

1章 問題解答

1-1

予習

1.

$$\rho = \frac{200\text{g}}{100\text{cm}^3} = 2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2 \times 10^{-3} \times 10^6 \text{kg/m}^3 = 2000 \text{kg/m}^3$$

$$200\text{g}=0.2\text{kg}$$

2.

$$F=ma=0.2\text{kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2 \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2\text{N}$$

演習問題 A

1-1-A1

$$p = \frac{P}{A} = \frac{500\text{kN}}{5\text{m}^2} = 100 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 100\text{kPa}$$

1-1-A2

$$m = \frac{W}{g} = \frac{2 \times 10^3 \text{N}}{9.8 \text{m/s}^2} \doteq 204.08 \text{kg}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{204.08 \text{kg}}{0.4\text{m}^3} \doteq 510 \text{kg/m}^3$$

1-1-A3

$$v = 900 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{900 \times 10^3 \text{m}}{3600\text{s}} = \frac{900}{3.6} = 250 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

演習問題 B

1-1-B1

$$m=300\text{g}=0.3 \text{kg}$$

$$\text{地球上: } W=mg=0.3 \times 9.8 = 2.94\text{N}$$

$$\text{月面: } W' = mg' = 0.3 \times 9.8 \times \frac{1}{6} = 0.49\text{N}$$

1-1-B2

$$\rho = 510 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 510 \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \frac{\text{S}^2}{\text{m}^4} = 510\text{N} \frac{\text{S}^2}{\text{m}^4}$$

$$1\text{kgf}=9.8\text{N} \text{ より, } 510\text{N}=52.0 \text{kgf}$$

$$1:9.8=x:510 \quad x = \frac{510}{9.8} \doteq 52.0 \text{kgf}$$

$$\text{したがって } \rho = 52.0 \text{kgf} \frac{\text{S}^2}{\text{m}^4}$$

1-1-B3

鉛直上向きに x 軸を取る。エレベーターにのった系を考えれば、運動方程式は、次式で表される。

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = F + F' + R$$

ここに、 m : 質量, F : 重力($=mg$), F' : エレベーターが等加速度運動をしているために生じる見掛けの力($=ma$, a : エレベーターの加速度), R : 水槽がエレベーター床に及ぼす力の反力である。

エレベーター内ではこの水槽は静止しているので $d^2x/dt^2 = 0$, よって

$$\begin{aligned} 0 &= -mg - ma + R \\ R &= m(g+a) \end{aligned}$$

ここで、 $R=588\text{N}$, $m=490\text{N}/9.8\text{m/s}^2=50\text{kg}$ であるので、
 $g+a=588/50=11.76$

したがって、 $a = 11.76 - 9.8 = 1.96 \cong 2 \text{ m/s}^2$

1-2

予習

1.

せん断力 N , $[\text{MLT}^{-2}]$

せん断応力 N/m^2 , $\frac{\text{MLT}^{-2}}{\text{L}^2} = [\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}]$

2.

水の体積 V $V=10 \times 20 \times 5 = 1000\text{m}^3$

水の総重量 W $W=\rho g V = 1000 \times 9.8 \times 1000 = 9.8 \times 10^6\text{N}$

よって、水槽底面での水圧 p は

$$p = \frac{W}{A} = \frac{9.8 \times 10^6 \text{N}}{10 \times 20 \text{m}^2} = \frac{9.8 \times 10^6 \text{N}}{200 \text{m}^2} = 490000 \text{N/m}^2 = 490 \text{kPa}$$

演習問題 A

1-2-A1

粘性係数 μ と動粘性係数 ν との間には

$$\mu = \rho \nu$$

なる関係があるので、

$$12 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s} = \rho \times 0.0152 \text{ cm}^2/\text{s} = \rho \times 0.0152 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

したがって、 $\rho = \frac{12}{0.0152} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{s} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}^2} \cong 790 \text{ kg/m}^3$

単位体積重量 w は

$$w = \rho g = 790 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \doteq 7740 \text{ N/m}^3$$

1-2-A2

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{15.5 \times 10^{-4} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{s}}{13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \doteq 0.114 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

1-2-A3

毛管高 h は式 (1.15) より

$$h = \frac{4T \cos \theta}{\rho g d} = \frac{4 \times 0.073 \times \cos 5^\circ}{1000 \times 9.8 \times 0.01} = 2.97 \times 10^{-3} \text{ m} \doteq 3 \text{ mm}$$

演習問題 B

1-2-B1

体積 $V = 200 \text{ cm}^3 = 200 \times 10^{-6} \text{ m}^3$, 質量 $m = 300 \text{ g} = 0.3 \text{ kg}$

$$\text{密度 } \rho = \frac{m}{V} = \frac{0.3}{200 \times 10^{-6}} = 1500 \text{ kg/m}^3$$

よって, 単位体積重量 w は

$$w = \rho \cdot \frac{g}{6} = 1500 \times \frac{9.8}{6} = 2450 \text{ N/m}^3$$

1-2-B2

毛管高 h は式 (1.15) より

水銀の密度 $\rho = 13.55 \text{ g/cm}^3 = 13.55 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

$$h = \frac{4T \cos \theta}{\rho g d} = \frac{4 \times 0.487 \times \cos 140^\circ}{13550 \times 9.8 \times 10^{-3}} = -0.0112377 \cdots \text{ m} \doteq -1.1 \text{ cm}$$

1-2-B3

$u = 2y^{\frac{3}{2}}$ より 速度勾配 $\frac{du}{dy}$ は

$$\frac{du}{dy} = 2 \cdot \frac{3}{2} y^{\frac{1}{2}} = 3y^{\frac{1}{2}}$$

平板より 2cm, および 10cm 離れた点における速度勾配は

$$\left. \frac{du}{dy} \right|_{y=2 \text{ cm}} = 3 \times 2^{\frac{1}{2}} \doteq 4.24 \frac{1}{\text{s}}$$

$$\left. \frac{du}{dy} \right|_{y=10 \text{ cm}} = 3 \times 10^{\frac{1}{2}} \doteq 9.49 \frac{1}{\text{s}}$$

また, せん断応力 τ は

$$\tau \Big|_{y=2 \text{ cm}} = \mu \left. \frac{du}{dy} \right|_{y=2 \text{ cm}} = 15.5 \times 10^{-4} \times 4.24 \doteq 6.6 \times 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\tau \Big|_{y=10 \text{ cm}} = \mu \left. \frac{du}{dy} \right|_{y=10 \text{ cm}} = 15.5 \times 10^{-4} \times 9.49 \doteq 1.5 \times 10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$