## Prawo Curie

Zakładając, że stałe momenty w paramagnetyku są niezależne, możemy zapisać obsadzenie poziomu energetycznego w temperaturze $T$ za pomocą czynnika Boltzmanna

$$e^{-E_p/k_BT} = e^{-g\mu_B J_z/k_BT}. \tag{1}$$

Funkcja rozkładu jest wtedy zdefiniowana jako

$$Z = \sum_{J_z=-J}^{J} e^{-g\mu_B B J_z/k_BT}. \tag{2}$$

Zauważając, że $Z$ jest szeregiem geometrycznym, obliczyć sumę.
Magnetyzacja może być wyznaczona z

$$M = -\frac{Nk_BT^2}{B}\left(\frac{\partial ln\ Z}{\partial T}\right)_B, \tag{3}$$

gdzie dolny indeks $B$ oznacza, że pochodna obliczana jest przy stałym $B$. Pokazać, że gdy $x = g\mu_B BJ/k_BT$,

$$M = Ng\mu_B JB_J(x), \tag{4}$$

gdzie

$$B_J(x) = \frac{2J+1}{2J}\coth\left[\frac{2J+1}{2J}x\right] - \frac{1}{2J}\coth\left[\frac{x}{2J}\right]. \tag{5}$$

Znaleźć wyraz wiodący przybliżenia $B_J(x)$ dla małych $x$. Pokazać, że podatność

$$\chi = \frac{M}{H} \approx \mu_0\frac{M}{B} = \frac{Np^2\mu_B^2\mu_0}{3k_BT} \equiv \frac{C}{T}, \tag{6}$$

gdzie $p = g\sqrt{J(J+1)}$. $C$ to stała Curie.