

Chapter 9

Mechanical Properties of Fluids

तरलों के यांत्रिक गुण

प्रश्नावली

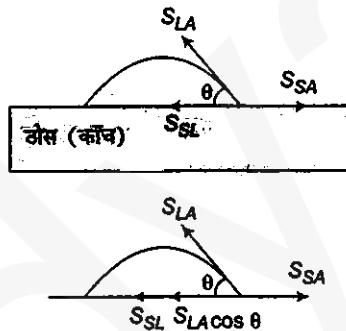
प्रश्न 1. स्पष्ट कीजिए क्यों?

- (a) मस्तिष्क की अपेक्षा मानव का पैरों पर रक्त चाप अधिक होता है।
 - (b) 6 km ऊँचाई पर वायुमण्डलीय दाब समुद्र तल पर वायुमण्डलीय दाब का लगभग आधा हो जाता है, यद्यपि वायुमण्डल का विस्तार 100 km से भी अधिक ऊँचाई तक है।
 - (c) यद्यपि दाब, प्रति एकांक क्षेत्रफल पर लगने वाला बल होता है तथापि द्रवस्थैतिक दाब एक अदिश राशि है।
- हल
- (a) द्रव का दाब $p = hpg$, जहाँ h गहराई, ρ घनत्व, g गुरुत्व त्वरण है अतः स्तम्भ का दाब गहराई के बढ़ने के साथ बढ़ता है। मानव शरीर में रक्त स्तम्भ की ऊँचाई पैरों पर मस्तिष्क की अपेक्षा अधिक होती हैं। अतः मनुष्य के पैरों में रक्त दाब मस्तिष्क की अपेक्षा अधिक होता है।
 - (b) पृथ्वी के पृष्ठ के समीप हवा का घनत्व अधिकतम होता है तथा ऊँचाई के बढ़ने के साथ घनत्व घटता है 6 km की ऊँचाई पर घनत्व लगभग आधा रह जाता है 6 km से ऊपर हवा का घनत्व धीरे-धीरे घटता है।
 - (c) जब किसी द्रव पर बल आरोपित होता है तब द्रव के अन्दर दाब सभी दिशाओं में समान रूप से संचारित हो जाता है। अतः द्रवस्थैतिक दाब की कोई नियत दिशा नहीं होती है अर्थात् यह एक अदिश राशि है।

प्रश्न 2. स्पर्श कीजिए क्यों?

- (a) पारे का कॉच के साथ स्पर्श कोण अधिक कोण होता है जबकि जल का कॉच के साथ स्पर्श कोण न्यूनकोण होता है।
- (b) कॉच के स्वच्छ समतल पृष्ठ पर जल फैलने का प्रयास करता है जबकि पारा उसी पृष्ठ पर बूँद बनाने का प्रयास करता है। (दूसरे भव्यों में जल कॉच को गीला कर देता है जबकि पारा ऐसा नहीं करता है।)
- (c) किसी द्रव का पृष्ठ तनाव पृष्ठ के क्षेत्रफल पर निर्भर नहीं करता है।
- (d) जल में घुले अपमार्जकों के स्पर्श कोणों का मान कम होना चाहिए।
- (e) यदि किसी बाह्य बल का प्रभाव न हो, तो द्रव बूँद की आकृति सदैव गोलाकार होती है।

हल (a) जब एक द्रव की अल्पमात्रा किसी ठोस पर डाली जाती है तब तीन प्रकार के अन्तरपृष्ठ द्रव-वायु, ठोस-वायु तथा ठोस-द्रव बनते हैं। इन पृष्ठों के संगत पृष्ठ तनाव क्रमशः S_{LA} , S_{KA} तथा S_{SL} हैं। यदि ठोस तथा द्रव के बीच स्पर्श कोण θ है, तब



$$\begin{aligned} S_{SL} + S_{LA}\cos\theta &= S_{SA} \\ S_{LA}\cos\theta &= S_{SA} - S_{SL} \\ \cos\theta &= \frac{S_{SA} - S_{SL}}{S_{LA}} \end{aligned} \quad \dots (i)$$

मरकरी तथा कॉच हेतु $S_{SA} < S_{SL}$, अतः समी (i) से $\cos\theta$ ऋणात्मक है $\theta > 90^\circ$ अधिक कोण।

जल तथा कॉच हेतु $S_{SA} > S_{SL}$, अतः समी (i) से $\cos\theta$ धनात्मक है $\theta < 90^\circ$ न्यूनकोण।

- (b) द्रव बूँद के ठोस सतह पर संतुलन के लिए $S_{SL} + S_{LA}\cos\theta = S_{SA}$
मरकरी तथा कॉच के लिए $S_{SL} > S_{SA}$ अतः संतुलन हेतु $\cos\theta$ ऋणात्मक होना चाहिए अर्थात् अधिककोण प्राप्त करने हेतु मरकरी को बूँद के रूप में होना चाहिए, जल तथा कॉच के लिए $S_{SA} > S_{SL}$ अतः संतुलन के लिए $\cos\theta$ धनात्मक होना चाहिए अर्थात् θ न्यूनकोण होना चाहिए यह न्यूनकोण प्राप्त करने हेतु जल को कॉच के पृष्ठ पर फैलना चाहिए।
- (c) किसी द्रव का पृष्ठ तनाव द्रव के पृष्ठ पर खींची गई काल्पनिक रेखा की एकांक लम्बाई पर लगने वाला अभिलम्बवत् बल है पृष्ठ तनाव द्रव के पृष्ठ क्षेत्रफल पर निर्भर नहीं करता है।

(d) केशनली में द्रव के तल की ऊँचाई निम्न सूत्र द्वारा दी गई है

$$h = \frac{2S\cos\theta}{rg}$$

अतः

$$h \propto \cos\theta$$

कपड़ों में केशनली के रूप में अति सूक्ष्म छिद्र होते हैं यदि स्पर्श कोण अति अल्प है तब $\cos\theta$ का मान अधिकतम होगा तथा डिट्रॉजेन्ट (सर्फ) कपड़ों की केशनालियों में अधिक फैलेगा तथा डिट्रॉजेन्ट धूल कणों को अधिक हटायेगा तथा कपड़ों को साफ करेगा।

(e) बाह्य बल की अनुपस्थिति में द्रव की बूँद का आकार पृष्ठ तनाव द्वारा निर्धारित होता है। पृष्ठ तनाव के कारण ही द्रव की बूँद न्यूनतम पृष्ठ क्षेत्रफल धारण करने की चेष्टा रखती है चूँकि गोले का पृष्ठ क्षेत्रफल न्यूनतम होता है। अतः अन्य बल के प्रभाव की अनुपस्थिति में द्रव की बूँद हमेशा गोलीय होती है।

प्रश्न 3. प्रत्येक प्रकथन के साथ संलग्न सूची में से उपयुक्त शब्द छाँटकर उस प्रकथन के रिक्त स्थान की पूर्ति कीजिए

- (a) व्यापक रूप में द्रवों का पृष्ठ तनाव ताप बढ़ने पर है। (बढ़ता/घटता)
- (b) गैसों की श्यानता ताप बढ़ने पर है, जबकि द्रवों की श्यानता ताप बढ़ने पर है। (बढ़ती/घटती)
- (c) दृढ़ता प्रत्यास्थिता गुणांक वाले ढोसों के लिए अपरूपण प्रतिबल के अनुक्रमानुपाती होता है, जबकि द्रवों के लिए वह के अनुक्रमानुपाती होता है। (अपरूपण विकृति/अपरूपण विकृति की दर)
- (d) किसी वर्ल के अपरिवर्ती प्रवाह में आए किसी संकोरण पर प्रवाह की चाल में वृद्धि में का अनुसरण होता है। (संहति का संरक्षण/वरनौली सिद्धान्त)
- (e) किसी वायु सुरंग में किसी वायुयान के मॉडल में प्रक्षेपण की चाल वास्तविक वायुयान के प्रक्षेपण के लिए क्रांतिक चाल की तुलना में होती है। (अधिक/कम)

हल (a) घटेगा

- (b) घटेगा, बढ़ेगा
- (c) अपरूपण विकृति, अपरूपण विकृति की दर
- (d) द्रव्यमान संरक्षण, वरनौली सिद्धान्त
- (e) अधिकतम

प्रश्न 4. निम्नलिखित के कारण स्पष्ट कोड़िए

- (a) किसी कागज की पट्टी को क्षीतिज रखने के लिए आपको उस कागज पर ऊपर की ओर हवा फूँकनी चाहिए, नीचे की ओर नहीं।
- (b) जब हम किसी जल टॉटी को अपनी ऊँगलियों द्वारा बन्द करने का प्रयास करते हैं, तो ऊँगलियों के बीच की खाली जगह से तीव्र जल धाराएँ फूट निकलती हैं।
- (c) इंजेक्शन लगाते समय डॉक्टर के ऊँगूठे द्वारा आरोपित दाब की अपेक्षा सुई का आकार दबाइ की बहिःप्रवाही धारा को अधिक अच्छा नियंत्रित करता है।

- (d) किसी पात्र के बारीक छिद्र से निकलने वाला तरल उस पर पीछे की ओर प्रणोद आरोपित करता है।
- (e) कोई प्रचक्रमान क्रिकेट की गेंद वायु में परवलीय प्रपथ का अनुसरण नहीं करती।

बरनौली प्रमेय के अनुसार, द्रव के क्षेत्रिज प्रवाह के लिए

$$p + \frac{1}{2}pv^2 = \text{नियतांक}$$

अतः जब द्रव का वेग बढ़ता है तब इसका दाब घटता है।

- हल** (a) कागज की पट्टी के ऊपर हवा का वेग बढ़ता है अतः बरनौली प्रमेय के अनुसार $p + \frac{1}{2}pv^2 = \text{नियतांक}$, कागज के तल के ऊपर वायु दाब घटता है कागज के तल

के ऊपर तथा नीचे दावान्तर के कारण कागज पर उत्प्लावन बल लगता है तथा यह क्षेत्रिज बना रहता है।

- (b) द्रव के स्थायी प्रवाह हेतु सतता समीकरण के अनुसार अनुप्रस्थ परिच्छेद का क्षेत्रफल तथा उसके संगत द्रव के वेग के गुणनफल में प्रत्येक बिन्दु पर नियत रहता है $A_1v_1 = A_2v_2$ जब हम जल टॉटी को अपनी ऊंगलियों द्वारा बंद करने का प्रयास करते हैं तब ऊंगलियों के बीच की खाली जगह से तीव्र जल धाराएँ फुट निकलती हैं क्योंकि ऊंगलियों द्वारा ढकने पर प्रवाह क्षेत्र घटता है तथा जल के प्रवाह का वेग तीव्र हो जाता है।

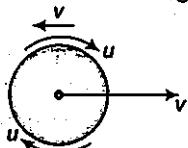
- (c) बरनौली प्रमेय के अनुसार, $p + \frac{1}{2}pv^2 = \text{नियतांक}$ इस सम्बंध में दाब p केवल एक

धार रखता है जबकि वेग v दो धारों द्वारा व्यक्त किया जाता है। अतः v वेग का प्रभाव दाब p से अधिक है सुई का आकार प्रवाह के वेग को नियन्त्रित करता है तथा अर्णुठा केवल दाब को नियन्त्रित करता है अतः सुई का आकार प्रवाह के वेग को अर्णुठे की अपेक्षा अच्छा नियन्त्रित करता है।

- (d) सूक्ष्म छिद्र से प्रवाहित द्रव का वेग अधिक होता है जिससे छिद्र पर दाब भी अधिक होता है औंकि कोई बाह्य बल कार्यरत नहीं है अतः संवेग संरक्षण के नियम से द्रव विपरीत दिशा में समान परिमाण (पात्र पर) का प्रणोद $F = \frac{dp}{dt}$ उत्पन्न करेगा।

- (e) मैग्नेस प्रभाव के कारण प्रचक्रमान क्रिकेट की गेंद वायु में परवलीय पथ का अनुसरण नहीं करती हैं। माना प्रचक्रमान करती हुई गेंद का वायु में अग्र दिशा में वेग v है तथा गेंद के प्रचक्रमान का घड़ी की सुई की दिशा में वेग u है। जैसे ही गेंद अग्र दिशा में चलती है तथा अपने पीछे अत्य दाब क्षेत्र छोड़ती है, इस क्षेत्र को भरने हेतु वायु विपरीत दिशा में v वेग से घूमती है। गेंद के सम्पर्क में वायु की परत गेंद को u वेग प्रचक्रमान करती है। गेंद के ऊपर वायु का वेग $v - u$ तथा गेंद के नीचे $v + u$ है।

बरनौली प्रमेय के अनुसार, $p + \frac{1}{2}pv^2 = \text{नियतांक}$



अतः गेंद के नीचे दाब कम हो जाता है तथा गेंद के ऊपर दाब अधिक हो जाता है तथा दावान्तर के कारण गेंद पर एक बल आरोपित हो जाता है तथा गेंद परवलीयाकार पथ की अपेक्षा कक्षीय पथ का अनुसरण करती है।

प्रश्न 5. ऊँची एड़ी के जूते पहने 50 kg संहति की कोई बालिका अपने शरीर को 1.0 cm व्यास की एक ही वृत्ताकार एड़ी पर संतुलित किए हुए है। क्षेत्रज फर्श पर एड़ी द्वारा आरोपित दाब क्या है?

हल दिया है, लड़की का द्रव्यमान (m) = 50 kg

$$\text{वृत्तीय एड़ी का व्यास } (2r) = 1.0 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{त्रिज्या } (r) = 0.5 \text{ cm}$$

$$= 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{वृत्तीय एड़ी का क्षेत्रफल } (A) &= \pi r^2 \\ &= 3.14 \times (5 \times 10^{-3})^2 \text{ m}^2 \\ &= 78.50 \times 10^{-6} \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{क्षेत्रिल धरातल पर उत्पन्न दाब } p &= \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} \\ &= \frac{50 \times 9.8}{78.50 \times 10^{-6}} \\ &= 6.24 \times 10^6 \text{ Pa}\end{aligned}$$

प्रश्न 6. टॉरिसेली के वायुदाबमापी में पारे का उपयोग किया गया था। पास्कल ने ऐसा ही वायुदाबमापी 984 kg m^{-3} घनत्व की फ्रैंच शराब का उपयोग करके बनाया। सामान्य वायुमण्डलीय दाब के लिए शराब-स्तम्भ की ऊँचाई ज्ञात कीजिए।

द्रव स्तम्भ में उत्पन्न दाब

$$p = h\rho g$$

जहाँ, h = द्रव स्तम्भ की ऊँचाई

ρ = द्रव का घनत्व

g = गुरुत्व त्वरण

हल वायुमण्डल दाब (p) = $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

फ्रैंच तार का घनत्व (ρ) = 984 kg/m^3

माना शराब स्तम्भ की ऊँचाई h है (सामान्य वायुमण्डल दाब पर) (p) = $h\rho g$

$$\therefore h = \frac{p}{\rho g} = \frac{1.013 \times 10^5}{984 \times 9.8} = 10.5 \text{ m}$$

प्रश्न 7. समुद्र तट से दूर कोई कर्धाधर संरचना 10^9 Pa के अधिकतम प्रतिबल को सहन करने के लिए बनाई गई है। क्या यह संरचना किसी महासागर के भीतर किसी तेल कूप के शिखर पर रखे जाने के लिए उपयुक्त है? महासागर की गहराई लगभग 3 km है। समुद्री धाराओं की उपेक्षा कीजिए।

हल दिया है समुद्र की गहराई (h) = 3 km = 3000 m

$$\text{जल का घनत्व } (\rho) = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

जल स्तम्भ द्वारा उत्पन्न दाब

$$\begin{aligned} p &= h \rho g \\ &= 3000 \times 10^3 \times 9.8 \\ &= 29.4 \times 10^6 \text{ Pa} \\ &= 2.94 \times 10^7 \text{ Pa} \end{aligned}$$

अधिकतम प्रतिबल = 10^9 Pa

चूँकि

$$10^9 \text{ Pa} > 2.9 \times 10^7 \text{ Pa}$$

अतः यह संरचना महासागर के भीतर किसी तेल के कूप के शिखर पर रखे जाने के लिए उपयुक्त है।

प्रश्न 8. किसी ड्रवचालित ऑटोमोबाइल लिफ्ट की संरचना अधिकतम 3000 kg संहति की कारों को उठाने लिए की गई है। बोझ को उठाने वाले पिस्टन की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 425 cm^2 है। छोटे पिस्टन को कितना अधिकतम दाब सहन करना होगा?

हल दिया है, अधिकतम द्रव्यमान जो उठाया जा सकता है (m) = 3000 kg

$$\text{परिच्छेद का क्षेत्रफल } (A) = 425 \text{ cm}^2 = 4.25 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\therefore \text{बड़ी पिस्टन पर अधिकतम दाब} \quad p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} \\ = \frac{3000 \times 9.8}{4.25 \times 10^{-2}} = 6.92 \times 10^5 \text{ Pa}$$

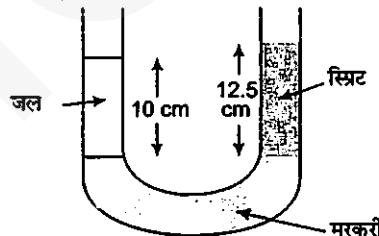
पास्कल के नियमानुसार, किसी द्रव पर आरोपित दाब सभी दिशाओं में समान रूप से प्रेरित हो जाता है।

\therefore छोटे पिस्टन पर अधिकतम दाब = बड़े पिस्टन पर अधिकतम दाब

$$p' = p = 6.92 \times 10^5 \text{ Pa}$$

प्रश्न 9. किसी U-नली की दोनों भुजाओं में घेरे जल तथा मेथेलेटिड स्प्रिट को पारा एक-दूसरे से पृथक् करता है। जब जल तथा पारे के स्तम्भ क्रमशः 10 cm तथा 12.5 cm ऊँचे हैं, तो दोनों भुजाओं में पारे का स्तर समान है। स्प्रिट का आपेक्षिक घनत्व ज्ञात कीजिए।

हल



जल स्तम्भ की ऊँचाई $h_1 = 10.0 \text{ cm}$

जल का घनत्व (ρ_1) = 1 g/cm^3

स्प्रिट स्तम्भ की ऊँचाई (h_2) = 12.5 cm

स्प्रिट का घनत्व (ρ_2) = ?

U-ट्यूब की दोनों नलिका में मरकरी स्तम्भ की ऊँचाई समान है अतः दोनों ओर दाब समान होगा।

\therefore जल स्तम्भ में उत्पन्न दाब = स्प्रिट स्तम्भ का दाब

$$\therefore P_1 = P_2$$

$$h_1 \rho_1 g = h_2 \rho_2 g$$

$$\rho_2 = \frac{h_1 \rho_1}{h_2}$$

$$= \frac{10 \times 1}{12.5} = 0.80 \text{ g/cm}^3$$

$$\begin{aligned}\text{स्प्रिट का आपेक्षिक घनत्व} &= \frac{\text{स्प्रिट का घनत्व}}{\text{जल का घनत्व}} \\ &= \frac{0.80}{1} \\ &= 0.80\end{aligned}$$

प्रश्न 10. यदि प्रश्न 9 की समस्या में, U-नली की दोनों भुजाओं में इन्हीं दोनों छवों को और लड्डल कर दोनों छवों के स्तम्भों की ऊँचाई 15.0 cm और बढ़ा दी जाएँ, तो दोनों भुजाओं में पारे के स्तरों में क्या अंतर होगा? (पारे का आपेक्षिक घनत्व = 13.6)।

हल जब 15.0 cm जल दोनों भुजाओं में डाल दिया जाता है।

$$\text{जल स्तम्भ की ऊँचाई } (h_1) = 10 + 15 = 25 \text{ cm}$$

$$\text{स्प्रिट स्तम्भ की ऊँचाई } (h_2) = 12.5 + 15 = 27.5 \text{ cm}$$

$$\text{जल का घनत्व } (\rho_w) = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{स्प्रिट का घनत्व } (\rho_s) = 0.80 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{मरकरी का घनत्व } (\rho_m) = 13.6 \text{ g/cm}^3$$

माना संतुलन की अवस्था में दोनों स्तम्भों में मरकरी के स्तर का अन्तर

$$\therefore h \rho_m g = h_1 \rho_w g - h_2 \rho_s g$$

$$h = \frac{h_1 \rho_w - h_2 \rho_s}{\rho_m}$$

$$= \frac{25 \times 1 - 27.5 \times 0.80}{13.6}$$

$$= 0.221 \text{ cm}$$

अतः दोनों भुजाओं में मरकरी के स्तम्भ का अन्तर 0.221 cm है।

प्रश्न 11. क्या बरनीली समीकरण का उपयोग किसी नदी की किसी क्षिप्रिका के जल-प्रवाह का विवरण देने के लिए किया जा सकता है? स्पष्ट कीजिए।

हल नहीं, तेज नदी के प्रवाह में बरनीली प्रमेय नहीं लगायी जा सकती क्योंकि तेज प्रवाह में धारारेखीय प्रवाह नहीं होता है।

प्रश्न 12. बरनौली समीकरण के अनुप्रयोग यदि निरपेक्ष दाब के स्थान पर प्रमाणी दाब (गेज दाब) का प्रयोग करें तो क्या इससे कोई अंतर पड़ेगा? स्पष्ट कीजिए।

हल नहीं, यदि हम निरपेक्ष दाब के स्थान पर गेज दाब का प्रयोग करते हैं तो इससे बरनौली समीकरण के अनुप्रयोग में कोई अन्तर नहीं पड़ता है। जब तक कि दो विन्दुओं का वायुमण्डल दाब पर्याप्त भिन्न नहीं होता है।

प्रश्न 13. किसी 1.5 m लम्बी 1.0 cm त्रिज्या की क्षेत्रिज नली से गिलसरीन का अपरिवर्ती प्रवाह हो रहा है। यदि नली के एक सिरे पर प्रति सेकंड एकत्र होने वाली गिलसरीन का परिमाण $4.0 \times 10^{-3}\text{ kg/s}$ है, तो नली के दोनों सिरों के बीच दाबान्तर ज्ञात कीजिए। (गिलसरीन का घनत्व = $1.3 \times 10^3\text{ kg/m}^3$ तथा गिलसरीन की श्यानता = 0.83 Pa-s आप यह भी जाँच करना चाहेंगे कि क्या इस नली में स्तरीय प्रवाह की परिकल्पना सही है?)

हल दिया है, द्यूब की लम्बाई (l) = 1.5 m

$$\text{द्यूब की त्रिज्या } (r) = 1.0\text{ cm} = 1 \times 10^{-2}\text{ m}$$

$$\text{प्रति सेकंड प्रवाहित गिलसरीन का द्रव्यमान} = 4 \times 10^{-3}\text{ kg/s}$$

$$\text{गिलसरीन का घनत्व } (\rho) = 1.3 \times 10^3\text{ kg/m}^3$$

$$\text{गिलसरीन की श्यानता } (\eta) = 0.83\text{ Pa-s}$$

प्रति सेकंड गिलसरीन के प्रवाह का आयतन

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{4 \times 10^{-3}}{1.3 \times 10^3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= \frac{4}{1.3} \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$\left[\because \text{घनत्व} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}} \right]$

पॉयजली सूत्रानुसार द्यूब में द्रव के प्रवाह की दर

$$V = \frac{\pi pr^4}{8\eta\rho}$$

जहाँ p द्यूब के दो सिरों के बीच दाबान्तर है।

$$\therefore \text{दाबान्तर } p = \frac{8\eta\rho V}{\pi r^4}$$

$$= \frac{8 \times 0.83 \times 1.5 \times 4 \times 10^{-6}}{3.14 \times (1 \times 10^{-2})^2 \times 1.3}$$

$$= 975.37\text{ Pa}$$

$$= 9.75 \times 10^2\text{ Pa}$$

पटलित प्रवाह जाँच करने हेतु रेनॉल्ड संख्या 2000 से कम होनी चाहिए।

$$\text{रेनॉल्ड संख्या } k = \frac{\rho D v_c}{\eta}$$

जहाँ, v_c क्रांतिक वेग तथा D द्यूव का व्यास है।

$$\text{क्रांतिक वेग } v_c = \frac{\text{प्रति सेकण्ड प्रवाहित आयतन}}{\text{अनुग्रस्थ परिच्छेद का क्षेत्रफल}} \\ = \frac{m/\rho}{A} = \frac{m}{\rho\pi r^2} \quad (\because A = \pi r^2)$$

$$\therefore \text{रेनॉल्ड संख्या } k = \frac{\rho D}{\eta} \times \frac{m}{\rho\pi r^2} \\ = \frac{2r \times m}{\eta\pi r^2} \quad (\because D = 2r) \\ = \frac{2m}{\pi r \eta} = \frac{2 \times 4 \times 10^{-3}}{3.14 \times 10^{-2} \times 0.83} = 0.31$$

चूंकि $k < 2000$, अतः रिलसीन का प्रवाह पटलित है।

प्रश्न 14. किसी आदर्श वायुयान के परीक्षण प्रयोग में वायु-सुरंग के भीतर पंखों के ऊपर और नीचे के पृष्ठों पर वायु-प्रवाह की गतियाँ क्रमशः 70 m/s तथा 63 m/s हैं। यदि पंख का क्षेत्रफल 2.5 m^2 है, तो उस पर आरोपित उत्थापक बल परिकलित कीजिए। वायु का घनत्व 1.3 kg/m^3 लीजिए।

हल माना वायुयान के ऊपरी तथा निचले पंखों की ऊँचाई h है तथा ऊपर व नीचे के पंखों पर वायु का वेग क्रमशः v_1 व v_2 हैं।

पंखों के ऊपरी पृष्ठ पर वायु वेग $v_1 = 70 \text{ m/s}$

पंखों के निचले सिरे पर वायु वेग $v_2 = 63 \text{ m/s}$

हवा का घनत्व $\rho = 1.3 \text{ kg/m}^3$

क्षेत्रफल $A = 2.5 \text{ m}^2$

बरनौली प्रमेय के अनुसार,

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh$$

$$p_2 - p_1 = \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2)$$

$$\therefore \text{पंखों पर उत्थापक बल } F = (p_2 - p_1) \times A = \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) \times A \quad \left[\because \text{दाब} = \frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}} \right]$$

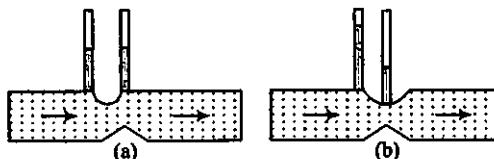
$$= \frac{1}{2} \times 1.3 \times [(70)^2 - (63)^2] \times 2.5$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.3 [4900 - 3969] \times 2.5$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.3 \times 931 \times 2.5$$

$$= 1.51 \times 10^3 \text{ N}$$

प्रश्न 15. चित्र (a) तथा (b) किसी द्रव (श्यानताहीन) का अपरिवर्ती प्रवाह दर्शाते हैं। इन दोनों चित्रों में से कौन सही नहीं है? कारण स्पष्ट कीजिए।



हल चित्र (a) गलत है सततता समीकरण के अनुसार, द्रव की चाल कम क्षेत्रफल पर अधिकतम होगी। बर्नॉली प्रमेय के अनुसार अधिकतम वेग के कारण द्रव चूनतम होगा तथा क्षेत्रफल भी चूनतम होगा तथा द्रव स्थिति की ऊँचाई भी कम होगी।

प्रश्न 16. किसी स्प्रे पम्प की बेलनाकार नली की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 8.0 cm^2 है। इस नली के एक सिरे पर 1.0 mm व्यास के 40 सूख्म छिद्र हैं। यदि इस नली के भीतर द्रव के प्रवाहित होने की दर 1.5 m/min है, तो छिद्रों से होकर जाने वाले द्रव की निष्कासन-चाल ज्ञात कीजिए।

हल द्रूयब के परिच्छेद का क्षेत्रफल (A) = $8 \text{ cm}^2 = 8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\text{छिद्रों की संख्या } (N) = 40$$

$$\text{प्रत्येक छिद्र का व्यास } (2r) = 1.0 \text{ mm}$$

$$\therefore \text{प्रत्येक छिद्र की व्याज्या } (r) = 0.5 \text{ mm} = 5 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{द्रूयब में द्रव के प्रवाह का वेग} = 1.5 \text{ m/min} = \frac{1.5}{60} \text{ m/s} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$\text{छिद्रों का कुल क्षेत्रफल} = N \times \pi r^2 = 40 \times 3.14 \times (5 \times 10^{-4})^2 = 3.14 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

सततता समीकरण के अनुसार,

$$A_1v_1 = A_2v_2$$

$$\text{अथवा} \quad v_2 = \frac{A_1v_1}{A_2}$$

$$= \frac{8 \times 10^{-4} \times 2.5 \times 10^{-2}}{3.14 \times 10^{-5}}$$

$$= \frac{20}{3.14} \times 10^{-1}$$

$$= 0.64 \text{ m/s}$$

प्रश्न 17. U-आकार के किसी तार को साबुन के विलयन में डुबो कर बाहर निकाला गया जिससे उस पर एक पतली साबुन की फिल्म बन गई। इस तार के दूसरे सिरे पर फिल्म के संपर्क में एक फिसलने वाला हल्का तार लगा है जो $1.5 \times 10^{-2} \text{ N}$ भार (जिसमें इसका अपना भार भी सम्मिलित है) को सम्भालता है। फिसलने वाले तार की लम्बाई 30 cm है। साबुन की फिल्म का पृष्ठ तनाव कितना है?

हल तार की लम्बाई (l) = 30 cm

साबुन की फिल्म के दो पृष्ठ होते हैं अतः साबुन की फिल्म की कुल लम्बाई

$$l' = 2l = 2 \times 30 = 60 \text{ cm} = 0.60 \text{ m}$$

माना साबुन की फिल्म का पृष्ठ तनाव S है।

तार के पृष्ठ पर कुल पृष्ठ तनाव

$$F = S \times 2l$$

$$F = S \times 0.60 \text{ N}$$

... (i)

तार पर फिसलने वाला भार (w) = $1.5 \times 10^{-2} \text{ N}$

संतुलन में,

पृष्ठ तनाव के कारण तार पर बल = हल्के तार द्वारा वहन किया गया भार

\therefore

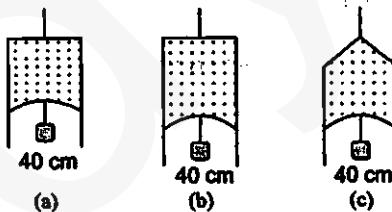
$$F = w$$

$$S \times 0.60 = 1.5 \times 10^{-2}$$

$$S = \frac{1.5 \times 10^{-2}}{0.60}$$

$$= 2.5 \times 10^{-2} \text{ N/m}$$

प्रश्न 18. निम्नांकित चित्र (a) में किसी पतली द्रव-फिल्म का $4.5 \times 10^{-2} \text{ N}$ का छोटा भार संबोले दर्शाया गया है। चित्र (b) तथा (c) में बनी इसी द्रव की फिल्में इसी ताप पर कितना भार संबोल सकती हैं? अपने उत्तर को प्राकृतिक नियमों के अनुसार स्पष्ट कीजिए।



हल दोनों अवस्थाओं में द्रव समान है पतली फिल्म की लम्बाई तथा ताप भी समान हैं अतः चित्र (b) व (c) में फिल्म समान भार अर्थात् 4.5×10^{-2} न्यूटन का भार सभालेगी।

प्रश्न 19. 3.00 mm त्रिज्या की किसी पारे की बूँद के भीतर कमरे के ताप पर दाब क्या है? 20°C ताप पर पारे का पृष्ठ तनाव $4.65 \times 10^{-1} \text{ N/m}$ है। यदि वायुमंडलीय दाब $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ है, तो पारे की बूँद के भीतर दाब-आधिक्य भी ज्ञात कीजिए।

$$\text{द्रव की बूँद के भीतर दाब आधिक्य } \Delta p = \frac{2S}{R}$$

जहाँ, S = द्रव का पृष्ठ तनाव तथा

R = द्रव की बूँद की त्रिज्या है।

हल दिया है, द्रव की बूँद की त्रिज्या (R) = $3.00\text{ mm} = 3 \times 10^{-3}\text{ m}$

$$\text{मरकरी का का पृष्ठ तनाव } (S) = 4.65 \times 10^{-1}\text{ N/m}$$

$$\text{वायुमण्डलीय दाब } (p_0) = 1.01 \times 10^5\text{ Pa}$$

बूँद के भीतर दाब आधिक्य = वायुमण्डलीय दाब + द्रव बूँद के भीतर दाब आधिक्य

$$= p_0 + \frac{2S}{R}$$

$$= 1.01 \times 10^5 + \frac{2 \times 4.65 \times 10^{-1}}{3 \times 10^{-3}}$$

$$= 1.01 \times 10^5 + 3.10 \times 10^2$$

$$= 1.01 \times 10^5 + 0.00310 \times 10^5$$

$$= 1.01310 \times 10^5\text{ Pa}$$

$$\text{बूँद के भीतर दाब आधिक्य } (\Delta p) = \frac{2S}{R} = \frac{2 \times 4.65 \times 10^{-1}}{3 \times 10^{-3}}$$

$$= 310 \times 10^2 = 310\text{ Pa}$$

प्रश्न 20. 5.00 mm त्रिज्या के किसी साबुन के विलयन के बुलबुले के भीतर दाब-आधिक्य क्या है? 20°C ताप पर साबुन के विलयन का पृष्ठ तनाव $2.50 \times 10^{-2}\text{ N/m}$ है। यदि इसी विमा का कोई वायु का बुलबुला 1.20 आरेक्षिक घनत्व के साबुन के विलयन से भरे किसी पात्र में 40.0 cm गहराई पर बनता, तो इस बुलबुले के भीतर क्या दाब होता? ज्ञात कीजिए। (1 वायुमण्डलीय दाब = $1.01 \times 10^5\text{ Pa}$)।

$$\text{साबुन के बुलबुले के भीतर दाब आधिक्य } \Delta p = \frac{4S}{R}$$

जहाँ, S = साबुन के घोल का पृष्ठ तनाव तथा

R = बुलबुले की त्रिज्या है।

हल दिया है, साबुन के घोल का पृष्ठ तनाव (S) = $2.5 \times 10^{-2}\text{ N/m}$

$$\text{साबुन के घोल का घनत्व } (p) = 12 \times 10^3\text{ kg/m}^3$$

$$\text{साबुन के घोल की त्रिज्या } (r) = 5.00\text{ mm}$$

$$= 5.0 \times 10^{-3}\text{ m}$$

$$\text{वायुमण्डलीय दाब } (p_0) = 1.01 \times 10^5\text{ Pa}$$

$$\text{साबुन के बुलबुले के अन्दर दाब आधिक्य} = \frac{4S}{r} = \frac{4 \times 2.5 \times 10^{-2}}{5.0 \times 10^{-3}}$$

$$= 20\text{ Pa}$$

$$\text{वायु के बुलबुले के अन्दर दाब आधिक्य} = \frac{2S}{R} = \frac{2 \times 2.5 \times 10^{-2}}{5.0 \times 10^{-3}} = 10\text{ Pa}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{वायु के बुलबुले के अन्दर दाब} &= \text{वायुमण्डलीय दाब} \\
 &\quad + 40 \text{ cm ऊँचाई के घोल स्तम्भ के कारण दाब} \\
 &\quad + \text{बुलबुले के अन्दर दाब आधिक्य} \\
 &= (1.01 \times 10^5) + (0.40 \times 12 \times 10^3 \times 9.8) + 10 \\
 &= (1.01 \times 10^5) + 4.704 \times 10^3 + 10 \\
 &\approx 1.01 \times 10^5 + 0.04704 \times 10^5 + 0.00010 \times 10^5 \\
 &= 1.05714 \times 10^5 \text{ Pa} \\
 &\approx 1.06 \times 10^5 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$