



**KVAZIZARRALAR VA ULARNING ELEKTOMAGNIT MAYDONDAGI
HARAKATI –GRAFEN VA 2DMATERIALLARDA DIRAK
ELEKTRONLARINING DINAMIKA MODELLARINI O'RGANISH**

Melibaev Muxtardjan,

Abdurafiqov Hayotbek Hislatjon o'g'li

Muhammadjonov Yorqinjon Akramjon o'g'li

*Qo'qon davlat pedagogika instituti dotsenti, f.m.f.n, Qo'qon davlat
pedagogika instituti Fizika va astronomiya yo'nalishi 4-bosqich talabasi*

ANNOTATSIYA. Ushbu maqola kvazizarralar va ularning elektromagnit maydonlaridagi harakati, shuningdek, grafen va 2D materiallarda Dirak elektronlarining dinamika modellarini o'rganishga bag'ishlangan. Kvazizarralar, o'zaro ta'sirlar natijasida hosil bo'lgan va oddiy zarralarning xususiyatlariga ega bo'lgan sistemalar sifatida, zamonaviy fizikada muhim ahamiyatga ega. Grafen, bir qatlamli karbon atomlaridan tashkil topgan material bo'lib, o'zining ajoyib mexanik va elektr xususiyatlari bilan ajralib turadi. Ushbu maqolada Dirak elektronlarining relativistik xususiyatlari, elektromagnit maydonlaridagi harakati va bu jarayonlarning kvant mexanikasi va klassik mexanika orqali tahlil qilinishi ko'rib chiqiladi. Shuningdek, maqola grafen va 2D materiallarning zamonaviy elektronika va materialshunoslikdagi amaliy qo'llanishlarini ham yoritadi. Maqolaning maqsadi kvazizarralar va Dirak elektronlarining dinamikasi modellarini tushunish orqali yangi materiallar va texnologiyalarni rivojlantirishga hissa qo'shishdir.

KALIT SO'ZLAR: Elektromagnit maydon, kvazizarralar, dinamika modellari, elektronika.

АННОТАЦИЯ. Данная статья посвящена исследованию квазичастиц и их поведения в электромагнитных полях, а также моделям динамики дираковских электронов в графене и 2D материалах. Квазичастицы как системы, образующиеся в результате взаимодействия и обладающие свойствами обычных частиц, играют важную роль в современной физике.



Графен — материал, состоящий из одного слоя атомов углерода, отличается превосходными механическими и электрическими свойствами. В этой статье рассматриваются релятивистские свойства электронов Дирака, их поведение в электромагнитных полях и анализ этих процессов с помощью квантовой и классической механики. В статье также рассматриваются практические применения графена и 2D-материалов в современной электронике и материаловедении. Цель статьи — внести вклад в разработку новых материалов и технологий путем понимания моделей динамики квазичастиц и электронов Дирака.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Электромагнитное поле, квазичастицы, модели динамики, электроника.

ABSTRACT. This article is devoted to the study of quasiparticles and their behavior in electromagnetic fields, as well as the dynamics models of Dirac electrons in graphene and 2D materials. Quasiparticles, as systems formed by interactions and possessing the properties of ordinary particles, are important in modern physics. Graphene, a material consisting of a single layer of carbon atoms, is distinguished by its excellent mechanical and electrical properties. This article examines the relativistic properties of Dirac electrons, their behavior in electromagnetic fields, and the analysis of these processes through quantum mechanics and classical mechanics. The article also covers practical applications of graphene and 2D materials in modern electronics and materials science. The aim of the article is to contribute to the development of new materials and technologies by understanding models of the dynamics of quasiparticles and Dirac electrons.

KEY WORDS. Electromagnetic field, quasiparticles, dynamics models, electronics.

Kirish

Zamonaviy fizikada kvazizarralar va ularning elektromagnit maydonlaridagi harakati muhim ahamiyatga ega. Grafen va boshqa 2D materiallar, masalan, to'liq karbonli materiallar, kvazizarralar sifatida Dirak elektronlarini o'z ichiga oladi. Ushbu maqolada kvazizarralar, ularning elektromagnit maydonlaridagi



harakati, grafen va 2D materiallarda Dirak elektronlarining dinamikasi modellarini o'rganamiz.

Kvazizarralar — bu o'zaro ta'sirlar natijasida hosil bo'lgan va oddiy zarralarning xususiyatlariga ega bo'lgan sistemalar. Ular ko'pincha kondensatsiyalangan moddalar fizikasi doirasida o'rganiladi. Kvazizarralar, masalan, magnitonlar, fononlar, va Dirak elektronlari kabi ko'plab shakllarda mavjud.

- Diskret energiya darajalari: Kvazizarralar energiya darajalari kvant mexanikasi asosida diskret bo'ladi.

- O'zaro ta'sirlar: Kvazizarralar orasidagi o'zaro ta'sirlar ularning xususiyatlarini belgilaydi.

- Kvant holatlari: Kvazizarralar o'z holatlarini kvant mexanikasi yordamida ifodalaydi.

Grafen va 2D materiallar. Grafen — bu bir qatlamli karbon atomlaridan tashkil topgan material bo'lib, u o'zining ajoyib mexanik, elektr va termal xususiyatlari bilan mashhur. Grafening elektron tuzilishi Dirak elektronlari modeliga asoslanadi, bu esa uning elektromagnit maydonlaridagi harakatini o'rganish uchun muhimdir. Grafen kabi 2D materiallar boshqa ko'plab materiallar, masalan, molibden disulfid (MoS₂), boron nitrit (BN) va boshqa bir qatlamli materiallar bilan bir qatorda mavjud. Ushbu materiallarning elektron tuzilishi va kvazizarralar xususiyatlari ularni zamonaviy elektronika va materialshunoslikda qo'llash uchun qiziqarli qiladi.

Dirak elektronlari — bu grafen kabi materiallarda mavjud bo'lgan zarralar bo'lib, ular relativistik xususiyatlarga ega. Ular energiya darajalari va impulslar o'rtasidagi o'zaro ta'sirlar orqali aniqlanadi.

- Relativistik effektlar: Dirak elektronlari klassik elektronlardan farqli o'laroq, relativistik effektlarga ega.

- Teskari energiya darajalari: Dirak elektronlarining energiya darajalari teskari bo'lishi mumkin, bu esa ularning o'zaro ta'sirlarini o'zgartiradi.

- Spin: Dirak elektronlarining spin xususiyatlari kvant mexanikasida muhim ahamiyatga ega. Kuchli elektromagnit maydonlarida Dirak elektronlarining harakati



kvant mexanikasi va klassik mexanika o'rtasidagi o'zaro ta'sirlar orqali aniqlanadi. Elektromagnit maydonlar zarralarning energiya darajalarini va impulslerini o'zgartiradi.

Dirak elektronlarining elektromagnit maydonlaridagi harakati uchun bir qator modellar mavjud:

- Klassik model: Bu model zarralarning harakatini klassik mexanika asosida ifodalaydi.

- Kvant mexanik model: Bu model zarralarning kvant holatlarini va energiya darajalarini o'rganadi.

- Relativistik model: Bu model Dirak tenglamasi yordamida zarralarning harakatini aniqlaydi.

Dirak tenglamasi — bu relativistik elektronlarning harakatini ifodalovchi asosiy formuladir. U Dirak elektronlarining energiya darajalarini va impulslerini aniqlashda qo'llaniladi.

Harakatning kvant mexanikasi. Kvant mexanikasi yordamida Dirak elektronlarining harakati kvant holatlari va energiya darajalari orqali tahlil qilinadi. Ushbu jarayonlar zarralarning o'zaro ta'sirlarini va elektromagnit maydonlaridagi harakatini o'rganishga yordam beradi.

Grafen va 2D materiallardagi Dirak elektronlarining dinamikasi zamonaviy elektronika, sensörlar va nanoteknologiyalarni rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu materiallar yangi materiallar va ularning xususiyatlarini o'rganishda qo'llaniladi. Grafen va 2D materiallar, masalan, yuqori samarali batareyalar va energiya saqlash tizimlarida ishlatiladi.

XULOSA.

Kvazizarralar va ularning elektromagnit maydonlaridagi harakati, grafen va 2D materiallarda Dirak elektronlarining dinamika modellarini o'rganish zamonaviy fizikada muhim ahamiyatga ega. Ushbu jarayonlar zarralarning energiya darajalarini va ularning o'zaro ta'sirlarini o'rganishda yordam beradi. Grafen va 2D materiallar zamonaviy elektronika va materialshunoslikda yangi imkoniyatlarni ochadi.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.**

1.L.R.Ram Mohan, Peter A.Wolff. Joint density of states in interband transitions in semiconductors in a magnetic field // Physical Review B. 1982. Vol.26, No.12. pp. 6711-6718.

2. Anand Kulkarni, Durdu Guney, Ankit Vora. Optical absorption in nano-structures: classical and quantum models // ISRN Nanomaterials. 2013. Vol.2013, Article ID 504341, pp. 1-7. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/504341>

3. Gulyamov, G., Erkaboev, U.I., Rakhimov, R.G., Sayidov N.A. The influence of temperature on magnetic quantum effects in semiconductor structures // Journal of Applied Science and Engineering, 2020,23(3),pp.453–460, <https://www.scopus.com/sourceid/21100822732>

4. Erkaboev, U.I., Rakhimov, R.G., Sayidov N.A. Mathematical modeling determination coefficient of magneto-optical absorption in semiconductors in presence of external pressure and temperature // Modern Physics Letters B, 2021, 35(17), 2150293, <https://www.scopus.com/sourceid/29055>

5. Erkaboev, U.I., Gulyamov, G., Mirzaev, J.I., Rakhimov, R.G., Sayidov N.A. Calculation of the Fermi-dirac function distribution in two-dimensional semiconductor materials at high temperatures and weak magnetic fields // Nano, 2021, 16(9), 2150102, <https://www.scopus.com/sourceid/11300153732>

6. Erkaboev U.I., Sayidov N.A., Rakhimov R.G., Mirzaev J.I. Modeling the temperature dependence of the density oscillation of energy states in two-dimensional electronic gases under the impact of a longitudinal and transversal quantum magnetic fields // Indian Journal of Physics, 2022, <https://www.scopus.com/sourceid/145208>

7. Erkaboev, U.I., Sayidov N.A., Negmatov, U.M., Rakhimov, R.G., Mirzaev, J.I. Influence of a quantizing magnetic field on the Fermi energy oscillations in two-dimensional semiconductors // International Journal of Applied Science and Engineering, 2022, 19(2), 2021123, <https://www.scopus.com/sourceid/21100822732>

8.