

令和4年度 豊橋技術科学大学第3年次入学者選抜学力検査問題

専 門 科 目 （ 1 : 機 械 工 学 ）

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図まで、この問題冊子と解答用紙を開いてはいけません。
- 2 問題冊子の枚数は、表紙、草稿用紙を含めて7枚です。
- 3 問題冊子とは別に解答用紙が5枚あります。解答は用紙の裏面にまわってはいけません。
- 4 問題は4問あります。全問解答してください。
- 5 解答にかかる前に、すべての解答用紙の所定の箇所に受験番号を記入してください。
- 6 解答は必ず各問題別の解答用紙の所定の欄に記入してください。
- 7 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあれば、ただちに申し出てください。
- 8 問題冊子の余白は草稿用として使用しても構いません。
- 9 試験終了時刻まで退出してはいけません。
- 10 問題冊子は持ち帰ってください。

(草稿用紙)

[1] 図1.1に示すように台車の上に水の入った水槽が乗せられている。水槽の側壁には面積 A [m^2]の小孔が開けられている。水槽内の水が漏れないように小孔は栓で塞がれている。小孔から水面までの高さを h [m]とする。また、水槽は密閉されており、その上部は、一定のゲージ圧 p_1 [Pa]で加圧されているものとする。

小孔の栓を抜いたところ、小孔から水が大気中に速度 u [m/s]で噴出し、台車が地面に沿って動き出した。水槽の断面積は小孔と比べて十分に大きく、小孔から水が流出しても水面の降下速度は無視できるほど小さいとする。流体は理想流体を仮定し、粘性の影響などは無視できるものとする。重力加速度を g [m/s^2]、流体の密度を ρ [kg/m^3]とする。また、台車の質量は m [kg]で、地面に対して滑らずに移動するものとする。水槽と水の質量の合計を M [kg]とする。以下の問いに答えよ。

- (1) 小孔から噴出する水の水槽に対する相対速度（水平方向速度） u [m/s]を求めよ。
- (2) 小孔における流体の単位時間当たりの運動量 P [$(\text{kg}\cdot\text{m/s})/\text{s}$]を求めよ。
- (3) 水槽に作用する力 F [N]を求めよ。
- (4) 栓を抜いてから t [s]後の台車の加速度 a [m/s^2]を求めよ。

ここで、 t [s]は水面の高さ h が変化しない程度に十分小さな値とするが、水の流出によって水槽内の水の質量が減る影響については考慮すること。

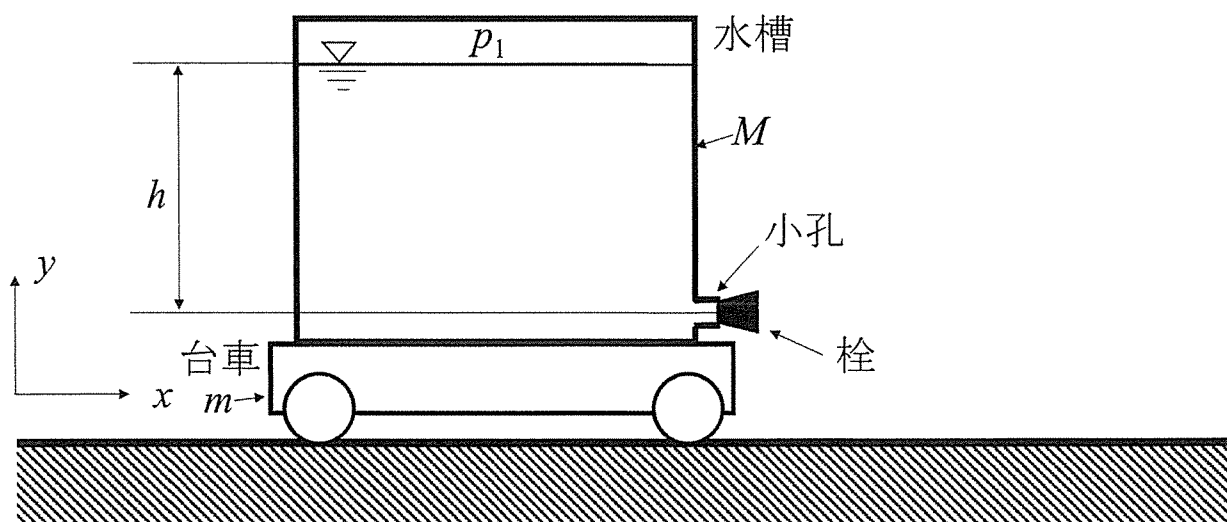


図1.1 側壁に小孔が開けられた水槽と台車

[2] 以下の問いに答えよ。

- (1) 理想気体1 molの準静的過程について考える。定積モル比熱 C_V [J/(mol·K)], 定圧モル比熱 C_p [J/(mol·K)]および一般気体定数 R_0 [J/(mol·K)]の間に

$$C_p - C_V = R_0$$

の関係 (Mayerの関係式) が成り立つことを示す。系の熱量を Q [J], 内部エネルギーを U [J], 圧力を p [Pa], 体積を V [m³]および温度を T [K]とし, それらの微小変化をそれぞれ dQ , dU , dp , dV および dT とする。これらのうち必要なものを用いて以下の問いに答えよ。

ア. 熱力学第1法則について, 熱量, 内部エネルギーおよび仕事の関係式を示せ。

イ. dU と dT の関係を示せ。

ウ. 状態方程式を示せ。

エ. 以下の式を導出せよ。

$$dQ = (C_V + R_0)dT - Vdp$$

オ. 設問エの結果を用いてMayerの関係式が成り立つことを説明せよ。

- (2) 1 molの理想気体が, 圧力 p_1 [Pa], 温度 T_1 [K], 体積 V_1 [m³]の状態Aから, 定積過程で温度 T_2 [K]の状態Bまで加熱され, 次に, 等温過程で圧力 p_1 [Pa]の状態Cまで膨張し, さらに定圧過程により初めの状態Aに戻った。一般気体定数を R_0 [J/(mol·K)], 定積モル比熱を C_V [J/(mol·K)]および定圧モル比熱を C_p [J/(mol·K)]として以下の問いに答えよ。

ア. p - V 線図の概形を描け。図中に各状態 (A, B, C) の点を明示すること。

イ. 等温過程で外部に取り出された仕事 W_{BC} を, T_1 , T_2 および R_0 を用いて示せ。

ウ. 1サイクルで外部に取り出された仕事の総和 W を, T_1 , T_2 および R_0 を用いて示せ。

エ. 下記のエントロピー変化を, T_1 , T_2 , C_V , C_p および R_0 のいずれかを用いて示せ。

(a) 過程ABのエントロピー変化 S_{AB}

(b) 過程BCのエントロピー変化 S_{BC}

(c) 過程CAのエントロピー変化 S_{CA}

[3] 断面積 A [m²], 長さ L [m] の鋼製丸棒がある。以下の問いに答えよ。ただし, 丸棒のヤング率 (縦弾性係数) を E [Pa], ポアソン比を ν とする。

(1) この丸棒の両端に弾性変形の範囲内で引張荷重 W [N] が長手方向 (軸方向) に作用している。以下の問いに答えよ。ただし, 丸棒の自重は考慮しないものとする。

ア. 縦ひずみ ε を式で表せ。

イ. 横ひずみ ε' を, 縦ひずみ ε を使用せずに, 式で表せ。

ウ. 弾性 (ひずみ) エネルギー U [J] を式で表せ。ただし, 丸棒の半径方向の変形は考慮しないものとする。

(2) 図 3.1 に示すように, この丸棒の一端を天井に固定した。ここで, 図 3.1 に示すように, 天井から鉛直下向きに距離 x [m] をとり, 長さ L は自重を考慮しないときの棒の長さである。以下の問いに答えよ。ただし, 重力加速度を g [m/s²] とし, 丸棒の密度を ρ [kg/m³] とする。また, 丸棒の伸びを λ [m] とすると, 丸棒は自重により λ_{\max} [m] だけ伸びるが, λ_{\max} は L よりも十分に小さい値とする。

ア. 図 3.1 に示す天井からの距離 x [m] での応力 σ [Pa] を式で表せ。

イ. 図 3.1 に示す天井からの距離 x [m] における微小区間 dx [m] の微小伸び $d\lambda$ [m] を式で表せ。

ウ. 丸棒全体での伸び λ_{\max} [m] を式で表せ。

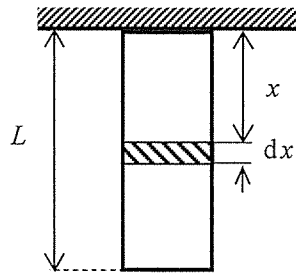


図 3.1

[4] 以下の問いに答えよ。

(1) 以下の文章中の [ア] ~ [ソ] にあてはまる最も適切な語句を，下記の用語欄の中から選び，その番号を解答欄に記せ。なお，同じ記号の [] 内には同一の語句があてはまるものとする。

- 機械部品の加工法は， [ア] 加工， [イ] 加工， [ウ] 加工に大別される。
[ア] 加工には，単刃工具である [エ] や多刃工具である [オ] を用いて，不要な部分を切りくずとして分離し，所要の形状，寸法を得る [カ] 加工がある。また，固定砥粒を用いた [キ] 加工や遊離砥粒を用いた [ク] 加工も [ア] 加工に分類される。
- [イ] 加工には，塊状の金属素材に圧縮荷重を加えて形状を付与する [ケ] や，金型の形状を板金に転写して自動車部品などを製造する [コ] 加工などがある。いずれの加工法も，材料を [サ] 変形させることで形状や寸法を得ることから [サ] 加工と呼ばれている。また，熔融した金属（溶湯）を砂型や金型の形状に転写する [シ] も [イ] 加工に分類される。
- [ウ] 加工は，二つ以上の材料をつなぎ合わせることで，所望の形状や機能を得る加工方法である。接合部分を熔融状態にしてつなぎ合わせる [ス] が代表的な加工法である。また，耐摩耗性や耐食性の向上を目的として，金属やセラミックスなどの粒子を加熱して基材表面に吹き付けて被膜を得る [セ] も [ウ] 加工に分類される。近年では，金属粉末などを熔融・凝固させて複雑な形状を造形する [ソ] が革新的なものづくり技術として注目を集めている。

用語欄

1. 熱処理	2. 砥石	3. 付加	4. 研削
5. 溶接	6. バイト	7. 圧延	8. めっき
9. 鍛造	10. 弾性	11. 溶射	12. 塑性
13. 射出成形	14. プレス	15. 鑄造	16. 拡散接合
17. 押出し	18. 除去	19. 表面処理	20. ぜい性
21. フライス	22. 旋盤	23. 研磨	24. 切削
25. 成形	26. デジタル・マニユファクチャリング	27. アディティブ・マニユファクチャリング	28. デジタル・トランスフォーメーション

(2) 以下の(a)～(e)の文章の中で、正しいものには○を、誤っているものには×を、解答欄に記せ。

(a) 金属材料の引張試験を行い、公称応力－公称ひずみ線図を描くと、変形初期段階での応力とひずみとの関係は、フックの法則にしたがう。その後、降伏点を超える応力を加えると、弾性変形から塑性変形に移行し、永久ひずみが残る。

(b) 軟鋼の引張試験において、降伏点を過ぎて塑性変形が進行すると、試験片の断面積が一様に減少するのにもかかわらず、加工硬化によって引張荷重が次第に増加し、最大荷重に達する。その後、試験片は局部縮み（くびれ）を生じ、荷重が急激に減少して破断に至る。このときの最大荷重を元の試験片の断面積で割って求められる応力が破断強さであり、極限強さとも呼ばれる。

(c) 鉄は資源が豊富で安価であり、加工性に優れ、熱処理や合金元素を添加することで、その性質を大幅に変えることができる。このため、工業材料として最も広く利用されている。鉄鋼材料の性質は、炭素の含有量に大きく依存し、炭素量が約 0.02 wt%以下のものを鉄（または純鉄）、約 0.02～2 wt%のものを鋼、約 2 wt%以上のものを鋳鉄として分類している。

(d) 鉄－炭素系の平衡状態図によれば、 α 鉄は 723℃で炭素原子を最大 0.02 wt%程度まで固溶し、 γ 鉄は 1147℃で炭素原子を最大 2 wt%程度まで固溶する。炭素原子を固溶した α 鉄をオーステナイト、炭素原子を固溶した γ 鉄をフェライトという。

(e) 純鉄（炭素含有量 0 wt%）を室温から加熱し、 A_3 変態点（910℃）に達すると、体心立方格子（bcc）の α 鉄が面心立方格子（fcc）の γ 鉄に相変態する。このとき、bcc構造よりもfcc構造の方が鉄の密度が大きくなるため、 α 鉄から γ 鉄への相変態にともない、純鉄の体積は減少する。