों का उपयोग करके ज्ञात किया जा सकता है।

ज्ञात द्रव्यमान के प्रत्येक खाँचेदार बाट के M में परिवर्तन जैसे ΔM_1, ΔM_2 ज्ञात कीजिए। इनका माध्यमान ΔM_1 ज्ञात कीजिए। यह M में अनिश्चिता (ΔM) है।

$\Delta L - L$ को मापने के लिए उपयोग होने वाले स्केल का अल्पतमांक

$\Delta r - r$ को मापने के लिए उपयोग होने वाले स्क्रूगेज़ का अल्पतमांक

$\Delta l -$ विस्तार l मापने वाली युक्ति का अल्पतमांक।

सावधानियाँ

1. तार के व्यास की माप विभिन्न स्थितियों (बिंदुओं) पर कीजिए। तार की एक समानता की जाँच कीजिए।

2. तार पर भार चढ़ाने/उतारने के पर्याप्त समय अंतराल के पश्चात ही स्पिरिट लेविल को समायोजित कीजिए।

© NCERT not to be republished

त्रुटि के स्रोत

1. भार चढ़ाने के पश्चात् तार का व्यास परिवर्तित हो सकता है।
2. विस्तार मापने की युक्ति में पिच्छट त्रुटि हो सकती है।
3. तार के व्यास में असमानता हो सकती है।

परिचर्चा

प्रयोग में मापी गई राशियों में से किस राशि की माप में परिशुद्धता के कारण Y यंग के गुणांक के मान की परिशुद्धता सबसे अधिक प्रभावित होती है?

स्व-मूल्यांकन

1. यदि उपयोग किए जाने वाले प्रायोगिक तार की लंबाई कम कर दी जाए तो इसका (a) तार के विस्तार तथा (b) तार पर प्रतिबल पर क्या प्रभाव होगा?
2. उपरोक्त प्रायोगिक व्यवस्था में एक ही पदार्थ के परंतु विभिन्न त्रिज्याओं (r_1, r_2, r_3) के तारों का उपयोग कीजिए। क्या पदार्थ के यंग के गुणांक के मान में कोई अंतर आता है? अपने परिणाम पर चर्चा कीजिए।

सुझाए गए अतिरिक्त प्रयोग/क्रियाकलाप

1. विभिन्न पदार्थों के उपलब्ध (दिए गए) तारों के साथ प्रयोग को दोहराइए।
2. एक ही पदार्थ के तार की लंबाई में परिवर्तन करके पदार्थ यंग के गुणांक पर इसके प्रभाव का अध्ययन कीजिए।

© NCERT not to be republished