



ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Физика-техникалық факультеті

Плазма физикасы, нанотехнология және компьютерлік физика кафедрасы



ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНЕТИЗМ

Дәріс 7.

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

қауымдастырылған профессор: Туреханова К.М.

e-mail: turekhanova.kunduz@kaznu.kz



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

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

Контактілердегі электрлік құбылыстар

Екі түрлі өткізгішті (мысалы, екі металлды) жанастырғанда **контакт** түзіледі. Әр материалдың:

- электрондардың шығу жұмысы (жұмыс функциясы) A әртүрлі;
- Ферми деңгейі, электрондардың энергия күйі өзгеше болады.

Жанасу сәтінде:

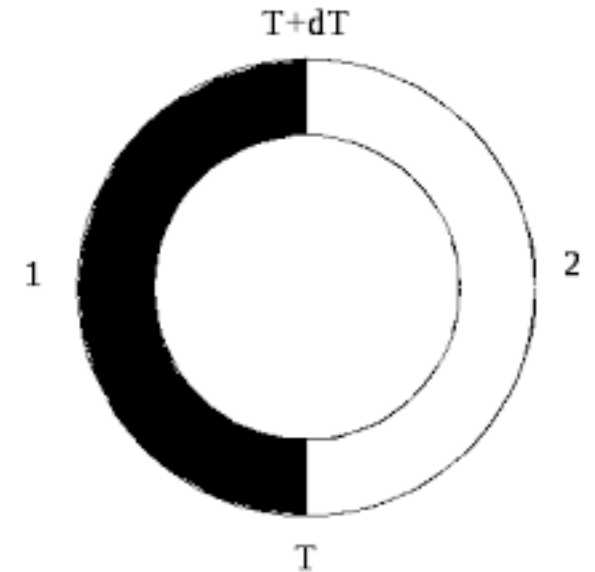
- Жұмыс функциясы **аз** металлдан (электрондарды «шығару» жеңіл)
- Жұмыс функциясы **үлкен** металлға қарай электрондар өтеді.

Нәтижесінде:

- Бір металл **артық электрондармен** артық зарядталады (теріс заряд);
- Екіншісі **электрондарын жоғалтып**, оң зарядталады;
- Контакт аймағында **ішкі электр өрісі** пайда болады.

Электрондардың бұл алмасуы **потенциалдардың контактілік айырымына** алып келеді.

Контактілік құбылыстар тек металл–металл емес, металл–шалаөткізгіш, шалаөткізгіш–шалаөткізгіш жанасуларда да маңызды



Потенциалдардың контактілік айырымы – екі түрлі өткізгіш жанасқанда олардың шекарасында пайда болатын электр потенциалдарының айырмасы.

Металдар үшін қарапайым түрде:

$$\Delta\varphi_{12} = \frac{A_2 - A_1}{e}$$

мұндағы:

- A_1, A_2 – 1 және 2 металдардың электрон шығару жұмыстары (жұмыс функциясы),
- e – электрон заряды.

Физикалық мағынасы:

- Электрондар жоғары энергиялы күйден төмен энергиялыға өтеді,
- Ішкі өріс электрондардың одан әрі өтуіне кедергі жасап, **тепе-теңдік жағдай орнайды**,
- Тепе-теңдікте екі материалдың **Ферми деңгейлері теңеседі**.

.. .

Екі түрлі металл немесе шалаөткізгіштен жасалған тізбекті қарастырайық. Оларды екі контактімен тұйықтап, **екі түйіннің температурасын әртүрлі** етейік:

- Бір түйін температурасы T_1 ,
- Екінші түйін температурасы T_2 .

Осындай жағдайда тізбекте **термоэлектрлік ЭҚК** пайда болады. Бұл құбылыс **Зеебек эффектісі** деп аталады.

Термоэлектрлік ЭҚК:

$$\varepsilon_{\text{термо}} = \int_{T_1}^{T_2} [\alpha_1(T) - \alpha_2(T)] dT$$

Кіші ΔT үшін жуық:

$$\varepsilon_{\text{термо}} \approx (\alpha_1 - \alpha_2) \Delta T$$

Тізбек тұйық болса, **термоэлектрлік ток** пайда болады:

$$I = \frac{\varepsilon_{\text{термо}}}{R_{\text{толық}}}$$

Термоэлектрлік тізбектің практикалық қолданылуы:

- **Термоқос** (термопара) – температураны өлшейтін датчик;
- **Термоэлектрлік генераторлар** – жылу ағынынан электр энергиясын алу;
- Температура айырмасы бар жерде артық (немесе керісінше) энергия алуға мүмкіндік береді.



Пельтье эффектісі – екі түрлі өткізгіштің (А және В) **жанасуында ток өткен кезде**, контакт аймағында **жылу сіңірілуі немесе бөлінуі**.

- Бір бағытта ток жүргенде контактта **жылу бөлінеді**;
- Кері бағытта ток жүргенде **жылу сіңіріледі**.

Бұл құбылыс **Джоуль–Ленц заңынан бөлек**, тек контакт аймағында болатын **қосымша жылу алмасу**.

Пельтье эффектісін сипаттайтын шаманы **Пельтье коэффициенті Π** деп атайды.

Контакттағы жылу ағыны:

$$\dot{Q}_{\text{Пельтье}} = \Pi I$$

Таңбасы:

- Егер $\dot{Q} > 0$ – контактта жылу бөлінеді;
- Егер $\dot{Q} < 0$ – контактта жылу сіңіріледі (суытады).

Практикалық қолданылуы:

- **Пельтье салқындатқыштары** (термоэлектрлік тоңазытқыштар, мини-салқындатқыштар);
- Микроэлектроникада, оптикада, лазерлік диодтарды тұрақты температурада ұстау үшін.



Томсон эффектiсi – бiртектi өткiзгiштiң өз iшiнде, егер онда:

- электр тогы I өтiп жатса,
- өткiзгiш бойымен температура градиентi болса ($\nabla T \neq 0$),

онда өткiзгiш көлемiнде қосымша жылу бөлінуi немесе сiңiрiлуi.

Бұл құбылыс Джоуль–Ленц заңына қосымша:

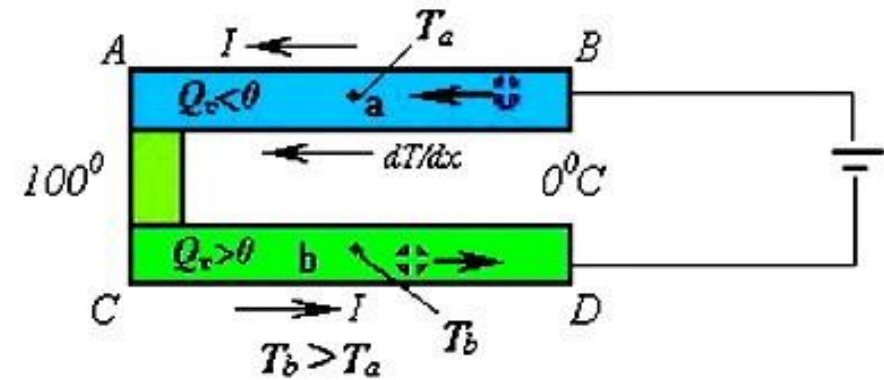
- Джоуль жылуы – $Q_J = I^2 R t$, барлық көлемде бiрдей;
- Томсон жылуы – тек $\nabla T \neq 0$ болған жерде пайда болады.

Томсон эффектiсiн сипаттайтын шаманы **Томсон коэффициентi** τ деп атайды.

Кiшкене көлем үшiн Томсон бойынша жылу:

$$dQ_{\text{Томсон}} = \tau I dT dt$$

Томсон эффектiсi тәжiрибеде Пельтье мен Зеебек эффектiлерiне қарағанда әлсiз, бiрақ термоэлектрлiк теорияда маңызды рөл атқарады.



Қорытынды

- Контактілердегі электрлік құбылыстар – әртүрлі материалдардың жанасуында электрондардың қайта бөлінуі нәтижесінде пайда болатын **контактілік потенциалдар айырмасымен** сипатталады.
- Потенциалдардың контактілік айырымы өлшеуге тікелей келмесе де, термоэлектрлік, диодтық және басқа приборларда маңызды рөл атқарады.
- Температура айырмасынан пайда болатын термоэлектрлік ЭҚК (Зеебек эффектісі) тұйық тізбекте **термоэлектрлік токқа** әкеледі. Бұл эффект температураны өлшейтін термопарлар мен термоэлектрлік генераторлардың физикалық негізі.
- Пельтье эффектісі – ток өткен кезде контактіде жылудың сіңірілуі немесе бөлінуі, ол **термоэлектрлік салқындатқыштарда** қолданылады.
- Томсон эффектісі – біртекті өткізгіш ішінде ток пен температура градиенті болғанда қосымша жылу алмасу.
- Үш эффект те бір-бірімен Кельвин қатынастары арқылы байланысады, бұл термоэлектрлік құбылыстардың біртұтас теориялық негізін көрсетеді.

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.