

LAGER OSSİLYATORU ÜÇÜN VİQNER KVANT PAYLANMA FUNKSİYASI

Əzizli N.A., Nağıyev Ş.M.

Bakı Dövlət Universiteti

Nazizli9@mail.ru

Faza fəzası anlayışı kvant mexaniki sistemin dinamikasını təsvir edə bilən ən yaxşı vasitə hesab olunur [1 -3]. İstənilən klassik mexaniki sistemin faza fəzası onun koordinat və impulsunun bütün mümkün qiymətlərini, habelə müəyyən bir faza məkan trayektoriyası vasitəsilə zaman təkamülünü ehtiva edir. Oxşar dinamik sistemlərin kvant aləmi kəskin şəkildə fərqli və mürəkkəbdir. Kvant yanaşması çərçivəsində submikron ölçülü fiziki sistemləri kommutasiya etməyən koordinat və impuls operatorları vasitəsilə ehtimal təsvirinə baxırıq. Bu ehtimal təsvirinin riyazi aləti kvant paylanma funksiyalarıdır. Bunlardan ən məşhuru Viqner paylanma funksiyasıdır. Bu funksiya 1932-ci ildə Viqner tərəfindən sistemin termodinamik parametrlərinə kvant düzəlişlərini hesablamaq üçün daxil edilmişdir [2]. Viqner funksiyası məlum olduqda kvant sisteminə aid istənilən məlumatı əldə etmək mümkündür. Viqner paylanma funksiyası x koordinatından və p impulsundan asılıdır və $W(p,x)$ kimi işarə olunur.

$W(p,x)$ funksiyası ilə $\psi(x)$ dalğa funksiyası arasında əlaqə mövcuddur:

$$W_n(p, x) = \frac{1}{2\pi\hbar} \int \psi_n^* \left(x - \frac{x'}{2}\right) \psi_n \left(x + \frac{x'}{2}\right) e^{-\frac{ipx'}{\hbar}} dx' \quad (1)$$

Sistemin dalğa funksiyasını bilərək Vigner funksiyasını hesablamaq olar.

Burada biz Lager ossilyatorunun əsas halı üçün Vigner funksiyasının aşkar şəklini tapacağıq.

Lager ossilyatorunun əsas halının dalğa funksiyasını yazaq:

$$\psi_0(x) = c_0(x+a)\lambda_0^2 a^2 e^{-\lambda_0^2 a(x+a)}, \lambda_0 = \sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}}. \quad (2)$$

$\psi_0(x)$ funksiyası aşağıdakı ortonormalıq şərtini ödəyir:

$$\int_{-a}^{\infty} |\psi_0(x)|^2 dx = 1, c_0 = (2\lambda_0^2 a)^{(\lambda_0^2 a^2 + \frac{1}{2})} \sqrt{\frac{1}{\Gamma(\lambda_0^2 a^2 + \frac{1}{2})}}.$$

(2)-ni (1)-də nəzərə alıb, hesablamanı yerinə yetirsək, əsas halın Vigner funksiyasını tapmış olarıq. Nəticə aşağıdakı kimidir:

$$\begin{aligned} W_0^0(p, x) = \\ = 2\hbar \lambda_0^2 a^2 - \frac{1}{2} \frac{(\lambda_0^2 a)^{2\lambda_0^2 a^2 + 1}}{\Gamma(\lambda_0^2 a^2 + \frac{1}{2})} e^{-2\lambda_0^2 a(x+a)} \left(\frac{x+a}{p}\right)^{\lambda_0^2 a^2 + \frac{1}{2}} J_{\lambda_0^2 a^2 + \frac{1}{2}} \left(2\frac{p}{\hbar}(x+a)\right). \end{aligned} \quad (3)$$

Burada $\Gamma(z)$ - gamma funksiya, $J_\nu(z)$ – Bessel funksiyasıdır [5].

Ədəbiyyat:

1. L.D.Landau, E.M.Lifshitz, Quantum Mechanics, (1989)
2. E.P. Wigner, On the quantum correction for thermodynamic equilibrium, Phys. Rev., 40 749 (1932).
3. V.I.Tatarskii, The Wigner representation of quantum mechanics, Sov. Phys. Usp., 26 311 (1983).
4. Sh.M. Nagiyev, A.M. Jafarova, E.I. Jafarov, The Wigner function of a semiconfined harmonic oscillator model with a position dependent effective mass, arXiv: 2302.12673v3 [quantum-ph] 24 Apr2023/
5. A.P. Prudnikov, Yu.A. Brychkov and O.I. Marichev, Integrals and Series: vol.1 – Elementary Functions, Taylor & Francis, London (2002).