

流体力学演習 I 問題

注意 ①数値を求める問題では、必要な単位も必ず求めること。②有効桁数にも注意すること。③特に指定がない限り、記号の問題では単位は不要である。

有効数字、次元と単位

1. 一辺の長さが 3.21cm の立方体の体積はいくらか。有効数字に注意して求めること。
2. 次の物理量の単位を SI 単位で示し、その次元を示しなさい。
(1) 密度, (2) 比重, (3) 比体積, (4) 角速度

流体の物性値

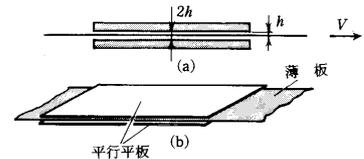
3. 6.00m^3 の油の重量（重さ）が 47.5kN だった。重力加速度を 9.81m/s^2 とし、次の量を求めなさい。
(1) 単位体積当たりの重量（比重量） γ , (2) 油の質量 M , (3) 油の密度 ρ , (4) 比重 s , (5) 比体積 ν
4. 前問の油の粘度 μ が $0.956\text{Pa}\cdot\text{s}$ であるとき、動粘度 ν を求めなさい。
5. If the density of a liquid is 835kg/m^3 , find its specific weight γ and specific gravity s .

注：density 密度 liquid 液体 specific weight 比重量 specific gravity 比重

粘性力・表面張力

6. 粘度 μ の粘性流体の中に、面積 A の平板が細い隙間 $2h$ を隔てて互いに向かい合って平行に置かれている。いま、薄板を 2 枚の平板の中央に差し込んで、薄板に力 F を加えたところ、平板に平行に一定速度 V で運動したとする。以下の問いに答えなさい。

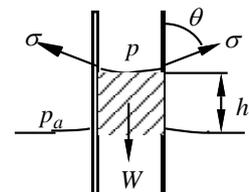
- (1) 平板と薄板の間にある流体の速度分布を直線分布と仮定して、ニュートンの粘性法則を適用して薄板に働く粘性応力（単位面積当たりの粘性力） τ を与えられた記号を用いて表しなさい。
- (2) 薄板の表と裏に粘性応力が働くことに注意して、 A, h, V, μ を用いて F を表しなさい。



7. A fluid is filled between two parallel flat plates separated 5mm apart. The fluid has viscosity of $1.242 \times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$ and specific gravity 0.789. Calculate the kinematic viscosity ν . Then, assuming a straight-line velocity distribution, calculate the velocity gradient between two parallel plates, one moving with the speed of 2m/s relative to the other, and the shear stress τ on the flat plate.

注：fluid 流体 parallel 平行な assume 仮定する kinematic viscosity 動粘度
velocity 速度 distribution 分布 shear stress 剪断応力（粘性応力のこと）

8. 大きさの等しい 2 枚の平板が互いに平行に向かい合わせになって、微小なすきま a だけ隔てられている。平板の下端を液体の自由表面下に浸して鉛直に立てかけた時、毛管現象によって 2 平板間を液が上昇する高さ h を求めなさい。ただし、液の密度を ρ 、雰囲気密度を ρ_a 、表面張力を σ 、接触角を θ とする。高さ h を求めるに至る過程を、図を添えて説明すること。

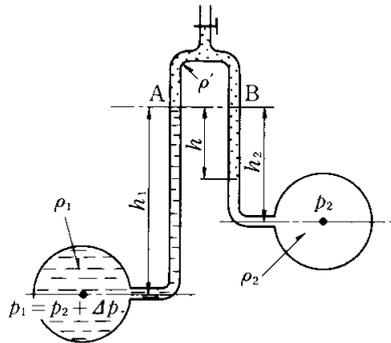


圧力差と高度差の関係

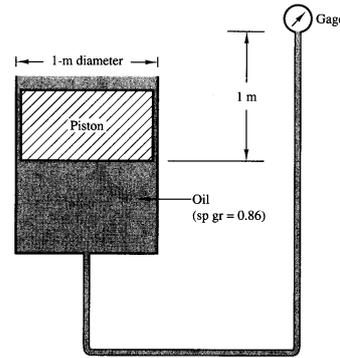
9. 日本海溝の最深部は 10374m といわれている。海水は非圧縮性で、比重を 1.035 とすると、最深部における圧力（ゲージ圧）はいくらか。計算には重力加速度 $g = 9.806 \text{ m/s}^2$ を用いること。

10. 下図の逆U字管形差マンノメータにおいて、以下の問いに答えなさい。ただし、左の球からA点までは密度 ρ_1 、A点からB点の下 h の位置までは ρ' 、残りの部分には密度 ρ_2 の流体が入っていて、 $\rho' < \rho_1, \rho_2$ とする。

- (1) A点の圧力 p_A を、 p_1, h_1, ρ_1 、重力加速度 g を用いて表しなさい。
- (2) B点の圧力 p_B を、 $p_2, h, h_2, \rho_2, \rho', g$ を用いて表しなさい。
- (3) 差圧 $\Delta p = p_1 - p_2$ を $h, h_1, h_2, \rho_1, \rho_2, \rho', g$ を用いて表しなさい。
- (4) 特に、 $h_1 = h_2, \rho_1 = \rho_2 = \rho$ の場合、計測した液柱差 h の、圧力ヘッド $h' = \Delta p / (\rho g)$ に対する比 h/h' を求めなさい。



問題 10 の図



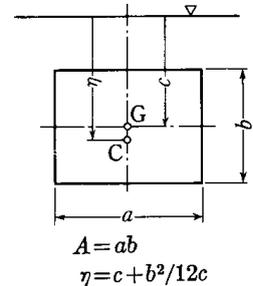
問題 11 の図

11. For the configuration shown above, calculate the weight of the piston if the gage pressure reading is 70kPa.

注：configuration 配置，形態 gage pressure ゲージ圧 reading 読み

水圧力・浮力・相対的静止

12. 縦 5m, 横 6m の長方形板が水中に鉛直に固定されている。長方形板の図心 G の水面からの深さは 5m である。このとき、長方形板の片面に作用する水圧力 P と圧力の中心 C の深さ h を求めなさい (右図の公式を用いよ)。



13. 密度 ρ 、体積 V の物体を密度 $\rho' (> \rho)$ の液体に浮かべたとき、液面上に出る部分の体積を求めなさい。

14. A stone weighs 600N, and when it was lowered into a square tank 0.610m on a side, the weight of the stone in water was 323N. How much did the water rise in the tank?

注：weigh (動詞) ~の重さがある lower 下ろす square 正方形 side 辺、面
a square tank 0.610m on a side 一辺 0.610m の正方形 (断面) のタンク rise 上昇する

15. 水を入れた容器が傾斜角 α の滑らかな斜面を重力の作用によって滑り落ちる時、水面の水平面となす角度 β を求めなさい。

連続の式

16. 内径 d_1 の円管 A が縮小管を介して内径 d_2 の円管 B に接続している。流量が Q の時、円管 A を流れる流体の管内平均速度 V_1 はいくらか。また、円管 B を流れる流体の管内平均流速 V_2 は V_1 の何倍か。

17. 内径 $2R$ の円管内の流れが十分に発達した層流になっている場合、管軸から管壁方向に r だけ離れた位置における流速を U とすると、 U は

$$U = U_{\max} \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]$$

で与えられる。 U_{\max} は管軸における流速で、速度の最大値である。管内平均流速 \bar{U} を求めなさい。

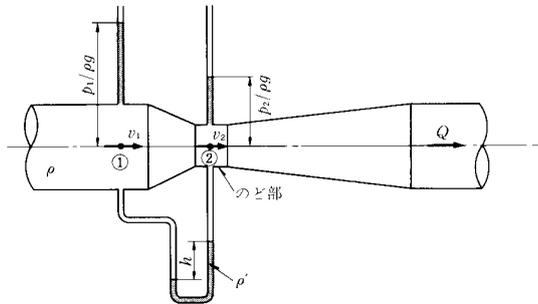
18. A gas flows through a square conduit. At one point along the conduit, the conduit sides are 0.100m, the velocity is 7.55m/s, and the gas's density is (for its particular pressure and temperature) 1.09kg/m³. At a second point, the conduit sides are 0.250m and the velocity is 2.02m/s. Find the mass flow rate M of the gas and the gas's density at the second point.

注：conduit 導管 particular (形容詞) この、特定の mass flow rate 質量流量

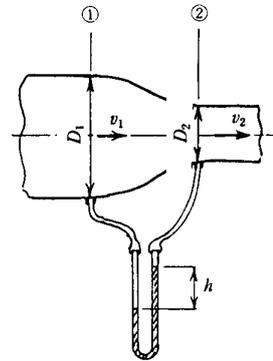
ベルヌーイの式

19. 左下の図において、内径 d_1 の管が縮小管を介して内径 d_2 ののど部に接続され、その後、ゆるやかな拡大管を介して別の管に接続されている。いま、管は水平に設置されているとして、密度 ρ の流体が流れているとする。管中心軸における流れについて考える。図の①における流速を v_1 、圧力を p_1 、②における流速を v_2 、圧力を p_2 とする。また、重力加速度を g とする。

- (1) 体積流量 Q を①における量を用いて表しなさい。
- (2) ①と②の間で連続の式を書きなさい。
- (3) ①と②の間でベルヌーイの式を書きなさい。
- (4) U字管マンオメータ液の密度を ρ' 、左右の液柱差を h とし、 $p_1 - p_2$ をこれらの量を用いて表しなさい。
- (5) (2)~(4)の結果から、 $p_1 - p_2$ 、 v_1 、 v_2 を消去して、流量 Q を求めなさい。



問題 19 の図



問題 20 の図

20. 右上の図の風洞において、20°C、101.3kPa の空気を流したところ、水柱で $h = 130\text{mm}$ の圧力差を生じた。 $D_1 = 1.00\text{m}$ 、 $D_2 = 0.50\text{m}$ として、風洞内を流れる空気の体積流量 Q を求めなさい。

21. Oil with a specific gravity of 0.87 is flowing in the pipe (see below). The pressure at point 1 is 500kPa. If the head loss from point 1 to point 2 is 5.00m of oil and the discharge of the oil is 0.050m³/s, determine the pressure at point 2.

注：head loss ヘッド損失 (エネルギー損失を ρg で割って、ヘッド (水頭) に換算したもの)
discharge 流量

