

練習問題

1. 体温 36°C で常に 100W の熱を放出すると 1 分にどれだけのエントロピーの減少となるか。
2. 体積 $2V$ の断熱した容器を半分に区切り, 片側に酸素を 1 モル, もう一方に窒素を 1 モル入れ等しい温度にした。隔壁を取り去ると酸素と窒素が均等に混合した。このときエントロピーはどれだけ増加するか。ただし, 気体は希薄で分子は独立に運動すると考える。
3. 20°C と 90°C の水 1 グラムのエントロピーはどれだけ違うか。ただし, この温度範囲で, 1°C 温度上昇させるのに必要な熱が 4.2J であるとせよ。
4. 気体の内部エネルギー E を, その体積 V とエントロピー S を変数として表すとき, E の全微分 dE を表す式 ($dE = \square dS + \square dV$) をもとめよ。

必要ならば以下を参考にせよ: まず全微分について. たとえば, 1 モルの気体の状態方程式 $PV=RT$ を「気体の温度 T をその圧力 P と体積 V を変数として表したもの」と見るとき, 温度の全微分は

$$dT = d(PV/R) = (P/R)dV + (V/R)dP$$

と表される. その読み方は, 「気体の圧力が $P \rightarrow P+dP$, 体積が $V \rightarrow V+dV$ と変化したときに温度が $T \rightarrow T+dT$ と変化する. その温度の変化分が $(P/R)dV + (V/R)dP$ で与えられる。」

つぎに内部エネルギーについて. 圧力 P で外部と釣り合っている気体の体積が (釣り合いをわずかにずらして) dV だけ増加すると, 気体は PdV の仕事を外部にして自らはその量の内部エネルギーを失う. また同じ気体が温度 T で外部と熱平衡にあるとき (温度をわずかに変えて) 熱 dQ を吸収すると, 気体の内部エネルギーが増える. こうして, 仕事と熱をあわせ, 気体の内部エネルギーに関する第一法則を書くと

$$dE = dQ - PdV$$

である. 熱の出入りの部分をエントロピーの変化 dS を用いて書き直せばよい。