

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 2.

Скалярлық потенциал. Электр өрісі кернеулігі мен потенциалдың байланысы. Потенциал арқылы электрстатикалық өрісті сипаттау. Электр өрісіндегі өткізгіштер.

Дәріс мақсаты: Электр өрісі кернеулігі мен потенциалдың байланысы көрсету. Потенциал арқылы электрстатикалық өрісті сипаттауды меңгерту.

Қарастырылатын мәселелер: Электростатикалық өрістің скалярлық потенциалы; Өрістің потенциалдық (консервативтік) сипаты; Пуассон және Лаплас теңдеулері

Қысқаша конспект:

Электростатикалық өріс потенциал өріс деп аталады, себебі бұл өрісте нүктелік зарядты бір нүктеден екінші нүктеге орын ауыстырғанда істелетін жұмыс ауыстыру траекториясына тәуелді емес, тек нүктелердің бастапқы және соңғы координаталарына тәуелді.

$$dA = \vec{F}d\vec{l} = q\vec{E}d\vec{l}$$

Егер зарядты электростатикалық өрісте (гравитациялық өрістегідей) тұйық контур бойымен орын ауыстырғанда өрістің атқаратын жұмысы нөлге тең. Суперпозиция принципіне сай нүктелік заряд өрісінің потенциалдылығынан зарядтар жүйесі өрісінің де потенциалдылығы туындайды.

$$\oint \vec{E}d\vec{l} = \sum_i \oint \vec{E}_i d\vec{l} = 0.$$

Кейде осы формуланы электростатикалық өрістің потенциалдық шартының интегралдық түрі деп аталады.

Кез келген вектордан тұйық контур бойымен алынған интеграл сол вектордың циркуляциясы деп аталады. Сондықтан электростатикалық өрістің потенциалдығын оның циркуляциясының нөлге теңдігімен сипаттауға болады.

$$rot_n \vec{A} = \lim_{(\Delta S \rightarrow 0)} \frac{\oint \vec{A} d\vec{l}}{\Delta S}, \quad \int_S rot \vec{A} d\vec{S} = \oint_L \vec{A} d\vec{l}$$

Ротор және Стокс формуласын қолдану арқылы электростатикалық өрістің потенциалдық шартының дифференциалдық түрін келесідей жаза аламыз:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0 = \int_S rot \vec{E} d\vec{S} = 0 \rightarrow rot \vec{E} = 0$$

Электростатикалық өрістің күштік сипаттамасы кернеулік пен оның энергетикалық сипаттамасы скалярлық потенциал арасындағы байланыс келесідей:

$$\vec{E} = -\nabla \varphi \quad \text{немесе} \quad \vec{E} = -grad \varphi$$

мұндағы белгісі өріс кернеулігінің $\vec{E}$ бағыты скалярлық φ потенциалдың кемуіне қарай бағытталған. $\vec{E}$ эксперименттік түрде өлшеуге болады, ал потенциалды жоқ.

Зарядтар жүйесінің потенциалы: $\Phi = \sum_i \varphi_i$

Сонымен, скалярлық потенциал бір мәнді емес, оның екі нүктеге қатысты мәндерінің айырымының ғана физикалық мағынасы бар. Потенциалдың кез келген нүктедегі мәнін анықтау үшін, белгілі бір нүктедегі оның мәнін өзіміздің қалауымыз бойынша аламыз да, басқа нүктелердегі мәндерін осы мәніне қатысты анықтаймыз. Осы әдісті потенциалды нормалау деп атайды. Кулон заңының дифференциалдық түрін осы электр өрісі кернеулігі мен скалярлық потенциал арасындағы байланысқа қоятын болсақ,

$$\Delta \varphi = -\rho / \varepsilon_0 \quad \text{Пуассон} \quad \text{және} \quad \Delta \varphi = 0 \quad \text{Лаплас теңдеулерін алынады.}$$

Осы теңдеулерді шешу арқылы потенциалды, содан кейін өріс кернеулігін табуға болады (мысалы, тұрақты көлемдік тығыздығы бар зарядталған шексіз цилиндрдің өрісін есептеуге болады).

Өткізгіштер деп құрамында еркін зарядтар бар ортаны атайды. Мысалы, металдар өткізгіштердің негізгі өкілдері болып саналады. Өткізгішті сыртқы электр өрісіне орналастырса, электр өрісі тарапынан әсер ететін күштің әсерінен өткізгіштегі еркін зарядтар қозғалысқа еніп, өткізгіштің беткі қабатына таралады. Ал еркін зарядтар кеткен бет жағы еркін зарядтардың таңбасына қарама қарсы зарядталады. Өте аз уақыт

аралықта ығысқан зарядтардың тудыратын электр өрісінің шамасы сыртқы өріске тең болған кезде, зарядтардың ығысуы тоқталады және өткізгіштің ішіндегі өріс нөлге тең болады. Ал өткізгіш маңындағы өріс сыртқы өріспен ығысқан зарядтардың тудыратын өрістің қосындысымен анықталады. Егер өткізгіш зарядталған болса, толық сыртқы өріс пен өткізгішке берілген зарядтар өрісінің қосындысымен анықталады.

Электростатикалық индукция дегеніміз өткізгішке сынақ заряды жақындатылғанда оның бетінде зарядтардың пайда болуы. Өткізгіште пайда болған зарядтардың таңбасы жақындатылған сынақ зарядының таңбасына қарама-қарсы болады.

Өткізгіштің ішінде өріс кернеулігі нөлге тең және көлемдік зарядтар болмайды, бірақ өткізгіш маңында өрістің нормаль компоненті нөлден өзгеше, ал жанама компоненті нөлге тең.

Өткізгіштің маңында өріс кернеулігінің нормаль компоненті (вакуумда) мынаған тең:

$$\vec{E} = \sigma / 2\epsilon_0$$

Зарядталған, ұшталған өткізгіштің маңында өріс кернеулігі өте үлкен болады; соның салдарынан электрлік ұшқын яғни газдық разряд пайда болады және зарядтар өткізгіштен «ағып» кетеді (Сегнер дөңгелек тәжірибесі).

Өткізгіштің ішіндегі электростатикалық өріс нөлге тең екені белгілі. Егер өткізгіштің ішкі бөлігін алып тастайтын болсақ, онда өткізгіштегі зарядтардың таралуы да, сыртындағы электр өрісі де өзгермейді. Сондықтан өткізгіштің ішкі қуысында орналасқан зарядқа (денеге) сыртқы зарядтың әсері болмайды. Осы құбылыс металдық экран деп аталады.

Өткізгіштің ішіндегі электростатикалық өріс нөлге тең болғандықтан, оның потенциалы тұрақты, ал беті эквипотенциал бет болады:

$$\vec{E} = -\text{grad } \varphi = 0; \quad \varphi = \text{const}$$

Оңашаланған өткізгішке заряд берілсе, оның потенциалы да артады. Электр сыйымдылық шамасы сан жағынан өткізгіштің потенциалын бірлік шамаға арттыру үшін, оған берілетін зарядтың шамасына тең.

$$\varphi = q / C, C = q / \varphi$$

Конденсатор модулі бірдей, бірақ таңбалары қарама-қарсы зарядтары бар екі өткізгіштен тұратын жүйе. Конденсаторлардың тізбекті және параллель қосылу түрлері бар.

Кескіндеу әдісі электростатикадағы шекаралық есептерді шешудің амалы, негізі оның идеясы: нақты өткізгіштің орнына оның ішінде (немесе сыртында) «кескін» нүктелік зарядтарды орналастырып, сол кескіндер тудыратын өріс берілген шекаралық шарттарды дәл қанағаттандыратындай етіп таңдалады. Бірегейлік теоремасына сәйкес, $q_1\varphi_1 + q_2\varphi_2 = q_1\varphi_1 + q_2\varphi_2$. шарттар орындалса, табылған потенциал дұрыс.

Бақылау сұрақтары:

1. Кернеулік пен скалярлық потенциал арасындағы байланысты түсіндіріңіз.
2. Скаляр потенциалы үшін Пуассон теңдеуінің шешемін көрсетіңіз.
3. Конденсаторлардың қандай түрлерін білесіз және электр сыйымдылықтары қандай?
4. Кескіндеу әдісін 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.