

【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

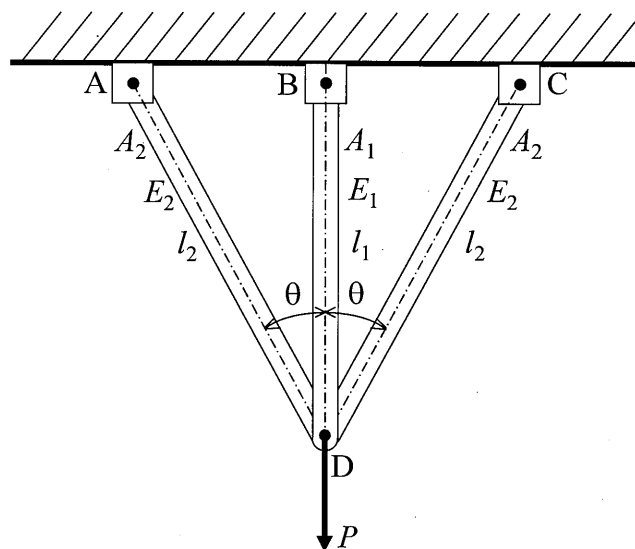
B群

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 一辺の長さ $a=4$ [cm] の正方形断面で長さ $l=2$ [m] の軟鋼棒の軸方向に引張荷重 $P=336$ [kN] を加えた。このとき、軟鋼棒に発生する引張応力 σ と伸び量 δ の組合せとして、最も適切なものはどれか。なお、縦弾性係数（ヤング率）を $E=210$ [GPa] とする。

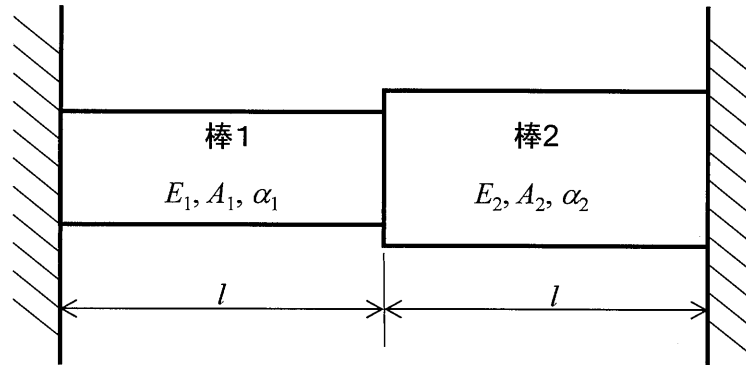
- ① $\sigma=21$ [MPa], $\delta=0.2$ [mm]
② $\sigma=21$ [MPa], $\delta=2.0$ [mm]
③ $\sigma=210$ [MPa], $\delta=0.2$ [mm]
④ $\sigma=210$ [MPa], $\delta=2.0$ [mm]
⑤ $\sigma=210$ [MPa], $\delta=20$ [mm]

Ⅲ－３ 下図に示すように、３本の棒AD、BD、CDからなるトラス構造において、棒BDはヤング率 E_1 、断面積 A_1 、長さ l_1 、棒ADとCDは同じヤング率 E_2 、同じ断面積 A_2 、同じ長さ l_2 であり、左右対称である。また、棒ADと棒BDのなす角度と棒CDと棒BDのなす角度は共に θ である。D点に下向きの力 P が作用するとき、棒BDに生じる軸力 T_1 と棒AD、CDに生じる軸力 T_2 の組合せとして、最も適切なものはどれか。



- ① $T_1 = \frac{P}{1 + 2\cos\theta(A_2E_2/A_1E_1)}$, $T_2 = \frac{P}{(A_1E_1/A_2E_2) + 2\cos\theta}$
- ② $T_1 = \frac{P}{1 + \cos\theta(A_2E_2/A_1E_1)}$, $T_2 = \frac{P}{(A_1E_1/A_2E_2) + \cos\theta}$
- ③ $T_1 = \frac{P}{1 + \cos^3\theta(A_1E_1/A_2E_2)}$, $T_2 = \frac{P\cos^2\theta}{(A_1E_1/A_2E_2) + \cos^3\theta}$
- ④ $T_1 = \frac{P\cos\theta}{\cos\theta + 2(A_2E_2/A_1E_1)}$, $T_2 = \frac{P}{\cos^2\theta(A_1E_1/A_2E_2) + 2\cos\theta}$
- ⑤ $T_1 = \frac{P}{1 + 2\cos^3\theta(A_2E_2/A_1E_1)}$, $T_2 = \frac{P\cos^2\theta}{(A_1E_1/A_2E_2) + 2\cos^3\theta}$

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、剛体壁に取り付けられている。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。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 下図に示すように、一様断面の長さ l の単純支持はりに等分布荷重 w が作用している。はりの最大曲げモーメント $M_{\max}$ として、最も適切なものはどれか。

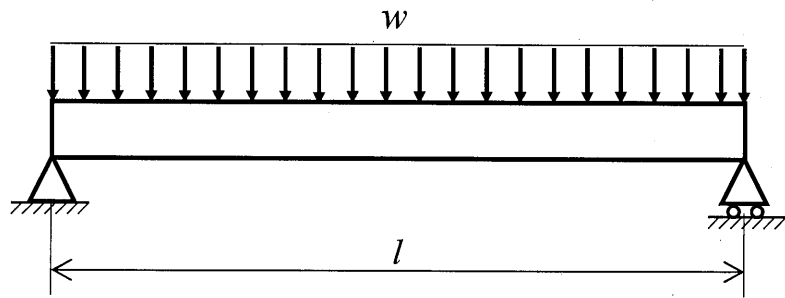
① $M_{\max} = wl^2$

② $M_{\max} = \frac{wl^2}{2}$

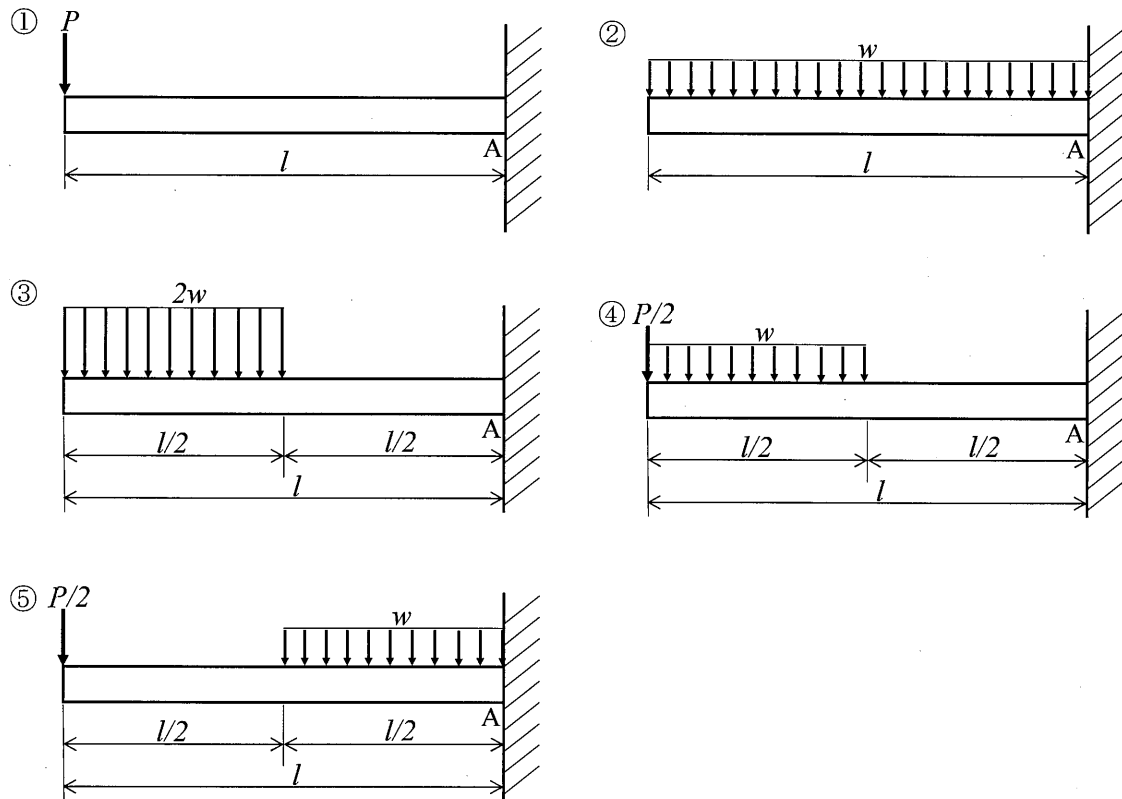
③ $M_{\max} = \frac{wl^2}{4}$

④ $M_{\max} = \frac{wl^2}{8}$

⑤ $M_{\max} = \frac{wl^2}{16}$



Ⅲ－６ 下図に示すように、一様断面の長さ l の片持ちはりに、集中荷重及び等分布荷重のいずれか一方、若しくは両方が作用している。図中の P は集中荷重、 w は等分布荷重を表し、 P と w の間には $P = wl$ の関係がある。このとき、固定端（A点）における反力の大きさが P となり、曲げモーメントの大きさが $\frac{3}{4}Pl$ となる片持ちはりの荷重のかけ方として、最も適切なものはどれか。ただし、反力と曲げモーメントの正負は問わない。



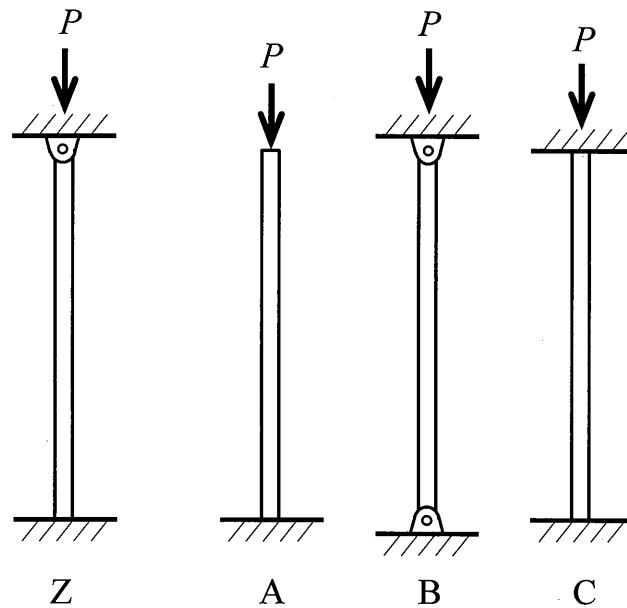
Ⅲ－７ 軸直径 $d = 40$ [mm] の中実丸軸を回転数 $N = 2000$ [rpm] で回転させて動力を伝達する。軸材料の許容せん断応力を $\tau_a = 100$ [MPa] とするとき、最大伝達動力 $H_{\max}$ に最も近い値はどれか。

- ① $H_{\max} = 132$ [kW]
- ② $H_{\max} = 263$ [kW]
- ③ $H_{\max} = 526$ [kW]
- ④ $H_{\max} = 1053$ [kW]
- ⑤ $H_{\max} = 2106$ [kW]

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。Z の場合の座屈荷重を $P_Z \doteq \frac{2\pi^2 EI}{L^2}$ とし、

A, B, C の各場合の座屈荷重を P_A , P_B , P_C とするとき、座屈荷重の関係の組合せとして、最も適切なものはどれか。



- ① $P_A = 0.5 P_Z$, $P_B = 2 P_Z$, $P_C = 8 P_Z$
- ② $P_A = 0.25 P_Z$, $P_B = 2 P_Z$, $P_C = 4 P_Z$
- ③ $P_A = 0.25 P_Z$, $P_B = 0.5 P_Z$, $P_C = 2 P_Z$
- ④ $P_A = 0.125 P_Z$, $P_B = 0.25 P_Z$, $P_C = 4 P_Z$
- ⑤ $P_A = 0.125 P_Z$, $P_B = 0.5 P_Z$, $P_C = 2 P_Z$

Ⅲ－９ 平面応力状態における応力成分に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 純粋せん断の応力状態では、主応力の和は零である。
- ② 主応力が作用する面と主せん断応力（最大せん断応力）が作用する面のなす角度は、45度である。
- ③ 主応力の差は、主せん断応力（最大せん断応力）に等しい。
- ④ 垂直応力成分の和は、座標系の取り方によらず一定である。
- ⑤ 等二軸引張りの応力状態では、どの方向の面においてもせん断応力成分は零である。

Ⅲ－10 内径 $d=370$ [mm]，肉厚 $t=2.5$ [mm] の薄肉円筒圧力容器に内圧 $p=3.0$ [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 $\sigma_\theta=111$ [MPa] ， $\sigma_z=55.5$ [MPa]
- ② $\sigma_\theta=222$ [MPa] ， $\sigma_z=111$ [MPa]
- ③ $\sigma_\theta=444$ [MPa] ， $\sigma_z=222$ [MPa]
- ④ $\sigma_\theta=111$ [MPa] ， $\sigma_z=222$ [MPa]
- ⑤ $\sigma_\theta=55.5$ [MPa]， $\sigma_z=111$ [MPa]

Ⅲ－11 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。

PID制御において，目標値と制御量の偏差に比例した操作を行うのがP制御である。偏差の積分値に比例した操作を行うのがI制御であり，PI制御は一般に ア に有効である。また，偏差の微分値に比例した操作を行うのがD制御で，PD制御は一般に イ に有効である。

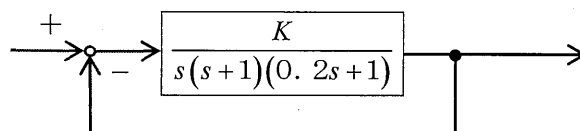
ア

イ

- | | |
|-----------|---------|
| ① 定常偏差の除去 | むだ時間の低減 |
| ② 定常偏差の除去 | 応答性の向上 |
| ③ 応答性の向上 | 定常偏差の除去 |
| ④ むだ時間の低減 | 応答性の向上 |
| ⑤ 応答性の向上 | むだ時間の低減 |

Ⅲ－12 下図に示すフィードバック制御系が安定に動作するためのゲイン K の範囲として，最も適切なものはどれか。

- ① $0 < K < 1.2$
- ② $0 < K < 2$
- ③ $0 < K < 6$
- ④ $0 < K < 15$
- ⑤ $0 < K < 30$

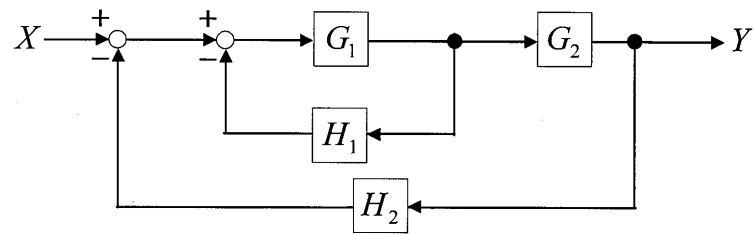


Ⅲ－13 伝達関数をグラフ表現する方法に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

周波数伝達関数 $G(j\omega)$ をグラフ表現する方法の 1 つに ア がある。 ア は、角周波数 ω を 0 から $+\infty$ まで変化させたときの複素数 $G(j\omega)$ を複素平面上にプロットしたもので、伝達関数の周波数特性であるゲインや位相が一目でわかり、ナイキスト安定判別にも用いられる。もう 1 つの方法が イ である。 イ は、ゲイン線図と位相線図から構成され、角周波数 ω とゲイン、角周波数 ω と位相の関係が陽に示されているので、周波数特性を定量的に評価するのに適している。一方、 ウ は、一巡伝達関数 $w=P(s)$ で表されるシステムに対して、複素平面上において s を規定の閉曲線上で動かしたときの複素数 w を複素平面上にプロットしたものである。

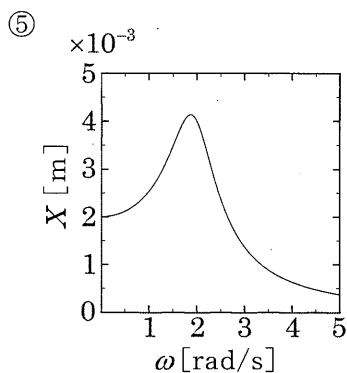
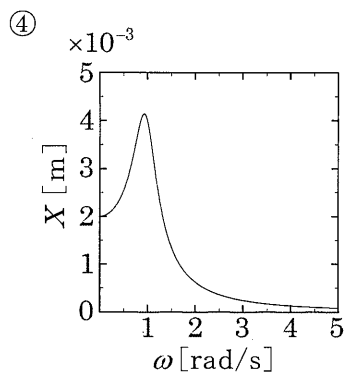
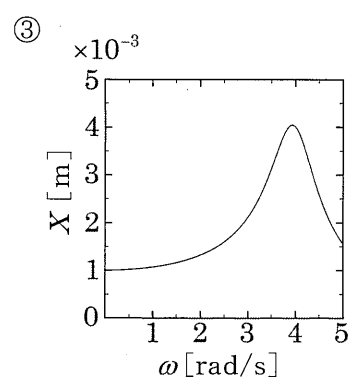
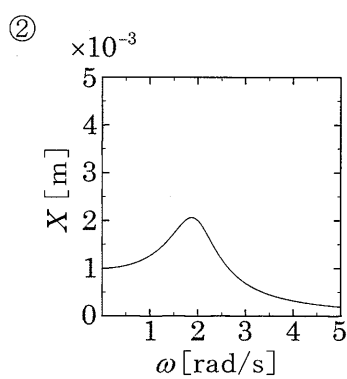
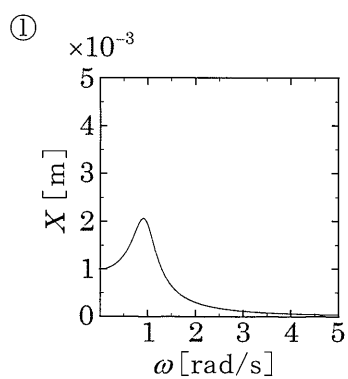
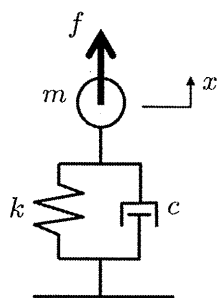
<u>ア</u>	<u>イ</u>	<u>ウ</u>
① 根軌跡	ボード線図	ベクトル軌跡
② 根軌跡	ナイキスト線図	ボード線図
③ ベクトル軌跡	ナイキスト線図	根軌跡
④ ベクトル軌跡	ボード線図	ナイキスト線図
⑤ ボード線図	ベクトル軌跡	ナイキスト線図

Ⅲ－14 下図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 $\frac{G_1 G_2}{1 + H_1 G_1 + H_2 G_1 G_2}$
- ② $\frac{G_1 G_2}{1 + H_1 H_2 G_1 G_2}$
- ③ $\frac{H_1 G_1 G_2}{1 + H_2 G_1 G_2}$
- ④ $\frac{G_1 G_2}{1 + H_1 G_1 G_2 + H_2 G_1 G_2}$
- ⑤ $\frac{H_1 G_1 + H_2 G_2}{1 + H_1 G_1 + H_2 G_2 + H_1 H_2 G_1 G_2}$

Ⅲ-15 下図に示す，質量 $m = 1$ [kg] の物体，ばね定数 $k = 4$ [N/m] のばね，粘性減衰係数 $c = 1$ [N/(m/s)] のダンパからなる 1 自由度振動系において，振幅 F が 0.004 [N]，角振動数 ω の周期的な力 $f = F \sin \omega t$ が物体に作用するとき，物体の変位は $x = X \sin(\omega t + \phi)$ と表される。このとき，物体の変位 x の振幅 X と作用する力の角振動数 ω の関係を表す周波数応答線図として，最も適切なものはどれか。



Ⅲ－16 下図のように慣性モーメント I 、半径 r の定滑車に質量の無視できる伸びないロープがまかれ、ロープの一端につけられたおもり（質量 m ）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、定滑車とロープとの間にすべりはないものとする。また、重力は図のように下向きに作用し、重力加速度を g とする。

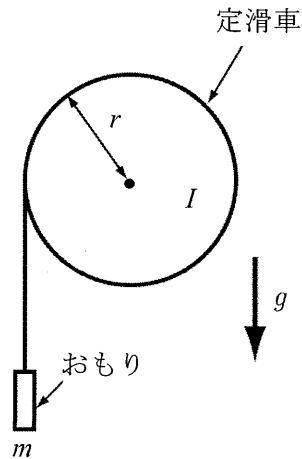
① $\frac{mg}{m+I}$

② mg

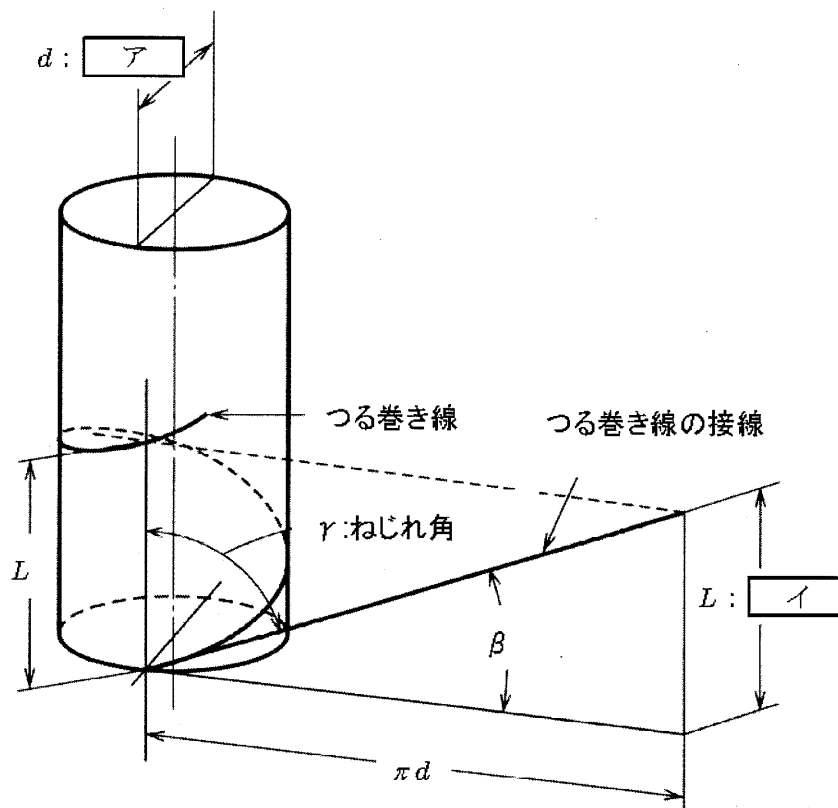
③ $\frac{2mr^2g}{mr^2+2I}$

④ $\frac{mr^2g}{mr^2-I}$

⑤ $\frac{mr^2g}{mr^2+I}$



Ⅲ－17 下図は、ねじの原理を表している。図及び次の記述の、ア～ウに入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。



L は、ねじを 1 周回転させたときに軸方向に進む距離であり、図中の記号を使うと

ウ の式で表すことができる。

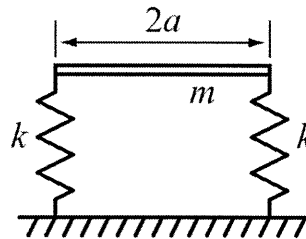
	<u>ア</u>	<u>イ</u>	<u>ウ</u>
①	有効径	リード	$L = \pi d \tan \beta$
②	山径	ピッチ	$L = \pi d \sin \beta$
③	谷径	リード	$L = \pi d \cos \beta$
④	有効径	リード	$L = \pi d \tan^{-1} \beta$
⑤	有効径	ピッチ	$L = \pi d \tan \beta$

Ⅲ－18 横振動するはりの支持条件として、自由端、固定端、単純支持端などがある。支持条件と境界条件に関する次の記述のうち、最も不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 $w(x)$ とする。

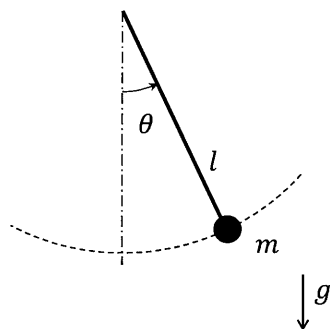
- ① 単純支持端では、たわみが零 ($w(x)=0$) を満たす。
- ② 固定端では、たわみ角が零 ($dw(x)/dx=0$) を満たす。
- ③ 自由端では、曲げモーメントが零 ($d^2w(x)/dx^2=0$) を満たす。
- ④ 自由端では、せん断力が零 ($d^3w(x)/dx^3=0$) を満たす。
- ⑤ 単純支持端では、曲げモーメントが零 ($d^2w(x)/dx^2=0$) を満たさない。

Ⅲ－19 下図のように、質量 m ，長さ $2a$ で断面積及び密度の一樣な剛体棒が、両端をばね定数 k のばねで支えられているとき、この系が微小振動する場合の並進振動と回転振動の固有角振動数として、最も適切な組合せはどれか。

- | | 並進 | 回転 |
|---|-----------------------|------------------------|
| ① | $\sqrt{\frac{k}{3m}}$ | $\sqrt{\frac{k}{m}}$ |
| ② | $\sqrt{\frac{2k}{m}}$ | $\sqrt{\frac{6k}{m}}$ |
| ③ | $2\sqrt{\frac{k}{m}}$ | $\sqrt{\frac{6k}{m}}$ |
| ④ | $\sqrt{\frac{2k}{m}}$ | $3\sqrt{\frac{k}{m}}$ |
| ⑤ | $\sqrt{\frac{2k}{m}}$ | $2\sqrt{\frac{6k}{m}}$ |



Ⅲ－20 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。ここで 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、 $\theta = A \sin(\omega t)$ と表されるような、最下点を中心とした単振動を行う。このとき角度の振幅 A として、最も適切なものはどれか。ここで、 θ は最下点からの角度、 ω は角振動数である。また、 g は重力加速度とする。



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

Ⅲ－21 下図のように、ばね定数 k のばね、半径 a 、質量 M の円板状の滑車、質量 m のおもり、及び質量が無視できるひもから成る系がある。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。このときの周期として、最も適切なものはどれか。ただし、滑車とひもの間にはすべりが無いとする。

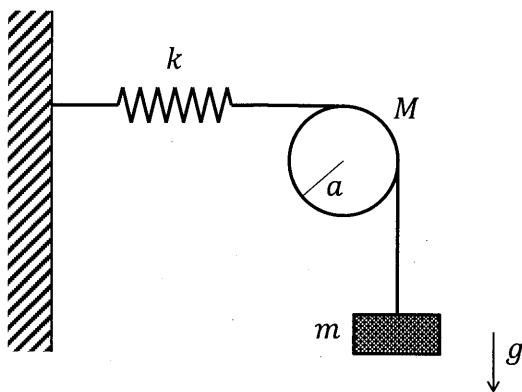
① $2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}$

② $2\pi\sqrt{\frac{k}{M+m}}$

③ $2\pi\sqrt{\frac{M + \frac{1}{2}m}{k}}$

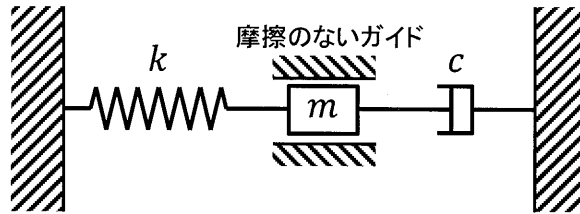
④ $2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{2}M + m}{k}}$

⑤ $\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}$



Ⅲ－22 下図の1自由度の直線振動系において、質量 $m = 1[\text{kg}]$ ，ばね定数 $k = 100[\text{N/m}]$ とする。この系の臨界減衰定数 c に最も近い値はどれか。

- ① 1 $[\text{Ns/m}]$
- ② 2 $[\text{Ns/m}]$
- ③ 3.3 $[\text{Ns/m}]$
- ④ 10 $[\text{Ns/m}]$
- ⑤ 20 $[\text{Ns/m}]$



Ⅲ－23 温度 270K の熱源から吸熱し，温度 300K の熱源へ放熱する冷凍機がある。この冷凍機の成績係数（COP）の最大値に最も近い値はどれか。

- ① 0.10 ② 0.11 ③ 9.0 ④ 10 ⑤ 20

Ⅲ－24 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。

温度境界層厚さと速度境界層厚さの比はに依存する。

熱伝達率の無次元数はであり，強制対流の場合は一般にとの関数で表される。

垂直に置かれた加熱板上の自然対流では局所が約 10^9 以上の値になると乱流に遷移する。

ア	イ	ウ	エ
① プラントル数	ペクレ数	レイノルズ数	ヌセルト数
② レイノルズ数	ヌセルト数	プラントル数	レイリー数
③ プラントル数	ヌセルト数	レイノルズ数	レイリー数
④ ヌセルト数	プラントル数	レイリー数	レイノルズ数
⑤ レイノルズ数	ペクレ数	プラントル数	レイリー数

Ⅲ－25 黒体面の屋根（3m×5m）に太陽エネルギー（1kW/m²）が垂直に入射し、同時に屋根から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、入射と放射の差として、屋根が受け取るエネルギー量に最も近い値はどれか。ただし、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 0.2 [kW]
- ② 3.2 [kW]
- ③ 9.1 [kW]
- ④ 12.6 [kW]
- ⑤ 15.0 [kW]

Ⅲ－26 絶対圧力14 [MPa]における乾き度0.85の湿り蒸気の比エンタルピーに最も近い値はどれか。ただし、この圧力における飽和水及び飽和蒸気の比エンタルピーを、それぞれ1571 [kJ/kg]、2638 [kJ/kg] とする。

- ① 396 [kJ/kg]
- ② 1731 [kJ/kg]
- ③ 2105 [kJ/kg]
- ④ 2242 [kJ/kg]
- ⑤ 2478 [kJ/kg]

Ⅲ-27 フィン（拡大伝熱面）に関する次の（ア）～（オ）の記述のうち、不適切なもの
の組合せはどれか。

- （ア）フィンが気体と液体の熱交換だけでなく、気体と気体の熱交換にも用いられる。
- （イ）フィンを密に設置することで流体の流動抵抗が低下し、伝熱が促進される。
- （ウ）実際のフィン効率 η の値は $0 < \eta < 1$ となる。
- （エ）定常状態では矩形フィン内部の熱流束は場所によらず一定値となる。
- （オ）熱交換器の伝熱面にフィンを用いることで、高温流体と低温流体の間の総括熱抵抗は小さくなる。

- ① （ア）と（エ）
- ② （イ）と（オ）
- ③ （ア）と（ウ）
- ④ （イ）と（エ）
- ⑤ （ウ）と（オ）

Ⅲ-28 均一な物質で構成される閉じた系に、エントロピーの定義と熱力学の第一法則より、 $Tds = du + pdv$ が得られる。ここで、 T は温度、 s は比エントロピー、 u は比内部エネルギー、 p は圧力、 v は比体積である。この式を使って、状態1から状態2に至る理想気体のエントロピー変化 Δs を求めた結果として、最も適切なものはどれか。ただし、 c_v 、 R はそれぞれ、定積比熱、気体定数とし、添え字の1、2は状態1、状態2を意味する。

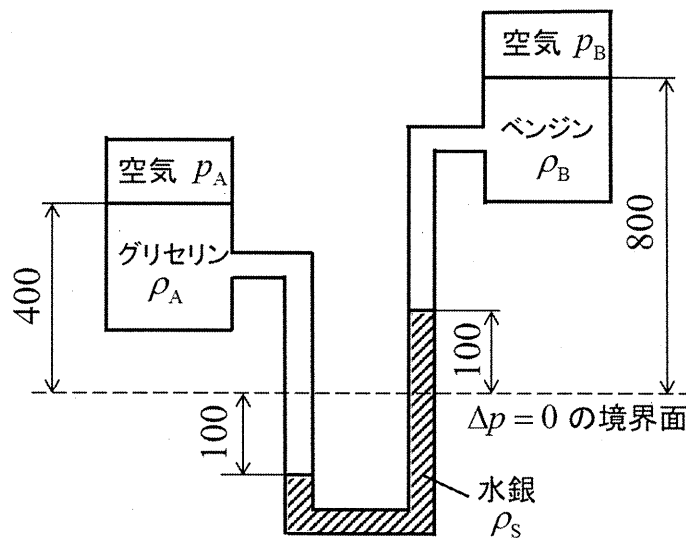
- ① $\Delta s = c_v \ln \left(\frac{T_1}{T_2} \right) + R \left(\frac{v_1}{v_2} \right)$
- ② $\Delta s = c_v \ln \left(\frac{T_1}{T_2} \right) + R \ln \left(\frac{v_1}{v_2} \right)$
- ③ $\Delta s = c_v \left(\frac{T_1}{T_2} \right) + R \ln \left(\frac{v_1}{v_2} \right)$
- ④ $\Delta s = c_v \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) + R \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$
- ⑤ $\Delta s = c_v \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) + R \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$

Ⅲ－29 蒸気タービンに流入，流出する流れを考える。流入部の流速を20 [m/s]，エンタルピーを3502 [kJ/kg] とする。流出部の流速を60 [m/s]，エンタルピーを2500 [kJ/kg] とする。タービン内を通過する流体は，断熱変化すると仮定する。また，重力の影響は無視する。このとき，タービンを通過する単位質量あたりの蒸気が行う仕事として，最も近い値はどれか。

- ① 1000 [kJ/kg]
- ② 598 [kJ/kg]
- ③ 2298 [kJ/kg]
- ④ 7602 [kJ/kg]
- ⑤ 6004 [kJ/kg]

Ⅲ－30 下図に示すようなつり合い状態を考える。図中の寸法は [mm] で記載してある。圧力 p_A と圧力 p_B の差， $\Delta p = p_A - p_B$ に最も近い値はどれか。ただし，グリセリン，ベンジン，水銀の密度は，各々， $\rho_A = 1.26 \times 10^3$ [kg/m³]， $\rho_B = 7.16 \times 10^2$ [kg/m³]， $\rho_s = 1.35 \times 10^4$ [kg/m³] とする。また重力加速度は，9.8 [m/s²] とする。

- ① -2.57×10^3 [Pa]
- ② -2.52×10^4 [Pa]
- ③ 2.52×10^4 [Pa]
- ④ 3.75×10^4 [Pa]
- ⑤ -3.75×10^4 [Pa]



Ⅲ－31 鉛直下向きに重力が作用する縮小管がある。管内を上向きに水が流れているとき、図中の断面①と断面②の圧力差 Δp を与える式として、最も適切なものはどれか。ただし、断面①、②の面積はそれぞれ A 、 $A/2$ であり、水の密度は ρ 、体積流量は Q 、高さの差は h 、重力加速度は g とし、圧力損失は無視できるとしてよい。

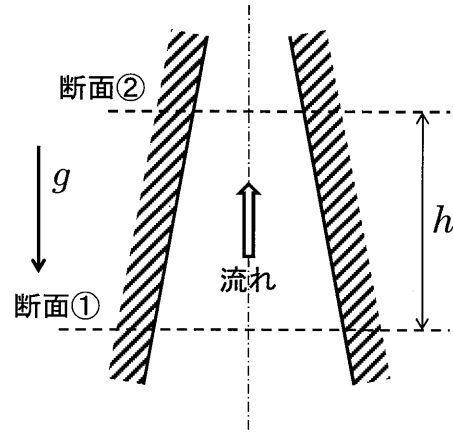
① ρgh

② $\rho gh + \frac{3\rho Q^2}{2A^2}$

③ $\rho gh - \frac{3\rho Q^2}{2A^2}$

④ $\rho gh + \frac{\rho Q}{2A}$

⑤ $\rho gh - \frac{\rho Q}{2A}$



Ⅲ－32 渦の中心を原点にとり、円柱座標系 (r, θ) で表したときに、周方向の速度成分 V_θ が、 $V_\theta(r) = Cr$ (C は定数) の分布を持つ2次元渦構造を考える。このときの圧力分布 p として、最も適切な式はどれか。ただし、流体の密度を ρ 、原点の圧力を p_0 とする。

① $p = p_0 + \frac{1}{2}\rho C^2 r^2$

② $p = p_0 + \rho Cr$

③ $p = p_0$

④ $p = p_0 - \rho Cr$

⑤ $p = p_0 - \frac{1}{2}\rho C^2 r^2$

Ⅲ－33 下図に示すように、流速 U 、断面積 A の噴流が、固定曲面に沿って速さを変えることなく流れ、その方向が θ だけ上方に曲げられたとする。噴流が固定曲面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。ただし、液体の密度は ρ 、大気圧は p_0 とする。また、重力の影響は無視して良い。

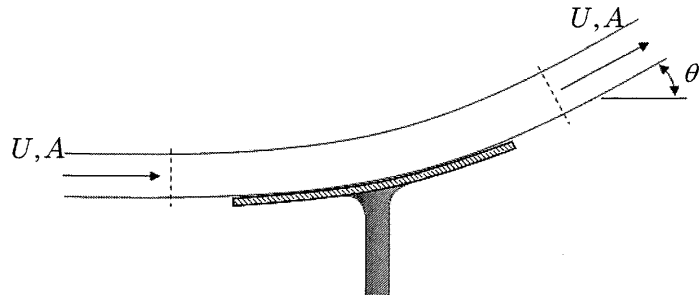
① $\left(p_0 + \frac{1}{2}\rho U^2\right)A$

② $\frac{1}{2}\rho AU^2$

③ ρAU^2

④ $\rho AU^2 \sin \theta$

⑤ $\rho AU^2 \sqrt{2(1 - \cos \theta)}$



Ⅲ－34 下図に示すような2本のノズルを持つスプリンクラーの中心に、流量 Q の水が供給されている。中心からノズル先端までの長さを R 、ノズルの断面積を A 、ノズルの噴出方向が半径方向となす角を θ とする。スプリンクラーには、トルクは働かず、一定の角速度で回転しているとする。このとき、スプリンクラーの角速度 ω を与える式として、最も適切なものはどれか。

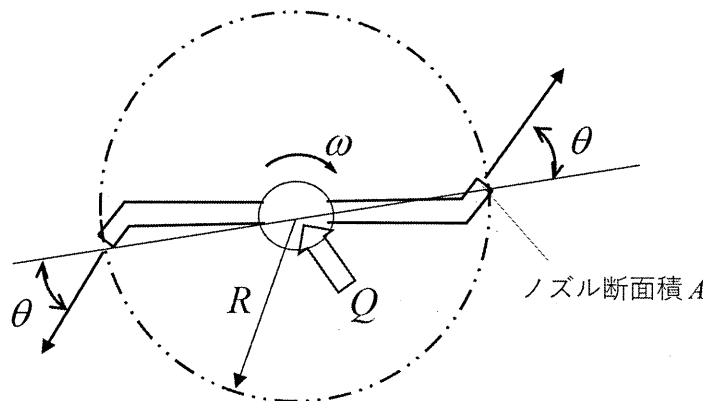
① $\omega = \frac{Q}{RA} \sin \theta \cos \theta$

② $\omega = \frac{Q}{RA} \sin \theta$

③ $\omega = \frac{Q}{2RA} \cos \theta$

④ $\omega = \frac{Q}{2RA} \sin \theta$

⑤ $\omega = \frac{Q}{RA} \cos \theta$



Ⅲ－35 入口と出口の圧力差が一定に保たれている内径 D の円管内部の流れを考える。流量 Q と円管内径 D 及び流体の粘性係数 μ の関係に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。ただし、円管内の流れは充分発達した非圧縮定常流れとし、層流状態であるとする。

- ① Q は、 D の 1 乗に比例し、 μ に反比例する。
- ② Q は、 D の 2 乗に比例し、 μ に反比例する。
- ③ Q は、 D の 4 乗に比例し、 μ に反比例する。
- ④ Q は、 D の 2 乗に比例し、 μ の 2 乗に反比例する。
- ⑤ Q は、 D の 2 乗に比例し、 μ に依存しない。

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は①

降伏応力はミーゼス、縦弾性係数はフック、座屈荷重はオイラー、主応力はモールの応力円と関連するが、応力集中係数に対応する適切な用語はB群に存在しない結果となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-2

正解は④

引張応力は荷重を断面積で割ることで210MPaと求まる[cite: 14]。伸び量は応力に長さを掛けて縦弾性係数で割ることで2.0mmと計算され、これらが合致する組み合わせとなる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-3

正解は⑤

節点Dの鉛直変位から幾何学的に各部材の伸びを求め、フックの法則により軸力を表す[cite: 14]。鉛直方向の力のつり合い式に代入して整理すると導出される組み合わせとなる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-4

正解は①

温度上昇による自由熱膨張量を両端の壁からの反力による圧縮変位で押し戻す適合条件を立てる[cite: 14]。反力を棒1の断面積で割ることで圧縮応力の式が導出される結果となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-5

正解は④

単純支持はりに等分布荷重が作用する場合、最大曲げモーメントははり中央に生じる[cite: 14]。支点反力とおのおのの荷重によるモーメントのつり合いから計算すると $wl^2/8$ となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-6

正解は③

固定端における反力は作用する荷重の総和であり、曲げモーメントは各荷重の固定端まわりのモーメントの和となる[cite: 14]。これらを計算して指定の条件に一致するものは3の図となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-7

正解は②

極断面係数と許容せん断応力の積から最大ねじりモーメントを求める[cite: 14]。これに軸の回転角速度を乗じることで最大伝達動力を計算すると、約263kWが算出される結果となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-8

正解は⑤

各支持条件における有効座屈長さからオイラーの座屈荷重を求める[cite: 14]。一端固定他端支持の座屈荷重と比較することで、PAは0.125倍、PBは0.5倍、PCは2倍となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-9

正解は③

モールの応力円を考えると、主せん断応力は円の半径に相当する[cite: 14]。円の直径が二つの主応力の差となるため、主せん断応力は主応力の差の半分となり、等しいとする記述は誤りとなる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-10

正解は②

薄肉円筒容器の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: 14]。これらが正しく合致する組み合わせとなる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-11

正解は②

I制御は偏差の蓄積に応じて出力を出し続けるため定常偏差の除去に有効であり、D制御は急な変化に対応して予測的に働くため応答性の向上に有効となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-12

正解は③

閉ループ系の特性方程式を展開して3次方程式を導き、ラウス・フルビッツの安定判別法を適用する[cite: 14]。すべての係数が正かつ行列式の条件を満たす範囲を求めると $0 < K < 6$ となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-13

正解は④

周波数応答を複素平面に描いたものがベクトル軌跡、ゲインと位相を周波数に対して描いたものがボード線図、規定の閉曲線に沿った軌跡を描いたものがナイキスト線図となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-14

正解は①

内側のフィードバックループを等価変換して閉ループ伝達関数を求め、これに直列要素を結合して全体のフィードバックループを整理することで導出される伝達関数となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-15

正解は②

$\omega=0$ における静的変位が $1 \times 10^{-3}\text{m}$ となり、固有角振動数 2rad/s のやや手前でピーク値が約 $2 \times 10^{-3}\text{m}$ となる振幅特性を計算すると2のグラフとなる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-16

正解は⑤

おもりの並進運動方程式と定滑車の回転運動方程式を連立させる[cite: 14]。すべりが無い条件から角加速度を加速度で表し、張力を消去して加速度について解くと得られる式となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-17

正解は①

ねじにおいて基準となる直径 d は有効径であり、1回転で軸方向に進む距離 L はリードと呼ばれる[cite: 14]。直角三角形の幾何学的関係からリードは $L = \pi d \tan \beta$ と表される[cite: 14]。

●問題Ⅲ-18

正解は⑤

単純支持端の境界条件は、たわみが零かつ曲げモーメントが零であることである[cite: 14]。曲げモーメントが零を満たさないとする記述は誤りとなる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-19

正解は②

並進運動は2つのばねの並列結合として固有角振動数が求まる[cite: 14]。回転運動は重心まわりの慣性モーメントと復元モーメントから運動方程式を立てることで算出される値となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-20

正解は③

最下点での速度から力学的エネルギー保存則または運動方程式の初期条件を適用する

[cite: 14]。速度振幅と角振動数の関係から振幅Aを求めると、 $v_0/\sqrt{lg}$ が得られる式となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-21

正解は④

系の運動エネルギーから滑車の回転慣性を考慮した等価質量を求める[cite: 14]。この等価質量とおもりの質量およびばね定数から単振動の固有周期を計算すると得られる式となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-22

正解は⑤

臨界減衰係数は質量とばね定数の積の平方根を2倍することで求められる[cite: 14]。与えられた数値を公式に代入して計算すると、20Ns/mが算出される結果となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-23

正解は③

可逆冷凍サイクルの成績係数の最大値は低温熱源の絶対温度を両熱源の温度差で割ることとで求まる[cite: 14]。数値を代入して計算すると9.0が得られる結果となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-24

正解は③

境界層厚さ比はプラントル数で決まり、熱伝達率はヌセルト数としてレイノルズ数等の関数で表され、自然対流の乱流遷移はレイリー数により判定される組み合わせとなる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-25

正解は②

入射する全日射量からステファン・ボルツマンの法則に基づく黒体放射熱量を差し引く[cite: 14]。屋根温度を絶対温度に換算して計算すると、受け取るエネルギーは約3.2kWとなる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-26

正解は⑤

湿り蒸気の比エンタルピーは飽和水の比エンタルピーに蒸発潜熱と乾き度の積を加算して求められる[cite: 14]。与えられた数値を代入して計算すると、約2478kJ/kgとなる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-27

正解は④

フィンを密にすると流動抵抗は増大し、放熱に伴いフィン内部の熱流束は先端に向けて減少するため、流動抵抗の低下や一定値とする記述は誤りとなる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-28

正解は④

熱力学第一法則とエントロピーの関係式に理想気体の状態方程式と比熱の定義を代入して温度で割る[cite: 14]。両辺を状態1から2まで積分すると導出される式となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-29

正解は①

定常流のエネルギー保存則を適用し、流入出のエンタルピー差から速度増加に伴う運動エネルギー変化分を差し引くことで、単位質量あたりの仕事として1000kJ/kgが求まる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-30

正解は③

マンオメータの最下部水銀面を基準として左右の静水圧のつり合い式を立てる[cite: 14]。各液柱の高さと密度の積から生じる圧力を計算して差圧を求めると、 $2.52 \times 10^4 \text{Pa}$ となる

[cite: 14]。

●問題Ⅲ-31

正解は②

断面①と②の間で連続の式より流速を求め、ベルヌーイの定理を適用する[cite: 14]。高低差による位置水頭と流速増加による動圧差を足し合わせることで導出される式となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-32

正解は①

二次元の剛体回転渦において動径方向の運動方程式を立てる[cite: 14]。遠心力と圧力勾配のつり合い式を動径方向に積分することで、 $p=p_0+(1/2)\rho C^2 r^2$ が得られる式となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-33

正解は⑤

固定曲面を通過する噴流の流入および流出における運動量ベクトルの差から流体に作用する力を求める[cite: 14]。その反作用の合力の大きさを計算すると得られる式となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-34

正解は④

外部トルクが作用しない定常回転状態では、ノズルから噴出する流体の絶対周方向速度がゼロとなる[cite: 14]。周速度と相対速度の周方向成分のつり合いから解くと得られる式となる[cite: 14]。

●問題Ⅲ-35

正解は③

円管内の十分発達した層流流れではハーゲン・ポアズイユの法則が成立する[cite: 14]。この法則により、流量は管内径の4乗に比例し、流体の粘性係数に反比例する関係となる[cite: 14]。