

熱力学 問題集

国家一般職						
	No.1(33)	No.2(34)	No.3(35)	No.4(36)	No.5	No.6
R.7(2025)	2	3	2	3		
R.6(2024)	5	1	1	3		
R.5(2023)	2	3	2	1		
R.4(2022)	5	1	4	3		
R.3(2021)	3	5	3	4		
R.2(2020)	2	4	1	1		
R.1(2019)	3	4	3	1		
H.30	4	5	1	2		
H.29	5	4	5	3		

国家総合職					
	No.1(106,116)	No.2(107,117)	No.3(108,118)	No.4(109,119)	No.5(110,120)
R.7(2025)	4	1	5	1	4
R.6(2024)	4	1	3	5	2
R.5(2023)	4	2	5	4	4
R.4(2022)	5	1	4	5	1
R.3(2021)	4	5	3	4	1
R.2(2020)	2	5	1	3	4
H.31(2019)	1	2	5	1	5
H.30	4	1	4	5	1
H.29	2	2	1	4	5
H.28	1	1	3	2	3
H.27	4	2	5	3	3
H.26	3	4	3	4	3
H.25	3	1	5	4	4
H.24	1	3	4	1	2

No. 106～No. 110 は選択問題(科目 18. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

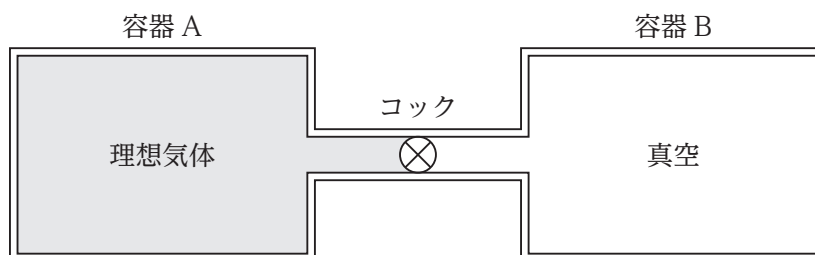
【No. 106】 気体定数 $0.250 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、温度 320 K の理想気体 1.0 kg に仕事を 220 kJ 、熱を 650 kJ 加えたところ、外界に対して 180 kJ の放熱があり、温度は 480 K になった。このとき、この気体が外部にした仕事として最も妥当なのはどれか。

ただし、比熱比を 1.40 とする。

1. 90 kJ
2. 150 kJ
3. 330 kJ
4. 590 kJ
5. 790 kJ

【No. 107】 図のように、閉じられたコックでつながれた二つの断熱容器がある。容器 A 内には理想気体が封入されており、容器 B 内は真空である。ここで、コックを開き、十分に時間が経過し平衡状態となった。この過程に関する記述㉠、㉡、㉢のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉠ 気体は外部へ仕事を行わず、熱の出入りもないため、内部エネルギーは変化しない。
- ㉡ この過程で気体の体積は膨張し、気体の温度は変化しないため、理想気体の内部エネルギーは体積のみの関数であることが分かる。
- ㉢ この過程は断熱過程であることから、エントロピーは変化しない。



1. ㉠
2. ㉠、㉡
3. ㉠、㉢
4. ㉡
5. ㉢

【No. 108】 理想気体が、圧力 p_1 、比体積 v_1 の状態①から圧力 p_2 、比体積 v_2 の状態②へ可逆的に変化する。
 このとき、比エントロピーの変化量として最も妥当なのはどれか。
 ただし、理想気体の定圧比熱を c_p 、定積比熱を c_v とする。

1. $c_p \ln \frac{p_2}{p_1} - c_v \ln \frac{v_2}{v_1}$
2. $c_p \ln \frac{p_2}{p_1} + c_v \ln \frac{v_2}{v_1}$
3. $(c_p - c_v) \left(\ln \frac{v_2}{v_1} + \ln \frac{p_2}{p_1} \right)$
4. $c_p \ln \frac{v_2}{v_1} - c_v \ln \frac{p_2}{p_1}$
5. $c_p \ln \frac{v_2}{v_1} + c_v \ln \frac{p_2}{p_1}$

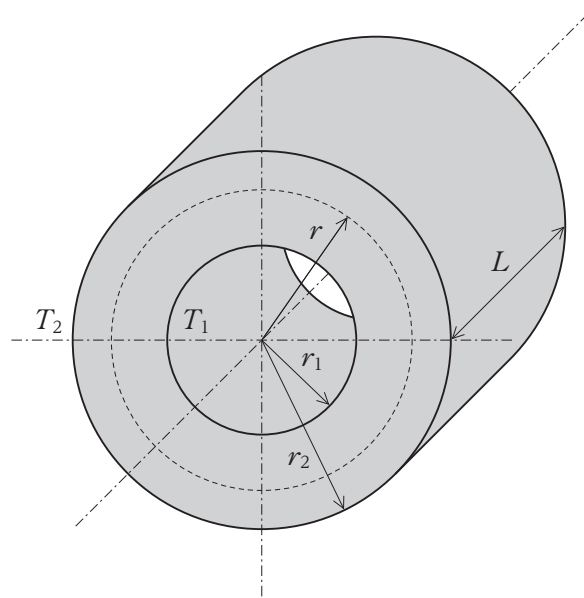
【No. 109】 カルノーサイクルに関する次の記述の㉞、㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「低温熱源の温度を 300 K としたカルノーサイクルの理論熱効率を 40.0 % にするには、高温熱源の温度を ㉞ K にする必要がある。このカルノーサイクルにおける理想気体の圧力は断熱膨張によって ㉟ 倍になる。なお、理想気体の断熱変化では、理想気体の圧力を p 、比体積を v として、 $pv^\kappa = (\text{一定})$ の関係が成り立ち、 $\kappa = 1.5$ とする。」

- | | ㉞ | ㉟ |
|----|-----|-------|
| 1. | 500 | 0.216 |
| 2. | 500 | 0.843 |
| 3. | 750 | 0.064 |
| 4. | 750 | 0.632 |
| 5. | 750 | 0.737 |

【No. 110】 熱伝導に関する次の記述の㉗、㉘に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図のように、内半径 r_1 、外半径 r_2 、長さ L で、熱伝導率が λ の均質な厚肉円筒がある。この円筒の内側から外側への定常熱伝導を考える。 $r = r_1$ の面における温度は T_1 で、 $r = r_2$ の面における温度は T_2 ($T_2 < T_1$) で一定に保たれ、長さ方向の両端面は断熱されている。円筒の中心軸から半径 r の仮想円筒面における温度を T とし、単位時間あたりに仮想円筒面を伝わる熱量を \dot{Q} とすると、 $\dot{Q} = \boxed{\text{㉗}} \times 2\pi r L$ の関係が成り立ち、これを解くと $\dot{Q} = \boxed{\text{㉘}}$ となる。」



- | | ㉗ | ㉘ |
|----|--------------------------|--|
| 1. | $\lambda \frac{dT}{dr}$ | $\frac{2\pi\lambda L(T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$ |
| 2. | $\lambda \frac{dT}{dr}$ | $\frac{2\pi\lambda L(T_2 - T_1)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$ |
| 3. | $\lambda \frac{dT}{dr}$ | $\frac{2\pi\lambda L(T_1 - T_2)}{\ln(r_2 - r_1)}$ |
| 4. | $-\lambda \frac{dT}{dr}$ | $\frac{2\pi\lambda L(T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$ |
| 5. | $-\lambda \frac{dT}{dr}$ | $\frac{2\pi\lambda L(T_2 - T_1)}{\ln(r_2 - r_1)}$ |

No. 106～No. 110 は選択問題(科目 18. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

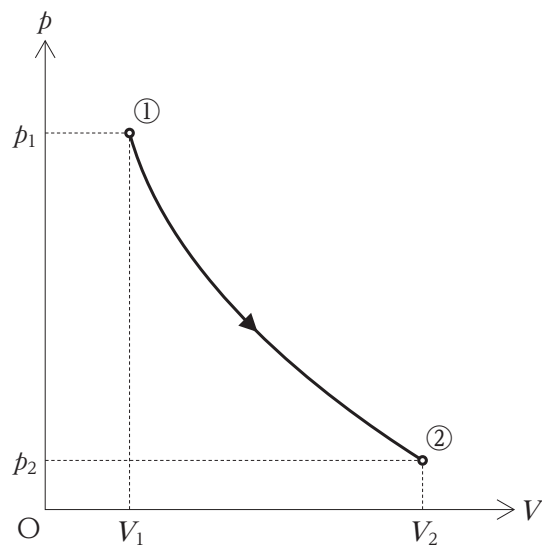
【No. 106】 熱力学に関する記述㉠、㉡、㉢のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉠ 熱力学第一法則及び第二法則によれば、供給された全ての熱を仕事に変換することはできるが、供給された全ての仕事を熱に変換することはできない。
- ㉡ 孤立した系の内部で可逆変化のみが生じた場合、系全体のエントロピーは変化しない。
- ㉢ 理想気体の内部エネルギーは温度のみの関数であるため、理想気体を可逆的に等温膨張させた場合、内部エネルギーに変化はないが、エントルピーは増大する。

1. ㉠、㉡
2. ㉠、㉡、㉢
3. ㉠、㉢
4. ㉡
5. ㉡、㉢

【No. 107】 図のように、理想気体が状態①から状態②に可逆変化をしたものとする。このとき、状態変化により理想気体から取り出せる工業仕事 W_t を表す式と、絶対仕事 W_{12} と W_t の関係を表す式の組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、理想気体の圧力を p 、体積を V とし、①のときの気体の圧力を p_1 、体積を V_1 、②のときの気体の圧力を p_2 、体積を V_2 とする。



W_t を表す式

W_{12} と W_t の関係を表す式

1. $W_t = \int_2^1 V dp$

$W_t = W_{12} + p_1 V_1 - p_2 V_2$

2. $W_t = \int_2^1 V dp$

$W_t = W_{12} + p_1 V_2 - p_2 V_1$

3. $W_t = \int_1^2 V dp$

$W_t = W_{12} + p_2 V_2 - p_1 V_1$

4. $W_t = \int_1^2 p dV$

$W_t = W_{12} + p_1 V_1 - p_2 V_2$

5. $W_t = \int_1^2 p dV$

$W_t = W_{12} + p_2 V_2 - p_1 V_1$

【No. 108】 理想気体が、次の a, b のように状態変化する場合を考える。それぞれの場合における理想気体の比エントロピー変化量を Δs_a , Δs_b とするとき、 $\frac{\Delta s_a}{\Delta s_b}$ の値として最も妥当なのはどれか。

ただし、この理想気体の定積比熱を c_v 、定圧比熱を c_p とする。

a 圧力一定のもと、理想気体の温度が 500 K から 2000 K まで上昇する。

b 体積一定のもと、理想気体の温度が 250 K から 500 K まで上昇する。

1. $\frac{6c_p}{c_v}$

2. $\frac{c_v}{6c_p}$

3. $\frac{2c_p}{c_v}$

4. $\frac{c_v}{2c_p}$

5. $\frac{c_p \ln 2}{c_v}$

【No. 109】 開いた系に関する次の記述の㉞、㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「作動流体の位置エネルギー及び運動エネルギーの変化を無視でき、可逆変化する開いた系(以下「開いた系」という。)において、作動流体の比エンタルピーを h とする。開いた系に加えた単位質量当たりの熱量 q 及び開いた系がする単位質量当たりの工業仕事 w_i を用いて、微小変化に対する熱力学第一法則は $\delta q = dh + \delta w_i$ と表すことができる。

したがって、外部との熱交換がなく、開いた系である流体機械に圧力 1.0 MPa、比体積 $0.54 \text{ m}^3/\text{kg}$ 、比内部エネルギー 600 kJ/kg の作動流体が定常的に流入し、この機械から圧力 0.10 MPa、比体積 $2.4 \text{ m}^3/\text{kg}$ 、比内部エネルギー 200 kJ/kg の流体が定常的に流出する場合、質量流量が 1.0 kg/s であるとする、この機械の動力は ㉞ kW であり、流体機械は ㉟ ことを意味する。」

- | | ㉞ | ㉟ |
|----|-----|------------|
| 1. | 400 | 外部へ仕事をする |
| 2. | 430 | 外部から仕事をされる |
| 3. | 430 | 外部へ仕事をする |
| 4. | 700 | 外部から仕事をされる |
| 5. | 700 | 外部へ仕事をする |

【No. 110】 温度 477°C の高温熱源から 1 サイクル当たり 500 kJ の熱を受け仕事を行い、温度 27°C の低温熱源に熱を排出して作動する可逆カルノーサイクルの熱機関がある。この熱機関の放熱過程における作動流体のエントロピー変化量として最も妥当なのはどれか。

ただし、両熱源の温度は不変であり、熱源と熱機関との間の熱の授受を含め、全ての過程は可逆過程である。また、熱機関の作動流体は理想気体である。

1. -1.05 kJ/K
2. -0.67 kJ/K
3. -0.10 kJ/K
4. 0.67 kJ/K
5. 1.33 kJ/K

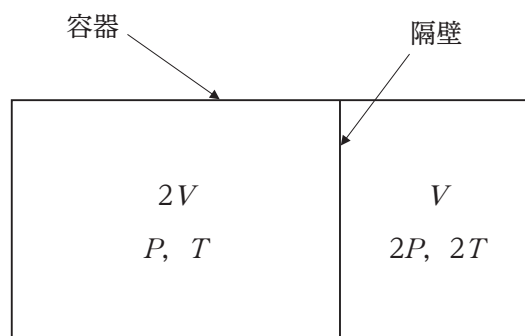
No. 106～No. 110 は選択問題(科目 18. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 106】 単位時間あたりにする仕事を表す動力の単位である[W]を、質量の単位である[kg]、長さの単位である[m]、時間の単位である[s]を用いて表したものとして最も妥当なのはどれか。

1. $(\text{kg}\cdot\text{m})/\text{s}$
2. $(\text{kg}\cdot\text{m})/\text{s}^2$
3. $(\text{kg}\cdot\text{m}^2)/\text{s}^2$
4. $(\text{kg}\cdot\text{m}^2)/\text{s}^3$
5. $(\text{kg}\cdot\text{m}^3)/\text{s}^3$

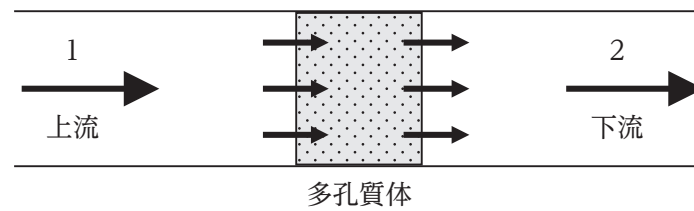
【No. 107】 図のように、体積 $3V$ の断熱容器の内部が、薄い隔壁によって体積 $2V$ と体積 V の二つの空間に仕切られている。それぞれの空間には、同じ理想気体が封入されており、初期状態では、体積 $2V$ の空間は圧力 P 、温度 T であり、体積 V の空間は圧力 $2P$ 、温度 $2T$ である。ここで、隔壁を取り除き、十分に時間が経過し、平衡状態となったとき、容器内の温度として最も妥当なのはどれか。



1. T
2. $\frac{4}{3}T$
3. $\frac{3}{2}T$
4. $\frac{5}{3}T$
5. $2T$

【No. 108】 小さい孔が無数に開けられたものを多孔質体という。図のように、流路中に設けられた多孔質体を気体が通過すると、圧力が流れ方向に低下する。このような現象を絞り過程という。定常流れの絞り過程において、多孔質体の前後における気体の比エンタルピー h 、比エントロピー s の関係を表す組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、気体の状態は多孔質体の上流を添え字 1、多孔質体の下流を添え字 2 で表す。また、気体は理想気体とし、外部と熱及び仕事の授受はなく、多孔質体の前後における気体の運動エネルギー及び位置エネルギーの変化は無視できるものとする。



- | | 比エンタルピー | 比エントロピー |
|----|-------------|-------------|
| 1. | $h_1 > h_2$ | $s_1 = s_2$ |
| 2. | $h_1 > h_2$ | $s_1 < s_2$ |
| 3. | $h_1 = h_2$ | $s_1 > s_2$ |
| 4. | $h_1 = h_2$ | $s_1 = s_2$ |
| 5. | $h_1 = h_2$ | $s_1 < s_2$ |

【No. 109】 圧力 101.3 kPa の下で、温度 100 °C の液体の水 1 kg を加熱したところ、水は蒸発を始め、0.4 kg の飽和水と 0.6 kg の飽和蒸気になった。この湿り蒸気の乾き度と比エンタルピーの組合せとして最も妥当なのはどれか。

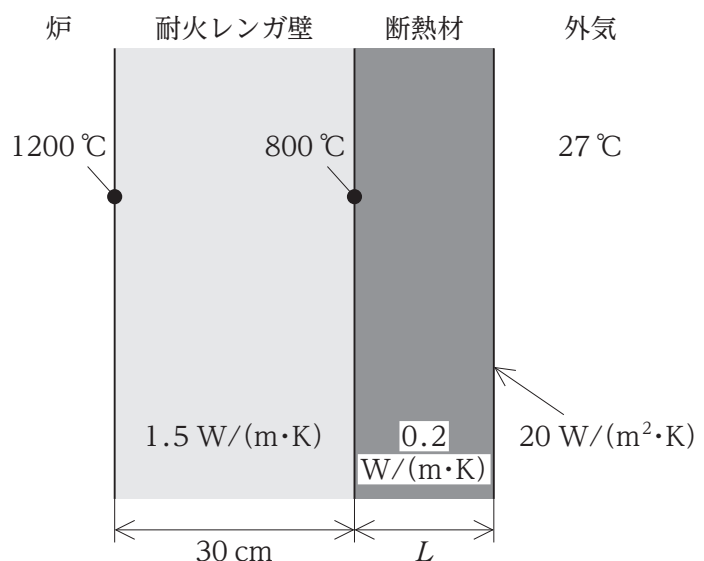
ただし、圧力 101.3 kPa における温度 100 °C の飽和水と飽和蒸気の比エンタルピーをそれぞれ 419 kJ/kg, 2676 kJ/kg とする。

	乾き度	比エンタルピー
1.	0.4	1322 kJ/kg
2.	0.4	1773 kJ/kg
3.	0.6	1322 kJ/kg
4.	0.6	1773 kJ/kg
5.	1.5	1773 kJ/kg

【No. 110】 図のような厚さ 30 cm、熱伝導率 $1.5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の耐火レンガ壁を有する炉の外側に、熱伝導率が $0.2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の断熱材を設置する場合を考える。いま、定常状態下において炉内壁温度は 1200 °C、耐火レンガ壁と断熱材との接触面の温度は 800 °C、外気温度は 27 °C、外気と断熱材の間の熱伝達率は $20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ である。このとき、設置した断熱材の厚さ L として最も妥当なのはどれか。

ただし、耐火レンガ壁及び断熱材を無限平板とみなせるものとする。また、耐火レンガ壁と断熱材との接触面における熱抵抗は無視できるものとする。

1. 1 cm
2. 3 cm
3. 5 cm
4. 7 cm
5. 9 cm



No. 106～No. 110 は選択問題(科目 18. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 106】 ポリトロープ変化に関する次の記述の㉞, ㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「気体の圧力を p , 体積を V , 任意の定数を n とし, $pV^n = (\text{一定})$ で表されるポリトロープ変化について考える。

いま, 質量 1.00 kg, 気体定数 300 J/(kg・K) の理想気体が, $n = 5$, すなわち $pV^5 = (\text{一定})$ で表されるポリトロープ変化をしたとき, 温度が 500 K から 300 K になった。このとき, 理想気体が外部にした絶対仕事はおよそ ㉞ となる。

また, ポリトロープ変化において, n を ㉟ に近づけると, 気体が外部にする絶対仕事は 0 に近づく。」

- | | ㉞ | ㉟ |
|------------|----------|---|
| 1. 12.0 kJ | 0 | |
| 2. 12.0 kJ | 1 | |
| 3. 12.0 kJ | ∞ | |
| 4. 15.0 kJ | 0 | |
| 5. 15.0 kJ | ∞ | |

【No. 107】 冷凍機に関する次の記述の㉔, ㉕に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「冷凍機は、外部から供給されたエネルギーによって低温熱源から高温熱源へ熱を移動させる。その性能を表す動作係数は、高温熱源へ放出する熱量を Q_H 、低温熱源から奪う熱量を Q_C とすると、 $\frac{Q_C}{Q_H - Q_C}$ と表される。

いま、動作係数 4.00 の冷凍機を用いて 0°C の水から 0°C の氷を作することを考える。水の凝固熱を 334 kJ/kg とすると、この冷凍機を用いて 1 分当たり 3.00 kg の氷を作るためには、1 秒当たりおよそ ㉔ のエネルギーを供給する必要がある。また、このとき、1 秒当たりおよそ ㉕ の熱量を周囲に放出する。

ただし、冷凍機に関するエネルギー収支は、 Q_H 、 Q_C 、供給されたエネルギーのみで成り立つものとする。」

- | | ㉔ | ㉕ |
|----|--------|-------|
| 1. | 4.2 kJ | 21 kJ |
| 2. | 4.2 kJ | 28 kJ |
| 3. | 38 kJ | 21 kJ |
| 4. | 38 kJ | 28 kJ |
| 5. | 38 kJ | 30 kJ |

【No. 108】 クラウジウスの不等式に関する次の記述の㉗, ㉘に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

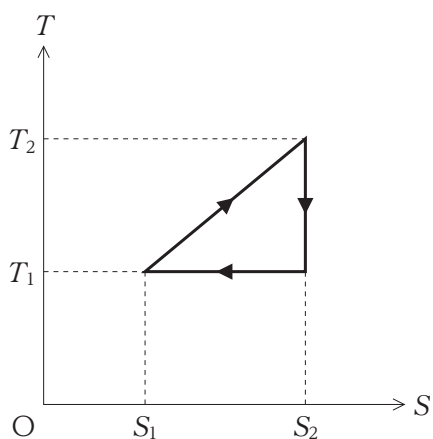
「温度 $T_1 = 1200 \text{ K}$, 温度 $T_2 = 1000 \text{ K}$ の二つの熱源から, それぞれ $Q_1 = 120 \text{ J}$, $Q_2 = 100 \text{ J}$ の熱を得て, $W = 170 \text{ J}$ の仕事をなし, 温度 $T_3 = 500 \text{ K}$ の熱源へ熱を排出する高効率な熱機関 A が開発されたという噂がある。この噂の真偽をクラウジウスの不等式で検証する。熱機関が温度 T の熱源と交換する熱量を Q (熱機関が得る熱を正とし, 排出する熱を負とする。)としたとき, A のサイクルにおいて, $\frac{\delta Q}{T}$ の周回積分 $\oint \frac{\delta Q}{T}$ は ㉗ となる。よって, A のサイクルはクラウジウスの不等式を ㉘ であることがわかる。

ただし, 熱源と熱の授受を行うときの A の温度は, それぞれの熱源の温度と等しいものとする。」

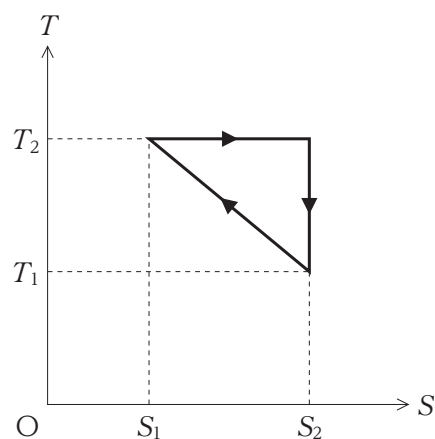
- | ㉗ | ㉘ |
|------------------------|-------------|
| 1. -0.14 J/K | 満たすので, 噂は真 |
| 2. 0 J/K | 満たさないで, 噂は偽 |
| 3. 0 J/K | 満たすので, 噂は真 |
| 4. 0.10 J/K | 満たさないで, 噂は偽 |
| 5. 0.10 J/K | 満たすので, 噂は真 |

【No. 109】 熱サイクルに関する次の記述の㉞, ㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図Ⅰのような T - S 線図で表されるサイクルの理論熱効率 η_1 は ㉞ と表される。図Ⅱのような T - S 線図で表されるサイクルの理論熱効率を η_2 とすると, T_2 を無限大にしたとき, $\frac{\eta_1}{\eta_2} =$ ㉟ となる。」



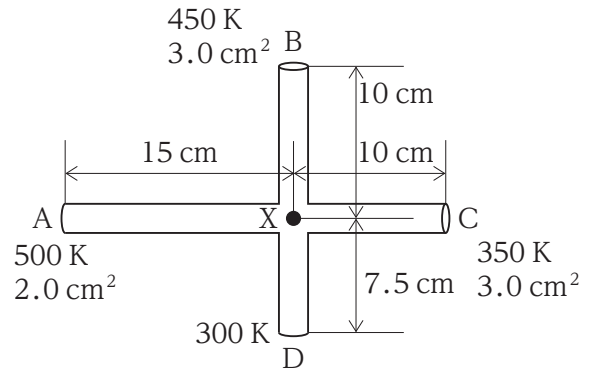
図Ⅰ



図Ⅱ

- | | ㉞ | ㉟ |
|----|-------------------------------|---|
| 1. | $\frac{T_1}{T_1 + T_2}$ | 1 |
| 2. | $\frac{T_1}{T_1 + T_2}$ | 2 |
| 3. | $\frac{T_2 - T_1}{T_1 + T_2}$ | 0 |
| 4. | $\frac{T_2 - T_1}{T_1 + T_2}$ | 1 |
| 5. | $\frac{T_2 - T_1}{T_1 + T_2}$ | 2 |

【No. 110】 図のような，同一の材料を用いた均質な 4 本の丸棒の一端を 1 か所で結合した十字形物体がある。結合した箇所を X，各丸棒の他端を A，B，C，D とする。AX 間，BX 間，CX 間，DX 間の長さはそれぞれ 15 cm，10 cm，10 cm，7.5 cm で，AX 間，BX 間，CX 間の断面積はそれぞれ 2.0 cm^2 ， 3.0 cm^2 ， 3.0 cm^2 である。A，B，C，D で



の温度はそれぞれ常に 500 K，450 K，350 K，300 K に保たれている。定常状態における X での温度が 400 K であるとき，DX 間の断面積はおよそいくらか。

ただし，丸棒表面からの放熱はないものとし，熱伝導のみを考えるものとする。

1. 1.0 cm^2
2. 1.5 cm^2
3. 2.0 cm^2
4. 2.5 cm^2
5. 3.0 cm^2

No. 116～No. 120 は選択問題(科目 20. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 116】 気体分子運動論によれば、単原子分子 1 個の平均運動エネルギーは、ボルツマン定数を k 、温度を T とすると $\frac{3}{2}kT$ で表すことができる。このとき、温度 300 K においてモル質量 $4.00 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ の単原子分子が並進運動する平均の速さはおよそいくらか。

ただし、一般気体定数は $R_0 = 8.31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ であるものとする。

なお、アボガドロ定数(1 mol 当りに含まれる分子の個数)を N_A とするとき、 $R_0 = kN_A$ が成り立つことを用いてよい。

1. 25.0 m/s
2. 43.2 m/s
3. 347 m/s
4. 1.37 km/s
5. 1.93 km/s

【No. 117】 断熱性のピストン-シリンダ容器に理想気体が封入されている。いま、気体に熱を加えたところ、気体の圧力が一定のままピストンが滑らかに動き、気体は加えられた熱量の 40 % の仕事を外部にした。この気体の比熱比はおよそいくらか。

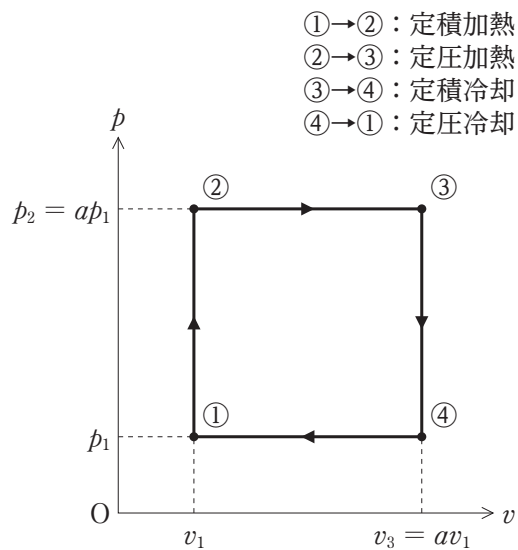
ただし、気体の状態変化は可逆的であるものとする。

1. $\frac{6}{5}$
2. $\frac{4}{3}$
3. $\frac{7}{5}$
4. $\frac{3}{2}$
5. $\frac{5}{3}$

【No. 118】 図に示す $p-v$ 線図のように、比熱比が 1.50 の理想気体の状態を、定積加熱(①→②)、定圧加熱(②→③)、定積冷却(③→④)及び定圧冷却(④→①)で構成されるサイクルに従って可逆的に変化させる。状態①～④の圧力、比体積をそれぞれ p_i , v_i ($i = 1 \sim 4$) で表すと、定数 $a (> 1)$ を用いて $p_2 = ap_1$ 及び $v_3 = av_1$ の関係がある。いま、 a の値を十分大きくするとき、このサイクルの理論熱効率はおおよそいくらか。

なお、定圧比熱を c_p 、定積比熱を c_v 、気体定数を R とするとき、理想気体では $c_p - c_v = R$ の関係が成り立つことを用いてよい。

1. 0.27
2. 0.30
3. 0.33
4. 0.36
5. 0.39



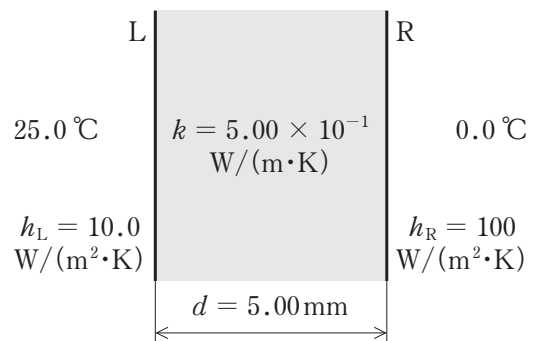
【No. 119】 熱機関として作動する二つの可逆カルノーサイクルに関する次の記述の㉔, ㉕に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「可逆カルノーサイクル A は、温度 $6.00 \times 10^2 \text{ K}$ の等温過程において受熱してエントロピーが $3.00 \times 10^2 \text{ J/K}$ 増加する。一方、可逆カルノーサイクル B は、温度 $9.00 \times 10^2 \text{ K}$ の等温過程において A と等しい熱量を受け取る。このとき、B が 1 サイクル当たりに行う正味の仕事は ㉔ となり、A が 1 サイクル当たりに行う正味の仕事に比べて ㉕ 大きい。

ただし、A、B の作動流体は共に理想気体であり、A、B は共に温度 $3.00 \times 10^2 \text{ K}$ の等温過程において放熱するものとする。」

- | | ㉔ | ㉕ |
|----|---------|-------|
| 1. | 90.0 kJ | 20 kJ |
| 2. | 90.0 kJ | 30 kJ |
| 3. | 120 kJ | 20 kJ |
| 4. | 120 kJ | 30 kJ |
| 5. | 120 kJ | 40 kJ |

【No. 120】 図のように、熱伝導率 $k = 5.00 \times 10^{-1} \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 、厚さ $d = 5.00 \text{ mm}$ の十分広い平行平板が空気中に置かれており、平板の左側面 L における熱伝達率 h_L は $h_L = 10.0 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 、L から十分離れた位置における空気の温度は 25.0°C である。



一方、平板の右側面 R における熱伝達率 h_R は $h_R = 100 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 、R から十分離れた位置における空気の温度は 0.0°C である。このとき、定常状態における L の温度はおよそいくらか。

ただし、L 及び R における接触熱抵抗は無視できるものとする。

- 4.2 $^\circ \text{C}$
- 6.2 $^\circ \text{C}$
- 8.2 $^\circ \text{C}$
- 10.2 $^\circ \text{C}$
- 12.2 $^\circ \text{C}$

No. 116～No. 120 は選択問題(科目 20. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 116】 気体分子運動論による理想気体に関する記述㉠, ㉡, ㉢のうち妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

ただし、理想気体の気体定数を R [J/(kg・K)] とする。

㉠ 単原子分子の運動では並進運動のみを考えればよいが、2 原子分子の運動では並進運動以外の運動も考える必要がある。

㉡ 単原子分子の自由度は 3 であるため、単原子分子で構成される理想気体の定積比熱は $\frac{3}{2}R$ で表される。

㉢ 常温付近において、2 原子分子の自由度は 6 であるため、2 原子分子で構成される理想気体の比熱比は $\frac{4}{3}$ である。

1. ㉠
2. ㉠, ㉡
3. ㉠, ㉡, ㉢
4. ㉡, ㉢
5. ㉢

【No. 117】 比熱比 κ の理想気体 1 kg が温度 T 、体積 V の状態①にある。この状態①から体積を V で一定のまま温度を εT まで増加させ、次に温度を εT で一定のまま体積を εV まで増加させ、状態②とする。状態①、状態②のエントロピーをそれぞれ S_1 、 S_2 とするとき、エントロピーの変化量 ($S_2 - S_1$) として最も妥当なのはどれか。

ただし、理想気体の気体定数を R [J/(kg・K)]、 $\varepsilon > 1$ とし、全ての状態変化は可逆的に行われるものとする。

なお、気体の定積比熱を c_v [J/(kg・K)]、定圧比熱を c_p [J/(kg・K)] とすると、理想気体においては、 $c_p - c_v = R$ の関係が成り立つことを用いてよい。

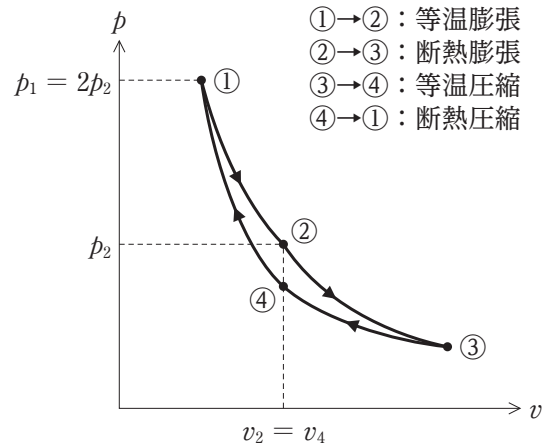
1. $\frac{\kappa R}{\kappa - 1} \ln \frac{1}{\varepsilon}$
2. $\frac{R}{\kappa - 1} \ln \frac{1}{\varepsilon}$
3. $R \ln \varepsilon$
4. $\frac{R}{\kappa - 1} \ln \varepsilon$
5. $\frac{\kappa R}{\kappa - 1} \ln \varepsilon$

【No. 118】 比熱比 κ の理想気体の圧力を p 、比体積を v とする。いま、この理想気体の状態を $pv^n = (\text{一定})$ の関係を満たしながら可逆的に変化させるとき、記述㉖～㉙のうち妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉖ $n = 0$ のとき、気体の温度が変化しても、圧力は変化しない。
- ㉗ $n = 1$ のとき、気体の比体積が減少すると、圧力は増加する。
- ㉘ $n = \kappa$ のとき、気体の温度が減少すると、比体積も減少する。
- ㉙ $n = \infty$ のとき、気体の温度が増加すると、比体積も増加する。

1. ㉖, ㉗
2. ㉖, ㉗, ㉙
3. ㉖, ㉘
4. ㉗, ㉘, ㉙
5. ㉘, ㉙

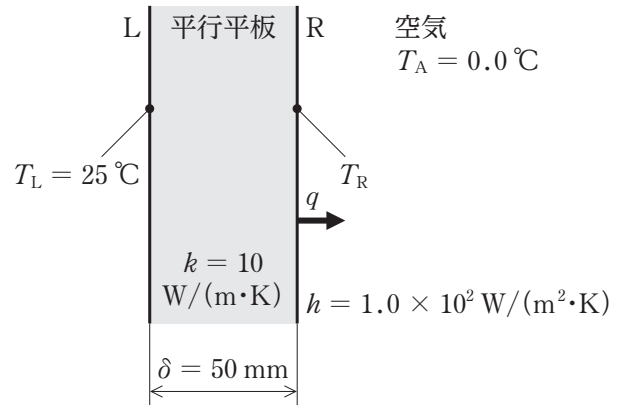
【No. 119】 図に示す $p-v$ 線図のように、比熱比 $\kappa = 1.5$ の理想気体の状態を、等温膨張(①→②)、断熱膨張(②→③)、等温圧縮(③→④)及び断熱圧縮(④→①)で構成されるカルノーサイクルにしたがって可逆的に変化させる。いま、状態①の圧力を p_1 、状態②の圧力を p_2 、比体積を v_2 、状態④の比体積を v_4 として、 $p_1 = 2p_2$ 及び $v_2 = v_4$ の関係が成り立つとき、このサイクルの理論熱効率はおよそいくらか。



なお、気体の温度を T 、比体積を v とすると、理想気体の断熱変化では、 $Tv^{\kappa-1} = (\text{一定})$ の関係が成り立つことを用いてよい。

1. 0.19
2. 0.24
3. 0.29
4. 0.34
5. 0.39

【No. 120】 図のように，熱伝導率 $k = 10$ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，厚さ $\delta = 50$ mm の十分広い平行平板があり，左側面 L の表面温度は $T_L = 25$ $^{\circ}\text{C}$ で一定である。一方，右側面 R は空気と接しており，R と空気間の熱伝達率は $h = 1.0 \times 10^2$ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，R から十分離れた位置における空気の温度は $T_A = 0.0$ $^{\circ}\text{C}$ で一定である。このとき，定常状態における R の表面温度 T_R はおよそいくらか。



ただし，R における接触熱抵抗は無視できるものとする。

なお，表面温度 T_R の R から，温度 T_A ($T_R > T_A$) の空気への熱流束 q は， $q = h(T_R - T_A)$ で表されることを用いてよい。

1. 2.0°C
2. 7.0°C
3. 12°C
4. 17°C
5. 22°C

No. 116～No. 120 は選択問題(科目 20. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 116】 次の記述の㉞, ㉟, ㊱に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

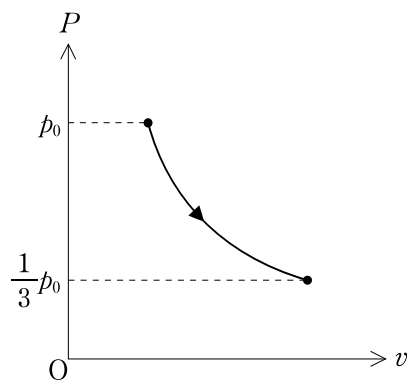
- ・熱力学の第一法則及び第二法則によると、仕事を 100 % 熱に変換することは ㉞ であるが、逆に熱を 100 % 仕事に変換することは ㉟ である。
- ・孤立した系の内部で不可逆変化が生じた場合、系全体のエントロピーは ㊱ 。

㉞	㉟	㊱
1. 可能	不可能	増加する
2. 可能	不可能	変化しない
3. 可能	不可能	減少する
4. 不可能	可能	増加する
5. 不可能	可能	変化しない

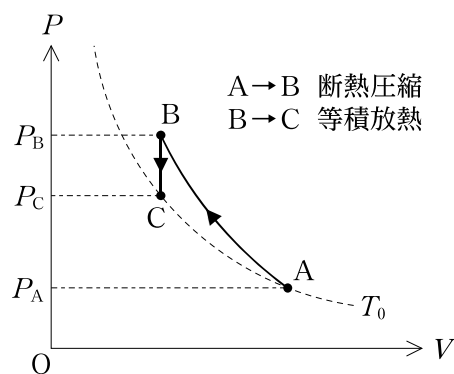
【No. 117】 滑らかに動く軽いピストンとシリンダからなる容器に、温度 T の理想気体を圧力 p_0 で密封し、図のような $P-v$ 線図の経路に沿って、圧力が $\frac{1}{3}p_0$ になるまで準静的に等温膨張させた。このとき、理想気体の比内部エネルギーの変化量 Δu と、理想気体 1 kg 当たりに加えた熱量 Δq の組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、理想気体の気体定数を $R[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$ とする。

	Δu	Δq
1.	0	$\frac{5}{2}RT$
2.	0	$RT\ln 3$
3.	0	$\frac{3}{2}RT$
4.	$\frac{3}{2}RT$	$RT\ln 3$
5.	$\frac{3}{2}RT$	$\frac{3}{2}RT$



【No. 118】 滑らかに動く軽いピストンとシリンダからなる容器に密封された理想気体を，図のような $P-V$ 線図の経路に沿って準静的に状態変化させる。この理想気体は初め，温度 T_0 ，圧力 P_A の状態 A であり，状態 A からピストンを動かして断熱圧縮すると，圧力が P_B まで上がった(状態 B)。また，この位置でピストンを固定して，等積放熱させたところ，温度が T_0 まで下がり，圧力が P_C まで下がった(状態 C)。



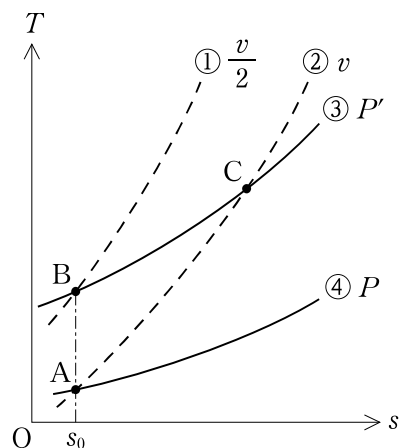
このとき，この理想気体の比熱比を表す式として最も妥当なのはどれか。

1. $\ln\left(\frac{P_C - P_A}{P_B - P_C}\right)$
2. $\ln\left(\frac{P_B - P_A}{P_C - P_A}\right)$
3. $\frac{\ln(P_C/P_A)}{\ln(P_B/P_C)}$
4. $\frac{\ln(P_B/P_A)}{\ln(P_B/P_C)}$
5. $\frac{\ln(P_B/P_A)}{\ln(P_C/P_A)}$

【No. 119】 理想気体の状態変化に関する次の記述の㉔, ㉕, ㉖に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図は、比熱比 κ , 気体定数 R [J/(kg・K)] の理想気体の状態を $T-s$ 線図上に表したものであり、破線①, ②は等積線, 実線③, ④は等圧線である。理想気体は状態 A, B, C をとり, 状態 A の比体積は v , 圧力は P , 比エントロピーは s_0 , 状態 B の比体積は $\frac{v}{2}$, 圧力は P' , 比エントロピーは s_0 , 状態 C の比体積は v , 圧力は P' である。このとき, 実線③の圧力 P' は ㉔, 状態 C の温度は ㉕ となり, 状態 C の比エントロピーは, s_0 より ㉖ だけ大きくなる。

ただし, 理想気体の状態変化は可逆的であるものとする。」



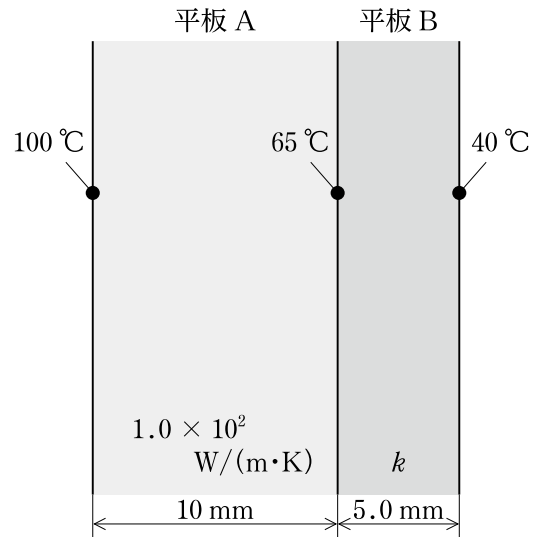
- | | ㉔ | ㉕ | ㉖ |
|----|----------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 1. | $2^\kappa P$ | $\frac{2^\kappa P v}{R}$ | $\frac{\kappa R}{\kappa - 1} \ln 2$ |
| 2. | $2^\kappa P$ | $\frac{2^\kappa P v}{R}$ | $\frac{R}{\kappa - 1} \ln 2$ |
| 3. | $2^\kappa P$ | $\frac{2^{\kappa-1} P v}{R}$ | $\frac{R}{\kappa - 1} \ln 2$ |
| 4. | $\frac{P}{2^\kappa}$ | $\frac{2^\kappa P v}{R}$ | $\frac{\kappa R}{\kappa - 1} \ln 2$ |
| 5. | $\frac{P}{2^\kappa}$ | $\frac{2^{\kappa-1} P v}{R}$ | $\frac{R}{\kappa - 1} \ln 2$ |

【No. 120】 平行平板の熱伝導に関する次の記述の㉞, ㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図のように, 厚さ 10 mm, 熱伝導率 $1.0 \times 10^2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の平板 A の右側面に, 厚さ 5.0 mm, 熱伝導率 k の平板 B を隙間なく貼り合わせ, A の左側面全体を一樣に加熱した。A と B が定常状態に達したときの温度は, A の左側面が 100°C , A と B の接合面が 65°C , B の右側面が 40°C であった。

このとき, 平板内を左から右へ伝わる熱流束はおおよそ ㉞ である。また, k はおおよそ ㉟ である。

ただし, 平板は十分広く, 接合面における接触熱抵抗は無視できるものとする。」



- | ㉞ | ㉟ |
|---|---------------------------------------|
| 1. $2.5 \times 10^5 \text{ W}/\text{m}^2$ | 50 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ |
| 2. $2.5 \times 10^5 \text{ W}/\text{m}^2$ | 60 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ |
| 3. $2.5 \times 10^5 \text{ W}/\text{m}^2$ | 70 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ |
| 4. $3.5 \times 10^5 \text{ W}/\text{m}^2$ | 60 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ |
| 5. $3.5 \times 10^5 \text{ W}/\text{m}^2$ | 70 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ |

No. 116～No. 120 は選択問題(科目 20. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 116】 閉じた系における理想気体の状態変化に関する記述㉔, ㉕, ㉖のうち妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉔ 理想気体を可逆的に等温膨張させると、内部エネルギーの変化がないため、エントロピーは変化しないが、エンタルピーは増大する。
- ㉕ 理想気体を可逆的に断熱変化させる際に気体が外部へ行う仕事は、変化前後の平衡状態のみで決まり、操作の方法や途中経過に依存しない。
- ㉖ 理想気体を真空へ断熱的に自由膨張させると、気体は外部へ仕事を行い、内部エネルギーが減少して、気体の温度が低下する。

1. ㉔
2. ㉔, ㉕
3. ㉔, ㉖
4. ㉕
5. ㉕, ㉖

【No. 117】 理想気体の断熱変化に関する次の記述の㉔, ㉕に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「滑らかに動く軽いピストン及びシリンダからなる断熱容器に、質量 m 、体積 V_1 、温度 T_1 の理想気体を密封し、体積が V_2 ($V_1 < V_2$) になるまで準静的に断熱膨張させたとき、理想気体が外部にする絶対仕事 W は、理想気体の気体定数を R 、比熱比を κ として、 $W = \boxed{\text{㉔}}$ となる。

いま、質量 1.00 kg の理想気体が準静的に断熱膨張して、温度が 373 K から 273 K まで変化したとき、絶対仕事はおよそ $\boxed{\text{㉕}}$ となる。

ただし、 $R = 287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、 $\kappa = 1.40$ とする。

なお、理想気体の断熱変化では、理想気体の圧力を P 、体積を V として、 $PV^\kappa = (\text{一定})$ が成り立つことを用いてよい。」

- | ㉔ | ㉕ |
|---|--------|
| 1. $\frac{mRT_1}{\kappa - 1} \left\{ 1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} \right\}$ | 72 kJ |
| 2. $\frac{mRT_1}{\kappa - 1} \left\{ 1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} \right\}$ | 12 kJ |
| 3. $\frac{mRT_1}{\kappa - 1} \left\{ 1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\kappa \right\}$ | 72 kJ |
| 4. $\frac{mRT_1}{\kappa - 1} \left\{ 1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\kappa \right\}$ | 12 kJ |
| 5. $\frac{m\kappa RT_1}{\kappa - 1} \left\{ 1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} \right\}$ | 100 kJ |

【No. 118】 動作係数（成績係数）に関する次の記述の㉞，㉟，㊱に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「冷蔵庫は，外部から投入したエネルギーによって庫内から周囲へ熱を移動させることにより，庫内を低温に保っている。その性能を表す動作係数は，高温熱源へ捨てる熱量を Q_H ，低温熱源から奪う熱量を Q_C とすると，㉞ と表される。

いま，動作係数 5.0 の冷蔵庫が $6.0 \times 10^2 \text{ W}$ の電力を消費し，庫内を低温に保っている。このとき，庫内から 1 秒当たりおよそ ㉟ の熱量を奪い，1 秒当たりおよそ ㊱ の熱量を周囲に放熱している。

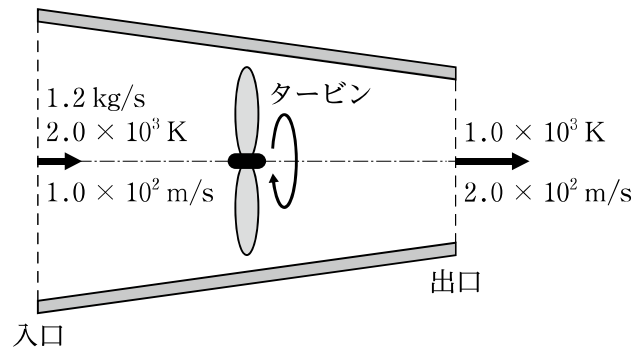
ただし，冷蔵庫に関するエネルギー収支は， Q_H ， Q_C ，投入された電力のみで成り立っているものとする。」

㉞	㉟	㊱
1. $\frac{Q_H}{Q_H - Q_C}$	$1.2 \times 10^2 \text{ J}$	$1.5 \times 10^2 \text{ J}$
2. $\frac{Q_H}{Q_H - Q_C}$	$2.4 \times 10^3 \text{ J}$	$3.0 \times 10^3 \text{ J}$
3. $\frac{Q_C}{Q_H - Q_C}$	$3.0 \times 10^3 \text{ J}$	$2.5 \times 10^3 \text{ J}$
4. $\frac{Q_C}{Q_H - Q_C}$	$3.0 \times 10^3 \text{ J}$	$3.6 \times 10^3 \text{ J}$
5. $\frac{Q_H - Q_C}{Q_C}$	$1.2 \times 10^2 \text{ J}$	$7.2 \times 10^2 \text{ J}$

【No. 119】 図のように、作動流体が質量流量 1.2 kg/s で流入してタービンを回転させ、工業仕事を定常的に取り出している装置がある。作動流体は、流路の入口では温度 $2.0 \times 10^3 \text{ K}$ 、速さ $1.0 \times 10^2 \text{ m/s}$ 、出口では温度 $1.0 \times 10^3 \text{ K}$ 、速さ $2.0 \times 10^2 \text{ m/s}$ でそれぞれ一定である。作動流体を定圧比熱 $1.0 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ の理想気体とすると、タービンによって1秒当たりに取り出される工業仕事はおおよそいくらか。

ただし、流路の入口と出口において作動流体が有するポテンシャルエネルギーの差、作動流体の熱損失及び摩擦損失並びにタービンの回転による機械的な損失は全て無視できるものとする。

1. 0.80 MJ
2. 0.90 MJ
3. 1.0 MJ
4. 1.1 MJ
5. 1.2 MJ

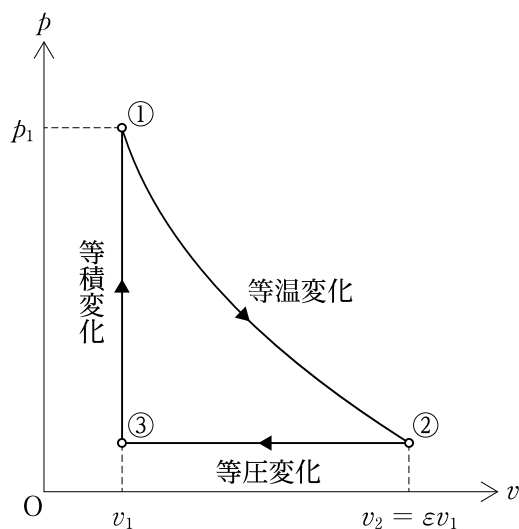


【No. 120】 熱機関に関する次の記述の㉞, ㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「滑らかに動く軽いピストンとシリンダからなる容器に気体定数 R [J/(kg・K)] の理想気体が密封されている。この気体を、図のような p - v 線図の経路に沿ってそれぞれ準静的に、等温変化(①→②), 等圧変化(②→③), 等積変化(③→①)させるサイクルを考える。

いま, ①の状態の圧力を p_1 , 比体積を v_1 , 温度を T_1 として, ②の状態の比体積 v_2 が $v_2 = \varepsilon v_1$ ($\varepsilon > 1$) となった。このとき, ③の状態の気体の温度は, ㉞ となる。また, 1 kg 当たりの気体が 1 サイクルの間に行った正味の仕事は, ㉟ となる。」

- | ㉞ | ㉟ |
|------------------------------|---|
| 1. $\frac{T_1}{\varepsilon}$ | $RT_1 \left(\ln \varepsilon + \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)$ |
| 2. $\frac{T_1}{\varepsilon}$ | $RT_1 \left(\ln \varepsilon - \frac{1}{\varepsilon} + 1 \right)$ |
| 3. $\frac{T_1}{\varepsilon}$ | $RT_1 \left(\ln \varepsilon + \frac{1}{\varepsilon} + 1 \right)$ |
| 4. $T_1 \varepsilon$ | $RT_1 \left(\ln \varepsilon + \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)$ |
| 5. $T_1 \varepsilon$ | $RT_1 \left(\ln \varepsilon + \frac{1}{\varepsilon} + 1 \right)$ |



No. 116～No. 120 は選択問題(科目 20. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 116】 気体の圧力を p ，単位質量当たりの体積を v とする。質量 1.00 kg の理想気体が，

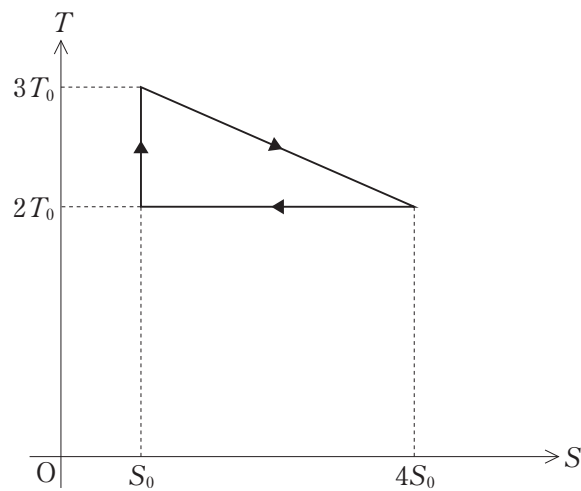
$$pv^3 = \text{一定}$$

で表されるポリトロプ変化をしたとき，温度が 400 K から 300 K になった。このとき，この理想気体が外部に対してした絶対仕事はおよそいくらか。

ただし，気体定数を $0.250 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ とする。

1. 8.30 kJ
2. 12.5 kJ
3. 18.8 kJ
4. 21.3 kJ
5. 27.8 kJ

【No. 117】 図のような $T-S$ 線図で表されるサイクルの理論熱効率として最も妥当なのはどれか。



1. $\frac{1}{7}$
2. $\frac{1}{5}$
3. $\frac{2}{5}$
4. $\frac{4}{7}$
5. $\frac{3}{5}$

【No. 118】 図のように、流路中に設けられた小さい孔を気体が通過すると、圧力が流れ方向に低下する。このような現象を絞り過程という。定常流れの絞り過程において、絞り前後における気体の比エンタルピー h 、比エントロピー s の関係を表す組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、気体の状態は絞りの上流を添え字 1、絞りの下流を添え字 2 で表す。また、気体は理想気体とし、外部と熱及び仕事の授受はなく、絞り前後における気体の運動エネルギー及び位置エネルギーの変化は無視できるものとする。



比エンタルピー	比エントロピー
1. $h_1 = h_2$	$s_1 < s_2$
2. $h_1 = h_2$	$s_1 > s_2$
3. $h_1 = h_2$	$s_1 = s_2$
4. $h_1 > h_2$	$s_1 < s_2$
5. $h_1 > h_2$	$s_1 = s_2$

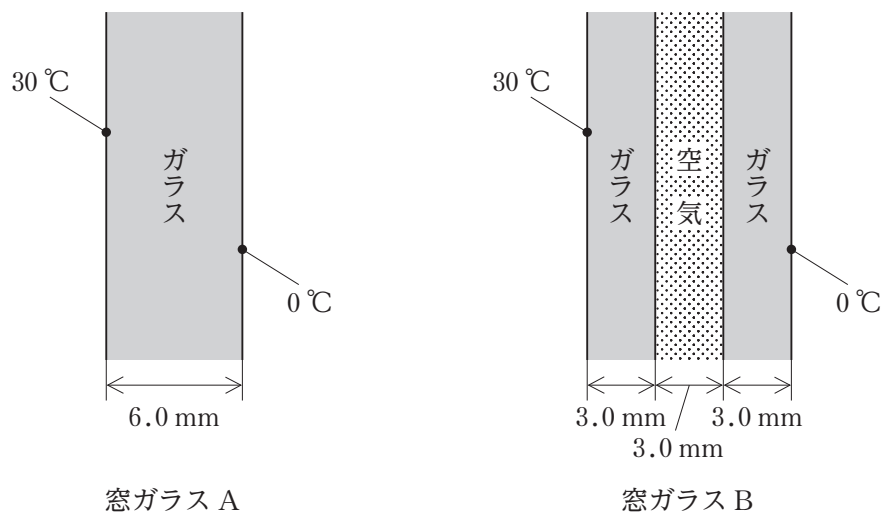
【No. 119】 ある熱サイクルは三つの過程から構成されており、作動流体は、過程 1 で 100 kJ の仕事を受けて 20 kJ の熱を放熱し、過程 2 で 60 kJ の仕事を行って熱量 Q を受熱し、過程 3 で 200 kJ の仕事を行って 240 kJ の熱を放熱する。このとき、熱量 Q はおよそいくらか。

1. 100 kJ
2. 300 kJ
3. 380 kJ
4. 420 kJ
5. 620 kJ

【No. 120】 図のような、厚さ 6.0 mm のガラス板 1 枚からなる窓ガラス A、厚さ 3.0 mm のガラス板 2 枚からなる窓ガラス B がある。なお、窓ガラス B は、内部に厚さ 3.0 mm の空気層が保持されている複層ガラスとなっている。

いま、図のように、窓ガラス A 及び窓ガラス B は、共に両側の表面温度が 30°C と 0°C に保たれ、定常状態となっている。このとき、単位時間、単位面積あたりに窓ガラス A、窓ガラス B を通過する熱量をそれぞれ Q_A 、 Q_B とすると、 $\frac{Q_A}{Q_B}$ はおよそいくらか。

ただし、ガラス板の熱伝導率を $1.1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、空気の熱伝導率を $2.4 \times 10^{-2} \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ とする。また、窓ガラス A 及び窓ガラス B は十分に大きく、窓ガラス B 内の空気層の対流、放射伝熱は考慮しないものとする。



1. 8.0
2. 12
3. 16
4. 20
5. 24

No. 116～No. 120 は選択問題(科目 20. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 116】 金属 A でできた質量 2.5 kg、温度 20℃ の容器に、容器と同じ温度の水が 5.0 kg 入っている。この中に金属 B でできた質量 2.0 kg、温度 89℃ の金属塊を投入する。十分に時間が経過し平衡状態となったとき、水温はおよそいくらか。

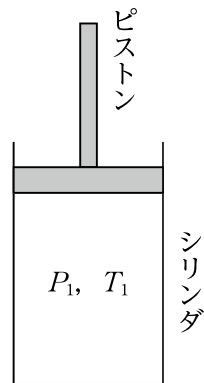
ただし、金属 A の比熱を $0.40 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、金属 B の比熱を $0.50 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、水の比熱を $4.2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ とする。また、容器、金属塊及び水の間でのみ熱のやりとりがあるものとする。

1. 23℃
2. 26℃
3. 29℃
4. 32℃
5. 35℃

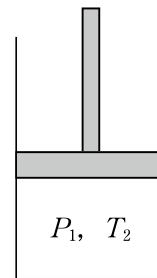
【No. 117】 次の記述の㉞, ㉟, ㊱に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図Ⅰのように、シリンダに入っている、圧力 P_1 [Pa]、温度 T_1 [K] の理想気体 m [kg] を圧力一定の下で温度 T_2 [K] まで冷却すると、図Ⅱのようになった。このとき、シリンダ内の気体が外部から受け取る仕事 ΔW と熱量 ΔQ は、 $\Delta W =$ ㉞ , $\Delta Q =$ ㉟ となる。また、エントロピーの変化量は、 $\Delta S =$ ㊱ となる。

ただし、理想気体の気体定数を R [J/(kg・K)]、定圧比熱を C_p [J/(kg・K)] とし、ピストンとシリンダの間から気体の漏れはなく、また、状態変化は可逆的に行われるものとする。」



図Ⅰ



図Ⅱ

㉞

㉟

㊱

1. $mR(T_1 - T_2)$

$mC_p(T_2 - T_1)$

$mC_p \ln \frac{T_2}{T_1}$

2. $mR(T_1 - T_2)$

$mC_p(T_2 - T_1)$

$mR \ln \frac{T_2}{T_1}$

3. $mR(T_1 - T_2)$

$mR(T_2 - T_1)$

$mC_p \ln \frac{T_2}{T_1}$

4. $mC_p(T_1 - T_2)$

$mC_p(T_2 - T_1)$

$mR \ln \frac{T_2}{T_1}$

5. $mC_p(T_1 - T_2)$

$mR(T_2 - T_1)$

$mR \ln \frac{T_2}{T_1}$

【No. 118】 圧力を 0.10 MPa に保ちながら、温度 100 °C の飽和水 1.0 kg に 1.7 MJ の熱量を加えて湿り蒸気を得た。このとき、湿り蒸気中の飽和水蒸気の質量はおよそいくらか。

ただし、圧力 0.10 MPa における温度 100 °C の飽和水と飽和水蒸気の比エンタルピーを、それぞれ 0.42 MJ/kg, 2.7 MJ/kg とする。

1. 0.55 kg
2. 0.65 kg
3. 0.75 kg
4. 0.85 kg
5. 0.95 kg

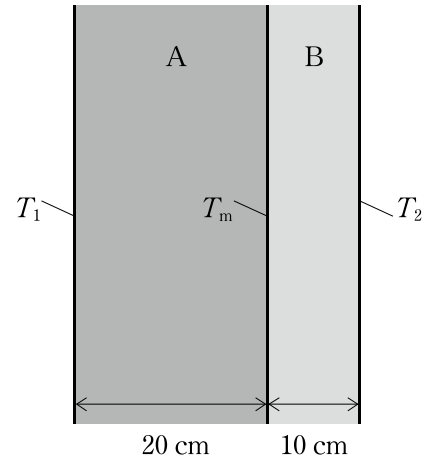
【No. 119】 300 K の大気を低温熱源とする可逆カルノーサイクルで作動する熱機関に、高温熱源から 1 サイクル当たり 1.8 kJ の熱量を供給し、0.6 kJ の仕事を得更るようにしたい。このとき、高温熱源の温度はおよそいくらか。

1. 400 K
2. 450 K
3. 500 K
4. 550 K
5. 600 K

【No. 120】 図のような、厚さ 20 cm，熱伝導率 $3.0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の無限平板 A と，厚さ 10 cm，熱伝導率 $1.0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の無限平板 B とが密着した複合平板がある。定常状態でその両端の温度がそれぞれ $T_1 = 30^\circ\text{C}$ ， $T_2 = -10^\circ\text{C}$ であった。このとき，無限平板 A，B の境界温度 T_m はおよそいくらか。

ただし，無限平板 A，B 間の接触熱抵抗は無視できるものとする。

1. 6.0°C
2. 10°C
3. 14°C
4. 18°C
5. 22°C



No. 116～No. 120 は選択問題(科目 20. 熱力学・熱機関[機械系])です。

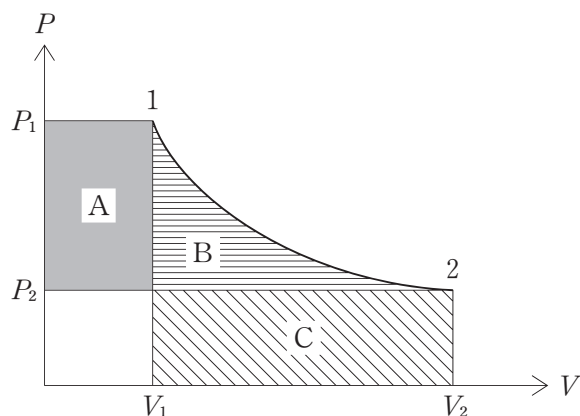
解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 116】 次の記述の㉞, ㉟, ㊱に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図のように、気体が1の状態から2の状態に可逆変化したものとすると、気体が外部に対して行った絶対仕事 W_{12} は、㉞ で表される。

気体が可逆変化をするとき、外部に対して行う絶対仕事 W_{12} と工業仕事 W_t は、㉟ の関係が成り立ち、 W_t は図の ㊱ の面積で示すことができる。

ただし、気体の体積を V 、圧力を P で表すものとする。」



㉞

㉟

㊱

1. $W_{12} = \int_1^2 P dV$

$W_t = W_{12} - P_2(V_2 - V_1)$

B

2. $W_{12} = \int_2^1 V dP$

$W_t = W_{12} + P_1 V_1 - P_2 V_2$

A + B

3. $W_{12} = \int_1^2 P dV$

$W_t = W_{12} + P_2 V_2 - P_1 V_1$

B + C

4. $W_{12} = \int_1^2 P dV$

$W_t = W_{12} + P_1 V_1 - P_2 V_2$

A + B

5. $W_{12} = \int_2^1 V dP$

$W_t = W_{12} + P_2 V_2 - P_1 V_1$

B + C

【No. 117】 温度 T_1 、体積 V_1 の理想気体 1 mol を次の a, b のように状態変化させる場合、それぞれの場合のエントロピーの変化量の組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、一般気体定数を R 、この理想気体の定圧モル比熱を C_p 、定容モル比熱を C_v とする。

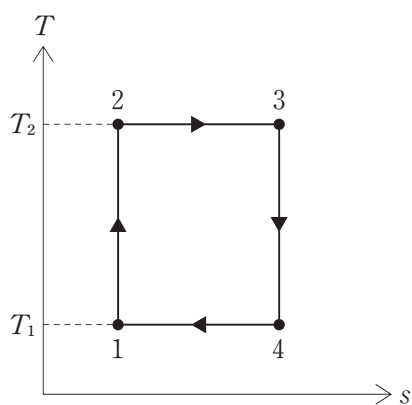
a : 温度 T_1 を一定のまま加熱し、体積を V_2 にした場合

b : a の状態変化後、体積 V_2 を一定のまま冷却し、温度を T_2 にした場合

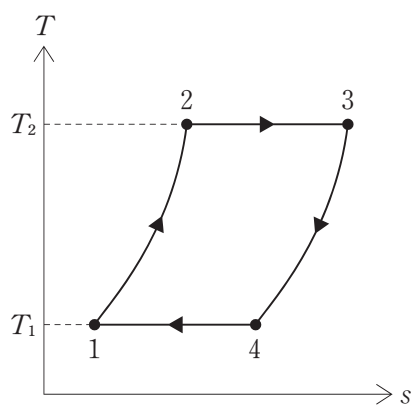
- | | a | b |
|----|---------------------------|---------------------------|
| 1. | $C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$ | $C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$ |
| 2. | $R \ln \frac{V_2}{V_1}$ | $C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$ |
| 3. | $C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$ | 0 |
| 4. | 0 | $R \ln \frac{T_2}{T_1}$ |
| 5. | $R \ln \frac{V_2}{V_1}$ | 0 |

【No. 118】 ガスサイクルに関する次の記述の㉞, ㉟, ㊦に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「等容加熱(1→2), 等温膨張(2→3), 等容冷却(3→4), 等温圧縮(4→1)の4過程から構成されるサイクルを ㉞ といい, その T - s 線図は ㉟ となる。ここで, 1→2での加熱量と3→4での放熱量は等しいので, 3→4での放熱量全てを熱交換器により1→2での加熱に利用できれば, その場合の ㉞ の理論熱効率, は, 二つの高低温度 T_2, T_1 の間で作動する ㊦ の熱効率と一致する。」



A



B

- | ㉞ | ㉟ | ㊦ |
|---------------|---|-----------|
| 1. オットーサイクル | A | ブレイトンサイクル |
| 2. オットーサイクル | B | カルノーサイクル |
| 3. スターリングサイクル | A | カルノーサイクル |
| 4. スターリングサイクル | A | ブレイトンサイクル |
| 5. スターリングサイクル | B | カルノーサイクル |

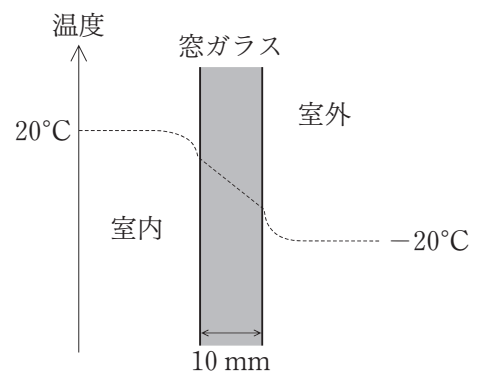
【No. 119】 熱効率 40.0%のエンジンを，出力 1.00 kW で 1 時間運転するのに必要な燃料の質量はおよそいくらか。

ただし，燃料の発熱量は 45.0 MJ/kg とし，燃料は完全燃焼するものとする。

1. 100 g
2. 150 g
3. 200 g
4. 250 g
5. 300 g

【No. 120】 図のように，面積 1.0 m^2 ，厚さ 10 mm，熱伝導率 $1.0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の窓ガラスにより室内外が仕切られている。室内温度は 20°C ，窓ガラスの室内側表面における熱伝達率は $5.0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，室外温度は -20°C ，窓ガラスの室外側表面における熱伝達率は $10 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ とする。定常状態において，単位時間あたりに窓ガラスを通じて室内から室外へ失われる熱量はおよそいくらか。

1. 90 W
2. 110 W
3. 130 W
4. 150 W
5. 170 W



No. 116～No. 120 は選択問題(科目 20. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 116】 次の記述の㉞, ㉟, ㊱に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

- ・ エネルギーを消費せず、継続して仕事を発生する機械は実現 ㉞ である。
- ・ 孤立した系の中で生じた変化が、可逆変化の場合は系全体のエントロピーの総和は ㉟ , 不可逆変化の場合は系全体のエントロピーの総和は ㊱ 。

	㉞	㉟	㊱
1. 可 能	変化せず	減少する	
2. 可 能	減少し	変化しない	
3. 不可能	変化せず	増加する	
4. 不可能	変化せず	減少する	
5. 不可能	減少し	変化しない	

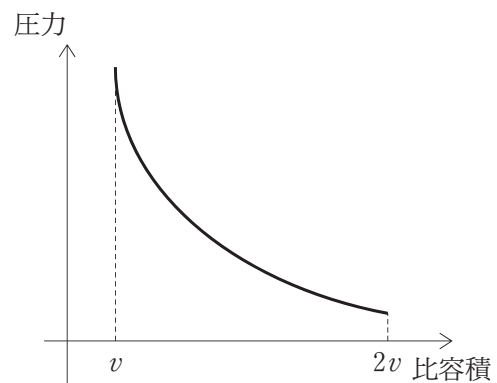
【No. 117】 理想気体の等温膨張に関する次の記述の㉞, ㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「シリンダー内において、比容積 v 、温度 T の理想気体を、比容積が $2v$ となるまで等温膨張させる。このとき、加えた単位質量当たりの熱量を q 、理想気体の比内部エネルギーの増加量を Δu とすると、

㉞ $= 0$ 及び ㉟ が成立する。

ただし、気体定数を R とする。」

	㉞	㉟
1. q	$\Delta u = RT$	
2. q	$\Delta u = 2RT$	
3. Δu	$q = RT$	
4. Δu	$q = RT \ln 2$	
5. Δu	$q = 2RT$	



【No. 118】 ポリトロープ変化に関する次の記述の㉞, ㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「理想気体のポリトロープ変化について考える。気体の圧力を P , 体積を V とし, n を任意の定数とすると, PV^n は常に一定である。 $n > 0$ の場合, 気体を変化させる前の圧力を P_1 , 温度を T_1 とし, 変化させた後の圧力を P_2 , 温度を T_2 とすると, $T_2 = \boxed{\text{㉞}}$ と表される。また, ポリトロープ変化は, n を ∞ に近づけると $\boxed{\text{㉟}}$ 変化に近づく。」

㉞

㉟

- | | |
|---|-----|
| 1. $T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n}{n-1}}$ | 等 温 |
| 2. $T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$ | 定 圧 |
| 3. $T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$ | 定 積 |
| 4. $T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{n}{n-1}}$ | 等 温 |
| 5. $T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{n-1}{n}}$ | 定 圧 |

【No. 119】 開いた系に関する次の記述の㉞, ㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

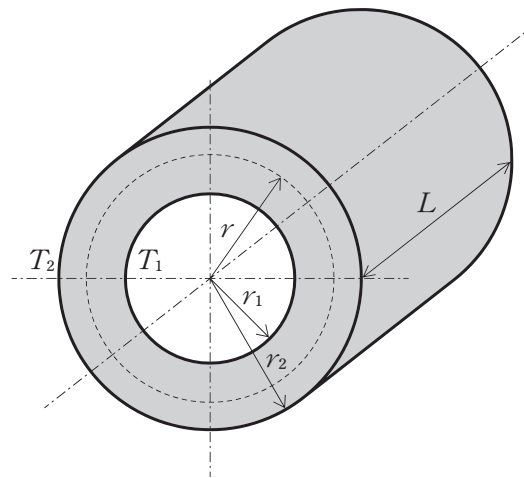
「流体の位置エネルギー及び運動エネルギーの変化を無視でき、可逆変化する開いた系(以下「開いた系」という。)において、流体の圧力を p 、比容積を v とし、開いた系がする単位質量当たりの工業仕事を w_t とすると、 $\delta w_t = \boxed{\text{㉞}}$ と表すことができる。また、流体の比内部エネルギーを u とすると、比エンタルピー $h = u + pv$ 及び開いた系に加えた単位質量当たりの熱量 q を用いて、熱力学第一法則(微分形)は $\delta q = dh + \delta w_t$ と表すことができる。

したがって、外部との熱交換がなく、開いた系である流体機械に圧力 1.0 MPa、比容積 $0.36 \text{ m}^3/\text{kg}$ 、比内部エネルギー 900 kJ/kg の作動流体が流入し、この機械から圧力 0.10 MPa、比容積 $1.6 \text{ m}^3/\text{kg}$ 、比内部エネルギー 400 kJ/kg の流体が流出する場合、質量流量が 2.0 kg/s で一定であるものとする、この機械の動力は $\boxed{\text{㉟}}$ kW である。」

- | ㉞ | ㉟ |
|-------------|------|
| 1. $-p dv$ | 2100 |
| 2. $v^2 dp$ | 2100 |
| 3. $v^2 dp$ | 2800 |
| 4. $-v dp$ | 1400 |
| 5. $-v dp$ | 2800 |

【No. 120】 熱伝導に関する次の記述の㉞, ㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図のように、熱伝導率 λ [W/(m・K)] の均一な材料でできた内半径 r_1 [m]、外半径 r_2 [m]、長さ L [m] の肉厚円筒において、半径 r 方向の熱伝導を考える。 $r = r_1$ の面の温度は T_1 [K] で、 $r = r_2$ の面の温度は T_2 [K] で一定に保たれ、両端面は断熱されており、定常状態である。このとき、図のような円筒の中心軸から半径 r [m] の仮想円筒面を単位時間当たり通過する熱量 \dot{Q} [W] が r によらず一定であることから、仮想円筒面における温度を T とすると、 $\boxed{\text{㉞}} = -\lambda \frac{dT}{dr}$ となり、この微分方程式を解くと、 $T = \boxed{\text{㉟}}$ となる。」



- | ㉞ | ㉟ |
|-------------------------------|---|
| 1. $\frac{\dot{Q}}{2\pi L^2}$ | $T_1 - (T_1 - T_2) \frac{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r}}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}}$ |
| 2. $\frac{\dot{Q}}{2\pi r L}$ | $T_1 - (T_1 - T_2) \frac{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r}}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}}$ |
| 3. $\frac{\dot{Q}}{2\pi r L}$ | $T_1 - (T_1 - T_2) \frac{\ln\left(\frac{r}{r_1}\right)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$ |
| 4. $\frac{\dot{Q}}{\pi L}$ | $T_1 - (T_1 - T_2) \frac{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r}}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}}$ |
| 5. $\frac{\dot{Q}}{\pi L}$ | $T_1 - (T_1 - T_2) \frac{\ln\left(\frac{r}{r_1}\right)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$ |

No. 116 ～No. 120 は選択問題(科目 20. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 116】 次の記述の㉗, ㉘, ㉙に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

- ・ 熱力学第二法則によれば, ㉗ の全てを継続して ㉘ に変えることができる機関は存在しない。
- ・ 孤立した系の中で不可逆変化が生じたとき, 系全体のエントロピーの総和は ㉙。

㉗

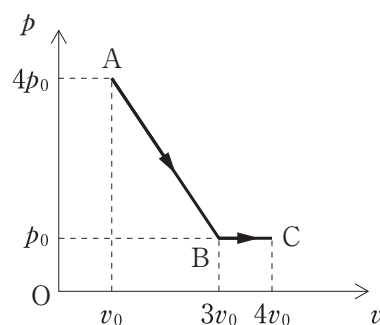
㉘

㉙

- | | | |
|-------|----|-------|
| 1. 仕事 | 熱 | 増加する |
| 2. 仕事 | 熱 | 減少する |
| 3. 熱 | 仕事 | 増加する |
| 4. 熱 | 仕事 | 変化しない |
| 5. 熱 | 仕事 | 減少する |

【No. 117】 図のような $p-v$ 線図の直線経路 AB 及び BC に沿って理想気体を変化させる。この気体の温度が最も高くなる時の比容積 v として最も妥当なのはどれか。

- $\frac{11}{6} v_0$
- $\frac{11}{4} v_0$
- $3v_0$
- $\frac{11}{3} v_0$
- $4v_0$



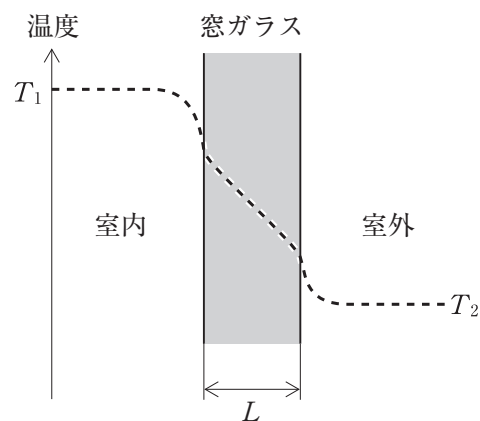
【No. 118】 圧力一定のもと、温度を 800 K から 1600 K まで上昇させるときの理想気体の比エントロピー変化を Δs_a とする。また、同じ気体を体積一定のもと、温度を 200 K から 800 K まで上昇させるときの比エントロピー変化を Δs_b とする。このとき、 $\frac{\Delta s_a}{\Delta s_b}$ の値として最も妥当なのはどれか。
ただし、この理想気体の定容比熱を c_v 、定圧比熱を c_p とする。

1. $\frac{2c_v}{c_p}$
2. $\frac{3(c_p - c_v)}{4c_p}$
3. $\frac{4(c_p - c_v)}{3c_v}$
4. $\frac{4c_p}{3c_v}$
5. $\frac{c_p}{2c_v}$

【No. 119】 1 サイクル当たり 400 kJ の熱を受熱する可逆カルノーサイクルの高温熱源温度を 800℃、低温熱源温度を 20℃ とするとき、1 サイクル当たりの仕事はおよそいくらか。

1. 110 kJ
2. 150 kJ
3. 210 kJ
4. 290 kJ
5. 390 kJ

【No. 120】 図のように、面積 A [m²]、厚さ L [m]、熱伝導率 λ [W/(m・K)] の窓ガラスにより、温度 T_1 [K] の室内と温度 T_2 [K] の室外が仕切られている。窓ガラスの室内側表面における熱伝達率を h_1 [W/(m²・K)]、室外側表面における熱伝達率を h_2 [W/(m²・K)] とするとき、定常状態において、単位時間あたりに窓ガラスを通過する熱量として最も妥当なのはどれか。



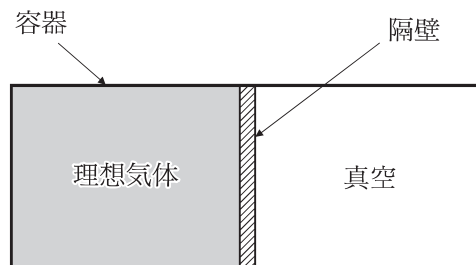
1. $A(T_1 - T_2) \left(\frac{\lambda}{L} + h_1 + h_2 \right)$
2. $A(T_1 - T_2) \left(\frac{\lambda}{L} - h_1 - h_2 \right)$
3. $A(T_1 - T_2) \left(\frac{\lambda}{L} + h_1 - h_2 \right)$
4. $\frac{A(T_1 - T_2)}{\frac{L}{\lambda} + \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2}}$
5. $\frac{A(T_1 - T_2)}{\frac{L}{\lambda} - \frac{1}{h_1} - \frac{1}{h_2}}$

No. 116～No. 120 は選択問題(科目 20. 熱力学・熱機関[機械系])です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 116】 理想気体の状態変化に関する次の記述の㉞，
㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはど
れか。

「図のように，断熱性の容器の内部が，薄い隔壁に
よって，同一体積の二つの部屋に仕切られている。初
期状態では左側の部屋には理想気体が封入されており，
右側の部屋は真空である。ここで，隔壁を取り除き，十分に時間が経過し平衡状態となったとき，
初期状態に対して理想気体の内部エネルギーは ㉞，エントロピーは ㉟。」



㉞ ㉟

- | | |
|---------|-------|
| 1. 変化せず | 増大する |
| 2. 変化せず | 変化しない |
| 3. 変化せず | 減少する |
| 4. 減少し | 増大する |
| 5. 減少し | 減少する |

【No. 117】 1 mol の理想気体が，次の a，b のように状態変化する場合を考える。それぞれの場合について，理想気体に与えられる熱量を Q_a ， Q_b とし，理想気体のエントロピー変化を ΔS_a ， ΔS_b とする。 $\frac{Q_a}{Q_b}$ の値と $\frac{\Delta S_a}{\Delta S_b}$ の値との組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし， R を一般気体定数として，この理想気体の定容モル比熱を $\frac{5}{2}R$ ，定圧モル比熱を $\frac{7}{2}R$ とする。

a 体積一定で，理想気体の温度が 300 K から 1200 K まで上昇する。

b 圧力一定で，理想気体の温度が 900 K から 1800 K まで上昇する。

$$\frac{Q_a}{Q_b} \quad \frac{\Delta S_a}{\Delta S_b}$$

1. $\frac{2}{7}$ $\frac{5}{7}$

2. $\frac{5}{7}$ $\frac{2}{7}$

3. $\frac{5}{7}$ $\frac{10}{7}$

4. $\frac{7}{5}$ $\frac{5}{7}$

5. $\frac{7}{5}$ $\frac{10}{7}$

【No. 118】 圧力 0.1 MPa の下で，温度 100°C の液体の水 1 kg を加熱したところ，水は蒸発を始め，0.6 kg の飽和水と 0.4 kg の飽和蒸気になった。このとき，水に加えられた熱量はおおよそいくらか。

ただし，圧力 0.1 MPa における温度 100°C の飽和水と飽和蒸気の比エンタルピーをそれぞれ 419 kJ/kg，2676 kJ/kg とする。

1. 600 kJ

2. 700 kJ

3. 800 kJ

4. 900 kJ

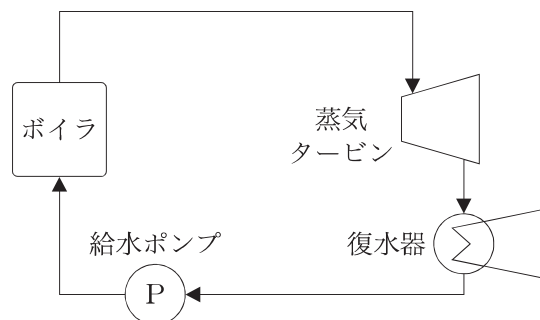
5. 1000 kJ

【No. 119】 ボイラ，蒸気タービン，復水器及び給水ポンプから構成される蒸気原動機のランキンサイクルに関する次の記述の㉔，㉕，㉖に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「蒸気原動機では，復水器の水は給水ポンプで

㉔のもと圧縮されてボイラに押し込まれ，ボイラで加熱されて蒸気となり，蒸気タービン内

で㉕のもと膨張し仕事をした後，復水器で冷却されて凝縮し，再び給水ポンプへと送られる。このとき，ボイラ出口の蒸気の比エンタルピーを h_1 ，蒸気タービン出口の蒸気の比エンタルピーを h_2 ，復水器出口の水の比エンタルピーを h_3 ，給水ポンプ出口の水の比エンタルピーを h_4 とすると，このランキンサイクルの理論熱効率は㉖で表される。」



㉔	㉕	㉖
1. 断熱	断熱	$1 - \frac{h_2 - h_3}{h_1 - h_4}$
2. 断熱	断熱	$1 - \frac{h_4 - h_3}{h_1 - h_2}$
3. 断熱	等温	$1 - \frac{h_2 - h_3}{h_1 - h_4}$
4. 等温	等温	$1 - \frac{h_2 - h_3}{h_1 - h_4}$
5. 等温	等温	$1 - \frac{h_4 - h_3}{h_1 - h_2}$

【No. 120】 厚さ 30 cm，熱伝導率 $1.5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ の耐火レンガ壁を有する炉の外側に，断熱材を施す場合を考える。炉内壁温度が 1200°C ，耐火レンガ壁と断熱材との接触面の温度が 800°C ，断熱材の熱伝導率が $0.15 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，外気温度が 30°C ，外気と断熱材の間の熱伝達率が $15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ のとき，この断熱材の厚さはおよそいくらか。

1. 3 cm
2. 5 cm
3. 7 cm
4. 9 cm
5. 11 cm