

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

**2024/3-SON
ILOVA TO'PLAM**

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

MATEMATIKA

S.S.Jo'raboyev, M.X.Abdumutalova	
Tengsizliklarni isbotlashda ehtimollar nazariyasi elementlaridan foydalanish metodikasi	13
Sh.T.Karimov, J.J.Jahongirova	
Teskari masalalarni yechishning chekli ayirmalar sxemasini teskarilash usuli	18
B.M.Mamadaliev, M.I.Davlatboeva	
About geometry on subspaces in 2R_5	22
A.O.Mamanazarov, Y.B.Djuraeva	
The existence of the solution of a boundary value problem for the benjamin, bona and mahony equation including the hilfer fractional differential operator	27
A.M.Mirzaqulov	
Kompyuterli matematik modellashirish asoslari	33
A.O.Mamanazarov, D.R.Ibrohimova	
Vaqt yo'nalishlari turlicha bo'lgan parabolo-giperbolik tenglama uchun chegaraviy masala.....	38

FIZIKA-TEXNIKA

V.R.Rasulov, B.B.Axmedov, I.A.Muminov	
Elektronlarning energiya spektrini Kroning va Penni usuli yordamida hisoblash	43
M.M.Sobirov, M.M.Kamolova, Q.Q.Muhammadaminov	
Atmosferadagi quyosh nurlanish oqimi maydonini shakllanishiga begona aralashmalarning ta'siri	49
M.M.Sobirov, J.Y.Roziqov, Q.Q.Muhammadaminov	
Yarim cheksiz o'lchamdagi kristallarda qutblangan nurlanish oqimini ko'chirilishi.....	55
V.R.Rasulov, I.A.Muminov, G.N.Maqsudova	
Xoll effektini brilliyen zonalari nazariyasi yordamida o'rganish	60
M.M.Sobirov, V.U.Ro'ziboyev	
Yer sirtidan qaytgan quyosh nurlanish oqimini atmosferadagi nurlanish maydoniga ta'siri	64
G'R.Raxmatov	
Infraqizil quritishning mahsulot sifat kattaliklariga ta'siri.....	70
V.U.Ro'ziboyev	
"Bipolyar tranzistorlarni ulanish va ularning kuchaytirish xususiyatlarini o'rganish" laboratoriya ishida arduinodan foydalanish	75
J.Y.Roziqov	
Quyosh nurlanishining atmosferada yutilishi va sochilishi. Zaiflashish qonuni	82
O.K.Dehkonova	
Fizika ta'limi jarayoniga raqamli texnologiyalar va zamonaviy usullarni joriy etish orqali innovatsion infratuzilmasini shakllantirish	86
Q.I.G'aynazarova, T.M.Azimov	
Uchlamchi qotishmalarning istiqbollari	98
B.U.Omonov	
Bi_2Te_3/Sb_2Te_3 yarimo'tkazgich yupqa pardalarning termoelektrik xususiyatlari	103
K.E.Onarkulov, G.F.Jo'rayeva	
Afk elementlarining tuzilishi va xususiyatlarining bog'lanish o'rganish	109
З.Хайдаров, Д.Ш.Гуфрова, С.Х.Мухаммадаминов	
Исследование преобразовательных и выходных характеристик системы полупроводник – плазма газового разряда с дополнительным сеточным электродом	116
M.Kholdorov, G.Mamirjonova	
Achievements in the dehydration of fruits and vegetables and the advantages of the methods used	121
M.Kholdorov, G.Mamirjonova	
Electronic conduction phenomena observed on the surface of semiconductors and metals....	124



UO'K: 538.935:538.945

XOLL EFFEKTINI BRILLYUEN ZONALARI NAZARIYASI YORDAMIDA O'RGANISH**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ХОЛЛА С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ ЗОН БРИЛЛЮЭНА****STUDY OF THE HALL EFFECT USING BRILLOUIN ZONE THEORY****¹Rasulov Voxob Rustamovich**¹Farg'ona davlat universiteti, fizika kafedrası dotsenti**²Muminov Islomjon Arabboyevich**²Farg'ona davlat universiteti, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)**³Maqsudova Gavxaroy Nasiriddinovna**³Farg'ona davlat universiteti, magistranti**Annotatsiya**

Yarimo'tkazgichlarda elektr va magnit maydonlarining Brilluen zonasidagi elektronlar va teshiklar holatlarining taqsimlanishi, elektr maydonining ta'siri natijasida, elektronlar Brilluen zonasida taqsimlanishi haqida qisqacha tahlillar olib borilgan.

Аннотация

Рассматривается распределение электронов и дырок в зоне Бриллюэна в полупроводниках под воздействием электрических и магнитных полей, с акцентом на распределение электронов в зоне Бриллюэна в результате воздействия электрического поля.

Abstract

The distribution of electrons and holes in the Brillouin zone in semiconductors under the influence of electric and magnetic fields is briefly analyzed, with a focus on the distribution of electrons in the Brillouin zone as a result of the electric field effect.

Kalit so'zlar: Brilluen zonasi, elektr va magnit maydonlarining taqsimlanishi, elektronlar va teshiklar, energetik zonalar.

Ключевые слова: зона Бриллюэна, распределение электрических и магнитных полей, электроны и дырки, энергетические зоны.

Key words: Brillouin zone, distribution of electric and magnetic fields, electrons and holes, energy bands.

KIRISH

Elektr va magnit maydonlarining Brilluen zonasidagi elektronlar va teshiklar holatlarining taqsimlanishiga ta'sirini o'rganishda ko'plab muhim tadqiqotlar amalga oshirilgan.

Brilluen zonasi - bu kristall panjaraning impuls fazosidagi yagona ta'riflangan elementar panjara bo'lib, u Blox funksiyalari orqali tavsivlanadi. Bu funksiyalar kristall panjarasidagi elektronlarning kvant holatlarini ifodalaydi. Elektr maydonining ta'siri natijasida, Brilluen zonasidagi elektronlar taqsimlanishi siljishi va energiya spektrida o'zgarishlar kuzatiladi.

Blox teoremasini qo'llash orqali elektronlar va teshiklar energetik zonalari va ularning kvant holatlari aniqlanadi. Bu nazariyalar elektr va magnit maydonlarning birgalikdagi ta'siri natijasida elektronlarning taqsimlanishini va kvant holatlarining energiyalarini qanday o'zgartirishini tushunishga yordam beradi.

Elektr va magnit maydonlarining Brilluen zonasidagi elektronlar va teshiklar holatlarining taqsimlanishiga bir vaqtda ta'sirini ko'rib chiqamiz. Bu ta'sir 1-rasmda sxematik ravishda tasvirlangan.

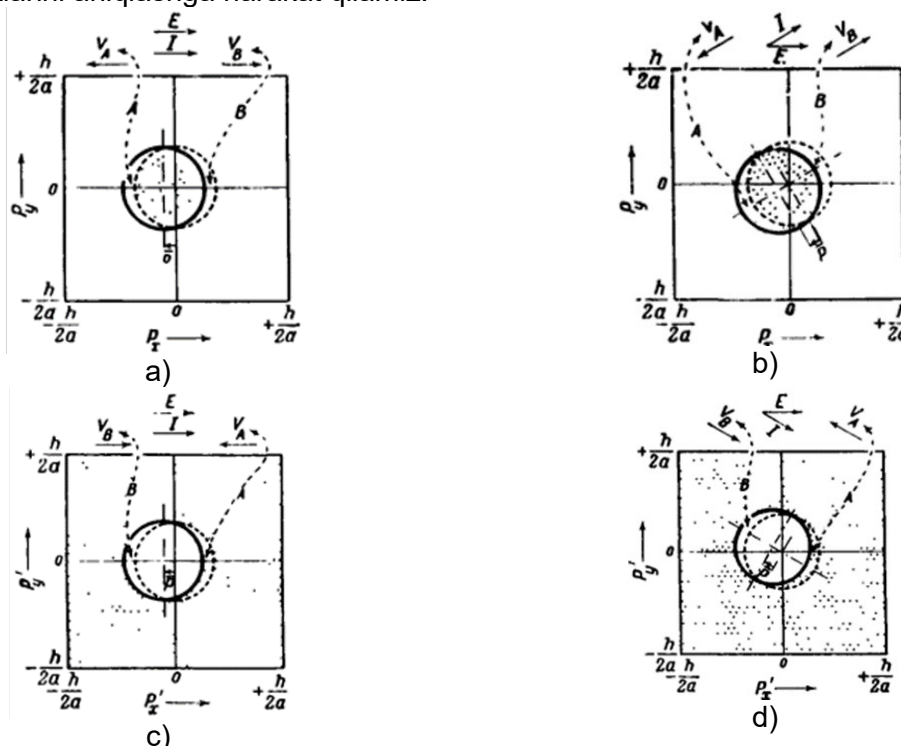
ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

1-rasmda a va b holatlar n -tipidagi yarimo'tkazgichlarga, Brilluen zonasida oz sonli elektronlarga mos keladi. Muvozanat holatida, tashqi maydon yo'qligida, bu elektronlar zonaning markazi yaqinidagi holatlarni egallaydi. 1-rasmga muvofiq, elektronlar nuqtalar bilan tasvirlangan va ular tomonidan egallangan kvant holatlarining energiyasi ortib borishi bilan ularning konsentratsiyasining asta-sekin kamayishi ko'rsatilmagan[2]. Biz taqsimotni shunday tasvirladik: go'yo energiyaning ma'lum bir qiymatigacha barcha holatlar teng ravishda to'ldirilgan va bu energiyadan yuqori holatlar bo'sh. 1a-rasm elektr maydonining ta'siri natijasini ko'rsatadi. Elektr maydoni x o'qi bo'ylab musbat yo'nalishda yo'nalgan deb faraz qilinsa, unda elektronga x o'qiga qarama-qarshi yo'nalishda kuch ta'sir qiladi. Natijada, avvalroq ko'rsatilganidek, Brilluen zonasida elektronlar taqsimlanishi siljib, yangi stasionar holat endi chizilgan maydon bilan ifodalanadi[3]. Agar chizilgan maydon ichidagi barcha kvant holatlari to'ldirilgan bo'lsa, tashqarisidagi esa bo'sh bo'lsa, bu siljish A hududiga mos keladigan elektronlar sonini oshiradi va B hududida joylashgan elektronlar sonini kamaytiradi[4].

Adabiyotlarni o'rganish davomida, biz elektr va magnit maydonlarning elektronlar taqsimlanishiga ta'sirini ko'rib chiqish bo'yicha ilg'or tadqiqotlar va nazariyalar bilan tanishdik. Ushbu tadqiqotlar elektr maydonining xususiyatlari, uning elektronlarga ta'siri va elektronlarning Brilluen zonasida bo'ylab taqsimlanishini o'zgartirish jarayonlarini batafsil tahlil qiladi[5]. Xususan, elektr maydoni ta'sirida Brilluen zonasida elektronlar taqsimlanishining siljishi va bu siljish natijasida elektronlar konsentratsiyasining tarmoqlarda o'zgarishlari haqida ilmiy asoslarga ega bo'ldik. Bu tadqiqotlar natijalari bizga yangi stasionar holatlarning shakllanishi va kvant holatlarining energiyalari orasidagi bog'liqlikni aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

NATIJA VA MUHOKAMA

Yuqoridagi ilmiy ishlarga tayangan holda, biz elektr va magnit maydonlarning Brilluen zonasidagi elektronlar va teshiklar taqsimlanishiga ta'sirini batafsil o'rganamiz va bu jarayonning fizik xususiyatlarini aniqlashga harakat qilamiz.



1-rasm. Brilluen zonasida elektronlar va teshiklar taqsimotiga E_x elektr maydoni va H_z magnit maydonining ta'siri.

a va b — elektr maydonining ta'siri; c va d — ikkala maydonning ta'siri. Biroq, elektronlar taqsimlanishi diffuz bo'lganligi sababli, A soha yaqinidagi kvant holatlaridagi elektronlar soni oshadi va B sohasi yaqinidagi elektronlar soni kamayadi.

1-rasm ko'rsatishicha, A sohasi yaqinidagi elektronlar tezligining bir qismi chapga qaratilgan, B sohasi yaqinidagi elektronlar tezligining bir qismi esa o'ngga qaratilgan, shuning uchun silljish natijasida tezliklar taqsimotining muvozanati buziladi va elektronlar o'rtacha ma'lum bir impulsiga P ga ega bo'ladilar, bu impuls chapga qaratilgan. Elektronlar manfiy zaryadga ega bo'lganligi sababli, bu impuls qo'yilgan maydon yo'nalishida o'ngga oqayotgan tokka tengdir. Agar bir vaqtda magnit maydoni qo'llanilsa, barcha kvant holatlari 1b-rasm bo'yicha ko'chiriladi. Natijada A sohadagi nuqtalar soat yo'nalishiga qarshi aylanadi va taqsimot ko'rsatilgan ko'rinishga ega bo'ladi. Shunday qilib, o'rtacha tezlik vektori endi elektr maydoni yo'nalishi bilan mos kelmaydi, balki unga ma'lum bir burchak hosil qiladi, bu burchak rasmda yuqori qismda ko'rsatilgan. Sxemadan tok yo'nalishi va elektr maydoni yo'nalishlari o'rtasidagi burchak magnit maydon siklik chastotasining o'rtacha erkin yashash vaqti bilan ko'paytmasi orqali aniqlanishini tushunish oson.

Agar elektron bir-biriga perpendikulyar elektr va magnit maydonlarda to'qnashuvlarsiz qolsa, uning tezligi bir davr mobaynida magnit maydon siklik chastotasiga mos keladigan barcha yo'nalishlarni qabul qiladi. Bu shuni anglatadiki, agar elektr maydoni to'satdan olib tashlangan va to'qnashuvlar bo'lmaganida, chizilgan doira rasm markazi atrofida magnit maydon siklik chastotasida aylanardi. To'qnashuvlar mavjud bo'lganda, bu aylanma harakat o'rtacha erkin yashash vaqti τ tugagandan keyin to'xtaydi va taqsimotning aylanma burchagi, matematik tenglamadan ko'rishimiz mumkinki, erkin yashash vaqti τ ni siklik chastotaga ko'paytmasiga teng bo'ladi.

Tok va elektr maydoni yo'nalishlari o'rtasidagi burchak formulasi ayrim shakl almashtirishlar orqali keltirib chiqarilish mumkin. Bu fikrlarga ko'ra, ma'lum bir vaqtda I qiymatiga ega bo'lgan to'liq tok, dt vaqti mobaynida to'qnashuvlar natijasida dt/τ miqdorida kamayadi, chunki shu vaqt ichida elektronlar dt/τ qismi temperaturaviy muvozanat holatiga qaytadi. Shu bilan birga, har bir alohida elektron tomonidan tashilgan tok o'zgaradi, chunki elektronlar elektr va magnit maydonlar tomonidan tezlatiladi. Ushbu maydonlar ta'siri ostida yuz bergan to'liq tok o'zgarishini, alohida elektronlar tomonidan tashilgan tok o'zgarishlarini yig'ib, hisoblaymiz. Agar biz tok tenglamasini, I ni E va H orqali ifodalovchi tenglamani, dt ga ko'paytirsak, ya'ni tok o'zgarishini dI topish uchun, va bu tok o'zgarishini biz ko'rib chiqayotgan n ta elektronlardan bitta elektronga nisbatan qo'llasak, dI_1 uchun quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$dI_1 = \frac{e^2}{mV} E dt - I_1 \times H \frac{e}{mc} dt \quad (1)$$

(1) ifodasini barcha p elektronlar bo'yicha yig'indisini hisobga olgan holda va V hajmini birligiga teng deb qabul qilgan holda, elektr va magnit maydonlari ta'sirida dt vaqti davomida elektronlarning tezlatilishi tufayli yuz bergan tok I o'zgarishini topamiz. Bu ifoda quyidagicha bo'ladi:

$$dI = dI_1 + dI_2 + \dots + dI_n = \frac{ne^2}{mV} E dt - I \times H \frac{e}{mc} dt. \quad (2)$$

(Shuni ta'kidlash kerakki, ushbu tenglamada tartibsiz harakatning ta'siri aks etmaydi, chunki bu tenglama faqat to'liq tok I ni o'z ichiga oladi.) To'qnashuvlar tufayli yuz beradigan tok o'zgarishi quyidagicha hisoblanadi:

$$dI = -I \frac{dt}{\tau}. \quad (3)$$

Stasionar holatda ushbu tok o'zgarishlarining yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak:

$$\frac{ne^2}{mV} E dt - I \times H \frac{e}{mc} dt - I \frac{dt}{\tau} = 0,$$

yoki

$$I = \frac{ne^2 \tau}{m} E - I \times H \frac{e \tau}{mc} \quad (4)$$

Yuqoridagi tenglamalarni soddalashtirish uchun bu vektor tenglamasini yechishda koordinata sistemasini shunday tanlaymizki, x o'qi tok I yo'nalishiga parallel bo'lsin, bu E ga parallel yo'naltirishdan qulayroqdir va elektr maydoni E yo'nalishi va kattaligini hisoblaymiz. Shu holatda, $I \times H$ vektor ko'paytmasi y o'qiga parallel bo'ladi va $-I_x H_z$ kattalikka ega bo'ladi. Magnit maydoni H avvalgidek z o'qiga parallel. Shunday qilib, tokning tarkibiy qismlari x va y o'qlari bo'yicha teng bo'ladi:

$$I_x = \frac{ne^2 \tau}{m} E_x = \sigma E_x, \quad (5a)$$

bu yerda

$$0 = \sigma E_y - (-I_x H_z) \frac{e\tau}{mc} \quad (5b)$$

$$E_x = \frac{I_x}{(me^2\tau/m)} = \frac{I_x}{\sigma} \quad (6a)$$

$$E_y = -\left(\frac{I_x}{\sigma}\right)\left(\frac{e\tau H_z}{mc}\right) \quad (6b)$$

Shundan ko'rinadiki, xy tekisligida E vektori soat strelkasi harakati yo'nalishiga qarab I vektoriga nisbatan burilgan. Kichik burchaklarda

$$\theta = \frac{E_x}{E_y} = \frac{e\tau H_z}{mc} = \frac{\mu H_z}{mc} \quad (7)$$

Bu yerda (7) ifodasi avval korpuskulyar tasavvurlardan olingan θ uchun ifoda bilan bir xil. Agar elektronlar o'rniga teshiklar ko'rib chiqilsa, faqat H_z bilan bog'liq hadning koeffitsiyentini o'zgartirish va shu tariqa aylanish yo'nalishini o'zgartirish kerak. Albatta, bu jarayonda tok tashuvchilarga mos keladigan τ va m qiymatlari olinishi kerak. Biroq, Brilluen zonasida elektronlarning siljishi teshiklar uchun mutlaqo boshqacha ko'rinishga ega va 1-rasmning c va d qismlarida tasvirlangan. 1-rasmni ko'rib chiqishda ta'kidlanganidek, energetik zonaning yuqori qismida elektronlarning magnit maydoni bilan aylanish yo'nalishi, ularning zonaning pastki qismida aylanish yo'nalishiga qarshi. Bu, elektronlar va teshiklar uchun qarama-qarshi aylanish yo'nalishini tushuntiradi, bu 1-rasmning b va d qismlarida ko'rsatilgan.

XULOSA

Elektr va magnit maydonlarining Brilluen zonasidagi elektronlar va teshiklar holatlarining taqsimlanishiga ta'siri aniqlandi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, elektr maydoni ta'sirida elektronlarning taqsimlanishi Brilluen zonasida siljiydi, bu esa elektronlar konsentratsiyasining o'zgarishiga olib keladi. Magnit maydoni qo'llanilganda, kvant holatlarining qo'zg'alishi yuzaga keladi va taqsimot o'zgartiriladi. Bu jarayonlar elektr va magnit maydonlarning o'zaro ta'sirini tushunishda muhim ahamiyatga ega bo'lib, yarimo'tkazgichlarda yangi stasionar holatlarning shakllanishini o'rganishga yordam beradi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. С. М. Рывкин, Комплексное исследование фотопроводимости. I. Постановка задачи и метод исследования, ЖЭТФ 20, 139 (1950)
2. А.Ф.Иоффе, Физика полупроводников, Изд. АН, 1957. Глава 2
3. B.Schonwald, Электрические и оптические свойства полупроводников. Установка для измерений фототока в полупроводниках, Ann. d. Phys. 15, 395 (1932).
4. С.М.Рывкин, Комплексное исследование фотопроводимости. I. Постановка задачи и метод исследования, ЖЭТФ 20, 139 (1950) Глава 3
5. I.Rungeu. R.Sewig, О внутреннем фотоэффекте в кристаллических полупроводниках, Zs. f. Phys. 62, 726 (1930).
6. Muminov, I. A., & Muminova, M. (2023). QATTIQ JISMLARNING KRISTALL PANJARALARI. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 3(3), 1314-1317.
7. Arabboyevich, M. I., & Nabijon o'g'li, S.U.B. (2022). QATTIQ JISM KRISTALLARINI O'STIRISH NAZARIYASI. Scientific Impulse, 1(3), 696-698.