

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Физика-техникалық факультеті

**Плазма физикасы, нанотехнология және компьютерлік физика
кафедрасы**

Туреханова К.М.

ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНЕТИЗМ

пәні бойынша дәрістер жинағы

«6B05306 Физика және астрономия» білім беру бағдарламасы
бойынша білім алушы студенттерге арналған

Алматы, 2025

Дәріскер: Туреханова К.М. turekhanova.kunduz@kaznu.kz



ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНЕТИЗМ

Дәріс 7.

Контактілердегі электрлік құбылыстар. Потенциалдардың контактілік айырымы. Термоэлектрлік ток. Пельтье эффектісі. Томсон эффектісі.

Дәріс мақсаты: Материалдар шекарасындағы термоэлектрлік құбылыстардың (Зеебек, Пельтье, Томсон эффектілері) физикалық табиғатын және олардың өзара байланысын түсіндіру.

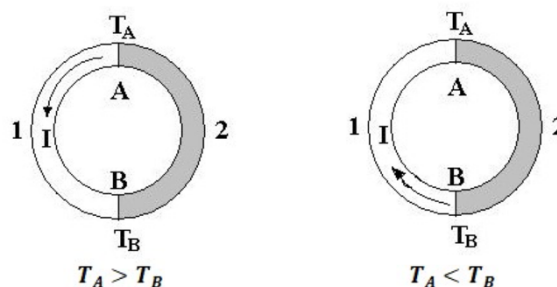
ЭМ_L7

Қарастырылатын мәселелер: Температура градиенті бар металда токтың пайда болуы, термоЭҚК және Зеебек құбылысы; Пельтье эффектісі; Томсон эффектісі

Қысқаша конспект:

Металдардардағы және жартылай өткізгіштердегі жылулық және электрлік құбылыстардың арасында өзара байланысы бар. Мысалы, металда температураның градиентін тудырса, яғни оны біркелкі емес қыздырса, онда жылу ағыны пайда болады. Осы жылу ағынын тудыруда электрондар да қатысады. Олай болса, біркелкі қыздырылмаған металда электрондардың бағытталған қозғалысы, яғни электр тогы пайда болады. Температураның градиенті өте үлкен болмағанда, пайда болатын ток тығыздығы температура градиентіне тура пропорционал болады.

Егер екі түрлі металдардан тұйық тізбек жасап, осы кезде пайда болатын 1 және 2 жапсарларды әртүрлі температурада ($T_1 \neq T_2$) ұстаса, тізбек бойымен ток жүретіні байқалады, яғни тізбекте ЭҚК-і пайда болады. Бұл құбылысты 1821 жылы Зеебек ашқан және соның құрметіне Зеебек құбылысы деп атайды.



Зеебек эффектісі кезінде пайда болатын электр тогының бағыты контактілердегі температуралармен анықталады және термоэлектрлік қозғаушы күштің шамасы металдардың табиғатына және контактілердегі температуралардың айырымына тәуелді болады:

$$\varepsilon = \alpha(T_B - T_A)$$

мұндағы: α — термоэлектрлік қозғаушы күш коэффициенті деп аталатын пропорционалдық коэффициент.

Зеебек құбылысы температуралар айырымын өлшеу үшін қолданылады, мұндай қондырғы термопара деп аталады.

Зеебектің әсерін зоналық теория тұрғысынан қарастырайық. Кристалдық тордың түйінінде орналасқан атом потенциалды шұңқырының тереңдігі электрондардың толық энергиясы анықтайды, электрондардың ең жоғары деңгейдегі энергиясы Ферми деңгейі деп аталады. Толық энергия мен Ферми энергиясының айырмашылығы берілген металдың шығу жұмысы деп аталады.

Ең жоғары энергиялы электрондар металдың бетінен шығып кетеді, соның салдарынан металл оң зарядталып, электрондарды тартып тұратын өріс пайда болады. Бетке жақын аймақта қос электр қабаты және потенциалдың кенеттен түсуі (секірісі) түзіледі. Металдан электрондардың осылай шығуы термоэлектрондық эмиссия деп аталады. Екі металдың толық потенциалдық энергиялары әртүрлі болсын; оларды байланыстырғанда олардың Ферми энергиялары теңеседі, сондықтан толық энергиясы төмен металдан электрондар екіншісіне қарағанда көбірек шығады. Демек, біріншісі оң, екіншісі теріс зарядталады. Олардың арасында сыртқы контактілердің потенциалдар айырмасы пайда болады. Екі материалдан тұйық тізбек құрса, бұл сыртқы контактілер потенциалдар айырмасы тізбекте ЭҚК туғызбайды (бір контактіде $+U$ болса, екіншісінде $-U$).

Басқа жағынан қарастырсақ, әртүрлі өткізгіштердегі Ферми деңгейі диффузия коэффициенті секілді температураға түрліше тәуелді болады. Сондықтан екі түрлі металды контактілегенде (түйістіргенде) термоэлектр қозғаушы күш деп аталатын шама пайда болады:

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{d\varepsilon_{FB}}{dT} \right) (1/e) dT - \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{d\varepsilon_{FA}}{dT} \right) (1/e) dT + \int_{T_1}^{T_2} \beta_{TB} dT - \int_{T_1}^{T_2} \beta_{TA} dT = \int_{T_1}^{T_2} \gamma_{AB} dT.$$

мұндағы $\varepsilon_{FA(B)}$ - А(В) металының Ферми энергиясы, $\beta_{TA(B)}$ - А немесе В металдардың термо қозғаушы күш коэффициенті. γ_{AB} – осы екі металдың меншікті электр қозғаушы күші.

Металл өткізгіш арқылы электр тогы өткенде жылу бөлінетіндігі белгілі, оны Джоуль-Ленц жылуы деп атауға болады. Өртекті екі металдардан (екі жартылай өткізгіштерден) тұратын тізбек арқылы электр тогы өткенде Джоуль-Ленц жылуымен қатар олардың жанасқан контактілерінде токтың бағытына байланысты қосымша жылу мөлшері бөлініп шығады немесе жұтылады. Бұл құбылыс Пельтье эффектiсi деп аталады. Пельтье эффектiсi Зеебек эффектiсiне керi эффект болып табылады. Бөлініп шыққан қосымша жылу мөлшері келесідей анықталады:

Дәріскер: Туреханова К.М. turekhanova.kunduz@kaznu.kz

$$Q_p = \Pi q = \Pi \cdot I \cdot t$$

мұндағы: Π – Пельтье коэффициенті деп аталады.

Пельтье эффектісін мұздатқыш машиналар жасау және ғимараттарды, пәтерлерді жылыту үшін қолдануға болады.

Біркелкі қыздырылмаған өткізгіш арқылы ток жүретін болса, онда қосымша жылу бөлінеді. Бұл құбылысты Томсон құбылысы деп аталады. Жылу ағыны бар кезде өткізгіште бөлінетін жылу:

$$Q = \rho j^2 - \mu_{\text{ж}} \cdot \vec{j} \text{grad} T$$

мұндағы $\mu_{\text{ж}} = T \frac{dQ}{dT}$ Томсон коэффициенті.

Егер токтың берілген бағытында электрондар өткізгіштің ыстық ұшынан салқын ұшына қарай қозғалатын болса, ыстық электрондар өткізгіштің салқын бөліктеріне ауысады. Төменгі температураға сәйкес келетін тепе-теңдік таралуға өткен кезде электрондар артық энергиясын торға береді, яғни өткізгіште энергия бөлінеді. Ал токтың бағыты керісінше болса, электрондардың жоғары температурасына сәйкес тепе-теңдік таралуға өтуі тор энергиясы есебінен орындалады, яғни энергия жұтылу процесі жүреді.

Бақылау сұрақтары:

1. Пельтье құбылысын түсіндіріңіз.
2. Зеебек құбылысын түсіндіріңіз.
3. Томсон құбылысын түсіндіріңіз.
4. Термоэлектрлік құбылыстардың табиғатын түсіндіріңіз.

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Бәйімбетов Ф.Б., Рамазанов Т.С. Электр және магнетизм. – Алматы: Қазақ университеті, 2011. – 199 б.
2. Бәйімбетов Ф.Б., Аймауытов Д., Құрманбеков А. Физика есептері (Электр және магнетизм). – Алматы: Қазақ университеті, 2005. – 216 б.
3. Архипов Ю.В. Краткий конспект лекций по курсу "Электричество и магнетизм" : учеб.-методическое пособие КазНУ 2009
4. Габдуллина Г.Л., Қисан А., Абыканова Б.Т. Электр және магнетизм курсы бойынша қысқаша дәрістер мен есептер жинағы : оқу-әдістемелік құрал, Әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 161 б.

5. Туреханова К.М. Электр және магнетизм курсы бойынша есептер жинағы/ Оқу құралы, әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. – 191 б.

6. Raymond A. Serway, John W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 9th ed. – Cengage Learning, 2014. – 1622 p.