

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Э.Р. Эстрин

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ «ХИМИЯ»

Часть 1 (Общая химия)

*Учебно-методическое пособие
для студентов нехимических специальностей*

Санкт-Петербург
РГГМУ
2022

УДК 54(075.8)
ББК 24.я73
Э87

Рецензент: Злотников Э.Г., канд. хим. наук, доцент кафедры химии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена

Э87 **Эстрин, Эрнест Романович.**

Лабораторный практикум по курсу «Химия». Часть 1 (Общая химия) : Учебно-методическое пособие для студентов нехимических специальностей / Э.Р. Эстрин. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2022. – 72 с.

В первой части учебно-методического пособия предложен теоретический материал к лабораторному практикуму по общей химии для студентов высших учебных заведений по нехимическим специальностям, в частности по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование», профиль подготовки «Экологические проблемы больших городов, промышленных зон и полярных областей», 05.03.04 «Гидрометеорология» и 05.03.05 «Прикладная гидрометеорология», 03.03.02 «Физика», 17.03.01 «Корабельное вооружение». Также предложен материал по охране труда и технике безопасности на лабораторных занятиях по химии и по химическому лабораторному оборудованию.

УДК 54(075.8)
ББК 24.я73

© Э.Р. Эстрин, 2022
© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2022

Введение

Одной из актуальных проблем является необходимость качественного улучшения профессиональных химических знаний, в том числе знаний и умений по выполнению химического эксперимента. Целью освоения дисциплины «Химия» для студентов нехимических специальностей является формирование общего химического мировоззрения, глубокого понимания сущности химических взаимодействий, имеющих место в природе и определяющих химическую форму движения материи, развитие химического мышления в объеме, необходимом для профессиональной деятельности.

Основные задачи дисциплины:

- изучение студентами основ химии и химических процессов;

- освоение студентами материала по строению и свойствам вещества,

- использование студентами знаний о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире, в т.ч. в атмосфере;

- формирование у студентов способности и готовности использовать знание основных законов химии в профессиональной деятельности,

- формирование навыков проведения экспериментальных работ в химической лаборатории, освоение основ лабораторной техники, применение навыков лабораторных исследований в профессиональной сфере.

Исследовательский химический эксперимент прикладной направленности имеет большое значение для понимания законов природы и решения проблем природопользования. Лабораторный практикум – это потенциально наиболее значимый и результативный компонент естественно-научной, общей профессиональной и специальной подготовки в области техники и технологий, предназначенный для приобретения навыков работы на реальном оборудовании, с аналогами которого будущему специалисту, возможно, придется иметь дело в своей практической деятельности.

Лабораторный практикум по химии проводится в специализированных учебных химических лабораториях. Эффективность

данного вида занятий во многом определяется возможностями самих учебных химических лабораторий:

- в оснащении лабораторий современным оборудованием;
- в выборе номенклатуры объектов экспериментального изучения и содержания лабораторных работ по химии;
- в реализации эффективных технологий выполнения работ по химическому эксперименту.

На лабораторный практикум по химии возлагаются следующие образовательные задачи:

1. Закрепление полученных теоретических знаний на практике. Понимание физических и химических процессов через их проявление в реальном техническом устройстве.
2. Приобретение навыков самостоятельной работы с реальным оборудованием.
3. Планирование и постановка химического эксперимента.
4. Выбор оборудования для проведения химического эксперимента.
5. Обработка и объяснение результатов химического эксперимента.
6. Сопоставление результатов теоретического анализа с экспериментальными данными.

Охрана труда и техника безопасности на лабораторных занятиях по химии

Работа в химической лаборатории никогда не относилась к категории безопасной. История науки со времен средневековых алхимиков и до наших дней изобилует примерами тяжелых несчастных случаев.

Студенты должны в совершенстве ориентироваться в общих и частных вопросах организации безопасной работы в учебном процессе, так как при всех несчастных случаях возникает дисциплинарная, материальная, административная или уголовная ответственность.

Знания охраны труда и техники безопасности базируются на знаниях физики, химии, анатомии и физиологии человека, психологии и других наук, так как иначе невозможно представить и оценить последствия неосторожного обращения с веществами,

техническими средствами обучения, лабораторным оборудованием. В то же время пользоваться современными методами исследования в любой отрасли науки и техники без нежелательных последствий можно только, зная соответствующие правила техники безопасности.

Перед выполнением лабораторных занятий студентам необходимо рассказать основные понятия об охране труда и ее составных частях: технике безопасности, гигиене труда, пожарной безопасности. Знание охраны труда и техники безопасности также помогает овладеть навыками безопасной работы с типовым оборудованием и реактивами кабинетов химии школ и вузов.

Практические навыки студенты получают во время учебных и производственных практик.

Общая инструкция по охране труда и технике безопасности

1. Каждый студент на первом занятии в лаборатории химии проходит инструктаж по охране труда и технике безопасности по правилам работы в лаборатории и по проведению лабораторных работ по химии согласно Инструкции по охране труда и технике безопасности, о чем делается запись в соответствующем журнале регистрации инструктажей по вопросам охраны труда и техники безопасности. Каждый студент расписывается в данном журнале.

Запрещается работать одному в лаборатории, так как в экстренном случае будет некому оказать пострадавшему первую помощь и ликвидировать последствия неудавшегося эксперимента. Работать следует только в отведенное время под контролем преподавателя или других сотрудников.

2. Необходимо соблюдать тишину, чистоту и порядок. Запрещается держать на лабораторном столе посторонние предметы (сумки, учебники и т.д.).

3. Категорически запрещается принимать и хранить пищу, питье, жевать жевательную резинку.

4. Каждый должен знать, где находятся средства индивидуальной защиты, аптечка, средства для тушения пожара. Кроме очков, в лаборатории должны быть защитные маски, респираторы и

противогазы. Во всех лабораториях в легко доступных местах находятся средства для пожаротушения (ящики с песком и совком, огнетушители, противопожарные одеяла), а также медицинские аптечки, которые снабжены всеми медикаментами, необходимыми для оказания первой медицинской помощи (растворы борной кислоты, гидрокарбоната натрия, перманганата калия, танина, нашатырного спирта, а также вата, бинт, йодная настойка, активированный уголь, мазь от ожогов, склянка для промывания глаз).

5. Каждый работающий в лаборатории должен знать, где находится аптечка с медикаментами и уметь оказать первую помощь при различных травмах.

6. В лаборатории необходимо находиться в застегнутом хлопчатобумажном халате. Это обеспечивает некоторую индивидуальную защиту и позволяет избежать загрязнения одежды.

7. Приступать к работе можно после усвоения всей техники ее выполнения. Если вы испытываете какие-либо сомнения в методике проведения эксперимента или в технике безопасности, прежде чем продолжить работу, проконсультируйтесь с преподавателем.

8. Нельзя проводить опыты в загрязненной посуде. Посуду следует мыть сразу после окончания химического эксперимента.

9. Категорически запрещается пробовать химические вещества на вкус. Нюхать вещества следует осторожно, не поднося сосуд близко к лицу, а лишь направляя к себе пары или газы легким движением руки, при этом не следует делать полный вдох. Жидкие вещества и их растворы запрещается набирать в пипетки ртом, для этого необходимо использовать резиновые груши и другие приспособления.

10. В процессе работы необходимо следить, чтобы вещества не попадали на кожу, так как многие из них вызывают раздражение и ожоги кожи и слизистых оболочек.

11. Все работы, в ходе которых возможно выделение паров токсичных веществ, необходимо проводить в вытяжном шкафу.

12. Все банки, в которых хранятся вещества, должны быть снабжены этикетками с соответствующими названиями.

13. Запрещается нагревать, смешивать и взбалтывать реактивы вблизи лица. При нагревании нельзя держать пробирку или колбу отверстием к себе или в направлении другого работающего.

14. Запрещается нагревать жидкость в закупоренных сосудах и стеклянных приборах, кроме предназначенных для этого автоклавов. Каждая установка должна сообщаться с атмосферой.

15. Необходимо пользоваться защитными очками в следующих случаях:

- при работе с едкими веществами (с концентрированными растворами кислот и щелочей, при дроблении твердой щелочи и т.д.);
- при перегонке жидкостей при пониженном давлении и работе с вакуум-приборами;
- при работе со щелочными металлами;
- при определении температуры плавления вещества в приборе с концентрированной серной кислотой;
- при работе с ампулами и изготовлении стеклянных капилляров.

16. Запрещено выливать в раковину остатки кислот и щелочей, огнеопасных и взрывоопасных, а также сильно пахнущих веществ. Для слива этих веществ в вытяжном шкафу должны находиться специальные сосуды с плотно притертыми крышками и соответствующими этикетками («СЛИВ КИСЛОТ», «СЛИВ ЩЕЛОЧЕЙ», «СЛИВ ОРГАНИКИ»).

17. Не разрешается бросать в раковину стекла от разбитой посуды, бумагу и вату.

18. После завершения работы необходимо отключить газ, воду, вытяжные шкафы и электроэнергию, вымыть руки с мылом.

Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции общепрофессиональных компетенций ОПК-1 и ОПК-3.

Табл. 1. Формируемые компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ОПК-1 Способен применять базовые знания	ОПК-1.2 Использует базовые знания фундаментальных	<i>Знать:</i> • номенклатуру и химические свойства основных классов неорганических соединений;

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
фундаментальных разделов наук о Земле, естественно-научного и математического циклов при решении задач в области экологии и природопользования	разделов физики, химии и биологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в экологии и природопользования	• электронное строение атома, зависимость свойств элементов от строения их атомов, Периодическую систему химических элементов Д.И. Менделеева как графическое выражение Периодического закона; • типы и способы образования химической связи; • основы термохимии и химической кинетики; • способы выражения концентраций растворов, свойства растворов электролитов и неэлектролитов; • химический состав атмосферы Земли, особенности протекания химических процессов в атмосфере; • основные природные и антропогенные источники появления и миграции примесных веществ в атмосфере. <i>Уметь:</i> • составлять уравнения химических реакций в соответствии с классом изучаемого химического соединения; • составлять уравнения окислительно-восстановительных реакций для изучаемых классов химических соединений; • рассчитывать основные параметры изучаемых объектов и явлений. <i>Владеть:</i> • записью химических терминов, формул, символов, знаков и индексов, уравнений химических реакций; • методами химических расчетов в рамках рабочей программы; • навыками работы с химической учебной, научной и справочной литературой; • методами работы с лабораторной техникой, оборудованием, химическими реактивами, навыками проведения несложных химических экспериментов, адекватных решениям профессиональных задач в области химии атмосферы.

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ОПК-3 Способен применять базовые методы экологических исследований для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-3.2 Планирует проведение эксперимента и обрабатывает его результаты на основе базовых методов	<i>Знать:</i> • основные понятия и термины в области изучения химического состава анализируемых химических соединений; • методы оценки и классификации состояния объектов и сред по химическим показателям; • принципиальные схемы выполнения количественных анализов природных сред. <i>Уметь:</i> • использовать необходимые приборы и лабораторное оборудование при проведении исследований; • использовать знания и практические навыки для интерпретации результатов исследований и решения профессиональных задач в области экологии. <i>Владеть:</i> • реальным представлением о значении данных химического анализа в процессе описания различного состояния природных объектов и сред; • основными навыками обращения с лабораторным оборудованием; • осуществлять на практике анализ и идентификацию различных веществ и загрязнителей в окружающей среде

Тематика лабораторных занятий для очной формы обучения

1. Техника безопасности при выполнении лабораторных работ.
2. Химическая посуда и оборудование.
3. Получение и химические свойства оксидов, гидроксидов и солей.
4. Качественная характеристика окислительно-восстановительных свойств элементов и их соединений.
5. Приготовление раствора заданной концентрации.
6. Реакции обмена в растворах электролитов.

7. Растворимость. Производство растворимости.
8. Водородный показатель.
9. Гидролиз солей.
10. Комплексные соединения.
11. Решение экспериментальных задач.

Лабораторное занятие № 1. «Техника безопасности в химической лаборатории при выполнении лабораторных работ. Химическая лабораторная посуда»

Цель занятия: ознакомить с организацией и основными правилами работы студентов на занятиях по курсу методики обучения химии.

Ход занятия

1. Требования к технике безопасности при работе в химической лаборатории.

1) Условия работы и требования при работе в лаборатории химии.

2) Основные правила техники безопасности при проведении химического эксперимента.

2. Общая характеристика лабораторного оборудования по химии и химических реактивов.

1) Требования к лабораторному оборудованию по химии и химическим реактивам.

2) Общая характеристика лабораторного оборудования в лаборатории химии.

3. Вопросы организации курса химии и работы студентов.

1) Разбор теоретического и экспериментального материала к следующему лабораторному занятию:

а) лабораторное оборудование и химические реактивы;

б) самостоятельная работа с литературой по выбранному вопросу;

в) предварительная отработка химического эксперимента по графику работы химической лаборатории, предусматривающего самостоятельную работу студентов;

г) методы, методические приемы и средства обучения, применяемые в выбранном вопросе;

д) ответы на контрольные вопросы, поставленные в данном пособии, при ответе;

е) дополнительная литература по выбранному вопросу;

ж) выполнение самостоятельной работы по курсу в тетрадях.

2) Вопросы, раскрывающие химизм процессов по теме лабораторного занятия:

а) цели и задачи;

в) новые понятия и законы в изучаемой теме;

г) химический эксперимент по теме и его виды;

д) основная и дополнительная литература по теме при ответе на контрольные вопросы по данной теме;

3) Выполнение двух (в каждом семестре по одному) индивидуальных заданий по курсу химии в течение учебного года.

4) Рейтинговая система оценки знаний и умений по курсу химии.

Рейтинговая оценочная шкала предусматривает три параметра:

а) работа на лабораторных занятиях, отчеты по выполнению лабораторного занятия;

б) работа на практических и семинарских занятиях;

в) выполнение индивидуальных заданий.

Табл. 2. Рейтинговая оценочная шкала

№ п/п	Деятельность студентов	Баллы	
		максимум	минимум
1	Работа на лабораторных занятиях и отчеты по ним	15	11
2	Работа на практических и семинарских занятиях	15	11
3	Выполнение индивидуальных заданий	15	9
	ИТОГО	45	31

Табл. 3. Критериальные требования к рейтинговой шкале

№ п/п	Деятельность студентов	Баллы	
		максимум	минимум
1	Работа на лабораторно-практических занятиях		
1а	соблюдение правил по технике безопасности	3	2
1б	работа с лабораторным оборудованием и реактивами	4	3
1в	самостоятельность при работе	3	2
1г	выполнение контрольных вопросов	5	4

№ п/п	Деятельность студентов	Баллы	
		максимум	минимум
2	Работа на семинарских занятиях		
2а	ответ по основному вопросу	5	4
2б	применение дополнительной литературы	3	2
2в	дополнение по основному вопросу	2	1
2г	применение знаний межпредметного прикладного характера	5	4
3	Выполнение индивидуальных заданий		
3а	репродуктивный уровень выполнения	4	3
3б	проблемный уровень выполнения	5	3
3в	творческий уровень выполнения	6	3

Требования к допуску и проведению зачета по курсу химии

1. Отсутствие пропусков (без уважительных причин) лабораторно-практических, семинарских занятий.

2. Наличие во время зачёта тетрадей для лабораторно-практических, самостоятельных и семинарских занятий и записей в ней всех изученных вопросов.

3. Выполнение индивидуального задания.

4. Минимально разрешенное количество баллов по рейтинговой оценочной шкале.

4. Требования к технике безопасности при работе в химической лаборатории

В лаборатории химии перед каждым новым видом работы, при выполнении лабораторных работ необходимо в обязательном порядке проводить инструктажи со студентами. К работе в химических лабораториях допускаются лица, прошедшие инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья. Для этих целей на рабочем месте в лаборатории химии находятся инструкции по охране труда и технике безопасности для студентов в лаборатории химии и журнал регистрации инструктажей по охране труда и технике безопасности в лаборатории химии.

– Лица, допущенные к работе в химической лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего распорядка.

– При работе в химической лаборатории возможно воздействие на студентов следующих опасных и вредных производственных факторов:

а) химические ожоги при попадании на кожу или в глаза едких химических веществ;

б) термические ожоги при неаккуратном пользовании спиртовками и нагревании жидкостей;

в) порезы рук при небрежном обращении с лабораторной посудой;

г) отравление парами или газами высокотоксичных химических веществ;

д) возникновение пожара при неаккуратном обращении с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями;

– При работе в химической лаборатории каждый студент должен использовать спецодежду и средства индивидуальной защиты: халат хлопчатобумажный и перчатки, а при работе с едкими реагентами – защитные очки.

– В химической лаборатории категорически запрещено принятие пищи, питья.

– В химической лаборатории должна быть медаптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств.

– Химическая лаборатория должна быть оборудована вытяжным шкафом для хранения кислот, щелочей и проведения опытов с ЛВЖ (легковоспламеняющиеся жидкости) и ГЖ (горючие жидкости).

Легковоспламеняющаяся жидкость – жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки не выше 61 °С. К взрывоопасным относятся ЛВЖ, у которых температура вспышки не превышает 61 °С, а давление паров при температуре 20 °С составляет менее 100 кПа (около 1 ат). Особо опасная ЛВЖ – жидкость с температурой вспышки не выше 28 °С (например, ацетон, различные марки бензинов, диэтиловый эфир и т.п.). Характерной особенностью особо опасной ЛВЖ является высокое давление насыщенного пара при обычной температуре хранения.

Горючая жидкость – жидкость, способная воспламеняться при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, то есть характеризующаяся наличием температуры воспламенения.

– Студенты обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. Химическая лаборатория должна быть оснащена

первичными средствами пожаротушения: двумя огнетушителями, ведром с песком и двумя накидками из огнезащитной ткани.

– О каждом несчастном случае пострадавший или очевидец обязан немедленно сообщить преподавателю или заведующему лабораторией.

– В процессе работы студенты должны соблюдать правила ношения спецодежды, пользования средствами индивидуальной и коллективной защиты, соблюдать правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

– Студенты, допустившие невыполнение или нарушение инструкций по охране труда, привлекаются к дисциплинарной ответственности в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и, при необходимости, подвергаются внеочередной проверке знаний и норм и правил охраны труда.

Требования безопасности перед началом работы

1. Надеть обязательную спецодежду – халат хлопчатобумажный, а при работе со щелочноземельными металлами, кальцием, кислотами и щелочами, подготовить к использованию средства индивидуальной защиты.

2. Находиться в химической лаборатории только в брюках или джинсах.

3. Длинные волосы на голове подобрать в косу и спрятать под халат. Снять все ювелирные изделия и украшения с кистей рук и пальцев.

4. Подготовить к работе и проверить исправность оборудования, приборов, убедиться в целостности лабораторной посуды.

5. Убедиться в наличии и целостности заземления у приборов.

6. Проверить исправность и работу вентиляции вытяжного шкафа.

7. Проветрить помещение лаборатории.

5. Требования техники безопасности во время лабораторной работы

1. Запрещается использовать химические лаборатории в качестве кабинета для занятий по другим предметам.

2. Пребывание студентов в химической лаборантской запрещается.

3. Работать в помещении химической лаборатории разрешается только в присутствии преподавателя.

4. Во время работы в химической лаборатории требуется соблюдать чистоту, порядок и правила охраны труда.

5. Нельзя нагревать пробирку с растворами реагирующих веществ на сильном пламени, т. к. при этом жидкость выбрасывается из пробирки, что ведет к потере исследуемого вещества.

6. Когда требуется понюхать пахучие вещества, необходимо легким движением ладони руки направить струю воздуха от сосуда к себе.

7. Отработанные растворы, особенно остатки кислот, сернистых соединений, соединений ртути и серебра, растворы, содержащие йод и т.д., сливают в специальные банки, стоящие у раковин или в вытяжном шкафу. Нельзя сливать указанные растворы в раковины, соединённые с общей системой канализации.

8. Не допускается выбрасывать в канализацию реактивы, сливать в неё растворы, ЛВЖ и ГЖ. Их необходимо сливать для последующего обезвреживания в стеклянную тару с крышкой ёмкостью не менее 3 л.

9. Запрещается ставить сумки, рюкзаки на шкафах и в непосредственной близости от реактивов и растворов, а также под лабораторные столы.

10. Приготавливать растворы щелочей, концентрированных кислот и водного раствора аммиака разрешается только с использованием средств индивидуальной защиты в вытяжном шкафу с включенной вентиляцией в фарфоровой лабораторной посуде, причём жидкость большей плотности вливать в жидкость меньшей плотности.

11. Работа с химическими веществами без спецодежды и наличия необходимых средств защиты глаз, органов дыхания, кожных покровов запрещается.

12. Работа с кислотами и щелочами:

- Для предупреждения ожогов при работе с кислотами и щелочами необходимо пользоваться спецодеждой, очками и другими средствами защиты.

- Концентрированные кислоты и щелочи хранятся в стеклянных бутылках, которые помещены в обрешетки. Пространство между бутылкой и обрешеткой должно быть заполнено упаковочным материалом.

- Концентрированные кислоты должны быть для работы студентов в химической лаборатории в таре вместимостью не более 1 л.

- При проведении реакций в пробирке не следует применять реактивы в слишком большом количестве. Сыпучие реактивы



Рис. 1а



Рис. 1б

берут только, используя шпатель-ложечки – пластиковые (рис. 1а) или фарфоровые (рис. 1б).

Совершенно недопустимо, чтобы пробирка была наполнена до краев – достаточно бывает $1/4$ или даже $1/8$ ее емкости. В тех случаях, когда в пробирку нужно ввести твердое вещество, полоску бумаги шириной чуть меньше диаметра пробирки складывают вдвое по длине и в полученный совочек насыпают нужное количество твердого вещества. Пробирку держат в левой руке, наклонив ее горизонтально, и вводят в нее совочек почти до дна. Затем пробирку ставят вертикально и слегка ударяют по ней. Когда все твердое вещество высыплется, бумажный совочек вынимают.

Для перемешивания налитых реактивов пробирку держат большим и указательным пальцами левой руки за верхний конец и поддерживают ее средним пальцем, а указательным пальцем правой руки ударяют косым ударом по низу пробирки. Этого достаточно, чтобы содержимое ее было хорошо перемешано. Недопустимо закрывать пробирку пальцем и встряхивать ее в таком виде; при этом можно повредить кожу пальца, получить химический ожог. Если пробирка наполнена жидкостью больше чем на половину, содержимое перемешивают стеклянной палочкой.

В тех случаях, когда содержимое пробирки нужно нагреть, ее следует зажать в специальном держателе. При сильном нагревании пробирки жидкость быстро вскипает и выплескивается из нее, поэтому нагревать нужно осторожно. Когда начнут появляться пузырьки, пробирку следует отставить и, держа ее не в пламени горелки, а около него или над ним, продолжают нагревание горячим воздухом. При нагревании открытый конец пробирки должен быть обращен в сторону от работающего и от соседей по столу.

Когда не требуется сильный нагрев, пробирку с нагреваемой жидкостью лучше опустить в горячую воду. Маленькие пробирки для полумикроанализа нагревают только в горячей воде, налитой в стеклянный стакан.

Правила работы с кислотами, щелочами и другими жидкостями

1. Жидкости следует переливать при помощи сифонов с грушей или ручных насосов. Разливать концентрированную азотную, серную и соляную кислоты нужно только при включенной вентиляции в вытяжном шкафу.

2. Установить бутылку на подставку, медленно наклонять бутылку. В горло сосуда, куда наливают кислоту или щелочь, вставляют стеклянную воронку большого диаметра.

3. Запрещается хранить растворы щелочей и кислот в тонкостенной стеклянной посуде.

При работе пипетками с растворами крепких щелочей и кислот:

1. Запрещается затягивать жидкость ртом.

2. Заполнение пипеток разрешается с помощью резиновой груши или вакуума.

3. При приготовлении растворов кислот (соляной, серной, азотной) необходимо осторожно вливать тонкой струей кислоты в воду при непрерывном помешивании, а не наоборот.

4. Запрещается применять серную кислоту в вакуум-эксикаторах в качестве водопоглощающего средства.

5. Растворять твердые щелочи следует путем медленного прибавления их небольшими кусочками к воде при непрерывном перемешивании. Кусочки щелочи разрешается брать только щипцами.

6. При смешивании веществ, сопровождающимся выделением тепла, необходимо пользоваться термостойкой толстостенной стеклянной или фарфоровой посудой.

7. В лабораториях концентрированные кислоты необходимо хранить в склянках на противнях под тягой.

8. На рабочем месте необходимо иметь соответствующие нейтрализующие вещества.

Работа с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями

1. ЛВЖ и ГЖ следует доставлять в лабораторию в закрытой посуде, помещенной в таре с ручками.

2. Запас хранящихся в лаборатории ЛВЖ и ГЖ не должен превышать суточной потребности.

3. ЛВЖ и ГЖ должны храниться в лабораторных помещениях в толстостенной стеклянной посуде, закрытой пробками, помещенной в специальные металлические ящики с крышками, стенки и дно которых должны быть выложены асбестом. Вместимость стеклянной посуды для ЛВЖ и ГЖ не должна превышать 1 л.

4. Все работы с ЛВЖ и ГЖ проводятся в вытяжном шкафу при работающей вентиляции, выключенных газовых горелках и электронагревательных приборах.

5. При перегонке ЛВЖ и ГЖ необходимо следить за работой холодильника. Во избежание взрыва запрещается выпаривать низкокипящие ЛВЖ досуха. Нагрев и перегонку ЛВЖ и ГЖ проводить на предварительно нагретых банях. Диаметр бани должен превышать размер используемого нагревательного прибора, электрические плитки должны быть с закрытой спиралью.

6. Запрещается нагревать на водяных банях вещества, которые могут вступать в реакцию со взрывом или выделением паров и газов.

7. При случайных проливах ЛВЖ (сероуглерод, бензин, диэтиловый эфир и др.), а также при утечках горючих газов необходимо выключить все источники открытого огня, электронагревательные приборы выключением общего рубильника. Место пролива жидкости следует засыпать песком, а загрязненный песок собрать совком или деревянной лопатой.

8. Запрещается внесение пористых, порошкообразных и других подобных им веществ (активированного угля, губчатого металла, пемзы и т.п.) в нагретые ЛВЖ и ГЖ.

9. Посуда, в которой проводились работы с ЛВЖ и ГЖ, после окончания работы должна быть немедленно освобождена от оставшейся жидкости и промыта.

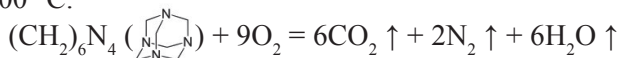
10. Запрещается выливать ЛВЖ и ГЖ в хозяйственно-фекальную канализацию, а необходимо собирать в специальную герметично закрывающуюся посуду и в конце рабочего дня передавать из лаборатории для регенерации и для уничтожения в соответствии с установленным порядком.

11. Диэтиловый эфир следует хранить в посуде из темного стекла изолированно от других веществ в холодном помещении, так как при хранении на свету образуется взрывчатое вещество.

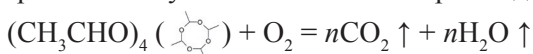
12. Спецодежду, загрязненную в ЛВЖ и ГЖ, а также окислителями немедленно заменить, а пострадавшему лицу немедленно принять душ или промыть проточной водой все открытые участки тела.

Работа с использованием спиртового и сухого горючего

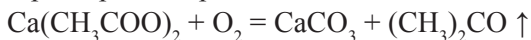
Сухой спирт состоит из спрессованного уротропина (гексаметилентетрамин, гексамин) – полициклический амин вместе с парафином. Парафин придает форму. Кроме того, парафин сохраняет изначальную форму неприкосновенной вне зависимости от температуры, то есть при горении куски от него отваливаться не будут. Сгорает без образования золы. Температура горения около 800 °С.



Второй вид такого горючего – метальдегид. Он представляет собой четырехзвенный полимер – тетрамер (полиацетальдегид). Сгорает с образованием углекислого газа и паров воды.

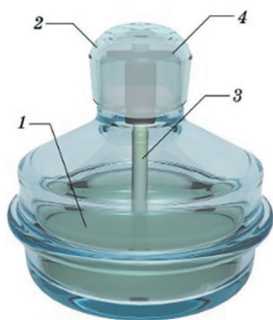


Третий вид состава – сольват ацетата кальция. Сгорая, сольват ацетата кальция разлагается с образованием небольшого количества золы (карбоната кальция) и ацетона. Ацетон, как и этиловый спирт, хорошо горит.



Спиртовка – это жидкотопливная горелка с резервуаром для спирта, через крышку которого пропущен фитиль, одним концом расположенным в резервуаре, а вторым – вне его (рис. 2).

Спиртовки служат для нагрева материалов и изделий в открытом пламени с температурой не более 900 °С и тепловой мощностью не более 170 Вт. Спирт из резервуара поднимается по



- 1 – стеклянный резервуар со спиртом;
- 2 – колпачок;
- 3 – фитиль;
- 4 – металлическая трубочка с диском

Рис. 2

фитилю за счет капиллярного давления и испаряется, когда достигнет выступающей из резервуара верхней части фитиля. Фитиль – это собранные в жгут волокна. Промежутки между ними образуют транспортные каналы для жидкости, которая перемещается вдоль них по направлению из резервуара топлива в зону горения. В простейшем случае фитиль изготавливают из хлопчатобумажных волокон или с добавлением асбестового шнура (для более высокой температуры и долгого горения) в виде жгута или тканой ленты. В качестве материала фитиля также применяют стекловолокно, керамическое волокно, углеродное волокно. Скрученные в жгут, с добавлением связующего такие фитили вследствие своей жаростойкости имеют сравнительно большой срок службы. Однако такие волокнистые фитили имеют температуру пламени не выше 600 °С. Фитиль пропускается через фитильную трубку.

В лабораторной практике применяются спиртовки многочисленных конструкций. Однако все различие между спиртовками можно свести к некоторым основным признакам, которыми являются:

- материал резервуара (стекло или металл);
- форма резервуара (круглая или граненая);
- внутренний объем резервуара;
- материал, толщина фитиля и его форма;
- наличие или отсутствие устройств для регулировки длины выступающей части фитиля.

Материал резервуара может быть изготовлен из стекла или металла. Применяется стекло лабораторное толщиной 2 мм и бутылочное толщиной 3 мм. Спиртовки, изготовленные из бутылочного стекла, более предпочтительны для использования, так как имеют высокую механическую прочность.

В качестве металла для изготовления резервуара спиртовки используются латунь (сплав металлов на основе меди с добавлением цинка и иногда присадками других элементов. При этом медь всегда превалирует, а содержание цинка колеблется в пределах от 5 до 45 % в зависимости от марки сплава) или используется бронза (это многокомпонентное соединение, которое состоит из меди с добавлением различных металлов и неметаллов и классифицируются по наличию олова в составе), поскольку эти металлы при случайном ударе не образуют искр, которые могли бы привести к воспламенению спирта в резервуаре.

Все спиртовки в качестве топлива преимущественно используют этиловый спирт (4-ый класс опасности – малотоксичное вещество). Этиловый спирт (этанол C_2H_5OH) – бесцветная жидкость, обладающая запахом, легковоспламеняющаяся и горящая голубоватым слабо светящимся пламенем.

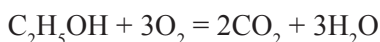
Виды этиловых спиртов можно использовать в качестве жидкого топлива для спиртовок:

- ректификованный из пищевого сырья;
- технический гидролизный;
- технический синтетический.

Спирт этиловый технический синтетический иногда окрашивают в сине-фиолетовый цвет путем добавления красителя метилвиолета $C_{24}H_{28}N_3Cl$. Одновременно с красителем добавляют и вещества с резким запахом, для чего обычно используют пиридин C_5H_5N . Такой спирт называется денатуратом. Он может быть изготовлен и в виде бесцветной жидкости, но имеющей резкий запах, для чего в спирт добавляют кротоновый альдегид $CH_3 - CH = CH - CHO$.

Все эти виды спиртов можно использовать в качестве жидкого топлива для спиртовок. Другие виды топлива, например, изопропиловый или метиловый спирт, для лабораторных спиртовок применять не рекомендуется, так как эти спирты имеют ПДК (предельно допустимая концентрация в воздухе) в два и более раза ниже, чем у этилового спирта.

В спиртовках происходит горение спирта по следующей химической реакции:



При горении спиртовки имеет место диффузионное пламя, при котором спирт сгорает на границе пламени, где происходит взаимная диффузия воздуха и топлива. При этом процессы горения и смешивания паров спирта с воздухом развиваются параллельно. Так как процессы смешивания протекают значительно медленнее процессов горения, то скорость и полнота сгорания определяются скоростью и полнотой смешивания паров спирта и воздуха. Смешение топлива с воздухом при этом протекает путем медленной молекулярной диффузии. Наиболее высокая температура пламени – по краям пламени и в верхней части пламени.

1. Перед зажиганием спиртовки нужно удостовериться, что корпус ее исправен, фитиль выпущен на нужную высоту и распущен, а горловина и держатель фитиля сухие.

2. Спиртовку без колпачка и зажженную спиртовку нельзя переносить с места на место, нельзя зажигать спиртовку от другой.

3. Гасить спиртовку нужно, накрывая пламя фитиля колпачком. Задувать пламя запрещается.

4. В спиртовках используется только этиловый спирт или смесь спиртов (в крайнем случае керосин), пользоваться бензином или другими горючими жидкостями запрещается.

5. Иногда могут использоваться для нагревания брикеты / таблетки сухого горючего. Зажигать их нужно на керамических пластинках, тушить – колпачками для спиртовок или керамическими тигельками. Недогоревшие брикеты после тушения убираются в вытяжные шкафы.

6. Не держать на рабочем столе, где используется спиртовка, легковоспламеняющиеся вещества и материалы, способные воспламениться от кратковременного воздействия источника зажигания с низкой тепловой энергией (пламя спички, спиртовки).

Нагревание реакционных смесей

Электрические колбонагреватели (рис. 3) обеспечивают безопасный и эффективный нагрев круглодонных колб. Для проведения реакций при температуре ниже $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно использовать нагреваемую на электроплитке водяную баню (алюминиевая кастрюля с водой) (рис. 4).

Масляные бани позволяют проводить реакции до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ при высокой скорости передачи тепла и минимальной разнице температур между реакционной смесью и стенкой реакционного сосуда. Масло в банях – это жидкий парафин, обеспечивающий нагрев до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (выше этой температуры он начинает парить, разлагаться, может воспламениться). При температуре выше $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ с масляной баней нужно работать в вытяжном шкафу из-за появления неприятного запаха. Силиконовые масла позволяют работать до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для работы при высоких температурах применяют песчаные или металлические бани.



Рис. 3

Наибольшее распространение получил сплав Вуда (сплав свинца, висмута, олова и кадмия), который плавится при 70 °С и может применяться до 350 °С при обогреве газовой горелкой. Стеклянные приборы нужно вынимать по окончании работы до затвердевания сплава, так как при охлаждении он расширяется, и стеклянный прибор при этом может лопнуть.



Рис. 4

Для работы при пониженных температурах для охлаждения до 0 °С в качестве сосуда для бани применяют алюминиевые кастрюли, для охлаждения до –20 °С лучше использовать пластиковые емкости, для более низких температур – сосуды Дьюара. Ртутные термометры используются для измерения температуры до –20 °С, для измерения более низких температур применяют только спиртовые термометры (от +30 до –120 °С). В качестве охлаждающих агентов наиболее часто используют кашицу из мелко наколотого льда и воды, имеющую температуру 0 °С. Более низкие температуры дают хорошо перемешанные смеси дробленого льда и неорганических солей (табл. 4).

Табл. 4. Смеси льда и неорганических солей

Соль	Количество соли (г) на 100 г льда	Температура (°С)
NH_4Cl	25	–15
NaCl	33	–21
MgCl_2	85	–34
$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	123	–40
$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	143	–55

Работа со стеклянной посудой

Основным травмирующим фактором, связанным с использованием стеклянной посуды, аппаратов и приборов, являются острые осколки стекла, способные вызвать порезы тела работающего, а также ожоги рук при неосторожном обращении

с нагретыми до высокой температуры частями стеклянной посуды.

1. Вся посуда, в которой находятся химические вещества должна иметь маркировку (формула вещества или его название, концентрация).

2. При проведении всех работ по сборке приборов необходимо соблюдать следующие правила:

- Стеклянные трубки небольшого диаметра можно ломать только после подрезки их специальными ножами (пилой) для резки стекла, предварительно защитив руки полотенцем.

- Для облегчения сборки концы стеклянных трубок необходимо оплавливать и смачивать водой или глицерином.

- При соединении стеклянных трубок с просверленной пробкой нужно держать пробку за боковые стороны одной рукой и насаживать ее на трубку, удерживаемую другой рукой.

- Оставлять действующий прибор без присмотра не разрешается.

- Для отсасывания под вакуумом используются колбы Бунзена, которые изготавливаются из толстого стекла.

3. Нагревая жидкость в пробирке или колбе, сосуд нужно держать специальным держателем так чтобы отверстие было направлено в сторону от работающего.

4. Переносить посуды с горячей жидкостью нужно, держа их двумя руками – одной за дно, другой за горловину, используя при этом полотенце – во избежание ожога кистей и пальцев рук.

5. При закрывании толстостенного сосуда пробкой следует держать его за верхнюю часть горла. Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой до тех пор, пока он не охладится.

6. При переливании жидкостей следует пользоваться воронкой, поставленной в колено штатива над сосудом – приемником жидкости.

7. В тех случаях, когда реакция идет при нагревании реакционной смеси до кипения или при перегонке, следует пользоваться круглодонными тонкостенными колбами. Толстостенную посуду нагревать нельзя.

Общие правила проведения реакции

Реакцию можно проводить, в зависимости от ее природы, несколькими способами.

1. Навески реагентов сразу смешивают в реакционном сосуде перед началом реакции (реакцию ведут, например, при нагревании).

2. Один из реагентов постепенно добавляют к смеси остальных реагентов в течение определенного промежутка времени, поддерживая заданную температуру (это наиболее часто встречающаяся процедура).

3. Два реагента добавляют постепенно в ходе реакции (используется в редких случаях).

4. В мелкомасштабных реакциях реагенты взвешивают непосредственно в реакционном сосуде, но обычно их лучше отмерять в отдельных сосудах и затем переносить в реакционную колбу.

5. Твердые вещества взвешивают в химическом стакане или на листе плотной бумаги и засыпают небольшими порциями в реакционный сосуд через воронку для сыпучих веществ (рис. 18), чтобы избежать загрязнения шлифа. При проведении реакции в кипящем растворителе перед каждым добавлением порции вещества надо дать реакционному сосуду слегка остыть.

6. Жидкости обычно не взвешивают, а отмеряют по объему с помощью мерного цилиндра (рис. 12), химического стакана (примерный объем) (рис. 19) или пипетки (рисунки 15 и 16); заливают жидкость в колбу с помощью обычной химической или капельной воронки (рис. 26). Для постепенного добавления реагентов жидкости и растворы прикапывают из капельной воронки, при этом лучше использовать колбу с параллельными шлифами (рис. 8).

Перемешивание реакционной смеси

Существует три способа перемешивания.

1. Механическое перемешивание с помощью стеклянной палочки (рис. 5). При этом способе нельзя ударять стеклянной палочкой о дно и стенки реакционного стеклянного сосуда, во избежание его повреждения;

2. При помощи лопастной мешалки. Лопастная мешалка является универсальной и позволяет перемешивать вязкие растворы, суспензии, эмульсии, объемы жидкостей от нескольких миллилитров до нескольких литров (рис. 6);



Рис. 5



Рис. 6



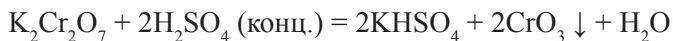
Рис. 7

3. При помощи магнитной мешалки (рис. 7). Магнитную мешалку можно использовать только при перемешивании низковязких растворов, небольших количеств реагентов.

Для очистки химической посуды применяются 4 метода:

1. Физический – кипячение рабочей емкости, воздействие холодом или паром. Выбор способа зависит от прочности посуды.

2. Химический – применяется хромовая смесь, которая будет удалять остатки веществ с посуды (своеобразный окислитель). Используя 10–15%-ный раствор с сочетанием с иными моющими средствами, можно удалить твердые остатки из лабораторной посуды. Хромовая смесь, в народе «хромка» – это смесь концентрированной серной кислоты и бихромата натрия или калия (хромпика). При этом при подогревании (часто смесь разогревается сама) образуется хромовый ангидрид CrO_3 по реакции:



Именно благодаря хромовому ангидриду хромовая смесь является очень сильным окислителем, способным окислять органические вещества.

3. Механический – применяют специальное оборудование: ёршик, прорезиненная палочка, щетка различной жесткости.

4. Комбинированный метод основывается на совмещении физико-химических способов очистки: потребуются специальные инструменты и реактивы.

При мытье посуды необходимо надевать резиновые перчатки, а в случае использования агрессивных жидкостей, особенно хромовой смеси или концентрированных щелочей – защитные очки или маску. Для мытья посуды можно применять мыло, кальцинированную соду (Na_2CO_3), моющие средства, а также серную кислоту (H_2SO_4) и растворы щелочей, в том числе 5–10%-ный раствор соды, 10%-ный раствор фосфата натрия (Na_3PO_4) или гексаметофосфата натрия ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Для удаления из посуды нерастворимых в воде органических веществ пользуются органическими растворителями, например, ацетоном, хлороформом, петролейным эфиром и т.п. Промываемую посуду ополаскивают изнутри несколько раз минимальными порциями подходящего растворителя, после чего сливают его в специальную банку с этикеткой «Слив». Для первых ополаскиваний можно брать уже использованный растворитель, а для последующих – чистый.

Работа с электрооборудованием и электроприборами в химической лаборатории

Химическая лаборатория по степени опасности поражения электрическим током относится к помещениям с повышенной или особой опасностью. Особая опасность обусловлена возможностью воздействия на электрооборудование химически активных сред.

Эксплуатация электрооборудования осуществляется в соответствии с требованиями, предъявленными к таким помещениям: правилами техники безопасности при эксплуатации установок потребителей (ПТЭ – правила технической эксплуатации, ПТБ – правила техники безопасности), а также правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

Требование безопасности в аварийных ситуациях

1. Разлитый водный раствор кислоты или щёлочи засыпать сухим песком, переместить адсорбент от краёв разлива к середине, собрать в полиэтиленовый мешочек и плотно завязать. Место разлива обработать нейтрализующим раствором, а затем промыть водой.

2. При разливе ЛВЖ и органических веществ объёмом до 50 мл погасить открытый огонь спиртовки и проветрить

помещение. Если разлито более 100 мл, удалить студентов из лаборатории, погасить открытый огонь спиртовки и отключить систему электроснабжения помещения устройством вне лаборатории. Разлитую жидкость засыпать сухим песком или опилками, влажный адсорбент собрать деревянным совком в закрывающую тару и проветрить помещение до полного исчезновения запаха.

3. При разливе ЛВЖ и их загорании, немедленно эвакуировать студентов из лаборатории, сообщить о пожаре в пожарную часть по телефону «01» и приступить к тушению очага возгорания первичными средствами пожаротушения.

4. В случае, если разбилась лабораторная посуда, не собирать её осколки незащищёнными руками, а использовать для этой цели щётку и совок.

5. При получении травмы немедленно оказать первую помощь пострадавшему, сообщить об этом преподавателю. При необходимости отправить пострадавшего в лечебное учреждение.

Требования безопасности по окончании работы

1. Привести в порядок рабочее место (протереть мокрой тряпкой свое рабочее место), убрать все химреактивы на свои места. Вымыть использованное лабораторное оборудование.

2. Отработанные растворы реактивов слить в стеклянную тару с крышкой емкостью не менее 3 л для последующего уничтожения.

3. Выключить вентиляцию вытяжного шкафа.

4. Отключить приборы от электрической сети. При отключении от электророзетки не дергать за электрический шнур.

5. Снять спецодежду, средства индивидуальной защиты и тщательно вымыть руки с мылом.

6. Проветрить помещение лаборатории.

Общая характеристика лабораторного оборудования по химии

Химические лаборатории располагают большим разнообразием сосудов и емкостей, выполненных из разных материалов и отличающихся конфигурацией, объемом и предназначением. Каждый из этих предметов выполняет собственную функцию.

В лаборатории химические реакции проводят в приборах из термостойкого стекла «пирекс» (боросиликатное) или «молибден». Термостойкое стекло, в отличие от обычного, имеет малый коэффициент расширения (наименьшая его величина – у кварца), что позволяет ему выдерживать перепады температур 150 °С и выше (стекло «пирекс» выдерживает перепад температур более 200 °С). Приборы снабжены шлифами – коническими соединениями (муфта – керн) (рис. 8) в некоторых случаях можно использовать соединения на каучуковых или корковых пробках, вместо которых иногда удобнее использовать отрезки резиновых шлангов.



Рис. 8

Существует несколько классификаций химического лабораторного оборудования.

В зависимости от сферы применения химическую посуду, как правило, разделяют на три группы: мерная, общего назначения (немерная) и специальная.

Классификация лабораторной посуды по назначению и использованию

Мерная посуда

Для измерения объемов жидкостей и растворов веществ в химико-аналитических лабораториях применяют мерную посуду. В количественном химическом анализе для измерения объемов используется мерная посуда двух видов:

- для точных измерений – пипетки, бюретки, мерные колбы;
- для измерений объемов с невысокой точностью – мерные цилиндры и стаканы, мензурки, градуированные пробирки и колбы.

Первый вид мерной посуды используется для приготовления стандартных (титрованных) растворов, для точного измерения объемов в ходе проведения количественного анализа и т.п. Второй вид – для приготовления вспомогательных растворов, например, буферных растворов, растворов индикаторов.

Такая лабораторная посуда применяется преимущественно тогда, когда существует необходимость точного отделения

объемов жидкостей и растворов. Особенностью мерной посуды является наличие градуировки, ряда метрологических характеристик и использование без нагревания, в обычных лабораторных условиях.

Перед использованием вся мерная посуда проходит поверку по объему.

Распространенные виды мерной посуды

Мерные колбы предназначены для приготовления стандартных растворов (с точной концентрацией) и для разбавления исследуемых растворов до определенного объема. Мерные колбы представляют собой плоскодонные круглые сосуды с длинным узким горлом, на котором нанесена кольцевая метка – риска. Они изготавливаются из химико-лабораторного стекла групп ХС2 или ХС3 или из медицинского стекла с минимальным количеством видимых дефектов, таких как окалина, трещины, царапины, крошки, пузыри и т.п.

Мерные колбы применяют для приготовления растворов строго определенной концентрации, т. е. стандартных растворов, а также для разбавления имеющихся растворов до указанных объемов. Поэтому их нельзя применять для отмеривания точного объема раствора с последующим его выливанием.

Колбы изготавливают в четырех исполнениях 1-го и 2-го класса точности и определенных объемов (рис. 9).

Мерные колбы калибруют на наливной объем («н»), т. е. при наполнении колбы раствором до риски объем раствора точно соответствует указанному. В ряде случаев колбы калибруют одновременно на вливание (налив) и выливание (отлив, «о»), а на горлышко колбы наносится две риски. На мерные колбы наносят маркировку (рис. 10).

Правила работы с мерными колбами

1. Перед приготовлением растворов мерные колбы предварительно моют в соответствии с правилами мытья мерной посуды. Далее колбы ополаскивают несколько раз дистиллированной водой. Ополаскивать колбы раствором, как при работе с пипетками и бюретками, нельзя, поскольку колбы предназначены для



Рис. 9

приготовления растворов точной концентрации.

2. Мерную колбу заполняют на 1/2 или 2/3 объема растворителем.

3. Добавляют растворимое вещество в виде раствора или навески сухого порошка и перемешивают содержимое колбы круговыми движениями.

Навески сухих веществ (в том числе содержимое фиксаналов) или имеющийся раствор (при его разбавлении) вносят в мерную колбу через воронку, смывая затем остаток вещества с воронки (и ополаскивая ампулу фиксанала) дистиллированной водой.

4. Затем струйно добавляют растворитель до горла колбы, а далее – небольшими порциями. Последние миллилитры раствора добавляют по каплям с помощью пипетки до тех пор, пока нижний край мениска раствора не совпадет с риской на шейке колбы.

При этом глаза аналитика должны находиться на уровне риски, а колбу нужно держать на весу за шейку, а не за дно, чтобы избежать нагрева содержимого колбы.

5. Колбу закрывают пробкой. Раствор перемешивают, переворачивая колбу 3–4 раза вверх дном и встряхивая круговыми движениями.

При работе с мерными колбами не рекомендуется:

- хранить полученный раствор в мерной колбе. После приготовления его необходимо перенести в предназначенную для этих целей склянку, снабжённую хорошо притёртой стеклянной пробкой;

- заполнять растворами красителей, трудносмываемых со стенок колбы;

- нагревать растворы в мерных колбах.



Рис. 10

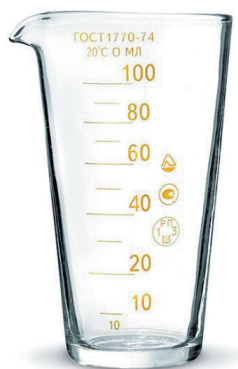


Рис. 11

Мензурки – это сосуды конической формы, у которых деления нанесены на наружной поверхности. Они предназначены для измерения объемов жидкости, в см^3 (рис. 11).

Мензурки также применяют для измерения объема осадков после отстаивания суспензий и собирающихся в нижней части мензурки.

Мензурки используют также для определения объемов двух несмешивающихся жидких фаз, одна из которых, большей плотности, присутствует в малом количестве. Эти сосуды калибруют на отлив.

Мерные цилиндры – это цилиндрические сосуды различной вместимости с нанесенными на наружной стенке делениями, которые указывают объем в см^3 . Их калибруют на наливание и отливание. Чтобы отмерить необходимый объем жидкости, ее наливают в мерный цилиндр до тех пор, пока нижний мениск не достигнет уровня нужного деления.

Цилиндры изготавливают 1-го и 2-го классов точности из химико-лабораторного стекла или из современных полимерных материалов (рис. 12).

Объемы летучих кислот, органических растворителей или жидких растворов газов обычно измеряют при помощи мерных цилиндров с притертой пробкой из стекла, фторопласта или полиэтилена. Такие цилиндры удобны и для оценки объемов жидких гетерофазных систем.

Пробирки мерные применяются для определения объема при химических операциях и для проведения в небольшом масштабе простых химических реакций с измерением объема (рис. 13). Их можно использовать так же, как и мерные цилиндры.



Рис. 12

Рис. 13

Центрифужные пробирки (рис. 14) служат для одновременного измерения объема осадка и надосадочной жидкости после центрифугирования взвеси. Они представляют собой цилиндрические или конические трубки с закругленным дном и верхним рантом.

Деления нанесены на всю длину пробки. Градуировка пробирок производится на выливание. Допускаемая погрешность соответствует цене деления шкалы. Выпускаются пробирки из химически стойкого лабораторного стекла. Также выпускают мерные пробирки со шлифом, притертой пробкой и градуировкой. Они предназначены для отмеривания объема растворов химических веществ, а также для хранения растворов.



Рис. 14

Пипетки – это стеклянные трубки с оттянутым концом, предназначенные для точного измерения объема раствора и отградуированные на выливание. При этом часть раствора, которая остается в носике пипетки после ее опорожнения, учтена при градуировке и никогда не выдувается. Вместимость (номинал) пипеток указывается, как правило, в верхней их части и колеблется от 0,5 до 100 см³, для микропипеток – до 0,2 см³.



Рис. 15

Пипетки выпускаются двух типов – с одной меткой и резервуарной частью (пипетки Мора) (рис. 15) и градуированные (мерные) (рис. 16).

Пипетки с одной меткой изготавливаются следующей номинальной вместимостью: 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 25; 50; 100 и 200 см³. Пипетки номинальной вместимостью 0,5 см³ изготавливают без резервуара и состоят из прямой трубки со сливным отверстием на нижнем конце; вместимостью 1,0 см³ и 2,0 см³ – с резервуаром и без него. Все остальные пипетки выпускаются из стекла соответствующей химической и термической стойкости, без видимых дефектов и внутреннего напряжения, состоят из резервуара с всасывающей и сливной трубками.

Приемный сосуд должен быть слегка наклонен так, чтобы кончик сливной трубки находился в контакте



Рис. 16

с внутренней стенкой сосуда, но без движения относительно друг друга.

В ходе изготовления на все пипетки наносят следующие обозначения:

- число, указывающее номинальную вместимость и сокращение см³ или мл для обозначения единиц объема, в которых пипетка отградуирована;
- 20 °С (стандартная рекомендуемая температура);
- буква «О», указывающая на то, что пипетка предназначена для слива;
- обозначение «1» или «2» для указания класса точности градуированных пипеток;
- товарный знак или наименование предприятия-изготовителя;
- время ожидания, если оно установлено, в виде «0 + 15 с».

Правила работы с пипетками

1. Перед началом работы пипетку тщательно моют для удаления загрязнений, затем несколько раз ополаскивают водопроводной водой, далее – дистиллированной.

2. Для удаления воды пипетку заполняют анализируемым раствором на 1/3 объема с помощью резиновой груши или специальной насадки, ополаскивают пипетку этим раствором, который затем сливают в емкость для отработанных растворов. Для отбора растворов агрессивных или ядовитых веществ необходимо пользоваться пипетками с расширением.

3. Заполняют пипетку анализируемым раствором на 2–3 см выше метки (риски). Верхний конец пипетки быстро закрывают слегка влажным указательным пальцем правой руки, пипетку при этом держат большим и указательным пальцами. Слегка приоткрывая верхнее отверстие пипетки, сливают избыток раствора до совпадения его мениска с риской, которая при этом должна находиться на уровне глаз аналитика. Снова плотно закрывают верхнее отверстие пипетки пальцем и протирают полоской фильтровальной бумаги нижнюю часть пипетки. При отборе раствора пипетка должна находиться в строго вертикальном положении; при установке мениска на уровне деления глаз аналитика должен располагаться на одном с ними уровне.

4. Содержимое пипетки переносят в рабочую емкость, например, в колбу для титрования: отнимают палец от верхнего отверстия пипетки и дают раствору свободно стечь, соприкасая

носик пипетки с внутренней стенкой колбы. Выжидают еще 15–20 с и проводят концом пипетки по стенке сосуда. Оставшееся небольшое количество раствора в кончике не входит в номинал пипетки, поэтому его не выдувают.

Бюретки – это длинные градуированные стеклянные трубки, суженный конец которых снабжен стеклянным одно- или двух-ходовым краном. Бюретки могут быть также без крана и соединены с капилляром резиновой трубкой. В качестве затвора резиновой трубки служат металлические зажимы Мора (рис. 86) или стеклянные шарики, расположенные внутри трубки.



Рис. 17

При оттягивании трубки от стеклянного шарика между ними образуются узкие проходы, через которые и вытекает жидкость из бюретки (рис. 17).

Бюретками со стеклянными кранами пользуются в тех случаях, когда есть вероятность разрушения резины раствором титранта, например, раствором щелочи, йода, сильных окислителей.

На внешней стороне бюретки наносится градуированная шкала.

Выпускаются два типа бюреток:

- 1) без установленного времени ожидания, 1-го и 2-го классов;
- 2) с установленным временем ожидания, только 1-го класса.

Погрешности измерения сливаемой жидкости не должны превышать значений, для каждого типа бюреток. Они означают максимально допускаемую разность погрешностей между двумя любыми точками шкалы. Цифры располагаются непосредственно над длинными отметками и чуть вправо от соседних, более коротких отметок.

Табл. 5. Оцифровка отметок на бюретках, см³

Цена наименьшего деления	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2
Интервалы между оцифрованными отметками	0,1	0,2	0,5	1	2

На бюретки наносят следующие обозначения:

а) «см³» или «мл», означающие единицу вместимости, применяемую при градуировке бюретки;

- б) «20 °С», означающее стандартную температуру;
- в) буква «О» означает, что бюретка вымерена на слив обозначенной вместимости;
- г) «1» или «2», означающие класс точности, по которому вымерялись бюретки;
- д) знак или марка изготовителя и (или) поставщика;
- е) время ожидания, если оно установлено, форма записи «0 + 30 с».

Для титрования и отмеривания небольших объемов растворов применяются микробюретки. Они выпускаются в виде градуированной капиллярной трубки и спаянной с ней стеклянной трубкой с мини-резервуаром (на объем 1–5 мл).

Правила работы с бюретками.

1. Перед началом работы пипетку тщательно моют раствором подходящей моющей смеси, например, смесью концентрированной серной кислоты с 30%-ным раствором пероксида водорода (5:1). Вымытую посуду тщательно ополаскивают водопроводной, а затем – дистиллированной водой. Посуда считается хорошо вымытой, если капли воды при стекании по внутренней стенке не задерживаются на ней.

2. Далее бюретку ополаскивают 2–3 раза раствором титранта.

3. Бюретку закрепляют с помощью лапки в металлическом штативе строго вертикально. Заполняют ее раствором титранта через верхнее отверстие с помощью воронки так, чтобы уровень раствора был на 2–3 см выше нулевого деления бюретки. После этого воронку убирают.

4. Из носика бюретки удаляют пузырьки воздуха. Для этого носик стеклянного крана бюретки погружают в раствор титранта и, приоткрыв кран, всасывают немного раствора через верхнее отверстие бюретки с помощью резиновой груши. Из бюретки с металлическим зажимом Мора или со стеклянной бусиной в резиновой трубке воздух удаляют, отгибая нижний конец трубки со стеклянным носиком вверх примерно на 45°. Одновременно с этим выпускают часть раствора из бюретки до полного удаления пузырьков воздуха из носика.

5. Уровень раствора в бюретке устанавливают на нулевое деление.

Для уменьшения возможных погрешностей мениск устанавливают на нулевой и на последней отметках одним из нижеприведенных способов:

а) плоскость верхнего края отметки должна находиться горизонтально по касательной к нижней точке мениска; взгляд студента – в этой же плоскости;

б) плоскость середины отметки должна находиться горизонтально по касательной к нижней точке мениска; взгляд должен быть направлен вверх в этой плоскости, при этом одновременно видны передняя и задняя части отметки, одновременно сходящиеся в самой нижней точке мениска.

В ряде случаев на заднюю стенку бюреток бывает нанесена узкая синяя полоса на белом фоне. Мениск при этом представляется в виде двух сходящихся конусов, между которыми находится деление шкалы бюретки.

В тех случаях, когда на сливном кончике бюретки свисает капля, ее удаляют путем соприкосновения со стенкой сосуда-приемника, например, со стаканом.

6. В ходе титрования раствор сливают из бюретки медленно, небольшими порциями, чтобы жидкость успевала стекать с внутренних стенок. Количество анализируемого раствора (аликвота) должно быть таково, чтобы объем расходуемого титранта не превышал вместимость (номинал) бюретки. Сливной конец бюретки в ходе титрования должен находиться в горле приемной колбы, но не должен соприкасаться с ее стенками.

7. В ходе проведения титрования зажим бюретки (кран) держат в левой руке, а в правой руке держат колбу за ее горло. Колбу вращают круговыми движениями для перемешивания раствора.

8. Титрование заканчивают при резком изменении цвета раствора или другого параметра. Результат титрования считают с бюретки после закрытия крана (зажимом Мора).

Немерная лабораторная посуда или посуда общего назначения

Этот вид лабораторной посуды характеризуется обширным спектром применения. Все эти виды химической посуды универсальны и используются практически в каждой лаборатории. Она используется для нагревания веществ, их охлаждения, а также перемешивания и проведения всевозможных химических реакций.

Наиболее распространенные виды

Пробирки химические – предназначены для лабораторных работ с небольшим количеством веществ (рис. 18). Они

представляют собой узкие цилиндрической формы сосуды с закругленным дном различной величины и диаметра и из различного стекла. Как правило, лабораторные пробирки изготавливают из легкоплавкого стекла, но для особых работ, когда требуется нагревание до высоких температур – из кварцевого стекла.

Пробирки применяют следующих основных типов:

- П1 – цилиндрические с развернутым краем;
- П2 – цилиндрические;
- П2Т – цилиндрические толстостенные;
- ПЗ – остродонные (конические).

Химические стаканы представляют собой цилиндры различной емкости с носиками и без них (рис. 19). Они предназначены для приготовления растворов, проведения химических реакций осаждения, для выпаривания жидкостей.

Химические стаканы подразделяются по типам – высокие (тип В) и низкие (тип Н). Края стаканов имеют воронкообразную развертку. Иногда стаканы имеют утолщенный рант и наплыв стекла на нем.

Химические стаканы с номинальной вместимостью 100 см³ и более могут иметь шкалу ориентировочной вместимости.

Стаканчики для взвешивания (бюксы) предназначены для взвешивания и хранения веществ (рис. 20). Они изготавливаются двух типов – высокие СВ и низкие СН.

Воронки предназначены для переливания жидкостей, для фильтрования растворов, в том числе горячих; для разделения несмешивающихся жидкостей; пересыпания дисперсных порошков и других работ. Нижняя часть воронок, предназначенная для стекания жидкости, должна быть обрезана под углом не более 60° к центральной оси.

Типы воронок

– В – воронка общелабораторная (рис. 21) – предназначена для лабораторных работ общего характера – фильтрования или переливания растворов.



Рис. 18



Рис. 19



Рис. 20



Рис. 21



Рис. 22



Рис. 23



Рис. 24

– *ВФ* – воронка для фильтрования (воронка Шотта) (рис. 22) – имеет несъемный фильтр и производится из спаянной в единое целое стеклянной крошки. Благодаря порам разделительной пластины можно фильтровать жидкости без использования дополнительных фильтров из бумаги. Они предназначены для фильтрации под вакуумом.

– *ВР* – воронка с ребрами (рис. 23) – предназначена для проведения лабораторных работ, связанных с переливанием и фильтрованием жидкостей при помощи вставляемых в воронку бумажных фильтров.

– *ВП* – воронка для порошков (рис. 24) – используется для пересыпания сыпучих веществ.

– *ВПр* – воронка предохранительная (рис. 25) – используется в качестве жидкостного затвора при сборке различных лабораторных установок, а также для введения жидкости в сосуд.

– *ВК* – воронка капельная (рис. 26) – предназначена для равномерного добавления жидкости в колбу с реакционными растворами, смесью или другими химическими реактивами или веществами. Воронка имеет цилиндрическую форму, шкалу деления, внизу прикрепляется стеклянный кран. Она часто применяется как элемент лабораторного оборудования или прибора, прочно закрепляемый в колбе или штативе. Кран капельных воронок должен легко проворачиваться. Поэтому его смазывают специальной смазкой (допускается вазелин) и привязывают к горлышку воронки тонкой проволокой или ниткой.

– *ВД* – воронки делительные (рис. 27) – бывают различного размера и различной емкости – от 10 до 1000 см³, с укороченным



Рис. 25



Рис. 26



Рис. 27



Рис. 28

концом. Они применяются для разделения органической и неорганической фаз двух несмешивающихся жидкостей, снабжаются пробками из пластика или стекла и не имеют нижнего керна; это простое устройство для жидкостной экстракции. В зависимости от формы делительные воронки могут быть:

- цилиндрические;
- конические;
- грушевидные;
- шаровидные;
- снабженные стеклянными спусковыми кранами.

Воронка Бюхнера (рис. 28) изготавливается из фарфора, иногда — из пластмассы или металла. Верхняя часть воронки разделена от нижней перфорированной или пористой перегородкой, к которой подведен вакуум. При работе отверстия перегородки закрывают ватой или фильтровальной бумагой. На сетчатую перегородку кладут два кружка фильтровальной бумаги, причем их диаметр на 1 мм меньше диаметра используемой воронки. Воронку помещают в колбу Бунзена (рис. 36) на резиновой пробке.

Колбы предназначены для использования в лабораториях с целью проведения препаративных и аналитических работ: для фильтрования, выпаривания, перегонки, разгонки, дистилляции, синтезов и проведения реакций в ходе процедуры титрования.

Основные типы колб

– К – круглодонные;

- П – плоскодонные;
- КГУ и КГП – круглодонные с двумя и более горловинами;
- Кн – конические (колбы Эрленмейера);
- Гр – грушевидные;
- Кьельдаля – грушевидные;
- КП – круглодонные для перегонки (колбы Вюрца).

К – круглодонные (рис. 29) – применяются для выпаривания, перегонки, разгонки, дистилляции и синтеза в лабораторных условиях. Специальная округлая форма подходит для равномерного нагревания, а колба со стандартным шлифом горловины обеспечивает герметичное соединение с комплектным лабораторным оборудованием.



Рис. 29

П – плоскодонные (рис. 30) – применяются при проведении органического синтеза и анализа, а также для перегонки различных жидкостей.



Рис. 30

КГУ и КГП – круглодонные с двумя и более горловинами (рис. 31) – применяются для проведения дистилляции, экстракции и других работ с использованием термометра, воронки, мешалки и т.д. На колбе имеется окошко для записи. Благодаря равномерной толщине стенок и форме колбы обеспечивают равномерный нагрев содержимого.



Рис. 31

Кн – конические (колбы Эрленмейера) (рис. 32) – применяются в любых видах лабораторий (включая химические и микробиологические). Представляют собой конический корпус с цилиндрическим горлом. Благодаря широкому плоскому дну изделие отличается высокой устойчивостью к опрокидыванию и защищает лабораторные жидкости от пролития на рабочие поверхности.



Рис. 32

Конические колбы изготавливают из термостойкого лабораторного стекла, поэтому они позволяют наблюдать химические реакции в большом температурном диапазоне. Коническая форма изделия позволяет перемешивать растворы простым вращением, магнитной мешалкой или шейкером без риска расплескать жидкость. Узкое горлышко уменьшает интенсивность испарения растворов. На колбах номинальной вместимостью 50 мл и более имеется ориентировочная шкала, которая легко читается и не стирается под механическим или химическим воздействием. Рядом с ней имеется белое поле, на котором можно делать пометки маркером или карандашом.

Конические колбы выпускают со шлифом и без шлифа, номинальной вместимостью от 25 до 5000 мл. Шлиф позволяет использовать колбу на установках синтеза. Также может варьироваться диаметр горлышка колбы. Само горлышко, как правило, делают с закругленным ободом, который позволяет укупорить колбу резиновой пробкой или ватыным тампоном.



Рис. 33

Гр – грушевидные (рис. 33) – применяются для перегонки, выпаривания, фильтрации, дистилляции и синтеза химических веществ в лаборатории. Изготовлена из химически-стойкого стекла.



Рис. 34

Кьельдаля – грушевидные (рис. 34) используются в лабораторных работах как приемник при перегонке, всевозможных синтезов органических веществ и анализов, также колба с цилиндрической горловиной применяется для ручного определения азота по Кьельдалю. Принцип действия определения азота по Кьельдалю основан на разложении органического вещества воздействием концентрированной серной кислоты. При этом азот переходит в аммиак, который взаимодействует с избытком серной кислоты и образует сульфат аммония $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$. Сульфат

аммония разлагают действием щелочи, а выделяющийся при этом аммиак (NH_3) титруют серной кислотой (H_2SO_4). По расходу серной кислоты при титровании вычисляется содержание азота во взятой навеске.

Удлиненное горло колбы Кельдаля служит воздушным конденсатором, где оседают капли жидкости на этапе разложения исследуемого вещества серной кислотой, также такая форма горловины способствует эффективному процессу дистилляции, на этапе получения аммиака (NH_3) из сульфата аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). Используются совместно с насадками Кельдаля (рис. 76).

КП – круглодонные для перегонки (колбы Вюрца) (рис. 35) применяются для перегонки, разгонки, фильтрования, выпаривания, дистилляции и синтеза химических веществ в лабораторных целях. Колба Вюрца изготавливается из химически стойкого стекла группы. Лабораторные колбы тип КП стойки к воздействиям химических растворов. Для изготовления резервуара применяется боросиликатное стекло, устойчивое к перепадам температур.

Колбы с тубусом (колбы Бунзена) (рис. 36) предназначены для фильтрования (с фарфоровой воронкой Бюхнера) с применением вакуум-насоса. Они изготавливаются с взаимозаменяемым конусом и без него в верхней части колбы. Колбы должны выдерживать предельное остаточное давление не более 13,33 гПа (10 мм рт. ст.).

Кристаллизаторы – это химические сосуды для выделения твёрдых веществ или очистки веществ при охлаждении растворов или расплавов (перекристаллизация) (рис. 37). Лабораторные кристаллизаторы преимущественно



Рис. 35



Рис. 36



Рис. 37

изготавливаются из обычного или термостойкого стекла. Например, термоустойчивые стеклянные кристаллизаторы с носиком, а также толстостенные кристаллизаторы из натриево-кальциево-силикатного стекла. При перекристаллизации вещества наиболее важна равномерность охлаждения раствора, поэтому кристаллизаторы имеют плоское дно и достаточно большой диаметр.

Из горячего насыщенного раствора, помещенного в эту емкость, при охлаждении выпадают кристаллы вещества, свободные от примесей. Помимо перекристаллизации, возможно использование химического кристаллизатора в качестве выпарной чаши или же посуды общего назначения, которая подходит для непродолжительного хранения реактивов, нагревания, размещения мелких предметов и т.д.

Специальная лабораторная посуда

Специальная лабораторная посуда служит одной конкретной цели в зависимости от типа.

Дистилляторы. Дистиллятором называется специальное оборудование, которое автоматически проводит очищение воды до состояния дистиллированной (от лат. *distillatio* – «стекание каплями»). Дистилляция осуществляется путем конденсации пара в жидкость, а затем дальнейшей конденсации жидкости и последующего испарения воды.

Существуют разные виды приборов, однако распространенными являются электрические аппараты (рис. 38).

Небольшие объемы воды можно перегонять физическим способом, используя горелки, специальные трубки и лабораторную посуду. Такой способ подходит только для получения небольшого количества дистиллированной воды. Для налаживания постоянного потока очищенной жидкости применяются дистилляторы, так как позволяют эффективно и быстро получать необходимый объем дистиллированной жидкости.



Рис. 38

Чаши предназначены для химико-лабораторных и биологических работ. Изготавливаются следующих типов:

– ЧКЦ – кристаллизационные цилиндрические (рис. 39);

– ЧВП – выпарные плоскодонные сферические (рис. 40);

– ЧВК – выпарные круглодонные сферические (рис. 41);

– ЧБВ – биологические (чашка Коха), с крышками высокие (рис. 42);

– ЧБН – биологические (чашка Петри), с крышками низкие (рис. 43).

Капельницы предназначены для дозирования индикаторов и других растворов. Для производства используют химически инертный материал, прочный, легкий для мойки и использования, долговечный. Кроме химической, должна быть термическая стойкость. Обычно используют стекло с термостойкостью от 120 °С. Такую посуду можно автоклавировать. Прозрачные изделия удобны, так как видно уровень жидкости в них. Цвет темный, если реактивы светочувствительные, темные стенки позволяют продлить срок годности нестабильных реагентов. Пластиковые изделия нельзя поддавать нагреву, они подходят для щелочных растворов.

Капельницы изготавливаются в трех исполнениях:

1) с баллоном (Ранвье) – пластиковые продолговатые бутылочки с узким дном, тонкой трубкой и баллончиком (рис. 44);

2) с колпачком (Страшейна) – стеклянные бутылки с плоским дном, круглым дном. На стенку нанесена маркировка (рис. 45);

3) с клювиком и взаимозаменяемым конусом (Шустера) (рис. 46).

Холодильники предназначены для обмена тепла двух потоков и конденсации



Рис. 39



Рис. 40



Рис. 41



Рис. 42



Рис. 43



Рис. 44



Рис. 45



Рис. 46

паров кипящей жидкости в перегонных установках. Конденсация пара происходит при помощи охлаждающей среды, чаще всего воды.

В зависимости от условий работы жидкость, образующаяся в холодильнике при охлаждении паров (конденсат), должна или отводиться в приемник, или возвращаться в тот сосуд, в котором проводят нагревание. Это различие в назначении холодильников определяет их форму и название. Холодильники, предназначенные для собирания конденсата, называют прямыми или нисходящими, а холодильники, из которых конденсат возвращается в процесс, – обратными.

Холодильники применяются следующих типов:

- ХПТ – с прямой трубкой;
- холодильник Либиха;
- ХШ – шариковые (Аллина и Сокслета);
- ХСН – спиральные с наружным охлаждением;
- ХСВ – спиральные с внутренним охлаждением;
- ХСВО – спиральные с внутренним охлаждением обратимые;
- ХСД – спиральные с внутренним и наружным охлаждением двухстенные (Димрота);

Прямые холодильники (с прямой трубкой) (рис. 47) и *холодильники Либиха* (рис. 48) применяют при перегонке веществ, пары которых охлаждаются в холодильной трубке, превращаются снова в жидкость, которая стекает в приемник. Температура паров не должна превышать 150 °С. Вода в холодильник подается всегда через нижний отвод, который соединяют с водопроводным краном через резиновую трубку. Вода в холодильнике движется навстречу охлаждаемым парам жидкости.



Рис. 47



Рис. 48



Рис. 49

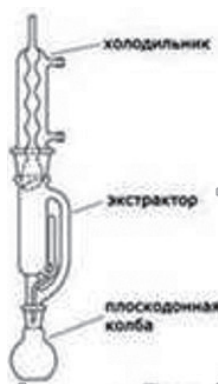


Рис. 50

При работе необходимо соблюдать правило: холодильная рубашка всегда должна быть заполнена водой, чтобы не допустить ее нагрева. Резиновые трубки на отводах обвязывают тонкой проволокой. Холодильник Либиха может выполнять функции и воздушного холодильника, если его расположить вертикально и пар высококипящей жидкости направить в рубашку через верхний отросток, а из нижнего отбирать конденсат. В результате разогрева в центральной трубке возникнет непрерывный вертикальный поток холодного воздуха. В этом случае наиболее эффективные холодильники с более широкой центральной трубкой и возможно более меньшим диаметром окружающей ее рубашки.

Шариковый холодильник или холодильник Аллина (рис. 49) обычно применяют как обратный. Такая форма трубки увеличивает поверхность охлаждения, и при этом происходит более полная конденсация паров. Обычно число шариков у таких холодильников колеблется от 3 до 8. Холодильник Аллина устанавливают только в вертикальном положении, но не в наклонном, так как в последнем случае в шариках будет собираться сконденсированная жидкость, мешающая правильному отбору фракций.

Имеется ряд специальных холодильников, например, такие, у которых холодильная трубка имеет вид спирали. Это делается для того, чтобы, не увеличивая размеров холодильника, увеличить поверхность охлаждения.

Шариковый холодильник Сокслета (рис. 50) чаще всего применяют как обратный. Охлаждающая вода поступает в холодильник через левый отвод во внутреннюю шарообразную полость и

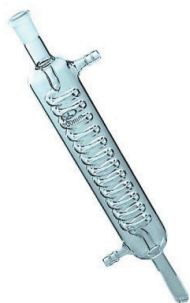


Рис. 51

вытекает из правого отростка. Пары жидкости проходят между внутренней поверхностью и наружной стенкой. Таким образом, пары охлаждаются сразу с обеих поверхностей: с наружной – воздухом, с внутренней – водой.

ХСН – спиральные с наружным охлаждением (рис. 51) – используется в качестве компонента для систем экстракции и элемента, выполняющего охлаждение рабочей среды на определенном этапе химического процесса или для конденсации паров легкокипящих жидкостей. Это лабораторный стеклянный холодильник со спиралью для наиболее эффективной очистки паров спирта при конденсации и визуального контроля процесса.

ХСВ – спиральные с внутренним охлаждением (рис. 52) – применяется для охлаждения и конденсации паров жидкости. Предназначен для обмена тепла двух потоков. Это лабораторный стеклянный холодильник со спиралью для наиболее эффективной очистки паров спирта при конденсации и визуального контроля процесса. Холодильник ХСВ выполнен из термостойкого высокопрочного стекла – способен выдерживать температуру нагрева до 150 °С.

ХСВО – спиральные с внутренним охлаждением обратимые (рис. 53) – применяется при проведении реакций с длительным нагреванием или с выделением тепла. Испаряющаяся при этих процессах жидкость не уходит из холодильника в приемник, а, конденсируясь, возвращается обратно в емкость, откуда испарялась. Холодильник этого типа обычно устанавливают вертикально и благодаря керну его удобно подсоединять к колбе.

ХСД – холодильник Димрота (рис. 54) – спиральный с внутренним и наружным охлаждением, двухстенный. Является универсальным, так как его можно применять в качестве и нисходящего, и обратного. Он



Рис. 52



Рис. 53



Рис. 54

применяется как эффективный обратный конденсатор, но может применяться и как нисходящий (если потери конденсата не важны). Состоит из корпуса, в который впаян змеевик для подачи воды. Пары кипящей жидкости поступают через нижний отвод и охлаждаются одновременно змеевиком и внешним воздухом. Часть паров выходит через верхний непришлифованный выход, а основная часть конденсируется и возвращается в реакционный сосуд. Нижний выход встроен в керн. Холодильник выдерживает значительные перепады температур и имеет наиболее высокий коэффициент теплообмена.

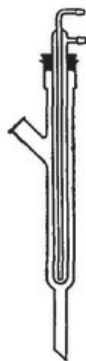


Рис. 55

Пальчиковый холодильник Ширма-Гопкинса (рис. 55) представляет собой запаянную с одного конца трубку, в пробке которой имеются две трубки: одна, доходящая до дна, — для подводки воды и другая, короткая, — для отвода воды в канализацию. Этот аппарат называют еще «охлаждающий палец» или погружной холодильник. Так, *пальчиковый холодильник* состоит из рубашки, через которую пропускают пар, и «пальца», находящегося внутри рубашки, — устройства, через которое протекает жидкий хладагент. При использовании такого холодильника скорость потока пара должна быть более низкой.



Рис. 56

Холодильник Штеделера (рис. 56) — холодильник патронного типа — это модификация змеевикового холодильника, в котором охлаждающий сосуд в центральной части — патрон — заполнен твердой или жидкой охлаждающей смесью, например, лед с поваренной солью, твердой углекислотой с ацетоном и т.д. Такой холодильник можно применять для конденсации веществ, кипящих при очень низких температурах.

Холодильник Веста (рис. 57) имеет охлаждающую рубашку небольшого диаметра, близко расположенную к центральной несколько изогнутой трубке. Он более производителен, чем холодильник Либиха. В одних и тех же условиях перегонки жидкости холодильник Веста имеет вдвое больший коэффициент теплообмена, чем прямоточный.



Рис. 57



Рис. 58

Холодильник Грэхема (рис. 58) используют для конденсации пара легколетучих жидкостей, например, при комнатной температуре с избытком брома в смеси. Обычный вертикальный холодильник Либиха соединяют с холодильником Грэхема через Т-образную насадку (лежащую на боку), так, что пары из колбы как бы приходят между ними и сперва конденсируются в холодильнике Либиха, потом жидкость стекает по спирали холодильника Грэхема вниз и дополнительно охлаждается. Оба холодильника задерживают во внутренней трубке часть конденсата и поэтому мало пригодны для фракционной перегонки.

Винтовой холодильник Фридрихса (рис. 59) – это другой тип холодильника, часто встречающийся в органических лабораториях. В этом холодильнике пар омывает змеевиковую трубку с проточной водой и стенки внутренней широкой цилиндрической трубки, снаружи которой течет вода, поступающая из змеевика. Этот холодильник с интенсивным охлаждением пара является, в сущности, комбинацией холодильников Либиха и Димрота. Он очень эффективен для фракционной перегонки жидких смесей, так как в нем конденсат практически не задерживается. Зазор между внешней стенкой и витками настолько мал, что заполняется стекающим конденсатом. Пары, для которых кратчайший прямой путь через холодильник таким образом оказывается закрыт, вынуждены преодолевать во много раз более длинный спиральный путь, что значительно увеличивает эффективность холодильника. При большом давлении паров холодильник Фридрихса захлебывается.



Рис. 59

Общий принцип действия холодильников лабораторных представлен на рисунках 60–62.

Дефлегматоры – это обратные холодильники (рис. 63), конденсирующие спиртовые пары и возвращающие их уже в виде жидкости (флегмы). Дефлегматоры действуют следующим образом: при незначительном охлаждении пара кипящей жидкости в нем происходит частичная конденсация пара более высококипящего раствора.

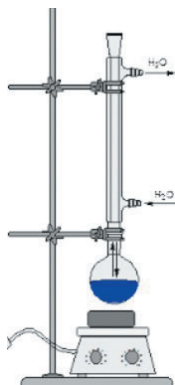


Рис. 60

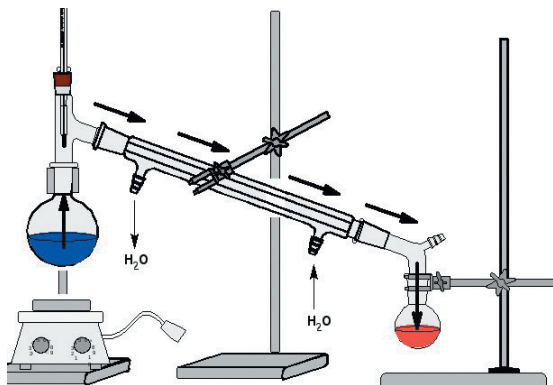


Рис. 61

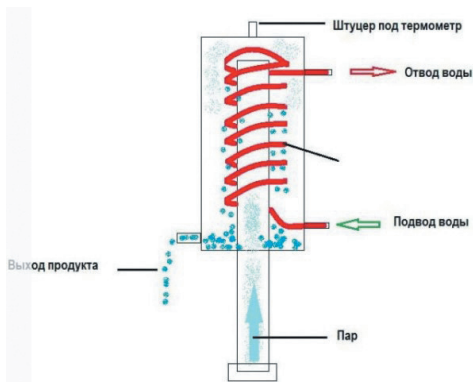
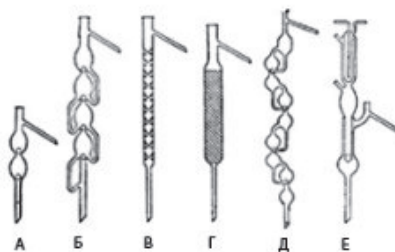


Рис. 62



Конструкций дефлегматоров:
А, Б – шариковые, В – елочные,
Г – с насадкой, Д – Арбузова, Е – Ганна

Рис. 63



Рис. 64



Рис. 65



Рис. 66

Кюветы предназначены для лабораторных и исследовательских работ (рис. 64). Кюветы для фотометрии изготовлены из оптического стекла по технологии УФ-склеивания. Химически устойчивы к действию кислот (кроме плавиковой кислоты) и разбавленных щелочей.

Хлоркальциевые трубки (рисунки 65 и 66) имеют широкое применение в химической лаборатории. Их используют в лабораторных установках и для защиты некоторых веществ и растворов, в том числе дистиллированной воды, от атмосферных газов, пыли, влаги. Хлоркальциевые трубки заполняют твердыми веществами, которые способны поглощать влагу или газы. В качестве наполнителей используют свежeproкаленный хлорид кальция CaCl_2 – для поглощения паров воды или натронную известь (смесь гидроксидов натрия (NaOH) и кальция (Ca(OH)_2)) – для поглощения оксида углерода (IV) (CO_2) и паров воды (H_2O).

Трубка хлоркальциевая с отводами под резиновую трубку (рис. 66) применяется для сушки и очистки от механических загрязнений газов в газоанализаторах и других приборах.

Классификация лабораторной посуды по материалам, из которых она изготовлена

Стеклянная лабораторная посуда

Наиболее распространенным видом лабораторной посуды является посуда из стекла. Обусловлено это тем, что стекло – материал, обладающий всеми самыми необходимыми свойствами и качествами, которые нужны лабораторной посуде.

Стеклянная лабораторная посуда обладает высокой прозрачностью – порядка 95–98 %, хорошими показателями теплопроводности, инертностью ко множеству высокоактивных соединений. Также стеклянная посуда позволяет проводить нагрев веществ до температур до 1200 °С при сохранении формы. Такая возможность обусловлена незначительным коэффициентом температурного расширения стекла.

Дополнительное закаливание стеклянной лабораторной посуды в процессе изготовления позволяет придать ей высокие механические показатели прочности.

Соединительные элементы в химических лабораториях используются для сборки различных установок, аппаратов, лабораторных приборов, поэтому они выпускаются с взаимозаменяемыми конусами, например, разнообразные аллонжи (приемники) (рис. 67), которые выпускаются как прямые, так и изогнутые, с отводами и без них, аллонжи «паук» типа АП и АКП. Их применяют в приборах и установках для перегонки, например, для соединения холодильника с приемником.

Насадка, представляющая собой У-образную (двурогую) или Ш-образную (трёхрогую) насадку на колбу, называется *форшотсом* (рис. 68). Применяются для разветвления различных лабораторных установок.

Фильтры и изделия с фильтрами. В зависимости от размера пор фильтры подразделяются на классы.

Для очистки стеклянных фильтров от осадков их промывают большим объемом подходящего растворителя под небольшим давлением с использованием водоструйного насоса или резиновой груши. Например, осадок хлорида серебра можно вымыть раствором аммиака (NH_3) или тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Для удаления плохо отмывающихся органических загрязнений или следов органических примесей стеклянные фильтры очищают хромовой смесью.

Спиртовки выпускают двух типов – со стеклянным колпачком СЛ-1 и фенопластовым колпачком и подставкой СЛ-2 (рис. 2).



Рис. 67



Рис. 68

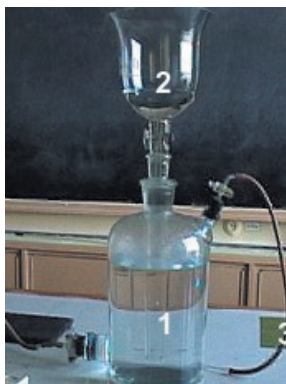


Рис. 69



Рис. 70



Рис. 71

Номинальная вместимость спиртовок составляет 100 см^3 .

Склянки с тубусом используются в лабораториях для отбора и хранения растворов, дистиллированной воды и газов. Они бывают следующих исполнений:

- 1) под резиновую пробку с краном;
- 2) с взаимозаменяемыми конусами с краном;
- 3) под резиновую трубку;
- 4) с двумя тубусами, взаимозаменяемыми конусами и воронкой (рис. 69);
- 5) с двумя тубусами под резиновую пробку и воронкой (рис. 70).

Склянки исполнения 4 (для собирания и хранения чаще всего кислорода) и 5 (аппарат Киппа для получения и собирания чаще всего водорода (H_2) или оксида углерода (IV) (CO_2)) часто называют газометрами, поскольку они используются для сбора и хранения газов, не смешивающиеся с водой.

Эксикаторы — это сосуды диаметром от 15 до 30 см (вместительностью от 100 до 300 мл), в которых поддерживается определенный уровень влажности воздуха — около 0 % (рис. 71). Они состоят из емкости, изготовленной из толстого высококачественного боросиликатного или лабораторного стекла, внутри которого находится осушитель. Предназначены для медленного высушивания и сохранения веществ, легко поглощающих влагу из атмосферного воздуха при комнатной температуре. Эксикаторы закрываются крышками, края которых притерты к верхней части корпуса. Притертые части должны быть смазаны тонким слоем вазелина.

Эксикатор имеет особую форму для размещения решетчатой фарфорового поддона, гигроскопичное раствор, поддерживающий определенное парциальное давление водяных паров. Фарфоровой вставки – на которой устанавливаются тигли, бюксы, выпарительные чашки и т.д. На дно сосуда помещается вещество для осушения или раствор, который поддерживает парциальное давление водяных паров.

Для наполнения эксикаторов рекомендуется использовать нижеследующие осушающие вещества.

- Хлорид кальция (CaCl_2) – применяют только прокаленный, в виде достаточно крупных кусков. Эксикатор наполняют хлоридом кальция приблизительно на одну треть высоты его нижней части.

- Серная кислота (H_2SO_4) концентрированная (95–96 %) – ее помещают в нижней части эксикатора в фарфоровой чашке. Кислоту меняют, когда она потемнеет. Применять серную кислоту нельзя, если она может взаимодействовать с осушаемым веществом.

- Силикагель или оксид алюминия (Al_2O_3). Для удобства наблюдения за состоянием адсорбентов их смешивают с небольшим количеством хлорида кобальта. Безводные силикагель и оксид алюминия окрашиваются в синий цвет. При поглощении влаги они приобретают розовую окраску. Насыщенные водой осушители регенерируют нагреванием: силикагель – при температуре не выше 200 °С, оксид алюминия – не выше 175 °С.

- Оксид фосфора (V) (P_2O_5). Это наиболее действенное высушивающее средство – способно не только отнимать молекулы воды, входящие в молекулярный состав вещества, но и удалять адсорбированную воду. Оксид фосфора (V) меняют, когда он расплывется.

Склянки для промывания газов предназначены для очистки газов. Они часто носят имена ученых и выпускаются следующих типов:

- СН – с насадкой (склянка Дрекслея);
- СВП – с впаянной трубкой (поглотитель Зайцева);
- СПЖ – с внутренней перегородкой для жидких поглотителей (склянка Тищенко);
- СПТ – с внутренней перегородкой для твердых поглотителей (склянка Тищенко);
- С2Г – с двумя горловинами (склянка Вульфа);
- С3Г – с тремя горловинами (склянка Вульфа).



Рис. 72



Рис. 73



Рис. 74

Склянка Дрекслея – тип СН (рис. 72) – используется для промывания (барботирование, «барботаж») газов посредством пропускания их через жидкость, которая способна задерживать нежелательные примеси. Например, если в склянку налить концентрированной серной кислоты, то при обработке газ будет не только осушаться, но из него будет поглощаться аммиак. Устройство также применяется для лабораторного определения состава изучаемых газов. Промывная склянка Дрекслея напоминает похожее устройство, известное как склянка Вульфа, которое также предназначено для промывания газов, однако, отличается от него формой и конструкцией. В склянках Дрекслея применяют только жидкий поглотитель.

Поглотитель Зайцева – тип СВП (рис. 73) – применяется для поглощения и очистки различных веществ в лабораторных установках, например, для поглощения и очистки воздуха или газа от вредных примесей в аппаратах и химических лабораториях.

Склянки Тищенко – тип СПТ и СПЖ (рис. 74) – отличаются от склянок Вульфа тем, что внутри имеют перегородку, делящую склянку на две сообщающиеся между собой части. Есть два типа склянок Тищенко: для жидкостей и для твердых поглотителей. У склянок для жидкостей внутренняя перегородка доходит до дна и обе половины сообщаются при помощи отверстия, расположенного у самого дна в середине перегородки. В склянках для твердых тел перегородка немного не доходит до пробки, которая, в свою очередь, служит дном.

Склянки Вульфа – тип С2Г и С3Г (рис. 75) – с двумя или тремя горлами – служат для тех же целей, что и склянки Дрекслея. Эти склянки можно также применять в качестве

реакционных сосудов при получении газообразных продуктов и в качестве предохранительного сосуда при водоструйных насосах. Слянки Вульфа большой емкости можно использовать для хранения титрованных растворов. Иногда они имеют в нижней части тубус.

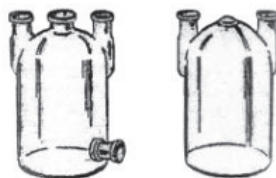


Рис. 75

Аппарат для получения газов (аппарат Киппа) предназначен для получения газов в лабораторных условиях (рис. 70). В среднюю расширенную часть аппарата вводят вещество, служащее для получения газа (мрамор – для получения диоксида углерода (CO_2), сульфид железа (FeS) – для получения сероводорода (H_2S), цинк (Zn) – для получения водорода (H_2) и т.д.).

Насадка Кьельдаля (рис. 76) применяют при простой перегонке жидкостей. Ее вставляют нижним концом в пробку, закрывающую горло сосуда с кипящей жидкостью, а изогнутый конец присоединяют к холодильнику.



Рис. 76

Лабораторная посуда из пластика

Пластиковая лабораторная посуда распространена преимущественно в исследовательской деятельности в научных химических лабораториях. Большинство европейских исследователей и исследовательских центров еще с конца прошлого века планомерно выводили из обращения стеклянную посуду. Пластиковая лабораторная посуда обладает отличными показателями механической прочности и инертностью к высокоактивным химическим веществам. Она не вступает во взаимодействие с щелочными растворами и плавиковой кислотой (HF).

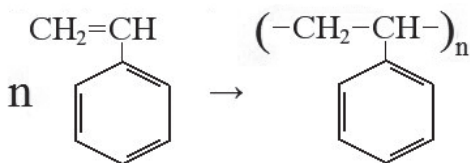
Однако, по сравнению со стеклом, спектр рабочих температур у пластиковой посуды небольшой. Самые устойчивые образцы пластиковой лабораторной посуды выдерживают температуры не выше 130°C . Нижний порог охлаждения составляет всего -35°C .

Пластиковая посуда может быть как многоразового, так и одноразового использования, а также прозрачной или матовой.

Посуда из прозрачного пластика предназначена для таких лабораторных процессов, где требуется наблюдение за содержимым, а также идентификация с другими химическими реактивами. Матовую – непрозрачную – для хранения реагентов, которым недопустимо попадание солнечных лучей.

Пластиковая лабораторная посуда изготавливается из *полимерных материалов*.

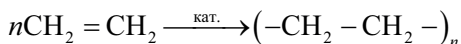
1. *Полистирол*. Относится к группе синтетических полимеров класса термопластов (термопластическая пластмасса) и ее получают полимеризацией стирола.



Полистирол – твердое и бесцветное стеклоподобное вещество, которое пропускает до 90 % лучей видимого спектра и имеет регулярную цепь строения. Лабораторная полипропиленовая посуда (обозначение ПП или РР).

Полистирол – хороший диэлектрик, но у него плохая теплопроводность; устойчив к воздействию щелочей и кипящей воды, не растворяется в органических растворителях, но под действием азотной (HNO_3), серной кислот (H_2SO_4) темнеет и разрушается.

2. *Полиэтилен*. Это термопластичный полимер этилена. Имеет обозначение PE-LD и PE-HD – полиэтилен высокого и низкого давления. Его получают при помощи полимеризации этилена (химическое название – этен) по свободно-радикальному механизму.



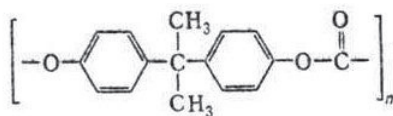
Лабораторная посуда из полиэтилена устойчива к действию щелочей, органических кислот, соляной и плавиковой кислот; разрушается под действием азотной кислоты, хлора и фтора. Диапазон рабочих температур: от -40 до $+70$ °С.

3. *Полипропилен*. Это химическое соединение, относящееся к синтетическим полимерам. Он является продуктом полимеризации пропилена и принадлежит к классу полиолефинов. Благодаря исключительной прочности и твердости изделия из полипропилена обладают прочностью, твердостью и химической

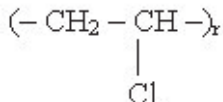
стойкостью к различным видам соединений и веществ. В частности, полипропилен крайне нейтрален по отношению к химически агрессивным кислотам, основаниям и растворителям. С другой стороны, он не устойчив к неполярным жидкостям, включая бензол, метилхлорид или четыреххлористый углерод.



4. *Поликарбонат*. Это группа термопластов, сложные полиэферы угольной кислоты и двухатомных спиртов. Имеет обозначение РС.



5. *Поливинилхлорид*. Это высокомолекулярный термопластичный хлорсодержащий полимер. Имеет обозначение PVC. Поливинилхлорид обладает хорошими электроизоляционными и теплоизоляционными свойствами, а также высокой стойкостью к действию сильных и слабых кислот и щелочей, смазочных масел и др.

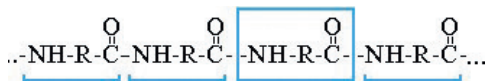


6. *Полиамид*. Имеет обозначение РА. Это термопластичные пластмассы на основе линейных синтетических высокомолекулярных соединений. Твердый, стойкий к повышенным нагрузкам, с прекрасными механическими характеристиками. Отличается маленьким коэффициентом трения.

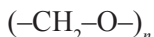
Полиамид химически стоек к воздействию масел, смазок, эфиров, бензина, дизельного топлива, керосина, спиртов, слабых кислот, разбавленных и концентрированных щелочей, органических растворителей, морской воды и пр. Полимер растворяется в концентрированной серной кислоте, фторированных спиртах, муравьиной кислоте. Муравьиной кислотой его можно склеивать. Кислота растворяет кромку, и при присоединении двух кусков полиамида б получается прочное соединение.

Полиамид, являясь чрезвычайно прочным материалом, имеет малую плотность. Он легче стали в 6 раз. Его используют для

замены деталей из латуни и бронзы. Пластик одновременно прочный и эластичный в широком температурном диапазоне.

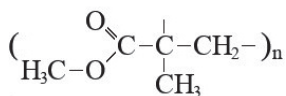


7. *Полиформальдегид (полиацеталь)*. Это линейный полимер формальдегида. Имеет обозначение POM. Это один из наиболее жёстких конструкционных термопластов. Характеризуется высокими механической прочностью, усталостной выносливостью, износостойкостью, влагостойкостью. Используется в нагруженном состоянии в интервале температур от -40 до $+90-120$ °C. Устойчив к действию практически всех нейтральных растворителей и щелочей, но разлагается минеральными кислотами, горюч. Нестабилизированный П. при нагревании выше 200 °C полностью разлагается на формальдегид.



8. *Полиметилметакрилат*. Это синтетический термопластичный виниловый полимер метилметакрилата, термопластичный прозрачный пластик (органическое стекло) или полиметилметакрилат – акриловая смола. Имеет обозначение PMMA.

Полиметилметакрилат (молекулярная масса до 2×10^6) исключительно прозрачен, обладает высокой проницаемостью для лучей видимого и УФ-света, хорошими физико-механическими и электроизоляционными свойствами, атмосферостоек, устойчив к действию разбавленных кислот и щелочей, воды, спиртов, жиров и минеральных масел; физиологически безвреден и стоек к биологическим средам; размягчается при температуре несколько выше 120 °C.

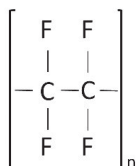


9. *Фторопласты*. Это фторсодержащие полимеры, относящиеся к группе конструкционных пластиков. К наиболее известной разновидности этих полимеров, из которой изготавливают лабораторную посуду, в том числе антикоррозийных трубок для хроматографов (для работы с особо чистыми веществами) и пробирки, цилиндры, мензурки, колбы мерные, колбы конические Эрленмейера, относится тефлон (фторопласт-4) или

политетрафторэтилен. Он обладает наибольшей плотностью среди используемых фторопластов. Имеет обозначение PTFE.

Этот материал отличается термостойкостью – его гибкость и эластичность сохраняются при температуре от -70 до $+270$ °С, а также адгезией, минимальным поверхностным натяжением, устойчивостью к воздействию ультрафиолетовых лучей, влаги, жиров и органических растворителей. Он является физиологически и биологически безопасным. Химические свойства фторопласта – стойкость, даже более высокая, чем у благородных металлов и всех известных синтетических материалов, невосприимчивость к воздействию агрессивных кислот и щелочей. Разрушить данный полимер можно только трифторидом хлора или расплавами щелочных металлов.

У тефлона самый низкий коэффициент поверхностного трения среди всех материалов и веществ в природе. Тефлон даже более скользкий, чем кусочек тающего льда.



Фарфоровая лабораторная посуда

Этот материал состоит из нескольких составляющих: кварца (SiO_2); белой глины (на 40–60 %) – каолинит $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ и др., которая, в свою очередь, придает изделиям прочность; шпата и некоторых других примесей из группы алюмосиликатов. Готовые фарфоровые изделия покрывают особой глазурью (например, пигмент или оксид железа (Fe), меди (Cu), марганца (Mn)), которая повышает их устойчивость к воздействию кислот и щелочей. Такая лабораторная посуда применяется преимущественно для перемалывания твердых соединений, а также с целью проведения реакций, главным условием осуществления которых является быстрое повышение температуры. Чаще всего из фарфора изготавливаются ступки, пестики, а также тигли с ложками для отбора химических веществ.

От стекла и пластика фарфор отличается дешевизной, повышенной прочностью и устойчивостью к высоким температурам,



Рис. 77



Рис. 78

устойчив к горячим кислотам, кроме фосфорной и фтороводородной. Среди минусов особенно критичным является полная непроницаемость света. Именно по этой причине изготовление колб, пробирок, мензурок или стаканов из фарфора нецелесообразно. Также эта посуда неустойчива к концентрированным растворам щелочей. Для некоторых исследований изготавливают посуду из специального фарфора, которые не покрывают глазурью. Такие изделия выдерживают температуру до 1300 °С. Глазурь может повреждаться уже при 1200 °С.

Стаканы – цилиндрические сосуды с носиками. Их выпускают девяти номеров вместимостью 25, 50, 150, 250, 400, 600, 1000, 2000, 4000 см³. Применяют в лабораториях для растворения веществ, нагревания на водяной или песочной бане (рис. 77).

Кружки с ручками и носиками – высокие, толстостенные сосуды, выпускают емкостью 250, 500, 1000, 1500, 2000 см³. В лабораториях их используют для приготовления химически агрессивных растворов (например, хромовой смеси), смешивания

кислот, приготовления концентрированных растворов щелочей, для разлива кислот (рис. 78).

Выпарительные чашки – круглодонные тонкостенные невысокие сосуды с носиком для слива жидкости, выпускают девяти размеров объемом от 25 до 4000 см³ (рисунки 40 и 41).

Кастрюли – круглые плоскодонные невысокие сосуды с ручкой и носиком для слива. Имеют широкий спектр применения – для подогрева, выпаривания, для переливания жидкости в качестве ковша и так далее. Глазурована внутренняя и наружная поверхность (верхняя кромка и верхняя сторона дна не покрываются). Их выпускают следующих размеров: 100, 250, 500, 1000, 2000 см³ (рис. 79).

Ступка и пестик – круглые плоскостенные толстостенные невысокие сосуды с носиком (рис. 80). Выпускаются с наружным диаметром от 50 до 240 мм.

Используются для тонкого измельчения небольших количеств твердых веществ и для перемешивания нескольких веществ. Пробы измельчают в ступках с применением пестика и насыпаются в ступку не более, чем на $\frac{1}{3}$ ее объема. Крупные куски осторожно разбивают пестиком.

Воронки Бюхнера применяются для фильтрования различных растворов с использованием фильтровальной бумаги (рис. 28).

Ложки и шпатели применяются в химических лабораториях для снятия осадков с фильтров, для отбора и растирания веществ и т.п. (рис. 1б). Шпатели применяются в химических лабораториях для выполнения следующих операций:

- набирание небольших количеств сыпучих или пастообразных веществ из большого сосуда;
- перетирание сыпучих или пастообразных веществ;
- перемешивание растворов;
- отмеривание сыпучих навесок для приготовления растворов;
- снятие осадков с фильтров и стенок сосудов.

Их поверхность полностью покрыта глазурью.

Тигли – сосуды разной емкости, которые имеют форму усеченного конуса и снабжены крышкой (рис. 81).

В химических лабораториях тигли используют для нагрева, сушки, прокаливания и сжигания (озоления) различных веществ. Нагревание проводят без асбестовой сетки, непосредственно на открытом огне горелки и/или в муфельной печи до температуры



Рис. 79



Рис. 80



Рис. 81



Рис. 82



Рис. 83

1200 °С. Для нагревания тигля можно использовать фарфоровый треугольник (рис. 82).

Лодочки для сжигания – изготавливаются из специального термостойкого фарфора (они выдерживают нагревание до температуры не менее 1300 °С), чаще всего лодочки применяются для сжигания органических веществ (рис. 83).

Смешанная лабораторная посуда и посуда из металлов

К смешанной лабораторной посуде (относительно материалов, из которых она изготовлена) относятся, например, лабораторные штативы, тигли, зажимы (например, зажим Мора), сита и некоторые другие.

Железо и его сплавы

Железо (Fe) и его сплавы (сталь и чугун) – самые распространенные материалы для изготовления лабораторной посуды из-за дешевизны и доступности. Главный минус в том, что железная лабораторная посуда быстро окисляется и активно взаимодействует со многими реагентами, что значительно сужает спектр возможностей применения железной лабораторной посуды.



Рис. 84

Лабораторные штативы (Бунзена) – это универсальное вспомогательное лабораторное оборудование, применяемое в создании многих химических приборов (рис. 84). Состоит из массивного металлического основания с устанавливаемым в него высоким металлическим стержнем.

На стержне с помощью зажимов закрепляются лапки и кольца нужного размера.

Зажимы свободно перемещаются по стержню для установки на нужной высоте. Сам штатив можно перемещать по столу. Внутренняя часть губ лапок покрыта пробкой, пластиком или кусками резиновой трубки, чтобы при зажимании не раздавить стекло. Изделие предназначено для установки конических, круглодонных и плоскодонных колб, стаканов, закрепления пробирок, бюреток, сборки установок.

Зажимы применяются как для резиновых трубок, так и шлангов. Они бывают винтовые или пружинные. В лабораториях чаще всего применяют винтовые зажимы Гофмана (рис. 85), которые применяют в тех случаях, когда требуется значительная герметичность, и нет необходимости открывать их часто и пружинные зажимы Мора (рис. 86).

Зажимы используют на пипетках и бюретках, не оснащенных сливным краном, на бутылках и колбах Бунзена; для перекрытия трубок и в различных химических установках.

Сита лабораторные применяются как для работы в лабораториях, так и при полевых работах: при пробоподготовке, для проведения гранулометрического анализа (рис. 87).

Тигельные щипцы (рис. 88) служат для захватывания тиглей, крышек тиглей, выпарительных чашек и других предметов, нагретых до высоких температур. Их изготавливают из железа и никелируют. Тигельные щипцы нужно класть на стол так, чтобы изогнутые концы их были обращены вверх.



Рис. 85



Рис. 86



Рис. 87



Рис. 88



Рис. 89



Рис. 90



Рис. 91

вместе в одном закреплённом конце (точка опоры каждого рычага), с клещами на другой стороне. Он может иметь разную форму концевой части – точечную, прямую и сужающуюся, и должен быть коррозионностойким. Пинцетами пользуются при работе с металлическими щелочными и щелочноземельными металлами, при работе с разновесами и т.д.



Рис. 92

Тигли используют для плавления, проковки или золотения веществ (рис. 89). Тигли могут быть изготовлены из фарфора, малахитов и металлов. Тигли металлические могут быть медные, чугунные, стальные, из никеля, серебра, золота, платины и сплавов платины. Все они применяются в ходе химических анализов и при исследовательских работах.

Ступки металлические в большинстве случаев бывают медными, бронзовыми или латунными (рис. 90). Это высокостойкие к истиранию ступки. Они обладают высокой ударопрочностью, поэтому их используют для растирания самых твердых веществ. Ступки из чугуна используются реже из-за их меньшей прочности.

Пинцеты – это приспособления для манипуляции небольшими предметами, которые неудобно или опасно брать незащищёнными руками (рис. 91). Пинцет состоит из двух рычагов 2-го рода (браши), соединённых

вместе в одном закреплённом конце (точка опоры каждого рычага), с клещами на другой стороне. Он может иметь разную форму концевой части – точечную, прямую и сужающуюся, и должен быть коррозионностойким. Пинцетами пользуются при работе с металлическими щелочными и щелочноземельными металлами, при работе с разновесами и т.д.

Держатели для пробирок бывают металлические и деревянные. Их используют при нагревании пробирок (рис. 92).

Штатив для пробирок предназначен для хранения пробирок (рис. 93). Изготавливается в основном из полипропилена и полиэтилена.

Стеклоуглерод

Это изотропный (одинаковость физических свойств во всех направлениях), газонепроницаемый, твердый и прочный материал, сочетающий свойства графита (хорошая электропроводность) и стекла (высокая твердость).

Стеклоуглерод состоит из чистого углерода с небольшой примесью высокомолекулярных углеводородов. Его структура сложна и сходна с фуллеренами – молекулярное соединение, принадлежащее классу аллотропных форм углерода (другие: алмаз, карбин и графит) и представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода. Структура стеклоуглерода представляет собой клубок беспорядочно переплетенных углеродных лент, состоящих из микрокристаллитов, сшитых углеродными связями различной кратности.

Благодаря этому он химически нейтрален и устойчив к коррозии при воздействии кислот, щелочей и растворителей. В нейтральном газе или в вакууме стеклоуглерод не разрушается и не плавится при нагревании до 3000 °С. На воздухе при нагревании выше 500 °С он горит. Он выдерживает многократный и быстрый нагрев с последующим быстрым охлаждением и заменяет дорогостоящие металлы: платину, молибден, титан и др.

Посуду из стеклоуглерода в лабораториях используют в следующих случаях:

- для растворения проб в минеральных кислотах (фтористоводородной (HF), серной (H_2SO_4), соляной (HCl), азотной (HNO_3), ортофосфорной (H_3PO_4)) и их смесях при нагревании до температур кипения;

- для сплавления анализируемых проб с использованием щелочных, щелочно-окислительных и кислых плавней; бифторида калия (KHF_2), гидрооксидов натрия (NaOH) и калия (KOH), смесей пероксида (Na_2O_2) и карбоната натрия (Na_2CO_3) (в соотношении 3:1, 2:1); пероксида (Na_2O_2) и гидроксида натрия (NaOH) (в соотношении 1:2), пиросульфата калия ($K_2S_2O_7$) и натрия ($Na_2S_2O_7$) и др. при температурах (500–700) °С (продолжительность сплавления до 20 мин);



Рис. 93

– высокотемпературные (температуры плавления свыше 700 °С) плавни (карбонаты калия (K_2CO_3) и натрия (Na_2CO_3), тетраборат натрия ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), смеси карбоната (Na_2CO_3) и тетрабората натрия ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), калия-натрия карбонат ($KNaCO_3$));

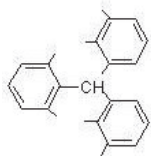
– для растворения проб в минеральных кислотах и их смесях с последующим доплавлением остатка при температурах до 700 °С;

– для прокаливания анализируемых проб при температурах до 700 °С;

– для минерализации органических веществ при температурах до 700 °С;

– для прокаливания и сплавления анализируемых проб при температурах до 1000 °С без доступа воздуха (в токе инертного газа) с использованием неокислительных плавней.

Из стеклоуглерода изготавливают тигли и электроды.



Благородные металлы

Нередко для особых нужд производится посуда из благородных металлов – платины, серебра, золота и даже меди и ее сплавов. Несмотря на дороговизну, посуда из таких металлов нашла применение в лабораториях благодаря низкой активности. Например, резервуар из платины позволяет хранить плавиковую кислоту.

Изготавливают тигли (вискозиметра, дериватографа и термографии), крышки к тиглям, чашки лабораторные, воронки с цилиндрами, пробирки (чехлы), стаканы, шпатели, электроды, накопники для пинцетов и щипцов и др.

Платиновую посуду и изделия применяют при химико-аналитических операциях во фторидных системах. Платиновые тигли, чашки, колбы, шпатели применяют при разложении фтористоводородной кислотой (смесью фтористоводородной и хлорной кислот) природных и промышленных силикатных материалов:

– пород, минералов, стекол, керамических материалов, цемента и др.;

– руд, минералов и концентратов бериллия, ниобия, тантала, титана, циркония, редкоземельных элементов, урана, хрома и технологических продуктов на основе их оксидов;

– сухих остатков природных и сточных вод, зол растительных и животных тканей, аэрозолей, минеральной части почв и т.д.

Потери платины в процессе разложения с фтористоводородной кислотой возможны в пределах до нескольких десятков микрограмм за одну операцию.

Платиновую посуду применяют при выпаривании и концентрировании проб природных вод, технологических растворов, органических растворителей, минеральных кислот, а также перекристаллизации реактивов.

Платиновые тигли и чашки при необходимости используют для определения зольности органических и биологических материалов, почв и др., а также при озолении этих материалов в целях последующего определения химического состава золы.

На каждом изделии должно быть нанесено клеймо с указанием марки сплава и последней цифры номера изделия.

Кварц

Кварцевое стекло производится путем расплавления кварцевого песка, горного хрусталя, жильного кварца, а также оксида кремния, полученного искусственным путем в кислородно-водородном пламени или в электропечах. В результате, удается создать два вида кварцевого стекла – прозрачное (оптическое и техническое) и непрозрачное. Непрозрачность объясняется наличием крошечных пузырьков газа диаметром от 0,03 до 0,3 мкм, которые рассеивают свет. Фактически состав кварцевого стекла – один лишь диоксид кремния (кремнезем).

Кварцевая лабораторная посуда обладает высокими физико-механическими свойствами. Ее характерные особенности – стойкость к едким веществам, органическим кислотам, ионизирующим излучениям и т.д. Кварц прозрачен, что важно для ряда лабораторных исследований. Кварцевая посуда используется для проведения реакций и опытов при условиях необходимости создания повышенной температуры, давления или интенсивного радиационного излучения. Кварц характеризуется стойкостью к резким нагреванию и охлаждению.

Важные свойства, которыми обладают кварцевые стекла, можно разделить на следующие группы.

1. Термические. Устойчивость к высоким температурам ($1200\text{ }^{\circ}\text{C}$), коэффициент линейного термического расширения менее $1 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ (относительное изменение линейных размеров тела, происходящее в результате изменения его температуры на 1 K при постоянном давлении) в диапазоне температур от 20 до $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в 15 раз выше, чем у обычного стекла). Этим обуславливается и стойкость к резким перепадам критических температур.

2. Химические. Стекло химически нейтрально, не вступает в реакцию со всеми щелочами и кислотами (кроме фосфорной и плавиковой).

3. Оптические. Показатель преломления кварцевого стекла в 150 раз ниже, чем у обычных силикатных стекол. В результате оно пропускает не только солнечный и обычный свет, но и инфракрасное и ультрафиолетовое излучение. Оно невосприимчиво к ионному и лазерному излучениям.

4. Диэлектрические свойства.

5. Стойкость к высокому уровню давления, а также к вибрации.

Боросиликатное стекло

Боросиликатное стекло – главный конкурент кварца. Это силикатное стекло, содержащее оксид бора от 7 до 15% . Соотношение основных компонентов по массе боросиликатного стекла, относящегося к настоящему стандарту, следующее:

- диоксид кремния SiO_2 : $70\text{--}87\%$;
- оксид бора B_2O_3 : $7\text{--}15\%$;
- оксид натрия Na_2O : $0\text{--}8\%$;
- оксид калия K_2O : $0\text{--}8\%$;
- оксид алюминия Al_2O_3 : $0\text{--}8\%$;
- прочие: $0\text{--}8\%$.

В результате стекло обладает высокой термостойкостью, водостойкостью и кислотостойкостью.

Для боросиликатного стекла физические и химические характеристики с течением времени не изменяются:

1) стекло является стойким к световым воздействиям и спектральные характеристики (пропускание видимого света и солнечной энергии) базовых изделий стекла не изменяются под прямым или рассеянным солнечным излучением;

2) поверхность стекла является стойкой к воздействию окружающей среды.

Лабораторная посуда из боросиликатного стекла намного дешевле, но по своим физико-механическим и прочим характеристикам ничем не уступает аналогам, цены на которые в разы выше. Среди отличительных характеристик боросиликатной лабораторной посуды выделяется уровень проницаемости для молекулярных соединений водорода, гелия и азота при нагревании.

Из боросиликатного стекла изготавливается сертифицированная мерная стеклянная лабораторная посуда, емкости различного типа и объема для хранения реактивов, воронки, колбы, пипетки, пробирки, бюретки, бюксы и совки для взвешивания, мешалки якорного и весельного типа, эксикаторы, экстракторы, фракционные колонки, стеклянные термометры и др.

Источники

1. *Кобякова И.А., Филиппова Е.Б., Дикая Н.Н. и др.* Виртуальный лабораторный практикум по общей химии: для студентов I курса: электронное учебное пособие. – Регистрац. свид-во № 33684. – ФГУП НТЦ «ИНФОРМРЕГИСТР», номер гос. регистрации обязат. экз. эл. изд-ия – 0321304386, 01.11.2013.

2. Общая химия. Лабораторный практикум: учебное пособие / Н.В. Коровин, В.К. Камышова, Е.Я. Удрис; под общ. ред. Н.В. Коровина. – М.: КНОРУС, 2015. – 336 с.

3. *Сиплатова Е.А., Филиппова Е.Б.* Разработка виртуального лабораторного практикума по неорганической химии «химические свойства элементов групп Ia, IIa, IIIa, IVa и их соединений» // Успехи в химии и химической технологии. – Т. XXVIII. – 2014. – № 1.

4. Учебная техника: [электронный ресурс]. – URL: www.учебнаятехника.рф.

Содержание

Введение	3
Охрана труда и техника безопасности на лабораторных занятиях по химии	4
Общая инструкция по охране труда и технике безопасности . . .	5
Перечень планируемых результатов обучения	7
Лабораторное занятие № 1. «Техника безопасности в химической лаборатории при выполнении лабораторных работ. Химическая лабораторная посуда» . . .	10
Источники	71

Учебное издание

Эстрин Эрнест Романович,
канд. пед. наук, доцент, заведующий
учебной лабораторией химии природной среды РГГМУ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ «ХИМИЯ» ЧАСТЬ 1 (ОБЩАЯ ХИМИЯ)

Начальник РИО А.В. Ляхтейнен
Редактор Л.Ю. Кладова
Верстка М.В. Ивановой