

切 り 離 さ な い こ と

2020年度専攻科入学者選抜学力検査問題・解答用紙

専 門 科 目

生産システム工学コース(I群)

(検査時間 10:00 ~ 12:00)

(注 意)

- 1 「はじめ」の合図があるまで開かないこと。
- 2 専門科目の問題・解答用紙は、表紙(本紙)と問題・解答用紙からなっています。
- 3 下記の3科目の中から2科目を選択すること。
- 4 選択した科目の問題・解答用紙には必ず受検番号、氏名を記入すること。
- 5 問題・解答用紙は切り離さないで提出すること。
- 6 下記の表に受検番号、氏名を記入し、選択する科目名を○で囲むこと。

(※印の欄は記入しないこと)

| | | | | |
|------|--|-----|--|---|
| 受検番号 | | 氏 名 | | ※ |
|------|--|-----|--|---|

| 群 | 科 目 名 |
|---|------------------------------|
| I | 材料力学 (※)、流体力学 (※)、熱力学 (※) |

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

| | | | |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 材 料 力 学 (1/4) | | |

- 1 図 1-1 のような構造でボルトが $P = 30\text{kN}$ の荷重を支えている。ボルトの材料の許容引張応力を $\sigma_a = 120\text{MPa}$ 、許容せん断応力を $\tau_a = 100\text{MPa}$ とするとき、以下の間に答えよ。

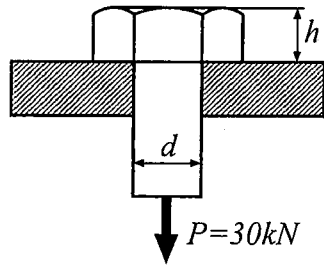


図 1-1

- (1) ボルトの直径 d は、最低何 mm 必要か。ただし、ボルトのネジは無視し、直径 d の丸棒と考えて良い。直径は、有効数字 3 桁で表示すること。【15 点】

- (2) ボルトの直径が $d = 20\text{mm}$ のとき、ボルト頭部の高さ h は、最低何 mm 必要か。高さは、有効数字 3 桁で表示すること。【15 点】

※

※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

| | | | |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 材 料 力 学 (2/4) | | |

- 2 図 2-1 のように剛体天井に上端が固定された長さ l 、断面積 A の丸棒の自重による伸び Δl を求めよ。
 なお、棒の比重量 (単位体積当たりの重量) を w 、縦弾性係数を E とする。[20 点]

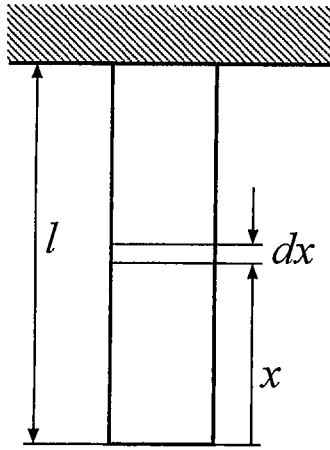


図 2-1

※

※受検者は何も記入しないで
 ください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

| | | | |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 材 料 力 学 (3/4) | | |

- 3 図3-1のようにスパンの両端に偶力 M_1 、 M_2 の作用する単純支持はりの支点反力 R_A 、 R_B とせん断力 S 及び曲げモーメント M を求め、せん断力図 (S.F.D.) と曲げモーメント図 (B.M.D.) を描け。なお、 $M_1 > M_2$ とする。【30点】

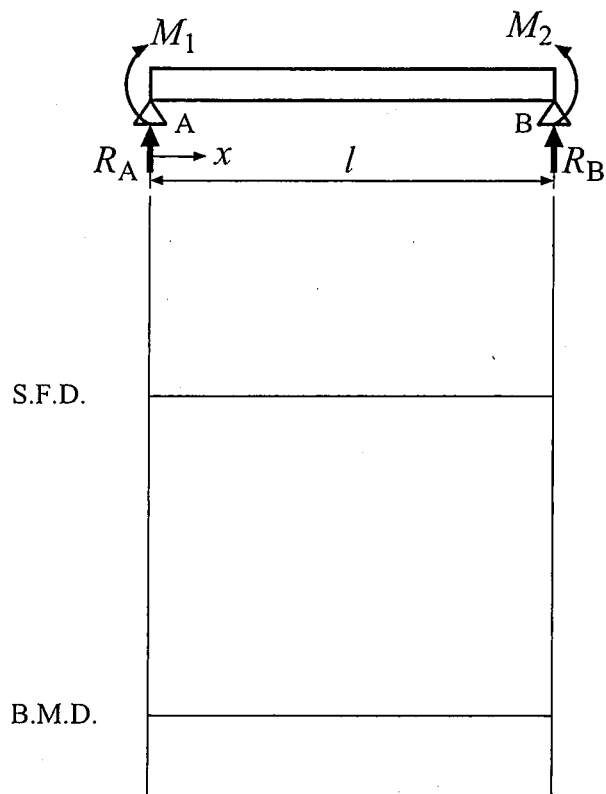


図3-1

※ ※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

| | | | |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 材 料 力 学 (4/4) | | |

- 4 図4-1のように自由端で0、固定端で w_0 となる三角形状の分布荷重が作用する片持はりのたわみ曲線 $y(x)$ を求めよ。ただし、はりの曲げ剛性を EI とする。微分方程式を解く過程を示すこと。[20点]

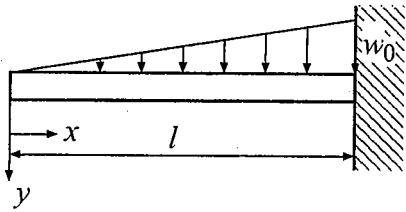


図4-1

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

| | | | |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 流体力学 (1/3) | | |

1 次の(1)~(7)の問いに対して、指定された物理量の値をSI単位系で答えよ。ただし重力加速度を 9.8m/s^2 、水の密度を 10^3kg/m^3 、水銀の比重は14、また解答の有効数字は2桁とする。(各5点)

(1) 水深150mにおけるゲージ圧力を答えよ。

(2) 水中において、一辺が100mmの立方体に働く浮力を答えよ。

(3) 高さ100mmの水銀柱が示す圧力差を答えよ。

(4) 粘度が $0.1\text{Pa}\cdot\text{s}$ の油に 10s^{-1} のせん断速度を与えるのに要するせん断応力を答えよ。

(5) ある球を水に浮かべたところ、ちょうど体積の20%が水に浸かった状態で水面に浮かび静止した。この球の密度を答えよ。

(6) ピトー管で水流の速度を計測している。ピトー管に連結した差圧計が 1kPa を示す時、水流の速度を答えよ。

(7) 水で満たされた大きな水槽の、水深15mの側壁に面積 1cm^2 の小さな穴が空いていて、水が容器外の大気中へ放出されている。漏れによる水槽の水位の変化が無視できる時、漏れの流量を答えよ。

※

※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

| | | | |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 流体力学 (2/3) | | |

2 内半径が r_0 の円管内を、粘度 η 、密度 ρ のニュートン流体が流れている。次の問いに答えよ。(各10点)

(1) 管内の流れが層流であるための条件について、以下に列挙した用語のうち2つ以上を用いて簡潔に説明せよ：
(レイノルズ数, しきい値, 粘度, 流速, 管の内径)

(2) (1) の条件が満たされる時、円管の中心軸から距離 r の点における速度 $u(r)$ が

$$u(r) = \frac{\Delta p}{4\eta}(r_0^2 - r^2)$$

となること示せ。ただし Δp は流れの単位長さあたりの圧力損失を表す。

(3) この流れの流量が、管の直径の4乗に比例することを示せ

※

※受検者は何も記入しないで
ください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

| | | | |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 流体力学 (3/3) | | |

3 速度が U 、密度が ρ の一様な流れの中に、半径 r の無限に長い円柱が置かれている。この円柱の表面における位置を、図1に示したような角度 θ で表す。さて、理想流体を仮定すると円柱表面での接線方向の流速は $v(\theta) = -2U \sin \theta$ と与えられる (ただし流速は円柱表面における反時計回りの方向を正にとっている)。次の問いに答えよ。

(1) 流速の絶対値がもっとも大きくなる位置と、もっとも小さくなる位置はどこか。またそれぞれの位置における流速を答えよ。(10点)

(2) 円柱から十分に離れた点での圧力を p_0 とする。ベルヌーイの定理を適用し、円柱表面の位置 θ における圧力 $p(\theta)$ を求めよ。(10点)

(3) この円柱が、反時計回りに $\omega > 0$ の角速度で回転したとしよう。この回転の効果を考慮すると、円柱表面での流速は $v(\theta) = -2U \sin \theta + r\omega$ となる。この場合について、円柱表面における圧力 $p(\theta)$ を求めよ。(10点)

(4) 球に働く揚力 L は、積分 $L = - \int_0^{2\pi} p(\theta) r \sin \theta d\theta$ で表される。この積分を計算し、 L を求めよ。(5点)

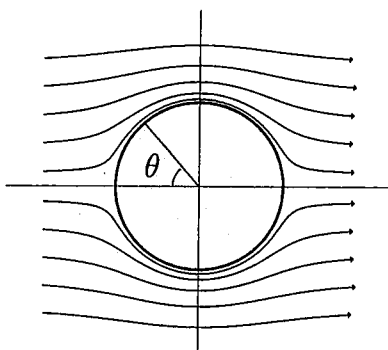


図1

※ ※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 熱力学 (1/4) | | |
| <p>1 圧力 $p_1=100[\text{kPa}]$、体積 $V_1=13.4[\text{m}^3]$の状態であった空気が、ポリトロープ変化にしたがって圧縮された後に圧力が $p_2=700[\text{kPa}]$となった。ポリトロープ指数は $n=1.2$ とする。このとき、以下の問いに答えよ。 (12点×2=24点)</p> <p>(1) 圧縮後の体積 $V_2[\text{m}^3]$を求めなさい。</p> <p>(2) 絶対仕事 $L_a[\text{J}]$を求めなさい。</p> | | | |

※

※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 熱力学 (2/4) | | |
| <p>2 圧力 $p_1=1350[\text{kPa}]$ で温度 $T_1=1230[\text{K}]$ の完全ガスが狭い空間を通過して噴出する。噴出する完全ガスの圧力は $p_2=135[\text{kPa}]$ であった。この流れを一次元定常流動として扱い、狭い空間を通過する間は断熱とし、外部との仕事のやり取りはなく、位置エネルギー変化も無視できるものとする。このとき、以下の問いに答えなさい。完全ガスについて、ガス定数は $R=190[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$、比熱比は $k=1.3$ する。(12点\times2=24点)</p> <p>(1) 噴出する完全ガスの温度 $T_2 [\text{K}]$ を求めなさい。</p> <p>(2) 初速 $v_1[\text{m/s}]$ を 0 とし、噴出する完全ガスの速度 $v_2 [\text{m/s}]$ を求めなさい。</p> | | | |

※ ※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

| | | | |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 熱力学 (3/4) | | |

3 質量 $m=2.6[\text{kg}]$ の空気が等温膨張して圧力 $p_1=1200[\text{kPa}]$ から $p_2=300[\text{kPa}]$ まで変化した。その際に外部へ $L=350[\text{kJ}]$ の仕事をした。このとき、以下の問いに答えなさい。空気は完全ガスとみなし、そのガス定数は $R=287.1[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$ とする。周囲環境は圧力 $p_0=100[\text{kPa}]$ で温度 $T_0=293[\text{K}]$ とする。(7点 \times 4=28点)

(1) 空気に供給された加熱熱量 $Q[\text{J}]$

(2) 空気のエントロピー変化量 $\Delta S[\text{J}/\text{K}]$

(3) 加熱熱量中のエクセルギー変化量 $\Delta E_Q[\text{J}]$

(4) 空気のエクセルギー変化量 $\Delta E[\text{J}]$

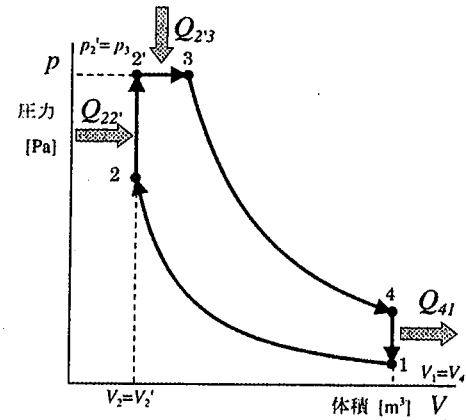
※

※受検者は何も記入しないでください。

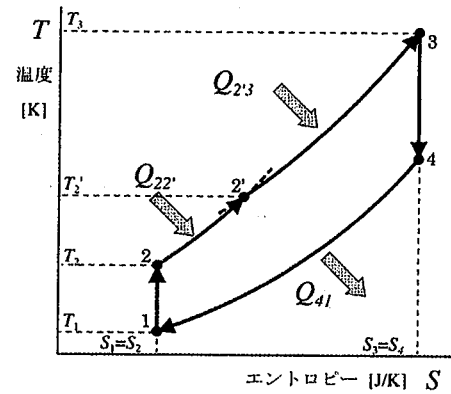
| | | | |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名 | |
| | | 受検番号 | |
| I 群 | 熱力学 (4/4) | | |

4 図4-1にサバテサイクル(複合サイクル)の p - V 線図と T - S 線図を示す。図中では圧力を p [Pa]、体積を V [m³]、温度を T [K]、エントロピーを S [J/K]とし、図中に示す点の番号(1,2,2',3,4)を添え字とすることで、サバテサイクルにおける各点の状態を表すことにする。作動流体は完全ガスとみなす空気とし、定容比熱を c_v [J/(kg·K)]、定圧比熱を c_p [J/(kg·K)]とする。このサイクルの理論熱効率 η_{th} が、比熱比 $\kappa=c_p/c_v$ 、縮切り比 $\sigma=V_3/V_2'$ 、圧縮比 $\varepsilon=V_1/V_2$ 、圧力上昇比 $\alpha=p_2'/p_2$ による関係式(4-1)で表されることを証明しなさい。証明の過程において説明のために新たに記号等を用いる際には、その記号等の定義をそれぞれ明示すること。(24点)

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \cdot \frac{\alpha\sigma^{\kappa} - 1}{(\alpha-1) + \kappa\alpha(\sigma-1)} \quad \dots \quad (4-1)$$



(a) p - V 線図



(b) T - S 線図

図4-1 サバテサイクル