

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра химической технологии твердого топлива и экологии

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

Методические указания к контрольной работе
для студентов специальностей 240301, 240401, 240403, 130405
заочной формы обучения

Составитель О. О. Кудерская

Утверждено на заседании кафедры
Протокол № 12 от 22.03.2011

Рекомендовано к печати
учебно-методической комиссией
специальности 240403
Протокол № 4 от 22.03.2011

Электронная копия находится
в библиотеке ГУ КузГТУ

Кемерово 2011

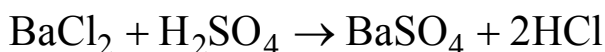
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Контрольная работа предназначена для проверки овладения студентами общих приёмов своеобразных химических расчётов, с которыми можно встретиться в количественном анализе.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вычисления массового и процентного содержания определяемого вещества в гравиметрическом анализе производят по уравнению реакций образования осадка, имеющего после прокаливания постоянный состав (гравиметрическая форма).

Например, если требуется вычислить содержание бария в растворе хлорида бария по массе прокаленного осадка BaSO_4 , полученного при осаждении Ba^{2+} -ионов серной кислотой, составляют уравнение реакции



и производят соответствующий расчёт.

Пусть масса осадка BaSO_4 была равна 0,6206 г. Тогда на основании уравнения содержание бария в исследуемом растворе:

$$\begin{array}{l} 233,4 \text{ г (1 моль) } \text{BaSO}_4 \text{ содержат } 137,4 \text{ г } \text{Ba}^{2+}\text{-ионов} \\ 0,6206 \text{ г} \quad \gg \quad \text{содержат} \quad x \quad \gg \end{array}$$

$$x = \frac{137,4 \cdot 0,6206}{233,4} = 0,3653 \text{ г } \text{Ba}^{2+}\text{-ионов.} \quad (2.1)$$

Обычно требуется найти процентное содержание определяемого вещества. Для этого берут навеску исследуемого вещества и найденное по предыдущему массовое содержание определяемого элемента выражают в процентах к массе взятой навески:

$$\begin{array}{l} 0,6531 \text{ г } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ содержат } 0,3653 \text{ г } \text{Ba}^{2+}\text{-ионов} \\ 100 \text{ г} \quad \gg \quad \text{содержат} \quad x \quad \gg \end{array}$$

$$x = \frac{0,3653 \cdot 100}{0,6531} = 55,92\% \text{ Ba}^{2+}\text{-ионов.} \quad (2.2)$$

Вычисления (2.1) и (2.2) целесообразнее представить в виде одного выражения:

$$x = \frac{137,4 \cdot 0,6206 \cdot 100}{233,4 \cdot 0,6531} = 55,92\%. \quad (2.3)$$

Задачи на растворимость осадков в воде и в присутствии одноименных ионов решают на основе произведения растворимости K_S^0 – константы, характеризующей растворимость осадков и зависящей от температуры, давления и природы растворителя.

Равновесие растворимости некоторой соли $AmBn$ в соответствии с законом действия масс описывается выражением:

$$K_S^0(AmBn) = a(A)^m \cdot a(B)^n, \quad (2.4)$$

где $a(A)$ и $a(B)$ – активности соответственно катиона и аниона в растворе.

При выполнении грубых оценочных расчетов активности отождествляют с равновесными концентрациями ионов $a(A) \approx [A]$, $a(B) \approx [B]$ и уравнение (2.4) представляют в виде:

$$K_S^0(AmBn) = [A]^m \cdot [B]^n. \quad (2.5)$$

В чистой воде равновесные концентрации катиона и аниона определяются молярной величиной растворимости S соли и стехиометрией равновесия $[A] = mS$ и $[B] = nS$, поэтому выражение константы (2.4) выглядит как:

$$K_S^0(AmBn) = (mS)^m \cdot (nS)^n, \quad (2.6)$$

Для расчета растворимости осадка в чистом растворителе используют формулу:

$$S = \sqrt[m+n]{K_S^0(Am \cdot Bn) / (m^m \cdot n^n)}. \quad (2.7)$$

При более точных расчетах необходимо использовать уравнение (2.3) и значение активностей, учитывающих электростатические взаимодействия между ионами и другие эффекты. Активности ионов пропорциональны концентрациям:

$$a = f \cdot C \quad (2.8)$$

где $f = a/C$ – коэффициент активности, зависящий от концентраций всех ионов в растворе, а также от собственного заряда иона.

В очень разбавленных растворах $f \rightarrow 1$ и $a \rightarrow C$, а в растворах с умеренной концентрацией электролитов $f \leq 1$.

Для нахождения коэффициентов активности сначала оценивают ионную силу раствора I по формуле:

$$I = \frac{1}{2} \sum_1^n C_i Z_i^2, \quad (2.9)$$

где C_i – молярные концентрации; Z_i – заряды каждого из ионов электролитов.

С учетом уравнения (2.8) константа растворимости равна:

$$K_S^0(AmBn) = [A]^m \cdot f(A)^m \cdot [B]^n \cdot f(B)^n \quad (2.10)$$

Трудно растворимая соль слабой кислоты легко растворяется в более сильной кислоте, при этом растворимость осадков зависит от pH раствора:

$$pH = -\lg a(H_3O^+) = -\lg f(H_3O^+) \cdot C(H_3O^+). \quad (2.11)$$

Часто то же самое выражение записывают упрощенно:

$$pH = -\lg a(H^+) = -\lg f(H^+) \cdot C(H^+). \quad (2.12)$$

Для сильно разбавленных растворов, когда $f(\text{H}_3\text{O}^+) \rightarrow 1$, pH выражается соотношением:

$$\text{pH} = -\lg C(\text{H}_3\text{O}^+) = -\lg C(\text{H}^+). \quad (2.13)$$

Сущность титриметрии состоит в том, что вещества реагируют между собой в эквивалентных количествах ($n_1 = n_2$). Так как $n = C \cdot V$, где C – молярная концентрация эквивалента, а V – объём, в котором растворены вещества, то для двух стехиометрически реагирующих веществ, справедливо равенство:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2. \quad (2.14)$$

Титриметрический анализ выполняется двумя методами: методом пипетирования и методом отдельных навесок. Метод пипетирования заключается в титровании равных порций раствора (аликвот V_x), отбираемых пипеткой из мерной колбы определенного объёма V_o , в которой растворена навеска вещества. Массу вещества $m(x)$ вычисляют по уравнению (2.15), подставляя в него среднее арифметическое из результатов параллельных титрований \bar{V}_T , молярную массу эквивалента вещества $M(x)$ и коэффициент 10^{-3} , т. к. объёмы выражают в кубических сантиметрах (см^3), а концентрация титранта C_T – в молях эквивалентов в кубических дециметрах (дм^3):

для прямого (заместительного титрования)

$$m(x) = \frac{C_T \cdot \bar{V}_T \cdot V_o \cdot M(x)}{V_x} \cdot 10^{-3}; \quad (2.15)$$

для обратного титрования

$$m(x) = \frac{(C_{T_1} \cdot V_{T_1} - C_{T_2} \cdot V_{T_2}) \cdot M(x) \cdot V_o}{V_x} \cdot 10^{-3}. \quad (2.16)$$

При расчете массовой доли учитывают массу навески m :

$$w(x) = \frac{m(x)}{m} \cdot 100. \quad (2.17)$$

Метод отдельных навесок заключается в том, что n навесок вещества (m_1 , m_2 и т. д.), взятых на аналитических весах, растворяют в небольших объёмах растворителя (знать их нет необходимости) и проводят титрование в каждом растворе:

для прямого (заместительного) титрования

$$m(x) = C_T \cdot \bar{V}_T \cdot M(x) \cdot 10^{-3}; \quad (2.18)$$

для обратного титрования

$$m(x) = (C_{T_1} \cdot V_{T_1} - C_{T_2} \cdot V_{T_2}) \cdot M(x) \cdot 10^{-3}; \quad (2.19)$$

для определения массовой доли

$$w(x) = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{C_T \cdot V_{T_1}}{m_1} + \frac{C_T \cdot V_{T_2}}{m_2} + \dots + \frac{C_T \cdot V_{T_n}}{m_n} \right) \cdot M(x) \cdot 10^{-3}. \quad (2.20)$$

3. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Дисциплина «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» включает гравиметрические и титриметрические методы анализа и изучается в течение семестра, с последующей сдачей зачета или экзамена. Контрольные работы сдаются на проверку за месяц до начала сессии.

Контрольное задание содержит 17 задач (см. табл. 1) и контрольный вопрос. Каждая задача имеет 10 вариантов. Студент выбирает вариант задач и номер вопроса по номеру последней цифры учебного шифра (номер студенческого билета).

Все вычисления в контрольной работе должны быть сделаны с требуемой точностью: масса вещества в граммах и концен-

трация растворов до четвертого знака после запятой, объемы и проценты – до второго знака значащей цифры.

Таблица 1

Варианты контрольных работ

Номера задач	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
2	4.11	4.12	4.13	4.14	4.15	4.16	4.17	4.18	4.19	4.20
3	4.21	4.22	4.23	4.24	4.25	4.26	4.27	4.28	4.29	4.30
4	4.31	4.32	4.33	4.34	4.35	4.36	4.37	4.38	4.39	4.40
5	4.41	4.42	4.43	4.44	4.45	4.46	4.47	4.48	4.49	4.50
6	4.52	4.52	4.53	4.54	4.55	4.56	4.57	4.58	4.59	4.60
7	4.61	4.62	4.63	4.64	4.65	4.66	4.67	4.68	4.69	4.70
8	4.71	4.72	4.73	4.74	4.75	4.76	4.77	4.78	4.79	4.80
9	4.81	4.82	4.83	4.84	4.85	4.86	4.87	4.88	4.89	4.90
10	4.91	4.92	4.93	4.94	4.95	4.96	4.97	4.98	4.99	4.100
11	4.101	4.102	4.103	4.104	4.105	4.106	4.107	4.108	4.109	4.110
12	4.111	4.112	4.113	4.114	4.115	4.116	4.117	4.118	4.119	4.120
13	4.121	4.122	4.123	4.124	4.125	4.126	4.127	4.128	4.129	4.130
14	4.131	4.132	4.133	4.134	4.135	4.136	4.137	4.138	4.139	4.140
15	4.141	4.142	4.143	4.144	4.145	4.146	4.147	4.148	4.149	4.150
16	4.151	4.152	4.153	4.154	4.155	4.156	4.157	4.158	4.159	4.160
17	4.161	4.162	4.163	4.164	4.165	4.166	4.167	4.168	4.169	4.170

4. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 3.1. Какой объем (см^3) 5%-го раствора нитрата серебра необходим для количественного осаждения хлорида серебра из 200 см^3 0,01 М раствора HCl?

Решение. Рассчитывают стехиометрическое количество нитрата серебра по реакции $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} = \text{AgCl} + \text{HNO}_3$. В 200 см^3 0,01 М раствора HCl содержится 0,073 г HCl, поэтому,

$$m(\text{AgNO}_3) = \frac{M(\text{AgNO}_3) \cdot m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{179 \cdot 0,073}{36,5} = 0,36 \text{ г.}$$

Учитывая приближенный характер расчетов, принимают плотность 5%-го раствора AgNO_3 равной единице и находят

$$V(\text{AgNO}_3) = \frac{0,36}{5} \cdot 100 = 7,2 \text{ см}^3.$$

Поскольку нитрат серебра – нелетучее вещество, для количественного осаждения хлорид-ионов следует взять 30%-й избыток осадителя. Следовательно,

$$V(\text{AgNO}_3) = 7,2 + 2 \cong 9 \text{ см}^3.$$

Ответ: Примерно 9 см^3 .

Задача 3.2. Рассчитать произведение растворимости свежеосажденного гидроксида магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$, если в 500 см^3 его насыщенного раствора содержится $1,55 \cdot 10^{-2} \text{ г}$ этого соединения.

Решение. Гидроксид магния – сильный малорастворимый электролит. Растворившаяся часть его полностью распадается на ионы:



Полагая приближенно коэффициенты активности ионов равными единице $f(\text{Mg}^{2+}) \approx 1$ и $f(\text{OH}^-) \approx 1$, можно записать для произведения растворимости:

$$K_S^0[\text{Mg}(\text{OH})_2] = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2,$$

где $[\text{Mg}^{2+}]$ и $[\text{OH}^-]$ – соответственно молярные концентрации ионов Mg^{2+} и OH^- в насыщенном водном растворе гидроксида магния. Обозначив концентрацию гидроксида магния через S ,

имеем $[\text{Mg}^{2+}] = S$, $[\text{OH}^-] = 2S$, поскольку при электролитической диссоциации гидроксида магния из одной частицы $\text{Mg}(\text{OH})_2$ образуется один катион Mg^{2+} и два аниона OH^- . Тогда,

$$K_S^0[\text{Mg}(\text{OH})_2] = S \cdot (2S)^2 = 4S^3.$$

Значение растворимости гидроксида магния находим по формуле [5]:

$$S = \frac{1,55 \cdot 10^{-2}}{58,32 \cdot 0,5} = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ моль /дм}^3,$$

где 58,320 г/моль – молярная масса гидроксида магния. Следовательно,

$$K_S^0[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 4 \cdot (5,3 \cdot 10^{-4})^3 = 5,96 \cdot 10^{-10}.$$

Ответ: $5,96 \cdot 10^{-10}$.

Задача 3.3. Рассчитайте молярную концентрацию катионов свинца $[\text{Pb}^{2+}]$ и иодид-ионов $[\text{I}^-]$ в насыщенном водном растворе иодида свинца PbI_2 , если его произведение растворимости $K_S^0(\text{PbI}_2) = 1,1 \cdot 10^{-9}$.

Решение. Иодид свинца в водном растворе диссоциирует по схеме: $\text{PbI}_2 \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^-$. Полагая коэффициенты активности ионов равными единице $f(\text{Pb}^{2+}) \approx 1$ и $f(\text{I}^-) \approx 1$, можно записать для произведения растворимости иодида свинца:

$$K_S^0(\text{PbI}_2) = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{I}^-]^2.$$

Учитывая, что $[\text{Pb}^{2+}] = S$ и $[\text{I}^-] = 2S$, где S – молярная концентрация соли, можно записать:

$$K_S^0(\text{PbI}_2) = S \cdot (2S)^2 = 4S^3.$$

Отсюда

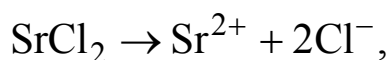
$$S = [\text{Pb}^{2+}] = [\text{K}_S^0(\text{PbI}_2)/4]^{1/3} = (1,1 \cdot 10^{-9} / 4)^{1/3} = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3,$$

$$2S = [\text{I}^-] = 2 \cdot 6,5 \cdot 10^{-4} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3,$$

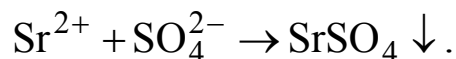
Ответ: $6,5 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ и $1,3 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³.

Задача 3.4. Образуется ли осадок сульфата стронция SrSO_4 при смешивании равных объёмов водных растворов хлорида стронция SrCl_2 и сульфата калия K_2SO_4 , если их исходные молярные концентрации составляют $5 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³? Произведение растворимости сульфата стронция равно $3,2 \cdot 10^{-7}$.

Решение. Хлорид стронция и сульфат калия в воде при электролитической диссоциации распадаются на ионы нацело:



При смешивании растворов хлорида стронция и сульфата калия может образоваться белый осадок малорастворимого сильного электролита – сульфата стронция:



В соответствии с условием образования осадка малорастворимого сильного электролита K_nA_m , состоящего из n катионов K^{m+} и m анионов A^{n-} ,

$$C^n \cdot (\text{K}^{m+}) \cdot C^m \cdot (\text{A}^{n-}) > K_S^0(\text{K}_n\text{A}_m).$$

Осадок сульфата стронция образуется, если ионное произведение $C(\text{Sr}^{2+}) \cdot C(\text{SO}_4^{2-})$ превышает произведение растворимости $K_S^0(\text{SrSO}_4)$. Согласно условию с учетом разбавления растворов при их смешивании (уменьшение исходной концентрации в два раза),

$$C(\text{Sr}^{2+}) = 5 \cdot 10^{-4} / 2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль / дм}^3,$$

$$C(\text{SO}_4^{2-}) = 5 \cdot 10^{-4} / 2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль / дм}^3.$$

Следовательно, ионное произведение

$$C(\text{Sr}^{2+}) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = (2,5 \cdot 10^{-4})^2 = 0,625 \cdot 10^{-7}$$

меньше произведения растворимости ($3,2 \cdot 10^{-7}$):

$$C(\text{Sr}^{2+}) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = 0,625 \cdot 10^{-7} < K_S^0(\text{SrSO}_4) = 3,2 \cdot 10^{-7},$$

поэтому осадок сульфата стронция не образуется.

Ответ: Осадок не образуется.

Задача 3.5. Как изменится молярная растворимость иодида серебра, если к его насыщенному раствору прибавить иодид калия до концентрации 1 моль/дм³? Произведение растворимости иодида серебра $K_S^0(\text{AgI}) = 8,3 \cdot 10^{-17}$.

Решение. Исходя из произведения растворимости иодида серебра $K_S^0(\text{AgI}) = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{I}^-] = 8,3 \cdot 10^{-17}$, рассчитывают вначале, растворимость иодида серебра в чистой воде. Обозначив $S = [\text{Ag}^+] = [\text{I}^-] = C(\text{AgI})$, получают для растворимости S иодида серебра в чистой воде:

$$K_S^0(\text{AgI}) = S^2 = 8,3 \cdot 10^{-17},$$

$$S = C(\text{AgI}) = (8,3 \cdot 10^{-17})^{1/2} = 9,1 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3.$$

Далее рассчитывают растворимость S_1 иодида серебра в присутствии одноименных иодид-ионов, исходя из произведения растворимости:

$$S_1 = [\text{Ag}^+] = K_S^0(\text{Ag}^+)/[\text{I}^-].$$

Равновесную концентрацию иодид-ионов $[\text{I}^-]$ можно принять равной концентрации иодида калия:

$$[\text{I}^-] = C(\text{KI}) = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3.$$

Тогда,

$$S_1 = 8,3 \cdot 10^{-17} / 1,0 \cdot 10^{-4} = 8,3 \cdot 10^{-13} \text{ моль/дм}^3.$$

Таким образом, при введении в раствор иодида серебра добавок иодида калия растворимость иодида серебра уменьшается в $S/S_1 = 9,1 \cdot 10^{-8} / 8,3 \cdot 10^{-13} = 1,1 \cdot 10^4$ раз за счет влияния одноименных иодид-ионов.

Ответ: Уменьшается в 11000 раз.

Задача 3.6. Вычислить растворимость BaF_2 в 0,01 М молярном растворе HCl . Во сколько раз эта растворимость больше чем в чистой воде? $K_S^0(\text{BaF}_2) = 1,73 \cdot 10^{-6}$; $K_S^0(\text{HF}) = 7,4 \cdot 10^{-4}$.

Решение. Обозначив растворимость BaF_2 через S , получают $[\text{Ba}^{2+}] = S$ и $[\text{F}^-] = (2S \cdot a)$, где a – доля F^- от общей концентрации F^- и HF . По уравнению находят:

$$a = \frac{K_S^0(\text{HF})}{[\text{H}^+] + K_S^0(\text{HF})} = \frac{7,4 \cdot 10^{-4}}{0,01 + 7,4 \cdot 10^{-4}} = 0,069,$$

$$K_s^0(\text{BF}_2) = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{F}^-]^2 = S(2S \cdot a)^2.$$

Откуда, $S = (1,73 \cdot 10^{-6} / 4 \cdot 0,069^2)^{1/3} = 7,56 \cdot 10^{-3}$, значит растворимость в HCl в 6 раз больше, чем в чистой воде.

Ответ: Увеличится в 6 раз.

Задача 3.7. Вычислить молярную и нормальную концентрацию раствора H_2SO_4 по его массовой доле (30%) и плотности ($1,22 \text{ г/см}^3$).

Решение: $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08 \text{ г/моль}$;

$M(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 49,04 \text{ г/моль}$.

Молярная концентрация раствора H_2SO_4 равна:

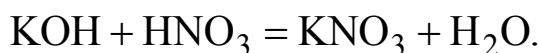
$$\begin{aligned} C(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) &= \omega \cdot \rho \cdot 10 / M(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = \\ &= \frac{30 \cdot 1,22 \cdot 10}{49,04} = 7,5 \text{ моль/дм}^3, \end{aligned}$$

где ω – массовая доля раствора H_2SO_4 , %; ρ – плотность раствора H_2SO_4 , г/см^3 .

Ответ: $3,7 \text{ моль/дм}^3$ и $7,5 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 3.8. Сколько граммов KOH содержится в 250 см^3 раствора, если на титрование 20 см^3 этого раствора расходуется в среднем $18,40 \text{ см}^3$ $0,09234 \text{ М}$ раствора HNO_3 ?

Решение. Уравнение реакции при титровании:



Согласно принципу эквивалентности,

$$C(\text{KOH}) = C(\text{HNO}_3) \cdot V(\text{HNO}_3) / V(\text{KOH}) =$$

$$= 0,09234 \cdot 18,40 / 20 = 0,08495 \text{ моль / дм}^3.$$

Находят массу KOH в 250 см³ (0,25 дм³) раствора:

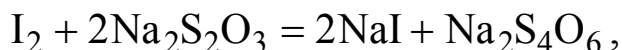
$$m(\text{KOH}) = C(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) \cdot V(\text{KOH}) =$$

$$= 0,08495 \cdot 56,1 \cdot 0,25 = 1,19 \text{ г.}$$

Ответ: 1,19 г.

Задача 3.9. Рассчитать количество иодата калия в растворе, если после замещения его действием избытка KI и кислоты, на титрование заместителя I₂ затрачено 21,45 см³ 0,1010 М раствора Na₂S₂O₃.

Решение. Уравнение реакции при титровании:



Согласно принципу эквивалентности,

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 6n(\text{KIO}_3),$$

$$0,1010 \cdot 21,45 = 6n(\text{KIO}_3).$$

Отсюда,

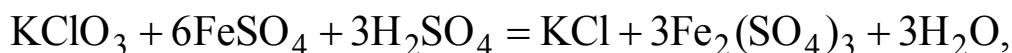
$$n(\text{KIO}_3) = 0,1010 \cdot 21,45 / 6 = 0,3610 \text{ ммоль},$$

$$m(\text{KIO}_3) = n(\text{KIO}_3) \cdot M(\text{KIO}_3) = 0,3610 \cdot 10^{-3} \cdot 214,01 \cong 77 \text{ мг.}$$

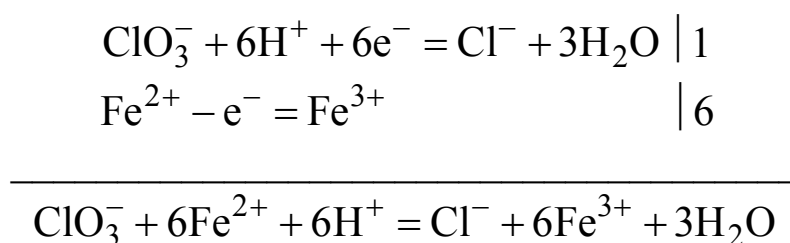
Ответ: Около 77 мг.

Задача 3.10. К 10 см^3 анализируемого раствора KClO_3 , подкисленного серной кислотой, добавили 20 см^3 $0,105 \text{ н.}$ раствора FeSO_4 , израсходовано $12,48 \text{ см}^3$ $0,076 \text{ н.}$ раствора KMnO_4 . Сколько граммов KClO_3 содержится в 250 см^3 анализируемого раствора?

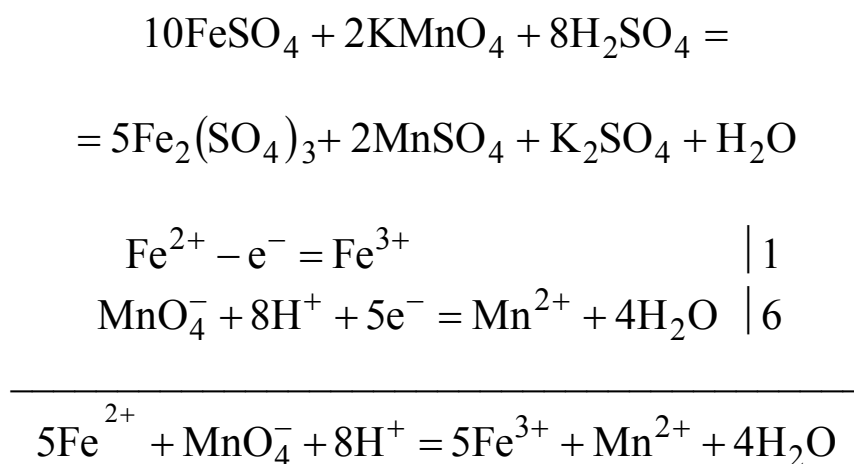
Решение. Уравнения реакций:



в избытке



остаток



(при записи этих уравнений в молекулярной форме все члены ионного уравнения нужно умножить на 2, так как в состав $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ входят два иона Fe^{3+}).

$$M(1/6\text{ClO}_3) = 1/6M(\text{KClO}_3) = 1/6 \cdot 122,6 = 20,43 \text{ г/моль.}$$

Принцип эквивалентности для данного случая обратного титрования:

$$\begin{aligned} n(\text{FeSO}_4) &= n(\text{KClO}_3) + n(\text{KMnO}_4), \\ C(\text{FeSO}_4) \cdot V(\text{FeSO}_4) &= \\ &= C(1/6\text{KClO}_3) \cdot V(\text{KClO}_3) + C(1/5\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4). \end{aligned}$$

Откуда молярная концентрация эквивалента анализируемого раствора KClO_3 :

$$C(1/6\text{KClO}_3) = (0,1050 \cdot 20 - 0,076 \cdot 12,48) / 10 = 0,1152 \text{ моль / дм}^3.$$

Масса KClO_3 в 250 см^3 ($0,25 \text{ дм}^3$) раствора:

$$\begin{aligned} m(\text{KClO}_3) &= C(1/6\text{KClO}_3) \cdot M(1/6\text{KClO}_3) \cdot V(\text{KClO}_3) = \\ &= 0,1152 \cdot 20,43 \cdot 0,25 = 0,5882 \text{ г.} \end{aligned}$$

Ответ: $m(\text{KClO}_3) = 0,5882 \text{ г.}$

Задача 3.11. Построить кривую титрования 100 см^3 $0,10 \text{ М}$ раствора хлороводородной кислоты $0,10 \text{ М}$ раствором гидроксида натрия [5].

Решение. По условию $C_o = C_T = 0,10 \text{ М}$, $V_o = 100 \text{ см}^3$.

До начала титрования:

$$[\text{H}^+] = C_o = 0,10 \text{ М}, \text{ следовательно, } \text{pH} = 1,00.$$

До точки эквивалентности:

$$[\text{H}^+] = C_o \cdot \frac{V_o - V_T}{V_o + V_T}.$$

Например, при добавлении 50 см^3 раствора NaOH:

$$[\text{H}^+] = 0,10 \cdot \frac{100 - 50}{100 + 50} = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ М}, \text{ следовательно, } \text{pH} = 1,48.$$

В точке эквивалентности:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{\omega}} = \sqrt{1,0 \cdot 10^{-14}} = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ М}, \text{ pH} = 7,00.$$

За точкой эквивалентности:

$$[\text{OH}^-] = C_0 \cdot \frac{V_T - V_0}{V_T + V_0}, \text{ pH} = 14 - \text{pOH}.$$

Например, при добавлении 101 см^3 раствора NaOH:

$$[\text{OH}^-] = 0,10 \cdot \frac{101 - 100}{101 + 100} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ М}, \text{ pH} = 14 - 3,3 = 10,70.$$

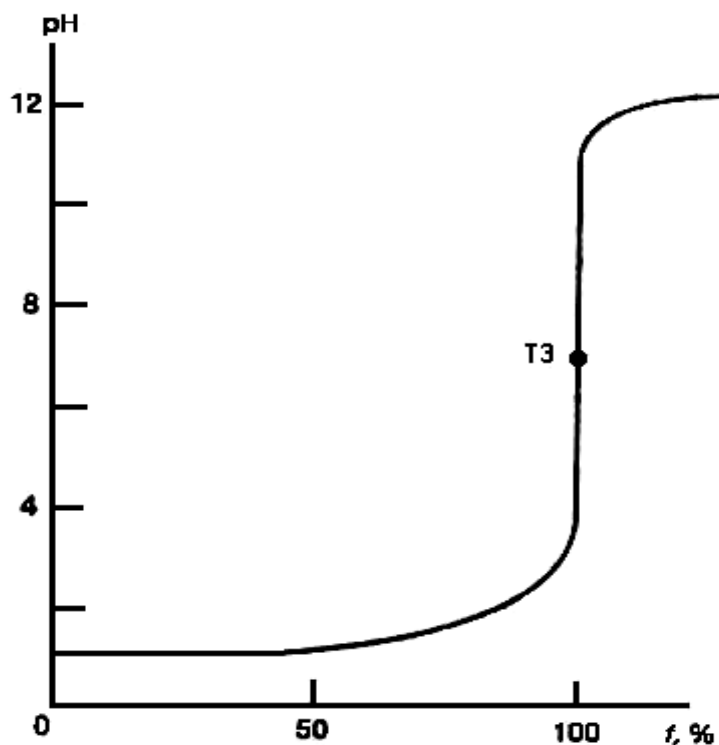
Результаты вычислений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения pH при титровании 0,10 М раствора хлороводородной кислоты 0,10 М раствором гидроксида натрия

f, %	Не оттитровано HCl, %	Избыток NaOH, %	pH
0	100,0	-	1,00
50,0	50,0	-	1,48
90,0	10,0	-	2,28
99,0	1,0	-	3,30
99,9	0,1	-	4,30
100,0	-	-	7,00
100,1	-	0,1	9,70
101,0	-	1,0	10,70
110,0	-	10,0	11,67

По данным табл. 2 строим кривую титрования.



Кривая титрования 0,10 М раствора хлороводородной кислоты 0,10 М раствором гидроксида натрия

4. ЗАДАЧИ

4.1. Гравиметрический анализ

Задача 4.1. Воздушно-сухая соль содержит 7,50% влаги. Вычислить массу начальной навески, если после высушивания она составила 0,3736 г.

Ответ: 0,4039 г.

Задача 4.2. Смесь содержит по массе 50% хлорид-ионов. Какую навеску смеси надо взять, чтобы получить 0,5 г AgCl ?

Ответ: 0,31 г.

Задача 4.3. Какую навеску карналлита ($\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) надо взять для анализа, чтобы получить 0,12 г прокаленного осадка $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$? Известно, что карналлит содержит по массе около 20% прочих примесей.

Ответ: 0,39 г.

Задача 4.4. Какую навеску смеси, содержащей по массе 40% MgSO_4 и 60% CoSO_4 , надо взять для получения 0,2500 г прокаленного осадка BaSO_4 ?

Ответ: 0,15 г.

Задача 4.5. Для определения алюминия, осаждаемого в виде $\text{Al}(\text{OH})_3$, требуется, чтобы раствор перед осаждением содержал около 0,05 г алюминия. Вычислить, какую следует взять навеску $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ для такого определения.

Ответ: Около 0,62 г.

Задача 4.6. Какую навеску $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ следует взять для анализа, чтобы получить не более 0,3 г прокаленного осадка CaO ?

Ответ: Не более 0,55 г.

Задача 4.7. Какую навеску смеси, состоящей из 40% NaCl и 60% KCl , надо взять для анализа, если требуется, чтобы проба содержала 0,10-0,15 г хлора?

Ответ: 0,18-0,27 г.

Задача 4.8. Какую навеску смеси, состоящей из 30% Na_2SO_4 и 70% K_2SO_4 , следует взять для анализа на содержание SO_4^{2-} , чтобы вес прокаленного осадка BaSO_4 был не более 0,2 г?

Ответ: не более 0,15 г.

Задача 4.9. Какую навеску $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$ надо взять, чтобы получить 0,093 г сухого осадка оксихинолята алюминия $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_3$?

Ответ: 0,0346 г.

Задача 4.10. Какую навеску руды, содержащей около 20% железа, надо взять для определения железа в виде оксида железа? Масса гравиметрической формы должна быть не менее 0,1 г.

Ответ: Около 0,3 г.

Задача 4.11. Какую навеску железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ нужно взять для определения в нем железа в виде Fe_2O_3 , считая, что оптимальная масса Fe_2O_3 равна 0,2 г?

Ответ: Около 0,7 г.

Задача 4.12. Какой объём 0,10 н. раствора AgNO_3 требуется для осаждения всего хлора из навески NaCl в 0,05 г?

Ответ: $8,6 \text{ см}^3$.

Задача 4.13. Сколько см^3 0,20 н. раствора BaCl_2 требуется для осаждения серы в виде BaSO_4 из навески 0,5 г FeS_2 ?

Ответ: $16,7 \text{ см}^3$.

Задача 4.14. Сколько см^3 H_2SO_4 ($\rho = 1,060 \text{ г/см}^3$) требуется для осаждения всего бария в виде BaSO_4 из раствора, содержащего 0,55 г чистого $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$?

Ответ: $2,28 \text{ см}^3$.

Задача 4.15. Какой объём HCl плотностью $1,200 \text{ г/см}^3$ требуется для растворения 10 г известняка, содержащего 95,5% CaCO_3 и не растворяющихся в HCl примесей?

Ответ: $14,8 \text{ см}^3$.

Задача 4.16. Какой объём HNO_3 плотностью $1,420 \text{ г/см}^3$ требуется для окисления и растворения навески пирита (FeS_2) в 0,5188 г? Принять, что HNO_3 восстанавливается здесь до NO_2 . Написать уравнение реакции.

Ответ: $4,1 \text{ см}^3$.

Задача 4.17. Сколько см^3 0,25 М раствора оксалата аммония потребуется для осаждения Ca^{2+} из раствора, полученного при растворении 0,7 г CaCO_3 ?

Ответ: Около 28 см^3 .

Задача 4.18. 0,4 г сплава, содержащего по массе 20% серебра, растворим, и ионы серебра осадили 0,30 М раствором KSCN . Какой объём осадителя затратили на эту операцию?

Ответ: $2,5 \text{ см}^3$.

Задача 4.19. Какой объём 4%-го раствора $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ требуется для осаждения кальция раствора хлорида кальция, в котором предполагается содержание 0,05 г Ca^{2+} ?

Ответ: $4,5 \text{ см}^3$.

Задача 4.20. Магнезиальная смесь содержит 50 г $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и 100 г NH_4Cl в 1 дм^3 . Сколько следует взять маг-

неизвестной смеси для осаждения фосфора из навески апатита, в которой предполагается содержание около 0,5 г P_2O_5 ?

Ответ: 43,0 см³.

Задача 4.21. Рассчитать гравиметрический фактор при определении магния в виде фосфата магния-аммония.

Ответ: 0,1770.

Задача 4.22. Вычислить гравиметрический фактор при определении калия по схеме: $K \rightarrow K_2PtCl_6 \rightarrow Pt$.

Ответ: 0,4008.

Задача 4.23. Вычислить гравиметрические факторы для определения: а) количества серы по массе $BaSO_4$; б) количества серебра по массе Ag_2S .

Ответ: а) 0,1374; б) 0,8704.

Задача 4.24. Вычислить гравиметрические факторы для определения: а) количества цинка по массе $Zn_2P_2O_7$; б) количества $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ по массе SO_4^{2-} .

Ответ: а) 0,4291; б) 1,047.

Задача 4.25. Вычислить гравиметрические факторы для определения: а) количества $Ca_3(PO_4)_2$ по массе CaO ; б) количества $Ca_3(PO_4)_2$ по массе $Mg_2P_2O_7$.

Ответ: а) 1,844; б) 1,394.

Задача 4.26. Вычислить гравиметрический фактор для анализов магнетита на содержание в нем Fe_3O_4 при определении, которое заканчивается взвешиванием Fe_2O_3 .

Ответ: 0,9666.

Задача 4.27. Какую навеску железной руды следует брать для анализа на железо, чтобы масса прокаленного осадка Fe_2O_3 , умноженная на 100, показала процентное содержание железа в руде?

Ответ: 0,699 г.

Задача 4.28. Какую навеску руды следует брать для анализа на олово, чтобы при умножении массы прокаленного осадка SnO_2 на 200 найти процентное содержание олова в образце?

Ответ: 0,394 г.

Задача 4.29. Вычислить массу факторной навески при определении массовой доли Pb_2O_4 для гравиметрической формы осадка PbO_2 .

Ответ: 0,9554 г.

Задача 4.30. Чему равна факторная навеска при вычислении массовой доли Al_2O_3 и BaSO_4 ?

Ответ: 0,1456 г.

Задача 4.31. В ходе анализа калий осаждают в виде хлорплатината, а последний восстанавливают до металлической платины. Чему равна факторная навеска для такого анализа?

Ответ: 0,4008 г.

Задача 4.32. Какую навеску силиката следует взять при определении в нем MgO , чтобы массовую долю последней можно было вычислить путем умножения массы прокаленного осадка $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ на 100?

Ответ: 0,3622 г.

Задача 4.33. При анализе медной соли найдено, что она содержит 64,19% Cu и 35,81% Cl. Вычислить эмпирическую формулу этого окисла.

Ответ: CuCl .

Задача 4.34. В результате анализа оксида железа получено, что он содержит 69,94% Fe и 30,06% O (по разности). Вычислить эмпирическую формулу этого оксида.

Ответ: Fe_2O_3 .

Задача 4.35. В веществе, содержащем только магний, фосфор и кислород, при анализе найдено 36,23% (масс.) MgO и 63,77% (масс.) P_2O_5 . Найти эмпирическую формулу вещества.

Ответ: $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$.

Задача 4.36. Вычислить формулу силиката, имеющего массовый состав (%): 3,04 H_2O ; 18,92 CaO ; 17,23 Al_2O_3 ; 60,81 SiO_2 .

Ответ: $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Задача 4.37. При анализе оксида фосфора получены следующие результаты: 43,6% P и 56,4% O. Вывести формулу соединения.

Ответ: P_2O_5 .

Задача 4.38. Установить формулу соединения на основании

результатов элементного анализа: 63,64% Fe и 36,36% S.

Ответ: FeS_2 .

Задача 4.39. Установить формулу соединения на основании следующих результатов анализа: 44,09% Na_2SO_4 и 55,91% H_2O .

Ответ: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Задача 4.40. По результатам анализа массовые доли компонентов в медной руде составляют (%): 27,25 Fe; 31,00 Cu; 31,20 S; 5,10 SiO_2 ; 5,45 CaO. Вычислить эмпирическую формулу главного минерала руды, приняв, что оксиды кремния и кальция в его формулу не входят.

Ответ: CuFeS_2 .

Задача 4.41. В растворе хлорида калия хлор был осажден в виде AgCl , масса которого после высушивания оказался равным 0,1562 г. Написать уравнение реакции и вычислить массовое содержание хлора в растворе.

Ответ: 0,0386 г.

Задача 4.42. В растворе бромида натрия осадили бром в виде AgBr . После высушивания масса осадка была равна 0,251 г. Вычислить содержание NaBr в растворе.

Ответ: 0,1375 г.

Задача 4.43. Из азотнокислого раствора выделили свинец в виде хромата свинца. Масса высушенного осадка составила 0,2136 г. Вычислить массу свинца в исходном растворе. Написать реакцию осаждения.

Ответ: 0,1369 г.

Задача 4.44. Из раствора сульфата цинка выделен осадок ZnNH_4PO_4 , масса которого после высушивания оказалась равной 0,1625 г. Написать уравнения реакций. Вычислить: а) массу ZnSO_4 и Zn^{2+} в растворе; б) массу $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ после прокаливании осадка ZnNH_4PO_4 .

Ответ: а) 0,147 г и 0,0595 г; б) 0,1387 г.

Задача 4.45. В растворе сульфата железа (III) осадили железо аммиаком в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и прокалили. Масса прокаленного осадка Fe_2O_3 оказалась равной 0,3288 г. Написать уравнение реакций и вычислить: а) содержание Fe^{3+} в растворе; б) содержание $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ в растворе.

Ответ: а) 0,23 г; б) 0,8233 г.

Задача 4.46. В растворе, приготовленном из железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, двухвалентное железо окислили азотной кислотой до трехвалентного, а затем осадили в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и прокалили. Масса прокаленного осадка Fe_2O_3 оказалась равной 0,2662 г. Написать уравнения реакций и вычислить содержание в первоначальном растворе: а) Fe^{2+} ; б) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Ответ: а) 0,1862 г; б) 0,9269 г.

Задача 4.47. Для анализа раствора сульфата алюминия взяли 50 см^3 этого раствора и осадили ион SO_4^{2-} в виде BaSO_4 . Масса осадка оказалась равной 0,264 г. Вычислить, сколько содержится в 1 дм^3 раствора: а) граммов SO_4^{2-} ; б) граммов сульфата алюминия, считая на водную соль $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.

Ответ: а) 2,137 г; б) 5,026 г.

Задача 4.48. Из образца, содержащего Al, Mg и Pb, получили 0,562 г $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_3$, 0,438 г $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ и 0,522 г PbSO_4 . Вычислить массу каждого компонента в образце.

Ответ: 0,033 г Al; 0,0957 г Mg; 0,0357 г Pb.

Задача 4.49. Масса прокаленного осадка BaSO_4 составила 0,4129 г. Вычислить массу навески химически чистого FeS, из которой получен осадок BaSO_4 ?

Ответ: 0,1560 г.

Задача 4.50. Какая должна быть масса навески химически чистого железа, чтобы масса прокаленного осадка Fe_2O_3 составила 0,4136 г?

Ответ: 0,2893 г.

Задача 4.51. Из раствора, содержащего 0,2146 г кальция, выделен осадок $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Вычислить массу осадка.

Ответ: 0,7823 г.

Задача 4.52. Масса сухого осадка PbMoO_4 равна 0,3624 г. Вычислить массу свинца в осадке.

Ответ: 0,2045 г.

Задача 4.53. Из навески 1,586 г железной руды для определения содержания в ней фосфора в результате обработки был получен осадок $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$, который после высушивания

имел массу 0,4386 г. Для проверки этот осадок был прокален, причем масса образовавшегося осадка оказалась равной 0,4173 г. Какое содержание фосфора в руде?

Ответ: 0,45%.

Задача 4.54. Из навески чугунных стружек в 2,851 г после соответствующей обработки было получено 0,0824 г прокаленного осадка SiO_2 . Вычислить массовую долю кремния в чугуне.

Ответ: 1,35%

Задача 4.55. При анализе навески апатита в 0,1112 г было получено 0,9926 г осадка $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$. Вычислить массовую долю фосфора и P_2O_5 в пробе.

Ответ: 14,40% Р и 33,78% P_2O_5 .

Задача 4.56. Вычислить массовую долю Na_2O в силикате, если при анализе навески силиката в 0,6805 г было получено 0,1455 г $\text{NaZn}(\text{UO}_2)_3 \cdot (\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Ответ: 0,43%.

Задача 4.57. Из навески специальной стали в 1,086 г, после растворения её и соответствующей обработки раствора реактивом Чугаева, осадили никель в виде никельдиметилглиоксима $\text{NiC}_8\text{H}_{14}\text{O}_4\text{N}_4$. Высушенный осадок имел массу 0,2136 г. Вычислить массовую долю никеля в анализируемой стали.

Ответ: 4,00%.

Задача 4.58. Для анализа хлорида бария $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, не содержащего кроме кристаллизационной воды никакой другой влаги, была взята навеска в 0,5078 г. При удалении воды путем осторожного прокаливания навеска потеряла в массе 0,0742 г. Вычислить массовую долю $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в образце.

Ответ: 99,07%.

Задача 4.59. Вычислить общее содержание железа в шлаке, если известно, что в нем содержится 1,26% FeO и 2,29% Fe_2O_3 .

Ответ: 2,58%.

Задача 4.60. Из 0,6422 г доломита получили 0,4623 г CaMoO_4 . Вычислить массовую долю кальция и карбоната кальция в доломите.

Ответ: 36,06% CaCO_3 и 14,44% Ca.

Задача 4.61. Вычислить произведение растворимости CaF_2 , если массовая концентрация насыщенного раствора соли составляет $0,017 \text{ г/дм}^3$.

Ответ: $4,3 \cdot 10^{-11}$.

Задача 4.62. $K_S^\circ[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = 2,0 \cdot 10^{-29}$; $K_S^\circ[\text{Ce}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3] = 2,5 \cdot 10^{-29}$. Вычислить массовую концентрацию катиона в насыщенном растворе этих солей.

Ответ: $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ г/дм}^3 \text{ Ce}$; $8,6 \cdot 10^{-5} \text{ г/дм}^3 \text{ Ca}$.

Задача 4.63. Массовая концентрация соли в насыщенном растворе BaCrO_4 составляет $2,7 \text{ мг/дм}^3$. Вычислить произведение растворимости этой соли.

Ответ: $1,1 \cdot 10^{-10}$.

Задача 4.64. Рассчитать массу Pb^{2+} -ионов в 10 см^3 насыщенного раствора PbI_2 , если $K_S^\circ(\text{PbI}_2) = 1,1 \cdot 10^{-9}$.

Ответ: $1,3 \text{ мг}$.

Задача 4.65. Вычислить произведение растворимости CaCO_3 , если в 1 дм^3 насыщенного раствора содержится $6,93 \cdot 10^{-2} \text{ г}$ этой соли.

Ответ: $4,8 \cdot 10^{-9}$.

Задача 4.66. Для насыщения 200 см^3 воды требуется $0,71 \text{ мг}$ Na_2CrO_4 . Рассчитать произведение растворимости BaCrO_4 .

Ответ: $2 \cdot 10^{-10}$.

Задача 4.67. Произведение растворимости оксалата кальция равно $2 \cdot 10^{-9}$. Сколько необходимо воды для растворения 1 г этой соли?

Ответ: 186 дм^3 .

Задача 4.68. Чему равно значение произведения растворимости MgNH_4PO_4 , если при анализе 1 дм^3 насыщенного раствора найдено $7,9 \text{ мг}$ этой соли?

Ответ: $2,3 \cdot 10^{-13}$.

Задача 4.69. Рассчитать массовую растворимость AgCl в $0,01 \text{ М}$ растворе MgCl_2 с учетом влияния ионной силы раствора.

Ответ: $1,8 \cdot 10^{-6}$ г/дм³.

Задача 4.70. Вычислить растворимость PbSO_4 в $1,0 \cdot 10^{-2}$ М растворе Na_2SO_4 с учетом влияния ионной силы раствора.

Ответ: $6,2 \cdot 10^{-6}$ моль/дм³.

Задача 4.71. С учетом влияния ионной силы раствора определить растворимость PbI_2 в $5,0 \cdot 10^{-3}$ М растворе $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$. Во сколько раз растворимость в чистой воде меньше полученного значения?

Ответ: Растворимость PbI_2 в растворе $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ составляет $9,0 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³. Растворимость в воде в 1,4 раза меньше.

Задача 4.72. Вычислить растворимость CaF_2 в 0,02 М растворе HCl . Во сколько раз эта растворимость больше растворимости в воде? $K_S^\circ(\text{CaF}_2) = 3,4 \cdot 10^{-11}$, $K_S^\circ(\text{HF}) = 7,4 \cdot 10^{-4}$.

Ответ: Растворимость CaF_2 в растворе HCl составляет $1,8 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³. Растворимость в воде в 9 раз меньше.

Задача 4.73. Рассчитать pH начала осаждения гидроксида магния из 0,01 М раствора хлорида магния.

Ответ: pH = 9,52.

Задача 4.74. При каком значении pH достигается практически полное осаждение $\text{Al}(\text{OH})_3$?

Ответ: pH = 5,3.

Задача 4.75. Выделится ли осадок CaC_2O_4 в растворе 0,02 М по CaCl_2 ? $K_S^\circ(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 1,78 \cdot 10^{-9}$, для $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ $K_1 = 5,9 \cdot 10^{-2}$ и $K_2 = 6,4 \cdot 10^{-5}$.

Ответ: Осадок выделится.

Задача 4.76. Выделится ли осадок CaF_2 в растворе 0,03 М по $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$? $K_S^\circ(\text{CaF}_2) = 3,4 \cdot 10^{-11}$; $K_S^\circ(\text{HF}) = 7,4 \cdot 10^{-4}$.

Ответ: Осадок не выделится.

Задача 4.77. Смешали равные объемы 0,20 М раствора MgSO_4 и 0,20 М раствора NH_4OH . К этой смеси добавили NH_4Cl , концентрацию которой довели до 0,20 М. Произойдет ли при этих условиях осаждение $\text{Mg}(\text{OH})_2$, если известно, что

$K_S^0[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 5,0 \cdot 10^{-12}$, а константа диссоциации NH_4OH равна $1,8 \cdot 10^{-5}$?

Ответ: Осадок выпадет.

Задача 4.78. Раствор в 1 дм^3 содержит 20 мг Ag^+ и 20 мг Pb^{2+} . Какая соль выпадет в осадок раньше, если к этому раствору прибавлять по каплям K_2CrO_4 ? $K_S^0(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 4,05 \cdot 10^{-12}$; $K_S^0(\text{PbCrO}_4) = 1,8 \cdot 10^{-14}$.

Ответ: PbCrO_4 .

Задача 4.79. Определить концентрацию OH^- в растворе, необходимом для образования осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3$ из $0,10 \text{ М}$ раствора FeCl_3 . $K_S^0[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 3,8 \cdot 10^{-38}$.

Ответ: $> 2,4 \cdot 10^{-13} \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.80. Вычислить растворимость AgCl в г/дм^3 , исходя из произведения растворимости этой соли $K_S^0 = 1,78 \cdot 10^{-10}$.

Ответ: $1,91 \cdot 10^{-3} \text{ г/дм}^3$.

4.2. Титриметрический анализ

Задача 4.81. В мерной колбе на 500 см^3 приготовлен раствор из массы навески $2,5 \text{ г Na}_2\text{CO}_3$. Вычислить: а) молярную концентрацию эквивалента раствора; б) его молярную концентрацию; в) титр; г) титр по HCl .

Ответ: а) $0,0943 \text{ моль/дм}^3$; б) $0,0472 \text{ моль/дм}^3$;
в) $0,005 \text{ г/см}^3$; г) $0,00344 \text{ г/см}^3$.

Задача 4.82. Вычислить $T(\text{HCl}/\text{CaO})$ для $0,1143 \text{ М}$ раствора хлороводородной кислоты.

Ответ: $0,003205 \text{ г/см}^3$.

Задача 4.83. Молярная концентрация хлороводородной кислоты равна $C(\text{HCl}) = 0,098 \text{ моль/дм}^3$. Вычислить $T(\text{HCl}/\text{NaOH})$.

Ответ: $0,003932 \text{ г/см}^3$.

Задача 4.84. $T(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,004933 \text{ г/см}^3$. Вычислить молярные концентрации $C(1/2\text{H}_2\text{SO}_4)$ и $C(\text{H}_2\text{SO}_4)$.

Ответ: $C(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1006 \text{ моль/дм}^3$;

$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0503 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.85. $T(\text{NaOH/HCl}) = 0,005630 \text{ г/см}^3$. Рассчитать титр гидроксида натрия по серной кислоте $T(\text{NaOH/H}_2\text{SO}_4)$.

Ответ: $0,00757 \text{ г/см}^3$.

Задача 4.86. Какую массу щелочи, содержащую 8% примесей, следует взять для приготовления: а) 1 дм^3 раствора с $T(\text{NaOH}) = 0,005 \text{ г/см}^3$; б) 500 см^3 $0,15 \text{ М}$ раствора; в) $1,5 \text{ дм}^3$ раствора с $T(\text{NaOH/CaO}) = 0,0035 \text{ г/см}^3$.

Ответ: а) $5,4 \text{ г}$; б) $3,3 \text{ г}$; в) $8,2 \text{ г}$.

Задача 4.87. Какая молярная концентрация эквивалента раствора H_2SO_4 , если на титрование $0,2156 \text{ г}$ химически чистой Na_2CO_3 идет $22,35 \text{ см}^3$ этого раствора?

Ответ: $0,1820 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.88. Рассчитать молярную концентрацию HCl , если на титрование $0,4668 \text{ г}$ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ затрачено $18,38 \text{ см}^3$ этого раствора?

Ответ: $0,1332 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.89. Для определения точной концентрации раствора KOH навеску $2,35 \text{ г}$ $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ растворили в колбе вместимостью 200 см^3 . На титрование 20 см^3 этого раствора затрачено $19,36 \text{ см}^3$ раствора KOH . Вычислить: а) молярную концентрацию раствора KOH ; б) его титр; в) его титр по HCl .

Ответ: а) $0,1926 \text{ моль/дм}^3$; б) $10,86 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$;

в) $7,021 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$.

Задача 4.90. Для установления концентрации взяли 25 см^3 раствора NaOH , на титрование которого затратили $23,61 \text{ см}^3$ раствора HCl г/см^3 с титром $0,004023 \text{ г/см}^3$. Вычислить: а) титр раствора щелочи; б) его титр по HCl ; в) его титр по H_2SO_4 .

Ответ: а) $4,168 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$; б) $3,799 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$;
в) $5,11 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$.

Задача 4.91. На титрование $0,3451 \text{ г}$ $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ израсходовано $21,36 \text{ см}^3$ раствора NaOH . Рассчитать: а) титр раствора NaOH ; б) его титр по $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$; в) молярную концентрацию.

Ответ: а) $14,36 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$; б) $22,62 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$;
в) $0,3589 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.92. На титрование $96,3 \text{ мг}$ $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ пошло $23,84 \text{ см}^3$ раствора NaOH . Рассчитать $T(\text{NaOH}/\text{P}_2\text{O}_5)$, если раствор щелочи будет использоваться при определении свободного P_2O_5 в суперфосфате титрованием H_3PO_4 до NaH_2PO_4 .

Ответ: $4,546 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$.

Задача 4.93. Чему равна молярная концентрация раствора гидроксида натрия, если на титрование 20 см^3 $0,1985 \text{ М}$ раствора HCl идет $16,33 \text{ см}^3$ раствора NaOH ?

Ответ: $0,2431 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.94. Вычислить массу навески соды, на титрование которой расходовалось бы $15\text{--}25 \text{ см}^3$ $0,20 \text{ М}$ раствора HCl .

Ответ: От 160 до 260 мг .

Задача 4.95. Сколько миллиграммов Na_2CO_3 содержится в растворе, если на нейтрализацию его до H_2CO_3 затрачено 23 см^3 $0,102 \text{ М}$ раствора HCl ?

Ответ: $124,3 \text{ мг}$.

Задача 4.96. На $3,204 \text{ г}$ концентрированной HCl при титровании идет $33,05 \text{ см}^3$ $1,01 \text{ М}$ раствора NaOH . Какая массовая доля HCl в кислоте?

Ответ: $37,98\%$.

Задача 4.97. Рассчитать массовую долю Na_2CO_3 в растворе, если на 20 см^3 его при титровании до CO_2 затрачено $33,45 \text{ см}^3$ $0,57 \text{ М}$ раствора HCl , $\rho(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,050 \text{ г/см}^3$.

Ответ: $9,58\%$.

Задача 4.98. Какую навеску вещества, содержащего по массе около 5% азота, нужно взять для анализа, чтобы на титрование аммиака, полученного из азота, расходовалось 15 см^3 0,20 М раствора HCl ?

Ответ: 840 мг.

Задача 4.99. Сколько см^3 раствора NaOH с титром по H_2SO_4 0,01215 г/ см^3 потребуется для реакции с 30 см^3 раствора HCl с титром по NaOH 0,007315 г/ см^3 ?

Ответ: 24 см^3 .

Задача 4.100. Какой объем 0,15 н. раствора серной кислоты пойдет на титрование 22 см^3 раствора NaOH с титром по H_2SO_4 0,01 г/ см^3 ?

Ответ: 30 см^3 .

Задача 4.101. Сколько надо отвесить раствора аммиака плотностью 0,910 г/ см^3 , чтобы на его титрование расходовалось около 35 см^3 0,50 М раствора H_2SO_4 ?

Ответ: 2,5 г.

Задача 4.102. Какую навеску каустической соды следует взять для анализа на содержание NaOH , чтобы на титрование полученного из нее раствора расходовалось около 30 см^3 0,50 М раствора HCl ?

Ответ: 0,66 г.

Задача 4.103. Чему равна масса серной кислоты, содержащейся в растворе, если на ее титрование расходуется $23,5 \text{ см}^3$ раствора NaOH с титром 0,005764 г/ см^3 ?

Ответ: 166,1 мг.

Задача 4.104. Рассчитать массовую долю H_2SO_4 в растворе, если на 10 см^3 этого раствора идет $20,6 \text{ см}^3$ 1,01 М раствора NaOH . Плотность кислоты принять за единицу.

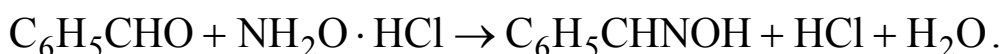
Ответ: 9,58%.

Задача 4.105. Из 4,0 г NH_4NO_3 приготовлено 500 см^3 раствора. К 25 см^3 этого раствора прибавили 10 см^3 нейтрального раствора формалина. На титрование азотной кислоты, освобо-

дившейся при взаимодействии NH_4NO_3 с формалином, потребовалось $24,25 \text{ см}^3$ $0,10 \text{ М}$ раствора NaOH . Влажность нитрата аммония $2,2\%$. Рассчитать процентное содержание азота в нитрате аммония в пересчете на сухое вещество.

Ответ: $34,75\%$.

Задача 4.106. Для определения содержания бензальдегида в реактиве навеску массой $582,0 \text{ мг}$ обработали избытком раствора гидросиламина:



На титрование выделившейся кислоты затратили $9,35 \text{ см}^3$ $0,615 \text{ М}$ раствора NaOH . На титрование такого же объема раствора хлорида гидросиламина пошло $0,68 \text{ см}^3$ того же раствора NaOH . Вычислить массовую долю бензальдегида в препарате.

Ответ: $97,3\%$.

Задача 4.107. К $0,75 \text{ г}$ навески $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, растворенной в воде, добавлено 25 см^3 раствора KOH . Избыток последнего оттитрован $4,02 \text{ см}^3$ $0,125 \text{ М}$ раствора HCl . Рассчитать молярную концентрацию раствора KOH .

Ответ: $0,495 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.108. К $0,15 \text{ г}$ известняка прибавили 20 см^3 $0,125 \text{ М}$ раствора HCl , после чего избыток кислоты оттитровали $7,6 \text{ см}^3$ раствора NaOH . Рассчитать массовую долю CO_2 в известняке, если $V(\text{HCl})/V(\text{NaOH}) = 0,983$.

Ответ: $22,90\%$.

Задача 4.109. В 20 см^3 раствора HCl , титр которого равен $0,0078 \text{ г/см}^3$, было пропущено немного газообразного NH_3 . Избыток HCl оттитровали $6,3 \text{ см}^3$ раствора NaOH , 1 см^3 которого эквивалентен $1,025 \text{ см}^3$ раствора HCl . Определить количество NH_3 , поглощенного раствором HCl .

Ответ: $0,049 \text{ г}$.

Задача 4.110. Навеску $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ массой $0,75 \text{ г}$ растворили и смешали с 25 см^3 раствора KOH , а затем избыток послед-

него оттитровали $4,02 \text{ см}^3$ $0,125 \text{ М}$ раствора HCl . Рассчитать молярную концентрацию раствора KOH .

Ответ: $0,495 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.111. К раствору $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ добавлено 25 см^3 раствора NaOH с $T(\text{NaOH}) = 0,009021 \text{ г/см}^3$. Затем кипячением из раствора был удален NH_3 . На титрование оставшегося избытка NaOH пошло $6,3 \text{ см}^3$ раствора HCl с $T(\text{HCl}) = 0,00786 \text{ г/см}^3$. Вычислить содержание $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в растворе.

Ответ: $261,4 \text{ мг}$.

Задача 4.112. Сколько см^3 $0,10 \text{ М}$ раствора HCl требуется взять для нейтрализации аммиака, выделяемого из $0,5 \text{ г}$ вещества, содержащего 4% азота, чтобы на титрование избытка HCl пошло 5 см^3 $0,11 \text{ М}$ раствора NaOH ?

Ответ: Около 20 см^3 .

Задача 4.113. Рассчитать pH раствора, полученного при титровании, когда к 20 см^3 $0,20 \text{ М}$ раствора хлороводородной кислоты прилито 17 см^3 $0,20 \text{ М}$ раствора NaOH .

Ответ: $\text{pH} = 1,8$.

Задача 4.114. К 20 см^3 $0,01 \text{ М}$ раствора хлороводородной кислоты прибавили 30 см^3 $0,10 \text{ М}$ раствора NaOH . Чему равен pH полученного раствора с учетом изменения объема раствора?

Ответ: $\text{pH} = 12,3$.

Задача 4.115. При каком pH достигается точка эквивалентности титрования $0,10 \text{ М}$ раствора NH_4OH $0,10 \text{ М}$ раствором HCOOH ?

Ответ: $\text{pH} = 5,27$.

Задача 4.116. Рассчитать массу иода в анализируемом растворе, если на его титрование затрачено $19,3 \text{ см}^3$ $0,1120 \text{ М}$ раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Ответ: $274,3 \text{ мг}$.

Задача 4.117. На титрование $0,1085 \text{ г}$ химически чистого оксалата натрия в кислой среде затрачено $21,25 \text{ см}^3$ раствора

KMnO_4 . Рассчитать молярную концентрацию эквивалента и титр по железу этого раствора.

Ответ: $0,0765 \text{ моль/дм}^3$ и $0,004256 \text{ г/см}^3$.

Задача 4.118. В раствор, содержащий избыток иодида калия и серной кислоты, ввели 25 см^3 раствора KMnO_4 с титром по кислороду $0,000923 \text{ г/см}^3$. Затем иод оттитровали $23,15 \text{ см}^3$ раствора тиосульфата. Рассчитать титр тиосульфата по иоду.

Ответ: $0,01581 \text{ г/см}^3$.

Задача 4.119. Рассчитать массу Mn^{2+} в растворе, если на его титрование до MnO_2 в слабощелочной среде затрачено $21,2 \text{ см}^3$ рабочего раствора KMnO_4 , молярная концентрация эквивалента которого при использовании в кислой среде $0,1010 \text{ моль/дм}^3$.

Ответ: $35,29 \text{ мг}$.

Задача 4.120. Навеску железной руды массой $0,2213 \text{ г}$ перевели в раствор, восстановили до Fe^{2+} и оттитровали $16,9 \text{ см}^3$ $0,1120 \text{ н.}$ раствора KMnO_4 . Какова массовая доля железа в руде?

Ответ: $47,77\%$.

Задача 4.121. Рассчитать массовую долю меди в руде по следующим данным: из $0,1200 \text{ г}$ руды медь после ряда операций переведена в раствор в виде Cu^{2+} ; при добавлении к этому раствору йодида калия выделился йод, на титрование которого пошло $13,8 \text{ см}^3$ тиосульфата натрия с титром по меди $0,0065 \text{ г/см}^3$.

Ответ: $74,75\%$.

Задача 4.122. Для идентификации оксида железа неизвестного состава его навеску $0,1 \text{ г}$ перевели в раствор, восстановили до Fe^{2+} и оттитровали $14,5 \text{ см}^3$ $0,0894 \text{ н.}$ раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Из оксидов FeO , Fe_2O_3 и Fe_3O_4 выбрать подходящую формулу.

Ответ: Fe_3O_4 .

Задача 4.123. К навеске $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ массой $0,12 \text{ г}$ добавили избыток KI и HCl и выделившийся иод оттитровали $22,85 \text{ см}^3$ раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Найти: а) молярную концентрацию эквивалента раствора тиосульфата натрия; б) его титр по иоду.

Ответ: а) $0,1074 \text{ н.}$; б) $0,01362 \text{ г I/см}^3$.

Задача 4.124. Какой объём 0,10 н. раствора KMnO_4 достаточен для окисления: а) 0,2 г $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$; б) Fe^{2+} из навески массой в 0,4 г руды, содержащей около 50% железа?

Ответ: а) 29,8 см^3 ; б) 35,7 см^3 .

Задача 4.125. Рассчитать массу KIO_3 в растворе, если при титровании иода, выделенного в растворе из иодида калия, пошло 20,75 см^3 0,1012 н. раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Ответ: 74,1 мг.

Задача 4.125. Какую массу руды следует взять для определения железа, чтобы 1 см^3 0,10 н. раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (при титровании Fe^{2+}) соответствовал 2% Fe_2O_3 ?

Ответ: 400 мг.

Задача 4.126. Сколько мышьяка в растворе арсенита, если на титрование его израсходовано 18,4 см^3 0,105 н. раствора KBrO_3 ?

Ответ: 0,07238 г.

Задача 4.127. Плотность раствора KClO_3 равна 1,020 г/ см^3 . К 2,5 см^3 этого раствора добавили 25 см^3 0,12 н. раствора FeSO_4 . На титрование остатка FeSO_4 пошло 5 см^3 0,11 н. раствора KMnO_4 . Вычислить массовую долю KClO_3 в растворе.

Ответ: 1,96%.

Задача 4.128. Навеску стали массой 1,065 г растворили и перевели хром в CrO_4^{2-} . К раствору добавили 25 см^3 раствора соли Мора $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Избыток Fe^{2+} оттитровали 8,5 см^3 раствором KMnO_4 с титром по хрому 0,00049 г/ см^3 . Установлено, что на титрование 25 см^3 соли Мора идет 24,2 см^3 KMnO_4 . Вычислить массовую долю хрома в стали.

Ответ: 0,72%.

Задача 4.129. К раствору было прибавлено 20 см^3 0,10 н. раствора KBrO_3 , избыток которого оттитровали 5,1 см^3 0,08 н. раствора NaAsO_2 . Рассчитать массу SeO_3^{2-} в растворе.

Ответ: 101 мг.

Задача 4.130. Определить содержание CrO_4^{2-} в растворе по следующим данным. К анализируемому раствору (0,20 н. по HCl) добавили 20 см^3 0,11 н. раствора BaCl_2 , а затем 20 см^3 0,18 н. раствора K_2CrO_4 ; в фильтрате определили остаток CrO_4^{2-} иодометрически (добавили кислоту, KI и оттитровали тиосульфатом натрия). На титрование выделенного иода пошло $5,17 \text{ см}^3$ 0,10 н. раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Ответ: 50,4 мг.

Задача 4.131. Для определения H_2S к 25 см^3 его раствора прибавили 50 см^3 0,0196 н. раствора иода, после чего избыток не пошедшего в реакцию иода оттитровали 0,0204 н. раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, которого затрачено 11 см^3 . Сколько граммов H_2S содержится в 1 дм^3 исследуемого раствора?

Ответ: 0,515 г.

Задача 4.132. Навеска руды массой 0,2 г, содержащей MnO_2 , обработана избытком смеси $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и H_2SO_4 . Щавелевой кислоты было взято 25 см^3 . На титрование не вошедшего в реакцию избытка ее израсходовано 20 см^3 0,02 н. раствора KMnO_4 . Найти массовую долю марганца в руде, если на 25 см^3 раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ расходуется 45 см^3 раствора KMnO_4 .

Ответ: 5,63%.

Задача 4.133. К 25 см^3 раствора CaCl_2 прибавили 40 см^3 0,10 н. раствор $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ и отделили образовавшийся осадок CaC_2O_4 . На титрование не вошедшего в реакцию $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ израсходовано 15 см^3 0,02 н. раствора KMnO_4 . Сколько граммов кальция содержится в 250 см^3 раствора CaCl_2 ?

Ответ: 0,7415 г.

Задача 4.134. К анализируемому кислому раствору добавили 20 см^3 0,10 н. раствора KBrO_3 и кипячением удалили бром. На титрование остатка бромата затрачено $4,8 \text{ см}^3$ 0,082 н. раствора NaAsO_2 . Рассчитать массу селена в растворе SeO_3^{2-} .

Ответ: 52,9 мг.

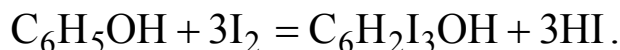
Задача 4.135. Какой объем 0,10 М раствора FeSO_4 следует взять для восстановления KClO_3 в 0,1 г соли, содержащей по массе 35% активного кислорода, если на титрование избытка FeSO_4 должно расходоваться около 5 см^3 раствора KMnO_4 с $T(\text{KMnO}_4/\text{O}) = 0,0008 \text{ г/см}^3$?

Ответ: 49 см^3 .

Задача 4.136. Из навески Na_2S массой 10 г приготовили раствор объемом 500 см^3 . К 25 см^3 раствора прилили 50 см^3 0,1035 н. раствора иода, а избыток иода оттитровали 13,05 см^3 0,1005 М раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Определить массовую долю $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в растворе.

Ответ: 3,5%.

Задача 4.137. Для определения чистоты технического фенола взяли его навеску массой 1,02 г и поместили в мерную колбу вместимостью 250 см^3 , добавили раствор щелочи и довели до метки водой. К 10 см^3 этого раствора добавили 25 см^3 0,1025 М раствора иода и KI :



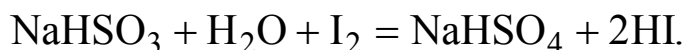
На титрование остатка иода затратили 17,6 см^3 0,103 М раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Вычислить массовую долю фенола в продукте.

Ответ: 84,9%.

Задача 4.138. При хранении 0,1752 н. раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 1 % его разложился под действием присутствующего в растворе CO_2 :



Образовавшийся NaHSO_3 , в свою очередь, является восстановителем:



Какова молярная концентрация эквивалента данного раствора тиосульфата натрия при применении его в качестве восстановителя?

Ответ: 0,1770 моль/дм³.

Задача 4.139. Рассчитать титр 0,1121 н. раствора нитрата серебра AgNO_3 : а) по AgNO_3 ; б) по хлору; в) по NaCl .

Ответ: а) 0,01904; б) 0,003975; в) 0,006553.

Задача 4.140. Какую массу хлорида натрия следует брать при определении титра 0,10 н. раствора AgNO_3 при работе с бюреткой емкостью: а) в 25 см³; б) в 5 см³?

Ответ: а) около 120 мг; б) около 24 мг.

Задача 4.141. Сколько миллиграммов KCN находится в растворе, на титрование которого до появления исчезающей мутности требуется 26,05 см³ 0,1015 н. раствора AgNO_3 ?

Ответ: 172 мг.

Задача 4.142. Концентрация рабочего раствора трилона Б (Na-ЭДТА) установлена по раствору, содержащему в 1 дм³ 24 г $\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. На 10 см³ раствора пошло 10,3 см³ раствора трилона Б. Рассчитать: а) молярную концентрацию эквивалента раствора трилона Б; б) титр по Fe_2O_3 ; в) титр по CaO .

Ответ: а) 0,0965 моль/дм³; б) 0,003855 г/см³; в) 0,001936 г/см³.

Задача 4.143. К раствору 0,2266 г вещества, содержащего хлор, прибавили 30 см³ 0,1121 н. раствора AgNO_3 , а затем избыток Ag^+ оттитровали 0,5 см³ 0,1158 н. раствора NH_4SCN . Рассчитать массовую долю хлора в анализируемом веществе.

Ответ: 51,7%.

Задача 4.144. Раствор 0,38 г вещества, содержащего оксид цинка, обработали 24,3 см³ 0,051 М раствора $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, избыток которого затем оттитровали 8,4 см³ 0,104 н. раствора ZnSO_4 . Рассчитать массовую долю оксида цинка в анализируемом веществе.

Ответ: 24,5%.

Задача 4.145. Рассчитать молярную концентрацию магния в воде, если при титровании 100 см^3 воды трилоном Б (Na-ЭДТА) при $\text{pH} = 9,7$ с хромогеном черным Т до синей окраски пошло $19,2 \text{ см}^3$ $0,1012 \text{ н.}$ раствора Na-ЭДТА.

Ответ: $19,43 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.146. К раствору Al^{3+} добавили 15 см^3 $0,11 \text{ н.}$ раствора Na-ЭДТА, его избыток был оттитрован 3 см^3 $0,101 \text{ н.}$ раствора ZnSO_4 . Рассчитать количество Al^{3+} в растворе.

Ответ: $18,20 \text{ мг.}$

Задача 4.147. На титрование 20 см^3 раствора AgNO_3 требуется 21 см^3 раствора NH_4SCN . К навеске NaCl массой $0,1173 \text{ г}$ добавили 30 см^3 раствора AgNO_3 , а на титрование избытка Ag^+ затрачено $3,2 \text{ см}^3$ раствора NH_4SCN . Рассчитать: а) молярную концентрацию раствора AgNO_3 ; б) молярную концентрацию раствора NH_4SCN ; в) $T(\text{AgNO}_3/\text{Cl})$.

Ответ: а) $0,0745 \text{ моль/дм}^3$; б) $0,071 \text{ моль/дм}^3$;

в) $0,0026 \text{ г/см}^3$.

Задача 4.148. Рассчитать молярную концентрацию раствора $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, если на титрование $0,105 \text{ г}$ NaCl пошло 20 см^3 раствора $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$.

Ответ: $0,0898 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.149. Рассчитать молярную концентрацию раствора NaCl, если на 25 см^3 расходуется $18,02 \text{ см}^3$ $0,10 \text{ М}$ $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$.

Ответ: $0,1442 \text{ моль/дм}^3$.

Задача 4.150. Сколько граммов ЭДТА $\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ потребуется для приготовления 500 см^3 $0,02 \text{ М}$ раствора?

Ответ: $3,7 \text{ г.}$

Задача 4.151. Рассчитать молярную концентрацию и титр по CaO для рабочего раствора ЭДТА, если при титровании навески CaCO_3 массой $0,1045 \text{ г}$ затрачено $21,06 \text{ см}^3$ его.

Ответ: а) $0,0496 \text{ моль/дм}^3$; б) $0,00278 \text{ г/см}^3$.

Задача 4.152. К 25 см^3 раствора нитрата ртути (II) добавили избыток комплексона магния. На титрование выделившихся ионов Mg^{2+} пошло $2,45 \text{ см}^3$ $0,05145 \text{ М}$ раствора ЭДТА. Вычислить для исходного раствора: а) молярную концентрацию; б) массовую концентрацию; в) $T(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2/\text{Cl})$.

Ответ: а) $0,0462 \text{ моль/дм}^3$; б) 15 г/дм^3 ; в) $0,003276 \text{ г/см}^3$.

Задача 4.153. Сколько граммов KCl содержится в 250 см^3 раствора, если на титрование 25 см^3 его пошло 34 см^3 $0,105 \text{ н.}$ раствора AgNO_3 ?

Ответ: $2,662 \text{ г.}$

Задача 4.154. Рассчитать массовую долю серебра в сплаве, если после растворения его навески массой $0,3 \text{ г}$ в азотной кислоте на титрование раствора израсходовано $23,8 \text{ см}^3$ $0,10 \text{ н.}$ раствора NH_4SCN .

Ответ: $85,63\%$.

Задача 4.155. Сколько граммов хлора содержит исследуемый раствор NH_4Cl , если на титрование его затрачено 30 см^3 раствора AgNO_3 , титр которого по хлору равен $0,003512 \text{ г/см}^3$?

Ответ: $0,1054 \text{ г.}$

Задача 4.156. Сколько граммов BaCl_2 содержится в 250 см^3 раствора, если после прибавления к 25 см^3 его 40 см^3 $0,102 \text{ н.}$ раствора AgNO_3 на обратное титрование пошло 15 см^3 $0,098 \text{ н.}$ раствора NH_4SCN ?

Ответ: $2,714 \text{ г.}$

Задача 4.157. Рассчитать массу NiCl_2 в растворе, если на титрование пошло $20,45 \text{ см}^3$ $0,05115 \text{ М}$ раствора комплексона III.

Ответ: $135,6 \text{ мг.}$

Задача 4.158. После добавления к 20 см^3 раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 20 см^3 $0,1021 \text{ М}$ раствора ЭДТА на титрование избытка комплексона III затрачено $15,04 \text{ см}^3$ $0,11 \text{ М}$ раствора ZnCl_2 .

Рассчитать: а) молярную концентрацию раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; б) его титр.

Ответ: а) $0,01194 \text{ моль/дм}^3$; б) $0,00643 \text{ г/см}^3$.

Задача 4.159. Для анализа отобрали 20 см^3 сточной воды, содержащей соединения железа, окислили их до железа (III) и осадили в виде гидроксида. Промытый осадок растворили в хлористоводородной кислоте и титровали $4,05 \text{ см}^3$ $0,0505 \text{ М}$ раствора комплексона III. Вычислить массовую концентрацию железа в сточной воде.

Ответ: 571 мг/дм^3 .

Задача 4.160. 1 дм^3 сточной воды, содержащей никель, выпарили и после отделения мешающих примесей получили осадок диметилглиоксимата никеля. Промытый осадок растворили, добавили 10 см^3 $0,01 \text{ М}$ раствора комплексона III, на титрование избытка которого затратили $3,05 \text{ см}^3$ $0,01 \text{ М}$ раствора соли магния. Вычислить массовую концентрацию никеля в сточной воде.

Ответ: $4,08 \text{ мг/дм}^3$.

Задача 4.161. Постройте кривую титрования 50 см^3 $0,01 \text{ М}$ раствора бензойной кислоты ($K_a = 6,3 \cdot 10^{-5}$, $pK_a = 4,20$) $0,01 \text{ М}$ раствором гидроксида натрия. Подберите индикатор для определения конечной точки титрования.

Задача 4.162. Постройте кривую титрования 50 см^3 $0,02 \text{ М}$ раствора муравьиной кислоты ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$, $pK_a = 3,75$) $0,02 \text{ М}$ раствором гидроксида натрия. Подберите индикатор для определения конечной точки титрования.

Задача 4.163. Постройте кривую титрования 50 см^3 $0,10 \text{ М}$ раствора уксусной кислоты ($K_a = 1,74 \cdot 10^{-5}$, $pK_a = 4,76$) $0,10 \text{ М}$ раствором гидроксида натрия. Подберите индикатор для определения конечной точки титрования.

Задача 4.164. Постройте кривую титрования 50 см^3 $0,01 \text{ М}$ раствора фтористоводородной кислоты $0,01 \text{ М}$ раствором гидроксида натрия. $K_a = 6,2 \cdot 10^{-4}$, $pK_a = 3,21$. Подберите индикатор для определения конечной точки титрования.

Задача 4.165. Постройте кривую титрования 50 см^3 $0,10 \text{ М}$ раствора гидроксида аммония ($K_b = 1,76 \cdot 10^{-5}$, $pK_b = 4,75$) $0,10 \text{ М}$

раствором хлороводородной кислоты. Подберите индикатор для определения конечной точки титрования.

Задача 4.166. Постройте кривую титрования 50 см^3 $0,01 \text{ М}$ раствора масляной кислоты ($K_a = 1,5 \cdot 10^{-5}$, $pK_a = 4,82$) $0,01 \text{ М}$ раствором гидроксида натрия. Подберите индикатор для определения конечной точки титрования.

Задача 4.167. Постройте кривую титрования 50 см^3 $0,01 \text{ М}$ раствора галловой кислоты ($K_a = 3,9 \cdot 10^{-5}$, $pK_a = 4,41$) $0,01 \text{ М}$ раствором гидроксида натрия. Подберите индикатор для определения конечной точки титрования.

Задача 4.168. Постройте кривую титрования 50 см^3 $0,01 \text{ М}$ раствора гидроксида аммония $0,01 \text{ М}$ раствором серной кислоты. $K_6 = 1,76 \cdot 10^{-5}$, $pK_6 = 4,75$. Подберите индикатор для определения конечной точки титрования.

Задача 4.169. Постройте кривую титрования 50 см^3 $0,01 \text{ М}$ раствора сернистой кислоты ($K_a = 1,3 \cdot 10^{-2}$, $pK_a = 1,85$) $0,05 \text{ М}$ раствором гидроксида натрия. Подберите индикатор для определения конечной точки титрования.

Задача 4.170. Постройте кривую титрования 50 см^3 $0,01 \text{ М}$ раствора лимонной кислоты ($K_a = 7,94 \cdot 10^{-3}$, $pK_a = 2,65$) $0,01 \text{ М}$ раствором гидроксида бария. Подберите индикатор для определения конечной точки титрования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какая из следующих солей кальция более всего пригодна как осаждаемая форма: а) CaSO_4 ($K_S^0 = 2,37 \cdot 10^{-3}$); б) CaCO_3 ($K_S^0 = 4,8 \cdot 10^{-9}$); в) CaC_2O_4 ($K_S^0 = 2,3 \cdot 10^{-9}$)?

2. Почему кальций осаждают в гравиметрическом анализе действием $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$, а не $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$?

3. Чем лучше осаждают ионы Ag^+ , раствором NaCl или раствором HCl ?

4. Что такое ионная сила раствора? Чему равна ионная сила растворов, содержащих в 1 дм³: а) 0,10 М КСl; б) 0,10 М К₂SO₄; в) 0,01 М К₂SO₄ + 0,01 М Al₂(SO₄)₃?

5. Что такое активность? Коэффициент активности? В каких случаях коэффициент можно считать равным единице?

6. Чему равны активности Ca²⁺ и Cl⁻-ионов в 0,01 М растворе CaCl₂?

7. Исходя из правила произведения растворимости, сформулируйте условия: а) образования осадка; б) растворения осадка.

8. Всегда ли применимо правило, по которому при осаждении малорастворимых электролитов требуется прибавление полуторного избытка осадителя?

9. Почему бюретки и пипетки необходимо перед употреблением ополаскивать тем раствором, которым их будут наполнять? Можно ли так поступать при работе с мерными колбами? Почему последнюю оставшуюся в пипетке каплю раствора нельзя выдувать из нее?

10. Что такое кривая титрования? В каких координатах строят кривую титрования в методах титрования: а) кислотно-основном; б) окислительно-восстановительном; в) комплексометрическом; г) осадительном?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы аналитической химии: в 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения : учеб. для вузов / Ю. А. Золотов [и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк. , 2002. – 351 с.

2. Основы аналитической химии: в 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа : учеб. для вузов / Ю. А. Золотов [и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк. , 2002. – 494 с.

3. Васильев, В. П. Аналитическая химия: В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрический методы анализа : учеб. для хим.- технолог. специальностей вузов. – 3-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2003. – 368 с.

4. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы : учеб. пособие для вузов / Н. В. Алов и [др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. – 2-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2004. – 412 с.

5. Дорохова, Е. Н. Задачи и вопросы по аналитической химии / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М. : Мир, 2001. – 267 с.

СОСТАВИТЕЛЬ
Ольга Олеговна Кудерская

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Методические указания к контрольной работе
для студентов специальностей 240301, 240401, 240403, 130405
заочной формы обучения

Печатается в авторской редакции

Рецензент В. Н. Допшак

Подписано в печать 23.03.2011. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 2,5.
Тираж 55 экз. Заказ
ГУ КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.
Типография ГУ КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4 А.