

УДК 536+537.6

А. И. СЕРЫЙ

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**О ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ
ИДЕАЛЬНОГО НЕВЫРОЖДЕННОГО РЕЛЯТИВИСТСКОГО
ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Пусть N_e – число частиц в идеальном невырожденном релятивистском электронном газе. Выражение для N_e при наличии внешнего магнитного поля с индукцией B было получено в [1] и имеет вид

$$N_e = \frac{m_e^2 c \mu_B B V}{\pi^2 \hbar^3} \exp\left(\frac{\chi}{kT}\right) \left(K_1(\eta) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{1 + \frac{4n\mu_B B}{m_e c^2}} K_1(v_n) \right). \quad (1)$$

При этом χ – химический потенциал, V – объем, m_e – масса электрона, μ_B – магнетон Бора, T – температура, k – постоянная Больцмана, n – номер уровня Ландау, K_1 – функция Бесселя:

$$K_1(y) = \int_1^{+\infty} \exp(-yx) \frac{xdx}{\sqrt{x^2 - 1}}. \quad (2)$$

Также нам понадобятся обозначения:

$$v_n = \frac{\sqrt{m_e^2 c^4 + 4nm_e c^2 \mu_B B}}{kT} = \eta \sqrt{1 + \frac{4n\mu_B B}{m_e c^2}}, \quad (3)$$

$$\eta = \frac{m_e c^2}{kT} = v_0, \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{\mu_B B}{kT}. \quad (5)$$

Общие выражения для энтропии S , средней энергии E и намагниченности M имеют, соответственно, вид [2, с. 49, 53]:

$$S = - \left(\frac{\partial \Omega}{\partial T} \right)_{\chi, V}, \quad (6)$$

$$E = \Omega + \chi N + TS, \quad (7)$$

$$M = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial B} \right)_{\chi, V, B}. \quad (8)$$

При этом Ω – большой термодинамический потенциал, выражение для которого в случае невырожденного газа имеет вид [2, с. 49]:

$$\Omega = -N_e kT. \quad (9)$$

Подставляя (6)–(8) в (1), с учетом (9) получим:

$$S = N_e k \left[2 - \frac{\chi}{kT} + \frac{\eta^2 K_0(\eta) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} v_n^2 K_0(v_n)}{\eta K_1(\eta) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} v_n K_1(v_n)} \right], \quad (10)$$

$$E = N_e kT \left[1 + \frac{\eta^2 K_0(\eta) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} v_n^2 K_0(v_n)}{\eta K_1(\eta) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} v_n K_1(v_n)} \right], \quad (11)$$

$$M = \frac{N_e kT}{VB} \left[1 - \frac{4\eta\alpha \sum_{n=1}^{\infty} n K_0(v_n)}{\eta K_1(\eta) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} v_n K_1(v_n)} \right]. \quad (12)$$

Также было использовано соотношение [3, с. 168]

$$K_1'(y) = -K_0(y) - K_1(y)/y. \quad (13)$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серый, А. И. О химическом потенциале бозе-газа в магнитном поле / А. И. Серый // Сверхплотное вещество и интенсивные магнитные поля в астрофизике : сб. материалов фак. науч.-практ. семинара памяти В. С. Секержицкого, Брест, 9 сент. 2022 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. И. Серого. – Брест : БрГУ, 2022. – 39 с. (в печати).
2. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.
3. Двайт, Г. Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы / Г. Б. Двайт. – М. : Наука, 1973. – 228 с.