

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。

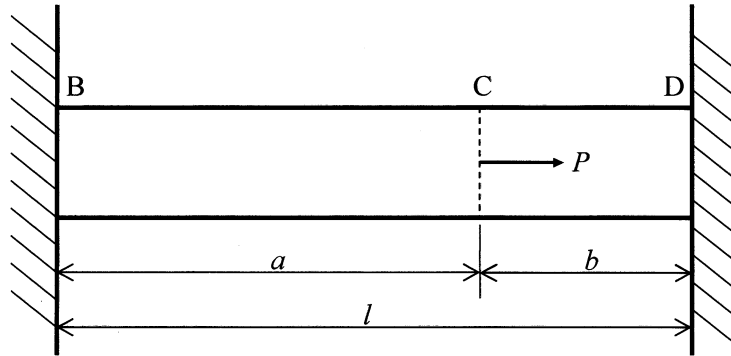
A群

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

B群

引張試験, 疲労試験, 破壊靱性試験, シャルピー衝撃試験, クリープ試験

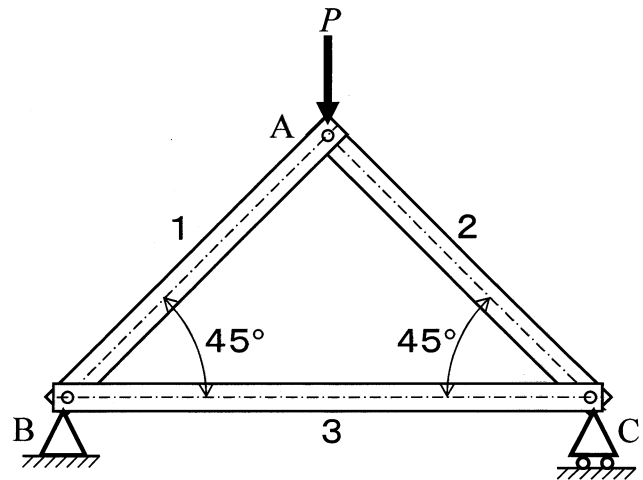
Ⅲ－２ 下図に示すように、一様断面の長さ l の棒の両端が剛体壁で無理なく固定されている。このとき棒に応力は発生していない。棒の断面積を A ，縦弾性係数を E とする。棒の C 点に右向きの軸力 P を作用させたとき、 BC 間に生じる応力 σ_{BC} と CD 間に生じる応力 σ_{CD} の組合せとして、最も適切なものはどれか。



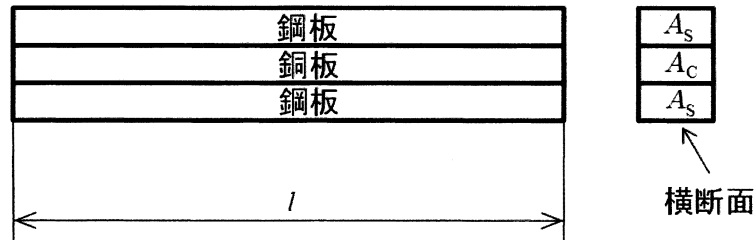
- ① $\sigma_{BC} = \frac{Pb}{Al}$, $\sigma_{CD} = \frac{Pa}{Al}$
- ② $\sigma_{BC} = \frac{Pb}{Al}$, $\sigma_{CD} = -\frac{Pa}{Al}$
- ③ $\sigma_{BC} = \frac{Pa}{Al}$, $\sigma_{CD} = -\frac{Pa}{Al}$
- ④ $\sigma_{BC} = \frac{P}{A}$, $\sigma_{CD} = -\frac{P}{A}$
- ⑤ $\sigma_{BC} = \frac{Pa}{Al}$, $\sigma_{CD} = -\frac{Pb}{Al}$

Ⅲ－３ 下図に示すように、３本の棒からなるトラス構造において、節点Aに下向きの荷重 P が作用している。節点Bは回転支点、節点Cは移動支点である。各節点は滑節であり、棒1、2、3には部材軸方向の荷重のみが作用する。棒の自重は無視できるものとするとき、棒1と棒3に負荷される軸方向の荷重 P_1 、 P_3 の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、引張荷重を正、圧縮荷重を負とする。

- ① $P_1 = -\frac{P}{\sqrt{2}}$, $P_3 = \frac{P}{2}$
- ② $P_1 = -\frac{P}{\sqrt{2}}$, $P_3 = \frac{P}{\sqrt{2}}$
- ③ $P_1 = -\frac{P}{\sqrt{3}}$, $P_3 = \frac{P}{2}$
- ④ $P_1 = -\frac{P}{2}$, $P_3 = \frac{P}{2\sqrt{2}}$
- ⑤ $P_1 = -\frac{P}{2}$, $P_3 = \frac{P}{\sqrt{2}}$



Ⅲ－４ 下図に示すように、２枚の鋼板の間に銅板を接着した。このとき積層板に応力は発生していない。鋼板と銅板それぞれの横断面積を A_s 、 A_c 、縦弾性係数を E_s 、 E_c 、線膨張係数を α_s 、 α_c とし、 $\alpha_s < \alpha_c$ とする。積層板の温度を ΔT だけ上昇させたとき、鋼板に生じる熱応力 σ_s と銅板に生じる熱応力 σ_c の組合せとして、最も適切なものはどれか。



$$\textcircled{1} \quad \sigma_s = \frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_c}{(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T, \quad \sigma_c = -\frac{2(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_s}{(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T$$

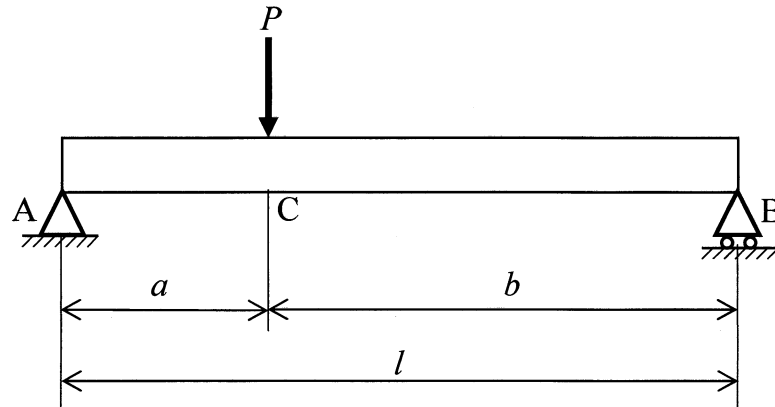
$$\textcircled{2} \quad \sigma_s = \frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_c}{2(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T, \quad \sigma_c = -\frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_s}{(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T$$

$$\textcircled{3} \quad \sigma_s = \frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_c}{(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T, \quad \sigma_c = -\frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_s}{(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T$$

$$\textcircled{4} \quad \sigma_s = \frac{2(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_c}{(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T, \quad \sigma_c = -\frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_s}{(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T$$

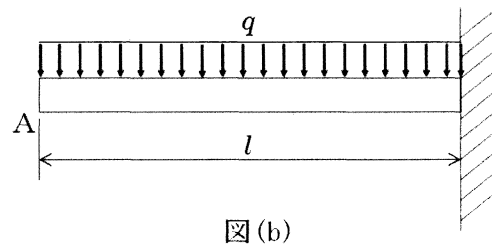
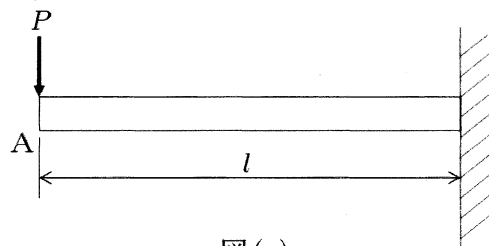
$$\textcircled{5} \quad \sigma_s = \frac{2(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_c}{(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T, \quad \sigma_c = -\frac{4(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_s}{(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T$$

Ⅲ－５ 下図に示すように、一様断面の長さ l の単純支持はりに支点Aから a ($0 \leq a < l/2$)の位置にある点Cに集中荷重 P が作用しているとき、はりの中央（支点Aから $l/2$ の位置）に発生する曲げモーメントとして、最も適切なものはどれか。



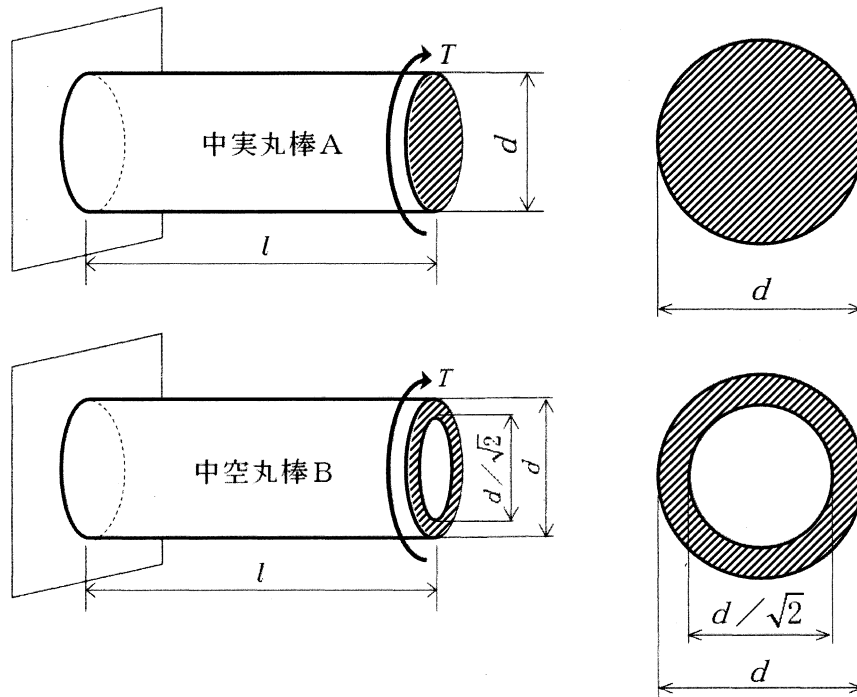
- ① Pb ② $\frac{Pb}{2}$ ③ Pa ④ $\frac{Pa}{2}$ ⑤ $\frac{Pab}{2l}$

Ⅲ－６ 曲げ剛性 EI ，長さ l の片持ちはりに対して，下図（a）に示すように自由端Aに集中荷重 P が作用するときの自由端Aのたわみと，下図（b）に示すように等分布荷重 q が作用するときの自由端Aのたわみが等しいとき， P と q の関係を表す式として，最も適切なものはどれか。



- ① $P = \frac{ql}{8}$ ② $P = \frac{3}{4}ql$ ③ $P = \frac{3}{8}ql$ ④ $P = ql$ ⑤ $P = 2ql$

Ⅲ－７ 下図に示すように、同一材質、同一長さで、外形寸法が等しく断面積比が2：1の中実丸棒Aと中空丸棒Bの一端が剛体壁に固定され、他端に等しいねじりモーメント T が作用しているとき、中実丸棒Aに生じる最大せん断応力 τ_A と中空丸棒Bに生じる最大せん断応力 τ_B の比 τ_B/τ_A に最も近い値はどれか。



- ① 2 ② $5/3$ ③ $3/2$ ④ $4/3$ ⑤ $2/3$

Ⅲ－８ 下図に示すように、直径 d の円形断面の棒の両端を回転自由に支持して、A点から長軸にそって圧縮荷重 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

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

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。最も適切なものを選び。

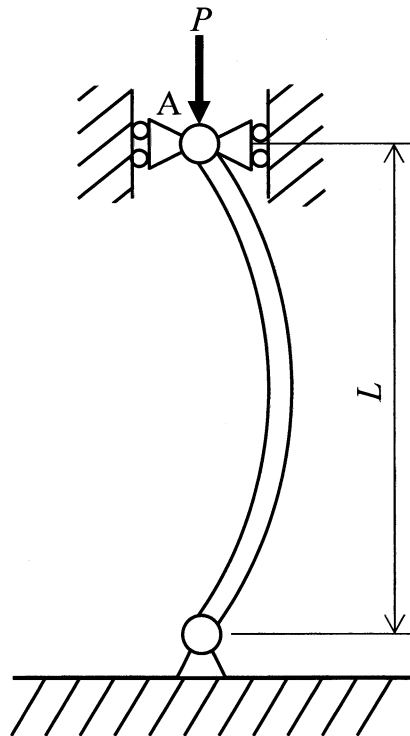
① $2\pi d \sqrt{\frac{E}{\sigma_{ys}}}$

② $\pi d \sqrt{\frac{E}{\sigma_{ys}}}$

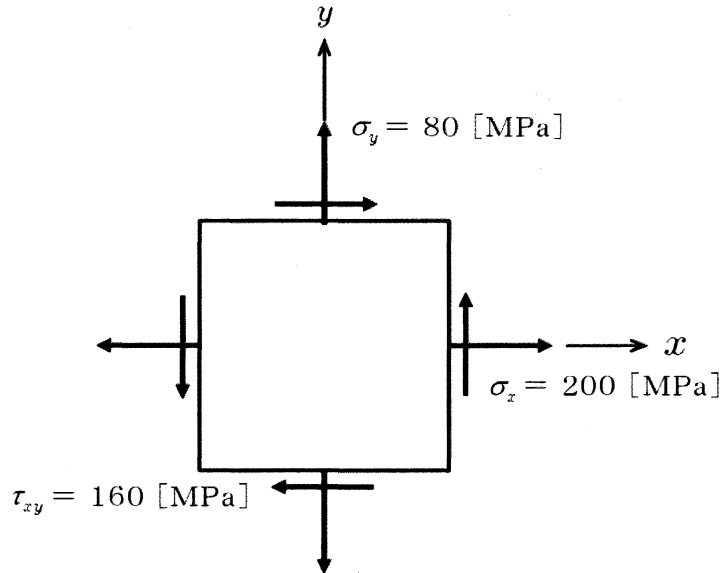
③ $\frac{\pi d}{2} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{ys}}}$

④ $\frac{\pi d}{2} \sqrt{\frac{E}{2\sigma_{ys}}}$

⑤ $\frac{\pi d}{4} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{ys}}}$



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、 $\sigma_x = 200$ [MPa]、 $\sigma_y = 80$ [MPa]、 $\tau_{xy} = 160$ [MPa]であるとき、主応力 σ_1 、 σ_2 のそれぞれに最も近い値の組合せはどれか。



- ① $\sigma_1 = 481.8$ [MPa], $\sigma_2 = -201.8$ [MPa]
- ② $\sigma_1 = 310.9$ [MPa], $\sigma_2 = -30.9$ [MPa]
- ③ $\sigma_1 = 272.6$ [MPa], $\sigma_2 = -152.6$ [MPa]
- ④ $\sigma_1 = 200.0$ [MPa], $\sigma_2 = 80.0$ [MPa]
- ⑤ $\sigma_1 = 140.0$ [MPa], $\sigma_2 = 60.0$ [MPa]

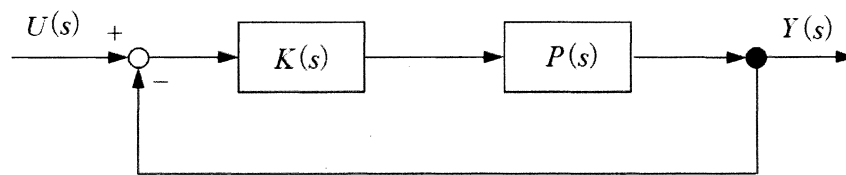
Ⅲ－１０ 内径 $d = 6.0$ [m]、肉厚 $t = 3.0$ [mm]の薄肉球殻容器に内圧 $p = 1.0$ [MPa]が作用するとき、円周方向応力 σ_θ に最も近い値はどれか。

- ① $\sigma_\theta = 125$ [MPa]
- ② $\sigma_\theta = 250$ [MPa]
- ③ $\sigma_\theta = 500$ [MPa]
- ④ $\sigma_\theta = 1000$ [MPa]
- ⑤ $\sigma_\theta = 2000$ [MPa]

Ⅲ－11 伝達関数 $P(s)$ で表される制御対象に対して，コントローラ $K(s)$ を考える。下図のようなフィードバック制御系の零点と極の組合せとして，最も適切なものはどれか。

ただし， $P(s)$ と $K(s)$ は，それぞれ $P(s) = \frac{1}{s+2}$ ， $K(s) = \frac{4}{s+3}$ で表されるものとする。

また， $j = \sqrt{-1}$ とする。



- ① 零点： $\frac{-5 \pm j\sqrt{15}}{2}$ ， 極：-2と-3
- ② 零点：ない， 極： $\frac{-5 \pm j\sqrt{15}}{2}$
- ③ 零点：-2と-3， 極： $\frac{-5 \pm j\sqrt{15}}{2}$
- ④ 零点：-2， 極：-3
- ⑤ 零点：ない， 極：-2と-3

Ⅲ－12 時間関数のラプラス変換が $F(s) = \frac{1}{s^2 + 4s + 7}$ であるとき，逆ラプラス変換した時間関数 $f(t)$ 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	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s-a}$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$F(s-a)$

- ① $\frac{1}{\sqrt{3}} \sin \sqrt{3}t$
- ② $\frac{1}{3} \sin 3t$
- ③ $\frac{1}{\sqrt{3}} e^{-2t} \sin \sqrt{3}t$
- ④ $\frac{1}{3} e^{-2t} \sin 3t$
- ⑤ $\frac{1}{2} e^{-3t} \sin 2t$

Ⅲ－13 次の特性方程式を持つフィードバック制御系において安定なものとして，最も適切なものはどれか。ただし， s は複素数でラプラス変換のパラメータとする。

- ① $s^2 + 3s + 2 = 0$
- ② $s(s-2) = 0$
- ③ $s^2 - 3s + 2 = 0$
- ④ $s^3 - 3s^2 + 2s = 0$
- ⑤ $s^4 + 3s^3 + 5s^2 = 0$

Ⅲ－14 入力をシステムの要素に加えると応答が得られる。A群の入力関数とB群の応答の組合せとして、最も適切なものはどれか。

A群：入力関数

B群：応答

$$(ア) \quad u(t) = \begin{cases} 1 & (t > 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases}$$

(エ) ランプ応答

$$(イ) \quad u(t) = \begin{cases} t & (t \geq 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases}$$

(オ) インパルス応答

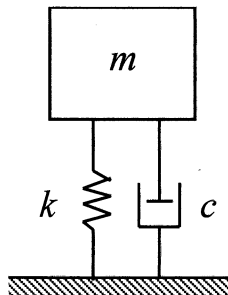
$$(ウ) \quad u(t) = \begin{cases} \frac{1}{\varepsilon} & (0 \leq t \leq \varepsilon) \\ 0 & (t < 0 \text{ or } t > \varepsilon) \end{cases} \quad (\varepsilon \rightarrow 0)$$

(カ) ステップ応答

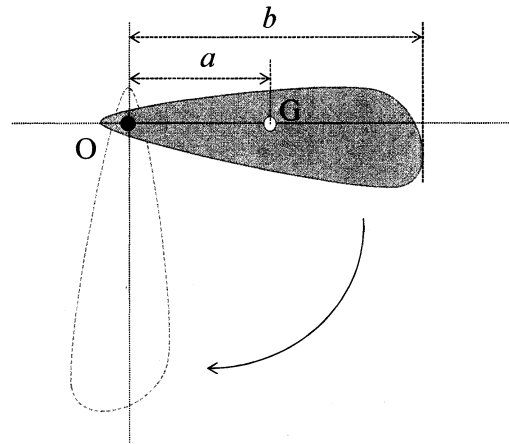
- ① (ア) と (カ), (イ) と (エ), (ウ) と (オ)
- ② (ア) と (オ), (イ) と (カ), (ウ) と (エ)
- ③ (ア) と (オ), (イ) と (エ), (ウ) と (カ)
- ④ (ア) と (エ), (イ) と (カ), (ウ) と (オ)
- ⑤ (ア) と (カ), (イ) と (オ), (ウ) と (エ)

Ⅲ－15 下図のような粘性減衰要素を有する1自由度振動系において、質量 m が10 kg、ばね定数 k が100 kN/m、減衰比が0.01のとき、減衰係数 c に最も近い値はどれか。

- ① 0.01 Ns/m
- ② 0.2 Ns/m
- ③ 2 Ns/m
- ④ 10 Ns/m
- ⑤ 20 Ns/m



Ⅲ－16 下図のように、物理振り子的一端を回転軸として、点Oで摩擦なしに回転することができる。この振り子を水平に静止させて、静かにはなすと重力の働きによって回転し始める。この振り子が鉛直になった瞬間の振り子の角速度として、最も適切なものはどれか。ただし、振り子の質量を m 、重心をG、点Oから重心までの距離を a 、最端点までの距離を b 、その回転軸まわりの慣性モーメントを J 、重力加速度の大きさを g とする。

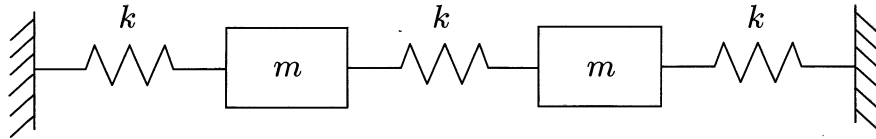


- ① $\sqrt{\frac{2mg(a+b)}{J}}$ ② $\sqrt{\frac{2mga}{J}}$ ③ $\sqrt{\frac{2mgb}{J}}$ ④ $\sqrt{\frac{g}{a}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{g}{b}}$

Ⅲ－17 密度 ρ 、ヤング率 E の一様断面の棒の縦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、棒の長手方向の位置を x 、変位を w とする。

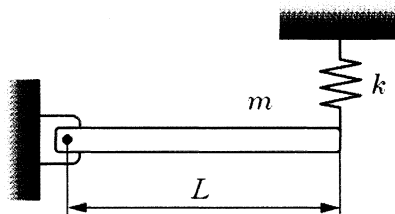
- ① $\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - Ew = 0$
- ② $\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - E \frac{\partial w}{\partial x} = 0$
- ③ $\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - E \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0$
- ④ $\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - E \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0$
- ⑤ $\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - E \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = 0$

Ⅲ－18 下図に示す2自由度振動系には、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、 k はばね定数、 m は質量を表す。



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

Ⅲ－19 下図に示すように、長さ L に対し直径が十分に小さい、一様密度かつ一様断面の質量 m の剛体丸棒がある。この丸棒の左端は回転自由支持され、右端はばね定数 k のばねで支持されている。この丸棒が微小振動するときの固有角振動数を表す式として、最も適切なものはどれか。なお、回転自由支持されている左端点まわりの丸棒の慣性モーメントは $\frac{1}{3}mL^2$ である。



- ① $\sqrt{\frac{k}{m}}$
- ② $\sqrt{\frac{2k}{m}}$
- ③ $\sqrt{\frac{k}{2m}}$
- ④ $\sqrt{\frac{3k}{m}}$
- ⑤ $\sqrt{\frac{k}{mL}}$

Ⅲ－20 下図に示すように、水平から角度 α だけ傾いた斜面上に質量 M 、半径 r の円柱を置き、静かにはなす。そのときの時刻を $t=0$ とし、その位置から斜面上に沿って下向きに測った距離を x とする。重力加速度の大きさを g とすると、 x と t の関係として、最も適切なものはどれか。ただし、円柱はすべらずに転がり落ちるものとする。なお、中心軸周りの円柱の慣性モーメントは $\frac{1}{2}Mr^2$ である。

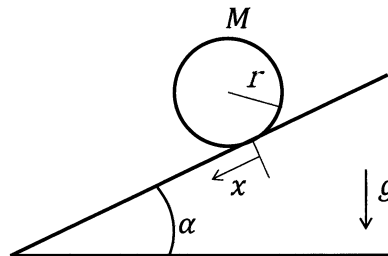
① $x = \frac{1}{3}gt^2 \sin \alpha$

② $x = \frac{2}{3}\sqrt{rgt} \sin \alpha$

③ $x = \frac{2}{3}gt^2 \sin \alpha$

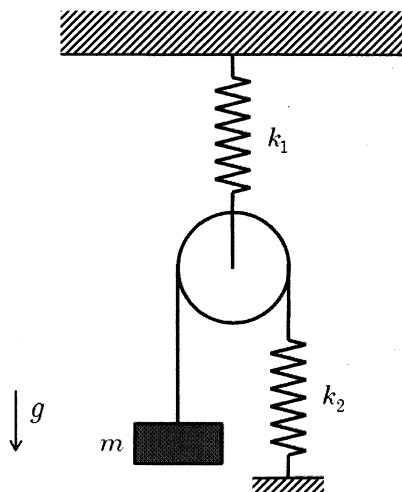
④ $x = \frac{1}{2}gt^2 \sin \alpha$

⑤ $x = \frac{1}{2}\sqrt{rgt} \sin \alpha$

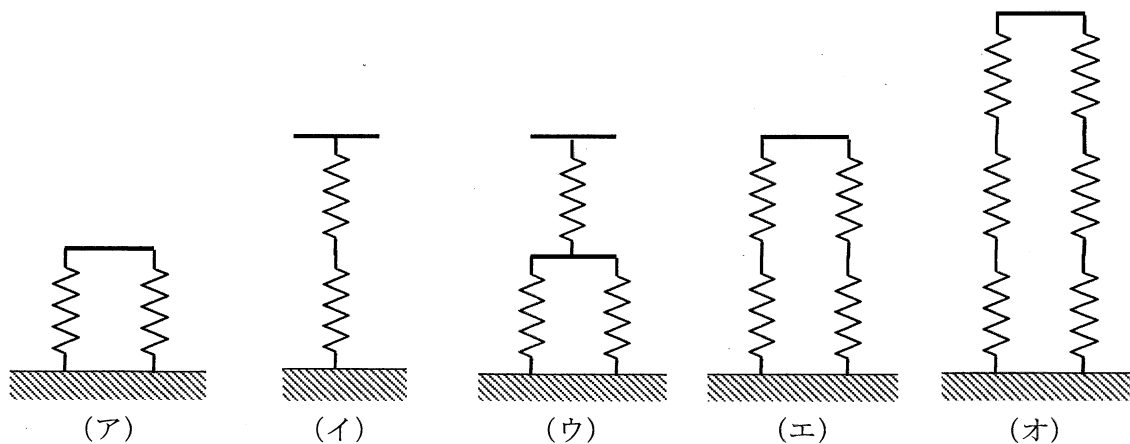


Ⅲ－21 下図に示すように、ばね定数 k_1 のばね、ばね定数 k_2 のばね、質量が無視できる動滑車、質量 m のおもり、及び質量が無視できるひもからなる振動系がある。このおもりが上下に振動する場合の固有角振動数として、最も適切なものはどれか。なお、重力加速度の大きさを g とする。

- ① $\sqrt{\frac{k_1 k_2}{m(k_1 + 2k_2)}}$
- ② $\sqrt{\frac{k_1 k_2}{m(k_1 + k_2)}}$
- ③ $\sqrt{\frac{k_1 k_2}{m(2k_1 + k_2)}}$
- ④ $\sqrt{\frac{k_2}{m}}$
- ⑤ $\sqrt{\frac{k_1 k_2}{m(k_1 + 4k_2)}}$



Ⅲ－22 下図に示すように、同じばねを組合せて使用するとき、等価ばね定数が最大と最小となる組合せとして、最も適切なものはどれか。



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

Ⅲ－23 理想気体の状態変化は、ポリトロープ指数 n を用いて、一般化できる。理想気体の圧力を p 、体積を V として、 pV^n が一定の場合における p - V 線図上の状態変化について、次の (ア) ～ (オ) のうち、正しいものの組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) n が 0 のとき、等積変化となる。
- (イ) n が 1 のとき、等積変化となる。
- (ウ) n が 0 のとき、等エントロピー変化となる。
- (エ) n が 1 のとき、等温変化となる。
- (オ) n が 0 のとき、等圧変化となる。

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

Ⅲ－24 2942 kJ/kg のエンタルピーを持ち静止していた蒸気が、膨張することでエンタルピーが 2622 kJ/kg になった。このときの蒸気の速度に最も近い値はどれか。

- ① 25 m/s ② 80 m/s ③ 250 m/s ④ 570 m/s ⑤ 800 m/s

Ⅲ－25 定常状態で用いられている熱交換器に関する次の（ア）～（オ）の記述のうち、正しいものの組合せとして、最も適切なものはどれか。

（ア）向流型熱交換器において、低温側流体の温度は高温側流体の温度の出口温度を超えることがある。

（イ）熱交換器内にある隔板の熱通過率に対し、隔板の厚さと密度の両方が影響する。

（ウ）対数平均温度差は、高温側流体の入口温度と低温側流体の出口温度が与えられれば求められる。

（エ）並流型熱交換器において、高温側流体の温度と低温側流体の温度の差は入口において最大となる。

（オ）向流型熱交換器における熱交換量は、熱通過率と対数平均温度差が与えられれば求められる。

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

Ⅲ－26 金属板に断熱性能を与えるために、その片方の表面にプラスチックフィルムを貼ることを考える。金属板とプラスチックフィルムの界面の熱抵抗は無視できるものとして、金属板にフィルムを貼ったときの定常状態での板厚方向の熱通過率を、金属板のみにおける熱通過率の1/20まで低下させるために必要なフィルムの厚さに最も近い値はどれか。ただし、金属板の厚さ及び熱伝導率をそれぞれ7.0 mm, 49 W/(m・K)、プラスチックフィルムの熱伝導率を0.20 W/(m・K)とする。

- ① 0.35 mm
- ② 0.49 mm
- ③ 0.54 mm
- ④ 0.57 mm
- ⑤ 0.70 mm

Ⅲ－27 庫内温度が -3.0°C の冷凍庫から、熱電素子冷却装置を用いて、気温 27.0°C の周囲環境へ、 72W の熱が放熱できるものとする。このとき必要となる最小電力に最も近い値はどれか。

- ① 0.80 W ② 7.2 W ③ 8.0 W ④ 72 W ⑤ 80 W

Ⅲ－28 メタン CH_4 が空気比 1.2 で完全燃焼する場合、生成される燃焼排出物のうち、二酸化炭素 CO_2 の体積分率に最も近い値はどれか。ただし、空気の組成は酸素 O_2 と窒素 N_2 とし、酸素と窒素の体積比率は $1:3.8$ とする。また、燃焼生成物中の水 H_2O は水蒸気とし、凝縮はしていないものとする。

- ① 0.080 ② 0.094 ③ 0.17 ④ 0.20 ⑤ 0.25

Ⅲ－29 内部より発熱する直径 1.0cm 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 300K 、球表面温度が 450K で、自然対流による平均熱伝達率が $7.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ のとき、自然対流により球表面から散逸する熱流量に最も近い値はどれか。

- ① 0.55 mW ② 4.4 mW ③ 330 mW ④ 550 mW ⑤ 1300 mW

Ⅲ－30 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。円筒内部の水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。

- ① $\frac{2r^2\Omega^2}{g}$ ② $\frac{r\Omega^2}{g}$ ③ $\frac{r^2\Omega^2}{g}$ ④ $\frac{r^2\Omega^2}{2g}$ ⑤ $-\frac{r^2\Omega^2}{g}$

Ⅲ－31 入口から大気圧の空気を吸い込んで、管内径が 100mm の出口管から圧縮空気を送り出しているコンプレッサーを考える。入口では、密度 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ の空気が毎分 600 リットルで吸い込まれている。出口での空気の密度は $4.8\text{kg}/\text{m}^3$ となっている。流れは定常とする。出口管内の空気の平均流速として最も近い値はどれか。

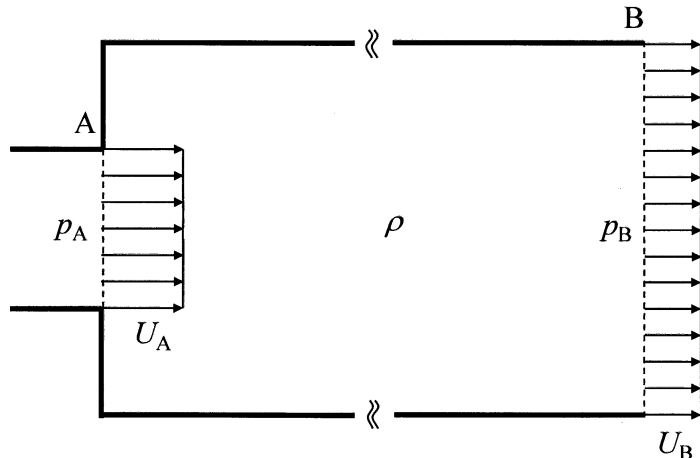
- ① 19 m/s
② 320 m/s
③ 0.27 m/s
④ 3.1 m/s
⑤ 0.32 m/s

Ⅲ－32 水槽に内径 D の円管が接続されており、水が流出している。円管の入口部では、断面内で流れは一様であり、その流速を U とする。入口部から助走距離 L の位置において、流れは発達し、それより下流では流れ方向に一様な層流となった。 U 、 D 、及び水の動粘性係数 ν に基づくレイノルズ数 Re を用いて、無次元化された助走距離は、 $L/D=0.065 Re$ で与えられる。助走距離に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 同一の流速、及び管内径において、助走距離は動粘性係数の 2 乗に反比例する。
- ② 同一の流体、及び流速において、助走距離は管内径の 2 乗に比例する。
- ③ 同一の流体、及び管内径において、助走距離は流速の 2 乗に比例する。
- ④ 同一の流体、及び流速において、助走距離は管内径に依存しない。
- ⑤ 同一の流速、及び管内径において、助走距離は動粘性係数の 2 乗に比例する。

Ⅲ－33 下図に示すように、流入部 A から一様な速度分布 U_A を持つ流体が流れ込み、急拡大管で広がった後、十分下流の流出部 B より一様な速度分布 U_B で流れ出る 2 次元流を考える。流体の密度を ρ とし、壁面に作用する粘性応力の影響は無視して良い。このとき、流入部の圧力 p_A と流出部の圧力 p_B の差 ($p_A - p_B$) として、最も適切なものはどれか。

- ① $-\rho U_B (U_A - U_B)$
- ② $\rho U_B (U_A - U_B)$
- ③ $-\rho (U_A^2 - U_B^2)$
- ④ $\rho (U_A^2 - U_B^2)$
- ⑤ $\frac{1}{2} \rho (U_A^2 - U_B^2)$



Ⅲ－34 固体壁近傍に発達する境界層について考える。境界層厚さを δ ，境界層外縁の一樣流速を U ，壁面垂直方向を y とし，境界層内の速度分布 $u(y)$ が，

$$u = U \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{1}{7}}$$

で与えられるとする。 $\delta = 40$ [mm] のとき，運動量厚さの値として最も近い値はどれか。

- ① 5.0 mm ② 5.7 mm ③ 3.9 mm ④ 40 mm ⑤ 4.4 mm

Ⅲ－35 下図のように，一樣流中に置かれた翼まわりの流れを調べるため，レイノルズ数を一致させて実機と同じ流体を用いて模型実験を行った。模型実験における翼後縁付近の点Bの流速が u_2 のとき，実機における幾何学的に相似な点Aの流速 u_1 を示す式として，最も適切なものはどれか。ただし，実機及び模型実験の主流流速を U_1 ， U_2 ，流れのレイノルズ数を Re とする。

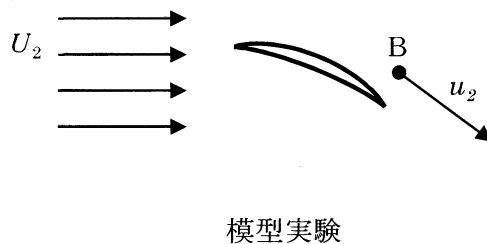
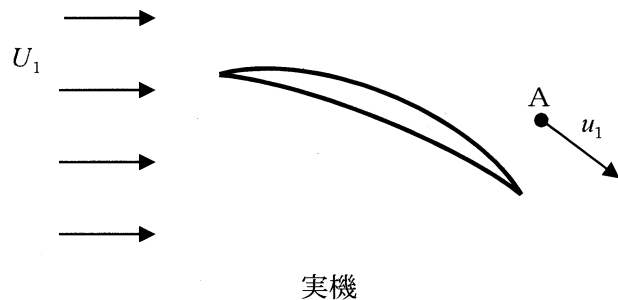
① $u_1 = \frac{U_2}{U_1} u_2$

② $u_1 = \frac{u_2}{Re}$

③ $u_1 = Re \cdot u_2$

④ $u_1 = u_2$

⑤ $u_1 = \frac{U_1}{U_2} u_2$



【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は⑤

硬さを評価する試験はB群に含まれていない[cite: 16]。他の選択肢の特性は引張試験、疲労試験、シャルピー衝撃試験によりそれぞれ評価可能となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-2

正解は②

両端固定棒の不静定問題であり、C点の変位が両区間で一致する条件から反力を求める[cite: 16]。BC間には引張応力 $P_b/(AI)$ が生じ、CD間には圧縮応力 $-P_a/(AI)$ が生じる組み合わせとなる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-3

正解は①

支点反力是对称性より鉛直上向きに $P/2$ となる[cite: 16]。節点Bにおける鉛直および水平方向の力のつり合い方程式を解くことで、棒1の軸力は $-P/\sqrt{2}$ 、棒3の軸力は $P/2$ と求まる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-4

正解は①

温度上昇時の鋼板と銅板の伸びが等しい適合条件と、両部材に生じる内力の総和がゼロとなるつり合い条件を連立させて解く[cite: 16]。これにより各熱応力を表す式が導出される[cite: 16]。

●問題Ⅲ-5

正解は④

支点Bの反力はモーメントのつり合いより Pa/l となる[cite: 16]。はり中央は荷重点Cよりも支点B側にあるため、支点Bの反力に中央までの距離 $l/2$ を乗じることで $Pa/2$ と計算される[cite: 16]。

●問題Ⅲ-6

正解は③

片持ちはりの自由端のたわみは、先端集中荷重では $Pl^3/(3EI)$ 、等分布荷重では $ql^4/(8EI)$ となる[cite: 16]。両者を等しいとおいて P について解くことで $P=(3/8)ql$ となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-7

正解は④

最大せん断応力はトルクを極断面係数で割った値となる[cite: 16]。中空丸棒の内外径から極断面係数を求めると中実丸棒の $3/4$ 倍となるため、最大せん断応力の比 τ_B/τ_A は $4/3$ となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-8

正解は⑤

オイラーの座屈応力は座屈荷重を断面積で割ることで求まる[cite: 16]。この座屈応力が材料の降伏応力以上であれば降伏まで座屈しないため、不等式を解くと $L \leq (\pi d/4) \sqrt{E/\sigma_{ys}}$ となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-9

正解は②

主応力は平均垂直応力にモールの応力円の半径を加減して求められる[cite: 16]。与えられた応力成分から中心 140MPa と半径約 170.9MPa を計算することで、 310.9MPa と -30.9MPa となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-10

正解は③

内圧を受ける薄肉球殻容器の円周方向応力は、内圧と内径の積を肉厚の4倍で割る公式で

与えられる[cite: 16]。数値を代入して計算すると、500MPaが得られる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-11

正解は②

閉ループ伝達関数を導出すると分子が定数4となるため零点は存在しない[cite: 16]。分母の特性方程式 $s^2+5s+10=0$ に解の公式を適用して根を求めることで、極が得られる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-12

正解は③

分母を平方完成して $(s+2)^2+(\sqrt{3})^2$ の形に変形する[cite: 16]。周波数推移定理および正弦関数のラプラス変換対を参照して逆変換を行うことで、 $(1/\sqrt{3})e^{(-2t)}\sin(\sqrt{3}t)$ となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-13

正解は①

制御系が安定であるための必要十分条件は、特性方程式のすべての根の実部が負であることである[cite: 16]。1の根は-1と-2であり、ともに負の実数であるため安定となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-14

正解は①

一定値が加わる入力に対する応答がステップ応答、時間に比例して増加する入力に対する応答がランプ応答、短時間のインパルス入力に対する応答がインパルス応答となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-15

正解は⑤

臨界減衰係数は質量の平方根とばね定数の積の2倍として2000Ns/mと求まる[cite: 16]。これに減衰比0.01を乗じることで、減衰係数として20Ns/mが算出される[cite: 16]。

●問題Ⅲ-16

正解は②

力学的エネルギー保存則を適用する[cite: 16]。振り子が水平から鉛直になることで重心が距離aだけ下降するため、放出された位置エネルギーと回転運動エネルギーを等置して求まる式となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-17

正解は③

一様な棒の微小要素に生じる慣性力と、垂直応力の勾配による内力のつり合いから運動方程式を導く[cite: 16]。整理すると $\rho(\partial^2 w / \partial t^2) - E(\partial^2 w / \partial x^2) = 0$ が得られる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-18

正解は②

連立運動方程式から特性方程式を導き、固有値問題を解く[cite: 16]。固有角振動数の2乗が k/m および $3k/m$ となるため、それぞれの平方根をとった $\sqrt{k/m}$ と $\sqrt{3k/m}$ となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-19

正解は④

左端点まわりの微小回転に関する運動方程式を立てる[cite: 16]。慣性モーメント $(1/3)mL^2$ とばねの復元モーメント $kL^2\theta$ のつり合いから固有角振動数を求めると $\sqrt{3k/m}$ となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-20

正解は①

並進と回転の運動方程式を連立し、すべりなしの幾何学的拘束条件から転がり加速度

$a = (2/3)g \sin \alpha$ を求める[cite: 16]。これを時間で2回積分することで $x = (1/3)gt^2 \sin \alpha$ となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-21

正解は⑤

動滑車の力のつり合いから各ばねに生じる張力と伸びを求め、おもりの変位との幾何学的関係から等価ばね定数を導出する[cite: 16]。これを固有角振動数の式に代入すると5の式となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-22

正解は①

同一のばねを並列に接続するとばね定数は足し合わされて大きくなり、直列に接続すると逆数和となり小さくなる[cite: 16]。したがって最大は3本並列のA、最小は3本直列のイとなる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-23

正解は④

ポリトロップ指数の定義に基づき、 $n=0$ のときは圧力が一定に保たれる等圧変化となり、 $n=1$ のときはボイルの法則に従い温度が一定となる等温変化となる組み合わせが正しい[cite: 16]。

●問題Ⅲ-24

正解は⑤

エネルギー保存則より、減少した比エンタルピーがすべて運動エネルギーに変換される式を立てる[cite: 16]。単位をJ/kgに換算して計算すると、流速として800m/sが求まる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-25

正解は④

向流型では低温側の出口温度が高温側の出口温度を上回ることが可能であり、並流型では両流体の温度差は入口で最大となる特性を持つため、Aとエが正しい記述となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-26

正解は③

熱通過率を20分の1にするには全体の熱抵抗を20倍にする必要がある[cite: 16]。金属板の熱抵抗の19倍に相当する熱抵抗をフィルムの熱伝導率から逆算すると、厚さは約0.54mmとなる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-27

正解は③

カルノーサイクルの成績係数 $COP = T_c / (T_h - T_c) = 9$ より吸熱能力を求める[cite: 16]。熱電素子の放熱量72Wから必要最小電力を逆算すると、8.0Wが得られる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-28

正解は①

完全燃焼の化学反応式と空気比から各燃焼排出ガスのモル数を算出する[cite: 16]。総モル数に対する二酸化炭素のモル数の比を計算すると約0.080となり、これが体積分率となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-29

正解は③

球の表面積を求め、ニュートンの冷却の法則を適用する[cite: 16]。熱伝達率、表面積、および温度差を掛け合わせることで、散逸する熱流量として約330mWが算出される[cite: 16]。

●問題Ⅲ-30

正解は④

剛体回転する液面において遠心力と重力の合力は液面と直交する[cite: 16]。動径方向の遠心力ポテンシャルと鉛直方向の重力ポテンシャルのつり合いから、水面形状は $r^2 \Omega^2 / (2g)$ となる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-31

正解は⑤

定常流における質量保存則より入口と出口の質量流量を等置する[cite: 16]。出口での体積流量を算出し、管の断面積で割ることで出口管内の平均流速として約0.32m/sが求まる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-32

正解は②

与えられた無次元化助走距離の式にレイノルズ数の定義を代入して整理する[cite: 16]。同一流体かつ同一流速の条件下では、助走距離は管内径の2乗に比例する関係が得られる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-33

正解は①

急拡大部を含む検査体積に対して運動量保存則を適用する[cite: 16]。段差部に作用する圧力を流入圧力とみなして力のつり合いを整理することで、 $-(\rho U B)(U A - U B)$ が導かれる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-34

正解は③

1/7乗則の速度分布を運動量厚さの定義式に代入して積分を実行する[cite: 16]。運動量厚さは境界層厚さの7/2となるため、数値を代入して計算すると約3.9mmとなる[cite: 16]。

●問題Ⅲ-35

正解は⑤

レイノルズ数が一致する相似な流れ場では無次元化された局所流速が等しくなる[cite: 16]。実機と模型の主流流速の比を模型の流速に乗じることで、実機の流速を表す式が導出される[cite: 16]。