

Владимирский государственный университет

О. Б. ЧЕРНОВА Г. П. СИГИТОВА

ТЕОРИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**Техника безопасности в химической лаборатории.
Лабораторная посуда и оборудование**

Учебное пособие



Владимир 2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

О. Б. ЧЕРНОВА Г. П. СИГИТОВА

ТЕОРИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Техника безопасности в химической лаборатории.
Лабораторная посуда и оборудование

Учебное пособие



Владимир 2023

ISBN 978-5-9984-1855-6

© Чернова О. Б., Сигитова Г. П., 2023

УДК 54

ББК 24

Рецензенты:

Кандидат химических наук
научный сотрудник ООО «БИОХИМРЕСУРС»

Д. К. Лаврухин

Кандидат биологических наук, доцент
доцент кафедры почвоведения, агрохимии и лесного дела
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

А. О. Рагимов

Чернова, О. Б. ТЕОРИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА. Техника безопасности в химической лаборатории. Лабораторная посуда и оборудование [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О. Б. Чернова, Г. П. Сигитова ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2023. – 134 с. – ISBN 978-5-9984-1855-6. – Электрон. дан. (4,64 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Представлен материал, раскрывающий теоретические вопросы химического лабораторного эксперимента. Дается описание основных правил безопасной работы в химической лаборатории и используемой химической посуды. Отдельный раздел посвящен оборудованию, применяемому в научно-исследовательских и учебных лабораториях, принципам его работы и правилам эксплуатации.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 04.03.01 – Химия, а также других естественно-научных направлений.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 3. Ил. 93. Библиогр.: 22 назв.

УДК 54

ББК 24

ISBN 978-5-9984-1855-6

© Чернова О. Б., Сигитова Г. П., 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
Глава 1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ..	6
1.1. Общие правила поведения в химической лаборатории.....	7
1.2. Техника безопасности при работе с опасными веществами.....	9
1.3. Меры пожарной безопасности.....	13
1.4. Меры безопасности при работе с электроприборами.....	15
1.5. Техника безопасности при работе с химической посудой.....	16
Глава 2. ЛАБОРАТОРНАЯ ПОСУДА: НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ.....	19
2.1. Лабораторная посуда общего назначения.....	26
2.2. Лабораторная посуда специального назначения.....	34
2.3. Мерная химическая посуда.....	63
2.3.1. Неточная мерная посуда.....	63
2.3.2. Точная мерная посуда.....	69
2.3.2.1. Мерные колбы и правила работы с ними.....	69
2.3.2.2. Мерные пипетки.....	75
2.3.2.3. Лабораторные бюретки.....	83
2.3.3. Проверка мерной посуды.....	91
2.4. Уход за лабораторной посудой.....	95
Глава 3. ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	106
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.....	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	129
РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	132

ПРЕДИСЛОВИЕ

Химия – экспериментальная наука, поэтому изучение теоретических основ лабораторного анализа необходимо для планирования и организации химического опыта, формирования практических навыков для выполнения научных экспериментальных исследований по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов.

Учебное пособие включает в себя элементы техники безопасности в химической лаборатории, правила работы с химической посудой.

Соблюдение техники безопасного обращения с различными агрессивными химическими реагентами, учет особенности работы со стеклянной лабораторной посудой, содержание в порядке организованного рабочего места позволяет выполнять научные или учебные задачи без вреда для здоровья экспериментатора и его коллег. Планирование и организация химического эксперимента требует знаний о многообразии используемой химической посуды, выбор которой определяется поставленными перед исследователями задачами.

В пособии рассматриваются различные материалы, использующиеся для изготовления химической посуды, а также отличительные особенности и сферы применения стеклянной, пластиковой и фарфоровой лабораторной посуды. Для развития навыков планирования лабораторного эксперимента рассматриваются вопросы применения в химических лабораториях различного оборудования и приборов.

Получение достоверных сведений в результате проведенного опыта невозможно без знания основных особенностей той или иной колбы или пипетки, лабораторного холодильника или бани. В свете этого в пособии раскрыты темы общего вспомогательного и специального оборудования для проведения различных экспериментов. Отдельное внимание удалено мерной химической посуде и уходе за ней.

Опираясь на то, что в системе обучения роль химического эксперимента достаточно велика, в пособии изложены материалы, способствующие прочному усвоению знаний обучающихся, выработке навыков самостоятельной работы и умению применять полученные знания в дальнейшем в производственной деятельности.

Глава 1

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Большое внимание необходимо уделять технике выполнения лабораторных работ и правилам техники безопасности при работе в лаборатории.

Существует много факторов, которые при несоблюдении техники безопасности в химической лаборатории приводят к несчастным случаям: химическим и термическим ожогам, отравлению парами химических веществ, порезам, поражению электрическим током, а также возможны пожары и взрывы.

Допуск студентов в химическую лабораторию для выполнения лабораторных работ осуществляется только после тщательного изучения техники безопасности. Как правило, прохождение инструктажа по технике безопасности подтверждается личной подписью студента. Если учащиеся нарушают правила безопасности, то они могут быть отстранены от дальнейшей работы в лаборатории.

Студенты должны проводить лабораторные работы в специально оборудованном помещении для проведенных подобных работ. Химическая лаборатория обычно снабжена специальными лабораторными столами, приборами, шкафами с реактивами и различными рабочими растворами. При работе с токсичными летучими веществами предусмотрена вытяжная вентиляция.

Лаборатории химии должны быть обеспечены аптечкой для оказания первой помощи, а также средствами пожаротушения.

Мебель и оборудование должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечить проход для быстрой эвакуации в случае пожара или других чрезвычайных ситуаций

1.1. Общие правила поведения в химической лаборатории

Перед тем, как приступить к выполнению эксперимента, студент должен усвоить некоторые очень важные правила, обеспечивающие его безопасность во время работы и позволяющие избежать неприятных ситуаций.

1. Каждый студент должен работать в лаборатории в то время, которое указано в расписании занятий. Категорически запрещается работать в лаборатории во внеурочное время без разрешения преподавателя, ведущего занятия.

2. Студенты, находясь в лаборатории не должны работать одни.

3. Во время работы нельзя спешить, а также отвлекаться на ненужную работу или разговоры.

4. В лаборатории необходимо соблюдать тишину и порядок. Шум и ненужные разговоры могут отвлечь внимание и привести к ошибкам в работе. Если во время работы возникли какие-либо вопросы, то необходимо обратиться за помощью к преподавателю или лаборанту.

5. В лаборатории запрещено находиться в верхней одежде. Работать необходимо только в халате, перчатках, при необходимости использовать защитные очки.

6. Категорически запрещено в химических лабораториях курить, пить и принимать пищу.

7. Выполнять опыты необходимо только в чистой посуде. Запрещено пользоваться грязной посудой, а также реактивами без этикеток или с размытой надписью.

8. Нельзя путать пробки от реактивов. Чтобы пробка с внутренней стороны была чистой, ее нужно класть на стол внешней поверхностью.

9. Сухие вещества следует насыпать с помощью ложечки или шпателя.

10. Если не указано необходимое количество реактива для опыта, то следует брать минимальное количество (для сухого вещества

– это количество, достаточное, чтобы закрывало дно пробирки, для раствора – не более 1 – 2 мл.

11. Реактивы запрещается приносить или выносить из лаборатории, а также нельзя проводить эксперименты непредусмотренные программой.

12. Реактивы, воду и электричество следует использовать экономно.

13. Нельзя оставлять горящие спиртовки и включенные электроприборы без необходимости.

14. Остатки реактива запрещается выливать назад в склянку. Оставшийся реактив необходимо отдать лаборанту.

15. Остатки растворителей, горючих веществ, кислот, щелочей и других вредных веществ не разрешается выливать в раковину, они собираются в специальную посуду.

16. В случае работ с летучими и сильно пахнущими веществами включить вентиляцию следует до начала работы.

17. Приступать к работе можно только с разрешения преподавателя и после тщательного изучения методики и правил работы с лабораторным оборудованием.

18. Рабочее место должно быть подготовлено (быть чистым и сухим) и оснащено необходимыми реактивами и приборами, предусмотренными методическими указаниями работы, а также рабочей тетрадью для записи результатов.

19. Работы с агрессивными химическими веществами и аммиаком выполняются в вытяжном шкафу с включенной вентиляцией.

20. Студентам работать с концентрированными кислотами **ЗАПРЕЩЕНО!**

21. После окончания работы необходимо привести свое рабочее место в порядок: вымыть химическую посуду и поставить на место, выключить приборы от сети (если использовались) и сдать преподавателю или лаборанту.

22. Твердые опытные отходы, а также весь мусор, например, использованную фильтровальную бумагу, разбитую посуду, необходимо выбросить в мусорное ведро.

23. О любой разбитой посуде или склянке с реактивами нужно обязательно сообщить преподавателю и лаборанту.

24. Не следует засорять раковины, а также сливы в вытяжных шкафах, песком, битым стеклом и другими веществами. Это может привести к серьезному засорению канализации и нарушению работы всей лаборатории.

25. После окончания лабораторных работ необходимо вымыть руки с мылом.

1.2. Техника безопасности при работе с опасными веществами

Среди большого многообразия химических реактивов есть особая группа веществ, требующая более внимательного и осторожного обращения. К этой группе относятся наиболее опасные едкие вещества: некоторые щелочи, кислоты, летучие и сильно пахнущие вещества и др. Студенту необходимо знать правила работы как с общими, так и с более опасными реактивами.

1. Реактивы для общего пользования должны храниться в вытяжном шкафу и их нельзя уносить на рабочее место.

2. Все склянки с реактивами должны быть закрыты.

3. Во избежание попадания реактива на лицо, нельзя наклоняться над нагреваемой жидкостью.

4. Нюхать вещества надо осторожно, направляя к себе пар или газ движениями руки, ни в коем случае нельзя наклоняться над открытой посудой с химическими реактивами, вдыхая химические пары.

5. **ЗАПРЕЩЕНО** пробовать любые химические вещества на вкус.

6. При приготовлении растворов серной кислоты и других, необходимо приливать тонкой струйкой кислоту в воду при непрерывном помешивании. ПРИЛИВАТЬ ВОДУ В КИСЛОТУ ЗАПРЕЩЕНО! Это связано с тем, что при приливании воды к концентрированной кислоте (особенно серной) сопровождается сильным разогреванием и разбрызгиванием жидкости, что может привести к ожогам (рис. 1).

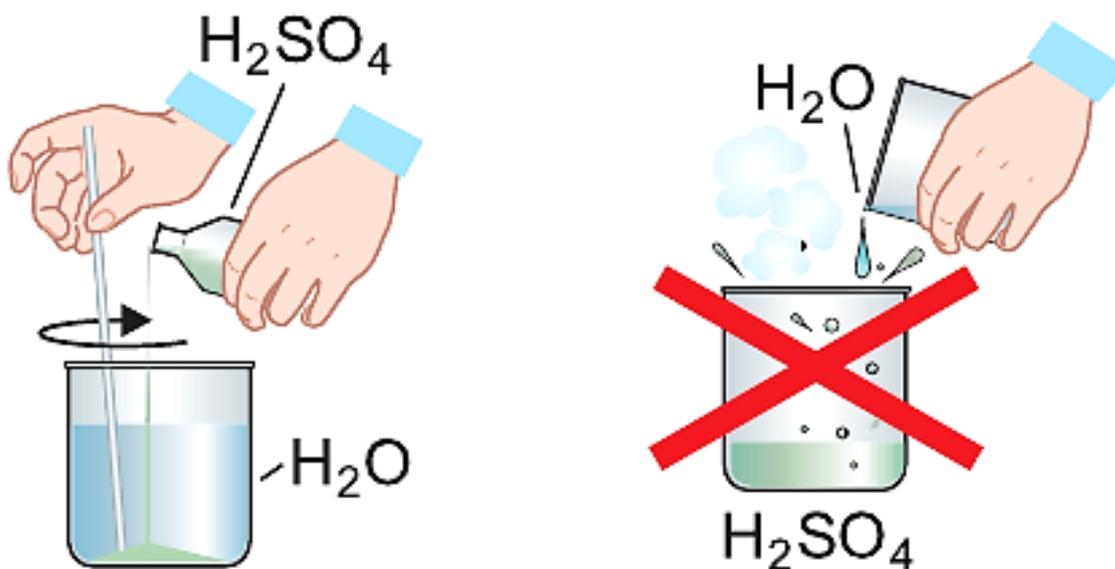


Рис. 1. Правило приготовления растворов кислот

7. Набирать в пипетки ртом любые химические реактивы ЗАПРЕЩЕНО! Для набора необходимо использовать резиновую грушу.

8. При работе с едкими веществами нужно использовать резиновые перчатки, а также защитные очки для предотвращения ожогов.

9. Разлитые кислоты и щелочи необходимо немедленно засыпать песком.

10. Пропитавшийся кислотой песок следует убирать лопаткой, а место, где была пролита кислота, дополнительно засыпается содой для нейтрализации. После чего нужно замочить водой и вытереть насухо.

11. Кислоты, попавшие на одежду, смывают струей воды, нейтрализуют 2 – 3 %-ным раствором кальцинированной соды ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$), а затем снова промывают водой.

Существует много классификаций химических соединений, основанных на различных параметрах. Для обеспечения безопасной работы в химической лаборатории студенты должны знать какие жидкие вещества относятся к легковоспламеняющимся (ЛВЖ) и горючим (ГЖ), например, ацетон, эфиры, спирты, петролейный эфир, бензин, бензол, сероуглерод. К легковоспламеняющимся жидкостям относят вещества, способные воспламеняться при температуре не выше 61°C и самостоятельно гореть после удаления источника зажигания. Кроме того, существует ряд веществ, обладающих еще более низкой температурой вспышки. Даже при обычной температуре хранения у таких веществ достаточно высокое давление насыщенного пара, что является причиной утечки опасных паров даже при незначительном нарушении герметичности сосуда. В результате пары ЛВЖ способны улетучиваться и воспламеняться на значительном расстоянии от места их хранения.

В отличие от легковоспламеняющихся жидкостей ГЖ имеют температуру вспышки более 61°C и также способны к дальнейшему самостоятельному горению.

К работе с ЛВЖ и ГЖ допускаются студенты, изучившие соответствующие инструкции по технике безопасности и прошедшие инструктаж, так как соблюдение правил позволяет предотвратить возможные пожароопасные ситуации.

1. Запрещается производить какие-либо работы с ЛВЖ за пределами вытяжного шкафа!
2. Работы с легковоспламеняющимися жидкостями следует проводить подальше от огня.
3. Запрещается нагревать летучие и легковоспламеняющиеся жидкости на открытом пламени. Для нагревания ЛВЖ можно пользоваться водяной баней или электрической плиткой с закрытой спиралью.
4. Нельзя нагревать горючие вещества в открытых сосудах. Это следует делать в колбах с обратным холодильником.

5. Перегонять ЛВЖ следует с применением специальной посуды, оснащенной водяным холодильником или на роторном испарителе. Нельзя перегонять жидкости досуха, так как это может привести к взрыву или пожару.

6. При перегонке ЛВЖ необходимо постоянно следить за работой холодильника.

7. Приборы, в которых содержится ЛВЖ, следует разбирать после удаления всех источников пламени (зажженные газовые горелки, спиртовки, электрические плитки с открытой спиралью и т.д.) и полного охлаждения колбы.

8. Категорически запрещается выливать ЛВЖ и ГЖ в канализацию, ведра и ящики для мусора, так как случайно возникшая искра или брошенная спичка может вызвать пожар.

9. Отработанные ЛВЖ и ГЖ следует собирать в соответствии с характером вещества, отдельно в специальную герметичную закрываемую посуду, для дальнейшей утилизации.

10. ЛВЖ и ГЖ должны храниться в лаборатории в толстостенной стеклянной посуде, закрытой пробками, помещенной в специальные металлические ящики с крышками, стенки и дно которых должны быть выложены асбестом, в небольших количествах, не более 1 литра.

11. При проливах ЛВЖ и ГЖ нужно НЕМЕДЛЕННО устранить все источники открытого огня, выключить электронагревательные приборы, обесточить лабораторию выключением общего рубильника, а при больших количествах разлива вещества выключить все источники открытого огня, электронагревательные приборы и в соседних (прилегающих) помещениях. Место пролива засыпать песком и собрать его деревянной лопатой или совком. Применение стальных совков или лопат не допускается.

Работа в химических лабораториях всегда сопряжена с риском получить отравления или ожоги химическими веществами. Несмотря на то, что строгое соблюдение всех требований техники безопасности сводит риски к минимуму, все же необходимо знать, как можно оказать первую помощь при возникновении опасной ситуации.

При отправлении следует немедленно поставить в известность преподавателя или лаборанта, а пострадавшего вынести (вывести) на свежий воздух, а затем отправить в медпункт.

В случае химических ожогов кислотами или щелочами нужно сообщить преподавателю или лаборанту, а пораженный участок кожи следует быстро промыть большим количеством воды, после чего на обожженное место наложить примочку:

- при ожогах кислотой – с 2 %-ным раствором соды (1 чайная ложка на стакан воды) или с холодной мыльной водой. Ожог плавиковой кислотой промывают под проточной водой 2 – 3 часа.
- при ожогах щелочью – с раствором лимонной, уксусной или борной кислоты (половина чайной ложки порошка на стакан воды).

1.3. Меры пожарной безопасности

Лабораторный эксперимент нередко сопровождается нагреванием, а, следовательно, есть риск возникновения в лаборатории пожароопасной ситуации. Кроме несоблюдения мер предосторожности, причинами возникновения может стать неисправность нагревательных приборов, например, газовых горелок, электроприборов, неисправность газопровода и/или электропровода, а также неправильное обращение с ГЖ и ЛВЖ. Для того, чтобы свести все риски к минимуму, необходимо строго соблюдать правила пожарной безопасности.

1. Проходы в лаборатории не должны быть загромождены, чтобы не мешать свободному перемещению.

2. В помещении химической лаборатории должен быть свободный доступ к средствам первичного пожаротушения.

3. Помещение химической лаборатории должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и вытяжным шкафом с принудительной вытяжкой.

4. Горючие отходы, мусор, остатки кислот и щелочей необходимо собирать и сливать в специальные контейнеры или в места слива.

5. При работе с легковоспламеняющимися веществами нужно всегда иметь под руками противопожарное одеяло или песок.

6. Пролитые масла, химические реактивы и другие горючие жидкости должны быть сразу же убраны.

7. Работа с взрывчатыми веществами требует особых приемов и мер защиты, предупреждающих возникновение пожаров.

8. При обнаружении пожара или признаков горения необходимо незамедлительно сообщить в пожарную службу.

9. До момента прибытия помощи постараться остановить распространение огня, пользуясь имеющимися под руками средствами пожаротушения.

10. Следует помнить, что способ тушения пожара зависит как от причины его возникновения, так и от характера горящего объекта.

– Если загорелись деревянные предметы, то пожар можно тушить водой, асбестовым одеялом, песком или с помощью огнетушителя.

– Если горит вещество растворимое в воде, например, спирт, то для устранения огня также можно использовать воду.

– Если горит вещество нерастворимое в воде вещество, например, бензин, скипидар и др., то нельзя применять для тушения воду, потому что пожар не только не будет ликвидирован, а усилиться. На очаг пожара нужно набросить асбестовое одеяло.

– В случае обширной площади возгорания следует пользоваться огнетушителем.

– Находящиеся поблизости от места возгорания все горючие вещества следует быстро убрать подальше, а также по возможности отключить все электроприборы от сети или обесточить помещение общим рубильником.

– При возникновении пожара нужно прекратить активный доступ воздуха в лабораторию. Категорически запрещается во время пожара без особой необходимости открывать двери и окна, так как приток кислорода спровоцирует усиление возгорания.

– Если на ком-либо загорится одежда, необходимо плотно накрыть загоревшуюся ткань противопожарным одеялом. Помните,

что при возгорании одежды нельзя бежать, так как это способствует распространению пламени.

1.4. Меры безопасности при работе с электроприборами

Для выполнения многих опытов обучающимся понадобится оборудование, подключенное к электросети. За состоянием электрооборудования постоянно следить лаборант. Однако, не стоит пренебрегать некоторыми правилами безопасности при работе с ними.

1. В каждой химической лаборатории должен быть общий рубильник для включения и выключения внутрилабораторной сети.

2. Электроприборы в лаборатории должны быть обязательно заземлены.

3. В случае перерыва в подаче электроэнергии, электроприборы должны быть немедленно выключены.

4. Электрические розетки и вилки, выключатели и соединительные провода должны быть целые и исправные.

5. Не следует пользоваться неисправными приборами, приборами с нарушенной изоляцией, с расшатанными штепсельными вилками.

6. Ни в коем случае НЕЛЬЗЯ братья мокрыми руками за штепсельные вилки, а также подвергать электроприборы и провода воздействию влаги.

При работе с электрическим оборудованием могут возникать случаи скрытой угрозы. Учитывая, что любое электрооборудование относится к объектам повышенной опасности, необходимо знать каким образом можно оказать первую помощь при поражении человека электрическим током.

1. Если при поражении электрическим током пострадавший не в состоянии освободиться от его действия, то нужно незамедлительно отключить данную установку или ток во всей лаборатории с помощью общего рубильник

2. В случае, если это сделать невозможно, то используют сухую одежду, палку и т.п., чтобы оттащить пострадавшего от неисправного прибора.

3. Если пострадавший в сознании, ему необходимо обеспечить покой до прибытия врача.

4. При бессознательном состоянии, в случае необходимости, оказать первую помощь (уложить, расстегнуть одежду, создать приток свежего воздуха, дать нюхать нашатырный спирт, обрызгать водой, согреть тело и сделать искусственное дыхание).

5. Если у пострадавшего отсутствует сознание, дыхание, пульс и зрачки широкие (0,5 см в диаметре), значит он находится в состоянии клинической смерти, необходимо немедленно приступить к оживлению организма с помощью искусственного дыхания.

1.5. Техника безопасности при работе с химической посудой

Для изготовления химической посуды в настоящее время применяют такие материалы, как пластик, фарфор, кварц, а также обычное и химически стойкое стекло. На первый взгляд работа с лабораторной посудой довольно проста и не несет в себе опасности. Однако, повышенную внимательность и осторожность следует применять при работе со стеклянной химической посудой, так как она обладает малой прочностью, особенно при применении физической силы. При небрежной эксплуатации увеличивается риск поломки стеклянных изделий, что может нанести вред здоровью не только работающему с посудой, но и окружающим его людям.

1. Перед началом работы следует внимательно проверить лабораторную посуду на наличие различных повреждений: трещин и царапин либо сколов. Посуду нельзя использовать, если есть какие-либо повреждения.

2. Все сосуды, в которых находятся химические вещества, должны иметь маркировку установленного образца.

3. Запрещается прикладывать усилия при сборке стеклянной посуды.
4. Во избежание порезов рук разбитую посуду надо убирать с помощью веника и совка.
5. При разбавлении веществ или при их смешивании необходимо использовать термостойкую посуду из стекла или фарфора.
6. При переливании жидкости следует пользоваться воронкой, поставленной в кольцо штатива над сосудом –приемником.
7. Жидкости нельзя нагревать в герметичных колбах или аппаратах, несоединенных с атмосферой.
8. При нагревании небольшого количества жидкости в пробирке ее нужно закрепить в специальном держателе (рис. 2).



Рис. 2. Держатель для пробирок

9. Жидкости и твердые вещества можно нагревать в тонкостенной стеклянной, фарфоровой или металлической посуде. Нагревать в толстостенной стеклянной посуде запрещено.
10. Необходимо помнить, что не все стаканы можно нагревать, и использовать можно только те, на стенках которых имеется маркировка «ТС», что означает термостойкий. Нагревание посуды из обычного нетермостойкого стекла приведет лишь к тому, что оно треснет и содержимое выльется.
11. При необходимости нагрева жидкости в колбе или в химическом стакане на электрической плитке используется асбестовая сетка, которая помещается на нагревательный элемент, а на нее уже ставится стакан или колба.

12. Перенося сосуды с горячей жидкостью, нужно удерживать их двумя руками: одной – за дно, другой за горловину, используя при этом полотенце (для избежания ожогов).

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

14. Горячую посуду нельзя помещать на холодные и на влажные поверхности.

15. При разъединении шлифовых соединений или надевании шлангов на трубку запрещается применять силу.

16. Нельзя сильно сжимать сосуд, вытаскивая из него плотно сидящую пробку. Нужно быть предельно аккуратным, выполняя подобные задачи.

17. При смешивании химических веществ, сопровождающемся выделением тепла, необходимо использовать термостойкую толстостенную стеклянную или фарфоровую посуду.

18. Если колбу или другой тонкостенный химический сосуд необходимо закрыть пробкой, то емкость следует держать за горлышко, чем ближе к пробке, тем лучше, а пробку вставлять без усилий, поворачивая вокруг ее оси, как бы закручивая по спирали.

Нарушение правил использования химической посуды может привести к ее повреждению: появлению трещин или полному ее разбитию. Химическая посуда бьется с образованием очень острых осколков, которые недопустимо убирать незащищенными руками! Осколки необходимо убирать с помощью щетки и совка. В ином случае велик риск получить порезы кожных покровов.

При ранении острыми предметами и стеклом необходимо оказать первую медицинскую помощь. Для начала нужно удалить осколки, затем смазать йодом кожу вокруг раны, наложить стерильную повязку и отправить пострадавшего в медпункт.

Глава 2

ЛАБОРАТОРНАЯ ПОСУДА: НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Лабораторная посуда – это сосуды и приспособления, которые применяются для проведения различных видов исследований и экспериментов.

Лабораторная химическая посуда должна быть не только правильно выбрана, но и надлежащим образом подготовлена, включая мытьё, сушку и при необходимости дезинфекцию. Чтобы не допустить негативного влияния на ход работы посуда должна быть чистой.

Стоит иметь в виду, что посуду, которая не предназначена для использования по назначению, применять нельзя. Кроме того, запрещается использовать посуду, которая имеет трещины или другие дефекты; а также загрязненную химикатами или другими примесями.

Применяемая в лабораториях химическая посуда обладает определенным набором необходимых физических и химических свойств, таких как:

- термостойкость;
- низкий коэффициент теплового расширения;
- устойчивость к воздействию химических веществ и реагентов;
- повышенная химическая стойкость;
- устойчивость к высокому давлению.

В большинстве случаев лабораторную посуду изготавливают из прозрачных материалов, для возможности контроля за протеканием эксперимента.

Существует единая классификация лабораторной химической посуды: по изготовленному материалу и назначению.

В *первой классификации* учитывается *материал*, из которого посуда была изготовлена. Согласно ей, химическая посуда бывает:

- обычная стеклянная;
- из специального стекла: термически и химически стойкого;
- кварцевая;

- полипропиленовая и других полимерных материалов;
- фарфоровая.

Наиболее распространенным материалом для изготовления лабораторной посуды по-прежнему остается стекло. Использование **стеклянной посуды** исключает влияние какого-либо воздействия материала на результаты работ, а также позволяет работать с опасными веществами без угрозы для здоровья.

Лабораторная стеклянная посуда производится в соответствии со строгими стандартами ГОСТа и должна соответствовать всем правилам безопасности.

Лабораторная стеклянная посуда из *термостойкого стекла* имеет на корпусе специальные отметки. Это может быть матовый круг или прямоугольник с маркировкой ХС, ТS, ТС или ТСS (рис. 3). Такая посуда может быть прозрачной или непрозрачной, способной поглощать ультрафиолетовые лучи. Термостойкость лабораторного стекла зависит от толщины материала и его однородности. Каждая песчинка включения может испортить качественные характеристики материала. Чем толще стенки сосудов, тем меньше нагрев для них допустим. Например, изделия с толщиной стенок до 1 мм могут выдержать нагрев до 300 °С, а уже при стенках в 10 мм – всего немногим больше 90 °С.



Рис. 3. Термостойкие стеклянные изделия с отличительной маркировкой

Стекло для термостойкой мерной посуды используют силикатное или боросиликатное, в состав которого входят оксиды щелочных и щелочноземельных металлов (кальция, натрия или калия), добавляемые к кремнезему в основе обычного (силикатного) стекла. Силикатное стекло с добавками бора намного прочнее, что позволяет пользоваться такой посудой в несколько раз дольше, чем калиевой или натриевой. Боросиликатное стекло не только прочное, но и прозрачное, гладкое, непористое и очень термо- и химоустойчивое. Чем тоньше стенка сосуда, тем выше нагрев он выдерживает. Посуду из боросиликатного стекла можно нагревать до 300 °С. Состав такого стекла нейтрален для большинства химических веществ. Благодаря этим и другим достоинствам, например, низкий коэффициент термического изменения размеров, стабильность объема в процессе длительной эксплуатации, данный материал очень широко применяется при изготовлении высокоточной мерной посуды.

Необходимо помнить, что вся мерная посуда выдерживает плавный нагрев и остывание, но даже самая прочная и термостойкая емкость при резком перепаде температур может лопнуть, потрескаться или изменить форму.

Существенным недостатком лабораторной стеклянной посуды является невозможность использования ее в современных автоматических диагностических системах. При наличии данного оборудования, как правило, лаборатории должны использовать дополнительную полипропиленовую пробирку, с которой может работать анализатор.

В последние годы **пластиковая лабораторная химическая посуда** все чаще заменяет стеклянную. Если раньше пластиковая мерная посуда была низкой точности, то теперь производители лабораторной посуды предлагают мензурки, цилиндры, колбы высокого класса точности. В основном это связано с увеличением разнообразия используемых пластмасс, из которых изготавливается посуда. Разработаны материалы, отличающиеся легкостью, прочностью и устойчивостью к агрессивным веществам, таким как щелочи и кислоты, а также используемые в широком диапазоне температур, как при экстремально

низких, так и при высоких температурах, не изменяя своей химической стойкости. Любая пластиковая посуда имеет легкий вес и прочность, она не бьется и инертна ко многим химикатам, быстро сохнет после мытья, что позволяет использовать ее для других целей практически сразу после очистки. Наиболее доступная, а, следовательно, распространенная из пластика посуда – это цилиндры, пробирки, промывалки, пипетки, воронки и прочая посуда общего назначения (рис. 4).

Особое место порой занимает вопрос экономической эффективности использования лабораторной посуды многократного применения. Несмотря на сравнительно низкую стоимость стеклянной посуды, ее использование в будущем может оказаться значительно дороже, чем использование одноразовой пластиковой посуды, учитывая быстрые темпы развития этой области.



Рис. 4. Пластиковая посуда для химических лабораторий

Кроме привычной нам стеклянной посуды экспериментаторами при выполнении определенных задач применяется **кварцевая лабораторная посуда**. Из кварца изготавливают пробирки, стаканы, различные виды колб, тигли, чашки для выпаривания, и прочее (рис. 5). Кварцевое стекло производится путем расплавления кварцевого песка, горного хрусталя, жильного кварца и некоторых соединений в кислородно-водородном пламени или в электропечах. В результате, удается создать два вида кварцевого стекла для промышленных целей – прозрачное и непрозрачное. Непрозрачность объясняется наличием кро-

шечных пузырьков газа, способствующих рассеиванию света. Фактически состав кварцевого стекла – один лишь кремнезем, т.е. это качественное силикатное стекло.



Рис. 5. Химическая посуда из кварцевого стекла

Одним из наиболее востребованных свойств кварцевого стекла является его термическая стойкость. Его можно нагревать до $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$, даже под вакуумом, и он при этом не деформируется, так как кварц плавится в пределах $1600 - 1700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Кроме того, важными и полезными свойствами в применении являются:

- стойкость к высокому уровню давления;
- невосприимчивость к излучениям, в том числе ионным и лазерным;
- стойкость к вибрации;
- невосприимчивость ко многим кислотам;
- высочайшая стойкость к резким перепадам критических температур. В экспериментах кварцевую посуду нагревали до температуры около $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, а затем охлаждали в проточной воде – и она не трескалась даже при повторении этих действий 20 раз.

Учитывая достоинства кварца, и несмотря на сравнительно высокую стоимость, этот материал довольно часто применяется для изготовления лабораторной химической посуды. Кварцевая стеклянная лабораторная посуда обладает всеми достоинствами кварца – прозрачностью, химической и термической стойкостью, стойкостью к перепадам температур. Однако у кварцевой посуды существуют и недостатки, которые необходимо учитывать при ее использовании в лаборатории. Так, вся кварцевая лабораторная посуда довольно легко бьется, потому что имеет сравнительно невысокий уровень ее прочности. Кроме того, химическая посуда из такого стекла не подходит для работы с фтороводородной (плавиковой) кислотой, щелочами, некоторыми углекислыми солями, так как кремнезем с ними взаимодействует. При сплавлении кварца со щелочами образуется соответствующий силикат (растворимое стекло), растворимый в воде.

Таким образом, при работе с кварцевой посудой надо помнить следующее:

– кварцевая посуда так же хрупка, как и стеклянная, по гораздо дороже последней, поэтому обращаться с ней следует весьма осторожно.

– кварцевую посуду нельзя употреблять при работе с фтороводородной (плавиковой) кислотой, едкими щелочами и углекислыми солями щелочных металлов.

Примечательно, что аналитических растворов и возникающих в результате различных реакций осадков, вступающих в реакцию с кварцевым стеклом очень мало, поэтому посуда из кварцевого стекла успешно используется во многих лабораториях.

Большим спросом пользуется **фарфоровая лабораторная посуда** (рис. 6). В отличие от стекла, фарфор также обладает превосходной термостойкостью и прочностью, но он тяжелый и непрозрачный, поэтому может использоваться только для специальных целей. Такую посуду используют, например, в научно-исследовательских лабораториях.



Рис. 6. Фарфоровая химическая посуда

Как стеклянная и пластиковая, фарфоровая лабораторная посуда должна отвечать особым требованиям. Фарфор состоит из нескольких составляющих: кварца, белой глины, шпата и некоторых других примесей из группы алюмосиликатов. Готовые фарфоровые изделия покрывают особой глазурью, которая повышает их устойчивость к воздействию кислот и щелочей.

В сравнении со стеклом фарфор имеет множество преимуществ. Этот материал является более термоустойчивым. Он не так подвержен механическим повреждениям.

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. Если термостойкость фарфоровых изделий оказывается недостаточной, то используют лабораторную посуду из альтернативных материалов, например, из кварца или металла.

Лабораторная посуда из фарфора очень устойчива к воздействию кислот и щелочей, в том числе и агрессивных. Разрушение этого материала происходит только от влияния фосфорной и фтороводородной кислот.

Несмотря на большое количество положительных качеств лабораторной посуды из фарфора, для ее долгой службы следует придерживаться нескольких правил. Не рекомендуется:

- резко охлаждать фарфоровую посуду, так как она может потрескаться;
- нагревать в ней высококонцентрированные растворы щелочей и кислот;
- подвергать механическим ударам.

В основу *второй классификации* лабораторной посуды положено ее *назначение*. По этому принципу посуду можно разделить на три группы:

- общего назначения (немерная);
- специального назначения;
- мерная.

2.1. Лабораторная посуда общего назначения

В группу *общего назначения* входят предметы, которые должны быть постоянной частью лаборатории и без которых невозможно выполнить большинство работ. К ней относятся пробирки, воронки, химические стаканы, конические колбы (Эрленмейера), плоскодонные колбы.

Пробирки представляют собой узкие цилиндрической формы емкости с закругленным или коническим дном. Они применяются для проведения различных аналитических работ, а, следовательно, бывают разных форм, размеров и диаметров.

По назначению пробирки можно разделить на три группы: обычные, центрифужные и градуированные (рис. 7).



Рис. 7. Пробирки обычные (а), центрифужные (б) и градуированные (в)

Пробирки могут быть изготовлены из стекла или из полипропилена. Для центрифугирования наиболее часто используют пластиковые пробирки. Они хорошо переносят высокие температуры и большое давление. По окончании опыта такие пробирки можно простерилизовать для последующего применения. Существуют также такие виды пластмасс, используемые для изготовления пробирок, которые обладают устойчивостью к действию повышенных температур и замораживанию.

В то же время есть стеклянные пробирки, изготовленные с использованием инновационного оборудования из специальных составов, отличаются идеальной геометрией, повышенной ударопрочностью, термоустойчивостью и т.д. Для этих целей при производстве используют различные добавки: для повышения термостойкости вводят оксид цинка, для повышения прочности – оксид магния, оксид алюминия нужен для повышения химической стойкости и др. По сравнению с некоторыми видами пластиковых стеклянные пробирки могут обладать более высокой химической и термической устойчивостью, но при этом имеют высокую адгезию клеточных элементов. Например, боросиликатное стекло более прочное и химически нейтральное.

При проведении реакций в пробирках не следует использовать реактивы в избытке. Ни в коем случае, нельзя допускать, чтобы пробирка была наполнена до краев. Жидкость наливают не более чем на

$\frac{2}{3}$ от объема пробирки, который может варьироваться от 10 до 50 мл. Если диаметр пробирки составляет 1 см, то можно приблизительно оценить на сколько миллилитров заполнена пробирка: 1 см соответствует примерно 1 мл налитой жидкости.

Перемешивание веществ в пробирках проводят путем встряхивания пробирки, нанося небольшой удар пальцем по нижней части пробирки. Также допускается интенсивное перемешивание, но только в том случае, если пробирка закрыта крышкой или пробкой (рис. 8).

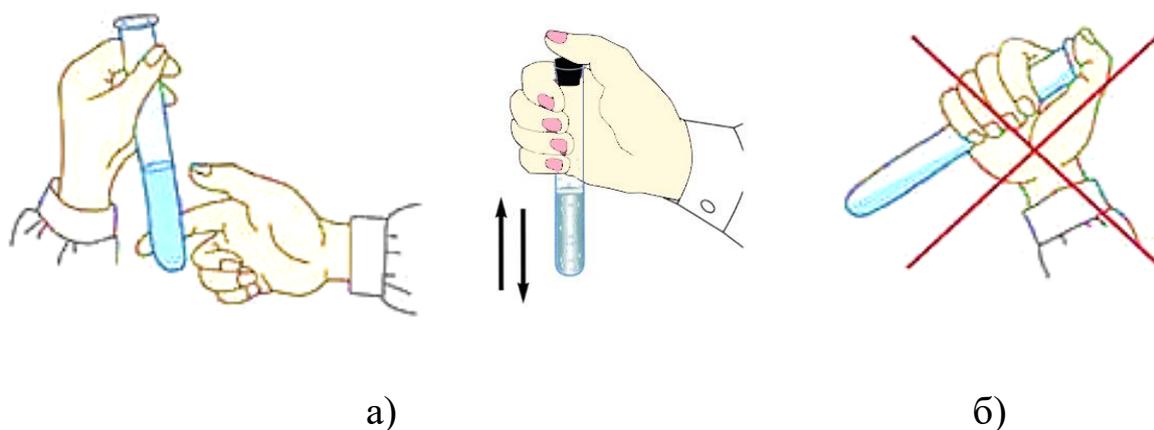


Рис. 8. Правила перемешивания содержимого в пробирке: верно (а), неверно (б)

Хранят пробирки в специальных штативах, которые могут быть деревянными, металлическими или пластмассовыми (рис. 9).

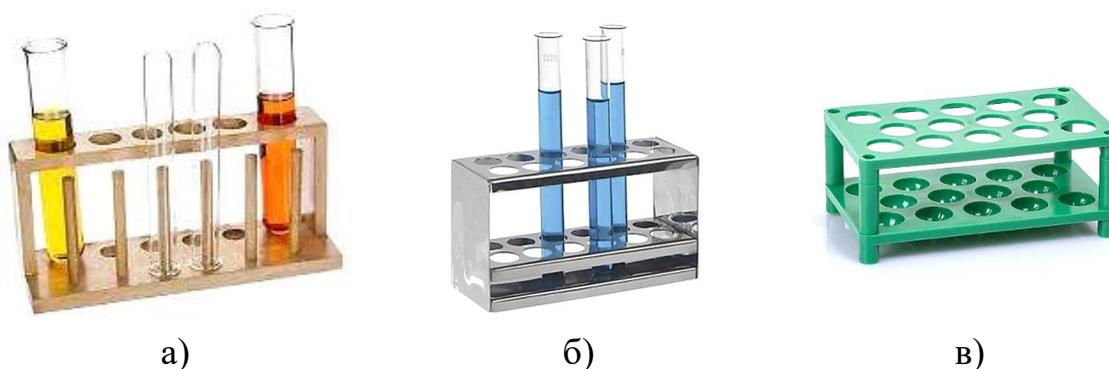


Рис. 9. Штативы для хранения пробирок: деревянный (а), металлический (б) и пластиковый (в)

Как и любую химическую посуду, пробирки следует содержать в чистоте. Из-за их размеров мыть пробирки довольно непросто. Для удаления различных реактивов со стенок сосудов и очищения дна от осадков применяют специальные ершики, пользоваться которыми нужно очень осторожно, чтобы не повредить дно пробирки (рис. 10).



Рисунок 10. Ершики для мытья пробирок

Некоторые реакции, проводимые в пробирках, требуют нагревания. В этом случае используют только стеклянные пробирки. Отверстие пробирки необходимо направлять в сторону от себя и работающего рядом человека (рис. 11). Осторожно следует сначала прогреть по всей поверхности, а затем в нужных местах. Пробирку нагревают, не снимая с пламени спиртовки. Запрещается нагрев пробирки с большим количеством жидкости. Необходимо наливать не более $1/3$ от объема пробирки.

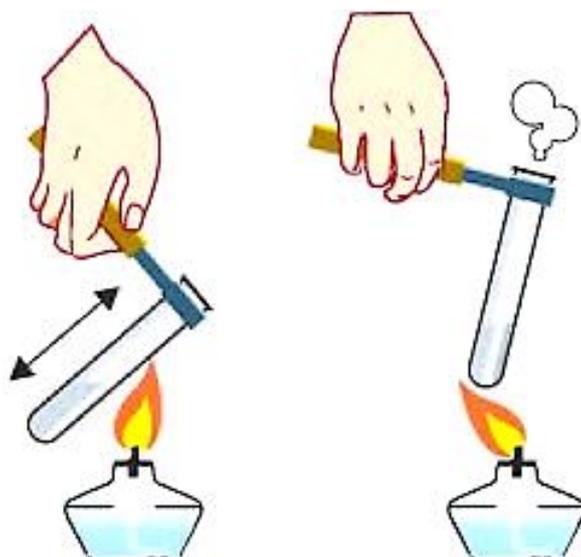


Рис. 11. Правильное нагревание пробирки

Для пересыпания сыпучих веществ, переливания жидкостей в емкости с узким горлом и для фильтрования в химических лабораториях применяются **воронки**, имеющие широкую горловину в верхней части и узкую трубку в нижней (рис. 12). Диаметр воронки может быть от 35 до 300 мм.

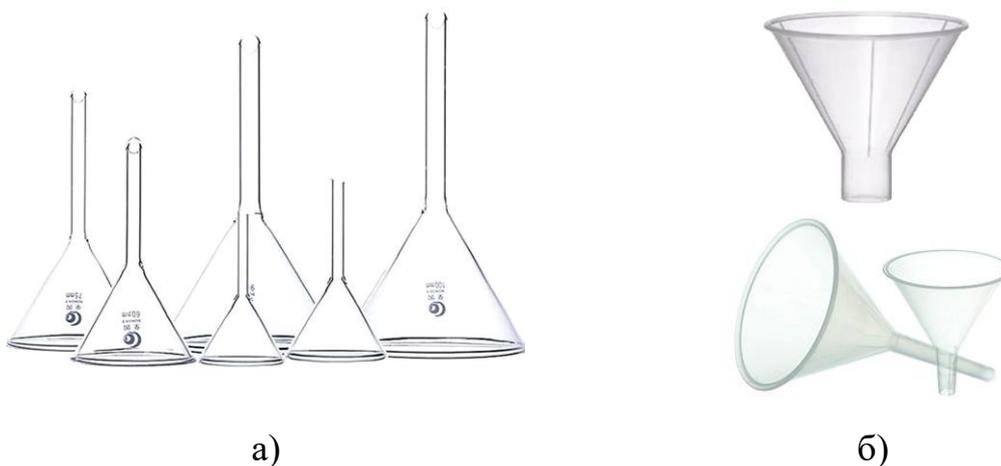


Рис. 12. Стекланные (а) и пластиковые (б) химические воронки

Для фильтрации простые или складчатые фильтры из фильтровальной бумаги помещают в стеклянную или пластиковую воронку.

Выбор материала воронки зависит от фильтруемого соединения. Фильтрация значительно ускоряется при использовании складчатого фильтра, так как он не плотно прилегает к стенкам воронки и имеет фильтрационную поверхность больше, чем у простого фильтра, за счет большого количества складок. Однако складчатые фильтры следует использовать только в том случае, если в фильтре остается мало или совсем нет осадка (рис. 13).

Размер фильтра должен соответствовать количеству осадка, а обод фильтра всегда должен быть на 3 – 5 мм ниже, чем обод воронки. Фильтр следует плотно вставить в воронку, стараясь не задеть верхнюю часть. Перед началом фильтрования фильтр нужно смочить дистиллированной водой. Уровень фильтруемой жидкости в воронке должен быть ниже края бумаги.

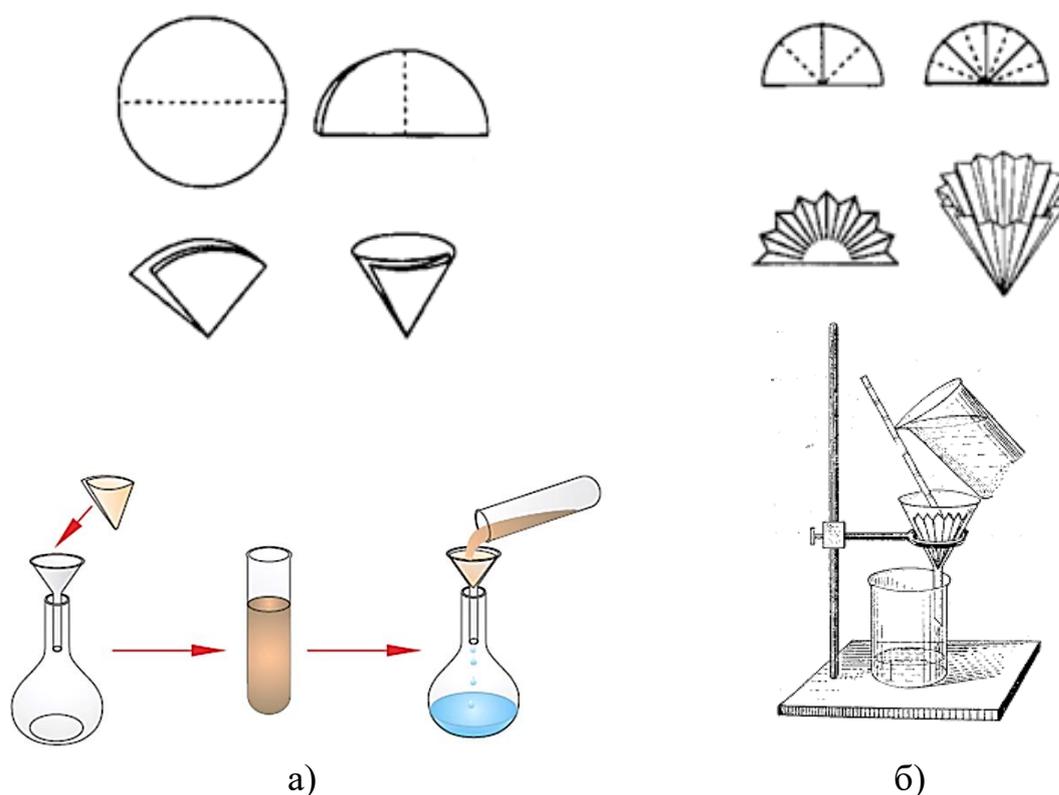


Рис. 13. Фильтрация растворов с помощью воронки с обычным (а) и складчатым (б) фильтром

Химические стаканы – неотъемлемая часть любой лаборатории. Они представляют собой тонкостенные цилиндры различной вместимости от 50 до 2000 мл (рис. 14). Изготовление химических стаканов осуществляется в соответствии с ГОСТом. В зависимости от назначения они могут различаться по форме: высокие и низкие, широкие и узкие. Модели могут выпускаться как с «носиком», так и без него.

Стаканы находят широкое применение в лабораторной практике. Их используют для приготовления растворов различных химических реактивов, для проведения химических реакций и взвешивания веществ.



Рис. 14. Химические стаканы без градуировки

Жидкость в стакане перемешивают либо плавными круговыми движениями, либо стеклянной палочкой, не касаясь ею стенок стакана, либо на магнитной мешалке.

Так же, как и другую стеклянную химическую посуду, стаканы делают как из обычного химически стойкого, так и огнеупорного стекла. Нагревать стаканы из обычного стекла можно на электроплитке только через асбестовую сетку или на водяной либо другой бане. На огнеупорность стекла указывает заштрихованный квадрат, круг или треугольник на стекле и маркировка ТС (термостойкие).

Конические колбы, или колбы Эрленмейера. Эти колбы были названы в честь немецкого химика Эмиля Эрлеймейера, созданные им в 1861 году. Они применяются при проведении аналитических работ, например, для титрования. Конические колбы выпускаются различной

вместимости от 50 мл до 1 л. Они имеют плоское дно, конический корпус с цилиндрической широкой или узкой горловиной, которая может быть со шлифом или без него. В отдельных случаях на корпусе могут быть нанесены деления (рис. 15).

При необходимости нагревать конические колбы следует только на электроплитке с закрытой спиралью через асбестовую сетку или на водяной бане. Как и другая лабораторная посуда, колбы Эрленмейера, изготовленные из термостойкого стекла, имеют на корпусе соответствующую маркировку.



Рис. 15. Конические колбы Эрленмейера

Плоскодонные колбы имеют сферическое или коническое дно и плоское основание. Поскольку крепеж не требуется, их можно легко установить на различные горизонтальные поверхности. Благодаря плоскому дну, такие колбы прочно удерживаются на месте. Плоскодонные колбы имеют большую площадь контакта, что упрощает многие химические операции. В зависимости от назначения плоскодонные колбы выпускают различной емкости, со шлифом или без шлифа (рис. 16).



Рис. 16. Многообразие плоскодонных колб

К посуде общего назначения также относят **промывалки** (рис. 17). Их применяют для смывания осадков со стенок сосудов или фильтров, для промывания осадков каким-либо раствором или дистиллированной водой.



Рис. 17. Лабораторные промывалки

2.2. Лабораторная посуда специального назначения

Для достижения определенных целей при выполнении различного рода экспериментов исследователям необходима посуда специального назначения. К такой посуде можно отнести круглодонные, грушевидные и остродонные колбы, колбы Бунзена, Вюрца, Энглера и

Къельдаля, делительные и капельные воронки, воронку Бюхнера, разнообразными холодильниками и дефлегматоры, переходники и аллонжи, кристаллизаторы, эксикаторы, капельницы и др.

Большая часть посуды специального назначения применяется в органическом синтезе. Так для сборки различных аппаратов из стекла, для выпаривания или перегонки жидкостей и для других целей применяются **круглодонные колбы**. Их изготавливают из термически стойкого стекла, что подтверждается специальной маркировкой в виде белого квадрата. Сферическая форма колб является наиболее оптимальной при термической обработке, обеспечивает устойчивость в широком диапазоне температур. Для нагревания таких колб практичнее всего использовать специальные колбонагреватели.

Ассортимент круглодонных колб велик. Они бывают различных размеров, со шлифом и без него, одно-, дву-, трех- и четырехгорлые (рис. 18).



Рис. 18. Круглодонные колбы (а) и колбонагреватель (б)

Одна из разновидностей круглодонных колб – **колба Вюрца**. Она представляет собой стеклянную емкость с круглым дном и вытянутой горловиной со шлифом, от которой отходит под углом длинная узкая ломаная газоотводная трубка (рис. 19). Колбы Вюрца предназначены для перегонки веществ с низкой температурой кипения, а также для выпаривания, разгонки и дистилляции. Применяют их в нефтехимических лабораториях.

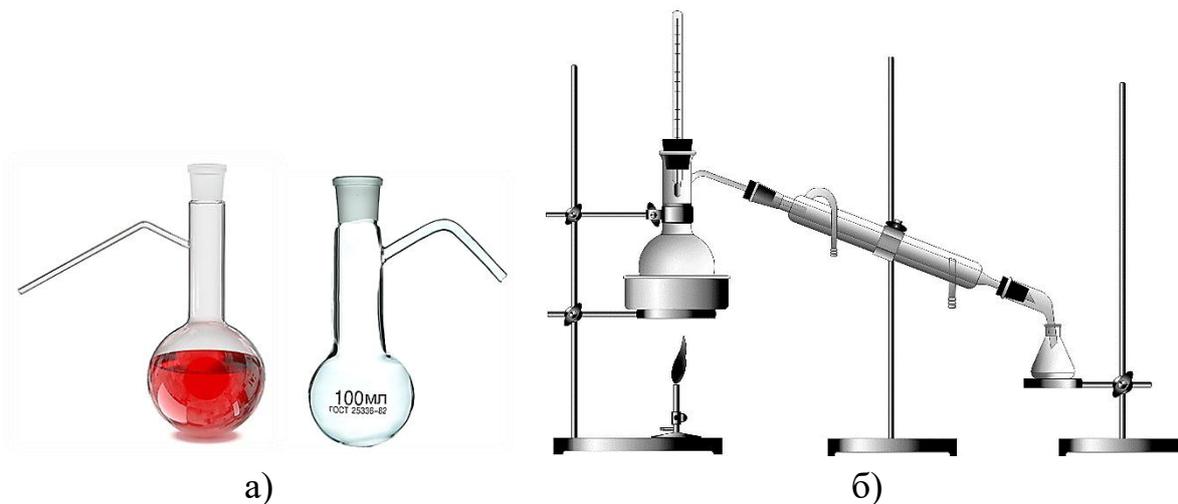


Рис. 19. Колба Вюрца (а)
и аппарат для перегонки с колбой Вюрца в составе (б)

Схожую конструкцию имеет **колба Энглера** (рис. 20). Она также изготавливается из термостойкого стекла, имеет круглодонную форму и удлиненную цилиндрическую горловину с прямым боковым отводом. Предназначены такие колбы для проведения лабораторных работ, связанных с перегонкой нефти и нефтепродуктов.



Рис. 20. Колба Энглера

Грушевидные и остродонные колбы (рис. 21) изготавливаются из жаропрочного стекла марки ТС и применяются в процессе нагрева, перегонки, дистилляции, химического синтеза и других химико-аналитических работ в лабораториях различного профиля.

Остродонные колбы схожи по форме с круглодонными, но имеют вытянутую форму дна, что обеспечивает большую площадь нагрева.



Рис. 21. Грушевидные (а) и остродонные колбы (б)

Грушевидная емкость из термостойкого стекла с удлиненной горловиной получила название **колба Кьельдаля** (рис. 22), по фамилии датского химика Кьельдаля в XIX веке. Ученый придумал и разработал аппарат Кьельдаля, составной частью которого является колба Кьельдаля. Данный метод предназначен для определения азотсодержащих веществ в жидкостях, используемых в производственных процессах (например, в нефти). Являясь универсальным, точным и легко воспроизводимым, метод Кьельдаля востребован и в настоящее время. Его применяют не только для определения азота, но и для определения белка в биологических жидкостях в медицинской или ветеринарной диагностике. Колбы используются в процессе перегонки в качестве приемников, при проведении аналитических реакций, для различных органических синтезов.

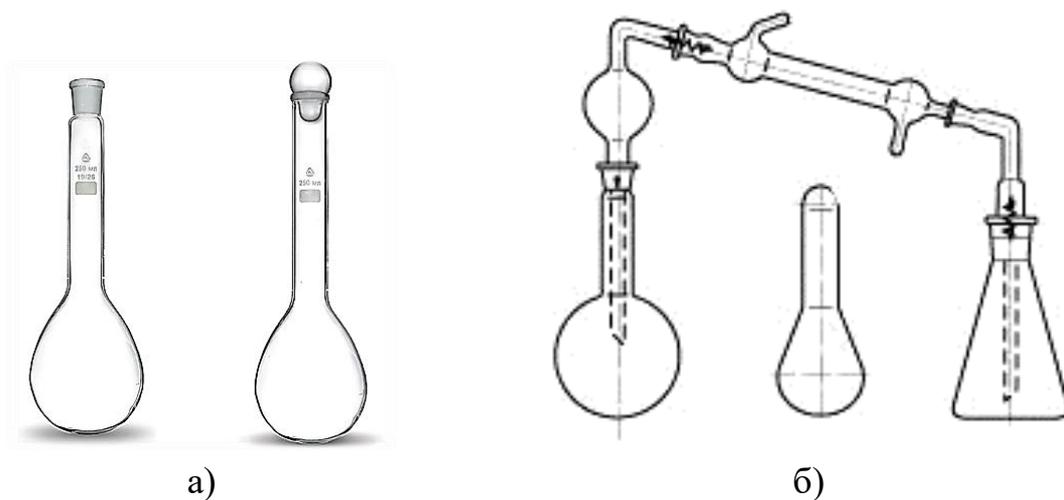


Рис. 22. Колбы (а) и аппарат (б) Кьельдаля

Объем колб Кьельдаля колеблется от 300 до 800 мл. Так как эксплуатация этого вида колб предусматривает термическую нагрузку, колбы изготавливаются из тугоплавкого, термостойкого стекла. Колбы могут производиться со шлифом и комплектоваться стеклянными притертыми пробками, а колбы с цилиндрической горловиной – специальными поплавками для колбы Кьельдаля.

Для фильтрования с применением вакуум-насоса используются **колба Бунзена**. Ее изобрел немецкий химик-экспериментатор Бунзен Роберт Вильгельм. Колба изготавливается из прозрачного толстостенного стекла, а на боковой стенке имеет отвод, который соединяют резиновой трубкой с вакуумным насосом (рис. 23, а, б). Для фильтрования при пониженном давлении в горло колбы вставляют воронку, укрепляя в резиновой пробке. Чаще всего для этой цели используют фарфоровую **воронку Бюхнера** (рис. 23, в).

Верхняя часть воронки отделена от нижней перфорированной или пористой перегородкой, к которой подведен вакуум. При работе отверстия перегородки, как правило, закрывают фильтровальной бумагой. На сетчатую перегородку помещают два кружка фильтровальной бумаги, причем их диаметр на 1 мм меньше диаметра используемой воронки. Воронку помещают в колбу Бюхнера на резиновой пробке.

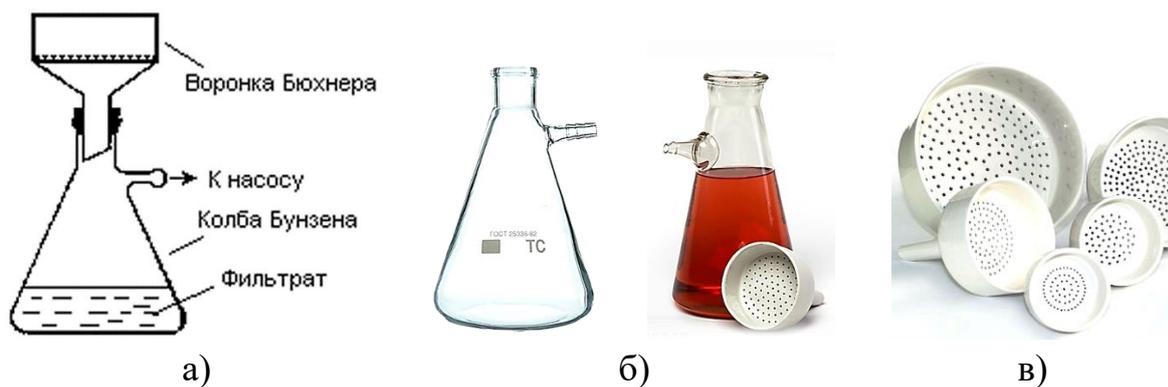


Рис. 23. Установка для вакуумного фильтрования (а), включающая колбу Бунзена (б) и воронку Бюхнера (в)

Кроме воронки Бюхнера в ходе вакуумного фильтрования используют **фильтр Шотта**, который впаян в стеклянную воронку и представляет собой спеченный диск из стеклянных гранул (рис. 24). Такой фильтр обычно требуется для фильтрования агрессивных жидкостей, разъедающих фильтровальную бумагу, применяющуюся для воронки Бюхнера. Используется фильтр Шотта совместно с колбой Бунзена.

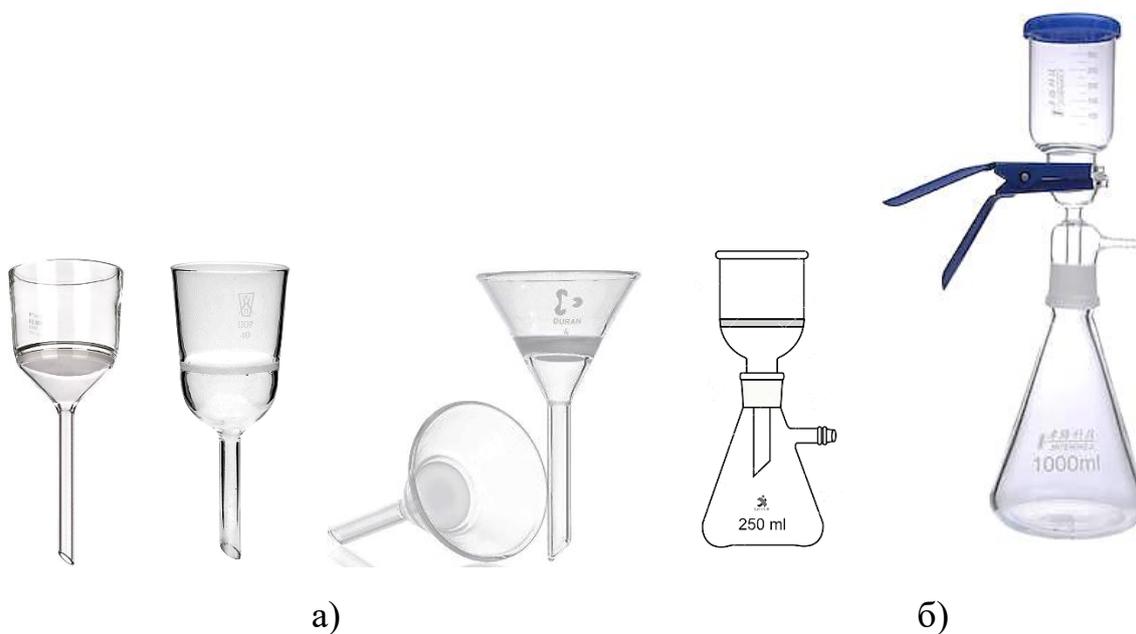


Рис. 24. Стеклянная воронка с впаянным фильтром Шотта (а) и колбой Бунзена (б)

Для перегонки жидкостей под уменьшенным давлением также применяют **колбу Клайзена**. Ее горло имеет две шейки, причем одна снабжена отводной трубкой коленчатой формы (рис. 25).

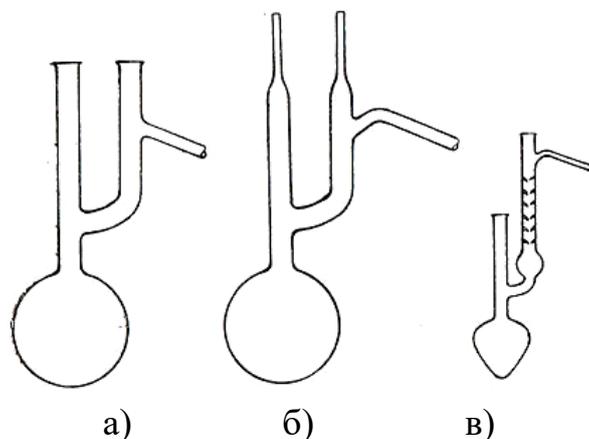


Рис. 25. Колба Клайзена (а) и ее видоизменения:
с оттянутыми горлами (б) и с елочным дефлегматором (в)

В левое горло вставляют стеклянную трубку, оканчивающуюся капилляром, а в правое горло – термометр. Отводная трубка соединена с холодильником. Иногда колбу делают грушевидной формы.

Аппарат, служащий в химической лабораторной и заводской практике для перегонки или, что чаще, для воспроизведения реакций, требующих нагревания и сопровождающихся выделением газообразных или жидких летучих продуктов, которые тут же непосредственно и подвергаются перегонке, называется **реторта** (рис. 26). Основная особенность устройства реторты как перегонных аппаратов состоит в том, что отверстие, служащее для отвода паров в охлаждаемое пространство, находится у них на весьма близком расстоянии от уровня поверхности перегоняемого продукта. Такое устройство является выгодным преимущественно при перегонке высококипящих жидких и твердых веществ, а также в тех случаях, когда перегонка должна производиться по возможности быстро, с целью, например, сократить время пребывания паров перегоняемого вещества в нагретом пространстве, где они могут подвергаться разложению.

Недостаток реторты – это легкая возможность перебрасывания и вообще попадания брызг кипящей жидкости в холодильник и далее в приемник, а отсюда – сравнительно незначительная чистота получаемого дистиллята. В зависимости от назначения и температуры, которой должна подвергаться реторта. во время работы, они изготавливаются из стекла, фарфора, огнеупорной глины, котельного железа, чугуна, платины и по своей форме представляют большое разнообразие. Изготавливают реторты с тубусом или без тубуса.



Рис. 26. Стеклоянная (а) и омедненная (1865-1867 гг.) (б) реторта

В химической лаборатории используются различные воронки, специального назначения.

Делительные воронки – это удлиненный цилиндрический или грушевидный сосуд. Используются такие сосуды для разделения не-смешивающихся жидкостей (рис. 27).

В зависимости от формы различают делительные воронки:

- грушевидные;
- шаровидные;
- конические.

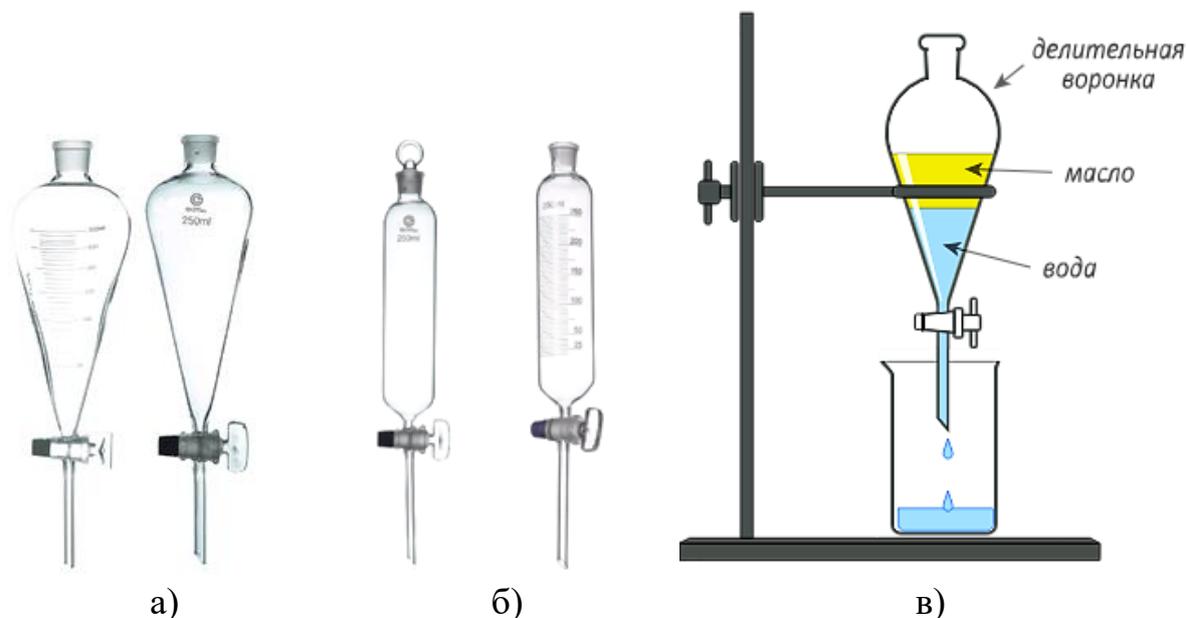


Рис. 27. Делительные воронки грушевидной (а) и цилиндрической (б) формы для разделения двух несмешивающихся жидкостей (в)

В большинстве случаев делительные воронки снабжены притертой стеклянной пробкой и краном. При этом выпускают варианты как с градуировкой, так и без нее.

Способ разделения смесей, основанный на различном распределении вещества между двумя не смешивающимися жидкостями, которые сильно различаются по плотности, получил название *экстракция*. С помощью делительной воронки осуществляется однократная или многократная промывка смеси экстрагентом, что позволяет легко разделить ее на компоненты. Это простейший способ экстракции (рис. 28).

Экстракция органических веществ из воды с помощью делительной воронки проходит в несколько этапов.

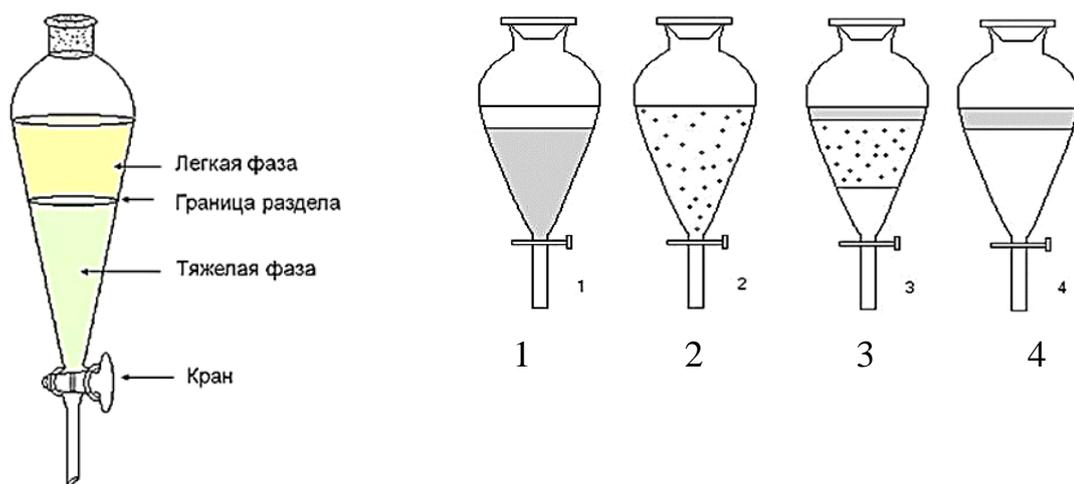


Рис. 28. Экстракция органических веществ из воды:

- 1 – в начале процесса экстрагент сверху, водный слой – внизу;
- 2 – смесь после взбалтывания;
- 3 – начало разделения слоев: сверху экстрагент, внизу водные слой, между ними еще не разделившаяся смесь;
- 4 – завершение экстракции: в верхнем слое – экстрагент с извлеченным органическим веществом

Широкое применение в химических лабораториях имеют **капельные воронки**. Подобная воронка предназначена для постепенного и равномерного добавления жидкости небольшими порциями или по каплям в колбу с реакционным раствором, смесью или другим химическим реагентом или веществом. Воронка имеет цилиндрическую форму, снабжена стеклянным краном в нижней части и может быть градуирована. Она часто используется как часть лабораторного прибора или устройства, прочно закрепленного на колбе или штативе (рис. 29).

Капельные воронки отличаются от делительных тем, что они более легкие, тонкостенные, имеют длинный конец и более сферическую верхнюю часть.

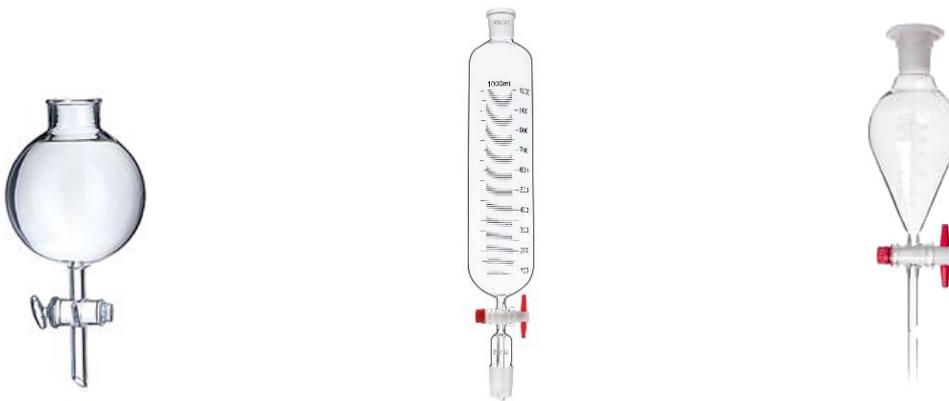


Рис. 29. Капельные воронки

Для охлаждения и конденсации паров в химических реакциях при перегонке органических соединений или простом нагревании различных жидкостей используются так называемые **холодильники**. 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. Различают прямые и обратные холодильники.

Холодильник Либиха или **прямоточный холодильник** был изобретен немецким химиком Юстусом Либихом. Это специальное устройство предназначено для охлаждения жидкостей. Холодильник Либиха используются для конденсации паров веществ или растворителей и удаления конденсата (рис. 30, а).

Прямой холодильник состоит из двух частей – длинной стеклянной холодильной трубки (форштоса) различной конфигурации, один конец которой расширен, и стеклянной «рубашки» (муфты) с двумя отростками. Через них с помощью резиновых шлангов холодильник соединяют с водопроводным краном. Один из них – верхний – отводят в раковину, а другой, находящийся около узкого конца форштоса – нижний – присоединяют к водопроводному крану. Таким образом, одна трубка предназначена для входа воды, а другая – для выхода. Ввод

воды осуществляется из части холодильника, откуда вытекает конденсат. При таком присоединении трубок вода в холодильнике движется навстречу парам охлаждаемой жидкости.

В обратном холодильнике пары конденсируются и возвращаются в реакционную смесь. Их устанавливают только в вертикальном положении. Обратные холодильники могут быть шариковыми, змеевиковыми и других форм.

Отдельно следует отметить, что охлаждающая жидкость – вода подается исключительно снизу – вверх. Если охлаждающую жидкость подать сверху – вниз, то охлаждение неэффективно, поскольку «рубашка» охлаждения заполнена будет не полностью. Такой способ подачи воды может привести к разрушению (растрескиванию) из-за перегрева «рубашки» холодильника.

Во избежание попадания влаги из атмосферы, которая конденсируется на внешней стороне холодильника, внутрь колбы, шлифы, расположенные на колбе и холодильнике должны быть тщательно смазаны.

Использование жидкостей с высокой температурой кипения увеличивает напряжения в месте спайки, что может привести к разрушению стекла. По этой причине холодильники изготавливаются из термостойкого стекла.

На рисунке 30 показаны различные конструктивные типы холодильников.

Для охлаждения паров в холодильнике в основном используется воздух (воздушный холодильник) или вода (водяной холодильник).

Воздушный холодильник (рис. 30, б) – это один из самых простых холодильников, представляющих собой длинную стеклянную трубку. Этот холодильник следует использовать только при работе с жидкостями, которые имеют высокую температуру кипения – более 150 °С. Воздушные холодильники могут использоваться в качестве холодильников с прямым или обратным охлаждением. Однако, как обратный, холодильник такого типа малоэффективен, так как движение жидкости преимущественно отвечает ламинарному потоку и вещество

легко «выбрасывается». В качестве прямого такой холодильник можно использовать при не слишком большой скорости перегонки для веществ.

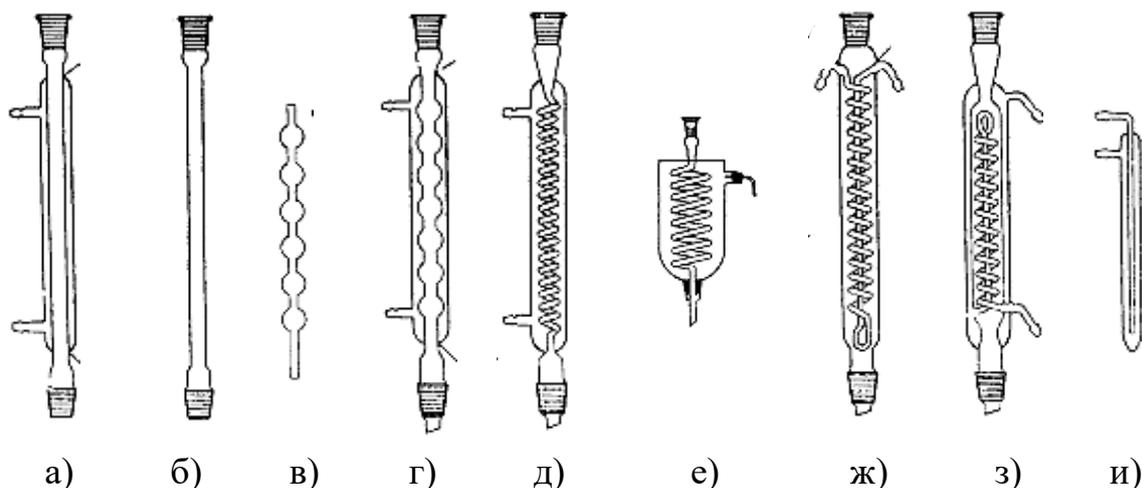


Рис. 30. Конструктивные типы холодильников: холодильник Либиха (а); воздушный холодильник (б); шариковый воздушный холодильник (в); шариковый холодильник Аллина(г); змеевиковый холодильник Грэхема (д); холодильник Штеделера (е); холодильник Димрота (ж); холодильник, сочетающий принципы холодильников Либиха и Димрота (з); «охлаждающий палец» (и).

Шариковый воздушный холодильник (рис. 30, в) используется в качестве обратного холодильника. Благодаря большой поверхности теплообмена шариковые холодильники более эффективные, чем обычные холодильники с воздушным охлаждением. Такие холодильники применяются в полумикросинтезе, где теплоотдача мала и воздушного охлаждения достаточно для конденсации веществ с низкой температурой кипения.

Шариковый холодильник Аллина (рис. 30, г) чаще всего используется в качестве обратного холодильника. Охлаждающая вода поступает во внутреннюю шарообразную полость через левый отро-сток и выходит через правый. Пары жидкости проходят между внут-

ренней и внешней стенками холодильника. Таким образом, пар охлаждается сразу с двух поверхностей: воздухом снаружи, а водой внутри. Эффективность охлаждения в холодильниках Аллина значительно выше, чем в холодильниках Либиха. Этот вид холодильников входит в состав аппарата для непрерывного экстрагирования, **прибор Сокслета** (рис. 31).

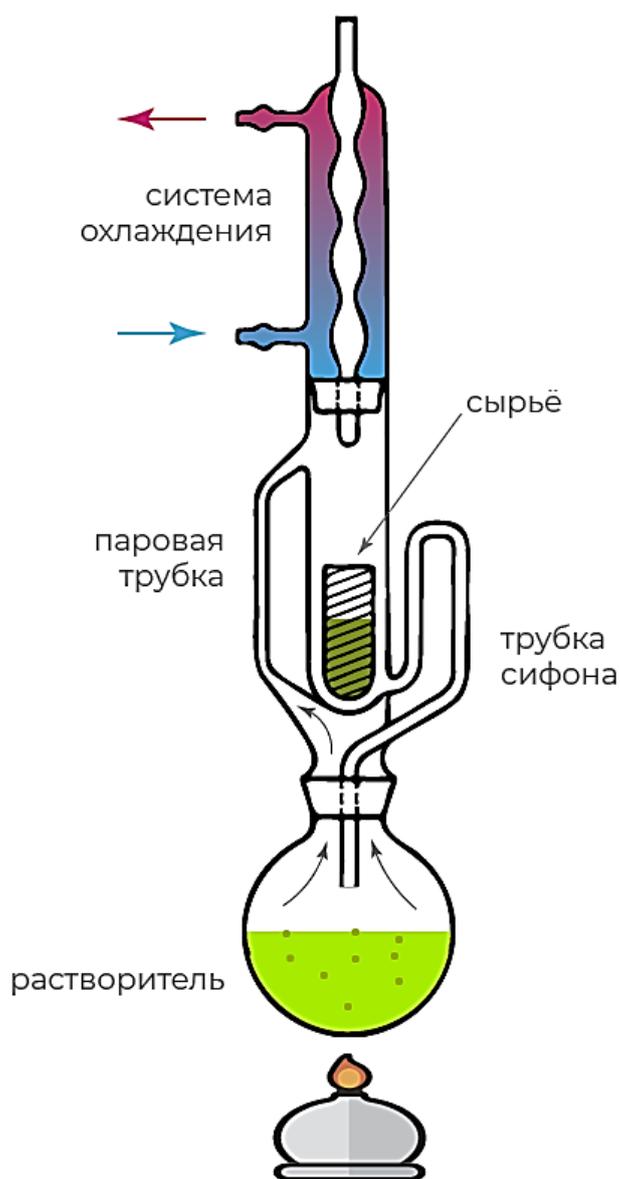


Рис. 31. Аппарат Сокслета

Экстрактор Сокслета относится к сложным химическим установкам, которые требуют повышенного внимания и осторожности. Перед

началом работы необходимо тщательно проверить используемые стеклянные предметы на отсутствие трещин, сколов, загрязнений, во избежание несчастных случаев. Так как зачастую процесс экстрагирования идет с использованием агрессивных химических веществ (растворители), соблюдение правил пожарной безопасности позволит избежать неприятных последствий

Кроме этого существуют ряд специальных холодильников со спиральными охлаждающими трубками. Это необходимо для увеличения поверхности охлаждения без увеличения размеров холодильника.

Змеевиковый холодильник (рис. 30, д) Конденсат, который не стекает в достаточной степени по сгибах змеевика, может быть выброшен из змеевика и стать причиной несчастных случаев, поэтому его не рекомендуется использовать как обратный. Вертикально установленные змеевиковые холодильники являются наиболее эффективными, особенно для веществ с низкой температурой кипения.

Холодильник Штеделера (рис. 30, е) представляет собой усовершенствованный вариант холодильника змеевикового типа, в котором охлаждающий сосуд может быть заполнен смесью твердой двуокиси углерода и ацетона или льда и поваренной соли. Такие холодильники можно использовать для конденсации вещества, которые кипят при очень низких температурах.

Холодильник Димрота (рис. 30, ж) назван в честь немецкого химика Отто Димрота, который его разработал. Аппарат представляет собой колбу, внутри которой находится спираль, охлаждаемая постоянной подачей воды.

Погружной холодильник – «охлаждающий палец» (рис. 30, и). Этот обратный холодильник особой формы (его можно специально не закреплять в системе охлаждения) используется прежде всего в приборах для полумикрометодов. Если «охлаждающий палец» введен в реакционный сосуд на пробке прибор не должен быть герметичным.

Необходимо постоянно следить, чтобы через рубашку холодильника не прекращалась циркуляция воды, так как отключение холодильника может привести к пожарам и взрывам!

Для соединения холодильника с приемником используют стеклянные изогнутые трубки **аллонжи** (рис. 32).



Рис. 32. Виды аллонжей

В качестве насадки для дистилляции применяются **дефлегматоры**, специальные приспособления, позволяющие в лабораторных условиях достичь более полного разделения компонентов смеси. Они предназначены для частичной конденсации паров до их отвода в холодильник при этом в первую очередь конденсируются соединения с более высокой температурой кипения, которые возвращаются обратно в колбу, вследствие чего паровая фаза обогащается низкокипящими компонентами.

Дефлегматоры представляют собой трубки, снабженные расширениями и имеющие в верхней части отводную трубку. В производственных или учебных лабораториях применяют различные виды дефлегматоров, которые могут отличаться своей конструкцией, разнообразием форм и размеров, функциями и способом применения (рис. 33).

К посуде специального назначения относится **аппарат Киппа**, который для получения CO_2 , H_2 , H_2S и других газов (рис. 34). Нижняя часть аппарата состоит из широкого полусферного резервуара, оснащенного, как правило, тубусом, далее находится шарообразное расширение, также имеющее тубус для отвода газа. Верхнюю часть аппарата, представляющую собой грушевидную воронку со сферическим расширением и с длинным носиком, который проходит через весь прибор до

самого дна, вставляют в нижнюю через горло шарообразного расширения. Воронка вставляется в горловину реактора герметично через шлифовое соединение.

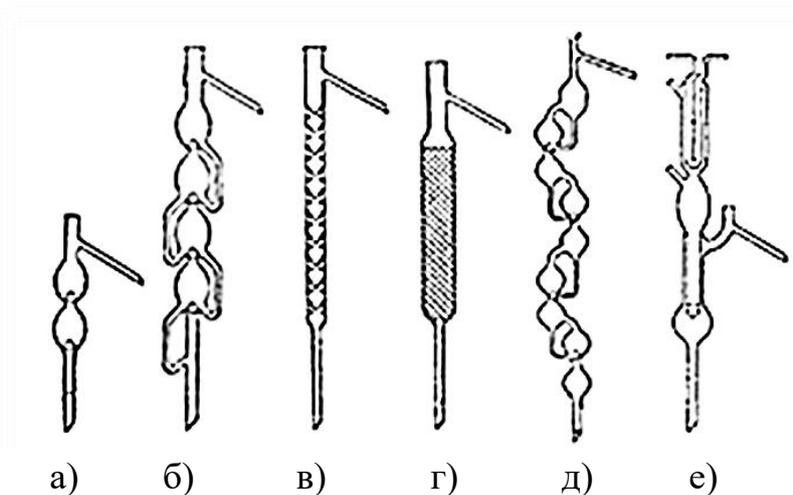


Рис. 33. Конструкции дефлегматоров: шариковые (а, б); ёлочные (в); с насадкой (г); Арбузова (д); и Ганна (е)

Аппарат Киппа – универсальный прибор для получения газов путем воздействия растворов кислоты и щелочи на твердые вещества. Прибор был создан голландским химиком Петером Якобом Киппом в 1853 году на основе «огнива Дёберейнера».

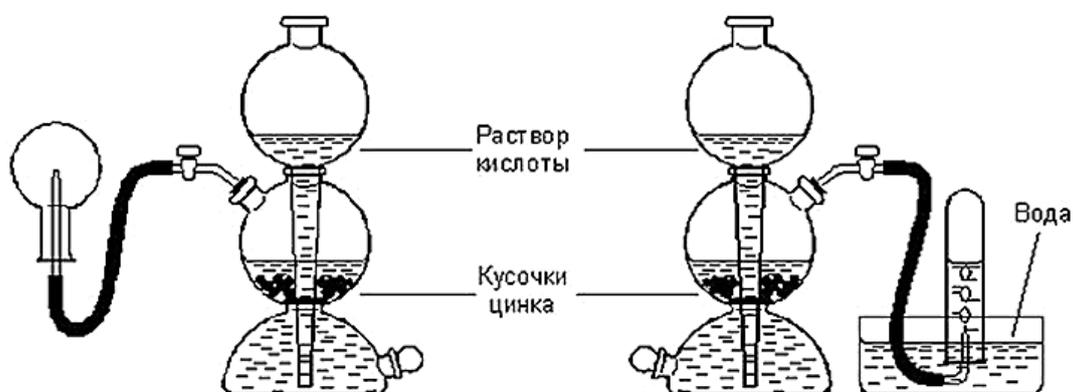


Рис. 34. Аппарат Киппа, состоящий из верхнего и нижнего резервуаров, колбы-реактора и газоотводной трубки

Принцип действия аппарата Киппа заключается в следующем. Гранулы цинка помещают на решётку, расположенную на дне среднего резервуара, в аппарат Киппа наливают раствор кислоты (соляной или серной). Когда кран на газоотводной трубке закрыт, кислота находится в верхней воронке и нижнем резервуаре. Как только открывают кран, кислота течёт из воронки и заполняет нижнюю часть второго резервуара, в результате чего начинается реакция с цинком с выделением водорода. После окончания эксперимента, кран закрывают, и водород перестаёт выходить из аппарата Киппа. Давление газа вытесняет кислоту в воронку до тех пор, пока контакт кислоты и цинка не прекратится. Соприкосновение реагирующих веществ прекращается, и водород перестаёт выделяться.

Для определенных целей используются так называемые **промывные склянки**. Они бывают нескольких видов: склянки Тищенко, Вульфа и Дрекслея (рис. 35).



Рис. 35. Промывные склянки Тищенко (а), Вульфа (б) и Дрекслея (в)

Склянки Тищенко – внутри имеют перегородку, делящую склянку на две сообщающиеся между собой части. Есть два типа склянок Тищенко: для жидкостей и для твердых тел. У склянок для жидко-

стей внутренняя перегородка доходит до дна и обе половины сообщаются при помощи отверстия в середине перегородки у самого дна. В склянках для твердых тел перегородка немного не доходит до пробки, которая служит дном (рис. 36).

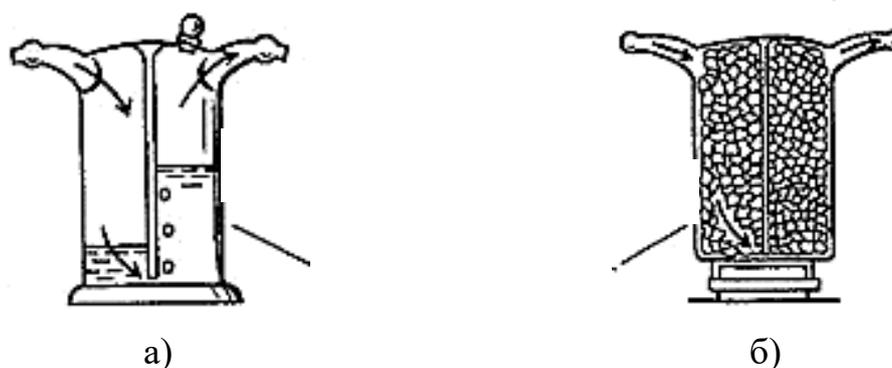


Рис. 36. Склянки Тищенко: для жидких (а) и твердых поглотителей (б)

Склянки Тищенко также служат для промывания и высушивания газов. Для этого в склянку наливают не более чем на промывную или высушивающую жидкость.

Иногда склянки Тищенко применяют в качестве предохранительных склянок при вакуум-насосах, но для этой цели они менее удобны, чем, например, склянки Вульфа.

Склянки Вульфа применяют для промывки газов (рис. 37). Эти склянки можно использовать в качестве реакционных сосудов для газообразных продуктов и в качестве предохранительного сосуда при водоструйных насосах. Они производятся с двумя или тремя горлами.



Рис. 37. Склянки Вульфа

Склянки Вульфа большой емкости можно использовать, например, для хранения растворов для титрования. Иногда в нижней части склянки имеется тубус.

Склянки Дрекселя применяются для тех же целей, что и склянки Вульфа. Они представляет собой цилиндр со стеклянной пробкой, через которую до самого дна проходит трубка, имеющая отводную трубку (рис. 38). При промывке газов в склянку не более чем на половину наливают соответствующую промывную жидкость, затем, плотно закрыв пробку, соединяют трубку, доходящую до дна, с источником газа. Промытый или высушенный газ выходит из отводной трубки.



Рис. 38. Склянки Дрекселя

Для предохранения различных веществ и растворов от попадания в них нежелательных примесей из воздуха, например, паров воды, оксида углерода и т.д. применяют **хлоркальциевые трубки** (рис. 39). Различают простые и U-образные трубки.

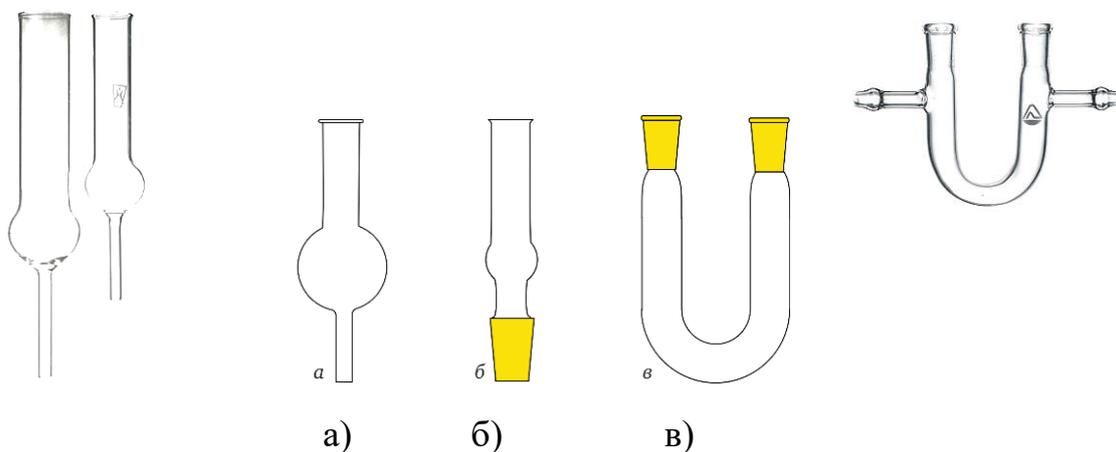


Рис. 39. Хлоркальциевые трубки: прямая с одним шаром без шлифа (а); прямая с одним шаром со шлифом (б); U-образная со шлифами (в)

Если для достижения цели эксперимента исследователю необходимо медленное высушивание при комнатной температуре, то следует использовать **эксикатор**. Это сосуд из толстого стекла или пластика, в котором поддерживается определённая влажность воздуха (близкая к нулю), с крышкой, края которой притерты к верхней части емкости (рис. 40).



Рис. 40. Обыкновенный (а) и вакуум-эксикатор (б)

Различают обыкновенные и вакуум-эксикаторы. Для создания вакуума внутри эксикатора некоторые виды снабжены отверстием с крапом для откачки воздуха или заполнения эксикатора инертным газом.

В гравиметрическом анализе и в почвоведении эксикаторы так же используются для хранения веществ, легко поглощающих влагу из воздуха. Сосуды имеют особую форму для размещения решётчатой фарфоровой вставки, благодаря которой внутрь посуды можно поставить тигель кварцевый, чашки Петри, бюксы и др. Фарфоровая вставка имеет специальное отверстие, через которое обеспечивается циркуляция воздуха. На дно эксикаторов помещается гигроскопическое вещество (КСl, силикагель) для осушения или раствор, поддерживающий определенное парциальное давление водяных паров.

Для кристаллизации и перекристаллизации веществ применяют **кристаллизаторы**. Они представляют собой толстостенные стеклянные плоскодонные сосуды различных диаметров (рис. 41). Нагревать кристаллизаторы нельзя!



Рис. 41. Кристаллизаторы

При исследованиях, связанных с высушиванием и взвешиванием сыпучих материалов, используется весовой стаканчик **бюкс** (рис. 42) Это цилиндрическая ёмкость, баночка с массивной притёртой пробкой.



Рис. 42. Бюксы

Конструкция бюкса позволяет произвести точное взвешивание, избежав изменения веса гигроскопичного вещества из-за абсорбции воды

Одним из важных этапов лабораторной или исследовательской работы является дозирование небольших количеств определенных веществ. Для этого идеально подходят **капельницы** (рис. 43). Это стеклянные или пластиковые сосуды для жидкостей, строение которых позволяет добавлять реактив по каплям.

Капельницы могут быть в виде небольшого стеклянного шаровидного баллончика с небольшим отводом в верхней части, сильно суженным к концу. Жидкость сюда наливают через специальное отверстие, закрываемое маленькой пробкой. Либо капельница может быть в виде сосудика с притертой стеклянной пипеткой, вставленной через верхнее отверстие и снабженной маленьким резиновым баллончиком. Также встречаются капельницы из пластика.



Рис. 43. Виды лабораторных капельниц

Самая распространённая посуда, используемая для диагностических исследований в медицинских, промышленных и исследовательских лабораториях является **чашка Петри** (рис. 44). Она представляет собой сосуд в форме невысокого плоского цилиндра, закрываемого прозрачной крышкой подобной же формы, но чуть большего размера. Обычно чашка Петри делается из прозрачного стекла или прозрачного

полистирола. Название чашка получила, благодаря своему изобретателю Джулиусу Рихарду Петри, немецкому бактериологу. В то время учёный создал «блюдца» для стерильного хранения образцов бактерий.



Рис. 44. Чашка Петри классическая (а), 2- (б) и 4-секционная (в)

В настоящее время ассортимент чашек Петри велик. В зависимости от назначения в исследованиях применяются изделия из стекла или прозрачного полистирола. Многообразен выбор моделей по размерам. Выпускаются и секционные чашки Петри, которые могут быть разделены на 2, 3 или 4 секции (см. рис. 44).

Выпускают изделия стерильными. Процесс осуществляется с помощью ионизирующей установки. Для этого чашки подвергают β -облучению. В результате энергия проникает в обрабатываемый материал, разрушает микроорганизмы без повышения температуры самого материала. Срок хранения продукции после ионизирующей обработки составляет три года со дня стерилизации. Каждая коробка с чашкой Петри имеет сертификат с указанием даты стерилизации.

В лабораторной практике часто используют стекла различных видов, которые изготавливаются из высококачественного стекла с применением современных технологий. Различают:

- часовое;
- покровное;
- предметное (рис. 45).



Рис. 45. Лабораторные стекла: часовое (а), покрывное (б) и предметное (в)

Стекло часовое – это специальная вспомогательная лабораторная посуда выпукло-вогнутой формы, которая является неотъемлемой частью процесса выпаривания, растирания, микроанализа и взвешивания жидких или сыпучих химических реактивов (рис. 45, а). Изготавливают такую посуду из кварцевого, боросиликатного или силикатного стекла. В зависимости от сферы применения и назначения лабораторное часовое стекло выпускается в диаметре от 3,5 до 22 см. Такая разновидность стекла, как и большинство лабораторных стекол, химически устойчива к воздействию щелочей, кислот, а также других агрессивных сред. Термостойкость данного стекла позволяет выдерживать большие температурные перепады.

Спектр применения часового стекла достаточно обширен:

- как вспомогательная посуда для проведения всевозможных исследований;
- в качестве прозрачной крышки для лабораторной посуды – колб, чашки Петри, мензурок;
- использование как микроскопное стекло.

Покровное стекло представляет собой тонкую пластинку из стекла, предназначенную для покрывания микропрепаратов с целью обеспечения их сохранности и качества (рис. 45, б). Для чистоты эксперимента к данному виду лабораторного стекла предъявляются требования по соблюдению следующих критерий:

- идеально плоская поверхность и однородность структуры;

- равномерная толщина (от 0,10 до 0,30 мм);
- высокая прозрачность для точного диагностирования цвета или оттенка элементов в исследуемом химическом реактиве.

В зависимости от сферы применения по форме покровные стекла могут быть круглые, квадратные или прямоугольные.

Основная сфера применения **предметных стекол** – это санитарно-гигиенические, клинико-диагностические и научно-исследовательские лаборатории (рис. 45, в). Такой вид лабораторного стекла, как и покровное стекло, представляет собой стеклянную пластинку, предназначенную для работы в области микроскопических исследований – изучение под микроскопом. Стандартная толщина составляет 1,0 – 1,2 мм, размеры – 76×26 мм или 50×26 мм. Толщина порядка 1 мм соответствует длине световой волны. Это обеспечивает получение изображения исследуемых предметов высокого оптического качества.

В зависимости от функций предметные стекла могут быть как совершенно плоскими, так и с наличием полированной лунки круглой или овальной формы, а для записи карандашом – с полосой для меток или с матовыми концами. По состоянию бокового ребра стекла могут быть:

- зашлифованные, чтобы блики на срезанном крае не мешали идентификации исследуемых объектов;
- заточенные;
- необработанные.

Для обеспечения идеального изображения не допускаются к использованию стекла с микротрещинами, воздушными пузырьками, отколами или другими дефектами.

В целях безопасности при работе со стеклом края зашлифовывают.

Большое многообразие стеклянной посуды, различной по качественным характеристикам материала и назначению, может быть отнесено как к посуде общего, так и специального назначения. Вся же кварцевая посуда, учитывая особенности данного материала и специфич-

ность применения, скорее принадлежит только группе посуды специального назначения. Кроме вышеупомянутой воронки Бюхнера (рис. 23), из фарфора изготавливают стаканы, тигли, ступки и др.

Фарфоровые лабораторные стаканы, схожие по форме и вместительностью со стеклянными. Они могут использоваться для хранения, взвешивания, подогрева, смешивания реактивов. Стаканы бывают различной ёмкости, с ручкой и без ручки, с носиком и без носика (рис. 46, а).



Рис. 46. Фарфоровые стаканы (а) и кружки (б)

Фарфоровые кружки (рис. 46, б), как правило, используют для сбора отходов реактивов. Кружки, как и другая химическая посуда, бывают различной ёмкости, от 250 мл до 2 л.

Для упаривания и выпаривания растворов солей, суспензий широко применяют в лабораториях **выпарительные чашки**, внутренняя и наружная поверхность которой, за исключением верхней кромки, покрыты глазурью. (рис. 47, а). При нагревании в чашке раствора начинается выпаривание воды, что используется для выделения твёрдых веществ из растворов. Кроме этого выпарительные чашки применяют для высушивания экспериментальных образцов.



Рис. 46. Фарфоровые выпарительные чашки (а) и тигли (б)

Различают два вида выпарительных чаш: кругло- и плоскодонные. Форма круглодонных чашек позволяет легче очищать их от остатков выпаренного вещества. Кроме того, в таких чашках к концу упаривания раствора осадок собирается в центре, а не размазывается по всему дну, как в плоскодонных. Последние, как правило, применяются для упаривания растворов до начала кристаллизации вещества. Такая чашка при охлаждении упаренного раствора превращается в кристаллизатор.

Упаривание в фарфоровой чашке следует осуществлять либо на водяной или песчаной бане, либо на асбестовой сетке, размещенной на электрической плитке с закрытой спиралью. При нагреве открытым пламенем возникает очень большой перепад температур на границе фарфор – жидкость, что может привести к возникновению трещин на фарфоровой посуде.

Для аналитических работ в лабораториях применяются **фарфоровые тигли** (рис. 46, б). Все тигли, как правило, снабжают крышками. Они служат, в основном, для сплавления твердых веществ, прокаливания различных веществ и осадков, сжигания, например, органических соединений при определении зольности и т.д. Тигли используют при температурах до 1200 °С. Весь тигель, за исключением внешней кромки и внешней стороны дна, покрыт глазурью. При прокаливании веществ на пламени газовой горелки не используют асбестовые сетки, а тигли закрепляют в проволочных треугольниках с фарфоровыми трубками (рис. 46, в). Также для нагрева тиглей применяют муфельные или специальные тигельные печи.

Фарфоровые ступки с пестиком применяют для измельчения твёрдых веществ (рис. 47, а). Перед работой ступка должна быть тщательно вымыта и высушена. Для истирания веществом заполняют не более $1/3$ от объёма ступки. В противном случае оно будет высыпаться из ступки при измельчении. Сначала осторожными ударами пестика разбивают крупные куски, доводя их до мелких размеров, а затем медленно растирают круговыми движениями пестика, не прижимая его сильно к стенкам ступки. Во время измельчения вещество периодически счищают со стенок и пестика фарфоровым шпателем (рис. 47, б), собирая вещество к центру ступки.

При растворении твёрдого вещества в ступке (с одновременным растиранием) вначале насыпают твёрдое вещество, а затем к нему постепенно небольшими порциями при круговом движении пестика добавляют жидкость. Всю жидкость, необходимую для растворения, сразу выливать не следует. не менее $1/3$ количества её оставляют для того, чтобы по окончании растворения сполоснуть ступку и обмыть пестик. Только после этого оставшийся раствор добавляют к ранее полученному раствору.



Рис. 47. Фарфоровые ступки с пестиком (а) и ложки-шпатели (б)

Гигроскопичные и токсичные вещества измельчают, поместив ступку с пестиком в полиэтиленовый пакет, открытый верх которого завязывают у конца пестика. При измельчении завязанное место стараются удерживать рукой. После удаления из ступки измельченного вещества ее вместе с пестиком тщательно промывают. Если часть измельченного вещества плотно пристала к стенкам ступки и пестика, в

ступке растирают немного кристаллического оксида алюминия (корунда) или чистого кварцевого песка.

Фарфоровые ложки-шпатели выпускают различных форм и размеров. Они применяются для извлечения веществ из сосудов, для отбора и смешивания твердых веществ, для снятия осадков с фильтров и при многих других работах (рис. 47, б).

2.3. Мерная химическая посуда

Мерной называют посуду, которую используют для измерения объема жидкости. К ней относятся мерные цилиндры и мензурки, мерные стаканы, пипетки и многое другое.

Выбор мерной посуды обусловлен задачей, стоящей перед исследователем, так как разные виды посуды обладают неодинаковой степенью точности измерения объема жидкости. В зависимости от относительной погрешности, допускаемой при измерении объема, мерная посуда делится на две группы – неточная и точная. К посуде для приблизительного измерения объема относятся мерные цилиндры, мензурки, градуированные лабораторные стаканы, пробирки с делениями.

2.3.1. Неточная мерная посуда

Относительная погрешность при измерении объема с помощью неточной мерной посуды составляет 1 % и более. Такая посуда предназначена в основном для отмеривания нужного объема, т.е. если перелить содержимое заполненного мерного сосуда в другой сосуд, то объем вылитой жидкости при комнатной температуре будет соответствовать вместимости, обозначенной на сосуде.

Мерные цилиндры представляют собой вытянутые толстостенные сосуды из прозрачного стекла, полиэтилена или полипропилена (рис. 48). Для устойчивости они имеют широкое круглое основание (дно) или специальную шестиугольной формы подставку. Пустой мерный цилиндр должен устойчиво держаться на поверхности при ее

наклоне по горизонтали до 15° . Согласно требованиям ГОСТа стекло, используемое для изготовления мерных цилиндров, должно обладать повышенной стойкостью к агрессивному действию дистиллированной воды, щелочных и кислотных растворов, органических соединений. Однако, химически стойкое стекло не предназначено для нагрева и охлаждения жидкостей и имеет рабочий температурный диапазон от 15 до 25°C .

Пластиковые мерные цилиндры могут быть использованы для отбора проб, проведения полевых испытаний, разовых лабораторных исследований и т.п. Для работы с агрессивными растворами и жидкостями они не предназначены.

Выпускается несколько вариантов мерных цилиндров, рассчитанных на различные рабочие процессы. Встречаются модели с круглой горловиной, оснащенной плотно притертой шлифованной стеклянной или пластиковой пробкой – для сохранения агрегатного состояния реагентов, и модели с «носиком» на горловине. Последние удобно использовать в работе с нелетучими растворами, жидкостями – носик позволяет аккуратно переливать жидкость, без стекания по внешним стенкам.

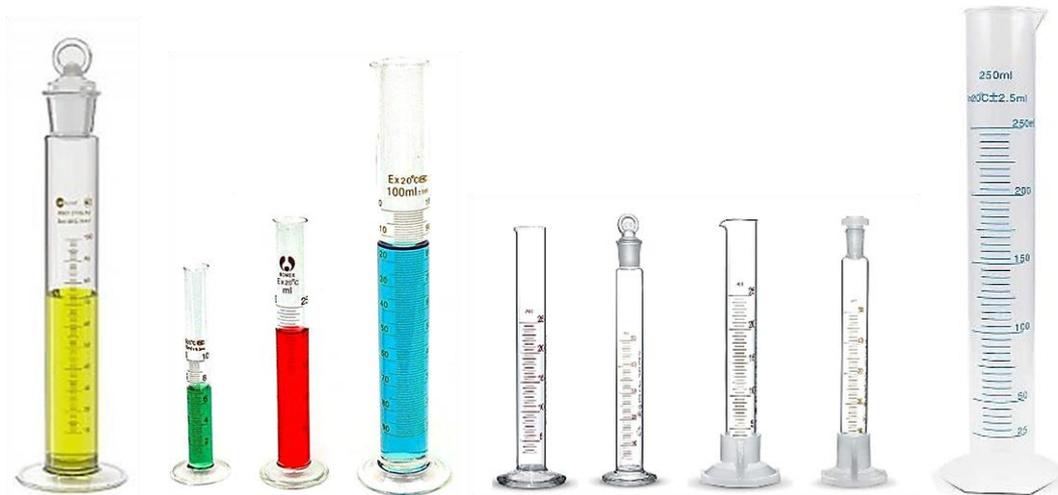


Рис. 48. Мерные цилиндры

Снаружи на стенках цилиндров нанесены деления, указывающие объём (в мл). Мерные цилиндры бывают различной ёмкости: от 5 мл до 1 л.

По классу точности измерений объемов жидкостей мерные цилиндры выпускаются двух видов:

- 1-й класс точности – погрешность не более половины цены деления;
- 2-й класс точности – погрешность не больше одной цены деления шкалы градуировки.

Чтобы отмерить необходимый объем жидкости, ее наливают в мерный цилиндр до тех пор, пока нижний мениск не достигнет уровня нужного деления. Мерные цилиндры обычно калибруют на наливание, а за нулевую отметку принимается дно. Объем слитой жидкости из таких цилиндров будет несколько меньше номинального, за счет смачивания жидкостью поверхности стенок сосуда. Погрешность при определении объемов жидкостей с помощью мерных цилиндров лежит в пределах 1 – 10%.

Схожим с цилиндрами функционалом обладают **мензурки**. Это стеклянные, пластиковые или металлические сосуды с основой конической или цилиндрической формы различного объема, на стенке которых нанесены деления (рис. 49).



Рис. 49. Лабораторные мензурки

Для удобства использования мензурки выпускаются с носиком, а также на некоторых моделях имеется ручка для аккуратного выливания раствора.

Мензурки применяются в лабораториях не только для отмеривания жидкостей и измерения их объёма, но и используются для непродолжительного хранения химикатов, проведения объёмных химических реакций, приготовления сложных реактивов и отстаивания мутных жидкостей. При этом осадок собирается в нижней суженной части конусообразного сосуда.

Мензурки изготавливаются из термостойких и химически инертных материалов. На своей поверхности такая посуда имеет отметку ТС (TS) или матовый квадрат.

Мерные стаканы представляют собой цилиндрической формы сосуды различного объёма, на наружной стенке которых имеются деления (рис. 50). Мерные стаканы можно нагревать, если они изготовлены из термостойкого стекла, что подтверждается специальным обозначением в виде заштрихованного квадрата или круга.

Применение мерных стаканов имеет много общего с мерными цилиндрами и мензурками, так как они также относятся к неточной мерной посуде. Использование лабораторной посуды такого типа востребовано при проведении химических, биологических или физических опытов и исследований. Они используются для временного хранения реактивов, смешивания веществ, отстаивания растворов, нагревания и других многочисленных манипуляций.



Рис. 50. Химические мерные стаканы

Если на химический стакан не нанесена градуировка, то такой вид будет относиться не к мерной, а посуде общего назначения.

Для измерения небольших объемов жидких реактивов, проведения реакций, разделения веществ, отстаивания осадков, центрифугирования используются **мерные пробирки**. Они являются аналогами цилиндра. Обычно используют пробирки вместимостью 10 мл, реже, но встречаются объемом от 5 до 25 мл. На верхней части пробирки указывается информация о вместимости и цене деления. Мерные стеклянные пробирки изготавливаются в двух исполнениях – с ровными краями сосуда или со шлифованной горловиной (рис. 51). Современные пластиковые пробирки могут иметь резьбу и, соответственно, закручивающуюся крышку.

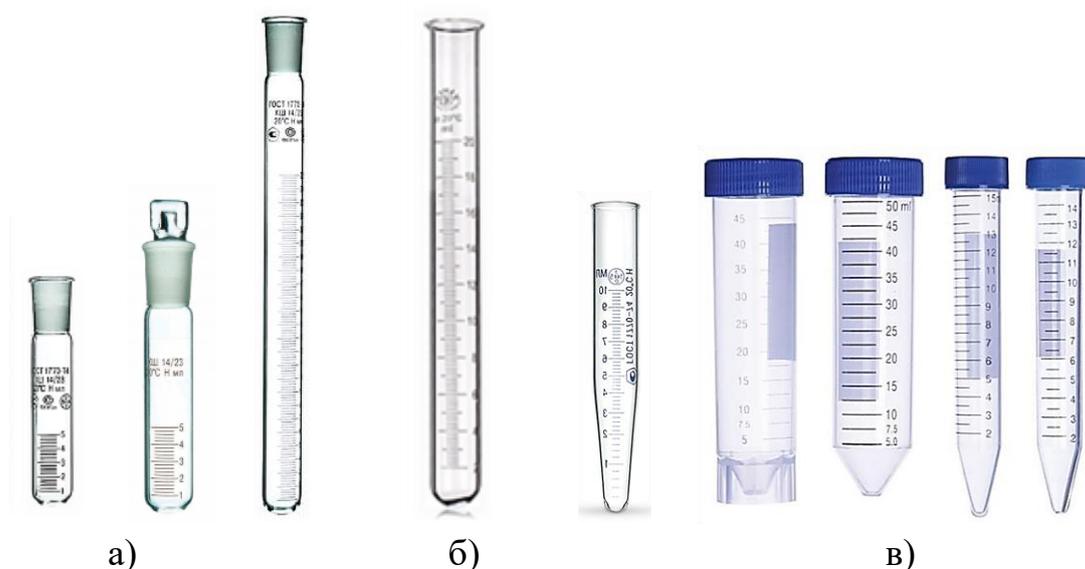


Рис. 51. Мерные пробирки с шлифованной горловиной (а), ровными краями (б) и центрифужные (в)

Для отделения осадка можно использовать отстаивание или, если нужно ускорить процесс – центрифугирование. Для этого применяют обычные цилиндрические сосуды с острым концом («морковки») или грушевидные. Пластиковые центрифужные пробирки служат для одновременного измерения объема осадка и надосадочной жидкости после центрифугирования взвеси.

Самым простым, но и наименее точным средством дозирования жидкости в лаборатории являются **пастеровские пипетки**. В настоящее время очень распространены одноразовые пастеровские пипетки, изготавливаемые из пластика. Пипетка Пастера представляет собой трубку, состоящую из герметичного резервуара в верхней части, предназначенного для заполнения пипетки, и вытянутого сужающегося носика, обеспечивающего получение капли заданного объема (рис. 52). Работа с ними абсолютна, безопасна благодаря герметичному резервуару для заполнения. Пипетки Пастера используются там, где не требуется высокая точность измерения объема при переносе жидкостей между различными емкостями, также они применяются для дозирования растворов при проведении различных исследований, так как есть модели с градуировкой. Этот вид пипеток скорее представляет из себя вспомогательный инструмент, а не измерительный. Пипетки Пастера могут быть использованы и при решении химических задач, однако в этом случае необходимо оценивать степень устойчивости пластика к агрессивным веществам, а также учитывать, что пластиковые пипетки менее прозрачны, чем их стеклянные аналоги.

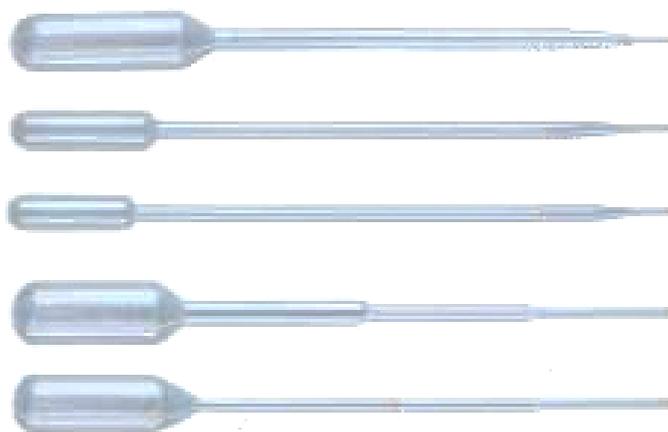


Рис. 52. Пипетки Пастера

Однако любой химический анализ предполагает точное измерение массы или объема. Для измерения точной массы вещества (до чет-

вертого знака) используют аналитические весы, а для точного измерения объема применяют такую мерную посуду, как мерные колбы, пипетки и бюретки.

2.3.2. Точная мерная посуда

В лабораторных испытаниях используется отечественная мерная посуда 1 или 2 класса точности (в соответствии с ГОСТ) или зарубежная мерная посуда А или В класса точности Международного стандарта (ISO). Для более точных изделий, используемых при количественном определении, предназначена посуда 1-го класса или класса А; 2-й класс или класс В применяют для менее точных измерений.

2.3.2.1. Мерные колбы и правила работы с ними

Мерные колбы используют для приготовления растворов определённого точного объёма с точными значениями концентраций растворённого вещества при проведении аналитических работ (рис. 53). Это плоскодонные сосуды вместимостью от 5 до 2000 мл с узким длинным горлом и нанесенной на нём кольцевой меткой. Метка соответствует вместимости колбы (калибровка на вливание) при 20 °С (рис. 54).



Рис. 53. Мерных колбы: классическая (а), со шлифованной горловиной и стеклянной пробкой(б), с пластиковой пробкой (в)

При приготовлении раствора в мерной колбе действуют в несколько этапов. Массу вещества вносят в мерную колбу, примерно на 1/2 заполненную растворителем, содержимое тщательно перемешивают. Затем наполняют мерную колбу сначала через воронку или с помощью химического стаканчика с «носиком» и снова содержимое колбы взбалтывают плавными круговыми движениями до полного растворения вещества

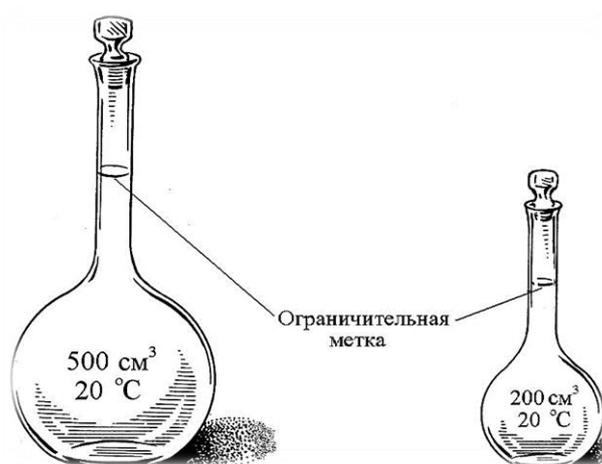


Рис. 54. Отметка на колбе, соответствующая номинальному ее объему при 20 °C

Колбу берут за верхнюю часть горла, избегая прикосновений руками к ее выпуклой части. От тепла рук стенки колбы и, следовательно, объем жидкости внутри сосуда увеличиваются. Последние 1 – 2 мл доливают осторожно капельницей или пипеткой. Колба при этом должна стоять на ровной поверхности. В узкой трубке поверхность жидкости заметно искривляется, это искривление называется *мениском*. При применении мерной посуды уровень смачивающих стекло прозрачных жидкостей (например, воды или водных растворов), устанавливают по нижнему краю вогнутого мениска. При добавлении последних капель необходимо помнить, что метка на колбе должна находиться на уровне глаз, а нижний мениск жидкости должен «остановиться» на кольцевой отметке колбы (рис. 55). Если при растворении выделяется тепло, оказывающее влияние на объем раствора, значит необходимо дать время

раствору остыть и только затем доводить до метки. По этой же причине нельзя держать колбу за ее нижнюю часть, так как искажение объема может произойти за счет тепла, сообщаемого рукой.

Растворитель, как и раствор в колбе, должен иметь температуру рабочего помещения. Доводить до метки горячие или холодные растворы нельзя, так как плотность жидкостей зависит от температуры и, следовательно, определяемый объем будет отличаться от объема, указанного на мерной колбе. Спиртовые, водно-спиртовые растворы и растворы органических растворителей доводят до метки после выдерживания их в течение 20 минут при 20 °С.

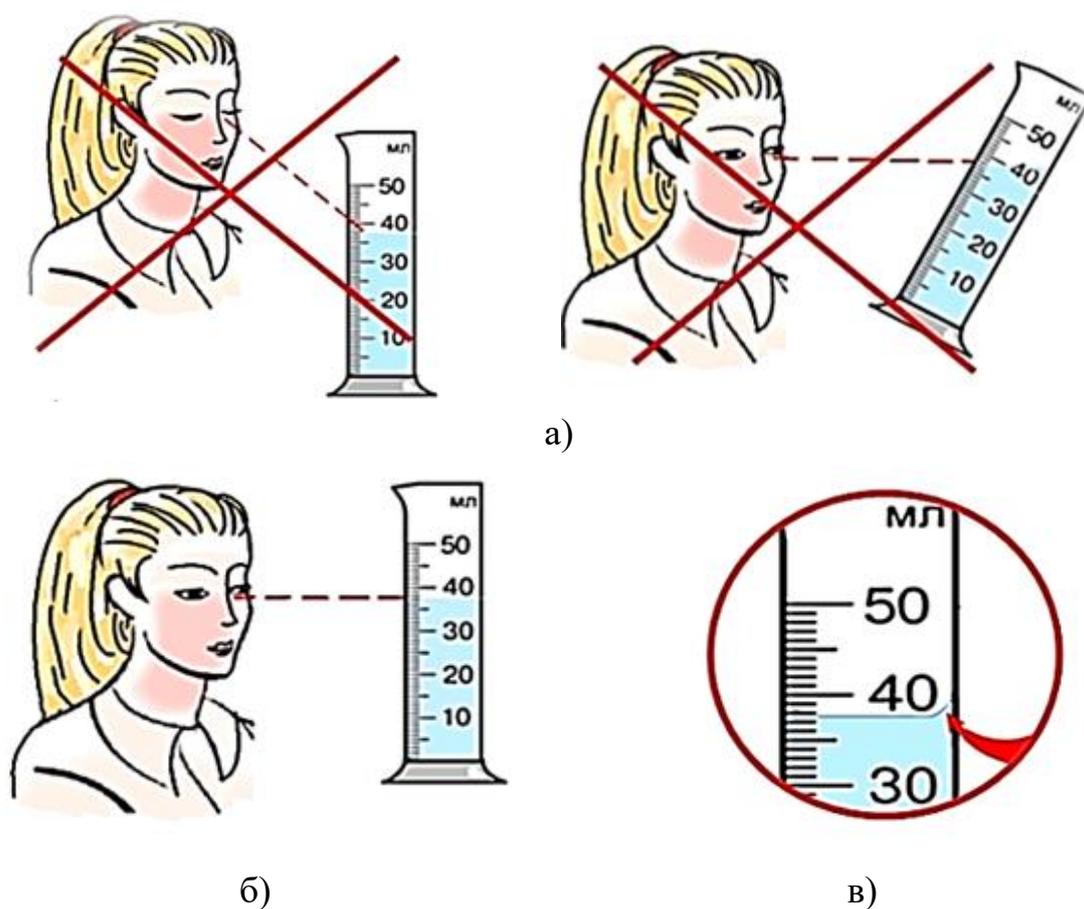


Рис. 55. Определение объема жидкости по нижнему мениску: неправильное (а); правильное (б); краевое положение мениска

Капли растворителя, удерживаемые на внутренней поверхности горла колбы выше метки, осторожно удаляют при помощи свернутой трубочкой фильтровальной бумаги.

После доведения уровня жидкости до метки колбу закрывают пробкой и хорошо перемешивают, переворачивая колбу вверх-вниз не менее 7 – 10 раз. После перемешивания уровень жидкости в мерной колбе опускается ниже кольцевой метки, так как часть раствора остается на пробке, но доводить еще раз уровень раствора до метки нельзя, так как очередное прибавление растворителя приведет к изменению концентрации раствора.

В подавляющем большинстве мерные колбы используют для приготовления в них растворов точного объема и точной концентрации, т.е. объем жидкости до метки в таких колбах соответствует их вместимости, при этом смачивание стенок и растекание жидкости по внутренней поверхности колбы не играют никакой роли. Кроме этого выпускаются мерные колбы и на выливание. Такие колбы называются **колбы Штоманна** и имеют на горле две кольцевые отметки, так как объем вылитой жидкости будет несколько меньше отмеренной (рис. 56).

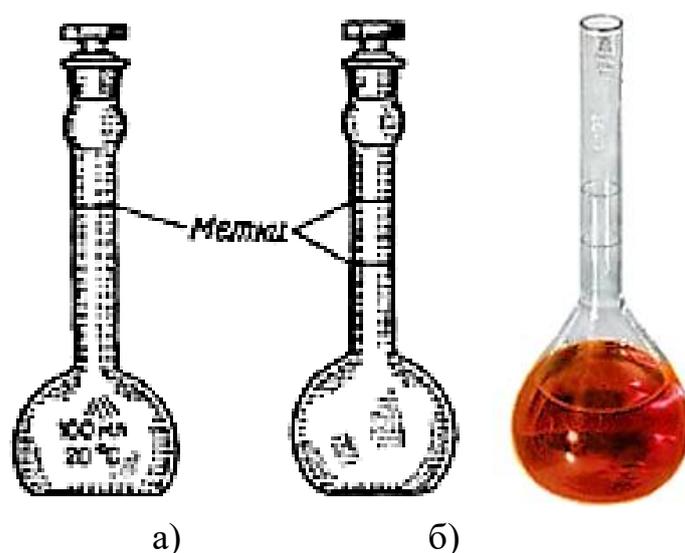


Рис. 56. Сравнение мерной колбы (а) и колбы Штоманна (б)

В работе исследователя встречаются различные растворы, поэтому стоит помнить, что для прозрачных водных растворов касаться метки должен нижний край мениска, а для мутных и ярко окрашенных водных растворов, например, KMnO_4 , точный объем определяют по верхнему краю мениска (рис. 57). При этом колбу держат перед собой так, чтобы метка находилась на уровне глаз.

Не рекомендуется заполнять мерные колбы растворами веществ, которые трудно отмываются или образуют на стенках колбы трудно удаляемые соединения. В мерных колбах не стоит хранить в течение длительного времени приготовленные растворы. Также нежелательно нагревать мерные колбы. Если же все же есть острая необходимость в подогреве раствора в мерной колбе, то делать это нужно на водяной или песчаной бане.

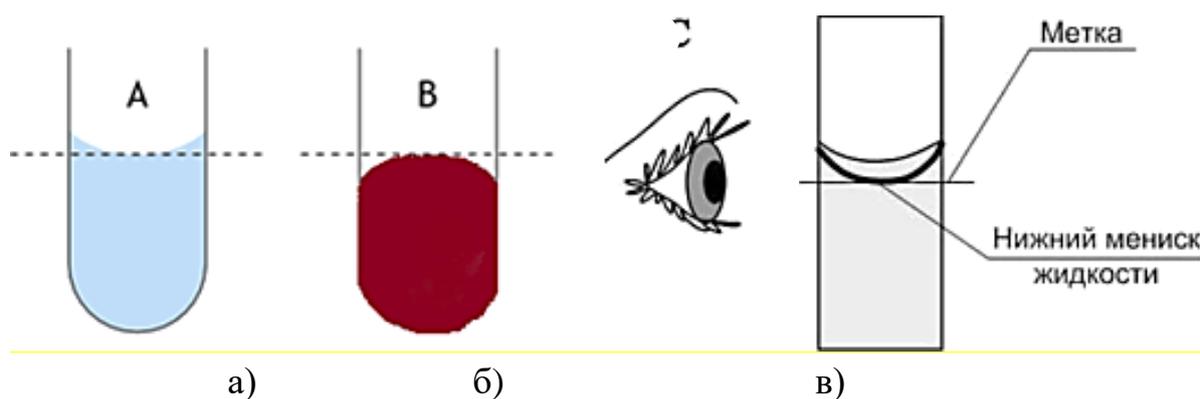


Рис. 57. Особенности определения точного объема по нижнему мениску прозрачных (а) и по верхнему мениску окрашенных или мутных растворов (б), располагая отметку на колбе на уровне глаз (в)

Мерные колбы для определения плотности жидкости – **пикнометры**, имеют очень узкое горло и обладают вместимостью от 2 до 50 мл. Пикнометры обязательно имеет пришлифованную пробку.

На рисунке 58, представлены различные виды пикнометров, применяющиеся в лабораторной практике. Многообразие форм связано с природой веществ, для которых они предназначены: для жидкостей

(рис. 58 ,а, б), летучих жидкостей (рис. 58, в), твердых тел (рис. 58, г) и газообразных веществ (рис. 58, д).

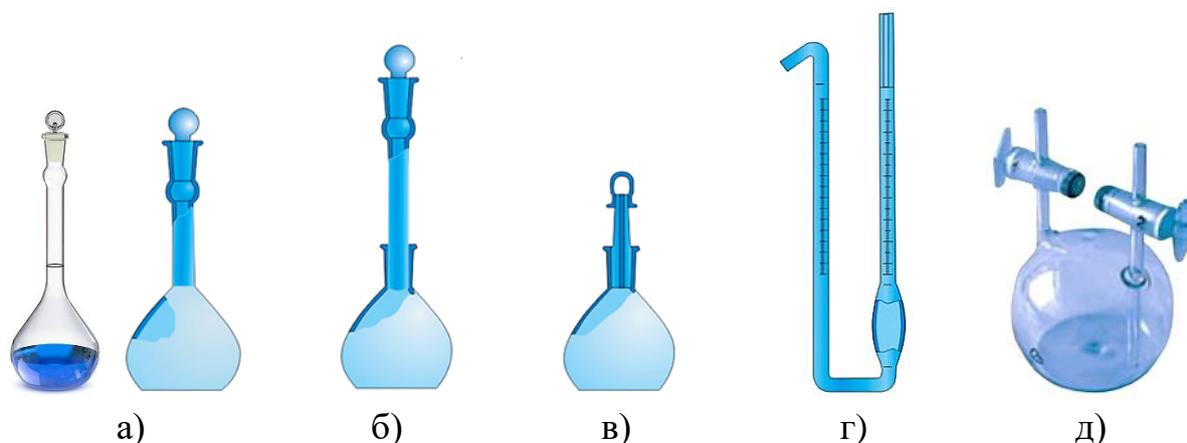


Рис. 58. Лабораторные пикнометры: колбообразный с меткой и глухой притертой пробкой, (а); колбообразный со съёмной горловиной (б); колбообразный с капиллярным отверстием в пробке (в); U-образный капиллярный (г); шарообразный с двумя трубками и кранами (д)

Измерение плотности пикнометром основано на взвешивании находящегося в нём вещества, например, какого-либо газа при использовании газового пикнометра.

Газовый пикнометр представляет собой круглую колбу с двумя трубками и кранами. Одна из трубок доходит почти до дна колбочки, другая трубка выходит в верхней части сосуда. В зависимости от того, легче или тяжелее воздуха изучаемый газ, его подают в одну из трубок и при открытых кранах продувают через емкость. При окончании пропускания газа сначала закрывают выпускной кран, затем впускной и взвешивают пикнометр при закрытых кранах. Операцию повторяют до постоянства массы пикнометра с газом.

2.3.2.2. Мерные пипетки

Для точного отмеривания определенного объема жидкости служат **пипетки**. Они представляют собой стеклянные трубки различной формы и размеров, нижний конец которых слегка оттянут.

Выпускается огромное количество видов пипеток.

- Стеклянные и пластиковые.
- Из белого и темного стекла.
- Верхний край может быть узким и широким.
- Носик бывает длинным (до 5 см) и коротким.
- Трубки бывают ровные и с расширениями (грушевидными, шарообразными либо цилиндрическими).
- Градуированные или неградуированные.
 - Со шкалой сверху-вниз и снизу-вверх.
 - С градуировкой до самого конца («на полный слив») или нет (пипетка «не на полный слив»).

На верхней части пипетки обязательно указывается номинальная вместимость (в мл) и температура калибровки, а также класс точности.

Одними из наиболее точных пипеток считаются неградуированные пипетки – **пипетки Мора**. Их автором является немецкий химик и фармацевт, разработчик многих приборов для аналитической химии, которые химики пользуются и в настоящее время. Пипетки Мора представляют собой стеклянные трубки небольшого диаметра с расширением посередине и одной кольцевой меткой, соответствующей вместимости при 20 °С (рис. 59). Вместимость варьируется от 1,00 до 100,00 мл.



Рис. 59. Пипетки Мора

Другая обширная группа пипеток – это *градуированные*. Они также имеют различную емкость, но на наружной стенке уже нанесены деления (рис. 60). В зависимости от вместимости пипеток (1,00 – 10,00 мл) цена деления на шкале будет различна (0,01 – 0,10 мл).



Рис. 60. Градуированные пипетки

Некоторые производители выпускают пипетки с цветовой маркировкой, нанесенной на верхнюю часть пипетки. Так определенному объему соответствует определенный цвет маркировки, например: 1 мл – желтый, 2 мл – черный, 5 мл – красный, 10 мл – оранжевый, 25 мл – белый. У различных производителей цвет может отличаться.

Градуированные мерные пипетки выпускаются первого и второго класса точности.

В зависимости от вида нанесенной шкалы различают три типа градуированных пипеток. Выделяют пипетки на полный и неполный слив, с нулевой отметкой наверху или внизу шкалы (рис. 61).

У пипеток на неполный слив отметка «0» находится в верхней части, а метка номинального объема немного выше конца носика, т.е. есть небольшой объем трубки без шкалы. У пипеток на полный слив градуировка начинается от нулевой отметки сверху, а конец трубки соответствует объему, указанному на пипетке. Пипетки третьего типа также являются пипетками на полный слив, но номинальный объем обозначается меткой в верхней части изделия, а нуль – это конец

трубки, т.е. значение нуля на этих пипетках не указывается. Изготавливаются такие пипетки 1 и 2 класса точности.

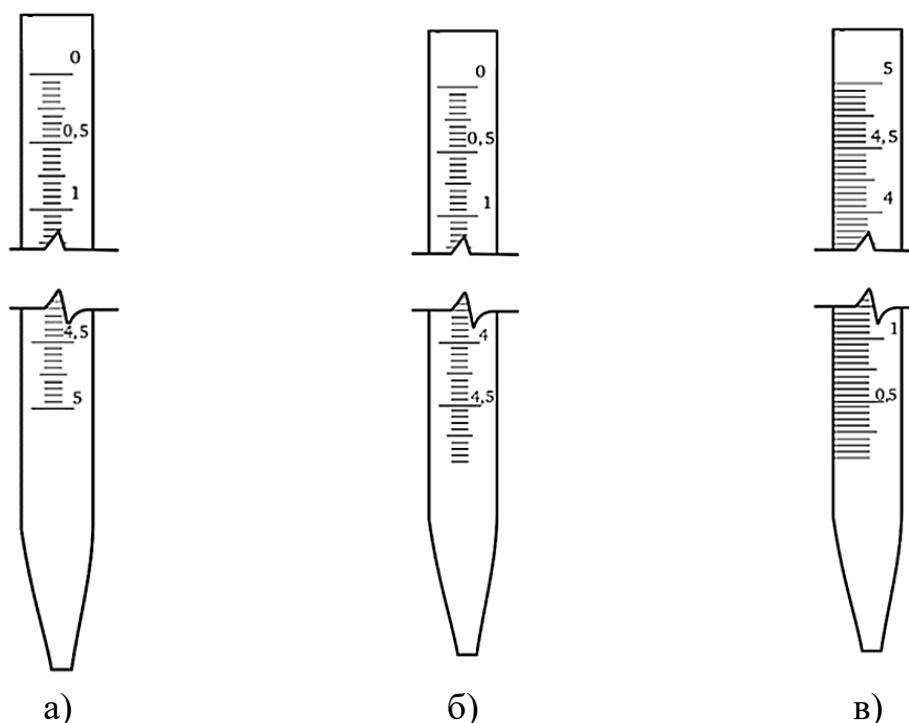


Рис. 61. Шкала на пипетках на неполный (а) и полный (б) слив, нисходящая (в)

Пипетки обычно калибруют по чистой воде, поэтому ими нельзя отмеривать жидкости, вязкость которых заметно отличается от вязкости воды. Объем отобранной жидкости в этом случае не будет соответствовать указанному на пипетке.

Если некоторые растворы оставляют на стенках пипетки прилипшие капли даже при хорошем обезжиривании стекла, то рекомендуют пипетки подвергать силиконированию. При этой процедуре внутренние стенки сосуда покрывают тончайшей силиконовой пленкой, не смачиваемой водой. Силиконированную пипетку калибруют по чистой воде при 20 °С. Стоит отметить, что у силиконированных пипеток мениск жидкости выпуклый.

Для успешного приготовления растворов необходимо запомнить основные правила работы с пипетками.

При отборе из мерной колбы части раствора при помощи пипетки нижний конец ее погружают в раствор почти до дна колбы.

Набирают жидкость в пипетку, используя дозатор или резиновую грушу (рис. 62).



Рис. 62 Дозатор (а) и разновидности резиновых груш для пипеток

В производственных и научно-исследовательских лабораториях для получения точных и достоверных результатов опыта рабочую пипетку хорошо промывают моющей смесью (раствором любого моющего средства). После этого ее ополаскивают дистиллированной водой и приготовленным раствором. В учебных заведениях иногда эту процедуру упрощают, но пипетка всегда должна быть чисто вымыта, иначе капли жидкости будут прилипать к внутренним стенкам и объем будет взят неправильно. Правила техники работы с пипетками имеют огромное значение для любого эксперимента. Для отбора *аликвоты*, т.е. части анализируемого раствора точного объема, которую необходимо взять для анализа, или необходимого объема для переноса в другую емкость, например, в мерную колбу для приготовления раствора, нужно следовать определенному алгоритму действий.

1. Пипетку необходимо взять в правую руку, держа верхний конец большим и средним пальцами. В левую руку берут резиновую грушу. Для левшей, наоборот, пипетку – в левую, грушу – в правую руку.

2. Нижним концом опускают пипетку в раствор и засасывают его с помощью груши до тех пор, пока уровень жидкости не поднимется или на 2 – 3 см выше нулевой метки (до расширенной части пипетки при промывании).

3. Быстро и плотно закрывают верхний конец указательным пальцем и вынимают пипетку из колбы.

4. Расслабляя указательный палец, дают жидкости очень медленно по каплям спускаться до тех пор, пока нижний мениск не окажется на нулевой отметке, которая должна быть на уровне глаз. В этот момент указательным пальцем следует снова плотно закрыть верхнее отверстие пипетки. Если на кончике пипетки осталась капля раствора, то ее аккуратно убирают фильтровальной бумагой. В случае промывания эти манипуляции не проводятся (рис. 63).

5. После этого переносят пипетку в сосуд (или колбу), куда необходимо внести этот объем жидкости.

6. Указательный палец убирают и дают жидкости свободно вытекать из пипетки. При выдувании грушей скорость вытекания будет большой, что приведет к тому, что значительная часть раствора останется на стенках пипетки. Если отбирается объем меньше номинального объема пипетки, то указательный палец не убирается, а лишь слегка приподнимается или ослабляется нажим, чтобы в нужный момент можно было вновь быстро закрыть верхнее отверстие пипетки (рис. 64, а).

7. Для того, чтобы был спущен весь объем жидкости из пипетки, необходимо слегка дотронуться до стенок или дна сосуда кончиком пипетки на несколько секунд (рис. 64,б). В пипетке всегда остается небольшое количество жидкости, который не учитывается при калибровке. Выдувать остатки жидкости из пипетки нельзя! При промывании раствор спускается в стакан или раковину при постоянном вращении пипетки.

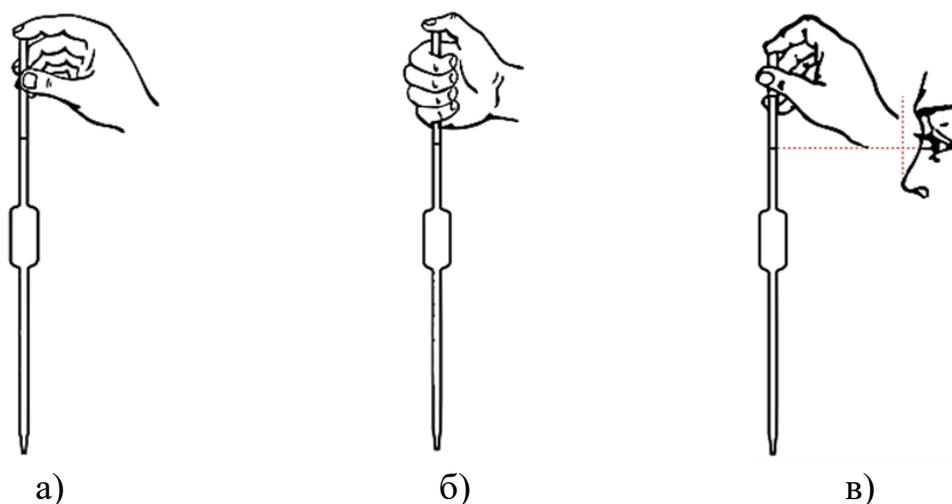


Рис. 63. Положение рук и пипетки при наборе жидкости: правильное (а); неправильное (б); правильное положение пипетки при установлении мениска на уровне метки (в)

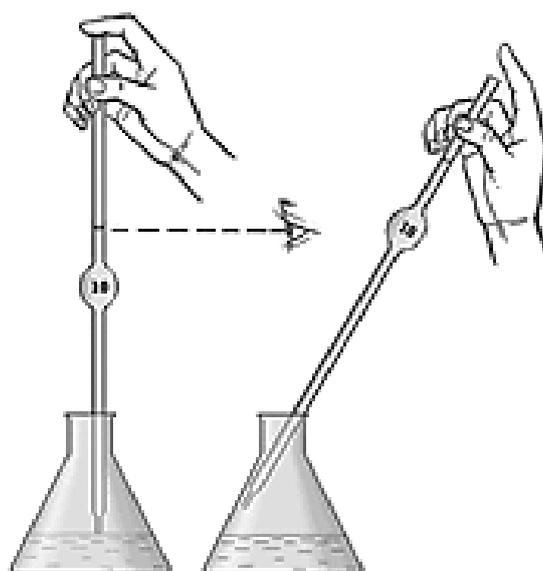


Рис. 64. Правила спуска из пипетки части (а) и всего (б) объема раствора

На рабочих столах пипетки должны находиться в специальных штативах.

Пипетки с объемом менее 1 мл относят к **микропипеткам**, и дают возможность отмерять объем с точностью до 0,01 – 0,005мл (рис. 65).

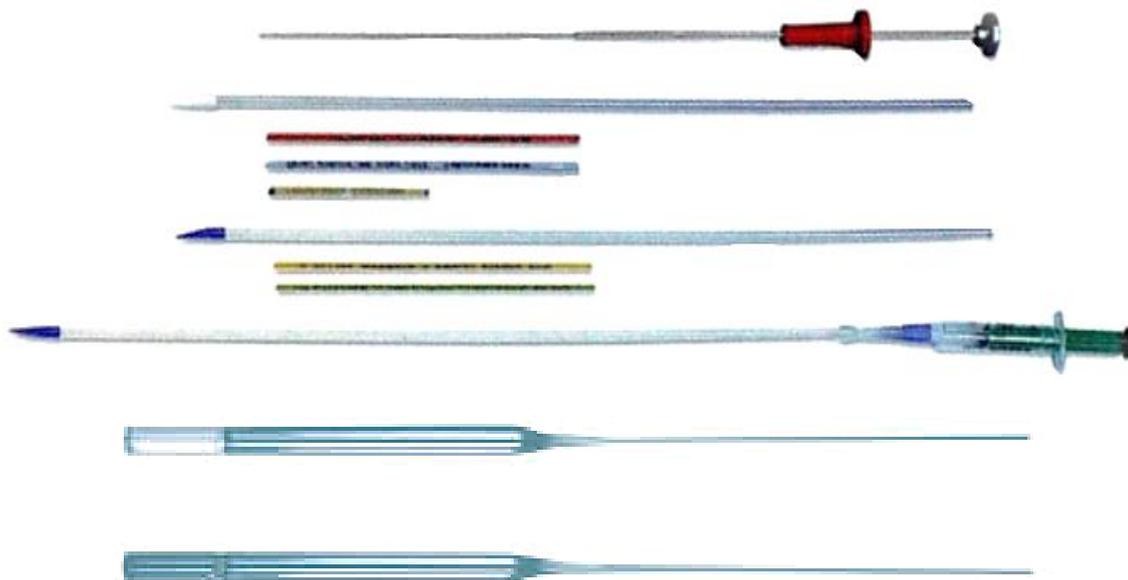


Рис. 65. Микропипетки

Любое лабораторное исследование стремится к точности и высокой воспроизводимости результатов. Особенно это актуально при работе с большим количеством проб и многократно повторяющемся дозировании небольших объемов жидкостей. В лабораториях для достижения этих целей применяют **пипеточные дозаторы** (рис. 66). Современные дозаторы позволяют вручную дозировать количество жидкости до 0,1 мкл. Благодаря этому, даже лаборанты с небольшим опытом могут дозировать такие небольшие количества жидкости, не опасаясь влияния на точность результатов.

Пипеточный дозатор состоит из:

- корпуса с упором для пальца;
- плунжера (поршня) с кнопкой сверху;
- дисплея;
- конуса наконечника;
- захвата;

– сбрасывателя наконечника.

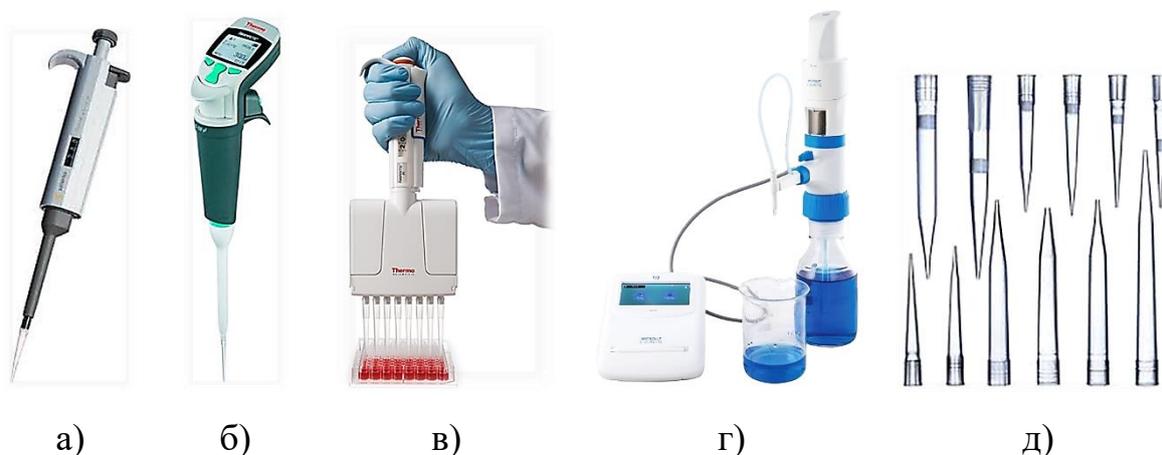


Рис. 66. Пипеточные дозаторы: механические (а), автоматические (б), многоканальные (в), электронные (г) и наконечники для них (д)

Кроме механических лабораторных дозаторов фиксированного и переменного объема, производятся и электрические, которые дополнительно оснащены блоком программного управления, цифровым дисплеем, а некоторые модели и возможностью подключения к компьютеру. Многоканальные пипетаторы в разы ускоряют лабораторные исследования, если стоит задача одновременного проведения нескольких опытов. Такие модели применяются везде, где есть необходимость в разделении большого объема жидкости на маленькие, где дозируют питательные среды, реактивы и другие жидкости. В основном это биологические, биохимические, фармацевтические, косметические и, конечно же, исследовательские лаборатории.

Перед началом работы к пипеточному дозиметру подбирают соответствующий наконечник и выставляют нужный объем у моделей с возможностью его выбора.

Принцип работы таких систем основан на создании в съемном наконечнике вакуума и избыточного давления. При создании вакуума происходит втягивание жидкости в наконечник, а при избыточном дав-

лении – ее сброс. Необходимый вакуум и давление создается при помощи герметично уплотненного плунжера, от величины хода которого зависит объем дозатора.

Наконечники для лабораторных дозаторов одноразовые и изготавливаются из полипропилена, поэтому по окончании работы наконечник сбрасывают и выкидывают, конус снимают и очищают, при необходимости автоклавируют. Затем инструмент собирают снова (без наконечника) и укладывают или ставят в специальный штатив на хранение до следующего использования.

2.3.2.3. Лабораторные бюретки

Для измерения точных объёмов вытекаемой жидкости используют **бюретку**. Она является основным измерительным инструментом для *титрования*, химико-аналитического процесса, при котором одно вещество добавляется к другому маленькими порциями, вплоть до капли. Бюретки могут иметь различную конструкцию и объём. Наиболее распространенные бюретки объемом 25 и 50 мл, бюретки объемом 100 мл используются редко.

Объемные бюретки представляют собой цилиндрические стеклянные трубки, проградуированные в миллилитрах, открытые сверху, а внизу с запорным механизмом – сливным краном (рис. 67). В зависимости от конструкции крана бюретки изготавливаются в следующих исполнениях:

- с одноходовым краном;
- с боковым краном;
- без крана;
- с двухходовым краном;
- с двухходовым краном и автоматическим нулем.

В том случае, если бюретки не имеют крана, то их конструкция предусматривает несколько оттянутый нижний конец, к которому с помощью резиновой трубки присоединяют оттянутую в капилляр стек-

лянную трубку. Внутри резиновой трубки закладывают стеклянную бусину (рис. 67, б) или снабжают металлическим зажимом (рис. 67, в). На наружной стенке по всей длине бюретки нанесены деления с точностью до 0,02 мл.

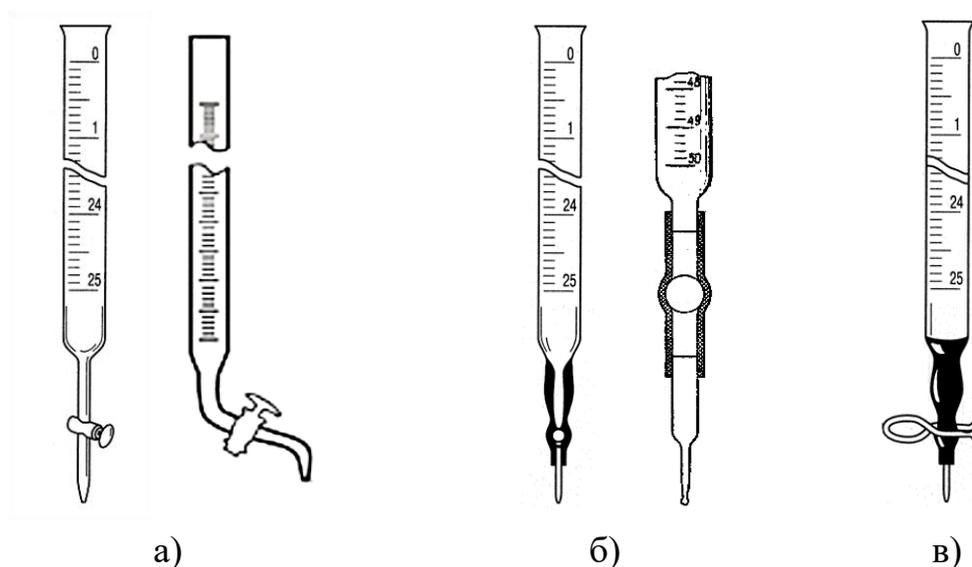


Рис. 67. Бюретки с краном (а), с бусиной (б), с зажимом Мора (в)

Впервые бюретка была использована в 1824 году химиком Жозефом Луи Гей-Люссаком и получила свое названия от французского *burette* – «склянка». Бюретка Гей-Люссака напоминала чайник – длинная градуированная колба с прилегающей тонкой отводной трубкой, идущая снизу-вверх, конец которой был изогнут. Бюретка быстро ломалась из-за отводной трубки. В 1840 году была создана бюретка с медным и стеклянным краном. Химик Карл Мор усовершенствовал форму бюретки – изобрел зажим. Уже к концу века немецкий химик Роберт Вильям Бунзен придумал простое и уникальное приспособление – затвор в виде шарика в резиновой трубке. Благодаря такому изобретению жидкость из бюретки вытекает только при сжатии шарика.

В наше время титровальные измерители имеют множество подвидов разной формы и специфического назначения. Бюретки изготавливают из стекла с подходящими химическими и термическими свой-

ствами, они не должны иметь заметных дефектов и внутреннего напряжения. Если у бюретки нет устройства для заполнения, ее верх должен плавно заканчиваться усиленной кромкой или бортиком и образовывать прямой угол с осью бюретки. Такую бюретку заполняют раствором через воронку.

Стоит иметь в виду, что калибровка бюреток проводится по воде, поэтому корректно использовать реактивы с вязкостью близкой к калибровочному раствору. Данный вид посуды калибруют только на выливание.

Для титрования веществ, разрушающих резину (сильные кислоты и щелочи, органические растворители, сильные окислители) используется бюретка со стеклянным краном. Однако, в этом случае также нужно учитывать тот факт, что щелочи могут вызвать заедание притертого крана.

Бюретки применяют для титрования, с помощью которого осуществляется измерение точных объемов жидкости, поэтому их следует содержать в особой чистоте. Из чистой бюретки жидкость вытекает равномерно, не оставляя на стенках капель.

Значение объема отмечается по нижнему уровню мениска, если раствор в бюретке прозрачный. При этом глаз наблюдателя должен находиться на уровне мениска. Если раствор в бюретке непрозрачен, например, раствор перманганата калия (KMnO_4), полученные данные определяют по верхнему уровню мениска жидкости.

Если требуется измерение небольших объемов, от 5 мл до десятых долей миллилитра, следует использовать микробюретку. Обычными бюретками можно отмерить объем с точностью до 0,03 – 0,05 мл и микробюретками – до 0,005 мл, так как они имеют градуировку по 0,01 мл. Наиболее известными являются *микробюретки Банга, Пеллета и Гибшера* (рис. 68).

Самая востребована **микробюретка Банга** (рис. 68, а). Ее закрепляют либо в лапке штатива, либо устанавливают на деревянном достаточно устойчивом основании 5. Бюретку заполняют раствором из резервуара 1 через трубку 2 и кран 3 при закрытом кране 4. Для защиты

раствора от пыли и испарения верх бюретки закрывают небольшим стаканом 6.

Микробюретку Пеллета (рис.68, б) с автоматической установкой нуля заполняют при помощи резиновой груши 2 при закрытом спускном кране 3. Излишек раствора отсифонируется обратно в склянку через боковую отводную трубку 1, верхний срез которой точно установлен на нулевой отметке.

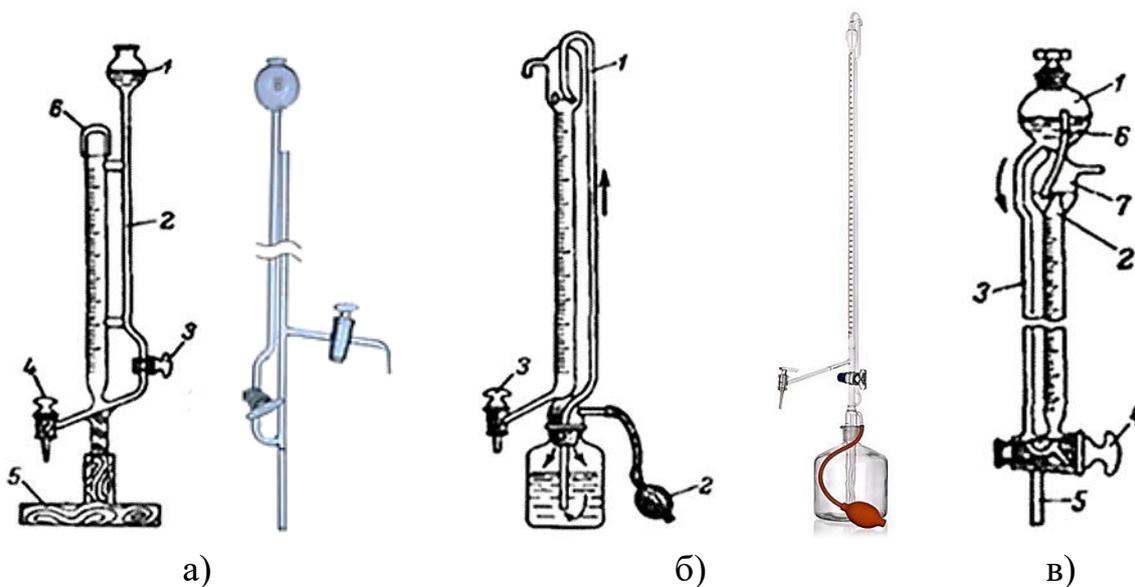


Рис. 68. Микробюретки Банга (а), Пеллета (б) и Гибшера (в)

Микробюретка Гибшера (рис.68, в) заполняется при повороте трехходового крана 4, позволяющего раствору из сосуда 1 по боковой трубке 3 попасть в бюретку. Избыток раствора сливают через носик 5 при новом повороте крана 4. Нулевой уровень в бюретке устанавливается как только поверхность раствора коснется верхнего среза отростка 2. В этот момент прекращают с помощью крана 4 спуск раствора. Остаток его из головки 7 засасывается в сосуд 1 через трубку 6 при заполнении бюретки.

В настоящее время широко распространены *автоматические и цифровые установки для титрования* (рис. 69).

Автоматическая бюретка Шиллинга (рис. 69, а) – это универсальный прибор для лабораторных нужд, проведения анализа в полевых условиях, гальваностегии, водоочистки и др. Точность дозирования обеспечивается специальной кнопкой, точное титрование осуществляется с помощью микровинта, а также высокоточной форсунки.

Для бюреток установлено два класса точности: класс А для более высокого уровня и класс Б для более низкого уровня. Для класса Б предельная ошибка определения объема не должна превышать минимального деления шкалы (0,001 мл для бюреток емкостью 1 мл, 0,2 мл для бюреток емкостью 100 мл). Для класса А она вдвое ниже.

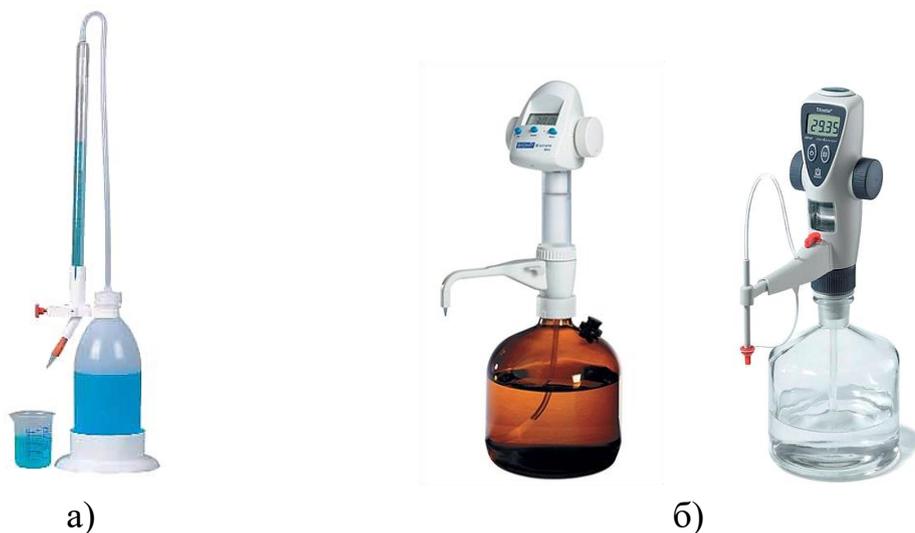


Рис. 69. Автоматическая бюретка Шиллинга (а) и цифровые (б) бюретки

При работе с бюретками, как с колбами и мерными пипетками, следует выполнять определенный набор правил, позволяющий значительно снизить риск возникновения погрешностей при выполнении эксперимента.

1. Перед началом работы тщательно промывают бюретку аналогично мерным пипеткам: два раза промывают очищенной водой и дважды ополаскивают рабочим раствором, которым бюретка будет заполняться. Раствор отбрасывают, сливая его частично через верхний конец бюретки, частично – через кран или капилляр, находящийся внизу. Из

хорошо вымытой бюретки жидкость должна стекать, не оставляя капель на внутренней поверхности.

2. Бюретку необходимо высушить, вытирая снаружи ее полотенцем. Если бюретка хорошо вымыта, на внутренней поверхности не должно оставаться капель жидкости.

3. Рабочую бюретку закрепляют на штативе строго в вертикальном положении.

4. Через верхнюю часть с помощью стакана с «носиком» или специальной химической воронки, диаметром 35 мм, наполняют бюретку рабочим раствором. Воронка не должна доставать до нулевого значения свои концом. Раствор наливают медленно, чтобы дать возможность воздуху выходить свободно из бюретки, до уровня на 2 – 3 см выше нулевой отметки (рис. 70, а). При заполнении объемных легко пенящимися жидкостями время ожидания для оседания пены должно быть длительным – до исчезновения последнего пузырька, а доведение до мениска осуществляется осторожно по стенкам заполняемого сосуда.

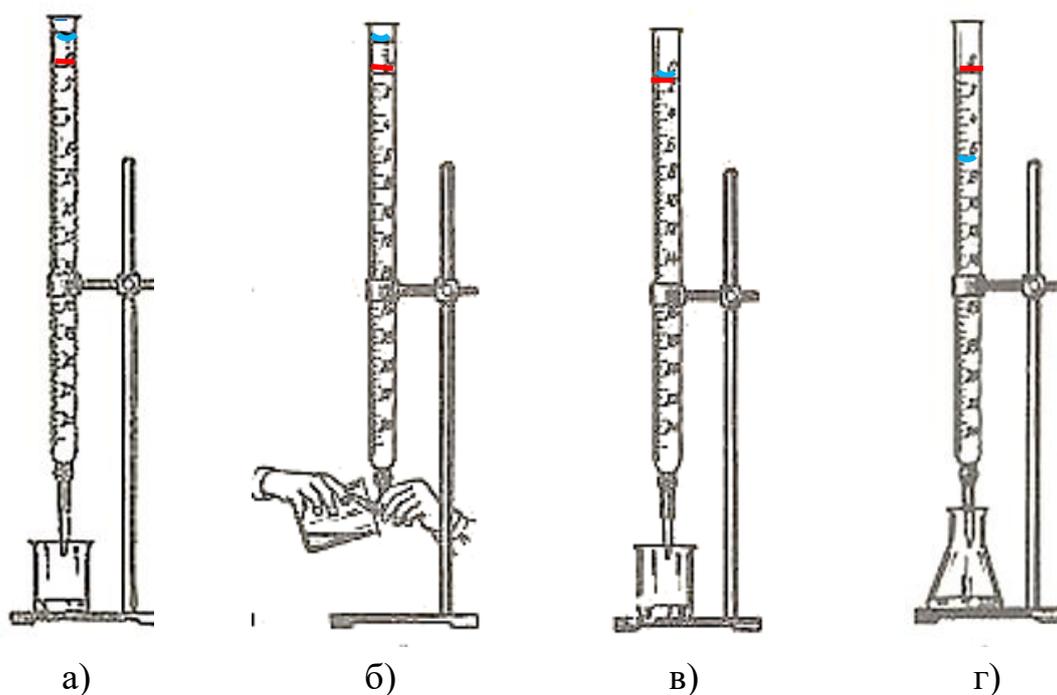


Рис. 70. Алгоритм действий перед началом работы с бюреткой

5. Непосредственно перед титрованием воронку следует убрать, для отсутствия некорректных полученных результатов.

6. Для удаления образовавшихся пузырьков воздуха из нижнего конца бюретки, резиновую трубку отгибают кверху примерно на 45° и нажимают на бусину, спуская раствор с воздухом в стакан, пока жидкость не заполнит весь объем бюретки (рис. 70, б)

7. Опустить капилляр бюретки вертикально, и после этого необходимо установить уровень жидкости в бюретки на нулевое деление, слив излишек раствора в стакан (рис. 70, в). Воздух из микробюретки отсасывают с помощью резиновой груши.

8. При титровании кончик бюретки опускают в коническую колбу, содержащую анализируемый раствор, таким образом, чтобы он был направлен в центр колбы (рис. 70, г).

9. Титрование проводят следующим образом: левой рукой нажимают на резиновую трубку с шариком (или на зажим или приоткрывают притертый кран), медленно сливая раствор из бюретки (*титрант*) в колбу, при постоянном перемешивании конической колбы, путем вращения правой рукой.

10. Титрант в бюретку сначала сливают тонкой струйкой до того момента, когда окраска раствора в колбе в месте падения капель из бюретки начинает изменять цвет.

11. Скорость титрования замедляют. Осторожно, по каплям, добавляют раствор титранта, следя за тем, чтобы капли не оставались на стенке колбы, а попадали в центр колбы для титрования.

12. Титрование прекращают, когда происходит изменение окраски титруемого раствора от добавления одной капли титранта.

13. Если на носике, после завершения титрования осталась капля титранта, то ее добавляют к вылившемуся объему прикосновением к внутренней стороне приемного сосуда. Если для бюретки не установлено время ожидания, дожидаться стекания жидкости, оставшейся на стенках, не нужно.

14. Объем израсходованного на титрование раствора определяют по нижнему мениску (или верхнему, если раствор непрозрачный) и записывают в лабораторный журнал (рис. 71). Такое явление как отражение может затруднить точное определение нижнего края мениска. Также ошибки возможны и от параллакса, когда происходит относительное смещение мениска вследствие перемещения глаза наблюдателя, в случае если глаза не будут находиться точно на высоте мениска. В отличие от мерных колб и пипеток, имеющих кольцевую метку, что позволяет сделать достаточно точный отсчет, у бюреток метка занимает только часть окружности трубки. Для правильного отсчета уровня раствора в бюретке применяют разные приспособления. Например, можно воспользоваться белой бумагой или картоном, держа его позади бюретки. Для этих целей подойдет и матовая стеклянная пластинка.

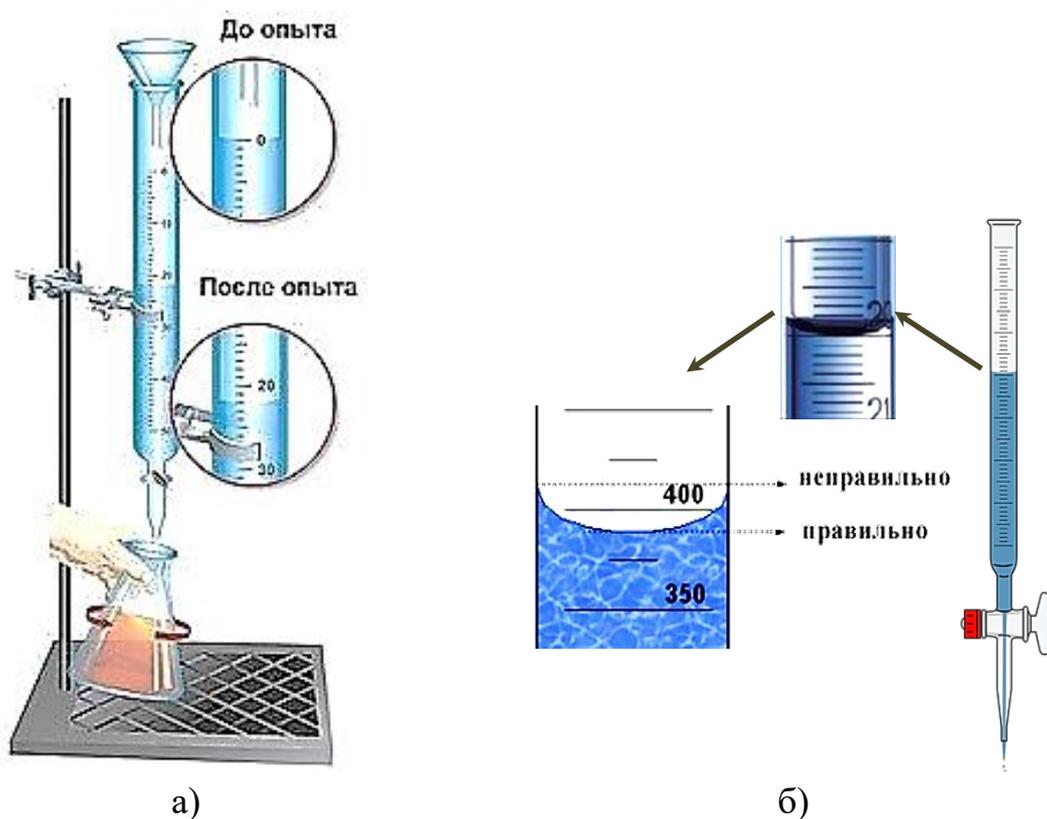


Рис. 71. Определение объема титранта, пошедшего на титрование, по нижнему мениску

15. Бюретки ни в коем случае нельзя оставлять с реактивом на долгое время. После завершения опыта титрант из бюретки сливают, а бюретку промывают дистиллированной водой и закрывают верхнее отверстие колпачком для защиты от пыли.

При необходимости растворы едких и углекислых щелочей держат в бюретках с зажимами, так как при хранении этих растворов в бюретках со стеклянными кранами часто происходит «заедание» кранов.

2.3.3. Проверка мерной посуды

Массовое производство мерной посуды не предполагает наличия паспорта у каждой изготавливаемой единицы. Это приводит к тому, что указанная на мерной посуде вместимость часто не соответствует действительной. При использовании мерной посуды в рамках учебного процесса в лабораториях учебных заведений, возможно, этот факт не имеет существенного значения. Однако, на научно-исследовательских лабораториях даже малейшие несоответствия могут привести к ошибочному результату. Учитывая этот факт, если есть даже минимальные сомнения в используемой мерной посуде, ее необходимо проверять. Эта процедура является именно проверкой соответствия номинального и реального объема посуды, но не ее калибровкой.

Перед проверкой мерную посуду тщательно моют и высушивают. Высушенную мерную посуду проверяют двумя способами: на «наливание» (или «вливание») и «выливание» (или «отливание») в зависимости от ее назначения.

Проверка мерной посуды заключается в определении массы чистой воды, не содержащей примесей и растворенного воздуха, которую наливают в посуду до метки (мерные колбы) или выливают из нее (пипетки и бюретки). Весь процесс осуществляется при данной температуре и атмосферном давлении.

Перед проверкой используемую на «выливание» мерную посуду (пипетки и бюретки) смачивают чистой водой. Ее наливают в проверяемую посуду и дают постоять 1 – 2 минуты. После этого воду выливают, как и при обычном использовании. Для проверки микропипеток и микробюреток вместо воды применяют ртуть. Истинную вместимость мерной посуды определяют по найденной массе воды или ртути, используя таблицы плотности воды или ртути для измеренных температуры и давления.

При проверке пипеток воду из них спускают в бюкс с крышкой и взвешивают. Не выливая воду из бюкса, спускают в него снова полную пипетку и взвешивают. Так поступают и в третий раз. Из трех значений массы воды берут среднее.

При проверке бюреток измеряют массу всего ее объема, а затем – массу воды через каждые 10 мл. Для получения более точных результатов проверяют массу каждого миллилитра.

Температура, при которой калибруется мерная стеклянная посуда, должна быть равна 20 °С, что не всегда соответствует текущим условиям. На практике проверке мерной посуды пользуются таблицами, которые помогают сделать пересчет, позволяющий определить какая массы воды при указанных 20 °С соответствует массе воды при текущих условиях (табл. 1). Иными словами, какой объем должна занимать очищенная вода, например, при 23 °С (текущие условия), если при 20 °С (стандартные условия) ее объем соответствует 1 литру.

Данные таблицы рассчитаны на нормальное барометрическое давление 760 мм.рт.ст. и на одну и ту же температуру воды и окружающего воздуха. Если давление ниже нормального, то поправку, указанную в последнем столбце, прибавляют на каждый миллиметр разницы. Если же давление выше нормального, поправку вычитают.

Таблица 1. Массы 1 л воды, взвешенного в воздухе при помощи латунных гирь при разных температурах

Температура воды и воздуха в °С	Масса 1 л воды, г	Поправка на барометрическое давление
10	998,386	0,00144
11	998,315	0,00144
12	998,234	0,00143
13	998,143	0,00143
14	998,042	0,00142
15	997,925	0,00142
16	997,798	0,00141
17	997,659	0,00141
18	997,510	0,00140
19	997,349	0,00140
20	997,177	0,00140
21	996,995	0,00139
22	996,802	0,00139
23	996,599	0,00138
24	996,386	0,00138
25	996,164	0,00137
26	995,930	0,00137
27	995,689	0,00136
28	995,438	0,00136
29	995,177	0,00136
30	994,908	0,00135
31	994,630	0,00135
32	994,343	0,00134
33	994,048	0,00134
34	993,744	0,00133
35	993,433	0,00133

Отклонение реальных объемов мерной посуды от номинальной ее вместимости при температуре 20 °С не должно превышать значения, указанные в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Пределы допустимой погрешности объема пипетки

Номинальная вместимость, см ³	Цена наименьшего деления шкалы	Пределы допустимой погрешности объема пипетки	
		1-го класса	2 класса
0,5	0,01	± 0,005	-
1	0,01	±0,006	±0,01
2	0,02	±0,01	±0,02
5	0,05	±0,03	±0,05
10	0,1	±0,05	±0,1
25	0,1	±0,1	-
	0,2	±0,01	±0,2

Таблица 3. Пределы допустимой погрешности объема колбы, цилиндра и мензурки

Номинальная вместимость, см ³	Пределы допустимой погрешности объема				
	Колбы		Цилиндры		Мензурки
	1 класса	2 класса	1 класса	2 класса	
5	±0,025	±0,05	±0,10	±0,10	-
10	±0,025	±0,05	±0,10	±0,20	-
25	±0,04	±0,08	±0,25	±0,50	-
50	±0,06	±0,12	±0,25	±1,00	±2,50
100	±0,10	±0,20	±0,50	±1,00	±5,00
200	±0,15	±0,30	-	-	-
250	±0,15	±0,30	±1,25	±2,00	±5,00
300	±0,20	±0,40	-	-	-
500	±0,25	±0,50	±2,50	±5,00	±12,50
1000	±0,40	±0,80	±5,00	±10,00	±25,00
2000	±0,60	±1,20	±10,00	±20,00	-

Для посуды второго класса допустимые пределы погрешностей увеличены вдвое.

2.4. Уход за лабораторной посудой

В экспериментальной лаборатории любая химическая посуда, используемая в работе должна быть абсолютно чистой. В противном случае чистота синтезированных химических веществ или достоверность результатов проведенного анализа не могут быть гарантированы.

Так как лабораторная посуда может быть изготовлена из различных материалов, то стоит разделить требования по уходу за стеклянной, пластиковой и фарфоровой посудой.

Существуют различные методы очистки *стеклянной посуды*, включая воду, пар, органические растворители, кислоты и щелочи, соединения хрома, марганца и др.

Уход за лабораторной посудой проводится в несколько этапов:

- предварительные работы;
- замачивание и мытье;
- ополаскивание;
- контроль чистоты посуды.

На первом этапе салфеткой или фильтровальной бумагой удаляют смазку с кранов бюреток и соединений (если имеются), другие жировые пятна и надписи, сделанные во время работы.

Новую посуду, не бывшую в употреблении и незагрязненную жиром, можно вымыть горячей водой с мылом, также используя при этом ершики. При неосторожном использовании ершика его острым кончиком можно выбить дно или пробить стенки сосуда. Чтобы избежать этого на металлический кончик ерша надевают кусочек резиновой трубки.

Если загрязнения на стенках посуды растворимы в воде, то такую посуду просто моют обычной теплой водой. Для механического удаления налета осадка от нерастворимых веществ на стенках посуды дополнительно применяют ершики, смоченные водой. Также могут быть применены и синтетические моющие средства. Использование песка для очистки посуды недопустимо, так как он уменьшает механическую прочность посуды, царапая стекло.

Химическая посуда считается чистой только в том случае, если на ней нет каких-либо видимых на глаз загрязнений, а дистиллированная вода стекает с внутренних стенок сосуда, не оставляя капель.

Если на стекле остаются капли воды, то это свидетельствует о загрязнении его жировыми веществами. Подобные загрязнения сильно искажают результаты измерения емкостей всех объемно-измерительных сосудов, и поэтому их присутствие недопустимо.

Для удаления жировых загрязнений посуду обрабатывать различными синтетическими моющими средствами или кальцинированной содой (Na_2CO_3). При сильных загрязнениях используют различные органические растворители, кислоты и окислители: хромовую смесь, щелочной раствор перманганата, смесь спирта с эфиром, спиртовой раствор едкого калия, горячий раствор тринатрийфосфата (стиральной порошок) и т.п.

Метод мытья посуды *хромовой смесью* относится к наиболее известному химическому методу очистки стеклянной посуды. Эта смесь представляет собой раствор бихромата калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) в *концентрированной серной кислоте* (H_2SO_4) в соотношении 1:3. Готовая хромовая смесь имеет кирпично-красную окраску и обладает большой моющей способностью.

Следует помнить, что при смешивании этих двух веществ происходит сильное разогревание, поэтому смесь лучше готовить в большом фарфоровом стакане, работая в вытяжном шкафу. Работа с хромовой смесью требует соблюдения особой осторожности. Эта смесь обжигает кожу, а при попадании ее на одежду происходит прожигание ткани или образование на ней несмываемых пятен. Остатки хромовой смеси сливают обратно в склянку.

При мытье хромовой смесью химическую посуду сначала ополаскивают водой, а затем наливают хромовую смесь на 1/3 или 1/4 объема, осторожно и медленно смачивая внутренние стенки. После этого химическую смесь выливают обратно в сосуд, в котором она хранится, стараясь смочить ею оставшиеся не смоченные стенки посуды и осо-

бенно наиболее загрязненные ее края. Слив всю смесь, посуду оставляют постоять несколько минут, затем моют вначале водопроводной, предпочтительно теплой, а потом дистиллированной водой. Посуду, которая сильно загрязнена, необходимо мыть хромовой смесью несколько раз.

Чтобы очистить горлышко колбы, сначала нужно налить смесь в стакан, опустить в него горлышко колбы и слегка нагреть, придерживая руками. Затем колбу на некоторое время оставляют и по мере охлаждения жидкость начнет подниматься в колбу. Через 1 – 2 минуты колбу вынимают и дают хромовой смеси стечь. После этого колбу промывают водой.

Для мытья пипеток хромовую смесь отбирают с помощью резиновой груши. Наполнив полную пипетку, через 1 – 2 минуты дают смеси стечь. Повторив эту операцию несколько раз, пипетку моют водой.

Кроме хромовой применяют и другие химические смеси для мытья посуды.

Растворы концентрированных серной кислоты и щелочей (NaOH, KOH). Эти растворы можно применять случае, когда посуда загрязнена смолистыми веществами, а в лаборатории отсутствует возможность приготовить хромовую смесь. Загрязненный сосуд заполняют на четверть объема кислотой или щелочью. Операцию повторяют несколько раз. Очистка длится от 10 минут до нескольких часов при периодическом встряхивании.

Раствор бихромата калия. Соль $K_2Cr_2O_7$ (200 г) растворяют в 1 л концентрированной азотной кислоты. Этот раствор более стоек, чем обычная хромовая смесь, а по своим моющим свойствам даже превосходит ее.

Кислый раствор перманганата калия ($KMnO_4$). Для мытья посуды готовят 4 % раствор $KMnO_4$, подкисленный серной кислотой. Раствор наливают в посуду и осторожно добавляют немного серной кислоты. На 100 мл раствора перманганат калия добавляют 3 – 5 мл кон-

центрированной серной кислоты. Вследствие разогрева жидкости загрязнения на стенках посуды быстро окисляются. Иногда после использования для мытья посуды перманганата калия появляется бурый налет окисла марганца (IV) на стенках сосудов. Его удаляют, споласкивая посуду растворами восстановителей – гидросульфитом натрия, щавелевой кислотой и другими. После этого посуду обязательно промывают последовательно водопроводной и дистиллированной водой. Отработанный раствор перманганата калия повторно не используют.

Щелочной раствор перманганата калия (KMnO₄). В насыщенный раствор гидроксида натрия или калия добавляют насыщенный раствор перманганата калия. Посуда заливается таким раствором на 6 – 12 часов, а затем тщательно промывается водой.

Моющая смесь, приготовленная из равных объемов раствора *соляной кислоты (HCl)* и *5%-ного раствора перекиси водорода (H₂O₂)*. Преимуществом этой смеси является то, что она не оставляет на стекле трудно отмывающегося осадка.

Следует помнить, что работу с кислотами необходимо проводить в вытяжном шкафу.

Для мытья посуды с органическими загрязнениями, нерастворимыми в воде – красителями, жировыми остатками, остатками органических реактивов, смолистыми веществами и т.п. можно пользоваться органическими растворителями – *этиловым спиртом, ацетоном, хлороформом*. Раствором аммиака нельзя ополаскивать посуду, в которой проводятся работы с органическими растворителями.

При необходимости посуду замачивают в моющем растворе. Повторное использование этого раствора не допускается.

Для дополнительной очистки измерительных сосудов прибегают к особому приему, называемому *пропариванием* с помощью *водяного пара*. Мытье паром применяют в тех случаях, когда загрязнение невозможно отмыть водой, например, при загрязнении веществами, содержащими масло или жир. С этой целью колбу с водой укрепляют в штативе, зажигают горелку и, когда вода закипит, пропускают струю пара в очищаемую мерную колбу. Конденсирующаяся на стенках мерной

колбы вода стекает через воронку обратно в нагреваемую колбу. Пропаривание продолжают в течение часа или более, в зависимости от объема и степени загрязнения.

Мытье органическими растворителями – используется для очистки от смол и других органических веществ, которые нерастворимые в воде. Для этой цели используются *ацетон, скипидар, спирт, тетрахлометан, диэтиловый эфир и бензин*. С такими веществами нужно работать вдали от источников тепла, так как большая часть таких органических растворителей огнеопасны. Загрязненные органические растворители следует собирать в отдельные емкости и регулярно утилизировать, согласно правилам.

После того как лабораторная посуда очищена от различных химических загрязнений, ее следуют тщательным образом сполоснуть. Сначала для этого используют водопроводную воду. Проточной водой смывают остатки химических соединений и различных моющих смесей. Завершающим этапом является промывание дистиллированной водой. Повторяют ополаскивание 2 – 3 раза.

Контроль чистоты посуды проводят визуально. Повторимся, что стеклянная посуда считается чистой, если вода не оставляет капель на внутренних стенках, а мениск всегда имеет правильную вогнутую поверхность.

Для некоторых работ требуется особенно чистая посуда.

Стекло и кварц, из которых делают лабораторную посуду, обладают способностью сорбировать многие ионы. Например, после мытья хромовой смесью кварцевой или стеклянной посуды на стенках ее остаются ионы хромовой кислоты. На стенках посуды могут также сорбироваться многие ионы металлов, например, Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} и пр. Присутствие всех этих ионов может вызвать ошибки при аналитических определениях. Поэтому вымытую посуду, в которой были растворы, содержащие ионы тяжелых металлов, после ополаскивания водой следует обмыть 5 %-ным раствором комплексона III (Трилон Б), а для удаления хромат-ионов – ополоснуть разбавленным раствором ща-

велевой кислоты ($\sim 0,01$ н раствор). Затем посуду еще раз хорошо обмывают водой, еще раз ополаскивают комплексоном III (Трилон Б) и заканчивают мытье, как обычно.

Для аналитических работ чистота посуды имеет особо важное значение. Нередко ошибки в определениях могут происходить именно вследствие недостаточно чисто вымытой посуды

В крупных лабораториях используют машинную мойку лабораторной посуды (рис. 72). Автоматы для мойки остаются закрытыми во время всего цикла и весь процесс обработки проходит полностью автоматически. Таким образом, благодаря машинной обработке достигается максимальная защита персонала, а потенциальная опасность для здоровья сведена к минимуму.

Вымытую посуду необходимо высушить. В некоторых случаях это происходит естественным путем с помощью специальных стенов для сушки посуды. Этот процесс может занять достаточно длительное время. Для ускорения процесса или в тех случаях, когда предстоит работа с использованием абсолютно сухой посуды, без влаги, прибегают к различным дополнительным методам.

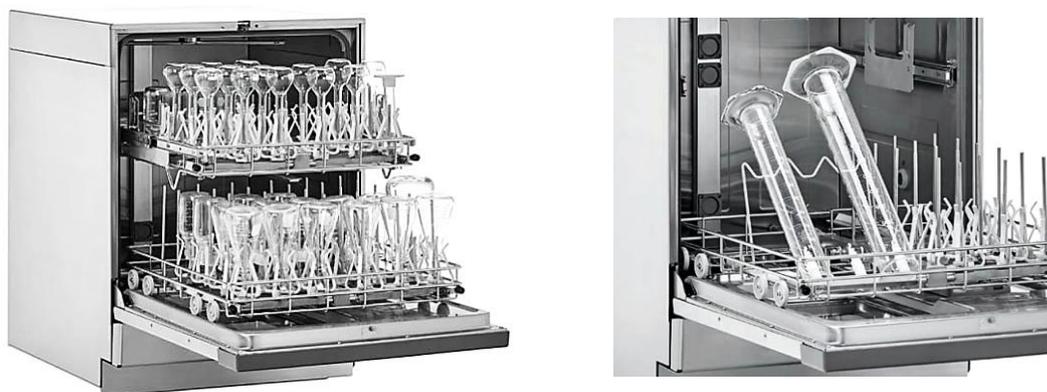


Рис. 72. Автоматы для мойки лабораторной посуды

В зависимости от используемой температуры, различают два вида сушки посуды:

- холодная сушка – проводится при низких температурах;

- горячая сушка – осуществляется при высоких температурах, т.е. при нагревании.

Существует несколько основных методов холодной и горячей сушки.

Методы холодной сушки, включают в себя: сушку на колышках, воздухом, в эксикаторе, а также эфиром или спиртом.

Сушка на колышках осуществляется на специальная доска, которая есть в большинстве лабораторий. Вымытую посуду помещают на колышки и оставляют до полного высыхания (рис.73, а). Колышки должны быть чистыми и сухими. В противном случае на них могут собираться пыль и грязь.



Рис. 73. Сушка лабораторной посуды естественным путем (а), потоками теплого воздуха (б), в эксикаторе (в)

Вымытую посуду можно высушить струей воздуха. В тех лабораториях, где нет проводки сжатого воздуха, можно применять, например, электрические воздуходувки. Сушить можно как холодным, так и нагретым воздухом. Быстрое просушивание вымытой лабораторной посуды в потоке теплого воздуха осуществляется с помощью электрических сушилок, которые могут быть выполнены в различных вариациях (рис. 73, б).

В тех случаях, когда чистота посуды является чрезвычайно важным условием проведения анализа, и есть необходимость ограничить контакт вымытой посуды с атмосферным воздухом, во избежание загрязнения ее веществами из воздушной смеси, небольшие вымытые стеклянные предметы помещают в эксикатор с твердым влагопоглощающим адсорбентом, например, силикагелем, прокаленным хлористым кальцием и т.п. (рис. 73, в).

Для ускорения сушки посуды допускается ее обработка летучими органическими растворителями, легко смешивающимися с водой, например, этиловым спиртом-ректификатом, ацетоном или эфиром. Обтерев сосуд снаружи салфеткой, ополаскивают чистым этанолом, а затем чистым диэтиловым эфиром. После этого эфир удаляется продуванием холодным воздухом. Остатки спирта и эфира должны быть слиты отдельно и регенерированы.

Методы горячей сушки, включают в себя сушку потоком горячего воздуха и сушку в сушильном шкафу.

Чтобы ускорить сушку, посуду продувают горячим воздухом, постоянно поворачивая её.

Быстро и эффективно высушить посуду можно в сушильном шкафу при 80 – 100 °С (рис. 74).



Рис. 74. Сушильный шкаф

На полку сушильного шкафа кладут фильтровальную бумагу, на которой размещают посуду горлом вверх. Продолжительность процедуры составляет от часа до полутора. После высушивания посуду использовать сразу нельзя, ей сначала дают остыть до комнатной температуры.

Пластиковая лабораторная посуда является очень востребованной в лабораториях различных направлений. Ее также необходимо содержать в чистоте, для получения достоверных результатов различных экспериментов. Мытье и сушка пластиковой посуды имеет свои особенности.

1. Полимерная посуда обладает способностью адсорбировать различные ионы, поэтому после контакта с кислотой посуду следует промыть слабым (1 %) раствором соды и, наоборот, после работы со щелочами пластмассовое изделие промывают слабым раствором соляной кислоты.

2. Пластмассовые пипетки, пробирки и т.д. очищают от остатков белка (например, крови или сыворотки) щелочным раствором фосфата натрия (Na_3PO_4) или соды, а затем хорошо промывают водой – водопроводной, а затем дистиллированной.

3. Для мытья пластмассовых изделий не используют растворы сильных окислителей, таких как хромовая смесь, смесь серной и азотной кислот, раствор перманганата калия – это приведет к разрушению посуды.

4. Полиэтиленовые изделия нельзя нагревать выше 40 – 45 °С, так как они могут деформироваться и изменить объем. При более высоких температурах пластмассовая посуда может расплавиться. По этим же причинам полиэтиленовую посуду нельзя использовать для работы с горячими растворами, кипятить с моющими средствами.

5. Пластиковая посуда обычно не требует сушки. Полимеры обладают водоотталкивающими свойствами, поэтому при быстром выливании растворов из пластмассовых изделий в них практически не остается жидкость. Посуду высушивают при комнатной температуре,

и только в случае необходимости – в сушильном шкафу при температуре не выше 45 °С.

Из всего вышесказанного можно выделить самые главные аспекты и сформулировать общие правила ухода за лабораторной посудой.

1. Вся химическая посуда раскладывается по ящикам и шкафам так, чтобы максимально исключить возможность битья стекла. При обращении со стеклянной посудой всегда нужно помнить о ее хрупкости.

2. Посуда должна храниться только чистой.

3. При выборе метода мытья нужно учитывать какими веществами загрязнена посуда.

4. При работе с ершиком следует следить, чтобы его нижним концом не пробить дно или стенки сосуда.

5. После мытья посуда промывается проточной водой и затем споласкивается несколько раз дистиллированной водой.

6. Для отмывания загрязнений всегда стараются использовать самый простой, дешевый способ, но действенный для данного вида загрязнения способ.

7. Мытье посуды с опасными и токсичными веществами проводят только в вытяжном шкафу и соблюдать меры противопожарной безопасности.

8. Запрещается выливать в раковину концентрированные растворы кислот, щелочей, хрома и других агрессивных веществ.

9. Для мытья пластмассовой посуды не используют сильные окислители.

10. Нельзя убирать влагу с помощью полотенца, так как на посуде будут волокна.

11. При избавлении от жидкости в сосудах необходимо пропускать воздух через фильтр, чтобы избежать попадания пыли

12. Сушку пластмассовой посуды проводят при температурах не выше 45 °С.

13. Сушку толстостенных сосудов проводят при температурах 60 – 70 °С.

14. При сушке посуды нужно следить, чтобы она не загрязнялась.

15. Не допускается использование сушильного шкафа для обработки мерной посуды, так как воздействие высокой температуры способно повлиять на объем изделий.

Глава 3

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Химические лаборатории в зависимости от характера исследований можно разделить на лаборатории органической и неорганической, практической и аналитической химии, лаборатории, предназначенные для химико-технических, спектральных, пробирных и других исследований. Химические лаборатории в учебных заведениях часто выполняют собирательную функцию, так как в одной лаборатории могут проводиться исследования и опыты различной направленности.

Помещение лабораторий должно быть должным образом оборудовано хорошим освещением, вентиляцией и гигиеническими условиями, а также оснащено всем необходимым для эффективной работы студента, т.е. необходимо не только правильно провести тот или иной эксперимент как с точки зрения техники безопасности, так и получения достоверных результатов, но и использовать лабораторный опыт для изучения химических объектов и процессов с различных сторон.

Для достижения данной цели в химических лабораториях устанавливают различного рода функциональное химико-исследовательское и химико-аналитическое оборудование

Лабораторным оборудованием называют разнообразные инструменты, приборы и оборудование, необходимое для осуществления всевозможных измерений, экспериментов и анализов.

По назначению лабораторное оборудование можно разделить на несколько категорий:

- общее, которое находится в любой лаборатории, например, лабораторные весы, чашка Петри, фильтровальная бумага, бюретка с краном, магнитная мешалка, ступка с пестиком и другое;
- специальное, требующееся лабораториям определенного профиля, например, колба Бунзена или кварцевый тигель;
- измерительное, например, капельная воронка;
- испытательное – это любое оборудование, участвующее в эксперименте и имеющее в своем составе средства измерения;

- аналитическое, например, аналитические весы;
- вспомогательное – это оборудование, которое не принимает непосредственного участия в работе исследователей, его основное назначение – отбор, подготовка образцов и проб для проведения последующих анализов и т.д., например, центрифуга или водяная баня.

В отличие от испытательного, измерительного, вспомогательное оборудование не влияет на результаты анализа или эксперимента напрямую. Нередко вспомогательное оборудование можно отнести и к общей группе.

Любая исследовательская или учебная лаборатория оснащена определенным набором оборудования, без которого невозможно заниматься научной или образовательной деятельностью. К наиболее часто используемому лабораторному оборудованию можно отнести следующие приборы.

Весы. Они являются самым необходимым инструментом химика, так как без них невозможно приготовление навесок и растворов заданной концентрации. Весы с разновесами сегодня большая редкость. В большинстве лабораторий используют электронные весы (рис. 75), так как их эксплуатация довольно просто и точность позволяет определять массу вещества с высокой точностью.

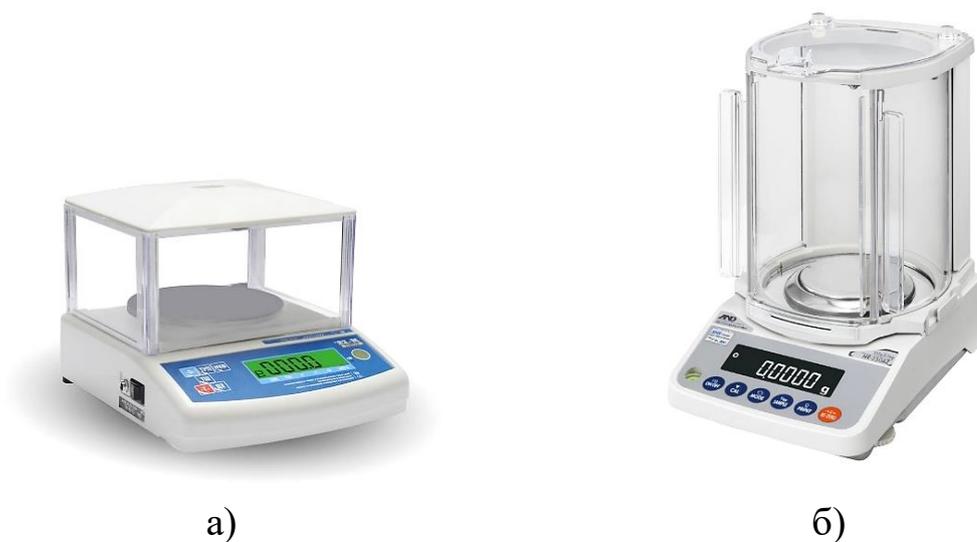


Рис. 75. Лабораторные электронные технические (а) и аналитические (б) весы

Различают технические и аналитические весы. Последние оснащены ветрозащитной витриной и способны измерять массу вещества до десятитысячных долей грамма.

Магнитная мешалка используется практически ежедневно в «мокрой химии», т.е. при работе с растворами. С помощью магнитной мешалки и магнитных элементов, которые получили названия «якоря», происходит равномерного перемешивания реакционной смеси, особенно в течение длительного времени или растворение труднорастворимых веществ (рис. 76).



Рис. 76. Магнитная мешалка с «якорями» различного размера

Для более деликатного тщательного перемешивания растворов в колбах с целью, например, ускорения протекания химических процессов, или питательных сред в пробирках, например, для увеличения скорости роста клеток, в лабораториях используется **шейкер** (рис. 77).



Рис. 77. Приборы для перемешивания жидкостей: магнитная мешалка с «якорями» различного размера (а) и шейкер (б)

Шейкер понадобится исследователю, если ему необходимо получить суспензий и взвесей с равномерным распределением твердых частиц в жидкости, ускорить процессы охлаждения или нагревания, а также стабилизировать температуру по всему объему жидкости.

Центрифуга. Данное оборудование используется для разделения нескольких жидкостей или отделения твёрдого продукта от жидкого под действием центробежной силы (рис. 78).



Рис. 78. Центрифуга

Основным рабочим элементом центрифуги является барабан, который содержит несколько отверстий для пробирок. Количество таких отверстий, их размеры и диаметры могут быть различными и зависят от модели центрифуги. Кроме этого, лабораторные центрифуги имеют

крышку, которая плотно закрывает барабан и, как правило, оборудованы закрепляющим винтом.

В лабораторной практике часто требуется термостатирование процессов, т.е. проведение их при определенной температуре. Самые простые приборы для этого – **лабораторные бани**. Используются разнообразные средства, с помощью которых в бане осуществляется нагрев. По виду средства теплопередачи лабораторные бани можно разделить на:

- водяные;
- паровые;
- масляные;
- песочные;
- воздушные.

Самыми распространенными являются *водяные, масляные и песочные бани*.

Водяная баня. Лабораторные водяные бани (рис. 79) широко используются при реализации многих методик химического анализа, в процессе научных исследований или в производственных лабораториях. Водяные бани применяются для термостатирования образцов в различной лабораторной посуде (пробирках, колба, станах) при постоянной температуре в диапазоне до 100 °С. Кроме термостатирования, лабораторная водяная баня применяется для нагревания, охлаждения, выпаривания, кристаллизации, экстракции, инкубирования, для нагревания и перегонки легковоспламеняющихся жидкостей, для работы с биологическими тканями и образцами, для многих других целей. Особенностью бани является равномерный нагрев (иногда охлаждение) и контроль температуры с большей или меньшей точностью, в зависимости от конструкции прибора.



Рис. 79. Виды лабораторной водяной бани
в химической лаборатории

Колба или любой другой подходящий сосуд помещаются в ёмкость, заполненную водой, которая расположена на плитке и постоянно нагревается. Максимальная температура нагрева составляет 100 °С, т.е. температуру кипения воды.

Если же опыт требует более высоких температур, то используют жидкости с большой теплопроводностью. Существуют модели, позволяющие проводить плавный нагрев до 250 °С, но в таком случае вместо дистиллированной воды используется специальный теплоноситель, например, масло или парафин. Такие модели в классификации лабораторного оборудования обозначаются как «*масляные бани*», или просто «*лабораторные бани*».

Песочная (или песчаная) лабораторная баня применяется тогда, когда требуется нагрев в широком диапазоне температур. Песчаная баня представляет собой большой лоток из нержавеющей стали с кварцевым песком. Этот материал способен накапливать полученную тепловую энергию (тепло), сохранять ее и постепенно выделять. Для нагрева песка используется несколько термоэлементов. Сосуды помещаются в верхний, равномерно прогретый слой песка (рис. 80).



Рис. 80. Песочная баня для нагревания до высоких температур

Безопасность является главным достоинством песочной бани. Также к значительным плюсам можно отнести возможность нагревания до $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше, равномерный и постепенный нагрев, простота обслуживания и небольшая стоимость.

Но у песчаной бани есть и свои недостатки. Это невысокая точность нагрева и равномерности нагрева. Кроме этого, поверхность стеклянных сосудов повреждается песком, каким бы мелким не был, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на прочности посуды.

Если эксперимент не требует обязательное использование водяной (песчаной) бани, то для того, чтобы просто нагреть жидкость применяют **электроплиты** с закрытой спиралью (рис. 81).



Рис. 81. Электроплиты, применяемые в химической лаборатории

Кроме вышеперечисленных приборов, помогающих в проведении экспериментов, в лабораторных работах часто используют такое вспомогательное оборудование как **горелка**.

Горелка – это устройство, использующееся для нагрева вещества небольшим пламенем. В зависимости от того, какое используется горючее, различают газовые и спиртовые горелки (рис. 82).

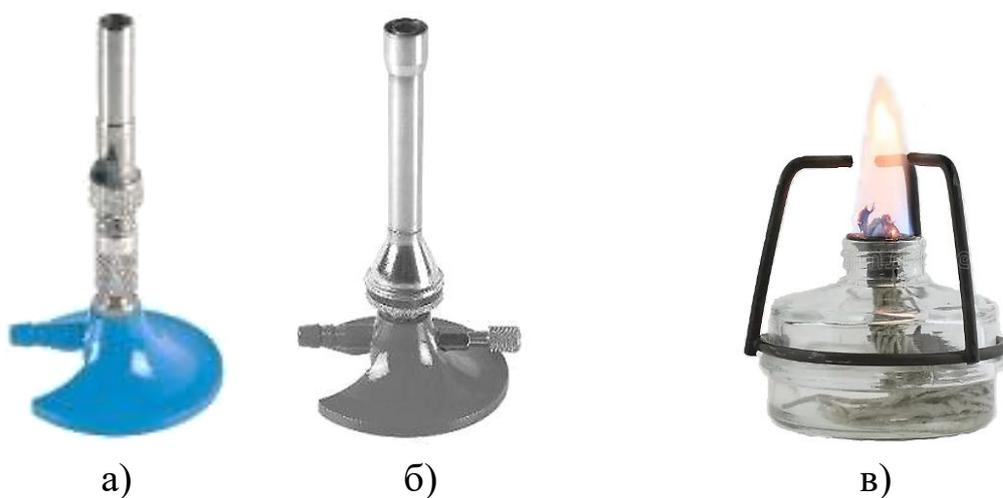


Рис. 82. Газовая горелка Бунзена (а) и Теклю (б), спиртовая горелка (в)

Газовые горелки такого типа называются горелки Бунзена или Теклю (рис. 82, а, б). Отличие между ними состоит в том, что горелка Теклю имеет регулятор для подачи газа и позволяет регулировать пламя. В горелке Бунзена он отсутствует. Принцип работы горелки основан на регулируемом сжигании газа с подачей воздуха. При этом за счет изменения подачи количества воздуха может быть достигнута различная температура сжигания, а, следовательно, можно создавать различные типы пламени с разными температурами. В качестве газа применяются обычно метан, пропан или бутан. Смесь, например, метана с кислородом горит голубоватым пламенем, температура которого сверху около 1500 °С.

Наряду с газовыми, широко распространены спиртовые горелки, которые обычно называют спиртовками. Пламя от горелок на спирту

холоднее, чем от газовых и составляет около $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ в горячей зоне пламени.

Пламя имеет неоднородное строение и состоит из тех зон (рис. 83). Температура в каждой зоне различна. Для некоторых лабораторных экспериментов это является основополагающим фактором. Выделяют холодную среднюю и горячую зоны. У газовой и спиртовой горелок различные горючие вещества, поэтому максимальная температура неодинаковая (рис. 84).

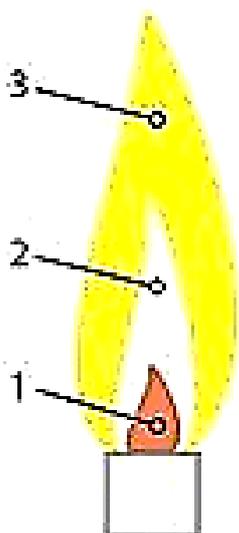


Рис. 83. Строение пламени: 1 – самая холодная зона; 2 – средняя зона; 3 – самая горячая, внешняя зона

Самая горячая область пламени вверху, она почти бесцветна. Здесь происходит полное сгорание топлива до углекислого газа и воды. Середина пламени ярко светится, здесь происходит неполное сгорание топлива, температура от 900 до $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$. В самой внутренней части пламени горения вообще нет. Например, при горении спиртовки в нижней холодной зоне находятся только пары спирта.

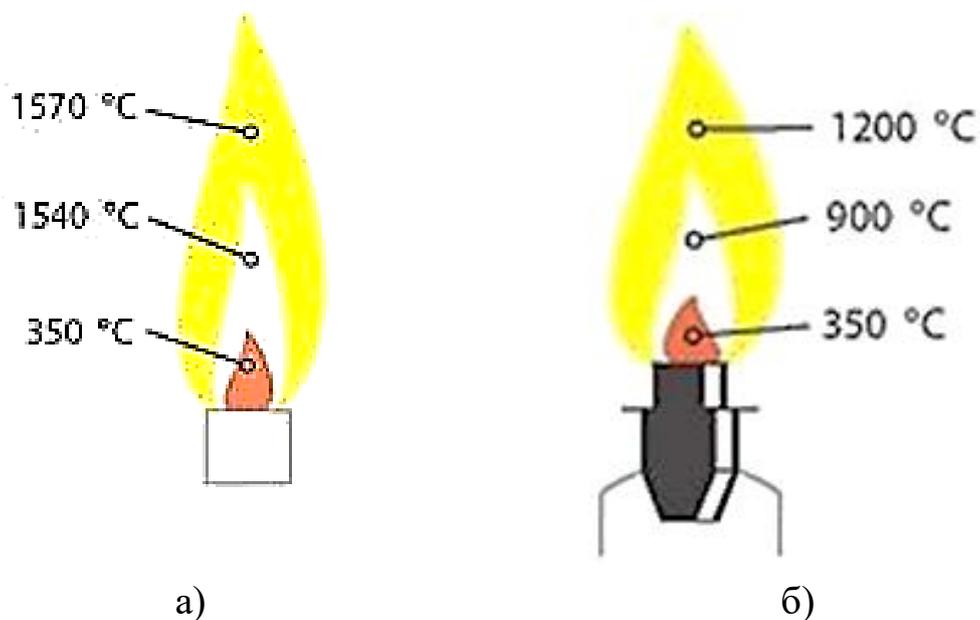


Рис. 84. Сравнение температуры пламени газовой (а) и спиртовой (б) горелок

Как газовая, так и спиртовая горелки являются источником повышенной пожароопасности. При работе с ними не следует оставлять горелки без присмотра. Зажигать спиртовку следует спичкой или лучинкой. Запрещается зажигать одну спиртовую горелку от другой, наклоняя последнюю. Помните, что это может привести к воспламенению пролитого спирта. Если горящая спиртовка упала и разбилась, а разлившийся спирт продолжает гореть, его надо потушить, накрыв плотной тканью или залив водой. После завершения работ спиртовку следует потушить, используя специальный колпачок. Дуть на пламя нельзя!

Спиртовками удобно пользоваться при нагревании пробирок. Для нагревания колб в химических лабораториях применяют специальные **колбонагреватели** (рис. 85).



Рис. 85. Лабораторный колбагреватель

Вспомогательным оборудованием, которое необходимо любой исследовательской лаборатории не зависимо от направлений ее деятельности, является **сушильный шкаф** (рис. 86).



Рис. 86. Сушильный шкаф

Лабораторный сушильный шкаф – это специальный прибор, используемый для проведения разных операций, среди которых:

- стерилизация инструментов;
- вулканизация материалов;

- сушка лабораторной посуды;
- термообработка металлов, стекла, керамики и других материалов;
- проведение разнотипных испытаний с различными образцами.

Стерилизации и сушки всевозможных материалов проводятся при температуре от 50 до 500°C, для проведения различных аналитических мероприятий используется, как правило, температура порядка 350°C.

Неотъемлемой частью любой естественно-научной лаборатории являются **термометры**. Идея создания этой незаменимой во многих сферах деятельности человека вещи зародилась у Галилео Галилея, и в 1597 году, о чем засвидетельствовали его ученики, ученый создал термоскоп – прообраз современного термометра. В настоящее время области применения термометров очень многообразны, что сподвигло ученых разработать модели, удовлетворяющие разнообразные потребности. В отличие от бытовых медицинских термометров, которые имеют очень узкий диапазон измеряемых температур, лабораторные термометры позволяют делать замеры от –100 до +500 °С.

В зависимости от целей и объекта эксперимента выбирают термометр для измерения температуры в жидких, сыпучих или газообразных средах в исследуемом интервале температур. Принцип действия технических термометров основан на тепловом изменении объема термометрической жидкости в зависимости от температуры измеряемой среды, так называемые *жидкостные термометры* (рис. 87, а). Прямым назначением технических термометров является измерение температуры жидкостей или газов. Измерение температуры осуществляется по уровню нижнего мениска столбика жидкости на уровне глаз экспериментатора.

По методам измерения температуры стеклянные термометры делятся на термометры полного погружения и термометры неполного (частичного) погружения. Термометры неполного (частичного) погружения в свою очередь тоже подразделяются на два вида:

- с погружаемой нижней частью различной длины;

– с указанием на обратной стороне шкалы или на термометре «пла-
лочного» типа глубины погружения в миллиметрах.

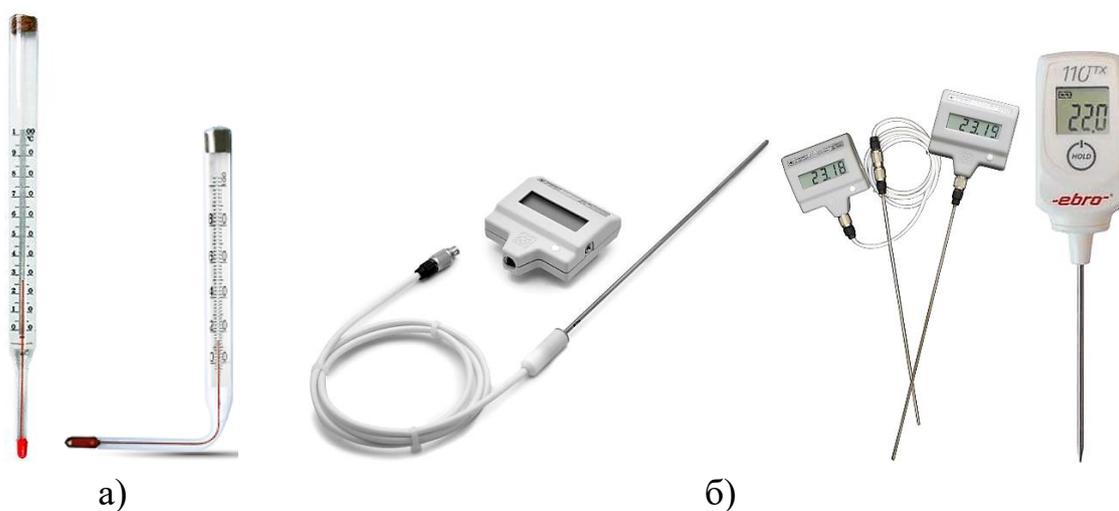


Рис. 87. Лабораторные термометры жидкостные (а) и электронные (б)

Классические лабораторные термометры имеют стеклянную цилиндрическую форму с зауженной нижней частью. Внутри цилиндрической оболочки находится измерительная шкала и рабочая жидкость. Это может быть ртуть или органическая жидкость (спирт или, например, петролейный эфир для низкоградусных приборов). Для изготовления данных термометров применяется термометрическое стекло, которое отвечает требованиям ГОСТ 1224-71. Такие термометры – термометры *полного погружения* – при измерении температуры термометр погружают в измеряемую среду до отсчитываемой температурной отметки на шкале.

Жидкостные термометры широко используются при изменении температуры окружающей среды – метеорологические термометры. К их изготовлению предъявляются намного более жесткие требования, чем к бытовым, так как на производстве и в научно-исследовательских лабораториях очень важна высокая точность показателей температуры.

Кроме того, для измерения температуры в лабораторных узкогорлых сосудах и аппаратах, применяют термометры неполного погружения, которые снабжены взаимозаменяемым конусом. При измерении

температуры глубина погружения равна длине нижней части, по которой они градуируются.

Для высокоточных измерений в лабораторных условиях предназначены термометры, представляющие собой стеклянные термометры палочного типа из массивной капиллярной трубки, на поверхность которой нанесены деления шкал. Термометры имеют отметку 0 °С. По методу измерения температуры относятся к термометрам полного погружения.

Отдельное внимание стоит уделить ртутному **термометру Бекмана**, изобретенному немецким химиком Эрнстом Бекманом в 1905 году (рис. 88). Это стеклянный лабораторный термометр, не используется для измерения термодинамической температуры, а предназначен для измерения с высокой точностью температурных разностей, не превышающих 5 °С в интервале температур от –20 до +150 °С. Основная шкала градуирована лишь на 5 °С: от 0 до +5. Таким образом, с помощью этого термометра можно измерить разность температур с высокой точностью – до $2 \cdot 10^{-3}$ °С.

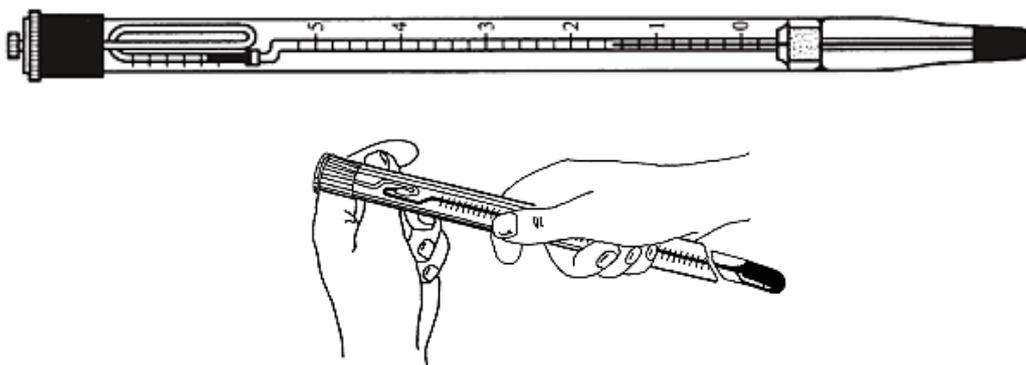


Рис. 88. Термометр Бекмана и его настройка

Термометр Бекмана применяется в рамках лабораторной практики на таких работах, как калориметрия, измерения вблизи точек фазовых переходов, определение молярной массы путём криоскопии.

Термометр имеет два резервуара ртути: нижний (основной) и верхний (запасной). Особенность устройства состоит в том, что можно

изменять количество ртути в нижнем резервуаре в соответствии с областью измерений. Для измерений при высоких температурах можно переводить часть ртути из основного резервуара в запасной (верхний). Для измерений при низких температурах наоборот переводят ртуть в основной (нижний) резервуар. Переводя некоторое количество ртути из верхнего резервуара в нижний или добавляя из верхнего в нижний, всегда можно настроить термометр так, чтобы столбик ртути находился в нужной части шкалы. Настройка термометра на заданный диапазон измерения температуры по основной шкале осуществляется предварительным переливанием ртути из запасного резервуара в основной или, наоборот, с приблизительной дозировкой по вспомогательной шкале.

При работе с любыми ртутными термометрами следует соблюдать следующие правила:

- нельзя нагревать термометр выше предельной температуры, указанной на шкале термометра;

- отсчет показаний термометра следует производить только после того, как в рабочую жидкость, температуру которой измеряют, будет погружен весь шарик ртути;

- при измерении температуры жидкости выше 100 °С стеклянный термометр нельзя помещать в уже нагретую среду или резко охлаждать после проведения измерения. Из-за резкого перепада температур стекло термометра может лопнуть. Нагревать термометр следует вместе со средой;

- при отсчете показаний термометра по шкале глаз должен находиться на одной линии с уровнем ртути;

- нельзя класть термометр на твердые предметы (кафельное покрытие стола, металлические предметы);

- при резком охлаждении разогретого ртутного термометра ртутный столбик может разорваться. Восстановить такой термометр можно осторожным нагревом до его максимальной температуры, ртуть, дойдя до конца капилляра, соединится в месте разрыва;

– после измерения, остывший термометр необходимо вытереть и поместить в футляр для хранения или штатив.

Стеклянные жидкостные термометры отличаются высокой точностью, простотой устройства и дешевизной. Однако они достаточно хрупки и, как правило, не ремонтпригодны. В последнее время всё большую популярность приобретают электронные (цифровые) термометры.

Стеклянные термометры постепенно вытесняются электронными, которые отличаются безопасностью, скоростью измерения, удобством. Применяются такие термометры в очень широком интервале температур -200 до $+1350$ °С. Принцип работы электронных термометров основан на измерение температуры посредством встроенного в них специального чувствительного датчика. Результат измерений отображается на дисплее в цифровом виде (рис. 87, б). Аппараты используются для проведения контроля технологических процессов в отраслях промышленности, а также во время лабораторных испытаний, и позволяют получить точные сведения о температуре в короткие сроки.

Термометры электроконтактные предназначены для сигнализации о достижении заданной температуры или поддержания любой температуры в пределах рабочей шкалы в различных установках (рис. 89).

В системе используются специальные контакты для переключения. Они запускают и останавливают контур с учетом того, какова позиция указателя прибора. Принцип действия подразумевает и другую тонкость: при значительном отклонении от предустановленных значений срабатывает предупреждение. Фактически это контактные сигнализаторы для «аварийной ситуации».

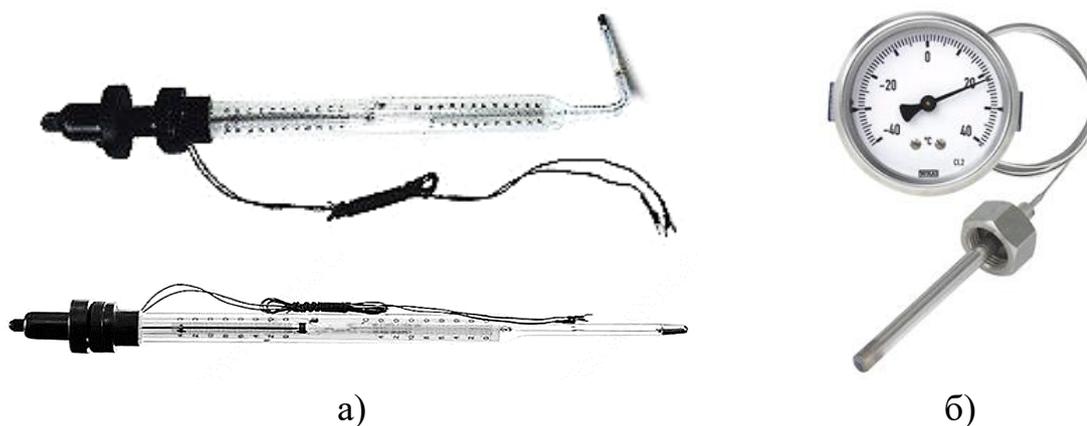


Рис. 89. Электроконтактные ртутные (а) и манометрические (б) термометры

Электроконтактные термометры могут быть выполнены в двух вариантах: ртутный (рис. 89, а) и манометрические (рис. 89, б). Принцип действия ртутного термометра – это изменение объема термометрической жидкости в зависимости от температуры измеряемой среды и на способности ртути служить проводником электрического тока при замыкании контактов. Работа же манометрического термометра основана на измерении давления (объема) рабочего вещества в замкнутом объеме в зависимости от температуры чувствительного элемента.

Кроме относительно крупногабаритного вспомогательного оборудования в химических лабораториях широко применяют разнообразное металлическое оборудование, преимущественно стальное.

Ни одна химическая лаборатория не обходится без **металлических штативов**. Штатив состоит из чугунной подставки и вертикального металлического стержня, на котором с помощью муфт, лапок и колец закрепляют различные приборы и химическую посуду: лапка служит для закрепления холодильников, пробирок и колб, а в кольцо помещают воронки и фарфоровые чашки и др. (рис. 90).

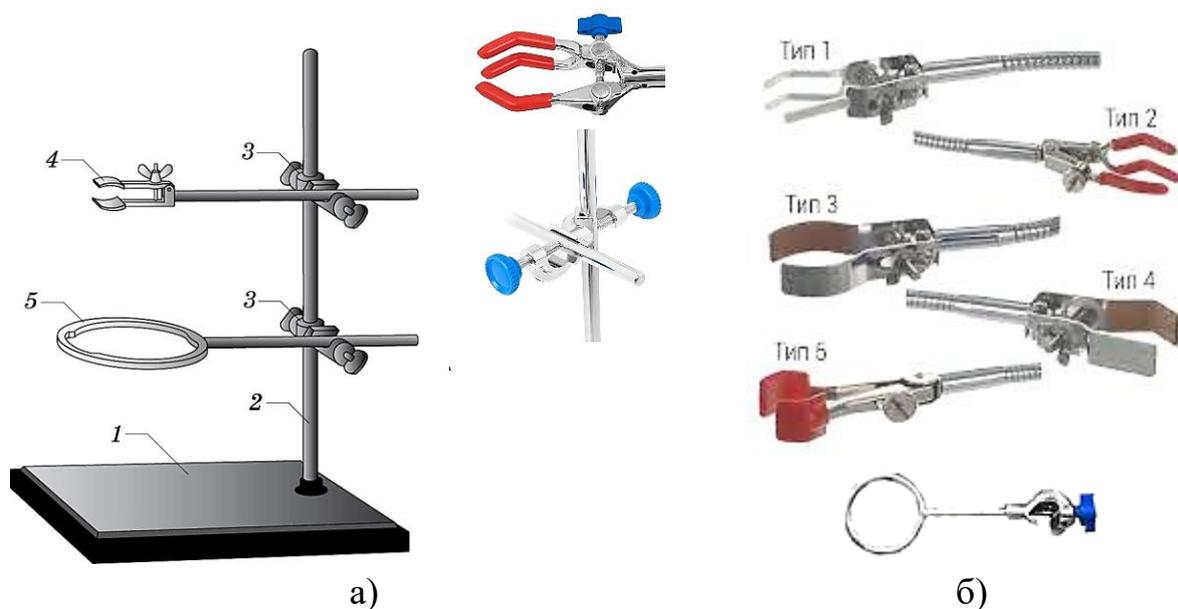


Рис. 90. Лабораторный штатив Бунзена (а) с различными видами лапок и держателей (б): подставка (1); стержень (2); зажим (3); лапка (4); кольцо (5).

Пробирка должна быть закреплена достаточно туго, чтобы её можно было повернуть лишь с некоторым усилием. Но если зажать её слишком крепко, она может треснуть. Лучше всего сжать лапку с помещённой в неё пробиркой пальцами, а затем заворачивать винт, пока он не перестанет свободно вращаться. Пробирку закрепляют в лапке штатива около отверстия

Муфты на стержне закрепляют открытой частью верх. В этом случае лапки и кольца будут опираться на муфты и прочно удерживаться на штативе. Для защиты стеклянной посуды от раздавливания лапками, на их внутренние части следует одевать пробковые, асбестовые или полимерные прокладки, или должны быть натянуты отрезки эластичного шланга.

Кольца, закрепленные на штативе, используют также при нагревании химической посуды на металлических асбестированных сетках газовыми горелками. При сильном нагревании держателей целесообразно аккуратно обмотать губки тонким асбестовым шнуром.

Схожими функциями обладает еще один металлический «помощник» – **тренога** (рис. 91). Эти приспособления применяют в качестве

подставок для различных приборов, колб и др. Они особенно удобны при нагревании крупных по размеру колб и громоздких приборов.



Рис. 91. Тренога для колб

Для перемещение нагретых фарфоровых тиглей используют металлические **тигельные щипцы** (рис. 92, а). Предназначены они для захватывания горячих тиглей при извлечении их из муфельной печи, снятия раскаленных тиглей с фарфоровых треугольников и при всех работах, когда приходится иметь дело с раскаленными предметами.

Держатели для пробирок также имеют металлическую основу (92, б). Они являются простым приспособлениям, которые используются при непродолжительном нагревании пробирок.

Для захватывания мелких предметов, а также веществ, которые нельзя брать руками, например, металлический натрий, в научно-исследовательских лабораториях используют **пинцеты** (92, в).

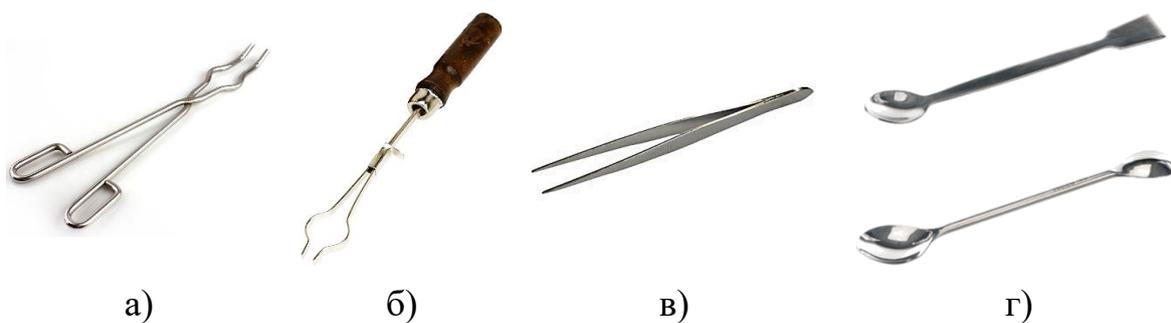


Рис. 92. Металлическое лабораторное оборудование:
тигельные щипцы (а), пробиркодержатель (б),
пинцет (в) и ложки-шпатели (г)

Металлические ложка-шпатели предназначена для переноса, поднятие и обработки порошков и гранул. Отшлифованный шпатель имеет плоский конец и микроложку, что значительно расширяет ее возможности. Ложка-шпатель позволяет и отбирать пробы, и обрабатывать различные материалы, например, порошки, грануляты, пасты или жидкости. Ёмкость ложечной стороны ложки-шпателя составляет примерно 4 мл или 11 мл.

Для зажима резиновых трубок используют такие приспособления как **зажимы**. Наиболее распространены пружинные зажимы Мора (рис. 93, а) и винтовые зажимы Гофмана (рис. 93, б). Последние, например, позволяют легко регулировать скорость вытекания жидкости или интенсивность прохождения газов.



Рис. 93. Пружинные зажимы Мора (а) и
винтовые зажимы Гофмана (б)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Перечислите основные правила поведения в химической лаборатории.
2. Что запрещено делать в химической лаборатории?
3. Как поступают с остатками реагентов, в частности с агрессивными веществами, ГЖ и ЛВЖ?
4. Назовите основные принципы работы со стеклянной лабораторной посудой.
5. Какие мероприятия необходимо провести при поражении электрическим током?
6. Какую первую помощь следует оказать при химических ожогах?
7. Дайте определение понятию «мерная посуда». Перечислите посуду, которую относят к этой категории.
8. Объясните разницу между посудой общего пользования, специальной и мерной посудой.
9. В чем отличие мензурки от мерного цилиндра? Для чего используется данная химическая посуда?
10. Какие материалы чаще всего используют для изготовления химической посуды?
11. Назовите основные свойства кварцевой посуды.
12. Назовите основные свойства фарфоровой посуды.
13. При каких условиях стеклянная посуда заменяется на посуду из фарфора и кварца?
14. Перечислите посуду, используемую для сжигания и прокаливания.
15. В чем отличие между капельными и делительными воронками?
16. Для чего используется колба Бунзена?
17. Что общего между холодильниками, используемыми в быту и лабораторными?
18. Что такое промывные склянки? В чем разница между существующими видами?
19. В каких случаях применяются эксикаторы?
20. Что такое пикнометры?

21. Назовите основные разновидности колб, использующихся в установках для перегонки.
22. Можно ли использовать мензурки для того, чтобы точно отмерить нужное количество воды?
23. С помощью какой мерной посуды можно отмерить объём воды наиболее точно?
24. Можно ли стеклянный стакан, используемый в быту, использовать для нагревания растворов в химической лаборатории?
25. Посуду из какого материала нельзя использовать для нагревания находящегося в ней раствора?
26. С какой целью проводят поверку и калибровку мерной химической посуды?
27. Какую мерную посуду калибруют на наливание, а какую на выливание?
28. Расскажите, как правильно определить уровень жидкости при применении мерной посуды.
29. Назовите разновидности и типы пипеток.
30. Расскажите правила наполнения и опорожнения химических пипеток.
31. Каковы правила работы с пипеткой на полный и неполный слив?
32. Что такое лабораторная бюретка и для чего она используется?
33. Перечислите разновидности бюреток. В чем особенность строения каждого вида?
34. Каким образом следует готовить бюретки к работе?
35. Назовите основные правила работы с бюреткой. Как удалить воздух из спускной трубки бюретки?
36. Перечислите основные правила работы с мерными колбами.
37. Можно ли использовать мерные колбы для хранения химических растворов?
38. Назовите правила пользования спиртовками.
39. В какую часть пламени следует помещать пробирку с нагреваемым веществом и почему?
40. Какие термометры чаще используют в лабораторной практике? Назовите особенности их строения, преимущества и недостатки.

41. В чем принципиальная разница в уходе за стеклянной и пластиковой посудой?

42. Какое оборудование используется для перемешивания растворов?

43. Назовите оборудование, которое применяют для нагревания рабочих растворов, кроме спиртовки.

44. Какое оборудование используется для быстрого отделения осадка?

45. Перечислите металлическое лабораторное оборудование. В каких случаях его применяют?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Химия очень обширная наука. Ее принято делить на несколько отдельных разделов – неорганическая и органическая, аналитическая и физическая химия. Мощное развитие науки способствует выделению из каждого раздела множества самостоятельных дисциплин, таких как биохимия, нефтехимия, химия полимеров, геохимия, космохимия и многих других. Ученые отдают химии роль центральной науки среди естественных, потому что она соединяет между собой физико-математические и биолого-социальные науки, что делает ее в современном мире самой обширной среди всех естественных наук.

При этом химия главенствует не только на научной арене, но и в быту. Как однажды сказал ректор РХТУ им. Д. И. Менделеева, доктор технических наук, профессор Илья Воротынцев: «Химия – поистине универсальная наука, обобщающая все отрасли промышленности и сферы жизни человека. Мы живем в мире, пропитанном химической наукой и сотканном из химических веществ».

Особенность химической науки также заключается и в том, что ее изучение и развитие невозможно представить без наглядности того или иного процесса. Эксперимент позволяет не только как можно подробнее понять суть происходящего, сделать выводы или выдвинуть смелые гипотезы, но, что немаловажно, он помогает повысить интерес обучающихся на первых этапах знакомства с химической наукой.

Выдающийся русский учёный-естествоиспытатель М. В. Ломоносов писал: «Химии никоим образом научиться невозможно, не видав самой практики и не принимаясь за химические операции». Химический эксперимент – это важный источник знаний. В сочетании с техническими средствами обучения он способствует более эффективному овладению знаниями, умениями и навыками.

Успешное выполнение эксперимента возможно только с опорой на полученные ранее знания. Теоретическая основа опыта помогает

лучшему пониманию сути эксперимента, позволяет сосредоточить внимание на происходящих химических реакциях, явлениях и получаемых результатах.

Для достижения таких целей необходимо овладеть целым рядом теоретических знаний, экспериментальных умений и навыков. В основе формирования умений лежат знания о том, как следует правильно проводить тот или иной опыт с точки зрения техники безопасности. Химическая наука несет в себе множество рисков, которые могут негативно отразиться на жизни и здоровье исследователей, поэтому большое внимание необходимо уделять технике выполнения лабораторных работ и правилам техники безопасности при работе в лаборатории. Самостоятельность проведения опытов допускается только после изучения правил поведения в химической лаборатории и норм пожаробезопасности, правил обращения с химической посудой и агрессивными реактивами.

Для успешного планирования, а также дальнейшего выполнения эксперимента по заданной либо выбранной методике необходимо обладать сведениями о всем многообразии химической посуды, материалах для ее производства и особенностях ее применения в том или ином случае.

Не стоит забывать и об оборудовании, широкий спектр которого включает как модели, изобретенные столетия назад, но и в наше время не утратившие свою актуальность, так более современные варианты, не перестающие совершенствоваться и подстраиваться под задачи человечества. Обладая достаточными знаниями об особенностях применения того или иного лабораторного оборудования, гораздо проще и быстрее выбрать нужные составляющие для построения необходимой схемы эксперимента.

Подводя итог, стоит еще раз отметить, что осуществление контроля за дисциплиной, соблюдением техники безопасности при обра-

щении с реактивами, нагревательными приборами, химической посудой, а также за чистотой рабочего места, бережным отношением к лабораторному оборудованию и экономным расходом реактивов, за рациональным использованием времени проведения опытов, является важным мероприятием для успешного проведения химического эксперимента, особенно на начальных этапах взаимодействия с такой удивительной практической стороной химической науки.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Александрова Э.А., Гайдукова Н.Г.* Аналитическая химия. Теоретические основы и лабораторный практикум. – М. : Колос, 2011. – 350 с.
2. *Бабков А.В., Горшков Г.Н., Кононов А.М.* Практикум по общей химии с элементами количественного анализа. – М. : Высш. шк., 1978. – 168 с.
3. *Бахтиярова Ю.В., Миннуллин Р.Р., Галкин В.И.* Основы химического эксперимента и занимательные опыты по химии: учебное пособие для вузов и школ. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2014. – 144 с.
4. *Верховский В.Н., Смирнов А.Д.* Техника химического эксперимента. Т.1. – М. : Просвещение, 1973. – 368 с.
5. *Воскресенский П.И.* Техника лабораторных работ. – Л. : Химия, 1970. – 720 с.
6. *Гайдукова, Б.М., Харитонов, С.В.* Техника и технология лабораторных работ : учеб. пособие. – СПб. : Лань, 2020. – 128 с.
7. *Гуламова М.Б., Рахимов Б.Б., Гуламова М.Б.* Роль химического эксперимента в решении познавательных и учебно-воспитательных задач // Молодой ученый. – 2016. – № 13 (117). – С. 782 – 783.
8. *Жуков, А.В., Чижевская С.В., Клименко О.М.* Техника лабораторных работ : учеб. пособие – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. – 123 с.
9. *Захаров Л.Н.* Техника безопасности в химических лабораториях. – Л. : Химия, 1991. – 336 с.
10. *Ключников Н.Г.* Практикум по неорганическому синтезу. – М. : Просвещение, 1979. – 270 с.
11. *Коленко Е.А.* Технология лабораторного эксперимента. Справочник. – СПб. : Политехника, 1994. – 751 с.
12. *Коровин Н.В., Мингулина Э.И., Рыжова Н.Г.* Лабораторные работы по химии. – М. : Высш. шк., 2001. – 256 с.

13. *Костин Н.В.* Техника безопасности работы в химических лабораториях. – М. : МГУ, 1966. – 346 с.
14. *Леснова Е.В. Вишнякова О.А.* Практикум по неорганическому синтезу. – М. : Высш. шк., 1985. – 192 с.
15. *Мовчан А.И., Казымова М.А., Маннафов Т.Г., Стойков И.И., Втюрина Н.Н.* Техника лабораторных работ по органической химии / науч. ред. И.С. Антипин. – Казань : КГУ, 2003. – 123 с.
16. *Опарин Р.В., Гузенко И.В.* Организация лабораторно-производственной деятельности : учеб. пособие для среднего профессионального образования. – М. : Юрайт, 2023. – 216 с.
17. *Пак М.С.* Дидактика химии. – М. : Владос, 2004. – 315 с.
18. *Поломеева, О.А.* Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ : учеб. пособие. – СПб. : Лань, 2019. – 108 с.
19. *Пустовалова Л.М., Никанорова И.Е.* Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ: учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – Ростов-н/Д. : Феникс, 2017. – 300 с.
20. *Руанет В.В.* Теория и техника лабораторных работ. Специальные методы исследования: учебное пособие / под ред. проф. А.К. Хетагуровой. – М. : ФГОУ «ВУНМЦ Росздрава», 2007. – 176 с.
21. *Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б.* Практические работы по органической химии. – М. : Просвещение, 1986. – 303 с.
22. *Фитерер Е.П., Троян А.А., Новиков В.Т.* Техника лабораторных работ : учеб. пособие. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – 159 с.

Учебное электронное издание

ЧЕРНОВА Ольга Борисовна
СИГИТОВА Галина Павловна

ТЕОРИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Техника безопасности в химической лаборатории.
Лабораторная посуда и оборудование

Учебное пособие

Издается в авторской редакции

Системные требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader;
дисковод CD-ROM.

Тираж 25 экз.

Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Изд-во ВлГУ
rio.vlgu@yandex.ru

Институт биологии и экологии
кафедра химии
chernovaob@gmail.com