

А. Р. Колли.

ИЗСЛѢДОВАНИЕ ДИСПЕРСИИ
ВЪ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОМЪ СПЕКТРѢ ВОДЫ.

*Отд. Оттискъ изъ Журнала Русск. Физ. - Хим. Общ.
Физическій Отдѣлъ.*

Томъ XXXIX, вып. 8.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія В. О. Киршбаума, Дворцовая пл., д. М-ва Финансовъ.
1907.

ИЗСЛѢДОВАНИЕ ДИСПЕРСИИ ВЪ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМЪ СПЕКТРѢ ВОДЫ.

А. Р. Колли.

Въ настоящей статьѣ приведены результаты изслѣдованія дисперсии въ электрическомъ спектрѣ воды, произведеннаго по методѣ волнъ въ проволокахъ. Расположеніе метода и подробности измѣреній изложены въ статьѣ: «*О расположеніяхъ методы волнъ въ проволокахъ для цѣлей изслѣдованія дисперсии въ электрическомъ спектрѣ жидкостей...*»¹⁾). Въ настоящей статьѣ является поэтому возможнымъ привести результаты измѣреній, не оставиваясь долѣе на второстепенныхъ деталяхъ изслѣдованія. Необходимыя замѣчанія и поясненія будутъ сдѣланы въ своемъ мѣстѣ.

Результаты измѣреній.

Измѣренія производились въ дистиллированной водѣ (электропроводность $= 5 \cdot 10^{-10}$ ртутн. ед.).

Особыхъ мѣръ къ болѣе тщательному очищенію воды не принималось, ибо, въ согласіи съ результатами изслѣдованія другихъ авторовъ²⁾, было констатировано, что загрязненіе воды, при чемъ напр. ея электропроводность возрастала въ 10 разъ, замѣтнаго вліянія на получаемые результаты не оказывало. Результаты собраны въ помѣщаемыхъ ниже таблицахъ, расположенныхъ по типу таблицы на стр. 252 статьи I, причемъ удержаны и прежнія обозначенія: $\frac{\lambda}{2}$ — длина полуволны въ воздухѣ, $\frac{\lambda}{2}$ — длина полуволны въ водѣ, t — температура воды, n_t — показатель преломленія для температуры t , $n_{17.6}$ — показатель преломленія, приведенный

¹⁾ А. Р. Колли. Ж. Ф. О. 38, р. 431. 1906; мы будемъ обозначать ее впредь: «статья I».

²⁾ P. Drude. Wied. Ann. 59, р. 20. 1896.

	$\frac{\Lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$	t	n t	n _{17,а}	№	Примѣчаніе.
4)	326,94	37,09	23,4	8,814	8,955	6	Мостъ пластинкой.
5)	313,94	35,60	23,5	8,818	8,961	7	» »
6)	313,65	35,06	17,8	8,946	8,964	37	» коробкой.
7)	292,03	32,96	21,5	8,860	8,959	9	1 = 10 мм. » пластинкой.
8)	282,96	32,01	23,3	8,839	8,978	8	» »
9)	281,65	31,69	21,0	8,887	8,975	10	» »
10)	273,55	30,57	18,7	8,950	8,987	2	» »
11)	271,51	30,17	17,6	8,999	9,012	27	1 = 8 мм. Мостъ кор. съ углемъ ¹⁾ .
12)	270,41	29,97	17,6	9,023	9,036	54	Мостъ коробкой
13)	269,10	29,84	17,4	9,018	9,027	55	» »
14)	267,75	29,73	18,2	9,006	9,032	53	» »
15)	263,55	29,40	16,3	8,964	8,949	57	» »
16)	262,56	29,61	17,2	8,867	8,871	56	» »
17)	262,00	29,61	17,9	8,848	8,868	52	» »
18)	259,55	29,15	20,5	8,904	8,981	11	Мостъ кор. съ углемъ.
19)	246,82	27,84	21,1	8,865	8,955	12	1 = 10 мм. » » »
20)	245,12	27,75	23,1	8,833	8,967	16	» » вибр. у задн. моста.
21)	231,30	26,21	21,6	8,821	8,922	13	Мостъ кор. съ углемъ
22)	231,20	25,66	16,1	9,009	8,989	3	Мостъ пластинкой.
23)	223,68	25,25	21,1	8,859	8,949	67	» коробкой.
24)	221,90	25,17	20,7	8,816	8,897	66	» »
25)	220,52	24,79	20,0	8,896	8,962	65	» »
26)	220,09	24,92	18,4	8,831	8,862	26	1 = 8 мм. Мостъ кор. съ углемъ.
27)	219,68	25,16	20,0	8,731	8,797	64	Мостъ коробкой.
28)	217,76	24,88	22,6	8,752	8,875	63	» »
29)	215,15	24,83	22,1	8,665	8,777	62	1 = 10 мм. » »
30)	213,07	22,94	21,8	8,623	8,729	61	» »
31)	211,46	24,44	21,6	8,652	8,753	60	» »
32)	210,05	23,96	18,1	8,767	8,791	25	1 = 8 мм. Мостъ кор. съ углемъ.
33)	208,55	23,81	17,1	8,756	8,758	40	Мостъ коробкой.
34)	208,17	24,28	22,9	8,574	8,704	59	» »
35)	207,72	23,76	16,8	8,738	8,734	36	» »
36)	206,64	23,75	22,3	8,700	8,817	58	» »
37)	205,88	23,48	17,0	8,768	8,768	39	» »
38)	204,21	23,30	16,9	8,764	8,762	38	» »
39)	203,99	23,27	19,0	8,765	8,809	30	1 = 15 мм. » »
40)	203,91	23,16	16,7	8,806	8,799	35	» »
41)	202,09	23,04	17,3	8,771	8,778	28	» »
42)	200,72	22,71	16,7	8,834	8,827	41	» »
43)	199,46	22,62	17,1	8,818	8,820	43	» »
		22,69	19,0	8,790	8,834		Мостъ кор. съ углемъ.
		22,64	17,3	8,810	8,817		Мостъ кор. вст. мет. стѣн. ²⁾

¹⁾ Разстояніе проволоки задающей системы равно 1, для 1 меньшаго d.

²⁾ Ср. статья I стр. 446.

	$\frac{\Lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$	t	n t	n _{17.}	№	Примѣчаніе.
44)	198,92	22,56	17,4	8,812	8,821	42	Мостъ коробкой.
45)	197,77	22,23	17,1	8,896	8,898	34	» »
46)	195,08	22,20	16,8	8,787	8,783	29	» »
47)	194,95	22,24	17,3	8,766	8,773	50	» »
48)	194,13	22,17	17,6	8,756	8,769	51	» »
		22,11	16,8	8,775	8,771		Мостъ кор. другого разм.
		22,14	17,6	8,772	8,785		Вставл. металл. стѣнки.
49)	193,73	22,11	17,5	8,762	8,773	44	Мостъ коробкой.
50)	192,79	21,94	17,4	8,787	8,796	49	» »
51)	192,15	21,81	17,3	8,810	8,817	48	l = 10 мм. » »
52)	192,04	21,87	17,3	8,827	8,834	32	» »
53)	191,25	21,64	17,7	8,838	8,853	45	» »
54)	190,63	21,55	17,0	8,846	8,846	33	» »
55)	189,38	21,33	17,3	8,878	8,885	46	» »
56)	188,01	21,40	22,4	8,785	8,904	14	Мостъ кор. съ углемъ.
57)	185,51	20,95	17,5	8,855	8,866	47	Мостъ коробкой.
58)	181,92	20,59	16,1	8,835	8,815	31	» »
		20,96	23,2	8,679	8,815		» »
59)	180,70	20,66	22,5	8,738	8,859	15	Мостъ кор. съ углемъ.
60)	179,15	20,20	17,1	8,868	8,870	21	» » » »
61)	174,53	19,78	16,9	8,822	8,820	22	l = 8 мм. » » » »
62)	166,08	18,90	17,5	8,787	8,798	20	» » » »
63)	158,25	18,26	22,7	8,666	8,791	17	l = 10 мм. » » » »
64)	150,66	17,41	19,2	8,648	8,696	18	l = 8 мм. » » » »
65)	139,01	—	—	—	—	23	
66)	117,35	13,88	17,6	8,454	8,467	24	Мостъ коробкой.
97)	112,02	13,40	18,6	8,360	8,395	19	l = 5 мм. Мостъ кор. съ углемъ.

ТАБЛИЦА III.

Расположеніе II d = 5 мм.

1)	403,10	44,79	19,0	9,000	9,044	1	l = 5 мм.	Мостъ коробкой.
2)	342,81	38,37	18,3	8,934	8,963	2		» »
3)	297,14	33,15	18,8	8,909	8,949	3	l = 8 мм.	» »
4)	277,35	31,35	19,2	8,903	8,951	4		» »
5)	268,42	29,99	19,6	8,950	9,007	5	l = 5 мм.	» »
6)	259,60	29,06	19,3	8,933	8,984	6		» »
7)	208,26	23,76	18,8	8,765	8,805	7		» »
8)	207,25	23,49	17,6	8,822	8,835	26		» »
9)	206,89	23,56	18,8	8,781	8,821	12		» »
10)	204,93	23,41	18,7	8,754	8,791	9		» »
11)	203,27	23,35	18,5	8,705	8,738	8		» »
12)	203,22	23,00	18,8	8,836	8,876	11		» »
13)	202,21	22,86	18,4	8,845	8,876	10		» »

	$\frac{\Lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$	t	n _t	n _{17,0}	№	Примѣчаніе.
14)	201,72	22,84	17,6	8,832	8,845	25	Мость коробкой.. »
15)	198,82	22,57	14,7	8,809	8,758	22	
16)	197,10	22,27	15,3	8,851	8,814	23	
17)	194,50	22,15	14,5	8,781	8,726	24	
18)	193,90	21,94	18,0	8,837	8,856	18	
19)	191,96	21,74	16,4	8,831	8,818	19	
20)	191,87	21,93	16,2	8,749	8,731	17	
21)	191,26	21,74	15,0	8,797	8,753	21	
22)	190,47	21,59	15,9	8,822	8,798	20	
23)	188,94	21,48	17,2	8,796	8,800	13	
24)	186,43	20,70	17,0	9,006	9,006	14	
25)	185,18	20,57	15,5	9,002	8,969	16	
26)	184,36	20,63	16,3	8,937	8,922	15	

1 = 5 мм.

Приведенныя измѣренія указываютъ на существованіе сложнаго спектра въ изслѣдованномъ интервалѣ волнъ. Ходъ дисперсіонной кривой на основаніи таблицы I изображается кривой I, таблицы II—кривой II, таблицы III—кривой III. Точки наблюденія соотвѣтственно обозначены черезъ $\odot$, $\times$, $+$ и перенумерованы такъ же, какъ и въ таблицахъ; по абсциссамъ отложены длины полуволнъ въ мм.

Ниже будутъ указаны причины, обуславливающія то обстоятельство, что кривыя I, II, III не совпадаютъ. Несмотря на довольно значительное количество измѣреній число полученныхъ точекъ далеко не достаточно, чтобы по нимъ во всѣхъ деталяхъ могла быть построена дисперсіонная кривая, которая мѣстами, какъ это прямо видно, проведена лишь очень приблизительно, часто на основаніи аналогіи съ болѣе тщательно промѣренными частями спектра и по сравненію кривыхъ между собою. Поэтому ходъ кривой на всей длинѣ отнюдь не претендуетъ точно изображать явленіе. Но во всякомъ случаѣ этихъ измѣреній достаточно, чтобы совершенно опредѣленно выяснитъ природу явленія, и съ этой цѣлью нѣкоторыя изъ дисперсіонныхъ полосъ промѣрены съ достаточной обстоятельностью и построены на основаніи достаточнаго числа точекъ. Полученные результаты съ несомнѣнностью указываютъ, что по ходу дисперсіи *характеръ наблюденныхъ дисперсіонныхъ полосъ въ электрическомъ спектрѣ тождественъ съ полосами, наблюдаемыми въ спектрѣ свѣтовомъ*¹⁾.

¹⁾ Ср. напр., A. Pflüger. Wied. Ann. 56, p. 412. 1895.

О температурномъ коэффициентѣ.

Для приведенія всѣхъ измѣряемыхъ величинъ къ $17,0^{\circ}$ употреблялся температ. коэф., вычисленный изъ измѣреній въ области, гдѣ вода дисперсией не обладаетъ. Правильность такого приѣма можетъ возбуждать сомнѣнія, ибо температ. коэф. можетъ быть, конечно, другимъ внутри дисперсионныхъ полосъ, причемъ вообще величина его можетъ отъ одной точки кривой къ другой мѣняться. Для того, чтобы не производить опредѣленій его по всей длинѣ спектра, всѣ измѣренія (за немногими исключеніями), относящіеся къ опредѣленному ряду наблюдений, были сдѣланы поэтому при температурахъ, колебавшихся въ сравнительно узкомъ интервалѣ; вліяніе недостаточно хорошо извѣстной величины температур. коэф. на ходъ кривой дисперсіи не могло быть поэтому значительнымъ.

Нѣкоторые произведенныя измѣренія его, напр., измѣренія для точекъ № 40 табл. I и № 58 табл. II, указываютъ кромѣ того, что, повидимому, и внутри полосъ дисперсіи температур. коэф. сохраняетъ ту же величину.

Объ аномальной абсорбціи.

Въ связи съ характеромъ дисперсионныхъ полосъ слѣдуетъ ожидать, что имъ сопутствуетъ и аномальная абсорбція. Употреблявшійся методъ, преслѣдовавшій свои спеціальныя цѣли, былъ мало пригоденъ для изученія абсорбціи; таковая могла бы быть обнаруженной развѣ въ томъ случаѣ, если бы величина ея была настолько значительна, что число узловъ въ водѣ, доступныхъ точному измѣренію, было бы вообще замѣтно меньше, чѣмъ обыкновенно. При такой довольно произвольной оцѣнкѣ была бы при томъ всегда опасность, что причиной болѣе слабыхъ узловъ является случайно болѣе слабое дѣйствіе системы. Тѣмъ не менѣе та *систематичность*, съ которой для опредѣленныхъ періодовъ колебаній узлы въ водѣ были болѣе слабы и размыты, указываетъ, повидимому, на то, что абсорбція была достаточно сильна, чтобы быть обнаруженной и такимъ путемъ. Для иллюстраціи приведемъ напр. такіе наблюденія. Въ таблицѣ I показатель преломленія для точекъ №№ 4—13 опредѣлялся въ среднемъ изъ 10 узловъ, для точки № 14 изъ 8, для точекъ №№ 15, 16—изъ 7, для точки № 17—изъ 8, для точекъ №№ 18, 19—изъ 9. Изъ таблицы II для точекъ, лежащихъ около точки № 65, показатель преломленія

опредѣлялся изъ 4—6 узловъ, для точки № 65 съ трудомъ можно было наблюдать 2 узла. Описанныя особенности естественно объясняются аномальной абсорбціей. Махимум такой абсорбціи замѣтенъ рѣзко лишь въ узкомъ интервалѣ измѣненія $\frac{\Delta}{2}$, въ предѣлахъ 2—3 мм., и лежитъ ближе къ нижней части полосы, — иногда совсѣмъ внизу ¹⁾).

Если въ виду особенностей наблюденія результаты изслѣдованія абсорбціи далеко не имѣютъ той достовѣрности и вѣса, какъ результаты изслѣдованія дисперсіи, и для изученія явленія требуется примѣненіе прямого метода, то въ силу природы явленія нѣтъ основанія сомнѣваться въ существованіи аномальной абсорбціи, если наличность полосъ дисперсіи является установленной. Такая абсорбція въ спектрѣ воды дѣйствительно была нѣкоторыми авторами наблюдаема и для опредѣленныхъ длинъ волнъ количественно измѣрена ²⁾).

Является поэтому необходимымъ остановиться на тѣхъ особенностяхъ въ измѣреніи показателя преломленія, которыя обусловливаются присутствіемъ абсорбціи въ жидкости.

Возможныя вліянія абсорбціи на измѣренія показателя преломленія.

а) Отраженіе волнъ отъ поверхности абсорбирующей жидкости происходитъ съ потерей въ фазѣ, величина которой опредѣляется коэф. абсорбціи и показателемъ преломленія.

Для правильной установки границы жидкости эта потеря фазы должна быть поэтому принята во вниманіе. Всѣ помѣщенные выше результаты получены при установкахъ вѣрныхъ для неабсорби-

¹⁾ Длина волны въ воздухѣ для точекъ №№ 62—67 табл. II опредѣлялась изъ 10—11 узловъ, тогда какъ въ водѣ вѣрно наблюдать можно было узловъ 4—6. Уже это обстоятельство указываетъ, повидимому, на значительную абсорбцію; но такъ какъ при измѣреніяхъ въ короткихъ волнахъ замѣтное ослабленіе волнъ въ водѣ можетъ зависѣть отъ значительной потери энергии волнъ черезъ подвижную мостъ, то судить съ извѣстной долей достовѣрности о величинѣ абсорбціи возможно лишь на основаніи *сравнительной* оцѣнки интенсивности волнъ въ водѣ для сосѣднихъ точекъ.

²⁾ Къ литературѣ по методамъ и результатамъ изслѣдованія аномальной абсорбціи въ водѣ. Ср. P. Drude. Wied. Ann. 61, p. 466. 1897, 65, p. 499. 1898; W. D. Coolidge. Wied. Ann. 69, p. 125. 1899; K. Wildermuth. Ann. d. Phys. 8, p. 212. 1902; O. Berg. Ann. d. Phys. 15, p. 307. 1904; O. von Baeyer. Ann. d. Phys. 17, p. 30. 1905.

рующихся жидкостей, т. е. въ случаѣ абсорбціи при установкахъ допускалась нѣкоторая неточность, что въ свою очередь должно было имѣть вліяніе на результатъ измѣренія показателя преломленія (ср. статья I, стр. 447). Предстоитъ поэтому оцѣнить порядокъ допущенной ошибки. Измѣненіе фазы дается выраженіемъ:

$$\operatorname{tg} 2\pi \Delta = \frac{2n k}{n^2 + n^2 k^2 - 1},$$

гдѣ n —показатель преломленія, k —коэф. абсорбціи, опредѣляемый изъ выраженія $e^{-2\pi k \frac{z}{\lambda}}$ (z направленіе распространенія волнъ, λ длина волны въ жидкости).

Мы получимъ предѣлъ допущенной ошибки, если возьмемъ для k величину изъ наиболѣе абсорбируемой части спектра и для показателя преломленія наименьшую изъ наблюденныхъ величинъ. На основаніи измѣреній Вильдермута (l. c.) k для $\frac{\lambda}{2} = 110 \text{ мм.}$ (т. е. въ части спектра съ болѣе сильной абсорбціей) $= 0,04$; n положимъ равнымъ 8,400, Δ равно тогда 0,003, и поправка на установку, равная $\Delta \times \frac{\lambda}{2}$ для длины полуволны въ 150 мм. $= 0,45 \text{ мм.}$ —величина на которую граница жидкости должна быть сдвинута по направленію къ задающей системѣ. Невѣрное положеніе границы жидкости до указаннаго выше предѣла замѣтной неточности въ измѣренія внести не можетъ.

б) Помѣщенные ниже замѣчанія, касающіяся преимущественно измѣреній въ жидкости съ абсорбціей, имѣютъ принципиальное значеніе для самого метода изслѣдованія. Мы остановимся на нихъ поэтому нѣсколько подробнѣе, ибо въ статьѣ I они не получили достаточнаго освѣщенія.

При вторичной системѣ, расположенной въ воздухѣ (измѣреніе длины волны въ воздухѣ), для любого положенія подвижнаго моста C имѣются во вторичной системѣ два интересующихъ насъ колебанія: одно—съ періодомъ собственнаго колебанія первичной системы, другое—съ періодомъ собственнаго колебанія системы вторичной или, смотря по положенію моста C , одного изъ ея гармоническихъ ¹⁾. При передвиженіи моста C періодъ вторичной системы и ея гармоническихъ измѣняется, и для опредѣленныхъ положеній моста C (узловыхъ положеній) наблюдаются максимум'ы показанія индикатора, расположенные согласно измѣреніямъ на

¹⁾ Разсмотрѣніе ряда другихъ колебаній, напр. колебаній съ періодомъ собственныхъ колебаній вибратора не имѣетъ для нашей цѣли значенія.

равныхъ разстояніяхъ. Это разстояніе полагается равнымъ длинѣ полуволны въ воздухѣ $\frac{\Lambda}{2}$.

Такое обозначеніе имѣетъ, очевидно, смыслъ, если періодъ колебанія вторичной системы для узловыхъ положеній моста С остается неизмѣннымъ.

Переходя затѣмъ къ измѣреніямъ въ жидкости, мы совершенно аналогично находимъ длину полуволны $\frac{\lambda}{2}$ въ жидкости, т. е. и въ этомъ случаѣ предполагаемъ для узловыхъ положеній неизмѣнный періодъ колебанія. Отношеніе $\frac{\Lambda}{\lambda}$ носить названіе показателя преломленія—опредѣленіе, которое имѣетъ смыслъ лишь при допущеніи, что узловымъ положеніямъ въ воздухѣ и жидкости (волнамъ Λ и λ) соответствуетъ неизмѣнный періодъ колебаній. Принципіально важный вопросъ, насколько дѣйствительно періодъ во всѣхъ указанныхъ случаяхъ остается неизмѣннымъ, можетъ быть рѣшенъ лишь на основаніи болѣе близкаго разсмотрѣнія тѣхъ условий, которыми опредѣляется максимумъ дѣйствія индикатора.

Переходя къ такому разсмотрѣнію, мы должны прежде всего допустить, что положеніе максимум'овъ опредѣляется наличностью обоихъ указанныхъ выше колебаній. Въ основу нашихъ разсужденій положимъ поэтому теорію резонанса Бьеркнеса ¹⁾, дальнѣйшее развитіе которой въ приложеніи къ связаннымъ системамъ дано Друде ²⁾.

Результаты этой теоріи будутъ имѣть для насъ то важное значеніе, что они позволяютъ намъ вполне опредѣленно ориентироваться въ вопросѣ ³⁾.

Назовемъ періодъ собственныхъ колебаній первичной системы черезъ T_1 , измѣняющійся періодъ системы вторичной или, смотря по положенію моста С, одного изъ ея гармоническихъ—черезъ T_2 ; будемъ далѣе различать между индикаторами на максимальный эффектъ и эффектъ суммарный.

Періодъ $T_{2 \text{ макс.}}$ для котораго наблюдается максимумъ показанія индикатора, вообще не равенъ періоду T_1 ; напомнимъ поэтому

¹⁾ Bjercknes. Wied. Ann. 55, p. 121. 1895.

²⁾ P. Drude. Ann. d. Phys. 13, p. 512. 1904.

³⁾ Теорія волнъ въ проволокахъ, данная Друде (Abhandl. d. k. Sächs. Ges. d. Wiss. 23 Wied. Ann. 60, p. 1. 1897), содержитъ теорію лишь одного изъ колебаній (вынужденное колебаніе съ періодомъ первичной системы); она не въ состояніи поэтому дать ответа въ разсматриваемыхъ здѣсь особенностяхъ колебаній.

$T_{2\max} = T_1 (1 + \xi_m)$. Величина ξ_m , равная процентной разности периодовъ T_1 и $T_{2\max}$, зависитъ: 1) отъ того, какой изъ эффектовъ наблюдается индикаторомъ, 2) отъ затуханія δ_1 и δ_2 перваго и втораго колебаній, 3) отъ величины δ , выражающей измѣненіе затуханія δ_2 съ измѣненіемъ періода.

Мы приходимъ такимъ образомъ къ заключенію, что, если измѣняется затуханіе вторичной системы, то долженъ измѣняться и періодъ, для котораго наблюдается тахімистъ показанія индикатора, причемъ замѣчаніе это имѣетъ силу и для системъ столь слабо связанныхъ, что вліяніемъ связи можно пренебречь ¹⁾.

Въ зависимости отъ того, принадлежитъ-ли данное колебаніе основному тону или одному изъ гармоническихъ вторичной системы, затуханіе его можетъ быть различно. Въ случаѣ измѣреній въ жидкости затуханіе для соотвѣтственныхъ положеній подвижного моста въ узлахъ въ случаѣ жидкости и воздуха должно быть для жидкостей, особенно съ большой діэл. пост., больше, чѣмъ для воздуха ²⁾. *Въ случаѣ же жидкости, обладающей абсорбціей, это различіе въ затуханіяхъ должно быть особенно значительно.* Мы должны поэтому обратиться къ прямому опыту, чтобы постараться оцѣнить величину вліянія указанныхъ выше причинъ на измѣряемую величину показателя преломленія.

Опытъ былъ поставленъ слѣдующимъ образомъ: при обычномъ расположеніи системы была измѣрена длина волны въ воздухѣ; затѣмъ между первымъ и вторымъ узломъ, вторымъ и третьимъ были наложены трубки № 2 и № 3, аналогичныя тѣмъ, которыя служили индикаторами; при такомъ расположеніи опять была измѣрена длина волны (3-й узелъ былъ первымъ опредѣляемымъ узломъ). Абсорбированіе энергіи электромагнитныхъ волнъ происходило теперь не только въ трубкѣ № 1, служившей индикаторомъ, но и въ двухъ слѣдующихъ. Дѣйствительно наблюдаемые

¹⁾ Формулы Drude (l. c.) 55, 57, 79, 86, 83, 87 получены въ предположеніи очень малой связи. Собственные колебанія и затуханія приняты поэтому равными свободнымъ колебаніямъ и затуханіямъ. Вліяніе малой, но конечной связи выразится въ томъ, что періодъ T_1 и T_2 и затуханія δ_1 , δ_2 взаимно зависятъ другъ отъ друга и отъ величины связи, причемъ такая зависимость будетъ особенно значительна для периодовъ близкихъ къ резонансу (ср. M. Wien. Wied. Abh. 62 p. 151. 1897), въ этомъ случаѣ $T_{2\max}$ будетъ слѣдовательно зависетьъ и отъ величины связи.

²⁾ Потеря энергіи черезъ подвижной мостъ въ случаѣ жидкости съ большой діэл. пост. гораздо болѣе значительна, чѣмъ для воздуха.

уалы въ случаѣ трубокъ № 2 и № 3 были значительно болѣе размыты, что и указывало на замѣтное увеличеніе затуханія системы.

Результаты опытовъ слѣдующіе:

Измѣренія съ трубкой № 1.

Начало измѣреній: $\frac{\Lambda}{2} = 284,10$ мм.

Конецъ измѣреній: $\frac{\Lambda}{2} = 284,06$ мм.

Среднее: 284,08 мм.

Наложены трубки № 2 и № 3. Опреѣленіе $\frac{\Lambda}{2}$ производилось изъ наблюденій трубки № 1 и трубки № 3.

Изъ наблюденій трубки № 1: $\frac{\Lambda}{2} = 283,82$ мм.

Изъ наблюденій трубки № 2: $\frac{\Lambda}{2} = 283,75$ мм.

Среднее: 283,79 мм.

Эти результаты показываютъ, что съ увеличеніемъ затуханія вторичной системы maximum показанія индикатора перемѣщается къ болѣе короткимъ волнамъ. Такое перемѣщеніе, хотя оно и могло быть въ разсматриваемомъ случаѣ несомнѣнно констатировано, однако весьма незначительно (0,1%). При измѣреніи длины волны въ воздухѣ, гдѣ измѣненіе затуханія отъ основного тона къ гармоническимъ должно быть гораздо менѣе значительно, оно практически равно нулю; судя по рѣзкости, съ которой наблюдаются узлы въ жидкости, то же самое можно сказать и относительно измѣреній въ неабсорбирующихъ жидкостяхъ. Для жидкостей-же со значительной абсорбціей наблюденная величина показателя преломленія должна отъ указанной причины быть нѣсколько больше дѣйствительной ¹⁾. Приведенные результаты являются вполне аналогичными съ результатами, полученными Кибитцомъ, при изслѣдованіи колебаній въ прямолинейномъ проводникѣ ²⁾.

¹⁾ Вѣроятно, что и въ случаѣ сильно абсорбирующихъ жидкостей ошибка то же практически не имѣетъ значенія, ибо самія измѣренія въ этомъ случаѣ (напр. спирты) гораздо менѣе точны.

²⁾ F. Kiebitz. Ann. d. Phys. 5, p. 872. 1901.

Остановимся еще на слѣдующемъ замѣчаніи. Такъ какъ положеніе тахішм'а показанія индикатора (періодъ $T_2 \text{мах.}$) зависитъ отъ того, какой изъ эффектовъ наблюдается, то мы въ правѣ ожидать, что, пользуясь искрой, какъ индикаторомъ, т. е. наблюдая эффектъ максимальный, мы должны получить при томъ же періодѣ первичной системы другую длину волны, чѣмъ при измѣреніяхъ съ трубкой (индикаторъ на суммарный эффектъ). Это предположеніе вполнѣ подтверждается опытомъ. При расположеніи, при которомъ съ трубкой была получена длина полуволны $\frac{\Lambda}{2} = 284,08$, съ искрой получается для $\frac{\Lambda}{2}$ величина 285,4.

О сравненіи кривыхъ дисперсіи.

Полученныя при различныхъ расположеніяхъ системы кривыя дисперсіи показываютъ слѣдующія особенности. Въ части спектра, гдѣ вода дисперсіей не обладаетъ, всѣ кривыя имѣютъ тождественный ходъ и даютъ для показателя преломленія одну и ту же величину ¹⁾. Дисперсіонныя полосы 1_1 и 1_2 , тщательно промѣренныя на кривыхъ I и II, очевидно, качественно тождественны, ибо показываютъ тотъ-же характерный ходъ и принадлежатъ тому-же мѣсту спектра, но количественно ходъ кривыхъ различенъ. Сравнивая полосы $9_1—14_1$ съ полосами $9_2—14_2$ и полосы $14_2—19_2$ съ полосами $14_3—19_3$ мы замѣчаемъ, что не только количественно ходъ кривыхъ различенъ, но и соотвѣтственныя (одинаково перенумерованныя) полосы сдвинуты относительно другъ друга и принадлежатъ различнымъ частямъ спектра. Такимъ образомъ получается тотъ, повидимому, противорѣчивый результатъ, что такое внутреннее свойство воды, какъ ея дисперсія, зависитъ отъ выбраннаго расположенія методы. Намъ удастся разобраться въ описанныхъ особенностяхъ, если обратимъ прежде всего вниманіе на то обстоятельство, что при изслѣдованіи дисперсіи въ электрическомъ спектрѣ, мы имѣемъ передъ собою случай *болѣе общій*, чѣмъ въ оптикѣ, ибо производимъ изслѣдованіе для колебанія, *затухающаго во времени*. Естественно предположить, что *ходъ дисперсіонной кривой зависитъ отъ затуханія колебанія во времени*, тогда и указанныя свойства кривыхъ находятъ свое простое объясненіе, ибо *затуханіе колебаній зависитъ отъ рас-*

¹⁾ Подробности см. ниже стр. 21 прим. 2-ое.

положенія методы. Чтобы проверить сдѣланное допущеніе былъ произведенъ слѣдующій рядъ измѣреній: при расположеніи, для котораго получена кривая I, между проволоками задающей системы былъ вставленъ кусокъ коксоваго угля, такъ какъ это описано въ статьѣ I, стр. 449;—этимъ было увеличено затуханіе первичной системы, при чемъ въ остальныхъ отношеніяхъ расположеніе осталось то-же ¹⁾).

Полученные при такомъ расположеніи результаты въ области полосъ 1-й и 2-й помѣщены ниже въ таблицѣ IV и опредѣляютъ собою кривую IV.

ТАБЛИЦА IV.

	$\frac{\Lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$	t	n t	n _{17,0}	№	Примѣчаніе.
1)	310,95	34,56	15,3	8,997	8,960	16	Мость коробкой.
2)	286,62	31,91	16,0	8,982	8,960	2	» »
3)	276,12	31,16	21,2	8,861	8,953	1	» »
4)	267,94	29,67	14,5	9,027	8,972	5	» »
5)	266,68	29,28	13,5	9,106	9,029	6	» »
6)	265,56	29,24	14,7	9,082	9,031	3	» »
7)	263,96	29,01	14,0	9,098	9,032	7	» »
8)	262,36	29,16	15,1	8,997	8,955	4	» »
9)	261,25	29,04	12,8	8,996	8,904	8	» »
10)	259,60	28,80	14,2	9,014	8,952	9	» »
11)	257,84	28,48	13,9	9,053	8,985	10	» »
12)	257,07	28,23	14,3	9,102	9,043	11	» »
13)	256,58	28,23	14,7	9,089	9,038	12	» »
14)	255,15	28,08	13,9	9,086	9,018	13	» »
15)	253,24	28,00	13,7	9,044	8,973	15	» »
16)	252,30	27,98	14,3	9,017	8,958	14	» »

I = 15 мм.

Намъ удалось такимъ образомъ, измѣняя затуханіе системы, существеннымъ образомъ видоизмѣнить количественный ходъ кривой дисперсіи. Сравнивая кривыя I и IV, мы приходимъ къ заключенію, что кривая II соотвѣтствуетъ въ разсматриваемой части спектра болѣе затухающей волнѣ, чѣмъ кривая I, кривая III—болѣе затухающей, чѣмъ кривая II. Изъ сравненія кривыхъ II и III въ области полосъ 14—19 и кривыхъ I и II въ области полосъ 9—14 слѣдуетъ, что соотвѣтственные полосы кривой III смѣщены относительно полосъ кривой II, соотвѣтственные полосы кривой II относительно полосъ кривой I въ сторону болѣе корот-

¹⁾ Измѣненіе затуханія можетъ быть достигнуто измѣненіемъ затуханія первичной или вторичной системы, что обуславливается ихъ взаимной связью.

нихъ волнъ. Такое же смѣщеніе можно констатировать, сравнивая кривыя I и IV для полосы 1-й, причемъ относительно кривыхъ I и IV извѣстно, что кривая IV соответствуетъ болѣе затухающему колебанію. Кривая III соответствуетъ такимъ образомъ и въ этой части спектра болѣе затухающей волнѣ, чѣмъ кривая II; что же касается кривой I, то, повидимому, на основаніи положенія ея полосы, она соответствуетъ въ разсматриваемой части спектра наиболѣе затухающей волнѣ, тогда какъ въ область полосы 1-й она соответствовала волнѣ наименѣе затухающей ¹⁾. Такое относительное измѣненіе затуханій является впрочемъ вполне понятнымъ на основаніи слѣдующихъ соображеній. Затуханіе системъ, лежащихъ въ неабсорбирующей жидкости (или воздухѣ), опредѣляется прежде всего двумя факторами: 1) излученіемъ электромагнитныхъ волнъ при распространеніи вдоль проволоки, оно направлено внутрь проволоки и опредѣляетъ собою энергію волнъ превращающуюся въ тепло Джауля, оно тѣмъ больше, чѣмъ *болѣе сдвинуты* проволоки ²⁾; 2) потерей энергіи системы черезъ подвижной мостъ, которая для жидкостей съ большой діэл. пост. особенно велика; она тѣмъ больше, чѣмъ *болѣе раздвинуты* проволоки (чѣмъ длиннѣе мостъ), и *возрастаетъ* съ уменьшеніемъ длины волны. Такимъ образомъ система А съ болѣе раздвинутыми проволоками, чѣмъ система В, которая для болѣе длинныхъ волнъ имѣла меньшее затуханіе, можетъ въ болѣе короткихъ волнахъ имѣть затуханіе большее. Отсюда слѣдуетъ, что каждая изъ полученныхъ дисперсіонныхъ кривыхъ (относящихся къ опредѣленному расположенію) не характеризуется на всей длинѣ однимъ и тѣмъ же затуханіемъ колебаній (во времени), которое при перемѣщеніи

¹⁾ Извѣстную неувѣренность въ обозначеніи соответственныхъ полосъ для различныхъ кривыхъ, а слѣдовательно и въ вытекающія отсюда слѣдствія внести то обстоятельство, что при большой узости отдѣльных полосъ построены лишь на основаніи немногихъ наблюденій, и нѣтъ полной гарантіи, что всѣ имѣющіяся въ этой части спектра полосы, при большой ихъ сжатости, дѣйствительно были обнаружены. Самыя измѣренія требуютъ большой осторожности, ибо все, что можетъ измѣнить затуханіе системы (напр. освѣщій изъ керосина на проволоку задающей системы уголь) можетъ значительно измѣнить получаемую величину показателя преломленія. Иллюстраціей можетъ напримѣръ служить слѣдующій примѣръ: для $\frac{\Lambda}{2} = 207,72$ мм. (точка № 35 табл. II) была получена для n величина 8,734, при измѣреніяхъ же съ трубкой *другого типа*, для той же длины волны $n = 8,801$.

²⁾ G. Mie. Ann. d. Phys. 2, p. 201. 1900.

въ спектрѣ отъ болѣе длинныхъ къ болѣе короткимъ волнамъ должно постепенно измѣняться.

Интересный, повидимому, случай представляютъ собою свойства полосы 17 и 19. Онѣ на кривой III, т. е. для болѣе затухающаго колебанія выражены гораздо рѣзче, чѣмъ на кривой II, тогда какъ обыкновенно наблюдается обратное (напр. полосы 1-ая и 2-ая). Предположеніе, что мы въ случаѣ кривой III дѣйствительно имѣемъ болѣе затухающее колебаніе, подтверждается еще слѣдующими опытами. При расположеніи, для котораго была получена кривая II ($d = 10$ мм.), проволоки задающей системы были сдвинуты до разстоянія 5 мм.; этимъ затуханіе первичной системы было увеличено. Полученные при такомъ расположеніи результаты помѣщены въ таблицѣ V.

Таблица V.

	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$	t	n t	n ₁₇
1)	192,12	21,98	17,2	8,740	8,744
2)	190,85	21,95	17,0	8,695	8,695
3)	189,71	21,62	17,0	8,774	8,774
4)	188,55	21,89	15,6	8,613	8,592
5)	187,73	21,70	15,1	8,651	8,609

Ходъ кривой V, опредѣляемый этими измѣреніями, таковъ (на таблицу кривыхъ кривая V не нанесена), что кривая III лежитъ между нею и кривой II; кривой V соответствуетъ такимъ образомъ большее затуханіе, чѣмъ кривой III, что при описанномъ расположеніи естественно ожидать. Приведемъ еще слѣдующій прямой опытъ;—для точки $\frac{\lambda}{2} = 191,07$ мм. было получено $n = 8,754$, около трубки—индикатора былъ вставленъ кусокъ коксоваго угля, чѣмъ затуханіе вторичной системы было увеличено; при такомъ расположеніи $n = 8,543$.

Слѣдуетъ разсчитывать, что описанныя особенности найдутъ свое объясненіе на основаніи теоріи аномальной дисперсіи для затухающаго колебанія; насколько мнѣ извѣстно, такой обобщенной теоріи въ данное время въ литературѣ не имѣется. Въ силу указанныхъ свойствъ дисперсіонныхъ полосъ точное измѣреніе хода дисперсіи для каждой отдѣльной полосы будетъ имѣть особенную цѣну лишь тогда, когда параллельно будутъ даны и коэф.

затуханія колебаній. Для затронутыхъ здѣсь вопросовъ знаніе коэф. затуханія имѣетъ такимъ образомъ первостепенное значеніе.

О вліяніи затуханія колебаній на измѣренія показателя преломленія въ области полосъ дисперсіи.

Въ виду столь сильнаго вліянія коэф. затуханія на получаему для опредѣленной длины волны величину показателя преломленія, можно ожидать, что это обстоятельство внесетъ значительныя ошибки въ самыя измѣренія. Дѣйствительно, если затуханіе колебаній мѣняется по мѣрѣ передвиженія моста отъ одного узла къ другому, то каждому узлу *принадлежитъ свой показатель преломленія*. Говорить объ опредѣленной длинѣ волны въ жидкости можно такимъ образомъ лишь по отношенію къ опредѣленному узлу, самое-же измѣреніе длины волны *изъ относительнаго положенія узловъ* напр. узла «ш» и перваго неправильно потому, что узлу «ш» принадлежитъ не наблюдаемый первый узелъ, а тотъ, который былъ-бы полученъ, если-бы положеніе его могло быть опредѣлено для того-же затуханія, которое соотвѣтствуетъ узлу «ш».

Такого рода ошибки особенно опасны потому, что величина ихъ отъ точки къ точкѣ должна измѣняться, мѣнять знакъ, и ходъ кривыхъ можетъ такимъ образомъ оказаться значительно искаженнымъ.

Остается поэтому по возможности выяснить, какъ велико можетъ быть такое вліяніе. Прежде всего можно ожидать, что разстоянія между узлами не равны между собою. Обратимся поэтому къ нѣкоторымъ протоколамъ измѣреній, взятымъ для точекъ, гдѣ такое вліяніе можетъ быть особенно значительно. Въ строкѣ «выч.» приведены положенія узловъ, вычисленныхъ въ предположеніи, что разстоянія между узлами равны.

№ 1. Таблица I, точка № 43 $\frac{\lambda}{2} = 214,03$ мм.

Волны въ водѣ.

Набл.	144,66	139,16	—	—	—	236,38	261,09	} $\frac{\lambda}{2} = 24,37$ мм.
Выч.	114,71	139,08	—	—	—	236,56	260,93	
Ош.	—0,05	+0,08	—	—	—	—0,18	+0,16	

№ 2. Таблица I, точка № 45 $\frac{\Lambda}{2} = 212,43$ мм.

Волны въ водѣ.

Набл.	115,60	139,10	—	—	—	233,88	258,01	} $\frac{\lambda}{2} = 23,72$ мм.
Выч.	115,49	139,21	—	—	—	234,09	257,81	
Ош.	+0,11	-0,11	—	—	—	-0,21	+0,20	

№ 3. Таблица II, точка № 53 $\frac{\Lambda}{2} = 191,25$ мм.

Волны въ водѣ.

Набл.	54,43	76,08	97,67	119,67	141,09	162,50	} $\frac{\lambda}{2} = 21,64$ мм.
Выч.	54,47	76,11	97,75	119,39	141,03	162,67	
Ош.	-0,04	-0,03	-0,08	+0,28	+0,06	-0,17	

№ 4. Таблица III, точка № 21 $\frac{\Lambda}{2} = 191,26$ мм.

Волны въ водѣ.

Набл.	59,01	80,83	—	—	145,93	167,80	} $\frac{\lambda}{2} = 21,74$ мм.
Выч.	59,04	80,78	—	—	146,00	167,74	
Ош.	-0,03	+0,05	—	—	-0,07	+0,06	

№ 5. Таблица III, точка № 24 $\frac{\Lambda}{2} = 186,43$ мм.

Волны въ водѣ.

Набл.	59,55	80,33	—	—	—	163,25	183,69	} $\frac{\lambda}{2} = 20,70$ мм.
Выч.	59,60	80,30	—	—	—	163,10	183,80	
Ош.	-0,05	+0,03	—	—	—	+0,15	-0,11	

Согласіе между вычисленными и наблюденными положеніями узловъ такое-же, какъ и въ части, гдѣ вода дисперсіей не обладаетъ, и гдѣ такого вліянія поэтому быть не можетъ; правда, разница въ 0,1—0,3 мм. въ разстояніяхъ между ближайшими и болѣе отдаленными узлами врядъ ли и могла быть обнаружена на основаніи такихъ протоколовъ, но даже, если-бы длина волны была строго одна и та же независимо оттого, изъ относительнаго положенія какихъ узловъ она опредѣлена, то и тогда это обстоятельство не могло-бы служить доказательствомъ того, что изслѣдуемое вліяніе равно нулю. Дѣйствительно, пусть первому узлу соотвѣтствуетъ длина полуволны $\frac{\lambda_1}{2}$, второму $\frac{\lambda_2}{2} = \frac{\lambda_1}{2} + \eta_2$, узлу ш

$\frac{\lambda_m}{2} = \frac{\lambda_1}{2} + \eta_m$, тогда положенія узловъ, которыя соотвѣтствовали бы даннымъ длинамъ полуволнъ, были бы соотвѣтственно:

$$\frac{\lambda_1}{2} + a.$$

$$\left(\frac{\lambda_1}{2} + \eta_2\right) + a \qquad \underline{2\left(\frac{\lambda_1}{2} + \eta_2\right) + a}$$

$$\left(\frac{\lambda_1}{2} + \eta_m\right) + a \dots \dots \underline{m\left(\frac{\lambda_1}{2} + \eta_m\right) + a},$$

гдѣ «а» есть постоянная, зависящая отъ относительнаго положенія нуля шкалы и границы жидкости; подчеркнутыя выраженія суть положенія узловъ послѣдовательно наблюдаемыя. Длина полуволны $\frac{\lambda}{2}$, опредѣляемая изъ относительнаго положенія узловъ m и $m-k$, равная

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{m\left(\frac{\lambda_1}{2} + \eta_m\right) - (m-k)\left(\frac{\lambda_1}{2} + \eta_{m-k}\right)}{k};$$

для того чтобы $\frac{\lambda}{2} = \text{const}$ надо, чтобы

$$\eta_{m-k} + \frac{m}{k} (\eta_m - \eta_{m-k}) = \text{const} = \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda_1}{2}.$$

Замѣчая, что $\eta_1 = 0$, находимъ

$$\eta_m = \frac{m-1}{m} \left(\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda_1}{2} \right)$$

и

$$\frac{\lambda_m}{2} = \frac{\lambda}{2} + \frac{\frac{\lambda_1}{2} - \frac{\lambda}{2}}{m}.$$

Величина разности $\frac{\lambda_1}{2} - \frac{\lambda}{2}$ извѣстна, если извѣстно значеніе «а», которое можетъ быть опредѣлено изъ измѣреній въ части спектра, гдѣ вода дисперсіей не обладаетъ, ибо тамъ $\frac{\lambda_1}{2} = \frac{\lambda}{2}$. Къ сожалѣнію, огромная часть матеріала была получена, когда еще о существованіи разсматриваемыхъ особенностей не подозрѣвалось; длина волны опредѣлялась поэтому изъ относительнаго положенія

узловъ, причемъ не принималось предосторожностей, чтобы нуль шкалы не смѣщался относительно границы жидкости и монтировка подвижного моста отъ одного измѣренія къ другому не измѣнялась; имѣющимся матеріаломъ возможно поэтому воспользоваться лишь отчасти. Сравненіе кривыхъ показываетъ, что кривая, соответствующая напр. большему затуханію, идетъ то выше, то ниже кривой съ меньшимъ затуханіемъ. Отсюда слѣдуетъ, что какъ-бы не измѣнялось затуханіе отъ болѣе отдаленнаго узла къ первому, разъ только это измѣненіе достаточно велико, разность $\frac{\lambda_1}{2} - \frac{\lambda}{2}$ не можетъ быть постоянной величиной и имѣть то положительное, то отрицательное значеніе. Вычитая поэтому изъ положенія перваго узла $\frac{\lambda_1}{2} + a$ длину полуволны $\frac{\lambda}{2}$, получимъ величину C , измѣненія которой и дадутъ возможность судить о величинѣ изслѣдуемаго вліянія. Воспользуемся матеріаломъ таблицы II и выпишемъ наблюденія въ томъ порядкѣ, какъ они производились. Въ столбцѣ первомъ таблицы VI даны длины полуволнъ въ воздухѣ, во второмъ положенія b , по масштабу перваго узла, въ третьемъ—положенія b_6 шестого узла, въ четвертомъ—длины полуволнъ въ водѣ $\frac{\lambda}{2}$, опредѣленные изъ относительнаго положенія узловъ, пятомъ — разность $\frac{\lambda_1}{2} + a - \frac{\lambda}{2} = C$, въ седьмомъ величины „ n “ при $17,0^\circ$, вычисленные при помощи $\frac{\lambda}{2}$, — относительно величинъ помѣщенныхъ въ столбцахъ шестомъ и восьмомъ будутъ даны указанія ниже,—въ девятомъ №№, подъ которыми наблюденія приведены въ таблицѣ II.

Таблица VI.

	$\frac{\lambda}{2}$	b_1	b_6	$\frac{\lambda}{2}$	C	$\frac{\lambda_6}{2}$	n	n_6	№№
1)	199,46	55,07	168,31	22,62	32,45	22,61	8,820	8,824	43
2)	193,73	54,87	165,34	22,11	32,76	22,11	8,773	8,773	49
3)	191,25	54,43	162,50	21,64	32,79	21,64	8,853	8,853	53
4)	189,38	54,10	160,88	21,33	32,77	21,37	8,885	8,869	55
5)	185,51	53,67	158,68	20,95	32,76	21,00	8,866	8,845	57
6)	192,15	54,02	163,10	21,81	32,21	21,74	8,817	8,845	51
7)	192,79	54,79	164,05	21,94	32,85	21,90	8,796	8,809	50

Величины C достаточно постоянны, а варіаціи могли бы быть объяснены ошибками въ опредѣленіи перваго узла и легкими пе-

ремѣщеніями нуля шкалы. Беря среднее для С, получимъ $C_1 = 32,66$, величину очень близкую къ „а“. Положеніе шестого узла дается выраженіемъ $6 \left(\frac{\lambda_1}{2} + \eta_6 \right) + a = 6 \frac{\lambda_6}{2} + a$. Вычитая поэтому изъ приведенныхъ въ столбцѣ третьемъ положеній шестого узла величину $a = 32,66$ и раздѣля на 6, получимъ величину $\frac{\lambda_6}{2}$, съ ихъ помощью вычислены показатели преломленія n_6 при $17,0^\circ$; величины $\frac{\lambda_6}{2}$ и n_6 помѣщены соотвѣтственно въ столбцахъ шестомъ и восьмомъ. Величины n_6 могутъ содержать теперь, въ отличіе отъ величинъ n_1 лишь небольшія *систематическія* ошибки вслѣдствіе того, что величину „а“ пришлось опредѣлять изъ части спектра, гдѣ имѣются дисперсійныя полосы. Сравнивая n и n_6 , приходимъ къ заключенію, что значительнаго *искаженія* хода кривой вслѣдствіе затуханія колебаній не наблюдается ¹⁾.

О сравненіи величинъ показателя преломленія и діэлектрической постоянной.

Въ части спектра, гдѣ вода дисперсіей не обладаетъ, было найдено, $n_{17,0} = 8,959$ ²⁾, $n_{17,0}^2 = 80,26$. Диэлектрическая постоян-

¹⁾ Сравнительно небольшія разницы въ n_6 и n , и потому возможность при измѣреніяхъ въ водѣ опредѣлять ходъ кривой изъ относительнаго положенія узловъ, зависить главнымъ образомъ оттого, что послѣдній изъ опредѣляемыхъ

узловъ былъ сравнительно отдаленный. $\left(\frac{\lambda_m}{2} - \frac{\lambda}{2} = \frac{\frac{\lambda_1}{2} - \frac{\lambda}{2}}{m} \right)$. Въ случаѣ

измѣреній въ сильно поглощающихъ жидкостяхъ, гдѣ число доступныхъ опредѣленію узловъ мало, или въ жидкостяхъ съ малой діэл. пост., гдѣ число узловъ укладывающихся въ ваннѣ очень ограничено (результаты имѣютъ быть опубликованы въ ближайшемъ будущемъ), вліяніе рассматриваемыхъ причинъ можетъ быть столь значительно, что заставляетъ отказаться отъ измѣреній $\frac{\lambda}{2}$ изъ относительнаго положенія узловъ. Но и въ случаѣ измѣреній въ водѣ указанныя особенности вносятъ, вѣроятно, въ измѣренія въ области нолосъ дисперсій наиболѣе крупныя ошибки.

²⁾ Такая величина получается, если взять среднее для всѣхъ измѣреній съ различными расположеніями; беря среднее для отдѣльныхъ расположеній, получимъ для разстоянія между проволоками $d = 15$ мм. — $n_{17,0} = 8,965$; $d = 10$ мм. $n_{17,0} = 8,958$; $d = 5$ мм. — $n_{17,0} = 8,954$, для $d = 15$ мм. съ угломъ между проволоками (увеличенное затуханіе) — $n_{17,0} = 8,967$. Разницы въ полученныхъ такимъ образомъ n могутъ зависѣть отъ систематическихъ ошибокъ въ установкахъ границы жидкости, вслѣдствіе не совсѣмъ точно опредѣленнаго сокращенія моста, но, возможно, что и въ этой части спектра сказывается вліяніе различнаго затуханія колебаній (для $d = 15$ мм. имѣемъ наименьшее затуханіе).

ная воды E равняется на основаніи измѣреній Гервагена $E_{17,0} = 80,88$ ¹⁾, Турнера $E_{18,0} = 81,07 \pm 0,19$ ²⁾.

Разницу въ величинахъ $n_{17,0}^2$ и $E_{17,0}$ нельзя объяснить ни ошибками въ измѣреніяхъ n , ни ошибками въ опредѣленіи E . Несогласіе между величинами $n_{17,0}^2$ и $E_{17,0}$ является однако совершенно понятнымъ, если допустить, что въ болѣе длинныхъ волнахъ имѣются въ спектрѣ воды дисперсіонныя полосы. Точки №№ 1—5 таблицы I, точки №№ 1—3 таблицы II, и точка № 1 таблицы III дѣйствительно указываютъ на серію полосъ дисперсии и для болѣе медленныхъ колебаній ³⁾.

Подробнѣе эта часть спектра не была изслѣдована, и вопросъ о періодѣ колебаній, гдѣ лежитъ начало спектра воды, остается такимъ образомъ открытымъ.

Заключительныя замѣчанія.

Послѣ того какъ аномальная абсорбція жидкостей въ электрическомъ спектрѣ была открыта Друде, явился вопросъ о природѣ такой абсорбціи.

Предположеніе, что мы имѣемъ здѣсь явленіе совершенно тождественное съ тѣмъ, которое наблюдается и въ оптической части спектра, вынуждало принять, что въ числѣ собственныхъ періодовъ молекулъ имѣются періоды, которымъ соотвѣтствуютъ длины волнъ, измѣряемыя метрами ⁴⁾. Столь сильное несоотвѣтствіе между размѣрами молекулъ-вибраторовъ и излучаемыми ими волнами казалось мало-вѣроятнымъ и заставляло искать другого объясненія явленія. Такого рода объясненіе содержитъ въ себѣ теорія Друде ⁵⁾. Исходя изъ модели среды, состоящей изъ частицъ, обладающихъ извѣстной проводимостью, заложенныхъ въ непроводящую среду, Друде удалось доказать возможность существованія maximum'a абсорбціи и «чистой аномальной дисперсии»,

¹⁾ F. Heerwagen. Wied. Ann. 48, p. 35. 1893; 49, p. 272. 1893.

²⁾ V. B. Turner. Zeitschr. f. physik. Chem. 35, p. 385. 1900.

³⁾ O. von Baeyer. (Ann. d. Phys. 17, p. 37. 1905) замѣчаетъ, что при изслѣдованіи затуханія въ спектрѣ воды онъ получилъ для $\frac{\Lambda}{2} = 370$ мм. результаты указывавшіе на существованіе слабой абсорбціи; не допуская, чтобы таковая дѣйствительно могла имѣть здѣсь мѣсто, онъ приницалъ полученный результатъ, ошибкамъ методы. На основаніи приведенныхъ здѣсь результатовъ слѣдуетъ, что существованіе замѣтной абсорбціи въ этой части спектра весьма вѣроятно.

⁴⁾ F. Harms. Ann. d. Phys. 5, p. 565. 1901.

⁵⁾ P. Drude. Wied Ann. 64, p. 131. 1898.

т. е. уменьшенія показателя преломленія съ уменьшеніемъ длины волны вдали отъ собственныхъ періодовъ молекулъ. Къ совершенно тождественнымъ результатамъ приводитъ допущеніе очень большого затуханія собственныхъ колебаній молекулы, что и стояло, повидимому, въ полномъ согласіи съ тѣмъ фактомъ, что наблюдаемая область абсорбціи отличается значительной шириной. Въ литературѣ могутъ быть указаны многочисленныя попытки провѣрить теорію на опытъ, принадлежащія, какъ самому Друде, такъ и другимъ ¹⁾. Теорія Друде приходитъ однако къ выводу, что въ части спектра, гдѣ она приложима, существованіе вѣтвей нормальной дисперсіи не можетъ имѣть мѣста. Присутствіе ихъ служило бы признакомъ, что мы въ такомъ случаѣ находимся въ области *собственныхъ періодовъ молекулъ*. Приведенные въ настоящей статьѣ результаты показываютъ такимъ образомъ, что теорія Друде не приложима къ изслѣдованному интервалу спектра, гдѣ, согласно наблюденному ходу дисперсіонной кривой, лежатъ такимъ образомъ собственные періоды колебаній молекулъ; ширина же области абсорбціи объясняется сложнымъ строеніемъ спектра. Едва ли стоитъ упоминать, что съ точки зрѣнія теоріи электроновъ или болѣе ранней теоріи дисперсіи Гельмгольца въ существованіи столь медленныхъ колебаній среди періодовъ молекулъ нѣтъ ничего невѣроятнаго. Мы смотримъ на электрическія колебанія въ молекулахъ, какъ на *конвекціонныя токи* движущихся электроновъ или можетъ быть частей молекулы, несущихъ заряды. Природа и законы силъ, подъ вліяніемъ которыхъ совершаются такія колебанія, намъ неизвѣстны. Нѣтъ поэтому никакихъ основаній предполагать, чтобы между размѣрами молекулъ и періодами ихъ колебаній существовало хотя-бы отдаленное соотвѣтствіе.

Главнѣйшіе результаты.

Въ настоящемъ изслѣдованіи было обнаружено:

1) *Существованіе многочисленныхъ полосъ дисперсіи въ интервалѣ измѣненія $\frac{\lambda}{2}$ отъ 550 до 112 м.м., по природѣ своей тождественныхъ съ полосами, наблюдаемыми въ спектрѣ свѣтовомъ; такимъ образомъ было доказано, что спектръ воды про-*

¹⁾ Ср. напр. P. Drude l. c.; E. Markx. Wied. Ann. **66**, p. 411, p. 597. 1898; K. F. Löwe. Wied. Ann. **66**, p. 582. 1898; W. D. Coolidge. Wied. Ann. **69**, p. 125. 1899; F. Harms. Ann. d. Phys. **5**, p. 565. 1901.

стирается и до области длинныхъ электромагнитныхъ волнъ.

2) Значительное вліяніе различнаго затуханія колебаній во времени на ходъ дисперсіи.

Въ заключеніе считаю своимъ пріятнымъ долгомъ выразить мою глубокую благодарность глубокоуважаемому учителю моему проф. П. Н. Лебедеву за живой интересъ, проявленный имъ въ ходу и результатамъ изслѣдованія, глубокоуважаемому проф. Н. А. Умову за всегдашнюю готовность предоставить въ мое распоряженіе всѣ необходимыя для выполненія настоящаго изслѣдованія удобства и средства.

Физическій институтъ
Московского университета.

Августъ 1907 г.

Ueber den Verlauf der Dispersion im elektrischen Spektrum des Wassers; von A. R. Colley.

Die Abhandlung enthält die Resultate der Untersuchung der Dispersion im elektrischen Spektrum des Wassers.

Die angewandte Methode und die Einzelheiten der Messungen sind in der Abhandlung «Ueber Anordnungen der Methode der Drahtwellen für Zwecke der Untersuchung der Dispersion...». Journ. der russ. phys. chem. Gesellsch. **38**, p. 431. 1906. dargelegt worden. Die Messungen, welche bei verschiedenen Versuchsanordnungen ausgeführt worden sind, sind in den Tabellen I, II, III zusammengestellt. $\left(\frac{\Lambda}{2}\right)$ — bedeutet Halbwellenlänge in Luft, $\frac{\lambda}{2}$ — Halbwellenlänge in Wasser, t — Temperatur des Wassers, n_t — das bei der Temperatur t bestimmte Brechungsexponent, $n_{17,0}$ — Brechungsexponent reducirt auf 17,0°C, die №№ der Kolumne 6 zeigen die Reihenfolge, in welcher die Messungen ausgeführt worden sind, an). Die Werthe der Tabellen I, II, III bestimmen die Kurven I, II, III. Die Vergleichung der Kurven zeigt sofort, dass dieselben nicht zusammenfallen; — der Verlauf der Dispersion hängt also von der gewählten Versuchsanordnung ab. Diese Thatsache findet ihre Erklärung in dem Umstande, dass die Messungen im elektrischen Spektrum sich auf zeitlich gedämpfte Schwingungen beziehen. Von

der Versuchsanordnung hängt aber die zeitliche Dämpfung der Schwingungen ab, welche seinerseits für den Verlauf der Dispersion massgebend sein dürfte. Diese Vermutung wird durch folgendes Experiment direct bestätigt. Wählt man die Anordnung, für welche die Kurve I bestimmt worden ist, und vergrössert künstlich die Dämpfung der Wellen, so bekommt man die Kurve IV.

Es ist eine auswählende, wenn auch schwache, Absorption, welche die Dispersionsbanden begleitet, deutlich merkbar.

Hauptresultate: 1) Es wurde das Vorhandensein zahlreicher Dispersionsbanden im elektrischen Spektrum des Wassers im Intervalle $\frac{\Lambda}{2} = 530 - 112$ mm. konstatirt worden. Die Natur derselben ist mit derer im optischen Spektrum identisch. Es wurde also der Beweis erbracht, dass das Spektrum des Wassers sich bis in das Gebiet langer elektrischer Wellen ausdehnt. 2) Es wurde ein bedeutender Einfluss der zeitlichen Dämpfung der Schwingungen auf den Verlauf der Dispersion nachgewiesen.

