

## Termodynamika i Fizyka Statystyczna R – seria 5

### 1. Gaz ultrarelatywistyczny

Znaleźć entropię i temperaturę w funkcji energii  $E$ , objętości  $V$  i liczby cząstek  $N$  w granicy termodynamicznej, dla trójwymiarowego, ultrarelatywistycznego, energia pojedynczego atomu  $c|\vec{p}|$ , gazu klasycznych, nierozróżnialnych atomów, stosując zespół mikrokanoniczny.

### 2. Trzy poziomy

Pewien układ zbudowany jest z  $N$  cząsteczek, z których każda może znajdować się w trzech stanach kwantowych o energiach  $0, -\epsilon, \epsilon$ . Całkowita energia układu jest ustalona i wynosi zero. Policz entropię przyjmując, że cząstki są nierozróżnialne.

### 3. Domino

Na pasek  $3 \times 2N$  kładziemy kostki domina  $2 \times 1$  lub  $1 \times 2$  (kostki są nierozróżnialne, nie nakładają się na siebie, i muszą wypełnić cały pasek). Policz, na ile ( $W$ ) sposobów można to zrobić. Jak zachowuje się entropia  $S = k_B \ln W$  w granicy  $N \rightarrow \infty$ ?

### 4. (\*) Subaddytywność entropii

Zdarzenia  $(i, j)$  dla  $i \in A$  oraz  $j \in B$  mają prawdopodobieństwa  $p_{ij}$ , a entropia  $S = -k_B \sum_{ij} p_{ij} \ln p_{ij}$ . Pokazać, że  $S \leq S^A + S^B$ , gdzie  $S^A$  obliczamy dla  $p_i^A = \sum_j p_{ij}$ , a  $S^B$  dla  $p_j^B = \sum_i p_{ij}$ , oraz że równość jest wtedy i tylko wtedy, gdy zachodzi niezależność, tj.  $p_{ij} = p_i^A p_j^B$ .

*Adam Bednorz*