

【問 2-1】 いろいろな大きさの豆が入った瓶を勢い良く振ると、大きな豆が上方に押し上げられ、小さな豆は瓶の底に溜まる傾向にある。その理由を考察してみよう。また、この現象はエントロピー増大の法則に反しているのではないか？ この問いに反論しなさい。

【問 2-2】 体積 0.300 m^3 、分子量 2.00 mol 、温度 $20.0 \text{ }^\circ\text{C}$ のヘリウム 4 のガスが、タンク内に封入されているとする。

- (a) ヘリウムガス分子の並進運動に関する全運動エネルギーを求めなさい。
- (b) ヘリウムガス分子 1 個当たりの平均エネルギーを求めなさい。
- (c) もし、ヘリウムガスの温度が 20.0°C から 40.0°C に上昇したら、全運動エネルギーは何倍になるか。

【問 2-3】 ディーゼルエンジンのシリンダ内に 1 気圧、 20.0°C の空気が封入されている。その後、断熱圧縮され、体積が初めの体積 800.0 cm^3 から 60.0 cm^3 に変化した。

- (a) 圧縮後のシリンダ内の空気の温度は何度になるか。(但し、空気は理想気体として扱い、 $\gamma = 1.40$ とする。) ヒント： $P_i V_i^\gamma = P_f V_f^\gamma$
- (b) ディーゼルエンジンにガソリンを入れて始動させようとしても動かない。その理由を調べてレポートしなさい。

【問 2-4】 ある 2 原子分子からなる理想気体 2.00 mol を考える。

- (a) 気体分子が、回転するが振動しない場合の定積比熱と定圧比熱を求めよ。
- (b) 気体分子が、回転も振動もする場合の定積比熱と定圧比熱を求めよ。

【問 2-5】 ある蒸気機関が、ボイラーの温度を 500 K に保ち乍ら運転されている。燃料を燃焼させたエネルギーが水を蒸気に変え、その蒸気がピストンを動かす。冷却系の熱浴は 300 K の外気（空気）である。

- (a) この蒸気機関の最大効率を概算せよ。(但し、燃焼における化学エネルギーから熱エネルギーへの変換効率は考えない(100%)とし、カルノーサイクルを仮定せよ。)

ヒント： $\eta_c = 1 - \frac{T_{cold}}{T_{hot}}$

(b) この蒸気機関の効率を上げるにはどうすればよいか。ボイラーの温度を 20 K 上げる場合と、外気温が 20 K 下がる場合を比較して述べよ。

【問 2-6】 1816 年、スコットランドの聖職者、Robert Stirling は、後に「スターリングエンジン」と呼ばれる熱機関を発明した。このエンジンは、比較的簡単に作る事ができ、燃料はゴミでも何でも良く、太陽熱でも作動するため、様々な応用が為されてきた。スターリングエンジンは図 1 のように 2 つのシリンダから構成される。

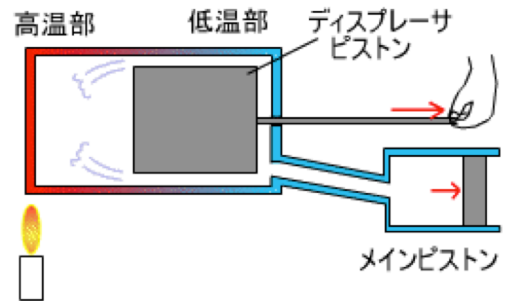


図 1 スターリングエンジンの概念図

- ①左のシリンダの高温部で熱せられた気体は膨張して右（低温部分）に移動し、メインピストンを動かす。
- ②この動きがクランクによって左のシリンダのディスプレイサ（と呼ばれる、隙間のあるピストン）に位相差を持って伝わる。
- ③ディスプレイサが左に移動することで、冷やされた気体が再び高温側に移動する。
- ④上記①～③の繰り返し

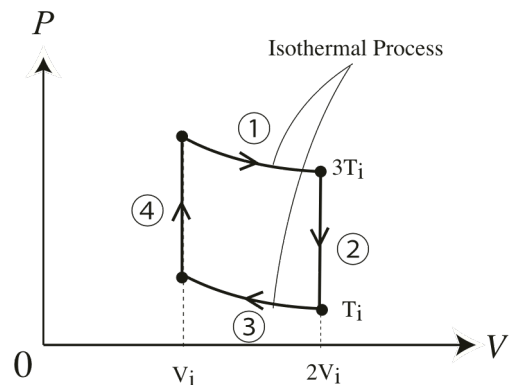


図 2 スターリングエンジンの熱サイクル

一定量のガスは 2 つのシリンダ間を循環し、高温部で膨張し低温部で収縮する。熱サイクルを図に書くと図 2 のようになる。 N モルの理想気体が、上記サイクルを一周するとき、2 箇所の等温過程 ($3T_i, T_i$), 2 箇所の定積変化 ($V_i, 2V_i$) を経るとする。

(a) 1 サイクルでガスを通して移動する全熱エネルギーを求めよ。

ヒント： それぞれ①～④の等温・定積変化における熱力学方程式を考えて総和をとる。

(b) スターリングエンジンの熱効率を求めよ。

ヒント： 外部から系に流入する熱量は $Q_{IN} = Q_1 + Q_4$

※ 提出期限：11月1日

朝 10 時 30 分迄（レポート BOX に提出）計算・解の導出過程も記す事。

※ 講義で省略した部分は自習しましょう。

※ 講義資料ダウンロード：<http://sonicbangs.sci.hokudai.ac.jp/yanagisawa/Physics/>