

【01】機械部門

10 時 30 分～12 時 30 分

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 下図に示すように、段付き丸棒の上端を天井に固定して鉛直につり下げた状態で、下端に軸荷重 P が作用するときに、段付き丸棒に蓄えられる弾性ひずみエネルギー U として、最も適切なものはどれか。ただし、太い丸棒の直径を $2d$ 、長さを l 、縦弾性係数を E 、細い丸棒の直径を d 、長さを l 、縦弾性係数を E とする。なお、段付き丸棒の自重は考慮しないものとする。

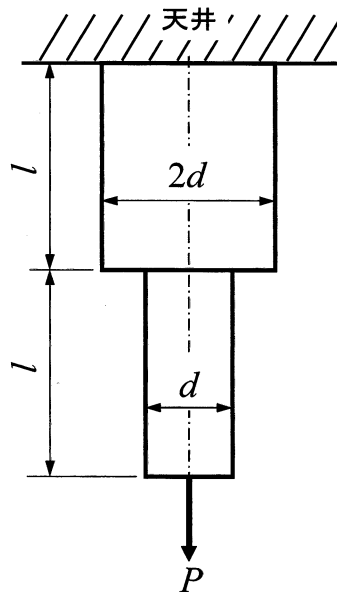
① $U = \frac{5P^2l}{2\pi d^2 E}$

② $U = \frac{5P^2l}{\pi d^2 E}$

③ $U = \frac{P^2l}{2\pi d^2 E}$

④ $U = \frac{2P^2l}{\pi d^2 E}$

⑤ $U = \frac{2P^2l}{5\pi d^2 E}$



Ⅲ－２ 下図に示すように、２本の棒からなるトラス構造において、節点Oに下向きの荷重 P が作用し、破線のように変形した場合を考える。各節点は滑節で、棒の自重は無視できるものとするとき、節点Oの下向きの微小変位 δ として、最も適切なものはどれか。ただし、棒の断面積を A 、縦弾性係数を E とする。

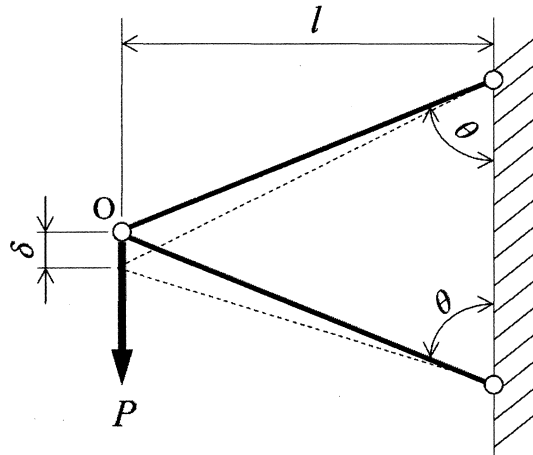
① $\delta = \frac{Pl}{AE \sin \theta \cos^2 \theta}$

② $\delta = \frac{2Pl}{AE \sin \theta \cos \theta}$

③ $\delta = \frac{2Pl}{AE \sin \theta \cos^2 \theta}$

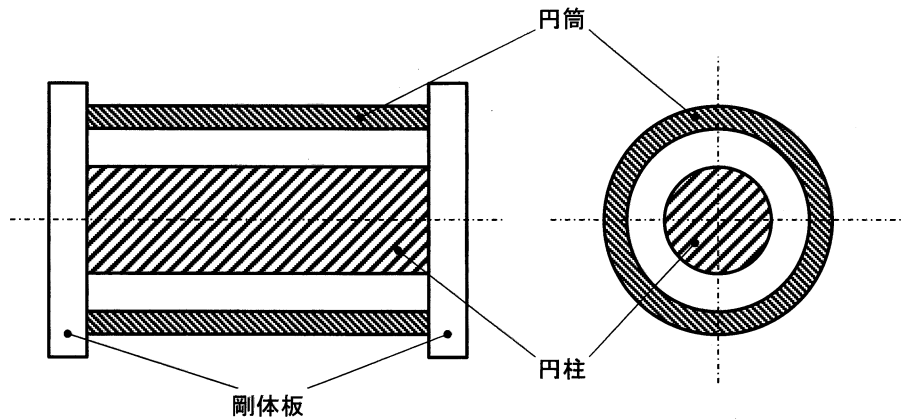
④ $\delta = \frac{Pl}{2AE \sin \theta \cos \theta}$

⑤ $\delta = \frac{Pl}{2AE \sin \theta \cos^2 \theta}$



Ⅲ－３ 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。

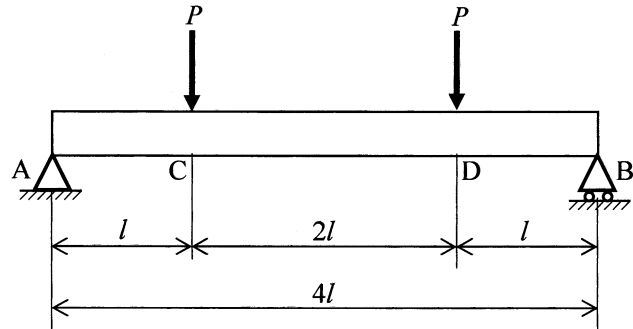
ただし， $\alpha_1 < \alpha_2$ とし，円柱と円筒の半径方向の変形は無視できるものとする。



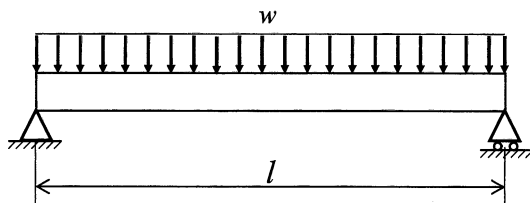
- ① $\Delta l = \frac{E_1 A_1 \alpha_1 + 2 E_2 A_2 \alpha_2}{E_1 A_1 + 2 E_2 A_2} l \Delta T$
- ② $\Delta l = \frac{E_1 A_1 + E_2 A_2}{E_1 A_1 \alpha_1 + E_2 A_2 \alpha_2} \alpha_1 \alpha_2 l \Delta T$
- ③ $\Delta l = \frac{E_1 A_1 - E_2 A_2}{E_1 A_1 \alpha_1 - E_2 A_2 \alpha_2} \alpha_1 \alpha_2 l \Delta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

Ⅲ－４ 下図に示すように、長さ $4l$ の単純支持はりに A 点から l 、B 点から l の 2 か所の位置（C 点、D 点）に集中荷重 P が作用している。はりの中央（端から $2l$ の位置）に発生するせん断力 F と曲げモーメント M の組合せとして、最も適切なものはどれか。

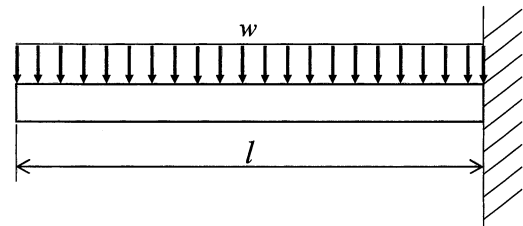
- ① $F = 0, M = Pl$
- ② $F = 0, M = 2Pl$
- ③ $F = P, M = Pl$
- ④ $F = P, M = 2Pl$
- ⑤ $F = 2P, M = Pl$



Ⅲ－５ 下図に示すように、長さ l の同じ一様断面を持つ単純支持はり（図(a)）と片持ちはり（図(b)）に、等分布荷重 w を作用させる場合を考える。単純支持はりに発生する最大曲げ応力 σ_A と片持ちはりに発生する最大曲げ応力 σ_B の比 $\sigma_A : \sigma_B$ として、最も適切なものはどれか。



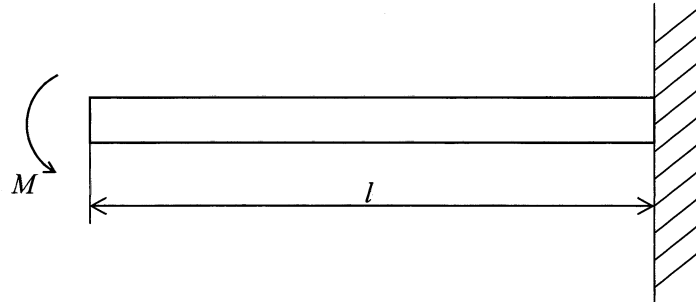
図(a)



図(b)

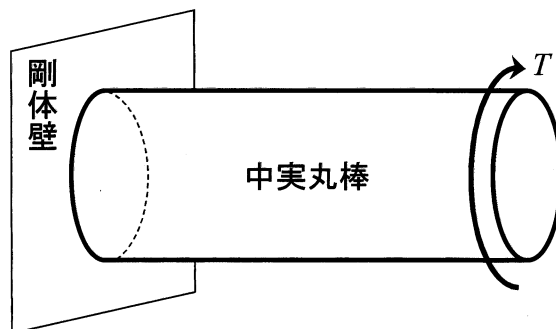
- ① $1 : 1$
- ② $1 : 2$
- ③ $1 : 3$
- ④ $1 : 4$
- ⑤ $1 : 8$

Ⅲ－６ 下図に示すように、長さ l の片持ちはりの先端（自由端）に曲げモーメント M が作用している。次のうち、はりの最大たわみとして、最も適切なものはどれか。ただし、はりの曲げ剛性を EI とする。



- ① $\frac{Ml^2}{EI}$ ② $\frac{Ml^2}{2EI}$ ③ $\frac{Ml^2}{4EI}$ ④ $\frac{Ml^2}{8EI}$ ⑤ $\frac{Ml^2}{12EI}$

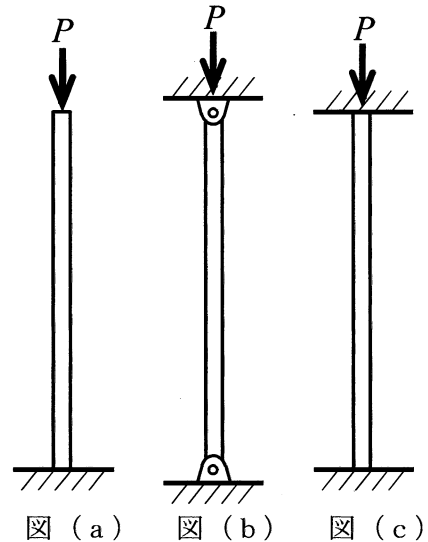
Ⅲ－７ 下図に示すように、中実丸棒の一端が剛体壁に固定され、他端にねじりモーメント T が作用している場合を考える。中実丸棒の直径が n 倍になると、中実丸棒に発生する最大せん断応力は k 倍になる。次のうち、 k として最も適切なものはどれか。



- ① $\frac{1}{n^4}$ ② $\frac{1}{n^3}$ ③ $\frac{1}{n^2}$ ④ $\frac{1}{n}$ ⑤ n

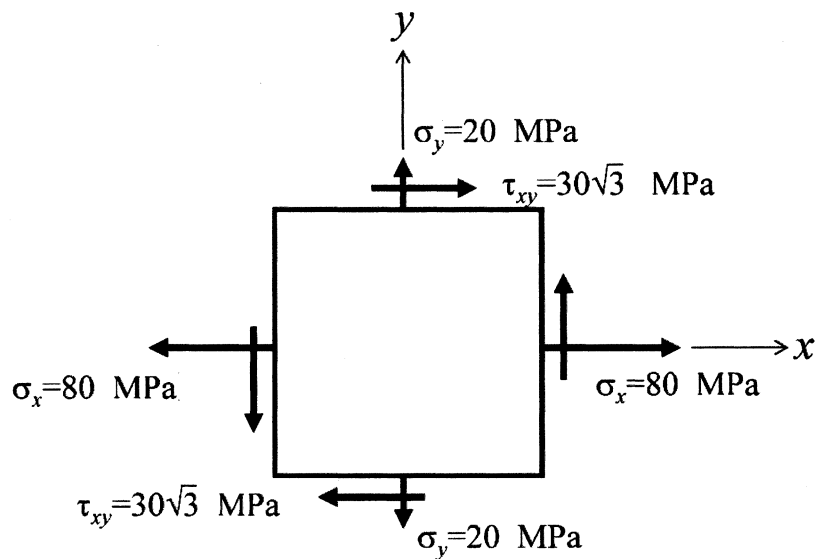
Ⅲ－８ 下図に示すように、曲げ剛性 EI 、長さ L の長柱に荷重 P を加える場合について、端部の固定条件を変えて座屈荷重を求めた。図（a）の場合、座屈荷重は $P_a = 10\text{kN}$ であった。図（b）の場合の座屈荷重 P_b と図（c）の場合の座屈荷重 P_c の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- ① $P_b = 160\text{kN}$, $P_c = 640\text{kN}$
- ② $P_b = 20\text{kN}$, $P_c = 40\text{kN}$
- ③ $P_b = 40\text{kN}$, $P_c = 20\text{kN}$
- ④ $P_b = 80\text{kN}$, $P_c = 320\text{kN}$
- ⑤ $P_b = 40\text{kN}$, $P_c = 160\text{kN}$



Ⅲ－９ 下図に示すように、平面応力状態となっている構造物の表面において、ある地点の応力状態が、 $\sigma_x = 80\text{MPa}$ 、 $\sigma_y = 20\text{MPa}$ 、 $\tau_{xy} = 30\sqrt{3}\text{MPa}$ であるとき、主せん断応力の絶対値に最も近い値はどれか。

- ① 10MPa
- ② 30MPa
- ③ 60MPa
- ④ 100MPa
- ⑤ 150MPa



Ⅲ－10 平均内径 $d = 370 \text{ mm}$ ，肉厚 $t = 2.5 \text{ mm}$ の薄肉円筒圧力容器に内圧 $p = 3.0 \text{ MPa}$ が作用するとき，容器の両端から十分離れた円筒部分に生じる円周方向応力 σ_θ と軸方向応力 σ_z の値の組合せとして，最も適切なものはどれか。

- ① $\sigma_\theta = 111 \text{ MPa}$, $\sigma_z = 55.5 \text{ MPa}$
- ② $\sigma_\theta = 444 \text{ MPa}$, $\sigma_z = 222 \text{ MPa}$
- ③ $\sigma_\theta = 222 \text{ MPa}$, $\sigma_z = 111 \text{ MPa}$
- ④ $\sigma_\theta = 111 \text{ MPa}$, $\sigma_z = 222 \text{ MPa}$
- ⑤ $\sigma_\theta = 55.5 \text{ MPa}$, $\sigma_z = 111 \text{ MPa}$

Ⅲ－11 伝達関数 $G(s) = \frac{(s^2 - 2s + 1)(s - 2)}{s(s + 2)(s^2 + 2s + 1)}$ の零点（又はゼロ点）と極（又は根）の組

合せとして，最も適切なものはどれか。ただし， s はラプラス変換のパラメータとする。
また，重解（又は重根）は1個とみなす。

- | | <u>零点</u> | <u>極</u> |
|---|-----------|-----------|
| ① | 0, -1, -2 | 1, 2 |
| ② | 0, -1, -2 | 0, 1, 2 |
| ③ | 1, 2 | 0, -1, -2 |
| ④ | 1, 2 | 0, 1, 2 |
| ⑤ | 0, 1, 2 | 0, -1, -2 |

Ⅲ－12 像関数 $F(s) = \frac{2}{s(s+2)}$ を逆ラプラス変換した原関数 $f(t) (t > 0)$ として、最も適切

なものはどれか。ただし、 s はラプラス変換のパラメータとする。なお、初期値はすべて 0 とする。

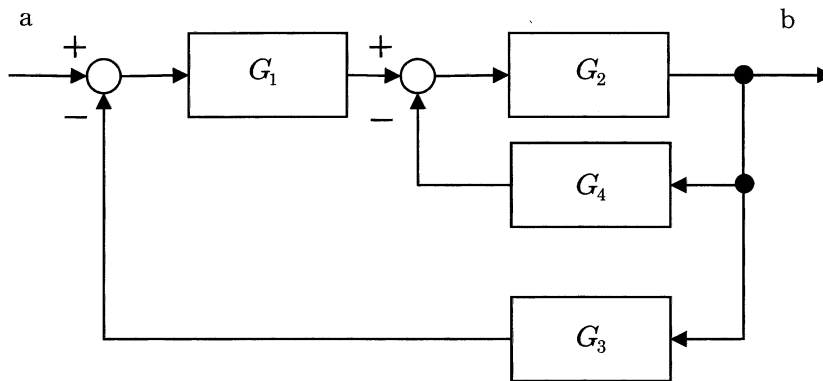
参考：ラプラス変換表

原関数 $f(t)$	$\delta(t)$	$u(t)$	e^{at}	$\sin \omega t$	$\sinh \omega t$	$e^{at} f(t)$
像関数 $F(s)$	1	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s-a}$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\frac{\omega}{s^2 - \omega^2}$	$F(s-a)$

ただし、 $\delta(t)$ はデルタ関数、 $u(t) = \begin{cases} 1 (t \geq 0) \\ 0 (t < 0) \end{cases}$ は単位ステップ関数である。

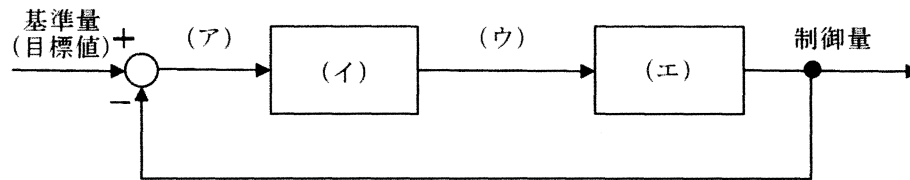
- ① $e^{-2t} - 1$ ② $e^{-t} - e^{-2t}$ ③ $2e^{-t} - 2e^{-2t}$ ④ $1 - 2e^{-t}$ ⑤ $1 - e^{-2t}$

Ⅲ－13 次のブロック線図で表される制御系において、a から b までの伝達関数として、最も適切なものはどれか。



- ① $G_1 + G_2 + G_3 + G_4$
- ② $\frac{G_3 + G_4}{G_1 + G_2}$
- ③ $\frac{G_3}{1 + G_1 + G_2 + G_3}$
- ④ $\frac{G_1 G_2}{1 + G_2 G_4 + G_1 G_2 G_3}$
- ⑤ $\frac{G_1 G_2}{1 + G_1 G_2 G_4 + G_1 G_2 G_3 G_4}$

Ⅲ－14 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。

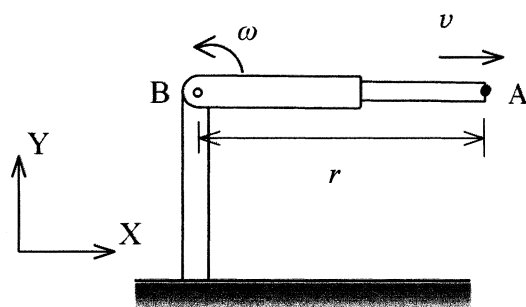


	ア	イ	ウ	エ
①	操作量	制御器	誤差	制御対象
②	操作量	制御対象	誤差	制御器
③	制御器	誤差	制御対象	操作量
④	誤差	制御対象	制御量	制御器
⑤	誤差	制御器	操作量	制御対象

Ⅲ－15 振動系における減衰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 減衰比は0より小さくなることはない。
- ② 減衰比は1より大きくなることはない。
- ③ 減衰が存在し，系が振動するとき，共振時の応答は有限の振幅になる。
- ④ 減衰が存在し，系が振動するとき，自由振動は時間とともにゼロに収束する。
- ⑤ 減衰が存在し，系が振動するとき，固有振動数は減衰が無いときに比べて小さくなる。

Ⅲ－16 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 $\begin{Bmatrix} v \\ r\omega \end{Bmatrix}$ ② $\begin{Bmatrix} v+r\omega \\ r\omega \end{Bmatrix}$ ③ $\begin{Bmatrix} v \\ 2r\omega \end{Bmatrix}$ ④ $\begin{Bmatrix} v+r\omega \\ 2r\omega \end{Bmatrix}$ ⑤ $\begin{Bmatrix} v-r\omega \\ r\omega \end{Bmatrix}$

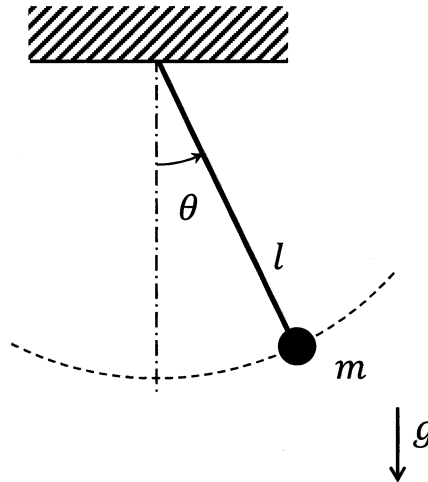
Ⅲ－17 横振動するはりの境界条件には、自由端、固定端、単純支持端などがある。以下はそれぞれの境界条件に適合する式を示したものである。条件式（A），（B），（C）と、境界条件の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、はりの長手方向の座標を x ，横方向の変位を $w(x,t)$ とし、 t は時間を表す。

$$(A) \begin{cases} w(x,t) = 0 \\ \frac{\partial w(x,t)}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad (B) \begin{cases} w(x,t) = 0 \\ \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x^2} = 0 \end{cases} \quad (C) \begin{cases} \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x^2} = 0 \\ \frac{\partial^3 w(x,t)}{\partial x^3} = 0 \end{cases}$$

<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
① 自由端	単純支持端	固定端
② 自由端	固定端	単純支持端
③ 単純支持端	固定端	自由端
④ 固定端	自由端	単純支持端
⑤ 固定端	単純支持端	自由端

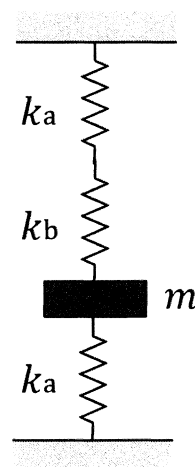
Ⅲ－18 下図のように、長さ l の軽い糸の先に質量 m のおもりをつけた単振り子に、最下点で水平に v_0 の初速を与える。 v_0 が小さいとき、おもりの運動は鉛直面内の最下点付近に限られ、 $\theta = A \sin(\omega t)$ で表される単振動となる。この振幅 A として最も適切なものはどれか。ただし、 ω は角振動数、 t は時間であり、 g は重力加速度とする。

- ① $\frac{2v_0}{\sqrt{lg}}$
- ② $\frac{v_0}{\sqrt{lg}}$
- ③ $\frac{\sqrt{lg}}{2v_0}$
- ④ $\frac{\sqrt{lg}}{v_0}$
- ⑤ $\sqrt{\frac{g}{l}}$



Ⅲ－19 下図のように、質量が無視できる3つのばね（ばね定数 k_a 、 k_b ）、及び質量 m のおもりからなる系がある。このおもりは、つりあいの位置を中心に上下に振動することができる。このときの固有角振動数として、最も適切なものはどれか。

- ① $\sqrt{\frac{k_a(k_a+2k_b)}{m(k_a+k_b)}}$
- ② $\sqrt{\frac{k_a(2k_a+k_b)}{m(k_a+2k_b)}}$
- ③ $\sqrt{\frac{k_a k_b}{m(k_a+2k_b)}}$
- ④ $\sqrt{\frac{2k_a+k_b}{m}}$
- ⑤ $\sqrt{\frac{k_a+2k_b}{m}}$

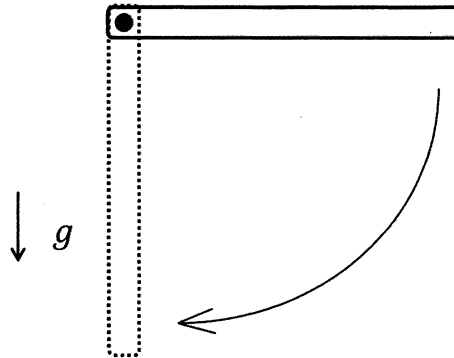


Ⅲ－20 質量 m ，半径 R の円板の直径を軸とする慣性モーメントとして，最も適切なものはどれか。なお，円板の密度及び厚さは一定で，厚さは，半径に比べて十分に薄いものとする。

- ① $\frac{mR^2}{12}$ ② $\frac{mR^2}{2}$ ③ $\frac{mR^2}{6}$ ④ $\frac{mR^2}{3}$ ⑤ $\frac{mR^2}{4}$

Ⅲ－21 下図のように，長さ l の一様な細い棒が，一端を軸として摩擦なしに回転できるようになっている。この棒を水平にして静止させ，次に静かに手を放して回転させる。このとき，鉛直になった瞬間における棒の角速度として，最も適切なものはどれか。ただし， g は重力加速度とする。

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



Ⅲ－22 下図のように，U字管において密度 ρ ，断面積 A ，長さ L の液柱が破線で示す静的なつり合い位置を中心に微小振動している。次のうち，この液柱の固有角振動数として，最も適切なものはどれか。ただし， g は重力加速度とし，管壁と液柱との間の摩擦は無視できるものとする。

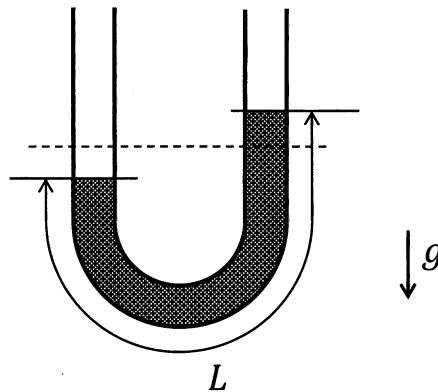
① $\sqrt{\frac{4g}{\rho AL}}$

② $\sqrt{\frac{2g}{L}}$

③ $\sqrt{\frac{g}{\rho AL}}$

④ $\sqrt{\frac{g}{L}}$

⑤ $\sqrt{\frac{4g}{L}}$



Ⅲ－23 魔法瓶の中に氷水が入っており，氷2.0kgがゆっくりと時間をかけて融解した。この間，氷水の温度は0℃であったとして，魔法瓶内部のエントロピー変化に最も近い値はどれか。ただし，氷の融解潜熱を334kJ/kgとする。

- ① 0.8kJ/K ② 1.2kJ/K ③ 1.6kJ/K ④ 2.0kJ/K ⑤ 2.4kJ/K

Ⅲ－24 下図は、ディーゼルサイクルの $p-V$ （圧力-体積）線図である。図中の 1, 2, 3, 4 は各行程の始点と終点を意味する。ディーゼルサイクルの理論熱効率として最も適切なものはどれか。ただし、1, 2, 3, 4 に対応する温度を T_1, T_2, T_3, T_4 とし、定圧比熱、定積比熱をそれぞれ c_p, c_v とする。

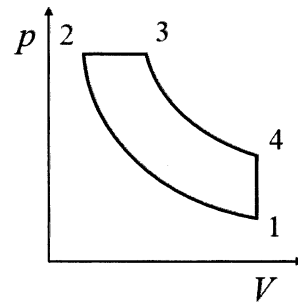
①
$$\frac{c_p(T_3 - T_2) - c_v(T_4 - T_1)}{c_v(T_4 - T_1)}$$

②
$$\frac{c_p(T_2 - T_3) - c_v(T_4 - T_1)}{c_v(T_4 - T_1)}$$

③
$$\frac{c_p(T_3 - T_2) - c_v(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)}$$

④
$$\frac{c_p(T_2 - T_3) - c_v(T_4 - T_1)}{c_p(T_2 - T_3)}$$

⑤
$$\frac{c_p(T_2 - T_3) - c_v(T_1 - T_4)}{c_v(T_4 - T_1)}$$

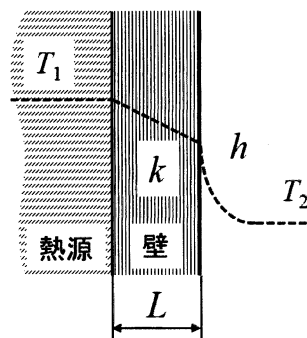


Ⅲ－25 比熱，温度伝導率（又は熱拡散率），比エンタルピーのSI単位の正しい組合せとして，最も適切なものはどれか。

	比熱	温度伝導率 (又は熱拡散率)	比エンタルピー
①	J / (kg・K)	W / (m・K)	J / kg
②	J / (kg・K)	m ² / s	J / kg
③	W / (kg・K)	m ² / s	W / kg
④	J / (m ³ ・K)	J / (m・K)	J / (kg・K)
⑤	J / (m ³ ・K)	W / (m ² ・K)	J / (kg・K)

Ⅲ－26 下図に示すように，一定温度 T_1 の熱源の表面に壁が設置されており，その壁の表面が温度 T_2 の外気にさらされている。壁の厚さを L ，熱伝導率を k ，壁表面での熱伝達率を h とするとき，定常状態において熱源から外気に伝わる熱流束として，最も適切なものはどれか。

- ① $\frac{kh}{hL+k}(T_1-T_2)$
- ② $\frac{kh}{hL+2k}(T_1-T_2)$
- ③ $\frac{hL+k}{L}(T_1-T_2)$
- ④ $\frac{2hL+k}{L}(T_1-T_2)$
- ⑤ $\frac{hL+2k}{L}(T_1-T_2)$



Ⅲ－27 大きさが $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ で成績係数 (COP : Coefficient of Performance) が 2 の冷凍庫を考える。この冷凍庫が厚さ 5 cm 、熱伝導率 $0.05\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ の断熱材で覆われている。冷凍庫の内壁面と断熱材の外表面の温度をそれぞれ -20°C 、 20°C で一定とするとき、年間の電力使用量に最も近い値はどれか。ただし、冷凍庫からの冷熱の散逸は6面すべてから均一に生じるものとする。

- ① 2.9 kWh ② 175 kWh ③ 526 kWh ④ 1050 kWh ⑤ 2100 kWh

Ⅲ－28 理想気体の断熱変化 (等エントロピー変化) では、圧力、体積、温度、比熱比をそれぞれ p 、 V 、 T 、 γ とすると、 pV^γ が一定となる関係が成立する。これより導かれる関係として、最も適切なものはどれか。

- ① $p^\gamma T^{\gamma-1}$ が一定
② $p^\gamma T^{1-\gamma}$ が一定
③ $p^\gamma T$ が一定
④ $p^{1-\gamma} T^\gamma$ が一定
⑤ $p^{\gamma-1} T^\gamma$ が一定

Ⅲ－29 無風の大気中を、新幹線が 300 km/h の速さで走行している。先頭車両のノーズ部分 (よどみ点) における大気圧からの圧力上昇として最も近い値はどれか。ただし、空気の密度を 1.2 kg/m^3 とする。

- ① 0.10 kPa ② 0.20 kPa ③ 4.2 kPa ④ 8.3 kPa ⑤ 54 kPa

Ⅲ－30 室内の空気を軸流ファンにより室外に排出している。室内の空気は静止しており、排出口では空気の流速は 15 m/s である。排出口の面積は 0.070 m^2 であり、室内と排出口での圧力は同じとみなしてよい。このファンの動力が 0.20 kW のとき、ファンのエネルギー効率として最も近い値はどれか。ただし、空気の密度は 1.2 kg/m^3 とし、管路での摩擦抵抗や流れの旋回は無視する。

- ① 0.04 ② 0.05 ③ 0.56 ④ 0.59 ⑤ 0.71

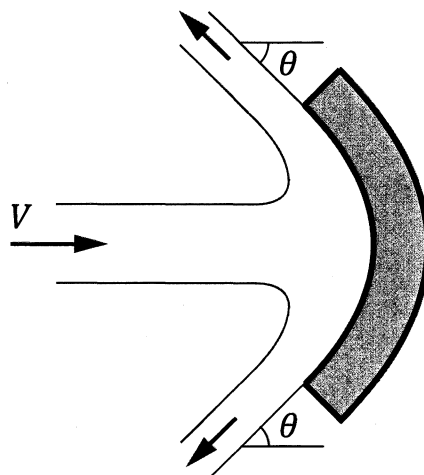
Ⅲ－31 流体力学に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 粘性のない流れをポテンシャル流れと呼ぶ。
- ② 強制渦は渦度の存在しない渦である。
- ③ ひずみと応力が比例関係にある流体をニュートン流体と呼ぶ。
- ④ 非圧縮性流体の連続の式は、流体の密度に依存しない形で与えられる。
- ⑤ 流線・流脈線・流跡線のすべてが一致することはない。

Ⅲ－32 あるジェットエンジンが稼働している。断面積 0.9m^2 のエンジン入口部から平均流速 50m/s で空気が流入し、断面積 0.4m^2 のエンジン出口部から燃焼ガスが流出している。エンジンに供給される燃料の質量流量は流入空気量の2%である。エンジン出口部における燃焼ガスの平均流速として最も近い値はどれか。ただし、空気と燃焼ガスの密度を、それぞれ 1.2kg/m^3 、 0.6kg/m^3 とする。

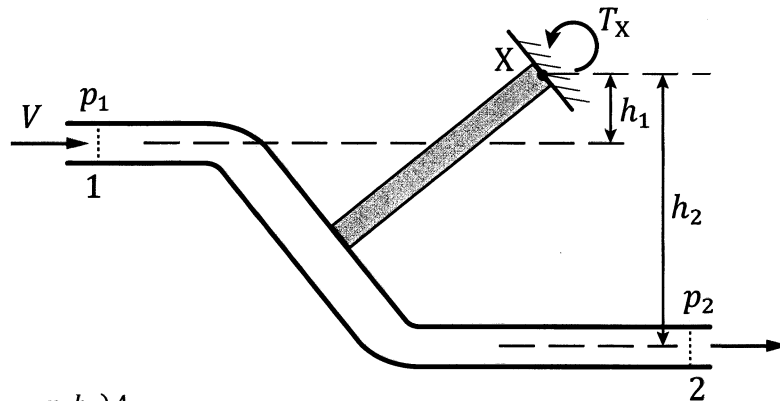
- ① 115m/s ② 138m/s ③ 230m/s ④ 270m/s ⑤ 340m/s

Ⅲ－33 下図に示すように、密度 ρ の流体が流速 V 、断面積 A の噴流となって、曲面状の壁に衝突して2方向に均等に分かれている。噴流の流出方向は曲面に沿っている。重力と粘性の影響を無視するとき、噴流が壁に及ぼす力の大きさを表す式として、最も適切なものはどれか。



- ① $\rho V^2 A (1 + \cos \theta)$
- ② $\rho V^2 A \left(1 + \frac{\cos \theta}{2}\right)$
- ③ $\rho V^2 A (1 - \cos \theta)$
- ④ $\rho V^2 A \left(1 + \frac{\sin \theta}{2}\right)$
- ⑤ $\rho V^2 A (1 + \sin \theta)$

Ⅲ－34 下図に示すように、断面積 A の曲り管が一体化した剛体棒を介して点 X で固定支持されている。曲り管の中には密度 ρ 、平均流速 V の液体が流れ、定常状態となっている。このとき、点 X に作用するトルク T_X を表す式として最も適切なものはどれか。ただし、断面 1 と断面 2 におけるゲージ圧をそれぞれ p_1 、 p_2 ($p_1 > p_2$) とし、断面 1 と断面 2 における中心軸と点 X の距離をそれぞれ h_1 、 h_2 とする。また、断面 1 と断面 2 にトルクは作用しないものとし、重力の影響は無視してよい。



- ① $(p_2 h_2 - p_1 h_1)A$
- ② $(p_2 h_2 - p_1 h_1)A + \rho V^2 A (h_2 - h_1)$
- ③ $\rho V^2 A (h_2 - h_1)$
- ④ $(p_2 h_2 - p_1 h_1)A - \rho V^2 A (h_2 - h_1)$
- ⑤ $(p_2 h_2 + p_1 h_1)A - \rho V^2 A (h_2 + h_1)$

Ⅲ－35 圧力こう配のない空気の一様流中で、流れに平行に置かれた半無限平板上に発達する境界層に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 境界層の特性を表現するために、粘性作用による流量の欠損を表す排除厚さや運動量の欠損を表す運動量厚さが用いられる。
- ② 平板の前縁から発達する層流境界層では、その厚さ δ が近似的に $\delta \approx 5.0\sqrt{\nu x/U}$ と表される。ただし、 x は平板先端からの距離であり、空気は x の正方向に流れている。また、流れ方向速度を U 、動粘性係数を ν とする。
- ③ 層流境界層は、平板に沿った流れ方向に次第に厚くなり、臨界レイノルズ数を超えると、乱流境界層となる。
- ④ 境界層の厚さは、速度が一様流の90%に達する位置で定義される。
- ⑤ 乱流境界層内には壁面の影響が著しい壁領域（内層）があり、内層はさらに3つの領域から成り、壁面側から粘性底層、緩和層（バッファ層）、対数層（対数領域）と呼ばれる。

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は①

段付き棒に蓄えられる弾性ひずみエネルギーは太い部分と細い部分の和となる[cite: 18]。それぞれの断面積を求めて計算し足し合わせると、 $5P^2 l / (2\pi d^2 E)$ が得られる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-2

正解は⑤

トラス部材の軸力と長さからひずみエネルギーを求めるか幾何学的適合条件を解く[cite: 18]。微小変位と部材の伸びの関係を整理することで、5の変位の式が導出される[cite: 18]。

●問題Ⅲ-3

正解は④

両端が剛体板で拘束されているため、円柱と円筒の全体の伸びは等しくなる[cite: 18]。各部材に生じる内力の総和がゼロとなる力のつり合い条件から計算すると、4の式が得られる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-4

正解は①

支点反力是对称性から両端ともPとなる[cite: 18]。中央断面におけるせん断力は反力と荷重が打ち消し合ってゼロとなり、曲げモーメントは反力によるモーメントから荷重分を引いてPlとなる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-5

正解は④

一様断面のはりにおいて曲げ応力は曲げモーメントに比例する[cite: 18]。等分布荷重による最大曲げモーメントは単純支持はりが8分の wl^2 、片持ちはりが2分の wl^2 となり、比は1対4となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-6

正解は②

先端に曲げモーメントMが作用する片持ちはりの曲げモーメントは全長でMとなる[cite: 18]。たわみの微分方程式を固定端の条件のもとで2回積分すると、最大たわみは $MI^2 / (2EI)$ となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-7

正解は②

中実丸軸に生じる最大せん断応力は極断面係数に反比例する[cite: 18]。円形断面の極断面係数は直径の3乗に比例するため、直径がn倍になると発生する最大せん断応力はnの3乗分の1倍となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-8

正解は⑤

オイラーの座屈荷重は有効座屈長さの2乗に反比例する[cite: 18]。一端固定他端自由に比べ、両端支持の座屈荷重は4倍の40kNとなり、両端固定の座屈荷重は16倍の160kNとなる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-9

正解は③

モールの応力円において主せん断応力は円の半径に等しい[cite: 18]。垂直応力の差の半分である30MPaとせん断応力から二乗和の平方根を計算すると、主せん断応力の絶対値は60MPaとなる[cite: 18]。

●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、円周方向応力は内圧と内径の積を肉厚の2倍で割った222MPaとなり、軸方向応力はその半分の111MPaとなる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-11

正解は③

分子多項式をゼロにする根が零点であり、分母多項式をゼロにする根が極である[cite: 18]。分子と分母をそれぞれ因数分解して重根を1個として数えると、零点は1と2、極は0と-1と-2となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-12

正解は⑤

与えられた像関数を部分分数分解すると、 s 分の1引く $(s+2)$ 分の1となる[cite: 18]。ラプラス変換表を参照して各項を逆変換すると、1引く e のマイナス $2t$ 乗が得られる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-13

正解は④

内側の局所フィードバックループを等価変換して整理し、前向き要素と直列に接続する[cite: 18]。これに外側のフィードバックループを合成して閉ループ伝達関数を求めると、4の式が導出される[cite: 18]。

●問題Ⅲ-14

正解は⑤

基準量とフィードバック信号の差が誤差であり、制御器がこれを受けて操作量を生成し、操作量が制御対象に加えられて制御量が出力されるという基本構成の対応となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-15

正解は②

減衰比が1より大きい状態は過減衰と呼ばれ、振動せずに指数関数的に平衡点へ収束する系として実際に存在する[cite: 18]。したがって1より大きくなることはないとする記述は誤りとなる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-16

正解は①

アーム先端の速度ベクトルは、アーム方向への伸長による相対速度と回転に伴う接線速度の合成となる[cite: 18]。アームが水平の瞬間では、 X 方向速度が v となり、 Y 方向速度が $r\omega$ となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-17

正解は⑤

境界条件の数式表現において、変位とたわみ角がゼロのAは固定端、変位と曲げモーメントがゼロのBは単純支持端、曲げモーメントとせん断力がゼロのCは自由端に対応する組み合わせとなる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-18

正解は②

単振り子の固有角振動数は $\sqrt{g/l}$ となる[cite: 18]。最下点における角速度は振幅と角振動数の積であり、初速 v_0 を糸の長さ l で割った値に等しいことから、振幅 A は $v_0/\sqrt{lg}$ となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-19

正解は①

ばねの接続配置から系全体の合成ばね定数を導出し、質量の平方根で割ることで固有角振動数を求める[cite: 18]。各ばね定数の直列および並列の関係を整理すると、1の式が得られる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-20

正解は⑤

円板の中心軸まわりの慣性モーメントは2分の mR^2 である[cite: 18]。垂直軸の定理を適用すると、対称性から直径を軸とする慣性モーメントはその半分の4分の mR^2 となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-21

正解は③

力学的エネルギー保存則を適用する[cite: 18]。棒が水平から鉛直になることで重心が2分の l 下降したときの位置エネルギーと、端点まわりの回転運動エネルギーを等置して解くと、ルート $(3g/l)$ となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-22

正解は②

液柱が変位 x 移動したときに生じる高低差 $2x$ による復元力と、液柱全体の質量による運動方程式を立てる[cite: 18]。固有角振動数の2乗が L 分の $2g$ となり、ルート $(2g/L)$ が得られる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-23

正解は⑤

氷が融解する際に吸収する熱量は質量と融解潜熱の積として求まる[cite: 18]。融解は 0°C すなわち 273K の等温変化であるため、熱量を絶対温度で割ることでエントロピー変化は約 2.4kJ/K となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-24

正解は③

ディーゼルサイクルは等圧給熱と等容放熱を行う[cite: 18]。理論熱効率は正味の仕事を供給熱量で割った値であり、供給熱量 $c_p(T_3-T_2)$ と放熱量 $c_v(T_4-T_1)$ を用いて表すと3の式となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-25

正解は②

比熱は単位質量・単位温度あたりの熱量、温度伝導率は熱拡散の広がりやすさ、比エンタルピーは単位質量あたりのエンタルピーであるため、2のSI単位の組み合わせとなる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-26

正解は①

壁内部の熱伝導抵抗と外気側の対流熱伝達抵抗を足し合わせると、全熱抵抗は kh 分の $(hL+k)$ となる[cite: 18]。熱流束はその逆数である熱通過率に温度差を乗じることで1の式となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-27

正解は④

6面の断熱材を通じた熱侵入量を熱伝導の法則から計算すると 240W となる[cite: 18]。これを成績係数2で割って消費電力を求め、年間の稼働時間を掛けることで約 1050kWh となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-28

正解は④

断熱変化の式に理想気体の状態方程式から体積を消去して代入する[cite: 18]。圧力と温度で関係式を整理すると、 p の $(1-\gamma)$ 乗かける T の γ 乗が一定となる関係式が導出される[cite: 18]。

●問題Ⅲ-29

正解は③

よどみ点における圧力上昇量は流体の動圧に等しい[cite: 18]。時速 300km を秒速に換算し、密度の2分の1に流速の2乗を掛ける公式に代入して計算すると、約 4.2kPa が得られる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-30

正解は⑤

排出口における空気の動圧と体積流量の積から、流体に与えた流体動力を算出する[cite: 18]。この有効動力をファンの消費動力である200Wで割ることで、エネルギー効率は約0.71となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-31

正解は④

非圧縮性流体では密度が一定であるため、連続の式は速度ベクトルの発散がゼロという密度を含まない形で表される[cite: 18]。したがって4の記述が最も適切となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-32

正解は③

入口の空気質量流量を計算し、燃料質量を加算して出口の総質量流量を求める[cite: 18]。これを出口断面積と燃焼ガス密度の積で割ることで、出口の平均流速は約230m/sと求まる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-33

正解は①

運動量の法則を適用する[cite: 18]。流入する流体の運動量流束と流出する流体の流れ方向成分の運動量流束の差から流体が受ける力を求め、その反作用を計算すると1の式となる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-34

正解は②

管路内の流体に対する角運動量保存則を適用する[cite: 18]。流入部と流出部の圧力によるモーメント差に流速に伴う運動量流束のモーメント差を加算することで、2のトルクの式が得られる[cite: 18]。

●問題Ⅲ-35

正解は④

平板上の境界層の厚さは、壁面からの速度が一様流速度の99%に達する位置までの距離として定義されるのが一般的であり、90%とする記述は誤りとなる[cite: 18]。