

BƏRK CİSİMLƏRDƏ KVAZİKİKLASSİK ELEKTRON QAZININ TERMODİNAMİK XASSƏLƏRİ

Cabbarova L.Ş., Mahmudov M.M.

Bakı Dövlət Universiteti

lala.cabbarova99@gmail.com

Təqdim olunmuş işdə bərk cisimlərdə kvaziklassik elektron qazının termodinamik xassələrinə zəif cırılmanın təsiri nəzəri tədqiq olunmuşdur. Bu məqsədlə elektron qazının termik və kalorik hal tənlikləri, izoxorik istilik tutumu hesablanmış, bu kəmiyyətlərə zəif cırılmanın təsiri öyrənilmiş və göstərilmişdir ki, cırılma nəticəsində elektron qazının təzyiqinə və enerjisinə əlavə müsbət, istilik tutumuna isə əlavə mənfidir.

Məlum olduğu kimi klassik elektron qazı elə qaza deyilir ki, qazın ζ - kimyəvi potensialı və T - temperaturu

$$e^{\zeta/k_0T} \ll 1 \text{ və ya } e^{-\zeta/k_0T} \gg 1, \quad (1)$$

şərtini ödəsin. Kvaziklassik qaz isə elə qaza deyilir ki, həmin qaz (1) şərtini ödəsə də kiçik $A = e^{\zeta/k_0T} \ll 1$ parametrinə görə hesablamaları apararkən o, birinci yaxınlaşmada nəzərə alınsın. Belə qazlara kvaziklassik və ya zəif cırılmış qaz deyilir.

Baxılan məsələni həll etmək üçün elektron qazının parabolik enerji spektri üçün termik və kalorik hal tənliyinin ümumi

$$\begin{cases} P = \frac{(2m)^{3/2}}{3\pi^2\hbar^3} A \int \varepsilon^{3/2} e^{-\varepsilon/k_0T} (1 - A e^{-\varepsilon/k_0T}) d\varepsilon \\ E = \frac{V(2m)^{3/2}}{2\pi^2\hbar^3} A \int \varepsilon^{3/2} e^{-\varepsilon/k_0T} (1 - A_0 e^{-\varepsilon/k_0T}) d\varepsilon \\ N = \frac{V(2m)^{3/2}}{2\pi^2\hbar^3} A \int \varepsilon^{1/2} e^{-\varepsilon/k_0T} (1 - A e^{-\varepsilon/k_0T}) d\varepsilon \end{cases} \quad (2)$$

şəklindən istifadə etmək lazımdır, burada m - elektronun effektiv kütləsi, V - qazın həcmidir. Sistemin üçüncü tənliyindən cırılmağa görə birinci yaxınlaşmada kiçik A parametri üçün alırıq:

$$A = A_0(1 + 2^{-3/2}A_0), \quad (3)$$

burada A_0 - sıfırıncı yaxınlaşmada, yəni cırılma olmadıqda A parametrinin ifadəsi olub aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$A_0 = \frac{N}{2V} \left(\frac{2\pi\hbar^2}{mk_0T} \right)^{3/2} \ll 1. \quad (4)$$

(3)-ü (2) sisteminin birinci və ikinci tənliyində nəzərə alsaq və elementar inteqrallamanı yerini yetirsək, zəif cırılmış elektron qazının birinci

yaxınlaşmada təzyiqini və enerjisini yəni, termik və kalorik hal tənliklərinin açıq şəklərini tapırıq:

$$P = \frac{k_0 T N}{V} \left[1 + \frac{\pi^{3/2} \hbar^3}{4(mk_0 T)^{3/2}} \frac{N}{V} \right], \quad (5)$$

$$E = \frac{3}{2} P V = \frac{3k_0 T N}{2} \left[1 + \frac{\pi^{3/2} \hbar^3}{4(mk_0 T)^{3/2}} \frac{N}{V} \right]. \quad (6)$$

Alınmış ifadələrdən görünür ki, kvaziklassik elektron qazının təzyiqi və enerjisi klassik hala nisbətən böyükdür. Başqa sözlə, zəif cırılma, yəni mübadilə qarşılıqlı təsirinin nəzərə alınması elektron qazının təzyiqini və enerjisini artırır. Təzyiqin və enerjinin bu cür artması onunla izah olunur ki, Fermion qazı olan elektron qazında kvant mübadilə qarşılıqlı təsiri "itələmə" xarakteri daşıyır. Bu, təmiz kvant effektidir, seçilməzlik və Pauli prinsipləri ilə əlaqədardır.

Zəif cırılmanın kvaziklassik elektron qazının istilik tutumuna təsirini araşdırmaq üçün enerjinin (6) ifadəsindən temperatura görə törəmə əlaq. Nəticədə izoxorik istilik tutumu üçün alırıq:

$$C_v = \frac{3k_0 N}{2} \left[1 - \frac{\pi^{3/2} \hbar^3}{8(mk_0 T)^{3/2}} \frac{N}{V} \right]. \quad (7)$$

Buradan görünür ki, cırılmanı nəzərə aldıqda elektron qazının istilik tutumu zəif olsa da azalır. Bu fakt bir daha onu göstərir ki, cırılma, yəni elektronlar arasındakı mübadilə qarşılıqlı təsir "itələmə" xarakteri daşıyır.