

注意事項

1. 問題 A と問題 B は独立採点とする。別々の答案用紙に解答のこと。答案用紙の不足時は申し出ること。
2. 時間は適宜延長するので、焦らず解答のこと。注意書きが細かいので精読の上で解答のこと。
3. “準静的過程における仕事”を与える公式に限り、証明せずに用いてよい。それ以外は、既知と書かれた公式を除き、全てを導いてから用いること。導出や証明を省略した場合は大幅に減点する。
4. 問題 A のある問題の解答において導いた数式や証明済事項は、他の問題の解答において、証明を繰り返すことなく自由に用いてよい。ただし、問題 B の解答事項を問題 A の解答において引用してはならないし、問題 A の解答事項を問題 B の解答において引用してはならない。

問 1. 以下の用語をそれぞれ 200 字程度で詳しく説明せよ。具体的には、(a) 各用語の定義を述べ、(b) 対になっている用語との関連 (類似点や相違点) を説明し、(c) 具体例を例示せよ。

[注意 1] 誤りや矛盾が書かれていれば減点するので、曖昧なことは書かず、一字一句に注意を払うこと。[注意 2] 説明にあたり、図表を用いてもよいが、数式は極力用いないこと。

- (1) 系と外界と境界
- (2) 熱平衡と熱力学第 0 法則
- (3) 状態量と過程

問 2. 以下の用語をそれぞれ 500 字程度で詳しく説明せよ。具体的には、(a) 各用語が意味するところを、日本語での説明の中に、数式や図を挿入する形で論ぜよ。(b) 対になっている用語との関連 (類似点や相違点) を述べよ。(c) どのような意義があるのか (これらの法則や線図のおかげで何が可能となるのか、など) を述べよ。[注意] 本質の“説明”を期待する出題であって、細かな“証明”や“導出”は要求していない。

- (1) 熱力学第一法則と熱力学第二法則
- (2) p - V 線図と T - S 線図

問 3. ガソリンが密閉されたタンクに漏れなく詰め込まれている。準静的過程を可逆的に進めた。すると、ガソリンの内部エネルギーが増加するにつれて、ガソリンのエントロピーも増加した。これを、数式を用いて、曖昧さなく証明せよ。[ヒント] 基本に忠実にしたがる。

問 4. 理想気体の準静的な可逆サイクルを考える. 比熱比 κ の情報は判明しているものの, 質量や比熱や気体定数などの情報が不明な状況下におかれている. サイクルは以下の 3 つの過程から構成される:

[過程 12] 熱平衡状態 1 において, 圧力が p_1 , 容積が V_1 , 温度が T_1 にある. 圧力を一定に保ちながら, 容積を V_2 まで膨張させると, 熱平衡状態 2 に至り, 温度は T_2 となった.

[過程 23] 容積を一定に保ちながら, 圧力を p_1 から p_3 まで低下させると, 熱平衡状態 3 に至り, 温度は T_3 となった.

[過程 31] 外界と理想気体の間を断熱に保ちながら, 熱平衡状態 1 まで戻した.

注意 1) 途中計算において, 問題文に与えられていない記号を定義の上で用いてもよいが, 最後の解答に含めてはならない.

注意 2) 正負がわかるように (受熱か放熱か, 内部エネルギーは増減どちらか, 仕事をするかされるかがわかるように) 答えよ.

注意 3) 準静的仕事を与える公式以外を導出なしに用いてはならないし, 記憶している定理を証明なしに用いてはならない.

(1) p - V 線図を描き, 図中に各状態と各過程を明示し, それぞれの線の根拠を述べよ. [注意] 精密な図でなくともよいが, 各状態量の大小関係などに矛盾があれば不可とする. [注意] たとえば, ある過程を直線で表現するのならば, その過程がなぜ直線で描けるのかを説明せよ.

(2) T_1 と T_2 の大小関係, および, T_2 と T_3 の大小関係を, 数式だけを根拠にして, それぞれ判定せよ.

(3) 過程 12 の熱, 仕事, 内部エネルギー変化をそれぞれ求めよ. ただし, $p_1, V_1, V_2, T_1, T_2, \kappa$ 以外の記号を用いてはならない (必ずしも全ての記号を用いる必要はない). さらに, それらの正負を, 数式だけを根拠に判断せよ.

(4) 過程 23 の熱, 仕事, 内部エネルギー変化をそれぞれ求めよ. ただし, $p_1, V_1, T_1, T_2, T_3, \kappa$ 以外の記号を用いてはならない (必ずしも全ての記号を用いる必要はない). さらに, それらの正負を, 数式だけを根拠に判断せよ.

(5) 過程 31 の熱, 仕事, 内部エネルギー変化をそれぞれ求めよ. ただし, $p_1, V_1, T_1, T_3, \kappa$ 以外の記号を用いてはならない (必ずしも全ての記号を用いる必要はない). さらに, それらの正負を, 数式だけを根拠に判断せよ.

(6) サイクルにおいては, 一般に次の性質が成立する:

「内部エネルギーの変化はゼロとなる。」

題意のサイクルに対して, 確かに, この性質が成立していることを, 計算によって示せ.

(7) T - S 線図を描け. さらに, それぞれの線の根拠を, 数式を用いて丁寧に説明せよ.

以上