熱分野
専門区分

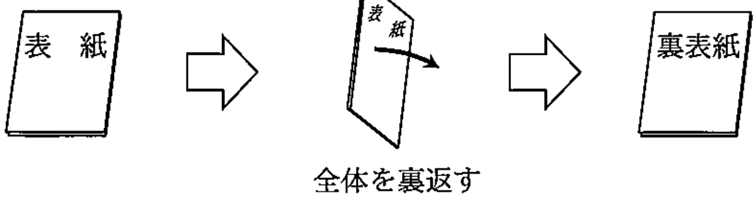
課目Ⅱ　熱と流体の流れの基礎

試験時間　１０：５０～１２：４０（１１０分）　2時限目

Ⅰ　全般的な注意

１．試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。
２．試験中に問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、係の者に知らせること。
３．問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。
４．答案用紙の記入に当たっては、答案用紙に記載の「記入上の注意」に従うこと。「記入上の注意」に従わない場合には採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
５．問題冊子の余白部分は計算用紙などに適宜利用してよい。
６．試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

解答上の注意は、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。



指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
問題の内容に関する質問にはお答えできません。

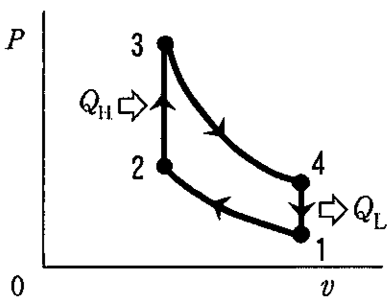
（熱力学の基礎）

問題４　次の各文章の $\boxed{\quad 1 \quad}$ ～ $\boxed{\quad 10 \quad}$ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、一つの解答群から同じ記号を２回以上使用してもよい。

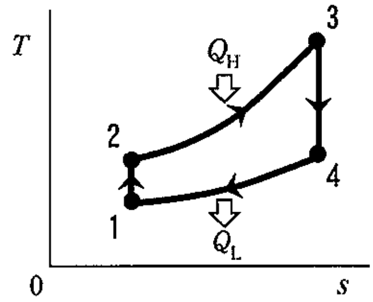
また、$\boxed{A \mid a.bc}$ ～ $\boxed{F \mid a.bc}$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。（配点計 50 点）

いずれも空気を作動流体とし、最大圧力と最大温度が等しいオットーサイクルとディーゼルサイクルについて考える。この両サイクルの $P-v$ 線図と $T-s$ 線図を、オットーサイクルは図１に、ディーゼルサイクルは図２に示す。ここで、作動流体の状態量として、P は圧力、v は比体積、T は絶対温度、s は比エントロピーを示し、κ は比熱比を表す。各図の１～４は作動流体の熱力学的状態点の番号であり、各状態点の状態量を表す記号にはその状態点の番号を添字として用いる。また、両サイクルとも状態点１を初期状態とし、その状態量は同じであるとする。

なお、指数の計算においては表の数値を用いることとするが、表中の X に計算で求められた値を適用するときは、表中で最も近い値に対する指数の値を用いることとする。

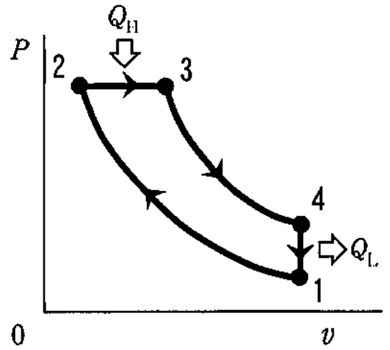


（A）$P-v$ 線図

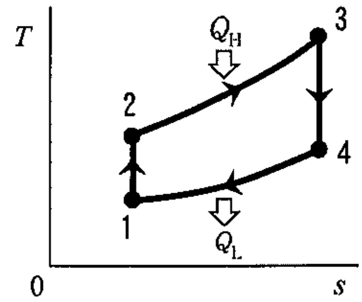


（B）$T-s$ 線図

図１　オットーサイクルの線図



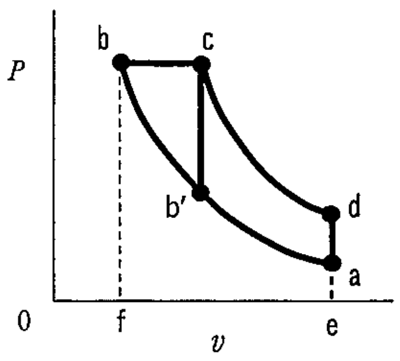
（A）$P-v$ 線図



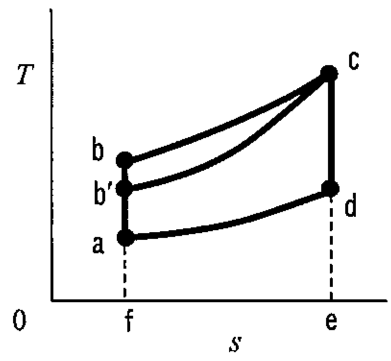
（B）$T-s$ 線図

図２　ディーゼルサイクルの線図

1) この両サイクルについて、図3（A）は$P-v$線図上に重ねて示したものであり、図3（B）は$T-s$線図上に重ねて示したものである。ここで、オットーサイクルはa－b′－c－d－a、ディーゼルサイクルはa－b－c－d－aで表される。



（A）$P-v$線図



（B）$T-s$線図

図3　オットーサイクルとディーゼルサイクルを重ねた線図

i）それぞれのサイクルにおいて、Q_Hの熱が供給され、Q_Lの熱が放出されるとき、サイクルの熱効率ηは、式η＝ $\boxed{1}$ と表される。

＜ $\boxed{1}$ の解答群 ＞

ア $\dfrac{Q_L}{Q_H}$　　イ $1-\dfrac{Q_L}{Q_H}$　　ウ $\dfrac{Q_H}{Q_L}-1$

ii）図3（B）の$T-s$線図において、両サイクルともに放熱量Q_Lは、図中の $\boxed{2}$ で囲まれる部分で同一量であるが、供給熱量Q_Hはオットーサイクルでは $\boxed{3}$ で囲まれる部分、ディーゼルサイクルでは $\boxed{4}$ で囲まれる部分となる。

＜ $\boxed{2}$ ～ $\boxed{4}$ の解答群 ＞

ア　a－b－c－d－a　　イ　a－b′－c－d－a　　ウ　b′－b－c－b′

エ　f－a－d－e－f　　オ　f－b－c－e－f　　カ　f－b′－c－e－f

問題4は次の頁に続く

iii) Q_L が等しいので、Q_H の大きいサイクルの方が熱効率は $\boxed{5}$ なる。よって、本条件では、オットーサイクルに対してディーゼルサイクルの熱効率は $\boxed{6}$ なる。

〈 $\boxed{5}$ 及び $\boxed{6}$ の解答群 〉

ア　高く　　イ　低く　　ウ　同等と

2) この両サイクルの理論熱効率を求める。ここで、吸気温度 T_1 を 300K、吸気圧力 P_1 を 0.1 MPa、最大温度 T_3 を 2 660 K、最大圧力 P_3 を 4.43 MPa とし、比熱比 κ は 1.4 とする。

i) ディーゼルサイクルの熱効率を求める。

圧縮比 $\varepsilon\left(=\dfrac{v_1}{v_2}\right)$ を求める。状態点 1 →状態点 2 は断熱変化なので、式 $\dfrac{P_2}{P_1}=\boxed{7}$ となり、$P_2=P_3$ であることから、ε の値は $\boxed{\text{A}\ \text{a.bc}}$ ×10 となる。さらに、T_2 は ε を用いて、式 $T_2=\boxed{8}$ と表せることから、その値は $\boxed{\text{B}\ \text{a.bc}}$ $\times10^2$ [K] となる。

これより、締切比 $\sigma\left(=\dfrac{T_3}{T_2}\right)$ の値を求めると、$\boxed{\text{C}\ \text{a.bc}}$ となる。また、$T_4=\sigma^{\kappa}T_1$ が成り立つので、T_4 は $\boxed{\text{D}\ \text{a.bc}}$ $\times10^3$ [K] となる。

ディーゼルサイクルの熱効率 η_D は、1) で求めた効率算定式中の熱量 Q_H 及び Q_L を、各状態点の温度と比熱を用いて整理すると、式 $\eta_D=\boxed{9}$ で表すことができ、その値を計算すると、$\boxed{\text{E}\ \text{a.bc}}$ $\times10^{-1}$ と求められる。

〈 $\boxed{7}$ ～ $\boxed{9}$ の解答群 〉

ア　$\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right)^{\kappa}$　　イ　$\left(\dfrac{v_1}{v_2}\right)^{\kappa}$　　ウ　$\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right)^{\kappa-1}$　　エ　$\left(\dfrac{v_1}{v_2}\right)^{\kappa-1}$

オ　$\varepsilon^{\kappa}T_1$　　カ　$\varepsilon^{\kappa-1}T_1$　　キ　$\varepsilon^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}T_1$　　ク　$1-\dfrac{T_4-T_1}{\kappa(T_3-T_2)}$

ケ　$1-\dfrac{T_4-T_1}{\varepsilon^{\kappa-1}(T_3-T_2)}$　　コ　$1-\dfrac{T_4-T_1}{\kappa\,\varepsilon^{\kappa-1}(T_3-T_2)}$

サ　$1-\dfrac{T_4-T_1}{\sigma\,\varepsilon^{\kappa-1}(T_3-T_2)}$

ii）オットーサイクルの熱効率を求める。

この条件では、オットーサイクルの放熱量はディーゼルサイクルと同じなので、T_4 はディーゼルサイクルと同じである。

また、オットーサイクルの熱効率 η_O はディーゼルサイクルと同様に、1) で求めた効率算定式の熱量を各状態点の温度と比熱から計算し、さらに断熱変化による条件 $\frac{T_1}{T_2}=\frac{T_4}{T_3}$ を加味して整理すると、式 η_O = $\boxed{10}$ で表され、その値は $\boxed{\text{F} \mid \text{a.bc}}$ $\times 10^{-1}$ と求められる。

〈 $\boxed{10}$ の解答群 〉

ア $1-\frac{T_1}{T_3}$　　イ $1-\frac{T_4}{T_3}$　　ウ $1-\frac{T_4}{T_2}$　　エ $\frac{T_3}{T_1}-1$

表　指数計算の値

X	0.1	0.43	4.43	44.3
$X^{\frac{1}{1.4}}$	0.193 1	0.547 3	2.895	15.00

X	3	10	15	44.3
$X^{1.4}$	4.656	25.12	44.31	201.8

X	3	10	15	44.3
$X^{0.4}$	1.552	2.512	2.954	4.556

（熱力学の基礎）

問題5　次の各文章の $\boxed{1}$ ～ $\boxed{15}$ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、$\boxed{4}$ 及び $\boxed{13}$ は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

また、$\boxed{A \mid a.bc}$ ～ $\boxed{C \mid a.b}$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。（配点計 50 点）

図に、ある蒸気原動所の理論サイクルの $P-v$ 線図を示す。ここで、Pは圧力、vは比体積である。C.P.は臨界点を示しており、臨界点より左側の一点鎖線は飽和液線を、右側の一点鎖線は飽和蒸気線を示している。図中の状態点 1 ～ 4 は作動流体の状態点を示し、状態点 3 の温度は400 ℃ である。また、各状態点の比エンタルピー h、比エントロピー s などの状態量を示す記号にはその状態点の番号を添字として用いる。

なお、計算には表 1 及び表 2 の数値を用いることとし、表中の符号 ′ は飽和水の状態、″ は乾き飽和蒸気の状態を表す。

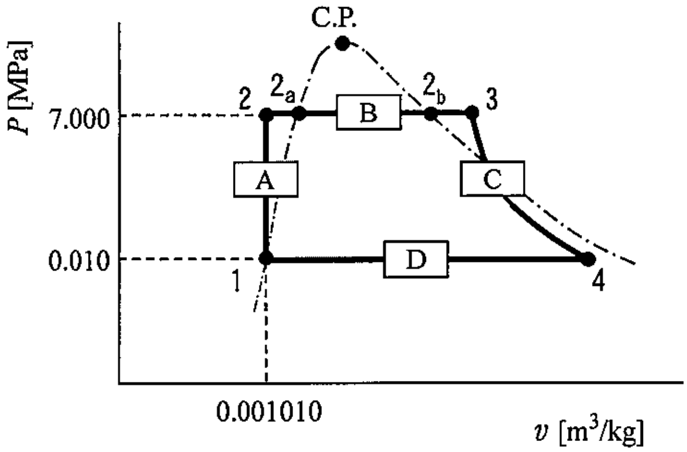


図　$P-v$ 線図

1)　図中、状態点 1 は飽和水である。その飽和水は、装置 A で $\boxed{1}$ され、状態点 2 の $\boxed{2}$ となる。状態点 2 の作動流体には装置 B で熱が供給され、状態点 3 の $\boxed{3}$ になる。この間、状態点 2_a と 2_b の間の作動流体は $\boxed{4}$ と呼ばれている。状態点 3 の作動流体は装置 C で $\boxed{5}$ され、状態点 4 の $\boxed{4}$ となる。その後、装置 D において、$\boxed{6}$ 過程で熱を外部に放出し、状態点 1 に戻る。

〈 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{6}$ の解答群 〉

ア　圧縮水　　イ　過熱蒸気　　ウ　乾き飽和蒸気

エ　湿り蒸気　　オ　蒸留水　　カ　等エンタルピー圧縮

キ　等エンタルピー膨張　　ク　等エントロピー圧縮　　ケ　等エントロピー膨張

コ　等温圧縮　　サ　等温膨張　　シ　等温等圧

2) 1) で説明した蒸気原動所のサイクルにおいて、装置Aは $\boxed{7}$、装置Bは $\boxed{8}$、装置Cは $\boxed{9}$、装置Dは $\boxed{10}$ である。

〈 $\boxed{7}$ ～ $\boxed{10}$ の解答群 〉

ア　ディフューザ　　イ　ノズル　　ウ　ボイラ　　エ　給水ポンプ

オ　蒸気タービン　　カ　復水器

3) 状態点 1、2 及び 3 の状態量は、状態点 3 の温度が 400 ℃であること、及び図に示されている圧力、比体積を用いて表 1、表 2 より直接に読み取ることができる。残る状態点 4 の状態量を求めるためには、その乾き度を知る必要がある。状態点 4 の乾き度 x_4 は、比エントロピー s と乾き度 x の関係式 $\boxed{11}$ を用いて求めることができ、$\boxed{\text{A} \mid \text{a.bc}}$ $\times 10^{-1}$ となる。したがって、状態点 4 の比エンタルピー h_4 は、$\boxed{\text{B} \mid \text{a.bc}\times 10^{\text{d}}}$ [kJ/kg] となる。このとき、蒸気原動所の理論熱効率 η_s は、式 $\eta_s =$ $\boxed{12}$ を用いて求めることができ、$\boxed{\text{C} \mid \text{a.b}}$ $\times 10^{-1}$ となる。

〈 $\boxed{11}$ 及び $\boxed{12}$ の解答群 〉

ア　$s = s' + x s''$　　イ　$s = s' + x\left(s' - s''\right)$　　ウ　$s = s' + x\left(s'' - s'\right)$　　エ　$s = s'' + x\left(s'' - s'\right)$

オ　$\dfrac{\left(h_3 - h_2\right) - \left(h_4 - h_3\right)}{h_3 - h_2}$　　カ　$\dfrac{\left(h_3 - h_2\right) - \left(h_4 - h_1\right)}{h_3 - h_2}$

キ　$\dfrac{\left(h_4 - h_3\right) - \left(h_2 - h_1\right)}{h_3 - h_2}$　　ク　$\dfrac{\left(h_4 - h_3\right) - \left(h_3 - h_2\right)}{h_3 - h_2}$

問題 5 は次の頁に続く

4) 蒸気原動所は、近年、ガスタービンと併用して熱効率の向上を目指す $\boxed{13}$ サイクルに使用されている。このサイクルでは、ガスタービンからの排熱を、$\boxed{14}$ を用いて蒸気原動所の熱として利用する。その際、ガスタービンからの排熱のうち、蒸気原動所の熱として利用される割合を η_R とする。そして、$\boxed{13}$ サイクルの熱効率 η_C は、蒸気原動所の熱効率を η_S、ガスタービンの熱効率を η_G とすると、式 $\eta_C =$ $\boxed{15}$ となる。現在、η_C は最高では60%を超えるレベルに達している。

〈 $\boxed{13}$ ～ $\boxed{15}$ の解答群 〉

ア $\eta_G+(1-\eta_G)\,\eta_S\,\eta_R$　　イ $\eta_G-(1+\eta_G)\,\eta_S\,\eta_R$　　ウ $\eta_G-(1-\eta_G)\,\eta_S\,\eta_R$

エ 高温給水加熱器　　オ 背圧タービン　　カ 排熱回収ボイラ

キ 再生　　ク 再熱　　ケ 複合

表１　飽和蒸気表

飽和圧力 [MPa]	飽和温度 [℃]	比体積 [m³/kg]		比エンタルピー [kJ/kg]		比エントロピー [kJ/(kg·K)]	
		v'	v''	h'	h''	s'	s''
0.010	45.83	0.001 010	14.67	191.8	2 584.8	0.649 3	8.151 1
7.000	285.79	0.001 351	0.027 37	1 267.4	2 773.5	3.121 9	5.816 2

表２　圧縮水及び過熱蒸気表

圧力 [MPa]	温度 [℃]	比体積 [m³/kg]	比エンタルピー [kJ/kg]	比エントロピー [kJ/(kg·K)]
7.000	51.4	0.001 010	221.1	0.716 4
	400	0.039 92	3 161.2	6.453 6

（空　白）

（流体工学の基礎）

問題6　次の各文章の $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 10\ }$ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

また、$\boxed{\mathrm{A}\ \big|\ \mathrm{a.b}\times 10^{\mathrm{c}}}$ 及び $\boxed{\mathrm{B}\ \big|\ \mathrm{a.b}\times 10^{\mathrm{c}}}$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。（配点計 50 点）

(1) 断面積が一定で水平な直円管の管路の圧力損失について考える。

内径 D の円管の中を密度 ρ のニュートン流体が平均速度 w で流れており、距離 L の間に圧力が P_1 から P_2 へと変化（低下）する。このとき、圧力差と流体速度の間には、エネルギーの保存則から次式が成り立つ。ただし、f は管摩擦係数である。

$$P_1 - P_2 = f\frac{L}{D}\frac{\rho w^2}{2} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

管摩擦係数 f の値は、流れが層流であるか乱流であるかによって異なるとともに、管内壁の粗さの影響を受ける場合がある。

1) 管内の流れが十分に発達した層流の場合には、代表長さを円管内径、流体の代表速度を管内平均速度としたときのレイノルズ数を Re とすると、次の式が成り立つ。

$$f = \boxed{\ 1\ }$$

層流の場合には管壁の粗さの影響を受けないことが知られている。

2) 管内の流れが十分に発達した乱流の場合には、管壁の粗さの影響を受け、実験結果から f に関する様々な式が提案されている。管壁が滑らかな円管の場合には、次のブラジウスの式が使われている。

$$f = \boxed{\ 2\ }$$

〈 $\boxed{\ 1\ }$ 及び $\boxed{\ 2\ }$ の解答群 〉

ア $\dfrac{12}{Re}$　　イ $\dfrac{64}{Re}$　　ウ $\dfrac{0.5}{Re^{\frac{1}{2}}}$　　エ $\dfrac{32}{Re^{\frac{1}{2}}}$　　オ $\dfrac{0.155}{Re^{\frac{1}{3}}}$　　カ $\dfrac{0.3164}{Re^{\frac{1}{4}}}$

3) 管摩擦係数 f に与えるレイノルズ数 Re と管壁の粗さの影響を示すグラフとして、図１に示すムーディ線図が作成されている。ムーディ線図では、円管の管壁の粗さについては、平均の管壁粗さ（等価粗さ）を ε とし、円管内径 D に対する ε の比 $\left(\frac{\varepsilon}{D}\right)$ をパラメータとしている。

ここで、D が 100 mm、ε が 1 mm の円管の中を、ニュートン流体が平均速度 0.3 m/s で流れているときの圧力損失を求めてみる。流体の粘度は 1×10^{-3} Pa·s、密度は 1×10^{3} kg/m^3 であるとする。

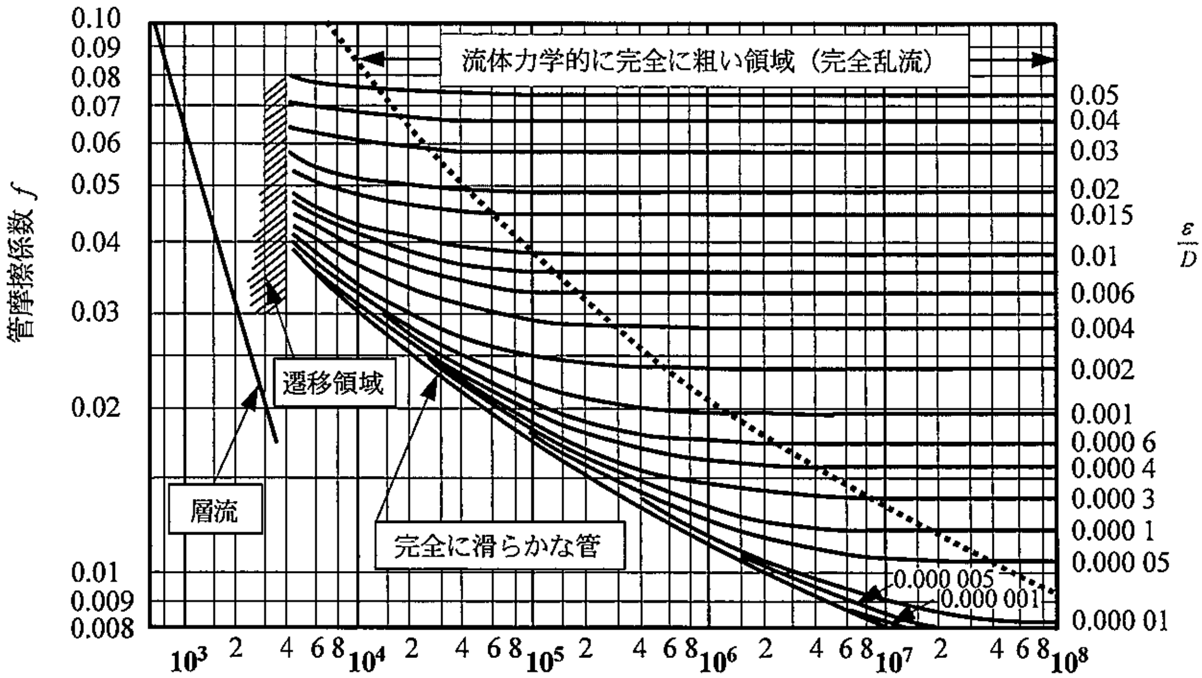


図１　ムーディ線図

i）図１のムーディ線図の横軸のレイノルズ数 Re は、代表長さを円管内径、流体の代表速度を管内平均速度として定義されており、$Re=$ [A | a.b×10^c] と求められる。さらに、パラメータとなる $\frac{\varepsilon}{D}$ の値を計算すると 0.01 となるので、図１から管摩擦係数 f の値を読み取ると、[3] である。

〈 [3] の解答群 〉

ア 0.038　　イ 0.040　　ウ 0.042　　エ 0.049

ii）円管長さ 1 m 当たりの圧力損失は、式①を用いて [B | a.b×10^c] [Pa] と求められる。

問題６は次の頁に続く

(2) 図２のような十分大きな容器があり、容器の横に小さな孔が開いていて、通常時、孔は閉止されている。容器の中には密度 ρ の液体が貯留されており、液面から孔までの深さは h である。ここで、孔を開放して液が流出したときについて考える。ただし、重力の加速度を g とし、液が流出する過程で、液体上部の圧力と液面の位置は変化がなく、縮流などによるエネルギー損失はないものとする。

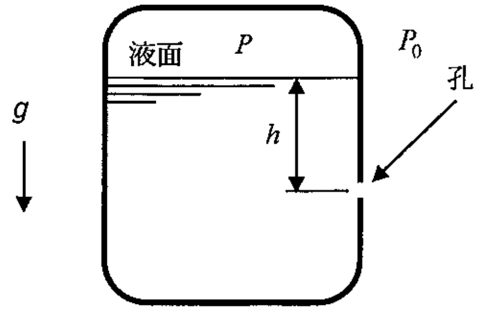


図２

1) 液面より上部の気体部分の圧力 P が外部圧力 P_0 と等しい状態で、孔を開放した。そのときの、孔から流出する液体の流速は $\boxed{\ 4\ }$ となる。

〈 $\boxed{\ 4\ }$ の解答群 〉

ア $\sqrt{gh}$　　　イ $\sqrt{2gh}$　　　ウ $\sqrt{2\rho gh}$

2) 次に、孔を閉止して液面より上部の気体部分の圧力 P を P_0 以上に保った。液面と孔の深さが h であることを確認して孔を開放した。そのときの、孔から流出する液体の流速は $\boxed{\ 5\ }$ となる。

〈 $\boxed{\ 5\ }$ の解答群 〉

ア $\sqrt{2gh+2\rho\left(P-P_0\right)}$　　　イ $\sqrt{gh+\dfrac{\left(P-P_0\right)}{\rho}}$　　　ウ $\sqrt{2gh+\dfrac{2\left(P-P_0\right)}{\rho}}$

(3) 液体用ポンプで液体を汲み上げるときについて考える。

1) 液体用ポンプの全揚程とは、ポンプが液体に与える全エネルギーを指している。全エネルギーは、次の①～④などを総合したものである。

① $\boxed{6}$ に相当する位置エネルギー

② 管路摩擦によるエネルギー損失

③ 吸込み部と吐出し部の液体の運動エネルギーの差

④ 吸込み部と吐出し部の圧力差に相当するエネルギー

ここで、②は摩擦損失水頭、③は $\boxed{7}$ 水頭、④は圧力水頭と呼ばれている。

〈 $\boxed{6}$ 及び $\boxed{7}$ の解答群 〉

ア 運動　　イ 速度　　ウ 流量　　エ 管路の最高部の位置

オ 吸込み部と吐出し部の鉛直方向の位置の差　　カ 吐出し部の位置

2) ポンプの性能曲線は、ポンプの吐出し量に対する全揚程、軸動力、効率などの関係を線図で表したものである。渦巻ポンプ、軸流ポンプ及び斜流ポンプのうち、締切り点での軸動力が最小で、吐出し量の増加とともに徐々に増加する特性を持つのは $\boxed{8}$ ポンプであり、反対に締切り点での軸動力が最大となるのは $\boxed{9}$ ポンプである。残る一つのポンプの軸動力は吐出し量に対してほとんど変化しない特性を持っている。

3) ポンプの比速度とは、遠心式羽根車の特性や形状を表す特性数である。たとえば、相似な形状を持つ遠心式ポンプは、同じ比速度を示す。比速度は有次元の特性数であるため、SI 単位系で無次元化した $\boxed{10}$ が使用される場合もある。

〈 $\boxed{8}$ ～ $\boxed{10}$ の解答群 〉

ア グラスホフ数　　イ ターボ数　　ウ 形式数　　エ 渦巻

オ 軸流　　カ 斜流

（伝熱工学の基礎）

問題７　次の各文章の $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 13\ }$ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、$\boxed{\ 5\ }$、$\boxed{\ 8\ }$ 及び $\boxed{\ 10\ }$ は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

また、$\boxed{\mathrm{A}\ |\ \mathrm{a.b}\times10^{\mathrm{c}}}$ 及び $\boxed{\mathrm{B}\ |\ \mathrm{ab}}$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。（配点計 50 点）

(1) 伝熱には、熱伝導、対流伝熱及び放射伝熱という三つの形態がある。

1) 熱伝導による熱流束（単位時間・単位面積当たりの熱移動量）は $\boxed{\ 1\ }$ の式によって表わされ、熱流束は温度の $\boxed{\ 2\ }$ に比例し、その比例係数は $\boxed{\ 3\ }$ である。

2) 流れる流体と固体面との間の対流伝熱による熱流束は「流体の代表温度と固体表面温度との温度差」と「$\boxed{\ 4\ }$」の積で表わされる。

〈 $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 4\ }$ の解答群 〉

ア　フーリエ	イ　ニュートン	ウ　ヌセルト	エ　温度伝導率
オ　拡散係数	カ　熱伝達率	キ　熱伝導率	ク　逆数
ケ　勾配	コ　絶対値		

3) 放射伝熱では、照射された電磁波を全て吸収する理想物体のことを $\boxed{\ 5\ }$ と呼び、その放射エネルギー量（射出能）は物体の絶対温度の４乗に比例する。二つの $\boxed{\ 5\ }$ の表面間の正味の放射伝熱量は、幾何学的関係だけから決定される $\boxed{\ 6\ }$ を用いて算出される。

〈 $\boxed{\ 5\ }$ 及び $\boxed{\ 6\ }$ の解答群 〉

ア　ステファン・ボルツマン定数	イ　形態係数	ウ　放射率
エ　黒体	オ　灰色体	カ　標準物質

(2) 相変化を伴う熱伝達について考える。

1) 液体を容器に入れて静かに加熱した場合の伝熱面の過熱度と熱流束との関係を図示したものを沸騰曲線と呼ぶ。沸騰曲線の横軸は過熱度であり、過熱度は伝熱面温度と液体の $\boxed{\ 7\ }$ 温度との差として定義される。

〈 $\boxed{\ 7\ }$ の解答群 〉

ア 標準　　　イ 飽和　　　ウ 臨界

2) 遷移状態を除くと沸騰形態には $\boxed{\ 8\ }$ 沸騰と $\boxed{\ 9\ }$ 沸騰の２種類があり、より高い熱伝達率を生じるのが $\boxed{\ 8\ }$ 沸騰である。

〈 $\boxed{\ 8\ }$ 及び $\boxed{\ 9\ }$ の解答群 〉

ア プール　　　イ 核　　　ウ 膜

3) 冷却面への蒸気の凝縮を考えると、凝縮形態には $\boxed{\ 10\ }$ 凝縮と $\boxed{\ 11\ }$ 凝縮の２種類があり、より高い熱伝達率を生じるのが $\boxed{\ 10\ }$ 凝縮である。

〈 $\boxed{\ 10\ }$ 及び $\boxed{\ 11\ }$ の解答群 〉

ア 過熱蒸気　　　イ 直接接触　　　ウ 滴状　　　エ 膜状

問題７は次の頁に続く

(3) 建物の省エネルギー性を高めるために二重ガラスの窓が用いられることがある。ここで、ガラス窓を通しての熱伝達と熱伝導による熱の移動を、一枚ガラスの場合と二重ガラスの場合で考える。なお、ガラスの厚さは3.2 mm、熱伝導率は1.1 W/(m·K)とする。

1) 図1に示すようなガラスが一枚の場合において、ガラスの厚さをl_G[m]、熱伝導率をk_G[W/(m·K)]とし、高温側の空気温度をT_H[℃]、熱伝達率をh_H[W/(m^2·K)]、低温側の空気温度をT_L[℃]、熱伝達率をh_L[W/(m^2·K)]とする。

放射による伝熱を無視した場合、ガラス窓を通しての熱の伝わりやすさを示す熱通過率をK[W/(m^2·K)]とすると、Kは一般に次式で与えられる。

$$K=\frac{1}{\dfrac{1}{h_H}+\dfrac{l_G}{k_G}+\dfrac{1}{h_L}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

また、そのときの単位面積・単位時間当たりの通過熱量q[W/m^2]は、熱通過率Kを用いて次式で与えられる。

$$q = \boxed{\ 12\ } \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ②$$

例えば、冬の夜に室温が20℃、外気温が5℃のとき、一枚ガラスの場合は、このガラス窓を通して熱伝達と熱伝導により室内から室外に放出される単位面積・単位時間当たりの通過熱量qは、式②より$\boxed{\text{A} \mid \text{a.b}\times10^{\text{c}}}$ [W/m^2]となる。ただし、ガラス表面での熱伝達率は、室内側が10 W/(m^2·K)、室外側が20 W/(m^2·K)であるとする。

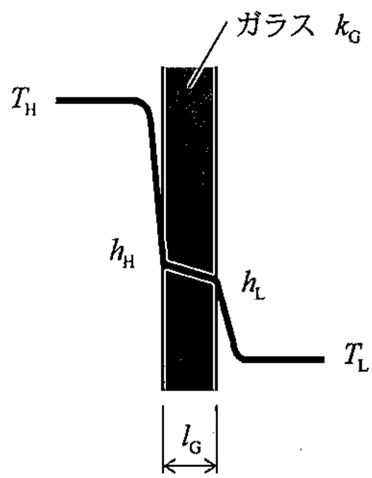


図1　一枚ガラスの場合

2) 次に、図2に示すような二重ガラスにした場合において、1) で与えた条件に加えガラス間の隙間の大きさを l_A [m]、空気の熱伝導率を k_A [W/(m·K)] とする。ガラス間の隙間での空気の対流を無視し、一枚ガラスと同様に放射による伝熱を無視すると、二重ガラス窓を通しての熱通過率 K' [W/(m^2·K)] は、次式で与えられる。

$K' = \boxed{13}$ ………………………… ③

ガラス間の隙間 l_A を 5.6 mm、空気の熱伝導率 k_A を 0.025 W/(m·K) として、それ以外の条件を一枚ガラスの場合と同じとした場合、二重ガラス窓を通して熱伝達と熱伝導により室内から室外に放出される単位時間・単位面積当たりの通過熱量は、ガラス一枚の場合の $\boxed{\text{B}}\boxed{\text{ab}}$ [%] となる。

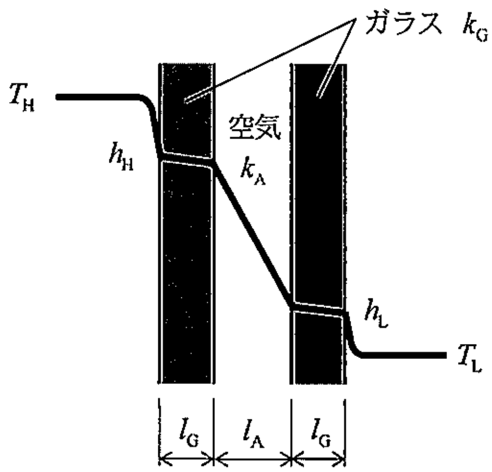


図2　二重ガラスの場合

〈 $\boxed{12}$ 及び $\boxed{13}$ の解答群 〉

ア　$K(T_H + T_L)$　　　イ　$K(T_H - T_L)$　　　ウ　$K\dfrac{(T_H + T_L)}{2}$

エ　$\dfrac{1}{\dfrac{1}{h_H}+\dfrac{l_G}{k_G}+\dfrac{l_A}{k_A}+\dfrac{1}{h_L}}$　　　オ　$\dfrac{1}{\dfrac{1}{h_H}+\dfrac{2\,l_G}{k_G}+\dfrac{l_A}{k_A}+\dfrac{1}{h_L}}$　　　カ　$\dfrac{1}{\dfrac{1}{h_H}+\dfrac{l_G}{2\,k_G}+\dfrac{l_A}{k_A}+\dfrac{1}{h_L}}$

（空　白）

（空　白）

（表紙からの続き）

Ⅱ 解答上の注意

1．問題の解答は、該当欄にマークすること。

2．$\boxed{1}$、$\boxed{2}$ などは、解答群の字句等（字句、数値、式、図など）から当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。

3．$\boxed{\boxed{A}\boxed{a.bc}}$、$\boxed{\boxed{B}\boxed{a.bc\times10^{d}}}$ などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,d などのアルファベットごとに該当する数字「⓪,①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨」（ただし、a は⓪以外とする）を塗りつぶすこと。なお、下位の桁の値が「0」となる場合にも⓪を塗りつぶすこと。

また、計算を伴う解答の場合は次の (1) ～ (3) によること。

(1) **解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。**

このとき、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。

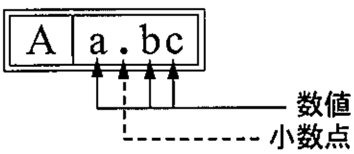
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1) の計算条件を満足すること。

(3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降は「0」として扱い、(1) の「**解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。**」の計算条件を満足しているものとする。

例えば、2.1 kg の 2.1 は、2.100 …と考える。特に円周率などの場合、実際は $\pi = 3.1415\cdots$ であるが、$\pi = 3.14$ で与えられた場合は、3.1400…として計算すること。

「解答例 1」

（設問）



（計算結果）

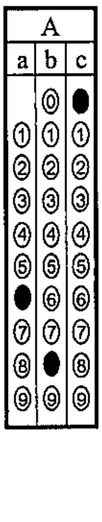
6.795…

↓ 四捨五入

6.80

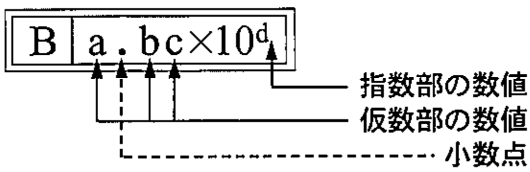
（解答）

「680」を
塗りつぶす ⇨



「解答例 2」

（設問）



（計算結果）

$9.183\cdots\times10^{2}$

↓ 四捨五入

9.18×10^{2}

（解答）

「9182」を
塗りつぶす ⇨