इकाई 8

श्यानता गुणांक का मापन

इकाई की रूपरेखा

8.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
8.2 द्रवों की श्यानता
श्यानता गुणांक
मात्रक
ताप का प्रभाव
8.3 श्यानता गुणांक का मापन
ओस्टवाल्ड श्यानतामापी तकनीक
8.4 प्रयोग **8** क) : ओस्टवाल्ड श्यानतामापी द्वारा किसी द्रव या तनु विलयन के श्यानता गुणांक का निर्धारण
सिद्धांत
आवश्यकताएँ
कार्य–विधि
प्रेक्षण
परिकलन
परिणाम
8.5 प्रयोग **8** ख) : किसी अपमार्जक के जलीय विलयन की सान्द्रता में परिवर्तन के साथ उसकी श्यानता में परिवर्तन का अध्ययन
सिद्धांत
आवश्यकताएँ
कार्य–विधि
प्रेक्षण
परिकलन
परिणाम
8.6 उत्तर

8.1 प्रस्तावना

पिछले दो प्रयोगों में आपने पृष्ठ–तनाव के बारे में पढ़ा जो द्रव के अणुओं के बीच काम करने वाले अंतराअणुक आकर्षक बलों के कारण उत्पन्न होता है। इन दो प्रयोगों में, अंतराअणुक बलों के संदर्भ में आप द्रवों के एक अन्य महत्वपूर्ण गुणधर्म का अध्ययन करेंगे जिसे **श्यानता** (viscosity) कहते हैं।

श्यानता तरल पदार्थों का गुणधर्म है अर्थात् गैस और द्रव दोनों की श्यानता होती है। परन्तु यहां हम अपना ध्यान केवल द्रवों पर ही केन्द्रित करेंगे। जैसा कि आप जानते हैं द्रव गतिशील होते हैं और प्रवाहित होना (बहना) उनका सामान्य गुणधर्म है, जिसे **तरलता** (fluidity) कहते हैं।

जब किसी द्रव के अणु आगे की ओर प्रवाहित होते हैं, तो आसपास के अणु अंतराअणुक आकर्षण बलों के कारण इस गति का विरोध करते हैं। ये आंतरिक प्रतिरोधी बल जो

द्रव के अणुओं को एक–दूसरे से दूर प्रवाहित होने से रोकते हैं, द्रवों की श्यानता के लिए उत्तरदायी होते हैं।

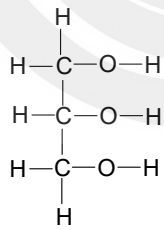
यहां आप दो प्रयोगों अर्थात् प्रयोग 8 क) और 8 ख) में क्रमशः ओस्टवाल्ड श्यानतामापी द्वारा किसी द्रव या तनु विलयन के श्यानता गुणांक के निर्धारण और किसी अपमार्जक के जलीय विलयन की सान्द्रता में परिवर्तन के साथ उसकी श्यानता में परिवर्तन का अध्ययन करेंगे।

उद्देश्य

मूल सिद्धान्तों के अध्ययन और प्रयोगों को करने के बाद, आप

- द्रवों की श्यानता और तरलता में भेद कर सकेंगे और उनके बीच संबंध स्थापित कर सकेंगे,
- द्रव के श्यानता गुणांक की परिभाषा दे सकेंगे और श्यानता गुणांक के मात्रकों की व्युत्पत्ति कर सकेंगे,
- द्रव के श्यानता गुणांक पर ताप और आण्विक आकर्षण बलों के प्रभाव के बारे में पूर्वानुमान लगा सकेंगे,
- किसी द्रव के श्यानता गुणांक के मापन में निहित सिद्धांत की व्याख्या कर सकेंगे।
- ओस्टवाल्ड श्यानतामापी द्वारा किसी द्रव या तनु विलयन के श्यानता गुणांक का निर्धारण कर सकेंगे, और
- किसी अपमार्जक के जलीय विलयन की सान्द्रता में परिवर्तन के साथ उसकी श्यानता में परिवर्तन का अध्ययन कर सकेंगे।

8.2 द्रवों की श्यानता



ग्लिसरॉल

सामान्यतया प्रवाहित होना, द्रवों की अंतर्निहित प्रवृत्ति है। किन्तु प्रवाहित होने की प्रवृत्ति सभी द्रवों मे हमेशा समान नहीं होती हैं। हम जानते हैं कि शहद की अपेक्षा जल अधिक आसानी के साथ बहता है। इसलिए कहा जाता है कि जल की उच्च तरलता है जबकि शहद की तरलता कम होती है। इसलिए कहा जाता है कि जल की उच्च तरलता होती है जबकि शहद की तरलता कम होती हैं। जिन द्रवों की तरलता कम होती है, वे श्यान (viscous) द्रव कहलाते हैं। शहद, एरंड–तेल (castor oil) और ग्लिसरॉल, श्यान द्रवों के उदाहरण हैं। अतः श्यानता किसी द्रव के प्रवाह के प्रतिरोध की माप है, जबकि तरलता द्रव के प्रवाह की सुगमता की माप होती है। अतः श्यानता और तरलता एक–दूसरे के व्युत्क्रम हैं। इस प्रकार हम कह सकते हैं कि $\eta = \frac{1}{\phi}$। जिसमें η श्यानता गुणांक है जबकि ϕ तरलता है।

श्यानता गुणांक, यूनानी अक्षर η (ईटा, eta) द्वारा निरूपित किया जाता है।

श्यानता पर द्रव–अणुओं के आकार, आमाप और रासायनिक प्रकृत्ति का बहुत प्रभाव पड़ता है। अणु का आमाप जितना **अधिक** होगा, मोलर द्रव्यमान भी उतना ही **अधिक** होगा और फलस्वरूप श्यानता भी उतनी ही अधिक होगी क्योंकि अंतराअणुक अन्योन्यक्रियाएं भी **अधिक** होगी हाइड्रोजन आबंधों के कारण भी श्यानता गुणांक में पर्याप्त वृद्धि होती है।

वास्तव में हाइड्रोजन आबंधों के जाल (network) की उपस्थिति के कारण ही ग्लिसरॉल की श्यानता बहुत अधिक होती है। अतः किसी अणु मे हाइड्रॉक्सिल समूहों की संख्या जितनी अधिक होती है, हाइड्रोजन आबंधों की जाल उतना ही जटिल होगा और द्रव का प्रवाह के प्रति प्रतिरोधी उतना ही अधिक होगा।

लंबी श्रृंखला वाले हाइड्रोकार्बनों और बहुलक यौगिकों में अणु श्रृंखला की लंबाई में वृद्धि से श्यानता में वृद्धि होती है। यही कारण है कि भारी हाइड्रोकार्बन तेलों और ग्रीज़ (जिनका स्नेहकों (lubricants) के रूप में प्रयोग होता है), का श्यानता मान बहुत अधिक होता है।

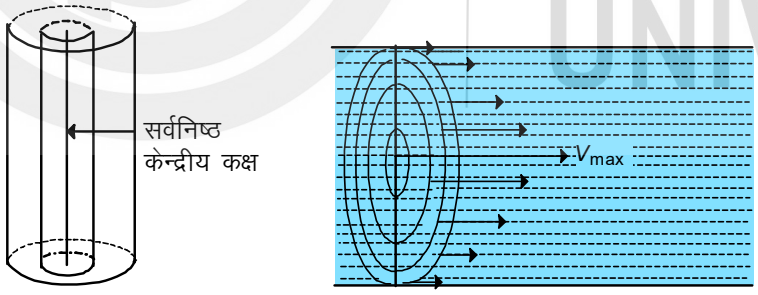
पृष्ठ–तनाव की भांति ताप–वृद्धि के साथ श्यानता में कमी होती है। इसका कारण ताप में वृद्धि के साथ अंतराअणुक आकर्षण बलों का कम होना है। उच्च ताप पर द्रव में हाइड्रोजन आबंधों की संख्या में भी कमी हो जाती है जिससे श्यानता घट जाती है।

8.2.1 श्यानता गुणांक (Coefficient of Viscosity)

श्यानता गुणांक को समझने के लिए आइए, एक द्रव पर विचार करें जो एक संकीर्ण (बारीक) तृत्ताकार नली में प्रवाहित हो रहा हो। यह माना जा सकता है कि प्रवाहित हो रहा द्रव समांतर संकेन्द्री बेलनाकार (parallel concentric cylindrical)परतों क बना होता है (देखिए चित्र 8.1 (क))। मान लें कि नली की दीवार के संपर्क वाली द्रव की परत स्थिर होती है तथा दीवार से केन्द्र की ओर की प्रत्येक क्रमित परत, पहली परत की अपेक्षा अधिक तीव्र गति से प्रवाहत होती है। दूसरे शब्दों में, नली की मध्य में प्रवाह की वेग अधिकतम होता है।

इस प्रकार के प्रवाह को, जिसमें एक परत दूसरी की अपेक्षा आसानी से प्रवाहित होती है और उसके वेग में नियमित रूप से क्रमिक परिवर्तन होता है, **स्तरीय प्रवाह** (laminar flow) कहते हैं इसे चित्र 8.1(ख) में दिखाया गया है।

समांतर संकेन्द्री बेलनाकार परतें —द्रव की उन परतों को कहते हैं जिनका सर्वनिष्ठा केन्द्रीय अक्ष हो जैसा कि चित्र 8.1 (क) में दिखाया गया है।



चित्र 8.1: (क) समांतर संकेन्द्री बेलनाकार परतें (ख) स्तरीय प्रवाह

ऐसे प्रवाह के लिए यदि किसी दिए गए ताप पर दो क्रमिक परतों के बीच का वेग–अंतर dv ($m\ s^{-1}$) हो, प्रत्येक परत का क्षेत्रफल A (m^2) और परतों के बीच की दूरी dx(m)हो, तो दो क्रमिक परतों के बीच काम कर रहा नेट प्रतिरोधी बल F, क्षेत्रफल A और वेग–अंतर dv के अनुक्रमानुपाती होगा और दूरी dx के व्युत्क्रमानुपाती होगा। इस प्रकार

$\frac{dv}{dx}$ को वेग प्रवणता (velocity gradient) कहते हैं।

$\frac{dv}{dx}$ का मात्रक

$$\frac{dv}{dx} = \frac{m\,s^{-1}}{m} = s^{-1}$$

होगा।

अथवा $$F \alpha A.\frac{dv}{dx}$$

$$F = \eta.A.\frac{dv}{dx} \quad \ldots (8.1)$$

जिसमें η आनुपातिकता स्थिरांक है जिसे दिए गए ताप पर द्रव का **श्यानता गुणांक** भी कहते हैं। इसलिए समीकरण 8.1 से हम इस प्रकार लिख सकते हैं:

$$\eta = \frac{F}{A.\frac{dv}{dx}} \qquad \ldots (8.2)$$

यदि $A = 1m^2$ और $\frac{dv}{dx} = 1\,s^{-1}$ हो, तब $\eta = F$ ।

इस प्रकार दिए गए ताप पर किसी द्रव के श्यानता गुणांक η,की परिभाषा इस प्रकार दी जा सकती है: इकाई दूरी पर स्थित दो समांतर परतों के बीच इकाई वेग–अंतर की बनाए रखने के लिए प्रति इकाई क्षेत्र पर कार्य कर रहे बल को **श्यानता गुणांक** कहते हैं। समीकरण 8.2 से भी यही स्पष्ट होता है। कभी–कभी सुविधा के लिए श्यानता गुणांक को द्रवों की श्यानता भी कहते हैं। श्यानता गुणांक की परिभाषा करने के बाद आइए, उसके मात्रकों का अध्ययन करें।

8.2.2 मात्रक

1 N = 1 kg m s^{-2}

Hence,

1 Pa s = 1 m^{-2} s

= 1 (kg m^{-2}) m^{-2} s

= 1 kg m^{-1} s^{-1}

SI पद्धति के अनुसार समीकरण 8.2 से हम कह सकते हैं कि

$$\eta = \frac{F \text{ का मात्रक}}{\left(A.\frac{dv}{dx}\right) \text{का मात्रक}} = \frac{N}{\frac{m^2.m s^{-1}}{m}} = N\,m^{-2}\,s$$

क्योंकि N m^{-2} = Pa (पास्कल, दाब का मात्रक)

η = Pa s

यदि 1 m^2 क्षेत्रफल वाले तल को, उससे 1m की दूरी पर उपस्थित समांतर तल के सापेक्ष, 1 m s^{-1} वेग से चलाने के लिए 1 N बल की आवश्यकता हो, तो द्रव की श्यानता 1 Pa s होती है।

c.g.s. पद्धति में श्यानता का मात्रक प्वाज (Poise) होता है। यदि 1 cm^2 क्षेत्रफल वाले तल को, उससे 1cm की दूरी पर उपस्थित समांतर तल के सापेक्ष, 1 cm s^{-1} वेग से चलाने के लिए डाइन (dyne=1 g cm s^{-2}) बल की आवश्यकता हो, तो द्रव का श्यानता गुणांक एक प्वाज होता है।

$$\eta \text{ का मात्रक} = \frac{F \text{ का मात्रक}}{\left(A.\frac{dv}{dx}\right) \text{का मात्रक}}$$

$$= \frac{\text{dyne}}{cm^2 \frac{cm s^{-1}}{cm}}$$

$$= \frac{g\,cm\,s^{-2}}{cm^2\,s^{-1}}$$

$$= g\,cm^{-1}\,s^{-1}$$

= प्वाज

दूसरे शब्दों में, 1 प्वाज 1 g cm^{-1} s^{-1}

यदि आप c.g.s. मात्रक को SI मात्रक में परिवर्तित करना चाहें, तो निम्नलिखित पदों का अनुसरण कीजिए।

1 प्वाज $= 1\ g\ cm^{-1}\ s^{-1}$

$= 1(10^{-3}\ kg)\ (10^{2}\ m)^{-1}\ s^{-1}$

$= 10^{-3}\ kg \times 10^{2}\ m^{-1}\ s^{-1}$

$= 10^{-1}\ kg\ m^{-1}\ s^{-1}$

$= 10^{-1}$ Pa. s

इसलिए 10 प्वाज = 1 Pa. s

अब निम्नलिखित बोध प्रश्न का उत्तर देना आपके लिए लाभदायक होगा।

बोध प्रश्न 1

किसी द्रव की श्यानता और तरलता का परस्पर क्या संबंध है ?

बोध प्रश्न 2

किसी द्रव की श्यानता क्या माप करती है?

बोध प्रश्न 3

रिक्त स्थानों में सही शब्द लिखिए।

उच्च..... वाले द्रवों की श्यानता ..... होती है और उच्च .... वाले द्रवों की .... कम होती है।

बोध प्रश्न 4

c.g.s. और SI पद्धतियों में श्यानता के मात्रक बताइए।

आइए, अब श्यानता पर ताप के प्रभाव का अध्ययन करें।

8.2.3 ताप का प्रभाव

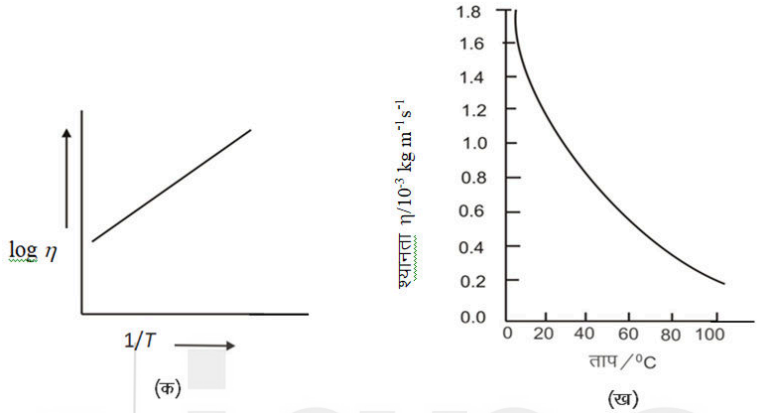
जैसे–जैसे ताप बढ़ता है, द्रव के अणुओं की गतिज ऊर्जा में वृद्धि होती है और अंतराअणुक आकर्षण बल कम होज जाते हैं, जिसे परिणामस्वरूप श्यानता कम हो जाती है। अतः जैसे–जैसे द्रव का ताप बढ़ता है, उसके श्यानता गुणांक का मान कम हो जाता है। इस प्रकार ताप में 1 डिग्री की वृद्धि से, श्यानता में लगभग 2% की कमी हो जाती है। श्यानता और ताप परस्पर निम्नलिखित समीकरण द्वारा संबंधित रहते हैं :

$$\log \eta = \frac{A}{T} + B \qquad \ldots (8.3)$$

जिसमें A और B दिए गए द्रव के स्थिरांक हैं और T, परम ताप (absolute temperature) है। इसलिए $\frac{1}{T}$, के सम्मुख η को आलेखित करने से ऋजु रेखा प्राप्त होती है। इससे यह प्रदर्शित होता है कि ताप में वृद्धि के साथ द्रव की श्यानता में क्षिप्र (rapid) कमी हो जाती है। (देखिए चित्र 8.2 (क))।

दूसरी ओर यदि श्यानता गुणांक और ताप के बीच ग्राफ आलेखित किया जाए तो चित्र 8.2 (ख) में दिखाए गए प्रकार का वक्र होता है।

चित्र 8.2 : श्यानता की ताप निर्भरता।



कुछ द्रवों की श्यानताएँ सारणी 8.1 में दी गई है।

सारणी 8.1: कुछ पदार्थों की श्यानताएँ

पदार्थ	ताप / ^{0}c	श्यानता गुणांक ($\eta/10^{-3}$ Pa s)
ऐसीटिक अम्ल	20	1.314
ऐसीटोन	20	0.337
क्लोरोफॉर्म	15	0.596
मेथैनॉल	15	0.544
पारा	20	1.552

अब आप निम्नलिखित बोध प्रश्न का उत्तर दीजिए।

बोध प्रश्न 5

रिक्त स्थानों में सही शब्द लिखिए :

i) ताप में .... के साथ द्रव की श्यानता .... हो जाती है।

ii) जिन द्रवों की अणु संरचना में हाइड्रोजन आबंध होते हैं, ताप में .... के साथ उनकी श्यानता में .... हो जाती है।

iii) T के सम्मुख log η के आलेखन से .... प्राप्त होती है।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

8.3 श्यानता गुणांक का मापन

साधारणतया श्यानता गुंणांक निम्नलिखित दो विधियों द्वारा निर्धारित किया जाता हैः

i) ओस्टवाल्ड श्यानतामापी तकनीक (Ostwald Viscometer technique)

ii) पाती गोलक तकनीक (Falling Sphere Technique)

यहाँ हम पहली विधि के सिद्धांत पर विचार करेंगे क्योंकि प्रयोगशाला में श्यानता गुणांक के मापन के लिए आप इसी विधि का प्रयोग करेंगे।?

8.3.1 ओस्टवाल्ड श्यानतामापी तकनीक

जिन द्रवों का स्तरीय अथवा धारारेखी (stream lined) प्रवाह होता है, उनका श्यानता गुणांक मापने के लिए प्वाज़य ने एक व्यंजक की व्युत्पत्ति की जिसे प्वाज़य समीकरण (Poiseuille's equation) कहते हैं। यह समीकरण नीचे दिया गया हैः

$$\eta = \frac{\pi p r^4 t}{8 V l} \quad \ldots (8.4)$$

जिसमें

η = द्रव का श्यानता गुणांक

V = नली से बहने वाले द्रव का आयतन

t. = आयतन V के प्रवाहित होने में लगा समय

r = नली की त्रिज्या

l = नली की लंबाई, और

p = द्रव के V आयतन की एक समान प्रवाह–दर बनाए रखने के लिए आवश्यक प्रेरक दाब है।

इस विधि में ओस्टवाल्ड श्यानतामापी का उपयोग किया जाता है जिसमें द्रव के निश्चित आयतन को उसके अपने भार के प्रभाव में गुरूत्व–बल के प्रभाव में गिरने दिया जाता है और द्रव के निश्चित आयतन के प्रवाहित होने में लगे समय को नोट कर लिया जाता है। प्रेरक दाब p के स्थान पर hdg को लिखा जा सकता है, जिसमें h द्रव की ऊँचाई, d उसका घनत्व और g गुरूत्वीय त्वरण हैं।

अर्थात् $p = hdg$

प्वाज़य समीकरण (समीकरण 8.4 में) P के स्थान पर hdg लिखने पर

$$\eta = \frac{\pi r^4 . h . d . g . t}{8 V l} \quad \ldots (8.5)$$

r त्रिज्या वाली पाइप अथवा नली से द्रव का प्रवाह, रेनल्ड्स संख्या (R) से संबद्ध होता है, जिसे नीचे दिए गए व्यंजक द्वारा व्यक्त किया जा सकता हैः

$$R = \frac{2 r v d}{\eta}$$

जिसमें v द्रव का औसर वेग d घनत्व और η श्यानता गुणांक है। यदि R का मान 2100 के कम हो, तो द्रव का प्रवाह स्तरीय अथवा धारा रेखा कहा जाता है और यदि R का मान 4000 से अधिक हो, तो प्रवाह को प्रक्षुब्ध (turbulent) कहा जाता है।

यदि द्रव 1 और 2 के समान आयतनों को ताप और दाब की समान परिस्थितियों में एक ही कशिका नली से प्रवाहित होने दिया जाए तो समीकरण 8.5 से तुलना करने पर,

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1.t_1}{d_2.t_2} \quad \ldots (8.6)$$

जिसमें η_1, d_1 और t_1 परीक्ष्य द्रव 1 के क्रमशः श्यानता गुणांक, घनत्व और प्रवाह का समय है और η_2, d_2 और t_2 संदर्भ द्रव (द्रव 2) के संगत मान है। इस प्रकार η_2, d_2, t_2 तथा d_1 और t_1 ज्ञात होने पर पहले द्रव का श्यानता गुंणांक η_1 ज्ञात हो सकता है।

अब निम्नलिखित बोध प्रश्न का उत्तर दीजिए जिससे आप उपर्युक्त विषय के बारे में आपने ज्ञान की जाँच कर सकें।

$p = hdg$ समीकरण की व्युत्पत्ति इस प्रकार की जा सकती है,

$p = \frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}}$

$= \frac{\text{द्रव्यमान} \times \text{गुरूत्वीय त्वरण}}{\text{क्षेत्रफल}}$

$\frac{mg}{\pi r^2}$ (बेलनाकार परता का अनुप्रस्थ परिच्छेद क्षेत्रफल πr^2 होता है)

$\frac{V.dg}{\pi r^2}$

(द्रव्यमान = आयतन × घनत्व)

$\frac{\pi r^2.h.d.g}{\pi r^2} = h.d.g$

बोध प्रश्न 6

i) द्रवों का श्यानता गुणांक मापने के लिए प्रयुक्त दो विधियों के नाम बताइए।

ii) केशिका में द्रव का ऊर्ध्व प्रवाह द्रव के .....के समानुपाती होता है।

आइए, अब उस प्रयोग के बारे में समझें, जिसे आप करेंगे।

द्रव के प्रवाह के समय जब द्रव की ऊंचाई (h अर्थात् तल) में परिवर्तन होता है, तो दाब–अंतर (p) में परिवर्तन होता है, किन्तु मेनिस्सक की प्रत्येक स्थिति के लिए, p, घनत्व (d) के समानुपाती होता है।

इस प्रकार $p_1 \propto d_1$ और

$p_2 \propto d_2$

अथवा $\frac{p_1}{p_2} = \frac{d_1}{d_2}$

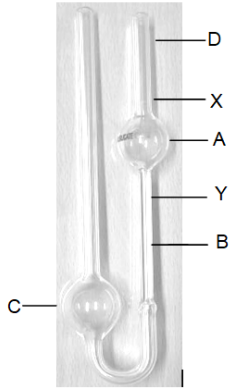
प्रेरक दाब (p) में परिवर्तन के परिणामस्वरूप प्रवाह के पूरे समय द्रव की प्रवाह दर भी बदलती रहती है। प्रवाह की दर अर्थात् प्रति सेकंड प्रवाहित होने वाले द्रव का आयतन, समय के व्युत्क्रमानुपाती होता है। इस प्रकार 1 और 2 द्रवों के लिए कहा जा सकता है कि $\frac{V_1}{V_2} = \frac{t_1}{t_2}$

8.4 प्रयोग 8 क) : ओस्टवाल्ड श्यानतामापी द्वारा किसी द्रव या तनु विलयन के श्यानता गुणांक का निर्धारण

आइए, सबसे पहले ओस्टवाल्ड श्यानतामापी विधि द्वारा किसी द्रव के श्यानता गुणांक के निर्धारण के बारे में समझें।

8.4.1 सिद्धांत

इस प्रयोग में आप ओस्टवाल्ड श्यानतामापी का उपयोग करेंगे। इसका उपयोग प्रयोगशाला में द्रवों का श्यानता गुणांक निर्धारित करने के लिया जाता है। यह एक सरल उपकरण होता है, जिसे चित्र 8.3 में दिखाया गया है। इसमे एक बल्ब A होता है जिसमें ऊपर की ओर X चिह्न और नीचे की ओर Y चिह्न लगा होता है। बल्ब A, एक केशिका नली B और एक संचय बल्ब C से जुड़ा होता है।



चित्र 8.3 : ओस्टवाल्ड श्यानतामापी

द्रव का निश्चित आयतन, माना 10 cm^3 बल्ब C में प्रविष्ट किया जाता है। उसके बाद D सिरे पर लगी रबर की नली के द्वारा द्रव को बल्ब A में चूस कर भर लिया जाता है। द्रव को चिह्न X से चिह्न Y तक मुक्त रूप से प्रवाहित होने दिया जाता है और इस प्रवाह में लगे समय *t* को ज्ञात कर लिया जाता है।

दो अथवा अधिक द्रवों अथवा द्रव विलयनों के श्यानता गुणांकों की तुलना करने के लिए यह विधि अत्यंत सफल है।

ओस्टवाल्ड श्यानतामापी में जब द्रव को गुरूत्व के प्रभाव में केशिका से प्रवाहित किया जाता है, तो प्रेरक द्राब *h.d.g.* के बराबर होता है, जिसमें h दो भुजाओं में द्रव के तलों की ऊँचाइयों में अंतर है, जो प्रेक्षणों के एक सेट के लिए स्थिर होता है।

g गुरूत्वीय त्वरण, भी स्थिर होता है। इससे स्पष्ट है कि प्रेरक दाब, द्रव के घनत्व के अनुक्रमानुपाती होता है।

क्योंकि प्रयोग में एक ही केशिका का उपयोग होता है, और प्रत्येक बार द्रव का समान आयतन प्रवाहित होता है, अतः *r.l.V.* तीनों का मान स्थिर रहता है।

इसलिए समीकरण 8.5 को दो द्रवों के लिए प्रयुक्त करने पर इस प्रकार लिख सकते हैं:

$$\frac{\eta_1}{\eta_0} = \frac{d_1 t_1}{d_0 t_0} \quad \ldots (8.7)$$

जिसमें पादांक 1 और 0 क्रमश : अज्ञात द्रव और संदर्भ द्रव को व्यक्त करते हैं इस प्रकार यदि अज्ञात द्रव की श्यानता (η_1) को संदर्भ द्रव (माना जल) की श्यानता (η_0) से भाग दिया जाए तो जल के सापेक्ष दूसरे द्रव की आपेक्षिक श्यानता (relative viscosity, η_{rel}) प्राप्त होती है। इसलिए दूसरे द्रव की आपेक्षिक श्यानता,

$$\eta_{rel} = \frac{\eta_1}{\eta_0} = \frac{d_1 t_1}{d_0 t_0} \quad \ldots (8.8)$$

द्रव की निरपेक्ष श्यानता प्राप्त करने के लिए इसे आपेक्षिक श्यानता को संदर्भ द्रव की निरपेक्ष श्यानता से गुणा करें। अतः निरपेक्ष श्यानता (absolute viscosity, η_{rel}) के लिए व्यंजक इस प्रकार होगा,

$$\eta_{1(abs.)} = \frac{\eta_1 d_1 t_1}{d_0 t_0} \quad \ldots (8.9)$$

अब निम्नलिखित बोध प्रश्न का उत्तर दीजिए जिससे आप उपर्युक्त विषय के बारे में आपने ज्ञान की जाँच कर सकें।

8.4.2 आवश्यकताएँ

उपकरण	संख्या	रासायनिक द्रव्य
ओस्टवाल्ड श्यानतामापी (छोटा)	1	आसुत जल

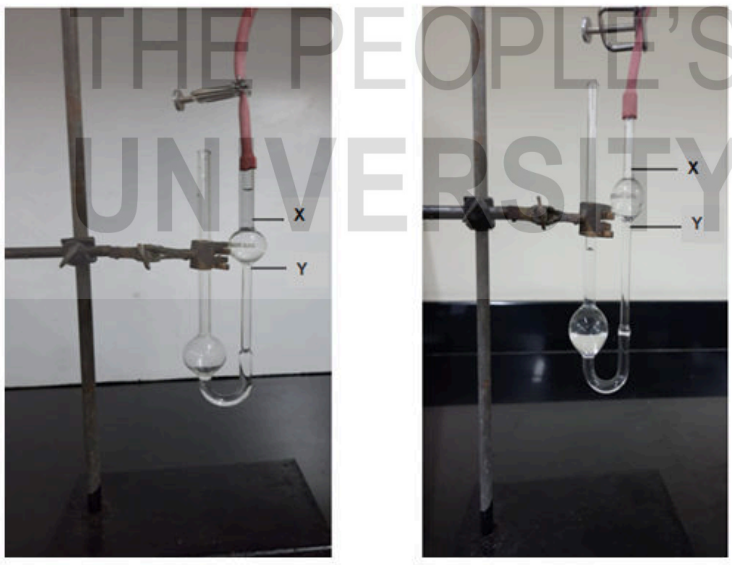
तापस्थायी	1	दिए गए द्रव 50 से 100 cm^3
आपेक्षिक घनत्व बोतल	1	
पिपेट 10 cm^3	1	
रबर नलिका (छोटा टुकड़ा)	1	
थर्मामीटर (110^0)	1	

8.4.3 क्रिया–विधि

1. प्रयोग करने से पहले ओस्टवाल्ड श्यानतामापी को पहले क्रोमिक अम्ल विलयन ($K_2Cr_2O_7$ + सान्द्र H_2SO_4) से, उसके बाद दो बार आसुत जल से, फिर ऐल्कोहॉल अथवा ऐसीटोन से धोना चाहिए।

2. अंत में धूल मुक्त हवा प्रवाहित कर उसे सुखा लेना चाहिए। इस बात का ध्यान रखिए कि श्यानतामापी की केशिका के अंदर कोई धूल का कण अथवा ग्रीजयुक्त पदार्थ न रह जाए, जिससे द्रव के प्रवाह में कोई रूकावट हो।

3. अब C बल्ब में दिए गए द्रव का निश्चित आयतन (माना 10 cm^3) प्रविष्ट कीजिए और द्रव को D सिरे पर जुड़ी रबर की नली की मदद से बल्ब A में X चिह्न से



क) ख)

चित्र 8.4: द्रव के प्रवाह के समय का मापन

ऊपर तक चूस लीजिए, देखें चित्र 8.4 क)।

इस बात का ध्यान रखिए कि द्रव के अंदर वायु का बुलबुला न रहे।

4. अब द्रव को केशिका से होते हुए X चिह्न तक मुक्त रूप से प्रवाहित होने दीजिए। विराम घड़ी आरंभ कीजिए और द्रव को X चिह्न से Y चिह्न तक प्रवाहित होने में लगे समय को नोट कर लीजिए, देखें चित्र 8.4 ख)।

5. इस प्रक्रम को दो या तीन बार कीजिए। प्रत्येक बार द्रव को बल्ब A में X चिह्न से ऊपर तक चूस लीजिए और चिह्न X में चिह्न Y तक प्रवाहित होने में लगे समय को नोट कर लीजिए।

   प्राप्त मान सुसंगत होने चाहिए।

6. पहले द्रव को निकालकर श्यानतामापी को फिर से साफ करके सुखा लीजिए।

7. बल्ब C में जल का उतना ही आयतन लेकर t_0 का मान ज्ञात कर लीजिए जो जल के चिह्न X से चिह्न Y तक प्रवाहित होने में लगने वाला समय है।

8. जल को दो अथवा तीन बार चूसकर उपयुर्क्त विधि से t_0 का मान ज्ञात कीजिए। बल्ब को दुबारा भरकर प्रयोग को दोहराइए।

9. आपेक्षिक घनत्व का प्रयोग करके द्रव का घनत्व ज्ञात कीजिए। इसके लिए आपेक्षिक घनत्व बोतल में द्रव का निश्चित आयतन (माना 5 cm^3) लेकर उसका द्रव्यमान ज्ञात कर लीजिए।

10. उस ताप को भी नोट कर लीजिए जिस पर प्रयोग किया गया था।

11. इसके बाद दूसरे द्रव, द्रव 2 को श्यानतामापी में भरकर प्रयोग को ऊपर दी गई विधि के अनुसार दोहराइए और अपने प्रेक्षणों को सारणी 8.3 में लिख लीजिए।

12. इसी प्रकार आप द्रव 3 और अन्य द्रवों के लिए ऊपर दिए गए चरणों को दोहराकर अपने प्रेक्षणों को सारणी 8.3 में लिख लीजिए।

प्रयोग करते समय निम्नलिखित सावधानियों को लेना न भूलें :

सावधानियाँ :

1) बल्ब C में लिए गए द्रव का आयतन इतना होना चाहिए कि चिह्न X तक चूसने पर वह बल्ब A को भर लें और उसके बाद भी बल्ब C में कुछ द्रव शेष रहे।

2) द्रवों के प्रवाह के समय श्यानतामापी ऊर्ध्वाधर स्थिति में होना चाहिए।

3) द्रवों को चूसते केशिका नली के अंदर वायु का कोई बुलबुला नहीं बनना चाहिए।

आप अपने प्रेक्षणों को इस प्रकार रिकॉर्ड कर सकते हैं :

8.4.4 प्रेक्षण

मापन पर ताप = ...= t^0 C

t^0 C पर जल का घनत्व ..... = d_0 (परिशिष्ट में दी गई संदर्भ सारणी में देखिए)।

t^0 C पर जल का श्यानता .....= η_0 (सारणी 8.2 देखिए)

सारणी 8.2 : विभिन्न तापों पर जल का श्यानता गुणांक

ताप/^{0}C	श्यानता गुणांक, ($\eta_0/10^{-3}$ Pa s)
0	1.7702
5	1.5108
10	1.3039
15	1.1374
20	1.0019
21	0.9764
22	0.9532
23	0.9310
24	0.9100
25	0.8903
26	0.8703
27	0.8512
28	0.8328
29	0.8145
30	0.7973
35	0.7190
40	0.6526
45	0.5972
50	0.5468
55	0.5042
60	0.4669
65	0.4341
70	0.4050
100	0.2840

सारणी 8.3 : प्रेक्षण

द्रव	प्रवाह का समय		
	पहला भरण	दूसरा भरण	
द्रव 1	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_1=…..	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_1=…..	औसत t_1 =….s
द्रव 2	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_2=…..	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_2=…..	औसत t_2 =….s
द्रव 3	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_3=…..	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_3=…..	औसत t_3 =….s
जल	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_0=…..	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_0=…..	औसत t_0=….s

खा

ली आपेक्षिक घनत्व बोतल का भार $= w_1 =$ .....g

बोतल + द्रव का भार $= w_2 =$ .....g

बोतल + जल के समान आयतन का भार $= w_3 =$ .....g

8.4.5 परिकलन

द्रव 1 के लिए परिकलनः

द्रव 1 का घनत्व $= d_1 = \frac{w_2 - w_1}{w_3 - w_1} \times d_0$

द्रव 1 की आपेक्षिक श्यानता $\frac{\eta_1}{\eta_0} = \frac{d_1 . t_1}{d_0 . t_0} \times d_0$

द्रव 1 की निरपेक्ष श्यानता $\eta_{1(abs.)} = \frac{\eta_0 . d_1 . t_1}{d_0 . t_0}$

द्रव 2 द्रव 3 और अन्य द्रवों के परिकलनों के लिए उनके घनत्वों d_2, d_3.....आदि तथा आपेक्षिक श्यानताएँ और निरपेक्ष श्यानताएँ ऊपर दी गई द्रव 1 के लिए विधि के अनुसार उनके क्रमशः आंकड़ों का प्रयोग करके परिकलित कीजिए।

द्रव 2 की आपेक्षिक श्यानता $= \frac{\eta_2}{\eta_0} = \frac{d_2.t_2}{d_0.t_0} \times d_0$

द्रव 2 की निरपेक्ष श्यानता $\eta_2(abs.) = \frac{\eta_0.d_2.t_2}{d_0.t_0}$

द्रव 3 की आपेक्षिक श्यानता $= \frac{\eta_3}{\eta_0} = \frac{d_3.t_3}{d_0.t_0} \times d_0$

द्रव 3 की निरपेक्ष श्यानता $\eta_3(abs.) = \frac{\eta_0.d_3.t_3}{d_0.t_0}$

8.4.6 परिणाम

दिए गए द्रवों की ज्ञात की गई आपेक्षिक और निरपेक्ष श्यानताएँ नीचे सारणी में दी गई है।

सारणी 8.4: दिए गए द्रवों की ज्ञात की गई आपेक्षिक और निरपेक्ष श्यानताएँ

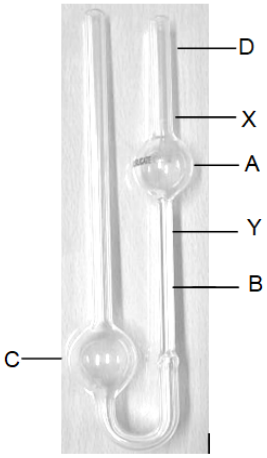
द्रव	आपेक्षिक श्यानता	निरपेक्ष श्यानता
द्रव 1	..... Pa s	..... Pa s
द्रव 2	..... Pa s	..... Pa s
द्रव 3	..... Pa s	..... Pa s

8.5 प्रयोग 8 ख) : किसी अपमार्जक के जलीय विलयन की सान्द्रता में परिवर्तन के साथ उसकी श्यानता में परिवर्तन का अध्ययन

8.5.1 सिद्धांत

इस प्रयोग में भी आप ओस्टवाल्ड श्यानतामापी का उपयोग करेंगे। इसका उपयोग प्रयोगशाला में द्रवों का श्यानता गुणांक निर्धारित करने के लिया जाता है। यह एक सरल उपकरण होता है, जिसका उपयोग आपने प्रयोग 8 क) में भी किया है।

श्यानतामापी की संरचना तथा किसी द्रव की श्यानता के निर्धारण के सिद्धांत को विस्तार से जानने के लिए आप प्रयोग 8 क) में दी गई जानकारी को दोबारा पढ़ सकते हैं।



चित्र 8.1: ओस्टवाल्ड श्यानतामापी

प्रयोग 8 क) से आप जानते हैं:

- समीकरण 8.7 को दो द्रवों के लिए प्रयुक्त करने पर इस प्रकार लिख सकते हैं:

$$\frac{\eta_1}{\eta_0} = \frac{d_1 t_1}{d_0 t_0} \quad \ldots (8.7)$$

जिसमें पादांक 1 और 0 क्रमश : अज्ञात द्रव और संदर्भ द्रव को व्यक्त करते हैं इस प्रकार यदि अज्ञात द्रव की श्यानता (η_1) को संदर्भ द्रव (माना जल) की श्यानता (η_0) से भाग दिया जाए तो जल के सापेक्ष दूसरे द्रव की आपेक्षिक श्यानता (relative viscosity, η_{rel}) प्राप्त होती है।

- साथ ही, दूसरे द्रव की आपेक्षिक श्यानता,

$$\eta_{rel} = \frac{\eta_1}{\eta_0} = \frac{d_1 t_1}{d_0 t_0} \quad \ldots (8.8)$$

- द्रव की निरपेक्ष श्यानता प्राप्त करने के लिए इसे आपेक्षिक श्यानता को संदर्भ द्रव की निरपेक्ष श्यानता से गुणा किया जाता है। अतः निरपेक्ष श्यानता (absolute viscosity, η_{rel}) के लिए व्यंजक इस प्रकार होता है:

$$\eta_{1(abs.)} = \frac{\eta_1 d_1 t}{d_0 t_0} \quad \ldots (8.9)$$

किसी अपमार्जक के जलीय विलयन की सान्द्रता में परिवर्तन के साथ उसकी श्यानता में परिवर्तन का अध्ययन के लिए हमें अपमार्जक के भिन्न सांद्रता वाले विलयनों की श्यानता ज्ञात करनी होगी।

8.5.2 आवश्यकताएँ

उपकरण	संख्या	रासायनिक द्रव्य
ओस्टवाल्ड श्यानतामापी (छोटा)	1	आसुत जल
तापस्थायी	1	भिन्न सांद्रता वाले
		जलीय अपमार्जक विलयन द्रव 50 से 100 cm^3

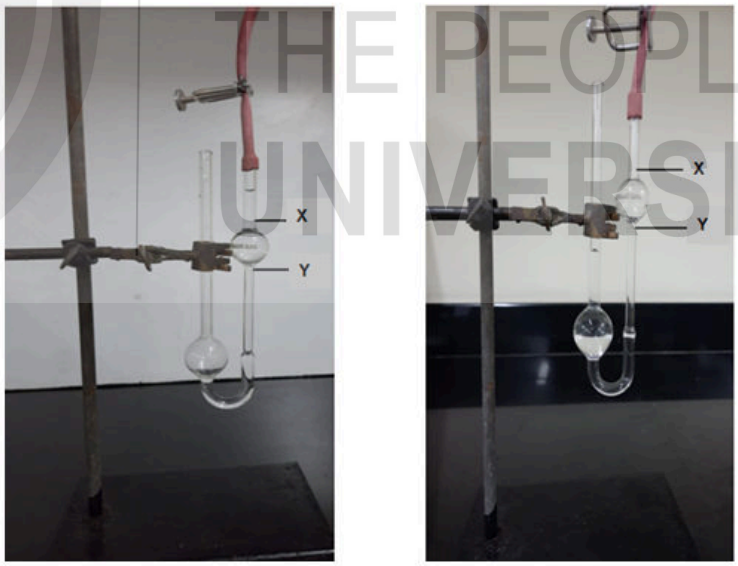
आपेक्षिक घनत्व बोतल	1
पिपेट 10 cm^3	1
रबर नलिका (छोटा टुकड़ा)	1
थर्मामीटर (110^0 C)	1

8.5.3 क्रिया–विधि

1. प्रयोग करने से पहले ओस्टवाल्ड श्यानतामापी को पहले क्रोमिक अम्ल विलयन ($K_2Cr_2O_7$ + सान्द्र H_2SO_4) से, उसके बाद दो बार आसुत जल से, फिर ऐल्कोहॉल अथवा ऐसीटोन से धोना चाहिए।

2. अंत में धूल मुक्त हवा प्रवाहित कर उसे सुखा लेना चाहिए। इस बात का ध्यान रखिए कि श्यानतामापी की केशिका के अंदर कोई धूल का कण अथवा ग्रीजयुक्त पदार्थ न रह जाए, जिससे द्रव के प्रवाह में कोई रूकावट हो।

3. अब C बल्ब में दिए गए अपमार्जक के जलीय विलयन का निश्चित आयतन (माना 10 cm^3) प्रविष्ट कीजिए और द्रव को D सिरे पर जुड़ी रबर की नली की मदद से बल्ब A में X चिह्न से ऊपर तक चूस लीजिए, जैसा कि चित्र 8.4 क) में दिखाया गया है। इस चित्र को आपकी सुविधा के लिए यहां दोबारा दिया गया है। इस बात का ध्यान रखिए कि द्रव के अंदर वायु का बुलबुला न रहे।



क) ख)

चित्र 8.4: द्रव के प्रवाह के समय का मापन

4. अब द्रव को केशिका से होते हुए X चिह्न तक मुक्त रूप से प्रवाहित होने दीजिए। विराम घड़ी आरंभ कीजिए और द्रव को X चिह्न से Y चिह्न तक प्रवाहित होने में लगे समय को नोट कर लीजिए, जैसा कि चित्र 8.4 ख) में दिखाया गया है। इस चित्र को आपकी सुविधा के लिए यहां दोबारा दिया गया है।

5. इस प्रक्रम को दो या तीन बार कीजिए। प्रत्येक बार विलयन को बल्ब A में X चिह्न से ऊपर तक चूस लीजिए और चिह्न X में चिह्न Y तक प्रवाहित होने में लगे समय को नोट कर लीजिए। प्राप्त मान सुसंगत होने चाहिए।

6. पहले विलयन को निकालकर श्यानतामापी को फिर से साफ करके सुखा लीजिए।

7. बल्ब C में जल का उतना ही आयतन लेकर t_0 का मान ज्ञात कर लीजिए जो जल के चिह्न X से चिह्न Y तक प्रवाहित होने में लगने वाला समय है।

8. जल को दो अथवा तीन बार चूसकर उपयुर्क्त विधि से t_0 का मान ज्ञात कीजिए। बल्ब को दुबारा भरकर प्रयोग को दोहराइए।

9. आपेक्षिक घनत्व का प्रयोग करके द्रव का घनत्व ज्ञात कीजिए। इसके लिए आपेक्षिक घनत्व बोतल में द्रव का निश्चित आयतन (माना 5 cm^3) लेकर उसका द्रव्यमान ज्ञात कर लीजिए।

10. उस ताप को भी नोट कर लीजिए जिस पर प्रयोग किया गया था।

11. इसके बाद भिन्न सांद्रता वाले अपमार्जक के दूसरे विलयन को श्यानतामापी में भरकर प्रयोग को ऊपर दी गई विधि के अनुसार दोहराइए।

    अपने प्रेक्षणों को सारणी 8.5 में लिख लीजिए।

12. इसी प्रकार, भिन्न सांद्रता वाले अपमार्जक के अन्य विलयनों के लिए ऊपर दिए गए चरणों को दोहराकर अपने प्रेक्षणों को सारणी 8.5 में लिख लीजिए।

प्रयोग करते समय निम्नलिखित सावधानियों को लेना न भूलें।

सावधानियाँ :

1) बल्ब C में लिए गए द्रव का आयतन इतना होना चाहिए कि चिह्न X तक चूसने पर वह बल्ब A को भर लें और उसके बाद भी बल्ब C में कुछ द्रव शेष रहे।

2) द्रवों के प्रवाह के समय श्यानतामापी ऊर्ध्वाधर स्थिति में होना चाहिए।

3) द्रवों को चूसते केशिका नली के अंदर वायु का कोई बुलबुला नहीं बनना चाहिए।

आप अपने प्रेक्षणों को इस प्रकार रिकॉर्ड कर सकते हैं :

8.5.4 प्रेक्षण

मापन पर ताप = ...= t^0 C

t^0 C पर जल का घनत्व ..... = d_0 (परिशिष्ट में दी गई संदर्भ सारणी में देखिए)।

t^0 C पर जल का श्यानता .....= η_0 (सारणी 8.2 देखने के लिए नीचे दोबारा दी गई है।)

सारणी 8.2 : विभिन्न तापों पर जल का श्यानता गुणांक

ताप/^{0}C	श्यानता गुणांक ($\eta_0/10^{-3}$ Pa s)
0	1.7702
5	1.5108
10	1.3039
15	1.1374
20	1.0019
21	0.9764
22	0.9532
23	0.9310
24	0.9100
25	0.8903
26	0.8703
27	0.8512
28	0.8328
29	0.8145
30	0.7973
35	0.7190
40	0.6526
45	0.5972
50	0.5468
55	0.5042
60	0.4669
65	0.4341
70	0.4050
100	0.2840

सारणी **8.5** : प्रेक्षण

भिन्न सांद्रता वाले अपमार्जक विलयन	प्रवाह का समय		
	पहला भरण	दूसरा भरण	
विलयन 1	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_1=…..	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_1=…..	औसत t_1 =….s
विलयन 2	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_2=…..	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_2=…..	औसत t_2 =….s
विलयन 3	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_3=…..	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_3=…..	औसत t_3 =….s
जल	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_0=…..	(i)…… (ii) ……... (iii) …….. औसत t_0=…..	औसत t_0=….s

खाली आपेक्षिक घनत्व बोतल का भार $= w_1 = ...g$

बोतल + विलयन का भार $= w_2 = ...g$

बोतल + जल के समान आयतन का भार $= w_3 = ...g$

8.5.5 परिकलन

विलयन 1 के लिए परिकलनः

विलयन 1 का घनत्व $= d_1 = \frac{w_2 - w_1}{w_3 - w_1} \times d_0$

विलयन 1 की आपेक्षिक श्यानता $\frac{\eta_1}{\eta_0} = \frac{d_1.t_1}{d_0.t_0} \times d_0$

विलयन 1 की निरपेक्ष श्यानता $\eta_1(abs.) = \frac{\eta_0.d_1.t_1}{d_0.t_0}$

विलयन 2, विलयन 3 और अन्य विलयनों के परिकलनों के लिए उनके घनत्वों d_2, d_3.....आदि तथा आपेक्षिक श्यानताएँ और निरपेक्ष श्यानताएँ ऊपर दी गई द्रव 1 के लिए विधि के अनुसार उनके क्रमशः आंकड़ों का प्रयोग करके परिकलित कीजिए।

विलयन 2 की आपेक्षिक श्यानता $= \frac{\eta_2}{\eta_0} = \frac{d_2.t_2}{d_0.t_0} \times d_0$

विलयन 2 की निरपेक्ष श्यानता $\eta_2(abs.) = \frac{\eta_0.d_2.t_2}{d_0.t_0}$

विलयन 3 की आपेक्षिक श्यानता $= \frac{\eta_3}{\eta_0} = \frac{d_3.t_3}{d_0.t_0} \times d_0$

विलयन 3 की निरपेक्ष श्यानता $\eta_3(abs.) = \frac{\eta_0.d_3.t_3}{d_0.t_0}$

8.5.6 परिणाम

भिन्न सांद्रता वाले अपमार्जक विलयनों की ज्ञात की गई आपेक्षिक और निरपेक्ष श्यानताएँ नीचे सारणी में दी गई है।

सारणी 8.6: दिए गए द्रवों की ज्ञात की गई आपेक्षिक और निरपेक्ष श्यानताएँ

विलयन	आपेक्षिक श्यानता	निरपेक्ष श्यानता
विलयन 1	..... Pa s	..... Pa s
विलयन 2	..... Pa s	..... Pa s
विलयन 3	..... Pa s	..... Pa s

अब आप एक की अपमार्जक की भिन्न सांद्रताओं वाले विलयनों की श्यानता का मान ज्ञात करने के बाद, सांद्रता मानों (c_1, c_2, c_3, c_4) के साथ सम्मुख श्यानता गुणांक का ग्राफ आलेखित कर सकते हैं। इस ग्राफ पर अपने परामर्शदाता के साथ विचार विमर्श करें तथा अपमार्जक विलयन की सांद्रता के साथ श्यानता के परिवर्तन के संबंध में संभावित कारण ज्ञात कीजिए।

8.6 उत्तर

बोध प्रश्न

1. वे एक–दूसरे के व्युत्क्रम होते हैं।
2. किसी द्रव की श्यानता उसके प्रवाह के प्रतिरोधी का माप होती है।
3. तरलता, कम, श्यानता, तरलता
4. प्वाज, Pa s
5. i) वृद्धि, कम
   ii) कमी, वृद्धि
   iii) ऋजु रेखा
6. i) ओस्टवाल्ड तकनीक, पाती गोलक तकनीक
   ii) घनत्व

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY