熱分野
専門区分

課目Ⅱ　熱と流体の流れの基礎

試験時間　１４：００～１５：５０（１１０分）　3時限

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。

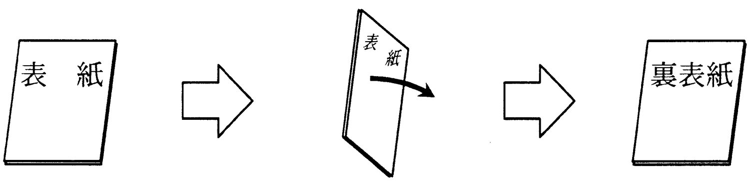
３．問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。

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。



全体を裏返す

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 $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 3\ }$ の中に入れるべき最も適切な字句又は式を＜ $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 3\ }$ の解答群＞から選び、その記号を答えよ。

また、$\boxed{\text{A}\ |\ \text{a.bc}}$ ～ $\boxed{\text{I}\ |\ \text{a.bc}}$ 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とし、対数の計算においては表の数値を用いること。（配点計 50 点）

自由に動くピストンのついたシリンダーの中に、質量 m が 10 kg の空気が入っている。このときの圧力 P_1 は 1 MPa で、温度 T_1 は 800 K である。ここで、空気を理想気体とみなし、空気のガス定数 R を 287 J/(kg·K)、定容比熱 c_v を 0.717 kJ/(kg·K) とし、比熱は温度によらず一定とする。

1) この状態におけるシリンダー内の体積 V_1 は、理想気体の状態方程式から式 $V_1 = \boxed{\ 1\ }$ より求められ $\boxed{\text{A}\ |\ \text{a.bc}}$ [m³] となる。

2) この空気が等圧のもとで冷却され、ピストンの移動に伴いシリンダー内の体積 V_2 が始めの体積 V_1 の $\frac{1}{2}$ となった。

① このとき、空気が外部からなされた仕事 W_1 は $\boxed{\text{B}\ |\ \text{a.bc}\times10^{\text{d}}}$ [kJ] である。

② この状態における空気の温度 T_2 は $\boxed{\text{C}\ |\ \text{abc}}$ [K] である。

③ T_2 を用いて、この過程における内部エネルギーの変化量 ΔU_1 は $\boxed{\text{D}\ |\ \text{a.bc}\times10^{\text{d}}}$ [kJ] と算出される。

④ 空気の定圧比熱 c_p は、空気のガス定数と定容比熱から求められ、$\boxed{\text{E}\ |\ \text{a.bc}}$ [kJ/(kg·K)] となる。

⑤ c_p を用いて、この過程における空気のエンタルピーの変化量 ΔH_1 は $\boxed{\text{F}\ |\ \text{a.bc}\times10^{\text{d}}}$ [kJ] と算出される。

⑥ 同じく、この過程における空気のエントロピーの変化量 ΔS_1 は $\boxed{\text{G}\ |\ \text{a.bc}}$ [kJ/K] と算出される。

⑦ この過程において空気が失った熱量 Q_1 は、$\boxed{\ 2\ }$ と等しくなる。

3) 次に、前述の 2) の状態、すなわち空気を等圧のもとで冷却し体積が最初の $\frac{1}{2}$ になった状態でピストンを固定し、体積一定のもとで、温度 T_3 が最初の温度 T_1 である 800 K になるまで加熱した。

① このとき、ピストンを固定した後の過程における空気の内部エネルギーの変化量 ΔU_2 は $\boxed{\text{H}\;|\;\text{a.bc}\times 10^{\text{d}}}$ [kJ] と算出される。

② 同様にして、ピストンを固定した後の過程における空気のエントロピーの変化量 ΔS_2 は $\boxed{\text{I}\;|\;\text{a.bc}}$ [kJ/K] と算出される。

③ また、加熱した熱量 Q_2 は、ΔU_2 との間に $\boxed{\quad 3 \quad}$ の関係が成り立つ。

〈 $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 3\ }$ の解答群 〉

ア　外部になした仕事の絶対値　　　イ　内部エネルギーの変化量

ウ　エンタルピーの変化量　　　エ　エントロピーの変化量

オ　$\dfrac{mRT_1}{P_1}$　　　カ　$\dfrac{mP_1T_1}{R}$　　　キ　$\dfrac{RT_1}{mP_1}$

ク　$Q_2 = \Delta U_2$　　　ケ　$Q_2 > \Delta U_2$　　　コ　$Q_2 < \Delta U_2$

表　対数の値

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\ln N$	0.6931	1.099	1.386	1.609	1.792	1.946	2.079	2.197	2.303

（空　白）

（空　白）

（熱力学の基礎）

問題5　次の各文章の $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 12\ }$ の中に入れるべき最も適切な字句又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、$\boxed{\ 4\ }$ は2箇所あるが、同じ記号が入る。

また、$\boxed{\text{A}\,|\,\text{a.b}}$ ～ $\boxed{\text{D}\,|\,\text{a.b}}$ 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1及び図2は、あるサイクルにおける、温度 T と比エントロピー s の関係を示したものであり、作動流体は水蒸気である。ここで、**1**～**6** 及び **a**～**c** は、いずれも作動流体の熱力学的状態点を示す番号あるいは記号とし、各状態点における比エンタルピー h の値は、その状態点の番号あるいは記号を添え字に用いて示すこととする。また、図中のC.P.は臨界点、破線A- C.P.は飽和液線、破線C.P. - Bは飽和蒸気線を示している。なお、計算に用いる水及び蒸気の比体積 v、比エンタルピー h 及び比エントロピー s は、表1及び表2の値を用いることとし、符号 $'$ は飽和水の状態、符号 $''$ は乾き飽和蒸気の状態を表す。

1）図1のサイクルは、$\boxed{\ 1\ }$ サイクルと呼ばれている。

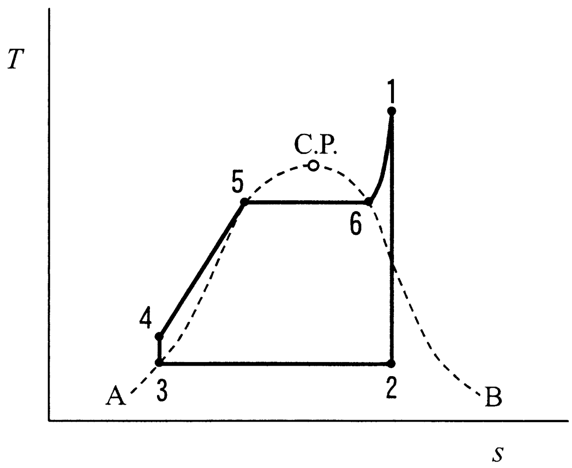


図1

〈 $\boxed{\ 1\ }$ の解答群 〉

ア　オットー　　　イ　カルノー　　　ウ　サバテ　　　エ　ランキン

2) 図 1 のサイクルの具体例として次を考える。

状態点 3 の 40 ℃ の飽和水が、給水ポンプにより等エントロピー変化で 7 MPa まで加圧されて状態点 4 の $\boxed{\ 2\ }$ になり、更に $\boxed{\ 3\ }$ で等圧加熱され、状態点 1 では 390 ℃ の $\boxed{\ 4\ }$ となる。この $\boxed{\ 4\ }$ は $\boxed{\ 5\ }$ に送られ、$\boxed{\ 6\ }$ 変化により 40 ℃ になるまで減圧され、状態点 2 の状態となる。この間に発電の仕事を行う。状態点 2 は飽和液線と飽和蒸気線の間にあり、$\boxed{\ 7\ }$ の状態となることを示している。その後、復水器により状態 3 に戻る。

〈 $\boxed{\ 2\ }$ ～ $\boxed{\ 7\ }$ の解答群 〉

ア 等圧	イ 等温	ウ 等容	エ ボイラ
オ 給水ポンプ	カ 再熱器	キ 蒸気タービン	ク 復水器
ケ 背圧タービン	コ 圧縮水	サ 過熱蒸気	シ 湿り蒸気
ス 飽和水	セ 可逆断熱膨張		

3) 図 1 において、状態点 2 における乾き度 x の値は、比エントロピーと乾き度の関係式 $\boxed{\ 8\ }$ より、$\boxed{\text{A} \mid \text{a.b}}$ $\times 10^{-1}$ である。また、状態点 2 の比エンタルピー h_2 は、$\boxed{\text{B} \mid \text{a.b}\times 10^{\text{c}}}$ [kJ/kg] となる。このとき、理論熱効率 η_{th} は、式 $\boxed{\ 9\ }$ により求めることができ、$\boxed{\text{C} \mid \text{a.b}}$ $\times 10^{-1}$ となる。この中で、給水ポンプの仕事は $\boxed{\text{D} \mid \text{a.b}}$ [kJ/kg] であり、無視することも多い。

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

ア $\eta_{\text{th}} = \dfrac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3}$

イ $\eta_{\text{th}} = \dfrac{h_1 - h_2}{h_1 - h_4}$

ウ $\eta_{\text{th}} = \dfrac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{h_1 - h_3}$

エ $\eta_{\text{th}} = \dfrac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{h_1 - h_4}$

オ $s = s' + x s''$

カ $s = x(s'' - s')$

キ $s = s' + x(s'' - s')$

ク $s = s' + \dfrac{x}{(s'' - s')}$

問題 5 の 4) 及び表は次の 7 頁及び 8 頁にある

4) 図２は、図１の基本サイクルで復水器で冷却水に捨てられる熱量を軽減するために用いられるサイクルであり、$\boxed{\ 10\ }$ サイクルと呼ばれる。このサイクルでは、状態点 1 に供給される蒸気 1kg のうち、m [kg] が状態点 a おいて $\boxed{\ 11\ }$ され、給水加熱器に送られて給水加熱に使われ、状態点 c になる。このとき、このサイクルの理論熱効率 η_{th} は、給水ポンプの仕事を無視した場合、式 $\boxed{\ 12\ }$ で示される。

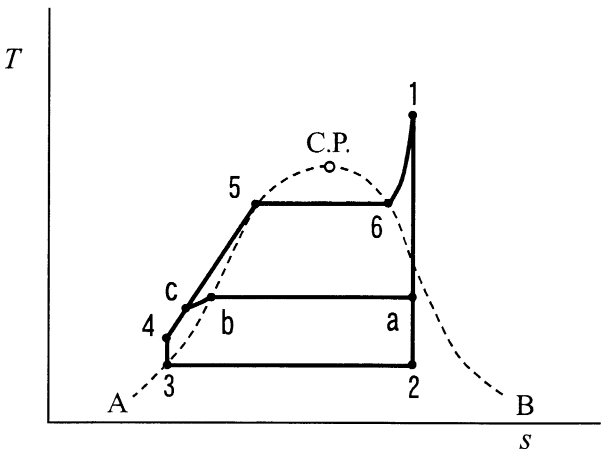


図２

〈 $\boxed{\ 10\ }$ ～ $\boxed{\ 12\ }$ の解答群 〉

ア　給水

イ　再生

ウ　再熱

エ　抽気

オ　背気

カ　復水

キ　$\eta_{th} = \dfrac{(h_1 - h_2) + m\,(h_1 - h_a)}{h_1 - h_b}$

ク　$\eta_{th} = \dfrac{(h_1 - h_2) - m\,(h_1 - h_a)}{h_1 - h_b}$

ケ　$\eta_{th} = \dfrac{(h_1 - h_2) + m\,(h_a - h_2)}{h_1 - h_c}$

コ　$\eta_{th} = \dfrac{(h_1 - h_2) - m\,(h_a - h_2)}{h_1 - h_c}$

表１　飽和水及び飽和蒸気の熱力学性質

圧力 [MPa]	飽和温度 [℃]	比体積 [m^3/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''
0.007384	40.0	0.001008	19.52	167.5	2573.5	0.5724	8.2557
7.0	285.8	0.001352	0.02738	1267.4	2772.6	3.1220	5.8146

表２　圧縮水及び過熱蒸気の熱力学性質

圧力 [MPa]	温度 [℃]	比体積 v [m^3/kg]	比エンタルピー h [kJ/kg]	比エントロピー s [kJ/(kg·K)]
7.0	40.2	0.001005	174.6	0.5724
	390.0	0.03907	3132.1	6.4096

（流体工学の基礎）

問題６　次の各問に答えよ。（配点計 50 点）

(1) 次の各文章の $\boxed{1}$ ～ $\boxed{5}$ の中に入れるべき最も適切な式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。ただし、液体を非圧縮性とし、重力の加速度を g とする。

1) 図１ (a) のように、断面積 A_1 の円筒１と断面積 A_2 の円筒２が、下方にある管により接続されている。ここで、$A_1 < A_2$ であるとする。この容器の中に密度 ρ の液体が入っており、二つの円筒の液体上にピストンが置かれている。ピストンは摩擦なく上下し、その質量は無視でき、ピストンに漏れはないものとする。また、ピストン上部の気体の圧力を P_0 とする。二つの円筒内のピストンが釣り合い、同じ高さになったときのピストン下面位置を原点として、下方に x 座標をとる。

円筒１のピストンを力 F で下方に押したところ、図１ (b) のように円筒１のピストンの下面は $x = z$ の位置まで移動した。$x = z$ における円筒１の液体の圧力は、z を用いずに式で表すと $\boxed{1}$ で示される。同じく $x = z$ における円筒２の液体の圧力は、F を用いずに式で表すと $\boxed{2}$ で示される。したがって、力 F と移動距離 z の間には次の関係式が成り立つ。

$$\frac{F}{A_1} = \boxed{3} \times z$$

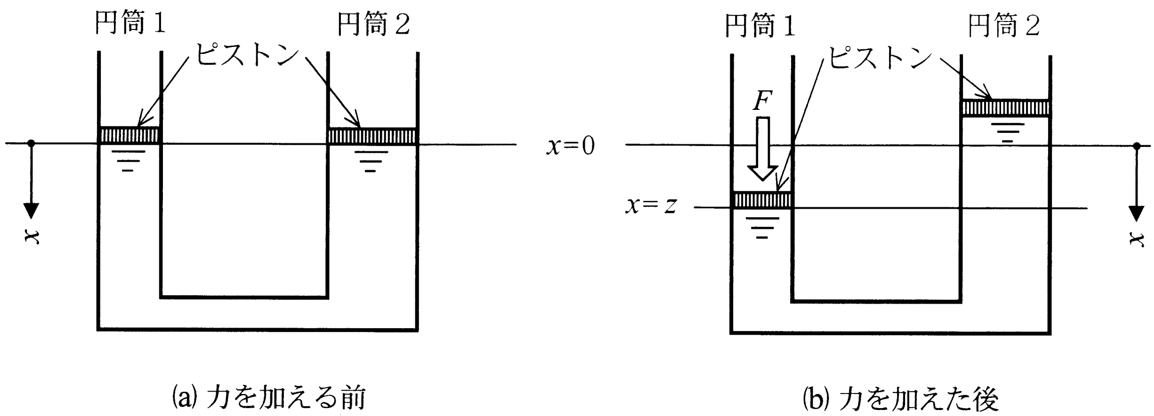


図１　ピストンの位置

〈 $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 3\ }$ の解答群 〉

ア　ρg	イ　$\rho g z$	ウ　$P_0+\rho g z$	エ　$\rho g\left(\dfrac{A_1}{A_2}+1\right)$
オ　$P_0+\rho g\left(\dfrac{A_1}{A_2}+1\right)z$	カ　$\dfrac{F}{A_1}$	キ　$P_0+\dfrac{F}{A_1}$	ク　$P_0-\dfrac{F}{A_1}$

(2) 図２のような大きなタンクの中に密度ρの液体が入っており、深さHのところに断面積Aの小孔があり、その孔から液体は流出して、流れに垂直に設置されている板に衝突している。液体の流出によって液位に変化はないものとすると、小孔出口での液体の流出速度vは式 $\boxed{\ 4\ }$ である。小孔から出た噴流の断面積が小孔の面積に等しく、板に衝突後の液体は板に沿って流れるものと仮定すると、板に働く力Fは式 $\boxed{\ 5\ }$ である。

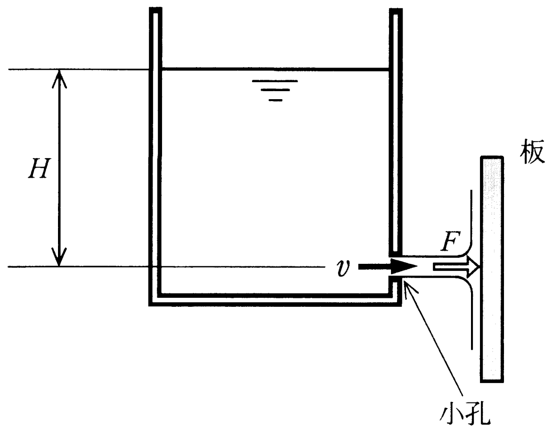


図２　タンクからの噴流

〈 $\boxed{\ 4\ }$ 及び $\boxed{\ 5\ }$ の解答群 〉

ア　$\sqrt{gH}$	イ　$\sqrt{2gH}$	ウ　gH
エ　ρAgH	オ　$2\rho AgH$	カ　ρAg^2H^2

問題６の (2) 及び (3) は次の 11 頁及び 12 頁にある

(2) 次の文章の $\boxed{6}$ ～ $\boxed{10}$ の中に入れるべき最も適切な字句又は式を＜ $\boxed{6}$ ～ $\boxed{10}$ の解答群＞から選び、その記号を答えよ。

また、$\boxed{\text{A} \mid \text{a.bc}\times10^{\text{d}}}$ 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。

非圧縮性の気体が流れる管路内に、図３のようにオリフィスとマノメータが置かれている。オリフィス直前の上流部を点 **a**、オリフィスの中央部を点 **b**、オリフィス直後の下流部を点 **c** とする。点 **a** の管路断面積を A_{a}、圧力を P_{a}、速度を v_{a}、点 **b** の管路断面積を A_{b}、圧力を P_{b}、速度を v_{b} とする。

まず、点 **a** と点 **b** の関係を考える。非圧縮性流体のエネルギー保存を表す $\boxed{6}$ の定理から、流体の密度を ρ とすると、次の圧力と速度の関係式が成り立つ。

$$\frac{P_{\mathrm{a}}-P_{\mathrm{b}}}{\rho}=\boxed{7} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

速度と断面積の関係 $A_{\mathrm{a}}v_{\mathrm{a}}=A_{\mathrm{b}}v_{\mathrm{b}}$ を用いて変形すると、点 **a** の流速 v_{a} は以下のように、差圧、断面積比と密度で表すことができる。

$$v_{\mathrm{a}}=\boxed{8} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots ②$$

次に、点 **a** と点 **c** の関係を考える。マノメータでは、オリフィスに近接した、上流部 **a** と下流部 **c** の差圧を計測する。この差圧は、②式の右辺に係数 C を乗じることで、P_{b} を P_{c} に置き換えたものとして求められる。このとき、点 **b** の圧力 P_{b} と点 **c** の圧力 P_{c} との間には、$\boxed{9}$ の効果により、$\boxed{10}$ の大小関係がある。

ここで、係数 C を 0.65、気体の密度を 1.293 kg/m³、気体速度 v_{a} を 10m/s、断面積比 $\frac{A_{\mathrm{a}}}{A_{\mathrm{b}}}$ を 10 とすると、測定される差圧 $(P_{\mathrm{a}}-P_{\mathrm{c}})$ は $\boxed{\text{A} \mid \text{a.bc}\times10^{\text{d}}}$ [Pa] である。

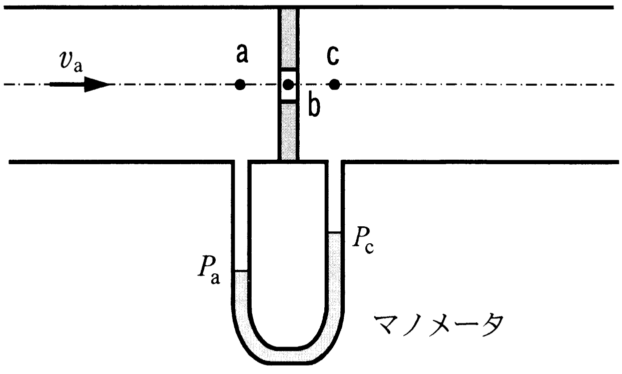


図３　管路中のオリフィスとマノメータ

〈 $\boxed{6}$ ～ $\boxed{10}$ の解答群 〉

ア　管摩擦　　イ　縮流　　ウ　乱流　　エ　パスカル

オ　ベルヌーイ　　カ　ラプラス　　キ　$P_b > P_c$　　ク　$P_b < P_c$

ケ　$\frac{1}{2}(v_b - v_a)$　　コ　$v_b{}^2 - v_a{}^2$

サ　$\frac{1}{2}(v_b{}^2 - v_a{}^2)$　　シ　$\dfrac{1}{\dfrac{A_a}{A_b}-1} \times \dfrac{2(P_a - P_b)}{\rho}$

ス　$\dfrac{1}{\sqrt{\left(\dfrac{A_a}{A_b}\right)^2 - 1}} \times \sqrt{\dfrac{P_a - P_b}{\rho}}$　　セ　$\dfrac{1}{\sqrt{\left(\dfrac{A_a}{A_b}\right)^2 - 1}} \times \sqrt{\dfrac{2(P_a - P_b)}{\rho}}$

(3) 次の各文章の $\boxed{11}$ ～ $\boxed{15}$ の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は式を〈 $\boxed{11}$ ～ $\boxed{15}$ の解答群 〉から選び、その記号を答えよ。

1) 流れの中におかれた物体が、流れから受ける力の流れの方向成分を $\boxed{11}$ といい、流れに垂直な方向成分を $\boxed{12}$ という。これらの力は、流れのレイノルズ数が十分大きい場合には、流体速度の $\boxed{13}$ 乗に比例する。

2) 円管内の十分発達した流れについて、管壁に働く粘性によるせん断応力 τ_W と管長 L での圧力損失 ΔP の関係は、円管内径を D とすると、$\Delta P =$ $\boxed{14}$ となる。

3) 円管内の発達した層流の管摩擦係数 f は、レイノルズ数を Re とすると、$f =$ $\boxed{15}$ となる。

〈 $\boxed{11}$ ～ $\boxed{15}$ の解答群 〉

ア　抗力　　イ　推力　　ウ　せん断力　　エ　浮力　　オ　揚力

カ　$32Re$　　キ　$\dfrac{64}{Re}$　　ク　$0.023Re^{0.8}$　　ケ　$\tau_W\dfrac{D}{L}$　　コ　$4\tau_W\dfrac{L}{D}$

サ　$\tau_W\dfrac{D^2}{L^2}$　　シ　0.5　　ス　1　　セ　2

（空　白）

（空　白）

（伝熱工学の基礎）

問題7　次の各問に答えよ。（配点計 50 点）

(1) 次の文章の $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 6\ }$ の中に入れるべき最も適切な字句を＜ $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 6\ }$ の解答群＞から選び、その記号を答えよ。なお、$\boxed{\ 5\ }$ は2箇所あるが、同じ記号が入る。

伝熱には、熱伝導、対流伝熱、放射伝熱という三つの形態がある。

熱伝導による熱流束は $\boxed{\ 1\ }$ の式によって表され、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。

対流伝熱は流体と固体面との間の伝熱であり、熱流束は流体の代表温度と固体表面温度との温度差と $\boxed{\ 4\ }$ の積で表される。

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、その物体が射出する放射エネルギー量（射出能）は物体の絶対温度の 4 乗に比例する。一般の物体からの放射エネルギー量を、$\boxed{\ 5\ }$ の場合の放射エネルギー量に、波長に依存しない一定の放射率を乗じて表すことがある。この場合、一般の物体を $\boxed{\ 6\ }$ として扱ったことになる。

＜ $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 6\ }$ の解答群＞

ア　温度伝導率	イ　熱伝達率	ウ　熱伝導率	エ　拡散係数
オ　灰色体	カ　基準体	キ　黒体	ク　標準物質
ケ　逆数	コ　勾配	サ　絶対値	シ　ニュートン
ス　ヌセルト	セ　フーリエ		

(2) 次の文章の $\boxed{7}$ ～ $\boxed{10}$ の中に入れるべき最も適切な字句を＜ $\boxed{7}$ ～ $\boxed{10}$ の**解答群**＞から選び、その記号を答えよ。なお、$\boxed{7}$ 及び $\boxed{8}$ は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

熱交換器とは、高温の流体から低温の流体に熱エネルギーを伝達する装置の総称である。熱交換器には種々の分類があるが、ここでは管壁や平板壁などを介して高温流体と低温流体を定常的に流す隔壁式に限定する。

熱交換器を流体の流動方向によって分類すると、高温流体と低温流体が同じ方向に流れる $\boxed{7}$ 、逆方向に流れる $\boxed{8}$ 、及び直角に交差するように流れる直交流形の 3 種類に分類できる。直交流形熱交換器の例としては $\boxed{9}$ 熱交換器が挙げられる。有効エネルギー（エクセルギー）の観点からは、熱交換の際の流体間温度差は $\boxed{10}$ 方が好ましいので、$\boxed{8}$ の方が $\boxed{7}$ よりも広く利用されている。

＜ $\boxed{7}$ ～ $\boxed{10}$ の**解答群**＞

ア　向流形	イ　平行形	ウ　並流形
エ　フィンチューブ式	オ　蓄熱式	カ　二重管式
キ　大きい	ク　小さい	ケ　大きく変化する

問題７の(3)は次の17頁にある

(3) 次の各文章の $\boxed{\text{A}\ |\ \text{a.bc}}$ ～ $\boxed{\text{E}\ |\ \text{abc}}$ 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。

加熱炉の壁が2層のれんがで構成されている。炉内側には厚さ260mm、熱伝導率1.20 W/(m·K)の耐火れんがが、外側には厚さ110mm、熱伝導率0.250 W/(m·K)の断熱れんがが使用されている。炉内に面する耐火れんがの表面温度は1250 ℃、外気に接する断熱れんがの表面温度は87 ℃である。

ただし、2層のれんがの接触面での熱抵抗は無視できるものとし、外気及び加熱炉周囲の温度を27 ℃、断熱れんがの表面の放射率を0.820とする。また、ステファン・ボルツマン定数は5.67×10^{-8} W/(m^2·K^4)とする。

1) 伝熱面積を1.00 m^{2}とした場合の、耐火れんが及び断熱れんがの熱伝導による熱抵抗の合計は $\boxed{\text{A}\ |\ \text{a.bc}}$ $\times 10^{-1}$ [K/W]である。

2) 炉壁を通過する単位面積、単位時間当たりの伝熱量は $\boxed{\text{B}\ |\ \text{a.bc}\times 10^{\text{d}}}$ [W/m^2]である。

3) 断熱れんが表面からの単位面積、単位時間当たりの周囲への放射伝熱量は $\boxed{\text{C}\ |\ \text{abc}}$ [W/m^2]である。

4) 断熱れんが表面における対流伝熱量は、炉壁を通過する伝熱量と断熱れんが表面から周囲への放射伝熱量との差から求めることができる。このことから、断熱れんが表面における対流熱伝達率は $\boxed{\text{D}\ |\ \text{ab.c}}$ [W/(m^2·K)]となる。

5) 耐火れんがの表面温度を一定に保ったまま、炉壁を通過する単位面積、単位時間当たりの伝熱量を低下させるために、断熱れんがの厚さを110mmからある値まで厚くしたところ、断熱れんが表面温度が87 ℃から67 ℃へと変化した。このときの断熱れんがの厚さは $\boxed{\text{E}\ |\ \text{abc}}$ [mm]である。ただし、断熱れんが表面における放射率及び熱伝達率は断熱れんが表面温度によらず一定とする。

（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、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．$\boxed{\mathrm{A}\ |\ \mathrm{a.bc}}$、$\boxed{\mathrm{B}\ |\ \mathrm{a.bc}\times10^{\mathrm{d}}}$ 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。

また、計算をともなう解答の場合は以下によること。

(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、解答すべき数値の計算過程においても、すべて最小位よりも一つ下の位まで計算し、最後に四捨五入すること。

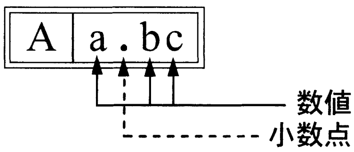
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。

(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、「**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。**」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 π = 3.1415…であるが、π = 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）

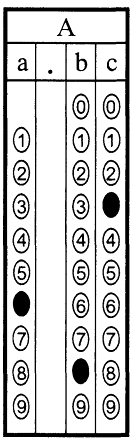
6.827……

↓ 四捨五入

6.83

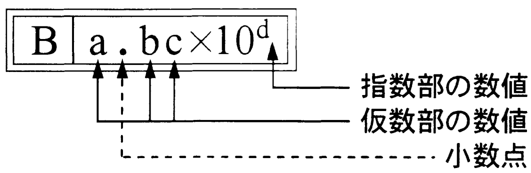
（解答）

「6.83」に
マークする ⇨



「解答例２」

（設問）



（計算結果）

9.183×10^{2}

↓ 四捨五入

$9.18\ \times10^{2}$

（解答）

「9.18×10^{2}」に
マークする ⇨