

【O1】 機械部門

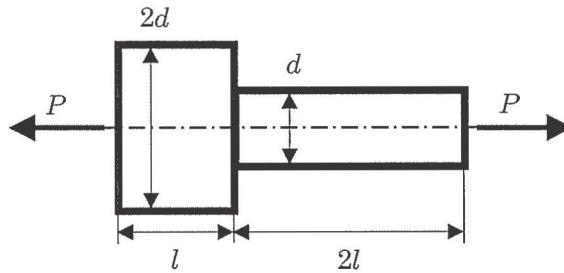
IV 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

IV-1 直径 d の一様な太さの丸棒の上端を天井に固定し鉛直につり下げるとき、それより短ければ丸棒が破断しない最長の長さとして適切なものを次の中から選べ。ただし、丸棒は引張強さで破断するものとし、丸棒の引張強さを σ_B 、密度を ρ 、重力加速度を g とする。

- ① $\frac{\rho g}{\sigma_B}$ ② $\frac{\sigma_B}{\rho g}$ ③ $\frac{\pi d^2 \rho g}{4 \sigma_B}$ ④ $\frac{\pi d^2 \rho g}{\sigma_B}$ ⑤ $\frac{4 \sigma_B}{\pi d^2 \rho g}$

IV-2 下図のように円形断面の段付き棒に引張荷重 P が作用するとき、棒の全長の伸びとして正しいものを次の中から選べ。ただし、棒の縦弾性係数を E 、細い棒の直径を d 、断面積を A 、長さを $2l$ 、また、太い棒の直径を $2d$ 、長さを l とする。

- ① $\frac{9Pl}{4EA}$
 ② $\frac{9EPl}{4A}$
 ③ $\frac{9APl}{4E}$
 ④ $\frac{9El}{4PA}$
 ⑤ $\frac{4Pl}{9EA}$



Ⅳ－３ 直径が d と $2d$ の、同じ材質で作られた長さが等しい中実丸軸がある。それらに同じ大きさのねじりモーメントを作用させる。それぞれの軸のねじれ角を ϕ_A, ϕ_B とするとき、それらの比 $\phi_A : \phi_B$ として正しいものを次の中から選べ。ここで、必要があれば直径 d の中実丸軸の断面二次極モーメント $I_p = \frac{\pi d^4}{32}$ ，極断面係数 $Z_p = \frac{\pi d^3}{16}$ の関係を用いよ。

- ① 2 : 1 ② 4 : 1 ③ 8 : 1 ④ 16 : 1 ⑤ 32 : 1

Ⅳ－４ 下図のように長さが l_0 の棒１と棒２が接合され、剛体壁に取り付けられている。各棒の縦弾性係数，断面積，線膨張係数をそれぞれ $E_1, E_2, A_1, A_2, \alpha_1, \alpha_2$ 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 を次の中から選べ。

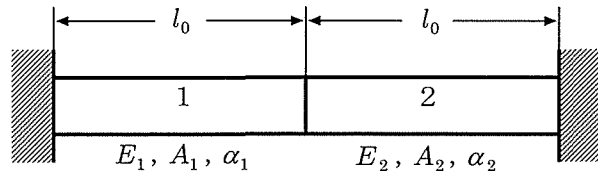
① $\sigma_1 = \frac{-(\alpha_1 + \alpha_2)A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} \Delta T$

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

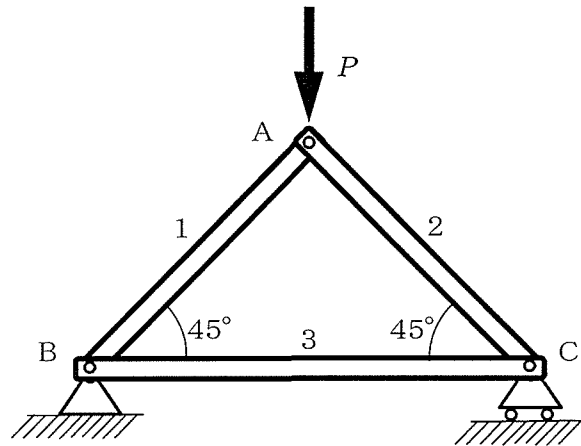
④ $\sigma_1 = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 - A_2 E_2} \Delta T$

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



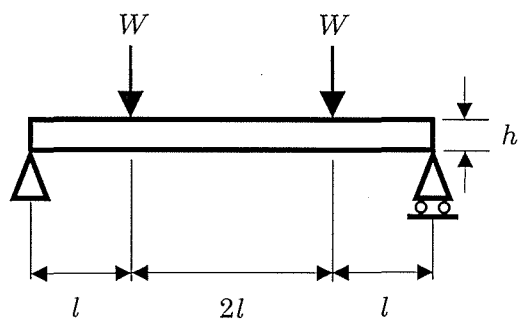
Ⅳ－５ 下図に示すように，３本の棒からなるトラス構造の節点Aに下向きに荷重 P が作用している。節点Bは回転支持，節点Cは移動支持である。各節点は滑節であり，棒1，2，3には部材軸方向の荷重のみが作用する。棒の自重は無視できるものとするとき，棒1と棒3にかかる荷重 P_1 ， P_3 として最も適切なものを次の中から選べ。ただし，引張荷重を正，圧縮荷重を負とする。

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



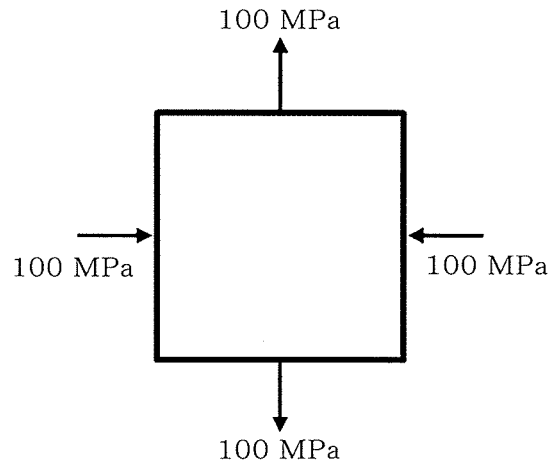
Ⅳ－6 長さ $4l$ ，断面の一辺の長さ h の一様な正方形断面のはりに下図に示すような負荷 W をかけた。中央（端から $2l$ の位置）に発生する最大曲げ応力を次の中から選べ。

- ① $\frac{6Wl}{h^3}$ ② $\frac{4Wl}{h^3}$ ③ $\frac{Wl}{h^3}$ ④ $\frac{Wl}{2h^3}$ ⑤ $\frac{Wl}{4h^3}$



Ⅳ－７ 平面応力状態となっているある構造物の表面において，特定の座標系での応力状態が下図のように垂直応力が ± 100 MPaでせん断応力が零であるとき，主せん断応力として最も近い値を次の中から選べ。

- ① ± 100 MPa ② ± 141 MPa ③ ± 150 MPa
④ ± 173 MPa ⑤ ± 200 MPa



Ⅳ－８ 繰返し引張荷重がかかる安全率 S が４で設計された鋼製の部材の中央部に，都合により，小孔（応力集中係数 $\alpha = 3$ ）を設けることになった。新たな許容応力 σ_a として最も適切な設計値を次の中から選べ。ただし，鋼材の引張強さ σ_B は400 MPa，引張疲労限度 σ_F は150 MPaとする。

- ① 12.5 MPa ② 33.3 MPa ③ 37.5 MPa
④ 50 MPa ⑤ 100 MPa

IV-9 下図に示す一辺 a の正方形断面の棒の一端を固定し、他端を自由にして、自由端に軸圧縮荷重 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

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$$

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には、棒の長さをいくらよりも短くすれば良いか。正しいものを次の中から選べ。

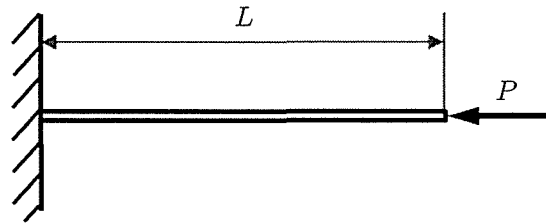
① $\pi a \sqrt{\frac{E}{12\sigma_{ys}}}$

② $\pi a \sqrt{\frac{E}{48\sigma_{ys}}}$

③ $\pi \sqrt{\frac{Ea}{48\sigma_{ys}}}$

④ $\pi a \sqrt{\frac{\sigma_{ys}}{48E}}$

⑤ $\sqrt{\frac{E}{48\pi a \sigma_{ys}}}$



IV-10 直径 D の丸棒から下図に示すように高さ h 、幅 b の矩形断面の棒を削り出したとき、曲げ荷重に対して最も断面係数が大きくなる二辺の長さの比 $h:b$ を次の中から選べ。

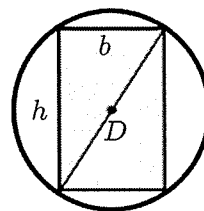
① 1 : 1

② $\sqrt{2} : 1$

③ $\sqrt{3} : 1$

④ 2 : 1

⑤ $\sqrt{6} : 1$



Ⅳ－11 以下の伝達関数をもつ系の安定性に関する次の記述のうち、最も適切なものを選び。

$$G(s) = \frac{s-2}{s^2+5s+6}$$

- ① 2つの極が正の値（2， 3）をもつから，この系は不安定である。
- ② 零点が2であるから，この系は不安定である。
- ③ 2つの極が負の値（－2， －3）をもつから，この系は安定である。
- ④ 零点が2であるから，この系は安定である。
- ⑤ 2つの極が実数であるから，この系は安定である。

Ⅳ－12 下図は入力 X ，出力 Y に関するブロック線図であるが，入力 X に対する出力 Y の関係を表す伝達関数として，最も適切なものを次の中から選べ。

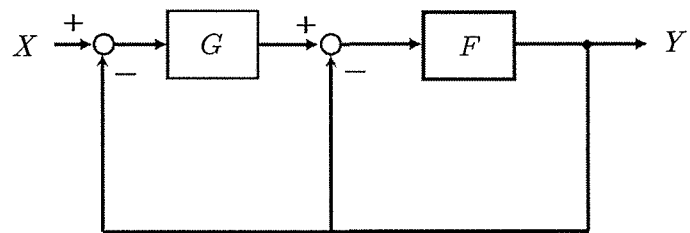
① $\frac{G}{1+G+GF}$

② $\frac{1}{1+F+G}$

③ $\frac{GF}{1+F+GF}$

④ $\frac{GF}{1-F-GF}$

⑤ $\frac{F}{1-F-GF}$



IV-13 像関数 $F(s) = \frac{2}{s(s+1)}$ を逆ラプラス変換した原関数 $f(t)$ ($t > 0$) として最も適切なものを次の中から選べ。ただし、 s は複素数でラプラス変換のパラメータとする。なお、初期値は全て零とする。

- ① $1 - e^{-t}$
- ② $2 - 2e^{-t}$
- ③ e^{-2t}
- ④ $e^{-t} - e^{-2t}$
- ⑤ $2e^{-t} - 2e^{-2t}$

参考：ラプラス変換の例

単位ステップ関数 $u(t) = \begin{cases} 1 & (t > 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases}$ のラプラス変換は $U(s) = \frac{1}{s}$

指数関数 $g(t) = e^{at}$ のラプラス変換は $G(s) = \frac{1}{s-a}$

IV-14 以下の微分方程式で表される系において、入力変位 $x(t)$ 及び出力変位 $y(t)$ のラプラス変換をそれぞれ $X(s)$ 及び $Y(s)$ としたとき、 $X(s)$ に対する $Y(s)$ の関係を表す伝達関数として最も適切なものを選べ。ただし、 t は時間、 s はラプラス演算子である。また、 m 、 c 及び k は定数である。

$$m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + c \frac{dy(t)}{dt} + ky(t) = kx(t)$$

- ① $\frac{k}{ms^2 + cs + k}$
- ② $\frac{k}{ms^2 - cs - k}$
- ③ $\frac{1}{ms^2 - cs + k}$
- ④ $\frac{1}{ms^2 + cs + k}$
- ⑤ $\frac{cs}{ms^2 + cs + k}$

Ⅳ－15 制御量を説明する記述として、最も適切なものを次の中から選べ。

- ① 制御の目的を達成するために、制御対象に加える入力。
- ② 制御対象の挙動を表す状態変数の値。
- ③ 制御を開始してから十分な時間が経過したときの系の出力。
- ④ 制御対象に属する量のうち、制御の目的となる量。
- ⑤ その値をとるように目標として外部から与えられる値。

Ⅳ－16 以下の伝達関数 $G(s)$ で表される系のゲインとして最も適切なものを選べ。なお、角振動数を ω とする。

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

① $\frac{1}{\omega^2 + \omega + 1}$

② $\frac{1}{-\omega^2 + \omega + 1}$

③ $\frac{1}{\omega^2 - \omega + 1}$

④ $\frac{1}{\sqrt{(1 + \omega^2)^2 + \omega^2}}$

⑤ $\frac{1}{\sqrt{(1 - \omega^2)^2 + \omega^2}}$

IV-17 図1のように、水平面内の一方向のみに動くことができる質量 m の物体がばね定数 k のばねと粘性減衰係数 c のダンパーを介して固定壁に結合されている。この物体に $+x$ 方向の力を作用させて放したところ、物体の変位 x は時間 t に対して図2のように変化した。この現象に関する次の記述の に入る語句、式として最も適切な組合せを選べ。

このような振動現象を ア と呼び、粘性減衰係数 c は イ となるように設定されている。この場合の固有角振動数はダンパーを取り去った場合の固有角振動数 ウ に対して エ 。

	ア	イ	ウ	エ
①	過減衰	$c > 2\sqrt{mk}$	$\sqrt{\frac{k}{m}}$	変わらない
②	不足減衰	$0 < c < 2\sqrt{mk}$	$\sqrt{\frac{m}{k}}$	小さくなる
③	過減衰	$c = 2\sqrt{mk}$	$\sqrt{\frac{m}{k}}$	変わらない
④	不足減衰	$0 < c < 2\sqrt{mk}$	$\sqrt{\frac{k}{m}}$	小さくなる
⑤	臨界減衰	$c = 2\sqrt{mk}$	$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	大きくなる

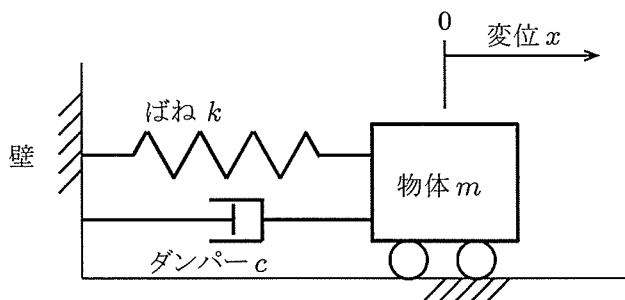


図 1

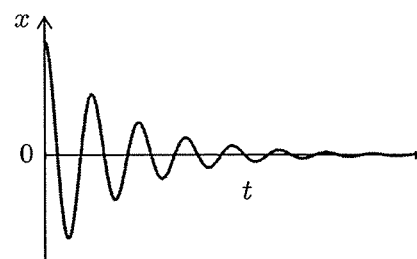


図 2

Ⅳ－18 横振動するはりの境界条件には、「自由端」、「支持端」、「固定端」がある。以下はそれぞれの境界条件に適合する式を示したものである。条件式(A),(B),(C)と、境界条件の正しい組合せを選べ。なお、式中の x ははりの軸方向座標、 $w(x)$ は横方向変位である。

$$(A) \begin{cases} w(x) = 0 \\ \frac{\partial w(x)}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad (B) \begin{cases} w(x) = 0 \\ \frac{\partial^2 w(x)}{\partial x^2} = 0 \end{cases} \quad (C) \begin{cases} \frac{\partial^2 w(x)}{\partial x^2} = 0 \\ \frac{\partial^3 w(x)}{\partial x^3} = 0 \end{cases}$$

	(A)	(B)	(C)
①	自由端	支持端	固定端
②	固定端	自由端	支持端
③	支持端	固定端	自由端
④	固定端	支持端	自由端
⑤	自由端	固定端	支持端

Ⅳ－19 長さが L 、質量が m の細い棒について、棒の長手方向に垂直で棒の一方の端を通る軸に関する慣性モーメントを次の中から選べ。なお、棒の密度は一定であり、太さは無視できるものとする。

$$\textcircled{1} \quad \frac{mL^2}{2} \quad \textcircled{2} \quad \frac{mL^2}{3} \quad \textcircled{3} \quad \frac{mL^2}{4} \quad \textcircled{4} \quad \frac{mL^2}{6} \quad \textcircled{5} \quad \frac{mL^2}{12}$$

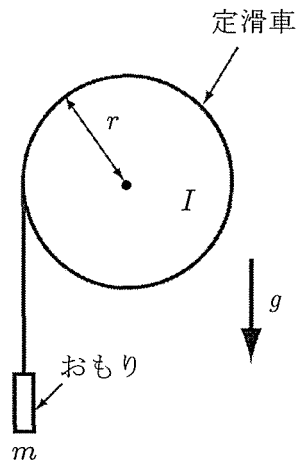
IV-20 次の記述の、に入る語句として最も適切な組合せを選べ。

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。

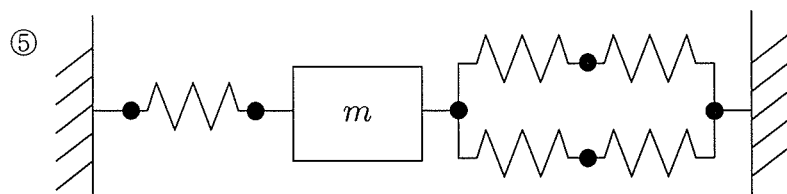
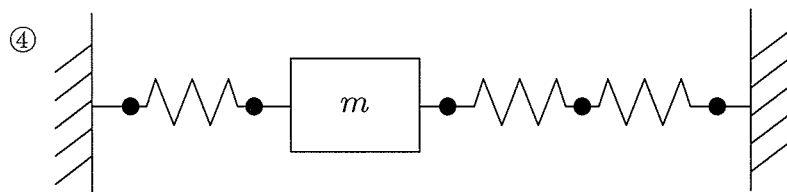
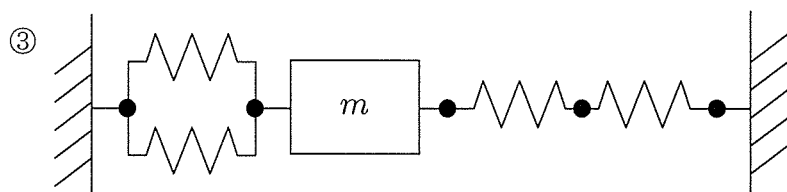
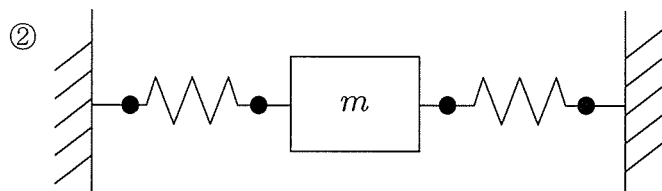
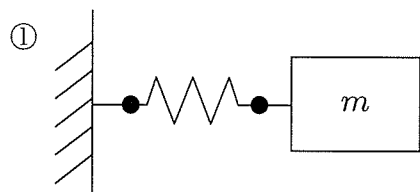
	ア	イ	ウ	エ
①	最大	共振	共振振動数	有限な値
②	零	共振	励振振動数	無限大
③	最小	強制振動	固有振動数	有限な値
④	最大	共振	共振振動数	無限大
⑤	零	強制振動	固有振動数	有限な値

Ⅳ－21 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を次の中から選べ。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しないものとする。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 $\frac{mr^2g}{mr^2+I}$
- ④ $\frac{mr^2g}{mr^2-I}$
- ⑤ $\frac{2mr^2g}{mr^2+2I}$



Ⅳ－22 以下の図の 1 自由度ばね－質量系の中で、最も固有振動数が高いものを選び。ただし、すべてのばねのばね定数は等しく k とし、質量を m とする。



IV-23 熱量，比熱，動力，熱流束，熱伝導率のSI単位を正しく組み合わせたものを，次の中から選べ。

	<u>熱量</u>	<u>比熱</u>	<u>動力</u>	<u>熱流束</u>	<u>熱伝導率</u>
①	W	J/(kg・K)	J	W/(m ² ・K)	W/(m・K)
②	J	J/(kg・K)	W	W/m ²	W/(m ² ・K)
③	J	J/K	W	W/(m・K)	m ² /s
④	J	J/(kg・K)	W	W/m ²	W/(m・K)
⑤	W	J/K	J	W/(m ² ・K)	W/K

IV-24 定常運転している蒸気タービンの質量流量は3 kg/s，入口，出口の比エンタルピーはそれぞれ2700 kJ/kg，2000 kJ/kg，熱損失は30 kWであった。蒸気の流入，流出に伴う運動エネルギー，位置エネルギーは十分小さく無視できるとすると，タービンの出力はいくらか。次の中から最も近いものを選べ。

- ① 1000 kW ② 2000 kW ③ 3000 kW ④ 4000 kW ⑤ 5000 kW

Ⅳ－25 閉じた系内の理想気体が可逆的に膨張して外部に仕事をする場合について，等温，等圧，断熱の各条件で，系に加えられる熱量の正負，系内の内部エネルギーの増減，系内のエントロピーの増減を示す下表を作成した。表のア～オに入る語句として正しい組合せを選べ。

	熱量の正負	内部エネルギーの増減	エントロピーの増減
等温膨張	ア	なし	イ
等圧膨張	正	ウ	エ
断熱膨張	0	オ	なし

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	正	なし	減少	減少	なし
②	正	増加	増加	増加	減少
③	正	減少	減少	増加	なし
④	負	増加	増加	減少	減少
⑤	負	なし	減少	増加	減少

Ⅳ－26 あるボイラで発生した蒸気を熱源として、高熱源が温度600℃で100 MWの熱を発生する。低熱源を20℃の冷却水とするとき、この熱源間に可逆カルノーサイクルを行う損失の無い熱機関を考えると、出力及び冷却水に捨てる廃熱は何MWか、最も近い値の組合せを次の中から選べ。

	<u>出力</u>	<u>廃熱</u>
①	34 MW	66 MW
②	46 MW	54 MW
③	54 MW	46 MW
④	66 MW	34 MW
⑤	97 MW	3 MW

Ⅳ－27 メタン1 kgを完全燃焼させるために必要な理論空気量として、最も近い値を次の中から選べ。ただし、空気中の酸素の質量割合は0.232とする。

- ① 3.8 kg ② 4.0 kg ③ 16.6 kg ④ 17.2 kg ⑤ 20.7 kg

IV-28 次の記述の、に入る語句として正しい組合せを選べ。

蒸気タービンサイクルにおいて、サイクルへの給熱はアで行われ、放熱はイで行われる。このサイクルの効率を向上させるために、再熱サイクルでは蒸気の入ウを上昇させるために、タービン途中のエを取り出す。同じく再生サイクルではタービン途中のオを取り出しカに使われる。

	ア	イ	ウ	エ	オ	カ
①	ボイラ	タービン	密度	蒸気	冷却水	冷却
②	タービン	ボイラ	密度	冷却水	蒸気	給熱
③	ボイラ	復水器	過熱度	蒸気	蒸気	給熱
④	タービン	復水器	密度	冷却水	冷却水	冷却
⑤	復水器	タービン	過熱度	蒸気	冷却水	冷却

IV-29 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を次の中から選べ。

① $K = h_h + \frac{k}{\delta} + h_c$

② $K = h_h + k\delta + h_c$

③ $K = h_h \times \frac{k}{\delta} \times h_c$

④ $K = \frac{1}{\frac{k}{h_h + \frac{k}{\delta}} + h_c}$

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

Ⅳ－30 流速10 m/s の一様流中に直径4 cmの円柱が流れに直交して置かれている。ストローハル数が0.2の場合、円柱の背後に生じるカルマン渦の放出周波数として正しいものを次の中から選べ。

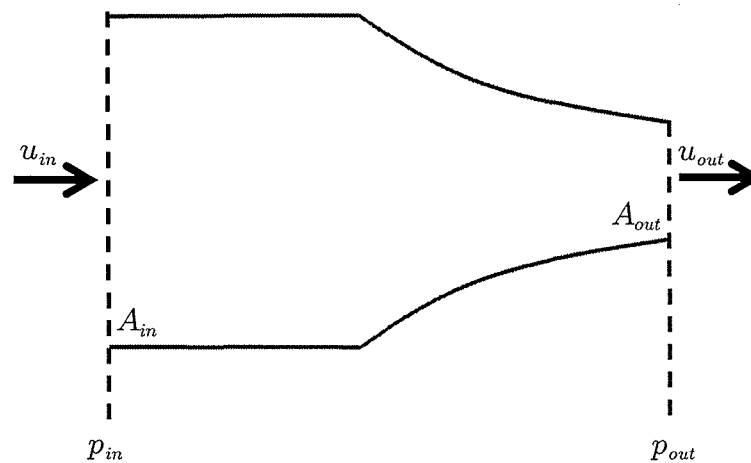
- ① 0.4 Hz ② 2 Hz ③ 50 Hz ④ 200 Hz ⑤ 500 Hz

Ⅳ－31 水に浮いている物体を考える。水面から上に現れている部分の体積が、物体の全体积の何%であるか、最も近い値を次の中から選べ。ここで、水の密度 ρ_w を1000 kg/m³、物体の密度 ρ_m を830 kg/m³、重力加速度 g を9.8 m/s²とする。

- ① 0.17 % ② 8.10 % ③ 9.80 % ④ 17.0 % ⑤ 83.0 %

IV-32 下図のように、水平に置かれた円管の、流入部の面積 A_{in} 、流出部の面積 A_{out} のノズルに水が流れている。流入部での速度が u_{in} 、圧力が p_{in} であり、流出部での速度が u_{out} 、圧力が p_{out} である。流出部の面積 A_{out} が流入部の面積 A_{in} の0.5倍とすると、流入部と流出部との圧力差 $p_{in} - p_{out}$ で最も近い値を次の中から選べ。なお、速度は各断面内で一様であり、管の摩擦損失は考慮しない。ここで、水の密度は 1000 kg/m^3 であり、流入部での速度 u_{in} は 10 m/s である。

- ① 1500 Pa ② 3000 Pa ③ 5000 Pa ④ 10000 Pa ⑤ 150000 Pa



IV-33 直径 d のノズルから速度 v で噴出する水の噴流が、噴流と同じ向きに速度 u で動いている大きな平板に垂直に衝突するとき、噴流が平板に及ぼす力を次の中から選べ。ただし、水の密度は ρ とし、 $v > u$ であり、粘性の影響は無視する。

① $\rho(v-u)\frac{\pi}{4}d^2$

② $\rho(v-u)^2\frac{\pi}{4}d^2$

③ $\rho(v-u)^2\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)^2$

④ $\rho v^2\frac{\pi}{4}d^2 - \rho u^2\frac{\pi}{4}d^2$

⑤ $\rho v^2\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)^2 - \rho u^2\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)^2$

IV-34 円管内を流体が完全に発達して層流流れで流動している場合、体積流量 Q はハーゲン・ポアズイユの式を用いると、

$$Q = \frac{\pi d^4}{128\mu} \frac{\Delta p}{L}$$

と表され、圧力損失ヘッド Δh はダルシー・ワイズバッハの式を用いて、

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho g} = \lambda \frac{L}{d} \frac{U^2}{2g}$$

と表される。管摩擦係数 λ とレイノルズ数 Re の正しい関係を次の中から選べ。ただし、 d ; 円管内直径, μ ; 流体の粘度, Δp ; 圧力損失, L ; 管の長さ, ρ ; 流体の密度,

g ; 重力加速度, U ; 管内平均速度, $Re = \frac{\rho U d}{\mu}$ とする。

① $\lambda = \frac{16}{Re}$

② $\lambda = \frac{32}{Re}$

③ $\lambda = \frac{64}{Re}$

④ $\lambda = \frac{128}{Re}$

⑤ $\lambda = \frac{192}{Re}$

IV-35 圧力こう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おいて、誤っているものを次の中から選べ。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。

- ① 境界層の厚さは、速度が一様流の89 %に達する位置で定義される。
- ② 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。
- ③ 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 $\delta \approx 5\sqrt{\frac{\nu x}{U}}$ と表される。
- ④ 下流にいくに従い境界層は次第に厚くなり、臨界レイノルズ数を超えると流れは乱流状態となり、乱流境界層となる。
- ⑤ 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、遷移域（バッファー域）、対数則域と呼ばれる。

【正解と解説】

●問題Ⅳ-1

正解は②

丸棒の自重による最大引張応力は上端に生じ、応力は密度、重力加速度、長さの積になる。この最大応力が引張強さと等しくなる条件式から長さを逆算すると導出される式となる。

●問題Ⅳ-2

正解は①

棒全体の伸びは、段付き棒の太い部分と細い部分のそれぞれの伸びの和になる。各部分の断面積からフックの法則を用いてそれぞれの伸びを計算し、足し合わせると得られる式となる。

●問題Ⅳ-3

正解は④

同一のねじりモーメントと長さの場合、ねじれ角は断面二次極モーメントに反比例する。丸軸の断面二次極モーメントは直径の4乗に比例するため、直径が2倍になるとねじれ角は16分の1となる。

●問題Ⅳ-4

正解は①

温度上昇による自由膨張を、剛体壁の反力で生じる圧縮変形で完全に押し戻す力のつり合いを考える。算出した反力を棒1の断面積で割ると、圧縮応力の式が導出される結果となる。

●問題Ⅳ-5

正解は④

節点Aにおける水平方向と鉛直方向の力のつり合い条件から棒1と棒2の軸力を求める。さらに節点Bの水平方向のつり合いを考えることで、棒3の軸力を計算した結果となる。

●問題Ⅳ-6

正解は①

対称な荷重条件から両端の支点反力は荷重と同じ値になる。はりの曲げモーメント図を描いて最大曲げモーメントを求め、これを正方形断面の断面係数で割ることで得られる式となる。

●問題Ⅳ-7

正解は①

与えられた表面の垂直応力は主応力に相当する。モールの応力円を描くと、二つの主応力の差の半分が主せん断応力となるため、この関係を用いて計算すると導かれる値となる。

●問題Ⅳ-8

正解は①

繰返し荷重を受ける部材の設計基準は疲労限度になる。当初の許容応力は疲労限度を安全率で割った値であり、孔を設けた場合はこれをさらに応力集中係数で割ることで新たな設計値となる。

●問題Ⅳ-9

正解は②

座屈応力はオイラーの座屈荷重の式を断面積で割ることで得られる。座屈を起こさずに降伏させるためには、この座屈応力が材料の降伏応力を上回る条件式を立て、長さについて解いた式となる。

●問題Ⅳ-10

正解は②

丸棒の直径と矩形断面の辺の長さには三平方の定理が成り立つ。断面係数の式を一つの変数で表して平方し、微分して極大値を求める条件から両辺の長さの比を計算すると得られ

る値となる。

●問題Ⅳ-11

正解は③

系の安定性は伝達関数の分母をゼロとする特性方程式の根である極の符号で判定される。極が全て負の実数であれば、過渡応答が時間とともに減衰するため系は安定となる。

●問題Ⅳ-12

正解は③

ブロック線図の信号の流れに沿って方程式を立てる。出力信号から各フィードバック点を通して入力側へ戻る経路を数式化し、入力に対する出力の比として整理すると導出される伝達関数となる。

●問題Ⅳ-13

正解は②

与えられたラプラス変換の式を部分分数分解して一次の項に分ける。その後、標準的なラプラス変換表を参照してそれぞれの項を時間領域の関数に変換すると得られる式となる。

●問題Ⅳ-14

正解は①

運動方程式の両辺を、すべての初期条件をゼロとしてラプラス変換する。その後、出力と入力の比である伝達関数の形に整理すると、分母が特性多項式となる式が導出される結果となる。

●問題Ⅳ-15

正解は④

自動制御系の用語において、制御量とは制御対象に属する物理量のうち、制御の目的として特定の目標値に合致させるべき量のことを指すため、この記述が最も適切となる。

●問題Ⅳ-16

正解は⑤

伝達関数のラプラス演算子に複素角周波数を代入して周波数伝達関数を求める。ゲインはその複素数の絶対値として定義されるため、分母の実部と虚部の二乗和の平方根を計算した式となる。

●問題Ⅳ-17

正解は④

時間とともに振幅が減少して振動する現象は不足減衰と呼ばれる。この条件は減衰係数が臨界減衰より小さいことであり、減衰による抵抗力が働くため固有角振動数は非減衰時より小さくなる。

●問題Ⅳ-18

正解は④

固定端は変位とたわみ角がゼロ、支持端は変位と曲げモーメントがゼロ、自由端は曲げモーメントとせん断力がゼロになるという、はりの境界条件の物理的な定義を数式で表した組み合わせとなる。

●問題Ⅳ-19

正解は②

一様な細い棒の重心を通る軸まわりの慣性モーメントを積分により求め、これに平行軸の定理を適用して重心から端点までの距離の二乗と質量の積を加算することで導出される式となる。

●問題Ⅳ-20

正解は④

外力の振動数が系の固有振動数に一致するときに振幅が極大化する現象が共振である。減衰が存在しない理想的な系では、エネルギーが際限なく蓄積されるため振幅の理論値は無

限大となる。

●問題Ⅳ-21

正解は③

おもりの並進運動の運動方程式と、滑車の回転運動の方程式を連立させる。ロープの張力を消去し、滑車の角加速度をおもりの加速度と半径で表して解くと導出される式となる。

●問題Ⅳ-22

正解は③

各図のばねの接続状態から合成ばね定数を求める。質量を挟んだ両側のばねは並列として足し合わされるため、すべての構成を計算して最も合成ばね定数が大きくなるものを選ぶと図の3となる。

●問題Ⅳ-23

正解は④

熱量はエネルギーの単位、比熱は単位質量・単位温度あたりの熱量、動力は仕事率、熱流束は単位面積あたりの熱移動量、熱伝導率はフーリエの法則における比例係数に対応するSI単位となる。

●問題Ⅳ-24

正解は②

定常流動系のエネルギー保存則を適用する。流入するエンタルピーの総量から、流出するエンタルピーと系外へ逃げる熱損失を差し引くことで、タービンが外部になす仕事率が算出される結果となる。

●問題Ⅳ-25

正解は②

熱力学第一法則とエントロピーの定義に基づく。等温では内部エネルギー不変で熱を吸収し、等圧では膨張仕事以上に熱を吸収、可逆断熱では熱の出入りがなく等エントロピー膨張となる。

●問題Ⅳ-26

正解は④

カルノーサイクルの熱効率が高熱源と低熱源の絶対温度のみで決まる。この効率と供給熱量から機関の最大出力を算出し、エネルギー保存則から残りが冷却水への廃熱として求められる結果となる。

●問題Ⅳ-27

正解は④

メタンの完全燃焼の化学反応式から、燃焼に必要な酸素の質量をモル質量の比を用いて計算する。空気中の酸素の質量割合が指定されているため、必要酸素量から空気の総質量を逆算した値となる。

●問題Ⅳ-28

正解は③

ランキンサイクルの基本構成要素の役割と、効率や信頼性を向上させるサイクルの特徴に関する設問である。再熱はタービン後半の湿り蒸気防止、再生は給水加熱による平均吸熱温度の向上となる。

●問題Ⅳ-29

正解は⑤

平板を介した熱移動において、両側表面の対流熱伝達による熱抵抗と隔板内部の熱伝導による熱抵抗を直列に足し合わせる。総括伝熱係数はこの系全体の合成熱抵抗の逆数として定義された式となる。

●問題Ⅳ-30

正解は③

流体中の円柱後方に発生するカルマン渦の放出周波数はストローハル数で無次元化され

る。与えられた定義式に流速と円柱直径を代入し、周波数について解くと算出される値となる。

●問題Ⅳ-31

正解は④

水に浮く物体の力のつり合いから、浮力と重力が等しい条件式を立てる。水面下の体積割合は物体と水の密度比になるため、全体からこれを引くことで水面上の体積割合が計算される結果となる。

●問題Ⅳ-32

正解は⑤

定常非圧縮性流れの連続の式から流出部の流速を求める。管路が水平で損失がない条件でベルヌーイの定理を適用し、流入部と流出部の動圧の差を計算することで両者間の圧力差が算出される結果となる。

●問題Ⅳ-33

正解は②

動く平板に対する流体の相対速度を用いて、単位時間に平板へ衝突する流体の質量流量を求める。運動量法則により、この質量流量と衝突前後の相対的な速度変化の積が平板の受ける力の式となる。

●問題Ⅳ-34

正解は③

円管内の層流において成り立つ二つの圧力損失の式を等値する。平均流速や直径などで式を整理し、粘度と密度を用いたレイノルズ数の定義を代入して管摩擦係数について解くと得られる関係式となる。

●問題Ⅳ-35

正解は①

境界層の厚さは、壁面からの粘性の影響が及ぶ範囲として、主流の速度の99パーセント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り、89パーセントという記述は誤りとなる。