प्रयोग 5

उद्देश्य – दिये गये द्रव में गोलीय पिण्ड का सीमान्त वेग मापकर उसद्रव का श्यानता गुणांक ज्ञात करना।

उपकरण एवं सामग्री – एक 4 सेमी. व्यास एवं 1.25 मी. काँच की नली या फ्यूज ट्यूब लाईट के एक सिरे को हटाकर तथा अन्दर के पाउडर को साफ कर इस प्रकार की नली प्राप्त की जा सकती है। (लगभग इसी माप का अशांकित काँच का जार), पारदर्शी श्यानद्रव (ग्लिसरीन), स्टील की गेदें (1 mm से 3mm व्यास) जिनका व्यास ज्ञात हो, विराम घड़ी, तापमापी, मीटर पैमाना, रबर बैण्ड आदि।

सिद्धान्त – किसी द्रव का वह गुण जो अपने प्रवाह में प्रतिरोध (अवरोध) उत्पन्न करता है उसे श्यानता कहते हैं। यह द्रव का आंतरिक घर्षण है।

स्टोक के नियमानुसार "यदि r त्रिज्या के गोले को किसी श्यान द्रव में गिराया जाता है तो यह शीघ्र ही नियत वेग प्राप्त कर लेता है जिसे सीमान्त वेग कहते हैं।" इस अवस्था में, द्रव में गोले पर कार्यरत श्यान बल $F = 6\pi\eta r v_T$ (ऊपर की ओर)

η = द्रव का श्यानता गुणांक

V_T = गोले का सीमान्त वेग

साम्य अवस्था में F का मान, नीचे की ओर बल के बराबर होता है, जो इस स्थिति में द्रव में गोले के आभासी भार के बराबर होता है।

अतः $$6\pi\eta r v_T = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \sigma)g \quad \text{.....(1)}$$

ρ = गोले के पदार्थ का घनत्व

σ = द्रव का घनत्व

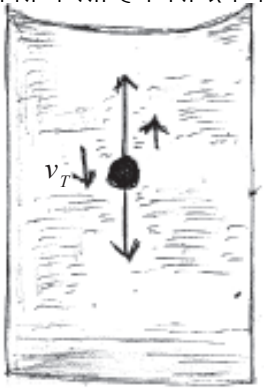
g = गुरुत्वीय त्वरण

उपरोक्त समी. (1) से स्पष्ट है कि = नियतांक या $V_T \propto r^2$

समी. (1) को हल करने पर

$$(\rho - \sigma)\, g \quad \text{....(2)}$$

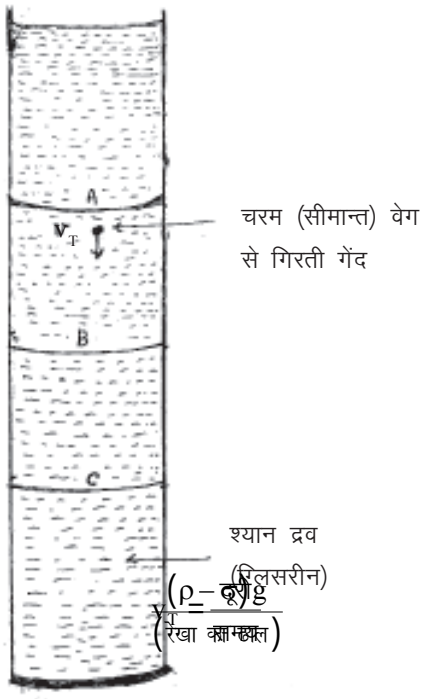
यदि सीमान्त वेग V_T व r^2 में ग्राफ खींचे तो यह चित्रानुसार एक सरल रेखा प्राप्त होती है। इस सरल रेखा का ढाल $\frac{v_T}{r^2}$ का माध्य मान व्यक्त करता है जिसे द्रव का श्यानता गुणांक η ज्ञात करने में उपयोग करते हैं।



सीमान्त वेग से द्रव में गिरती हुई गोल गेंद

समी. (2) से $\eta = \frac{2}{9}\frac{(\rho - \sigma)g}{\frac{v_T}{r^2}}$

या $\eta = \frac{2}{9}$ NSm^{-2} ...(3)



विधि – (1) विराम घड़ी का लघुत्तम माप ज्ञात करें।

(2) थर्मामीटर की सहायता से द्रव अथवा कमरे का ताप नोट करें।

(3) एक कांच की नली (लगभग 1.25 मी. लम्बी व 4 सेमी. व्यास की) को चित्रानुसार व्यवस्थित करते हैं। इस नली के ऊपरी सिरे से 40 सेमी. दूरी पर रबर बैण्ड A, तथा A से 30 सेमी पर रबर बैण्ड B व B से 30 सेमी. पर C रबर बैण्ड चित्रानुसार लगाते है। इस नली में पारदर्शी द्रव (ग्लिसरीन / अन्य) भर देते हैं।

(4) अब स्टील की गेंदो का अलग पात्र में ग्लिसरीन लेकर डुबोते हैं। गेंद को चिमटी से पकड़कर कर काँच की नली में प्रवेश कराते हैं। जब गेंद A पर पहुँचती है तो दो विराम घड़ी प्रारम्भ करे। यह गेंद B पर पहुंचती है तो एक विराम घड़ी बंद कर देते हैं तथा गेंद C पर पहुँचती है तो दूसरी विराम घड़ी बंद कर देते हैं।

(5) दोनों विराम घड़ियों से समय t_1 व t_2 नोट करें। यदि A से B तक गेंद को जाने में लगा समय t_1 तथा A से C तक लगा समय t_2 है। गेंद नली के द्रव में प्रवेश करने के बाद A तक सीमान्त वेग प्राप्त कर लेती है तो $t_2 = 2t_1$ होगा। यदि $t_2 = 2t_1$ नहीं है तो प्रयोग को उसी व्यास की गेंद से पुनः दोहराये।

(6) इस प्रयोग को पाँच बार भिन्न ज्ञात व्यासों की गेंदो से दोहरा कर समय t_1 व t_2 नोट करें। प्रत्येक व्यास की

गेंद के लिए सीमान्त वेग से गणना करे।

(7) अब v_T सीमान्त वेग व r^2 में ग्राफ खींचे। यह ग्राफ चित्रानुसार एक सरल रेखा प्राप्त होगा। इस ग्राफ का ढाल

= ज्ञात कर द्रव का श्यानता गुणांक (η) समी. (3) से ज्ञात करें।

प्रेक्षण – (1) द्रव (ग्लिसरीन) का ताप θ = ...°C

(2) स्टील की गेंद का घनत्व ρ = ... kgm^{-3} = किग्रा/मी³

(3) नली में भरे द्रव (ग्लिसरीन) का घनत्व σ = ...kg. m^{-3} = किग्रा./मी.³

(4) नली (द्रव युक्त) की लम्बाई = ...मी.

(5) A व B के मध्य की दूरी = ...सेमी. =..........मी.

(6) B व C के मध्य की दूरी = ...सेमी. =..........मी.

(7) गुरुत्वीय त्वरण (g) = ... मी./से.²

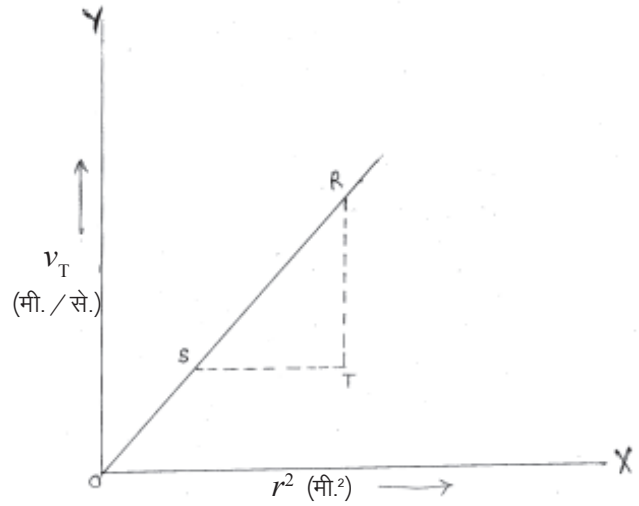
(8) विराम घड़ी का अल्पतमांक =.........से.

सारिणी –

क.स	स्टील गेंदो का व्यास (d)	त्रिज्या $r = d/2$	गेंदो की त्रिज्या का वर्ग (r^2)	गेंदो द्वारा h दूरी तय रने में लगा समय (AB = BC = h) A से B t_1	A से C तक t_2	B से C तक $t_3 = t_2 - t_1$	माध्य	सीमांत वेग $V_T = \frac{h\text{ मी.}}{t\text{ से.}}$
1.	........मी.	.......मी.	.......मी.²	.......से.	.......से.	.......से.	.......से.	.....मी./से.
2.	........मी.	.......मी.	.......मी.²	.......से. $\frac{RT}{ST}$ $\frac{t_1 + t_3}{2}$	.......से.	.......से.	.......से.	.....मी./से.
3.	........मी.	.......मी.	.......मी.²	.......से.	.......से.	.......से.	.......से.	.....मी./से.
4.	........मी.	.......मी.	.......मी.²	.......से.	.......से.	.......से.	.......से.	.....मी./से.
5.	........मी.	.......मी.	.......मी.²	.......से.	.......से.	.......से.	.......से.	.....मी./से.

ग्राफ – उचित पैमाना मान कर X – अक्ष की दिशा में r^2 व Y – अक्ष की दिशा में V_T लेकर ग्राफ बनावे।

ग्राफ का ढाल =



गणना – (1) द्रव में गेंद का सीमान्त वेग V = से ज्ञात करे।

(2) द्रव का श्यानता गुणांक से गणना करे।

परिणाम – दिये गये द्रव का .....ºC ताप पर श्यानतागुणांक (η) = ...N.S.m^{-2} प्राप्त हुआ।

सावधानियां – (1) गेंद पूर्णत गोल होनी चाहिये।

(2) द्रव पारदर्शी होना चाहिये ताकि गेंद की गति का अध्ययन किया जा सके।

(3) गेंद का अंतिम वेग का मापन तभी करना चाहिये जबकि गेंद नियत वेग से गिरने लगे।

(4) गेंद को नली (जार) की दीवार से दूर द्रव में छोड़ना चाहिये।

मौखिक प्रश्न

1. द्रव की श्यानता से क्या अभिप्राय है?

उ. श्यानता तरल का वह गुण है जिसके कारण वह अपनी विभिन्न परतों के बीच आपेक्षिक गति का विरोध करता है।

2. वेग प्रवणता से क्या अभिप्राय है?

उ. द्रव की परतों के बीच दूरी के सापेक्ष, वेग में दूरी के साथ परिवर्तन की अधिकतम दर को वेग प्रवणता कहते हैं; जबकि दूरी वेग की दिशा के लम्बवत ली जाए।

वेग की प्रवणता = $\frac{dv}{dz} = \frac{v_2 - v_1}{z_2 - z_1}$ (ग्राफ की ढाल)

3. वेग प्रवणता का S.I. मात्रक बताइये।

उ. वेग प्रवणता का S.I. मात्रक = सेकण्ड$^{-1}$ = प्रतिसेकण्ड है।

4. श्यानता गुणांक के लिए न्यूटन का सूत्र देकर इसकी परिभाषा दीजिये।

उ. न्यूटन के सूत्र से F =

$$\eta = \frac{-F}{A\frac{dv}{dz}}$$

η = श्यानता गुणांक या

A = क्षेत्रफल यदि A= 1 मी^{2}, $\frac{dv}{dz}$ = प्रति से.

= वेग प्रवणता

F = **श्यान बल हो तो** η = –F

अर्थात् किसी द्रव का श्यानता गुणांक द्रव की परतों के बीच वह स्पर्श रेखीय बल है जबकि परतों का सम्पर्क क्षेत्रफल 1मी^{2} (इकाई) हो तथा परतों के बीच वेग प्रवणता 1 सेकण्ड$^{-1}$ है।

5. श्यानता गुणांक का C.G.S. पद्धति में मात्रक व M.K.S. (S.I.) पद्धति में मात्रक बताइये एवं इनमें संबंध भी लिखिये।

उ. C.G.S पद्धति में मात्रक – प्वायज = ग्राम/सेमी.से.

S.I. पद्धति में मात्रक – प्वायजली = किग्रा/मी.से.

1 प्वायजली = 10 प्वायज

6. श्यान बल के लिए स्टोक का सूत्र बताइये।

उ. द्रव में v वेग से r त्रिज्या की गिरती गोलीय वस्तु पर श्यान बल $F = 6\pi\eta rv$

η = द्रव का श्यानता गुणांक

7. सीमान्त वेग से क्या अभिप्राय है इसका सूत्र लिखिये।

उ. जब गोलीय वस्तु, लम्बे द्रव स्तम्भ के पृष्ठ पर छोड़ी जाती है तो पहले वह त्वरित गति से गिरती है और शीघ्र ही नियत वेग प्राप्त कर लेती है। वस्तु के इस नियत वेग को ही सीमान्त वेग कहते हैं।

सीमान्त वेग $\frac{(\rho-\sigma)}{\eta} g$

8. सीमान्त वेग किन–किन बातों पर निर्भर करता है?

उ. सीमान्त वेग (1) द्रव की प्रकृति (श्यानता तथा घनत्व) पर

(2) गोलीय वस्तु के घनत्व एवं त्रिज्या पर निर्भर करता है।

9. प्रयोग में द्रव को पारदर्शी क्यों लेते हैं?

उ. पारदर्शी द्रव में गोलीय वस्तु की गति स्पष्ट दिखाई देती है।

10. द्रव के श्यानता गुणांक पर ताप का क्या प्रभाव पड़ता है?

उ. ताप बढ़ने से द्रव का श्यानता गुणांक कम हो जाता है।

11. गैस की श्यानता पर ताप का क्या प्रभाव पड़ता है?

उ. ताप बढ़ने से गैस की श्यानता बढ़ जाती है।

12. स्टोक के नियम के कुछ व्यवहारिक अनुप्रयोग बताइये।

उ. (1) वर्षा की बूंद का नियत वेग से नीचे आना।

(2) पैराशूट से नीचे उतरता व्यक्ति चौटिल नहीं होता। $V_t = \frac{2r^2}{9}$

(3) मिलिकन का तेल बूंद प्रयोग।

13. श्यानता व घर्षण में क्या समानता है?

उ. (1) दोनों ही गति की अवस्था में उत्पन्न होते हैं। दोनों ही घर्षण है।

(2) दोनों ही गति के विपरीत दिशा में कार्य करते हैं।

14. गर्म पानी, ठण्डे पानी की तुलना में तेजी से बहता है क्यों?

उ. गर्म पानी की श्यानता, ठण्डे पानी से कम होती है, इसलिए तेजी से बहता है।

15. किन द्रवों के लिए अधिक वेग तक भी धारा रेखीय प्रवाह संभव होता है?

उ. जिनकी श्यानता अधिक होती है।