

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 A群の材料の力学的性質について、これらを評価するための適切な試験がB群にな
いものはどれか。

A群

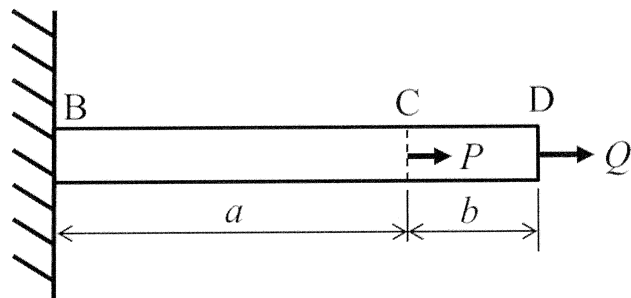
- ① 縦弾性係数 ② 硬さ ③ 延性-脆性遷移温度
④ 降伏点 ⑤ S-N線図

B群

引張試験, 疲労試験, クリープ試験, シャルピー衝撃試験, 破壊靱性試験

Ⅲ-2 下図に示すように、長さ $a+b$ 、断面積 A 、縦弾性係数 E の一樣断面な棒がある。そ
の棒は、左端Bで剛体壁に固定されている。棒のC点及びD点にそれぞれ軸力 P 、 Q を作
用させたとき、棒全体の伸びとして、最も適切なものはどれか。

- ① $\frac{Pa+Qb}{AE}$
② $\frac{P(a-b)+Qb}{AE}$
③ $\frac{P(a-b)+Q(a+b)}{AE}$
④ $\frac{P(a+b)+Q(a-b)}{AE}$
⑤ $\frac{Pa+Q(a+b)}{AE}$



Ⅲ－３ 下図に示すように、剛体棒A Bが滑節な節点Aで剛体壁に固定され、さらに、2本の同一な鋼線で天井から水平に支えられている。B点に下向きに荷重 P を負荷したとき、これら鋼線に生じる引張力 S_1 、 S_2 の組合せとして、最も適切なものはどれか。

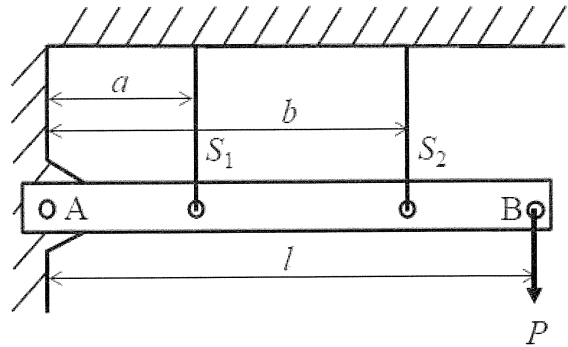
① $S_1 = \frac{l-b}{a-b}P$, $S_2 = -\frac{l-a}{a-b}P$

② $S_1 = -\frac{l+b}{a-b}P$, $S_2 = \frac{l+a}{a-b}P$

③ $S_1 = \frac{a}{l}P$, $S_2 = \frac{b}{l}P$

④ $S_1 = \frac{al}{a^2-b^2}P$, $S_2 = \frac{bl}{a^2-b^2}P$

⑤ $S_1 = \frac{al}{a^2+b^2}P$, $S_2 = \frac{bl}{a^2+b^2}P$



Ⅲ－４ 下図に示すように、長さが l の棒1と棒2が接合され、剛体壁で無理なく固定されている。棒1と棒2の縦弾性係数を E_1 、 E_2 、断面積を A_1 、 A_2 、線膨張係数を α_1 、 α_2 とする。それぞれの棒の温度を微小量 ΔT だけ上昇させたとき、棒1に発生する応力 σ_1 として、最も適切なものはどれか。

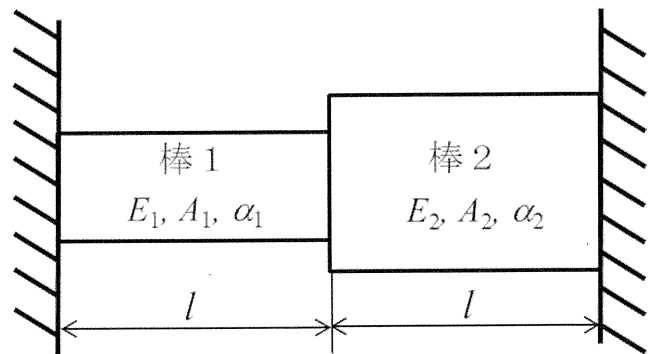
① $\sigma_1 = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 - A_2 E_2} \Delta T$

② $\sigma_1 = \frac{-(\alpha_1 + \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 - A_2 E_2} \Delta T$

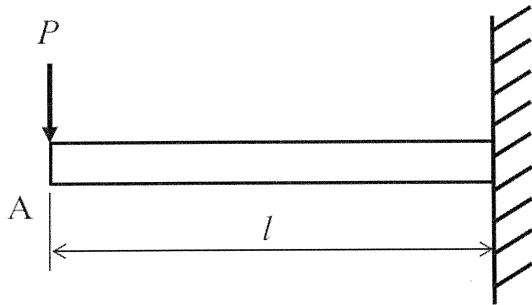
③ $\sigma_1 = \frac{-(\alpha_1 + \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} \Delta T$

④ $\sigma_1 = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} \Delta T$

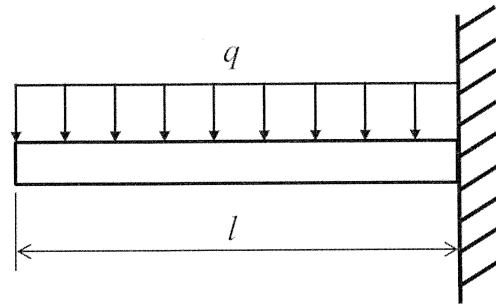
⑤ $\sigma_1 = \frac{-(\alpha_1 - \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} \Delta T$



Ⅲ－５ 長さ l の片持ちはりに対して、図（a）のように自由端（A点）に集中荷重 P を作用させる場合と、図（b）のように単位長さあたり q の等分布荷重を作用させる場合を考える。両者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）

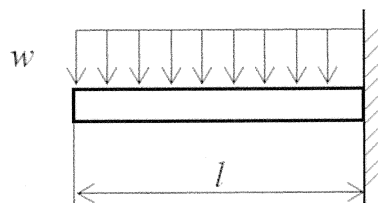


図（b）

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

Ⅲ－６ 下図に示すように、片持ちはりに等分布荷重 w を作用させている。自由端におけるたわみとして、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 $\frac{wl^4}{2EI}$
 ② $\frac{wl^4}{4EI}$
 ③ $\frac{wl^4}{8EI}$
 ④ $\frac{wl^4}{16EI}$
 ⑤ $\frac{wl^4}{32EI}$



Ⅲ－７ 下図に示すように、同一の材料でできた段付き丸棒の両端を固定し、段付き部にねじりモーメント T を負荷する。このとき、段付き部に生じるねじり角として、最も適切なものはどれか。ただし、材料の横弾性係数を G とする。

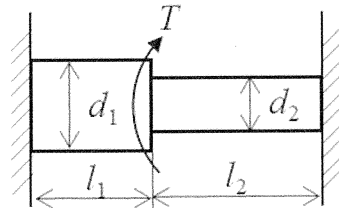
① $\frac{64Tl_1l_2}{\pi G(d_1^4l_1 + d_2^4l_2)}$

② $\frac{64Tl_1l_2}{\pi G(d_1^4l_2 + d_2^4l_1)}$

③ $\frac{32Tl_1l_2}{\pi G(d_1^4l_1 + d_2^4l_2)}$

④ $\frac{32Tl_1l_2}{\pi G(d_1^4l_2 + d_2^4l_1)}$

⑤ $\frac{16Tl_1l_2}{\pi G(d_1^4l_1 + d_2^4l_2)}$



Ⅲ－８ 下図に示すように、長さ l の柱の両端を固定する。A 点は上下に移動できる固定支持である。A 点から柱の長軸にそって圧縮荷重 P が作用するとき、座屈荷重 P_{cr} として、最も適切なものはどれか。ただし、この柱の曲げ剛性を EI とする。

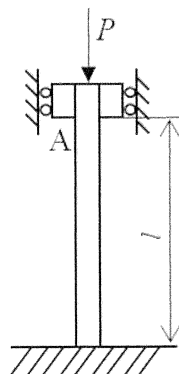
① $P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{l^2}$

② $P_{cr} = \frac{2\pi^2 EI}{l^2}$

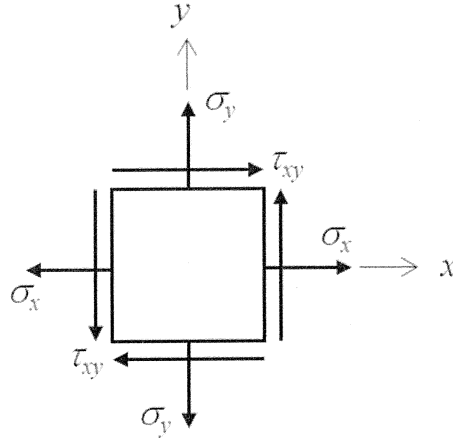
③ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$

④ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{2l^2}$

⑤ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$



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、応力 σ_x 、 σ_y 、 τ_{xy} を与えたとき、主せん断応力の絶対値が最も大きいものとして、最も適切なものはどれか。



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

Ⅲ－１０ 内径 $d = 120$ [mm]、厚さ $t = 2$ [mm]の薄肉の円筒状圧力容器がある。この容器に一樣な内圧を加え、端部から離れた円筒部中央の外壁における円筒軸方向のひずみを測定したところ、 32×10^{-6} であった。加えた内圧として、最も近い値はどれか。ただし、材料の縦弾性係数 $E = 206$ [GPa]、ポアソン比 $\nu = 0.3$ とする。

- ① 2.20 MPa
- ② 1.10 MPa
- ③ 0.55 MPa
- ④ 0.26 MPa
- ⑤ 0.13 MPa

Ⅲ-11 下図のようなフィードバック制御系を考える。ここに、 $X(s)$ 、 $Y(s)$ はそれぞれ入力、出力である。伝達関数 $G(s)$ が

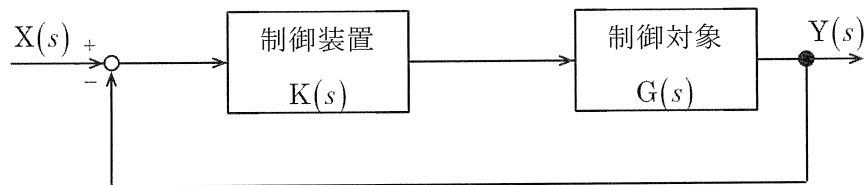
$$G(s) = \frac{2s+1}{s^2+s+1}$$

の制御対象に対して、次式の制御装置 $K(s)$ を設計する。

$$K(s) = k_1s + k_0$$

閉ループ系の極を $-2/3$ と -1 に配置して、系を安定化するための係数 k_0 、 k_1 の組合せとして、最も適切なものはどれか。なお、閉ループ系の特性方程式は次式で与えられる。

$$1 + K(s)G(s) = 0$$



- ① $k_0 = 4, k_1 = 5$
- ② $k_0 = 5, k_1 = 4$
- ③ $k_0 = -5/7, k_1 = -2/7$
- ④ $k_0 = 5/7, k_1 = 2/7$
- ⑤ $k_0 = -2/7, k_1 = -5/7$

Ⅲ-12 時間関数 $f(t)$ のラプラス変換が $F(s) = \frac{1}{s^2 - s - 6}$ であるとき、 $f(t)$ として、最も

適切なものはどれか。

参考：ラプラス変換表

| 時間関数： $f(t)$ | $\delta(t)$ | $u(t)$ | e^{at} | $\sin \omega t$ | $\cos \omega t$ | $e^{at} f(t)$ |
|----------------------------|-------------|---------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------|---------------|
| $f(t)$ のラプラス 変換： $F(s)$ | 1 | $\frac{1}{s}$ | $\frac{1}{s-a}$ | $\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$ | $\frac{s}{s^2 + \omega^2}$ | $F(s-a)$ |

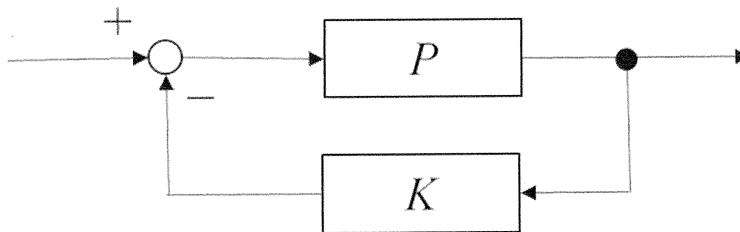
ただし、 $\delta(t)$ はデルタ関数、 $u(t) = \begin{cases} 1 & (t \geq 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases}$ は単位ステップ関数である。

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

Ⅲ-13 下図に示すように、閉ループ系が制御対象 P とコントローラ K で構成されている。

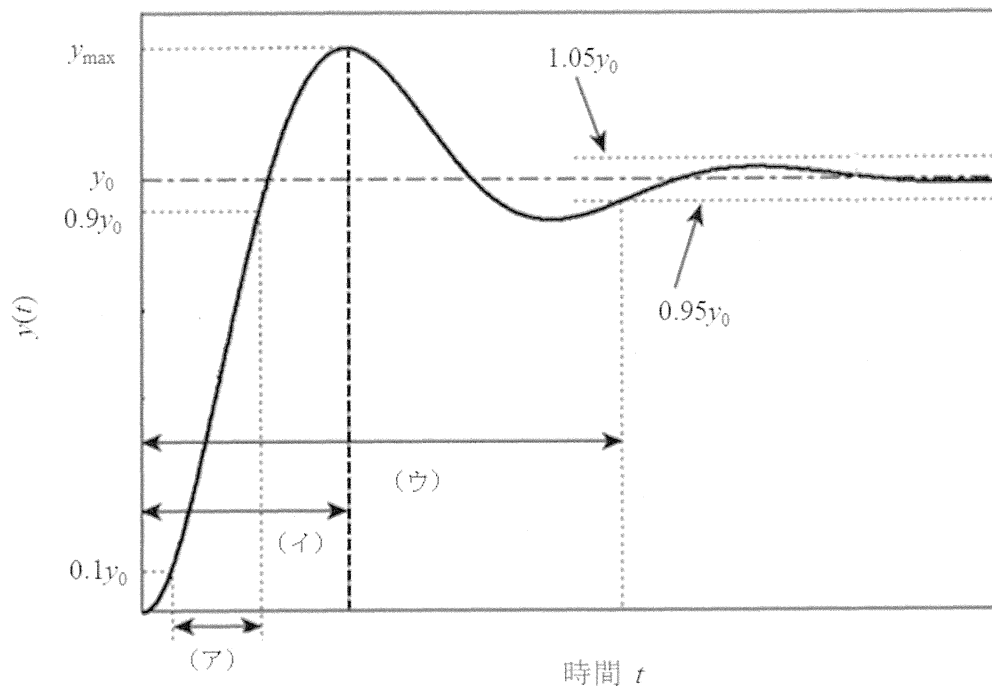
この系の全ての特性根として、最も適切なものはどれか。ただし、 P と K はそれぞれ次式で表される。

$$P = \frac{s+1}{s+3}, K = \frac{5}{s+1}$$



- ① $s = -1, -8$ ② $s = 1, 8$ ③ $s = -1, -3$ ④ $s = -1$ ⑤ $s = -8$

Ⅲ-14 下図に示すように、ある動的システムのステップ応答がある。図中の(ア)～(ウ)に当てはまる語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。ここで、 y_0 は定常値である。



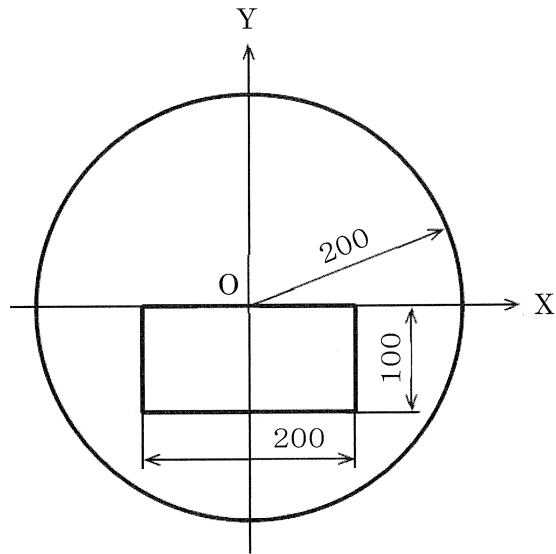
- | | ア | イ | ウ |
|---|---------|---------|---------|
| ① | 遅れ時間 | 立ち上がり時間 | 行き過ぎ時間 |
| ② | 遅れ時間 | 立ち上がり時間 | 整定時間 |
| ③ | 遅れ時間 | 行き過ぎ時間 | 立ち上がり時間 |
| ④ | 立ち上がり時間 | 行き過ぎ時間 | 遅れ時間 |
| ⑤ | 立ち上がり時間 | 行き過ぎ時間 | 整定時間 |

Ⅲ-15 振動系における減衰の説明として、最も不適切なものはどれか。

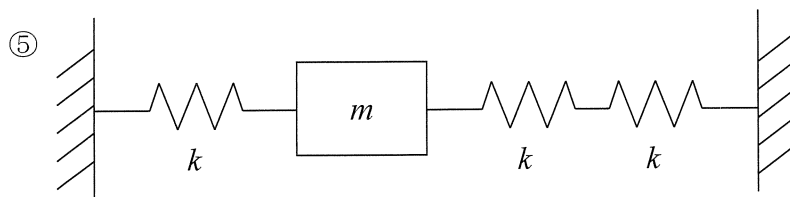
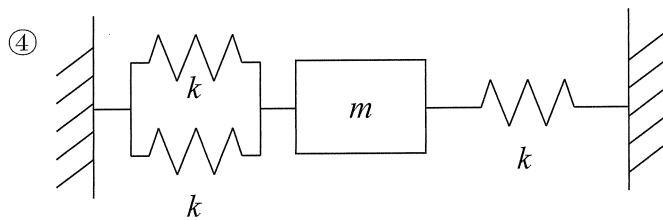
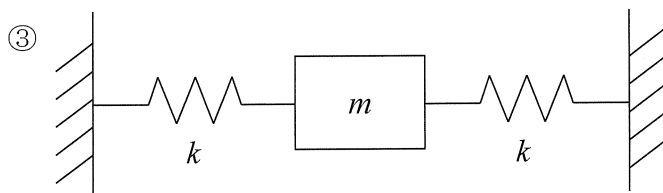
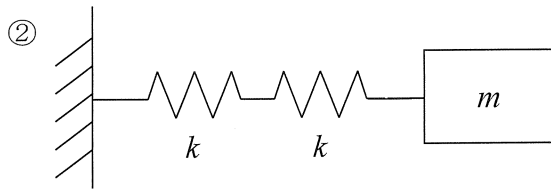
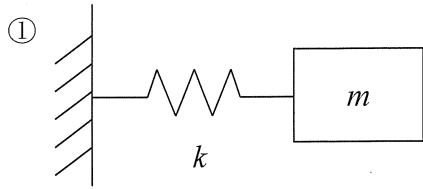
- ① 減衰が存在するとき、共振時の応答は有限の振幅になる。
- ② 減衰が存在するとき、自由振動は時間とともにゼロに収束する。
- ③ 減衰が大きい場合は、減衰が無い場合に比べて共振周波数は小さくなる。
- ④ 減衰比が1より大きいときを過減衰という。
- ⑤ 減衰比は(力/速度)の次元を持つ。

Ⅲ-16 下図に示すように、厚さ5mm、半径200mmの一様材質の円板に、200mm×100mmの長方形の穴が左右対称（図ではY軸に対称）に空いている。図中の座標系の原点Oは円板の中心に一致している。この穴が空いている円板の重心Gの座標 (X_G, Y_G) [mm]として、最も適切なものはどれか。

- ① (0, -50)
- ② (0, -9.5)
- ③ (0, 0)
- ④ (0, 9.5)
- ⑤ (0, 50)



Ⅲ-17 以下の1自由度振動系の中で、固有振動数が最も高くなるものとして、最も適切なものはどれか。ただし、すべてのばねのばね定数は k 、質量は m である。



Ⅲ-18 下図に示すように、質量 m 、半径 r の一様材質で均一な厚さの円板が、壁とばね定数 k のばねで接続され、床面を滑らずに転がりながら振動している。この振動系の固有角振動数として、最も適切なものはどれか。

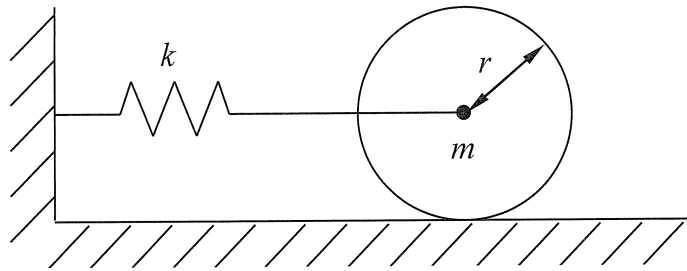
① $\sqrt{\frac{2k}{3m}}$

② $\sqrt{\frac{4k}{3m}}$

③ $\sqrt{\frac{2k}{m}}$

④ $\sqrt{\frac{k}{m}}$

⑤ $\sqrt{\frac{k}{2m}}$



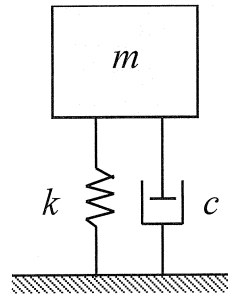
Ⅲ-19 外力によって生じる振動に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

系が外部から加振されて調和振動するとき、加振力の振幅が一定でもその振動数により、振動の振幅が変化し、ある振動数で振幅が ア になる。この現象を イ という。この現象が生じる振動数を ウ という。 イ では、加振の開始とともに発生した振動が時間とともに増大し、その振幅は、不減衰系では エ になる。

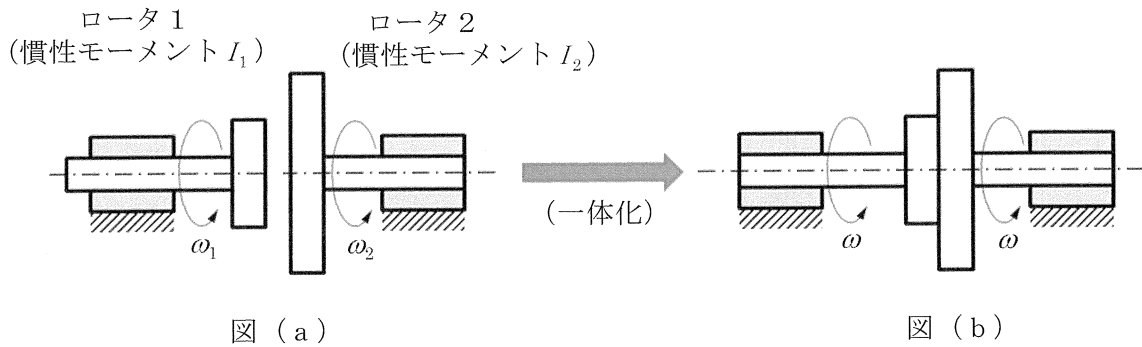
| | ア | イ | ウ | エ |
|---|----|------|-------|------|
| ① | 極大 | 共振 | 固有振動数 | 有限な値 |
| ② | 極大 | 共振 | 共振振動数 | 無限大 |
| ③ | 極大 | 強制振動 | 共振振動数 | 無限大 |
| ④ | 零 | 共振 | 励振振動数 | 無限大 |
| ⑤ | 零 | 強制振動 | 固有振動数 | 有限な値 |

Ⅲ-20 下図の1自由度振動系において、質量 m が10kg、ばね定数 k が1000N/m、減衰係数 c が20Ns/mのとき、減衰比として、最も近い値はどれか。

- ① 0.01
- ② 0.02
- ③ 0.1
- ④ 0.2
- ⑤ 0.5



Ⅲ-21 図(a)に示すように、2つのロータ1及びロータ2が同じ軸まわりにそれぞれ角速度 $\omega_1 = 50$ [rad/s] 及び $\omega_2 = 20$ [rad/s]で回転している。ロータ1及びロータ2の回転軸まわりの慣性モーメントはそれぞれ $I_1 = 1$ [kg·m²]及び $I_2 = 2$ [kg·m²]である。その後、図(b)に示すように、ロータ1を軸方向に移動させて2つのロータを瞬間的に一体化した。一体化後の角速度 ω [rad/s]として、最も適切なものはどれか。



- ① 20 rad/s
- ② 25 rad/s
- ③ 30 rad/s
- ④ 35 rad/s
- ⑤ 40 rad/s

Ⅲ－22 均質な一様断面のはりの曲げ振動を表す運動方程式として、最も適切なものはどれか。ただし、時間を t 、はりの密度を ρ 、曲げ剛性を B 、断面積を A 、長手方向の位置を x 、その位置の曲げ変位を w とする。

$$\textcircled{1} \quad \rho A \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + B \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = 0$$

$$\textcircled{2} \quad \rho A \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + B \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0$$

$$\textcircled{3} \quad \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + B \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0$$

$$\textcircled{4} \quad \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + B \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0$$

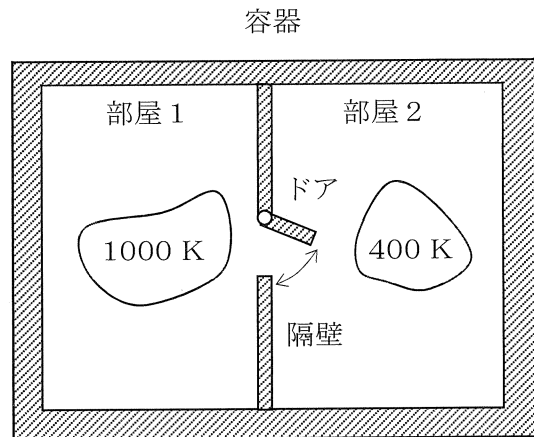
$$\textcircled{5} \quad \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + B \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = 0$$

Ⅲ－23 水が鉛直に250m落下し、滝つぼの底の岩を打っている。水の温度の上昇量として、最も近い値はどれか。ただし、重力加速度は 9.8 m/s^2 、水の比熱は $4.2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ であり、水の蒸発や岩への伝熱などに伴う熱損失を無視する。

- ① 0.06 K ② 0.1 K ③ 0.2 K ④ 0.6 K ⑤ 1.8 K

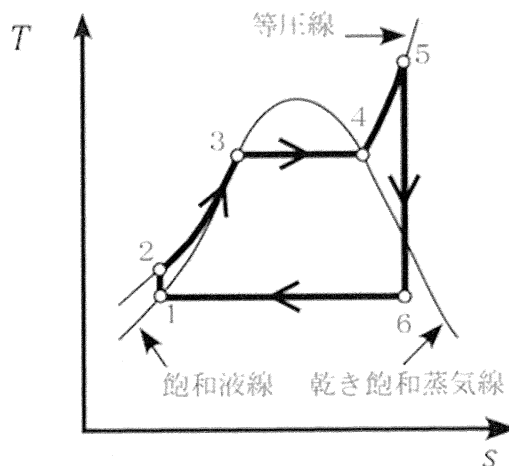
Ⅲ-24 下図のように、断熱された容器が熱を通さない隔壁と開閉できるドアで2つの部屋に仕切られている。それぞれの部屋の中には温度が1000Kと400Kの物体が置かれている。これら2つの物体の熱容量は十分大きいため、それぞれの温度変化は無視できるものとする。はじめは閉まっていたドアをある時刻に開いて、高温物体から低温物体へ10kJの熱が移動したところでドアを閉めた。このとき、容器全体のエントロピー変化量として、最も近い値はどれか。

- ① -10 J/K
- ② -1.0 J/K
- ③ 5.0 J/K
- ④ 15 J/K
- ⑤ 25 J/K



Ⅲ-25 下図に示すように、ある蒸気サイクルの $T-s$ 線図を考える。図中の番号を付した状態点 i ($i = 1 \sim 6$)の比エンタルピーを h_i とすると、理論熱効率 η を表す式として、最も適切なものはどれか。

- ① $\eta = \frac{(h_5 - h_6) - (h_2 - h_1)}{h_5 - h_1}$
- ② $\eta = \frac{(h_5 - h_6) - (h_2 - h_1)}{h_5 - h_2}$
- ③ $\eta = \frac{(h_5 - h_6) - (h_3 - h_1)}{h_5 - h_2}$
- ④ $\eta = \frac{(h_5 - h_1) - (h_2 - h_1)}{h_5 - h_6}$
- ⑤ $\eta = \frac{(h_5 - h_1) - (h_3 - h_1)}{h_5 - h_1}$



Ⅲ－26 理想気体に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 一般ガス定数は、気体の種類によらず一定である。
- ② 比熱比は、定圧比熱を定容比熱で割った値である。
- ③ 3原子分子の比熱比は、2原子分子の比熱比よりも大きい。
- ④ 温度一定の状態では、圧力と容積の積が一定である。
- ⑤ 標準状態における理想気体の容積は、気体のモル数が同じであれば等しい。

Ⅲ－27 幅2 m、高さ2 m、厚さ30mmのコンクリート壁において、片面の表面温度が32℃、もう一方の面の表面温度が4℃で一定となっている。このとき、壁を通過する単位時間あたりの熱量として、最も近い値はどれか。ただし、コンクリート壁の熱伝導率を1.8 W/(m・K)とする。

- ① 6.7 kW ② 3.7 kW ③ 3.4 kW ④ 1.7 kW ⑤ 0.7 kW

Ⅲ－28 向流型熱交換器において、高温側流体の入口温度と出口温度がそれぞれ100℃、75℃、低温側流体の入口温度と出口温度がそれぞれ15℃、55℃となっている。このとき、高温側流体と低温側流体の対数平均温度差として、最も近い値はどれか。ただし、必要に応じて、 $\log 2 = 0.693$ 、 $\log 3 = 1.10$ 、 $\log 5 = 1.61$ (\log は自然対数を表す)を用いよ。

- ① 52 K ② 45 K ③ 40 K ④ 33 K ⑤ 29 K

Ⅲ－29 室温20℃の大きな部屋で、表面温度427℃、放射率0.7の平板を20℃の空気により強制的に冷却している。平板表面での対流熱伝達率を20W/(m²・K)とするとき、平板から放熱される熱流束として、最も近い値はどれか。ただし、平板の裏面と側面は断熱されているものとする。また、ステファン・ボルツマン定数は 5.67×10^{-8} W/(m²・K⁴)である。

- ① 1 kW/m²
- ② 9 kW/m²
- ③ 17 kW/m²
- ④ 21 kW/m²
- ⑤ 30 kW/m²

Ⅲ-30 xy 平面上の2次元非圧縮性流れにおいて、 x 方向の速度 u が次式で与えられている。

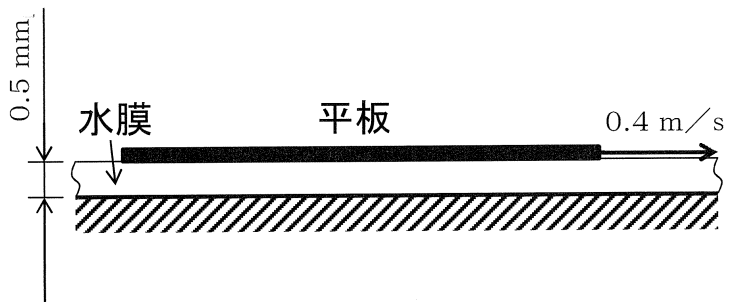
$$u = x^2 + xy$$

このとき、 y 方向の速度 v の必要条件を満たすものはどれか。

- ① $v = -2xy - \frac{1}{2}y^2$
- ② $v = -xy - \frac{1}{2}y^2$
- ③ $v = -2x - y$
- ④ $v = y - 2xy - \frac{1}{2}y^2$
- ⑤ $v = -\frac{1}{2}y^2$

Ⅲ-31 下図に示すように、水平な床の上に厚さ0.5mmの水膜がある。その上に重さの無視できる0.5m×0.5mの平板を浮かべ、水平方向に0.4m/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として、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してよい。

- ① 0.02 W
- ② 0.08 W
- ③ 0.2 W
- ④ 0.8 W
- ⑤ 8 W



Ⅲ－32 xy 平面上の2次元流れにおいて、速度ベクトルの x 方向成分 u 、 y 方向成分 v がそれぞれ、

$$u = A(x + y), \quad v = A(x - y)$$

と表されているとき、 xy 平面に直交する方向の渦度として、最も適切なものはどれか。ただし、 A は定数とする。

- ① A ② $2A$ ③ $-A$ ④ $-2A$ ⑤ 0

Ⅲ－33 高度4000mの上空を時速950kmで飛行する航空機の先端部（よどみ点）における圧力上昇として、最も近い値はどれか。ここで、温度 0°C 、気圧1013hPaでの空気の密度は $1.29\text{kg}/\text{m}^3$ とし、高度4000m上空の空気の温度は 4°C 、気圧は632hPaとする。

- ① 36 hPa ② 54 hPa ③ 270 hPa ④ 450 hPa ⑤ 3600 hPa

Ⅲ－34 かき混ぜた水の表面にアルミ粉末を一様に撒いて、長時間露出により水面を撮影した。この静止画像から得られる流れ場の情報として、最も近いものはどれか。

- ① 流線 ② 流脈線 ③ 渦管 ④ 速度ポテンシャル ⑤ 流跡線

Ⅲ－35 圧力101kPa、温度 20°C の静止した空気中を、直径30mmの球が速度 $U=160$ [km/h]で飛んでいる。この球に働く抗力 D として、最も近い値はどれか。ただし、球

の抗力係数は $C_D = \frac{D}{0.5\rho U^2 S} = 0.4$ で、 ρ は空気の密度で $1.204\text{kg}/\text{m}^3$ 、 S は球の投影面積

である。

- ① 340 kN ② 340 N ③ 45 N ④ 0.34 N ⑤ 0.17 N