

平成27年度技術士第一次試験問題〔専門科目〕

【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 A群の用語と関連の深い用語をB群の中から選んだとき、A群の用語の中で対応する適切な用語がB群にないものはどれか。

A群

- ① 応力集中係数 ② 降伏応力 ③ 縦弾性係数
④ 座屈荷重 ⑤ 主応力

B群

ミーゼスの条件, フックの法則, モールの応力円,
オイラーの理論, カスティリアノの定理

Ⅲ-2 下図に示すように、一様な断面積 A の棒に軸方向の引張荷重 P が作用するとき、棒の軸方向に対して面法線が θ の角度を持った仮想断面を考える。この仮想断面における垂直応力 σ とせん断応力 τ として、最も適切なものはどれか。

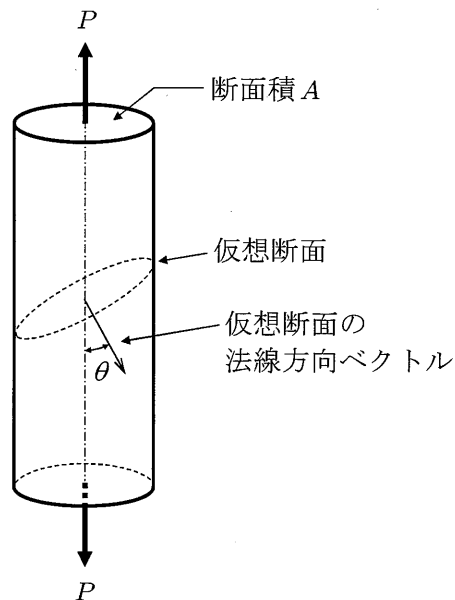
① $\sigma = \frac{P}{A} \cos \theta, \quad \tau = \frac{P}{A} \sin \theta$

② $\sigma = \frac{P}{A} \sin \theta, \quad \tau = \frac{P}{A} \cos \theta$

③ $\sigma = \frac{P}{A} \cos^2 \theta, \quad \tau = \frac{P}{A} \cos \theta \sin \theta$

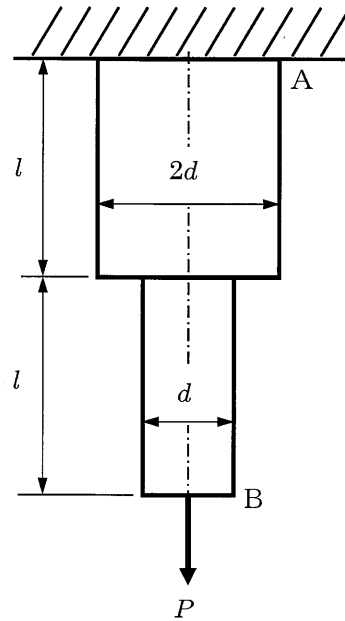
④ $\sigma = \frac{P}{A} \cos \theta \sin \theta, \quad \tau = \frac{P}{A} \sin^2 \theta$

⑤ $\sigma = \frac{P}{A} \cos^2 \theta, \quad \tau = \frac{P}{A} \sin^2 \theta$



Ⅲ－3 下図に示すように、段付き丸棒の上端を天井（A点）に固定して鉛直につり下げた状態で、下端（B点）に軸荷重 P が作用するとき、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 $U = \frac{P^2 l}{2\pi d^2 E}$ ② $U = \frac{P^2 l}{\pi d^2 E}$ ③ $U = \frac{2P^2 l}{\pi d^2 E}$
- ④ $U = \frac{5P^2 l}{2\pi d^2 E}$ ⑤ $U = \frac{5P^2 l}{\pi d^2 E}$



Ⅲ-4 下図に示すように、長さ l の一様断面の棒の一端を剛体壁（A点）に固定した。他端（B点）と剛体壁（C点）の間には、平行な隙間 δ （ $\delta \ll l$ ）がある。この初期状態から棒の温度を上昇させ隙間 δ が0となる時の温度上昇量 ΔT_1 と、 ΔT_1 よりさらに棒の温度を上昇させて初期状態からの温度上昇量が ΔT_2 となったときに棒に生じる熱応力 σ の組合せとして最も適切なものはどれか。ただし、棒の線膨張係数を α 、縦弾性係数を E とする。

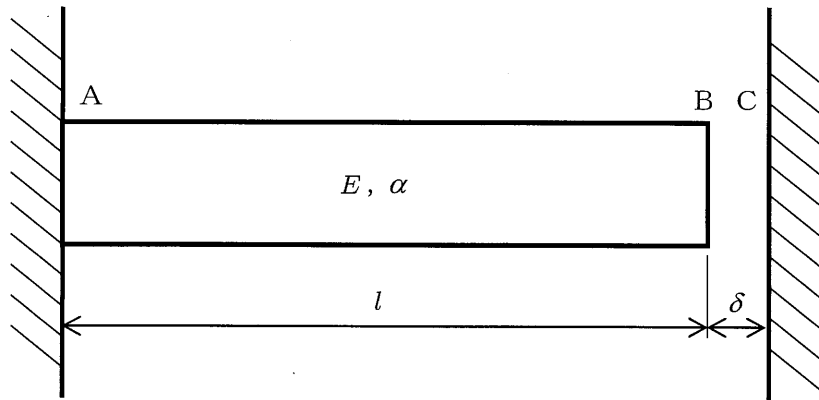
① $\Delta T_1 = \frac{l}{\alpha\delta}$, $\sigma = -E\alpha\Delta T_2$

② $\Delta T_1 = \frac{\alpha\delta}{l}$, $\sigma = -E\alpha(\Delta T_2 - \Delta T_1)$

③ $\Delta T_1 = \frac{\delta}{\alpha l}$, $\sigma = -E\alpha\Delta T_2$

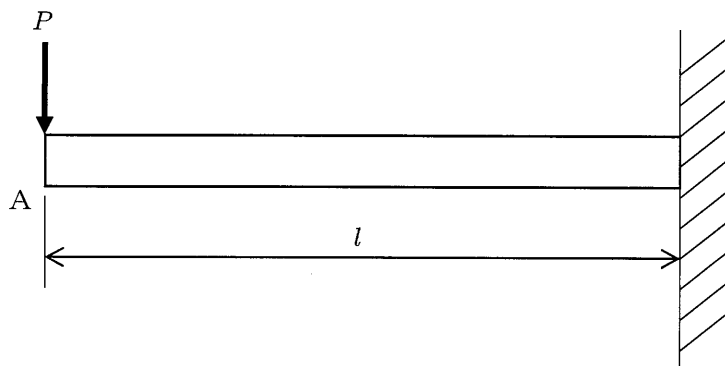
④ $\Delta T_1 = \frac{\delta}{\alpha l}$, $\sigma = -E\alpha(\Delta T_2 - \Delta T_1)$

⑤ $\Delta T_1 = \frac{\alpha\delta}{l}$, $\sigma = -E\alpha\Delta T_2$



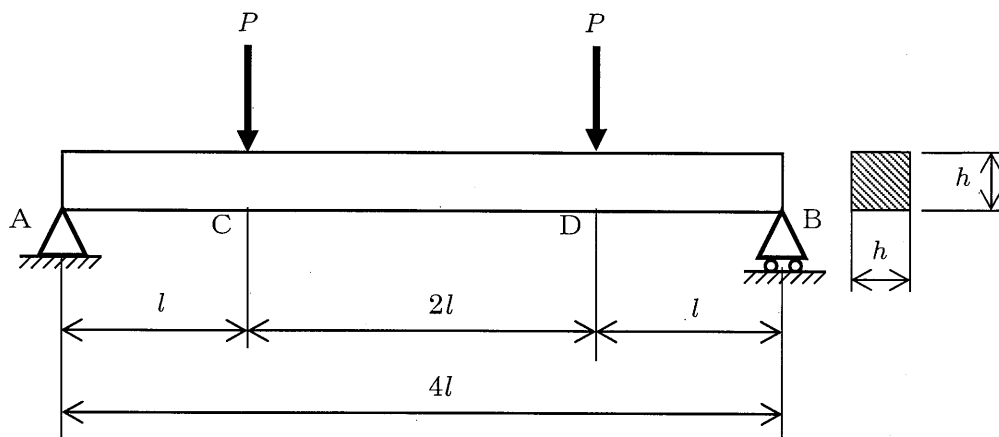
Ⅲ－５ 下図に示すように、長さ l の片持ちはりの先端（自由端、A点）に集中荷重 P が作用している。はりの最大たわみ y_{\max} として、最も適切なものはどれか。なお、はりの曲げ剛性を EI とする。

- ① $y_{\max} = \frac{5Pl^3}{48EI}$ ② $y_{\max} = \frac{Pl^3}{6EI}$ ③ $y_{\max} = \frac{Pl^3}{3EI}$
 ④ $y_{\max} = \frac{2Pl^3}{3EI}$ ⑤ $y_{\max} = \frac{Pl^3}{EI}$



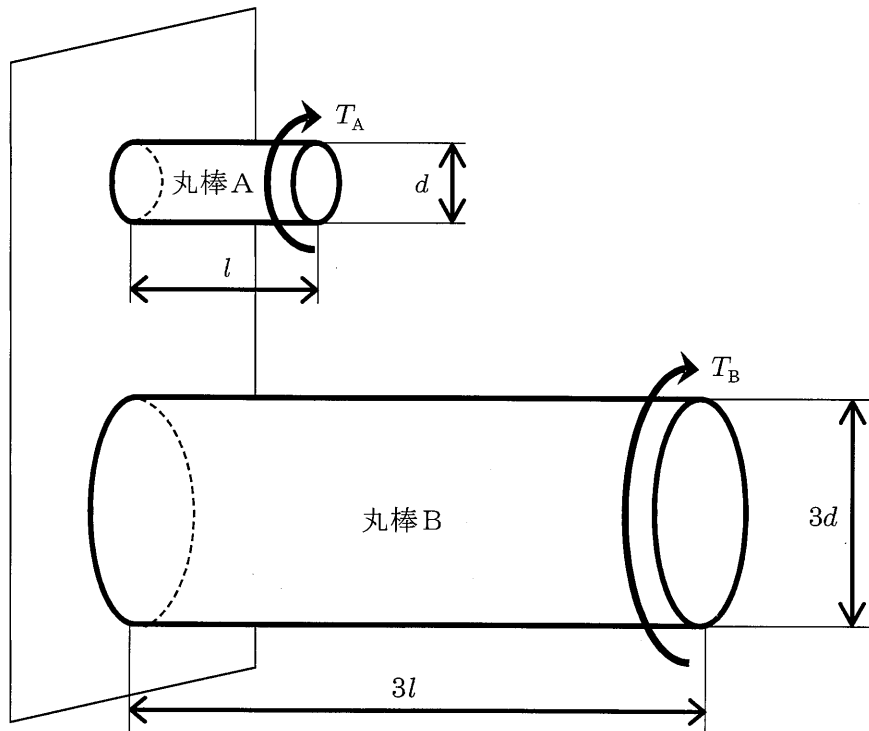
Ⅲ－６ 下図に示すように、長さ $4l$ 、一辺の長さ h の正方形断面のはりにA点から l 、B点から l の2か所の位置（C点、D点）に集中荷重 P が作用している。はりの中央（端から $2l$ の位置）に発生する最大曲げ応力 σ_{\max} として、最も適切なものはどれか。

- ① $\sigma_{\max} = \frac{6Pl}{h^3}$ ② $\sigma_{\max} = \frac{4Pl}{h^3}$ ③ $\sigma_{\max} = \frac{Pl}{h^3}$
 ④ $\sigma_{\max} = \frac{Pl}{2h^3}$ ⑤ $\sigma_{\max} = \frac{Pl}{4h^3}$



Ⅲ-7 下図に示すように、同一材質の丸棒A（直径 d 、長さ l ）と丸棒B（直径 $3d$ 、長さ $3l$ ）の一端が剛体壁に固定され、他端にねじりモーメント T_A と T_B がそれぞれ作用しているとき、丸棒Aと丸棒Bの両端間のねじれ角が等しくなった。このとき、ねじりモーメントの比 T_A/T_B に最も近い値はどれか。

- ① $1/243$ ② $1/81$ ③ $1/27$ ④ $1/9$ ⑤ $1/3$

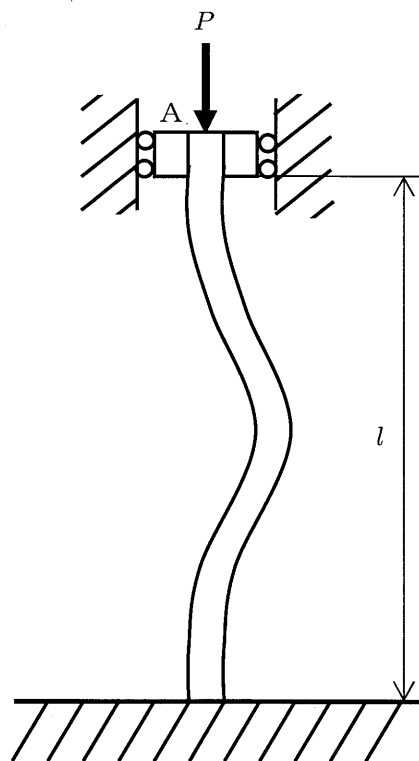


Ⅲ－８ 内圧 $p=0.5$ [MPa] まで耐えられる内径 $d=6$ [m] の薄肉球殻容器を設計したい。この容器の材料の許容引張応力を $\sigma_a=250$ [MPa] とするとき、最小の肉厚 t に最も近い値はどれか。

- ① 1.5 mm ② 3 mm ③ 4 mm ④ 6 mm ⑤ 9 mm

Ⅲ－９ 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）。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。なお、縦弾性係数を E 、断面二次モーメントを I とする。

- ① $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$ ② $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{2l^2}$ ③ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$
 ④ $P_{cr} = \frac{2\pi^2 EI}{l^2}$ ⑤ $P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{l^2}$



Ⅲ-10 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、 $\sigma_x = 100$ [MPa]、 $\sigma_y = 40$ [MPa]、 $\tau_{xy} = 80$ [MPa]であるとき、主応力 σ_1 、 σ_2 に、それぞれ最も近い値はどれか。

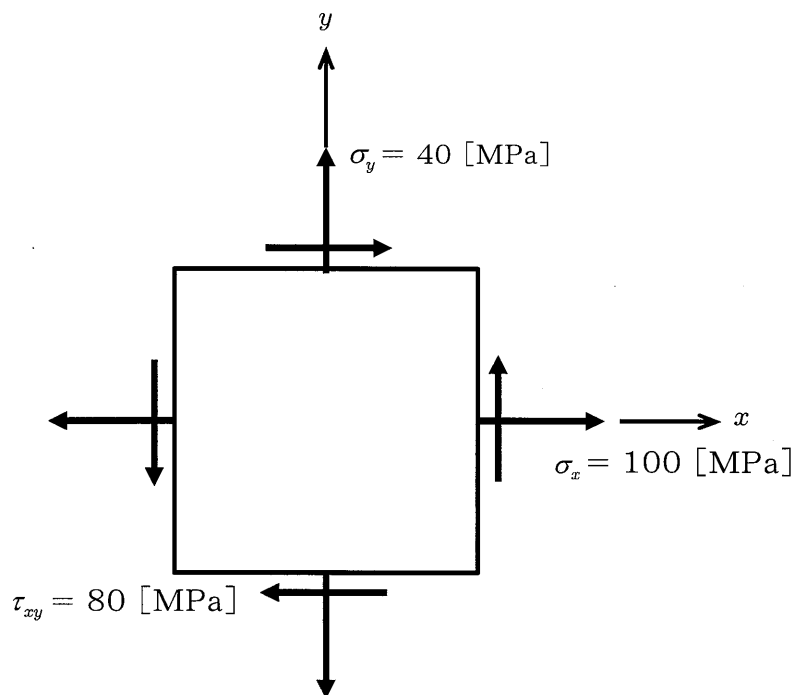
① $\sigma_1 = 240.8$ [MPa]、 $\sigma_2 = -100.9$ [MPa]

② $\sigma_1 = 155.4$ [MPa]、 $\sigma_2 = -15.4$ [MPa]

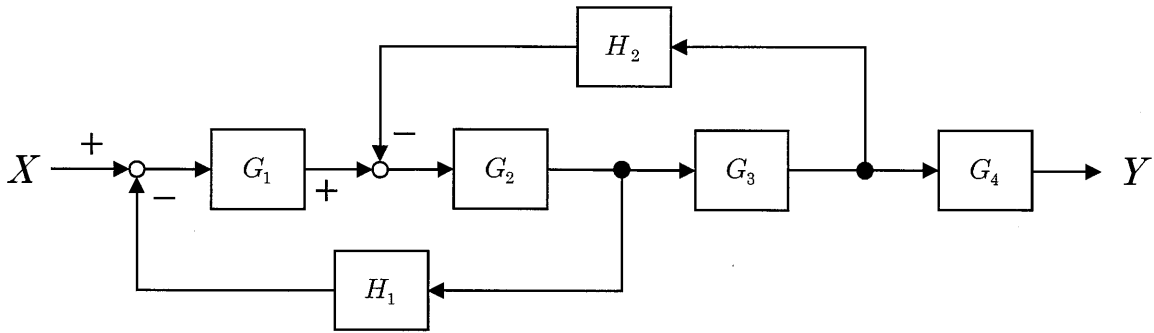
③ $\sigma_1 = 136.3$ [MPa]、 $\sigma_2 = -76.3$ [MPa]

④ $\sigma_1 = 100.0$ [MPa]、 $\sigma_2 = 40.0$ [MPa]

⑤ $\sigma_1 = 70.0$ [MPa]、 $\sigma_2 = 30.0$ [MPa]



Ⅲ-11 次のブロック線図の入力 X と出力 Y の間の伝達関数として最も適切なものはどれか。



- ① $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_1 G_2 G_3 G_4 H_1 H_2}$ ② $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + H_1 G_1 G_2 + H_2 G_2 G_3}$
- ③ $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + H_1 G_3 G_4 + H_2 G_1 G_4}$ ④ $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + H_1 G_2 G_3 + H_2 G_3 G_4}$
- ⑤ $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + H_1 G_1 G_4 + H_2 G_1 G_2}$

Ⅲ-12 3つの制御系があり、それぞれの特性方程式の極（根）が(1)～(3)のように与えられるとする。ここで、 j は虚数単位とする。なお、3つの系いずれにおいても、極と零点の相殺は生じていないものとする。

- (1) $-1, -2, +1$
 (2) $-3, -1+2j, -1-2j$
 (3) $+j, -j, +1$

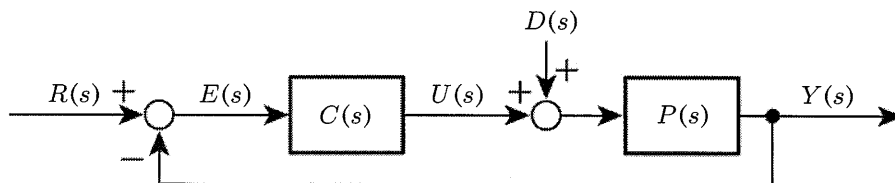
これら3つの制御系の安定性について、最も適切なものはどれか。

- ① (1) (2) は安定, (3) のみ不安定
 ② (1) (3) は安定, (2) のみ不安定
 ③ (2) (3) は安定, (1) のみ不安定
 ④ (1) のみ安定, (2) (3) は不安定
 ⑤ (2) のみ安定, (1) (3) は不安定

Ⅲ-13 下図に示すフィードバック制御系において、 $P(s)$ は制御対象の伝達関数であり、 $C(s)$ は操作量 $U(s)$ の値を決めるコントローラである。ここで、目標値 $R(s)$ 、外乱 $D(s)$ 、操作量 $U(s)$ 、制御量 $Y(s)$ の関係は次式で与えられる。このとき、 $R(s)$ と $Y(s)$ の間の伝達関数 $G_{yr}(s)$ として最も適切なものはどれか。

$$U(s) = G_{ur}(s)R(s) + G_{ud}(s)D(s)$$

$$Y(s) = G_{yr}(s)R(s) + G_{yd}(s)D(s)$$



- ① $\frac{P(s)C(s)}{1+P(s)C(s)}$ ② $\frac{C(s)}{1+P(s)C(s)}$ ③ $\frac{P(s)}{1+P(s)C(s)}$
- ④ $\frac{C(s)}{1-P(s)C(s)}$ ⑤ $\frac{P(s)C(s)}{1-P(s)C(s)}$

Ⅲ-14 フィードバック制御系の特徴を以下に挙げる。□に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

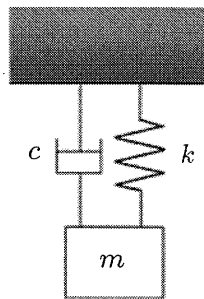
□アが不安定であっても、□イの設計パラメータを適切に選ぶことにより□ウを安定にすることができる。

□ウに□エが混入する場合、□イの設計パラメータを適切に選ぶことにより、□エが制御量に及ぼす影響を抑制できる。

□アの変動が制御量に及ぼす影響を、□イの調整により抑制できる。

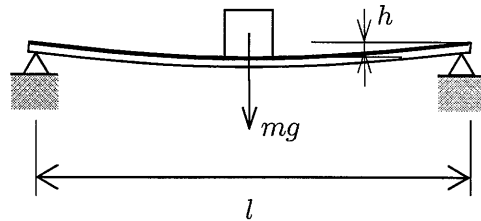
- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|--------|--------|-----|--------|
| ① | コントローラ | 外乱 | 制御量 | 制御対象 |
| ② | 制御対象 | コントローラ | 制御系 | 外乱 |
| ③ | コントローラ | 外乱 | 制御系 | 制御対象 |
| ④ | 制御系 | 制御量 | 外乱 | コントローラ |
| ⑤ | 制御系 | コントローラ | 外乱 | 制御対象 |

Ⅲ-15 下図の粘性減衰要素を持つ1自由度振動系において、質量 $m = 1$ [kg]、ばね定数 $k = 10000$ [N/m] とする。この系の減衰比が0.05であるとき、減衰係数 c [Ns/m] に最も近い値はどれか。



- ① 0.05 Ns/m ② 10 Ns/m ③ 20 Ns/m
 ④ 50 Ns/m ⑤ 100 Ns/m

Ⅲ-16 下図のように、長さ l の両端支持はりの中央に質量 m のおもりをのせたところ、はりの中央で h だけたわむことが分かった。はりの質量はおもりの質量に比べて十分小さいとしたとき、おもりがはりから離れないものとして、この系の固有角振動数として最も適切なものはどれか。ただし、重力加速度を g とする。



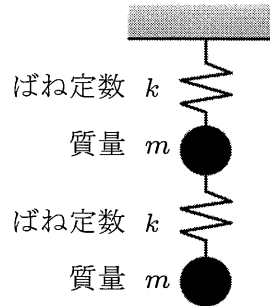
- ① $\sqrt{\frac{h}{m}}$ ② $\sqrt{\frac{m}{h}}$ ③ $\sqrt{\frac{h}{g}}$ ④ $\sqrt{\frac{g}{h}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{g}{l}}$

Ⅲ-17 次のうち、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 減衰比が1より大きいときを過減衰という。
 ③ 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。
 ④ 減衰比は（力／速度）の次元を持つ。
 ⑤ 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。

Ⅲ-18 下図に示す2自由度振動系の固有角振動数 ω を求めるための振動数方程式として、最も適切なものはどれか。

- ① $m^2\omega^4 - 2km\omega^2 = 0$
- ② $m^2\omega^4 - 2mk\omega^2 + k^2 = 0$
- ③ $m^2\omega^4 - 3mk\omega^2 + k^2 = 0$
- ④ $m^2\omega^4 - 3mk\omega^2 + 2k^2 = 0$
- ⑤ $m^2\omega^4 - 4mk\omega^2 + 3k^2 = 0$



Ⅲ-19 下図のように、一端が回転支持されて、他端がロープで支えられた一様な棒の先端に、質量 m のおもりを吊り下げる。ロープが水平と 30° の角をなすとき、棒と反力 R のなす角を θ とする。このとき、支点における反力 R とロープの張力 T 、反力 R のなす角 θ の組合せとして最も適切なものはどれか。ただし、重力加速度は g とし、棒の質量は無視できるものとする。

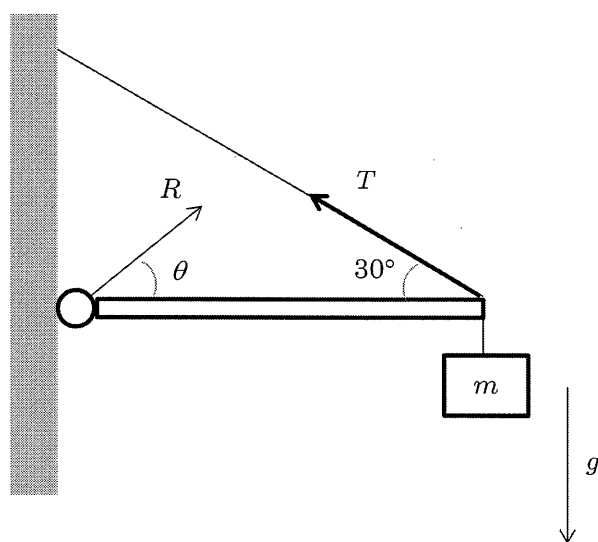
① $R = \sqrt{3}mg, T = 2mg, \theta = 0^\circ$

② $R = \frac{\sqrt{3}}{2}mg, T = 2mg, \theta = 0^\circ$

③ $R = 2mg, T = \sqrt{3}mg, \theta = 0^\circ$

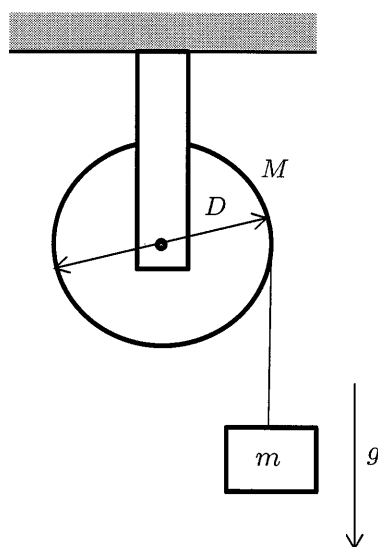
④ $R = 2mg, T = 2mg, \theta = 30^\circ$

⑤ $R = \frac{mg}{\sqrt{3}}, T = 2mg, \theta = 0^\circ$

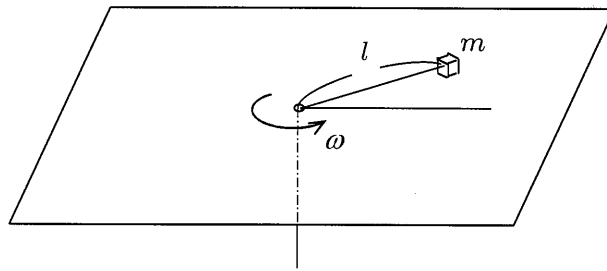


Ⅲ-20 下図のように、直径 D 、質量 M の円板状の定滑車に質量の無視できる伸び縮みしないロープを巻き付け、その先端の質量 m のおもりが重力によって落下するときの加速度として最も適切なものはどれか。ただし、定滑車は摩擦なく回転し、定滑車とロープの間にすべりはないものとする。なお、重力加速度は g とし、滑車の慣性モーメントは $I = MD^2/8$ と表すことができるものとする。

- ① $\frac{mg}{(m+M/8)}$ ② $\frac{m}{(m+M/2)}$ ③ $\frac{Mg}{(m/2+M)}$
- ④ $\frac{mg}{(m+M/4)}$ ⑤ $\frac{mg}{(m+M/2)}$

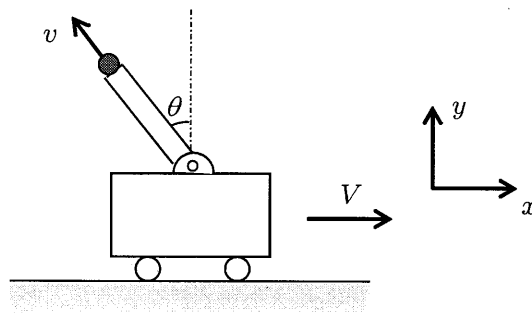


Ⅲ-21 質量 m のおもりが糸でつながれており、滑らかな面をもつ板の上を一定の角速度 ω で、下図のように反時計方向に回転している。糸は図のように小さな穴を通り板の下側につながっており、その有効長さ l を変えられるものとする。角速度を 2 倍にするための糸の長さの変化として、最も適切なものはどれか。ただし、おもりと平面の間の摩擦及び空気抵抗は無視できるものとする。



- ① $\frac{1}{4}$ 倍にする。
- ② $\frac{1}{2}$ 倍にする。
- ③ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍にする。
- ④ 2 倍にする。
- ⑤ $\sqrt{2}$ 倍にする。

Ⅲ-22 台車が x 方向に一定の速さ V で進行している。この台車からボールを速さ $v = 2V$ で打上げ、地上から見て鉛直方向 (y 方向) にボールを飛ばすためには、筒の角度 θ として最も適切なものはどれか。なお、ボールの質量は台車の質量に対して十分小さいものとする。



- ① 0°
- ② 15°
- ③ 30°
- ④ 45°
- ⑤ 60°

Ⅲ-23 理想気体を体積 v_1 から v_2 まで可逆断熱圧縮した。このとき、圧縮後の温度 T_2 と圧縮前の温度 T_1 の比 T_2/T_1 として最も適切なものはどれか。ただし、比熱比を κ とする。

① $T_2/T_1 = (v_2/v_1)^{-\kappa}$

② $T_2/T_1 = (v_2/v_1)^{-\kappa-1}$

③ $T_2/T_1 = (v_2/v_1)^\kappa$

④ $T_2/T_1 = (v_2/v_1)^{1-\kappa}$

⑤ $T_2/T_1 = (v_2/v_1)^{\kappa-1}$

Ⅲ-24 メタン 1 kg を完全燃焼させるために必要な理論空気量に最も近い値はどれか。ただし、空気中の酸素の質量割合は 0.232 とする。

① 4.0 kg ② 23.0 kg ③ 15.3 kg ④ 17.2 kg ⑤ 8.6 kg

Ⅲ-25 隔板を介して高温流体と低温流体が熱交換を行う熱交換器がある。高温流体側の隔板表面における熱伝達率を h_h 、低温流体側の隔板表面の熱伝達率を h_c 、隔板の熱伝導率を k 、隔板の厚さを δ とするとき、高温流体と低温流体との間の熱通過率（総括伝熱係数） K を表す最も適切な式はどれか。

① $K = \frac{1}{h_h + \delta/k + h_c}$

② $K = \frac{1}{h_h^2 + \delta/k + h_c^2}$

③ $K = 1/h_h + \delta/k + 1/h_c$

④ $K = h_h^2 + \delta/k + h_c^2$

⑤ $K = \frac{1}{1/h_h + \delta/k + 1/h_c}$

Ⅲ-26 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 $L = 5$ [cm], 熱伝導率 $k = 0.05$ [W/(m·K)] の断熱材で覆われている。冷凍庫の外部壁面と内部壁面の温度をそれぞれ 20°C , -20°C 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, 冷凍庫の 6 面の合計で計算せよ。

- ① 2.63 kWh ② 4202 kWh ③ 1051 kWh
④ 526 kWh ⑤ 131 kWh

Ⅲ-27 内部より発熱する直径 1 cm の固体球が空気中で静止した状態にある場合の自然対流を考える。周囲の空気温度が 300 K, 球表面温度が 450 K で, 自然対流による平均熱伝達率が $8\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ のとき, 自然対流による熱損失に最も近い値はどれか。

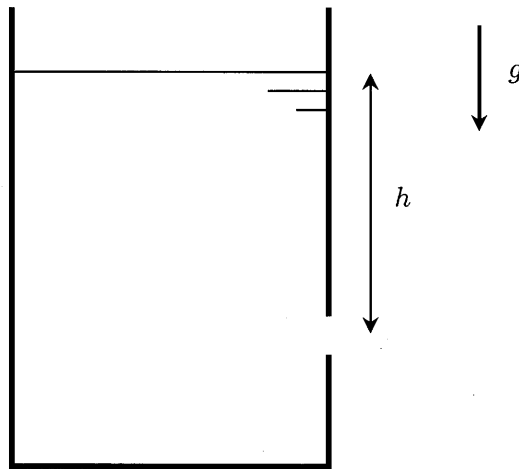
- ① 0.377 W ② 628 mW ③ 5.89 mW
④ 0.0167 mW ⑤ 3820 kW

Ⅲ-28 黒体面の屋根（3 m × 5 m）に太陽エネルギー（1 kW/m²）が垂直に入射し、屋根よりふく射によりエネルギーが放射している場合を考える。屋根温度が70℃のとき、正味として、屋根が受け取るエネルギー量に最も近い値はどれか。ステファンボルツマン定数を $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ とし、対流による放熱は無視できるものとする。

- ① 0.213 kW ② 14.97 kW ③ 12.6 kW ④ 9.1 kW ⑤ 3.2 kW

Ⅲ-29 大きな容器が水で満たされている。水面より深さ h の側壁に小さな穴が空いている。この容器が自由落下するとき、側壁より流れ出る流速として最も適切なものはどれか。ただし、水の密度は ρ 、重力加速度は g とし、粘性の影響は無視する。

- ① 0 ② \sqrt{gh} ③ $\sqrt{2gh}$ ④ gh ⑤ $2gh$



Ⅲ-30 水平に設置された円管内に流体が流れており、流れ方向の位置 A から B の区間において、断面積が S_A から S_B へと緩やかに減少している。2 点間の圧力差を水銀柱で測ったところ、水銀柱の高さの差は H であった。流体の密度を ρ_F 、水銀の密度を ρ_M とし、水銀の密度は、流体の密度に対して十分に大きいと仮定してよい。位置 A における円管内断面平均流速として最も適切なものはどれか。ただし、粘性の影響は無視する。

$$\textcircled{1} \quad \frac{S_B}{\sqrt{S_A^2 - S_B^2}} \sqrt{\frac{\rho_M g H}{\rho_F}} \qquad \textcircled{2} \quad \frac{S_B}{\sqrt{S_A^2 - S_B^2}} \sqrt{\frac{2\rho_M g H}{\rho_F}}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{S_B}{\sqrt{S_A^2 - S_B^2}} \sqrt{2gH} \qquad \textcircled{4} \quad \frac{S_A}{\sqrt{S_B^2 - S_A^2}} \sqrt{\frac{2\rho_M g H}{\rho_F}}$$

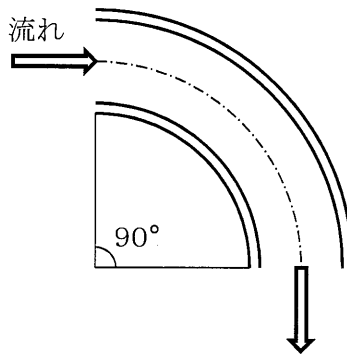
$$\textcircled{5} \quad \frac{S_B}{S_A - S_B} \frac{2\rho_M g H}{\rho_F}$$

Ⅲ-31 密度 ρ の水の入った円筒が一定の角速度 Ω で軸周りに回転している。円筒内部の流体が軸周りに剛体回転しているとき、軸中心における水位を原点として、水面の形状として最も適切なものはどれか。ただし、重力加速度を g 、軸中心からの距離を r とする。

$$\textcircled{1} \quad \sqrt{\frac{\Omega r}{g}} \qquad \textcircled{2} \quad \frac{\Omega^2 r}{g} \qquad \textcircled{3} \quad \Omega^2 r g \qquad \textcircled{4} \quad \frac{\Omega^2 r^2}{2g} \qquad \textcircled{5} \quad -\frac{\Omega^2 r^2}{2g}$$

Ⅲ-34 下図のような90°曲がった円管の中を水が流れているとする。円管の断面積を A 、水の平均流速を U としたとき、円管が水に及ぼす力の大きさとして最も適切なものはどれか。ただし、流れは非圧縮性流体の定常流れであり、水の密度は ρ とする。また、圧力損失、重力の影響は無視してよい。

- ① 0 ② ρUA ③ $\sqrt{2}\rho UA$ ④ $\rho U^2 A$ ⑤ $\sqrt{2}\rho U^2 A$



Ⅲ-35 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20.0 m/sである。排出口の面積は0.07 m²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0.50 kWのとき、ファンのエネルギー効率に最も近い値はどれか。ただし、空気の密度は1.23 kg/m³とし、管路での摩擦抵抗や流れの旋回は無視する。

- ① 0.85 ② 0.70 ③ 0.07 ④ 0.05 ⑤ 0.04