

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
ДЗЕРЖИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

Кафедра «Химия»

СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

Методические указания
для студентов направлений подготовки
15.03.02 - «Технологические машины и оборудование»,
18.03.01 - «Химическая технология»,
19.03.02 - «Продукты питания из растительного сырья»
всех форм обучения

Нижний Новгород 2015

Составитель Л.Г. Лазарева

УДК 54-145.5

Способы выражения концентрации растворов: метод. указания для студентов направлений подготовки 15.03.02- «Технологические машины и оборудование», 18.03.01- «Химическая технология», 19.03.02-«Продукты питания из растительного сырья» всех форм обучения /сост. Л.Г. Лазарева; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2015. – 22 с.

Методические указания включают типовые задачи, варианты заданий для самостоятельной работы и описание лабораторной работы.

Редактор В.И. Бондарь

Подписано в печать 22.01.15. Формат 60х84¹/₁₆. Бумага газетная.
Печать офсетная. Усл.печ.л. 1,2. Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 200 экз. Заказ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева.
Типография НГТУ. 603950, г. Н.Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева, 2015

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Концентрация раствора выражает количественно содержание, растворённого вещества в определённой массе или определённом объёме раствора или растворителя.

На практике и в научной литературе используются несколько способов выражения концентрации раствора.

1. **Массовая доля** – отношение массы растворённого вещества к массе раствора, выраженное в долях единицы или в процентах:

$$\omega(x) = m(x)/m, \quad (1)$$

где $m(x)$ – масса растворённого вещества; m – масса раствора; $\omega(x)$ – массовая доля растворённого вещества.

Умножая (1) на 100, получим массовую долю, выраженную в процентах:

$$\omega(x)\% = (m(x) \cdot 100)/m. \quad (2)$$

Например, если в 100 единицах массы раствора хлорида натрия содержится 20 единиц массы этого вещества, то массовая доля равна 0,20 или 20%.

2. **Молярная концентрация** или **молярность** – количество растворённого вещества (число моль) в 1 литре раствора.

$$C_M(x) = n(x)/V, \quad (3)$$

где $n(x)$ – число моль растворённого вещества в растворе; V – объём раствора в литрах.

$$n(x) = m(x)/M(x), \quad (4)$$

где $M(x)$ – молярная масса растворённого вещества в г/моль или кг/моль.

Подставив (4) в (3), получим выражение

$$C_M(x) = m(x)/(M(x) V). \quad (5)$$

Единицу молярной концентрации обозначают **М** и измеряют в моль/л.

3. **Моляльная концентрация** или **моляльность** – количество растворённого вещества (число моль), содержащееся в 1 кг растворителя. Единицу моляльной концентрации обозначают **т** и измеряют в моль/кг.

$$C_M(x) = n(x)/m(z) \quad (6)$$

где $n(x)$ – число моль растворённого вещества; $m(z)$ – масса растворителя в кг; $n(x) = m(x)/M(x)$, тогда

$$C_M(x) = m(x)/(M(x) \cdot m(z)). \quad (7)$$

4. **Молярная (мольная) доля** – обозначается N_i и выражается отношением числа моль i – го компонента раствора к общему числу моль веществ, составляющих раствор. Для двухкомпонентного раствора молярная доля растворённого вещества равна

$$N(x) = n(x)/(n(x) + n(z)), \quad (8)$$

где $n(x), n(z)$ – число моль растворённого вещества и растворителя соответственно.

Для растворителя

$$N(z) = n(z) / (n(x) + n(z)), \quad (9)$$

Сумма $N(x) + N(z) = 1$.

5. Молярная концентрация эквивалентов (нормальная концентрация) – число моль эквивалентов растворённого вещества в 1л раствора, обозначают $C_{\text{Э}}$ ($C_{\text{Н}}$), измеряют в моль-экв/л.

$$C_{\text{Э}}(x) = n_{\text{Э}}(x) / V(\text{л}), \quad (10)$$

где $n_{\text{Э}}(x)$ – число моль эквивалентов растворённого вещества в растворе; V – объём раствора в литрах.

$$n_{\text{Э}}(x) = m(x) / \text{Э}(x), \quad (11)$$

где $\text{Э}(x)$ – эквивалентная масса растворённого вещества, выраженная в г/моль.

$$C_{\text{Э}} = m(x) / (\text{Э}(x) \cdot V(\text{л})) \quad (12)$$

$C_{\text{Э}}$ можно выразить через молярную концентрацию $C_{\text{М}}$: $C_{\text{Э}} = C_{\text{М}} / f$, где f – фактор эквивалентности.

Прежнее название данного способа выражения концентрации – нормальная концентрация $C_{\text{Н}}$, широко используется в учебной литературе, обозначается н. (0,01н., 1н.). Такое обозначение присутствует в формулировке приведённых далее задач.

Моляльная концентрация и молярная доля используются в физико-химических расчётах, так как они не зависят от температуры. Нормальная концентрация находит применение в аналитической практике.

Широко используются также массовая доля и молярная концентрация. Для взаимного перехода от одного способа выражения концентрации к другому часто необходимо знать плотность раствора (ρ, d).

$$\rho, d = m / V,$$

где m, V – масса и объём раствора соответственно. Отсюда следует, что $m = V \cdot \rho$; $V = m / \rho$.

Единицы измерения плотности: кг/м³, г/см³ (г/мл), 1 г/см³ = 1000 кг/м³. Плотности различных растворов приводятся в справочных изданиях.

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Задача 1. В какой массе воды нужно растворить 25 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, для того чтобы получить раствор с массовой долей 0,08 в расчёте на безводную соль?

Решение

1. Определим массу безводного CuSO_4 , содержащегося в 25г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Молярная масса $M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 250$ г/моль, молярная масса $M_{\text{CuSO}_4} = 160$ г/моль.

В 250г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ содержится 160г CuSO_4 .

$$X = m_{\text{CuSO}_4} = 25 \cdot 160 / 250 = 16 \text{ г.}$$

2. Определим массу раствора m с массовой долей 0,08, содержащую 16г CuSO_4 .

$$\omega_{\text{CuSO}_4} = m_{\text{CuSO}_4} / m; m = m_{\text{CuSO}_4} / \omega_{\text{CuSO}_4} = 16 / 0,08 = 200 \text{ г.}$$

3. Определим массу воды:

$$m = m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{H}_2\text{O}}, \text{ тогда } m_{\text{H}_2\text{O}} = m - m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 200 - 75 = 125 \text{ г.}$$

Задача 2. К 0,5л раствора серной кислоты с массовой долей 96% и плотностью 1837 кг/м³ прибавили 3л воды. Определите массовую долю полученного раствора.

Решение

1. Определим массу 0,5л раствора с массовой долей 96%:

$$m = V \cdot \rho.$$

Приводим V и ρ к единой системе единиц: $V = 0,5 \text{ л} = 500 \text{ мл}$; $\rho = 1837 \text{ кг/м}^3 = 1,837 \text{ г/мл}$; $m = 500 \cdot 1,837 = 918,5 \text{ г}$.

2. Определим содержание серной кислоты в 500мл (918,5г) раствора с массовой долей 96%:

$$\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} \% = (m_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot 100) / m,$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot m / 100 = 96 \cdot 918,5 / 100 = 881,76 \text{ г.}$$

3. Определим массу раствора, полученную при добавлении 3л воды:

$$m' = 3000 + 918,5 = 3918,5 \text{ г}; \quad \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ г/см}^3, \quad \text{поэтому } V_{\text{H}_2\text{O}} \cong m_{\text{H}_2\text{O}}, \quad \text{т.е. } m_{\text{H}_2\text{O}} = 3000 \text{ г.}$$

4. Рассчитаем массовую долю полученного раствора:

$$\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} = m_{\text{H}_2\text{SO}_4} / m',$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 881,76 / 3918,5 = 0,225 = 22,5\%.$$

Задача 3. Сколько миллилитров раствора серной кислоты с массовой долей 60% и плотностью 1,5 г/мл нужно взять для приготовления 5л раствора с массовой долей 12% и плотностью 1,080г/мл?

Решение

1. Находим массу 5л раствора с массовой долей 12%:

$$m = 5000 \text{ мл} \cdot 1,080 \text{ г/мл} = 5400 \text{ г.}$$

2. Находим массу серной кислоты, содержащуюся в 5400г этого раствора:

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = (\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot m) / 100 = (15 \cdot 5400) / 100 = 648 \text{ г}.$$

3. Определим массу раствора с массовой долей 60%, содержащую 648г серной кислоты:

$$m = (m_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot 100) / \omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} = (648 \cdot 100) / 60 = 1080 \text{ г}.$$

4. Объём раствора с массовой долей 60%

$$V = m / \rho = 1080 \text{ г} \div 1,50 \text{ г/мл} = 720 \text{ мл}.$$

Задача 4. Сколько миллилитров раствора КОН с массовой долей 30% и плотностью 1,290г/мл нужно взять, чтобы приготовить 3л 0,5М раствора?

Решение

1. Определим массу КОН содержащуюся в 3л 0,5М раствора:

$$C_M = m_{\text{КОН}} / M_{\text{КОН}} \cdot V; M_{\text{КОН}} = 56 \text{ г/моль},$$

$$m_{\text{КОН}} = C_M \cdot M_{\text{КОН}} \cdot V = 0,5 \cdot 56 \cdot 3 = 84 \text{ г}.$$

2. Масса раствора с массовой долей 30%, в которой содержится 84г КОН, равна

$$m = (m_{\text{КОН}} \cdot 100) / \omega_{\text{КОН}} = (84 \cdot 100) / 30 = 280 \text{ г}.$$

3. Находим объём раствора с массовой долей 30%:

$$V = m / \rho = 280 / 1,290 = 217 \text{ г}.$$

Задача 5. Сколько килограммов раствора сульфата натрия с массовой долей 15% нужно прибавить к 100кг раствора с массовой долей 80%, чтобы получить 30%-ный раствор?

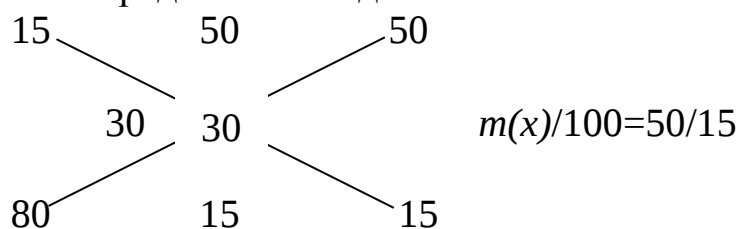
Решение

Вычисления производятся по правилу смешения (креста), согласно которому количества смешиваемых растворов обратно пропорциональны разностям концентраций смешиваемых растворов и концентраций смеси. Обозначим массу раствора с массовой долей 15% через $m(x)$, тогда

$$m(x) / 100 = (80 - 30) / (30 - 15) = 50 / 15 = 10 / 3,$$

$$m(x) = (100 \cdot 10) / 3 = 333,33 \text{ кг}.$$

Решение может быть представлено «диагональной схемой»:



Задача 6. Определите нормальную концентрацию раствора, в 500мл которого находятся 9,8г серной кислоты.

Решение. По определению:

$$C_H = n_{\text{ЭH}_2\text{SO}_4} / V, \quad n_{\text{ЭH}_2\text{SO}_4} = m_{\text{ЭH}_2\text{SO}_4} / \text{Э}_{\text{H}_2\text{SO}_4};$$

где $\text{Э}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = M_{\text{H}_2\text{SO}_4} / 2 = 98 / 2 = 49$ г/моль; $\text{Э}_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ – эквивалентная масса серной кислоты; $n_{\text{Э}} = 9,8 / 49 = 0,2$ моль эквивалентов; $C_H = 0,2 / 0,5 = 0,4$ н.

Задача 7. Какой объём 4н раствора серной кислоты потребуется для получения 200мл 0,5н раствора?

Решение

Поскольку число эквивалентов серной кислоты должно быть неизменным и равным $n_{\text{Э}} = C_H \cdot V$, расчёт ведём по формуле $C_{\text{H}_1} \cdot V_1 = C_{\text{H}_2} \cdot V_2$. По условию задачи $C_{\text{H}_1} = 4$ н., $C_{\text{H}_2} = 0,5$ н., $V_2 = 200$ мл = 0,2 л.

Отсюда

$$V_1 = (C_{\text{H}_2} \cdot V_2) / C_{\text{H}_1} = (0,5 \cdot 0,2) / 4 = 0,025 \text{ л} = 25 \text{ мл}.$$

Задача 8. Определите молярную, моляльную и нормальную концентрации раствора HCl с массовой долей 36,5% и плотностью 1,180 г/мл.

Решение

1. Рассчитаем массу HCl, содержащуюся в 100г раствора с массовой долей 36,5%:

$$\omega_{\text{HCl}} \% = (m_{\text{HCl}} \cdot 100) / m, \quad m_{\text{HCl}} = (\omega_{\text{HCl}} \% \cdot m) / 100 = (36,5 \cdot 100) / 100 = 36,5 \text{ г}.$$

2. Определим объём 100г раствора:

$$V_1 = m / \rho = 100 / 1,180 = 84,75 \text{ мл} = 0,08475 \text{ л} \approx 0,085 \text{ л}.$$

3. Число моль HCl в 100г раствора

$$n_{\text{HCl}} = m_{\text{HCl}} / M_{\text{HCl}} = 36,5 / 36,5 = 1 \text{ моль},$$

так как молярная масса равна $M_{\text{HCl}} = 36,5$ г/моль.

4. Молярную концентрацию находим по формуле

$$C_M = n_{\text{HCl}} / V = 1 / 0,085 = 11,76 \text{ М}.$$

Поскольку $M_{\text{HCl}} = \text{Э}_{\text{HCl}}$, $C_M = C_H$ и расчёта нормальной концентрации не требуется, т.е. $C_H = 11,76$ н.

5. Для расчёта моляльной концентрации по формуле

$$C_M = m_{\text{HCl}} / (M_{\text{HCl}} \cdot m_{\text{H}_2\text{O}})$$

необходимо знать массу растворителя, т.е. массу воды в кг:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m - m_{\text{HCl}} = 100 - 36,5 = 63,5 \text{ г} = 0,0635 \text{ кг};$$

$$C_M = 36,5 / (36,5 \cdot 0,0635) = 15,75 \text{ моль/кг}.$$

Задача 9. Определите молярную долю серной кислоты и воды для раствора с массовой долей серной кислоты 25%.

Решение

По определению для расчёта молярной доли необходимо знать число моль растворённого вещества и растворителя, содержащихся в данной массе раствора. В 100г раствора содержится 25г серной кислоты и 75г воды.

1. Рассчитаем число моль серной кислоты и воды:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = m_{\text{H}_2\text{SO}_4} / M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 25/98 = 0,2551 \text{ моль};$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{H}_2\text{O}} / M_{\text{H}_2\text{O}} = 75/18 = 4,1667 \text{ моль};$$

$$\sum n = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} + n_{\text{H}_2\text{O}} = 4,4218 \text{ моль}.$$

2. Рассчитаем молярные доли:

$$N_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} / \sum n = 0,2551/4,4218 = 0,0577;$$

$$N_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} / \sum n = 4,1667/4,4218 = 0,9423;$$

$$N_{\text{H}_2\text{SO}_4} + N_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0577 + 0,9423 = 1,0000.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задача 1. В каком объёме воды следует растворить 30г бромида калия для получения раствора с массовой долей 0,6?

Задача 2. Сколько граммов растворённого вещества содержится в 250мл раствора с массовой долей 10% и плотностью 1050кг/м³?

Задача 3. Вычислите массовую долю раствора сульфата натрия, приготовленного растворением 240г глауберовой соли $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в 760 мл воды.

Задача 4. Вычислите, сколько миллилитров раствора серной кислоты с массовой долей 80% и плотностью 1,732г/мл нужно взять для приготовления 1л раствора с массовой долей 10% и плотностью 1,069г/мл.

Задача 5. К 950г воды прибавили 50 мл раствора серной кислоты с массовой долей 48 % и плотностью 1,380г/мл. Вычислите массовую долю серной кислоты в полученном растворе.

Задача 6. До какого объёма нужно разбавить 20мл раствора хлорида меди (II) с массовой долей 20% и плотностью 1,200 г/мл, чтобы получить 0,5М раствор?

Задача 7. Вычислите молярную концентрацию раствора сульфата калия, в 0,02 л которого содержится 2,74г растворённого вещества.

Задача 8. Сколько граммов кристаллической соды $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ нужно для приготовления 2л 0,5М раствора?

Задача 9. Вычислите нормальную концентрацию раствора иодида калия, 1мл которого содержит 0,0033г KI.

Задача 10. В 200мл воды растворили 11,1г хлорида кальция. Определите молярную концентрацию раствора.

Задача 11. Сколько миллилитров 0,5М раствора серной кислоты можно приготовить из 15мл 2,5М раствора?

Задача 12. Какой объём 0,1н раствора AgNO_3 необходим для обменной реакции с 200мл 0,5н. раствора CuCl_2 ?

Задача 13. Определите молярную, нормальную и молярную концентрации раствора FeSO_4 массовой долей 6% и плотностью 1,057г/см³.

Задача 14. Какой объём раствора H_3PO_4 с массовой долей 35% и плотностью 1216кг/м³ потребуется для приготовления 13л 0,15н. раствора?

Задача 15. Какой объём раствора серной кислоты с массовой долей 96% и плотностью 1,835г/см³ нужно взять для приготовления 5л 0,5М раствора?

Задача 16. Сколько миллилитров раствора азотной кислоты с массовой долей 57% и плотностью 1,350г/мл потребуется для приготовления 3л 0,2н. раствора?

Задача 17. Вычислите массовую долю, молярность 8М раствора азотной кислоты с плотностью 1246кг/м³. Каковы мольные доли азотной кислоты и воды в этом растворе?

Задача 18. Сколько литров раствора HCl с массовой долей 30% и плотностью 1,149г/см³ следует добавить к 5л 0,5н. раствора HCl для получения 1 н. раствора?

Задача 19. В каких объёмных соотношениях следует смешать HCl с массовой долей 38,3%, плотностью 1,189г/см³ и воду для приготовления раствора с массовой долей 20,4% и плотностью 1,104г/см³?

Задача 20. Вычислите, достаточно ли 20 мл раствора серной кислоты с массовой долей 30% и плотностью 1,220 г/мл для реакции с 6,54г цинка.

Задача 21. Сколько миллилитров раствора гидроксида натрия с массовой долей 16% и плотностью 1,175г/мл требуется для взаимодействия с 7,6л сероводорода, если известно, что при этом образуется NaHS? Газ измерен при 15°C и 720мм рт. ст.

Задача 22. К 10 мл раствора хлорида бария с массовой долей 12,8% и плотностью 1,120г/мл прибавлен раствор сульфата натрия. В результате выпал осадок сульфата бария. Вычислите массу осадка.

Задача 23. Вычислите молярность и нормальность раствора серной кислоты с массовой долей 95,72% и плотностью 1,836г/мл.

Задача 24. Какой объём 8н. раствора серной кислоты понадобится для получения сульфата натрия из карбоната натрия, содержащегося в 2,5л раствора Na_2CO_3 с массовой долей 18% и плотностью 1,200г/мл?

Задача 25. Сколько литров 0,1М раствора азотной кислоты можно приготовить из 0,07л раствора с массовой долей 30% и плотностью 1,180г/см³?

Задача 26. Вычислите молярность и нормальность следующих растворов: а) уксусной кислоты с массовой долей 60% и плотностью 1,066г/мл; б) ортофосфорной кислоты с массовой долей 49% и плотностью 1,330 г/мл.

Задача 27. Вычислите массовую долю, молярную и эквивалентную концентрации гидроксида бария, если в 326,9г воды растворено 15,3г оксида бария, а плотность полученного раствора 1,040г/см³.

Задача 28. В 45г воды растворено 6,84г. сахара $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Вычислить мольные доли сахара и воды.

Задача 29. Определить мольные (молярные) доли NaCl и воды для раствора с массовой долей хлорида натрия 0,1.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Вариант 1

1. До какого объёма надо разбавить 500мл раствора хлорида натрия с массовой долей 20% и плотностью 1,147г/мл, чтобы получить 4,5% раствор с плотностью 1,029г/мл.

2. Вычислите молярность, нормальность раствора HCl с массовой долей 20% и плотностью 1,100 г/см³. Каковы молярные доли HCl и воды в этом растворе?

3. Сколько мл 0,2М раствора карбоната натрия требуется для реакции с 50мл 0,5М раствора хлорида кальция?

Вариант 2

1. Сколько граммов $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ следует растворить в воде для получения 500 мл раствора сульфата натрия с массовой долей 0,04 и плотностью 1,034г/см³?

2. Вычислите молярную, нормальную и моляльную концентрации раствора с массовой долей 36% азотной кислоты и плотностью 1,220г/см³.

3. Рассчитайте мольные доли бромида натрия и воды для раствора с массовой долей бромида натрия 25%.

Вариант 3

1. Какой объём 2н. раствора серной кислоты надо взять, чтобы приготовить 500мл 0,5н. раствора?

2. Рассчитайте молярность, нормальность, моляльность раствора Na_2CO_3 с массовой долей 18% и плотностью 1,200г/мл.

3. Какая часть моля алюминия способна прореагировать с 86мл раствора HCl с массовой долей 12% и плотностью 1,060г/мл?

Вариант 4

1. Сколько граммов $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ следует прибавить к 100г воды, чтобы получить раствор с массовой долей 10% в расчёте на безводную соль?

2. Вычислите молярность, нормальность и моляльность раствора гидроксида натрия с массовой долей 40% и плотностью 1,430г/мл.

3. Сколько мл 2М раствора карбоната натрия потребуется для приготовления 1л 0,25н. раствора?

Вариант 5

1. Какой объём раствора азотной кислоты с массовой долей 10% и плотностью 1,056г/см³ можно приготовить из 200мл раствора с массовой долей 68% и плотностью 1,405г/см³?

2. Сколько 0,5н. раствора щёлочи требуется, чтобы осадить в виде $\text{Cu}(\text{OH})_2$ всю медь, содержащуюся в 15мл 1,2н. раствора CuCl_2 ?

3. Вычислите молярные доли спирта и воды в растворе этилового спирта $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ с массовой долей 96%?

Вариант 6

1. Сколько миллилитров раствора серной кислоты с массовой долей 96% и плотностью 1,840г/см³ нужно взять для приготовления 500мл раствора с массовой долей 10% и плотностью 1,066г/см³? Найти молярность и нормальность 96%-го раствора.

2. Какой объём 1М раствора H_3PO_4 необходим для приготовления 75мл 0,7н. раствора?

3. Сколько граммов AgNO_3 потребуется для обменного взаимодействия с 60мл 12%-го раствора HCl ($\rho=1,6\text{г/см}^3$)?

Вариант 7

1. Какой объём гидроксида натрия с массовой долей 0,24 и плотностью 1,218г/см³ можно приготовить из 20г раствора с массовой долей 0,40 и плотностью 1,396г/см³? Вычислите молярную и нормальную концентрации раствора гидроксида натрия с массовой долей 0,40.

2. Сколько миллилитров раствора 2н. NaOH следует добавить к 0,75л воды для получения 0,4н. раствора?

3. При взаимодействии раствора серной кислоты массой 16г с избытком раствора хлорида бария выделится осадок с массой 5,7г. Определите массовую долю серной кислоты в исходном растворе.

Вариант 8

1. Сколько граммов нужно взять $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ для приготовления 300мл раствора с массовой долей 4% и плотностью $1,039\text{г/см}^3$ в расчёте на безводную соль?

2. Вычислите молярную, нормальную и моляльную концентрации раствора HCl с массовой долей 30% и плотностью $1,150\text{г/мл}$.

3. Сколько миллилитров раствора гидроксида натрия с массовой долей 8% и плотностью $1,090\text{г/см}^3$ требуется для нейтрализации 75мл раствора серной кислоты, если известно что из 100мл раствора H_2SO_4 можно получить 0,2334г сульфата бария?

Вариант 9

1. Сколько граммов $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 600мл 0,1М раствора?

2. Вычислите массовую долю 2М раствора хлорида натрия, плотность которого $1,073\text{г/см}^3$. Какой объём воды нужно прибавить к 200 мл этого раствора для получения раствора с массовой долей 4% и плотностью $1,026\text{г/см}^3$?

3. Вычислите нормальность раствора HCl , если из 40мл этого раствора после прибавления AgNO_3 образовалось 0,574г хлорида серебра.

Вариант 10

1. К 0,8л раствора гидроксида натрия с массовой долей 30% и плотностью 1328кг/м^3 прибавлено 0,40л раствора NaOH с массовой долей 14% и плотностью 1153кг/м^3 . Определите массовую долю полученного раствора.

2. Вычислите молярную, нормальную концентрации раствора сульфата меди (II) с массовой долей 10% и плотностью $1,106\text{г/см}^3$.

3. Какая часть моля карбоната кальция способна прореагировать с 179мл раствора HCl с массовой долей 4% и плотностью $1,020\text{г/см}^3$?

Вариант 11

1. Сколько граммов раствора гидроксида калия с массовой долей 20% нужно прибавить к 250г раствора с массовой долей 50% для получения раствора с массовой долей 30%?

2. Вычислите молярность, нормальность и моляльность раствора сульфата магния с массовой долей 20% и плотностью $1,220\text{г/см}^3$.

3. Сколько граммов $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ потребуется для реакции обменного разложения с 75мл раствора серной кислоты с массовой долей 2,3% и плотностью $1,015\text{г/см}^3$?

Вариант 12

1. Сколько литров раствора азотной кислоты с массовой долей 30% и плотностью 1180кг/м^3 требуется для приготовления 2л 0,5М раствора этой кислоты?

2. Вычислите молярность, нормальность и молярные доли компонентов раствора серной кислоты с массовой долей 0,15 и плотностью 1,105г/см³.

3. Сколько миллилитров 10%-ного раствора хлорида бария, плотность которого 1,090г/мл требуется для реакции с сульфатом натрия, содержащимся в 20мл раствора с массовой долей 10% и плотностью 1,091г/см³?

Вариант 13

1. Сколько граммов Na₂SO₄·10H₂O нужно взять для приготовления 2л 0,5М раствора?

2. Какой объём 2н. раствора карбоната натрия понадобится для получения 2,5л раствора с массовой долей 4% и плотностью 1,039г/см³?

3. При 20°C смешано 0,7л бензола C₆H₆ и 0,8л толуола C₆H₅CH₃. Вычислите мольные доли каждого из веществ в полученном растворе. Плотности бензола, толуола равны соответственно 879 и 667кг/м³.

Вариант 14

1. К 500мл раствора азотной кислоты с массовой долей 33% и плотностью 1,200г/мл прибавили 2л воды. Какова массовая доля этого раствора?

2. Вычислите молярную и нормальную концентрации раствора серной кислоты с массовой долей 96% и плотностью 1,835г/см³.

3. В реакции между NaCl и AgNO₃ на 25мл раствора NaCl израсходовано 17,60мл 0,1028н. раствора AgNO₃. Вычислите нормальность раствора NaCl.

Вариант 15

1. Какой объём воды нужно прибавить к 500мл раствора серной кислоты с массовой долей 25% и плотностью 1,180г/см³, чтобы получить раствор с массовой долей 5%?

2. Вычислите массовую долю и молярные доли компонентов 0,5М раствора карбоната натрия, плотность которого 1,102г/см³.

3. Какой объём 0,5М раствора гидроксида натрия требуется для реакции с 10мл 2М раствора MgCl₂?

Вариант 16

1. Найдите массу бромида натрия, необходимую для приготовления 300мл 0.5М раствора.

2. Вычислите молярную и нормальную концентрации раствора карбоната калия с массовой долей 20% и плотностью 1,189г/см³. Какой объём 20%-го раствора карбоната калия понадобится для приготовления 200мл 1М раствора этой соли?

3. В 50г раствора сульфата олова (II) с массовой долей 21,5% поместили железные опилки массой 3,36г. После окончания реакции металлический осадок собрали. Определить массу этого осадка.

Вариант 17

1. Вычислите молярную и нормальную концентрации раствора сульфата калия, в 20мл которого содержится 1,74г растворённого вещества.

2. Вычислите молярность, моляльность и мольные доли компонентов раствора гидроксида натрия с массовой долей 30% и плотностью 1,328г/мл.

3. Какой объём бн. раствора серной кислоты понадобится для перевода 2л 10%-ного раствора Na_2CO_3 с плотностью 1,102г/мл в гидросульфат натрия?

Вариант 18

1. Сколько нужно взять алюминиевых квасцов $\text{K} \cdot \text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, чтобы приготовить 3,5л 0,2М раствора?

2. Вычислить объём раствора гидроксида калия с массовой долей 25% и плотностью 1,236г/мл, необходимый для приготовления 200мл раствора с массовой долей 10% и плотностью 1,063г/мл.

3. Определите молярность, нормальность и мольные доли компонентов раствора Na_2SO_4 с массовой долей 10% и плотностью 1,091г/мл.

Вариант 19

1. Сколько граммов $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 5л 1,8н. раствора? Вычислите массовую долю этого раствора, если плотность его равна 1,095г/мл.

2. Рассчитайте молярность раствора Na_2SO_4 с массовой долей 6% и плотностью 1,053г/мл.

3. На реакцию с 0,8765г Na_2CO_3 расходуется 24,2мл раствора серной кислоты. Вычислите нормальную концентрацию раствора серной кислоты.

Вариант 20

1. Сколько граммов $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ необходимо для приготовления 2л 0,1н. раствора?

2. Какой объём воды необходимо добавить к раствору хлорида аммония с массовой долей 20%, плотностью 1,056г/мл для приготовления 1л раствора с массовой долей 2% и плотностью 1,004г/мл. Рассчитайте молярность 20%-ного раствора хлорида аммония.

3. Для образования средней соли к 40мл раствора серной кислоты с плотностью 1,025г/мл оказалось достаточно прибавить 43,2мл 7,4%-ного раствора гидроксида калия с плотностью 1,066г/мл. Вычислите массовую долю серной кислоты в растворе.

Вариант 21

1. Сколько воды и хлорида калия нужно взять, чтобы приготовить 500мл раствора с массовой долей 20% и плотностью 1,133г/мл?

2. Вычислите молярную концентрацию раствора HNO_3 с массовой долей 20% и плотностью $1,115\text{г/см}^3$. Какой объём этого раствора потребуется для приготовления 2л 0,5М раствора этой кислоты?

3. Сколько литров 8н. раствора KOH следует добавить к 5л 3,2н. KOH для получения 4н. раствора?

Вариант 22

1. Сколько граммов $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ потребуется для приготовления 500мл 1М раствора?

2. Какой объём раствора сульфата меди (II) с массовой долей 10% и плотностью $1,107\text{г/мл}$ необходим для получения 1л раствора с массовой долей 2% и плотностью $1,019\text{г/мл}$? Вычислите молярность и нормальность 10%-ного раствора сульфата меди (II).

3. В каком отношении масс нужно взять 25%-ный и 1%-ный растворы, чтобы получить раствор с массовой долей 5%?

Вариант 23

1. Для полного осаждения сульфата бария из 100г раствора хлорида бария с массовой долей 15% потребовалось 14,4мл серной кислоты. Определите нормальность раствора серной кислоты.

2. Вычислите молярную и моляльную концентрации раствора KCl с массовой долей 10% и плотностью $1,063\text{г/мл}$.

3. До какого объёма нужно разбавить 1,5л 20%-ного раствора хлорида аммония, плотность которого $1,056\text{г/мл}$, чтобы получить 10%-ный раствор с плотностью $1,029\text{г/мл}$?

Вариант 24

1. Какой объём раствора хлорида алюминия с массовой долей 10% и плотностью $1,090\text{г/мл}$ потребуется для приготовления 300мл 0,5М раствора?

2. Вычислите молярную, нормальную и моляльную концентрации раствора серной кислоты с массовой долей 17% и плотностью $1,120\text{г/мл}$.

3. Сколько миллилитров раствора HCl с массовой долей 20% и плотностью $1,100\text{г/мл}$ потребуется для растворения 10г карбоната кальция?

Вариант 25

1. Какой объём 5М раствора серной кислоты потребуется для получения 5л 0,5н. раствора?

2. Вычислите массовую и мольные доли 5М раствора серной кислоты с плотностью $1,290\text{г/мл}$.

3. Какой объём 8н. раствора гидроксида калия способен прореагировать с 200г оксида цинка?

Вариант 26

1. На нейтрализацию 40мл раствора щёлочи пошло 24мл 0,5н. раствора серной кислоты. Вычислите нормальность раствора щёлочи.

2. Рассчитайте молярность, моляльность раствора гидроксида натрия с массовой долей 37% и плотностью 1,400г/мл.

3. Сколько миллилитров серной кислоты с массовой долей 96% и плотностью 1,840г/мл необходимо для перевода в раствор 10г меди? Какой объём SO_2 (н.у.) выделится при этом?

Вариант 27

1. Сколько миллилитров раствора серной кислоты с массовой долей 70% и плотностью 1,622г/мл нужно взять для приготовления 25мл 2М раствора?

2. Рассчитайте молярность, нормальность и мольные доли компонентов раствора азотной кислоты с массовой долей 33% и плотностью 1,200г/мл.

3. Сколько миллилитров 5,5%-ного раствора азотной кислоты с плотностью 1,030г/мл потребуется для нейтрализации 60мл 12%-ного раствора гидроксида калия с плотностью 1,100г/мл?

Вариант 28

1. Какой объём раствора сульфата натрия с массовой долей 0,1 и плотностью 1,091г/мл нужно взять для приготовления 1л раствора с массовой долей 0,04 и плотностью 1,034г/мл?

2. Вычислите массовую долю 0,5М раствора Na_2SO_4 , плотность которого 1,040г/мл.

3. Сколько миллилитров 0,5н. раствора $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ потребуется для того, чтобы осадить весь цинк, содержащийся в 20мл 0,15М раствора ZnSO_4 ?

Вариант 29

1. Сколько граммов $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ нужно растворить в 500г воды, чтобы получить раствор с массовой долей сульфата магния 0,08?

2. Вычислите молярную концентрацию и молярные доли компонентов раствора HCl с массовой долей 20% и плотностью 1,100г/мл.

3. Сколько миллилитров 27%-ного раствора гидроксида калия с плотностью 1,257г/мл потребуется для образования гидроортофосфата калия с 200мл 40%-ного раствора H_3PO_4 с плотностью 1,260г/мл?

Вариант 30

1. Какой объём раствора сульфата магния с массовой долей 0,08 и плотностью 1,082г/мл потребуется для приготовления 200мл 0,25н. раствора?

2. Вычислите массовую и мольную доли H_2SO_4 в 0,5М растворе плотностью 1,023г/мл.

3. Какой объём 0,01н. AgNO_3 потребуется для реакции обмена с 1мл раствора HBr , с массовой долей 10% и плотностью 1,073г/мл?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Опыт 1. Приготовление раствора с заданной массовой долей из навески твёрдого вещества и воды.

Пример. Приготовить из навески твёрдого вещества 200мл раствора NaCl с массовой долей 12%.

Сделаем расчёт массы NaCl, необходимой для приготовления данного раствора. Плотность раствора NaCl с массовой долей 12% указана в таблице приложения и равна 1,089г/мл.

1. Определим массу 200мл раствора:

$$m = V \cdot \rho = 200 \cdot 1,089 = 217,80 \text{ г.}$$

2. Находим массу NaCl в 217,80г раствора:

$$\omega = (m_{\text{NaCl}} \cdot 100) / m;$$

$$m_{\text{NaCl}} = (\omega \cdot m) / 100 = (12 \cdot 217,80) / 100 = 26,14 \text{ г.}$$

Порядок выполнения опыта 1

1. Получите у преподавателя задание к опыту 1.

2. Сделайте расчёт массы твёрдого вещества.

3. Взвесьте с точностью до 0,01г на теххимических весах или с точностью до 0,0001г на аналитических весах часовое стекло: а) без навески; б) с навеской твёрдого вещества.

4. Пересыпьте полученную навеску через воронку в колбу. Промойте часовое стекло дистиллированной водой для удаления остатков твёрдого вещества. Добавляя малыми порциями дистиллированную воду, перемешайте раствор до полного растворения навески, а затем доведите уровень раствора в колбе до метки. Разбавление можно считать законченным, когда нижний мениск жидкости коснётся метки. Закройте колбу пробкой и перемешайте раствор, многократно переворачивая колбу вверх дном.

5. Получите у преподавателя ареометр и измерьте плотность приготовленного раствора. Для определения плотности следует сухой и чистый мерный цилиндр заполнить на $\frac{3}{4}$ испытуемым раствором и опустить в него ареометр. Сначала надо опустить ареометр, шкала которого имеет наименьшее значение плотности. Если шкала его не погрузится в раствор, то ареометр нужно вынуть, промыть водой, просушить фильтровальной бумагой и поставить на место. Замените его следующим из набора и так делайте до тех пор, пока ареометр не погрузится на такую глубину, что уровень жидкости в цилиндре окажется в пределах его шкалы. Ареометр не должен касаться стенок цилиндра.

Показания шкалы ареометра следует определять по нижнему мениску для прозрачной жидкости и по верхнему – для непрозрачной.

6. Используя таблицу приложения, определите по найденному значению плотности массовую долю растворённого вещества. Если показания ареометра не совпадают с табличными данными, то массовую долю раствора определяют методом интерполяции – определением промежуточного значения по двум крайним. Для этого производят следующие расчёты. Допустим, при помощи ареометра определена плотность раствора NaCl, равная 1,091г/мл (раствор из примера).

Далее находят разность величин плотности и концентраций по табличным данным:

$$1,104 - 1,089 = 0,015; 14\% - 12\% = 2\%.$$

Затем определяют разность между величиной плотности, измеренной ареометром и меньшей табличной:

$$1,091 - 1,089 = 0,002.$$

Считая в указанных пределах зависимость между плотностью и концентрацией линейной, составляют пропорцию.

$$0,015 \div 0,002 = 2\% \div x; x = 0,26\%.$$

Найденное число прибавляют к меньшей величине концентрации, взятой из таблицы:

$$12\% + 0,26\% = 12,26\%.$$

Это и есть массовая доля раствора NaCl, соответствующая плотности, определённой ареометром.

7. Сравним массовую долю полученного раствора с заданной и подсчитаем относительную ошибку опыта.

Обратимся к примеру: абсолютная ошибка опыта

$$\pm \Delta = \omega - \omega' = 12 - 12,26 = -0,26\%$$

где ω – массовая доля в задании; ω' – массовая доля, полученная в опыте.

Относительная ошибка опыта:

$$E = (|\Delta| \cdot 100) / \omega = (0,26 \cdot 100) / 12 = 2,17\%$$

Рекомендуемые задания к опыту 1

Приготовить из навески твёрдого вещества и воды:

1. 250мл раствора NaCl с массовой долей 7%.
2. 200мл раствора KCl с массовой долей 8%.
3. 200мл раствора K₂SO₄ с массовой долей 4%.
4. 200мл раствора MgSO₄ с массовой долей 4%, исходная соль MgSO₄·7H₂O.
5. 200мл раствора CuSO₄ с массовой долей 6%, исходная соль CuSO₄·5H₂O.

6. 200мл раствора NaCl с массовой долей 8%.
7. 250мл раствора Na₂SO₄ с массовой долей 2%.
8. 200мл раствора K₂SO₄ с массовой долей 6%.
9. 200мл раствора NaCl с массовой долей 6%.
10. 200мл раствора Na₂SO₄ с массовой долей 1%.
11. 250мл раствора MgSO₄ с массовой долей 2%, исходная соль MgSO₄·7H₂O.
12. 250мл раствора CuSO₄ с массовой долей 2%, исходная соль CuSO₄·5H₂O.
13. 200мл раствора KCl с массовой долей 6%.
14. 200мл раствора Na₂SO₄ с массовой долей 6%.
15. 250мл раствора NaCl с массовой долей 2%.
16. 200мл раствора MgSO₄ с массовой долей 8%, исходная соль MgSO₄·7H₂O.
17. 200мл раствора KCl с массовой долей 2%.
18. 250мл раствора NaCl с массовой долей 3%.
19. 200мл раствора K₂SO₄ с массовой долей 5%.
20. 250мл раствора NaCl с массовой долей 9%.
21. 200мл раствора Na₂SO₄ с массовой долей 8%.
22. 200мл раствора KCl с массовой долей 4%.
23. 200мл раствора CuSO₄ с массовой долей 4%, исходная соль CuSO₄·5H₂O.
24. 250мл раствора Na₂SO₄ с массовой долей 2%.
25. 200мл раствора MgSO₄ с массовой долей 10%, исходная соль MgSO₄·7H₂O.
26. 250мл раствора NaCl с массовой долей 4%.
27. 200мл раствора K₂SO₄ с массовой долей 6%.
28. 200мл раствора MgSO₄ с массовой долей 6%, исходная соль MgSO₄·7H₂O.
29. 200мл раствора NaCl с массовой долей 5%.
30. 200мл раствора K₂SO₄ с массовой долей 3%.

Опыт 2. Приготовление раствора заданной концентрации разбавлением водой концентрированного раствора.

Пример. Приготовить 200мл 0,5М раствора NaCl из раствора с массовой долей хлорида натрия 20%.

Рассчитаем, какой объём раствора NaCl с массовой долей 20%потребуется для приготовления 200мл 0,5М раствора. Из таблицы приложения находим плотность 20%-ного раствора, равную 1,151г/мл.

1. Рассчитаем массу NaCl, содержащуюся в 200мл 0,5М раствора:

$$C_M = n/V = m/(M \cdot V), \quad M_{\text{NaCl}} = 58,5 \text{ г/моль},$$

$$m = C_M \cdot M \cdot V = 0,5 \cdot 58,5 \cdot 0,2 = 5,85 \text{ г.}$$

2. Находим массу раствора с массовой долей 20%, содержащую 5,85г NaCl.

$$\omega_{\text{NaCl}} = (m_{\text{NaCl}} \cdot 100) / m, \quad m = (m_{\text{NaCl}} \cdot 100) / \omega_{\text{NaCl}} = 5,85 \cdot 100 / 20 = 29,25 \text{ г.}$$

3. Определим объём раствора NaCl с массовой долей 20%:

$$V = m / \rho = 29,25 / 1,151 = 25,4 \text{ мл.}$$

Порядок выполнения опыта 2

1. Получите у преподавателя задание к опыту 2.

2. Рассчитайте объём концентрированного раствора, необходимый для приготовления раствора заданной концентрации (см. пример).

3. Вычисленный объём отберите пипеткой или мерным цилиндром и перелейте в мерную колбу соответствующего объёма через небольшую воронку. Затем, добавляя дистиллированную воду, доведите уровень жидкости в колбе до метки. Последние порции воды добавляйте по каплям пипеткой. Плотно закройте колбу пробкой и перемешайте раствор, многократно переворачивая колбу вверх дном.

4. Получите у преподавателя ареометр и измерьте плотность приготовленного раствора. Правила работы с ареометром посмотрите в описании опыта 1 (п.5).

5. По найденному значению плотности, пользуясь таблицей приложения, определите массовую долю растворённого вещества. Если показания ареометра не совпадают с табличными данными, то массовую долю определяют методом интерполяции, как показано в опыте 1 (п.6).

6. Зная массовую долю приготовленного раствора, рассчитайте его молярную концентрацию и сравните её с заданной. Произведите расчёт относительной ошибки опыта. Допустим, плотность растворов NaCl из примера оказалась 1,022г/мл. Из таблицы приложения находим массовую долю раствора, равную 3%. Рассчитаем молярность полученного раствора:

1. Найдём объём 100г раствора:

$$V = 100 / 1,022 = 97,8 \text{ мл} = 0,0978 \text{ л.}$$

2. Рассчитаем молярность 3%-ного раствора NaCl, зная молярную массу $M_{\text{NaCl}} = 58,5 \text{ г/моль}$, объём 100г раствора (0,0978л) и массу растворённого вещества NaCl в 100г раствора, равную 3г.

$$C_M = m_{\text{NaCl}} / (M \cdot V) = 3 / (58,5 \cdot 0,0978) = 0,52 \text{ М.}$$

3. Вычислим ошибки опыта.

Абсолютная ошибка опыта:

$$\pm \Delta = C_{M_{\text{зад}}} - C_{M_{\text{оп}}} = 0,5 - 0,52 = -0,02 \text{ М,}$$

Относительная ошибка опыта:

$$E = (|\Delta| \cdot 100) / C_{M_{\text{зад}}} = (0,02 \cdot 100) / 0,5 = 4\%.$$

Рекомендуемые задания к опыту 2

Приготовить:

1. 250мл 1М раствора NaCl из раствора с массовой долей 20%.
2. 200мл 0,25М раствора Na₂SO₄ из раствора с массовой долей 10%.
3. 200мл 0,15М раствора KCl из раствора с массовой долей 8%.
4. 250мл 0,4М раствора NaCl из раствора с массовой долей 20%.
5. 200мл 0,2М раствора MgSO₄ из раствора с массовой долей 18%.
6. 200мл 0,11М раствора K₂SO₄ из раствора с массовой долей 8%.
7. 250мл 0,18М раствора KCl из раствора с массовой долей 8%.
8. 250мл 0,08М раствора K₂SO₄ из раствора с массовой долей 8%.
9. 200мл 0,12М раствора Na₂SO₄ из раствора с массовой долей 10%.
10. 200мл 0,25М раствора MgSO₄ из раствора с массовой долей 18%.
11. 250мл 0,5М раствора NaCl из раствора с массовой долей 20%.
12. 250мл 0,1М раствора Na₂SO₄ из раствора с массовой долей 10%.
13. 200мл 0,1М раствора K₂SO₄ из раствора с массовой долей 8%.
14. 200мл 0,2М раствора KCl из раствора с массовой долей 8%.
15. 250мл 0,3М раствора MgSO₄ из раствора с массовой долей 18%.
16. 200мл 0,2М раствора NaCl из раствора с массовой долей 20%.
17. 200мл 0,18М раствора Na₂SO₄ из раствора с массовой долей 10%.
18. 250мл 0,18М раствора MgSO₄ из раствора с массовой долей 18%.
19. 200мл 0,25М раствора KCl из раствора с массовой долей 8%.
20. 250мл 0,09М раствора K₂SO₄ из раствора с массовой долей 8%.
21. 200мл 0,6М раствора NaCl из раствора с массовой долей 20%.
22. 200мл 0,15М раствора Na₂SO₄ из раствора с массовой долей 10%.
23. 200мл 0,17М раствора KCl из раствора с массовой долей 8%.
24. 250мл 0,2М раствора Na₂SO₄ из раствора с массовой долей 10%.
25. 200мл 0,07М раствора K₂SO₄ из раствора с массовой долей 8%.
26. 250мл 0,8М раствора NaCl из раствора с массовой долей 20%.
27. 200мл 0,35М раствора MgSO₄ из раствора с массовой долей 18%.
28. 200мл 0,12М раствора K₂SO₄ из раствора с массовой долей 8%.
29. 200мл 0,3М раствора NaCl из раствора с массовой долей 20%.
30. 200мл 0,3М раствора KCl из раствора с массовой долей 8%.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Плотность водных растворов некоторых солей, г/мл при 20°C

Соль	Содержание растворённого вещества, массовые доли, %														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
NaCl	1.005	1.012	1.022	1.026	1.034	1.041	1.049	1.056	1.063	1.070	1.089	1.104	1.116	1.132	1.151
Na ₂ SO ₄	1.007	1.016	-	1.034	-	1.053	-	1.072	-	1.094	-	-	-	-	-
KCl	1.044	1.011	-	1.023	-	1.036	-	1.050	-	1.063	1.077	1.090	1.104	1.118	1.133
K ₂ SO ₄	1.006	1.014	1.023	1.031	1.039	1.048	1.053	1.064	1.073	1.082	-	-	-	-	-
MgSO ₄	-	1.018	-	1.039	-	1.060	-	1.082	-	1.104	1.126	1.148	1.172	1.196	1.220
CuSO ₄	1.009	1.019	-	1.040	-	1.062	-	1.084	-	1.107	1.131	1.155	1.180	1.206	-