

【01】機械部門

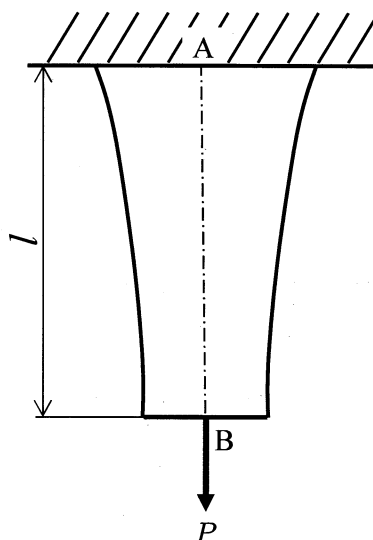
Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ－1 強度設計に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

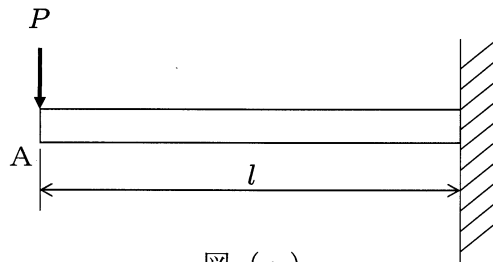
- ① 許容応力は、部材に作用することを許す最小の応力である。
- ② 安全率は、材料、荷重条件、使用環境などの因子を考慮して決定する。
- ③ 基準強さは、材料、荷重条件、使用環境などの因子を考慮して決定する。
- ④ 許容応力に安全率を乗じた値は、基準強さに等しい。
- ⑤ 使用応力は、基準強さより小さい。

Ⅲ－2 下図に示すように、天井から鉛直につり下げられた棒（長さ l 、密度 ρ ）の底面（B点）に軸荷重 P を作用させたとき、自重と軸荷重 P によって棒に生じる応力が全長にわたって σ_0 になるように横断面積を変化させる。このとき、上端（A部）における棒の横断面積として、最も適切なものはどれか。ただし、 g は重力加速度とし、 e は自然対数の底とする。

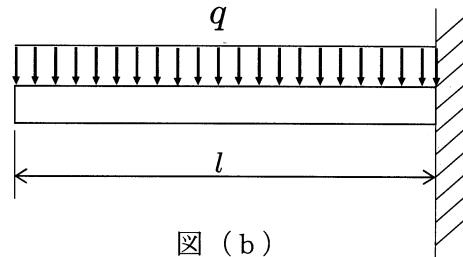
- ① $\frac{P}{\sigma_0}$
- ② $\frac{P + \rho gl}{\sigma_0}$
- ③ $\frac{P + \rho gl}{\sigma_0} e^{\frac{\rho gl}{\sigma_0}}$
- ④ $\frac{\rho gl}{\sigma_0} e^{\frac{\rho gl}{\sigma_0}}$
- ⑤ $\frac{P}{\sigma_0} e^{\frac{\rho gl}{\sigma_0}}$



Ⅲ－３ 長さ l の片持ちはりに対して、下図（a）のように先端（自由端、A点）に集中荷重 P を作用させる場合と、下図（b）のように等分布荷重 q を作用させる場合を考える。集中荷重 P が作用するときと等分布荷重 q が作用するときの最大曲げ応力が等しいとき、 P と q の関係として、最も適切なものはどれか。



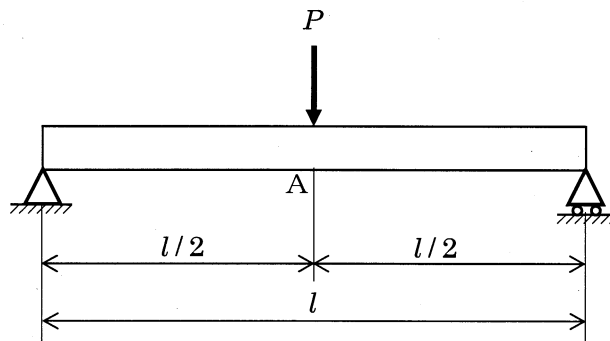
図（a）



図（b）

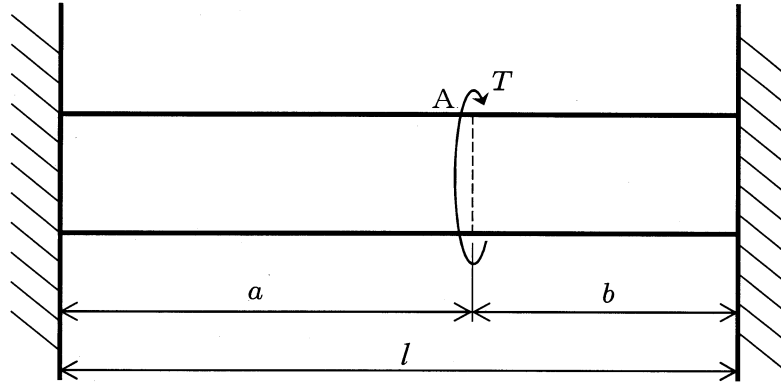
- ① $P = \frac{ql}{4}$ ② $P = \frac{ql}{2}$ ③ $P = ql$ ④ $P = 2ql$ ⑤ $P = 4ql$

Ⅲ－４ 下図に示すように、長さ l の単純支持はりの中央（A点）に集中荷重 P が作用している。はりの最大たわみとして、最も適切なものはどれか。なお、はりの曲げ剛性を EI とする。



- ① $\frac{Pl^3}{16EI}$ ② $\frac{Pl^3}{24EI}$ ③ $\frac{Pl^3}{32EI}$ ④ $\frac{Pl^3}{48EI}$ ⑤ $\frac{Pl^3}{64EI}$

Ⅲ－５ 下図に示すように、丸棒（長さ l ，せん断弾性係数 G ，断面二次極モーメント I_p ）の両端を剛体壁に固定し，Aの箇所にねじりモーメント T を作用させた。Aの箇所のねじれ角として，最も適切なものはどれか。



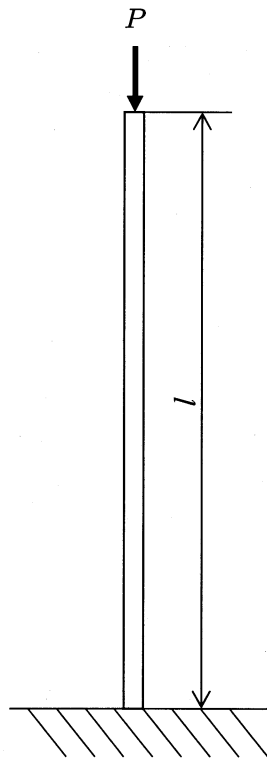
- ① $\frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{ab} \frac{T}{GI_p}$
- ② $\frac{ab}{\sqrt{a^2 + b^2}} \frac{T}{GI_p}$
- ③ $(a+b) \frac{T}{GI_p}$
- ④ $\frac{ab}{a+b} \frac{T}{GI_p}$
- ⑤ $\frac{a+b}{ab} \frac{T}{GI_p}$

Ⅲ－６ 下図に示すように、一辺の長さ a の正方形断面の棒の一端を固定し、他端を自由に
して、自由端に軸圧縮荷重 P を加える。この棒の圧縮応力が降伏応力 σ_{ys} に達するまでは、
座屈荷重 P_{cr} に関するオイラーの公式

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$$

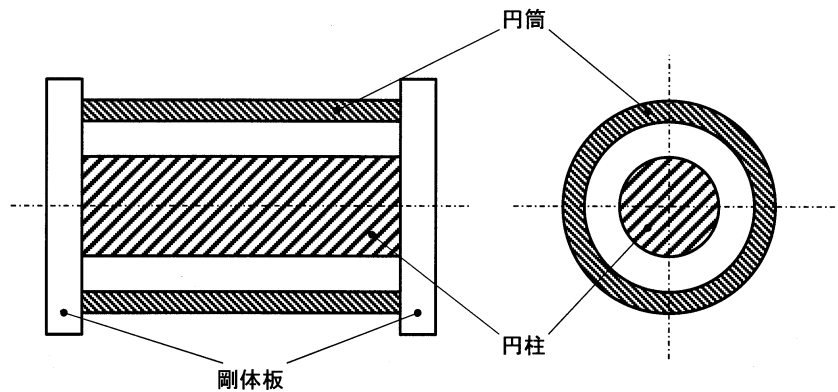
が適用できるものとする。ただし、 E は縦弾性係数、 I は断面二次モーメント、 l は棒の
長さとする。降伏応力に達するまで座屈に至らないようにするためには、棒の長さはいく
らよりも短くすればよいか、最も適切なものはどれか。

- ① $\pi a \sqrt{\frac{E}{\sigma_{ys}}}$
- ② $\frac{\pi a}{2} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{ys}}}$
- ③ $\frac{\pi a}{4} \sqrt{\frac{E}{3\sigma_{ys}}}$
- ④ $\frac{\pi a}{4} \sqrt{\frac{E}{6\sigma_{ys}}}$
- ⑤ $\frac{\pi a}{16} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{ys}}}$



Ⅲ－７ 下図に示すように、円柱（長さ l ，断面積 A_1 ，縦弾性係数 E_1 ，線膨張係数 α_1 ）と円筒（長さ l ，断面積 A_2 ，縦弾性係数 E_2 ，線膨張係数 α_2 ）を同軸で組合せて，両端を剛体板で接合している。円柱と円筒の両方に応力が生じていない状態から，温度が ΔT だけ上昇したとき，円柱と円筒の伸び量 Δl として，最も適切なものはどれか。

ただし， $\alpha_1 < \alpha_2$ とし，円柱と円筒の半径方向の変形は無視できるものとする。



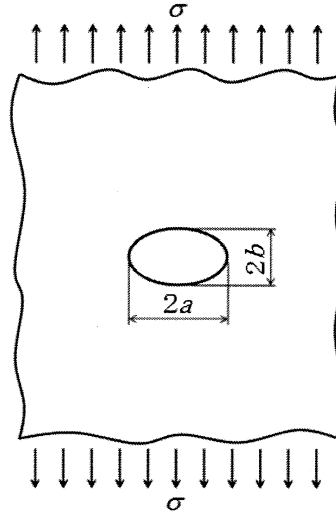
- ① $\frac{A_1 E_1 \alpha_1 + 2 A_2 E_2 \alpha_2}{A_1 E_1 + 2 A_2 E_2} l \Delta T$
- ② $\frac{A_1 E_1 - A_2 E_2}{A_1 E_1 \alpha_1 - A_2 E_2 \alpha_2} \alpha_1 \alpha_2 l \Delta T$
- ③ $\frac{A_1 E_1 + A_2 E_2}{A_1 E_1 \alpha_1 + A_2 E_2 \alpha_2} \alpha_1 \alpha_2 l \Delta T$
- ④ $\frac{A_1 E_1 \alpha_1 - A_2 E_2 \alpha_2}{A_1 E_1 - A_2 E_2} l \Delta T$
- ⑤ $\frac{A_1 E_1 \alpha_1 + A_2 E_2 \alpha_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} l \Delta T$

Ⅲ－８ 平面応力状態となっている構造物の表面において，次の応力を負荷したとき，主せん断応力の絶対値が最も大きい場合はどれか。

- ① $\sigma_x = 50 \text{ [MPa]}, \sigma_y = -40 \text{ [MPa]}, \tau_{xy} = 0 \text{ [MPa]}$
- ② $\sigma_x = -100 \text{ [MPa]}, \sigma_y = 0 \text{ [MPa]}, \tau_{xy} = 0 \text{ [MPa]}$
- ③ $\sigma_x = 70 \text{ [MPa]}, \sigma_y = 0 \text{ [MPa]}, \tau_{xy} = 30 \text{ [MPa]}$
- ④ $\sigma_x = 120 \text{ [MPa]}, \sigma_y = 120 \text{ [MPa]}, \tau_{xy} = 0 \text{ [MPa]}$
- ⑤ $\sigma_x = 0 \text{ [MPa]}, \sigma_y = 0 \text{ [MPa]}, \tau_{xy} = 40 \text{ [MPa]}$

Ⅲ－９ 下図に示すように、楕円孔を有する無限に広い一様な厚さの板に σ の一軸の引張応力を負荷するとき、楕円孔の縁に応力集中によって生じる最大引張応力が最も低くなる $2a$ と $2b$ の組合せとして、最も適切なものはどれか。

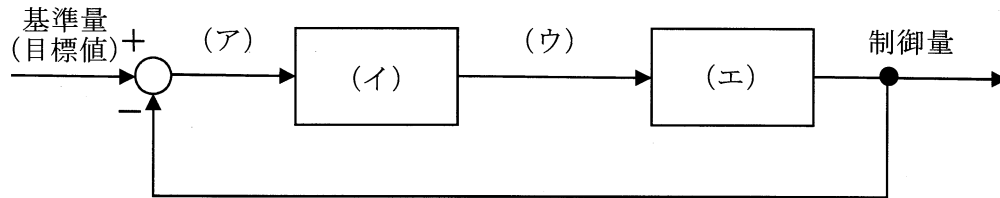
- | | $2a$ | $2b$ |
|---|---------|---------|
| ① | 20 [mm] | 80 [mm] |
| ② | 20 [mm] | 40 [mm] |
| ③ | 20 [mm] | 20 [mm] |
| ④ | 40 [mm] | 20 [mm] |
| ⑤ | 80 [mm] | 20 [mm] |



Ⅲ－１０ 両端を閉じた薄肉円筒圧力容器（半径 r ，肉厚 t ， $r \gg t$ ）に内圧 p が作用している。両端から十分離れた円筒部分における円周方向応力 σ_θ と軸方向応力 σ_z の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- ① $\sigma_\theta = \frac{pr}{2t}$ ， $\sigma_z = \frac{pr}{2t}$
- ② $\sigma_\theta = \frac{pr}{2t}$ ， $\sigma_z = \frac{pr}{t}$
- ③ $\sigma_\theta = \frac{pr}{t}$ ， $\sigma_z = \frac{pr}{2t}$
- ④ $\sigma_\theta = \frac{2pr}{t}$ ， $\sigma_z = \frac{pr}{t}$
- ⑤ $\sigma_\theta = \frac{pr}{t}$ ， $\sigma_z = \frac{2pr}{t}$

Ⅲ－11 次のブロック線図で表されるフィードバック系の基本構造において，図の（ア）～（エ）に入る語句の組合せとして，最も適切なものはどれか。



<u>(ア)</u>	<u>(イ)</u>	<u>(ウ)</u>	<u>(エ)</u>
① 誤差	制御対象	制御量	制御器
② 誤差	制御器	操作量	制御対象
③ 操作量	制御器	誤差	制御対象
④ 操作量	制御対象	誤差	制御器
⑤ 制御器	誤差	制御対象	操作量

Ⅲ－12 以下の伝達関数をもつ系の安定性に関する次の記述のうち，最も適切なものはどれか。

$$G(s) = \frac{s-2}{s^2+5s+6}$$

- ① 零点が2であるから，この系は不安定である。
- ② 零点が2であるから，この系は安定である。
- ③ 2つの極が実数であるから，この系は安定である。
- ④ 2つの極が正の値（2，3）をもつから，この系は不安定である。
- ⑤ 2つの極が負の値（-2，-3）をもつから，この系は安定である。

Ⅲ－13 次の状態方程式，出力方程式で表される系が不可観測となるとき， a の値として，最も適切なものはどれか。

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & a \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = [-1 \quad 1 \quad 0]x$$

- ① -2 ② -1 ③ 0 ④ 1 ⑤ 2

Ⅲ－14 次の伝達関数で表される制御系の入力信号を単位ステップ関数 $u(t)$ としたとき，出力信号 $f(t)$ として，最も適切なものはどれか。ただし， e は自然対数の底とする。

$$F(s) = \frac{6}{s^2 + 5s + 6}$$

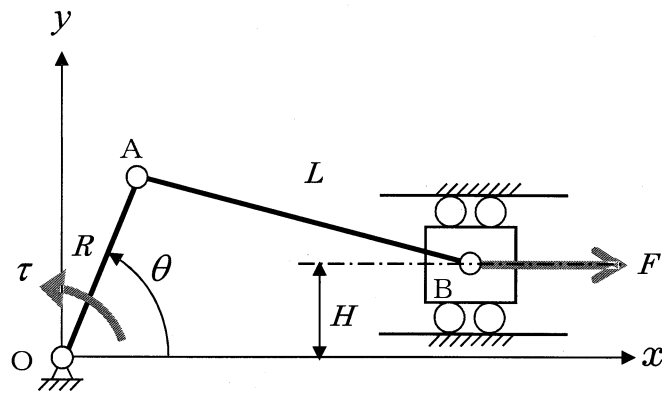
参考 ラプラス変換表

原関数	$\delta(t)$	$u(t)$	e^{at}	$\sin \omega t$	$\cos \omega t$	$e^{at}g(t)$
原関数のラプラス変換	1	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s-a}$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$G(s-a)$

- ① $6e^{\frac{5}{2}t} \sin \frac{1}{2}t$
 ② $6(e^{-2t} - e^{-3t})$
 ③ $1 + 6(e^{-2t} - e^{-3t})$
 ④ $1 - 3e^{-2t} + 2e^{-3t}$
 ⑤ $-3e^{-2t} + 9e^{-3t}$

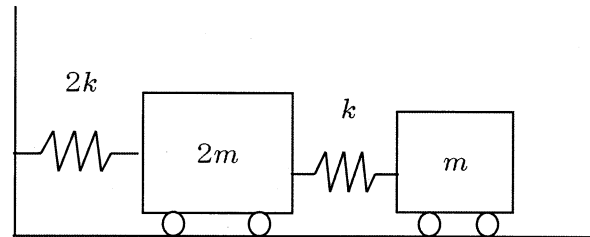
Ⅲ－15 下図のクランクスライダ機構OABのスライダBに水平外力 F が作用しつつ、クランクOAが等速回転している。ただし、スライダBは x 軸に平行に運動し、クランク長が R 、コンロッド長が L 、スライダのオフセット距離が H であり、さらに、機構のすべてのリンクの質量及びすべての摩擦は無視できるものとする。このときクランクの駆動トルク τ がゼロとなる原動節回転角 θ として、最も適切なものはどれか。

ただし、 $L - R > H$ とする。



- ① $\theta = 0, \pi$
- ② $\theta = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}$
- ③ $\theta = \pm \tan^{-1} \frac{L}{R}$
- ④ $\theta = \tan^{-1} \frac{H}{\sqrt{L^2 + R^2}} \pm \tan^{-1} \frac{L}{R}$
- ⑤ $\theta = \sin^{-1} \frac{H}{L+R}, \pi + \sin^{-1} \frac{H}{L-R}$

Ⅲ－16 下図の2自由度系には2つの固有角振動数が存在する。その組合せとして、最も適切なものはどれか。なお、 m は質量、 k はばね定数を表すものとし、摩擦は考慮しなくてよいものとする。



- ① $\sqrt{\frac{k}{m}}, \sqrt{\frac{k}{m}}$ (重根)
- ② $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}, 2\sqrt{\frac{k}{m}}$
- ③ $\sqrt{\frac{k}{2m}}, \sqrt{\frac{2k}{m}}$
- ④ $\frac{\sqrt{5}-1}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}, \frac{\sqrt{5}+1}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$
- ⑤ $\sqrt{\frac{k}{m}}, \sqrt{\frac{5k}{2m}}$

Ⅲ－17 機械の振動に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 1自由度系において質量を増加させると、固有振動数は大きくなる。
- ② 1自由度系に加振力が作用し共振しているとき、加振力と変位の位相は約90度ずれる。
- ③ 2自由度系の固有振動数は一般に2個ある。
- ④ 共振しているときの振幅の大きさは減衰係数に依存する。
- ⑤ 回転機械の危険速度は固有振動数と関係している。

Ⅲ－18 質量 m の物体が，ばね定数 k_1 のばねとばね定数 k_2 の2本のばねで下図のように支持されている。このとき固有振動数として，最も適切なものはどれか。

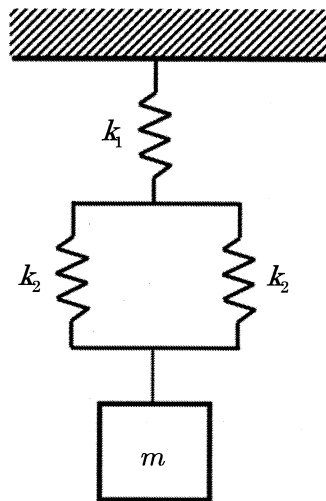
① $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1 + 2k_2}{m}}$

② $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2k_1 k_2}{m(k_1 + 2k_2)}}$

③ $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{k_1 + 2k_2}}$

④ $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2k_1 k_2}{m(2k_1 + k_2)}}$

⑤ $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2m}{k_1 + 2k_2}}$



Ⅲ－19 図1のように、水平面内の一方方向のみに動くことができる質量 m の物体がばね定数 k のばねと粘性減衰係数 c のダンパーを介して固定壁に結合されている。この物体に初期条件として x 方向に正の変位を与えて放したところ、物体の変位 x は時間 t に対して図2のように変化した。この現象に関する次の記述の、に入る語句及び式の組合せとして、最も適切なものはどれか。

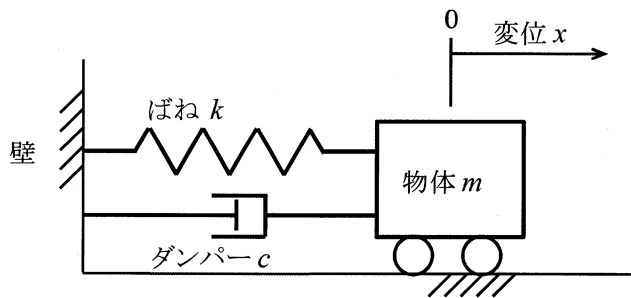


図 1

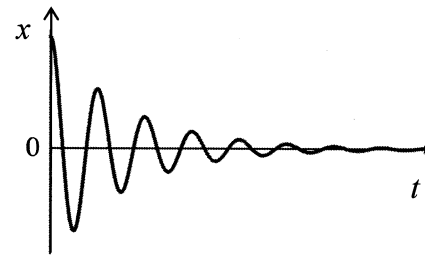
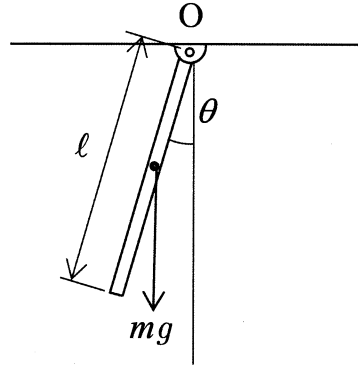


図 2

このような振動現象を ア と呼び、粘性減衰係数 c は イ となるように設定されている。この場合の固有角振動数はダンパーを取り去った場合の固有角振動数 ウ に対して エ 。

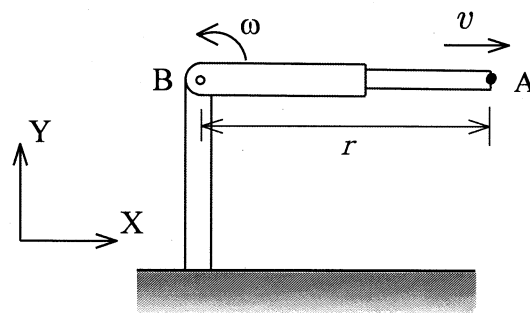
	ア	イ	ウ	エ
①	過減衰	$c > 2\sqrt{mk}$	$\sqrt{\frac{k}{m}}$	変わらない
②	不足減衰	$0 < c < 2\sqrt{mk}$	$\sqrt{\frac{m}{k}}$	小さくなる
③	過減衰	$c = 2\sqrt{mk}$	$\sqrt{\frac{m}{k}}$	変わらない
④	不足減衰	$0 < c < 2\sqrt{mk}$	$\sqrt{\frac{k}{m}}$	小さくなる
⑤	臨界減衰	$c = 2\sqrt{mk}$	$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	大きくなる

Ⅲ－20 下図のように長さ ℓ で一様な質量 m の細長い剛体棒が固定軸 O の回りを微小角 θ で振動する。重力加速度を g とするとき、この棒の固有角振動数として、最も適切なものはどれか。



- ① $\sqrt{\frac{g}{2\ell}}$ ② $\sqrt{\frac{g}{\ell}}$ ③ $\sqrt{\frac{3g}{2\ell}}$ ④ $\sqrt{\frac{3g}{\ell}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{6g}{\ell}}$

Ⅲ－21 下図のように、アーム AB が鉛直面 (XY 平面) 内を角速度 ω で回転しながら、同時にアームの先端部がアームが長くなる方向に速度 v で動いている。アームが水平位置にある下図の瞬間において、先端の点 A の持つ速度ベクトル $\begin{Bmatrix} v_x \\ v_y \end{Bmatrix}$ として、最も適切なものはどれか。



- ① $\begin{Bmatrix} v \\ 2v\omega \end{Bmatrix}$ ② $\begin{Bmatrix} 0 \\ v+r\omega \end{Bmatrix}$ ③ $\begin{Bmatrix} v \\ r\omega \end{Bmatrix}$ ④ $\begin{Bmatrix} v \\ r\omega^2 \end{Bmatrix}$ ⑤ $\begin{Bmatrix} v-r\omega^2 \\ 0 \end{Bmatrix}$

Ⅲ－22 下図のように、電車が一定の加速度 $\alpha(>0)$ で減速し、車内につり下げられた質量 m の振り子が進行方向に 30° だけ傾いていたとする。重力加速度を g とするとき、電車の加速度 α 及び振り子の糸に働く張力 T の組合せとして、最も適切なものはどれか。

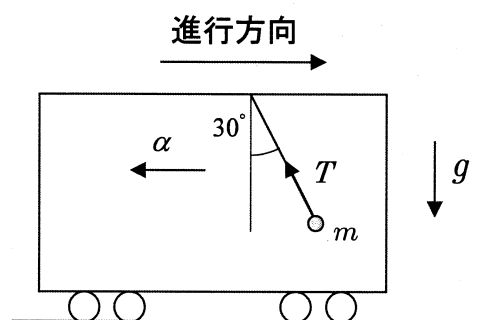
① $\alpha = \frac{1}{2}g, T = \frac{3}{2}mg$

② $\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}g, T = (1 + \sqrt{3})mg$

③ $\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}g, T = \frac{2}{\sqrt{3}}mg$

④ $\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}g, T = \left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right)mg$

⑤ $\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}g, T = \frac{2}{\sqrt{3}}mg$



Ⅲ－23 理想気体におけるマイヤーの関係式と定圧比熱 c_p 及び定容比熱 c_v の関係式について、それらの組合せとして、最も適切なものはどれか。なお、 R は気体定数、 κ は比熱比である。

① $c_p - c_v = R, c_p = \frac{\kappa}{\kappa - 1}R, c_v = \frac{1}{\kappa - 1}R$

② $c_p - c_v = R, c_p = \frac{\kappa^2}{\kappa^2 - 1}R, c_v = \frac{1}{\kappa^2 - 1}R$

③ $c_p + c_v = R, c_p = \frac{\kappa}{\kappa + 1}R, c_v = \frac{1}{\kappa + 1}R$

④ $c_p + c_v = R, c_p = \frac{1}{\kappa + 1}R, c_v = \frac{\kappa}{\kappa + 1}R$

⑤ $c_p + c_v = R, c_p = \frac{\kappa^2}{\kappa^2 + 1}R, c_v = \frac{1}{\kappa^2 + 1}R$

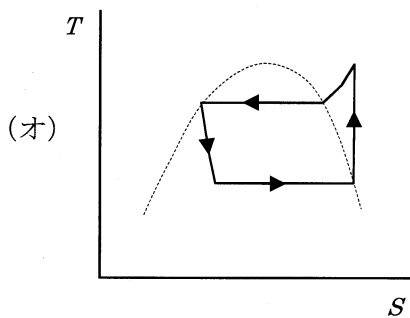
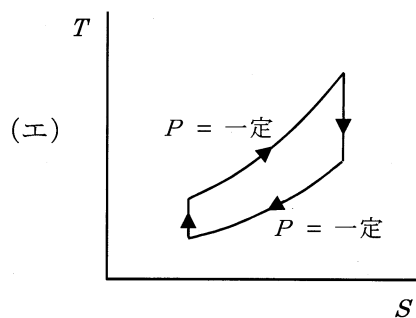
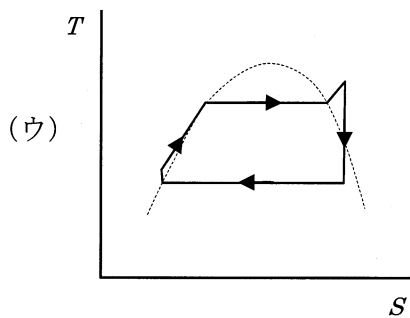
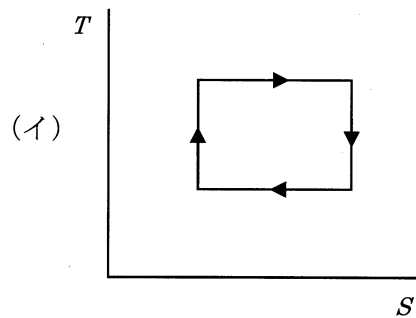
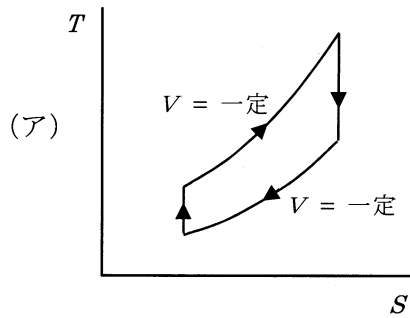
Ⅲ-24 水1.5 Lを1.2 kWの電熱器で、20℃から80℃まで加熱するのに必要な時間に最も近い値はどれか。電熱器から水に有効に伝わる熱は50%であるとし、水の蒸発熱は無視する。

- ① 150 s ② 300 s ③ 630 s ④ 1260 s ⑤ 3498 s

Ⅲ-25 理想気体1.00 kgを一定圧力（等圧変化）の下で $t_1 = -62.3$ [℃] から $t_2 = 300$ [℃] まで加熱した。このとき、(ア) エンタルピーの変化量 ΔH 、(イ) 内部エネルギーの変化量 ΔU 、(ウ) 加えられた熱量 Q 、(エ) エントロピーの変化量 ΔS の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、理想気体の定圧比熱は $c_p = 1.01$ [kJ/kgK]、定容比熱は $c_v = 0.720$ [kJ/kgK] とする。なお、自然対数の底 e は約2.72である。

	<u>(ア)</u>	<u>(イ)</u>	<u>(ウ)</u>	<u>(エ)</u>
①	366 kJ	261 kJ	366 kJ	1.01 kJ/K
②	1.01 kJ	261 kJ	366 kJ	366 kJ/K
③	366 kJ	366 kJ	261 kJ	0.72 kJ/K
④	366 kJ	261 kJ	627 kJ	105 kJ/K
⑤	261 kJ	366 kJ	261 kJ	0.72 kJ/K

Ⅲ－26 熱サイクル図 (ア) ～ (オ) の名称の組合せとして、最も適切なものはどれか。
 ただし、 T は温度、 S はエントロピー、 P は圧力、 V は体積である。



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
①	オットー	カルノー	冷凍	ディーゼル	ランキン
②	ディーゼル	スターリング	ランキン	オットー	冷凍
③	ディーゼル	オットー	ランキン	ブレイトン	冷凍
④	オットー	カルノー	ランキン	ブレイトン	冷凍
⑤	ブレイトン	スターリング	冷凍	オットー	ランキン

Ⅲ－27 外径 r_i ，長さ L の金属円管を保温のため熱伝導率 k の断熱材で覆った。断熱材の内径は r_i ，外径は r_o とする。断熱材外表面から外気への熱伝達率を h とすると、周囲への熱損失 Q を求める式として、最も適切なものはどれか。なお、金属円管外表面温度と断熱材内表面温度は、ともに T_i であり、外気温度は T_∞ とする。ただし、対数は自然対数とする。

$$\textcircled{1} \quad Q = \frac{2\pi L(T_i - T_\infty)}{\frac{(r_o + r_i)}{2k} + \frac{1}{h}}$$

$$\textcircled{2} \quad Q = \frac{2\pi L(T_i - T_\infty)}{\frac{(r_o - r_i)}{k} + \frac{1}{h}}$$

$$\textcircled{3} \quad Q = \frac{2\pi L(T_i - T_\infty)}{\frac{1}{k} \left(\frac{r_o + r_i}{2} \right) + \frac{1}{hr_o}}$$

$$\textcircled{4} \quad Q = \frac{2\pi L(T_i - T_\infty)}{\frac{1}{h} \log \left(\frac{r_o}{r_i} \right) + \frac{1}{kr_o}}$$

$$\textcircled{5} \quad Q = \frac{2\pi L(T_i - T_\infty)}{\frac{1}{k} \log \left(\frac{r_o}{r_i} \right) + \frac{1}{hr_o}}$$

Ⅲ－28 115℃に加熱された鉛直壁が大気圧の水タンクに取り付けられている。水タンクの水温は100℃であり、壁面からは沸騰が生じている。壁面面積が100×100 mm²であるとき、壁面からの熱移動量に最も近い値はどれか。ただし、加熱面の115℃における熱伝達率は、10,000 W/(m²・K)とする。

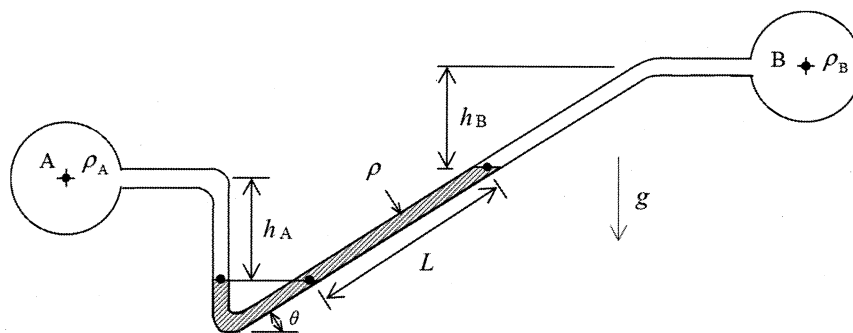
- ① 1,000 W
- ② 1,500 W
- ③ 10,000 W
- ④ 15,000 W
- ⑤ 150,000 W

Ⅲ－29 次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

電磁波により熱が伝わる伝熱形態を 伝熱と呼ぶ。 の全放射能 E_b は、絶対温度 T を用いて $E_b =$ で表せる。ここで、 σ を と呼ぶ。

	ア	イ	ウ	エ
①	ふく射	鏡面	σT^2	プランク定数
②	ふく射	黒体面	σT^4	ステファン・ボルツマン定数
③	対流	黒体面	σT	ボルツマン定数
④	対流	鏡面	σT^4	ステファン・ボルツマン定数
⑤	ふく射	黒体面	σT^2	プランク定数

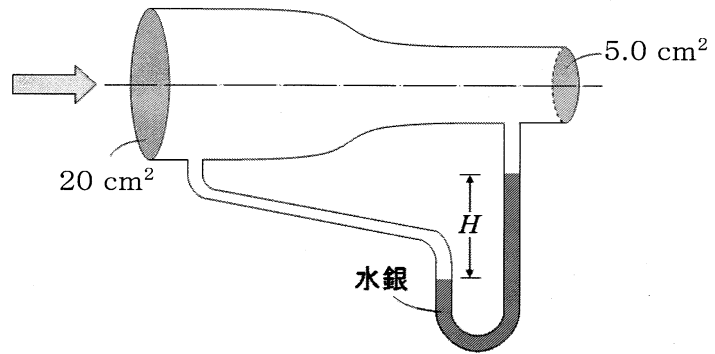
Ⅲ－30 下図に示すような傾斜管マンオメータについて考える。傾斜管は水平面に対して角度 θ 傾いており、各部の寸法は図に示すように与えられている。ガスだめA部の流体の密度を ρ_A 、マンオメータ部の流体の密度を ρ 、ガスだめB部の流体の密度を ρ_B 、重力加速度を g とする。A部の圧力 p_A とB部の圧力 p_B の差、 $p_A - p_B$ として、最も適切なものはどれか。



- ① $p_A - p_B = \rho_B g h_B + \rho g L - \rho_A g h_A$
- ② $p_A - p_B = \rho_B g h_B + \rho g L \cos \theta - \rho_A g h_A$
- ③ $p_A - p_B = \rho g L$
- ④ $p_A - p_B = \rho_B g h_B + \rho g L \sin \theta - \rho_A g h_A$
- ⑤ $p_A - p_B = \rho g L \sin \theta$

Ⅲ－31 水が水平管を体積流量 2.0 L/s で流れている。下図のように断面積 20 cm^2 と 5.0 cm^2 の管をつなぎ、水銀を入れたU字管マンノメータを取り付けたところ、左右の水銀柱の高さの差が H となった。 H に最も近い値はどれか。ただし、損失は無視して良い。また、水と水銀の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度を 9.8 m/s^2 とする。

- ① $1.2 \times 10^{-2} \text{ m}$
- ② $5.6 \times 10^{-2} \text{ m}$
- ③ $6.1 \times 10^{-2} \text{ m}$
- ④ $1.2 \times 10^{-1} \text{ m}$
- ⑤ $6.0 \times 10^{-1} \text{ m}$

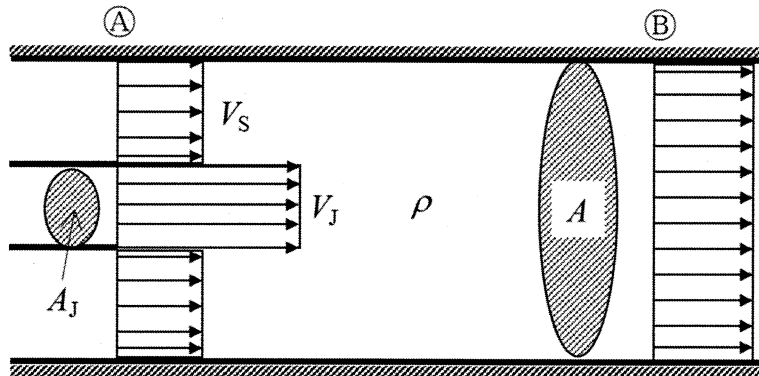


Ⅲ－32 流体力学に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 流体粒子の運動に着目したとき、流体粒子の移動とともに速度が変化しない状態を定常状態と呼ぶ。
- ② 非圧縮性流体の質量保存の式は、流体の密度を含まない形で与えられる。
- ③ ニュートン流体では、ひずみと応力が比例関係にある。
- ④ 粘性のない流れはポテンシャル流れと呼ばれる。
- ⑤ 強制渦とは渦度の存在しない渦である。

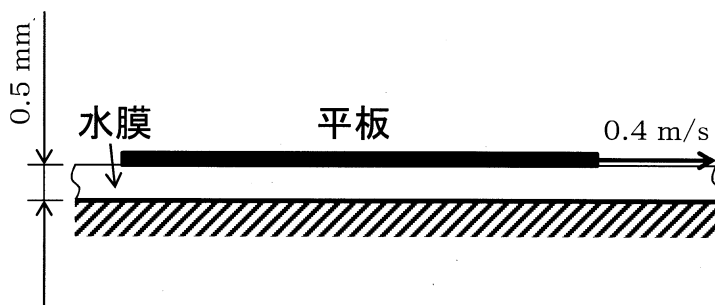
Ⅲ－33 下図に示すように、断面積 $A = 0.04 \text{ [m}^2\text{]}$ の流路に密度 $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ の水が流れている状態を考える。入り口部④では、流速 $V_s = 0.4 \text{ [m/s]}$ の流れの中に、断面積 $A_j = 0.01 \text{ [m}^2\text{]}$ のノズルから流速 $V_j = 2 \text{ [m/s]}$ で水が吹き出されている。下流部⑤では、水は様な流速で流れているとする。入り口部④、下流部⑤の断面では、圧力は一定であるとする。このとき、入り口部④の圧力 p_A と下流部⑤の圧力 p_B との差、 $p_A - p_B$ に最も近い値はどれか。粘性による圧力損失の影響は無視して答えよ。

- ① 0.48 N/m^2
- ② -0.48 N/m^2
- ③ 480 N/m^2
- ④ -480 N/m^2
- ⑤ 960 N/m^2



Ⅲ－34 下図のように、水平な床の上に厚さ 0.5 mm の水膜がある。その上に重さの無視できる $0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ の平板を浮かべ、水平方向に 0.4 m/s の速さで動かす。このとき、平板を動かすのに必要な動力に最も近い値はどれか。

ただし、水の粘度は $1.0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ であり、水膜内の流れは層流として、端部及び付加質量の影響は無視できるものとする。



- ① 0.08 W
- ② 0.2 W
- ③ 8 W
- ④ 20 W
- ⑤ 80 W

Ⅲ－35 次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

アは時間的・空間的に変動する流れである。アではイの効果によりウやエネルギーの混合速度が大きい。イに関するこのような現象をエと呼ぶ。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|------|------|-----|-------|
| ① | 非定常流 | 乱れ | 境界層 | 非定常拡散 |
| ② | 非定常流 | 時間変動 | 境界層 | 非定常対流 |
| ③ | 乱流 | 乱れ | 境界層 | 渦拡散 |
| ④ | 乱流 | 時間変動 | 運動量 | 渦対流 |
| ⑤ | 乱流 | 乱れ | 運動量 | 渦拡散 |

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は①

許容応力は部材に作用することを許容できる最大の応力である。したがって部材に作用することを許す最小の応力とする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-2

正解は⑤

自重と引張荷重を支えつつ全断面の応力を均一にする一様強さの棒の断面積は指数関数的に増加する。底面の断面積から微分方程式を解くことで導出される式となる。

●問題Ⅲ-3

正解は②

片持ちはりの最大曲げモーメントは先端集中荷重で Pl 、等分布荷重で ql の2乗の半分となる。両者の最大曲げ応力が等しくなる条件を解くと得られる式となる。

●問題Ⅲ-4

正解は④

両端単純支持はりの中央に集中荷重が作用するときの中央の最大たわみは、材料力学における基本的な公式であり、 $48EI$ 分の Pl の3乗となる。

●問題Ⅲ-5

正解は④

両端固定の丸棒に作用するねじりモーメントは各固定端へ反力として配分される。両区間のねじれ角が等しい適合条件からA点のねじれ角を計算すると導出される式となる。

●問題Ⅲ-6

正解は③

オイラーの座屈荷重を断面積で割って座屈応力を求める。座屈応力が材料の降伏応力を上回る条件式を立て、棒の長さについて不等式を解くと導かれる式となる。

●問題Ⅲ-7

正解は⑤

両部材の温度上昇による自由膨張に対し、剛体板を介して作用する内力のつり合いと変位の適合条件を連立させて全体の伸びを計算すると得られる式となる。

●問題Ⅲ-8

正解は②

モールの応力円における半径として各選択肢の面内主せん断応力を計算する。2番目の条件では主せん断応力の大きさが 50MPa となり、最も大きな値となる。

●問題Ⅲ-9

正解は①

引張荷重方向に垂直な軸長 $2a$ と平行な軸長 $2b$ を持つ楕円孔の応力集中係数は $1+2a/b$ となる。比 a/b が最も小さくなる縦長の楕円孔のとき最大応力が最小となる。

●問題Ⅲ-10

正解は③

薄肉円筒圧力容器の内圧による力のつり合いより、円周方向応力は pr/t 、軸方向応力はその半分の $pr/(2t)$ として導出される式となる。

●問題Ⅲ-11

正解は②

目標値とフィードバック値の差が誤差であり、制御器が誤差から操作量を決定し、操作量を受けて制御対象が制御量を出力するという制御系の基本構造の対応となる。

●問題Ⅲ-12

正解は⑤

系の安定性は伝達関数の極の実部の符号で判別される。分母をゼロとする極が-2と-3であり、いずれも負の実数であるため系は安定となる。

●問題Ⅲ-13

正解は①

可観測性行列を作成し、系が不可観測となる条件として行列式がゼロとなる方程式を立てる。計算すると $a+2=0$ が得られ、 $a=-2$ となる。

●問題Ⅲ-14

正解は④

伝達関数にステップ入力の像関数 $1/s$ を乗じ、部分分数分解を行う。各項をラプラス変換表に基づいて逆変換すると、 $1-3e^{(-2t)}+2e^{(-3t)}$ となる。

●問題Ⅲ-15

正解は⑤

クランクの駆動トルクがゼロとなるのは、クランクとコンロッドが一直線上に並ぶ死点の状態である。幾何学的な位置関係から角度を求めると導かれる式となる。

●問題Ⅲ-16

正解は③

各台車の運動方程式から係数行列を導き、固有方程式を立てて解く。角振動数の2乗が $k/(2m)$ および $2k/m$ と求まるため、それぞれの平方根をとった値となる。

●問題Ⅲ-17

正解は①

1自由度系の固有振動数は質量の平方根に反比例するため、質量が増加すると固有振動数は小さくなる。したがって大きくなるとする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-18

正解は②

2本のばね k_2 の並列合成ばね定数は $2k_2$ となり、これと k_1 が直列に接続された合成ばね定数を求める。これを固有振動数の式に代入すると導出される式となる。

●問題Ⅲ-19

正解は④

振幅が振動しながら減衰する現象は不足減衰であり、減衰係数は臨界値未満となる。減衰が存在する場合の減衰固有角振動数は非減衰時の値よりも小さくなる。

●問題Ⅲ-20

正解は③

固定軸まわりの慣性モーメントと重心に働く重力による復元モーメントから運動方程式を立てる。微小振動近似により整理すると、固有角振動数は $\sqrt{3g/(2l)}$ となる。

●問題Ⅲ-21

正解は③

極座標系における速度ベクトルは半径方向の伸縮速度と回転による接線方向速度の和で表される。水平位置でのX方向速度は v 、Y方向速度は $r\omega$ となる。

●問題Ⅲ-22

正解は⑤

車内から見た振り子の力のつり合いより、慣性力と重力の比が傾き角の正接に等しくなる。三角比を用いて加速度と糸の張力をそれぞれ計算すると得られる値となる。

●問題Ⅲ-23

正解は①

定圧比熱と定容比熱の差が気体定数に等しいマイヤーの関係式と比熱比の定義式を連立させる。各比熱について整理すると、気体定数と比熱比で表された式となる。

●問題Ⅲ-24

正解は③

水の昇温に必要な熱量を質量と比熱と温度差の積から求める。この熱量を電熱器の有効加熱仕事率で割ることで、所要時間として約630秒が算出される結果となる。

●問題Ⅲ-25

正解は①

等圧加熱における熱量はエンタルピー変化に等しく、内部エネルギー変化は定容比熱から求まる。絶対温度比が自然対数の底にほぼ等しいためエントロピー変化が計算される。

●問題Ⅲ-26

正解は④

状態変化の特徴から、等容加熱を含むものがオットー、等温・等エントロピーからなるものがカルノー、等圧加熱を含むものがブレイトン、二相域を利用するものがランキンと冷凍となる。

●問題Ⅲ-27

正解は⑤

円管円筒層の熱伝導抵抗と外表面における対流熱伝達抵抗を足し合わせて全熱抵抗を求める。内外の温度差を全熱抵抗で割ることで熱損失を求める式が導出される。

●問題Ⅲ-28

正解は②

ニュートンの冷却の法則に従い、沸騰熱伝達率に伝熱面積と過熱度である温度差を掛け合わせる。数値を代入して計算すると、熱移動量として1500Wが得られる。

●問題Ⅲ-29

正解は②

電磁波による熱移動はふく射と呼ばれ、理想的な黒体面が放射する全放射エネルギーは絶対温度の4乗に比例する。この比例定数はステファン・ボルツマン定数となる。

●問題Ⅲ-30

正解は④

マンオメータ内の静止流体における鉛直方向の静水圧平衡式を立てる。傾斜部の鉛直高低差が $L\sin\theta$ となることを考慮して両端の圧力差を整理すると得られる式となる。

●問題Ⅲ-31

正解は③

連続の式とベルヌーイの定理から管路の断面積変化に伴う動圧差を計算する。この圧力差とU字管マンオメータ内の水銀柱の液面差による差圧を等置すると算出される値となる。

●問題Ⅲ-32

正解は②

非圧縮性流体では密度が一定であるため、質量保存則を表す連続の式は速度の発散がゼロという密度を含まない形で表される。したがってこの記述が最も適切となる。

●問題Ⅲ-33

正解は④

断面AとBの間に運動量の法則を適用する。流入する運動量流束の総和と流出する一様な運動量流束の差を計算して圧力差を求めると、マイナス480N/m²となる。

●問題Ⅲ-34

正解は①

ニュートンの粘性法則により水膜のせん断応力を求め、平板の面積を掛けて抵抗力を計算する。この力に平板の移動速度を乗じることで、必要な動力として0.08Wが求まる。

●問題Ⅲ-35

正解は⑤

乱流は変動を伴う流れであり、乱れによる渦運動によって運動量や熱、物質の混合が促進される。この現象は分子拡散に対して渦拡散と呼ばれる。