

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет естественных наук
Кафедра аналитической химии

**СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ
В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Учебно-методическое пособие

Четвертое издание,
переработанное и дополненное

Новосибирск
2014

ББК Г4я22

УДК 543

С741

Справочные данные для расчетов в аналитической химии: учеб.-метод. пособие / сост. И. В. Миронов, Л. Г. Лавренова, Е. А. Притчина, Е. И. Берус; Новосиб. гос. ун-т – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014. – 145 с.

– 4-е изд., перераб. и доп. –

Предлагаемое пособие содержит необходимые справочные данные для выполнения расчетов при изучении курса аналитической химии.

Справочный материал дан с учетом критического анализа последних литературных данных и может быть использован студентами, аспирантами, преподавателями и научными сотрудниками.

ББК Г4я22

УДК 543

© Новосибирский государственный университет, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Таблица 1. Относительные атомные массы элементов	4
Таблица 2. Плотность и концентрация некоторых растворов кислот и щелочей	6
Таблица 3. Плотность и концентрация некоторых продажных реактивов	11
Таблица 4. Гравиметрические факторы	12
Таблица 5. Произведения растворимости малорастворимых веществ	19
Таблица 6. Произведения растворимости некоторых оксихинолинов	28
Таблица 7. Интервал pH осаждения гидроксидов металлов	29
Таблица 8. Коэффициенты активности различных ионов	31
Таблица 9. Константы кислотно-основных равновесий с участием важнейших кислот и оснований	35
Таблица 10. Константы протонирования кислотных остатков некоторых аминокислот и аминополикарбоновых кислот	45
Таблица 11. Доля этилендиаминтетраацетат-иона Y^{4-} (α_Y) в растворах с различными значениями pH	47
Таблица 12. Кислотно-основные индикаторы	48
Таблица 13. Константы ионизации кислотно-основных индикаторов	49
Таблица 14. Универсальная буферная смесь	50
Таблица 15. Стандартные буферные растворы для pH -метрии	50
Таблица 16. Константы устойчивости комплексных ионов	51
Таблица 17. Металлохромные индикаторы	74
Таблица 18. Маскирующие реагенты при титровании ЭДТА	81
Таблица 19. Константы устойчивости ионов металлов с металлохромными индикаторами	88
Таблица 20. Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы (E^0) по отношению к потенциалу стандартного водородного электрода при 25 °С	106
Таблица 21. Окислительно-восстановительные индикаторы	130
Экстракция хелатов	131
Экстракция комплексных металлокислот	137
Обработка результатов эксперимента	139
Представление результатов вычислений. Значащие цифры	142
Библиографический список	144

Таблица 1

Относительные атомные массы элементов ($^{12}\text{C} = 12,0000$)

В таблице приведены относительные атомные массы, принятые Комиссией при Международном союзе по чистой и прикладной химии (IUPAC) в 1985 г.

Название элемента	Символ	Атомная масса	Название элемента	Символ	Атомная масса
Азот	N	14,0067	Золото	Au	196,9665
Актиний	Ac	227	Индий	In	114,82
Алюминий	Al	26,9815	Иридий	Ir	192,22
Америций	Am	243	Иттербий	Yb	173,04
Аргон	Ar	39,948	Иттрий	Y	88,9059
Астат	At	210	Иод	I	126,9045
Барий	Ba	137,34	Кадмий	Cd	112,40
Бериллий	Be	9,01218	Калий	K	39,098
Берклий	Bk	297	Калифорний	Cf	249
Бор	B	10,811	Кальций	Ca	40,08
Бром	Br	79,904	Кислород	O	15,9994
Ванадий	V	50,9414	Кобальт	Co	58,9332
Висмут	Bi	208,9804	Кремний	Si	28,086
Водород	H	1,0079	Криптон	Kr	83,80
Вольфрам	W	183,85	Ксенон	Xe	131,30
Гадолиний	Gd	157,25	Курчатовий	Ku	264
Галлий	Ga	69,72	Кюрий	Cm	247
Гафний	Hf	178,49	Лантан	La	138,9055
Гелий	He	4,00260	Литий	Li	6,94
Германий	Ge	72,59	Лоуренсий	Lr	256
Гольмий	Ho	164,9340	Лютеций	Lu	174,97
Диспрозий	Dy	162,50	Магний	Mg	24,305
Европий	Eu	151,96	Марганец	Mn	54,9380
Железо	Fe	55,847	Медь	Cu	63,546

<i>Название элемента</i>	<i>Символ</i>	<i>Атомная масса</i>	<i>Название элемента</i>	<i>Символ</i>	<i>Атомная масса</i>
Менделеевий	Md	257	Селен	Se	78,96
Молибден	Mo	95,94	Сера	S	32,06
Мышьяк	As	74,9216	Серебро	Ag	107,868
Натрий	Na	22,9897	Скандий	Sc	44,9559
Неодим	Nd	144,24	Стронций	Sr	87,62
Неон	Ne	20,179	Сурьма	Sb	121,75
Нептуний	Np	237,0482	Таллий	Tl	204,37
Никель	Ni	58,71	Тантал	Ta	180,9479
Ниобий	Nb	92,9064	Теллур	Te	127,60
Нобелий	No	255	Тербий	Tb	158,9254
Олово	Sn	118,69	Технеций	Tc	99,97
Осмий	Os	190,2	Титан	Ti	47,90
Палладий	Pd	106,4	Торий	Th	232,0381
Платина	Pt	195,09	Тулий	Tu	168,9342
Плутоний	Pu	242	Углерод	C	12,011
Полоний	Po	210	Уран	U	238,029
Празеодим	Pr	140,9077	Фермий	Fm	257
Прометий	Pm	147,145	Фосфор	P	30,97376
Протактиний	Pa	231,0359	Франций	Fr	223
Радий	Ra	226,0254	Фтор	F	18,9984
Радон	Rn	222	Хлор	Cl	35,453
Рений	Re	186,2	Хром	Cr	51,996
Родий	Rh	102,9055	Цезий	Cs	132,9054
Ртуть	Hg	200,59	Церий	Ce	140,12
Рубидий	Rb	85,4678	Цинк	Zn	65,38
Рутений	Ru	101,07	Цирконий	Zr	91,22
Самарий	Sm	150,4	Эрбий	Er	167,26
Свинец	Pb	207,2			

Таблица 2

**Плотность и концентрация некоторых растворов
кислот и оснований при 20 °С**

Кислоты

<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>	<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>
Азотная кислота					
1,000	0,330	0,052	1,260	42,14	8,426
1,005	1,255	0,200	1,280	45,27	9,195
1,010	2,164	0,347	1,300	48,42	9,990
1,020	3,982	0,645	1,320	51,71	10,83
1,040	7,530	1,243	1,340	55,13	11,72
1,060	10,97	1,845	1,360	58,78	12,68
1,080	14,31	2,453	1,380	62,70	13,73
1,100	17,58	3,068	1,400	66,97	14,88
1,120	20,79	3,696	1,420	71,63	16,14
1,140	23,94	4,330	1,440	76,71	17,53
1,160	27,09	4,970	1,460	82,39	19,09
1,180	30,00	5,618	1,480	89,07	20,92
1,200	32,94	6,273	1,500	96,73	23,02
1,220	35,93	6,956	1,510	99,26	23,79
1,240	39,02	7,679	1,513	100,00	24,01
Серная кислота					
1,000	0,261	0,027	1,100	14,73	1,652
1,020	3,242	0,337	1,120	17,43	1,990
1,040	6,237	0,661	1,140	20,08	2,334
1,060	9,129	0,987	1,160	22,67	2,681
1,080	11,96	1,317	1,180	25,21	3,033

<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>	<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>
1,200	27,72	3,391	1,440	54,49	8,000
1,220	30,18	3,754	1,460	56,41	8,397
1,240	32,61	4,123	1,480	58,31	8,799
1,260	35,01	4,498	1,500	60,17	9,202
1,280	37,36	4,876	1,520	62,00	9,608
1,300	39,68	5,259	1,580	67,35	10,85
1,320	41,95	5,646	1,640	72,52	12,13
1,340	44,17	6,035	1,700	77,63	13,46
1,360	46,33	6,424	1,750	82,09	14,65
1,380	48,45	6,817	1,800	87,69	16,09
1,400	50,50	7,208	1,820	91,11	16,91
1,420	52,51	7,603	1,835	95,72	17,91
Фосфорная кислота					
1,000	0,296	0,030	1,240	38,17	4,829
1,020	4,000	0,416	1,260	40,79	5,245
1,040	7,643	0,811	1,280	43,37	5,655
1,060	11,19	1,210	1,300	45,88	6,087
1,080	14,60	1,609	1,320	48,30	6,506
1,100	17,87	2,005	1,340	50,66	6,928
1,120	21,03	2,403	1,380	55,28	7,84
1,140	24,07	2,800	1,400	57,54	8,221
1,160	27,05	3,203	1,420	59,74	8,658
1,180	29,94	3,606	1,440	61,92	9,099
1,200	32,75	4,010	1,460	64,03	9,541
1,220	35,50	4,420	1,480	66,09	9,982

Продолжение табл. 2

<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>	<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>
1,500	68,10	10,42	1,700	86,38	14,98
1,520	70,07	10,86	1,720	88,06	15,45
1,540	72,00	11,32	1,740	89,72	15,93
1,580	75,76	12,22	1,760	91,36	16,41
1,600	77,60	12,67	1,780	92,97	16,89
1,620	79,40	13,12	1,800	94,57	17,37
1,640	81,20	13,59	1,820	96,15	17,85
1,660	82,96	14,06	1,840	97,71	18,34
1,680	84,68	14,52	1,860	99,24	18,84
Хлористоводородная кислота					
1,000	0,360	0,099	1,110	22,33	6,796
1,010	2,364	0,655	1,120	24,25	7,449
1,020	4,388	1,227	1,130	26,20	8,118
1,030	6,433	1,817	1,140	28,18	8,809
1,040	8,490	2,421	1,150	30,14	9,505
1,050	10,52	3,029	1,160	32,14	10,225
1,060	12,51	3,638	1,170	34,18	10,97
1,070	14,50	4,253	1,180	36,23	11,73
1,080	16,47	4,878	1,190	38,32	12,50
1,090	18,43	5,510	1,195	39,37	12,90
1,100	20,39	6,150	1,198	40,00	13,14
Хлорная кислота					
1,005	1,00	0,1004	1,040	6,88	0,7122
1,010	1,90	0,1910	1,060	10,06	1,061
1,020	3,61	0,3665	1,080	13,07	1,405

<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>	<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>
1,100	16,00	1,752	1,400	49,23	6,860
1,120	18,88	2,105	1,420	50,90	7,196
1,140	21,64	2,456	1,460	54,03	7,852
1,160	24,30	2,806	1,480	55,55	8,183
1,180	26,82	3,150	1,500	57,06	8,519
1,200	29,26	3,495	1,520	58,54	8,857
1,220	31,61	3,839	1,540	60,04	9,203
1,240	33,85	4,178	1,560	61,52	9,553
1,260	36,03	4,519	1,580	63,00	9,908
1,280	38,10	4,854	1,600	64,50	10,27
1,300	40,10	5,189	1,620	66,01	10,64
1,320	42,03	5,523	1,640	67,51	11,02
1,340	43,89	5,854	1,660	69,02	11,40
1,360	45,71	6,188	1,670	69,77	11,60
1,380	47,49	6,523	1,675	70,15	11,70

Основания

<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>	<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>
Р а с т в о р а м м и а к а					
0,998	0,05	0,03	0,920	20,88	11,28
0,990	1,89	1,10	0,910	24,03	12,84
0,980	4,27	2,46	0,900	27,33	14,44
0,970	6,75	3,84	0,896	28,67	15,08
0,960	9,34	5,23	0,892	30,00	15,71
0,950	12,03	6,71	0,890	30,68	16,04
0,940	14,88	8,21	0,888	31,37	16,36
0,930	17,85	9,75	0,880	34,35	17,75

Окончание табл. 2

Плотность, кг/дм ³	Массовые проценты	С, моль/л	Плотность, кг/дм ³	Массовые проценты	С, моль/л
Гидроксид калия					
1,000	0,20	0,035	1,260	27,32	6,14
1,020	2,38	0,434	1,280	29,25	6,67
1,040	4,58	0,848	1,300	31,15	7,22
1,060	6,74	1,27	1,320	33,03	7,77
1,080	8,89	1,71	1,340	34,90	8,34
1,100	11,03	2,16	1,380	38,56	9,48
1,120	13,14	2,62	1,400	40,37	10,07
1,140	15,22	3,09	1,420	42,16	10,67
1,160	17,29	3,58	1,460	45,66	11,88
1,180	19,35	4,07	1,480	47,39	12,50
1,200	21,38	4,57	1,500	49,10	13,13
1,220	23,38	5,08	1,520	50,80	13,76
1,240	25,36	5,60	1,535	52,05	14,24
Гидроксид натрия					
1,000	0,159	0,040	1,240	21,90	6,788
1,020	1,94	0,494	1,260	23,73	7,475
1,040	3,74	0,971	1,280	25,56	8,178
1,060	5,56	1,474	1,300	27,41	8,906
1,080	7,38	1,992	1,320	29,26	9,656
1,100	9,19	2,527	1,340	31,14	10,43
1,120	11,01	3,082	1,360	33,06	11,24
1,140	12,83	3,655	1,380	35,01	12,08
1,160	14,64	4,244	1,400	36,99	12,95
1,180	16,44	4,850	1,420	38,99	13,84
1,200	18,26	5,476	1,460	43,12	15,74
1,220	20,07	6,122	1,500	47,33	17,75

Таблица 3

Плотность и концентрация растворов некоторых продажных реактивов при 20 °С

<i>Реактив</i>	<i>Плотность, кг/дм³</i>	<i>Массовые проценты</i>	<i>С, моль/л</i>
Азотная кислота, конц. разбавленная	≥ 1,392 ≥ 1,345	≥ 65,0 ≥ 56,0	≥ 14,4 ≥ 12,0
Аммиака, раствор, хч чда и ч	≤ 0,898 ≤ 0,907	≥ 28,0 ≥ 25,0	≥ 14,76 ≥ 13,32
Бромистоводородная кислота	≤ 1,34	≥ 40,0	≥ 6,61
Иодистоводородная кислота, чда ч	1,64–1,70 1,50–1,64	54,0–57,0 50,0–54,0	6,9–7,6 6,1–6,9
Серная кислота (всех марок)	1,83–1,835	93,6–95,6	17,5–17,9
Уксусная кислота, хч, ледяная чда и ч	≤ 1,0503 ≤ 1,0549	≥ 99,8 ≥ 99,5	≥ 17,5 ≥ 17,4
Фосфорная кислота, хч чда и ч	≥ 1,707 ≥ 1,684	≥ 87,0 ≥ 85,0	≥ 15,16 ≥ 14,6
Фтороводородная кислота, хч и чда ч	≥ 1,142 ≥ 1,123	≥ 45,0 ≥ 40,0	≥ 25,70 ≥ 22,40
Хлороводородная (соляная) кислота	1,174–1,185	35,0–38,0	11,3–12,4
Хлорная кислота, хч чда ч	≈ 1,50 ≈ 1,32 ≈ 1,21	≈ 57,0 ≈ 42,0 ≈ 30,0	≈ 8,44 ≈ 5,52 ≈ 3,67