

Изготовление калибровочных растворов для измерителей ЕС подручными средствами

О версиях

Версия: 0.1

Дата генерации: 2024-05-04

Актуальную версию этого документа вы можете взять: //TODO: ссылка на гитхаб

Автор: Бусырев Михаил (<https://t.me/aquahawk>)

Благодарность: Лично Гуменюк Ивану, Сергею Иванову, и чату https://t.me/ponics_ru

Код генератора: <https://github.com/Busyrev/NaClSolutions>

Введение

Известна формула[1] для вычисления ЕС раствора по его ρ (массовой концентрации NaCl), где ρ - масса соли на литр **раствора**. Основной проблемой домашнего изготовления раствора с заданной массовой концентрацией ρ является точное измерение **объёма**. Так, для изготовления раствора требуется растворить определённое количество соли в **литре раствора, не воды, а именно раствора**. Т.е. при приготовлении такого раствора неизвестно сколько воды нужно взять, и нужно доливать воду точно измеряя объём, что существенно осложняет процесс.

В этом документе даны таблицы для изготовления типовых калибровочных растворов при помощи бытовых и ювелирных весов, с учётом погрешности, описана методика получения результатов, приведены таблицы для других поверочных значений.

Требуемый инвентарь и условия

Для изготовления потребуются электронные ювелирные весы с ценой деления 0.01г для измерения массы соли, и электронны бытовые кухонные весы с ценой деления 1г для измерения массы воды. Для удобства таблицы даны под разную тару. При возможности выбирайте больший объём тары, так раствор получится точнее. Рассчёт выполнен для воды температурой 20°C, требуется применять дистиллированную воду, или воду из обратного осмоса без реминерализации, соль "Экстра" не йодированную.

Погрешность

В лучшем случае, даже если ваши весы идеальны(а электронные, даже дешёвые весьма неплохи), имеют цену деления 1г показывают например 100г, на самом деле возможно на весах как 99,5 так и 100,5, т.е. разброс составляет по половине деления вверх и вниз. При расчётах выполнено дополнительно две оценки, раствор минимальной концентрации, полученный как расчетное количество соли минус половина цены деления весов для соли, и воды, как расчетное количество воды плюс цена деления весов для воды.

Аналогично вычислена максимальная величина ЕС, они и составляют **Диапазон ЕС**. Т.е. изготовив раствор точно по заданным цифрам вы получите что-то в этом диапазоне, что конктрено сказать нельзя.

Типовые калибровочные коэффициенты

ЕС равные 1.413, 12.88, 111.8 мСм/СМ являются типовыми для калибровки, изготовить их можно смешав указанную ниже массу воды и соли. Для удобства таблицы даны под разную тару.

0.3 литра

ЕС	H2O(г)	NaCl(г)	Рассчетный ЕС	Диапазон ЕС	Диапазон ЕС%	ρ(г/л)	Отклонение ЕС	Объём раствора(мл)
1.413	299	0.21	1.41437	1.380 - 1.449	4.94%	0.70022	1.37e-3	299.61
12.88	296	2.09	12.8809	12.83 - 12.93	0.78%	7.0315	9.44e-4	297.21
111.8	295	15.56	111.800	111.5 - 112.1	0.51%	51.808	1.58e-4	300.34

0.5 литра

ЕС	H2O(г)	NaCl(г)	Рассчетный ЕС	Диапазон ЕС	Диапазон ЕС%	ρ(г/л)	Отклонение ЕС	Объём раствора(мл)
1.413	499	0.35	1.41255	1.392 - 1.433	2.96%	0.70022	4.54e-4	500.01
12.88	500	3.53	12.8795	12.85 - 12.91	0.46%	7.0315	4.69e-4	502.04
111.8	499	26.32	111.799	111.6 - 112.0	0.30%	51.808	5.69e-4	508.03

0.75 литра

ЕС	H2O(г)	NaCl(г)	Рассчетный ЕС	Диапазон ЕС	Диапазон ЕС%	ρ(г/л)	Отклонение ЕС	Объём раствора(мл)
1.413	741	0.52	1.41323	1.399 - 1.427	1.99%	0.70022	2.31e-4	742.50
12.88	745	5.26	12.8802	12.86 - 12.90	0.31%	7.0315	2.32e-4	748.05
111.8	743	39.19	111.800	111.7 - 111.9	0.20%	51.808	2.08e-4	756.45

1 литр

ЕС	H2O(г)	NaCl(г)	Рассчетный ЕС	Диапазон ЕС	Диапазон ЕС%	ρ(г/л)	Отклонение ЕС	Объём раствора(мл)
1.413	998	0.70	1.41255	1.402 - 1.423	1.48%	0.70022	4.54e-4	1000.02
12.88	1000	7.06	12.8795	12.86 - 12.89	0.23%	7.0315	4.69e-4	1004.09
111.8	998	52.64	111.799	111.7 - 111.9	0.15%	51.808	5.69e-4	1016.07

2 литра

ЕС	H2O(г)	NaCl(г)	Рассчетный ЕС	Диапазон ЕС	Диапазон ЕС%	ρ(г/л)	Отклонение ЕС	Объём раствора(мл)
1.413	1981	1.39	1.41306	1.408 - 1.418	0.75%	0.70022	5.83e-5	1985.02
12.88	1990	14.05	12.8801	12.87 - 12.89	0.12%	7.0315	5.62e-5	1998.14
111.8	1974	104.12	111.800	111.8 - 111.8	0.08%	51.808	2.60e-5	2009.74

4 литра

ЕС	H2O(r)	NaCl(r)	Рассчетный ЕС	Диапазон ЕС	Диапазон ЕС%	ρ(г/л)	Отклонение ЕС	Объём раствора(мл)
1.413	3948	2.77	1.41297	1.410 - 1.416	0.37%	0.70022	2.89e-5	3956.00
12.88	3997	28.22	12.8800	12.88 - 12.88	0.06%	7.0315	4.53e-5	4013.35
111.8	3999	210.93	111.800	111.8 - 111.8	0.04%	51.808	4.63e-5	4071.40

Иные точки для проверки для тары в 1 литр

ЕС	H2O(r)	NaCl(r)	Рассчетный ЕС	Диапазон ЕС	Диапазон ЕС%	ρ(г/л)	Отклонение ЕС	Объём раствора(мл)
1	997	0.49	1.0003	0.99 - 1.01	2.0819%	0.4904	2.7457e-4	998.95
2	995	1.00	1.9994	1.99 - 2.01	1.0595%	1.0032	6.2396e-4	997.11
3	998	1.53	3.0001	2.99 - 3.01	0.7217%	1.5295	6.9993e-5	1000.29
4	990	2.05	3.9998	3.99 - 4.01	0.5615%	2.0657	2.4717e-4	992.45
5	986	2.58	5.0001	4.99 - 5.01	0.4652%	2.6097	8.5086e-5	988.61
6	991	3.14	5.9997	5.99 - 6.01	0.3983%	3.1597	2.7918e-4	993.80
7	985	3.67	7.0001	6.99 - 7.01	0.3550%	3.7147	5.3970e-5	987.96
8	996	4.27	8.0000	7.99 - 8.01	0.3176%	4.2735	2.8784e-5	999.18
9	977	4.74	8.9999	8.99 - 9.01	0.2975%	4.8353	1.0175e-4	980.30
10	991	5.37	10.0002	9.99 - 10.01	0.2729%	5.3995	1.8230e-4	994.52
11	967	5.79	11.0001	10.99 - 11.01	0.2628%	5.9652	5.0973e-5	970.62
12	979	6.42	11.9999	11.99 - 12.01	0.2459%	6.5321	1.1486e-4	982.84
13	996	7.10	12.9995	12.98 - 13.01	0.2304%	7.0996	5.3933e-4	1000.09
14	1000	7.70	13.9995	13.98 - 14.01	0.2201%	7.6673	4.5841e-4	1004.30
15	972	8.04	14.9998	14.98 - 15.02	0.2181%	8.2348	1.8085e-4	976.36
16	994	8.79	16.0004	15.98 - 16.02	0.2063%	8.8017	4.2592e-4	998.64
17	989	9.31	17.0005	16.98 - 17.02	0.2013%	9.3678	4.8908e-4	993.80
18	1000	9.98	17.9951	17.98 - 18.01	0.1938%	9.9328	4.8811e-3	1005.03
19	998	10.53	19.0000	18.98 - 19.02	0.1896%	10.4963	2.5505e-6	1003.21
20	993	11.04	19.9997	19.98 - 20.02	0.1864%	11.0583	2.9088e-4	998.36
21	998	11.66	21.0002	20.98 - 21.02	0.1818%	11.6185	1.5301e-4	1003.56
22	997	12.21	21.9999	21.98 - 22.02	0.1788%	12.1768	8.9681e-5	1002.73
23	997	12.77	23.0001	22.98 - 23.02	0.1759%	12.7329	1.0193e-4	1002.91
24	965	12.90	24.0000	23.98 - 24.02	0.1790%	13.2868	1.0851e-5	970.89
25	991	13.80	25.0003	24.98 - 25.02	0.1720%	13.8383	2.7615e-4	997.22
26	1000	14.48	25.9997	25.98 - 26.02	0.1683%	14.3873	3.0096e-4	1006.45
27	916	13.77	27.0000	26.98 - 27.02	0.1817%	14.9338	1.5067e-5	922.07
28	978	15.24	27.9999	27.98 - 28.02	0.1684%	15.4776	7.2045e-5	984.65
29	982	15.84	28.9999	28.98 - 29.02	0.1661%	16.0187	1.0191e-4	988.85
30	999	16.66	30.0025	29.98 - 30.03	0.1619%	16.5571	2.4727e-3	1006.14

ЕС	H2O(r)	NaCl(r)	Рассчетный ЕС	Диапазон ЕС	Диапазон ЕС%	ρ(г/л)	Отклонение ЕС	Объём раствора(мл)
31	992	17.08	31.0003	30.98 - 31.03	0.1617%	17.0926	3.4755e-4	999.25
32	972	17.26	32.0003	31.97 - 32.03	0.1638%	17.6252	2.6109e-4	979.27
33	973	17.80	33.0002	32.97 - 33.03	0.1626%	18.1549	2.4889e-4	980.44
34	998	18.79	33.9998	33.97 - 34.03	0.1575%	18.6817	1.6680e-4	1005.80
35	998	19.32	34.9997	34.97 - 35.03	0.1566%	19.2055	2.7501e-4	1005.97
36	975	19.39	36.0001	35.97 - 36.03	0.1595%	19.7263	7.3820e-5	982.95
37	994	20.29	36.9998	36.97 - 37.03	0.1556%	20.2442	1.5065e-4	1002.27
38	995	20.83	37.9999	37.97 - 38.03	0.1548%	20.7590	1.0930e-4	1003.42
39	997	21.39	39.0007	38.97 - 39.03	0.1539%	21.2709	6.7340e-4	1005.58
40	1000	21.97	39.9993	39.97 - 40.03	0.1528%	21.7797	7.4544e-4	1008.75
41	998	22.44	41.0021	40.97 - 41.03	0.1526%	22.2856	2.1057e-3	1006.88
42	995	22.88	42.0010	41.97 - 42.03	0.1526%	22.7884	9.8281e-4	1004.00
43	988	23.22	42.9997	42.97 - 43.03	0.1532%	23.2883	2.8669e-4	997.07
44	996	23.91	43.9981	43.96 - 44.03	0.1515%	23.7852	1.9064e-3	1005.29
45	998	24.46	45.0001	44.97 - 45.03	0.1509%	24.2792	1.0906e-4	1007.45
46	1000	25.01	46.0038	45.97 - 46.04	0.1502%	24.7702	3.8063e-3	1009.61
47	992	25.30	46.9994	46.96 - 47.03	0.1511%	25.2582	6.1669e-4	1001.67
48	997	25.92	48.0004	47.96 - 48.04	0.1501%	25.7434	4.0166e-4	1006.85
49	991	26.25	48.9999	48.96 - 49.04	0.1507%	26.2257	8.6643e-5	1000.93
50	979	26.41	50.0004	49.96 - 50.04	0.1523%	26.7051	4.1595e-4	988.94
51	973	26.72	51.0001	50.96 - 51.04	0.1531%	27.1816	1.2479e-4	983.01
52	997	27.86	52.0002	51.96 - 52.04	0.1492%	27.6554	1.6113e-4	1007.40
53	996	28.31	53.0006	52.96 - 53.04	0.1492%	28.1263	6.3229e-4	1006.52
54	1000	28.90	53.9993	53.96 - 54.04	0.1484%	28.5945	6.6344e-4	1010.70
55	991	29.11	54.9996	54.96 - 55.04	0.1496%	29.0599	4.4332e-4	1001.73
56	975	29.10	55.9999	55.96 - 56.04	0.1519%	29.5226	8.4165e-5	985.69
57	984	29.83	56.9997	56.96 - 57.04	0.1504%	29.9826	2.8994e-4	994.91
58	998	30.72	58.0000	57.96 - 58.04	0.1482%	30.4399	2.5937e-7	1009.20
59	996	31.12	58.9992	58.96 - 59.04	0.1484%	30.8946	8.2683e-4	1007.31
60	996	31.58	60.0004	59.96 - 60.04	0.1484%	31.3467	4.2310e-4	1007.44

ЕС	H2O(r)	NaCl(r)	Рассчетный ЕС	Диапазон ЕС	Диапазон ЕС%	ρ(г/л)	Отклонение ЕС	Объём раствора(мл)
61	993	31.94	60.9996	60.95 - 61.04	0.1487%	31.7962	4.3745e-4	1004.53
62	988	32.23	61.9997	61.95 - 62.05	0.1494%	32.2431	2.9369e-4	999.60
63	995	32.91	63.0000	62.95 - 63.05	0.1483%	32.6875	4.8499e-5	1006.81
64	998	33.46	64.0008	63.95 - 64.05	0.1479%	33.1294	8.3935e-4	1009.97
65	986	33.50	65.0002	64.95 - 65.05	0.1496%	33.5688	2.1915e-4	997.95
66	995	34.25	66.0001	65.95 - 66.05	0.1483%	34.0057	1.2241e-4	1007.18
67	972	33.89	67.0002	66.95 - 67.05	0.1518%	34.4402	1.6329e-4	984.02
68	991	34.99	67.9996	67.95 - 68.05	0.1488%	34.8724	4.2839e-4	1003.38
69	997	35.64	68.9996	68.95 - 69.05	0.1479%	35.3021	4.1365e-4	1009.58
70	996	36.04	70.0003	69.95 - 70.05	0.1481%	35.7295	3.1254e-4	1008.69
71	991	36.29	71.0002	70.95 - 71.05	0.1489%	36.1546	1.6362e-4	1003.74
72	994	36.83	72.0003	71.95 - 72.05	0.1484%	36.5774	3.3508e-4	1006.90
73	997	37.37	72.9996	72.95 - 73.05	0.1480%	36.9979	3.7001e-4	1010.06
74	986	37.38	73.9997	73.94 - 74.06	0.1497%	37.4162	2.5687e-4	999.04
75	998	38.26	74.9994	74.94 - 75.05	0.1479%	37.8322	6.2965e-4	1011.31
76	993	38.49	76.0010	75.94 - 76.06	0.1487%	38.2461	1.0107e-3	1006.37
77	991	38.83	76.9998	76.94 - 77.06	0.1490%	38.6578	1.5949e-4	1004.46
78	981	38.85	78.0000	77.94 - 78.06	0.1506%	39.0674	1.4476e-5	994.44
79	1000	40.02	78.9998	78.94 - 79.06	0.1478%	39.4749	2.2446e-4	1013.81
80	987	39.91	79.9999	79.94 - 80.06	0.1498%	39.8802	9.4566e-5	1000.75
81	989	40.40	81.0001	80.94 - 81.06	0.1495%	40.2835	1.3196e-4	1002.89
82	999	41.22	82.0009	81.94 - 82.06	0.1481%	40.6848	9.3195e-4	1013.15
83	1000	41.67	82.9988	82.94 - 83.06	0.1480%	41.0840	1.2067e-3	1014.28
84	986	41.49	83.9996	83.94 - 84.06	0.1501%	41.4812	4.0089e-4	1000.22
85	998	42.40	84.9972	84.93 - 85.06	0.1484%	41.8765	2.7682e-3	1012.53
86	996	42.72	86.0012	85.94 - 86.07	0.1487%	42.2698	1.1808e-3	1010.64
87	999	43.25	86.9979	86.93 - 87.06	0.1483%	42.6612	2.0765e-3	1013.82
88	985	43.04	88.0001	87.93 - 88.07	0.1505%	43.0507	1.4369e-4	999.75
89	994	43.83	88.9995	88.93 - 89.07	0.1492%	43.4382	4.6684e-4	1009.02
90	995	44.27	90.0003	89.93 - 90.07	0.1491%	43.8240	3.2120e-4	1010.18

ЕС	H2O(г)	NaCl(г)	Расчетный ЕС	Диапазон ЕС	Диапазон ЕС%	ρ(г/л)	Отклонение ЕС	Объём раствора(мл)
91	984	44.17	91.0002	90.93 - 91.07	0.1509%	44.2078	2.4922e-4	999.14
92	992	44.92	92.0004	91.93 - 92.07	0.1497%	44.5899	3.5299e-4	1007.40
93	994	45.40	92.9992	92.93 - 93.07	0.1495%	44.9701	7.9910e-4	1009.57
94	986	45.42	94.0001	93.93 - 94.07	0.1508%	45.3486	6.5517e-5	1001.57
95	987	45.85	95.0005	94.93 - 95.07	0.1507%	45.7253	5.4491e-4	1002.72
96	997	46.70	95.9993	95.93 - 96.07	0.1492%	46.1003	6.6634e-4	1013.01
97	995	46.99	96.9998	96.93 - 97.07	0.1496%	46.4735	2.0560e-4	1011.12
98	1000	47.61	98.0001	97.93 - 98.07	0.1489%	46.8450	5.6721e-5	1016.33
99	996	47.80	98.9997	98.93 - 99.07	0.1496%	47.2149	3.3908e-4	1012.40
100	977	47.26	99.9999	99.92 - 100.08	0.1526%	47.5831	8.0494e-5	993.21
101	993	48.41	100.9994	100.92 - 101.08	0.1502%	47.9496	6.0170e-4	1009.61
102	999	49.08	102.0009	101.92 - 102.08	0.1494%	48.3145	8.5511e-4	1015.84
103	989	48.96	103.0001	102.92 - 103.08	0.1510%	48.6778	5.6208e-5	1005.80
104	989	49.33	103.9999	103.92 - 104.08	0.1511%	49.0395	1.0076e-4	1005.93
105	995	50.00	104.9998	104.92 - 105.08	0.1502%	49.3996	2.2087e-4	1012.16
106	996	50.42	106.0001	105.92 - 106.08	0.1502%	49.7581	9.0290e-5	1013.30
107	998	50.89	106.9998	106.92 - 107.08	0.1499%	50.1151	2.0825e-4	1015.46
108	1000	51.36	107.9995	107.92 - 108.08	0.1497%	50.4706	4.7558e-4	1017.63
109	996	51.52	109.0002	108.92 - 109.08	0.1504%	50.8245	2.2470e-4	1013.68
110	999	52.04	110.0002	109.92 - 110.08	0.1500%	51.1770	2.3068e-4	1016.86
111	998	52.35	110.9978	110.91 - 111.08	0.1502%	51.5280	2.2209e-3	1015.97
112	990	52.29	112.0003	111.92 - 112.09	0.1515%	51.8775	3.4777e-4	1007.95
113	994	52.86	113.0003	112.92 - 113.09	0.1510%	52.2256	3.4596e-4	1012.15
114	992	53.11	113.9996	113.91 - 114.09	0.1514%	52.5722	3.5737e-4	1010.23
115	988	53.25	115.0006	114.91 - 115.09	0.1521%	52.9174	5.8000e-4	1006.28
116	997	54.09	115.9986	115.91 - 116.09	0.1508%	53.2612	1.4225e-3	1015.57
117	996	54.39	116.9994	116.91 - 117.09	0.1510%	53.6036	6.1685e-4	1014.67
118	939	51.61	118.0001	117.91 - 118.09	0.1603%	53.9447	8.8885e-5	956.72
119	999	55.26	118.9998	118.91 - 119.09	0.1507%	54.2843	2.2309e-4	1017.97
120	997	55.50	120.0006	119.91 - 120.09	0.1511%	54.6227	6.0267e-4	1016.06

Источники

1. https://t.me/ponics_ru/1/157994 формула ЕС от грамм соли на литр раствора
2. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293783/4293783232.htm> плотность воды ГСССД 2-77
3. https://russsam.ru/certificates/246-Tablitsa_plotnosti_rastvorov_khlorida_natriya плотность соляного раствора "Краткий химический справочник" 1978