

1.

(1)内部エネルギー U は各エネルギーレベル ε_i における占有粒子数 N_i とそのエネルギーの積の総和として求められる。

$$U = \sum_{i=0}^8 \varepsilon_i N_i = 0 \times 10 + 1 \times 4 + 2 \times 3 + 3 \times 2 + 4 \times 1 + 5 \times 0 + 6 \times 0 + 7 \times 0 + 8 \times 0 = 20h\nu$$

(2)平均エネルギー $\langle \varepsilon \rangle$ は、内部エネルギー U を全粒子数 N_{total} で割ることで得られる

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{U}{N_{total}} = \frac{20}{20} = 1h\nu$$

(3)微視的状态数 W は、配置の組み合わせ数を用いて次男式で表される。

$$W = \frac{N_{total}!}{\sum_{i=0}^8 N_i!} = \frac{20!}{10! \times 4! \times 3! \times 2! \times 1!} = 232792560$$

(4)エントロピー S はボルツマン定数 k_B を用いて次の式で計算できる

$$S = k_B \ln W$$

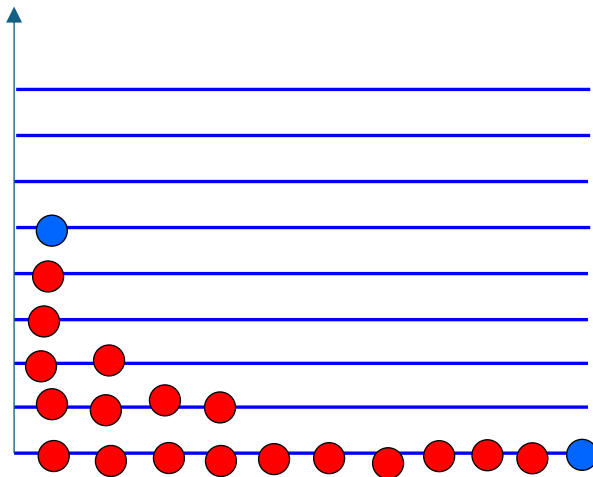
$W=232792560, k_B$ は 1.38×10^{-23} であるので

$$S = 2.65866 \times 10^{-22}$$

$$S \approx 2.66 \times 10^{-22}$$

2

(1)



大門1と同様にしてそれぞれの物理量を求めると以下ようになる

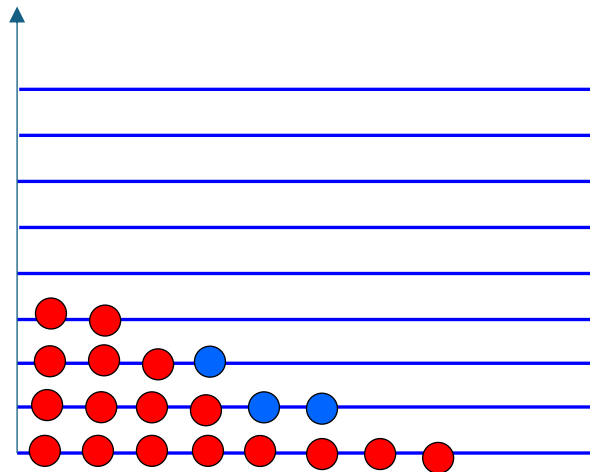
$$U = \sum_{i=0}^8 \varepsilon_i N_i = 0 \times 11 + 1 \times 4 + 2 \times 2 + 3 \times 1 + 4 \times 1 + 5 \times 1 + 6 \times 0 + 7 \times 0 + 8 \times 0 = 20$$

$$\langle \varepsilon \rangle = \langle \bar{\varepsilon} \rangle = \frac{U}{N_{total}} = \frac{20}{20} = 1h\nu$$

$$W = \frac{N_{total}!}{\sum_{i=0}^8 N_i!} = \frac{20!}{11! \times 4! \times 2! \times 1! \times 1! \times 1!} = 1269777600$$

$$S = k_B \ln W = 1.38 \times 10^{-23} \times \ln(1269777600) = 2.89277085 \times 10^{-22} \approx 2.89 \times 10^{-22}$$

(2)



大門 1 と同様にしてそれぞれの物理量を求めると次のようになる

$$U = \sum_{i=0}^8 \varepsilon_i N_i = 0 \times 8 + 1 \times 6 + 2 \times 4 + 3 \times 2 + 4 \times 0 + 5 \times 0 + 6 \times 0 + 7 \times 0 + 8 \times 0 = 20$$

$$\langle \varepsilon \rangle = \langle \bar{\varepsilon} \rangle = \frac{U}{N_{total}} = \frac{20}{20} = 1h\nu$$

$$W = \frac{N_{total}!}{\sum_{i=0}^8 N_i!} = \frac{20!}{8! \times 6! \times 4! \times 2!} = 1745944200$$

$$S = k_B \ln W = 1.38 \times 10^{-23} \times \ln(1745944200) = 2.93671746 \times 10^{-22} \approx 2.94 \times 10^{-22}$$

(3) それぞれの分布についての物理量をまとめたグラフは以下のようになった。

	内部エネルギー U	平均エネルギー $\langle \varepsilon \rangle$	微視的状态数 W	エントロピー $S[\text{J/K}]$
分布㊦	20	1	232792560	$2.66 \times 10^{(-22)}$
分布㊧	20	1	1269777600	$2.89 \times 10^{(-22)}$
分布㊨	20	1	1745944200	$2.94 \times 10^{(-22)}$

この表より同じ内部エネルギーを持つのであれば、微視的様態数が異なっても、エントロピーにそれほどの違いはあまり生まれないことが分かる。