第39回試験
29. 8. 6
3時限

熱分野
専門区分

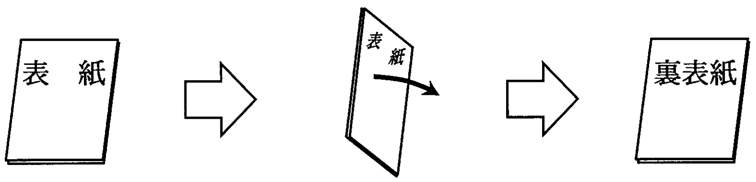
課目Ⅱ　熱と流体の流れの基礎

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。



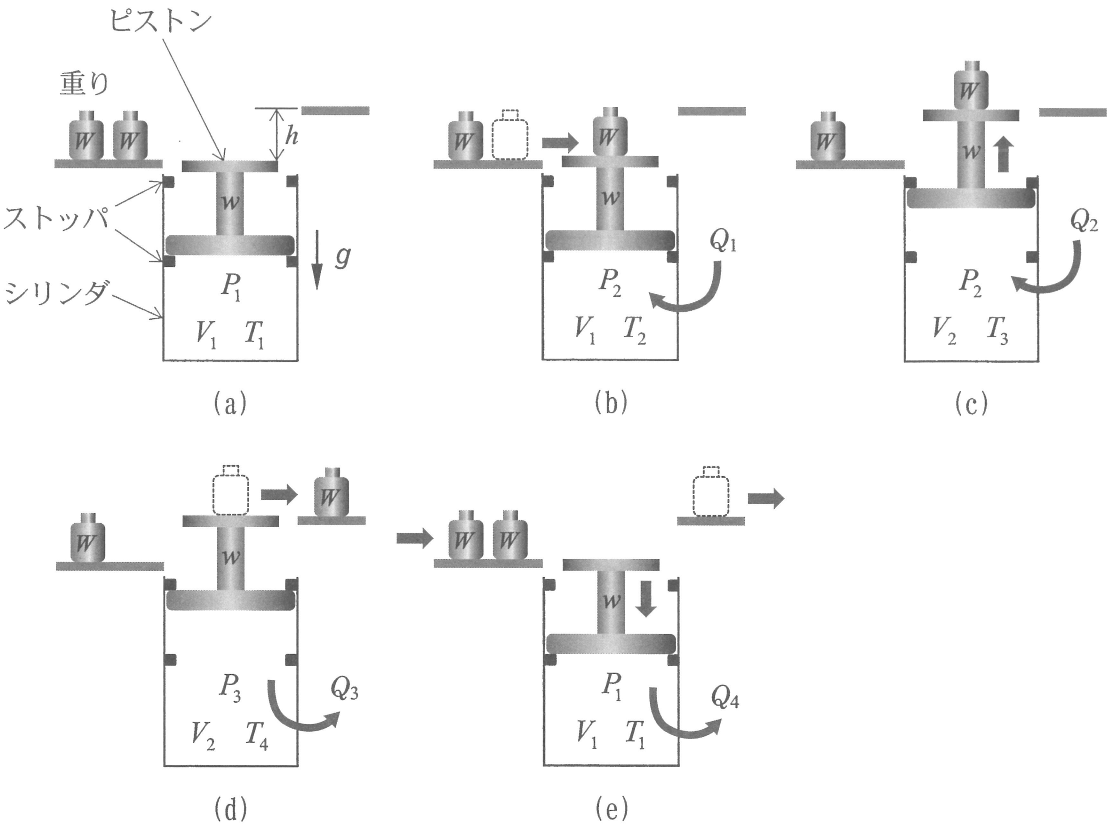
全体を裏返す

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 $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 10\ }$ の中に入れるべき最も適切な式又はグラフをそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。（配点計 50 点）

図に示すように、ストッパ付きのシリンダ内を上下するピストンを用いて、封入された空気を加熱あるいは冷却することにより、質量 W の重りを高さ h（ピストンのストロークに等しい）の位置へ重力に逆らって連続的に移動させることを考える。ここで、封入された空気の質量を m、ピストンの質量を w、ピストンの底面積を A とする。また、空気のガス定数を R、重力の加速度を g とする。ただし、シリンダ内に封入された空気の漏れはなく、摩擦によるエネルギーの損失はないものとする。



図

1) 図 (a) に示すように、ピストンが最下位にある初期の状態におけるシリンダ内の容積を V_1、絶対温度を T_1、圧力を P_1 とする。このとき、圧力 P_1 はピストンの自重をちょうど支えており、ストッパには力が加わっていない状態である。

このとき、状態方程式は次の式①で表すことができる。

$\boxed{\ 1\ }$ .... ①

ここで、圧力 P_1 は $P_1 = \dfrac{wg}{A}$ で表すことができる。

2) 次に、図 (b) に示すように、ピストン上部のテーブルに質量 W の重りを載せる。ピストンはストッパに支えられ、図 (a) と同じ位置にある。その状態からシリンダ内の空気に熱量 Q_1 を与え、圧力をピストンと重りの合計質量と釣り合う圧力 P_2 まで上昇させる。それに伴い温度は T_2 となる。

このとき、シリンダ内の容積は V_1 で不変であるが、ストッパからピストンへ力は加わっていない状態となるので、状態方程式は次の式②で表すことができる。

$\boxed{\ 2\ }$ .... ②

3) このとき、ピストンと重りの質量を用いて $P_2 = \dfrac{(W+w)g}{A}$ であることから、式①、式②及び $P_1 = \dfrac{wg}{A}$ を用いて温度 T_2 は次の式③で表すことができる。

$T_2 = \boxed{\ 3\ }$ .... ③

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

ア $P_1V_1 = RT_1$	イ $P_1T_1 = mRV_1$	ウ $P_1V_1 = mRT_1$
エ $P_2V_1 = mRT_1$	オ $P_2V_1 = RT_2$	カ $P_2V_1 = mRT_2$
キ $\dfrac{(W+w)}{w}T_1$	ク $\dfrac{w}{(W+w)}T_1$	ケ $\dfrac{(W+w)}{w}V_1T_1$

問題４の 4)～7) は次の３頁及び４頁にある

4) さらに、図 (c) に示すように、シリンダ内の空気に熱を加えるとシリンダが上昇を始め、2) で加えた熱量 Q_1 から更に熱量 Q_2 を与えたところで、重りがちょうどピストンのストローク分の高さ h まで持ち上げられ、かつ、ストッパへ力が加わらない状態で停止する。このとき、シリンダ内容積は V_2 となり、温度は T_3 となる。

このときの温度 T_3 は次の式④で表すことができる。

$T_3 = \boxed{\ 4\ }$ ……………………………… ④

5) その後、図 (d) に示すように、重りをテーブルから移動させ、シリンダ内の空気から Q_3 だけ放熱させ、容積は V_2 そのままで、ストッパへ力が加わらずにピストンのみをちょうど支えられる圧力 $P_3 = P_1$ まで低下させる。

このときの温度 T_4 は、容積が V_2 であるから、次の式⑤で表すことができる。

$T_4 = \boxed{\ 5\ }$ ……………………………… ⑤

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

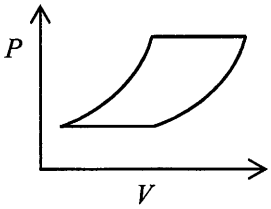
ア $\dfrac{V_2}{V_1} T_1$　　イ $\dfrac{(W+w)}{A} g T_1$　　ウ $(W+w)\, g \dfrac{V_2}{V_1} T_1$

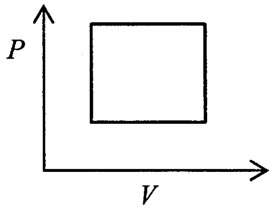
エ $\dfrac{(W+w)}{w} V_2 T_1$　　オ $\dfrac{(W+w)}{w} \dfrac{V_2}{V_1} T_1$　　カ $\dfrac{w}{(W+w)} \dfrac{V_2}{V_1} T_1$

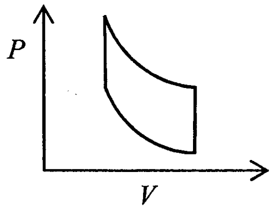
6) さらに、図 (e) に示すように、 Q_4 だけ放熱させ、ピストンを下げ、図 (a) の状態へと戻る。これらの過程を繰り返すことで、連続的に重りを高さ h まで運ぶガスサイクルとなる。

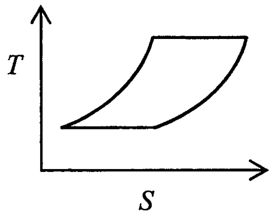
このサイクルの P - V 線図は $\boxed{\ 6\ }$ 、T - S (温度 - エントロピー) 線図は $\boxed{\ 7\ }$ のように表される。

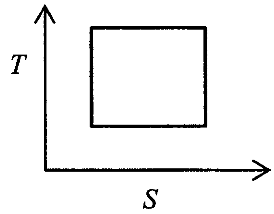
〈 $\boxed{6}$ 及び $\boxed{7}$ の解答群 〉

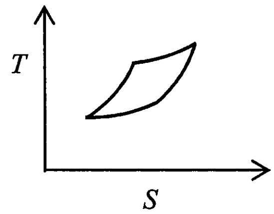
ア


イ


ウ


エ


オ


カ


7) このガスサイクルの熱効率を次のように求める。

投入エネルギー $Q_1 + Q_2$ は、定容比熱を c_v、定圧比熱を c_p とすると、次の式⑥で表すことができる。

$$Q_1 + Q_2 = \boxed{8} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑥$$

一方、放熱量 $Q_3 + Q_4$ は、次の式⑦で表すことができる。

$$Q_3 + Q_4 = \boxed{9} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑦$$

したがって、このガスサイクルの熱効率 η は、次の式⑧となる。

$$\eta = \boxed{10} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑧$$

〈 $\boxed{8}$ ～ $\boxed{10}$ の解答群 〉

ア $mc_p(T_2 - T_1) + mc_v(T_3 - T_2)$

イ $mc_v(T_2 - T_1) + mc_p(T_3 - T_2)$

ウ $mc_p(T_3 - T_2) + mc_v(T_4 - T_1)$

エ $mc_p(T_3 - T_4) + mc_v(T_4 - T_1)$

オ $mc_v(T_3 - T_4) + mc_p(T_4 - T_1)$

カ $\dfrac{R\,(P_2 - P_1)\,(V_2 - V_1)}{c_v V_1 P_1 + c_p P_2 V_2}$

キ $\dfrac{RWgh}{c_p V_1\,(P_2 - P_1) + c_v P_2\,(V_2 - V_1)}$

ク $\dfrac{RWgh}{c_v V_1\,(P_2 - P_1) + c_p P_2\,(V_2 - V_1)}$

（熱力学の基礎）

問題5　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、$\boxed{\ 5\ }$ は4箇所、$\boxed{\ 9\ }$ は3箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

また、$\boxed{\mathrm{A}\ |\ \mathrm{a.bc}}$ ～ $\boxed{\mathrm{F}\ |\ \mathrm{a.b}}$ 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）

蒸気を作動流体として仕事をする蒸気原動所のサイクルについて考える。図は、蒸気原動所の理論サイクルを T-s（温度-比エントロピー）線図上に示したものである。

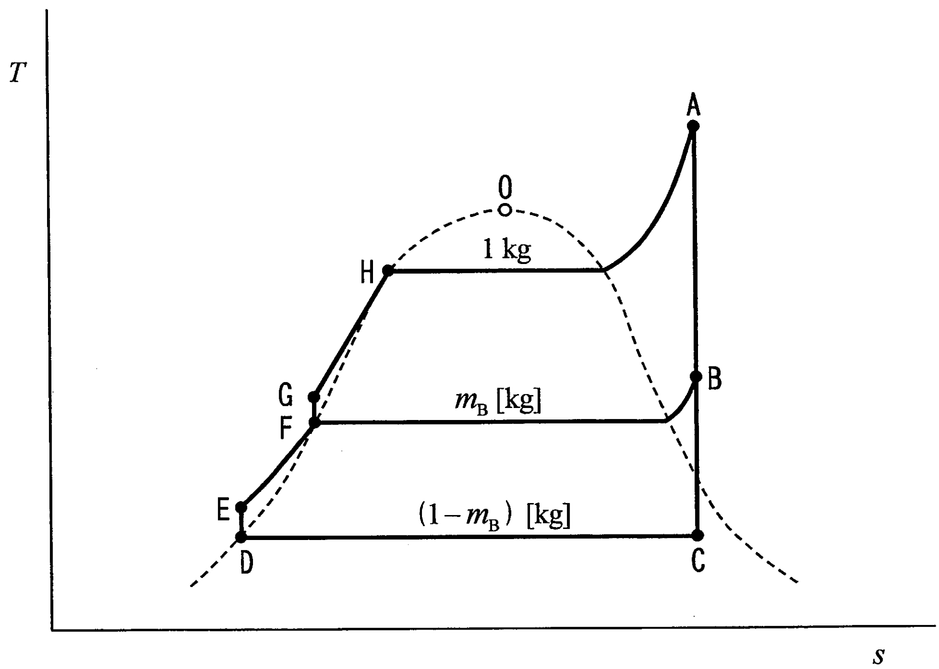


図　T-s 線図

1) 図中の実線で蒸気の状態変化を示したサイクルは、一段の $\boxed{\ 1\ }$ である。

〈 $\boxed{\ 1\ }$ の解答群 〉

ア　再生サイクル　　　イ　再熱サイクル　　　ウ　再熱再生サイクル

2) 図中の破線は、蒸気の $\boxed{2}$ を示したものであり、状態点0は臨界点である。この状態点0より左側の曲線部分は $\boxed{3}$ 、右側の曲線部分は $\boxed{4}$ と呼ばれる。

〈 $\boxed{2}$ ～ $\boxed{4}$ の解答群 〉

ア 過熱曲線　　イ 等圧曲線　　ウ 飽和曲線
エ 過熱液線　　オ 等圧液線　　カ 飽和液線
キ 過熱蒸気線　　ク 等圧蒸気線　　ケ 飽和蒸気線

3) 以降においては、作動流体を水蒸気としたときについて考える。
図のサイクルにおいて、水蒸気の状態変化は次のとおりとする。

i) タービン入口に流入する蒸気量 1 kg の $\boxed{5}$ は状態点Aで示される。そのときのA点の圧力を5 MPa、温度を500 ℃とする。

ii) タービンに流入した $\boxed{5}$ は、状態点Bで m_B [kg] 抽気された後、残りの $(1-m_B)$ [kg] は、圧力5 kPaの状態点Cまで $\boxed{6}$ を行う。したがって、この状態点AからCまでの間、比エントロピーは変化しない。効率向上を図るため、状態点Bで抽気された m_B [kg] の $\boxed{5}$ は、混合給水加熱器に送られる。

iii) 一方、タービン出口である状態点Cで $\boxed{7}$ に流入した $(1-m_B)$ [kg] の $\boxed{8}$ は、凝縮されて状態点Dで $\boxed{9}$ となり、状態点Eまで給水ポンプ1により昇圧され、混合給水加熱器を経て状態点Fで1 kgの $\boxed{9}$ になるものとする。この $\boxed{9}$ は、さらに給水ポンプ2によりボイラ圧力5 MPaまで昇圧され、ボイラに送られて状態点Hを経て、状態点Aの $\boxed{5}$ となり、タービンに送気される。

〈 $\boxed{5}$ ～ $\boxed{9}$ の解答群 〉

ア 圧縮水　　イ 過熱水　　ウ 飽和水　　エ 過熱蒸気
オ 乾き飽和蒸気　　カ 湿り蒸気　　キ 絞り膨張　　ク 断熱膨張
ケ 等温膨張　　コ 加熱器　　サ 再生器　　シ 復水器

問題5の4) 及び表は次の7頁及び8頁にある

4) このサイクルにおいて、給水ポンプの仕事はいずれも無視できるものとして、次の値を求める。ただし、状態点A、B、D及びFの比エンタルピーh及び比エントロピーsは表1の値を、圧力5 kPa及び5 MPaにおける飽和水の比エンタルピー h' 及び比エントロピー s' 、飽和蒸気の比エンタルピー h'' 及び比エントロピー s'' は表2の値を用いること。

i) 圧力5 kPaの状態点Cの乾き度xは、式 [10] から求めることができ、[A | a.bc] $\times 10^{-1}$ となる。

また、状態点Cの比エンタルピーhは、乾き度xの値を用いて求めると [B | a.bc$\times 10^{d}$] [kJ/kg] となる。

ii) タービン内の状態点Bで抽出されるタービン流入蒸気1 kg当たりの抽気量m_B [kg] は、抽気蒸気によりボイラ入口給水の状態点が状態点Dより状態点Fにシフトできたことから、式 m_B= [11] で求めることができ、[C | a.bc] $\times 10^{-1}$ [kg] となる。

iii) このように抽気を給水予熱に利用した場合のサイクルの理論熱効率 η_1 は、[D | a.bc] $\times 10^{-1}$ となる。

iv) ここで、抽気をしない場合のサイクルの理論熱効率 η_0 を、状態点A、C及びDの比エンタルピーを用いて求めると、[E | a.bc] $\times 10^{-1}$ となる。

v) iii) 及び iv) より、抽気をしない場合のサイクルの理論熱効率 η_0 を基準とした効率向上率 $\left(\frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_0}\right) \times 100$ は、約 [F | a.b] [%] となる。

〈 [10] 及び [11] の解答群 〉

ア $s = s' + xs''$　　イ $s = s' + x(s'' - s')$　　ウ $s = (1-x)s' + s''$

エ $\frac{h_F - h_D}{h_A - h_B}$　　オ $\frac{h_F - h_D}{h_B - h_D}$　　カ $\frac{h_F - h_D}{h_B - h_F}$

表１　各状態点の比エンタルピー及び比エントロピー

状態点	比エンタルピー h [kJ/kg]	比エントロピー s [kJ/(kg·K)]
A	3 434.48	6.977 8
B	2 780.62	6.977 8
D	137.77	0.476 3
F	610.89	1.790 9

表２　飽和水と飽和蒸気表

圧力 [kPa]	温度 [℃]	比エンタルピー [kJ/kg]		比エントロピー [kJ/(kg·K)]	
		h'	h''	s'	s''
5	32.875	137.77	2 560.77	0.476 3	8.383 9
5 000	263.94	1 154.50	2 794.23	2.920 8	5.973 7

(空　白)

（流体工学の基礎）

問題６　次の各問に答えよ。（配点計 50 点）

(1) 次の文章の $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 4\ }$ の中に入れるべき最も適切な字句又は式を＜ $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 4\ }$ **の解答群**＞から選び、その記号を答えよ。なお、$\boxed{\ 1\ }$ は２箇所あるが、同じ記号が入る。

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。$\boxed{\ 1\ }$ 管では直前の直管部（圧力 p_A [Pa]）とのど部（圧力 p_B [Pa]）での圧力差（$p_A - p_B$）を測定することにより、流量を計測することができる。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、流れる流体を水とし、水の密度を ρ_W [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] として、内部に流体 C（水とは混ざらず、密度 ρ_C [kg/m^3] が水より大きい）が入ったマノメータで圧力差を計測すると、圧力差 $(p_A - p_B) =$ $\boxed{\ 3\ }$ [Pa] と表されるので、流体 C と水の密度差を $\boxed{\ 4\ }$ することで、マノメータの読み値を大きくして測定精度を上げることができることがわかる。

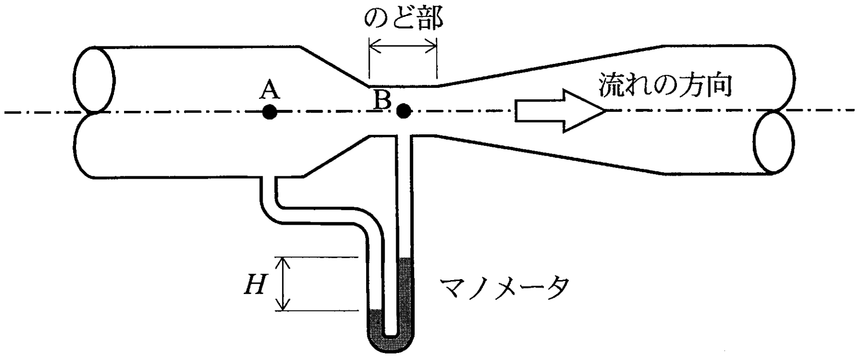


図１

＜ $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 4\ }$ の解答群＞

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

問題６の (2) 及び (3) は次の 11 頁～13 頁にある

(2) 次の各文章の $\boxed{\ 5\ }$ ～ $\boxed{\ 12\ }$ の中に入れるべき最も適切な字句をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、$\boxed{\ 5\ }$ 、$\boxed{\ 7\ }$ 及び $\boxed{\ 8\ }$ は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

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

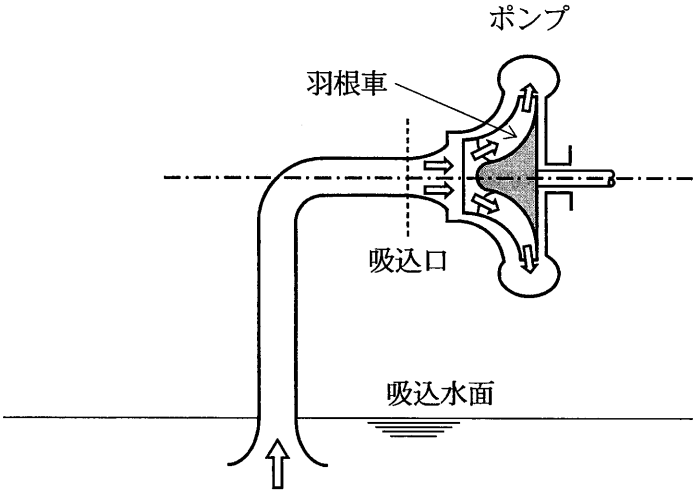


図2

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のエネルギー、損失エネルギー、及び $\boxed{\ 5\ }$ 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 $\boxed{\ 6\ }$ を表す。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、$\boxed{\ 5\ }$ が増加した分だけ更に圧力が低くなる。

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

ア　運動エネルギー　　イ　運動量　　ウ　有効エネルギー

エ　圧力損失　　オ　温度損失　　カ　速度損失

2) ポンプ吸込口の圧力が $\boxed{\ 7\ }$ より高くても、羽根車入口部圧力（最低圧力）が $\boxed{\ 7\ }$ に達すれば $\boxed{\ 8\ }$ が発生し、揚程が急激に低下して、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 $\boxed{\ 8\ }$ の発生条件は $\boxed{\ 9\ }$ によって表すことができる。

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 $\boxed{\ 10\ }$ の部分で運転すると、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 $\boxed{\ 11\ }$ 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 $\boxed{\ 12\ }$ が起こり、発生した高圧力によって、送水管を破壊することもある。

〈 $\boxed{\ 7\ }$ ～ $\boxed{\ 12\ }$ 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　定常圧力	キ　飽和圧力	ク　臨界圧力
ケ　ポンプ効率	コ　吸込比速度	サ　全揚程	シ　右上がり
ス　右下がり	セ　水平		

問題６の (3) は次の13頁にある

(3) 次の文章の $\boxed{\quad 13 \quad}$ の中に入れるべき最も適切な式を〈 $\boxed{\ 13\ }$ **の解答群** 〉から選び、その記号を答えよ。

また、$\boxed{\mathrm{A} \mid \mathrm{a.b}}$ ～ $\boxed{\mathrm{C} \mid \mathrm{a.b}\times 10^{\mathrm{c}}}$ 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。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。

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 4.5 m で一定に保たれており、タンク上部は大気に解放されている。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流速 U_1 は $\boxed{\mathrm{A} \mid \mathrm{a.b}}$ [m/s] となる。

次に、この流出口に管内直径 D が 40 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。円管において摩擦抵抗による圧力損失のみが生じるとすると、円管出口から流出する水の流速 U_2 は $\boxed{\mathrm{B} \mid \mathrm{a.b}}$ [m/s] となる。ここで管摩擦係数を 0.020 とする。この円管内の流れのレイノルズ数 Re は、式 $Re =$ $\boxed{\quad 13 \quad}$ と定義されるので、その値を計算すると $\boxed{\mathrm{C} \mid \mathrm{a.b}\times 10^{\mathrm{c}}}$ であり、この円管内の流れは乱流域にあることがわかる。

〈 $\boxed{\ 13\ }$ **の解答群** 〉

ア $\dfrac{U_2 D}{\left(\dfrac{\mu}{\rho}\right)}$　　イ $\dfrac{U_2 D}{\left(\dfrac{\rho}{\mu}\right)}$　　ウ $\dfrac{U_2 L}{\left(\dfrac{\mu}{\rho}\right)}$

（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)　次の各文章の $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 7\ }$ の中に入れるべき最も適切な字句を〈 $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 7\ }$ 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。

1)　伝熱の基本性質に関する次の①～③の各文章の中で明らかに間違った記述を含むものは $\boxed{\ 1\ }$ である。

① 一般的な固体内の熱伝導において、電気を通しやすい物質の熱伝導率は大きく、電気を通しにくい物質の熱伝導率は小さいという性質がある。

② 管の中に冷たい液体を流して管外部を冷却する装置がある。液体は相変化をしないとすると、流速が遅い方が管内壁の熱伝達率は大きい。

③ 黒体表面から放出される熱放射は、その絶対温度の4乗に比例する。

2)　放射伝熱に関する次の①～③の各文章の中で明らかに間違った記述を含むものは $\boxed{\ 2\ }$ である。

① 気体中の熱放射線は直進する。

② 凹部のない小さな物体1が大きな容器2の中に置かれ、完全に囲まれている。物体1表面から容器2表面を見たときの形態係数は1である。

③ 研磨された銅板表面の射出率は、酸化膜で覆われた銅板表面の射出率より大きい。

3)　熱伝導に関する次の①～③の各文章の中で明らかに間違った記述を含むものは $\boxed{\ 3\ }$ である。

① 固体中の熱伝導は温度勾配に比例する。これをフーリエの法則と呼ぶ。

② 発泡ウレタンなどの断熱材の内部には発泡剤の空隙が多数存在する。これは、気体の熱伝導率が固体に比べて小さいことを利用して、断熱性能を向上させるためである。

③ 直径25 mm程度の円管を断熱するために、円管の周りを円筒状の断熱材で囲むとき、円筒状の断熱材の厚さを2倍にすると、熱伝導抵抗は半分になる。

4)　対流伝熱に関する次の①～③の各文章の中で明らかに間違った記述を含むものは $\boxed{\ 4\ }$ である。

① 管の中を強制的に水が流れる十分発達した対流伝熱において、水は管内で相変化はしないものとすると、層流の場合のヌセルト数はプラントル数の関数で表される。

② 管の中を強制的に水が流れる十分発達した対流伝熱において、水は管内で相変化はしないものとすると、乱流の場合のヌセルト数はレイノルズ数とプラントル数の関数で表される。

③ 固体壁近傍の流れにおいて、粘性により流体は固体壁に引っ張られ、流速が低い領域が存在する。この粘性の影響を強く受ける流れの領域を境界層と呼ぶ。

5) 沸騰伝熱に関する次の①～③の各文章の中で明らかに間違った記述を含むものは $\boxed{5}$ である。

① 一般的な液体の沸騰熱伝達率は、強制対流熱伝達率よりも大きい。

② 液体を容器内にためて沸騰させるプール沸騰を考える。沸騰形態を壁面の熱流束と過熱度を座標軸として表示した図を沸騰曲線という。

③ プール沸騰について、壁面過熱度が小さくて、壁面が蒸気膜で覆われた沸騰形態を膜沸騰という。

6) 凝縮伝熱に関する次の①～③の各文章の中で明らかに間違った記述を含むものは $\boxed{6}$ である。

① 濡れやすい伝熱面に蒸気が凝縮するときには、膜状凝縮になりやすい。

② 滴状凝縮は、濡れにくい伝熱面で起きやすい凝縮形態である。

③ 膜状凝縮においては、凝縮液膜が厚くなるほど凝縮熱伝達率は大きくなる。

7) 熱交換器に関する次の①～③の各文章の中で明らかに間違った記述を含むものは $\boxed{7}$ である。

① チューブ内を冷媒が流れ、外部を空気が流れるフィンチューブ式熱交換器を用いた蒸発器を考える。冷媒側の伝熱抵抗は空気側の伝熱抵抗より大きいので、性能向上のためには冷媒側の伝熱促進が最も重要である。

② 2流体の間で熱交換をする熱交換器を設計するとき、2流体の出口温度が分からない場合は、エネルギー効率（熱通過有効度）－NTU 法を用いると反復計算をする必要がない。

③ 向流形熱交換器と並流形熱交換器を比較すると、一般に向流形熱交換器の方が良好な熱交換を行うことができる。

〈 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{7}$ の解答群 〉

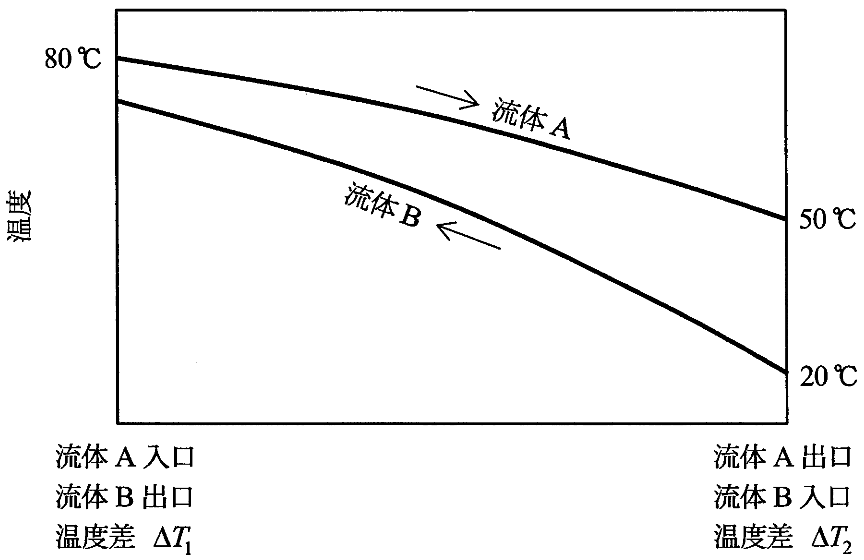
ア ①　　　　イ ②　　　　ウ ③

問題7の (2) は次の17頁及び18頁にある

(2) 次の各文章の $\boxed{\quad 8 \quad}$ の中に入れるべき最も適切な式を＜ $\boxed{\quad 8 \quad}$ の解答群＞から選び、その記号を答えよ。

また、$\boxed{\mathrm{A}\,|\,\mathrm{ab}}$ ～ $\boxed{\mathrm{D}\,|\,\mathrm{ab}}$ 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とし、自然対数の計算においては、表3の数値を用いること。

流体Aと流体Bが熱交換をする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

表1

	流体A	流体B
比熱 [kJ/(kg·K)]	4.2	3.0
流量 [kg/s]	2.0	1.5

表2

	流体A	流体B
入口温度 [℃]	80	20
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から流体Bの出口温度を求めると $\boxed{\text{A} \mid \text{ab}}$ [℃] となる。

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

3) 熱交換器の熱通過率が 1.5 kW/(m²·K) のとき、2) 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 $\boxed{\text{C} \mid \text{a.b}}$ [m²] と算出される。

4) 図のとおり、左端の流体A入口と流体B出口の温度差を ΔT_1、右端の流体A出口と流体B入口の温度差を ΔT_2 とする。ΔT_1 及び ΔT_2 を用いて対数平均温度差を表すと、式 $\boxed{\quad 8 \quad}$ で表される。

5) 与えられた条件から対数平均温度差を求めると $\boxed{\text{D} \mid \text{ab}}$ [K] となる。

〈 $\boxed{\ 8\ }$ 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 $\dfrac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\dfrac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\Delta T_1}\right)}$

表3　自然対数の値

N	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
$\ln N$	0	0.405	0.693	0.916	1.10	1.25	1.39	1.50	1.61	1.70	1.79
N	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	11.0	12.0	13.0
$\ln N$	1.87	1.95	2.01	2.08	2.14	2.20	2.25	2.30	2.40	2.48	2.56

（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．［ 1 ］、［ 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．［ A ｜ a.bc ］、［ B ｜ a.bc×10^{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。

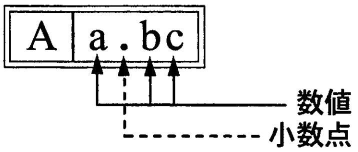
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。

(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 $\pi = 3.1415\cdots$ 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）

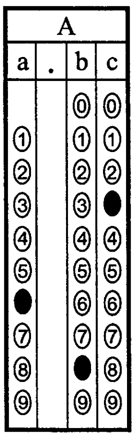
6.827……

↓　四捨五入

6.83

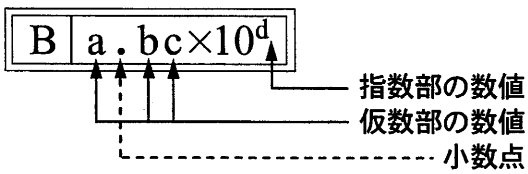
（解答）

「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

$9.18\ \times 10^{2}$

（解答）

「9.18×10^{2}」に
マークする