

METALLAR O'TKAZUVCHALIGINING KLASSIK NAZARIYASI ASOSIDA JOULLENS QONUNI KELTIRIB CHIQUARISH

Mamatova Go'zaloy Jo'ramirzayevna

Andijon davlat pedagogika instituti

Fizika va texnologiya kafedrasi v.b.dotsenti.

Avazbekova Muhlisa Tohirjon qizi

Andijon davlat pedagogika instituti

Kimyo yo'nalishi talabasi.

Abdushukurova Rohatoy Abdug'ani qizi

Andijon davlat pedagogika instituti

Kimyo yo'nalishi talabasi.

Annotatsiya: Ushbu maqolada metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik nazariyasiga asoslanib, Jo-Lens qonuni keltirib chiqariladi. Elektronlar harakatining statistik taqsimoti va ularning metall panjaradagi to'qnashuvlaridan kelib chiqib, o'tkazuvchanlik va Joule-Lens issiqlik ajralishi o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilinadi. Nazariya asosida elektr toki o'tganda issiqlik qanday ajralib chiqishi tushuntirib beriladi.

Kalit so'zlar: Jo-Lens qonuni, elektr o'tkazuvchanlik, klassik nazariya, elektron gaz, Joule issiqligi.

Аннотация: В данной статье выводится закон Джоуля-Ленца на основе классической теории электропроводности металлов. Рассматривается поведение электронного газа, взаимодействие электронов с ионной решёткой, и объясняется, как происходит выделение тепла при прохождении электрического тока через металл.

Ключевые слова: Закон Джоуля-Ленца, электропроводность, классическая теория, электронный газ, тепло Джоуля.

Annotation: This article derives the Joule-Lenz law based on the classical theory of electrical conductivity in metals. It explores the statistical distribution of electrons and their collisions within the metallic lattice, explaining the relationship between conductivity and heat generation when current flows through a metal.

Keywords: Joule-Lenz law, electrical conductivity, classical theory, electron gas, Joule heating

Metallardagi tokning elektron tabiati elektronlarning inertsiasigaga doir tajribalarda o'zining ishonchli isbotiga ega bo'ldi. Bu tajribalarning g'oyasi 45-rasmda bilan tushuntirilgan. Doimiy J tezlik bilan harakatlanayotgan zaryadlanmagan metall parchasini ko'z oldimizga keltiraylik. Metall bilan birga elektronlarn ham shunday

tezlik bilan harakatlanadi, shuning uchun elektronlarning kristall panjaralarga nisbatan qanday siljishi bo'lmaydi, binobarin elektr toki ham bo'lmaydi. Biroq elektronlarning zaryaddan tashqari massasi ham bor va shuning uchun ular ma'lum inertsiyaga egadirlar. Metallning harakati har qanday o'zgarganda elektronlar panjara harakatidan yo orqada qoladi, yo oldinga ketadi, buning natijasida elektr tok paydo bo'ladi. Bu hodisani tramvay vagoni keskin to'xtaganida yoki joyidan tusatdan qo'zg'alganda yo'lovchilar oladigan turtqilarga uxshatish mumkin.

Bu tokning yo'nalishi metallda harakatlanayotgan zarralarning zaryadi ishorasiga bog'liq bo'lishini ko'rish oson. Masalan, metall tormozlanganda zarralar panjaradan ilgarilab ketadi va unga nisbatan ungdan chapga qarab harakatlanadi. Agar zarralar musbat zaryad olib o'tayotgan bo'lsa, hosil bo'lgan i_+ tok ham ungdan chapga yo'nalgan bo'ladi.

Agar zarralar manfiy zaryadlangan bo'lsa, u holda i_- tokning yo'nalishi teskari bo'ladi. Shuning uchun tajribada hosil bo'lgan tokning yo'nalishini tekshirib, metallardagi zaryad tashuvchilarning ishorasini aniqlash mumkin.

Bu tok bilan olib utilgan zaryad kattaligini ham ulchasak, zaryad tashuvchilar zaryadining ular massasiga $\frac{e}{m}$ nisbatini aniqlash, binobarin, ularning tabiatini aniqlash mumkin.

Bu tajribning g'oyasi 1913-yilda L.I.Mandelshtam va D.Papaleksi tomonidan aytilgan edi. Ular sifat tajribalar o'tkazdilar va o'z atrofida aylanma tebranishlar qilayotgan simli g'altakda haqiqatdan ham o'zgaruvchan tok vujudga kelishini aniqladilar. So'ngra bu tajribani qaytadan G.Lorens tavsiya qildi va 1916-yilda Tolmen va Styuart miqdoriy natijalar oldilar.

Tolmen va Styuart tajribasining sxemasi 46-rasmda keltirilgan. Ingichka simdan qilingan o'ramlari soni ko'p bo'lgan g'altak o'z o'qi atrofida tez aylantirilgan. Cho'lg'amlarning uchlari g'altak aylanganda bo'raladigan uzun yumshoq simlar vositasida sezgir ballistik galvanometirga ulangan.

G'altak buralib bo'lgandan keyin u maxsus moslama yordamida keskin tormozlangan.

Cho'lg'amning umumiy uzunligi taxminan 500 m, sim harakatining chiziqli tezligi $300 \frac{m}{s}$ ga teng. O'lchashlarda Yer magnit maydonining ta'siri mufassal bartaraf qilingan, chunki u induksional toklarning paydo bo'lishiga sabab bo'lishi mumkin.

Elektr qarshilikning sababi. Tajribalarning natijalari metallarda ular bo'ylab ko'chishi mumkin bo'lgan elektronlar mavjud ekanini ko'rsatadi. Bunday elektronlar **o'tkazuvchanlik elektronlari** deb ataladi.

Tok bo'lmaganda metallarda hajmiy zaryadlar bo'lmagani sababli, metallarda musbat zaryadlar ham bo'ladi, biroq ular tok hosil bo'lishida ishtirok etmaydi, deb

xulosa chiqarish mumkin. Metallarning musbat zaryadlari uning kristall panjarasini hosil qiluvchi ionlardir.

Metallarda o'tkazuvchanlik elektronlari erkin harakatlanmaydi, biroq panjaralardagi ionlar bilan to'qnashishlarga duch keladi. Tashqi elektr maydon bo'lganda elektronlar faqat tartibsiz issiqlik harakatida bo'ladi – har bir elektron xuddi biron harakatdagi gaz yoki zarra singari murakkab trayektoriya chizadi (47-rasm).

Issiqlik harakatining tartibsiz bo'lishi tufayli ixtiyoriy yo'nalishda harakatlanayotgan elektronlar miqdori o'rtacha hamma vaqt qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanayotgan elektronlar miqdoriga teng bo'ladi. Shuning uchun tashqi maydon bo'lmaganda elektronlarning ixtiyoriy yo'nalishi olib o'tgan yig'indi zaryadi ionga teng bo'ladi.

Tashqi elektron maydon qo'yilganda elektronlar maydonning yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda qo'shimcha tartibli harakat oladi. Shuning uchun elektronlarning amaldagi harakati tartibli va tartibsiz harakatlarning yig'indisidan iborat bo'ladi, binobarin, shuning uchun elektronlarning harakat yo'nalishi paytida paydo bo'ladi. Bu holda maydonga qarama-qarshi harakatlanayotgan elektronlar soni maydon yo'nalishi bo'ylab harakatlanuvchi elektronlar sonidan ko'p bo'ladi, ya'ni elektr zaryad ko'chishi **elektr toki** paydo bo'ladi.

Elektronlarning biz ko'rib o'tgan harakat manzarasi metallarning elektr qarshiligini tushuntirishga imkon beradi. Ketma-ket ikki to'qnashishlar orasida elektronlar maydon ta'sirida tezlanma harakat qiladi va tegishli energiya oladi.

Bu energiya to'qnashishlarda qisman yoki to'la ravishda musbat ionga beriladi va ionlarning tartibsiz tebranishlariga energiyasiga, ya'ni issiqlikka aylanadi. Shuning uchun tok utganda metallar qiziydi. Xuddi shuningdek, tashqi maydon yo'qotilganda elektronlarning tartibli harakati to'qnashishlar natijasida tartibsiz issiqlik harakatiga aylanadi va elektr tok o'tmaydi. Shunday qilib, elektronlarning metallarga harakati to'qnashishlar tufayli yuzaga keladigan ishqalanish bilan ro'y beradi, bu ishqalanish gazlardagi ichki ishqalanishga uxshaydi. Ko'rinib turibdiki, elektr qarshilikning bo'lishiga sabab metall panjarasidagi musbat ionlar bilan to'qnashishidir.

Metallarda elektronlarning ishqalanishi faqat Joule-Lens issiqligining hosil bo'lishigina emas, shu bilan birga, o'tkazuvchanlik elektronlari bilan metall panjarasi orasida harakat miqdori almashinishiga ham olib keladi. Buni 48-rasmda tasvirlangan tajribada namoyish qilish mumkin. Gorizontallik atrofida kam ishqalanish bilan aylana oladigan metall disk magnit qutblari orasiga joylashtirilgan.

Disk elektr zanjirga ulangan, shuning uchun unda diskning o'qi va simobli idishda botib turgan chekkasi orasidan utuvchi tok bor. Diskda tok bo'lganda u aylanadi, tokning yo'nalishi o'zgarganda diskning aylanishining yo'nalishi ham o'zgaradi.

Diskning pastki yarmida harakatlanayotgan elektronlarga, tokka va magnit maydonga tik yo'nalgan Lorens kuchi ta'sir qiladi. Agar elektronlar ishqalanishsiz harakatlanganlarida edi Lorens kuchi elektronlarning metall ichidagi trayektoriyalarinigina o'zgartirar, disk esa qo'zg'almas edi. Elektronlarning ishqalanishi tufayli ular oladigan harakat miqdori diskka beriladi, natijada disk harakatga keladi.

Moddalarning turli xossalarini unda elektronlarning mavjudligi va harakati bilan tushuntirish elektron nazariyasining mazmunini tashkil qiladi.

Metallarning klassik elektron nazariyasida elektronlarning harakati Nyutonning klassik mexanika qonunlariga bo'ysunadi, deb tasavvur qilinadi. So'ngra, bu nazariyada elektronlarning o'zaro ta'siri nazarga olinmaydi elektronlarning musbat ionlar bilan o'zaro ta'siri esa faqat to'qnashishlar sifatida qaraladi. Boshqacha aytganda, o'tkazuvchanlik elektronlari metallar fizikasidagi ideal atomar gaz singari elektron gaz deb qaraladi.

Bunday elektron gaz ideal gazning barcha qonunlariga jumladan energiyaning erkinlik darajalari bo'yicha tekis taqsimlash qonuniga ham bo'ysunishi kerak, bu qonunga muvofiq har bir erkinlik darajasiga o'tib keluvchi issiqlik harakatining o'rtacha kinetik energiyasi $\frac{1}{2}kT$ ga teng. Erkin elektron uchta erkinlik darajasiga ega bo'lgani uchun bitta elektronga to'g'ri keladigan tartibsiz issiqlik harakati o'rtacha energiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{1}{2}mv_T^2 = \frac{3}{2}kT$$

bu yerda v_T^2 issiqlik harakati tezligi kvadratining o'rtacha qiymati.

Bunday foizlarga qaramay, klassik elektron nazariyasi elektr tokining ko'pchilik qonunlarini sifat jihatdan tushuntirib beradi.

Joul-Lens qonunining tushuntirilishi. Erkin yugurish oxiriga kelib elektronlarning maydon ta'siri

$$\frac{1}{2}mv_{maks}^2 = \frac{1}{2}e^2t^2 \frac{E^2}{m}$$

ga teng kinetik energiya oladi. Yuqoridagilarga muvofiq, bu energiyaning hammasi panjara bilan to'qnashganda issiqlikka aylanadi.

Vaqt birligi ichida har bir elektron $\frac{1}{t}$ to'qnashishlarga duch keladi, binobarin, shuncha marta ko'p issiqlik ajratadi. Har bir hajm birligida n ta elektron bo'lgani uchun metallning hajm birligida 1 s da ajraladigan issiqlik miqdori Q_1 quyidagiga teng bo'ladi:

$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{t \cdot E^2}{m}$$

yuqoridagi foydalanib, quyidagi formula olinadi:

$$Q_1 = \lambda \cdot E^2 = \frac{E^2}{\rho}$$

bunda $\rho = \frac{1}{\lambda}$ metallning solishtirma qarshiligi. Yuqoridagi formula differensial shakldagi Joul-Lens qonunini ifodalaydi.

Elektronlar konsentratsiyasini aniqlash uchun ko'pincha Xoll effektidan foydalaniladi. To'g'ri burchakli plastinka shaklidagi o'tkazgichda tok zichligi j bo'lgan holni ko'raylik (49-rasm). Bunday plastinkada tok yo'nalishiga perpendikulyar tekisliklar ekvipotensial sirtlar bo'ladi, shuning uchun bu tekisliklardan birida yotuvchi 1 va 2 metall zondlar orasidagi potentsiallar farqi nolga teng bo'ladi. Biroq agar namunada tokka va zondlarga perpendikulyar magnit maydon hosil qilinsa, u holda zondlar orasida potentsiallar farqi yuzaga keladi, bu narsa magnit maydon bo'lganida plastinkadagi ekvipotensiallar sirtlar qiya bo'lib qolganligini bildiradi. Xoll effekti ana shu ko'ndalang potentsiallar farqining yuzaga kelish hodisasidir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimov, O. M., G'ulomov, S. Q. – *Umumiy fizika kursi. II kitob: Elektr va magnit hodisalar.* – Toshkent: "O'zbekiston", 2017.
2. Raxmatullaev, M. – *Fizika: Elektromagnitizm.* – Toshkent: "Fan va texnologiya", 2014.
3. Kadirov, M. va boshqalar – *Fizika darsligi (Akademik litseylar uchun).* – Toshkent, 2019.
4. Resnick, Halliday, Krane – *Fizika. II jild: Elektromagnetizm va optika.* – O'zbek tiliga tarjima, Toshkent, 2018.