

С. В. Рогатых, Т. П. Головина

---

# ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

---



Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Камчатский государственный университет  
имени Витуса Беринга»

С. В. Рогатых, Т. П. Головина

**ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
И СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ  
КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ**

Учебное пособие

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом  
ФГБОУ ВО «Камчатский государственный университет  
имени Витуса Беринга»

Чебоксары  
Издательский дом «Среда»  
2021

УДК 547  
ББК 24.2  
P59

**Рецензенты:**

*Панина Елена Григорьевна*, кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник Камчатского филиала  
ФГБУН «Тихоокеанский институт географии  
Дальневосточного отделения Российской академии наук»;

*Ляндзберг Рэм Артурович*, доцент, кандидат химических наук,  
доцент кафедры экологии и природопользования  
ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»

**Рогатых С. В.**

P59 **Техника лабораторных работ и способы выражения концентрации растворов** : учебное пособие / С. В. Рогатых, Т. П. Головина. – Чебоксары: ИД «Среда», 2021. – 84 с.

**ISBN 978-5-907411-53-1**

Учебное пособие предназначено для проведения лабораторных занятий и организации самостоятельной научно-исследовательской работы студентов биологических и экологических направлений вузов. Может быть использовано преподавателями и учащимися общеобразовательных учреждений.

Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом ФГБОУ ВО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 «Биология».

© Рогатых С. В., Головина Т. П.,  
2021

DOI 10.31483/a-10306

ISBN 978-5-907411-53-1

© ИД «Среда», оформление, 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие входит в комплект учебных пособий, подготовленных кафедрой биологии и химии психолого-педагогического факультета Камчатского государственного университета имени Витуса Беринга. Оно предназначено для студентов первого и второго курсов нехимических специальностей вузов.

Уровень и качество подготовки студентов существенно зависит от их знаний в области проведения лабораторных и практических занятий по химии. Такие занятия становятся целенаправленными и осмысленными только после изучения курса химии, которая дает знания о химических системах и их свойствах, позволяет на практике применять основные стехиометрические и газовые законы, прививает практические навыки химического анализа и использования физико-химических методов при исследовании свойств и состава вещества. Оценивая вклад лабораторных и практических занятий в систему изучения химии, следует отметить, что их изучение способствует формированию представлений о важной роли химической науки в решении глобальных экологических проблем, об интеграционном характере химии в системе дисциплин естественно-научного направления.

Пособие составлено в соответствии с учебной программой и является руководством для занятий по общей и неорганической химии, и ставит своей целью систематическое изучение и освоение обучающимися приемов лабораторного эксперимента.

Авторы будут признательны читателям за все замечания, уточнения, неточности и советы, которые вы можете отправить по электронной почте: RogatykhSV@yandex.ru.

## **ГЛАВА 1. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Лаборатория химии всегда представлял огромный интерес и в то же время опасность для студентов. Без особых знаний можно получить негативные последствия при работе с всевозможными реактивами или нанести непоправимый вред для всех окружающих. Поэтому стоит внимательно слушать преподавателя и выполнять все его требования на занятии. В свою очередь, и со стороны преподавателя должен быть постоянный контроль за студентами и их работой и в случае возникновения ошибок или непредвиденных проблем с получением реакций сразу устранить ошибки или переделать все работу.

Соблюдать нормы поведения на занятиях химии необходимо для того, чтобы минимизировать опасность во время практических и лабораторных работ. Основными факторами риска являются ожоги разного характера, ранения острыми предметами, удары током, отравление парами и прочее. Техника безопасности регулирует главные поведенческие модели, позволяющие уменьшить риски несчастных случаев в стенах учебного заведения. Кроме того, правила определяют последовательность действий если все-таки внештатная ситуация произойдет.

Нижеследующая инструкция по охране труда на практических и лабораторных работах устанавливаются не только внутренними инструкциями, но и федеральными законами.

**1.1. Инструкция по охране труда для студентов при работе в лаборатории химии**

**I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1. Соблюдение требований настоящей инструкции обязательно для всех студентов, работающих в учебной лаборатории химии.

2. Студенты могут находиться в лаборатории только в присутствии преподавателя; пребывание студентов в помещении лаборантской не допускается.

3. Присутствие посторонних лиц в лаборатории химии во время лабораторных работ допускается только с разрешения преподавателя.

4. В лаборатории химии запрещается принимать пищу и напитки.

5. Студентам запрещается выносить из лаборатории и вносить в него любые вещества без разрешения преподавателя.

6. Не допускается загромождение проходов портфелями и сумками. Портфели и сумки во время проведения лабораторных работ должны находиться в специальном шкафу.

7. Во время работы в лаборатории химии студенты должны соблюдать чистоту, порядок на рабочем месте, а также четко следовать правилам техники безопасности.

8. Студентам запрещается бегать по кабинету, шуметь и устраивать игры.

9. Студенты, присутствующие на лабораторной или практической работе без халата, непосредственно к проведению эксперимента не допускаются.

**II. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ**

1. Перед проведением экспериментальной работы каждый учащийся должен надеть халат. Халат должен быть из хлопчатобумажной ткани, застёгиваться только спереди, манжеты рукавов должны быть на пуговицах. Длина халата – ниже колен. Стирать халат, испачканный химическими реактивами, необходимо отдельно от остального нательного белья.

2. При проведении эксперимента, связанного с нагреванием жидкостей до температуры кипения, использованием разъедающих растворов, студенты должны пользоваться средствами индивидуальной защиты (по указанию преподавателя).

3. Учащиеся, имеющие длинные волосы, не должны оставлять их в распущенном виде, чтобы исключить возможность их соприкосновения с лабораторным оборудованием, реактивами и тем более – с открытым огнем.

4. Прежде, чем приступить к выполнению эксперимента, студенты должны по методическому пособию изучить и уяснить порядок выполнения предстоящей работы.

5. Студенты обязаны внимательно выслушать инструктаж преподавателя по технике безопасности в соответствии с особенностями предстоящей работы. Первичный инструктаж по технике безопасности регистрируется собственноручно студентами в специальном журнале.

6. Приступать к проведению эксперимента учащиеся могут только с разрешения учителя.

### III. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

1. Во время работы в лаборатории химии студенты должны быть максимально внимательными, дисциплинированными, строго следовать указаниям преподавателя, соблюдать тишину, поддерживать чистоту и порядок на рабочем месте.

2. При выполнении лабораторных и практических работ учащиеся должны неукоснительно соблюдать правила техники, безопасности, следить, чтобы **вещества не попадали на кожу лица и рук**, так как многие из них вызывают раздражение кожи и слизистых оболочек.

3. **Никакие вещества в лаборатории нельзя пробовать на вкус!** Нюхать вещества можно, лишь осторожно направляя на себя их пары или газы лёгким движением руки, а не наклоняясь к сосуду и не вдыхая полной грудью.

4. При выполнении лабораторных работ учащиеся должны точно повторять действия преподавателя, показывающего, как нужно правильно проводить эксперимент.

## Глава 1. Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ

---

5. Подготовленный к работе прибор учащиеся должны показать преподавателю или лаборанту.

6. По первому требованию преподавателя студенты обязаны немедленно прекратить выполнение работы (эксперимента). Возобновление работы возможно только с разрешения преподавателя.

7. Учащимся запрещается самостоятельно проводить любые опыты, не предусмотренные в данной работе.

8. Учащимся запрещается выливать в канализацию растворы и органические жидкости.

9. При использовании твёрдых щелочей, концентратов кислот и раствора водного аммиака разрешено работать только в вытяжных шкафах с закрытым стеклом в специальной фарфоровой посуде для проведения лабораторных исследований.

10. Твёрдые сыпучие реактивы необходимо брать только с помощью специального шпателя, ложечек или пробирок.

11. Реактивы для работы нельзя подносить к лицу и глубоко вдыхать.

12. Обо всех разлитых и рассыпанных реактивах учащиеся должны немедленно сообщить преподавателю или лаборанту. Учащимся запрещается самостоятельно убирать любые вещества.

13. Обо всех неполадках в работе оборудования, водопровода, электросети и т.п. учащиеся обязаны сообщить преподавателю или лаборанту. Учащимся запрещается самостоятельно устранять неисправности.

14. При получении травм (порезы, ожоги и т.п.), а также при плохом самочувствии учащиеся должны немедленно сообщить об этом преподавателю или лаборанту.

15. Во время работы учащимся запрещается переходить на другое рабочее место без разрешения преподавателя.

16. Учащимся запрещается брать вещества и какое-либо оборудование с незадействованных на данный момент рабочих мест.

17. Недопустимо во время работы перебрасывать друг другу какие-либо вещи (учебники, тетради, ручки и др.).

18. Запрещается оставлять без присмотра включенные нагревательные приборы, а также зажигать горелки и спиртовки без надобности.

19. Растворы необходимо наливать из сосудов так, чтобы при наклоне этикетка оказывалась сверху. Каплю, оставшуюся на горлышке, снимать краем той посуды, куда наливается жидкость.



#### IV. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТЫ

1. Уборка рабочих мест по окончании работы производится в соответствии с указаниями преподавателя.

2. Учащиеся должны привести в порядок свое рабочее место, сдать преподавателю или лаборанту дополнительные реактивы и оборудование, выданные в кювете, удостовериться в наличии порядка на рабочем столе. Грязную посуду необходимо сдать преподавателю или лаборанту.

3. По окончании лабораторной и практической работ учащиеся обязаны вымыть руки с мылом.

#### V. АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ

При возникновении аварийных ситуаций во время занятий в кабинете химии (пожар, появление посторонних запахов), **не допускать паники** и подчиняться только указаниям преподавателя.

##### 1.2. Оказание первой медицинской помощи

Первая помощь – это простейшие срочные меры, необходимые для спасения жизни и здоровья пострадавшим при повреждениях, несчастных случаях и внезапных заболеваниях. Травмы классифицируются на следующие типы: 1) легкие травмы, 2) переломы (образуется выступ или впадина), 3) перелом открытый, 4) электротравмы, 5) ожоги (открытым огнем или горячей жидкостью), 6) порезы и ушибы, 7) обморок, 8) кровотечение, 9) обморожение, 10) солнечный и тепловой удар, 11) утопление.

**Во всех случаях после оказания первой медицинской помощи следует обратиться в медицинское учреждение!**

Ниже перечислены некоторые меры оказания первой медицинской помощи при травмах, которые могут иметь место в учебной лаборатории химии.

1. **Отравление газами:** чистый воздух, покой.

2. **Отравление парами брома:** дать понюхать с ватки нашатырный спирт (10%), затем промыть слизистые оболочки носа и горла 2%-м раствором питьевой соды.

3. **Ожоги:** при любом ожоге запрещается пользоваться жирами для обработки обожженного участка, а также применять красящие вещества (растворы перманганата калия, бриллиантовой зелени, йодной настойки). **Ожог первой степени** обрабатывают этиловым спиртом и накладывают сухую стерильную повязку. Во всех остальных случаях накладывают стерильную повязку после охлаждения места ожога и обращаются в медпункт.

4. **Попадание на кожу разбавленных растворов кислот и щелочей:** стряхнуть видимые капли раствора и смыть остальное широкой струей прохладной воды или душем. **Запрещается** обрабатывать пораженный участок увлажненным тампоном.

5. **Отравление кислотами:** выпить 4–5 стаканов теплой воды и вызвать рвоту, затем выпить столько же взвеси оксида магния в воде и **снова** вызвать рвоту. После этого сделать два промывания желудка чистой теплой водой. Общий объем жидкости не менее 6 литров.

6. **Отравление щелочами:** выпить 4–5 стаканов теплой воды и вызвать рвоту, затем выпить столько же 2%-го раствора уксусной кислоты. После этого сделать два промывания чистой теплой водой.

### 7. Помощь при порезах:

а) в первую очередь, необходимо остановить кровотечение (жгут, пережатие сосуда, давящая повязка);

б) если рана загрязнена, грязь удаляют только вокруг нее, но, ни в коем случае – из глубоких слоев раны. Кожу вокруг раны обеззараживают йодной настойкой или раствором бриллиантовой зелени;

в) после обработки рану закрывают стерильной салфеткой так, чтобы перекрыть края раны, и плотно прибинтовывают обычным бинтом;

г) после получения первой медицинской помощи обращаются в медпункт.

8. **Обработка микротравм.** Небольшие раны после остановки кровотечения обрабатывают пленкообразующими препаратами – клеем БФ-6, жидкостью Новикова. Возможно использование бактерицидного пластыря.

9. **Первая помощь при ушибах** – покой поврежденному органу. На область ушиба накладывают давящую повязку и холод (например, лед в полиэтиленовом мешочке). Ушибленному органу придают приподнятое положение. Если ушиб сильный, после оказания первой помощи необходимо отправить пострадавшего к врачу.

10. **Ушиб головы:** пострадавшему обеспечивают полный покой, на место ушиба кладут холодный компресс и вызывают скорую помощь.

11. **Попадание в глаза инородных тел:** разрешается удалить инородное тело влажным ватным или марлевым тампоном. Затем промывают глаз водой из фонтанчика не менее 7–10 минут. Для подачи воды допускается пользование чайником или лабораторной промывалкой.

12. **Попадание в глаза едких жидкостей:** глаз промывают водой, как указано в п. 11, 2%-м раствором борной кислоты или пищевой соды (в зависимости от характера попавшего вещества). После ополаскивания глаз чистой водой под веки необходимо ввести 2–3 капли 30%-го раствора альбуцида и направить пострадавшего в медпункт.

## ГЛАВА 2. ЛАБОРАТОРНАЯ ПОСУДА

Применяемая в лаборатории химическая посуда может быть разделена на ряд групп: по материалу и по назначению.

Стеклоянная посуда делится на посуду из простого стекла, специального стекла, кварца. По назначению она делится на посуду общего назначения, специального назначения и мерную.

**Посуда общего назначения** – это посуда, без которой нельзя провести большинство работ, например, пробирки, воронки простые и делительные, стаканы, плоскодонные колбы, кристаллизаторы, конические колбы (Эрленмейера), колбы Бунзена, стаканы, тройники, переходники, краны и т.п.

К группе **специального назначения** относится посуда, которая употребляется для одной какой-либо цели. Это – аппарат Киппа, аппарат Сокслета, дефлегматоры, склянка Вульфа, склянка Тищенко, пикнометры, ареометры, круглодонные колбы, специальные холодильники и т.п.

К **мерной посуде** относятся, мерные колбы, пипетки, мерные цилиндры, мензурки (рис. 1).



Рис. 1. Мерная посуда

## 2.1. Посуда общего назначения

**Пробирки** – представляют собой узкие цилиндрические сосуды с закругленным дном; они бывают различной величины и диаметра. Кроме простых пробирок применяют градуировочные, центрифужные, конические пробирки.

**Воронки** – служат для переливания жидкостей, для фильтрования и т.д.

Химические воронки выпускают различных размеров в зависимости от назначения. Размер воронки определяется верхним диаметром.

**Делительные воронки** применяют для разделения несмешивающихся жидкостей (например, воды и масла). Они бывают грушевидной и цилиндрической формы и снабжены притертой стеклянным краном (рис. 2). Делительные воронки бывают различной емкости (от 50 мл до нескольких литров).



Рис. 2. Делительные воронки

**Химические стаканы** представляют собой тонкостенные цилиндры различной емкости. Они бывают двух видов: с носиками и без носиков.

**Плоскодонные колбы** бывают самой разной емкости, начиная от 50 мл и до нескольких литров, со шлифами и без шлифов на горлышке.

**Конические колбы (Эрленмейера)** тоже бывают различной емкости, с носиком и без, с притертой пробкой или со стеклянной крышкой (рис. 3). Колбу, закрытую такой крышкой, можно вращать для перемешивания содержимого, наклонять и т.д.



Рис. 3. Колбы конические Эрленмейера

**Кристаллизаторы** – тонкостенные стеклянные плоскодонные сосуды различных диаметров и емкости. Их применяют для перекристаллизации веществ, иногда в них проводят выпаривание (только на водяной бане).

**Посуда специального назначения**

**Круглодонные колбы** – назначение такое же как у плоскодонных колб. Применяют также для нагревания на открытом пламени с применением асбестовых сеток (рис. 4).



Рис. 4. Круглодонная колба

**Колбы Кьельдаля** имеют грушевидную форму и удлиненное горло, их применяют для определения азота по Кьельдалю, емкость таких колб составляет от 300 до 800 мл (рис. 5).



Рис. 5. Колбы Кельдаля

**Колбы для дистилляции.** Для перегонки жидкостей применяют специальные колбы, например **колбы Вюрца, Клайзена, Арбузова** и т.д. (рис. 6).



а

б

Рис. 6. Колбы для дистилляции  
(а – колба Вюрца, б – колба Клайзена)

**Аллонжи, насадки, переходники** – стеклянные изогнутые трубки. Применяют при перегонке для соединения холодильника с приемником и при других работах (рис. 7-8).



Рис. 7. Алонжи



а

б

в

Рис. 8. Соединительные элементы (а – переходник, б – насадка, в – насадка с каплеуловителем)

**Эксикаторы** – приборы, применяемые для медленного высушивания и для сохранения веществ, легко поглощающих влагу из воздуха (рис. 9). Эксикаторы изготавливают из толстостенного стекла, снабжают крышками, края которых притерты к верхней части цилиндра. В нижней части эксикатора находится влагопоглощающее вещество, обычно  $\text{CaCl}_2$ . При работе с эксикатором необходимо следить, чтобы притертые части всегда были смазаны специальной смазкой или вазелином.

Эксикаторы бренда Burkle. Пластиковые эксикаторы характеризуются очень важными особенностями – малым весом и высокой механической прочностью. Эксикаторы снабжены краном и выдерживают вакуум до 980 мбар. Основания и тарелки эксикаторов изготовлены из полипропилена. На крышке из высокопрозрачного поликарбоната установлен обратный клапан и выпускной клапан. Уплотняющее кольцо изготовлено из полихлорбутадиенового каучука. Эксикаторы устойчивы к длительному нагреванию до  $60\text{ }^\circ\text{C}$ .





а

б

Рис. 9. Эксикаторы (а – эксикатор стеклянный, б – эксикатор пластиковый вакуумный Burkle)

**Холодильники.** В зависимости от способа применения различают следующие типы холодильников:

- прямой холодильник (нисходящий) применяется для конденсации паров и отвода образовавшегося конденсата из реакционной системы. Сбор конденсата ведется в колбу-приемник. Охлаждающая вода подается противотоком (рис. 10-11);

- обратный холодильник применяется для конденсации паров и возврата конденсата в реакционную массу. Устанавливают такие холодильники обычно вертикально, охлаждающая вода (если это необходимо) подается по току паров. В качестве обратного холодильника может быть использован шариковый холодильник (рис. 12), а также дефлегматор (рис. 13).



Рис. 10. Холодильник спиральный (змеевиковый)



Рис. 11. Холодильник Либиха



Рис. 12. Холодильник шариковый



Рис. 13. Дефлегматор

## 2.2. Мерная посуда

Мерной называется посуда, применяемая для измерения объема жидкостей.

**Мерные цилиндры** – стеклянные толстостенные цилиндры с нанесенными по наружной стенке делениями, указывающими объем в миллилитрах. Бывают мерные цилиндры различной емкости от 5 мл до нескольких литров. Чтобы отмерить нужный объем жидкости, ее наливают в мерный цилиндр до тех пор, пока нижний мениск не достигнет уровня нужного деления (рис. 28).

**Мензурки** – сосуды конической формы, на стенке которых имеются деления. Они удобны для отстаивания мутных жидкостей, когда осадок собирается в узкой части мензурки (рис. 28).

**Пипетки** (рис. 14) служат для отмеривания определенного объема жидкости. Существуют обычные пипетки (Мора) – стеклянные трубки небольшого диаметра с расширением в центральной части. Нижний конец пипетки слегка оттянут и имеет диаметр около 1 мм. Пипетки бывают от 1 до 100 мл, в верхней части имеется метка, до которой набирают жидкость.

Также широко применяют градуированные пипетки различной емкости, на наружной стенке которой нанесены деления ценой 0,1 мл.



а

б

Рис. 14. Пипетки лабораторные (а – пипетка Мора, б – пипетки градуированные)

**Мерные колбы** – необходимая посуда для большинства аналитических работ. Это плоскодонные колбы различной емкости, в большинстве случаев колбы имеют шлифованные пробки. На горлышке мерной колбы имеется метка. Колбы, в основном, служат для разбавления всякого рода растворов до определенного объема или же для растворения какого-либо вещества в определенном объеме (рис. 15).

Посуда из лабораторного стекла обладает высокой устойчивостью к воздействию большинства органических растворителей, растворов минеральных кислот, за исключением фтороводородной (плавиковой) и ортофосфорной. Концентрированные щелочи разрушают поверхность стекла, особенно при повышенных температурах.

Стекло в зависимости от химической и термической стойкости подразделяется на шесть групп: ХС1, ХС2, ХС3 – химически стойкое 1, 2 и 3-го классов соответственно; ТХС1, ТХС2 – термически и химически стойкое стекло 1-го и 2-го классов соответственно; ТС – термически стойкое стекло (боросиликатное).



Рис. 15. Мерные колбы

### 2.3. Кварцевое стекло

Кварцевое стекло получают из диоксида кремния. Посуда из кварцевого стекла обладает высокой термической устойчивостью (ее можно нагревать до 1000 °С) и химической инертностью к кислотам, за исключением плавиковой и ортофосфорной кислот. Посуду из кварцевого стекла нельзя употреблять при работе со щелочами (рис. 16).



Рис. 16. Лабораторная посуда из кварцевого стекла

### 2.4. Фарфор и корунд

Фарфоровые изделия изготавливают из тонких смесей каолина, кварца, полевого шпата и алюмосиликатов. В зависимости от состава, массы и температуры обжига различают твердый фарфор, обжигаемый при 1380-1420 °С и выше, и мягкий, температура обжига которого ниже 1350 °С. Мягкий фарфор – белый, просвечивается лучше, чем твердый фарфор, но менее термостойкий и прочный. По сравнению с мягким твердый фарфор содержит больше каолина и меньше полевого шпата. Фарфоровые изделия покрывают тонким слоем глазури специального состава, которая обеспечивает высокую абразивную прочность и стойкость к воздействию кислот и щелочей. В зависимости от типа изделий и их назначения используют глазури разного состава: прозрачные, непрозрачные (глухие), цветные, матовые и др. (рис. 17).

Корундовые тигли (рис. 18) изготавливаются из высокочистой алюмооксидной керамики, применяются для анализа проб и плавки лабораторных металлических и неметаллических материалов, прокалики и синтеза различных материалов, для сжигания

цветных, флуоресцентных порошков, редкоземельных материалов, драгоценных металлов, и т.д.

Корундовые тигли и лодочки используются для плавления материалов, промышленного анализа и испытания образцов, широко используются в металлургии, ювелирной и химической промышленности, материаловедении.

Корундовые тигли обладают хорошей устойчивостью к агрессивным средам (растворы кислот и щелочей различных концентраций), высокой огнеупорностью – выдерживают воздействие температур до 1800°C. В корундовых тиглях можно вести нагревание металлов и их сплавов в высоком вакууме или в любой газовой среде, а также плавить без значительной коррозии тигля металлический алюминий и его сплавы с другими металлами, щелочные и щелочноземельные металлы, кремний, олово, кобальт, никель, висмут, сурьму, железо и др.



Рис. 17. Лабораторная посуда из фарфора



Рис. 18. Тигли корундовые

## 2.5. Фторопласты

Фторопласты (тефлоны) – техническое название фторсодержащих полимеров. Фторопласт ( $\rho = 2170 \text{ кг/м}^3$ ) обладает гибкостью и высокой химической устойчивостью ко многим типам химических соединений (кислотам, щелочам, алифатическим спиртам, простым и сложным эфирам и всевозможным углеводородам) (рис. 19). Температурный диапазон эксплуатации от  $-260$  до  $+260$  °С. Химическая лабораторная посуда из фторопласта Ф-4 и Ф-4МБ по химическим и физико-химическим свойствам имеет преимущества перед посудой из стекла, кварца, фарфора и других материалов, поэтому она широко применяется для препаративных и химико-аналитических работ.



Рис. 19. Лабораторная посуда из фторопласта

## 2.6. Полипропилен

Полипропилен – термопластичный полимер. Плотность от  $905$  до  $920 \text{ кг/м}^3$ , температура плавления от  $160$  до  $176$  °С. Устойчив в воде и агрессивных неорганических средах (кроме сильных окислителей), ниже  $80$  °С – в органических растворителях. Лабораторная посуда из полипропилена обладает высокой химической устойчивостью и может использоваться при температурах ниже  $135$  °С. Посуду из полипропилена рекомендуется применять при определении металлов (рис. 20).



Рис. 20. Лабораторная посуда из полипропилена  
(а – мензурки, б – колбы круглодонные, в – воронки,  
г – банки для реактивов)

## 2.7. Подготовка и мытье химической посуды

Умение мыть химическую посуду является частью лабораторной техники, знание которой необходимо для каждого работника лаборатории. Лабораторная химическая посуда должна быть совершенно чиста, поэтому следует научиться мыть посуду так, чтобы была полная уверенность в ее чистоте. Для этого необходимо:

1. Знать свойства загрязняющих посуду веществ.
2. Использовать растворимость загрязнений в воде, в растворах щелочей, кислот или солей.



3. Использовать свойства окислителей, их способность окислять в определенных условиях органические и неорганические загрязнения, разрушать их с образованием легкорастворимых соединений.

4. для мытья могут быть использованы все вещества, обладающие поверхностно-активными свойствами (мыло, синтетические моющие вещества и пр.).

5. Если загрязняющий посуду осадок химически стоек, для удаления его можно применить механическую очистку (при помощи ершей).

Подготовка химической посуды для аналитических работ включает в себя выполнение следующих операций:

- механическая очистка посуды с помощью щеток и ершей;
- физическое мытье при помощи воды, моющих средств, органических растворителей (спирт, гексан и т.п.);
- химические методы очистки посуды, мытье окислителями – кислотами, растворами солей (серная кислота, азотная кислота, растворы солей и т.п.);
- сушка.

**Механические и физические методы очистки посуды.** В тех случаях, когда химическая посуда не загрязнена смолой, жирowymi и другими не растворяющимися в воде веществами, посуду можно мыть теплой водой. Стеклопнная посуда считается чистой, если на стенках ее не образуется отдельных капель и вода оставляет равномерную тонкую пленку. Если на стенках посуды имеется какой-либо налет или осадок, посуду очищают щеткой или ершом, а затем окончательно моют водой. Хорошо вымытую посуду два-три раза ополаскивают дистиллированной водой.

**Мытье органическими растворителями.** К органическим растворителям относятся: диэтиловый эфир, ацетон, спирты, бензин, четыреххлористый углерод, скипидар и другие растворители. Органические растворители применяют для удаления из посуды смолистых или других органических веществ, которые не растворяются в воде. Промытую растворителем посуду обрабатывают хромовой смесью или другими окислителями. Большинство органических растворителей огнеопасно, работать с ними следует вдали от огня.

**Мытье другими моющими средствами.** Для мытья посуды можно применять и другие вещества, например, мыло, синтетические моющие средства, 10% раствор фосфата натрия.

**Мытье хромовой смесью.** Хромовокислые соли являются сильными окислителями, поэтому ее часто применяют для мытья лабораторной посуды

***Способы приготовления хромовой смеси:***

1. В концентрированную серную кислоту добавляют 5% (от массы серной кислоты) размельченного в порошок кристаллического хвухромовокислого калия и осторожно нагревают в фарфоровой чашке на водяной бане до его растворения.

2. К 300 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты, находящейся в фарфоровом стакане, добавляют 15 г измельченного в фарфоровой чашке дихромата калия (или натрия). После тщательного перемешивания и отстаивания темно-бурую жидкость сливают с осадка и хранят в толстостенной стеклянной посуде или в фарфоровом стакане, снабженных крышками.

3. Для приготовления хромовой смеси также используют двухромовокислый натрий, который растворяют в воде, а затем в полученный раствор осторожно добавляют серную кислоту.

Смесь готовят из расчета:

Воды – 100 мл

Двухромовокислого натрия – 6 г

Серной кислоты ( $\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$ ) – 100 мл

4. В фарфоровом стакане готовят насыщенный раствор дихромата калия (натрия) в небольшом количестве воды (на холоду) и осторожно добавляют равный объем концентрированной серной кислоты.

Хранят хромовую смесь в толстостенной стеклянной посуде или в фарфоровом стакане, снабженными крышками. Сосуды с хромовой смесью следует устанавливать (для хранения и работы) на эмалированные или керамические поддоны.

***После длительного употребления цвет хромовой смеси из темно-оранжевого переходит в темно-зеленый, что служит признаком ее непригодности для мытья посуды.***

При мытье хромовой смесью посуду сначала споласкивают водой, а потом наливают хромовую смесь (можно слегка подогреть) до 1/3 – 1/4 объема сосуда и осторожно и медленно смачи-

вают его внутренние стенки. После этого хромовую смесь выливают обратно в тот же сосуд, в котором она хранится, причем стараются смочить ею оставшиеся не смоченными стенки посуды и особенно наиболее загрязненные ее края. Слив всю смесь, посуду оставляют постоять несколько минут, затем моют вначале водопроводной водой (лучше теплой), а потом дистиллированной. Сильно загрязненную посуду моют хромовой смесью несколько раз. Чтобы отмыть горлышки колб, хромовую смесь наливают вначале в стакан, опускают в него горло колбы, слегка нагретой (достаточно нагревания рукой), после того как колба охладится, жидкость поднимется вовнутрь ее. Через одну-две минуты колбу вынимают, дают стечь хромовой смеси, а затем колбу моют водой.

**Мытье окисляющей смесью.** Для выполнения аналитических работ посуда может быть подготовлена с помощью окисляющей смеси. Мытье посуды выполняют так же, как и хромовой смесью. Окисляющую смесь приготавливают смешением раствора разбавленной азотной кислоты (1:1) с 3% раствором пероксида водорода. Хранят окисляющую смесь в толстостенной стеклянной посуде.

**Мытье серной кислотой и растворами щелочей.** Когда посуда загрязнена смолистыми веществами или в лаборатории нет окисляющей или хромовой смеси, посуду можно мыть концентрированной серной кислотой или концентрированным раствором щелочи (NaOH, KOH). Мытье выполняют так же, как и хромовой смесью.

## 2.8. Сушка посуды

Сушить посуду можно на колышках, на специальном столе, в сушильном шкафу (термостате), теплым воздухом, спиртом. Сушка на колышках и на сушильном столе (метод холодной сушки) – наиболее простой, но довольно медленный способ. При сушке при нагревании посуду помещают в холодный сушильный шкаф (не переворачивая) и постепенно повышают температуру до 105-110 °С. Выдерживают 1-1,5 ч, затем шкаф постепенно охлаждают до комнатной температуры. ***Мерную посуду нельзя сушить при высоких температурах!*** Сушку посуды из полимерных материалов допускается производить в сушильном шкафу при температуре 50 °С.

## 2.9. Меры безопасности при работе с лабораторной посудой

- При сборке приборов из стекла применять повышенные усилия запрещается.
- Стекланную трубку разрешается вставлять в отверстие пробки, смазанное глицерином или смоченное водой. Пробку следует держать в пальцах левой руки, а правой вставлять в нее трубку. При этом стекло следует проворачивать, а конец его не должен упираться в ладонь.
- Обработка стекла производится в защитных очках. Разламывать трубки после надпила можно только защитив руки какой-либо тканью. Использовать для этой цели полотенце запрещается. После разлома острые концы следует оплавить или обработать наждачной бумагой.
- Осколки, образовавшиеся при резке или случайном повреждении стекляннного сосуда, необходимо немедленно убрать с помощью щетки и совка.
- При мытье посуды щетками («ершами») разрешается направлять дно сосуда только от себя или вниз.
- Тонкостенную посуду следует укреплять в зажимах штативов осторожно, слегка поворачивая вокруг вертикальной оси или перемещая вверх-вниз.
- Для нагревания жидкостей разрешается использовать только тонкостенные сосуды.
- Пробирки перед нагреванием запрещается наполнять жидкостью более чем на треть, горло сосудов следует направлять в сторону от работающих. В течение всего процесса нагревания запрещается наклоняться над сосудами и заглядывать в них.
- Недопустимо нагревать сосуды выше уровня жидкости, а также пустые, с каплями влаги внутри.
- При нагревании стекляннных пластинок необходимо сначала равномерно прогреть весь предмет, а затем вести местный нагрев.

### ГЛАВА 3. РЕАКТИВЫ И ТЕХНИКА ОБРАЩЕНИЯ С НИМИ

Работа в химической лаборатории неразрывно связана с применением различных реактивов. По своему назначению реактивы подразделяются на две основные группы: общеупотребительные и специальные.

К общеупотребительным реактивам относится сравнительно небольшая группа химических веществ: кислоты (соляная, азотная и серная); щелочи (раствор аммиака, гидроксиды натрия и калия); оксиды (кальция, бария); ряд солей, преимущественно неорганических; индикаторы (фенолфталеин, метиловый оранжевый и др.).

Специальные реактивы применяются только для определенных работ.

По степени чистоты реактивы делятся на химически чистые (х.ч.), чистые для анализа (ч.д.а.), чистые (ч.). Кроме того, иногда применяются реактивы следующих кондиций: технический (техн.), очищенный (оч.), особой чистоты (ос.ч.), высшей очистки (в.оч.) и спектрально чистые (сп.ч.). Для реактивов каждой категории установлено определенное допустимое содержание примесей.

Твердые реактивы при хранении в банках могут слежаться в плотные комки, которые трудно извлекать. Поэтому, прежде чем брать твердый реактив из банки, нужно (при закрытой пробке) легко потрясти банку, ударяя ее, например, ладонью по боку. Если слежавшийся реактив при этом не рассыпается, тогда, открыв пробку, разрыхляют верхний слой при помощи чистого фарфорового шпателя или стеклянной палочки. Металлический шпатель применять для этой цели не рекомендуется.

Перед взятием реактива из банки нужно осмотреть ее горло и удалить с него все, что может попасть в пересыпаемое вещество и загрязнить его (пыль, парафин, всякие замазки и прочее). Очень удобно брать реактивы из банки при помощи фарфоровой ложки, фарфорового шпателя или же пересыпать их через воронку для порошков. Воронку вставляют в горло банки, в которую пересыпают то или иное вещество; этой же воронкой можно пользо-

ваться при переливании очень густых, вязких жидкостей. Просыпавшийся на стол реактив нельзя высыпать обратно в ту же банку, где он хранится. Забота о сохранении чистоты реактивов – самое главное правило при работе с ними. Необходимо следить, чтобы на всех банках с реактивами обязательно были или этикетки с обозначением, что находится в банке.

Реактивы, изменяющиеся под действием света, следует хранить только в желтых или темных склянках.

Не допускается путать пробки и крышки от склянок, пипетки для отбора реактивов.

Крышки и пробки от банок с реактивами необходимо класть на стол, переворачивая.

Неизрасходованные реактивы не выливают и не высыпают обратно в банки. Необходимо научиться использовать только необходимое количество реактивов.

Особую осторожность следует соблюдать при обращении с ядовитыми, огнеопасными или вредными веществами, с концентрированными кислотами и щелочами. С огнеопасными реактивами следует работать вдали от огня и работающих нагревательных приборов.

При работе с химическими реактивами необходимо соблюдать правила техники безопасности и пожарной безопасности в химической лаборатории.

## ГЛАВА 4. НАГРЕВАНИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Нагревание веществ можно проводить с помощью электронагревательных приборов и открытым пламенем.

Нагревание жидкостей и твердых веществ можно проводить в тонкостенной стеклянной, фарфоровой или металлической посуде.

Нагревать вещества в посуде из толстостенного стекла нельзя, она обязательно треснет.

При нагревании стеклянной или фарфоровой посуды необходимо обратить внимание на состояние наружных стенок, они обязательно должны быть сухими. Даже небольшие капельки воды на внешней стенке пробирки или колбы приведут к неравномерному нагреванию стекла и его растрескиванию.

**Спиртовка** (рис. 21). В пробирке на спиртовке можно нагревать небольшие количества раствора. Необходимо закрепить пробирку в держателе или лапке штатива в слегка наклоненном положении. Отверстие пробирки должно быть направлено от себя и от соседей. Осторожно, небольшим пламенем спиртовки прогревают всю пробирку. Для этого пробирку медленно проводят сквозь пламя от доньшка до отверстия и обратно, повторяют операцию несколько раз. Затем доводят до кипения верхний слой жидкости и все содержимое пробирки. При нагревании жидкости в пробирке необходимо помнить, что жидкость может выплеснуться из пробирки. Чтобы избежать этого, пробирку нужно держать наклонно и время от времени потряхивать.



Рис. 21. Спиртовки лабораторные

## Глава 4. Нагревание и лабораторные нагревательные приборы

Нагревание жидкостей в стаканах и плоскодонных колбах (смотри маркировку!!!) проводят на электрической плитке через асбестовую сетку. Сетку кладут на плитку и на неё ставят стакан или колбу. Снимать горячую колбу или стакан с плитки необходимо в тканевой перчатке и ставить на асбест или другой материал (ткань, полотенце, картон).

При использовании пламени спиртовки и электрической плитки трудно вести нагревание при какой-либо определенной температуре. Для этого применяются колбонагреватели и разного рода бани, самыми употребляемыми являются водяные и песочные.

**Колбонагреватели.** Для нагревания стеклянных круглодонных колб выпускаются специальные колбонагреватели, в которых нагревание сосуда происходит вдоль искривленной поверхности углубления под сосуд. Некоторые модели рассчитываются на работу с колбами определенного диаметра, другие могут нагревать колбы нескольких размеров. Нагревательный элемент, как правило, полностью погружен в керамику. Для удобства эксплуатации, в корпусе прибора часто предусматривается отверстие для установки штатива (рис. 22).



Рис. 22. Колбонагреватели

**Водяные бани** (рис. 23) применяют только в тех случаях, когда требуется нагревание до температуры не выше  $100^{\circ}\text{C}$ . Водяная баня представляет собой металлическую кастрюлю (иногда снабженную водомерной трубкой с воронкой для контроля за уровнем жидкости в бане и доливания ее по мере испарения).



Бани закрываются сверху рядом концентрических, налегающих одно на другое колец. Нагревание на водяной бане проводят двумя способами:

- нагреваемую посуду погружают в кипящую воду, в этом случае температура нагрева достигает  $100^{\circ}\text{C}$ ;
- нагреваемая посуда не касается воды и нагревается только водяным паром, в этом случае температура нагрева на несколько градусов ниже  $100^{\circ}\text{C}$ .

В баню наливают воду так, чтобы до краев оставалось 2-3 см. Нагреваемый сосуд помещают на кольцо такого диаметра, чтобы своей нижней частью он находился на 1,5-2 см внутри бани. Воду в бане нагревают до кипения и поддерживают в кипящем состоянии все время нагревания.

Пробирки помещают в баню в специальных круглых штативах. Можно погружать пробирки в стакан с горячей (при необходимости кипящей) водой.



Рис. 23. Водяные бани

**Песчаные бани** (рис. 24) используются для осторожного нагревания до высокой температуры или для осторожного прокаливания. Температура песочной бани  $200-300^{\circ}\text{C}$ . Для приготовления песочной бани чистый мелкий песок помещают в стальную чашку, насыпая так, чтобы получилась горка. В середину сосуда с песком ставят нагреваемую посуду, так чтобы она не касалась дна чашки. Песок нагревают на электрической плитке.



Рис. 24. Песчаные бани

**Прокаливанием** называют операцию нагревания твердых веществ до высокой температуры (выше  $400^{\circ}\text{C}$ ). При прокаливании достигаются следующие цели:

- удаление летучих примесей;
- достижение постоянной массы;
- синтез веществ при высокой температуре.

Нагревание до высоких температур осуществляют в муфельных печах (рис. 25). Прокаливание проводят в фарфоровых или корундовых тиглях, которые обычно закрывают крышками.



Рис. 25. Муфельные печи

## ГЛАВА 5. ВЗВЕШИВАНИЕ

### 5.1. Весы: назначение, классификация, правила взвешивания

**Назначение лабораторных весов** – определение массы предметов и жидких или сыпучих веществ. В зависимости от того, где применяются эти приборы, к ним предъявляются определенные требования.

**Описывая лабораторные весы**, следует сразу отметить, что это универсальные приборы, которые используются для различных препаративных и аналитических исследований. Механические весы давно ушли в прошлое, уступив место электромеханическим или электронным приборам.

В зависимости от сферы применения и класса точности, высокоточные весы классифицируются по следующим типам:

**Аналитические весы.** Это оборудование отвечает 1-2 классу точности и определяет массу объектов с точностью до 5 знака после запятой, а погрешность таких приборов не превышает 0,0002 г (рис. 26, а).

**Лабораторные весы 3,4 класса точности.** Эти приборы определяют массу с точностью до второго или третьего знака после запятой (рис. 26, б).

**Технические весы, соответствующие среднему классу точности.** Они позволяют взвешивать образцы с точностью до 0,1 г (рис. 27). Раньше технические весы, в основном, были механическими, теперь они тоже электронные, с требуемым классом точности. **Но технические механические весы** до сих пор применяются в химической, металлургической, пищевой промышленности, а также в экологических лабораториях. Достоинство механических технических весов – можно взвешивать горячие вещества, предварительно установив на платформу прибора подставку. Именно на таких приборах проводят измерение массы горячих противней с коксом при определении массовой доли общей влаги твердого топлива. И еще преимущество – невысокая стоимость.

В зависимости от класса точности и определяются с тем, какие **лабораторные весы подобрать** для тех или иных целей.

Все весы рекомендуется устанавливать в отдельном помещении. В нем должен быть один вход/выход и минимум окон, чтобы исключить сквозняки. Комната должна быть максимально удалена от источников вибрации. Весы можно располагать на столе; на полке, прикрепленной к стене кронштейном; на ровном фундаменте, гасящем вибрацию, обладающем антистатическими свойствами, выполненном из немагнитных материалов.

Очень важно, чтобы весы располагались точно горизонтально. Платформа весов должна быть закрыта от пыли и потоков воздуха. Весы нужно устанавливать подальше от любых источников тепла и излучений, от компьютера, кондиционера, вентилятора, нагревательных и мощных осветительных приборов. На весы не должен падать прямой солнечный свет.



Рис. 26. Весы электронные  
(а – аналитические, б – лабораторные)



Рис. 27. Весы технические

Взвешивание неагрессивных химических веществ производят с использованием тары для взвешивания. Для этого используют чашки, стаканчики, бюксы, часовые стекла, а для взвешивания небольших количеств неагрессивных химических веществ можно использовать пергаментную бумагу или кальку.

Для взвешивания агрессивных веществ используют закрытые бюксы (стаканчики для взвешивания).

Если необходимо взвесить пробирку, ампулу или колбу с веществом, то используют химические стаканы.

## **5.2. Техника и правила взвешивания на электронных весах**

Взвешивание проводят следующим образом:

1. Перед каждым взвешиванием необходимо проверить, а в случае необходимости установить нулевую точку.

2. Стаканчик для взвешивания помещают на чашку весов и записывают его массу или обнуляют показания весов, нажав кнопку «тара».

3. Затем снимают стаканчик с чашки весов, аккуратно помещают в него взвешиваемое вещество и ставят на весы. Если масса вещества не соответствует заданной, то стаканчик вновь снимают с весов и добавляют (или убирают) необходимое количество вещества.

4. Повторяют операцию нужное число раз. Для взятия точной навески допускается добавлять на весах небольшое количество вещества маленькими порциями.

**Запрещается** взвешивать сыпучие реактивы прямо на чаше весов.

**СДУВАТЬ** реактив – это способ превратить маленькие неприятности в большие. Нужно аккуратно снять чашку (и, если надо, верхний кожух весов); кожух вымыть и насухо протереть; весы протереть влажной тряпкой/салфеткой, насухо вытереть; всё собрать;

Запрещается нагружать весы сверх установленной предельной нагрузки.

Запрещается ставить на весы влажные или грязные предметы.

Запрещается взвешивать горячие или холодные предметы.

Запрещается облакачиваться на полку, на которой установлены весы.

## ГЛАВА 6. ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕМА

Для измерения объема, не требующего большой точности, пользуются мензурками или мерными цилиндрами (рис. 28).



а

б

Рис. 28. Мерная посуда  
(а – мензурка, б – мерный цилиндр)

Для точного измерения объема служат пипетки, мерные колбы, бюретки (см. рис. 14).

**Техника работы с пипетками.** Для наполнения пипетки нижний конец ее опускают в жидкость, к верхнему отверстию присоединяют резиновую грушу, при помощи которой втягивают жидкость так, чтобы она поднялась на 2-3 см выше метки, затем быстро закрывают указательным пальцем правой (левой) руки, придерживая пипетку большим и средним пальцами. Постепенно ослабляют нажим указательного пальца, в результате чего жидкость будет медленно вытекать из пипетки; как только нижний мениск жидкости окажется на одном уровне с меткой, палец снова прижимают. Если на конце пипетки будет висеть капля, ее следует осторожно удалить, введя пипетку в сосуд, отнимают указательный палец и дают жидкости стечь по стенке сосуда. После этого пипетку держат в течение 5 секунд прижатой к стенке сосуда, слегка поворачивая вокруг оси, после чего удаляют пипетку, не обращая внимания на оставшуюся в ней жидкость. Градуированной пипеткой можно отбирать любой объем в пределах ее емкости.

Пипетки должны быть чисто вымытые, их следует хранить в специальном штативе или в стеклянном цилиндре, положив на дно его несколько слоев фильтровальной бумаги.

**Техника работы с мерными колбами.** Мерные колбы применяют для приготовления стандартных растворов и разбавления анализируемых растворов до заданного объема. Это плоскодонные колбы с длинным узким горлом, на котором нанесена круговая метка и указана вместимость колбы. На горле колбы над меткой не должно быть капель жидкости, внутренние стенки колбы должны быть чистыми, и жидкость должна смачивать их ровным слоем. Доводят уровень жидкости до метки в несколько приемов. Сначала колбу заполняют до трети ее объема и перемешивают ее содержимое до полного растворения навески внесенного вещества. Затем добавляют дистиллированную воду на 0,5–1,0 см ниже метки, после чего доводят до метки, добавляя воду по каплям из пипетки. После доведения уровня жидкости до метки колбу закрывают и тщательно перемешивают раствор, переворачивая колбу вверх – вниз. Нагревать мерные колбы нельзя, т. к. произойдет деформация стекла, что приведет к изменению их вместимости.

При измерении объема отсчет уровня жидкости проводят так, чтобы глаз работающего находился на одном уровне с краем мениска. Отсчет объема жидкости в пипетке, бюретке или мерной колбе производят по нижнему краю мениска. Если жидкость не смачивает стекло, или раствор непрозрачный, то по верхнему краю мениска (рис. 29).

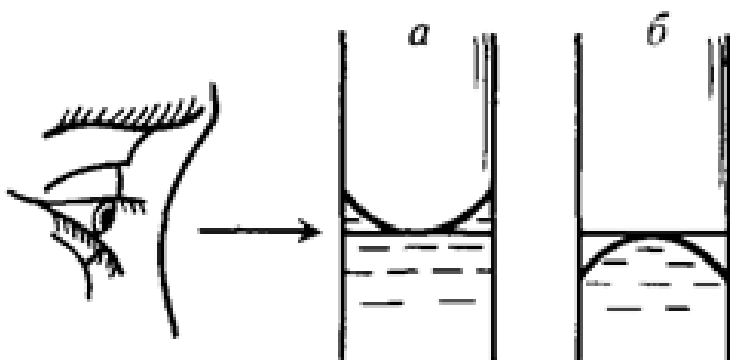


Рис. 29. Техника измерения объема жидкости  
(а – по нижнему мениску, б – по верхнему мениску)



## ГЛАВА 7. ПЕРЕМЕШИВАНИЕ И РАСТВОРЕНИЕ

При проведении лабораторного опыта приходится смешивать в посуде необходимые вещества. Существует несколько простых правил при добавлении и перемешивании реагентов.

**Общее правило:** добавляйте столько вещества, сколько указано в методике проведения опыта. Внимательно читайте названия веществ, указанных на этикетке.

**Перемешивание в пробирке.** При перемешивании веществ в пробирке запрещается встряхивать ее, закрывая отверстие пальцем, т. к. можно, во-первых, повредить палец, а во-вторых, загрязнить содержимое пробирки.

Перемешивание растворов в пробирке производят быстрыми энергичными движениями (постукиваниями). Иногда растворение твердого вещества может занять некоторое время.

Иногда, если в пробирке приходится смешивать жидкость и твердое вещество, пользуются стеклянной палочкой (такой вариант должен быть указан в методике проведения опыта). Перемешивать стеклянной палочкой надо осторожно: медленно, не стучать палочкой по стенкам пробирки, т. к. ее легко пробить. Некоторые из предосторожности надевают на конец палочки маленький кусочек резиновой трубки. Это можно делать только тогда, когда работающий уверен, что содержимое пробирки не вступит в реакцию с резиной. После перемешивания стеклянную палочку нельзя класть на стол, а надо опускать ее в другую чистую пробирку. Если вы хотите использовать эту стеклянную палочку для перемешивания другой жидкости, ее нужно предварительно тщательно вымыть и высушить.

**Перемешивание в стакане.** При смешивании небольших объемов жидкостей перемешивание можно проводить при помощи стеклянной палочки. Если указано в методике, раствор подогревают.

**Перемешивание в колбе.** При перемешивании в колбе ее вращают, придерживая за горлышко. В закрытом сосуде перемешивают путем встряхивания или многократного перевертывания его.

Перемешивать вручную легко только не вязкие жидкости. Чем выше вязкость жидкости, тем труднее ее перемешивать, и обычно в подобных случаях прибегают к механическим способам перемешивания.

**Перемешивание на магнитной мешалке.** Магнитная мешалка чаще всего используется в тех случаях, когда необходимо выполнять такие процессы, как:

- циркуляция;
- перемешивание;
- титрование;
- диспергирование;
- температурная обработка.

Магнитные мешалки лабораторные (рис. 30) представляют собой специальное оборудование, которое за счет воздействия ферро-магнитных частичек может создавать процесс движения различных веществ. Само движение выполняется под влиянием электромагнитного поля. За счет того, что в сосуде располагается специальный стержень магнитного типа (якорь), который покрывается полиэтиленом или же тефлоном, выполняется действие перемешивания жидкостей. В корпусе устройства имеется привод, магнитное поле которого сам стержень приводит в движение.



Рис. 30. Магнитные мешалки

## ГЛАВА 8. ФИЛЬТРОВАНИЕ

Для отделения осадков используется прием, называемый фильтрованием. Сущность фильтрования состоит в том, что жидкость с находящимися в ней частицами твердого вещества пропускают через пористую перегородку. Эта перегородка, задерживающая твердые частицы, называется **фильтром**. Жидкость, прошедшая через фильтр и освобожденная от находившихся в ней твердых частиц, называется **фильтратом**.

Фильтрующие материалы могут быть:

- а) волокнистыми (вата, шерсть, различные ткани, синтетические волокна);
- б) зернистыми (кварцевый песок);
- в) пористыми (бумага, керамика, прессованное стекло).

Выбор фильтрующего материала зависит от требований к чистоте раствора, а также от его свойств. Необходимо помнить, что фильтрующий материал должен удовлетворять двум основным требованиям:

- 1) быть химически инертным по отношению к фильтруемой жидкости и осадку;
- 2) обеспечивать полное и быстрое отделение твердых частиц от жидкой фазы.

В лабораторном практикуме чаще всего используют бумажные и стеклянные пористые фильтры. Выпускаются готовые фильтры – это нарезанные круги разного диаметра из фильтровальной бумаги разной плотности, которую можно определить по цвету ленты, скрепляющей пачку.

Принята следующая маркировка бумаги по её плотности – таблица 1.

Более простая классификация: черная лента – быстрофильтрующие фильтры; белая лента – бумага средней проницаемости (наиболее универсальные); синяя лента – плотные фильтры для отделения мелкозернистых осадков.

Недостаток бумажных фильтров – это их низкая химическая стойкость к агрессивным реагентам. Для таких веществ применяют стеклянные фильтры (рис. 31). Стеклянный пористый фильтр с вплавленной фильтрующей пластиной из прессованного (пористого) стекла устойчив к действию агрессивных реагентов и пригоден для фильтрования кислот и щелочей. Выпускаются фильтры четырех типов с порами разной величины, что обозначается соответствующими номерами фильтра (табл. 2).

Таблица 1

## Классификация бумажных фильтров

Сорт	Уд. вес, г/м <sup>2</sup>	Время фильтр., сек	Свойства	Основные применения
1	2	3	4	5
<b>Черная лента</b>	80	10	Крупнопористая, мягкая бумага с рыхлой структурой, очень высокая скорость фильтрации	Хлопьеподобные и грубые осадки, коллоиды: гидроксиды железа, алюминия, хрома, сульфиды меди, висмута, кобальта, железа, различные металлорганические осадки; определение кремния при анализе сталей. Сорт, наиболее широко используемый для аналитических работ
<b>Белая лента</b>	80	20	Средний размер пор, высокая скорость фильтрации	Крупнодисперсные осадки: сульфиды серебра, мышьяка, аммония, кадмия, свинца, железа и марганца, хромат свинца, карбонаты щелочноземельных металлов и т.д.
<b>Желтая лента</b>	80	20	Средний размер пор, высокая скорость фильтрации, низкое содержание жира	Крупнодисперсные осадки. Особенно подходит для определения жира в природном сырье
<b>Зеленая лента</b>	80	100	Узкие поры, плотная, низкая скорость фильтрации	Фильтрация тонких осадков: сульфат бария, молибдат свинца, диоксид свинца, гидроксид кальция, фторид кальция, сульфид никеля, сульфид олова и т.д.

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
<b>Синяя лента</b>	80	180	Мелкопористая, очень плотная, очень низкая скорость фильтрации	Мелкозернистые осадки: холодно-осажденный сульфат бария, оксид меди и т.д.
<b>Красная лента</b>	80	50	Средняя плотность, умеренная скорость фильтрации	Быстрая фильтрация тонких осадков: магний-аммония фосфат, магний-аммония арсенат и т.д.
<b>Фиолетовая лента</b>	100	250	Самая низкая скорость фильтрации, особо мелкие поры и высокая плотность, наиболее эффективная фильтрация наиболее мелких осадков	Особенно трудные условия фильтрации, мелкозернистые осадки: сульфат бария, оксид меди и т.д.



Рис. 31. Стекланный фильтр (воронка Шотта)

Таблица 2

Типы стеклянных пористых фильтров

Номер фильтра	Размер пор, мкм	Тип осадка
№ 1	100 – 120	Крупнокристаллический
№ 2	40 – 50	Кристаллический
№ 3	20 – 25	Мелкокристаллический
№ 4	4 – 10	Очень мелкокристаллический

**Фильтрация через химическую воронку.** Для фильтрации через химическую воронку используют гладкий или складчатый бумажный фильтр (рис. 32). В зависимости от задач эксперимента проводится фильтрация через воронку как при комнатной, так и при повышенной температуре («горячее фильтрация»).

Гладкий фильтр готовят из круглого фильтра, соответствующего размеру воронки следующим образом:

1. Складываем бумажный кружок пополам, затем еще раз сгибаем полукруг, но не по средней линии, а по близкой ей параллельной линии. Это делается для плотного прилегания фильтра к стенкам воронки.

2. Полученный конус вставляют в воронку (иногда смачивают дистиллированной водой – холодной или горячей). Фильтр всей поверхностью должен плотно прилегать к стенкам воронки.

3. Фильтруемый раствор с взмученным осадком переносят на фильтр (по правилам – по стеклянной палочке).

4. Размер фильтра должен соответствовать размеру осадка. Осадком должно быть заполнено не более 1/3 объема фильтра.

5. Размер воронки подбирается так, чтобы края фильтра были примерно на 0,5 см ниже края воронки.

6. Фильтрация идет тем быстрее, чем больше жидкости на фильтре, но нельзя наливать до уровня бумаги (легко перелить)! Жидкость наливают в воронку не более чем на 2/3 объема.

Если фильтр все же прорвался, надо приготовить новый и отфильтровать заново, в чистую колбу.

Складчатый фильтр используют для ускорения фильтрации, особенно горячего, когда недопустимо охлаждение фильтруемого раствора. Складчатый фильтр готовят из гладкого. Рекомендуемый размер складок по краю фильтра около 5–8 мм.

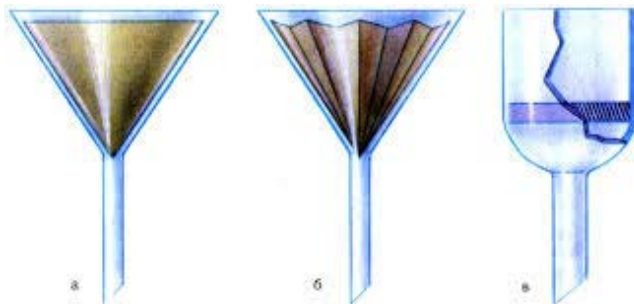


Рис. 32. Фильтры: а – гладкий фильтр, б – складчатый фильтр, в – стеклянный фильтр

**Фильтрация под вакуумом.** В тех случаях, когда фильтрование нужно провести быстро и если в обычных условиях оно вызывает затруднения, пользуются фильтрованием под вакуумом. Сущность его заключается в том, что в приемнике создается уменьшенное давление, вследствие чего жидкость фильтруется под давлением атмосферного воздуха. Чем больше разность между атмосферным давлением и давлением в приемнике, тем быстрее идет фильтрование истинных растворов кристаллических веществ.

Для фильтрования под вакуумом собирают установку, состоящую из фарфоровой воронки Бюхнера или стеклянной воронки Шотта, колбы Бунзена (рис. 33), предохранительной склянки или предохранительного приспособления, помещаемых между колбой Бунзена и вакуум-насосом.

Особенность воронки Бюхнера в том, что внутри установлена пластина с отверстиями. На эту пластину укладывается фильтровальная бумага.

Воронка Бюхнера изготавливается из фарфора и покрывается глазурью со всех сторон, исключая верхнюю кромку. Фарфор – термостойкий и химически стойкий, прочный материал, поэтому воронка подходит для фильтрования химически агрессивных жидкостей (кроме плавиковой кислоты), горячих растворов и расплавов с температурой до +600 °С.

Промышленность выпускает воронки разного диаметра. В российской классификации воронки Бюхнера различаются по номеру (от одного до шести), чем больше номер, тем больше диаметр воронки (от 65 до 215 мм). Соответственно, воронка с большим номером выше, в ней больше отверстий и сами отверстия увеличиваются от 1,25 мм до 3 мм.

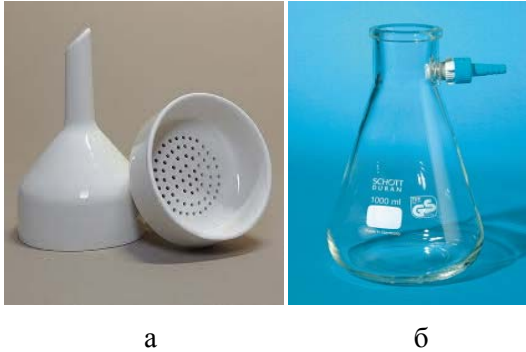


Рис. 33. Приспособления для фильтрования под вакуумом (а – воронка Бюхнера, б – колба Бунзена)

Для фильтрации под вакуумом воронка Бюхнера вставляется в резиновую пробку, которой герметично закрывается сосуд-приемник (колба Бунзена) – это толстостенная коническая колба с боковым отводом для присоединения шланга насоса. Она подсоединяется к водоструйному насосу или линии вакуума (рис. 34).

Скорость фильтрования зависит как от степени разреженности воздуха, так и от диаметра воронки – чем она больше, тем быстрее происходит фильтрование.



Рис. 34. Фильтрование под вакуумом проводится на установке, состоящей из воронки Бюхнера, колбы Бунзена и насоса



## ГЛАВА 9. ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

**Плотность** – это физическая величина, характеризующаяся отношением массы жидкости к объему при определенной температуре:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Единицы измерения плотности –  $\text{кг/м}^3$ , либо  $\text{г/см}^3$ , в зависимости от используемой системы измерений.

Для определения плотности жидкостей используют ареометры (рис. 35). Ареометр представляет собой стеклянную трубку, нижняя часть которой при калибровке заполняется дробью для достижения необходимой массы. В верхней, узкой части находится шкала, которая проградуирована в значениях плотности. Так как плотность жидкостей сильно зависит от температуры, ареометр иногда снабжают термометром.

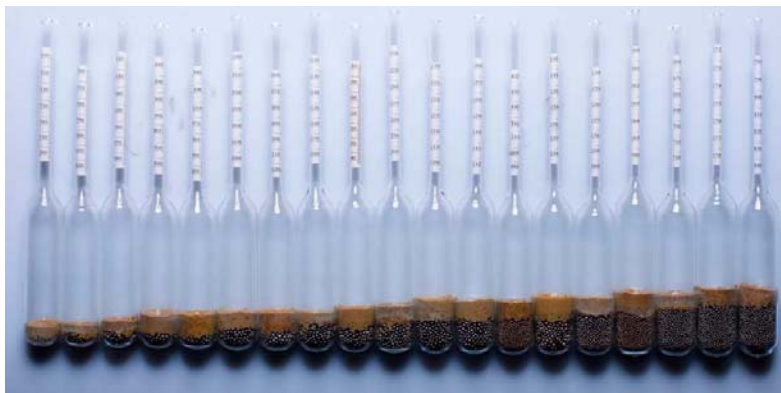


Рис. 35. Набор ареометров

Принцип работы ареометра основан на гидростатическом законе. В соответствии с ним выталкивающая сила, действующая на погруженное тело, равна весу вытесненной жидкости. То есть объем тела, находящегося в жидкости, одинаков объему, который оно способно вытеснить. Так как различные виды веществ имеют отличающуюся плотность, то погружаемый в них прибор опустится на определенную глубину, которая соответствует определенной плотности.

Для измерения плотности жидкости сухой и чистый ареометр помещают в сосуд (цилиндр) с этой жидкостью так, чтобы он свободно плавал в нём. Значения плотности считывают по шкале ареометра, по нижнему краю мениска (рис. 36).



Рис. 36. Измерение плотности жидкости с помощью ареометра

Ареометры применяются для измерения:

1. Плотности электролита в кислотных и щелочных аккумуляторах.
2. Плотности цельного и обезжиренного молока, нефти и нефтепродуктов.
3. Плотностей растворов солей и кислот, растворов цемента, бетона и др.

В зависимости от назначения существует несколько маркировок ареометров. Самые распространенные ареометры общего назначения (АОН). С их помощью можно определить плотности жидкостей в диапазоне от 700 до 2000 кг/м<sup>3</sup>.

Ареометры для нефти имеют маркировку АНТ; для молока – АМ, АМТ; для электролита – АЭ; для кислот – АК; для спирта – АСП; для морской воды – АМВ.

## ГЛАВА 10. ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ

При проведении лабораторных работ, а также для выполнения качественного и количественного анализа основная работа производится с растворами.

Растворами называются гомогенные системы, состоящие из двух и более веществ. В растворе различают растворитель, растворенное вещество и продукты их взаимодействия.

Условно принято считать, что компонент, который в процессе растворения не меняет своего агрегатного состояния, называют растворителем. Компонент, который в процессе растворения меняет свое агрегатное состояние, называют растворенным веществом. Если в процессе растворения оба компонента не меняют свое агрегатное состояние, то растворителем считают тот компонент, который взят в большем количестве.

Обычно при употреблении названия «раствор» имеют в виду *истинные* растворы. В истинных растворах растворенное вещество в виде отдельных молекул распределено среди молекул растворителя. Но не все вещества растворяются одинаково хорошо в любой жидкости, т.н. растворимость различных веществ в тех или иных растворителях различна. Обычно растворимость твердых веществ увеличивается с повышением температуры, поэтому при приготовлении таких растворов во многих случаях необходимо их подогреть.

Любой раствор необходимо правильно приготовить, от этого будет зависеть результаты исследований.

### 10.1. Общие правила приготовления растворов

1. Каждый раствор состоит из нескольких компонентов, которые необходимо либо взвесить, либо отмерить. Для взвешивания используют аналитические весы, а для измерения объема пользуются мерной посудой.

2. Независимо от того, какие (по точности) готовят растворы, применять следует только чистые растворители. Если растворителем служит вода, то можно применять только дистиллированную или деминерализованную воду, а в отдельных случаях даже бидистиллят или специально очищенную дистиллированную воду.

3. Предварительно подготавливают соответствующей емкости посуду, в которой будут готовить и хранить получаемый раствор.

4. Подлежащие растворению твердые вещества, особенно труднорастворимые, рекомендуется измельчать, так как растворение крупных кристаллов и комков происходит очень медленно.

5. Применение для приготовления растворов горячей воды при точных работах не рекомендуется. Хотя нагревание и ускоряет процесс растворения, оно приводит к изменению концентрации за счет испарения и к неточностям в измерении объемов.

6. При растворении сильных кислот, особенно серной и азотной, следует приливать кислоту в воду, но ни в коем случае не наоборот.

7. Растворение сухих щелочей в воде необходимо производить, добавляя щелочь в воду небольшими порциями и осторожно перемешивая. Если оставить гранулированную или чешуируемую щелочь в сосуде с водой на некоторое время без перемешивания, гранулы слипнутся в единый комок, на растворение которого уйдет очень много времени, даже если перемешивание затем возобновить.

8. Концентрированные растворы едких щелочей не рекомендуется хранить; их готовят непосредственно перед употреблением. Если потребность в хранении все же возникает, используют бутылки из полиэтилена.

9. Если необходимо приготовить насыщенный раствор вещества, растворимость которого в воде неизвестна, вещество добавляют небольшими порциями, каждый раз добиваясь полного растворения, до тех пор, пока последняя порция уже не будет растворяться. Следует иметь в виду, что с повышением концентрации раствора скорость растворения падает. Поэтому быть уверенным, что состояние насыщения достигнуто, можно лишь в том случае, если количество твердого вещества не уменьшилось после по крайней мере получасового перемешивания раствора.

Рекомендуется также готовить насыщенный раствор в теплой воде, а затем охладить его до комнатной температуры. Некоторое количество растворенного вещества должно при этом выпасть в осадок. Исключение составляют очень немногие вещества (например, карбонат лития), растворимость которых в воде с повышением температуры уменьшается.

Хранят насыщенные растворы, как правило, с небольшим избытком нерастворившегося твердого вещества.

10. Подлежащие хранению растворы необходимо сразу после приготовления перелить в плотно закрывающиеся сосуды и снабдить этикетками с указанием названия и формулы растворенного вещества, концентрации раствора и даты его приготовления. Вместимость сосуда для хранения должна быть такой, чтобы раствор заполнял его почти доверху.

## 10.2. Способы выражения концентрации растворов

Одной из важнейших характеристик раствора является концентрация, выражающая содержание растворенного вещества в определенном количестве раствора или растворителя. В каждом растворе содержание вещества различно, поэтому важно знать количественный состав раствора. Существуют различные способы выражения концентрации растворов: в массовых долях растворенного вещества, молях на 1 л раствора, эквивалентах на 1 л раствора, граммах или миллиграммах на 1 мл раствора и др.

Наиболее распространенными являются следующие способы выражения концентрации:

**1. Массовая доля растворенного вещества  $\omega$**  – это безразмерная величина, равная отношению массы растворенного вещества  $m_{в-ва}$  к общей массе раствора  $m_{р-ра}$ :

$$\omega = \frac{m_{в-ва}}{m_{р-ра}} \quad (1)$$

Массовую долю растворенного вещества выражают в долях единицы или, чаще всего, в процентах, поэтому такая концентрация называется **процентной**

$$C_{\%} = \frac{m_{в-ва}}{m_{р-ра}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где:  $m_{в-ва}$  – масса растворенного вещества, г;  $m_{р-ра}$  – масса раствора, г.

Другими словами, **что процентная концентрация показывает, сколько граммов растворенного вещества содержится в 100 граммах раствора.** Например, массовая доля растворенного

вещества  $\text{CaCl}_2$  в воде равна 0,06 или 6%. Это означает, что в растворе хлорида кальция массой 100 г содержится хлорид кальция массой 6 г и вода массой 94 г.

**Задача:** Сколько грамм сульфата натрия и воды нужно для приготовления 300 г 5% раствора?

**Решение:** из формулы (2) видно, что:  $w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4) \times 100\%}{m}$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{w(\text{Na}_2\text{SO}_4) \times m}{100} = \frac{5 \times 300}{100} = 15 \text{ (г)},$$

где  $w(\text{Na}_2\text{SO}_4)$  – массовая доля вещества в %;

$m$  – масса раствора, г.

масса воды  $m(\text{H}_2\text{O}) = 300 - 15 = 285 \text{ (г)}$ .

Таким образом, для приготовления 300 г 5% раствора сульфата натрия надо взять 15 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и 285 г воды.

**2. Молярная концентрация  $C_{(м)}$**  определяется числом молей растворенного вещества, содержащегося в 1 л раствора. Следует напомнить, что такое моль вещества. Каждый химический элемент отличается от других не только химическим символом (качественная характеристика), но некоторыми количественными параметрами. К ним относятся, прежде всего, атомная масса элемента и заряд его ядра (или порядковый номер элемента). Эти характеристики для каждого атома элемента приведены в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Однако следует отметить, что приведенные массы атомов являются относительными величинами (так называемыми, атомными единицами массы или а.е.м.). Молекулярная масса химического соединения также легко определима, так как она равна сумме атомных масс составляющих данную молекулу атомов.

Однако количественные расчеты на практике необходимо проводить в привычных единицах массы (граммы, килограммы и т.д.), поэтому основная трудность, с которой сталкиваются при изучении химии – переход от относительных атомных и молекулярных масс химических веществ к единицам массы. Переход к более привычным единицам массы (в граммах, например) легко осуществим, если использовать для этого одно из основных понятий химии – моль вещества. **Моль вещества – это количество**

вещества, содержащее  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомов или молекул этого вещества. Количественно масса 1 моль вещества – масса вещества в граммах, численно равная его атомной или молекулярной массе.

**Пример:** молекулярная масса воды  $H_2O$  равна 18 а.е.м. (атомная масса водорода – 1, кислорода – 16, итого  $1 + 1 + 16 = 18$ ). Значит, один моль воды равен по массе 18 граммов, и эта масса воды содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул воды.

Аналогично, масса 1 моля серной кислоты  $H_2SO_4$  равна 98 граммов ( $1 + 1 + 32 + 16 + 16 + 16 + 16 = 98$ ), а масса одной молекулы  $H_2SO_4$  равна:

$$98 \text{ г} / 6,02 \cdot 10^{23} = 16,28 \cdot 10^{-23} \text{ г}.$$

Число  $6,02 \cdot 10^{23}$  называется числом Авогадро и является важнейшей мировой константой ( $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ ).

Таким образом, любое химическое соединение характеризуется массой одного моля или мольной (молярной) массой  $M$ , выражаемой в г/моль. Значит,  $M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}$ , а  $M(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль}$ .

Связь между количеством  $n$  (в молях) и массой  $m$  (в граммах) вещества выражается формулой:

$$m = nM \quad (3)$$

$M$  – молекулярная масса вещества.

Итак, молярная концентрация показывает, сколько моль растворенного вещества содержится в 1 л раствора.

$$C(B) = n(B)/V = \frac{m(B)}{(M(B) \times V)} \quad (4)$$

где  $M(B)$  – молярная масса растворенного вещества, г/моль.

Молярная концентрация измеряется в моль/л и обозначается  $M$ . Например, 2 М NaOH – двухмолярный раствор гидроксида натрия. Один литр такого раствора содержит 2 моль вещества или 80 г ( $M_{NaOH} = 40 \text{ г/моль}$ ).

**Задача:** Какую массу хромата калия  $K_2CrO_4$  нужно взять для приготовления 1, 2 л 0,1 М раствора?

**Решение:** из формулы (4) видно, что  $m(B) = C(B) \times M(B) \times V$ .

$$m(K_2CrO_4) = C(K_2CrO_4) \times M(K_2CrO_4) \times V = 0,1 \text{ моль/л} \times 194 \text{ г/моль} \times 1,2 \text{ л} = 23,3 \text{ г}.$$

Таким образом, для приготовления 1, 2 л 0,1 М раствора хромата калия нужно взять 23,3 г  $K_2CrO_4$ , растворить в воде, довести объем до 1,2 л.

**3. Нормальная концентрация или молярная концентрация эквивалентов  $C_H$  (нормальная концентрация)** – это количество эквивалентов растворенного вещества, содержащегося в литре раствора.

Этот способ выражения концентрации растворов применяется в тех случаях, когда растворенное вещество участвует в какой-либо реакции, и для выполнения расчетов, где удобно применить закон эквивалентов.

Другими словами: **раствор в 1 л которого содержится 1 моль эквивалентов вещества, называют нормальным и обозначают 1н.**

На практике нормальную концентрацию по аналогии с молярной выражают в моль/л (в специальной литературе можно встретить написание г-эquiv/л или моль-эquiv/л).

$$N(B) = \frac{m(B)}{E(B) \times V} \quad (5)$$

где:  $m(B)$  – масса растворенного вещества, г;  $E(B)$  – грамм-эквивалент вещества;  $V$  – объем раствора, мл, л (или соответственно: см<sup>3</sup>, дм<sup>3</sup>).

Величина  $E(B)$  определяется или экспериментально, или, чаще всего, исходя из химической формулы вещества и его принадлежности к тому или иному классу химических соединений (мы будем рассматривать только неорганические соединения).

**Грамм-эквивалентом** вещества называется количество граммов вещества, численно равное его эквиваленту. Для сложных веществ – это количество вещества, соответствующее прямо или косвенно при химических превращениях 1 грамму водорода или 8 граммам кислорода.

Эквивалент – это условная единица, равноценная одному иону  $H^+$  в кислотно-основных реакциях или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях. Для приготовления растворов, содержащих определенное количество эквивалентов данного вещества, необходимо уметь подсчитать молярную массу эквивалента (эквивалентную массу), т.е. массу одного эквивалента. Следует учитывать, что эквивалент, а, следовательно, и эквивалентная масса не является постоянной величиной для данного соединения, а зависит от типа реакции, в которую вступает соединение.



Для реакций **полного обмена** или **полного обмена** или **полной нейтрализации** значения эквивалентов можно вычислить по формулам (6–9).

$$Э_{\text{основания}} = M_{\text{основания}} / \text{число замещаемых в реакции гидроксильных групп}; \quad (6)$$

$$Э_{\text{кислоты}} = M_{\text{кислоты}} / \text{число замещаемых в реакции атомов водорода}; \quad (7)$$

$$Э_{\text{соли}} = M_{\text{соли}} / \text{произведение числа катионов на его заряд}; \quad (8)$$

$$Э_{\text{оксида}} = M_{\text{оксида}} / \text{произведение атомов кислорода на 2}. \quad (9)$$

**Задача:** Вычислите значение грамм-эквивалента (г-эkv.) серной кислоты, гидроксида кальция и сульфата алюминия.

**Решение:**

$$Э \text{ H}_2\text{SO}_4 = M \text{ H}_2\text{SO}_4 / 2 = 98 / 2 = 49 \text{ г}$$

$$Э \text{ Ca(OH)}_2 = M \text{ Ca(OH)}_2 / 2 = 74 / 2 = 37 \text{ г}$$

$$Э \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 = M \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 / (2 \times 3) = 342 / 6 = 57 \text{ г}$$

Величины нормальности обозначают буквой «н» (или «N»). Например, децинормальный раствор серной кислоты обозначают «0,1 N раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ». Так как нормальность может быть определена только для данной реакции, то в разных реакциях величина нормальности одного и того же раствора может оказаться неодинаковой. Так, одномолярный раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  будет однонормальным, когда он предназначается для реакции со щёлочью с образованием гидросульфата  $\text{NaHSO}_4$ , и двухнормальным в реакции с образованием  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

**Задача:** Рассчитайте молярность и нормальность 70% раствора серной кислоты ( $\rho = 1.615 \text{ г/мл}$ ).

**Решение:** Для вычисления молярности и нормальности необходимо знать число граммов  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в 1 л раствора. 70% -ный раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  содержит 70 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Исходя из формулы расчета плотности раствора:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (10)$$

это весовое количество занимает объем:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100 \text{ г}}{1,615 \text{ г/мл}} = 61,92 \text{ мл}$$

В 1 л раствора содержится:

61,92 мл – 70 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$

1000 мл –  $x$  г  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$$x = \frac{70 \times 1000}{61,92} = 1130,49 \text{ г } \text{H}_2\text{SO}_4$$

Отсюда молярность данного раствора получим делением числа граммов вещества в 1 л раствора на мольную массу.

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1130,49/98 = 11,53 \text{ М.}$$

Нормальность этого раствора (считая, что используемая в данной реакции кислота двухосновная) равна:  $1130,49/49 = 23,06 \text{ н.}$

**Пересчет концентраций растворов из одних единиц в другие.** При пересчете процентной концентрации в молярную и наоборот, необходимо помнить, что процентная концентрация рассчитывается на определенную массу раствора, а молярная и нормальная – на объем, поэтому для пересчета необходимо знать плотность раствора. Если мы обозначим:  $C$  – процентная концентрация;  $M$  – молярная концентрация;  $n$  – нормальная концентрация;  $\mathcal{E}$  – эквивалентная масса,  $\rho$  – плотность раствора;  $m$  – мольная масса, то формулы для пересчета из процентной концентрации будут следующими:

$$M = \frac{(C \times \rho \times 10)}{m} \quad (11)$$

$$n = \frac{(C \times \rho \times 10)}{\mathcal{E}} \quad (12)$$

Этими же формулами можно воспользоваться, если нужно пересчитать нормальную или молярную концентрацию на процентную.

**Задача:** Какова молярная и нормальная концентрация 12%-ного раствора серной кислоты, плотность которого  $\rho = 1,08 \text{ г/см}^3$ ?

**Решение.** Мольная масса серной кислоты равна 98. Следовательно,  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$  и  $\mathcal{E}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 : 2 = 49$ . Подставляя необходимые значения в формулы, получим:

а) Молярная концентрация 12% раствора серной кислоты равна  $M = (12 \times 1,08 \times 10) / 98 = 1,32 \text{ М};$

б) Нормальная концентрация 12% раствора серной кислоты равна  $n = (12 \times 1,08 \times 10) / 49 = 2,64 \text{ н.}$

Иногда в лабораторной практике приходится пересчитывать молярную концентрацию в нормальную и наоборот. Если эквивалентная масса вещества равна мольной массе (Например, для HCl, KCl, KOH), то нормальная концентрация равна молярной концентрации. Так, 1 N раствор соляной кислоты будет одновременно 1 M раствором. Однако для большинства соединений эквивалентная масса не равна мольной и, следовательно, нормальная концентрация растворов этих веществ не равна молярной концентрации.

Для пересчета из одной концентрации в другую можно использовать формулы:  $M = \frac{N \times \varepsilon}{m}$  и  $n = \frac{M \times m}{\varepsilon}$ .

**Задача:** Нормальная концентрация 1 M раствора серной кислоты

$$n = (1 \times 98) / 49 = 2 \text{ н.}$$

**Задача:** Молярная концентрация 0,5 N Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

$$M = (0,5 \times 53) / 106 = 0,25 \text{ M.}$$

### 10.3. Расчеты, связанные с приготовлением растворов

#### 1. Приготовление процентных растворов

- используя формулу (2), рассчитываем практическую навеску вещества;
- рассчитываем необходимое количество растворителя, т.е. воды;
- взвешиваем необходимое количество вещества в граммах на лабораторных весах, переносим навеску в посуду. Раствор не обязательно готовить в мерной посуде. Приливаем к навеске рассчитанное количество воды. Т.к. относительная плотность воды равна 1,0; то для воды единицы массы и единицы объема равнозначны. Поэтому цилиндром отмеривают такой объем в миллилитрах, какой был рассчитан в граммах.

#### 2. Приготовление молярных растворов

- исходя из формулы (3), рассчитываем величину навески вещества в граммах:  $m_{\text{в-ва}} = C_M \times M_{\text{в-ва}} \times V_{\text{р-ра}}$ , где  $C_M$  – заданная величина молярности, моль/л;  $M_{\text{в-ва}}$  – молекулярная масса вещества, г/моль;

$V_{P-PA}$  – необходимый объем раствора, л.

- взвешиваем на лабораторных весах в стаканчике (бюксе) либо на часовом стекле необходимую навеску вещества;
- количественно, небольшими порциями переносим навеску вещества через воронку в мерную колбу необходимого объема, несколько раз промывают стаканчик (бюкс или часовое стекло) струей воды из промывалки так, чтобы все содержимое колбы попало в воронку, вставленную в колбу, после чего воронку также тщательно промывают (объем воды и вещества не должен превышать половины емкости колбы);
- после полного растворения реактива и достижения раствором температуры  $20^{\circ}\text{C}$ , доводим объем в колбе водой до метки, тщательно перемешиваем многократным переворачиванием мерной колбы.

### **3. Приготовление нормальных растворов**

- исходя из формулы (4) рассчитываем величину навески вещества в граммах:  $m_{B-BA} = C_n \times M_{ЭК} \times V_{P-PA}$ ,

где  $C_n$  – заданная величина нормальности, моль/л;

$M_{ЭК}$  – молярная масса эквивалента, г/моль;

$V_{P-PA}$  – необходимый объем раствора, л.

- взвешиваем на лабораторных весах в стаканчике (бюксе) либо на часовом стекле необходимую навеску вещества;
- количественно, небольшими порциями переносим навеску вещества через воронку в мерную колбу необходимого объема, несколько раз промывают стаканчик (бюкс или часовое стекло) струей воды из промывалки так, чтобы все содержимое колбы попало в воронку, вставленную в колбу, после чего воронку также тщательно промывают (объем воды и вещества не должен превышать половины емкости колбы);
- после полного растворения реактива и достижения раствором температуры  $20^{\circ}\text{C}$ , доводим объем в колбе водой до метки, тщательно перемешиваем многократным переворачиванием мерной колбы.

## 10.4. Приготовление растворов солей

**Задание 1.** Как приготовить раствор соли заданной *весовой* процентной концентрации, если соль – твердое вещество, не содержащее кристаллизационную воду? Растворитель – вода.

Весовые процентные растворы – это растворы, содержащие определенное количество вещества в граммах в 100 граммах раствора.

1. Рассчитываем практическую навеску вещества. Она равна указанной величине процента в граммах.

2. Рассчитываем необходимое количество растворителя, т.е. воды.

3. Взвешиваем необходимое количество вещества на весах, переносим навеску в химическую посуду, например, в стакан (процентные растворы не обязательно готовить в мерной посуде). Приливаем к навеске рассчитанное количество воды. Так как относительная плотность воды  $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$ , то для воды единицы массы и единицы объема равнозначны. Поэтому отмеривают такой объем в миллилитрах, какой был рассчитан в граммах.

**Задание 2.** Приготовление *молярных* растворов солей.

Молярными называют растворы, содержащие определенное количество грамм-молей вещества в 1 л раствора. Грамм-моль вещества – это количество вещества в граммах, численно равное его молекулярной массе:

1 М – молярный раствор,

0,1 М – децимолярный раствор,

0,01 М – сантимольный раствор,

0,001 М – миллимолярный раствор.

1. Рассчитываем величину навески соли в граммах. Навеска равна заданной величине молярности, умноженной на молярную массу вещества.

2. Переносим навеску в мерную колбу на 1 л и после растворения в небольшом количестве дистиллированной воды доводим объем до метки. Перемешиваем раствор, многократным переворачиванием мерной колбы. Если нет необходимости готовить в большом количестве (1 л) молярные растворы, то можно раствор готовить в мерной колбе меньшего объема, но обязательно в кратное число раз уменьшая и навеску растворяемого вещества.

### Задание 3. Приготовление *нормальных* растворов.

Нормальными называют растворы, содержащие определенное количество грамм-эквивалента в 1 л раствора. Грамм-эквивалент вещества – это количество вещества в граммах, численно равное его эквиваленту. Под эквивалентом вещества понимают часть его молекулы, способную принять участие в реакциях.

Эквивалент соли равен молекулярной массе соли, деленной на произведение числа атомов металла на его валентность.

1. Рассчитываем эквивалент вещества.
2. Рассчитываем величину навески вещества в граммах. Здесь навеска = заданная величина нормальности  $\times$  г-эquiv вещества  $\times$  1 (л).
3. Переносим навеску соли в мерную колбу на 1 л, растворяем в небольшом количестве дистиллированной воды, доводим объем до метки, перемешиваем.

## 10.5. Приготовление растворов кислот

**Задание 1.** Какое количество 96%-ного раствора серной кислоты (плотностью  $1,84 \text{ г/см}^3$ ) нужно взять для приготовления 250 мл раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с молярной концентрацией 0.5 моль/л?

**Решение.** Молярная концентрация показывает, сколько молей вещества содержится в 1 литре раствора.

Масса моля серной кислоты:  $M = 1 \times 2 + 32 + 4 \times 16 = 98 \text{ г/моль}$ .

Раствор, который надо получить, 0,5-молярной концентрации, т.е. в литре его растворено 0,5 моля кислоты. Учитывая, что масса 1 моля, как посчитано вначале, равна 98 г/моль, то масса половинки моля  $98/2 = 49 \text{ г/моль}$ . Вот именно столько грамм серной кислоты должно быть растворено в литре раствора, который нужно получить.

В 250 мл, соответственно:  $250 \times 49 / 1000 = 12,25 \text{ грамм}$ . Из всего этого следует, что мы должны взять столько мл исходного раствора, в котором содержится 12,25 грамм серной кислоты.

Процентная концентрация показывает, сколько грамм растворенного вещества содержится в 100 граммах раствора. Имеем раствор 96%, т.е. в 100 граммах раствора 96 грамм серной кислоты.

Переведём 100 грамм в миллилитры:  $\rho = m/V$ ,  $V = m/\rho$ , где  $m$  – масса раствора,  $\rho$  – плотность раствора.

$$V = 100/1,84 = 54,35 \text{ мл.}$$

Значит, 96 грамм серной кислоты у нас содержатся в 54,35 мл исходного раствора, а требуемые 12,25 грамм кислоты содержатся в:  $(12,25 \times 54,35) / 96 = 6,94 \text{ мл.}$

**Техника приготовления.** Для приготовления 250 мл раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с молярной концентрацией 0,5 моль/л из имеющегося 96%-ного раствора серной кислоты, необходимо специальной градуированной пипеткой (или из бюретки) поместить 6,94 мл 96% серной кислоты в мерную колбу на 250 мл, в которую предварительно налили примерно 100 мл дистиллированной воды. Раствор довести до метки водой и перемешать.

**Задание 2.** Приготовить 250 мл 0,5 н серной кислоты из исходной:  $\rho = 1,732 \text{ г/см}^3$ , ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 80%.

**Решение.** Нормальность – это число эквивалентов растворенного вещества, содержащихся в 1 л раствора.

$$\text{Э}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = M_{\text{H}_2\text{SO}_4}/2 = 98/2 = 49 \text{ г}$$

$$1 \text{ н}_{\text{H}_2\text{SO}_4} - 49 \text{ г}$$

$$0,5 \text{ н} - x \text{ г}$$

$$x = \frac{49 \times 0,5}{1} = 25,5 \text{ г H}_2\text{SO}_4$$

Имеем исходную кислоту 80%, т.е.

$$100 \text{ г р-ра сод.} - 80 \text{ г H}_2\text{SO}_4$$

$$x \text{ г р-ра сод.} - 24,5 \text{ г H}_2\text{SO}_4$$

$$x = \frac{24,5 \times 100}{80} = 30,63 \text{ г, но кислоту в граммах взвешивать не}$$

удобно, поэтому пересчитываем граммы в мл

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

$$V = 30,63 / 1,732 = 4,4 \text{ мл}$$

Объем раствора концентрированной серной кислоты 4,4 мл.

**Техника приготовления.** В мерную колбу на 250 мл налить дистиллированной воды примерно до половины, добавить пипеткой или из бюретки 4,4 мл 80% серной кислоты довести до метки, перемешать.

**Задание 3.** Какой объем концентрированной серной кислоты необходим для приготовления 1 л сантиormalьного раствора.

**Решение.** Сантиormalьный раствор – это 0,01 н. Для приготовления 0,01-нормального раствора серной кислоты необходимо иметь данные по ее концентрации.

Концентрацию серной кислоты можно определить по удельному весу, который в свою очередь устанавливается по показателю ареометра, опущенного в цилиндр, заполненный данной кислотой. Зная удельный вес серной кислоты, можно установить при помощи справочной таблицы ее концентрацию. Иначе говоря, можно определить, какое количество химически чистой кислоты содержится в том или ином объеме смеси, а также какому процентному содержанию соответствует это количество (промышленность выпускает серную кислоту с примесью небольшого количества воды и некоторых других веществ).

Молекулярная масса серной кислоты 98,06, а эквивалентная 49,03 г. Следовательно, 1 л 0,01-нормального раствора серной кислоты должен содержать:

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n \times \text{Э} \times V = 0,01 \times 49,03 \times 1 = 0,4903 \text{ г (чистой кислоты)}$

$n$  – нормальность кислоты, г-экв/л;

$\text{Э}$  – эквивалентная масса серной кислоты, г;

$V$  – необходимый объем, л.

Измеряем ареометром плотность серной кислоты. Она равна 1,84 г/см<sup>3</sup>.

По справочнику определяем концентрацию серной кислоты. Концентрация составляет 96%, т. е. в 100 г раствора содержится 96 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Переведем 100 г в мл.

$$v = \frac{100}{1,84} = 54,35 \text{ мл}$$

Рассчитываем, сколько мл концентрированной (96%) серной кислоты необходимо для приготовления 0,01 н раствора.

54,35 мл раствора – 96 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

$x$  мл раствора – 0,4903 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

$x = 0,28 \text{ мл}$ .

**Техника приготовления.** Для приготовления 1 л 0,01 н раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> имеющегося 96%-ного раствора серной кислоты, необходимо специальной градуированной пипеткой (или из микробюретки) поместить 0,28 мл 96% серной кислоты в мерную колбу на 1 л, в которую предварительно налили примерно 100 мл дистиллированной воды. Раствор довести до метки водой и перемешать.



## 10.6. Приготовление растворов оснований

Расчеты количества вещества, необходимого для приготовления растворов оснований (щелочей) аналогичны расчетам при приготовлении растворов солей. Но необходимо учитывать некоторые особенности.

Ввиду того, что гидроксиды щелочных металлов содержат примеси карбонатов, влаги и других веществ, приготовить раствор точно заданной концентрации из кристаллической щелочи и воды невозможно. Поэтому готовят раствор с приближенной концентрацией и уточняют ее титрованием раствора с точно известной концентрацией.

**Задание 1.** Пусть требуется приготовить 250 мл 0,1 Н раствора NaOH.

**Решение.** Рассчитаем навеску щелочи, необходимую для приготовления заданного раствора.

Из формулы (5):

$$N(B) = \frac{m(B)}{(\varepsilon(B) \times V)}$$

$$m(B) = N(B) \times V \times \varepsilon(B)$$

$$\varepsilon_{\text{NaOH}} = 40 \text{ г}$$

$$V = 0,25 \text{ л}$$

$$N(B) = 0,1 \text{ г-экв/л}$$

$$m_{\text{NaOH}} = 0,1 \times 0,25 \times 40 = 1 \text{ (г)}.$$

**Техника приготовления.** Приготовленную навеску перенести в плоскодонную колбу или стакан (ТС), отмерить цилиндром необходимое количество воды. Постепенно прибавляя воду, растворить щелочь. По мере необходимости добавлять следующие порции воды. По окончании процедуры раствор тщательно перемешать.

**Техника приготовления.** Приготовленную навеску перенести в плоскодонную колбу или стакан (ТС), отмерить цилиндром необходимое количество воды. Постепенно прибавляя воду, растворить щелочь. По мере необходимости добавлять следующие порции воды. По окончании процедуры раствор тщательно перемешать.

### 10.7. Особенности приготовления некоторых реактивов

*1. Приготовление титрованного раствора из фиксанала (стандарт-титра).* Фиксанал (стандарт-титр) представляет собой точно отвешенную массу вещества или его раствора, запаянного в стеклянную ампулу (рис. 37). Фиксанал продается в коробках по 10 ампул. На каждой ампуле имеется штемпель или этикетка с обозначением формулы находящегося в ампуле вещества и его количества – 0,1 или 0,01 экв.



Рис. 37. Фиксаналы (растворы)



а

б

Рис. 38. Фиксаналы (кристаллические вещества): а – в стеклянной ампуле, б – в пластиковом флаконе)

При количественном перенесении содержимого ампулы в мерную колбу и разбавлении его до 1 л получают точно 0,1 или 0,01 н раствор.

Для приготовления раствора сначала удаляют теплой водой штемпель (или этикетку) с ампулы, затем ополаскивают ее дистиллированной водой. В обычную химическую воронку помещают коротким острым концом вверх боек с крестовидным утолщением, который обычно прилагается к каждой коробке фиксаля. Воронку с бойком вставляют в горло мерной колбы вместимостью 1 л. Затем дно ампулы разбивают осторожным ударом об острый конец бойка, после чего пробивают вторым бойком боковое или верхнее углубление ампулы.

Содержимое ампулы тщательно вымывают струей воды из промывалки в мерную колбу (минимум шестикратным объемом). Вещество в колбе растворяют в воде и доводят объем раствора до метки. Колбу закрывают пробкой и раствор хорошо перемешивают.

Фиксаны едких щелочей могут храниться до 6 месяцев, так как при более длительном хранении реактивы загрязняются продуктами выщелачивания стекла. Фиксаны солей и кислот могут храниться неограниченное время.

Сейчас нередко можно встретить стандарт-титры с кристаллическими веществами, упакованные в пластиковые флаконы (рис. 38, б). Принцип приготовления титрованного раствора тот же: количественный перенос содержимого в мерную колбу.

**2. Спиртовые растворы щелочей** готовят путем растворения при охлаждении навески щелочи в спирте или в водноспиртовой смеси. При анализе часто применяют раствор едкого кали в 90%-ном (объемн.) спирте. Этот раствор готовят растворением чешуйчатого химически чистого едкого кали в дистиллированной воде и разбавлением полученного раствора до нужного объема 96%-ным спиртом.

Объем 90%-ного спирта будет примерно равен объему раствора. Объем 96%-ного спирта рассчитывают по формуле:

$$V_{96} = 90V / 96, \quad (13)$$

где  $V$  – объем раствора.

Объем дистиллированной воды для предварительного растворения навески щелочи определяют по разности объемов раствора и 96%-ного спирта.

Растворение щелочи и разбавление раствора проводят при охлаждении. Объемную процентную концентрацию спирта предварительно определяют ареометром для спирта.

Если в спирте содержатся примеси, особенно непредельные соединения, то спиртовые растворы щелочей желтеют и темнеют, так как щелочи вызывают их осмоление. Поэтому для приготовления растворов щелочей нужно применять спирт, свободный от примесей, способных к осмолению. Спирт можно освободить от этих примесей, смешивая его с едким кали, из расчета 10 г едкого кали на 1 л спирта. Смесь кипятят 30 мин с обратным холодильником, а затем отгоняют.

**3. Перекристаллизация** применяется в двух основных случаях. Во-первых, многие кристаллогидраты при длительном хранении выветриваются (или, наоборот, расплываются), и их точный состав неизвестен. При перекристаллизации из раствора выделяются кристаллогидраты стехиометрического состава. Во-вторых, перекристаллизацию применяют для очистки твердых растворимых в воде веществ от содержащихся в них примесей.

Перекристаллизацию проводят по следующей схеме:

1. Основываясь на данных по растворимости, рассчитывают теоретический процент потерь при перекристаллизации, на основании этого – необходимую навеску вещества и объем воды. Необходимо взять приблизительно 20% избыток вещества и растворителя по отношению к необходимому.

2. Растворяют вещество при нагревании в дистиллированной воде или в подходящем органическом растворителе при определенной температуре. В горячий растворитель небольшими порциями вводят кристаллическое вещество до тех пор, пока оно перестанет растворяться, то есть образуется насыщенный при данной температуре раствор.

3. Горячий раствор отфильтровывают на воронке для горячего фильтрования.

4. Охлаждают полученный маточный раствор сначала до комнатной температуры, а затем до 0°C в охлаждающей смеси.

5. Выпавшие кристаллы переносят на воронку Бюхнера и промывают холодным маточным раствором (если вещество плохо растворяется в воде, можно дополнительно промыть его холодной дистиллированной водой).

6. В зависимости от свойств перекристаллизуемого вещества, его высушивают на воздухе, между листами фильтровальной бумаги или в электрическом сушильном шкафу.

7. Взвешивают полученное вещество, рассчитывают процент потерь по отношению к массе взятого вещества и с учетом растворимости вещества в воде при 0°C.

#### **4. Приготовление растворов солей из кристаллогидратов.**

Кристаллогидраты – вещества, содержащие молекулы воды и образующиеся, если в кристаллической решётке катионы образуют более прочную связь с молекулами воды, чем связь между катионами и анионами в кристалле безводной соли. Типичными кристаллогидратами являются многие природные минералы, например гипс, карналлит и др.

Кристаллогидрат содержит воду, которая при приготовлении водных растворов становится частью растворителя, следовательно, это необходимо учитывать при приготовлении растворов солей из их кристаллогидратов. Приготовление таких растворов рассмотрим на примере.

Необходимо рассчитать, сколько грамм кристаллогидрата пентасульфата меди  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  необходимо взять для приготовления 200 мл 0,1 м раствора  $\text{CuSO}_4$ .

#### **Решение:**

М.м  $\text{CuSO}_4$  – 160 г

М.м  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  = 250 г

Находим, сколько взяли бы безводной соли:

$$m_{\text{Б-ВА}} = C_{\text{М}} \times M_{\text{Б-ВА}} \times V_{\text{Р-РА}} = 0,1 \times 160 \times 0,2 = 3,2 \text{ г (CuSO}_4\text{)}$$

Но мы имеем в наличии кристаллогидрат  **$\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$**

$$X_{\text{г кристаллогидрата}} = G_{\text{безводной соли}} \times \frac{\text{Мм кристаллогидрата}}{\text{Мм безводной соли}}$$

$$X_{\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{3.2 \times 250}{160} = 5 \text{ г}$$

**Техника приготовления:** взвесить на лабораторных весах в стаканчике 5,0 г  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ . Количественно перенести навеску в мерную колбу на 200 мл через воронку, обмыть стаканчик несколько раз дистиллированной водой из промывалки, обмыть воронку. После полного растворения реактива довести объем в колбе водой до метки, тщательно перемешать многократным переворачиванием.

### 10.8. Особенности приготовления растворов разных концентраций

При приготовлении раствора с определенной нормальной концентрацией путем разбавления более концентрированного раствора объем концентрированного раствора (мл) рассчитывают по формуле:

$$V_{\text{к}} = \frac{N \Delta V}{T_{\text{к}}} \quad (14)$$

где  $T_{\text{к}}$  – концентрация концентрированного раствора, г/л,

$\Delta$  – эквивалент растворяемого вещества;

$N$  – требуемая нормальность раствора, г-экв/л;

$V$  – объем раствора, мл

или:

$$V_{\text{к}} = \frac{NV}{N_{\text{к}}} \quad (15)$$

где  $N_{\text{к}}$  – нормальность концентрированного раствора, или:

$$V_{\text{к}} = \frac{\Delta NV}{10 \rho_{\text{к}} r_{\text{к}}} \quad (16)$$

где  $r_{\text{к}}$  – процентная концентрация концентрированного раствора;

$\rho_{\text{к}}$  – плотность концентрированного раствора, г/см<sup>3</sup>.

**Спиртовые растворы щелочей** готовят путем растворения при охлаждении навески щелочи в спирте или в водноспиртовой смеси. При анализе часто применяют раствор едкого кали в 90%-ном (объемн.) спирте. Этот раствор готовят растворением чешуйчатого химически чистого едкого кали в дистиллированной воде и разбавлением полученного раствора до нужного объема 96%-ным спиртом.

Объем 90%-ного спирта будет примерно равен объему раствора. Объем 96%-ного спирта рассчитывают по формуле:

$$V_{96} = 90V / 96, \quad (17)$$

где  $V$  – объем раствора.

Объем дистиллированной воды для предварительного растворения навески щелочи определяют по разности объемов раствора и спирта 96%-ного.

Растворение щелочи и разбавление раствора проводят при охлаждении. Объемную процентную концентрацию спирта предварительно определяют спиртомером.

Если в спирте содержатся примеси, особенно непредельные соединения, то спиртовые растворы щелочей желтеют и темнеют, так как щелочи вызывают их осмоление. Поэтому для приготовления растворов щелочей нужно применять спирт, свободный от примесей, способных к осмолению. Спирт можно освободить от этих примесей, смешивая его с едким кали, из расчета 10 г едкого кали на 1 л спирта. Смесь кипятят 30 мин с обратным холодильником, а затем отгоняют спирт.

**Раствор гидроокиси кальция** готовят в виде насыщенного раствора (0,04 н.). Для этого в 1 л дистиллированной воды, не содержащей углекислого газа, взбалтывают 20 г гидроокиси кальция и дают раствору отстояться в течение суток. Перед использованием его декантируют через сифон.

**Раствор гидроокиси бария** часто применяют в виде насыщенного раствора (0,35 н.) и для его приготовления 70 г  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \times 8\text{H}_2\text{O}$  взбалтывают в 1 л дистиллированной воды, не содержащей углекислого газа; отстаивают и декантируют прозрачный раствор. Растворы меньшей концентрации получают разбавлением насыщенного раствора.

**Растворы аммиака** применяют в виде приблизительных растворов, часто 6 н и 2 н. Их готовят путем разбавления дистиллированной водой концентрированного (25%-ного) раствора аммиака.

Объем концентрированного раствора аммиака рассчитывают по формуле (14).

Концентрация 25%-ного раствора аммиака  $T_k = 228$  г/л, плотность его  $\rho_k = 0,91$  г/см<sup>3</sup>.

Концентрация концентрированного раствора может быть найдена по справочнику, исходя из плотности раствора, которую предварительно определяют ареометром.

**Задание 2:** Рассчитать количество химически чистого чешуйчатого едкого натра, необходимого для приготовления 12 л 0,1 н раствора.

Масса едкого натра:

$$40 \times 0,1 \times 12000 / 1000 = 48 \text{ г.}$$

**Задание 3:** Рассчитать объем концентрированного раствора едкого натра плотностью 1,469 г/см<sup>3</sup> для приготовления 5 л 0,5 н раствора щелочи.

По справочнику находим концентрацию концентрированного раствора щелочи  $T_k = 645$  г/л.

Объем концентрированного раствора:

$$40 \times 0,5 \times 500 / 645 = 155 \text{ мл.}$$

**Задание 4:** Определить концентрацию концентрированного раствора едкого натра, если 10 мл этого раствора разбавлены водой в мерной колбе емкостью 500 и 10 мл разбавленного раствора были оттитрованы 20,40 мл 0,1036 н раствора соляной кислоты.

Концентрация концентрированного раствора:

$$40 \times 0,1036 \times 20,40 \times 500 / 10 \times 10 = 423 \text{ г/л.}$$

**Задание 5:** Рассчитать количество едкого кали, воды и 96%-ного спирта для приготовления 2 л 0,5 н раствора едкого кали в 90%-ном спирте (концентрация спирта указана в объемных процентах).



Масса навески едкого кали:

$$56 \times 0,5 \times 2000 / 1000 = 56 \text{ г.}$$

Объем 90%-ного спирта равен 2 л.

Объем 96%-ного спирта:

$$90 \times 2 / 96 = 1,875 = 1875 \text{ мл.}$$

Объем воды  $2000 - 1875 = 125$  мл.

**Задание 6:** Рассчитать объемы 25%-ного раствора аммиака и воды для приготовления 1 л 2 н. раствора аммиака.

Концентрация концентрированного раствора аммиака (по таблице)  $T_k = 228$  г/л.

Объем 25%-ного раствора аммиака:

$$17 \times 2 \times 1000 / 228 = 150 \text{ мл.}$$

Объем воды  $1000 - 150 = 850$  мл.

**ГЛАВА 11. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ  
ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ РАСТВОРОВ**

**Задача 1.**

Сколько грамм сульфата натрия и воды нужно для приготовления 300 г 5% раствора?

**Решение:** из формулы (2) видно, что

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4) \times 100\%}{m}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{w(\text{Na}_2\text{SO}_4) \times m}{100} = \frac{5 \times 300}{100} = 15 \text{ (г)}$$

где  $w(\text{Na}_2\text{SO}_4)$  – массовая доля вещества в %;

$m$  – масса раствора, г.

масса воды  $m(\text{H}_2\text{O}) = 300 - 15 = 285 \text{ (г)}$ .

Таким образом, для приготовления 300 г 5% раствора сульфата натрия надо взять 15 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и 285 г воды.

**Задача 2.**

Необходимо приготовить 1 л 5% раствора соляной кислоты из концентрированной продажной с плотностью 1,19 г/см<sup>3</sup>.

**Решение:**

По справочнику узнаем, что 5% раствор соляной кислоты имеет плотность 1,024 г/см<sup>3</sup>.

Следовательно, 1 л ее будет весить  $1,024 \times 1000 \text{ мл} = 1024 \text{ г}$ .

В этом количестве должно содержаться чистого HCl:

100 г – 5 г чистого HCl

1024 г –  $x$  г чистого HCl

$$x = \frac{1025 \times 5}{100} = 51,2 \text{ г}$$

Кислота концентрированная соляная содержит 37,23 % HCl (тоже находим по справочнику). Чтобы узнать, сколько следует взять этой кислоты, составляем пропорцию:

100 г – 37,23 г HCl

$x$  г – 51,2 г HCl

$x = \frac{100 \times 51,2}{37,23} = 137,5$  г, но кислоту в г на весах взвешивать неудобно.

$$\rho = \frac{m}{V}; V = \frac{m}{\rho} = \frac{13,51}{1,19} = 115,5 \text{ мл.}$$

Отмеряем 116 мл кислоты, доводим объем до 1 л.

**При разбавлении следует помнить, что нужно приливать небольшими порциями кислоту к воде, а не наоборот.**

Растворы кислот с определенной массовой долей готовят разбавлением концентрированных кислот. Объем концентрированной кислоты ( $X$ ) в кубических сантиметрах, необходимый для приготовления 1 дм<sup>3</sup> раствора, рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{C \cdot \rho_{20} \cdot 100 \cdot 10}{C' \cdot \rho'_{20}},$$

где  $C$  – требуемая массовая доля кислоты в растворе, %;

$\rho_{20}$  – требуемая плотность раствора кислоты, г/см<sup>3</sup>;

$C'$  – массовая доля исходной концентрированной кислоты, %;

$\rho'_{20}$  – плотность исходной концентрированной кислоты, г/см<sup>3</sup>.

Плотность исходной кислоты, имеющейся в лаборатории, измеряют ареометром.

Рассчитанное количество концентрированной кислоты осторожно, небольшими порциями, перемешивая, вливают в воду. После охлаждения доводят объем раствора водой до 1 дм<sup>3</sup> и перемешивают.

### **Задача 3.**

**Какое количество 96%-ного раствора серной кислоты (плотностью 1,84 г/см<sup>3</sup>) нужно взять для приготовления 250 мл раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с молярной концентрацией 0,5 моль/л?**

**Решение:**

**Способ 1**

**Молярная концентрация показывает, сколько молей вещества содержится в 1 литре раствора.**

Масса моля серной кислоты:  $M = 1 \times 2 + 32 + 4 \times 16 = 98$  г/моль.

Раствор, который надо получить, 0,5-молярной концентрации, т.е. в литре его растворено 0,5 моля кислоты.

## Глава 11. Примеры решения задач по приготовлению растворов

Учитывая, что масса 1 моля, как посчитано вначале, равна 98 г/моль, то масса половинки моля  $98/2 = 49$  г/моль.

Вот именно столько грамм серной кислоты должно быть растворено в **литре** раствора, который нужно получить.

В 250 мл, соответственно:  $250 \times 49/1000 = 12,25$  грамм. Из всего этого следует, что мы должны взять столько мл исходного раствора, в котором содержится 12,25 грамм серной кислоты.

**Процентная концентрация показывает, сколько грамм растворенного вещества содержится в 100 граммах раствора.**

Имеем раствор 96%, т.е. в 100 граммах раствора 96 грамм серной кислоты.

Переведём 100 грамм в миллилитры:  $\rho = m/V$ ,  $V = m/\rho$ ,

где  $m$  – масса раствора,

$\rho$  – плотность раствора.

$V = 100/1,84 = 54,35$  мл.

Значит, 96 грамм серной кислоты содержатся в 54,35 мл исходного раствора, а требуемые 12,25 грамм кислоты содержатся в:

96 г  $H_2SO_4$  – 54,35 мл исходного р-ра,

12,25 г  $H_2SO_4$  –  $x$  мл исходного р-ра,

$x = (12,25 \times 54,35)/96 = 6,94$  мл.

**Во всех случаях, если растворяемое вещество жидкость, то сначала нужно подсчитать количество вещества в граммах, а затем перевести его в объем.**

### *Способ 2*

**Существует формула расчета количества кислоты в мл (жидкая форма) в зависимости от исходной концентрации и плотности:**

$$V = \frac{a \times 100}{C \times \rho}$$

где  $C$  – концентрация исходной кислоты, %;

$\rho$  – плотность исходной кислоты, г/см<sup>3</sup>;

$a$  – количество вещества, г

кол-во в-ва,  $a = M \times V \times M_{\text{моля}} = 0,5 \times 0,25 \times 98 = 12,25$  г

$$V = \frac{a \times 100}{C \times \rho} = \frac{12,25 \times 100}{96 \times 1,84} = 6,94 \text{ мл}$$

**Техника приготовления.** Для приготовления 250 мл раствора  $H_2SO_4$  с молярной концентрацией 0,5 моль/л из имеющегося 96%-

ного раствора серной кислоты, необходимо специальной градуированной пипеткой (или использовать бюретку) поместить 6,94 мл 96% серной кислоты в мерную колбу на 250 мл, в которую предварительно налили около 100 мл дистиллированной воды. Раствор довести до метки водой и перемешать.

**Задача 4.**

**Приготовить 250 мл 0,5 н серной кислоты из исходной: 80% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ρ = 1,732 г/см<sup>3</sup>.**

**Решение:**

**Способ 1.** Нормальность – это число эквивалентов растворенного вещества, содержащихся в 1 л раствора.

$$\text{Э}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = M_{\text{H}_2\text{SO}_4}/2 = 98/2 = 49 \text{ г}$$

$$1 \text{ н H}_2\text{SO}_4 - 49 \text{ г}$$

$$0.5 \text{ н} - x \text{ г}$$

$$x = \frac{49 \times 0.5}{1} = 24.5 \text{ г H}_2\text{SO}_4$$

Имеем исходную кислоту 80%, т.е.

$$100 \text{ г р-ра сод.} - 80 \text{ г H}_2\text{SO}_4$$

$$x \text{ г р-ра сод.} - 24.5 \text{ г H}_2\text{SO}_4$$

$$x = \frac{24.5 \times 100}{80} = 30.63 \text{ г, но кислоту в граммах взвешивать неудобно, поэтому пересчитываем граммы в мл}$$

$$\rho = m/V \quad V = m/\rho$$

$V = 30.63/1.732 = 17.68$  мл для приготовления 1 л, а для 250 мл – 4,4 мл.

Объем раствора концентрированной серной кислоты **4,4 мл.**

**Способ 2**

$$V = \frac{a \times 100}{C \times \rho}$$

где C – концентрация исходной кислоты, %;

ρ – плотность исходной кислоты, г/см<sup>3</sup>;

a – количество вещества, г

кол-во в-ва,  $a = N \times V \times \text{Э} = 0,5 \times 0,25 \times 49 = 6,125 \text{ г}$

$$V = \frac{a \times 100}{C \times \rho} = \frac{6,125 \times 100}{80 \times 1,732} = \mathbf{4,4 \text{ мл}}$$

**Техника приготовления.** В мерную колбу на 250 мл налить дистиллированной воды примерно до половины, добавить пипеткой или из бюретки 4.4 мл 80% серной кислоты довести до метки, перемешать.

**Задача 5.**

**Какой объем концентрированной серной кислоты необходим для приготовления 1 л сантинормального раствора.**

**Условие:** концентрация исходной кислоты неизвестна.

**Решение:** Сантинормальный раствор – это 0,01 н. Для приготовления 0,01-нормального раствора серной кислоты необходимо иметь данные по ее концентрации.

Концентрацию серной кислоты можно определить по плотности, которая измеряется с помощью ареометра. Зная плотность серной кислоты, можно установить при помощи справочной таблицы ее концентрацию. Иначе говоря, можно определить, какое количество химически чистой кислоты содержится в том или ином объеме смеси, а также какому процентному содержанию соответствует это количество (промышленность выпускает серную кислоту с примесью небольшого количества воды и некоторых других веществ).

Молекулярная масса серной кислоты 98,06, а эквивалентная 49,03 г. Следовательно, 1 л 0,01-нормального раствора серной кислоты должен содержать:

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n \times \text{Э} \times V = 0,01 \times 49,03 \times 1 = 0,4903 \text{ г}$  (чистой кислоты)

$n$  – нормальность кислоты, г-эquiv/л;

$\text{Э}$  – эквивалентная масса серной кислоты, г;

$V$  – необходимый объем, л.

Измеряем ареометром плотность серной кислоты. Она равна 1,84 г/см<sup>3</sup>.

По справочнику определяем концентрацию серной кислоты. Концентрация составляет 96%, т.е в 100 г раствора содержится 96 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Переведем 100 г в мл.

$$v = \frac{100}{1,84} = 54,35 \text{ мл}$$

Рассчитываем, сколько мл концентрированной (96%) серной кислоты необходимо для приготовления 0,01 н раствора.

54,35 мл раствора – 96 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$

x мл раствора – 0,4903 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$

x = **0,28 мл.**

Или, исходя из формулы:  $V = \frac{a \times 100}{c \times \rho}$

$$V = \frac{0,01 \times 1 \times 49 \times 100}{96 \times 1,84} = \mathbf{0,28 \text{ мл}}$$

**Техника приготовления.** Для приготовления 1 л 0,01 н раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  имеющегося 96%-ного раствора серной кислоты, необходимо специальной градуированной пипеткой (или из микробюретки) поместить 0,28 мл 96% серной кислоты в мерную колбу на 1 л, в которую предварительно налили примерно 100 мл дистиллированной воды. Раствор довести до метки водой и перемешать.

### **Задача 6.**

**Пусть требуется приготовить 250 мл 0,1 Н раствора NaOH.**

**Решение:** Рассчитаем навеску щелочи, необходимую для приготовления заданного раствора.

Из формулы (4) находим массу щелочи:

$$m_{\text{в-ва}} = C_{\text{н}} \times M_{\text{ЭК}} \times V_{\text{р-ра}},$$

$$M_{\text{ЭК}_{\text{NaOH}}} = 40 \text{ г}$$

$$V = 0,25 \text{ л}$$

$$C_{\text{н}} = 0,1 \text{ г-экв/л}$$

$$m_{\text{NaOH}} = 0,1 \times 0,25 \times 40 = 1 \text{ (г)}.$$

**Техника приготовления.** Взвешиваем на лабораторных весах в стаканчике 1 г щелочи, количественно переносим вещество в мерную колбу на 250 мл через воронку, несколько раз ополаскиваем стаканчик дистиллированной водой, ополаскиваем воронку и доводим объем в колбе водой до метки, тщательно перемешиваем содержимое колбы многократным переворачиванием.

**Задача 7.**

**Пересчет концентраций растворов из одних единиц в другие.** При пересчете процентной концентрации в молярную и наоборот, необходимо помнить, что процентная концентрация рассчитывается на определенную массу раствора, а молярная и нормальная – на объем, поэтому для пересчета необходимо знать плотность раствора. Если мы обозначим:  $C$  – процентная концентрация;  $M$  – молярная концентрация;  $N$  – нормальная концентрация;  $\mathcal{E}$  – эквивалентная масса,  $\rho$  – плотность раствора;  $m$  – молярная масса, то формулы для пересчета из процентной концентрации будут следующими:

$$M = \frac{(C \times \rho \times 10)}{m} \quad (18)$$

$$N = \frac{(C \times \rho \times 10)}{\mathcal{E}} \quad (19)$$

Этими же формулами можно воспользоваться, если нужно пересчитать нормальную или молярную концентрацию на процентную.

**Задача 8.**

Какова молярная и нормальная концентрация 12%-ного раствора серной кислоты, плотность которого  $\rho = 1,08 \text{ г/см}^3$ ?

**Решение:**

Молярная масса серной кислоты равна 98. Следовательно,  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 / \mathcal{E}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 : 2 = 49$ .

Подставляя необходимые значения в формулы, получим:

а) Молярная концентрация 12% раствора серной кислоты равна

$$M = (12 \times 1,08 \times 10) / 98 = 1,32 \text{ М}$$

б) Нормальная концентрация 12% раствора серной кислоты равна

$$N = (12 \times 1,08 \times 10) / 49 = 2,64 \text{ н.}$$

Иногда в лабораторной практике приходится пересчитывать молярную концентрацию в нормальную и наоборот. Если эквивалентная масса вещества равна молярной массе (Например, для  $\text{HCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KOH}$ ), то нормальная концентрация равна молярной концентрации. Так, 1 Н раствор соляной кислоты будет одновременно



1 М раствором. Однако для большинства соединений эквивалентная масса не равна мольной и, следовательно, нормальная концентрация растворов этих веществ не равна молярной концентрации.

Для пересчета из одной концентрации в другую можно использовать формулы:

$$M = \frac{N \times \varepsilon}{m} \quad (20)$$

$$N = \frac{M \times m}{\varepsilon} \quad (21)$$

**Задача 8.**

**Чему равна нормальная концентрация 1 М раствора серной кислоты.**

**Решение:** Для решения задачи используем формулу (21)

$$N = (1 \times 98) / 49 = 2 \text{ н.}$$

**Задача 9.**

**Чему равна молярная концентрация 0,5 Н Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

**Решение:** Для решения задачи используем формулу (20)

$$M = (0,5 \times 53) / 106 = 0,25 \text{ М.}$$

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абузярова Г. А., Головина Т. П. Введение в аналитическую химию. Лабораторный практикум по дисциплине «Общая химия»: учебно-методическое пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2014. – 146 с.
2. Аналитическая химия. Справочные материалы: учебно-методическое пособие по дисциплинам «Аналитическая химия» и «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» для студентов химико-технологических специальностей / сост. А. Е. Соколовский, Е. В. Радион; под общ. ред. Е. В. Радион – Минск: БГТУ, 2005. – 80 с.
3. Аналитическая химия: учебно-методическое пособие / сост. Л. И. Торопов, С. А. Денисова. – Пермь, 2010. – 110 с.
4. Весь курс школьной программы в схемах и таблицах: математика, физика, химия, информатика, биология. – СПб.: Тригон, 2007. – 624 с.
5. Воскресенский П. И. Техника лабораторных работ. – М.: Химия, 1973. – 578 с.
6. Горлачев В. Ю., Головина Т. П. Лабораторный практикум по дисциплине «Экология и рациональное природопользование»: учебно-методическое пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2014. – 100 с.
7. Дорофеев А. И., Федотова М. И. Практикум по неорганической химии. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.
8. Ивановский В. Е., Тихонов Н. С., Шергин Н. П., Плоткин С. Я. Лабораторный практикум по общей химии / под ред. С. А. Погодина. – М.: Высшая школа, 1972. – 192 с.
9. Кашеварова Л. Б. Техника лабораторных работ по учебной практике: лабораторный практикум. – Казань: КГТУ, 2009. – 185 с.
10. Количественные характеристики растворов (концентрации растворов): методические указания для самостоятельной работы студентов всех направлений подготовки / сост.: В. Е. Румянцева, М. Д. Чекунова, Г. Л. Кокурина – Иваново, 2013. – 44 с.
11. Концентрация растворов и способы её выражения: методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Химия» и «Общая и неорганическая химия» для студентов химического и нехимического профиля / сост. О. В. Бурыкина. – Курск, 2013. – 21 с.
12. Кудинова Л. И., Калмыкова Е. Н., Ермолаева Т. Н. Лабораторный практикум по органической химии: учебное пособие. – Липецк: ЛГТУ, 2006. – 102 с.
13. Ляндзберг Р. А., Саушкина Л. Н. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии. Часть 1: учебно-методическое пособие (практикум). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. – 105 с.

14. Общая и неорганическая химия: Практические работы для школьников: учебно-методическое пособие / под ред. Б. Ю. Скрипкина. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2019. – 100 с.

15. Практикум по неорганической химии: учебное пособие / под ред. Ю. Д. Третьякова. – М.: Академия, 2004. – 384 с.

16. Приготовление растворов заданной концентрации. Методические указания к выполнению лабораторной работы по неорганической химии / сост. Т. Н. Куликова. – Саратов, СГТУ, 2006. – 14 с.

17. Рогатых С. В., Полякова О. Ю., Головина Т. П., Горлачев В. Ю. Организация и сопровождение школьного кабинета химии : учебно-методическое пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2016. – 176 с.

18. Рогатых С. В. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии: учебно-практическое издание. – Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2018. – 100 с.

19. Стась Н. Ф., Плакидкин А. А., Князева Е. М. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии: учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2007. – 207 с.

20. Химия: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех форм обучения / сост. М. В. Бебякова. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 43 с.

21. Цитович И. К. Курс аналитической химии. – СПб.: Лань, 2004. – 496 с.

22. ГОСТ 18481-81. Ареометры и цилиндры стеклянные. Общие технические условия.

23. ГОСТ 1770-74. Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия (с изменениями № 1-10).

24. ГОСТ 9147-80. Посуда и оборудование лабораторные фарфоровые. Технические условия.

25. ГОСТ 4517-2016. Реактивы. Методы приготовления вспомогательных растворов и реактивов, применяемых при анализе.

26. ГОСТ 25794.1-83. Реактивы. Методы приготовления титрованных растворов для кислотно-основного титрования (с Изменением № 1).

27. ГОСТ 4919.1-2016. Реактивы и особо чистые вещества. Методы приготовления растворов индикаторов.

28. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [techradius.com](http://techradius.com)

29. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [himstatus.com.ua](http://himstatus.com.ua)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....	4
1.1. Инструкция по охране труда для студентов при работе в лаборатории химии .....	5
1.2. Оказание первой медицинской помощи .....	8
ГЛАВА 2. ЛАБОРАТОРНАЯ ПОСУДА.....	11
2.1. Посуда общего назначения .....	12
2.2. Мерная посуда .....	18
2.3. Кварцевое стекло.....	20
2.4. Фарфор и корунд .....	20
2.5. Фторопласты .....	22
2.6. Полипропилен.....	22
2.7. Подготовка и мытье химической посуды .....	23
2.8. Сушка посуды.....	26
2.9. Меры безопасности при работе с лабораторной посудой .....	27
ГЛАВА 3. РЕАКТИВЫ И ТЕХНИКА ОБРАЩЕНИЯ С НИМИ .....	28
ГЛАВА 4. НАГРЕВАНИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ .....	30
ГЛАВА 5. ВЗВЕШИВАНИЕ.....	34
5.1. Весы: назначение, классификация, правила взвешивания .....	34
5.2. Техника и правила взвешивания на электронных весах .....	36
ГЛАВА 6. ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕМА .....	38
ГЛАВА 7. ПЕРЕМЕШИВАНИЕ И РАСТВОРЕНИЕ.....	40
ГЛАВА 8. ФИЛЬТРОВАНИЕ.....	42
ГЛАВА 9. ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ.....	48
ГЛАВА 10. ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ.....	50
10.1. Общие правила приготовления растворов.....	50
10.2. Способы выражения концентрации растворов .....	52
10.3. Расчеты, связанные с приготовлением растворов .....	58
10.4. Приготовление растворов солей .....	60
10.5. Приготовление растворов кислот .....	61
10.6. Приготовление растворов оснований.....	64
10.7. Особенности приготовления некоторых реактивов .....	65
10.8. Особенности приготовления растворов разных концентраций .....	69
ГЛАВА 11. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ РАСТВОРОВ .....	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	81

*Учебное издание*

Рогатых Станислав Валентинович  
Головина Татьяна Петровна

**ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
И СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ  
КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ**

Учебное пособие

Чебоксары, 2021 г.

Редактор *С.В. Рогатых*  
Компьютерная верстка *Л.С. Миронова*  
Дизайн обложки *Н.В. Фирсова*

Подписано в печать 28.07.2021 г.

Дата выхода издания в свет 12.08.2021 г.

Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура Times. Усл. печ. л. 4,8825. Заказ К-856. Тираж 500 экз.

Издательский дом «Среда»  
428005, Чебоксары, Гражданская, 75, офис 12  
+7 (8352) 655-731  
info@phsreda.com  
https://phsreda.com

Отпечатано в Студии печати «Максимум»  
428005, Чебоксары, Гражданская, 75  
+7 (8352) 655-047  
info@maksimum21.ru  
www.maksimum21.ru