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　不正行為への対処

不正行為には厳正に対処する。以下の行為を行った場合は、試験会場から退出させ、全課目の試験結果を無効とする。

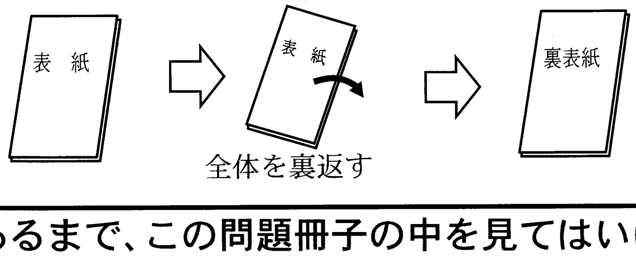
①電子機器、通信機能付機器、使用禁止電卓の使用　②本・ノート、メモ等を見る。
③他の受験者の答案を見る。　④他の受験者と物品の貸し借りを行う。
⑤試験開始の合図の前に試験問題を見る。　⑥試験終了の合図にもかかわらず、解答を続ける。

なお、①、②については、対象物を、机の上、机の棚板に置いている、手に持っている、身につけている、その他しまわずに利用可能な状態になっている場合は、不正行為を行ったものとみなす。

Ⅱ　試験中における注意事項

１．受験票は、机の上の見やすい位置に、常に置いておくこと。
２．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。
７．以下の場合は、監督員に挙手合図をすること。
・体調不良　・水分補給が必要　・トイレに行きたい

注意事項は、裏表紙に続くので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。
その際、冊子の中は決して見ないこと。



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 $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 6\ }$ 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、$\boxed{\mathrm{A}\ |\ \mathrm{a.bc}}$ ～ $\boxed{\mathrm{J}\ |\ \mathrm{a.bc}}$ 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）

摩擦がなく自由に動くピストンのついたシリンダーが水平に置かれている。そのシリンダーの中に、質量 m が 10 kg の空気が入っている。このときのシリンダー内の空気の圧力 P_1 は 1 MPa で、温度 T_1 は 900 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)、比熱比 κ を 1.40 とし、定容比熱 c_v 及び定圧比熱 c_p は温度によらず一定とする。また、1) ～3) で用いている「変化量」はその大きさを表わすものとし、正の値とする。

1) この状態におけるシリンダー内の体積 V_1 を求めたい。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、$\boxed{\mathrm{A}\ |\ \mathrm{a.bc}}$ [m^3] となる。

〈 $\boxed{\ 1\ }$ の解答群 〉

ア $\dfrac{mRT_1}{P_1}$　　　イ $\dfrac{mP_1T_1}{R}$　　　ウ $\dfrac{RT_1}{mP_1}$

2) この空気が等圧の下（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 $\dfrac{1}{3}$ となった。

① このとき、空気が外部からなされた仕事は $\boxed{\mathrm{B}\ |\ \mathrm{a.bc}\times 10^{\mathrm{d}}}$ [kJ] である。

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

③ 空気の定容比熱 c_v は、空気のガス定数と比熱比を用いて式 $c_v = \boxed{\ 2\ }$ から求められ、その値は $\boxed{\mathrm{D}\ |\ \mathrm{a.bc}}$ $\times 10^{-1}$ [kJ/(kg·K)] となる。

④ 一方、定圧比熱 c_p の値は、c_v との関係から $\boxed{\mathrm{E}\ |\ \mathrm{a.bc}}$ [kJ/(kg·K)] となる。

⑤ この過程における内部エネルギーの変化 ΔU は、式 $\Delta U = \boxed{\ 3\ }$ で表すことができ、T_2 を用いてその変化量は $\boxed{\mathrm{F}\ |\ \mathrm{a.bc}\times 10^{\mathrm{d}}}$ [kJ] と算出される。

⑥ この過程における空気のエンタルピーの変化量は、c_p を用いて [G | a.bc×10^d] [kJ] と算出される。

⑦ この過程における空気のエントロピーの変化 ΔS は、式 $\Delta S =$ [4] で表すことができ、その変化量は [H | ab.c] [kJ/K] と算出される。

⑧ この過程において空気が失った熱量は、[5] と等しくなる。

〈 [2] ～ [5] の解答群 〉

ア $\dfrac{1}{\kappa-1}R$　イ $\dfrac{\kappa}{\kappa+1}R$　ウ $\dfrac{\kappa}{\kappa-1}R$　エ $\dfrac{\kappa-1}{\kappa}R$　オ $mc_v\int dT$

カ $mc_p\int dT$　キ $mR\int dT$　ク $mc_v\int\dfrac{dT}{T}$　ケ $mc_p\int\dfrac{dT}{T}$　コ $mR\int\dfrac{dT}{T}$

サ エンタルピーの変化量　シ エントロピーの変化量

ス 内部エネルギーの変化量　セ 外部になした仕事

3) 次に、前述の 2) の状態、すなわち空気を等圧の下で冷却し体積が最初の $\frac{1}{3}$ になった状態でピストンを固定し、体積一定の下で、温度 T_3 が最初の温度 T_1 である 900K 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加熱過程における空気の内部エネルギーの変化量は、[I | a.bc×10^d] [kJ] と算出される。

② この過程における空気のエントロピーの変化量は [J | a.bc] [kJ/K] と算出される。

③ また、この過程において加熱した熱量と、この過程における空気の内部エネルギーの変化量との間には、[6] の関係が成り立つ。

〈 [6] の解答群 〉

ア 加熱した熱量 = 内部エネルギーの変化量

イ 加熱した熱量 > 内部エネルギーの変化量

ウ 加熱した熱量 < 内部エネルギーの変化量

表　対数の値

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\ln N$	0.693 1	1.099	1.386	1.609	1.792	1.946	2.079	2.197	2.303

（熱力学の基礎）

問題5　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、$\boxed{\quad 1 \quad}$ は複数箇所あるが、同じ記号が入る。

また、$\boxed{\mathrm{A}\ \big|\ \mathrm{a.bc}\times 10^{\mathrm{d}}}$ ～ $\boxed{\mathrm{D}\ \big|\ \mathrm{a.bc}}$ に当てはまる数値を計算あるいは表から選択し、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)　図は、ある物質の状態変化を飽和液線と飽和蒸気線と合わせて P－v 線図に示したものである。ここで、P は圧力、v は比体積を示す。図中の a ～ d は液体あるいは蒸気の状態点を示し、初期の a は液体の状態である。

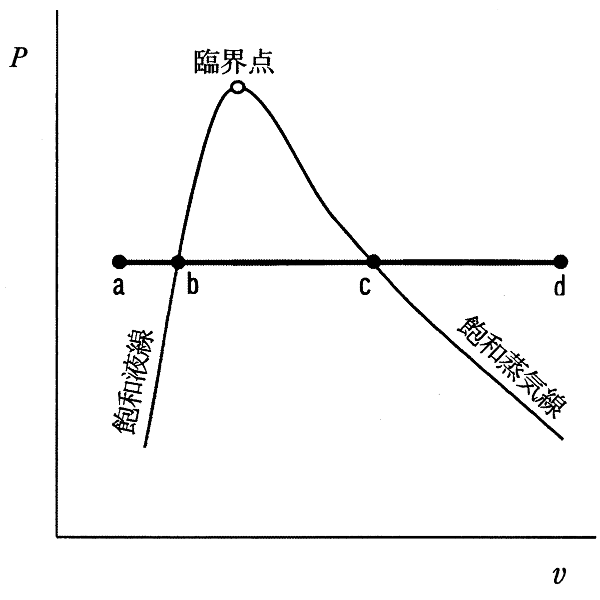


図　P－v 線図

1) 図に示すように、a から、圧力一定の下(もと)で加熱すると、液体の温度は上昇して b に達し、蒸気が発生し始める。さらに加熱すると、徐々に蒸気の割合が増加し、c に至るとすべて蒸気となる。b と c の間では温度は一定となるが、この温度を $\boxed{\quad 1 \quad}$ という。また、a から b の間の液体（b は除く）を圧縮液と呼び、b の状態の液体を $\boxed{\quad 2 \quad}$ と呼ぶ。c の状態の蒸気は $\boxed{\quad 3 \quad}$ と呼ばれている。b と c の間（b、c は除く）の状態の蒸気を $\boxed{\quad 4 \quad}$ という。c からさらに加熱すると、蒸気の温度は上昇する。このような、温度が $\boxed{\quad 1 \quad}$ より高い蒸気を $\boxed{\quad 5 \quad}$ という。

〈 $\boxed{\quad 1 \quad}$ ～ $\boxed{\quad 5 \quad}$ の解答群 〉

ア　圧縮液	イ　過熱液	ウ　膨張液	エ　飽和液
オ　過熱温度	カ　絶対温度	キ　飽和温度	ク　過熱蒸気
ケ　乾き飽和蒸気	コ　湿り蒸気		

2) 図に示すように、圧力一定の下で加熱するとき、加熱に使用した熱量は、$\boxed{\quad 6 \quad}$ 変化として求めることができる。

3) b と c の間の蒸気の比エンタルピー h は、b の比エンタルピー h_b と c の比エンタルピー h_c 及び乾き度 x を用いて、式 $h = \boxed{\quad 7 \quad}$ として求めることができる。

〈 $\boxed{\quad 6 \quad}$ 及び $\boxed{\quad 7 \quad}$ の解答群 〉

ア　$h_b + x(h_c - h_b)$　　　イ　$h_c + x(h_c - h_b)$

ウ　$h_b + (1-x)(h_c - h_b)$　　　エ　$h_c + (1-x)(h_c - h_b)$

オ　エンタルピー	カ　エントロピー	キ　圧力	ク　温度
ケ　比体積			

問題５は次の頁に続く

(2) 水あるいは水蒸気の状態変化に関して、次に示す各条件における諸量の計算を行う。なお、水あるいは水蒸気の状態量を用いる計算には、表1及び表2に示す値を用いること。

1) 圧力が0.1 MPa、温度が60℃で質量が1 kgの水を圧力一定の下で加熱したところ、乾き度が0.6の湿り蒸気となった。このときに加えられた熱量は、$\boxed{\text{A} \mid a.bc \times 10^{d}}$ [kJ] である。

2) 圧力が5MPaで比エンタルピーが2 700 kJ/kgの蒸気を、絞り弁を用いて膨張させた。この場合、弁の入口と出口の $\boxed{\quad 8 \quad}$ は等しくなる。出口の圧力が0.05 MPaになったとき、その状態は $\boxed{\quad 9 \quad}$ である。

3) 圧力が0.1 MPaで質量が1 kgの水をポンプで加圧して、5 MPaで温度が60℃の圧縮水とし、それを加熱したところ、5 MPaで360℃の過熱蒸気となった。

i) 60℃の圧縮水が360℃の過熱蒸気になるまでに加えられた熱量は、$\boxed{\text{B} \mid a.bc \times 10^{d}}$ [kJ] である。

ii) 生成された5MPa、360℃の水蒸気をタービンに供給したところ、タービン出口では圧力が0.05MPaとなり、湿り蒸気となっていた。このとき、温度は $\boxed{\text{C} \mid ab.c}$ [℃] となる。また、タービン内では、水蒸気の変化が可逆断熱変化であるとすると $\boxed{\quad 10 \quad}$ 一定で動作することから、このときの乾き度は $\boxed{\text{D} \mid a.bc}$ $\times 10^{-1}$ となる。

〈 $\boxed{\quad 8 \quad}$ ～ $\boxed{\quad 10 \quad}$ の解答群 〉

ア　エンタルピー	イ　エントロピー	ウ　圧力
エ　比体積	オ　圧縮水	カ　飽和水
キ　過熱蒸気	ク　乾き飽和蒸気	ケ　湿り蒸気

表１　飽和蒸気表

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)]	
		飽和液	乾き飽和蒸気	飽和液	乾き飽和蒸気	飽和液	乾き飽和蒸気
0.05	81.32	0.001 0	3.240 2	340.5	2 645.2	1.091 0	7.593 0
0.1	99.61	0.001 0	1.694 0	417.4	2 675.0	1.302 6	7.358 8
5.0	263.94	0.001 3	0.039 4	1 154.5	2 794.2	2.920 8	5.973 7

表２　圧縮水及び過熱蒸気表

圧力 [MPa]	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)]
0.1	60	0.001 0	251.2	0.831 2
	360	2.917 3	3 196.2	8.419 0
5.0	60	0.001 0	255.3	0.828 6
	360	0.053 2	3 095.6	6.493 4

（流体工学の基礎）

問題6　次の各文章の $\boxed{1}$ ～ $\boxed{16}$ 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、$\boxed{1}$ 、$\boxed{9}$ 、$\boxed{11}$ 及び $\boxed{12}$ は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 図１に示すように、ゆるやかに縮小したあと、徐々に拡大するような管を $\boxed{1}$ 管と呼ぶ。ここで、断面積が最小となる部分をのど部という。この $\boxed{1}$ 管では、縮小直前の直管部A点（圧力 p_A [Pa]）と のど部B点（圧力 p_B [Pa]）での圧力差（$p_A - p_B$）を測定することにより、流量を求めることができる。この測定原理は、流体のエネルギー保存を表す $\boxed{2}$ の式によるものである。

いま、図のように圧力差の測定にマノメータを用いて、流体の流量を求めることを考える。ここで、測定対象の流体は水で、マノメータ内部に水とは混ざらず、密度が水より大きい液体Cが入っているものとし、水の密度を ρ_W [kg/m^3]、液体Cの密度を ρ_C [kg/m^3]、マノメータの読み値を H[m]、重力の加速度を g [m/s^2] とする。この条件でマノメータによって圧力差を計測すると、圧力差（$p_A - p_B$）= $\boxed{3}$ [Pa] と表される。さらに、この式からマノメータの読み値を大きくして測定精度を上げるためには、液体Cと水の密度差を $\boxed{4}$ すればよいことが分かる。

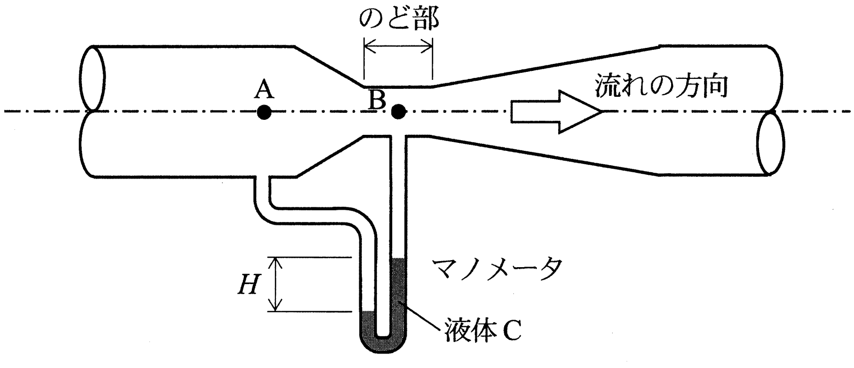


図１

〈 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{4}$ の解答群 〉

ア　$\rho_C g H$　　イ　$(\rho_C - \rho_W) H$　　ウ　$(\rho_C - \rho_W) g H$　　エ　オリフィス
オ　ベンチュリ　　カ　ブルドン　　キ　ベルヌーイ　　ク　ニュートン
ケ　レイノルズ　　コ　大きく　　サ　小さく

(2) 十分に大きなタンクがあり、内部に水が入っている。タンク最下部にある流出口からタンク内の水面までの鉛直方向の高さは4.6 m で一定に保たれており、タンク上部は大気に開放されている。

ここで、水の密度 ρ を 997 kg/m^3、粘性係数 μ を 8.54×10^{-4} Pa·s、重力の加速度を 9.81 m/s^2 とする。

1) 損失のない理想的な場合には、この最下部の流出口から直接大気中に流出する水の平均流速 U_1 は $\boxed{\ 5\ }$ [m/s] となる。

2) 次に、この流出口に管内直径 D が 43 mm、長さ L が 100 m の直円管を水平につないだ場合を考える。

i) 円管において、圧力損失として管内の摩擦抵抗による損失のみが生じるとすると、円管出口から流出する水の平均流速 U_2 は、$\boxed{\ 6\ }$ [m/s] となる。ここで、管摩擦係数は円管内で 0.019 一定とする。

＜ $\boxed{\ 5\ }$ 及び $\boxed{\ 6\ }$ の解答群 ＞

ア 1.4　　イ 1.7　　ウ 1.9　　エ 8.3　　オ 9.1　　カ 9.5

ii) この円管内の流れのレイノルズ数 Re は、式 $Re = \boxed{\ 7\ }$ と定義されるので、その値を計算すると $\boxed{\ 8\ }$ であり、この円管内の流れは乱流域にあることがわかる。

＜ $\boxed{\ 7\ }$ 及び $\boxed{\ 8\ }$ の解答群 ＞

ア 7.1×10^4　　イ 7.6×10^4　　ウ 8.1×10^4

エ $\dfrac{U_2 D}{\left(\dfrac{\mu}{\rho}\right)}$　　オ $\dfrac{U_2 D}{\left(\dfrac{\rho}{\mu}\right)}$　　カ $\dfrac{U_2 L}{\left(\dfrac{\mu}{\rho}\right)}$

問題6は次の頁に続く

(3) 図2に示すように、吸込水面からある高さの位置に、水を輸送するポンプが設置されている場合について考える。

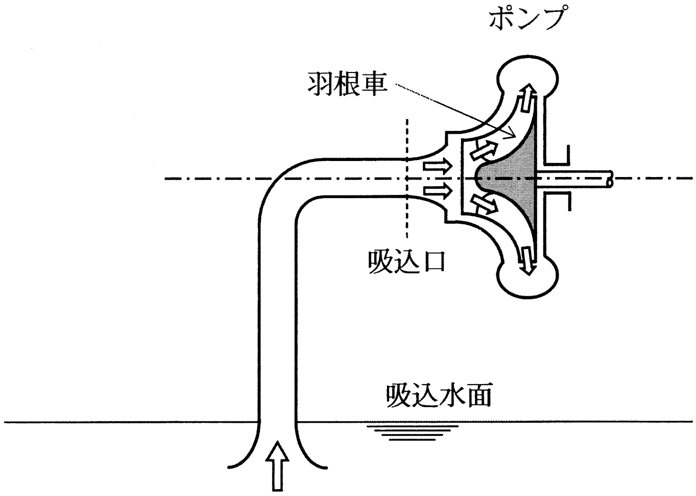


図2

1) ポンプ吸込口の静圧については、吸込水面で保有していた圧力（大気圧）のエネルギーが位置エネルギー、$\boxed{9}$ 、及び損失エネルギーに変化した分だけ、その圧力が大気圧よりも低くなる。ここで損失エネルギーとは、吸込管の流体摩擦や曲がり部による $\boxed{10}$ を表わす。水は羽根車の中に吸い込まれるときに羽根車によって加速されるので、羽根車入口部では $\boxed{9}$ が増加した分だけ更に圧力が低くなる。

〈 $\boxed{9}$ 及び $\boxed{10}$ の解答群 〉

ア　圧力損失	イ　温度損失	ウ　速度損失
エ　運動エネルギー	オ　有効エネルギー	カ　運動量

2) ポンプ吸込口の圧力が $\boxed{11}$ 圧力より高くても、羽根車入口部圧力（最低圧力）が $\boxed{11}$ 圧力に達し $\boxed{12}$ が発生すると、揚程が急激に低下して、系統に設置した流量調整弁を開いても流量が増大しなくなる。幾何学的に相似なポンプにおける $\boxed{12}$ の発生条件は $\boxed{13}$ によって表すことができる。

〈 $\boxed{11}$ ～ $\boxed{13}$ の解答群 〉

ア　キャビテーション	イ　サージング	ウ　チョーキング	エ　水撃作用
オ　旋回失速	カ　ポンプ効率	キ　吸込比速度	ク　全揚程
ケ　定常	コ　飽和	サ　臨界	

3) その他の運転上の注意としては、ポンプを揚程曲線（縦軸を全揚程、横軸を吐出し量とするグラフ）の吐出し量の $\boxed{14}$ 部分で運転すると、配管を含む自励振動（激しい脈動、振動）が発生し、ついには運転不能になることがある。これを $\boxed{15}$ という。また、停電などによってポンプが急停止すると、管路の流速や圧力の急激な変化によって $\boxed{16}$ が起こり、発生した高圧力によって、配管を破壊することもある。

〈 $\boxed{14}$ ～ $\boxed{16}$ の解答群 〉

ア　キャビテーション	イ　サージング	ウ　水撃作用	エ　旋回失速

オ　増加に従い全揚程が増加する

カ　増加に従い全揚程が減少する

キ　増減によって全揚程が変化しない

（伝熱工学の基礎）

問題７　次の各文章の $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 11\ }$ 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、$\boxed{\ 5\ }$ は複数箇所あるが、同じ記号が入る。

また、$\boxed{\mathrm{A}\,|\,\mathrm{ab}}$ ～ $\boxed{\mathrm{C}\,|\,\mathrm{a.b}}$ 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）

(1)　伝熱には、伝導伝熱、対流伝熱、放射伝熱という三つの形態がある。

1)　伝導伝熱による熱流束は $\boxed{\ 1\ }$ の式によって表される。熱の伝わりやすさを表す物性値を熱伝導率と呼び、一般的には金属、液体、気体の中では $\boxed{\ 2\ }$ が最も大きい。断熱材を設計する上では、熱伝導率を小さくするため、グラファイト、樹脂、空気の中では $\boxed{\ 3\ }$ を材料内に多く含むようにすることが重要である。

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

ア　ニュートン　　イ　フーリエ　　ウ　ボルツマン

エ　グラファイト　　オ　空気　　カ　樹脂　　キ　液体　　ク　気体　　ケ　金属

2)　流れている流体と固体面との間の伝熱は対流伝熱であり、熱の伝わりやすさを表す係数を熱伝達率という。対流の熱伝達と静止している流体の熱伝導の比率に関する無次元数を $\boxed{\ 4\ }$ という。

〈 $\boxed{\ 4\ }$ の解答群 〉

ア　ヌセルト数　　イ　プラントル数　　ウ　レイノルズ数

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 $\boxed{\ 5\ }$ と呼ぶ。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。

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

ア　灰色体　　イ　基準体　　ウ　黒体　　エ　標準物質

(2) 図１のように、厚さが t [m]、熱伝導率が k [W/(m·K)] の無限に広い平板があり、垂直上方から一様な熱放射による熱流束 q [W/m^2] を受けている。平板の上側表面温度は T_1 [K]、下側表面温度は T_2 [K] で $T_1 > T_2$ であり、平板内部の温度分布は時間的に変化せず、定常状態であるとする。また、ステファン・ボルツマン定数を σ [W/(m^2·K^4)] とし、板の上側表面は、波長域全体にわたって吸収率（＝放射率）が α で一定の面とし、平板と上方空間との間の対流伝熱は無視できるものとする。

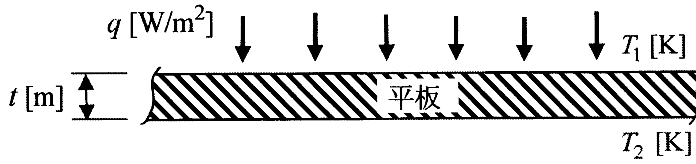


図１

1) 平板上方から平板に向かう熱流束 q のうち、平板表面で反射する熱流束は、q を用いて表すと、$\boxed{\ 7\ }$ [W/m^2] となる。

2) 平板の上側表面から上方に向かう熱放射による熱流束は、T_1 を用いて表すと、$\boxed{\ 8\ }$ [W/m^2] となる。

〈 $\boxed{\ 7\ }$ 及び $\boxed{\ 8\ }$ の解答群 〉

ア q　　イ αq　　ウ $(1-\alpha)q$　　エ σT_1^4　　オ $\alpha\sigma T_1^4$　　カ $(1-\alpha)\sigma T_1^4$

3) 平板の上側表面から下方に向かう熱伝導による熱流束は、T_1 及び T_2 を用いて表すと、$\boxed{\ 9\ }$ [W/m^2] となる。

4) 平板上方から平板に向かう熱流束 q の、平板の上側表面における熱バランスから、$\alpha q = \boxed{\ 10\ }$ の等式が成り立つ。

〈 $\boxed{\ 9\ }$ 及び $\boxed{\ 10\ }$ の解答群 〉

ア $k(T_1-T_2)$　　イ $kt(T_1-T_2)$　　ウ $\dfrac{k}{t}(T_1-T_2)$

エ $\alpha\sigma T_1^4+k(T_1-T_2)$　　オ $\alpha\sigma T_1^4+kt(T_1-T_2)$　　カ $\alpha\sigma T_1^4+\dfrac{k}{t}(T_1-T_2)$

問題７は次の頁に続く

(3) 流体Aと流体Bが熱交換をする、管の断面が一定な二重管式の向流形熱交換器がある。流体A、B共に相変化することなく熱を伝えており、熱交換器内の温度を模式的に示すと図2のようになっている。各流体の比熱及び流量は表1のとおりであり、熱交換器の各流体の入口温度及び出口温度は表2のように与えられている。ただし、熱損失はないものとする。

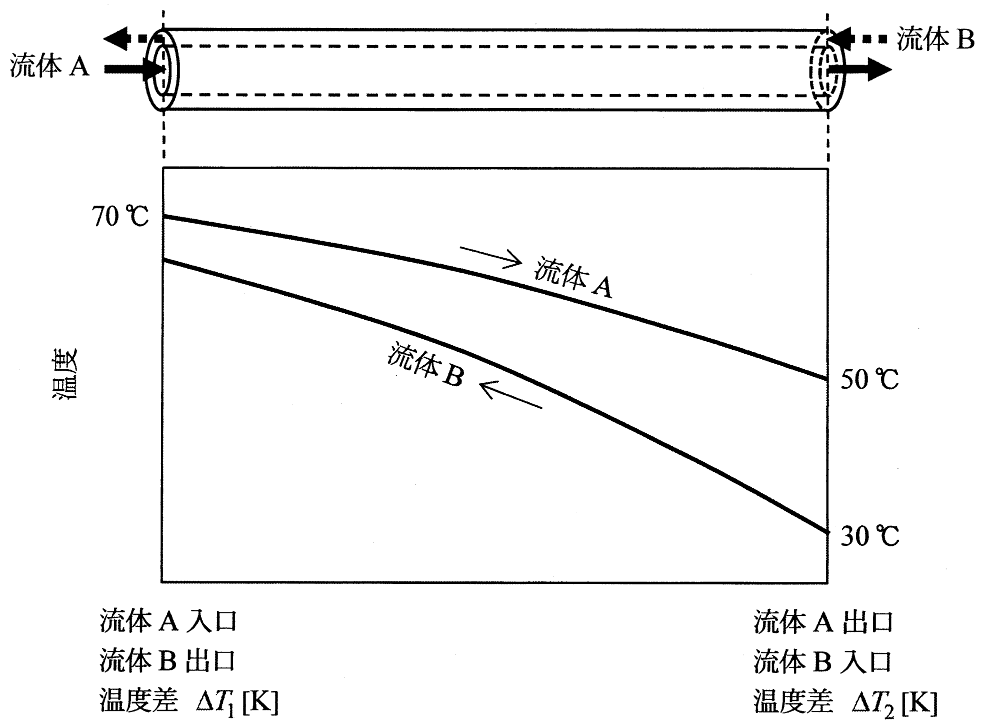


図2

表1

	流体A	流体B
比熱 [kJ/(kg·K)]	4.0	2.0
流量 [kg/s]	4.0	5.0

表2

	流体A	流体B
入口温度 [℃]	70	30
出口温度 [℃]	50	未知

1) 与えられた条件から求められる交換熱量を用いて、流体Bの出口温度を求めると、$\boxed{\text{A}\,|\,\text{ab}}$ [℃] となる。

2) 図2のとおり、左端の流体Aの入口と流体Bの出口の温度差をΔT_1 [K]、右端の流体Aの出口と流体Bの入口の温度差を ΔT_2 [K] とする。単位時間当たりの交換熱量 Q [kW] は、熱通過率 K [kW/(m^2·K)]、両流体間の代表的な温度差 ΔT_{m} [K]、伝熱面積 S [m^2] を用いると、次式で表すことができる。なお、Kは熱交換器全域にわたり一定であるとする。

$$Q = K\,S\,\Delta T_{\mathrm{m}}$$

このように表した交換熱量を求める式における、代表となる温度差 ΔT_{m} を対数平均温度差と呼び、ΔT_1 及び ΔT_2 を用いて表すと、式 $\Delta T_{\mathrm{m}} = \boxed{\ 11\ }$ となる。

〈 $\boxed{\ 11\ }$ の解答群 〉

ア $(\Delta T_2 - \Delta T_1)\ln\left(\dfrac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)$　　イ $\dfrac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\dfrac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}$　　ウ $\dfrac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\dfrac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\Delta T_1}\right)}$

3) 向流形の場合のように、ΔT_1 と ΔT_2 の差が比較的小さいときは、両者の算術平均温度差をΔT_{m}として用いてもQの誤差は小さい。ここでは、1) で用いた交換熱量と算術平均温度差から伝熱面積を求めてみる。

i) 与えられた条件から算術平均温度差を求めると、$\boxed{\text{B}\,|\,\text{ab}}$ [K] となる。

ii) 熱交換器の熱通過率が3.5 kW/(m^2·K) のとき、i) で求めた算術平均温度差を用いて熱交換器の伝熱面積を求めると、$\boxed{\text{C}\,|\,\text{a.b}}$ [m^2] と算出される。

（表紙からの続き）

Ⅲ　試験中に使用する物品・機器に関する注意事項

1．試験中、机の上に置いてもよいのは以下のものとする。それ以外のものは鞄等にしまい、鞄の口を閉めておくこと。机の棚板や衣服のポケットにはしまわないこと。
受験票、ＨＢの鉛筆又はシャープペンシル、鉛筆削、替芯、プラスチック製消しゴム、時計、電卓１台（使用禁止ではないもの）、眼鏡、拡大鏡

2．試験中、携帯電話、スマートフォン、PC、タブレット端末、スマートウォッチ、電子ルーペ等の電子機器・通信機器の使用は禁止する。

3．通信機能を有する全ての機器（時計、眼鏡、補聴器等を含む）は、試験中は使用を禁止する。通信機能を有する機器を使用できないことによる事態には一切配慮しない。通信機能を有しない代替品、例えば、スマートウォッチの代わりに時計機能のみの時計を使用すること。

4．使用禁止電卓は、関数電卓、携帯電話などの電卓機能、数式等が記憶できるもの、プログラム機能を有するものである。

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

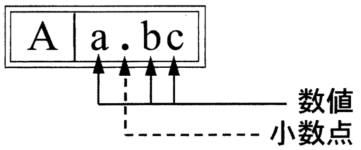
(1) **解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。**
このとき、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。

(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）

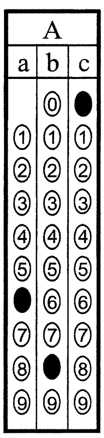


（計算結果）

6.795…
↓　四捨五入
6.80

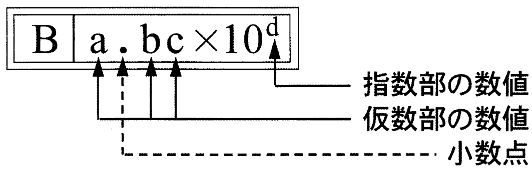
（解答）

「680」を
塗りつぶす



「解答例２」

（設問）



（計算結果）

$9.183\cdots \times 10^2$
↓　四捨五入
$9.18\ \times 10^2$

（解答）

「9182」を
塗りつぶす