Mechanical Properties of Fluids

तरलों के यांत्रिक गुण

Chapter-10

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 $p = h\rho g$, 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. स्पष्ट कीजिए क्यों?

(a) पारे का काँच के साथ स्पर्श कोण अधिक कोण होता है जबकि जल का काँच के साथ स्पर्श कोण न्यूनकोण होता है।

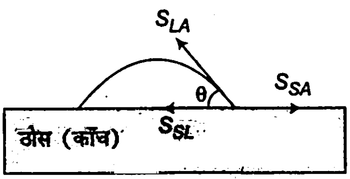
(b) काँच के स्वच्छ समतल पृष्ठ पर जल फैलने का प्रयास करता है जबकि पारा उसी पृष्ठ पर बूँदें बनाने का प्रयास करता है। (दूसरे शब्दों में जल काँच को गीला कर देता है जबकि पारा ऐसा नहीं करता है।)

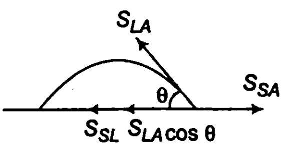
(c) किसी द्रव का पृष्ठ तनाव पृष्ठ के क्षेत्रफल पर निर्भर नहीं करता है।

(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} है। यदि ठोस तथा द्रव के बीच स्पर्श कोण θ है, तब





$$S_{SL} + S_{LA}\cos\theta = S_{SA}$$

$$S_{LA}\cos\theta = S_{SA} - S_{SL}$$

$$\cos\theta = \frac{S_{SA} - S_{SL}}{S_{LA}} \qquad \ldots(i)$$

मरकरी तथा काँच हेतु $S_{SA} < S_{SL}$, अतः समी (i) से cosθ ऋणात्मक है $\theta > 90°$ अधिक कोण।

जल तथा काँच हेतु $S_{SA} > S_{SL}$, अतः समी (i) से cosθ धनात्मक है $\theta < 90°$ न्यूनकोण।

(b) द्रव बूँद के ठोस सतह पर संतुलन के लिए $S_{SL} + S_{LA}\cos\theta = S_{SA}$
मरकरी तथा काँच के लिए $S_{SL} > S_{SA}$ अतः सतुंलन हेतु cosθ ऋणात्मक होना चाहिए अर्थात् अधिककोण प्राप्त करने हेतु मरकरी को बूँद के रूप में होना चाहिए, जल तथा काँच के लिए $S_{SA} > S_{SL}$ अतः संतुलन के लिए cosθ धनात्मक होना चाहिए अर्थात् θ न्युनकोण होना चाहिए यह न्यूनकोण प्राप्त करने हेतु जल को काँच 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

$$h = \frac{2S\cos\theta}{r\rho g}$$

अतः $h \propto \cos\theta$

कपड़ो में केशनली के रूप में अति सूक्ष्म छिद्र होते हैं यदि स्पर्श कोण अति अल्प है तब $\cos\theta$ का मान अधिकतम होगा तथा डिट्रजेन्ट (सर्फ) कपड़ो की केशनालियों में अधिक फैलेगा तथा डिट्रजेन्ट धूल कणों को अधिक हटायेगा तथा कपड़ो 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 प्रत्यास्थता गुणांक वाले ठोसों 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 तरल के अपरिवर्ती प्रवाह में आए किसी संकीर्णन पर प्रवाह की चाल में वृद्धि में .... का अनुसरण होता है। (संहति का संरक्षण/बरनौली सिद्धांत)

(e) किसी वायु सुरंग में किसी वायुयान के मॉडल में प्रक्षोभ की चाल वास्तविक वायुयान के प्रक्षोभ 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, बरनौली सिद्धान्त

(e) अधिकतम

प्रश्न 4. निम्नलिखित के कारण स्पष्ट कीजिए

(a) किसी कागज की पट्टी को क्षैतिज रखने के लिए आपको उस कागज पर ऊपर की ओर हवा फूँकनी चाहिए, नीचे की ओर नहीं।

(b) जब हम किसी जल टोंटी को अपनी उँगलियों द्वारा बन्द करने का प्रयास करते हैं, तो उँगलियों के बीच की खाली जगह से तीव्र जल धाराएँ फूट निकलती हैं।

(c) इंजेक्शन लगाते समय डॉक्टर के अँगूठे द्वारा आरोपित दाब की अपेक्षा सुई का आकार दवाई 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 क्षैतिज प्रवाह के लिए

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

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

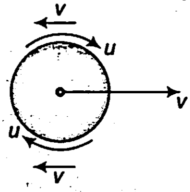
हल (a) कागज की पट्‌टी के ऊपर हवा का वेग बढ़ता है अतः बरनौली प्रमेय के अनुसार $p+\frac{1}{2}\rho v^2 =$ नियतांक, कागज के तल के ऊपर वायु दाब घटता है कागज के तल के ऊपर तथा नीचे दाबान्तर के कारण कागज पर उत्प्लावन बल लगता है तथा यह क्षैतिज बना रहता है।

(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 टोंटी को अपनी उँगलियों द्वारा बंद करने का प्रयास करते हैं तब उँगलियों के बीच की खाली जगह से तीव्र जल धाराएँ फुट निकलती हैं क्योंकि उँगलियों द्वारा ढ़कने पर प्रवाह क्षेत्र घटता है तथा जल के प्रवाह का वेग तीव्र हो जाता है।

(c) बरनौली प्रमेय के अनुसार, $p+\frac{1}{2}\rho v^2 =$ नियतांक इस सम्बंध में दाब p केवल एक घात रखता है जबकि वेग v दो घातों द्वारा व्यक्त किया जाता है। अतः v वेग का प्रभाव दाब p से अधिक है सुई का आकार प्रवाह के वेग को नियंत्रित करता है तथा अगुँठा केवल दाब को नियंत्रित करता है अतः सुईं का आकार प्रवाह के वेग को अगूँठे की अपेक्षा अच्छा नियंत्रित करता है।

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

(e) मैगनस प्रभाव के कारण प्रचक्रमान क्रिकेट की गेंद वायु में परवलय 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 सुईं की दिशा में वेग u है। जैसे ही गेंद अग्र दिशा में चलती है तथा अपने पीछे अल्प 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 कराती है। गेंद के ऊपर वायु का वेग $v-u$ तथा गेंद के नीचे $v+u$ है।



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

अतः गेंद के नीचे दाब कम हो जाता है तथा गेंद के ऊपर दाब अधिक हो जाता है तथा दाबान्तर के कारण गेंद पर एक बल आरोपित हो जाता है तथा गेंद परवलयाकार पथ की अपेक्षा वक्रीय 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। क्षैतिज फर्श पर एड़ी द्वारा आरोपित दाब क्या है?

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

वृत्तीय एड़ी का व्यास $(2r) = 1.0\,cm$

∴ त्रिज्या $(r) = 0.5\,cm$

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

वृत्तीय एड़ी का क्षेत्रफल $(A) = \pi r^2$

$= 3.14 \times (5 \times 10^{-3})^2\,m^2$

$= 78.50 \times 10^{-6} m^2$

∴ क्षैतिल धरातल पर उत्पन्न दाब $p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$

$= \frac{50 \times 9.8}{78.50 \times 10^{-6}}$

$= 6.24 \times 10^6\,Pa$

प्रश्न 6. टॉरिसेली के वायुदाबमापी में पारे का उपयोग किया गया था। पास्कल ने ऐसा ही वायुदाबमापी 984 kgm^{-3} घनत्व की फ्रेंच शराब का उपयोग करके बनाया। सामान्य वायुमंडलीय 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 $(p) = 1.013 \times 10^5\,Pa$

फ्रेंच तार का घनत्व $(\rho) = 984\,kg/m^3$

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

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

प्रश्न 7. समुद्र तट से दूर कोई ऊर्ध्वाधर 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 $(h) = 3\,km = 3000\,m$

जल का घनत्व $(\rho) = 10^3\,kg/m^3$

जल स्तम्भ द्वारा उत्पन्न दाब $p = h\rho g$

$= 3000 \times 10^3 \times 9.8$

$= 29.4 \times 10^6 \text{Pa}$

$= 2.94 \times 10^7 \text{ Pa}$

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 द्रवचालित 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 $(m) = 3000 \text{ kg}$

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

∴ बड़ी पिस्टन पर अधिकतम दाब $p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$

$$= \frac{3000 \times 9.8}{4.25 \times 10^{-2}} = 6.92 \times 10^5 \text{ Pa}$$

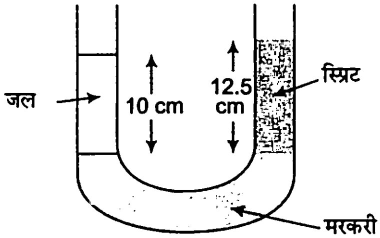
पास्कल के नियमानुसार, किसी द्रव पर आरोपित दाब सभी दिशाओं में समान रूप से प्रेषित हो जाता है

∴ 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 भरे जल तथा मेथेलेटिड स्पिरिट 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। स्पिरिट का आपेक्षिक घनत्व ज्ञात कीजिए।

हल



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

जल का घनत्व $(\rho_1) = 1 \text{ g/cm}^3$

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

स्प्रिट का घनत्व $(\rho_2) = ?$

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

∴ जल स्तम्भ में उत्पन्न दाब = स्प्रिट स्तम्भ का दाब

∴ $$p_1 = p_2$$

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

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

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

$$\text{स्प्रिट का आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{स्प्रिंग का घनत्व}}{\text{जल का घनत्व}}$$

$$= \frac{0.80}{1}$$

$$= 0.80$$

प्रश्न 10. यदि प्रश्न 9 की समस्या में, U-नली की दोनों भुजाओं में इन्हीं दोनों द्रवों को और उड़ेल कर दोनों द्रवों 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।

जल स्तम्भ की ऊँचाई $(h_1) = 10 + 15 = 25$ cm

स्प्रिट स्तम्भ की ऊँचाई $(h_2) = 12.5 + 15 = 27.5$ cm

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

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

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

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

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

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

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

$$= 0.221\ \text{cm}$$

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

प्रश्न 11. क्या बरनौली 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 बरनौली 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 प्रमापी द्राब (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 बिन्दुओं का वायुमण्डल दाब पर्याप्त भिन्न नहीं होता है।

प्रश्न 13. किसी 1.5 m लम्बी 1.0 cm त्रिज्या की क्षैतिज नली से ग्लिसरीन का अपरिवर्ती प्रवाह हो रहा है। यदि नली के एक सिरे पर प्रति सेकंड एकत्र होने वाली ग्लिसरीन का परिमाण 4.0×10^{-3} kg/s है, तो नली के दोनों सिरों के बीच दाबान्तर ज्ञात कीजिए। (ग्लिसरीन का घनत्व $= 1.3 \times 10^3$ kg/m^3 तथा ग्लिसरीन 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, ट्यूब की लम्बाई $(l) = 1.5$ m

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

प्रति सेकण्ड प्रवाहित ग्लिसरीन का द्रव्यमान $= 4 \times 10^{-3}$ kg/s

ग्लिसरीन का घनत्व $(\rho) = 1.3 \times 10^3$ kg/m^3

ग्लिसरीन की श्यानता $(\eta) = 0.83$ Pa-s

प्रति सेकण्ड ग्लिसरीन के प्रवाह का आयतन

$$V = \frac{m}{\rho} \qquad \left[\because \text{घनत्व} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}\right]$$

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

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

प्वॉयजली सूत्रानुसार ट्यूब में द्रव के प्रवाह की दर

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

जहाँ p ट्यूब के दो सिरों के बीच दाबान्तर है।

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

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

$$= 975.37 \text{ Pa}$$

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

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 ट्यूब का व्यास है।

$$\text{क्रांतिक वेग } v_c = \frac{\text{प्रति सेकण्ड प्रवाहित आयतन}}{\text{अनुप्रस्थ परिच्छेद का क्षेत्रफल}}$$

$$= \frac{m/\rho}{A} = \frac{m}{\rho\pi r^2} \qquad (\because A = \pi r^2)$$

$$\therefore \quad \text{रेनॉल्ड संख्या } k = \frac{\rho D}{\eta} \times \frac{m}{\rho\pi r^2}$$

$$= \frac{2r \times m}{\eta\pi r^2} \qquad (\because D = 2r)$$

$$= \frac{2m}{\pi r\eta} = \frac{2 \times 4 \times 10^{-3}}{3.14 \times 10^{-2} \times 0.83} = 0.31$$

चूँकि $k < 2000$, अतः ग्लिसरीन 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।

पंखें के ऊपरी पृष्ठ पर वायु वेग $v_1 = 70$ m/s

पंखे के निचले सिरे पर वायु वेग $v_2 = 63$ m/s

हवा का घनत्व $\rho = 1.3$ kg/m^3

क्षेत्रफल $A = 2.5$ m^2

बरनौली प्रमेय के अनुसार,

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

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

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

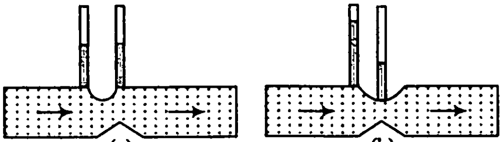
$$= \frac{1}{2} \times 1.3 \times [(70)^2 - (63)^2] \times 2.5$$

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

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

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

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।



(a) (b)

हल चित्र (a) गलत है **सततता** समीकरण के अनुसार, द्रव की चाल कम क्षेत्रफल पर अधिकतम होगी। बरनौली प्रमेय के अनुसार अधिकतम वेग के कारण दाब न्यूनतम होगा तथा क्षेत्रफल भी न्यूनतम होगा तथा द्रव स्तम्भ 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 सूक्ष्म 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 ट्यूब के परिच्छेद का क्षेत्रफल $(A) = 8 \text{ cm}^2 = 8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

छिद्रों की संख्या $(N) = 40$

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

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

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

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,

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

अथवा
$$v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2}$$

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

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

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

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 1.5×10^{-2} 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

$$l' = 2l = 2 \times 30 = 60\,cm = 0.60\,m$$

माना साबुन की फिल्म का पृष्ठ तनाव S है।

तार के पृष्ठ पर कुल पृष्ठ तनाव

$$F = S \times 2l$$

$$F = S \times 0.60\,N \quad \ldots(i)$$

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

संतुलन में,

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

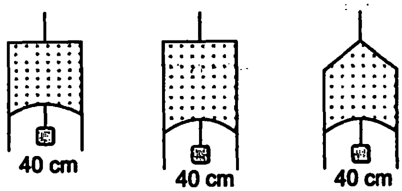
$$\therefore \quad F = w$$

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

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

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

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



(a) (b) (c)

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 सभांलेगी।

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 4.65×10^{-1} N/m है। यदि वायुमंडलीय दाब 1.01×10^{5} Pa है, तो पारे की बूँद के भीतर दाब-आधिक्य भी ज्ञात कीजिए।**

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

जहाँ, S = द्रव का पृष्ठ तनाव तथा

R = द्रव के बूँद की त्रिज्या है।

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= 3.10 \times 10^2 = 310\text{ Pa}$$

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 2.50×10^{-2} N/m है। यदि इसी विमा का कोई वायु का बुलबुला 1.20 आपेक्षिक 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 $= 1.01 \times 10^5$ Pa)।**

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

साबुन के घोल का घनत्व $(\rho) = 1.2 \times 10^3\text{ kg/m}^3$

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

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

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

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

$$= 20\text{ Pa}$$

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

∴ वायु के बुलबुले के अन्दर दाब = वायुमण्डलीय दाब

+ 40 cm ऊँचाई के घोल स्तम्भ के कारण दाब

+ बुलबुले के अन्दर दाब आधिक्य

$= (1.01 \times 10^5) + (0.40 \times 1.2 \times 10^3 \times 9.8) + 10$

$= (1.01 \times 10^5) + 4.704 \times 10^3 + 10$

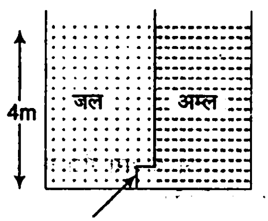
$= 1.01 \times 10^5 + 0.04704 \times 10^5 + 0.00010 \times 10^5$

$= 1.05714 \times 10^5$ Pa

$= 1.06 \times 10^5$ Pa

विविध प्रश्नावली

प्रश्न 21. **1.0 m^2 क्षेत्रफल के वर्गाकार आधार वाले किसी टैंक को बीच में ऊर्ध्वाधर विभाजक दीवार द्वारा दो भागों में बाँटा गया है। विभाजक दीवार में नीचे 20 cm^2 क्षेत्रफल का कब्जेदार दरवाजा है। टैंक का एक भाग जल से भरा है तथा दूसरा भाग 1.7 आपेक्षिक घनत्व के अम्ल से भरा है। दोनों भाग 4.0 m ऊँचाई तक भरे गए हैं। दरवाजे को बंद रखने के आवश्यक बल परिकलित कीजिए।**



हल दिया है, जल तथा अम्ल की ऊँचाई $(h) = 4.0$ m

जल का घनत्व $(\rho_w) = 1 \times 10^3$ kg/m^3

अम्ल का घनत्व $(\rho_a) = 1.7 \times 10^3$ kg/m^3

दरवाजे पर उत्पन्न दाब

$$p_1 = h\rho_w g$$
$$= 4 \times 1 \times 10^3 \times 9.8$$
$$= 39.2 \times 10^3 \text{ Pa}$$

अम्ल द्वारा दरवाजे पर उत्पन्न दाब

$$p_2 = h\rho_a g$$
$$= 4 \times 1.7 \times 10^3 \times 9.8$$
$$= 66.64 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$\therefore$ दाबान्तर $(\Delta p) = p_2 - p_1$

$= 66.64 \times 10^3 - 39.2 \times 10^3$

$= 27.44 \times 10^3$ Pa

दरवाजे का क्षेत्रफल $(A) = 20\,cm^2 = 20 \times 10^{-4}\,m^2$

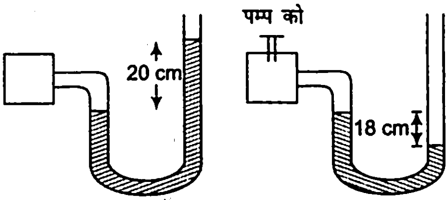
दरवाजे पर आरोपित बल $= \Delta p \times A$ $\left[\because \text{दाब} = \frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}}\right]$

$= 27.44 \times 10^3 \times 20 \times 10^{-4}$

$= 54.88\,N \approx 55\,N$

अतः दरवाजे को बन्द रखने हेतु 55 N के बल की आवश्यकता होगी।

प्रश्न 22. चित्र (a) में दर्शाए अनुसार कोई मैनोमीटर किसी बर्तन में भरी गैस के दाब का पाठ्यांक लेता है। पम्प द्वारा कुछ गैस बाहर निकालने के पश्चात् मैनोमीटर चित्र (b) में दर्शाए अनुसार पाठ्यांक लेता है। मैनोमीटर में पारा भरा है तथा वायुमण्डलीय दाब का मान 76 cm मरकरी (Hg) है।



(a) (b)

(i) प्रकरणों (a) तथा (b) में बर्तन में भरी गैस के निरपेक्ष दाब तथा प्रमापी दाब cm मरकरी (Hg) के मात्रक में लिखिए।

(ii) यदि मैनोमीटर की दाहिनी भुजा में 13.6 cm ऊँचाई तक जल (पारे के साथ अमिश्रणीय) उड़ेल दिया जाए तो प्रकरण (b) में स्तर में क्या परिवर्तन होगा? (गैस के आयतन में हुए थोड़े परिवर्तन की उपेक्षा कीजिए।

हल (i) वायुमण्डलीय दाब $(p_0) =$ मरकरी के 76 cm ऊँचाई का दाब

चित्र (a) में,

दाब शीर्ष $(h_1) =$ cm मरकरी के 20 cm ऊँचाई का दाब

$\therefore$ गैस का निरपेक्ष दाब $(p) = p_0 + h_1 \rho g$

Hg के 76 cm स्तम्भ के पारे का दाब

= 96 cm स्तम्भ के पारे का दाब + 20 cm स्तम्भ के पारे का दाब

गेज दाब = निरपेक्ष दाब − वायुमण्डलीय दाब

= 96 cm स्तम्भ के पारे का दाब − 76 cm के पारे का दाब

= 20 cm स्तम्भ के पारे का दाब

चित्र (b) में,

दाब शीर्ष (h_2) = −18 cm के पारे का दाब

∴ गैस का निरपेक्ष दाब (p') = $p_0 + h_2\rho g$

= 76 cm के पारे का दाब − 180 cm के पारे का दाब

= 58 cm के पारे का दाब

गेज दाब = निरपेक्ष दाब − वायुमण्डल दाब

= 58 cm के पारे का दाब − 76 cm के पारे का दाब

= −18 cm के पारे का दाब

(ii) 13.6 cm ऊँचाई तक जल स्तम्भ के दाहिनी भुजा में उड़ेलने पर

$$p_1 = p_2$$

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

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

$$= \frac{13.6 \times 1}{13.6}$$

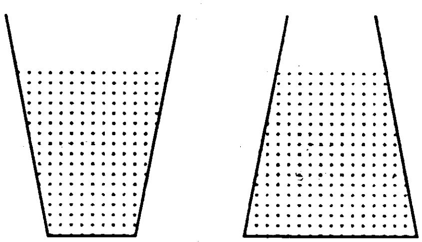
= 1 cm के पारे का दाब

इस दाब के संतुलन हेतु बाईं भुजा में मरकरी का स्तर 1 cm उठेगा।

∴ दोनों भुजाओं के तल में अन्तर = 18 + 1 = 19 cm

प्रश्न 23. दो पात्रों के आधारों के क्षेत्रफल समान हैं परंतु आकृतियाँ भिन्न-भिन्न हैं। पहले पात्र में दूसरे पात्र की अपेक्षा किसी ऊँचाई तक भरने पर दोगुना जल आता है। क्या दोनों प्रकरणों में पात्रों के आधारों पर आरोपित बल समान हैं। यदि ऐसा है तो भार मापने की मशीन पर रखे एक ही ऊँचाई तक जल से भरे दोनों पात्रों के पाठ्यांक भिन्न-भिन्न क्यों होते हैं?

हल द्रव स्तम्भ में उत्पन्न दाब स्तम्भ की ऊँचाई पर निर्भर करता है दोनों पात्रों में जल की ऊँचाई समान हैं अतः दोनों पात्रों के आधार पर समान दाब होगा। दोनों पात्रों के आधारो का क्षेत्रफल समान है अतः दोनों पात्रों के आधारो पर आरोपित बल समान होगा।



द्रव बर्तन की दीवारों पर भी बल आरोपित करते हैं

चूँकि पात्रों की दीवार आधारो के सापेक्ष लम्बवत् नहीं है अतः पात्रों की दीवारो पर बल के अशून्य घटक प्रभावी होगा तथा प्रथम पात्र में यह घटक अधिक होगा अतः दोनों पात्रों में समान ऊँचाई पर भरे जल के कारण भी भार पाठ्यांक भिन्न-भिन्न होगा।

प्रश्न 24. रुधिर-आधान के समय किसी शिरा में, जहाँ दाब 2000 Pa है, एक सुई धँसाई जाती है। रुधिर के पात्र को किस ऊँचाई पर रखा जाना चाहिए ताकि शिरा में रक्त ठीक-ठीक प्रवेश कर सके। (सम्पूर्ण रुधिर का घनत्व सारणी 10.1 में दिया गया है।)

STP पर कुल तरल के घनत्व

तरल	ρ (kg/m^3)
पानी	1.00×10^3
समुद्री पानी	1.03×10^3
मरकरी	1.36×10^3
ईथाइल एल्कोहॉल	0.806×10^3
रक्त	1.06×10^3
हवा	1.29
ऑक्सीजन	1.43
हाइड्रोजन	9.0×10^{-2}
आन्तरिक दूरी	$\approx 10^{-22}$

हल दिया है, गेज दाब $(p) = 2000$ Pa

सम्पूर्ण रक्त का दाब $(\rho) = 1.06 \times 10^3$ kg/m^3

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

माना कन्टेनर h ऊँचाई पर स्थित है।

रक्त द्वारा उत्पन्न दाब $(p) = h\rho g$

$$h = \frac{p}{\rho g} = \frac{2000}{1.06 \times 10^3 \times 9.8} = 0.193 \text{ m} \approx 0.20 \text{ m}$$

प्रश्न 25. बरनौली समीकरण व्युत्पन्न करने में हमने नली में भरे तरल पर किए गए कार्य को तरल की गतिज तथा स्थितिज ऊर्जाओं में परिवर्तन के बराबर माना था।

(a) यदि क्षयकारी बल उपस्थित है, तब नली के अनुदिश तरल में गति करने पर दाब में परिवर्तन किस प्रकार होता है?

(b) क्या तरल का वेग बढ़ने पर क्षयकारी बल अधिक महत्वपूर्ण हो जाते हैं? गुणात्मक रूप में चर्चा कीजिए।

हल (a) यदि क्षयकारी बल उपस्थित है तब दाब ऊर्जा का एक अंश इस क्षयकारी बल के संतुलन हेतु कार्य करता है जिससे नली के अनुदिश गति करने में द्रव के प्रवाह में दाब घट जाता है।

(b) हाँ, क्षयकारी बल तरल के प्रवाह की चाल बढ़ने पर अधिक महत्वपूर्ण हो जाता है।

श्यान बल $$F = -\eta A \frac{dv}{dx}$$

जैसे ही द्रव का वेग बढ़ता है, तब वेग प्रवणता भी बढ़ती है अतः श्यान विकर्षण भी बढ़ता है तथा क्षयकारी बल भी बढ़ता है।

प्रश्न 26. (a) रक्त की किसी धमनी में रुधिर का प्रवाह पटलीय प्रवाह ही बनाए रखना है तो 2×10^{-3} त्रिज्या की किसी धमनी में रुधिर की अधिकतम चाल क्या होनी चाहिए?

(b) तद्नुरूपी प्रवाह-दर क्या है? (रुधिर की श्यानता 2.084×10^{-3} Pa-s लीजिए।)

हल दिया है, धमनियों की त्रिज्या $(r) = 2 \times 10^{-3}$ m

$\therefore$ धमनियों का व्यास $D = 2r = 4 \times 10^{-3}$ m

सम्पूर्ण रक्त का घनत्व $(\rho) = 1.06 \times 10^3$ kg/m^3

[प्रश्न 24 में दी गई तालिका का प्रयोग करने पर]

रक्त का श्यानता गुणांक $(\eta) = 2.084 \times 10^3$ Pa-s

पटलित प्रवाह हेतु रेनॉल्ड संख्या का अधिकतम मान

$$k_R = 2000$$

(a) क्रांतिक वेग $(v_c) = \dfrac{k_R \eta}{\rho D}$

$$= \frac{2000 \times 2.084 \times 10^3}{1.06 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.983 \text{ m/s} = 0.98 \text{ m/s}$$

(b) रक्त प्रवाह की दर = प्रति सेकण्ड प्रवाहित रक्त का आयतन

$$= Av_c = \pi r^2 \times v_c$$

$$= 3.14 \times (2 \times 10^{-3})^2 \times 0.98$$

$$= 1.24 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

प्रश्न 27. कोई वायुयान किसी निश्चित ऊँचाई पर किसी नियत चाल से आकाश में उड़ रहा है तथा इसके दोनों पंखों में प्रत्येक का क्षेत्रफल 25 m^2 है। यदि वायु की चाल पंख के निचले पृष्ठ पर 180 km/h तथा ऊपरी पृष्ठ पर 234 km/h है, तो वायुयान की संहति ज्ञात कीजिए। (वायु का घनत्व 1 kg/m^3 लीजिए)।

हल दिया है, प्रत्येक पंखें का क्षेत्रफल $= 25$ m^2

पंखें के ऊपर वायु की चाल $(v_1) = 180$ km/h

$$= 180 \times \frac{5}{18} \text{ m/s} = 50 \text{ m/s} \qquad \left[\because 1 \text{ km/h} = \frac{5}{18} \text{ m/s}\right]$$

पंखें के नीचे वायु की चाल $(v_2) = 234 \text{ km/h} = 234 \times \dfrac{5}{18} = 65$ m/s

हवा का घनत्व $(\rho) = 1$ kg/m^3

दोनों पंखों का क्षेत्रफल $(A) = 2 \times 25 = 50$ m^2

बरनौली प्रमेय के अनुसार,

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

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

$$= \frac{1}{2} \times 1 \times [(65)^2 - (50)^2]$$

$$= \frac{1}{2} \times (4225 - 2500)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1725$$

$$= 862.5 \text{ Pa}$$

वायुयान पर आरोपित उत्प्लावन बल $= (p_1 - p_2) \times A$

$$= 862.5 \times 50 \text{ N}$$

यदि वायुयान का द्रव्यमान m है तब संतुलन की अवस्था में,

वायुयान का भार = उत्प्लावन बल

$$mg = 862.5 \times 50$$

$$m = \frac{862.50 \times 50}{9.8}$$

$$= 4400 \text{ kg}$$

प्रश्न 28. मिलिकन तेल बूँद प्रयोग में, 2.0×10^{-5} m त्रिज्या तथा 1.2×10^{23} kg/m^3 घनत्व की किसी बूँद की सीमान्त चाल क्या है? प्रयोग के ताप पर वायु की श्यानता 1.8×10^{-5} Pa-s लीजिए। इस चाल पर बूँद पर श्यान बल कितना है? (वायु के कारण बूँद पर उत्प्लावन बल की उपेक्षा कीजिए)।

हल दिया है, बूँद की त्रिज्या $(r) = 2.0 \times 10^{-5}$ m

द्रव का घनत्व $(\rho) = 1.2 \times 10^3$ kg/m^3

वायु की श्यानता $(\eta) = 1.8 \times 10^{-5}$ Pa-s

सीमान्त वेग $(v) = \frac{2}{9}\frac{r^2(\rho - \rho_0)g}{\eta}$

$$= \frac{2}{9} \times \frac{(2 \times 10^{-5})^2 \times (1.2 \times 10^3 - 0) \times 9.8}{1.8 \times 10^{-5}}$$

$$= 5.8 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

बूँद पर आरोपित श्यान बल (स्टोक्स के नियमानुसार)

$$F = 6\pi\eta rv$$

$$= 6 \times 3.14 \times 1.8 \times 10^{-5} \times 2 \times 10^{-5} \times 5.8 \times 10^{-2}$$

$$= 3.93 \times 10^{-10} \text{ N}$$

प्रश्न 29. सोडा काँच के साथ पारे का स्पर्श कोण 140° है। यदि पारे से भरी द्रोणिका में 1.00 mm त्रिज्या की काँच की किसी नली का एक सिरा डुबोया जाता है, तो पारे के बाहरी पृष्ठ के स्तर की तुलना में नली के भीतर पारे का स्तर कितना नीचे चला जाता है? (पारे का घनत्व $= 13.6 \times 10^3$ kg/m^3)

हल दिया है, स्पर्श कोण $(\theta) = 140°$

$$\text{ट्यूब की त्रिज्या } (r) = 1\text{ mm} = 10^{-3}\text{ m}$$

$$\text{पृष्ठ तनाव } (S) = 0.465\text{ N/m}$$

$$\text{मरकरी का घनत्व } (\rho) = 13.6 \times 10^3\text{ kg/m}^3$$

पृष्ठ तनाव के कारण द्रव तल की ऊँचाई $(h) = \dfrac{2S\cos\theta}{r\rho g}$

$$= \frac{2 \times 0.465 \times \cos 140°}{1 \times 10^{-3} \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8}$$

$$= \frac{2 \times 0.465 \times (-0.7660)}{10^{-3} \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8}$$

$$= -5.34 \times 10^{-3}\text{ m}$$

$$= -5.34\text{ mm}$$

अतः मरकरी तल 5.34 mm नीचे गिर जायेगा।

प्रश्न 30. **3.0 mm तथा 6.0 mm व्यास की दो संकीर्ण नलियों को एक साथ जोड़कर दोनों सिरों से खुली एक U-आकार की नली बनाई जाती है। यदि इस नली में जल भरा है, तो इस नली की दोनों भुजाओं में भरे जल के स्तरों में क्या अंतर है? प्रयोग के ताप पर जल का पृष्ठ तनाव 7.3×10^{-2} N/m है। स्पर्श कोण शून्य लीजिए तथा जल का घनत्व 1.0×10^3 km/m^3 लीजिए। ($g = 9.8$ m/s^2)**

हल दिया है, जल का पृष्ठ तनाव $(S) = 7.3 \times 10^{-2}$ N/m

$$\text{जल का घनत्व } (\rho) = 1.0 \times 10^3\text{ kg/m}^3$$

$$\text{गुरुत्व त्वरण } g = 9.8\text{ m/s}^2$$

$$\text{स्पर्श कोण } \theta = 0°$$

एक ओर के सिरे का व्यास

$$2r_1 = 3.0\text{ mm}$$

$\therefore$ $$r_1 = 1.5\text{ mm} = 1.5 \times 10^{-3}\text{ m}$$

दूसरी ओर से सिरे का व्यास

$$2r_2 = 6.0\text{ mm}$$

$$r_2 = 3.0\text{ mm} = 3.0 \times 10^{-3}\text{ m}$$

प्रथम व द्वितीय ट्यूब में जल स्तम्भ की ऊँचाई

$$h_1 = \frac{2S\cos\theta}{r_1\rho g}$$

$$h_2 = \frac{2S\cos\theta}{r_2 \rho g}$$

∴ दोनों ट्यूबों में जल स्तर की ऊँचाईयों का अन्तर

$$\Delta h = h_1 - h_2$$

$$= \frac{2S\cos\theta}{\rho g}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$= \frac{2 \times 7.3 \times 10^{-2} \times \cos 0°}{1.0 \times 10^3 \times 9.8}\left[\frac{1}{1.5 \times 10^{-3}} - \frac{1}{3.0 \times 10^{-3}}\right]$$

$$= \frac{14.6}{9.8} \times 10^{-2}\left[\frac{2-1}{3}\right]$$

$$= \frac{14.6}{9.8 \times 2} \times 10^{-2} = 0.497 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$$= 4.97 \times 10^{-3}\ \text{m} = 4.9\ \text{mm}$$