

< 熱力学 >

問題 1 : 以下の文章の空欄 [] ~ [] を適切な語句または数式で埋めよ。
地球大気は、太陽放射の吸収による [] と赤外線放射による [] とが釣り合う熱平衡状態にあると考えることができる。地球が受け取る太陽放射のエネルギーは、地球の公転軌道上における単位面積当たりの太陽からの放射フラックス(太陽定数)を S (W/m^2)、地球の反射率(アルベド)を A 、地球半径を r_0 (m) とすると、[] (W) で与えられる。赤外線により放射されるエネルギーは大気温度 T_e (K) の 4 乗に比例し、単位面積当たり σT_e^4 (W/m^2) で与えられる。 σ はステファン - ボルツマン定数と呼ばれる。地球の大気温度が全球一様とすると、地球全体から赤外線により放射されるエネルギーは [] (W) で与えられる。したがって、 $T_e = []$ (K) となる。

問題 2 : 以下の文章を読み、問 (1) ~ (3) に答えよ。

光は光子と呼ばれる微粒子の集まりと考えることができる。したがって、光子の集団(これを光子気体と呼ぶ)が密閉されたシリンダーの中に閉じ込められると、その容器の側面に圧力を及ぼす。このとき状態方程式は $P = bT^4/3$ となり、内部エネルギーは $U = bVT^4$ である。ただし、 P は圧力、 T は温度、 V は体積、 b は正の定数とする。

(1) 容器の体積が ΔV だけ等温膨脹するとき、光子が外にする仕事と、光子が外界から吸収する熱量をそれぞれ求めよ。

(2) 断熱過程での圧力 P と体積 V との関係を求めよ。また、その関係を利用して断熱膨脹により (P_1, V_1) から (P_2, V_2) に変化するときの仕事を求めよ。

(3) (1) (2) の結果を用いて、光子気体が

$$(P_1, V_1) \xrightarrow[\text{(温度: } T_H \rightarrow T_L\text{)}]{\text{断熱膨脹}} (P_2, V_2) \xrightarrow[\text{(} T_L\text{)}]{\text{等温圧縮}} (P_3, V_3) \xrightarrow[\text{(} T_L \rightarrow T_H\text{)}]{\text{断熱圧縮}} (P_4, V_4) \xrightarrow[\text{(} T_H\text{)}]{\text{等温膨脹}} (P_1, V_1)$$

と変化するサイクルの効率(η)を、温度 T_H, T_L を用いて表せ。ただし、全ての過程は準静的であるとする。