

УДК 548.18

ПОВЕДЕНИЕ СИСТЕМЫ $Cu|CuSO_4|Cu$ В СИНУСОИДАЛЬНОМ ИСКУССТВЕННОМ ПОЛЕ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Сандулов Д. Б.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: 777milenx@mail.ru*

Исследовано поведение системы $Cu|CuSO_4|Cu$ в искусственном поле силы тяжести. Концентрацию электролита в ячейке изменяли от $10^{-5}M$ до $10^{-1}M$. Электрохимическая ячейка представляла собой цилиндр, в торцах которого располагались дисковые электроды. Ось ячейки была параллельна направлению действия поля. При увеличении скорости вращения ротора в разбавленных растворах, в системе возникал резкий скачок потенциала. Наибольший скачок потенциала наблюдали в ячейке с концентрацией электролита $10^{-5}M$, а наименьший при концентрации $10^{-1}M$. Кроме этого было изучено влияние синусоидальных колебаний искусственного поля силы тяжести. Период синусоидальных колебаний при этом составлял 125, 250 и 500 с, а амплитуда колебаний искусственной силы тяжести (g) определялась частотами вращения ротора – 125, 250, 500, 1000 и 2000 c^{-1} .

Ключевые слова: поле силы тяжести, электрохимическая ячейка, колебания потенциала.

ВВЕДЕНИЕ

Ранее было исследовано поведение системы $Cu|CuSO_4|Cu$ в искусственном поле силы тяжести [1, 2]. Концентрацию растворов сульфата меди при этом изменяли от 0,1 М до 1,0 М. В процессе увеличения величины поля до постоянной величины возникали самопроизвольные колебания потенциала, частотный анализ которых показал, что они кратны 8 с.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования этих колебаний, а также для изучения поведения раствора сульфата меди, при весьма малых концентрациях была изготовлена ячейка из метилметакрилата. Внутренняя часть ячейки представляла собой цилиндр диаметром $0,5 \cdot 10^{-2}$ м. и длиной $1 \cdot 10^{-2}$ м. В торцах ячейки располагались дисковые медные электроды диаметром $0,5 \cdot 10^{-2}$ м. Расстояние между электродами было $1 \cdot 10^{-2}$ м. Электроды были выполнены из листовой меди марки 9999. Ячейка располагалась внутри ротора так, что ось ячейки была параллельна направлению действию поля. В качестве центрифуги была использована УЦПЗ-45, позволявшая получать скорость вращения ротора $45 \cdot 10^3 c^{-1}$. Концентрацию растворов сульфата меди для исследования изменяли от $10^{-5}M$ до $10^{-1}M$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении экспериментов оказалось, что поведение сильно разбавленных растворов резко отличалось от поведения концентрированных растворов. Так при увеличении величины поля силы тяжести возникал резкий скачок потенциала, который начинал резко уменьшаться еще в то время, когда величина поля продолжала нарастать до постоянной величины. После резкого падения, как правило, возникали колебания, амплитуда которых незначительно превышала величину постоянной составляющей значения потенциала при установившейся скорости вращения ротора. На рисунке 1 приведен график зависимости возникающего потенциала в системе при концентрации сульфата меди 10^{-5} М и при увеличении частоты вращения ротора от 0 до постоянной величины – 6000 с^{-1} .

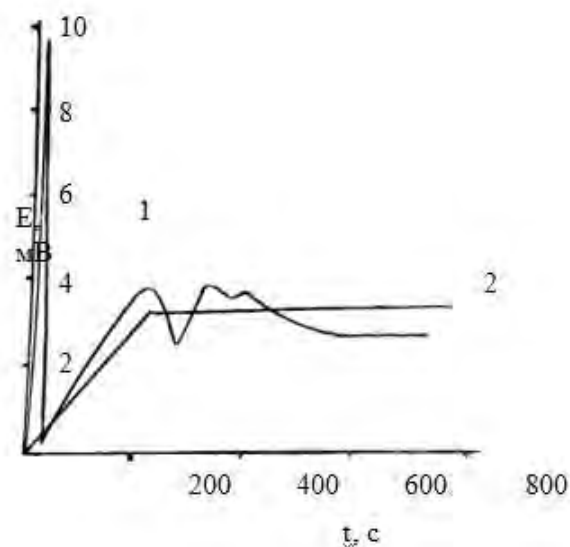


Рис. 1. Зависимость ЭДС системы $\text{Cu}/\text{CuSO}_4/\text{Cu}$ от величины действия искусственного поля силы тяжести.

1 – возникающий потенциал, 2 – скорость вращения ротора (6000 с^{-1}).

Как видно из графика, резкий скачок потенциала до $9,74 \text{ мВ}$ с последующим падением до $0,23 \text{ мВ}$ напоминает "упругое взаимодействие" ионов меди с электродом. В дальнейшем потенциал претерпевает колебание, после чего устанавливается до постоянного значения. В отличие от данных [1], где в системе положительный заряд в ячейке был ближе к центру вращения ротора, в последнем случае положительный заряд был сконцентрирован на противоположном ее конце. Последнее может быть объяснено большей подвижностью ионов Cu^{+2} , обусловленной меньшим размером радиуса иона меди по сравнению с радиусом сульфат-иона. Следует отметить, что скачок потенциала, возникающий при увеличении искусственного поля силы тяжести в ячейке с раствором концентрации сульфата меди $0,1 \text{ М}$, не превышал $1,25 \text{ мВ}$. В связи с тем, что устройство позволяло

накладывая на исследуемую ячейку электрические колебания или колебания искусственного поля силы тяжести, было предпринято исследование влияния синусоидальных колебаний искусственного поля силы тяжести. С этой целью на постоянную составляющую скорости вращения ротора, накладывали колебания с частотой одно за 125, 250 и 500 с, и амплитудой g , определяемой частотами вращения ротора 125, 250, 500, 1000 и $2000c^{-1}$. Данные, полученные в результате этого эксперимента (зависимость t – периода колебаний и A – амплитуды колебаний от концентрации сульфата меди), приведены в таблице 1.

Таблица 1
Колебания, возникшие в электрохимической ячейке под действием синусоидального искусственного поля силы тяжести, в зависимости от концентрации сульфата меди

$$C(CuSO_4) = 1 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

		1/t	2/t	3/t	4/t	5/t	6/t	7/t	8/t	9/t	10/t	11/t	12/t	13/t	14/t	15/t
t	125	100	12	86	12	29	12	11	12	10	12	13	12	15	12	15
A	500															
t	250	97	13	90	14	41	13	28	13	17	13	14	13	9	13	19
A	1000															
t	500	98	7	45	6	8	6	13	6	10	6	8	6	13	6	4
A	500															
t	500	100	3	54	2	19	2	8	2	7	2	4	2	4	2	2
A	1000															

$$C(CuSO_4) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

		1/t	2/t	3/t	4/t	5/t	6/t	7/t	8/t	9/t	10/t	11/t	12/t	13/t	14/t	15/t
t	125	99	27	100	27	11	27	37	27	37	27	11	27	99	25	99
A	500															
t	125	9	6	100	5	39	6	41	5	41	5	39	6	100	4	8
A	100															
t	500	100	4	13	4	6	4	6	4	6	4	4	4	6	4	5
A	250															
t	500	100	4	11	4	21	4	13	4	2	4	4	4	5	4	6
A	500															
t	500	98	5	44	5	7	5	11	5	9	5	7	5	6	5	3
A	1000															
t	500	94	8	100	7	27	7	12	7	20	7	8	7	5	7	11
A	2000															
t	250	98	3	93	3	74	3	51	3	32	3	21	3	21	3	23
A	2000															

$$C(\text{CuSO}_4) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

		1/t	2/t	3/t	4/t	5/t	6/t	7/t	8/t	9/t	10/t	11/t	12/t	13/t	14/t	15/t
t	125	100	16	18	16	25	16	24	16	18	15	100	14	26	17	26
A	125															
t	125	48	15	100	15	48	15	13	15	20	14	16	14	11	14	15
A	1000															
t	250	100	12	21	12	8	12	22	12	10	12	12	12	10	12	16
A	250															
t	250	74	6	100	5	22	5	23	5	10	5	10	5	3	5	5
A	1000															
t	500	100	1	23	1	10	1	5	1	0	1	1	1	2	1	1
A	1000															

$$C(\text{CuSO}_4) = 1 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

		1/t	2/t	3/t	4/t	5/t	6/t	7/t	8/t	9/t	10/t	11/t	12/t	13/t	14/t	15/t
t	125	100	9	64	9	26	9	7	9	13	9	7	9	10	9	4
A	500															
t	125	25	4	100	4	25	4	7	4	9	4	6	4	4	4	3
A	1000															
t	500	98	7	27	7	16	7	52	7	11	7	10	7	6	7	7
A	250															
t	500	98	7	7	7	11	7	8	7	6	7	6	7	6	6	5
A	1000															

$$C(\text{CuSO}_4) = 1 \cdot 10^{-1} \text{ моль/л}$$

		1/t	2/t	3/t	4/t	5/t	6/t	7/t	8/t	9/t	10/t	11/t	12/t	13/t	14/t	15/t
t	500	98	7	27	7	16	7	52	7	11	7	10	7	6	7	7
A	250															
t	500	98	7	7	7	11	7	8	7	6	7	6	7	6	6	5
A	1000															

Как и следовало ожидать, колебания возникали в связи с тем, что концентрации ионов меди и сульфат-ионов распределялись по длине ячейки в соответствии с действием искусственного поля силы тяжести и массой ионов. Характеристика этих колебаний определялась концентрацией раствора, частотой колебания и амплитудой колебания. Эти величины приведены в тексте и таблице. В растворах не зависимо от концентрации чем меньше был период колебания и больше амплитуда, тем чаще возникали нечётные гармоники с достаточно большой амплитудой. Для растворов с концентрацией 10^{-5} М, периоде колебания 125 с и амплитуде 500 с^{-1} возникали две гармоники - первая и третья. А при колебании с периодом 250 с и амплитуде

1000 с^{-1} , кроме первой и третьей гармоник, возникали пятая и седьмая гармоники и далее вплоть до пятнадцатой гармоники. Подобная картина наблюдалась для концентрации сульфата меди 10^{-4} М . В случае концентрации сульфата меди 10^{-3} М при периоде колебания 125 с и амплитуде колебания 1000 с^{-1} , система вела себя как стабильный усилитель. По мере увеличения концентрации, особенно при концентрации 10^{-1} М , максимальное значение амплитуды колебаний наблюдалось только для случая, когда период колебания составлял 500 с , амплитуда колебания 250 с^{-1} для гармоник первой и седьмой. При частоте 500 с и амплитуде 1000 с^{-1} система близка к резонансу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Наибольшей амплитудой отличались колебания в растворах с концентрацией 10^{-5} М (до $3,75\text{ мВ}$) и $0,25\text{ мВ}$ в случае с растворами 10^{-1} М .
2. В растворах, не зависимо от концентрации, чем меньше был период колебания и больше амплитуда, тем чаще возникали нечётные гармоники с достаточно большой амплитудой.
3. Описанное поведение системы напоминает поведение нелинейного конденсатора, в котором частота задаётся не электрическими колебаниями, а колебаниями поля силы тяжести.

Список литературы

1. Сандулов Д.Б. Влияние искусственного поля силы тяжести на поведение системы $Cu/CuSO_4/Cu$ и $Ag/AgNO_3/Ag$ / Д.Б. Сандулов, В.А. Докторович // Электрохимия. – 1984. – Т. XX. – № 3. – С. 358–361.
2. Сандулов Д.Б. Ячейка с раствором сильного электролита в центробежном поле / Д.Б. Сандулов, Ю.А. Раков, В.А. Докторович // Термодинамика необратимых процессов и её применение (тезисы докладов II-й Всесоюзной конференции). Черновицкий государственный университет, Черновцы. – 1984. – С. 240.

BEHAVIOR OF SYSTEM $Cu|CuSO_4|Cu$ IN THE SINEWAVE ARTIFICIAL FIELD OF GRAVITY

Sandulov D. B.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
E-mail: vika.tim@list.ru*

Behavior of the system $Cu|CuSO_4|Cu$ is investigational in the artificial field of gravity. The concentration of electrolyte in a cell was changed from a 10^{-5} М to 10^{-1} М . the Electrochemical cell was a cylinder, disk electrodes were situated in the butt ends of that. The axis of cell was parallel to direction of action of the field. At the increase of speed of rotation of rotor in dilute solutions, there was a sharp jump of potential in the system. The most jump of potential was looked after in a cell with the concentration of electrolyte by a 10^{-5} М , and the least during a concentration 10^{-1} М . Particular interest

presented the process of influence of sinewave vibrations of the artificial field of gravity. For this purpose on the permanent constituent of potential, arising up in a cell at permanent speed of rotation of rotor laid on the sinewave vibrations of the artificial field of gravity frequency 125 with, 250 with, 500 with, and by amplitude from 125 c^{-1} to 2000 c^{-1} . As a result of imposition of these vibrations there were vibrations of potential in a cell. Frequency of these vibrations depended, both from frequency and from amplitude. Most influence on frequency and amplitude of vibrations arising up in a cell, amplitude of questioner oscillation rendered. Especially it showed up at the concentrations of electrolyte a $10^{-5} \text{ M} - 10^{-3} \text{ M}$ and to amplitude from 125 c^{-1} to 2000 c^{-1} .

Keywords: the field of gravity, electrochemical cell, vibrations of potential.

References

1. Sandulov D.B., Doctorevich V.A. Influence of the artificial field of gravity on behavior of the system $\text{Cu}/\text{CuSO}_4/\text{Cu}$ and $\text{Ag}/\text{AgNO}_3/\text{Ag}$, *Electrochemistry*, **XX** (3), 358 (1984). (in Russ.)
2. Sandulov D.B., Rakov Yu.A., Doctorevich V.A. Cell with solution of strong electrolyte in the centrifugal field. Thermodynamics of irreversible processes and her application (theses of lectures of II-d All-union conference). *Chernivtsi state university, Chernivtsi*, 240 (1984).