प्रयोग 11

उद्देश्य

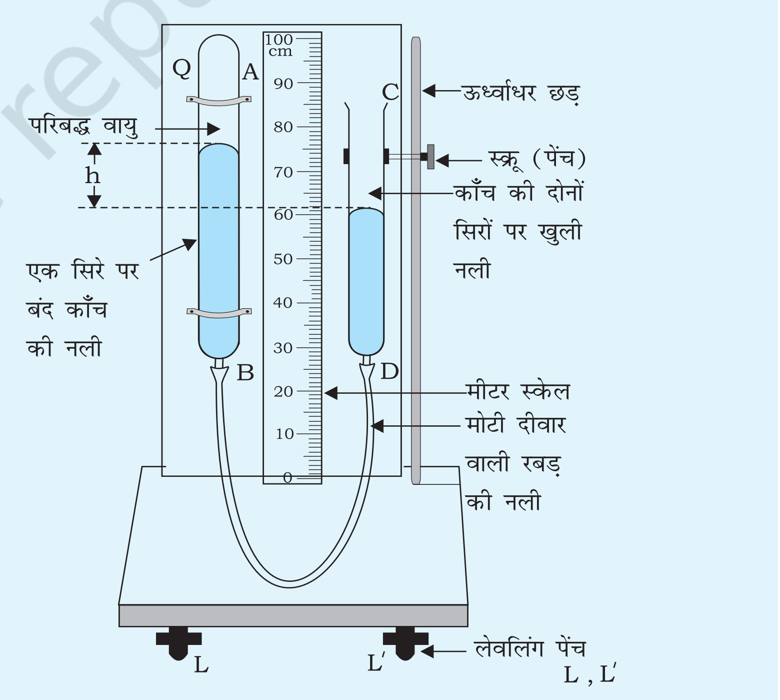
नियत ताप पर वायु के किसी नमूने के लिए P एवं V तथा P एवं $1/V$ के बीच ग्राफ़ आलेखित करके, दाब के साथ गैस के आयतन में परिवर्तन का अध्ययन करना।

उपकरण तथा आवश्यक सामग्री

बॉयल-नियम उपकरण, फ़ॉर्टिन-बैरोमीटर, वर्नियर कैलीपर्स, थर्मामीटर, सेट् स्कवेयर, स्पिरिट लेविल।

उपकरण का विवरण

इस उपकरण में लगभग 25 cm लंबी व 0.5 cm व्यास की काँच की दो नलियाँ होती हैं। इनमें से एक नली AB एक सिरे पर बंद तथा दूसरी नली CD दोनों सिरों पर खुली होती है। दोनों नलियों का एक सिरा (B तथा D) खींचकर पतला बनाया जाता है। इन दोनों B तथा D सिरों को मोटी दीवारों वाली रबर की नली द्वारा जोड़ा जाता है। काँच की नली AB को मीटर स्केल के अनुदिश ऊर्ध्वाधर जोड़ा जाता है। दूसरी नली CD को एक ऊर्ध्वाधर छड़ के अनुदिश ऊर्ध्वाधर ऊपर-नीचे किया जा सकता है तथा पेंच S द्वारा इसे वांछित स्थिति पर दृढ़ किया जा सकता है।



चित्र E11.1 बायल-नियम उपकरण

नली CD, AB तथा रबड़ की नली में पारा भरा होता है। बंद नली AB में कुछ वायु परिबद्ध (ट्रैप) होती है। चूँकि यह नली एक समान अनुप्रस्थ काट की होती है अतः गैस का आयतन नली में वायु के स्तंभ की लंबाई के अनुक्रमानुपाती होता है।

यह उपकरण एक क्षैतिज प्लेटफॉर्म जिसमें एक ऊर्ध्वाधर स्टैंड लगा होता है, से जुड़ा होता है। इसमें एक लेवलिंग पेंच होता है।

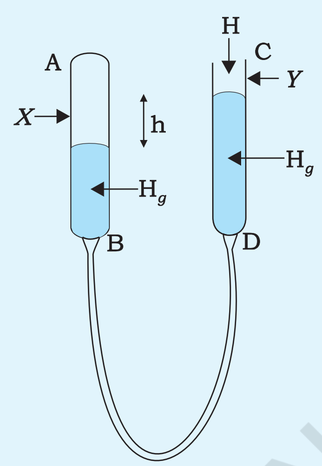
© NCERT not to be republished

सिद्धांत

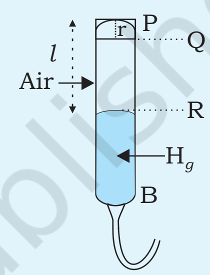
(a) दाब का मापन

नली AB में परिबद्ध वायु का दाब दोंनों AB तथा CD नलियों में पारे के तलों (X एवं Y) में अंतर (h) को नोट करके मापा जाता है। चूंकि परस्पर संबद्ध पात्रों में भरे द्रव का समान क्षैतिज तल में दाब समान होता है, अत: नली AB में परिबद्ध वायु का दाब

(E 11.1) $P = H \pm h$, यहाँ H वायुमंडलीय दाब है।



चित्र E 11.2 नली AB में वायु का दाब = $H + h$



चित्र E 11.3 नली AB में परिबद्ध वायु का आयतन

(b) AB में परिबद्ध वायु के आयतन का मापन

उस प्रकरण में जब नली AB अंशांकित नहीं है।

नली में वायु का आयतन

= लंबाई PR में वायु का आयतन – वक्रित भाग PQ में वायु का आयतन

मान लीजिए नली की त्रिज्या r है, तब

वक्रित भाग का आयतन = r त्रिज्या के अर्ध गोले का आयतन

$$= \frac{1}{2} \times \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{2}{3}\pi r^3$$

PQ का आयतन = $\pi r^2 \cdot r = \pi r^3$

आयतन में त्रुटि = $\pi r^3 - \frac{2}{3}\pi r^3 = \frac{1}{2}\pi r^3$

© NCERT not to be republished

लंबाई में परिणामी त्रुटि = $\frac{1}{3}\ \pi r^3/\pi r^2 = \frac{1}{3} r$

लंबाई मे संशोधन = $-\frac{1}{3}r = -\frac{1}{3}PQ$ (E 11.2)

इसे प्रक्षित लंबाई l से घटाना चाहिए।

बॉयल-नियम: नियत ताप पर किसी गैस के परिबद्ध द्रव्यमान द्वारा आरोपित दाब उसके आयतन के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

$$P \alpha \frac{1}{V}$$

अथवा PV = नियतांक (E 11.3)

अत:, P और V के बीच ग्राफ़ एक वक्र होता है तथा P और $\frac{1}{V}$ के बीच ग्राफ़ एक सरल रेखा होती है।

(c) किसी दाब पर वायु का आयतन मापना

1. थर्मामीटर द्वारा प्रयोगशाला का ताप नोट कीजिए।
2. फॉर्टिन-बैरोमीटर द्वारा वायुमंडलीय दाब नोट कीजिए (देखिए प्रायोजना P-9)।
3. क्षैतिजकारी पेचों तथा स्पिरिट लेविल द्वारा यह सुनिश्चित कीजिए कि उपकरण ऊर्ध्वाधर है।
4. नली CD को ऊपर-नीचे विस्थापित कर AB तथा CD में पारे का तल समान ऊँचाई पर समायोजित कीजिए। सेट्-स्क्वेयर की सहायता से पारे (Hg) के ऊपरी उत्तल पृष्ठ (मेनिस्कस) का पाठ्यांक लीजिए।
5. बंद नली के शीर्ष सिरे P तथा उस तल Q के मीटर स्केल के पाठ्यांक नोट कीजिए जहाँ इसकी वक्रता ठीक समाप्त होती है। $\frac{1}{3}$ PQ का मान परिकलित करके नोट कीजिए।
6. CD को इतना ऊपर उठाइए कि AB तथा CD में पारे के तल भिन्न हो जाएँ। सेट् स्क्वेयर द्वारा X तथा Y के पाठ्यांक सावधानीपूर्वक लीजिए। इन तलों का अंतर 'h' नोट कीजिए।
7. CD के समायोजन को h के 5 और मानों के लिए दोहराइए। यह कार्य धीरे-धीरे बिना झटका दिए करना चाहिए। AB के सापेक्ष CD की स्थिति में धीरे-धीरे परिवर्तन करना यह सुनिश्चित करता है कि ताप में कोई परिवर्तन नहीं हो रहा है अन्यथा बॉयल-नियम वैध नहीं होगा।
8. बंद नली AB का व्यास वर्नियर कैलीपर्स द्वारा ज्ञात करके नली की त्रिज्या एवं $\frac{1}{3}$ PQ = $\frac{1}{3} r$ ज्ञात कीजिए।
9. अपने प्रेक्षणों को सारणी E 11.1 में नोट कीजिए।

© NCERT not to be republished

10. (i) P एवं V तथा (ii) P एवं $\frac{1}{V}$ के बीच ग्राफ़ आलेखित करके इनकी व्याख्या कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

1. कमरे का ताप = ... °C.
2. फॉर्टिन बैरोमीटर द्वारा मापने पर वायुमंडलीय दाब = ... cm पारे का स्तंभ
3. नली AB के वक्रित भाग के कारण तल l में संशोधन के लिए –

   (a) स्थिर नली AB के शीर्ष (P) का पाठ्यांक = ... cm

   उस बिंदु (Q) का पाठ्यांक जहाँ से नली AB का एक समान व्यास वाला भाग आरंभ होता है = ... cm

   अंतर ($P - Q$) = r = ... cm

   संशोधन = $\frac{1}{3}r$ = ...

   अथवा

   (b) नली AB का व्यास d = ... cm

   त्रिज्या $r = \frac{1}{2}d$ = ... cm

   तल के लिए संशोधन $l = \frac{1}{3}r$

परिणाम

1. प्रायोगिक सीमाओं में P तथा V का ग्राफ़ एक वक्र है।

सारणी E 11.1 परिबद्ध वायु के दाब एवं आयतन का मापन

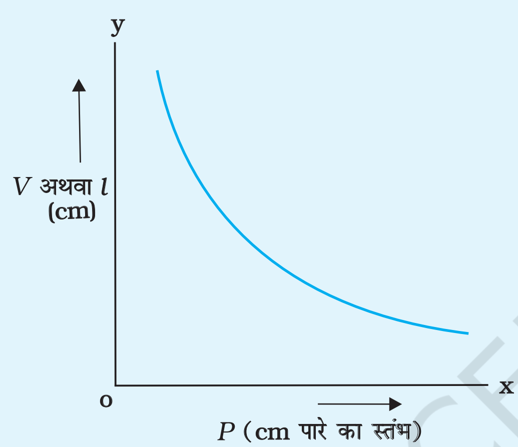
क्रम संख्या	बंद नली AB में पारे का तल X (cm पारे का स्तंभ)	खुली नली CD में पारे का तल Y (cm पारे का स्तंभ)	दाबांतर $h = X\text{-}Y$ $= X - Y$ (cm पारे का स्तंभ)	AB में वायु दाब $= H \pm h$ (cm पारे का स्तंभ)	वायु का आयतन $(l - \frac{1}{3}r)$	PV अथवा $P \times l$	$1/V$ अथवा $\frac{1}{l}$
1							
2							
3							
4							
5							
6							

नोट– $H \pm h$ के मान का निर्धारण करते समय X तथा Y तलों को ध्यान में रखकर विचार किया जाना चाहिए कि नली में वायु दाब वायुमंडलीय दाब से अधिक है अथवा कम।

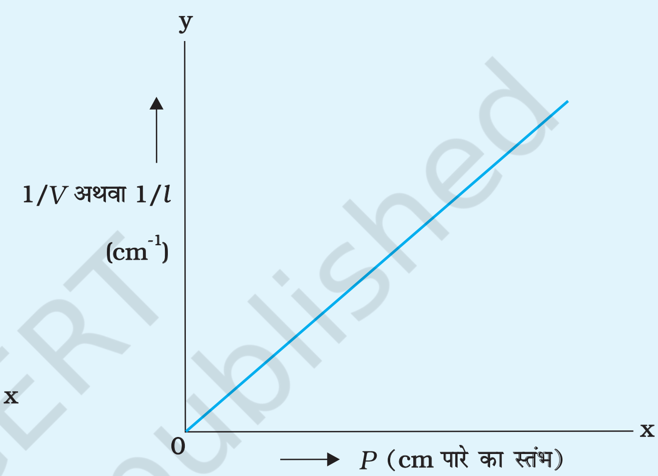
© NCERT not to be republished

2. प्रायोगिक सीमाओं में गुणनफल PV (परिकलनों से) एक स्थिरांक है।

3. P एवं $1/V$ के बीच ग्राफ़ एक सरल रेखा है जो यह दर्शाता है कि दिए गए द्रव्यमान की परिबद्ध गैस का दाब नियत ताप पर उसके आयतन के व्युत्क्रमानुपाती होता है। ध्यान दीजिए कि P तथा V के मध्य चित्र E 11.4 द्वारा प्रदर्शित ग्राफ़ एक वक्र है जबकि $\frac{1}{V}$ का ग्राफ़ एक सरल रेखा है (चित्र E 11.5)।



चित्र E11.4 *आयतन V एवं दाब P के बीच ग्राफ़*



चित्र E11.5 दाब P एवं $\frac{1}{V}$ *की बीच ग्राफ़*

© NCERT not to be republished

सावधानियाँ

1. इस उपकरण को, जब इसका उपयोग न हो रहा हो तब, ढककर रखना चाहिए।

2. प्रेक्षण लेते समय इस उपकरण का स्थान परिवर्तित नहीं करना चाहिए।

3. वायु के आयतन की माप लेते समय बंद नली के वक्रित भाग के लिए संशोधन का ध्यान रखना चाहिए।

4. पारा स्वच्छ होना चाहिए और उसे काँच पर कोई चिह्न नहीं छोड़ना चाहिए। उपकरण का उपयोग न होते समय खुली नली पर रुई की डॉट लगानी चाहिए।

5. पारे के ऊपरी पृष्ठ (मेनिस्कस) का पाठ्यांक लेते समय सेट्-स्क्वेयर का उपयोग करना चाहिए।

03/05/2018

त्रुटियों के स्रोत

1. परिबद्ध वायु शुष्क न हो तथा उसमें कुछ नमी हो।
2. प्रयोग की अवधि में परिवेश के वायुमंडलीय दाब एवं ताप में परिर्वतन हो सकता है।
3. संभव है कि नली AB का बंद सिरा पूर्णत: अर्धगोल नहीं हो।
4. वायु के संपर्क में होने के कारण पारा ऑक्सीकृत हो सकता है।

परिचर्चा

1. यह सुनिश्चित करने के लिए कि तलों में अंतर (h) की माप परिशुद्ध है, यह उपकरण ऊर्ध्वाधर होना चाहिए।
2. काँच की दो नलियों के व्यास समान भी हो सकते है और असमान भी, परंतु यह उपकरण ऊर्ध्वाधर होना चाहिए।
3. खुली नली CD को धीरे-धीरे ऊपर उठाना अथवा नीचे लाना चाहिए ताकि यह सुनिश्चित हो सके कि परिबद्ध वायु का ताप अपरिवर्तित रहता है।
4. पाठ्यांकों को किसी विशेष क्रम में (वायुमंडलीय दाब से ऊपर और नीचे) ही लेना चाहिए। इससे प्रयोग करने के लिए यह भी सुनिश्चित हो जाता है कि प्रेक्षणों की अवधि में वायुमंडलीय दाब एवं ताप नियत रहता है।
5. दोनों नलियों में पारे के ऊपरी पृष्ठ (मेनिस्कस) को सेट्-स्क्वेयर का उपयोग करके ध्यानपूर्वक नोट क्यों करना चाहिए?

स्व-मूल्यांकन

1. $\frac{1}{V}$ तथा 'h' के बीच ग्राफ़ आलेखित कीजिए तथा जब $h = 0$ है तब $\frac{1}{V}$ का मान निर्धारित कीजिए। इसकी तुलना वायुमंडलीय दाब से कीजिए। अपने परिणाम के लिए उचित स्पष्टीकरण दीजिए।
2. बंद नली के वक्रित भाग के आयतन को आकलित करने की दो विधियों पर टिप्पणी कीजिए। इन दो विधियों के लिए क्या पूर्व धारणाएँ अपनाई गई हैं?
3. यदि नली AB का व्यास अधिक है, तो वक्रित भाग के आयतन का आकलन विश्वसनीय क्यों नहीं होगा?
4. जब उपकरण उपयोग नहीं किया जा रहा हो तो खुली नली के पारे को संदूषण से बचाने के लिए उसे ढ़ककर रखना चाहिए। पारे के उपचयन (ऑक्सीकरण) का प्रयोग पर क्या प्रभाव पड़ता है?

© NCERT not to be republished

सुझाए गए अतिरिक्त प्रयोग/क्रियाकलाप

1. उपकरण को थोड़ा झुकाइए तथा X व Y के दो या तीन मानों के लिए 'h' का मान नोट कीजिए।

2. काँच की एक U-नली लीजिए। दर्शाए अनुसार इसमें जल भरिए। इसकी एक भुजा में तेल उड़ेलिए। नली में जल का तल, तेल का तल तथा दोनों भुजाओं में जल का तल नोट कीजिए। तेल का घनत्व व्युत्पन्न कीजिए। इस प्रयोग में वायुमंडलीय दाब की क्या भूमिका है?

© NCERT not to be republished

प्रयोग 12

उद्देश्य

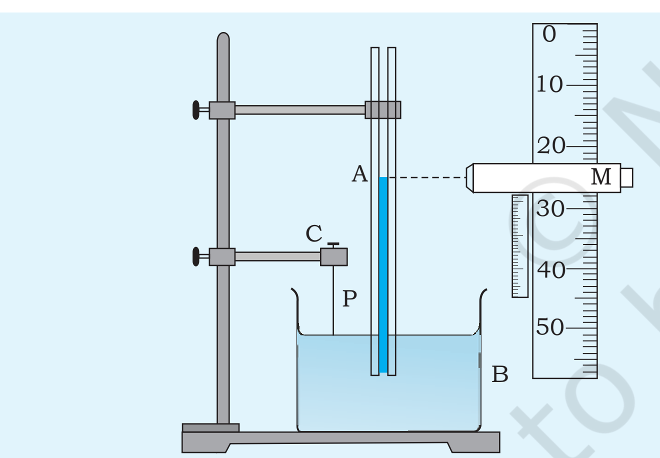
कोशिकीय उन्नयन विधि द्वारा जल का पृष्ठ तनाव ज्ञात करना।

उपकरण तथा आवश्यक सामग्री

काँच/प्लास्टिक की केश नली, चल सूक्ष्मदर्शी, बीकर, पिन लगी कार्क, क्लैंप और स्टैंड, थर्मामीटर, तनु नाइट्रिक अम्ल विलयन, तनु कास्टिक सोडा विलयन, जल, साहुल सूत्र।

सिद्धांत

किसी ρ घनत्व के द्रव के संपर्क में रखने पर किसी केश नली में चढ़ जाने (उन्नयन) वाले द्रव के स्तंभ को जो ऊर्ध्वाधर बल संतुलित करता है वह केश नली के चारों ओर (परिधि) उसके बाहरी पृष्ठ पर द्रव के पृष्ठ तनाव से उत्पन्न होता है (चित्र E 12.1)। अतः,



चित्र E 12.1 केश नली में द्रव का उन्नयन

$2\pi\, r\, T = \pi r^2 h\, \rho\, g$ (लगभग) जल के लिए

अथवा $T = \dfrac{h\rho g r}{2}$

यहाँ T = द्रव का पृष्ठ तनाव

h = द्रव के स्तंभ की ऊँचाई

r = केश नली का आंतरिक अर्धव्यास

कार्यविधि

1. इस प्रयोग को पर्याप्त प्रकाशित स्थान जैसे खिड़की के निकट अथवा ताप दीप्ति लैंप का उपयोग करके कीजिए।
2. केश नली तथा बीकर को क्रमवार कास्टिक सोडे के विलयन, तनु नाइट्रिक अम्ल तथा अंत में भलीभाँति जल से प्रक्षालित कीजिए।
3. बीकर में जल भरिए और उसका ताप मापिए।
4. केश नली को इसके ऊपरी सिरे पर इस प्रकार क्लैंप कीजिए कि यह बीकर से ऊपर

© NCERT not to be republished

हो। इसके निकट साहुल सूत्र रखकर केश नली को ऊर्ध्वाधर कीजिए। केश नली को इतना नीचे लाइए कि इसका निचला सिरा बीकर में भरे जल में डूब जाए।

5. पिन P को कार्क में धंसाइए तथा चित्र में दर्शाए अनुसार कार्क को एक अन्य क्लैंप में इस प्रकार लगाइए कि उसकी नोंक जल के पृष्ठ के ठीक ऊपर हो पर उस को स्पर्श न करें जैसा चित्र E 12.1 में दिखाया गया है। यह कार्य जल में पिन P की नोंक तथा उसके प्रतिबिंब को देखकर परिशुद्धता से किया जा सकता है।

6. अब चल सूक्ष्मदर्शी M को केश नली A में जल की मेनिस्कस पर फोकसित कीजिए तथा सूक्ष्मदर्शी को इतना घुमाइए कि क्षैतिज क्रॉस तार अवतल मेनिस्कस, जो सूक्ष्मदर्शी में उल्टी दिखायी देती है, के न्यूनतम स्तर को स्पर्श करे। यदि सूक्ष्मदर्शी M को फोकसित करने में कोई कठिनाई होती है तो एक कागज़ का टुकड़ा लेकर उसे काँच के पीछे A पर रखिए तथा सूक्ष्मदर्शी M को पहले मार्गदर्शक के रूप में कागज़ पर फ़ोकसित कीजिए। चल सूक्ष्मदर्शी का पाठ्यांक नोट कीजिए।

7. केश नली में मेनिस्कस के स्थिति पर पेन से निशान लगाइये। अब सावधानीपूर्वक बीकर से केश नली को हटाइए और इसके पश्चात् पिन की स्थिति को यथावत् रखते हुए बीकर को भी हटा दीजिए।

8. सूक्ष्मदर्शी को पिन की नोंक पर फोकसित कीजिए तथा सूक्ष्मदर्शी का पाठ्यांक नोट कीजिए।

9. केश नली को सावधानीपूर्वक उस स्थान से काटिए जहाँ इस पर निशान लगाया गया है।

केश नली को स्टैंड पर क्षैतिजत: लगाइए। सूक्ष्मदर्शी को नली के अनुप्रस्थ परिच्छेद पर फोकसित कीजिए तथा दो परस्पर लंबवत दिशाओं में नली का भीतरी व्यास मापने के लिए पाठ्यांक लीजिए।

प्रेक्षण

h का निर्धारण

चल सूक्ष्मदर्शी का अल्पतमांक (L.C.) = ...mm

सारणी E 12.1– केशिकीय उन्नयन की माप

क्रम संख्या	मेंसिकस का पाठ्यांक h_1 (cm)			जल के पृष्ठ को स्पर्श करते पिन की नोंक का पाठ्यांक h_2 (cm)			$h = h_1 - h_2$
	मुख्य स्केल पाठ्यांक S (cm)	वर्नियर स्केल पाठ्यांक n	$h_1 = (S + n \times$ L.C.)	मुख्य स्केल पाठ्यांक S' (cm)	वर्नियर स्केल पाठ्यांक n'	$h_2 = (S' + n' \times$ L.C.) (cm)	
1							
2							
3							

© NCERT not to be republished

03/05/2018

सारणी E 12.2- नली के व्यास की माप

क्रम संख्या	किसी व्यास के अनुदिश पाठ्यांक (cm)		व्यास $d_1 (x_2-x_1)$	लंबवत् व्यास के अनुदिश पाठ्यांक		व्यास $d_2 (y_2-y_1)$	माध्य व्यास d
	एक सिरा	दूसरा सिरा	(cm)	एक सिरा	दूसरा सिरा	(cm)	$= \frac{d_1 + d_2}{2}$
1	x_1	x_2		y_1	y_2		
2							
3							

औसत त्रिज्या $r = \ldots$ cm

जल का ताप $\theta = \ldots$ °C

0 °C पर जल का घनत्व = ...g cm^{-3}

परिकलन

T के लिए सूत्र में h, r, ρ तथा g के मान भरिए और पृष्ठ तनाव परिकलित कीजिए।

परिणाम

... °C पर जल का पृष्ठ तनाव = ...± NM^{-1}

सावधानियाँ

1. केश नली को संदूषण से मुक्त रखने के लिए इसे पहले कास्टिक सोडा से फिर नाइट्रिक अम्ल से, प्रक्षालित करके अंत में आसुत जल से भली-भांति साफ करना चाहिए।
2. जल के संपर्क में लाते समय केश नली को ऊर्ध्वाधर रखना चाहिए।
3. यह सुनिश्चित करने के लिए कि केश नली पर्याप्त रूप से गीली है, बीकर के जल के तल को ऊपर-नीचे करने पर केश नली में जल के स्तंभ की ऊँचाई में कोई अंतर नहीं होना चाहिए।
4. केश नली में जल का तल बीकर के अवमुख (सिरों) से ऊपर होना चाहिए ताकि प्रेक्षण करते समय सिरों के कारण कोई रुकावट न आए।
5. प्रयोग करने से पूर्व तथा प्रयोग के पश्चात् जल का ताप नोट करना चाहिए।
6. केश नली में जल के स्तंभ की ऊँचाई अवतल मेनिस्कस की तली से मापनी चाहिए।

© NCERT not to be republished

त्रुटियों के स्रोत

1. शुष्क केश नली को जल में डुबाने से पृष्ठ तनाव की माप में सकल त्रुटियाँ हो सकती हैं क्योंकि ऐसा करने पर बीकर में जल के तल को नीचे करने पर यह संभव है कि केश नली में जल के स्तर में कमी न हो।

2. पृष्ठ तनाव का मान अशुद्धियों एवं ताप में परिवर्तन से परिवर्तित हो जाता है।

3. केश नली के ऊर्ध्वाधर न होने की स्थिति में नली में जल के स्तंभ की ऊँचाई के स्तर की माप में त्रुटि हो सकती है।

4. नली में जल के स्तंभ की ऊँचाई की माप करने में सूक्ष्मदर्शी द्वारा मेनिस्कस के उचित फोकसन न होने पर त्रुटि हो सकती है।

परिचर्चा

1. सूक्ष्म केश नली में मेनिस्कस के पृष्ठ को अर्धगोलीय माना जाता है तथा मेनिस्कस के निम्नतम बिंदु से ऊपर के द्रव का भार $\frac{1}{3}\rho r^3 \pi g$ होता है। यदि इसे भी परिकलन में सम्मिलित करें तो पृष्ठ तनाव का सूत्र संशोधित होकर $T = \frac{1}{2}\rho g r \; h + \frac{r}{3}$ हो जाता है। इस सूत्र का उपयोग करके पृष्ठ तनाव का और अधिक परिशुद्ध परिकलन किया जा सकता है।

2. यदि केश नली शुष्क है और यदि उसमें किसी निश्चित ऊँचाई तक जल का उन्नयन हो जाए तो फिर वह वापस नीचे नहीं गिरता। अत:, केश नली भीतर से गीली होनी चाहिए। केश नली के भीतरी भाग को भली-भाँति गीला करने के लिए इसे पहले जल में डुबोया जाता है और फिर उठाकर क्लैंप कर देते हैं। विकल्प के रूप में बीकर को ऊपर उठाकर फिर नीचे रख देते हैं।

स्व-मूल्यांकन

1. मान लीजिए कि केश नली की लंबाई उस लंबाई (ऊँचाई) से कम हो जिस तक किसी लंबी केश नली में द्रव का उन्नयन हो सकता है। यदि आप ऐसी केश नली को द्रव में डुबो दें तो आप क्या प्रेक्षण करेंगे। अपने प्रेक्षणों की व्याख्या कीजिए।

2. दो माचिस की तीली एक-दूसरे के समांतर व पास-पास तैर रही हैं। यदि दोनों तीलियों के बीच साबुन के घोल अथवा गर्म जल की एक बूँद डाल दें तो क्या होगा? अपने प्रेक्षण की व्याख्या कीजिए।

© NCERT not to be republished

सुझाए गए अतिरिक्त प्रयोग/क्रियाकलाप

1. प्रयोग को विभिन्न तापों पर करके पृष्ठ तनाव पर ताप के प्रभाव का अध्ययन किया जा सकता है।
2. प्रयोग को द्रव में कुछ अशुद्धियाँ (जैसे साधारण लवण अथवा चीनी) मिलाकर पृष्ठ तनाव पर अशुद्धियों के सांद्रण के प्रभाव का अध्ययन किया जा सकता है।
3. केश नली की आनति (झुकाव) का द्रव के उन्नयन के स्तंभ की ऊँचाई पर प्रभाव का प्रेक्षण कीजिए।

© NCERT not to be republished

03/05/2018

प्रयोग 13

उद्देश्य

द्रव में किसी गोल वस्तु का सीमांत वेग मापकर किसी दिए गए द्रव का श्यानता गुणांक ज्ञात करना।

उपकरण तथा सामग्री

पारदर्शी काँच अथवा एक्रिलिक की लंबी तथा बड़े छिद्र (लगभग 1.25 m लंबी 4 cm व्यास) की नली, लगभग 10 cm लंबी 1 cm व्यास की छोटी नली, 1.5 mm से 3 mm के बीच व्यास की स्टील की गोलियाँ, पारदर्शी श्यान द्रव (कास्टर आयल, ग्लिसरीन) प्रयोगशाला स्टैंड, चिमटी, रबर के छल्ले, रबर-कार्क, थर्मामीटर (0-50 ^{0}C), मीटर स्केल।

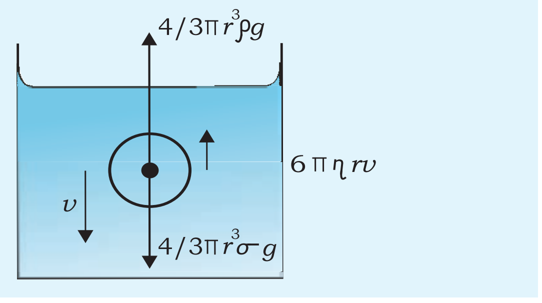
सिद्धांत

त्रिज्या r तथा घनत्व σ की कोई गोली जब घनत्व ρ तथा श्यानता गुणांक η के किसी द्रव में अपने सीमांत वेग υ से मुक्त रूप से गिरती है तो उस पर आरोपित उर्ध्व उत्प्लावन बल तथा *श्यान कर्षण* बल का योग उसके स्वयं के भार से संतुलित हो जाता है, अर्थात्

गोली के भार का अधोमुखी बल = गोली पर उत्प्लावन बल + गोली पर *श्यान कर्षण* बल

अथवा, $$\frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g + 6\pi \eta r \upsilon$$ (E 13.1)

अथवा, $$\upsilon = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 (\sigma - \rho) g}{6\pi \eta r} = \frac{2}{q}\frac{r^2 (\sigma - \rho) g}{\eta}$$ (E 13.2)



चित्र E 13.1 *सीमांत वेग से श्यान द्रव में गिरती गोल वस्तु पर कार्यरत विभिन्न बल*

यहाँ υ गोली का सीमांत वेग है, यह वह नियत वेग है जिसे वह श्यान द्रव में गति करते समय उस पर आरोपित विभिन्न संतुलित बलों के अधीन अर्जित करती है (*चित्र E 13.1*)।

सीमांत वेग गोली की आमाप के वर्ग के अनुक्रम पर निर्भर करता है। अत: यदि किसी श्यान द्रव में विभिन्न त्रिज्याओं की बहुत-सी गोलियों को मुक्त रूप से गिराया जाए तो υ एवं r^2 के बीच खींचा गया ग्राफ़ चित्र 13.2 में दर्शाए अनुसार एक सरल रेखा होगा। इस रेखा की प्रवणता

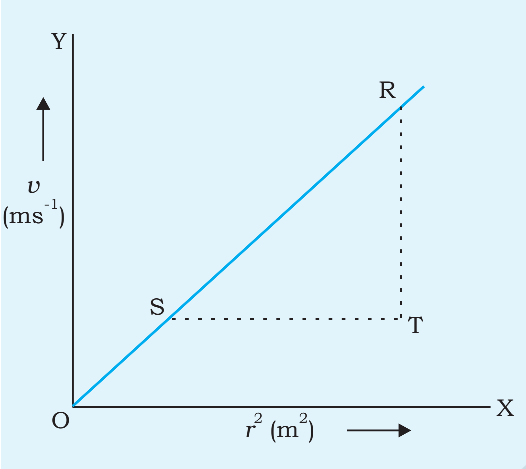
© NCERT not to be republished

से हमें v/r^2 का औसत मान प्राप्त होगा जिससे दिए गए द्रव का श्यानता गुणांक ज्ञात किया जा सकता है। इस प्रकार

(E 13.3)

$$\eta = \frac{2}{9} g(\sigma - \rho) \frac{r^2}{v} = \frac{2}{9} \frac{(\sigma - \rho) g}{(\text{रेखा की प्रवणता})}$$

$$= \ldots \text{Nsm}^{-2} \text{ (poise)}$$



चित्र E 13.2 *सीमांत वेग, v तथा गोली की त्रिज्या के वर्ग r^2 के बीच ग्राफ़*

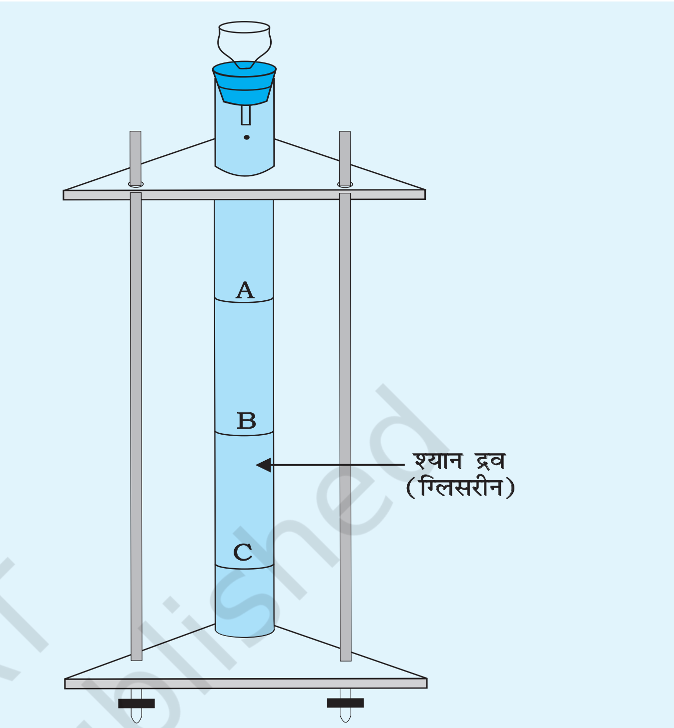
समीकरण E 13.3 में दिया गया संबंध तभी लागू होता है जब r त्रिज्या की गोली R त्रिज्या की बेलनाकार नली (पात्र) जबकि $R >> r$ है, में मुक्त रूप से गिरे तथा बेलनाकार नली (सिलिंडर) की ऊँचाई गोली द्वारा सीमांत वेग प्राप्त करने के लिए पर्याप्त हो। इसके साथ ही गोली को सिलिंडर की दीवारों को स्पर्श नहीं करना चाहिए।

कार्यविधि

1. विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. थर्मामीटर द्वारा कक्ष ताप ज्ञात कीजिए।
3. चौड़े छिद्र की पारदर्शी काँच/एक्रिलिक (लंबाई लगभग 1.25 m व्यास लगभग 4 cm) की नली लीजिए। चौड़े छिद्र की नली के शीर्ष पर एक रबर-कार्क लगाइए। नली में दिया गया पारदर्शी श्यान द्रव (जैसे ग्लिसरीन) भरिए। चित्र E 13.3 मे दर्शाए अनुसार इस नली को उर्ध्वाधरतः क्लैंप स्टैंड पर कस दीजिए। यह सुनिश्चित कीजिए कि नली के द्रव में वायु का कोई बुलबुला न हो।
4. चौड़े छिद्र की नलिका के चारों ओर रबर के तीन छल्ले A, B तथा C इस प्रकार लगाइए कि ये इसे लगभग 30 cm लंबे चार बराबर भागों, जैसे AB = BC में बांटें (चित्र E 13.3)। रबड़ के छल्ले A को चौड़े छिद्र की नली के मुख से लगभग 40 cm नीचे लगाइए (यह लंबाई गोली को सीमांत वेग प्राप्त करने के लिए पर्याप्त है)।
5. ज्ञात त्रिज्या (r_1) की चार-पाँच शुष्क, स्वच्छ व सर्वसम स्टील की गोलियों का समुच्चय पृथक् कीजिए। किसी काँच के ग्लास या पेट्री डिश में प्रायोगिक श्यान द्रव (ग्लिसरीन) लेकर इन गोलियों को अच्छी तरह से प्रक्षालित कीजिए। अन्यथा इन गोलियों के पृष्ठ पर द्रव में प्रवेश करते ही वायु के बुलबुले चिपक जाएंगे।
6. चौड़ी नली के खुले सिरे पर लगी रबर की कार्क के छिद्र में कम लंबाई की एक निवेश

© NCERT not to be republished

नली को ऊर्ध्वाधर लगाइए। इस नली के स्थान पर काँच की फनल का भी उपयोग किया जा सकता है जैसा कि चित्र E 13.3 में दिखाया गया है। चिमटी से r_1 त्रिज्या की किसी एक गोली को उठाइए और नली के शीर्ष तक ले जाइए। इस गोली को मुक्त रूप से नीचे गिराइए। यह गोली छोटी नली से गुजरने के पश्चात द्रव के अक्ष के अनुदिश गिरती है।



चित्र *E 13.3* लंबे ऊर्ध्वाधर नली के अक्ष के अनुदिश सीमांत वेग से गिरती स्टील की गोली

7. दो विराम घड़ी लीजिए। दोनों विराम घड़ियों को जैसे ही गोली रबर के छल्ले A से गुजरे, एक ही क्षण आरंभ कीजिए। जैसे ही गोली रबर के छल्ले B से गुजरे किसी एक विराम घड़ी को बंद कीजिए। दूसरी घड़ी को चलते रहने दीजिए और जैसे ही गोली रबर के छल्ले C से गुजरे इसे भी बंद कर दीजिए।

8. दोनों विराम घड़ियों द्वारा दर्शाए समय अंतरालों t_1 तथा t_2 को नोट कीजिए। अब समय t_1 गोली द्वारा A से B तक जाने में लगा समय है तथा समय t_2 गोली द्वारा A से C तक जाने में लगा समय है। यदि गोली A से गुजरने से पूर्व सीमांत वेग प्राप्त कर लेती है, तो $t_2 = 2\ t_1$। यदि ऐसा नहीं है तो रबर के छल्ले की स्थितियों में परिवर्तन कर उसी त्रिज्या वाली स्टील की गोली से प्रयोग दोहराइए।

9. प्रयोग को विभिन्न व्यासों की अन्य गोलियों के साथ दोहराइए।

10. प्रत्येक गोली के लिए सीमांत वेग ज्ञात कीजिए।

11. गोली के सीमांत वेग υ तथा गोली की त्रिज्या के वर्ग r^2 के बीच ग्राफ़ खींचिए। यह ग्राफ़ एक सरल रेखा होगा। इस ग्राफ़ की प्रवणता ज्ञात कीजिए तथा समीकरण E 13.3 में स्थापित संबंध की सहायता से द्रव का श्यानता गुणांक निर्धारित कीजिए।

प्रेक्षण

1. प्रायोगिक द्रव (ग्लिसरीन) का ताप θ = ...°C
2. स्टील की गोली के पदार्थ का घनत्व σ = ...kg m^{-3}
3. नली में भरा श्यान द्रव = ...kg m^{-3}

© NCERT not to be republished

4. प्रायोगिक श्यान द्रव का घनत्व ρ = ... kg m^{-3}

5. चौड़े छिद्र की नली का आंतरिक व्यास =... cm =...m

6. चौड़े छिद्र की नली की लंबाई = ... cm =...m

7. A व B के बीच की दूरी = ... cm =...m

8. B व C के बीच की दूरी = ... cm =...m

दो क्रमागत रबर-बैंडों के बीच की औसत दूरी h =...cm =...m

9. प्रयोग के स्थान पर गुरूत्वीय त्वरण =...m s^{-2}

10. विराम घड़ी का अल्पतमांक =...s

सारणी E13.1- गोली के गिरने के समय की माप

क्रम संख्या	गोली का व्यास	गोली की त्रिज्या	गोली की त्रिज्या का वर्ग r^2 (m^2)	दो रबड़ बैंडों के बीच की दूरी h = ... cm को तय करने में लगा समय				सीमांत वेग $v = \frac{h}{t}$ (ms^{-1})
	d (cm)	$r=d/2$ (m)		A से B t_1 (s)	A से C t_2 (s)	B से C $t_3=t_2-t_1$ (s)	औसत समय $t = \frac{t_1+t_3}{2}$ (s)	
1								
2								
3								
4								

ग्राफ़

r^2 को x-अक्ष के अनुदिश तथा v को y-अक्ष के अनुदिश लेकर v तथा r^2 के बीच ग्राफ़ आलेखित कीजिए। ऐसा संभव है कि कुछ बिंदु इस रेखा पर न हों पर वह इस रेखा के यथासंभव निकट हों। इस रेखा को पीछे की ओर बढ़ाइए और जाँच कीजिए कि यह रेखा मूल बिंदु से गुजरती है या नहीं। यह ग्राफ़ चित्र E 13.2 में दर्शाए जैसा होगा।

$$\text{रेखा की प्रवणता } \frac{v}{r^2} = \frac{\text{RT}}{\text{ST}}$$

$$\text{अतः,} \quad \eta = \frac{2}{9}\frac{r^2(\sigma-\rho)g}{(\text{रेखा की प्रवणता})}$$

© NCERT not to be republished

त्रुटि $\frac{\Delta\eta}{\eta} = \frac{2\Delta r}{r} + \frac{\Delta \text{प्रवणता}}{\text{प्रवणता}}$

η का मानक मान = ... Nsm^{-2}

η में % त्रुटि = ...%

परिणाम

θ °C ताप पर दिए गए श्यान द्रव का श्यानता गुणांक = ... ± ... Nsm^{-2}

सावधानियाँ तथा त्रुटियों के स्त्रोत

1. सीमांत वेग (अधिक परिशुद्ध रूप में श्यान कर्षण बल F) के मान पर लघु प्रभाव को निम्नतम करने के लिए प्रायोगिक द्रव को भरे जाने वाले पात्र (चौड़े छिद्र की नली) की त्रिज्या गोली की त्रिज्या की तुलना में बहुत अधिक होनी चाहिए।
2. गोली को नली की दीवारों को स्पर्श नहीं करना चाहिए।
3. गोली को श्यान द्रव भरी नली में धीमे-से गिराना चाहिए।

परिचर्चा

1. सुनिश्चित कीजिए कि गोली गोल हो। अन्यथा सीमांत वेग के लिए प्रयोग किया जाने वाला सूत्र वैध नहीं होगा।
2. गिरती गोली की गति सरल रेखीय होनी चाहिए।
3. चौड़े छिद्र वाली नली का व्यास गोली के व्यास की तुलना में काफी अधिक होना चाहिए।

स्व-मूल्यांकन

1. क्या वर्षा की बूंदें, चाहे उनका आमाप कुछ भी हों, धरती पर समान वेग से गिरती हैं?
2. क्या स्टोक का नियम गोलीय के अतिरिक्त अन्य आकृति की वस्तुओं पर भी लागू होता है?
3. किसी द्रव के श्यानता गुणांक पर ताप का क्या प्रभाव होता है?

© NCERT not to be republished

सुझाए गए अतिरिक्त प्रयोग/क्रियाकलाप

1. η को विभिन्न आमाप की गोलियों के लिए परिकलित किया जा सकता है। परिणाम की तुलना ग्राफ़ द्वारा प्राप्त परिणाम से कीजिए।

2. सरसों के तेल की श्यानता ज्ञात कीजिए (**संकेत**- उपकरण व्यवस्थित करके चौड़ी नली में ग्लिसरीन के स्थान पर सरसों का तेल भरिए)।

3. दूध की शुद्धता की जाँच करना (**संकेत**- लंबी नली में सरसों का तेल भरिए। एक आँखों में दवाई डालने वाला ड्रॉपर लीजिए और इसमें दूध भरिए। तेल में दूध की एक बूँद गिराइए और इसका सीमांत वेग ज्ञात कीजिए। सरसों के तेल के श्यानता गुणांक के ज्ञान का उपयोग दूध का घनत्व परिकलित करने में कीजिए)।

4. जल की श्यानता का वायु के बुलबुले के ऊपर उठने के समय पर प्रभाव का अध्ययन कीजिए। (**संकेत**- जल जीवशाला में उपयोग होने वाला बुलबुले बनाने वाला यंत्र लीजिए। इसे चौड़ी नली में उसके निचले सिरे के निकट रखिए। ऊपर उठते वायु के बुलबुले का सीमांत वेग ज्ञात कीजिए)।

© NCERT not to be republished