

平成 26 年度 エネルギー変換 学期末試験問題

関数電卓のみ、持込可。

1. 断熱変化について下記の問いに答えなさい。

- (1) 断熱変化 ($dQ=0$) において、系の体積を変化させるときの仕事 dw は $dw = -PdV = C_v dT$ である。ここで、 C_v は定容熱容量である。
また、気体の状態方程式は $PV = nRT$ である。

系が (V_i, T_i) から (V_f, T_f) まで断熱変化したとき、

$$V_f T_f^c = V_i T_i^c, c = \frac{C_v}{nR}$$

となることを示しなさい。

(2) 下式を示しなさい。

$$PV^\gamma = \text{constant}, \gamma = \frac{C_v + nR}{C_v}$$

2. 熱機関について、カルノーサイクルを例として説明しなさい。ただし、横軸を体積、縦軸を圧力とする 等温線と断熱線に関するグラフ を必ず用いること。

3. 原子力発電について下記の問いに答えなさい。

問1. 火力発電では化石燃料を燃やして熱を発生させているが、原子力発電では核分裂反応で熱を発生させている。このふたつの違いは、熱の発生のかたが違っただけである。そこで、原子力発電の概念図 を描き、原子力発電の構造と原理について説明しなさい。

問2. 原子炉が緊急に運転停止して ウランの核分裂が止まった 後も、原子炉を冷却する機構がしばらく動いている必要がある。そこで、緊急停止後もしばらく冷却機構の運転が必要となる理由を 100 字程度で説明しなさい。

4. プランクの分布関数について以下の問いに答えなさい。

空間の角振動数 ω を持つ振動モードは、エネルギー量子 $\hbar\omega$ を単位として励起される。モードに s 個の量子を持つエネルギー状態 ε_s は

$$\varepsilon_s = s\hbar\omega \quad - (1)$$

である。これは、空洞内のいたるところに分布する量子化された調和振動子のエネルギーに等しい。

このとき、分配関数、 $Z(\tau) = \sum_{s=0}^{\infty} \exp(-\varepsilon_s / \tau)$, ($\tau = k_B T$) は

$$Z(\tau) = \sum_{s=0}^{\infty} \exp(-s\hbar\omega/\tau) \quad - (2)$$

と与えられる。

問1. 分配関数, $Z(\tau)$, が

$$Z(\tau) = \frac{1}{1 - \exp(-\hbar\omega/\tau)} \quad - (3)$$

となることを示しなさい。

系がエネルギー量子 $s\hbar\omega$ を持つ状態 s にある確率 $P(s)$ は、ボルツマン因子,

$$P(\varepsilon_s) = \frac{\exp(-\varepsilon_s/\tau)}{Z(\tau)}, \text{ より}$$

$$P(s) = \frac{\exp(-s\hbar\omega/\tau)}{Z(\tau)} \quad - (4)$$

である。これより、 s の熱平均値は

$$\langle s \rangle = \sum_{s=0}^{\infty} s \times P(s) = \frac{\sum_{s=0}^{\infty} s \times \exp(-s\hbar\omega/\tau)}{Z(\tau)} \quad - (5)$$

である。

問2. (3)式と(5)式からプランク分布関数

$$\langle s \rangle = \frac{1}{\exp(\hbar\omega/\tau) - 1} \quad - (6)$$

を導きなさい。

5. 今日、現代文明は曲がり角に直面している。今後、環境問題やエネルギー問題を解決するために、我々は個人としてどのような貢献ができるだろうか。あなたの思うところを 100 字程度で述べなさい。