

FOLDY–WOUTHUYSEN TRANSFORMATION AND STRUCTURED STATES OF A GRAPHENE ELECTRON IN EXTERNAL FIELDS AND FREE $(2 + 1)$ -SPACE

*A. J. Silenko*¹

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, China

Research Institute for Nuclear Problems, Belarusian State University, Minsk

The relativistic Foldy–Wouthuysen transformation is used for an advanced description of a free and interacting planar graphene electron. The exact Foldy–Wouthuysen Hamiltonian of a graphene electron in a uniform and a nonuniform magnetic field is derived. The exact energy spectrum agreeing with experimental data and exact Foldy–Wouthuysen wave eigenfunctions are obtained. These eigenfunctions describe structured states in $(2 + 1)$ -space. It is proven that the Hermite–Gauss beams exist even in the free space. In the structured Hermite–Gauss states, graphene electrons acquire nonzero effective masses dependent on a quantum number and move with group velocities which are less than the Fermi velocity.

Релятивистское преобразование Фолди–Ваутхойзена используется для современного описания свободного и взаимодействующего электрона графена на плоскости. Найден точный гамильтониан в представлении Фолди–Ваутхойзена для электрона графена в однородном и неоднородном магнитном поле. Получен точный энергетический спектр, согласующийся с экспериментальными данными, и точные собственные волновые функции в представлении Фолди–Ваутхойзена. Эти собственные функции описывают структурированные состояния в $(2 + 1)$ -пространстве. Доказано, что пучки Эрмита–Гаусса существуют даже в свободном пространстве. В структурированных состояниях Эрмита–Гаусса электроны графена приобретают ненулевые эффективные массы, зависящие от квантового числа, и движутся с групповыми скоростями, которые меньше скорости Ферми.

PACS: 72.80.Vp; 81.05.ue

Received on January 31, 2023.

¹E-mail: alsilenko@mail.ru