令和７年度（１０月期入学）及び令和８年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）
試験科目名	専門科目 ①材料力学－I

問 1

$$\sigma_{\mathrm{ab}} = \frac{R_1}{A} \quad \sigma_{\mathrm{bc}} = \frac{R_1 - P}{\alpha A} \quad \sigma_{\mathrm{cd}} = \frac{R_1 - (k+1)P}{\beta A}$$

問 2

$$\Delta l_{\mathrm{ab}} = \frac{R_1 l}{AE} \quad \Delta l_{\mathrm{bc}} = \frac{(R_1 - P)l}{\alpha AE} \quad \Delta l_{\mathrm{cd}} = \frac{\{R_1 - (k+1)P\}l}{\beta AE}$$

問 3

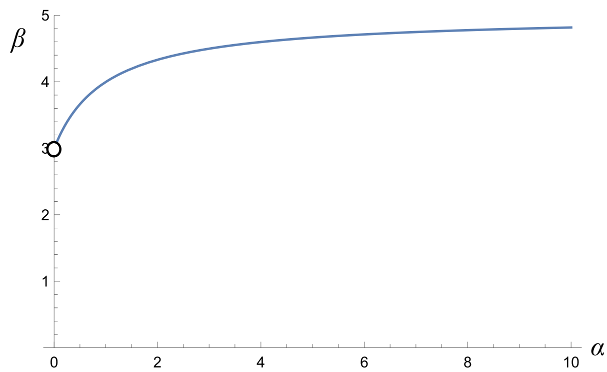
$$R_1 = \frac{\alpha(k+1) + \beta}{\alpha + \alpha\beta + \beta} P \quad R_2 = \frac{\alpha\beta(k+1) + k\beta}{\alpha + \alpha\beta + \beta} P$$

問 4

$$\beta = \frac{5\alpha + 3}{\alpha + 1} = 5 - \frac{2}{\alpha + 1}$$

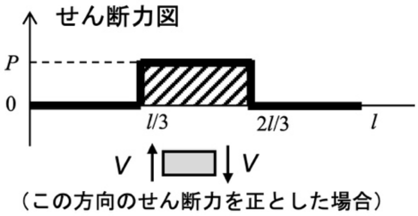
$\alpha = 1.5$ のとき，

$$\beta = \frac{21}{5} = 4.2$$

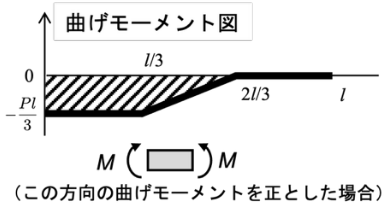


令和７年度（１０月期入学）及び令和８年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）
試験科目名	専門科目 ①材料力学－II

問 1



問 2



問 3

$$Z = \frac{5ab^2}{32}$$

問 4

$$w = \frac{10Pl^3}{81EI}$$

（下向き）

問 5

$$w_R = \frac{1}{3EI}\left(\frac{10}{27}P - R\right)l^3$$

（下向き）

問 6

下向きに R/k ほど変位する．

問 7

$$R = \frac{10Pl^3}{27\left(l^3 + \frac{3EI}{k}\right)}$$

問 8

曲げモーメントの大きさが最大となるのは，壁から $2l/3$ の場所でその大きさは $10Pl/81$.

令和７年度（１０月期入学）及び令和８年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）
試験科目名	専門科目 ②振動工学－I

I

問１

$\tan\theta = \dfrac{x}{a}$ より， $a = \dfrac{x}{\tan\theta}$．いま θ は十分に小さいので， $\tan\theta \approx \theta$ とすれば，

$$a = \frac{x}{\theta} = \frac{Pl^3/3EL}{Pl^2/2EL} = \frac{2}{3}l$$

問２

$$K = \frac{P}{x} = \frac{P}{Pl^3/3EI} = \frac{3EI}{l^3}$$

問３

$$\ddot{\theta} + \left(\frac{K}{m} - \frac{g}{a}\right)\theta = 0$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{m} - \frac{g}{a}}$$

問４

$\dfrac{K}{m} - \dfrac{g}{a} \leq 0$ より， $mg \geq aK$

令和７年度（１０月期入学）及び令和８年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）
試験科目名	専門科目 ②振動工学－II

II

問 1

$$\frac{1}{2}m_1L^2\dot{\theta}^2$$

問 2

$$\frac{1}{2}m_2\dot{x}^2$$

問 3

$$\frac{1}{2}k(x-L\theta)^2+m_1gL(1-\cos\theta)$$

問 4

$$\sqrt{\frac{m_1g}{(m_1+m_2)L}}$$

問 5

$$m_1L\ddot{\theta}+(m_1g+kL)\theta-kx=0$$

問 6

$$m_2\ddot{x}+k(x-L\theta)=0$$

令和７年度（１０月期入学）及び令和８年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）
試験科目名	専門科目 ③流れ学－I（１／２）

問１　$Q = \pi r_0^2 v$

問２　$Re = \dfrac{2\rho v r_0}{\mu} < 2300, \qquad \therefore v < \dfrac{1150\mu}{\rho r_0}$

問３　$h_f = \lambda_1 \dfrac{L}{2r_0}\dfrac{v^2}{2g}, \qquad \rho g h_f = \Delta p = \lambda_1 \dfrac{L\rho v^2}{4r_0}$

問４　$Q = \pi r_0^2 v = \dfrac{\pi r_0^4}{8\mu}\dfrac{\Delta p}{L}$，　$\Delta p = \lambda_1 \dfrac{L}{2r_0}\dfrac{\rho v^2}{2}$，$\Delta p$を消去し，$\lambda_1$について整理すると　$\lambda_1 = \dfrac{32\mu}{\rho v r_0} = \dfrac{64}{Re}$

問５　$\Delta p = \rho g h, \qquad \therefore h = \dfrac{\Delta p}{\rho g}$

問６　$P = \Delta p Q \qquad \left(= \dfrac{8L\mu v}{r_0^2}\pi r_0^2 v = 8\pi L\mu v^2\right)$

問７　$\tau_w = \dfrac{\Delta p r_0}{2L}$　(2)，　$\Delta p = \lambda_2 \dfrac{L}{2r_0}\dfrac{\rho v^2}{2}$ より　$\therefore \tau_w = \dfrac{\lambda_2 \rho v^2}{8}$，　$u_* = \sqrt{\tau_w/\rho}$より　$\therefore \dfrac{u_*}{v} = \sqrt{\dfrac{\lambda_2}{8}}$

問８　$\lambda_2 = 0.3164 Re^{-\frac{1}{4}} = 0.3164\left(\dfrac{2\rho v r_0}{\mu}\right)^{-\frac{1}{4}}$

$$h_f = 0.3164\left(\frac{2\rho v r_0}{\mu}\right)^{-\frac{1}{4}}\frac{L}{2r_0}\frac{v^2}{2g} = 0.3164\left(\frac{2\rho}{\mu}\right)^{-\frac{1}{4}}\frac{Lv^{\frac{7}{4}}}{4g r_0^{\frac{5}{4}}} = 0.3164\left(\frac{2\rho}{\mu}\right)^{-\frac{1}{4}}\frac{L\left(\frac{Q}{\pi r_0^2}\right)^{\frac{7}{4}}}{4g r_0^{\frac{5}{4}}}$$

$$= 0.3164\left(\frac{2\rho}{\mu}\right)^{-1/4}\frac{L\left(\frac{Q}{\pi}\right)^{\frac{7}{4}}}{4g} r_0^{-19/4} \qquad \therefore \lambda_2 \propto r_0^{-19/4}$$

したがって，λ_2は半径r_0の-19/4 に比例する。

次ページへ続く

令和７年度（１０月期入学）及び令和８年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）
試験科目名	専門科目 ③流れ学－I（２／２）

問９　与式より$u = u_{\max} r_0^{-\frac{1}{n}} y^{\frac{1}{n}}$,

環状の微小面積$dA = 2\pi(r_0 - y)dy$ を通過する体積流量は$dQ = u \cdot dA$なので

$$Q = \int dQ = \int u \cdot dA = 2\pi u_{\max} r_0^{-\frac{1}{n}} \int_0^{r_0} (r_0 - y) y^{\frac{1}{n}} dy = 2\pi r_0^2 u_{\max} \frac{n^2}{(n+1)(2n+1)}$$

これより平均流速vは

$$v = \frac{Q}{\pi r_0^2} = 2u_{\max} \frac{n^2}{(n+1)(2n+1)}$$

$$\therefore \frac{v}{u_{\max}} = \frac{2n^2}{(n+1)(2n+1)} \quad (6)$$

問 10　式(6)のvに$u = u_{\max} r_0^{-1/n} y^{1/n}$を代入すると，

$$\frac{u_{\max} r_0^{-1/n} y^{1/n}}{u_{\max}} = \frac{2n^2}{(n+1)(2n+1)}, \qquad \therefore y = \left\{\frac{2n^2}{(n+1)(2n+1)}\right\}^n r_0$$

令和７年度（１０月期入学）及び令和８年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）
試験科目名	専門科目 ③流れ学－Ⅱ（１／２）

Ⅱ　図２に示すような大きなタンクに水が入っている。水面から深さ H のタンク右側壁に直径 d の滑らかな円形ノズルが設置されており，水平方向に水が流出している。ただし，タンクは大気圧が P_a の空気中にあり，水面の高さ H は変化しないものとする。また，空気の密度は水の密度 ρ に比べて無視できる程小さく，重力加速度を g とする。非圧縮性，非粘性の定常流れを考えて，以下の設問に答えなさい。

問１　タンク水面から深さ H の静止した水中の点Ａにおける絶対圧力 P_Z とゲージ圧力 P_G を図中の記号で表しなさい。

絶対圧力$P_Z = P_a + \rho gH$，ゲージ圧力$P_G = \rho gH$

問２　タンクの水面（点①）から円形ノズル出口（点②）への同一流線上において，ベルヌーイの式を書きなさい。ただし，点①における高さを Z_1，流速を V_1，圧力を P_1，点②における高さを Z_2，流速を V_2，圧力を P_2 とする。なお，円形ノズルから水が噴出する際の損失はないものとする。

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^{\,2}}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^{\,2}}{2g} + Z_2$$

問３　円形ノズルから噴出する水の流速 V_2 を図中の記号で表しなさい。

タンクが大気中になるので、$P_1 = P_2 = P_a$

水面の高さが変化しないので、$V_1 = 0$

$H = Z_1 - Z_2 \qquad \therefore Z_1 = H + Z_2$

問２のベルヌーイの式に代入すると

$$\frac{P_a}{\rho g} + \frac{0^2}{2g} + (H + Z_2) = \frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_2^{\,2}}{2g} + Z_2$$

$$V_2 = \sqrt{2gH}$$

問４　円形ノズルから噴出する水の体積流量 Q を図中の記号で表しなさい。

体積流量$Q = V_2 \dfrac{\pi d^2}{4} = \dfrac{\pi d^2 \sqrt{2gH}}{4}$　（質量流量$Q_m = \rho V_2 \dfrac{\pi d^2}{4} = \dfrac{\rho \pi d^2 \sqrt{2gH}}{4}$）

次のページへ続く

令和７年度（１０月期入学）及び令和８年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）
試験科目名	専門科目 ③流れ学－II（２／２）

問５　円形ノズルから噴出した水が，頂角 2θ の円錐に衝突する。円錐が受ける水平方向の力の大きさ F を図中の記号で表しなさい。なお，水噴流は空気中で広がることが無く円錐に衝突し，空気や壁面との摩擦および重力の影響を無視できるとする。

円錐まわりを囲む検査体積に流入・流出する流体の水平方向の運動量の差から作用する力を求める。

$$F = \rho Q V_2 - \rho Q V_2 \cos\theta = \rho Q V_2 (1-\cos\theta) = \rho \frac{\pi d^2 \sqrt{2gH}}{4} V(1-\cos\theta) = \rho \frac{\pi d^2 \sqrt{2gH}}{4} \sqrt{2gH}(1-\cos\theta)$$

$$= \frac{\pi \rho d^2 g H}{2}(1-\cos\theta)$$

問６　円形ノズル出口直径を $d/2$ に小さくした場合，噴出する水によって円錐が受ける力の大きさ F' は，問５の何倍になるか答えなさい。

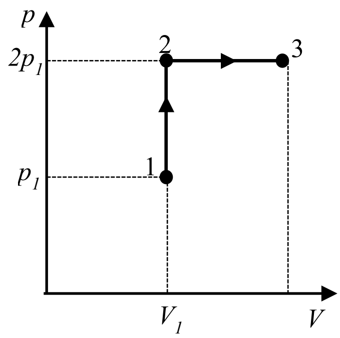
問５より、円錐が受ける力は、円形ノズル出口直径の２乗に比例する。従って、円形ノズルの直径は 1/2 になると、受ける力は 1/4 になる。

令和７年度（１０月期入学）及び令和８年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験

解　答　例

専　攻　名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）
試験科目名	専門科目 ④熱力学－Ⅰ

Ⅰ



問１ 右図のとおり。

問２ 状態１から２は等積変化であるから，

$$T_2 = T_1 \times \left(\frac{p_2}{p_1}\right) = T_1 \times \left(\frac{2p_1}{p_1}\right) = 2T_1$$

問３ 気体の質量を$m[= (p_1V_1)/(RT_1)]$，等積比熱を$c_v[= R/(\kappa - 1)]$を用いれば，

$$Q_{12} = mc_v(T_2 - T_1) = \left(\frac{p_1V_1}{RT_1}\right)\left(\frac{R}{\kappa - 1}\right)(2T_1 - T_1) = \frac{p_1V_1}{\kappa - 1}$$

問４ 状態２から３は等圧変化であるから，等圧比熱を$c_p[= \kappa R/(\kappa - 1)]$を用いて，

$$Q_{23} = mc_p(T_3 - T_2) = \left(\frac{p_1V_1}{RT_1}\right)\left(\frac{\kappa R}{\kappa - 1}\right)(T_3 - T_2) = \left(\frac{p_1V_1}{T_1}\right)\left(\frac{\kappa}{\kappa - 1}\right)(T_3 - 2T_1)$$

$$\therefore T_3 = Q_{23} \times \left(\frac{\kappa - 1}{\kappa}\right)\left(\frac{T_1}{p_1V_1}\right) + 2T_1 = 2\kappa \times Q_{12} \times \left(\frac{\kappa - 1}{\kappa}\right)\left(\frac{T_1}{p_1V_1}\right) + 2T_1 = 2\kappa \times \frac{p_1V_1}{\kappa - 1}\left(\frac{\kappa - 1}{\kappa}\right)\left(\frac{T_1}{p_1V_1}\right) + 2T_1$$

$$= 2T_1 + 2T_1 = 4T_1$$

問５ 状態３における状態方程式から

$$V_3 = \frac{m\,RT_3}{p_3} = \left(\frac{p_1V_1}{RT_1}\right)\left(\frac{R \times 4T_1}{2p_1}\right) = 2V_1$$

したがって，気体がした仕事 L は，$L = L_{12} + L_{13} = 0 + p_2(V_3 - V_2) = 2p_1(2V_1 - V_1) = 2p_1V_1$

問６ 理想気体のエントロピー変化量は変化前後のTとpの値から得られるので，

$$\Delta S = m\left\{c_p \ln\left(\frac{T_3}{T_1}\right) - R\ln\left(\frac{p_3}{p_1}\right)\right\} = mR\left\{\frac{\kappa}{\kappa - 1}\ln 4 - \ln 2\right\} = \left(\frac{p_1V_1}{RT_1}\right)R\left(\frac{2\kappa}{\kappa - 1} - 1\right)\ln 2 = \frac{p_1V_1}{T_1}\left(\frac{\kappa + 1}{\kappa - 1}\right)\ln 2$$

問７ 状態３の内部エネルギー，エントロピー，体積を各々U_3，S_3，V_3とし，状態１を U_1，S_1，V_1とすると，エクセルギーEは，

$$E = (U_3 - U_1) - T_1(S_3 - S_1) + p_1(V_3 - V_1) = mc_v(T_3 - T_1) - T_1(\Delta S_{12} + \Delta S_{23}) + p_1(2V_1 - V_1)$$

$$= \left(\frac{p_1V_1}{RT_1}\right)\left(\frac{R}{\kappa - 1}\right)(4T_1 - T_1) - T_1 \times \frac{(\kappa + 1)\ln 2}{(\kappa - 1)T_1} \times p_1V_1 + p_1V_1 = \frac{3}{\kappa - 1} \times p_1V_1 - \frac{(\kappa + 1)\ln 2}{\kappa - 1} \times p_1V_1 + p_1V_1$$

$$= \frac{\kappa + 2}{\kappa - 1} \times p_1V_1 - \frac{(\kappa + 1)\ln 2}{\kappa - 1} \times p_1V_1 = \frac{1}{\kappa - 1}\{\kappa + 2 - (\kappa + 1)\ln 2\} \times p_1V_1$$

令和７年度（１０月期入学）及び令和８年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）
試験科目名	専門科目 ④熱力学－II

II

問１　記号の添え字を温度 [℃]，飽和水を「'」，飽和蒸気を「"」，冷却前後を状態１，２として表記する．

(1) 冷却前後で比体積は変化しないので，以下の式が成り立つ。

$$v_1 = v''_{100} = (1-x)v'_{60} + x\,v''_{60}$$

乾き度について求めれば，

$$x = \frac{v''_{100} - v'_{60}}{v''_{60} - v'_{60}} = \frac{1.6719 - 0.0010171}{7.6677 - 0.0010171} = 0.21794$$

(2) 冷却前後の比エンタルピーは，それぞれ，

$$h_1 = h''_{100},\quad h_2 = (1-x)h'_{60} + xh''_{60}$$

エンタルピー変化量は，湿り蒸気の質量$m(=V/v_1)$を用いて，

$$\Delta H = m(h_2 - h_1) = \frac{V}{v_1}(h_2 - h_1) = \frac{V}{v''_{100}}[(1-x)h'_{60} + xh''_{60} - h''_{100}] = -57.1\ \mathrm{kJ}$$

(3) 体積変化がないので絶対仕事Lは０である．また，系の内部エネルギーをUとすれば，エンタルピーは$H = U + pV$で表すことができるので，系が受ける熱量はエネルギー保存則より，

$$Q = \Delta U + L = \Delta H - \Delta(pV) + 0 = \Delta H - V(p_{60} - p_{100}) = -53.1\ \mathrm{kJ}$$

∴ 放熱は 53.1 kJ

問２　比ギブス自由エネルギーおよび比エンタルピーの定義式，$g = h - Ts$ および $h = u + pv$ から，

①　sdT　　　②　vdp

問３　95℃における容器内は湿り蒸気であるため，95℃の飽和圧力を求めればよい．100℃における飽和水をα，飽和蒸気をβとして，Clausius–Clapeyron の式に数値を代入すれば，

$$\frac{dp}{dT} = \frac{s_\beta - s_\alpha}{v_\beta - v_\alpha} = \frac{s''_{100} - s'_{100}}{v''_{100} - v'_{100}} = \frac{7.3541 - 1.307}{1.6719 - 0.0010435} = 3.619\ \mathrm{kPa/K}$$

$\Delta T = -5$ K とすれば，95℃の飽和圧力は，

$$p_{95} = \Delta T\frac{dp}{dT} + p_{100} = 83.3\ \mathrm{kPa}$$

なお，表 1 の飽和圧力を線形補完すると 91.2 kPa となり誤差が生じる．

別解　Clausius–Clapeyron の式の比エンタルピーの式，または，その積分式から，それぞれ，

$$\frac{p_{95} - p_{100}}{\Delta T} = \frac{h''_{100} - h'_{100}}{[373.15(v''_{100} - v'_{100})]}$$

$$p_{95} - p_{100} = \frac{h''_{100} - h'_{100}}{v''_{100} - v'_{100}}\ln\left(\frac{368.15}{373.15}\right)$$

として求めても，ほぼ同値を得ることができる．