

Электр тоғы белгілі бір ортада ағып жатқанда, \vec{j} ток тығыздығының векторымен сипатталатын токтың таралуы, электр өрісінің кернеулігі \vec{E} векторының таралуымен сәйкес келеді, сондықтан токтың таралуын зерттеу арқылы электр өрісінің құрылымы туралы қорытынды жасауға болады. Бұл тапсырмада қоршаған орта ретінде электролит ерітіндісі қолданылады.

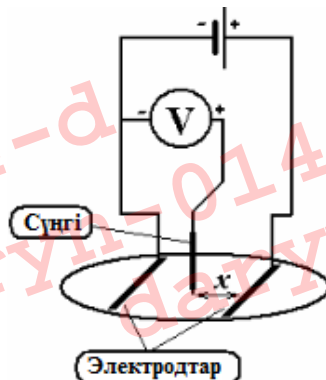
Электролиттің металл электродтарымен жанасу аймағында үлкен электрлік кедергісі бар қос иондық қабат түзілгендіктен, бұл қабаттың аймағында потенциалдың секіруі байқалады. Бұл секірудің шамасы электродтардың материалына, электролит түріне және электродтың полярлығына байланысты. Бұл жұмыста сіз осы секірісті ескеруіңіз керек, сондықтан да оны эксперименталды түрде зерттеу қажет.

Көрсетілген барлық жаттығуларда сіз потенциалдың кеңістіктегі таралуын зерттейсіз: потенциалдың оң электродқа дейінгі арақашықтыққа тәуелділігі.

Бұл есепте біркелкі параметрлері бар тізбектерді дәстүрлі зерттеуге қарағанда, кеңейтілген ортадағы ток ағыны зерттеледі. Мұндай жүйенің электрлік сипаттамалары айтарлықтай дәрежеде ток беретін электродтардың формасына байланысты, себебі олардың формасы токтардың кеңістіктік таралуын анықтайды. Сол токтардың кеңістікте таралуы зерттелетін потенциалдың қоршаған ортада таралуын анықтайды. Жоғарыда айтылғандай, бұл потенциалдың таралуы электростатикалықпен толығымен сәйкес келеді (егер электродтар тиісті тұрақты зарядтармен ауыстырылса). Алайда электролит арқылы электр тоғы ағып жатқан кезде электродтар маңында ион концентрациясы күрт өзгереді, бұл электр кедергісі жоғары электр қос қабатының пайда болуына әкеледі, бұл байқалатын потенциал секірісінің пайда болуында әкес соғады. Біз екі электродтың бірдей екендігіне баса назар аударамыз, сондықтан олардың арасында гальваникалық ЭҚК пайда болмайды, тек ток көзі қосылған кезде ғана электродтар тең емес жағдайда болады - бірі оң бағытта, екіншісі теріс. Потенциалды секірулердің құрылуынан басқа, бұл қабат нүктелік электродтың диаметрінің жоғарылауына да әсер етеді; бұл әсерді өлшеу нәтижелерін өңдеу кезінде анықтап, ескеру қажет. Өлшеу нәтижелерін және оларды өңдеуді дәйекті түрде көрсетуге көшейік.

Төменде, электрлік потенциалдың оң электродқа дейінгі арақашықтыққа тәуелділігін өлшеуге мүмкіндік беретін электр тізбегінің иллюстрациясы келтірілген. Көріп отырғанымыздай, тізбекте қолданылғандар: ток көзі (біздің жағдайда кернеу 9,0 В); вольтметр; әртүрлі формадағы алюминий электродтары (сақиналы, екі сызықтық, екі «нүктелік»); алюминий таяқшасы, минералды су бөтелкесі. 1 бөлім үшін сызықтық электродтар қолданылады.

Бұл тапсырмада сізден алынған нәтижелерді өңдеу қажет.



Бөлім 1. Параллельді тұрған электродтар

Электродтар арасындағы екі түрлі l қашықтықта x -тен оң электродқа дейінгі арақашықтықтан $\varphi(x)$ потенциалының тәуелділігін өлшеу нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

Сайыстың ұзақтығы 2 сағат.

ФИЗИКАДАН РЕСПУБЛИКАЛЫҚ ОЛИМПИАДА, 2021

1-кесте

x, cm	Потенциалдың таралуы $\varphi(x)$, В	
	Электродтар арасындағы қашықтық $l = 9,0 \text{ cm}$	Электродтар арасындағы қашықтық $l = 7,0 \text{ cm}$
0,5	7,12	7,05
1	6,76	6,52
1,5	6,34	6,01
2	5,93	5,49
2,5	5,47	4,98
3	5,06	4,43
3,5	4,67	3,93
4	4,26	3,42
4,5	3,85	2,91
5	3,45	2,37
5,5	3,09	1,88
6	2,71	1,41
6,5	2,31	0,9
7	1,92	
7,5	1,55	
8	1,16	
8,5	0,75	

1.1 Алынған тәуелділіктердің графиктерін салыңыз.

1.2 Сызықтық графиктер тұрғызып, сызықтық графиктердің коэффициенттерін табыңыз.

1.3 Алынған деректерді пайдаланып, оң және теріс электродтардағы $\Delta\varphi_{(+)}$ және $\Delta\varphi_{(-)}$ секірулерін анықтаңыз. Ол үшін шекті жағдайлардағы потенциалдардың мәндерін қарастырыңыз, өйткені потенциалдың максималды мәні қорек көзінің кернеуіне, ал минималды мәні нөлге тең болуы керек.

Бөлім 2. Радиалды таралу

Бұл тәжірибе үшін электролитке сақиналы электродты, ал оның ортасына, оң болатын «нүктелік» электродты орналастыру қажет.

Потенциалдың орталық электродтың центріне дейінгі арақашықтықтан тәуелділігін өлшеу нәтижелері 2-ші кестеде көрсетілген. Мұнда орталық электродтың радиусы $r_0 = 1.2 \text{ мм}$, сақиналы электродтың радиусы $R = 6.5 \text{ см}$.

2-кесте

r, cm	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
$\varphi, \text{В}$	5,42	3,88	3,02	2,42	1,98	1,66	1,38	1,13	0,91	0,75	0,57	0,41

2.1 Алынған тәуелділіктің графигін салыңыз.

2.2 Электр тогының радиалды симметриялы таралуы кезінде потенциалдың таралуы келесі формула арқылы сипатталатындығын көрсетіңіз:

$$\varphi(r) = A + B \ln\left(\frac{r}{r_0}\right), \quad (1)$$

мұндағы r_0 - орталық электродтың тиімді радиусы.

1-бөлімде алынған мәліметтерді қолдана отырып, А және В тұрақты коэффициенттерінің мәндерін табыңыз.

Нұсқау: Интеграл $\int_{x_0}^{x_1} \frac{1}{x} dx = \ln \frac{x_1}{x_0}$.

Сайыстың ұзақтығы 2 сағат.

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ, 2021

11 класс, экспериментальный тур (15 баллов)

При протекании электрического тока в некоторой среде его распределение, описываемое вектором плотности тока \vec{j} , совпадает с распределением вектора напряженности электрического поля \vec{E} , поэтому, изучая распределение токов, можно делать выводы о структуре электрического поля. В данном задании в качестве среды используется раствор электролита.

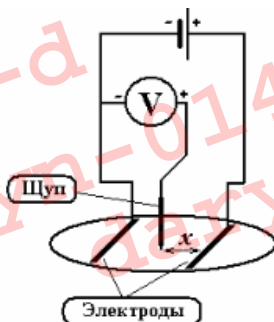
В области контакта электролита с металлическими электродами образуется двойной ионный слой, обладающий заметным электрическим сопротивлением, поэтому в области этого слоя происходит заметный скачок потенциала. Величина этого скачка зависит от материала электродов, вида электролита и полярности электрода. В данной работе вам обязательно необходимо учитывать этот скачок, поэтому его следует экспериментально исследовать.

Во всех заданиях вам предстоит исследовать пространственное распределение потенциала: зависимость потенциала от расстояния до положительного электрода.

В данной задаче исследуется протекание тока в протяженной среде, в отличие от традиционного изучения цепей со сосредоточенными параметрами. Электрические характеристики такой системы существенно зависят от формы токоподводящих электродов, так как их форма определяет пространственное распределение тока. Именно пространственное распределение тока определяет распределение потенциала в среде, которое необходимо исследовать. Как сказано выше, это распределение потенциала полностью совпадает с электростатическим (если электроды заменить на соответствующие постоянные заряды). Однако при протекании электрического тока через электролит вблизи электродов концентрации ионов резко изменяются, что и приводит к возникновению двойного электрического слоя с большим электрическим сопротивлением, что проявляется в возникновении заметного скачка потенциала. Подчеркнем, что оба электрода одинаковы, поэтому никакой гальванической ЭДС между ними не возникает, и только при подключении источника электроды оказываются в неравных условиях – один положительный, второй отрицательный. Помимо возникновения скачков потенциала этот слой проявляется в некотором эффективном увеличении диаметра точечного электрода, этот эффект также должен быть обнаружен и учтен при обработке результатов измерений. Приступим к последовательному изложению результатов измерений и их обработки.

Ниже приведено изображение электрической схемы, позволяющей измерять зависимость электрического потенциала от расстояния до положительного электрода. Как мы видим, в схеме использованы: источник тока (напряжением 9,0 В, в нашем случае); вольтметр; алюминиевые электроды различной формы (кольцевой, два линейных, два «точечных»); алюминиевый щуп, бутылка минеральной воды. Для части 1 использованы линейные электроды.

В данной задаче от вас требуется обработка уже полученных результатов.



Часть 1. Параллельные электроды

Результаты измерений зависимости потенциала $\varphi(x)$ от расстояния x до положительного электрода при двух различных расстояниях между электродами l представлены в Таблице 1.

Продолжительность тура 2 часа.

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ, 2021

Таблица 1

$x, \text{ cm}$	Распределение потенциала $\varphi(x)$, В	
	Расстояние между электродами $l = 9,0 \text{ cm}$	Расстояние между электродами $l = 7,0 \text{ cm}$
0,5	7,12	7,05
1	6,76	6,52
1,5	6,34	6,01
2	5,93	5,49
2,5	5,47	4,98
3	5,06	4,43
3,5	4,67	3,93
4	4,26	3,42
4,5	3,85	2,91
5	3,45	2,37
5,5	3,09	1,88
6	2,71	1,41
6,5	2,31	0,9
7	1,92	
7,5	1,55	
8	1,16	
8,5	0,75	

1.1 Постройте графики полученных зависимостей.

1.2 Линеаризуйте графики и найдите коэффициенты линеаризованных графиков.

1.3 Используя полученные данные, определите скачки потенциала $\Delta\varphi_{(+)}$ и $\Delta\varphi_{(-)}$ на положительном и отрицательном электродах. Для этого рассмотрите значения потенциалов в предельных случаях, ведь максимальное значение потенциала должно быть равно напряжению источника, а минимальное значение должно быть равно нулю.

Часть 2. Радиальное растекание

Для этого опыта мы расположите в электролите кольцевой электрод, а в его центре «точечный» электрод, который должен быть положительным.

Результаты измерений зависимости потенциала от расстояния до центра центрального электрода представлены в Таблице 2. Здесь, радиус центрального электрода $r_0 = 1.2 \text{ mm}$, радиус кольцевого электрода $R = 6.5 \text{ cm}$.

Таблица 2

$r, \text{ cm}$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
$\varphi, \text{ В}$	5,42	3,88	3,02	2,42	1,98	1,66	1,38	1,13	0,91	0,75	0,57	0,41

2.1 Постройте график полученной зависимости.

2.2 Покажите, что распределение потенциала при радиально симметричном распределении электрического тока может быть описано формулой:

$$\varphi(r) = A + B \ln\left(\frac{r}{r_0}\right), \quad (1)$$

где r_0 – эффективный радиус центрального электрода.

Найдите значения постоянных коэффициентов A, B , используя данные, полученные в Части 1.

Подсказка: Интеграл $\int_{x_0}^{x_1} \frac{1}{x} dx = \ln \frac{x_1}{x_0}$.

Продолжительность тура 2 часа.