

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群の用語と関連する用語をB群の中から選ぶとき、A群の用語の中で関連する用語がB群にないものはどれか。

A群

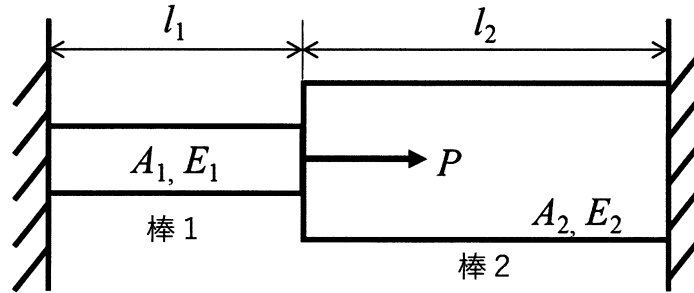
- ① 主応力 ② 降伏応力 ③ 応力集中係数 ④ 縦弾性係数 ⑤ 座屈荷重

B群

カステリャノの定理，オイラーの理論，平行軸の定理，フックの法則

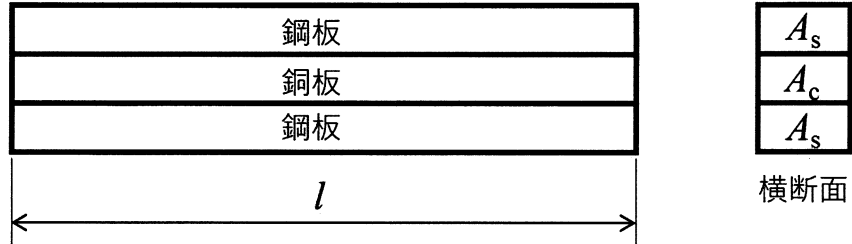
モールの応力円，ミーゼスの条件，重ね合わせの原理

Ⅲ－２ 長さ l_1 ，断面積 A_1 ，縦弾性係数 E_1 の棒 1 と，長さ l_2 ，断面積 A_2 ，縦弾性係数 E_2 の棒 2 を接合し，各棒に応力が生じないように剛体壁で無理なく固定した。そして，下図のように接合面に右向きの軸力 P を作用させた。このとき，棒 1 に生じる応力 σ_1 と棒 2 に生じる応力 σ_2 の組合せとして，適切なものはどれか。



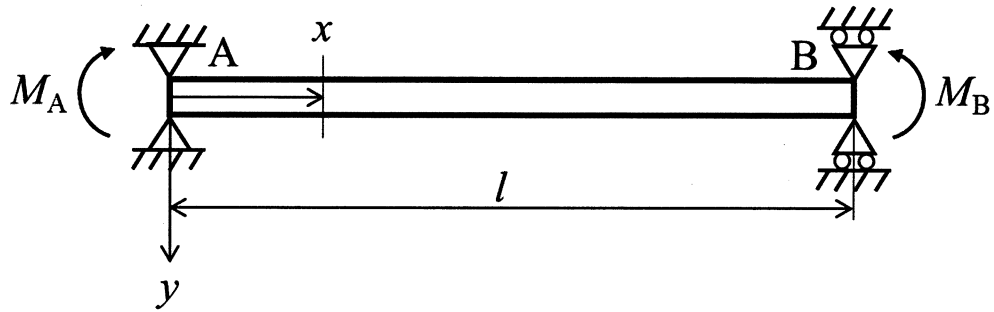
- ① $\sigma_1 = \frac{E_1 l_1}{A_1 E_1 l_2 + A_2 E_2 l_1} P, \quad \sigma_2 = -\frac{E_2 l_2}{A_1 E_1 l_2 + A_2 E_2 l_1} P$
- ② $\sigma_1 = \frac{E_1 l_1}{A_1 E_1 l_2 - A_2 E_2 l_1} P, \quad \sigma_2 = -\frac{E_2 l_2}{A_1 E_1 l_2 - A_2 E_2 l_1} P$
- ③ $\sigma_1 = \frac{E_1 l_2}{A_1 E_1 l_2 - A_2 E_2 l_1} P, \quad \sigma_2 = -\frac{E_2 l_1}{A_1 E_1 l_2 - A_2 E_2 l_1} P$
- ④ $\sigma_1 = \frac{E_1 l_2}{A_1 E_1 l_2 + A_2 E_2 l_1} P, \quad \sigma_2 = -\frac{E_2 l_1}{A_1 E_1 l_2 + A_2 E_2 l_1} P$
- ⑤ $\sigma_1 = \frac{E_2 l_1}{A_1 E_1 l_2 + A_2 E_2 l_1} P, \quad \sigma_2 = -\frac{E_1 l_2}{A_1 E_1 l_2 + A_2 E_2 l_1} P$

Ⅲ－３ 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、適切なものはどれか。



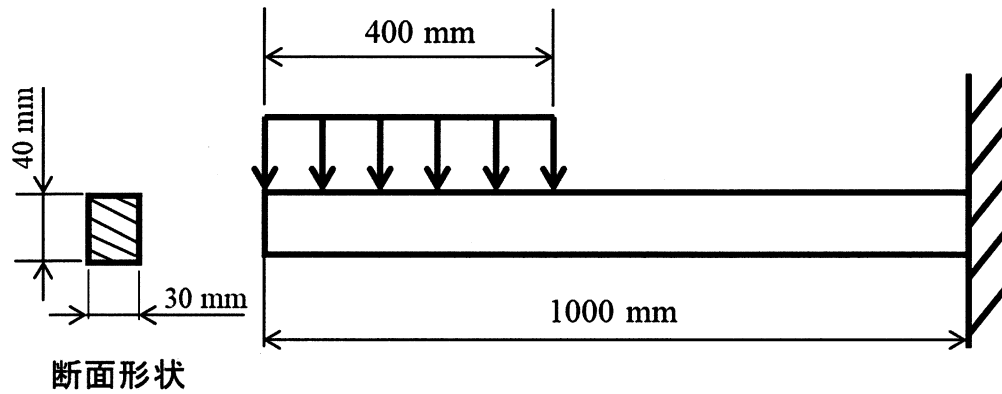
- ① $\sigma_s = \frac{2(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_c}{2E_s A_s + E_c A_c} \Delta T$, $\sigma_c = -\frac{4(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_s}{2E_s A_s + E_c A_c} \Delta T$
- ② $\sigma_s = \frac{2(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_c}{2E_s A_s + E_c A_c} \Delta T$, $\sigma_c = -\frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_s}{2E_s A_s + E_c A_c} \Delta T$
- ③ $\sigma_s = \frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_c}{2E_s A_s + E_c A_c} \Delta T$, $\sigma_c = -\frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_s}{2E_s A_s + E_c A_c} \Delta T$
- ④ $\sigma_s = \frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_c}{2(2E_s A_s + E_c A_c)} \Delta T$, $\sigma_c = -\frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_s}{2E_s A_s + E_c A_c} \Delta T$
- ⑤ $\sigma_s = \frac{(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_c}{2E_s A_s + E_c A_c} \Delta T$, $\sigma_c = -\frac{2(\alpha_c - \alpha_s)E_c E_s A_s}{2E_s A_s + E_c A_c} \Delta T$

Ⅲ－４ 下図に示すように、一様断面の長さ l の単純支持はりの支点A、Bに曲げモーメント M_A と M_B が作用している。支点Aから距離 x の位置における、はりのせん断力として、適切なものはどれか。



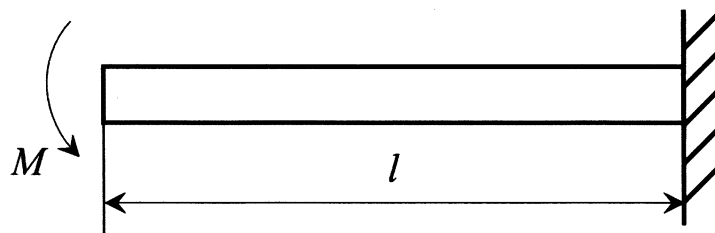
- ① $\frac{M_A + M_B}{l}$ ② $-\frac{M_A - M_B}{l}$ ③ $-\frac{M_A + M_B}{l^2}x + \frac{M_A}{l}$ ④ $\frac{M_A}{l}$ ⑤ $\frac{M_B}{l}$

Ⅲ－５ 幅30mm、高さ40mmの長方形断面を持つ長さ1000mmの片持ちばりに、先端から400mmの位置に等分布荷重が作用している。はりの許容応力を80MPaとすると、負荷できる最大の等分布荷重の値として、適切なものはどれか。



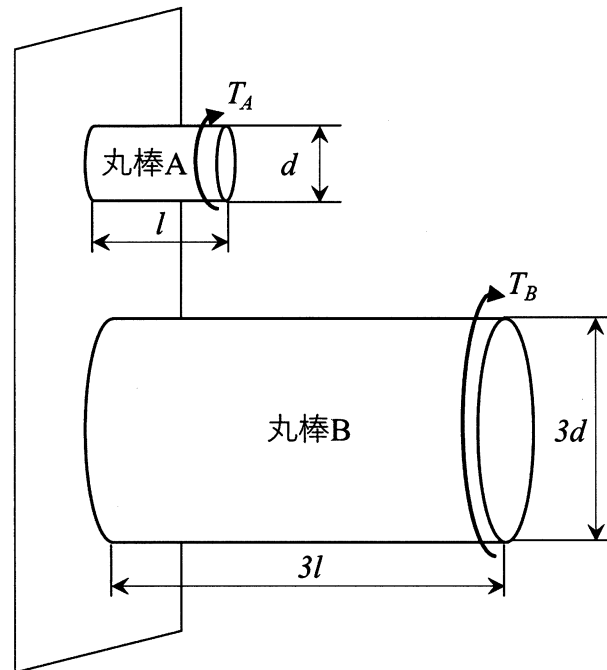
- ① 2.0 N/mm
- ② 1.5 N/mm
- ③ 1.0 N/mm
- ④ 0.75 N/mm
- ⑤ 0.30 N/mm

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。このとき、はりの最大たわみとして、適切なものはどれか。ただし、はりの曲げ剛性を EI とする。



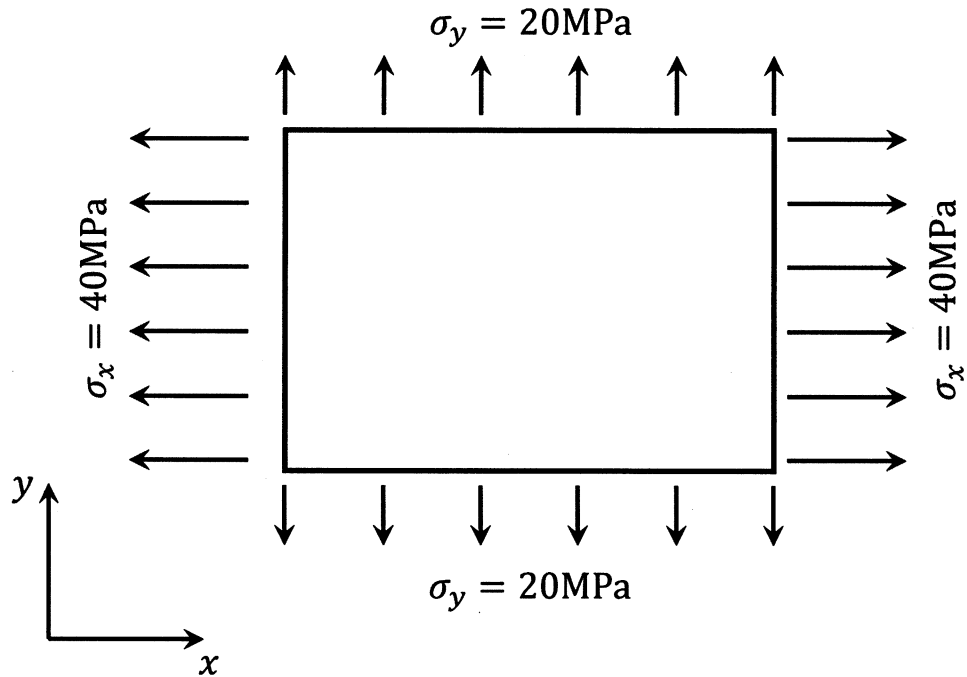
- ① $\frac{Ml^2}{12EI}$
- ② $\frac{Ml^2}{8EI}$
- ③ $\frac{Ml^2}{4EI}$
- ④ $\frac{Ml^2}{2EI}$
- ⑤ $\frac{Ml^2}{EI}$

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 として、適切なものはどれか。



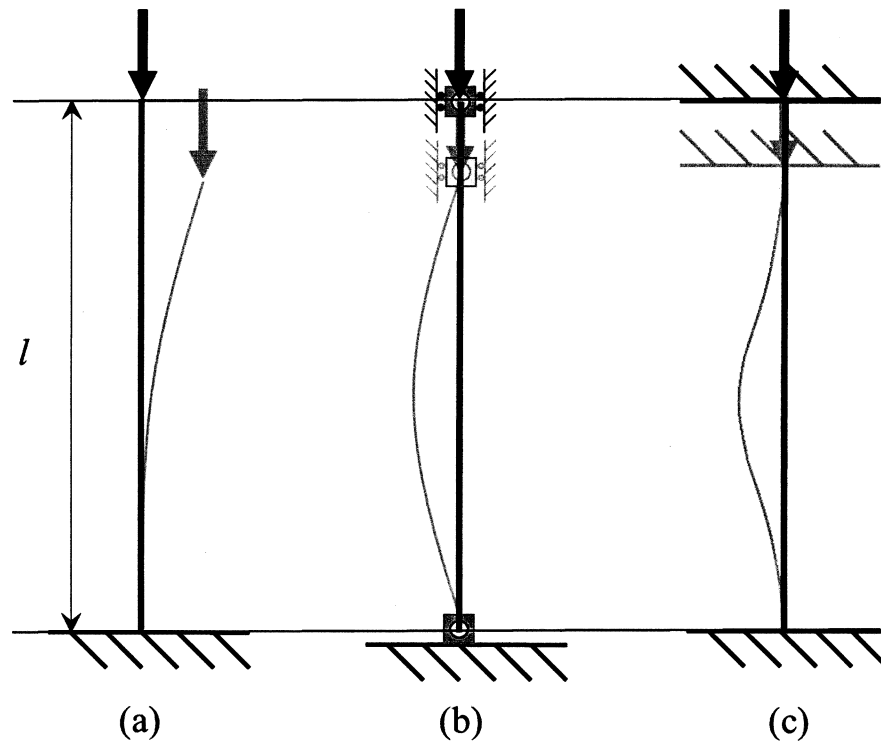
- ① 27 ② 3 ③ 1 ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{1}{27}$

Ⅲ－８ 下図に示すように、長方形板の x 軸に垂直な面に引張応力 $\sigma_x = 40\text{MPa}$ が、 y 軸に垂直な面に引張応力 $\sigma_y = 20\text{MPa}$ が作用している。この板における主せん断応力 τ の大きさと主せん断応力が作用する面の角度 θ （その面の法線ベクトルが x 軸となす角度）の組合せとして、適切なものはどれか。



- ① $\tau = \pm 10\text{MPa}$, $\theta = \pm 30^\circ$
- ② $\tau = \pm 10\text{MPa}$, $\theta = \pm 45^\circ$
- ③ $\tau = \pm \sqrt{10}\text{MPa}$, $\theta = \pm 30^\circ$
- ④ $\tau = \pm \sqrt{10}\text{MPa}$, $\theta = \pm 45^\circ$
- ⑤ $\tau = \pm 20\text{MPa}$, $\theta = \pm 45^\circ$

Ⅲ－９ 下図に示すように、長さ l の柱が３本ある。それぞれ、(a) 一端固定・他端自由、
 (b) 両端回転自由、(c) 両端固定の柱である。これらの柱の座屈荷重の組合せとして、
 適切なものはどれか。ただし、柱の曲げ剛性を EI とする。



	(a)	(b)	(c)
①	$\frac{\pi^2 EI}{4l^2}$	$\frac{\pi^2 EI}{l^2}$	$\frac{4\pi^2 EI}{l^2}$
②	$\frac{\pi^2 EI}{4l^2}$	$\frac{\pi^2 EI}{2l^2}$	$\frac{\pi^2 EI}{l^2}$
③	$\frac{\pi^2 EI}{l^2}$	$\frac{4\pi^2 EI}{l^2}$	$\frac{16\pi^2 EI}{l^2}$
④	$\frac{\pi^2 EI}{l^2}$	$\frac{2\pi^2 EI}{l^2}$	$\frac{4\pi^2 EI}{l^2}$
⑤	$\frac{\pi^2 EI}{4l}$	$\frac{\pi^2 EI}{2l}$	$\frac{\pi^2 EI}{l}$

Ⅲ－10 5 MPaの内圧を受ける直径2 mの薄肉球殻について考える。材料の降伏応力を400MPa, 安全率を3とすると, 必要な最小の肉厚の値として, 最も近い値はどれか。

- ① 14 mm ② 18 mm ③ 19 mm ④ 38 mm ⑤ 75 mm

Ⅲ－11 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, 適切なものはどれか。

A群：入力関数

B群：応答

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

(エ) インパルス応答

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

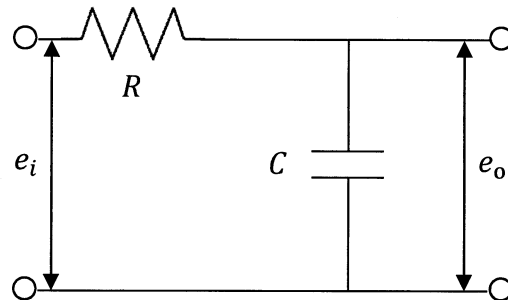
(オ) ランプ応答

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

(カ) ステップ応答

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

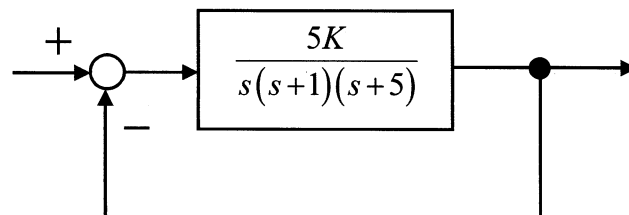
Ⅲ－12 下図に示す抵抗 R とコンデンサ C を有する RC 回路において，入力電圧 e_i と出力電圧 e_o に関する伝達関数として，適切なものはどれか。



- ① $\frac{1}{1+CRs}$ ② $\frac{1}{1-CRs}$ ③ $\frac{CRs}{s+CRs}$ ④ $\frac{CRs}{1+CRs}$ ⑤ $\frac{CRs}{1-CRs}$

Ⅲ－13 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，適切なものはどれか。

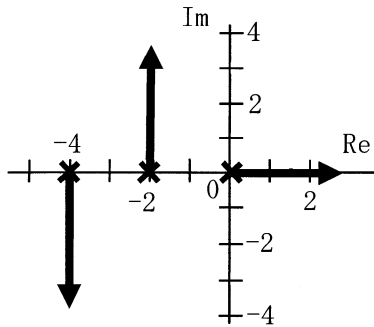
- ① $K > 0$
 ② $K < 0$
 ③ $K < 0$ 又は $6 < K$
 ④ $0 < K < 6$
 ⑤ $0 < K < 30$



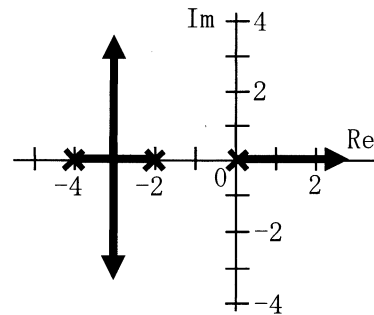
Ⅲ－14 一巡伝達関数が $\frac{K}{s(s+2)(s+4)}$ で与えられるフィードバック制御系の根軌跡の概形

として、適切なものはどれか。

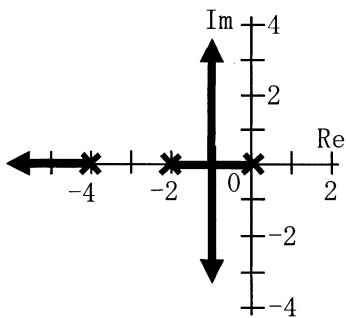
①



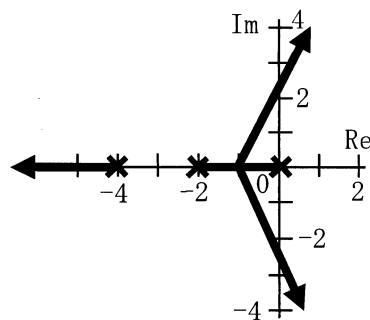
②



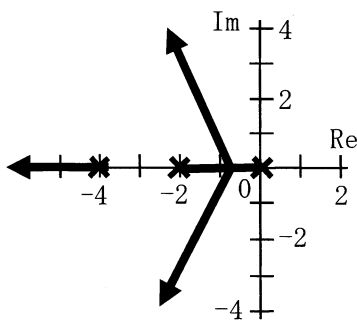
③



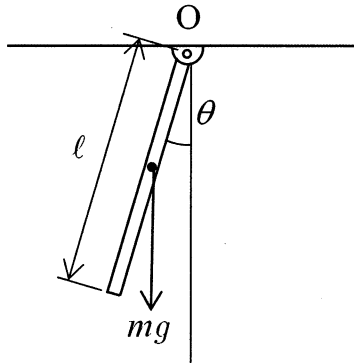
④



⑤

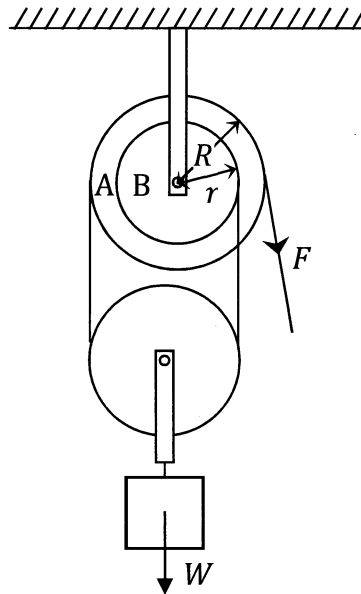


Ⅲ－15 下図のように長さ ℓ で一様な質量 m の細長い剛体棒が固定軸 O の回りを微小角 θ で振動する。重力加速度を g とするとき、この棒の固有角振動数として、適切なものはどれか。



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

Ⅲ－16 下図のように、共有する中心軸に固定された2個の定滑車A、Bと1個の動滑車をくさりで連結した差動滑車がある。動滑車の中心に重さ W の物体を吊るした状態で、差動滑車を停止させるために、Aにかかったくさりを引く力 F として、適切なものはどれか。なお、定滑車A、Bの半径はそれぞれ R と r で、動滑車の重さは無視する。

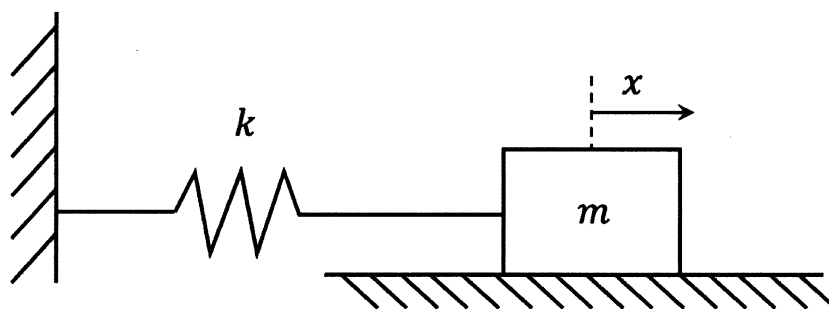


- ① $\frac{W(R+r)}{R}$ ② $\frac{W(R-r)}{R}$ ③ $\frac{W(R+r)}{2R}$ ④ $\frac{W(R-r)}{2R}$ ⑤ $\frac{W(R-r)}{2}$

Ⅲ－17 クレーンが1 kWのモータにより200kgの物体を毎秒300mmの速さで吊り上げている。このクレーンの効率として、適切なものはどれか。

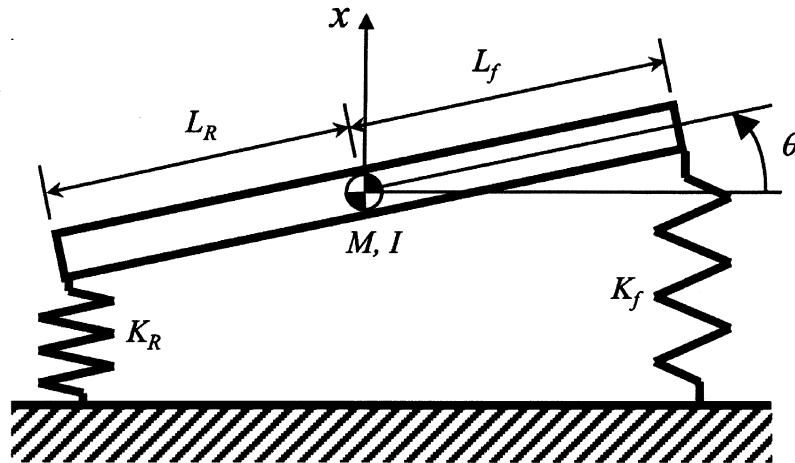
- ① 1.7% ② 6.0% ③ 12.0% ④ 58.8% ⑤ 196%

Ⅲ－18 下図のように、ある動摩擦係数の水平面上にばね定数 k のばねを横たえ、一方の端を水平面に垂直な壁に固定し、もう一方の端に質量 m の物体を取り付けた。ばねが自然長のときの物体の位置を $x=0$ とする。物体を x 軸の正方向に21mmだけ引っ張り、静かに放したとき、質量が静止する物体の位置の x 軸座標として、適切なものはどれか。ただし、 $m=1\text{ kg}$ 、 $k=0.5\text{ N/mm}$ 、固体摩擦力 $f=1\text{ N}$ とする。



- ① -2 mm ② -1 mm ③ 0 mm ④ 1 mm ⑤ 2 mm

Ⅲ－19 下図は、平面内で考えた質量 M ・慣性モーメント I の剛体車体と、その前後に取り付けられたサスペンションをばね定数 K_f , K_R で表わした自動車の模式図である。ただし、車体重心の（地面からの）高さを x , 車体の（水平からの）傾きを θ , 重心から前後サスペンション取り付け位置への距離を L_f , L_R とする。なお θ は微小とする。



この振動系の運動方程式は以下の 2 式である。

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + K_f (x + L_f \theta) + K_R (x - L_R \theta) = 0$$

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} + K_f L_f (x + L_f \theta) - K_R L_R (x - L_R \theta) = 0$$

この振動系において、 x と θ が非連成となるための必要十分条件として、適切なものはどれか。

- ① $K_f = K_R$
- ② $L_f = L_R$
- ③ $K_f = K_R$ かつ $L_f = L_R$
- ④ $K_f L_f - K_R L_R = 0$
- ⑤ $K_f L_f^2 - K_R L_R^2 = 0$

Ⅲ－20 下図のように、上端点Oをピン支持された質量 M の細長い棒がある。棒の重心GはOから距離 h の位置にある。いま、棒が真下にぶら下がっている状態で、Oから下方方向に距離 r だけ離れた地点で右向きに衝撃力 P を作用させると、点Oに水平方向に抗力 F が作用するが、ある距離 $r=r_p$ のとき、 P の値にかかわらず $F=0$ となる。その距離 r_p として、適切なものはどれか。ただし、棒の重心回りの慣性モーメントを J とする。

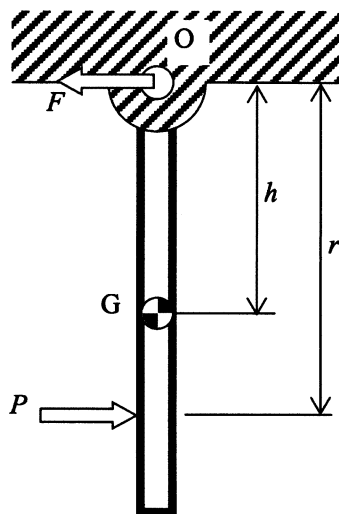
① $\frac{J}{Mh}$

② $\frac{Mh}{J}$

③ $\frac{J + Mh^2}{Mh}$

④ $\frac{J}{Mh} + h$

⑤ そのような距離 r_p は存在しない



Ⅲ－21 下図のように、質量 m のおもりが糸でつながれており、滑らかな面を持つ水平な板の上を一定の角速度 ω で回転している。糸は小さな穴を通り板の下側につながっており、その有効長 r 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、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が、 r を変化させる際におもりになされる仕事は無視できないものとする。

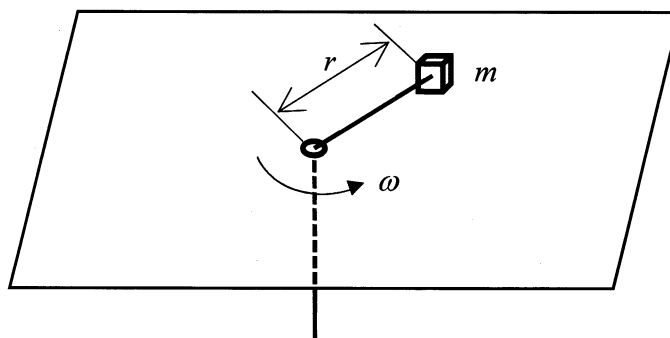
① $\frac{1}{2}$ 倍にする

② $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍にする

③ $\sqrt{2}$ 倍にする

④ 2 倍にする

⑤ 4 倍にする



Ⅲ－22 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、静かに放す。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 、静止状態からの円柱の回転角度を θ とする。このとき、円柱と斜面の間に作用する摩擦力 F （斜面上に沿って上向きを正とする）により、円柱はすべらずに斜面を転がり落ちる、すなわち $x=r\theta$ が成立しているものとする。なお、中心軸周りの円柱の慣性モーメントは $\frac{1}{2}Mr^2$ 、重力加速度は g である。以上の条件のもとで、 x と t の関係として適切なものはどれか。

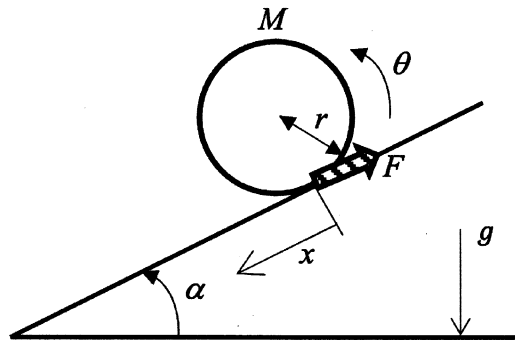
① $x = \frac{1}{2}gt^2 \sin \alpha$

② $x = \frac{1}{3}gt^2 \sin \alpha$

③ $x = \frac{2}{3}gt^2 \sin \alpha$

④ $x = \frac{4}{3}gt^2 \sin \alpha$

⑤ $x = gt^2 \sin \alpha$



Ⅲ－23 温度350Kの熱源から吸熱し、温度400Kの熱源へと放熱を行う冷凍機を考える。この冷凍機の成績係数（COP）の最大値として、適切なものはどれか。

- ① 0.13 ② 0.88 ③ 1.0 ④ 1.1 ⑤ 7.0

Ⅲ－24 理想気体の断熱変化では、作動流体の圧力、体積、温度、比熱比をそれぞれ p 、 V 、 T 、 κ とすると、 pV^κ 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、適切なものはどれか。

① $pT^{\kappa-1}$ が一定

② $p^{\kappa-1}T^\kappa$ が一定

③ $p^{1-\kappa}T^\kappa$ が一定

④ $p^\kappa T^{\kappa-1}$ が一定

⑤ $p^\kappa T^{1-\kappa}$ が一定

Ⅲ－25 下図は，ガスタービンの基本サイクルであるブレイトンサイクルの $T-S$ 線図である。図中の番号1，2，3，4に対応する温度をそれぞれ T_1 ， T_2 ， T_3 ， T_4 とするととき，このサイクルの理論熱効率として，適切なものはどれか。

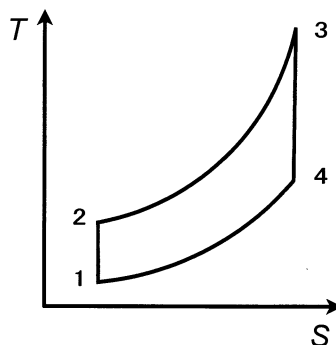
① $\frac{(T_4 - T_1) - (T_3 - T_2)}{T_3 - T_2}$

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

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

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

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



Ⅲ－26 金属板の片側の表面に樹脂フィルムを貼ることで断熱性能を向上させることを考える。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，貼る前の10%まで低下させるために必要なフィルムの厚さとして，適切なものはどれか。ただし，金属板の厚さと熱伝導率はそれぞれ10mm，50W／(m・K)，樹脂フィルムの熱伝導率を0.10W／(m・K)とし，金属板と樹脂フィルムの界面の熱抵抗は無視できるものとする。

- ① 0.02mm ② 0.10mm ③ 0.18mm ④ 0.45mm ⑤ 0.56mm

Ⅲ－27 次の記述の に入る数値の組合せとして、適切なものはどれか。

一様流中に水平に置かれた平板上の強制対流層流熱伝達について考える。平板の平均熱伝達率は、流れ方向の板長さが4倍になると ア 倍に、流速が4倍になると イ 倍になる。

- | | ア | イ |
|---|-----|-----|
| ① | 0.5 | 2 |
| ② | 0.5 | 1.4 |
| ③ | 1.4 | 1.4 |
| ④ | 2 | 2 |
| ⑤ | 4 | 2 |

Ⅲ－28 ある理想気体が、温度 T_1 、圧力 P_1 から温度 T_2 、圧力 P_2 へと変化した。このときの理想気体の比エントロピーの変化量として、適切なものはどれか。ただし、理想気体の定積比熱、定圧比熱、気体定数をそれぞれ c_v 、 c_p 、 R とする。

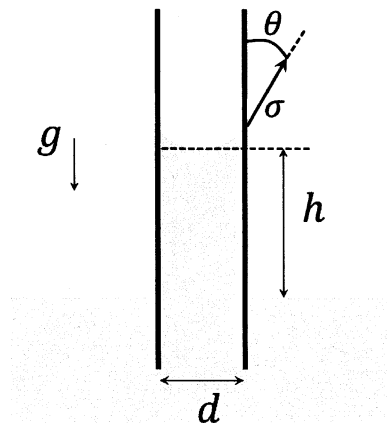
- ① $ds = c_v \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) + R \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$
- ② $ds = c_p \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) - R \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$
- ③ $ds = c_p \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) - R \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$
- ④ $ds = c_p \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) + R \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$
- ⑤ $ds = c_v \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) + R \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$

Ⅲ－29 沸騰伝熱に関する次の（ア）～（オ）の記述のうち、不適切な記述の組合せはどれか。

- （ア）沸騰現象は過熱度を減少させると、膜沸騰から遷移沸騰を経て核沸騰に至る。
- （イ）伝熱面上で発生した気泡は、離脱した後に消滅することがある。
- （ウ）膜沸騰の過熱度は、核沸騰の過熱度と比べて小さい。
- （エ）突沸現象は、伝熱面から気泡が発生する不均質核生成によるものである。
- （オ）沸騰伝熱に対し、重力加速度は影響する。

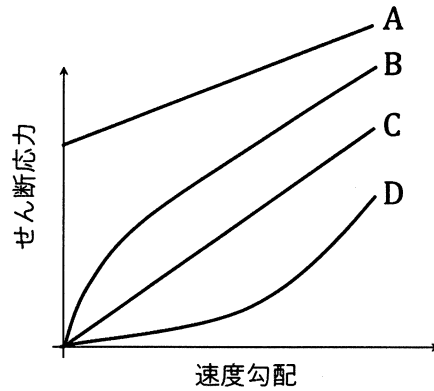
- ① （ア）と（イ）
- ② （イ）と（ウ）
- ③ （ウ）と（エ）
- ④ （エ）と（オ）
- ⑤ （ウ）と（オ）

Ⅲ－30 下図に示すように、静止した水面に対して垂直方向に内径 d の細管が浸されている。毛細管現象によって、細管内に水が吸い上げられ、ある高さで静止した。細管内壁に対する水の接触角が θ のとき、細管内の水面位置の上昇量 h を表す式として、適切なものはどれか。ただし、重力加速度を g 、水の密度を ρ 、水の表面張力 σ とする。



- ① $\frac{4\sigma\sin\theta}{\rho g d}$
- ② $\frac{4\sigma\cos\theta}{\rho g d}$
- ③ $\frac{\sigma\cos\theta}{\rho g d}$
- ④ $\frac{\sigma\sin\theta}{\rho g d}$
- ⑤ $\frac{\sigma\cos\theta}{g d}$

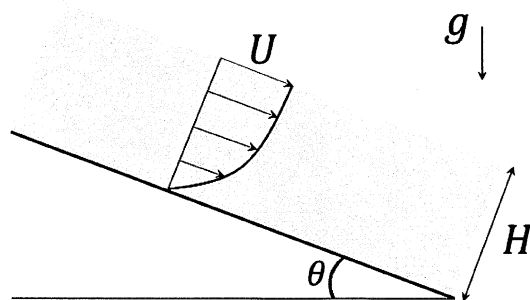
Ⅲ－31 下図に示す速度勾配とせん断応力の関係を持つ流体A, B, C, Dの名称の組合せとして, 適切なものはどれか。



<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>
① ビンガム流体	擬塑性流体	ニュートン流体	ダイラタント流体
② ビンガム流体	ダイラタント流体	ニュートン流体	擬塑性流体
③ ニュートン流体	擬塑性流体	ビンガム流体	ダイラタント流体
④ 擬塑性流体	ビンガム流体	ダイラタント流体	ニュートン流体
⑤ ダイラタント流体	ニュートン流体	擬塑性流体	ビンガム流体

Ⅲ－32 下図に示すように, 水平面に対して角度 θ の傾斜を持つ壁面上を一定の厚さ H の液膜が流れている。壁面では滑り無し条件, 水面では滑り条件が成立し, 流れは定常の層流とみなしてよい。このとき, 液表面における速度 U を表す式として, 適切なものはどれか。ただし, 重力加速度を g , 液体の密度を ρ , 液体の粘性係数を μ とする。

- ① $\frac{\rho g \sin \theta H^2}{2\mu}$
- ② $\frac{\rho g \cos \theta H^2}{2\mu}$
- ③ $\frac{\rho g \sin \theta H^2}{\mu}$
- ④ $\frac{\rho g \cos \theta H^2}{\mu}$
- ⑤ $\frac{g \cos \theta H^2}{\mu}$



Ⅲ－33 xy 平面上の二次元非圧縮性流れにおいて、流速ベクトルの x 方向成分 u 、 y 方向成分 v がそれぞれ、

$$u = ax + by, \quad v = cx + dy$$

と表されているとき、渦度がゼロになるための条件として、適切なものはどれか。ただし、 a 、 b 、 c 、 d は全て実数の定数とする。

- ① $a = d$ ② $b + c = 0$ ③ $ad - bc = 0$ ④ $a + d = 0$ ⑤ $b = c$

Ⅲ－34 流れのある水の表面にアルミ粉末を一様に撒いて、長時間露光により水の表面を撮影した。アルミ粉末は十分に小さく、流れに追従するものとみなしてよい。この静止画像から得られる流れ場の情報として、適切なものはどれか。

- ① 流線 ② 流脈線 ③ 流跡線 ④ 速度ポテンシャル ⑤ 渦管

Ⅲ－35 圧力勾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、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 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。
- ⑤ 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。

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は③

主応力はモールの応力円、降伏応力はミーゼスの条件、縦弾性係数はフックの法則、座屈荷重はオイラーの理論に対応する。応力集中係数に関連する用語はB群に存在しない結果となる。

●問題Ⅲ-2

正解は④

接合面の変位と各棒の変形量の適合条件を立てる。棒1の伸びと棒2の縮みが等しい関係から反力を求め、それぞれの断面積で割ることで応力の組み合わせが導出される。

●問題Ⅲ-3

正解は⑤

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。これにより各熱応力を表す式が導出される。

●問題Ⅲ-4

正解は②

支点まわりのモーメントのつり合いから支点反力を求める。外力モーメントのみが作用する単純支持はりでは、せん断力は全区間にわたって一定値となり、選択肢2の式となる。

●問題Ⅲ-5

正解は①

長方形断面の断面係数を求め、許容応力から許容曲げモーメントを計算する。等分布荷重による固定端の曲げモーメントが許容値以下となる条件を解くと、最大荷重は2.0N/mmとなる。

●問題Ⅲ-6

正解は④

片持ちばりの先端に曲げモーメントMが作用する場合、曲げモーメントは全長でMとなる。たわみの微分方程式を固定端の境界条件で2回積分することで、最大たわみは $MI^2/(2EI)$ となる。

●問題Ⅲ-7

正解は⑤

丸棒のねじれ角は長さに比例し、直径の4乗に反比例する。丸棒Bは長さが3倍で直径が3倍であるため剛性は27倍となり、ねじれ角が等しくなるトルクの比 T_A/T_B は1/27となる。

●問題Ⅲ-8

正解は②

主せん断応力の大きさはモールの応力円の半径に等しく、垂直応力の差の半分である10MPaとなる。主せん断応力の作用面は主応力面に対して45度傾いた面となる。

●問題Ⅲ-9

正解は①

オイラーの座屈荷重の公式を適用する。一端固定・他端自由は $\pi^2 EI/(4l^2)$ 、両端回転自由は $\pi^2 EI/l^2$ 、両端固定は $4\pi^2 EI/l^2$ となり、これらが合致する組み合わせとなる。

●問題Ⅲ-10

正解は③

許容応力は降伏応力を安全率で割って求める。薄肉球殻の応力公式 $pr/(2t)$ が許容応力以下となる条件式から肉厚を計算すると、必要な最小肉厚は約19mmとなる。

●問題Ⅲ-11

正解は⑤

一定値入力に対する応答がステップ応答、時間に比例する入力に対する応答がランプ応答、瞬間的なパルス入力に対する応答がインパルス応答という各応答の定義に対応する。

●問題Ⅲ-12

正解は①

コンデンサのインピーダンスと抵抗による分圧回路の方程式を立てる。出力電圧と入力電圧の比をラプラス演算子 s を用いて整理することで、 $1/(1+CRs)$ が導出される。

●問題Ⅲ-13

正解は④

閉ループ系の特性方程式を導出し、フルビッツの安定判別法を適用する。すべての係数が正かつ行列式の安定条件を満たすゲイン K の範囲を求めると、 $0 < K < 6$ が得られる。

●問題Ⅲ-14

正解は④

開ループ伝達関数の極は0、-2、-4である。実軸上の根軌跡の存在範囲と漸近線の交点および角度から軌跡の分岐方向を求めると、条件に合致する根軌跡の概形は選択肢4となる。

●問題Ⅲ-15

正解は⑤

固定軸まわりの慣性モーメントと重心に作用する重力の復元モーメントから微小振動の運動方程式を立てる。振動項の係数から固有角振動数を計算すると $\sqrt{3g/(2l)}$ となる。

●問題Ⅲ-16

正解は④

仮想仕事の原理を適用する。定滑車を微小回転させたときの引く力 F がなす仕事と、物体 W の上昇に伴う仕事を等置してつり合い条件を解くことで、選択肢4の式が導出される。

●問題Ⅲ-17

正解は④

物体を吊り上げる有効出力は質量と重力加速度と上昇速度の積として588Wと求まる。この出力をモータの定格入力1000Wで割ることで、クレーンの効率は58.8%となる。

●問題Ⅲ-18

正解は②

クーロン摩擦による振動では半周期ごとに振幅が4mmずつ減少する。振幅減少を追跡すると-1mmに達した時点ではね力が最大静止摩擦以下となり、その位置で停止する。

●問題Ⅲ-19

正解は④

並進運動と回転運動の運動方程式を行列表示した際、非連成となる条件は連成項である非対角要素がゼロとなることである。係数をゼロとおくことで $KfLf - KRLR = 0$ が得られる。

●問題Ⅲ-20

正解は③（④も正答）

点0の反力がゼロとなる打撃の中心を求める。剛体の並進と回転の運動方程式から反力 $F=0$ の条件を導くと選択肢3および4の式が得られ、両者は同値であるためともに正答となる。

●問題Ⅲ-21

正解は②

中心力のみが作用する平面運動では角運動量 $mr^2\omega$ が保存される。角速度 ω を2倍にするためには、半径の2乗を1/2倍にする必要があるため、糸の長さを $1/\sqrt{2}$ 倍にする。

●問題Ⅲ-22

正解は②

すべらずに転がる円柱の並進と回転の運動方程式から加速度 $a = (2/3)g \sin \alpha$ を求める。初

期静止から時間 t で2回積分することで、移動距離は $x=(1/3)gt^2 \sin \alpha$ となる。

●問題Ⅲ-23

正解は⑤

逆カルノーサイクルの成績係数COPは、低温熱源の絶対温度を高温熱源と低温熱源の温度差で割ることで求められる。数値を代入して計算すると最大値として7.0が得られる。

●問題Ⅲ-24

正解は③

断熱変化の式 $pV^\kappa = \text{一定}$ に理想気体の状態方程式から $V=RT/p$ を代入して体積を消去する。圧力と温度の関係式として整理することで、 $p^{1-\kappa}T^\kappa = \text{一定}$ が導出される。

●問題Ⅲ-25

正解は②（③も正答）

ブレイトンサイクルの理論熱効率 η は正味の仕事を供給熱量で割って求められる。供給熱量と放熱量を温度で表して効率の式を整理すると選択肢2および同値な選択肢3が得られる。

●問題Ⅲ-26

正解は③

熱通過率を10分の1にするには全体の熱抵抗を10倍にする必要がある。金属板の熱抵抗の9倍に相当する熱抵抗を樹脂フィルムで補うため、厚さを計算すると0.18mmとなる。

●問題Ⅲ-27

正解は①

平板上の層流熱伝達において、平均熱伝達率は板長さの平方根に反比例し、流速の平方根に比例する。板長さ4倍で0.5倍となり、流速4倍で2倍となる組み合わせが正しい。

●問題Ⅲ-28

正解は③

熱力学第一法則とエントロピーの定義式に理想気体の状態方程式を代入して積分する。温度と圧力の比を用いたエントロピー変化の式として、選択肢3の式が正しく導出される。

●問題Ⅲ-29

正解は③

膜沸騰の過熱度は核沸騰よりも大きく、突沸は気泡核のない液体の過熱限界で急激に生じる現象であるため、ウとエの記述が誤りとなる。したがって選択肢3が不適切となる。

●問題Ⅲ-30

正解は②

細管の内周に作用する表面張力の鉛直上向き成分と、管内に吸い上げられた液柱の重力による下向きの力が釣り合う。力の釣り合い式を解くことで、選択肢2の上昇量の式が得られる。

●問題Ⅲ-31

正解は①

降伏応力を持つAはビンガム流体、速度勾配に比例するBはニュートン流体、見かけ粘度が低下するCは擬塑性流体、見かけ粘度が増加するDはダイラタント流体に対応する。

●問題Ⅲ-32

正解は①

重力による圧力勾配と粘性応力の釣り合いを表すナビエ・ストークス方程式を解く。壁面の滑りなしと表面のせん断応力ゼロの境界条件を適用することで、選択肢1の式が導出される。

●問題Ⅲ-33

正解は⑤

二次元流れにおける xy 平面に垂直な渦度は、 y 方向速度の x 偏微分から x 方向速度の y 偏微分を引いた値となる。これがゼロとなる条件式を計算することで、 $b=c$ が得られる。

●問題Ⅲ-34

正解は③

流体中に浮遊させた微粒子の移動軌跡を長時間露光撮影によって可視化した線は、個々の流体粒子が時間経過とともに描く経路を表すため、流跡線として捉えられる結果となる。

●問題Ⅲ-35

正解は⑤

平板上の境界層の厚さは、局所流速が一樣流速度の99%に達する壁からの垂直距離として定義されるのが一般的である。したがって90%とする記述は最も不適切となる。