平成24年度技術士第一次試験問題〔専門科目〕

【01】 機械部門　　13時30分～15時30分

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 $\dfrac{\rho g}{\sigma_B}$　② $\dfrac{\sigma_B}{\rho g}$　③ $\dfrac{\pi d^2 \rho g}{4\sigma_B}$　④ $\dfrac{\pi d^2 \rho g}{\sigma_B}$　⑤ $\dfrac{4\sigma_B}{\pi d^2 \rho g}$

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。

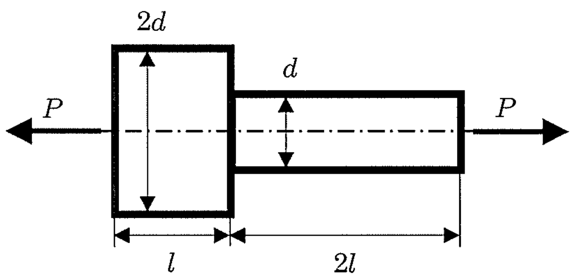
① $\dfrac{9Pl}{4EA}$

② $\dfrac{9EPl}{4A}$

③ $\dfrac{9APl}{4E}$

④ $\dfrac{9El}{4PA}$

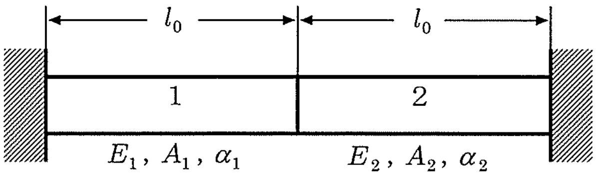
⑤ $\dfrac{4Pl}{9EA}$



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 $I_p = \dfrac{\pi d^4}{32}$，極断面係数 $Z_p = \dfrac{\pi d^3}{16}$ 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，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 を次の中から選べ。



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

②　$\sigma_1 = \dfrac{-(\alpha_1 - \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} \Delta T$

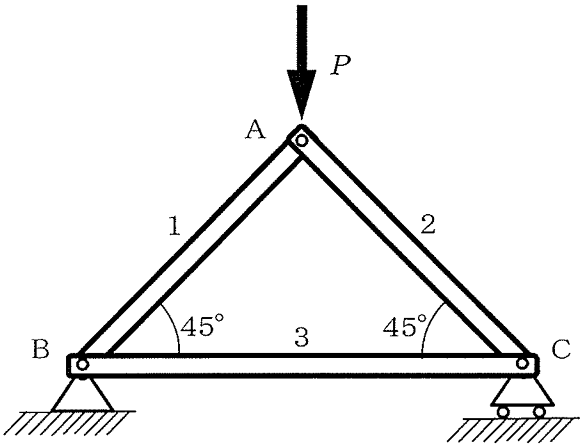
③　$\sigma_1 = \dfrac{(\alpha_1 - \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} \Delta T$

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

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

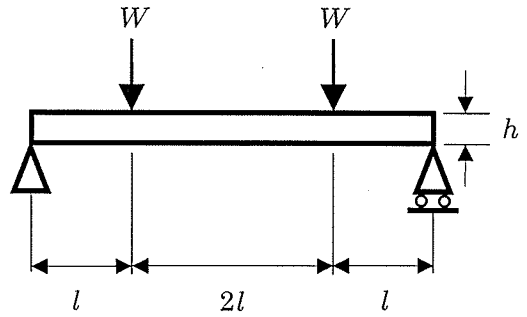
Ⅳ－５　下図に示すように，３本の棒からなるトラス構造の節点Ａに下向きに荷重Pが作用している。節点Ｂは回転支持，節点Ｃは移動支持である。各節点は滑節であり，棒１，２，３には部材軸方向の荷重のみが作用する。棒の自重は無視できるものとするとき，棒１と棒３にかかる荷重P_1，P_3として最も適切なものを次の中から選べ。ただし，引張荷重を正，圧縮荷重を負とする。

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



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。

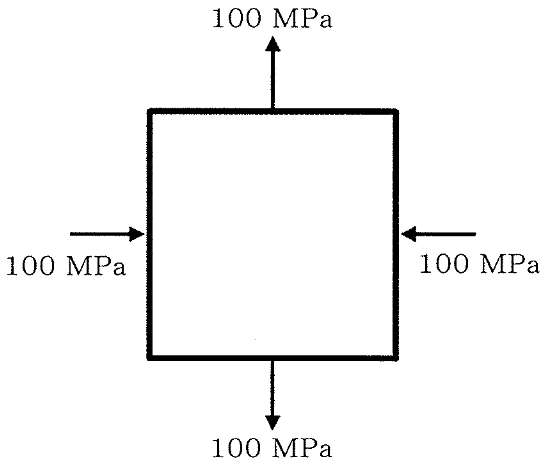
①　$\dfrac{6Wl}{h^3}$　　②　$\dfrac{4Wl}{h^3}$　　③　$\dfrac{Wl}{h^3}$　　④　$\dfrac{Wl}{2h^3}$　　⑤　$\dfrac{Wl}{4h^3}$



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。

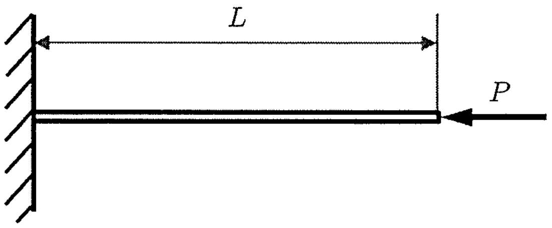
① $\pi a\sqrt{\dfrac{E}{12\sigma_{ys}}}$

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

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

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

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



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。

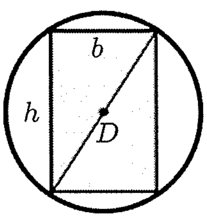
① 1 : 1

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べ。

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

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。

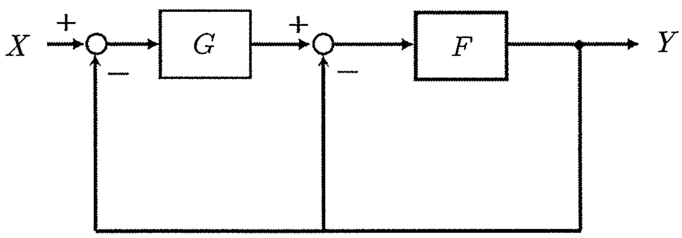
①　$\dfrac{G}{1+G+GF}$

②　$\dfrac{1}{1+F+G}$

③　$\dfrac{GF}{1+F+GF}$

④　$\dfrac{GF}{1-F-GF}$

⑤　$\dfrac{F}{1-F-GF}$



Ⅳ－１３　像関数 $F(s)=\dfrac{2}{s(s+1)}$ 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 $U(s)=\dfrac{1}{s}$

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

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。

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

① $\dfrac{k}{ms^2+cs+k}$　② $\dfrac{k}{ms^2-cs-k}$　③ $\dfrac{1}{ms^2-cs+k}$

④ $\dfrac{1}{ms^2+cs+k}$　⑤ $\dfrac{cs}{ms^2+cs+k}$

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　$\dfrac{1}{\omega^2+\omega+1}$　　②　$\dfrac{1}{-\omega^2+\omega+1}$　　③　$\dfrac{1}{\omega^2-\omega+1}$

④　$\dfrac{1}{\sqrt{\left(1+\omega^2\right)^2+\omega^2}}$　　⑤　$\dfrac{1}{\sqrt{\left(1-\omega^2\right)^2+\omega^2}}$

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$\boxed{\quad\quad}$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$\boxed{\text{ア}}$と呼び，粘性減衰係数cは$\boxed{\text{イ}}$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$\boxed{\text{ウ}}$に対して$\boxed{\text{エ}}$。

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

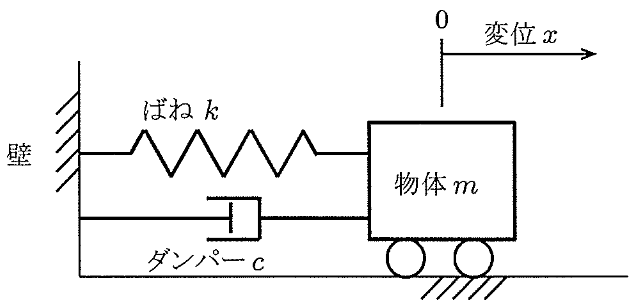


図１

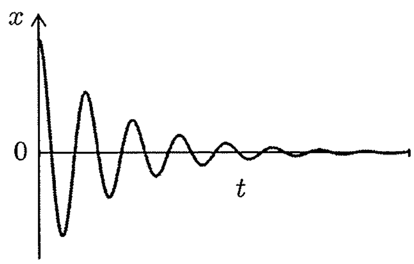


図２

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 はりの軸方向座標，$w(x)$ は横方向変位である。

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

	（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。

①　$\dfrac{mL^2}{2}$　　②　$\dfrac{mL^2}{3}$　　③　$\dfrac{mL^2}{4}$　　④　$\dfrac{mL^2}{6}$　　⑤　$\dfrac{mL^2}{12}$

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。

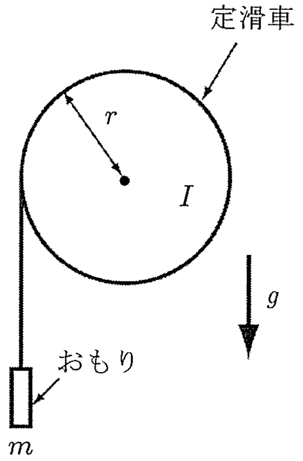
① $\dfrac{mg}{m+I}$

② mg

③ $\dfrac{mr^2g}{mr^2+I}$

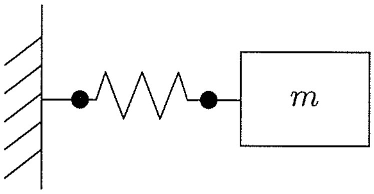
④ $\dfrac{mr^2g}{mr^2-I}$

⑤ $\dfrac{2mr^2g}{mr^2+2I}$

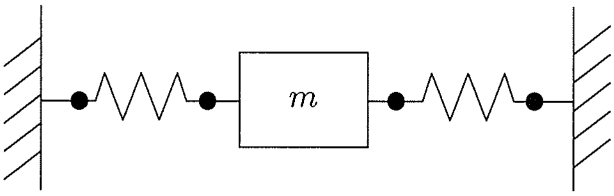


Ⅳ－22　以下の図の１自由度ばね－質量系の中で，最も固有振動数が高いものを選べ。ただし，すべてのばねのばね定数は等しく k とし，質量を m とする。

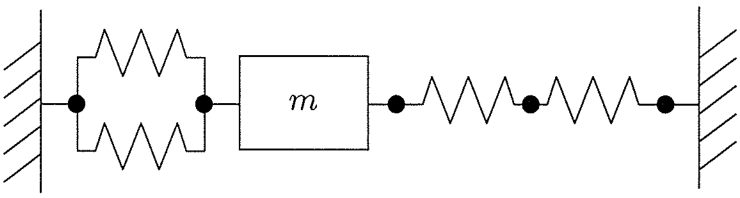
①



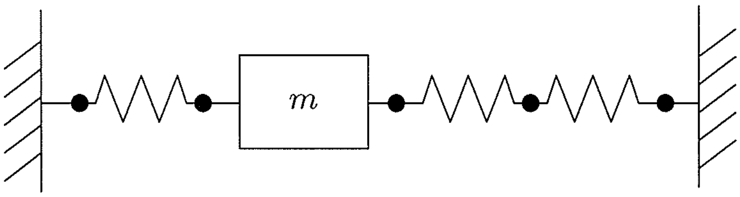
②



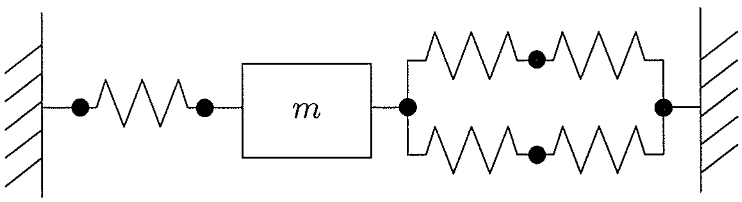
③



④



⑤



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。

	熱量	比熱	動力	熱流束	熱伝導率
①	W	J/(kg·K)	J	W/(m²·K)	W/(m·K)
②	J	J/(kg·K)	W	W/m²	W/(m²·K)
③	J	J/K	W	W/(m·K)	m²/s
④	J	J/(kg·K)	W	W/m²	W/(m·K)
⑤	W	J/K	J	W/(m²·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。

	出力	廃熱
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，$\boxed{}$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$\boxed{ア}$で行われ，放熱は$\boxed{イ}$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$\boxed{ウ}$を上昇させるために，タービン途中の$\boxed{エ}$を取り出す。同じく再生サイクルではタービン途中の$\boxed{オ}$を取り出し$\boxed{カ}$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 $K = h_h + \dfrac{k}{\delta} + h_c$

② $K = h_h + k\delta + h_c$

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

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

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

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。

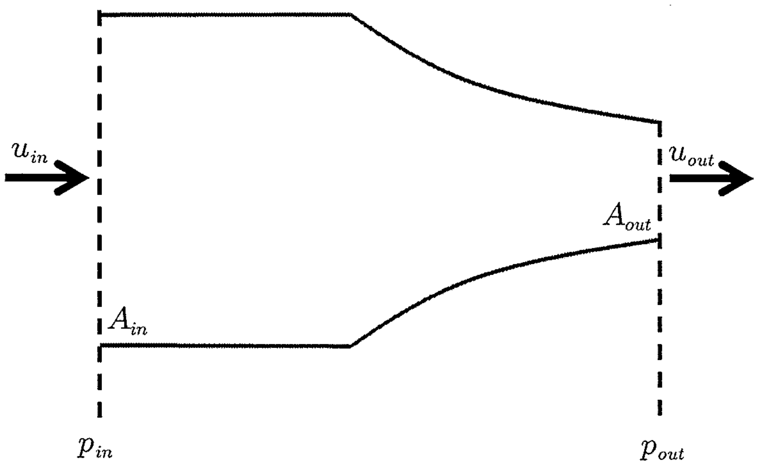
①　0.4 Hz　　②　2 Hz　　③　50 Hz　　④　200 Hz　　⑤　500 Hz

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，物体の全体積の何%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/m^3，物体の密度 ρ_m を830 kg/m^3，重力加速度 g を9.8 m/s^{2}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 $\rho(v-u)\dfrac{\pi}{4}d^2$

② $\rho(v-u)^2\dfrac{\pi}{4}d^2$

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

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

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

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，$Re=\dfrac{\rho U d}{\mu}$とする。

① $\lambda=\dfrac{16}{Re}$　② $\lambda=\dfrac{32}{Re}$　③ $\lambda=\dfrac{64}{Re}$　④ $\lambda=\dfrac{128}{Re}$　⑤ $\lambda=\dfrac{192}{Re}$

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。