

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА»

Биологический факультет

Кафедра химии

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой
_____ О.М. Балаева-Тихомирова
15.02.2016 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета
_____ В.Я. Кузьменко
15.02.2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Общая и неорганическая химия
Введение в общую химию:
адаптивный курс

для специальности
1-02 04 01 «Биология и химия»

Составители: А.А. Белохвостов, Е.Я. Аршанский

Рассмотрено и утверждено
на заседании научно-методического совета 19.02.2016 г., протокол № 3

УДК 54(075.8)
ББК 24.1я73
О-28

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 3 от 19.02.2016 г.

Составители: доцент кафедры химии ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат педагогических наук **А.А. Белохвостов**; профессор кафедры химии ВГУ имени П.М. Машерова, доктор педагогических наук **Е.Я. Аршанский**

Рецензенты:
кафедра химии УО «БГПУ имени М. Танка»;
заведующий кафедрой общей, физической и коллоидной химии УО «ВГМУ», доктор педагогических наук, доцент *З.С. Кунцевич*

Белохвостов, А.А.

О-28 Общая и неорганическая химия. Введение в общую химию: адаптивный курс : учебно-методический комплекс по учебной дисциплине для специальности 1-02 04 01 «Биология и химия» / А.А. Белохвостов, Е.Я. Аршанский. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2017. – 96 с.
ISBN 978-985-517-581-1.

Предлагаемый учебно-методический комплекс в обобщенном виде включает материал учебного предмета «Химия» и основы содержания вузовского курса общей химии. В нем представлены важнейшие этапы истории химической науки и современные направления ее развития, виды химической посуды, методы очистки веществ и разделения смесей, математические операции, используемые в химии, тематика исследовательских работ студентов и контролирующие материалы.

Адресуется студентам, обучающимся по специальности 1-02 04 01 «Биология и химия».

УДК 54(075.8)
ББК 24.1я73

ISBN 978-985-517-581-1

© Белохвостов А.А., Аршанский Е.Я., 2017
© ВГУ имени П.М. Машерова, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Химическая и педагогическая составляющие профессии учителя химии	4
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	9
1.1. Общая химия как фундамент химической подготовки учителя химии	9
1.2. Химический эксперимент как основной метод исследования в химии	11
1.3. Правила безопасности в химической лаборатории	15
1.4. Химическая посуда, ее виды, назначение и очистка	18
1.5. Важнейшие лабораторные операции и техника их выполнения	28
1.6. Химические реактивы, методы их разделения и очистки ...	31
1.7. Работа с газами	36
1.8. Оборудование для физико-химических методов исследования	42
ГЛАВА 2. ХИМИЯ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ	45
2.1. Основные этапы истории развития химической науки ...	45
2.2. Современные направления развития химии	49
2.3. Из истории химического эксперимента	55
ГЛАВА 3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	59
3.1. Виды химической посуды и ее очистка	59
3.2. Очистка веществ перекристаллизацией и перегонкой ...	59
3.3. Получение, собирание и хранение газов	61
ГЛАВА 4. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В ХИМИИ	62
4.1. Основные виды математических расчетов, используемых в химии	62
ГЛАВА 5. КОМПЬЮТЕРНАЯ ХИМИЯ	73
5.1. Поиск химической информации в Интернете	73
5.2. Компьютерные программы для создания рисунков химических приборов и оборудования	77
ГЛАВА 6. НАЧАЛА ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	80
6.1. Значение и тематика исследовательской работы	80
ГЛАВА 7. КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ	82
7.1. Общая химия. История химии и современные направления ее развития	82
7.2. Правила безопасности в химической лаборатории. Химическая посуда и ее назначение	84
7.3. Методы разделения и очистки веществ. Работа с газами ..	87
ЛИТЕРАТУРА	89
ПРИЛОЖЕНИЯ	90

ВВЕДЕНИЕ

Химическая и педагогическая составляющие профессии учителя химии

Профессия учителя химии выдвигает целый ряд требований к личности будущего специалиста. Очевидно, что человек, хорошо знающий химию, не всегда оказывается хорошим учителем. С другой стороны, умение общаться с детьми и способности организовать ученический коллектив при недостаточном владении содержанием и методами химической науки также не характеризуют состоявшегося учителя химии. Поэтому будущий педагог должен прежде всего обладать личностными качествами, определяющими его направленность на получение именно этой профессии. Важнейшим компонентом профессиональной направленности выступает мотивация.

Мотивационная сфера личности – явление динамическое: в ходе профессиональной деятельности могут изменяться сила и устойчивость отдельных мотивов в частности и мотивация в целом. Характеризуя студентов-первокурсников, выбравших профессию учителя химии, можно условно выделить 4 группы:

1. Студенты, поступившие на педагогическую специальность без осознанной мотивации. Эту группу часто привлекает легкость поступления в педвуз, боязнь «провала» на вступительных экзаменах в другой вуз, удобное, близкое к месту их проживания расположение вуза и др. Такие студенты, как правило, имеют низкую успеваемость и вскоре осознают ошибочность своего профессионального выбора.

2. Студенты, имеющие одноплановый мотив выбора профессии учителя (любовь к определенному учебному предмету, в частности к химии). Такие студенты имеют достаточно сильную химическую подготовку, которая создает им приоритет на вступительных экзаменах. Однако они не осознают всей специфики профессии именно учителя химии.

3. Студенты, проявляющие устойчивое стремление к осуществлению педагогической деятельности, но имеющие слабую предметную (химическую) подготовку. Такие студенты, как правило, являются бывшими школьными активистами, они получают истинное удовольствие, работая с детьми, поэтому несомненно они бы могли стать хорошими учителями. Однако, имея слабую химическую подготовку, эти студенты испытывают серьезные трудности при изучении фундаментальных химических дисциплин на младших курсах вуза.

4. Студенты, обладающие устойчивой мотивацией к педагогической деятельности и к изучению химии. Именно о таких студентах можно сказать, что они имеют личностную направленность на полу-



чение профессии учителя. Среди таких студентов много потомственных учителей химии, для которых школа является вторым домом. Однако данная группа студентов очень немногочисленна. В настоящее время эту группу пополняют учащиеся педагогических классов химико-биологического направления, для которых выбор профессии учителя химии является наиболее осознанным.

Еще одним важным компонентом профессиональной направленности учащихся на получение профессии учителя химии являются их способности к педагогической деятельности и способности к химии (табл. 1).

Таблица 1

Сочетание педагогических и химических способностей, необходимых будущему учителю химии

Педагогические способности ¹	Химические способности ²
<p>дидактические способности – способности к обучению:</p> <ul style="list-style-type: none">– академические способности – способности в области соответствующего предмета, в частности ХИМИИ;– способность объяснять – способности делать свою мысль максимально понятной для другого, разъяснять трудное и непонятное;– речевые способности – способности ясно и четко выражать свои мысли и чувства в речевой форме, сопровождая их выразительной мимикой и пантомимикой; <p>коммуникативные способности – способности к общению, установлению с учащимися правильных, педагогически целесообразных отношений;</p> <p>организаторские способности – способности организовать ученический коллектив, сплотить его, способности правильно организовать эту работу;</p> <p>креативные способности – способности к творчеству, педагогической импровизации;</p> <p>перцептивные способности – способности проникать во внутренний мир ученика, психологическая наблюдательность</p>	<ul style="list-style-type: none">• точное ощущение и восприятие внешних свойств веществ (цвет, запах, дисперсность) и изменений, происходящих в процессе химических превращений;• развитые гравитационные ощущения;• хорошая координация движений;• хороший глазомер в оценке массы и объема;• развитое ощущение времени и пространства;• быстрота реакции;• способность к автоматизму в работе руками;• аналитико-синтетические качества ума;• ассоциативное мышление;• способность к абстрагированию, оперированию символами и числами;• развитое образное мышление;• богатое пространственное воображение;• подвижность мыслительных процессов, большой объем внимания;• наблюдательность;• ситуационная сообразительность;• развитая логическая, терминологическая и механическая память

¹ Крутецкий, В.А. Психология: учебное пособие / В.А. Крутецкий. – М.: Просвещение, 1986. – 336 с.

² Коробейникова, Л.А. Развивать способности учащихся / Л.А. Коробейникова, Г.В. Лисичкин // Химия в школе. – 1982. – № 4. – С. 44–47.



Из табл. 1 отчетливо следует, что химические способности являются только частью способностей, которыми должен обладать учитель химии. Естественно, вряд ли найдется такой педагог, которому в полной мере будут свойственны все выделенные способности. Они являются в большей степени ориентирами тех способностей, которые учитель химии должен стремиться формировать и развивать в ходе своей профессиональной деятельности.

Важнейшей составляющей профессиональной направленности личности на получение профессии учителя химии является сочетание в ней профессионально значимых личностных качеств педагога и химика (табл. 2).

Таблица 2

Сочетание личностных качеств педагога и химика

Личностные качества педагога ¹	Личностные качества химика ²
<ul style="list-style-type: none"> • социальная активность; • уравновешенность, обаяние; • желание работать со школьниками и толерантность (терпеливость в работе с детьми), гуманность; • эмпатия (способность сопереживать); • способность не теряться в экстремальных ситуациях; • честность и справедливость; • эрудиция (широкий кругозор); • педагогический такт; • педагогический оптимизм (вера в ученика и его способности). 	<ul style="list-style-type: none"> • положительное отношение к работе с веществами; • трудолюбие; • целеустремленность; • настойчивость; • решительность и терпение; • систематичность и методичность в работе; • аккуратность; • осторожность и осмотрительность в работе и др.

Большинство из представленных в табл. 2 профессионально значимых личностных качеств учителя химии должно в некоторой степени характеризовать людей, решивших связать свою судьбу с профессией учителя химии. Поскольку личность постепенно изменяется в ходе соответствующей деятельности, то процесс обучения химии в классах педагогического профиля должен способствовать формированию у учащихся недостающих профессионально значимых личностных качеств.

Профессия предъявляет определенные требования и к особенностям мышления человека. Педагогическая литература выделяет

¹ Мижериков, В.А. Введение в педагогическую профессию / В.А. Мижериков, М.Н. Ермоленко. – М.: Педагогическое общество России, 1999. – 288 с.

² Коробейникова, Л.А. Развивать способности учащихся / Л.А. Коробейникова, Г.В. Лисичкин // Химия в школе. – 1982. – № 4. – С. 44–47.



особенности так называемого педагогического мышления, к свойствам которого, прежде всего, относятся:

– *аналитичность мышления* – помогает логически перерабатывать научную и социальную информацию, анализировать различные ситуации, в которых происходит принятие педагогических решений, критически оценивать результаты своей деятельности;

– *гибкость мышления* – дает возможность быстро реагировать на ситуацию и изменять способы деятельности в зависимости от складывающихся условий, способствует импровизации – мгновенному нахождению необычных, новых и наиболее оптимальных способов деятельности;

– *конструктивность мышления* – обеспечивает постановку задач в определенных условиях деятельности, разработку планов и проектов решения задач;

– *позитивная направленность мышления* – определяет оптимистическое мировосприятие, т.е. способность видеть лучшие, светлые стороны в других людях, думать о них только хорошее, прощать недостатки;

– *открытость мышления* – обуславливает способность понимать и воспринимать мысли других людей, другую точку зрения; готовность к встрече с неизведанным, ломающим привычные стереотипы мышления.

Химики часто используют понятие «химическое мышление».

В самой общей форме можно сказать: химическое мышление – это способность умозрительно проникнуть в микромир вещества, т.е. способность представлять его строение на атомном и молекулярном уровне, а также умение представлять и предвидеть, что может произойти с этим веществом в определенной химической системе.

Химическое мышление основано на обобщениях в виде теорий и законов химической науки. Основными слагаемыми этого понятия являются умения:

– представлять строение отдельных молекул в газовой фазе, строение жидкостей и твердых веществ;

– оценивать характер и относительную прочность химических и межмолекулярных связей;

– видеть реакционные центры в молекуле;

– оценивать вероятность протекания реакции;

– осознавать факторы, которые могут препятствовать осуществлению вероятной реакции;

– осознавать движущую силу реакции, смещения равновесия;

– представлять динамику в химических системах даже при установившемся равновесии;

– предвидеть побочные реакции и их продукты.



Очевидно, что направленность учащихся на получение профессии учителя химии предполагает наличие у них хотя бы отдельных элементов химического и педагогического мышления. Формирование целостного химического и педагогического мышления, их интеграция является уже задачей педагогического вуза.

Возникает вопрос о том, что же является ведущим ориентиром, определяющим направленность на получение профессии учителя химии. Конечно, это достаточно глубокая химическая подготовка и педагогическое призвание.

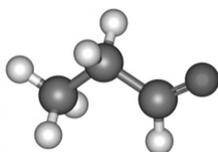
Педагогическое призвание – это ярко выраженная склонность и способность к педагогической деятельности, совокупность черт и качеств личности, соответствующих требованиям и особенностям организации учебно-воспитательного процесса. Педагоги по призванию искренно любят детей, а главное – они не только любят детей, но и работу с ними. Они глубоко привязаны к педагогической профессии и видят в ней цель и смысл жизни.

В.А. Сухомлинский писал, что настоящим учителем, хорошим учителем может быть лишь тот, кто имеет ярко выраженную склонность к педагогической деятельности, т.е. кто имеет педагогическое призвание. Он же дал и ряд советов относительно того, как выявить педагогическое призвание. Вот один из них: «У вас зародилась мечта стать учителем, испытайте себя. Вы учитесь в девятом или десятом классе, попросите... назначить вас вожатым в отряде или воспитателем в группе. Вот перед вами сорок малышей – с первого взгляда они покажутся вам очень похожими друг на друга даже внешними чертами, но уже на третий, четвертый, пятый день, после нескольких походов в лес, в поле вы убедитесь, что каждый ребенок – это целый мир, неповторимый и своеобразный. Если этот мир откроется перед вами, если в каждом ребенке вы почувствуете его индивидуальность, если в ваше сердце постучатся радости и горести каждого ребенка и отзовутся вашими думами, заботами, тревогами – смело избирайте своей профессией благородный учительский труд...

Если же четыре десятка детей покажутся вам уныло однообразными, если вы с трудом будете запоминать их лица и имена, если каждая пара детских глазёнок не скажет вам чего-то глубоко личного, неповторимого, если по звонкому голосу ребенка, раздавшемуся где-то в глубине сада, вы не узнаете, кто это кричит и что в этом крике, то, как говорят, семь раз подумайте, а потом решайте, быть ли вам учителем»¹.

Таким образом, направленность на получение профессии учителя химии может быть представлена как результат интеграции профессионально значимых сфер личности будущего специалиста.

¹ Борисовский, А.М. В.А. Сухомлинский / А.М. Борисовский. – М.: Просвещение, 1985. – 160 с.



ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Общая химия как фундамент химической подготовки учителя химии

Курс общей химии является основой химической составляющей подготовки будущего учителя химии. Эта учебная дисциплина является связующим звеном между довузовским и вузовским этапами химического образования. В результате именно общая химия создает необходимый прочный фундамент для изучения других специальных учебных дисциплин.

Содержание курса общей химии составляют основные понятия, законы и теории химической науки. Вопросы строения и свойств химических элементов и их важнейших соединений, а также их способы получения изучаются в курсе неорганической химии. Иногда основы содержания этих разделов химии образуют единую учебную дисциплину «Общая и неорганическая химия». Сам термин «общая химия» был введен Д.И. Менделеевым еще в 1880 г. именно с целью разделения общих вопросов химической науки и химии элементов (неорганической химии).

Теоретическую основу современной общей химии составляют учения о:

- строении вещества (теория строения атома и химической связи) и периодическом изменении свойств химических элементов и их соединений;
- растворах и основах теории электролитической диссоциации;
- направлении протекания химических реакций (химическая термодинамика);
- скорости химических реакций и химическом равновесии (химическая кинетика);
- окислительно-восстановительных процессах;
- комплексных соединениях.

Иногда в содержание курса общей химии включаются основы физико-химического анализа веществ и даже сведения о закономерностях органического синтеза. Таким образом, общей химией иногда называют произвольно выбранную совокупность различных направлений химической науки. Это связано с тем, что современные исследования в области химических наук, как правило, осуществляются на стыке различных разделов химии, а также на границе химии и смежных с ней наук (металлоорганические соединения, элементоорганическая химия, органические и неорганические комплексы, механохимия, нанохимия и т.д.).

С другой стороны, именно исторически сложившееся бурное развитие общей химии привело к появлению целого спектра ее отраслей. Как правило, появление новых отраслей химии определяется



спецификой объекта исследования. К таким отраслям химической науки относятся:

- неорганическая химия;
- органическая химия;
- координационная химия;
- элементоорганическая химия;
- металлоорганическая химия;
- химия природных соединений;
- химия твердого тела;
- химия поверхности;
- химия неводных растворов;
- химия высокомолекулярных соединений;
- геохимия;
- космохимия;
- агрохимия;
- промышленная (техническая) химия.

Иногда отрасли химии выделяются на основе специфики свойств изучаемых объектов. Таким образом, возникли новые отрасли химической науки:

- коллоидная химия;
- радиохимия;
- биологическая химия;
- бионеорганическая химия;
- биоорганическая химия;
- фармацевтическая химия;
- плазмохимия;
- экологическая химия;
- химия пищевых продуктов.

Достаточно часто возникновение отраслей химической науки определяется спецификой используемых методов исследования. Именно такими отраслями химии являются:

- аналитическая химия;
- физическая химия;
- радиационная химия;
- фотохимия;
- электрохимия;
- квантовая химия;
- механохимия;
- криохимия.

Теоретические основы многих из указанных выше разделов химической науки послужили фундаментом для возникновения отдельных учебных дисциплин, являющихся неотъемлемыми компонентами системы химической подготовки будущего учителя химии. Однако функция обеспечения исходной химической грамотности и общетеоретической химической подготовки будущего учителя, освоение основополагающих идей, принципов, понятий, закономерностей и методов химической науки традиционно возлагаются на курс общей химии.

1.2. Химический эксперимент как основной метод исследования в химии

Химия – это наука экспериментально-теоретическая. Экспериментальный характер химии проявляется, прежде всего, в том, что каждое научное понятие должно быть не только теоретически обосновано, но и практически доказано. В свое время еще М.В. Ломоносов писал: «Химии никоим образом научиться невозможно, не видав самой практики и не принимаясь за химические операции». Таким образом, эксперимент является методом исследования и средством научного познания в химической науке.

Место и роль химического эксперимента в системе разнообразных методов научного исследования, используемых в химии, отражены в табл. 3.

Таблица 3

Научные методы исследования, используемые в химии

Метод исследования	Философская сущность метода	Использование метода в химии
Индукция	Движение познания от частного и единичного к общему	На основе изучения отдельных химических явлений, имеющих суждений и фактов делаются обобщающие умозаключения, устанавливаются общие свойства, существенные и закономерные связи веществ. Индуктивный метод опирается на опыт, наблюдение, накопление и анализ отдельных фактов
Дедукция	Движение познания от общего к частному и единичному	Дедукция в химии играет роль основы теоретических исследований. Это способ логического рассуждения, направленный от общего (например, химический закон, постулат, правило) к частному, т.е. к отдельным химическим фактам
Анализ	Разделение общего на отдельные части и их изучение	Химические объекты и процессы при аналитическом исследовании расчленяются, затем выделяются их составные части, связи и стороны – для более подробного изучения. На этом основан целый раздел химической науки – аналитическая химия
Синтез	Практическое или мысленное соединение составных частей изучаемого объекта	Синтез предполагает создание более сложных соединений из более простых. В широком смысле синтез связывают с химическими и физическими методами получения химических соединений. Этими проблемами занимается отдельный раздел химической науки – химический синтез



Окончание табл. 3

Научная абстракция	Мысленное отвлечение от несущественных сторон объекта с целью выделения существенных и закономерных признаков	В химии на методе научной абстракции основан мысленный поиск существенных характеристик, законов и закономерностей. Примерами научных абстракций являются понятия «химический элемент», «химическое строение», «валентность», «степень окисления», «гибридизация», «гомологический ряд» и др.
Моделирование	Исследование объектов и явлений или процессов путем построения и изучения их моделей. Модель – это образец, аналог, представляющий собой мысленное или условное изображение, описание, график, схему объекта или процесса	В химии используют материальные и идеальные модели. Среди материальных моделей выделяют структурно-подобные (модели атомов, молекул и кристаллов) и функционально-подобные (модели лабораторных установок и промышленных аппаратов). К идеальным моделям относят знаковые (символы химических элементов, химические формулы и уравнения), графические (графики, диаграммы, таблицы) и модельные представления об электроны, гибридации атомных орбиталей и др.
Эксперимент	Теоретически обоснованный и специально поставленный научный опыт	В химии эксперимент осуществляется с целью познания, проверки или доказательства химического факта, явления, закономерностей возникновения и протекания химических процессов, изучения влияния на них различных факторов

Как правило, химический эксперимент сопровождается наблюдением. В истории химической науки нередко наблюдение предшествовало химическому эксперименту. Тем не менее необходимо четко видеть разницу между наблюдением и химическим экспериментом.

Наблюдение – целенаправленное восприятие объекта изучения. С помощью наблюдения человек накапливает информацию об окружающем мире, систематизирует ее и находит в ней закономерности. Следующим шагом является поиск причин, объясняющих эти закономерности.

При проведении наблюдений необходимо соблюдать ряд условий:

1. Ясно представлять цель наблюдения (для чего проводится наблюдение).

2. Четко определить объект наблюдения (свойства веществ, химические реакции, условия их возникновения и протекания).



3. Иметь предположение (гипотезу) о том, как будет происходить наблюдаемое явление.

4. Составить четкий план наблюдения.

Научное наблюдение осуществляется в строго контролируемых условиях и проводится чаще всего в специальной лаборатории.

Эксперимент в отличие от наблюдения представляет собой теоретически обоснованный и специально поставленный научный опыт. Эксперимент позволяет подтвердить или опровергнуть гипотезу, которая возникла в результате наблюдения.

По методу и результатам исследования все химические эксперименты можно разделить на качественные и количественные. Качественный эксперимент проводится с целью выявления действия различных факторов на исследуемый процесс без установления точной количественной зависимости между ними. Количественный эксперимент строится с таким расчетом, чтобы обеспечить точные измерения факторов, влияющих на поведение химического объекта или ход процесса. Проведение такого эксперимента требует использования измерительной аппаратуры и последующей математической обработки полученных данных.

При проведении химического эксперимента необходимо четко соблюдать требования правил безопасности и использовать специальную химическую посуду и оборудование. Экспериментальные результаты обязательно должны быть точны, а поэтому воспроизводимы в любом месте и в любое время.

При выполнении эксперимента рабочие записи необходимо вести в специальной тетради (рабочем дневнике или лабораторном журнале), а не на отдельных листах, которые легко потерять. В журнале нужно записывать все имеющиеся отношения к проводимому исследованию наблюдения, даже, казалось бы, незначительные, так как впоследствии они могут оказаться самыми важными. Каждый экспериментальный образец должен быть пронумерован, следует отмечать дату проведения опыта. Около описания опыта в журнале нужно оставлять место для последующего включения результатов дополнительных исследований, новых измерений и т.д. В рабочих записях могут быть сделаны примечания, которые указывают на сомнения в правильности выполненных действий и рекомендации к действиям при повторении опыта.

Учебный химический эксперимент призван выполнить функции, аналогичные научному опыту. Однако учебный химический эксперимент существенно отличается от научного эксперимента. Главное отличие состоит в том, что результаты учебного химического эксперимента заранее predeterminedены. Студенты и учащиеся «открывают» уже давно известные в химической науке факты, хотя для них



полученные в ходе эксперимента результаты и сделанные выводы являются принципиально новыми. Кроме этого учебный эксперимент в большинстве случаев проводится под руководством преподавателя, с использованием специально подготовленных инструкций и рекомендаций. В целом учебный химический эксперимент отличается от научного своей простотой и кратковременностью.

Учебный химический эксперимент призван познакомить обучающихся с веществами, их свойствами, а также химическими процессами, условиями и закономерностями их возникновения и протекания, сформировать необходимые экспериментальные умения, показать позитивную роль химии в практической деятельности человека.

В процессе обучения химии эксперимент используется с целью:

а) иллюстрации важнейших химических законов и теорий, благодаря чему учащиеся знакомятся с научными фактами, которые служат опорой при формировании теоретических знаний (например, классические опыты, связанные с доказательством электропроводности водных растворов электролитов, выяснением зависимости скорости химической реакции от природы реагирующих веществ, от величины поверхности соприкосновения, от их концентрации и температуры);

б) формирования представлений о важнейших химических процессах, условиях их возникновения и закономерностях протекания (например, опыты, иллюстрирующие реакцию нейтрализации, опыты по взаимодействию кислот с металлами и основными оксидами);

в) ознакомления с веществами и исследования их свойств (например, опыты, связанные с получением комплексных соединений и исследованием их свойств);

г) формирования экспериментальных умений и навыков, необходимых для решения различных теоретических и практических задач.

Существенная особенность учебного химического эксперимента заключается в том, что он используется не только в качестве источника знаний, но и оказывает позитивное влияние на воспитание и развитие обучающихся, что способствует выполнению всех тех требований, которые предъявляются к общей химии как учебной дисциплине.

1.3. Правила безопасности в химической лаборатории

1. Ознакомиться с действующими инструкциями, определяющими правила безопасного поведения в кабинетах химии, и неукоснительно их выполнять.

2. Бережно относиться к лабораторному оборудованию, материалам и реагентам, не расходовать их излишнее количество.

3. Запрещается нарушать комплектность приготовленных лаборантом приборов, установок и ящиков с реактивами.

4. Нельзя начинать проведение опыта, четко не осознавая его цель и не проверив наличие необходимого оборудования (посуда, приборы, реактивы). Необходимо соблюдать последовательность введения реагентов.

5. При всех опытах, представляющих опасность самовозгорания и взрыва, обязательно следует надевать предохранительные очки. Длинные волосы необходимо убирать или прятать под косынку.

6. Все опыты с применением концентрированных растворов кислот и щелочей, а также работы с вредными веществами можно проводить только в вытяжном шкафу с включенной вентиляцией.

7. При работе в вытяжном шкафу дверцу вытяжного шкафа надо поднять на четверть высоты ее подъема, обеспечив только необходимое пространство для ручных манипуляций. После завершения работы дверцу следует плотно закрыть.

8. Химическая посуда перед началом опыта должна быть тщательно вымыта. Нельзя вытряхивать на пол остатки воды из вымытой посуды.

9. При нагревании растворов в пробирке необходимо пользоваться специальным держателем для пробирок. Отверстие пробирки должно быть направлено в сторону от себя и других людей, т.к. жидкость вследствие перегрева нередко выбрасывается из пробирки.

10. Нельзя плотно закрывать сосуды, в которых происходит нагревание и охлаждение веществ или протекает химическая реакция.

11. Никогда не прокаливайте вещества в фарфоровых ступках и не измельчайте вещества пестиком в фарфоровых чашках.

12. В случае возгорания электрооборудования и электрических проводов нельзя применять воду и жидкостные огнетушители, не отключив тока.

13. При работе с твердыми веществами их следует брать специальной ложечкой или шпателем, которые должны быть всегда чистыми и сухими. После употребления их следует тщательно обтереть (лучше фильтровальной бумагой). Если в руководстве нет указаний о порциях веществ, необходимых для опыта, то брать их следует в минимальном количестве.



14. Для отбора жидких реактивов необходимо пользоваться мерными пипетками, пробирками и стаканами. Жидкость в пипетку нужно засасывать только резиновой грушей. Для каждого регента должна быть своя пипетка или стакан. На стакане сделайте надпись с указанием его содержимого.

15. Нельзя наклоняться над сосудом, в который наливается или кипит какая-нибудь жидкость (особенно едкая), так как брызги могут попасть в глаза.

16. При разбавлении концентрированных кислот, особенно серной, вливать кислоту в воду, а не наоборот, во избежание разбрызгивания и даже взрыва.

17. При работе с твердыми щелочами необходимо пользоваться резиновыми перчатками и очками. Дробить твердые щелочи следует, завернув их в тряпку. Растворять твердые щелочи нужно путем их постепенного прибавления в заранее рассчитанный объем воды.

18. Отработанные растворы веществ (особенно кислот и щелочей) нельзя выливать в раковину; сливать их следует в специально предназначенные для этого склянки, находящиеся в вытяжном шкафу.

19. При работе с натрием и калием нельзя брать металлы руками, следует остерегаться попадания их в воду. Резать металлы нужно на бумаге. Оставшиеся после работы мелкие кусочки натрия сразу уничтожить, обливая спиртом, крупные остатки тщательно собрать в банку с керосином.

20. Пролитую на стол кислоту или щелочь следует засыпать песком, убрать при помощи щетки или совка, а затем загрязненное место нейтрализовать растворами гидрокарбоната натрия и уксусной кислоты соответственно.

21. В лаборатории нельзя никакие вещества пробовать на вкус. Нюхать любые вещества следует с осторожностью – не вдыхая полной грудью, а направляя к себе пары или газ движением руки.

22. После окончания работы необходимо вымыть химическую посуду, выключить воду, электроприборы, вытяжной шкаф, убрать рабочее место и тщательно вымыть руки.

Первая помощь при некоторых несчастных случаях

1. При термическом ожоге следует как можно быстрее охладить обожженное место водой, а затем обработать его одним из средств от ожогов, находящихся в аптечке.

2. Для тушения небольших возгораний огня в лаборатории используйте порошковый огнетушитель, асбестовое одеяло, песок.

3. При попадании стекла в руку и сильном кровотечении не теряйте время на поиск жгута, быстро пережмите сосуд рукой выше травмированного места, чтобы остановить кровь, а затем уже



наложите на руку жгут, под который необходимо положить кусок мягкой ткани.

4. При отравлении газами (метаном, аммиаком, хлороводородом) следует проветрить помещение и как можно скорее выйти на свежий воздух.

5. При попадании в глаза или на кожу кислот или щелочей стряхните их, промойте в течение 7–10 мин большим количеством воды, а затем слабым 2–3% раствором питьевой соды (в случае кислоты) или 1–2% раствором уксусной или борной кислоты (в случае щелочи).

Очень серьезно следует относиться к шуточным правилам безопасного поведения в химической лаборатории, опубликованным в журнале «Химия и жизнь».

Правила выживания в химической лаборатории

- Если Вы откупорили что-либо – закупорьте.
- Если в руках у Вас жидкое – не разлейте, порошкообразное – не рассыпьте, газообразное – не выпустите наружу.
- Если включили – выключите.
- Если открыли – закройте.
- Если разобрали – соберите.
- Если не можете собрать – позовите на помощь умельца.
- Если Вы не разбирали – не вздумайте собирать.
- Если Вы одолжили что-либо – верните.
- Если Вы пользуетесь чем-либо – держите в чистоте и порядке.
- Если Вы привели что-либо в беспорядок – восстановите статус-кво.
- Если Вы сдвинули что-либо – верните на место.
- Если Вы хотите воспользоваться чем-то чужим – спросите разрешения.
- Если Вы не знаете, как это действует – ради бога, не трогайте!
- Если это Вас не касается – не вмешивайтесь.
- Если не знаете, как это делается – сразу спросите.
- Если Вы не можете что-либо понять – почешите в затылке.
- Если все же не поймете, то и не пытайтесь.
- Если Вы горите на работе, постарайтесь, чтобы от Вас ничего не загорелось.
- Если у Вас что-либо взорвалось, проверьте, остались ли Вы живы.
- Если Вы не усвоили этих правил – не входите в лабораторию...



1.4. Химическая посуда, ее виды, назначение и очистка

Стеклоянная посуда

Основным требованием, предъявляемым к стеклянной посуде, является ее химическая и термическая устойчивость.

Химическая устойчивость – это свойство стекла противостоять разрушающему действию растворов щелочей, кислот и других веществ.

Термическая устойчивость – способность посуды выдерживать резкие колебания температуры.

Ниже приводятся виды стеклянной посуды, получившие наибольшее распространение в лабораторной практике.

Пробирки простые и калиброванные (с делениями, указывающими объем) используют для проведения опытов с небольшими порциями реактивов (рис. 1). Объем реактива в пробирке не должен превышать половины ее объема.

Лабораторные стаканы выпускают различных размеров, с носиком и без носика, простые и калиброванные (рис. 2). Стаканы предназначены для выполнения самых разнообразных процедур.

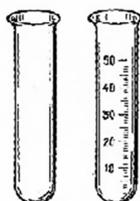


Рис. 1. Пробирки

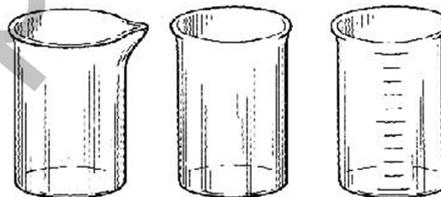
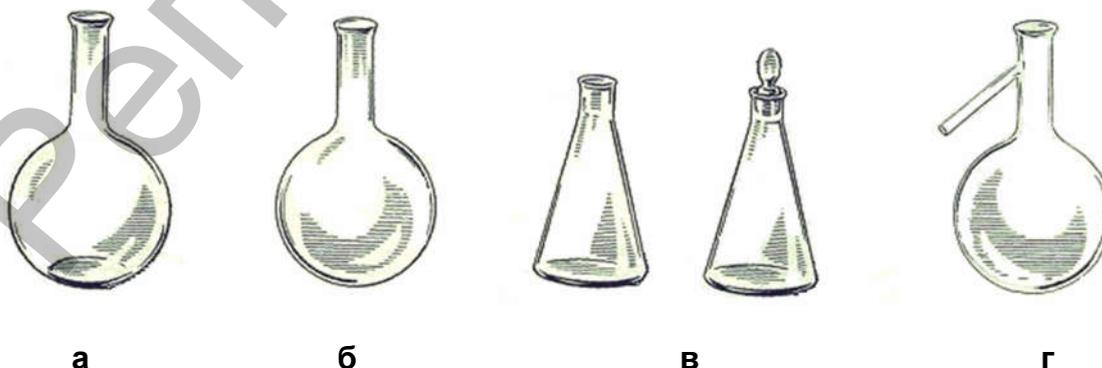


Рис. 2. Лабораторные стаканы

Колбы (круглодонные, плоскодонные, конические) различного размера и формы (рис. 3). *Колба Вюрца* представляет собой круглодонную колбу с отводной трубкой под углом 60–80°. Ее используют для получения газов и для отгонки жидкостей при атмосферном давлении.



а

б

в

г

Рис. 3. Колбы:

а – плоскодонная, б – круглодонная, в – конические, г – Вюрца



Химические воронки (рис. 4а) служат для переливания жидкостей и фильтрования; *капельные воронки* (рис. 4б) используют для введения в реакционную среду жидких реактивов небольшими порциями. *Делительные воронки* (рис. 4в) применяют для разделения несмешивающихся жидкостей.

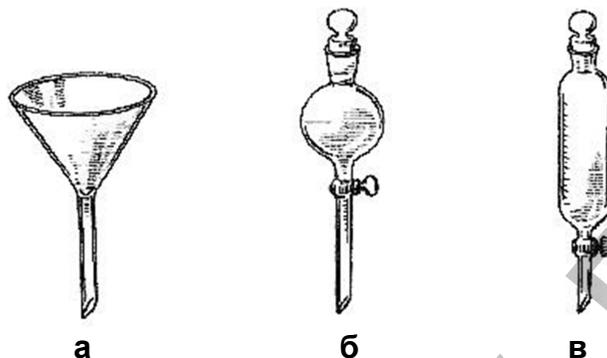


Рис. 4. Воронки:

а – химическая, б – капельная, в – делительная

Капельницы (рис. 5) применяют для введения реактивов малыми порциями, по каплям.

Бюксы (рис. 6) предназначены для взвешивания и хранения жидких и твердых веществ.

Часовые стекла (рис. 7) используют для проведения реакций в малых объемах (капельные реакции) и для взвешивания твердых веществ.

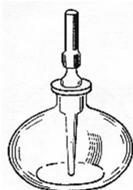


Рис. 5. Капельницы

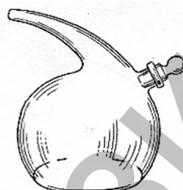


Рис. 6. Бюкс



Рис. 7. Часовое стекло



Холодильники (рис. 8) применяются для охлаждения и конденсации паров, образующихся при нагревании различных веществ. Различают прямые и обратные холодильники.

Прямые холодильники используются с целью конденсации паров и отвода образовавшегося конденсата из реакционной системы. При этом сам конденсат собирается в колбу-приемник. *Обратные холодильники* применяются для конденсирования паров и возврата конденсата в реакционную систему. Как правило, обратные холодильники устанавливают вертикально. Перегонку жидкостей обычно проводят, применяя прямые холодильники (Либиха). При кипячении растворов и жидкостей, экстракции и других подобных процессах используют обратные холодильники.

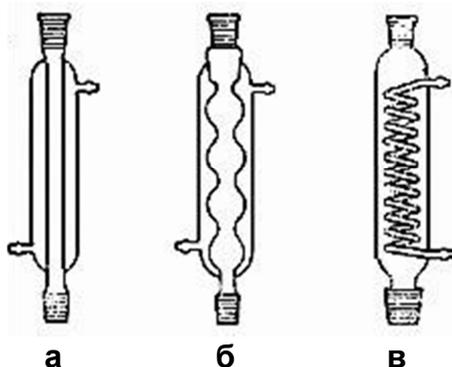


Рис. 8. Холодильники с водным охлаждением:
а – Либиха с прямой внутренней трубкой, б – шариковый,
в – змеевиковый

Кристаллизаторы (рис. 9) применяют для получения кристаллов веществ из насыщенных растворов или для охлаждения химических стаканов или колб с реагирующими веществами.

Аллонжи (рис. 10) играют роль соединительных элементов в установках по перегонке веществ.



Рис. 9. Кристаллизатор



Рис. 10. Аллонж



Рис. 11. Эксикатор

Эксикаторы (рис. 11) применяют для медленного высушивания и хранения веществ, легко поглощающих влагу из воздуха. Нижнюю часть эксикатора заполняют водопоглощающими веществами (прокаленный хлорид кальция, концентрированная серная кислота, оксид фосфора(V) и др.). Над поглотителем на фарфоровом вкладыше помещают бюксы или тигли с веществами, подлежащими осушке.

Фарфоровая посуда

Фарфоровая посуда по сравнению со стеклянной обладает большей химической устойчивостью к кислотам и щелочам, большей термостойкостью. Недостатками ее являются сравнительно большая масса и непрозрачность.

Фарфоровые кружки и стаканы (рис. 12) бывают различной емкости, с ручкой и без ручки, с носиком и без носика.

Выпарительные чашки (рис. 13) используют для выпаривания жидкостей.



Тигли (рис. 14) – сосуды, применяемые для прокаливания, сплавления и сжигания твердых веществ.



Рис. 12. Фарфоровая кружка



Рис. 13. Выпарительная чашка



Рис. 14. Тигель

При прокаливании веществ на пламени газовой горелки тигли закрепляют в *проволочных треугольниках с фарфоровыми трубками* (рис. 15).

Фарфоровые ступки с пестиком (рис. 16) применяют для измельчения твердых веществ. Перед работой ступка должна быть тщательно вымыта и высушена. Вещество насыпают в ступку в количестве не более $1/3$ ее объема (иначе оно будет высыпаться из ступки при измельчении). При растворении твердого вещества в ступке (с одновременным растиранием) вначале насыпают твердое вещество, а затем к нему постепенно небольшими порциями при круговом движении пестика добавляют жидкость. Всю жидкость, которую берут для растворения, употреблять не следует: не менее $1/3$ количества ее оставляют для того, чтобы по окончании растворения сполоснуть ступку и обмыть пестик, после чего этот раствор добавляют к ранее полученному раствору.

Фарфоровые ложки-шпатели (рис. 17) применяют для отбора веществ, для снятия осадков с фильтров и при многих других работах.



Рис. 15. Проволочный треугольник с фарфоровыми трубками



Рис. 16. Фарфоровая ступка с пестиком



Рис. 17. Фарфоровые ложки-шпатели

Воронки Бюхнера (рис. 18) применяют для фильтрования жидкостей при пониженном давлении (под вакуумом).



Рис. 18. Воронка Бюхнера

Таким образом, фарфоровая посуда так же, как и стеклянная, разнообразна по форме и назначению.

Мерная посуда

Для измерения объемов жидкостей используют разнообразную мерную посуду: мерные колбы, мерные цилиндры, мензурки, пипетки и др.

Мерные колбы (рис. 19) служат для приготовления растворов с точной концентрацией растворенных веществ. Они представляют собой круглодонные и плоскодонные колбы с длинным и узким горлом. На горло нанесена тонкая черта. Эта отметка показывает границу, до которой следует наливать жидкость, чтобы ее объем соответствовал указанному на колбе значению.

Мерные цилиндры (рис. 20) представляют собой стеклянные сосуды, которые для большей устойчивости имеют широкое основание (дно) или специальную подставку. Снаружи на стенках цилиндров нанесены деления, указывающие объем жидкости.

Мензурки (рис. 21) – это сосуды конической формы с делениями на стенке.

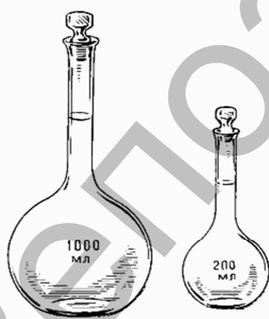


Рис. 19. Мерные колбы

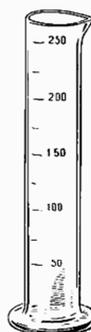


Рис. 20. Мерный цилиндр

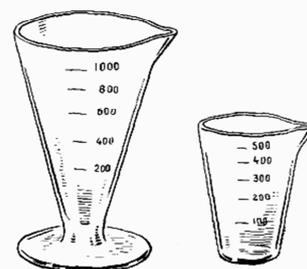


Рис. 21. Мензурки

Пипетки (рис. 22) служат для отбора точно определенных относительно небольших объемов жидкостей. Они представляют собой стеклянные трубки небольшого диаметра с делениями. Начало шкалы делений на пипетке может начинаться как с верхнего, так и с нижнего конца. Некоторые пипетки имеют расширение посередине (*пипетки Мора*). Нижний конец пипетки



слегка оттянут и имеет внутренний диаметр до 1 мм. На верхнем конце пипетки имеется метка, до которой набирают жидкость.

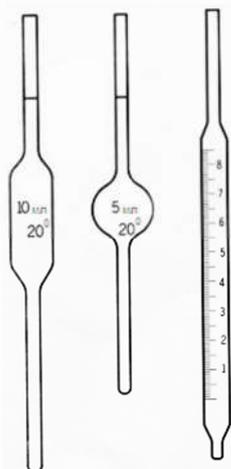


Рис. 22. Пипетки

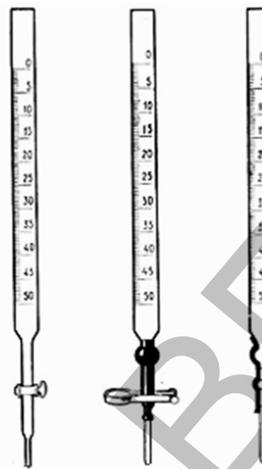


Рис. 23. Бюретки

Бюретки (рис. 23) служат для отмеривания точных объемов жидкостей, преимущественно при химико-аналитических работах (титрование). Они представляют собой градуированные трубки, снабженные притертым краном или стеклянным капилляром, присоединенным к бюретке с помощью резиновой трубки. В резиновую трубку закладывают стеклянную бусину, закрывающую выход жидкости из бюретки. Жидкость из такой бюретки вытекает при нажатии пальцами на верхнюю часть шарика так, чтобы между шариком и резиновой трубкой образовался проход для жидкости. Бюретку заполняют жидкостью через воронку. При этом капилляр и резиновая трубка тоже должны быть заполнены. Если в капилляре остается пузырек воздуха, резиновую трубку изгибают так, чтобы кончик капилляра был направлен вверх, и вытесняют жидкостью весь воздух. После заполнения бюретки воронку снимают.

Оборудование общего назначения

В химических лабораториях широко применяют разнообразное металлическое оборудование, преимущественно стальное.

Штативы (рис. 24) с набором *муфт, лапок и колец* используют для закрепления на них во время работы различных приборов, стеклянной посуды. Кольца, закрепленные на штативе, используют также при нагревании химической посуды на металлических асбестированных сетках газовыми горелками.

Держатели для пробирок (рис. 25) – приспособления, которые используются при непродолжительном нагревании пробирок.

Пинцеты (рис. 26) – приспособления для захватывания мелких предметов, а также веществ, которые нельзя брать руками.

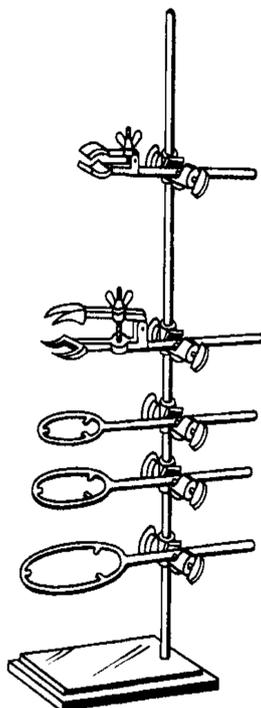


Рис. 24. Лабораторный штатив

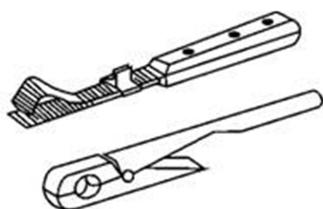


Рис. 25. Держатели для пробирок

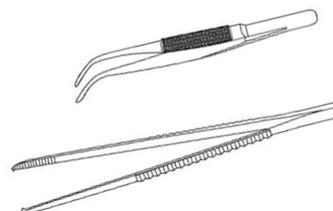


Рис. 26. Пинцеты

Тигельные щипцы (рис. 27) применяют 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.

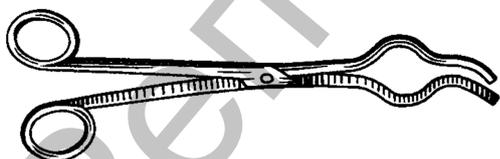


Рис. 27. Тигельные щипцы

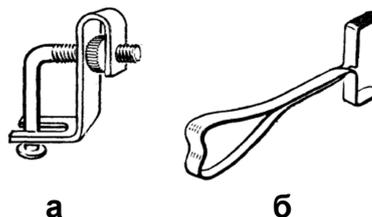


Рис. 28. Зажимы:
а – Гоффмана; б – Мора

Зажимы (рис. 28) – приспособления, используемые для зажима резинových трубок. Обычно применяют пружинные зажимы (*зажимы Мора*) и винтовые (*зажимы Гоффмана*). Последние позволяют легко регулировать скорость вытекания жидкости или интенсивность прохождения газов.



Лабораторные нагревательные приборы

В лаборатории применяют различные нагревательные приборы: газовые горелки, электрические плитки, бани, сушильные шкафы, муфельные печи и т.п.

Спиртовые горелки обычно бывают стеклянные с колпачком (рис. 29). В них наливают денатурированный спирт и снабжают фитилем из некрученых ниток или плотной ваты. Спиртовые горелки дают не очень горячее пламя.



Рис. 29. Спиртовая горелка

Газовые горелки. Наиболее часто применяют газовые горелки *Бунзена* и *Теклю* (рис. 30). В газовых горелках предусмотрено регулирование поступления воздуха с помощью вращения диска (*горелка Теклю*) или поворотом хомутика (*горелка Бунзена*).

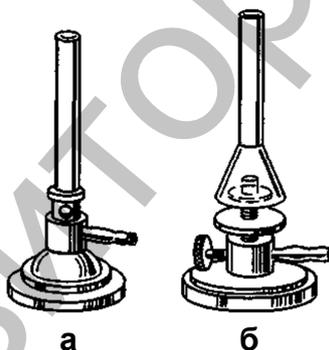
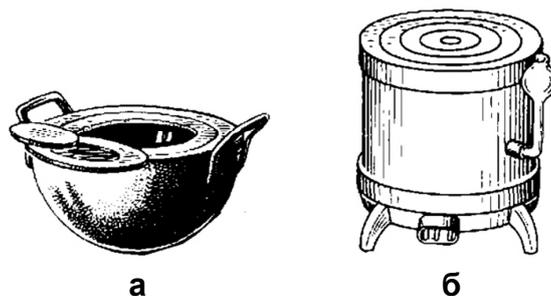


Рис. 30. Газовые горелки:
а – Бунзена, б – Теклю

Бани (рис. 31). Для продолжительного нагревания в пределах температуры 100–300 °С применяют бани: водяную, песчаную и др. Они представляют собой, как правило, металлические чаши, заполненные водой (водяная баня) или сухим, чистым песком, прокаленным для удаления из него органических примесей (песчаная баня). Нагревание бань проводят пламенем газовой горелки. Используются также водяные и песчаные бани с электрообогревом.

Электрические плитки. В тех случаях, когда требуется нагревание, а пользоваться горелками нельзя (например, при перегонке воспламеняющихся легколетучих жидкостей), применяют электрические плитки.



а

б

Рис. 31. Бани:

а – водяная, б – водяная с электрообогревом

Для нагревания круглодонной стеклянной посуды применяют *колбонагреватели* (рис. 32).



Рис. 32. Колбонагреватель

Печи. Для получения температуры 600–1400 °С применяются электрические *муфельные печи* (рис. 33). С помощью особого регулировочного устройства печь может нагреваться до определенной, заранее заданной температуры.

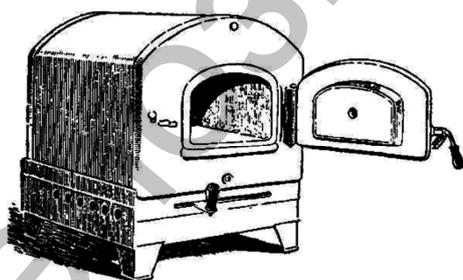


Рис. 33. Муфельная печь

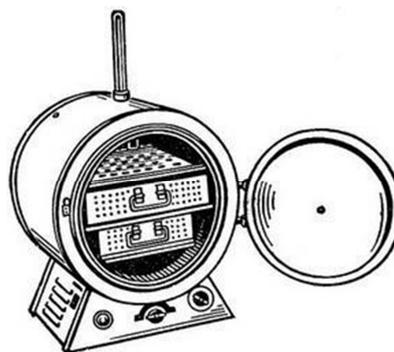


Рис. 34. Сушильный шкаф

Сушильные шкафы (рис. 34) имеют электрический обогрев и терморегулятор, позволяющий поддерживать постоянную температуру. Для наблюдения за температурой шкаф снабжен термометром. Высушиваемое вещество помещается в сушильный шкаф, отрегулированный на требуемую температуру, и выдерживается в нем при заданной температуре определенное время. В работах количественного характера сушку проводят несколько раз до достижения высушиваемым веществом постоянной массы.



Очистка посуды

Химическая посуда всегда должна быть чистой. Ее моют водопроводной водой с помощью специальных щеток-ершиков, а затем несколько раз ополаскивают дистиллированной водой.

Если посуда очень загрязнена, то к воде добавляют немного соляной кислоты или используют при мытье «хромовую смесь» (смесь дихромата калия и концентрированной серной кислоты). Существует много способов приготовления хромовой смеси. Наиболее распространенным является состав хромовой смеси, включающий дихромат калия массой 60 г, концентрированную серную кислоту объемом 80 см³ и воду объемом 270 см³. Стеклопосуду выдерживают в хромовой смеси несколько минут, при необходимости – несколько дней, а затем тщательно промывают в проточной воде. Использованную хромовую смесь можно применять неоднократно.

Вымытую посуду оставляют сохнуть перевернутой вверх дном на сушильной доске. Если нужно быстро высушить посуду, то ее помещают в сушильный шкаф. Мерную посуду моют сразу же после употребления. Сушить мерную посуду в сушильном шкафу при высокой температуре не рекомендуется.

РЕПОЗИТОРИЙ



1.5. Важнейшие лабораторные операции и техника их выполнения

Взятие пробы твердого вещества

Необходимо внимательно посмотреть на этикетку и убедиться, что в банке находится нужное вам вещество. Открыв и перевернув крышку, ее нужно положить на стол. Сухим шпателем или ложечкой набирают немного вещества и аккуратно переносят его в реакционный сосуд. Затем нужно закрыть банку с реактивом и вымыть шпатель. Взятый по ошибке или в избытке реактив возвращать обратно в склянку нельзя!

Взятие пробы раствора

Убедившись, что в склянке находится нужный раствор с необходимой концентрацией растворенного вещества, следует открыть пробку и положить ее на стол рядом со склянкой, перевернув таким образом, чтобы капли раствора не попали на стол. Затем требуемый объем раствора нужно поместить в пробирку. При этом нужно аккуратно снять последнюю каплю раствора с горлышка склянки, и только после этого сразу закрыть склянку крышкой. Взятый по ошибке или в избытке реактив возвращать обратно в склянку нельзя!

Отмеривание определенного объема раствора

Отмеривание больших объемов раствора проводят с помощью мерного цилиндра. При выборе мерного цилиндра следует уточнить его объем и цену деления шкалы, чтобы они соответствовали объему раствора, который необходимо отмерить. Для отмеривания малых объемов жидкостей или растворов нужно пользоваться пипеткой. При этом сначала следует выбрать пипетку с ценой деления на шкале, соответствующей необходимому объему набираемой жидкости.

При измерении объемов жидкости нужно, чтобы глаз наблюдателя находился на одной горизонтальной линии с нижним мениском прозрачной жидкости или с верхним мениском непрозрачной жидкости. Мениск – линзоподобное образование на границе «жидкость–воздух». Образуется из-за «заползания» краев жидкости на стенки сосуда за счет сил поверхностного натяжения (рис. 35).

Для наполнения нижний конец пипетки опускают в жидкость до дна сосуда и с помощью груши набирают жидкость, следя, чтобы кончик пипетки все время находился в жидкости. Жидкость набирают так, чтобы ее уровень поднялся на 2–3 см выше метки. Затем быстро перекрывают верхнее отверстие указательным пальцем, придерживая в это время пипетку большим и средним пальцами.



Затем ослабляют нажим указательного пальца так, чтобы жидкость медленно вытекала из пипетки. Как только мениск жидкости опустится до метки, палец снова прижимают. Если на конце пипетки остается капля, ее следует осторожно удалить фильтровальной бумагой.

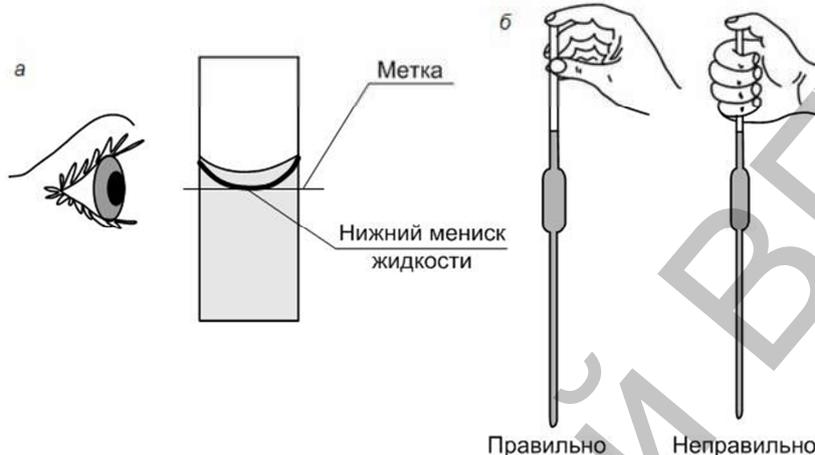


Рис. 35. Наблюдение за положением мениска раствора в пипетке

После того как жидкость из пипетки стечет в приготовленную посуду, ее следует еще пару минут подержать прислоненной к стенке сосуда, чтобы жидкость стекла со стенок пипетки. Выдувать остаток жидкости из носика пипетки не следует. Оставшуюся в носике жидкость нужно оставить, поскольку пипетка отградуирована с учетом этой потери.

В настоящее время активно разрабатываются и используются различные модели автоматических пипеток (рис. 36) и дозаторов с ручным и даже микропроцессорным управлением.



Рис. 36. Автоматическая пипетка Ленпипет, 0,5–5 см³

Нагревание в пламени спиртовки пробирки с раствором

В пробирке можно нагревать небольшие порции раствора. Необходимо закрепить пробирку в держателе или лапке штатива в слегка наклоненном положении. Закрепляют пробирку у самого края ее отверстия, которое должно быть направлено от себя и от соседей. Осторожно, небольшим пламенем спиртовки прогревают всю про-



бирку. Для этого пробирку медленно проводят сквозь пламя от доньшка до отверстия и обратно, повторяют операцию 2–3 раза. Затем доводят до кипения верхний слой жидкости и все содержимое пробирки. При нагревании жидкости в пробирке необходимо помнить, что жидкость может выплеснуться из пробирки. Чтобы избежать этого, пробирку нужно держать наклонно и время от времени выносить и вносить в пламя спиртовки.

Нагревание на водяной бане

Водяные бани применяют только в тех случаях, когда требуется нагревание до температуры не выше 100 °С. Водяную баню следует заполнить водой на 2/3 объема, поставить на треножник и нагревать до кипения. Затем тигельными щипцами нужно снять кольца крышки так, чтобы осталось отверстие, по размеру близкое к диаметру нагреваемой колбы, и поставить в баню колбу с реакционной смесью. Во избежание ожога колбу нужно вынимать осторожно.

Сжигание твердых веществ

В металлическую ложечку для сжигания следует набрать вещество, а затем, держа ложечку за самый конец, внести его в пламя спиртовки. Нужно дождаться воспламенения вещества и убрать ложку из пламени, поместив ее в колбу для сгорания.

Взвешивание на электронных весах

При работе с электронными весами необходимо руководствоваться общими приемами взвешивания веществ. Предполагаемые порции взвешиваемых веществ необходимо помещать на фильтровальную бумагу, в бюксы или другую тару. Предварительно следует определить массу этой тары, установив показание массы на «0,00». Не рекомендуется добавлять или отбирать взвешиваемое вещество при включенных весах. В настоящее время широкое распространение получили портативные электронные весы (рис. 37).



Рис. 37. Портативные электронные весы

1.6. Химические реактивы, методы их разделения и очистки

Химические реактивы – вещества, применяемые в лабораториях для анализа и научных исследований, направленных на изучение свойств, превращений и способов получения различных соединений.

К химическим реактивам относятся как индивидуальные вещества, так и смеси веществ (например, петролейный эфир). Кроме того, химическими реактивами называются растворы довольно сложного состава специального назначения (например, реактив Фелинга).

В последние годы получил широкое распространение термин «*реактант*». Это общее название как исходных реагентов, так и продуктов реакции.

Химические реактивы рассматривают как системы, которые включают, помимо основного компонента, вещества, влияющие на их функциональные характеристики, – растворители, наполнители, носители. Именно поэтому исходные химические вещества, участвующие в химических реакциях при анализе и синтезе различных веществ, называют реагентами.

На упаковке реактивов обязательно должны быть этикетки, указывающие название, квалификацию чистоты, массу, номер ГОСТа, завод-изготовитель и другую информацию. Рассмотрим указанные характеристики реактивов более детально.

Чистота – важнейшая характеристика химических реактивов.

Чистое вещество содержит частицы только одного вида. Все чистые вещества имеют постоянные физические свойства, например, температуру плавления и кипения. Вещество не является чистым, если содержит *примеси* других веществ, изменяющие значения температур плавления, кипения, замерзания и др.

Единой общепринятой квалификации химических реактивов по чистоте нет. Наиболее часто используется квалификация, включающая 6 групп реактивов. Она представлена в порядке возрастания их чистоты (табл. 4).

Смеси состоят из двух или более веществ. Многие смеси могут быть разделены на составные части (*компоненты смесей*) на основании различия их физических свойств.

Наиболее часто используются следующие методы разделения смесей:

- фильтрование;
- отстаивание;
- декантация;



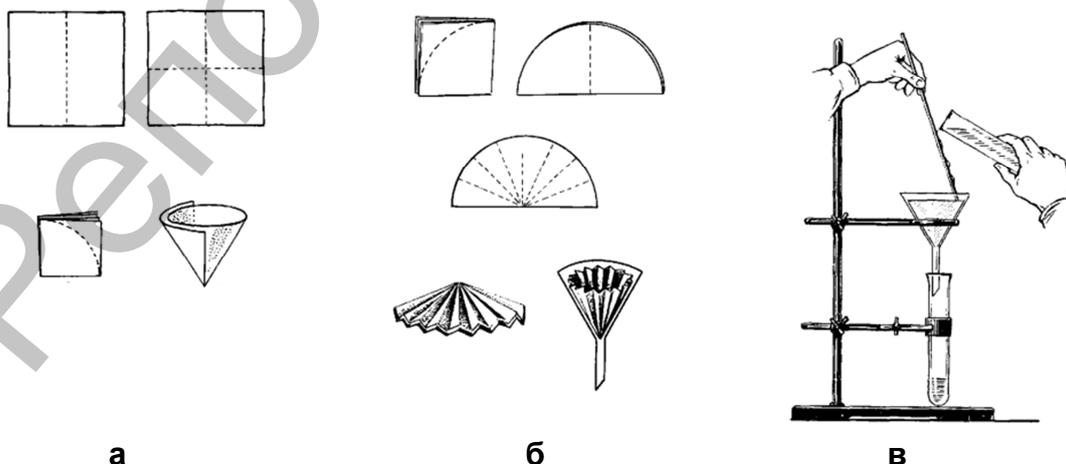
- разделение с помощью делительной воронки;
- центрифугирование;
- выпаривание;
- перекристаллизация;
- перегонка;
- экстракция;
- хроматография;
- возгонка и др.

Таблица 4

Квалификация химических реактивов по чистоте

Марка	Обозначение	Содержание основного вещества	Содержание примесей	Цвет полосы на упаковке
Технический	тех.	>95%		светло-коричневый
Чистый	ч.	>98%	0,1%	зеленый
чистый для анализа	ч.д.а.	>99%		синий
химически чистый	х.ч.	99,9%	10^{-3} – 10^{-5} %	красный
особой чистоты	ос.ч.	>99,9%	10^{-5} – 10^{-10} %	желтый

Фильтрование применяют для отделения жидкостей от взвешенных в ней мелких твердых частиц. Метод основан на процеживании жидкости через мелкопористые материалы – *фильтры* (рис. 38). Они пропускают жидкость и задерживают на своей поверхности твердые частицы. Жидкость, прошедшая через фильтр и освобожденная от находившихся в ней твердых примесей, называется *фильтратом*. В качестве фильтров могут быть использованы фильтровальная бумага, вата или даже ткань.



а

б

в

Рис. 38. Приготовление фильтров и фильтрование:
а – приготовление гладкого фильтра, б – приготовление складчатого фильтра, в – процесс фильтрования



Иногда используют метод *фильтрования под вакуумом*. Этот метод позволяет осуществлять фильтрование гораздо быстрее и более тщательно отделить осадок от фильтрата. Для этой цели собирают прибор для вакуумного фильтрования (рис. 39).

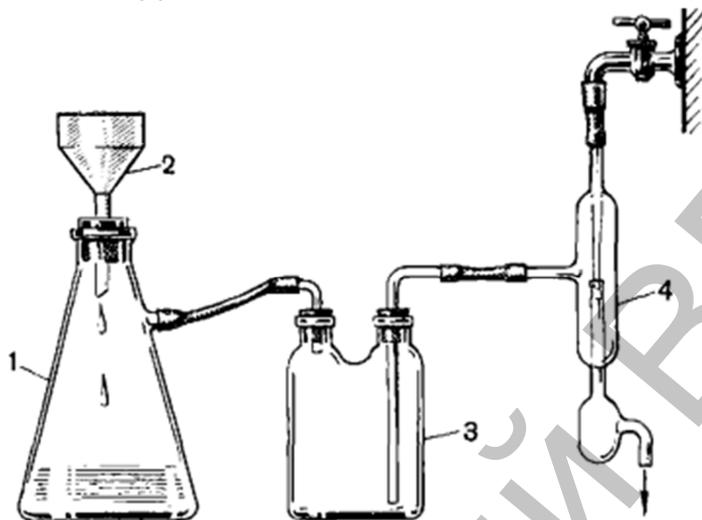
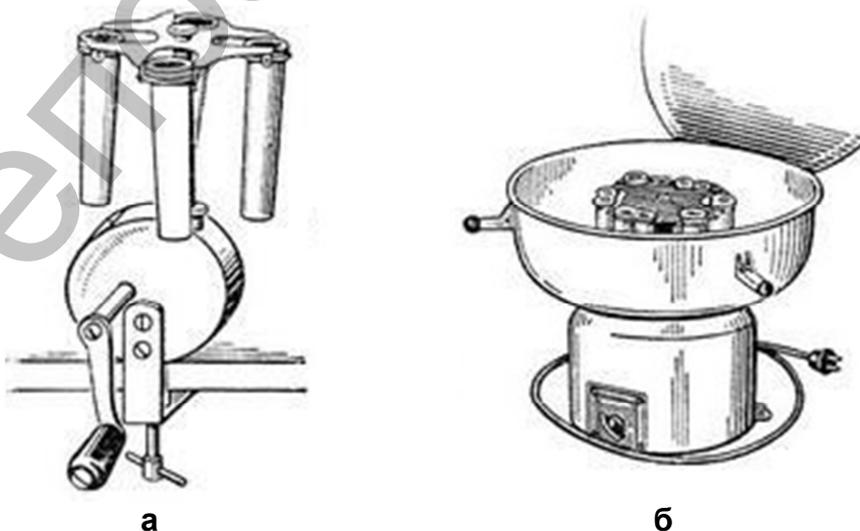


Рис. 39. Фильтрование под вакуумом:

1 – колба Бунзена, 2 – воронка Бюхнера, 3 – предохранительная склянка, 4 – водоструйный вакуум-насос

Декантация – метод, основанный на отстаивании твердых частиц и последующем сливании жидкости (фильтрата). Этот метод следует использовать, если твердое вещество имеет большую плотность, чем жидкость.

Центрифугирование используется для ускорения процесса отделения очень мелких частиц, образующих в жидкости устойчивые суспензии или эмульсии. Этим методом можно разделить смеси жидких и твердых веществ, различающихся по плотности. Разделение проводится в ручных или электрических центрифугах (рис. 40).



а

б

Рис. 40. Центрифуги:
а – ручная, б – электрическая



Разделение двух несмешивающихся жидкостей, имеющих различную плотность и не образующих устойчивых эмульсий, можно осуществить с помощью делительной воронки (рис. 41). Например, этим методом можно разделить смесь бензола и воды. Слой бензола (плотность $0,879 \text{ г/см}^3$) располагается над слоем воды, которая имеет большую плотность ($1,0 \text{ г/см}^3$). Открыв кран делительной воронки, следует аккуратно слить нижний слой и отделить одну жидкость от другой.



Рис. 41. Разделение двух несмешивающихся жидкостей

Выпаривание (рис. 42) – это метод, предусматривающий удаление растворителя (чаще всего воды) из раствора при его нагревании в выпарительной чашке. При этом выпариваемая жидкость удаляется, а растворенное вещество остается в выпарительной чашке.

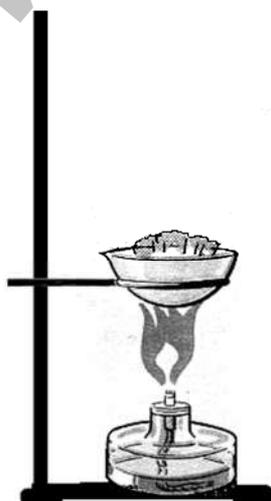


Рис. 42. Выпаривание

Перекристаллизация – метод очистки твердых веществ, основанный на различной зависимости растворимости веществ и загрязняющих его примесей от температуры. В ходе этого метода готовят



насыщенный раствор очищаемого вещества при повышенной температуре. Для удаления нерастворимых примесей полученный раствор фильтруют через воронку для горячего фильтрования и охлаждают до низкой температуры. В результате охлаждения растворимость очищаемого вещества понижается, оно выпадает в осадок, а растворимые примеси остаются в растворе. Выпавшие кристаллы отделяют и высушивают.

Перегонка – способ очистки жидкого вещества, основанный на различных температурах кипения этого вещества и примесей. Перегоняемая жидкость доводится до кипения с последующей конденсацией образовавшихся паров. Перегонка воды называется *дистилляцией*, а сама очищенная вода – *дистиллированной*.

Экстракция – метод извлечения вещества из смеси, заключающийся в его переводе из твердой или жидкой фазы в другую, жидкую фазу, называемую *экстрагентом*. В целом данный метод основан на способности растворителя (экстрагента) селективно (избирательно) растворять компоненты разделяемой смеси.

Хроматография – метод разделения и анализа смесей веществ, а также изучения их физико-химических свойств. Он основан на распределении веществ между двумя фазами – неподвижной (твердая фаза или жидкость, связанная на инертном носителе) и подвижной (газовая или жидкая фаза). Название метода связано с тем, что первые эксперименты по хроматографии были направлены на разделение ярко окрашенных растительных пигментов.

Возгонка – процесс очистки веществ, которые при нагревании могут переходить из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое состояние. Затем пары очищаемого вещества конденсируются, а примеси отделяются.



1.7. Работа с газами

Получение газов

В лабораторных условиях газы получают следующими способами:

- 1) разложением твердого вещества при нагревании;
- 2) взаимодействием твердого вещества с жидкостью при нагревании и без него;
- 3) реакцией между несколькими твердыми веществами при нагревании.

Приборы для получения газов

Для получения газов *небольших объемов* используют лабораторный аппарат Кирюшкина (рис. 43).

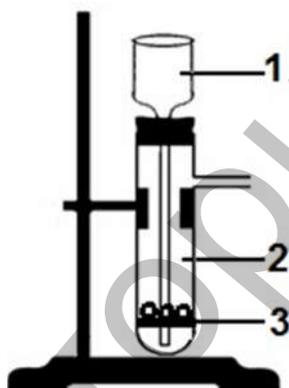


Рис. 43. Аппарат Кирюшкина:

1 – воронка; 2 – пробирка; 3 – резиновый диск

Для того чтобы зарядить аппарат Кирюшкина, необходимо поднять цилиндрическую воронку (1) с пробкой и прокладкой и через верхнее отверстие загрузить в пробирку (2) гранулы твердого вещества, которое помещается на резиновый диск (3). Затем закрыть пробирку пробкой с вставленной в нее цилиндрической воронкой. Через эту воронку подать реагирующую жидкость, чтобы она покрыла твердое вещество.

Аппарат Киппа (рис. 44) состоит из основного сосуда (1) с шаровой частью – реактором и полушаровой опорной частью. Верхнее отверстие реактора предназначено для установки массивной воронки (2) шаровидной формы с утончающимся стеблем, достигающим почти до дна основания. В опорной части основного сосуда имеется нижний тубус (3) для слива жидкости при разборке. В шарообразной части реактора имеется верхний тубус (4) с установленным краном для отвода газа. В узкой части реактора располагается диск (5) для размещения твердого вещества.

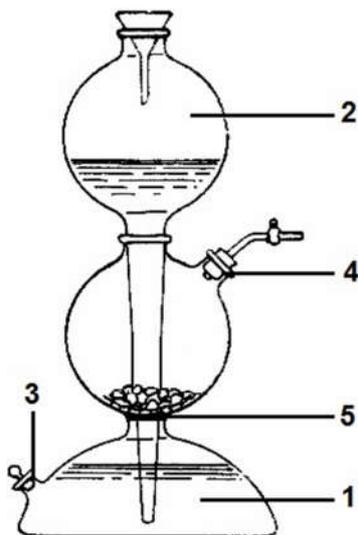


Рис. 44. Аппарат Киппа:

1 – основной сосуд; 2 – воронка; 3 – нижний тубус для слива раствора;
4 – верхний тубус с установленным краном; 5 – диск

Порядок сборки аппарата Киппа.

1. Нижний тубус закрывают пробкой.
2. В реактор помещают диск для размещения твердых реагентов и через верхний тубус засыпают твердый реагент, например гранулы цинка.
3. Верхний тубус закрывают пробкой с газовым краном, который должен быть открыт.
4. В верхнее отверстие шаровой воронки помещают химическую воронку, через которую заливают кислоту. Кислоту льют до тех пор, пока уровень ее в реакторе поднимается выше поверхности твердого вещества на 1–1,5 см.
5. Закрывают газовый кран. Если прибор герметичен, то под давлением выделяющегося газа жидкость быстро вытесняется из реактора в воронку.
6. Вновь открывают газовый кран для удаления из полости реактора воздуха в смеси с полученным газом. Затем его закрывают и так повторяют 4–5 раз. Это действие обеспечивает безопасность при получении водорода.

Порядок разборки аппарата Киппа.

1. Убирают все источники пламени.
2. Подготавливают сосуд для слива кислоты.
3. Наклоняют аппарат и открывают сливную пробку. Сливают кислоту. Для ускорения слива кислоты открывают газовый кран на реакторе. После слива кислоты снимают газовый кран.
4. Закрывают пробку сливного отверстия и заливают воду для промывки полости аппарата от кислоты. Сливают воду в канализацию. Еще раз повторяют эту операцию.



5. Завершают разборку аппарата: снимают воронку, промывают части аппарата с моющим средством, высушивают в сушильном шкафу, собирают аппарат для хранения, заложив в конуса соединений полоски бумаги.

Для получения газов разложением твердых веществ используют прибор, изображенный на рис. 45. Пробирку с подобранной резиновой трубкой следует закрепить в лапке штатива вертикально, наклонно или горизонтально в зависимости от условий эксперимента. Газоотводную трубку необходимо направлять вверх или вниз в зависимости от плотности получаемого газа. Газы тяжелее воздуха собирают в пробирку-приемник, направленную вниз дном, а газы легче воздуха собирают в пробирку-приемник, ориентированную вверх дном. Пробирку с твердым веществом прогревают пламенем по всей поверхности, а затем нагревают только ту часть, в которой находится разлагаемое твердое вещество.



Рис. 45. Прибор для разложения твердых веществ

Токсичные газы получают только под тягой в приборе, изображенном на рис. 46.

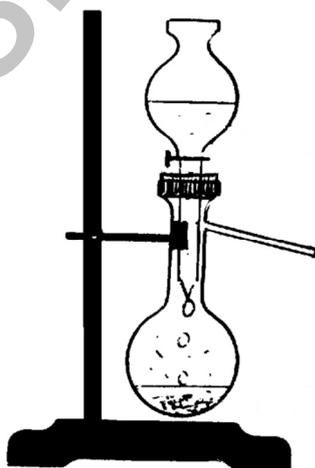


Рис. 46. Прибор для получения токсичных газов

Твердые реагенты помещают в колбу Вюрца и закрепляют ее в лапке штатива. В горлышко колбы Вюрца вставляют пробку с вмонтированной в нее капельной воронкой, в которую помещают второй жидкий реагент. Для получения газа необходимо открыть кран



капельной воронки и по каплям добавлять жидкость в колбу Вюрца. Иногда реакционную смесь подогревают пламенем спиртовки.

Хранение газов

Для собирания, хранения и расходования газов, малорастворимых в воде, не дающих с воздухом взрывчатых смесей, используют газометр (рис. 47). В газометре хранят газы, малорастворимые в воде и не взаимодействующие с ней. К таким газам относятся кислород и азот. Нельзя хранить в газометре такие газы, как водород, метан, ацетилен, оксид углерода(II).

Газометр состоит из цилиндрического сосуда вместимостью 5 дм³ газа, фигурной массивной воронки с краном и съемным стеблем в виде конической трубки. Части воронки соединяются шлифованными конусами. Таким же способом соединяется воронка с сосудом. Сосуд оснащен двумя тубусами: верхним для установки газового крана и нижним для установки пробки, предназначенной для заполнения прибора газами и слива жидкости при разборке. Дополнительной деталью комплекта является газовый кран без пробки.

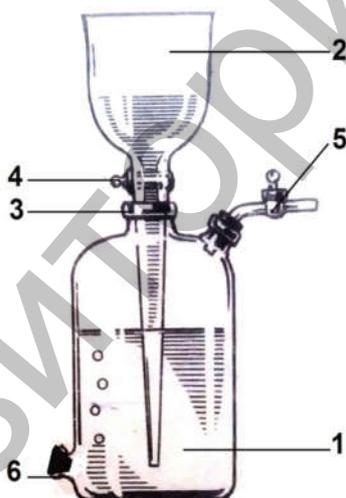


Рис. 47. Устройство газометра:

1 – основной сосуд; 2 – воронка; 3 – соединение стебля воронки с основным сосудом; 4 – кран воронки; 5 – газовый кран, соединенный с верхним тубусом с помощью резиновой пробки; 6 – нижний тубус, через который идет заполнение прибора газами

Порядок сборки и заполнения газометра

1. Закрывают пробкой нижнее отверстие сосуда газометра.
2. Заполняют сосуд газометра водопроводной водой через тубус для газового крана. В конце наполнения сосуда прибор наклоняют для полного изгнания водой пузырьков воздуха и устанавливают пробку с открытым газовым краном, закрывают его, затем газометр ставят вертикально.

3. Закрывают кран на воронке и открывают пробку с нижнего тубуса. Если прибор герметичен и все операции проведены верно,



то выльется очень немного воды. В противном случае следует искать причины отсутствия герметичности (открыт один из кранов, плохо уплотнены пробки или шлифованные поверхности).

4. Вставляют в нижний тубус трубку от прибора, в котором получают газ (кислород). Газом заполняют примерно 3/4 высоты сосуда газометра. Далее закрывают нижний тубус пробкой. На этом операция заполнения считается завершенной.

5. Для использования газа, собранного в прибор, его вытесняют водой, наливаемой в сосуд через кран воронки.

Собирание газов

Способ собирания определяется свойствами газа.

Если газ не взаимодействует с водой и незначительно растворяется в ней, то его собирают *методом вытеснения воды* (рис. 48). В противном случае газ собирают *методом вытеснения воздуха* (рис. 49).



Рис. 48. Собирание газа над водой

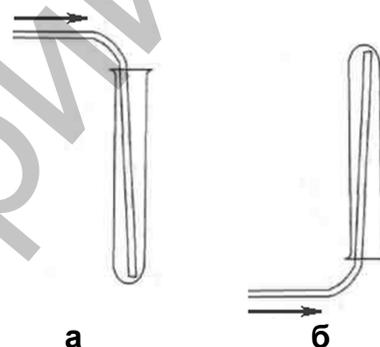


Рис. 49. Собирание газа вытеснением воздуха: а – газ тяжелее воздуха; б – газ легче воздуха

Если плотность газа больше плотности воздуха, то сосуд-приемник необходимо располагать отверстием вверх (рис. 49а), а если газ легче воздуха, то сосуд-приемник должен быть перевернут и находиться в вертикальном положении (рис. 49б).

Очистка, сушка и поглощение газов

Получаемый газ может содержать пары воды, мелкие твердые частицы исходных веществ, а также различные другие газы. Все эти примеси должны быть удалены.

Очищают и высушивают газ теми веществами, которые с ним не реагируют, но взаимодействуют с удаляемыми примесями. Например, для удаления из водорода сероводорода применяют растворы окислителей (перманганат калия или дихромат калия). Для осушки оксида углерода(IV) используют концентрированную серную кислоту или оксид фосфора(V).



Для осушки газов серной кислотой применяют специальные склянки (рис. 50): склянки Тищенко и двугорлые склянки. В такую склянку на $1/3$ объема наливают концентрированную серную кислоту, через которую пропускают высушиваемый газ.

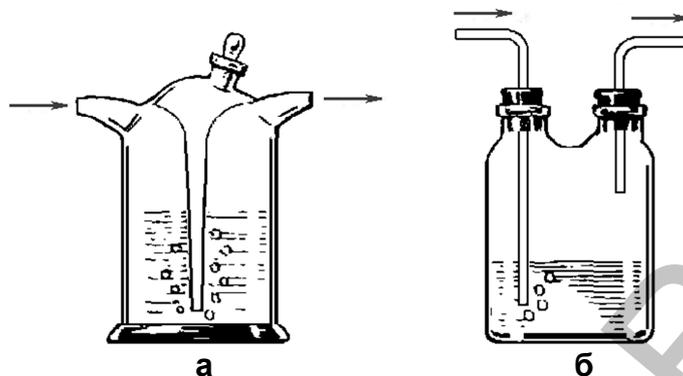


Рис. 50. Осушительные склянки:
а – склянка Тищенко; б – двугорлая склянка

Для осушения газов применяют не только жидкие, но и твердые вещества, помещая их в склянки Тищенко и хлоркальциевые трубки различной формы (рис. 51).

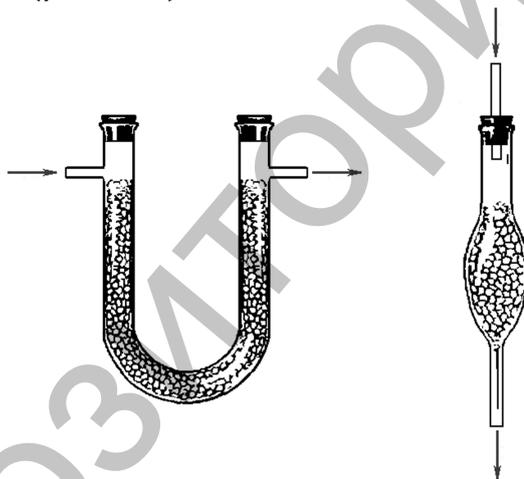


Рис. 51. Хлоркальциевые трубки

В качестве твердых осушителей газов обычно используют безводный хлорид кальция, твердые едкие щелочи, натронную известь (смесь гидроксидов кальция и натрия) и оксид фосфора(V). Перед входом и выходом газа помещают слой ваты для задержания частиц осушающего вещества, увлекаемых потоком газа. Наиболее удобными являются склянки Тищенко, которые загружают твердыми веществами, жидкостями или растворами, поглощающими газы.

Поглотительные склянки служат для защиты воздуха лаборатории от вредных и неприятно пахнущих газов. Установки для получения таких газов, как хлороводород, оксид серы(IV), хлор, аммиак, заканчиваются поглотительными склянками, заполненными водой (для аммиака) или раствором щелочи (для улавливания хлора, хлороводорода и оксида серы (IV)).



1.8. Оборудование для физико-химических методов исследования

Достоинства физико-химических методов анализа состоят в том, что они позволяют:

- обнаружить вещества с точностью до 10^{-10} – 10^{-5} %;
- быстро получить результат анализа (экспрессность);
- провести анализ на расстоянии (дистанционно), например, с помощью физико-химических приборов, установленных на луноходе, был исследован лунный грунт;
- автоматизировать процесс или его отдельные стадии;
- проводить исследования без разрушения образцов (недеструктивный анализ) и в конкретной точке (локальный анализ);
- компьютеризировать процесс анализа.

Общее число физико-химических методов анализа составляет несколько десятков. Наибольшее практическое значение имеют три группы таких методов.

1. **Спектроскопические методы** – основаны на взаимодействии вещества с электромагнитным излучением.

Примером часто используемого спектроскопического метода является фотоэлектроколориметрия (рис. 52), основанная на изучении поглощения света веществом в зависимости от его концентрации.



Рис. 52. Фотоколориметр КФК–3

Наиболее сложным в данной группе методов является ядерно-магнитно-резонансная спектроскопия (ЯМР-спектроскопия) (рис. 53), позволяющая устанавливать строение сложных частиц и идентифицировать химические соединения. Этот метод основан на взаимодействии между электронами и ядрами атомов, а также между



внешними и внутренними электронами, обуславливающими сверхтонкую структуру их спектров.

2. **Электрометрические (электрохимические) методы** – базируются на использовании электрохимических процессов (гальванические элементы, электролиз). Широко применяется метод ионометрии, позволяющий количественно определять концентрацию катионов и анионов в водных растворах веществ. Наиболее часто с помощью этого метода определяют рН среды (рис. 54).



Рис. 53. ЯМР-спектрометр Bruker AVANCE IIIТМ



Рис. 54. рН-метр Эксперт



3. **Хроматографические методы** – основаны на разделении смесей веществ или частиц в системе, состоящей из несмешивающихся и движущихся друг относительно друга фаз. В зависимости от агрегатного состояния подвижной фазы выделяют газовую и жидкостную хроматографию (рис. 55).

Таким образом, сложные физико-химические приборы открывают целый комплекс новых возможностей исследования веществ и их структурных частиц.



Рис. 55. Жидкостной хроматограф Agilent 1260 Infinity LC



ГЛАВА 2. ХИМИЯ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

2.1. Основные этапы истории развития химической науки

Таблица 5

Основные этапы в истории развития химии

Название этапа и период	Характеристика периода	Ученые – представители периода
Преалхимический период (от начала цивилизации до IV в. н.э.)	– накопление практических знаний о металлах (медь, свинец, олово, железо, золото, серебро и ртуть) и способах их получения, появление ремесленной химии	
	– возникновение натурфилософии – первых философских представлений о природе вещества и происхождении его свойств	Фалес Милетский, Ксенофан, Гераклит Эфесский, Анаксимандр, Эмпедокл
	– появление учения Аристотеля о четырех стихиях (огонь, воздух, земля, вода), в ходе смешивания которых образуются «тела» с новыми свойствами	Аристотель, Платон
	– возникновение античного атомизма – учения о том, что «тела» состоят из химически неделимых частиц – атомов	Левклипп, Демокрит, Эпикур, Тит Лукреций Кар
Алхимический период (IV–XVII вв.)	– соединение античной натурфилософии и практических знаний древнеегипетских жрецов о веществах и их свойствах, зарождение новой науки – химии, появление металлопланетной химической символики	Болос Демокритос, Олимпиодор
	– возникновение идеи о философском камне – гипотетическом веществе, способном превращать неблагородные металлы в совершенные (золото и серебро)	Зосима Панополит
	– создание основных теорий алхимии, ее понятийного аппарата, разработка техники проведения лабораторного эксперимента	Джабир ибн Хайан (Гебер)



Продолжение табл. 5

	– обоснование новой задачи алхимии – получения лекарственных препаратов	Абдаллах ибн Сина (Авиценна)
	– мистификация основных алхимических теорий и одновременно развитие знаний о свойствах веществ (открытие фосфора, царской водки, получение соляной кислоты и этилового спирта)	Альберт фон Больштедт (Альберт Великий), Роджер Бэкон, Василий Валентин
	– возникновение технической химии (развитие металлургии и горного дела) и иатрохимии (поиск эликсира жизни и приготовления лекарств)	Георг Бауэр (Агрикола), Филипп фон Гогенгейм (Парацельс), Иоганн Глаубер
Период становления (XVII–XVIII вв.)	– обоснование роли эксперимента как ведущего метода познания в естественных науках, развитие экспериментального естествознания	Фрэнсис Бэкон, Рене Декарт
	– становление химии как науки, основная цель которой – изучение состава вещества и зависимости от него свойств вещества	Роберт Бойль
	– возникновение первой научной теории в химии – теории флогистона («материального начала всех горючих тел»)	Иоганн Бехер, Георг Шталь
	– изучение химии газов, открытие кислорода и водорода, создание кислородной теории горения	Карл Шееле, Джозеф Пристли, Антуан Лоран Лавуазье, Генри Кавендиш
	– создание системы химической номенклатуры и издание учебника Лавуазье «Элементарный курс химии», что ознаменовало «революцию в химии»	Антуан Лоран Лавуазье, Клод Луи Бертолле, Гитон де Морво, Антуан де Фуркруа
Период количественных законов (атомно-молекулярная теория) (1789–1860 гг.)	– открытие стехиометрических законов (законы эквивалентов, постоянства состава, сохранения массы вещества)	Антуан Лоран Лавуазье, М.В. Ломоносов, М.В. Рихтер, Жозеф Луи Пруст
	– экспериментальное подтверждение атомной гипотезы строения вещества	Джон Дальтон



2.1. Основные этапы истории развития химической науки

Продолжение табл. 5

	– создание системы химических знаков на основе латинских названий элементов, дальнейшее открытие стехиометрических законов (закон объемных отношений газов, закон Авогадро)	Йёнс Якоб Берцелиус, Жозеф Гей-Люссак, Амедео Авогадро
	– разработка теоретических основ электрохимии	Гэмфри Дэви, Майкл Фарадей
Период классической химии а) периодическая система химических элементов (1860 г. – конец XIX в.)	– первые попытки систематизации элементов (спираль Шанкуртуа, законы триад, октав, таблицы сходных элементов)	Йоганн Дёберейнер, Александр де Шанкуртуа, Джон Ньюлендс, Лотар Мейер
	– открытие периодического закона и периодической системы химических элементов	Д.И. Менделеев
	– подтверждение периодического закона (открытие предсказанных элементов)	Лекок де Буабодран, Фредерик Нильсон, Александр Винклер
б) структурная химия (конец XIX в.)	– возникновение структурной химии, в основу которой положена концепция о зависимости свойств вещества от его состава и строения, открытие изомерии	Юстус Либих, Фридрих Вёлер
	– создание основных теорий структурной химии (теории сложных радикалов, типов и валентности)	Жан Батист Дюма, Фредерик Жерар, Огюст Лоран, Эдуард Франкленд
	– теория химического строения	А.М. Бутлеров
	– установление пространственного строения молекул (стереохимия)	Якоб Вант-Гофф
	– создание теории комплексных соединений (координационная химия)	Альфред Вернер
в) физическая химия – учение о химическом процессе (конец XIX в.)	– изучение тепловых эффектов химических реакций, возникновение термохимии	Г.И. Гесс
	– разработка теоретических основ химической термодинамики	Джозайя Гиббс
	– создание химической кинетики, теории химического равновесия и катализа	Якоб Вант-Гофф, Анри Ле Шателье
	– разработка учения о растворах и создание теории электролитической диссоциации	Д.И. Менделеев, Франсуа Рауль, Вильгельм Оствальд, Сванте Аррениус, Вальтер Нернст



Окончание табл. 5

Химия XX века	– установление делимости атома на основании открытия электрона и радиоактивности	Уильям Крукс, Джордж Стоуни, Антуан Беккерель, Пьер Кюри, Мария Склодовская-Кюри
	– разработка первых моделей строения атома, ядерной модели атома и боровской модели атома на основе квантовой гипотезы	Хантаро Нагаока, Уильям Томсон, Джозеф Томсон, Филипп фон Ленард, Эрнест Резерфорд, Нильс Бор
	– открытие закона Мозли, разработка теории периодичности на основании представлений о строении электронных оболочек атомов	Генри Мозли
	– изучение строения электронных оболочек атомов (принцип Паули и правило Хунда)	Вольфганг Паули, Фридрих Хунд
	– создание теории химической связи	Рихард Абегг, Вальтер Коссель, Джилберт Льюис
	– возникновение теоретических основ квантовой химии	Альберт Эйнштейн, Луи де Бройль, Эрвин Шрёдингер, Вернер Гейзенберг
	– разработка представлений о природе химической связи на основе квантово-механического подхода к строению атома	Вальтер Гейтлер, Фриц Лондон, Лайнус Полинг, Роберт Малликен, Эрик Хюккель

2.2. Современные направления развития химии

Успехи развития химии на современном этапе во многом предопределили научные открытия, сделанные к середине 30-х годов XX века. К наиболее важным из них относятся открытия в области химической термодинамики, теории строения атома и химической связи с позиции квантовой химии.

Развитие химической науки в настоящее время связано с:

- прогнозированием свойств на основе широкого использования компьютерных методов и дискретной математики при проведении разнообразных количественных расчетов;
- появлением широкого спектра новых аналитических методов исследования (главным образом физико-химических);
- интеграцией химии с другими науками, обусловившей появление новых наук (например, биологической химии);
- дифференциацией химии и выделением самостоятельных наук (координационной химии, кристаллохимии, электрохимии, химии высокомолекулярных соединений).

Рассмотрим основные современные направления химической науки и области их практического использования.

1. *Химия высоких энергий* по праву считается одним из важнейших направлений современной науки химии. Она изучает химические и физико-химические процессы, происходящие в веществе при воздействии нетепловыми энергетическими агентами (ионизирующим излучением, светом, плазмой, ультразвуком, механическим ударом и др.). Основные разделы химии высоких энергий сегодня выделились в самостоятельные отрасли химической науки. Среди них:

- *фотохимия* – часть химии высоких энергий, изучающая свойства молекул в возбужденных состояниях и фотохимические реакции, протекающие под действием света;
- *плазмохимия* – рассматривает химические и физико-химические процессы в низкотемпературной плазме;
- *химия процессов при сверхвысоких давлениях*;
- *криохимия* – исследует превращения в жидкой и твердой фазах при низких и сверхнизких (ниже 70 К) температурах. Например, криохимический синтез солеобразных прекурсоров (исходных реагентов) стал основой получения самых разных материалов (высокопрочной керамики, пигментов, сорбентов, катализаторов и др.);



- *сонохимия* – рассматривает взаимодействие мощных акустических волн и возникающие при этом химические и физико-химические эффекты;
- *механохимия* – изучает физико-химические процессы, приводящие к изменению свойств веществ и их смесей при механических воздействиях (в мельницах, вальцах и др.), а также при деформировании, ударном сжатии и трении (трибохимия);
- *магнетохимия* – исследует зависимость между магнитными свойствами и химическим строением веществ, а также влияние магнитного поля на химические свойства веществ и их реакционную способность.

2. *Нанохимия* является новым научным направлением в химии, открывающим перспективы для конструирования веществ на молекулярном уровне. В основу нанохимии положено представление о необычности свойств веществ и материалов, образованных частицами с размерами 1–10 нм. Эти частицы называются наноструктурами (от лат. *nanus* – «карлик» или греч. *νᾶνος* – «гном»). 1 нм = 0,000 000 001 м (10^{-9} м).

Изучение свойств наноструктур, поиск методов их синтеза и возможностей широкого практического использования привели к возникновению целой nanoиндустрии, управляемой нанонаукой. Очевидно, что нанонаука развивается на стыке химии, физики, материаловедения и современных компьютерных технологий.

Достижения нанонауки и nanoиндустрии в целом имеют колоссальную практическую значимость. Использование наноматериалов в электронике позволит увеличить емкость запоминающих устройств в тысячу раз, а значит, уменьшить их размер. Установлено, что введение в организм наночастиц золота в сочетании с рентгеновским облучением подавляет рост раковых клеток. При этом роль наночастиц сводится к поглощению рентгеновского излучения и направлению его на опухоль. Наночастицы активно используют для доставки лекарств к тканям организма и увеличения эффективности всасывания труднорастворимых лекарственных препаратов. Считается, что нанонаука поможет решить многие задачи создания экологически чистых материалов.

3. *Супрамолекулярная химия* – одна из самых молодых и в то же время бурно развивающихся областей химии. Термин «супрамолекулярная химия» и основные понятия этой области науки были введены французским ученым Ж.-М. Леном только в 1978 г. При этом сам термин «супермолекула» появился в его работах немного ранее – в 1973 г.



Супермолекулы состоят из нескольких комплементарных фрагментов, геометрически и химически соответствующих друг другу. Строение супермолекул определяется структурой каркаса молекулы «хозяина», а функциональные свойства – природой «гостя». В полостях каркаса молекулы «хозяина» размещены атомы «гостя». Гостевые атомы не связаны с каркасом ковалентными связями. Роль ковалентных связей в супермолекулах играют межмолекулярные взаимодействия.

Таким образом, для создания прочных супрамолекулярных соединений необходимо как совпадение размеров «крышки» и «бочки», так и образование между ними развитой системы водородных связей (рис. 56).

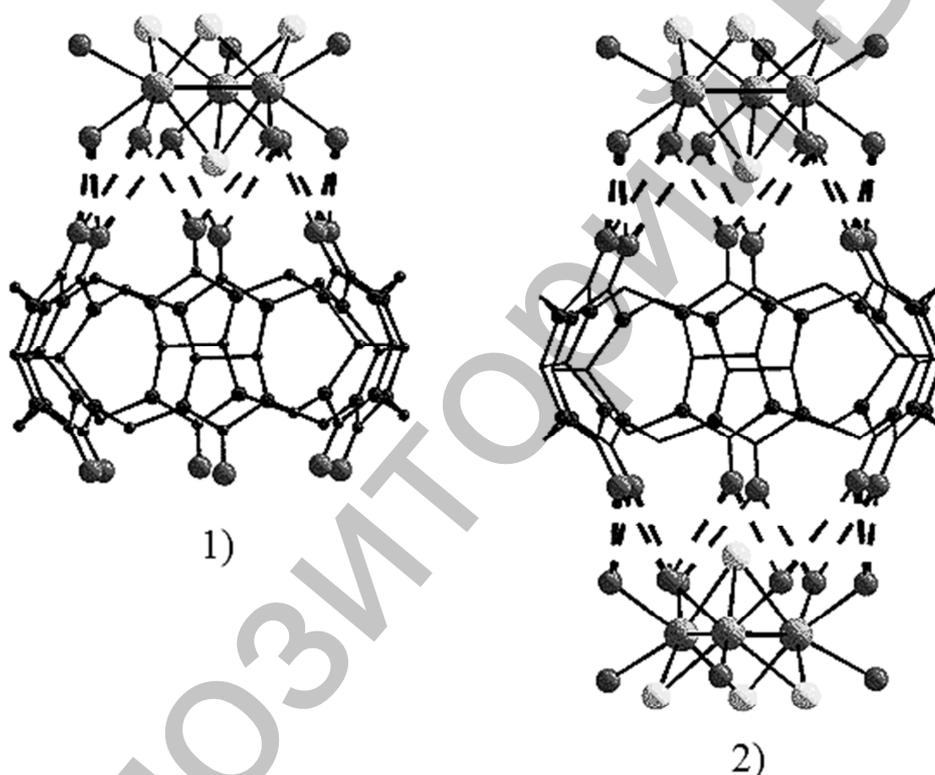


Рис. 56. Модель супермолекулы «бочки»: 1) с одной «крышкой», 2) с двумя «крышками». Пунктиром показаны водородные связи

Супрамолекулярная химия, по определению Ж.-М. Лена, представляет собой химию молекулярных ансамблей и межмолекулярных связей. Уточняя это определение, ученый указывает, что супрамолекулярная химия – это «химия за пределами молекулы», изучающая структуру и функции ассоциаций двух или более химических частиц, удерживаемых вместе межмолекулярными силами.

Следует отметить, что многие идеи супрамолекулярной химии возникли задолго до ее появления как самостоятельной науки.



Молекулярные ассоциаты, природа водородных связей и межмолекулярные взаимодействия в химии были известны давно.

Основные достижения в супрамолекулярной химии и перспективные области ее использования связаны с процессами молекулярного распознавания и образования новых структур за счет процессов «самосборки» и «самоорганизации». Наиболее яркое проявление этих процессов в живой природе – самосборка молекул нуклеиновых кислот и матричный синтез белков. Казалось бы, данные процессы были также хорошо изучены в биологии, но именно они помогают осознать огромную значимость супрамолекулярной химии как нового научного направления.

Основная роль этой науки состоит в том, что она направляет весь арсенал традиционной химии и все современные физико-химические методы исследования на создание принципиально новых химических объектов, имеющих огромную теоретическую и практическую значимость. Примечательно, что такие объекты могут быть созданы из самособирающихся наноструктурированных материалов. Таким образом, исследования в области супрамолекулярной химии переплетаются с нанохимией.

4. «Зеленая химия» – научное направление в химии, к которому можно отнести любое усовершенствование химических процессов, позитивно влияющее на состояние окружающей среды. По сути, «зеленая химия» – это целая философия, призванная уменьшить и предотвратить загрязнение окружающей среды.

Впервые концепция «зеленой химии» была сформулирована П. Анастасом и Дж. Уорнером в 1998 г. Как новое научное направление «зеленая химия» сформировалась уже в 90-е годы XX века. В настоящее время идеи «зеленой химии» выходят за рамки самой химии и распространяются на различные области от энергетики до устойчивого развития общества.

Среди современных направлений развития «зеленой химии» можно выделить три основные группы: 1) новые экологически безопасные способы синтеза; 2) заменители традиционных органических растворителей; 3) методы получения химических продуктов на базе возобновляемых источников сырья (например, из биомассы, а не из нефти) и энергии.

Практическая реализация обозначенных направлений «зеленой химии» приводит к снижению затрат на производство, поскольку исключаются затраты на переработку побочных продуктов и утилизацию отходов, которые даже не образуются. Все это приводит к сокращению числа производственных стадий и снижению потребления энергии.



Практическое использование достижений современной химии определило *развитие биологии, медицины и фармации*. Сбылись слова великого Н. Бора. Он еще в 50-х гг. XX века предсказывал, что в недалеком будущем наиболее интенсивное проникновение в тайны природы станет прерогативой не физики, а биологии.

Малые размеры наночастиц позволяют им проникать в капилляры, ткани и клетки. Развитая поверхность наночастиц обеспечивает возможности для получения новых наноматериалов с нетоксичной защитной оболочкой. На их основе создаются «наноконтейнеры», предназначенные для доставки лекарств при лечении онкологических заболеваний. Таким образом, нанохимия способствует развитию медицины и разработке нового поколения лекарственных препаратов.

Широко используются нанотехнологии при *создании полупроводниковых материалов*. Важным достижением последних лет стало получение нановолокна. Этот тонкий материал имеет удивительные размеры. Ширина нановолокна может быть толщиной всего лишь 1 нм. В зависимости от того, из чего сделано нановолокно, оно может обладать свойствами проводника, полупроводника или изолятора. Изоляторы не проводят электрический ток, в то время как металлы являются хорошими проводниками тока. Полупроводники обладают средней проводимостью между проводниками и изоляторами. Однако если изолятор очень тонкий, то электроны могут переместиться с одной стороны проводника на другую. При этом в данном процессе он не проходит через структуру проводника, а туннелируется сквозь него.

Еще одно важное свойство на наноуровне приобретают проводники. Когда по ним идет электрический ток, то электроны сталкиваются с материалами вещества, из которого сделан проводник. Это приводит к выделению (потере) энергии в виде тепла. В нанопроводниках электроны могут перемещаться без столкновений и выделения тепла, то есть максимально эффективно.

К числу важнейших полупроводниковых материалов относится кремний. В настоящее время он широко используется во всей полупроводниковой технике: компьютерах, смартфонах, электронных устройствах.

Практическое значение сегодня приобретает гальванотехника, которая является разделом прикладной электрохимии, описывающим физические и электрохимические процессы, происходящие при осаждении катионов металла на каком-либо виде катода. Гальванотехника подразделяется на гальванопластику и гальваностегию. Гальванопластика представляет собой процесс осаждения металла на форме, позволяющий создавать идеальные копии ис-



ходного предмета. Гальваностегия – это электролитическое осаждение тонкого слоя металла на поверхности какого-либо металлического предмета или детали. Например, пленки никеля, соосажденного с бором, обладают целым спектром специфических свойств (прочностью, твердостью, устойчивостью к коррозии, электро- и теплопроводностью).

Еще одним важным прикладным направлением использования достижения химической науки является химия строительных материалов.

Основными современными материалами были и остаются вяжущие вещества – портландцемент, известь, гипс и др. Сегодня их дополняют нетрадиционные вяжущие на основе хромитов и магнетитов, а также их смеси, представляющие собой так называемые композиционные вяжущие материалы. Весьма перспективно получение пористых материалов щелочно-силикатного состава в виде плит либо гранул диаметром 3–10 мм. Материалы волокнистой структуры по праву занимают ведущее место среди теплоизоляционных строительных материалов.

Основные достоинства современных строительных материалов – легкость в употреблении, удобство в работе, экологическая чистота, широкая цветовая гамма, долговечность и экономическая доступность.

2.3. Из истории химического эксперимента

Химический эксперимент невозможен без использования специальной посуды, приборов и установок. По сути, все это «вторые руки» любого химика. Химическая посуда появилась не сразу. Алхимики, а потом и первые химики сначала создавали для каждого опыта особые, специфические сосуды из стекла, металла или керамики, которые затем уже не использовали. Лишь немногие виды химической посуды, самые удачные по конструкции, обретали новую жизнь, выходя из стен лаборатории, и часто получали имя своего изобретателя.

Широкое использование стеклянной химической посуды началось с 1634 г., когда немецкий алхимик-аптекарь Иоганн-Рудольф Глаубер стал оснащать свою аптеку сосудами разной формы и назначения.

Стекло было знакомо людям издавна. Ремесленники уже в древности выдували из него бутылки, графины, склянки, делали бусы и украшения. Стекло привлекло внимание алхимиков своей прозрачностью, что позволяло следить за ходом химической реакции. Кроме того, оно не боялось кислот (кроме фтороводородной кислоты) и растворов солей. Стекло разрушали только растворы и расплавы щелочей.

Первыми химическими сосудами были колбы, которые у алхимиков носили название «алембик» (рис. 57). Ими уже пользовался арабский ученый Джабир ибн Хайян (Гебер) в IX веке. Вслед за алембиком появилась реторта, которую до сих пор считают символом химического эксперимента и химии в целом. Это был первый перегонный аппарат, хотя не слишком удобный для использования. Действительно, налить в реторту жидкость или засыпать порошок стоило немалых трудов. Еще сложнее было извлечь из нее продукты химической реакции. Чаще всего реторту приходилось разбивать. Однако именно с помощью этой химической посуды впервые получили и очистили спирт и ацетон, серную и азотную кислоты и множество других веществ.

Значительно позже появились круглодонные и плоскодонные колбы, а вслед за ними конические колбы – «колбы Эрленмейера». Конические колбы придумал химик-аптекарь Эмиль Эрленмейер в 1859 г. для проведения аналитических исследований. По имени создателя эти колбы и получили свое название. Э. Эрленмейер впервые установил существование кратных химических связей, что способствовало установлению структуры многих химических соединений.

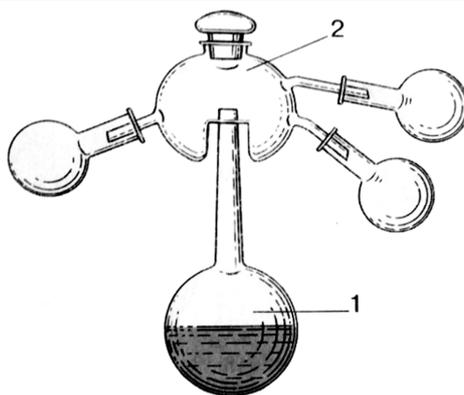


Рис. 57. Старинное устройство для перегонки:
1 – колба-алембик, 2 – насадка для сбора конденсата

Колбы, сделанные из толстого стекла и применяемые для вакуумного фильтрования, были изобретены немецким химиком Робертом Бунзеном в 1857 г. Своими исследованиями в области органической, физической и аналитической химии Р. Бунзен много содействовал развитию химических знаний и всюду умел предложить новые, оригинальные методы. При этом он был чужд всяких почестей, отличался редкой скромностью, а его феноменальная рассеянность вошла в поговорку. Наиболее значительным открытием Р. Бунзена (вместе с Густавом Кирхгофом в 1860 г.) стал спектральный анализ. Благодаря этому были открыты редкие элементы (рубидий, цезий и др.). В химических лабораториях до сих пор широко используют многие приборы, изобретенные Р. Бунзеном и носящие его имя, например, Бунзеновская горелка, Бунзеновский абсорбциометр и др.

Прибор для вакуумного фильтрования кроме толстостенной колбы Бунзена включает фарфоровую воронку Бюхнера, придуманную немецким химиком-органиком Эдуардом Бюхнером в 1898 г. Бюхнер – лауреат Нобелевской премии по химии за биохимические исследования внеклеточной ферментации (1907 г.).

Широкое использование в лабораторной практике получила круглодонная колба с боковым отростком. Предложил такую колбу французский химик Шарль-Адольф Вюрц в 1868 г. Колба Вюрца применяется для перегонки при атмосферном давлении, а также в лабораторных установках для получения газов. Вюрц разработал универсальный метод синтеза алканов действием металлического натрия на алкилгалогениды. В 1859 г. им был открыт этиленгликоль. Вюрц – один из основателей и президент Химического общества в Париже. Он был почетным членом почти всех научных обществ Европы.

Учителем Э. Эрленмейера, Ш. Вюрца и многих других выдающихся ученых по праву считается Юстус Либих. Он был создателем целой научной школы химиков. Научные работы



Ю. Либиха также касаются всех отраслей химии и естествознания в целом. Однако главная заслуга Ю. Либиха, несомненно, принадлежит органической химии: он исследовал почти все важнейшие органические кислоты. Ю. Либих модифицировал многие лабораторные приборы. Именно он сконструировал простой и эффективный холодильник Либиха, который применяется для перегонки и фракционного разделения до сих пор. Ученому удалось добиться потрясающих результатов: анализ, на который у других химиков уходило по два месяца, он делал за один день.

Исследования газов потребовали создания приборов для их получения, осушки и хранения. В 1853 г. голландский химик и аптекарь Петер-Якоб Кипп после многих неудачных попыток сконструировал прибор для получения газов при действии кислот на твердые вещества, названный «аппарат Киппа» и не потерял своего значения до наших дней, став неременной принадлежностью любой химической лаборатории. Любопытно, что основанное Киппом в начале XVIII в. предприятие по производству химического оборудования действует и по сей день. На логотипе «Kipp & Zonen» явно угадываются контуры того самого знаменитого аппарата Киппа (рис. 58).



Рис. 58. Логотип компании «Kipp & Zonen»

Для осушки и очистки газов служат склянки, носящие имя немецкого химика и физиолога Эмиля Дрекслея. Он изобрел их в 1837 г. В химической науке имя Э. Дрекслея связывают с изучением L-лизина (2,6-диаминогексановой кислоты), которую именно он впервые выделил из казеина в 1889 г.

Кроме склянок Дрекслея для тех же целей в химических лабораториях часто применяют склянки Тищенко. Эти приборы предложил русский химик-органик В.Е. Тищенко, который разработал рецептуру стекла для химической посуды. Кроме того, В.Е. Тищенко в 1899 г. предложил способ получения алкоголятов алюминия, а в 1906 г. открыл реакцию сложноэфирной конденсации.

Для хранения и использования больших объемов отдельных газов широко применяют газометры. Изобрел газометр шведский химик Йенс-Якоб Берцелиус. В возрасте 29 лет Й.-Я. Берцелиус был избран членом Шведской королевской академии наук, а спустя 2 года стал ее президентом. Он изучил более 2000 химических



соединений, открыл 3 новых элемента (церий, селен и торий). Й.-Я. Берцелиус по праву считается создателем химического языка, предложившим систему символов химических элементов, используемую до сих пор.

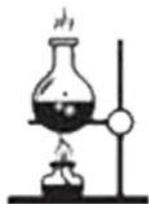
Напутствием для всех химиков-экспериментаторов стали строки Й.-Я. Берцелиуса, написанные им в 1838 г. в письме Либиху: «При обсуждении вопросов науки не должно быть ни врагов, ни друзей. Если Вы боретесь против того, что считаете ошибочным, не обращайтесь внимания на личность ошибающегося».

Тем, кто решил посвятить себя химической науке и обучению химии, следует с самого начала осознать, что только аккуратная и вдумчивая работа – залог вашего здоровья и долгой плодотворной деятельности. Об этом свидетельствует вся история химии.

В прошлом химики довольно беспечно относились к правилам безопасности. Даже обычные в наше время лабораторные халаты появились не так давно. На рисунках и фотографиях химических лабораторий XIX в. можно видеть сотрудников, работающих в одежде, не совсем подходящей для занятий химией. Так было принято и в лаборатории немецкого химика Клеменса Александра Винклера, профессора Фрейбургской горной академии. Его основные работы посвящены неорганической и аналитической химии. К.А. Винклер прославился открытием в 1886 г. нового элемента – германия.

От своих учеников известный ученый требовал аккуратности во всем. Он считал, что химик должен быть настолько ловким, чтобы работать даже во фраке. Поэтому когда один из его учеников осмелился прийти в лабораторию в фартуке (желая сберечь свой костюм от брызг кислот и щелочей), К.А. Винклер встретил его словами: «Уж не собираетесь ли вы здесь гасить известь?» – и заставил снять фартук!

Современные химические лаборатории, оборудованные самыми разнообразными приборами, во многом отличаются от своих предшественниц. Однако именно им и кропотливому труду многих поколений химиков, мы обязаны появлению химической посуды, приборов, техники химического эксперимента и правил безопасной работы.



ГЛАВА 3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

3.1. Виды химической посуды и ее очистка

3.1.1. Определение вида химической посуды и оборудования

Среди предложенных преподавателем образцов химической посуды и оборудования найдите: 1) мерную пипетку (определите, на какой объем она рассчитана); 2) круглодонную колбу; 3) бюретку; 4) плоскодонную колбу; 5) кристаллизатор; 6) воронку Бюхнера; 7) колбу Бунзена; 8) мерную колбу; 9) капельную воронку; 10) мензурку; 11) мерную колбу (и определите ее объем); 12) тигель; 13) колбу Вюрца; 14) эксикатор; 15) делительную воронку; 16) мерный цилиндр; 17) коническую колбу.

3.1.2. Очистка химической посуды

Очистите загрязненную химическую посуду водой, используя ершики. Сильно загрязненную химическую посуду очистите, применяя специально приготовленную хромовую смесь.

3.2. Очистка веществ перекристаллизацией и перегонкой

3.2.1. Перекристаллизация дихромата калия

Дихромат калия $K_2Cr_2O_7$, как правило, содержит примесь сульфата калия, от которого он может быть очищен методом перекристаллизации. Дихромат калия массой 9 г при растворении в воде объемом $12,3 \text{ см}^3$ при 80°C образует насыщенный раствор.

Отвесьте дихромат калия массой 9 г и поместите его в химический стакан из термостойкого стекла. С помощью мерного цилиндра отмерьте воду объемом $12,3 \text{ см}^3$ и вылейте ее в стакан с навеской дихромата калия.

Нагрейте стакан с приготовленной смесью до кипения, помешивая раствор стеклянной палочкой. Горячий раствор охладите, поместив стакан с раствором в чашку с холодной водой. Измерьте температуру охлажденного раствора.

Отфильтруйте на воронке Бюхнера образующиеся кристаллы, высушите между двумя листами фильтровальной бумаги и поставьте на 30–40 мин в сушильный шкаф, нагретый до 100°C . После охлаждения взвесьте полученный дихромат калия. Определите выход в процентах от теоретического.



Исследуйте очищенный дихромат калия и насыщенный раствор этой соли, оставшийся после отфильтрования выпавших кристаллов, на присутствие в них сульфата калия. Для этого подействуйте раствором соли бария и прибавьте 1–2 капли соляной кислоты (соляная кислота добавляется для того, чтобы вместе с сульфатом бария не выпал в осадок хромат бария).

3.2.2. Перегонка воды

Соберите прибор для перегонки жидкости (рис. 59).

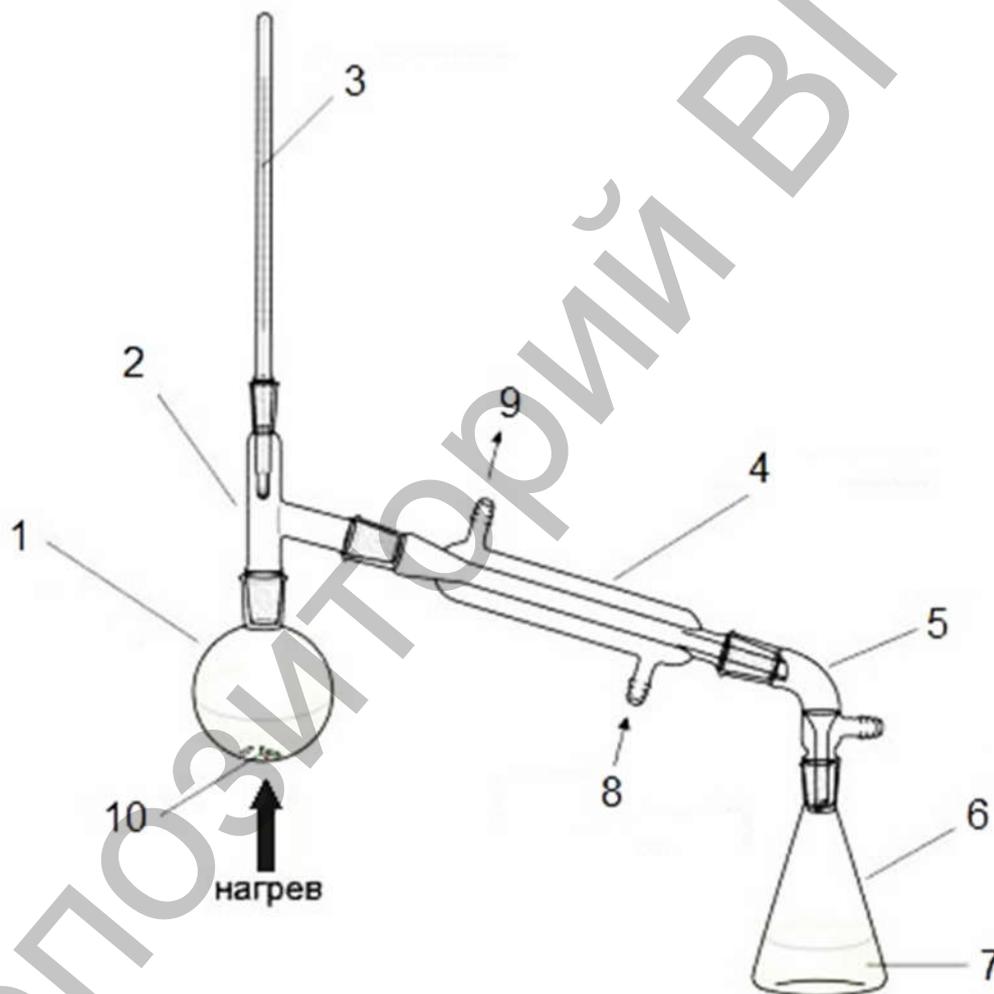


Рис. 59. Прибор для перегонки жидкости:

1 – круглодонная колба; 2 – насадка Вюрца; 3 – термометр; 4 – водяной холодильник; 5 – аллонж; 6 – колба-приемник; 7 – перегнанная жидкость; 8 – подача охлаждающей воды; 9 – отвод воды; 10 – «кипелки»

Заполните колбу Вюрца (можно использовать обычную круглодонную колбу и насадку Вюрца) на треть ее объема водопроводной водой и добавьте небольшой объем раствора сульфата меди(II). Для создания равномерного кипения добавьте несколько кусочков битого фарфора («кипелки»).



Укрепите колбу лапкой на штативе, под дно колбы подведите кольцо с асбестированной сеткой. В другом штативе закрепите водяной холодильник. Отводную трубку колбы (или насадку Вюрца) соедините с холодильником так, чтобы она входила в него на 4–5 см. Заполните холодильник водой. Закройте колбу Вюрца (или воронку Вюрца) пробкой, в которую вставлен термометр, таким образом, чтобы его ртутный шарик был немного ниже уровня отводной трубки колбы. Когда весь прибор будет собран, тщательно проверьте, хорошо ли подобраны пробки и правильно ли стоит термометр.

Подставьте колбу-приемник для сбора перегнанной жидкости (дистиллята) и нагрейте раствор до кипения. Соберите дистиллированную воду объемом 5–10 см³ воды и исследуйте ее свойства по сравнению с водопроводной водой. Для этого налейте на часовое стекло несколько капель полученной дистиллированной воды и выпарите ее на спиртовке. На другом стекле произведите ту же операцию с исходной водопроводной водой. Сделайте выводы.

3.3. Получение, соби́рание и хранение газов

Соберите прибор для получения газа, предложенного преподавателем. Обоснуйте устройство этого прибора, особенности очистки, сушки и соби́рания этого газа. Получите этот газ и докажете его присутствие на основе специфических свойств.



ГЛАВА 4. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В ХИМИИ

4.1. Основные виды математических расчетов, используемых в химии

1. Действия со степенями

Возведение числа a в степень n :

$$a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a}_n.$$

Число a называется основанием степени, а число n – показателем степени. Читается: a в степени n .

Примеры.

$$3^7 = 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 2187;$$

$$2 \cdot 10^3 = 2 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 2000.$$

Возведение числа в отрицательную степень:

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}.$$

Примеры.

$$2^{-4} = \frac{1}{2^4} = \frac{1}{16};$$

$$3^{-1} = \frac{1}{3};$$

$$5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot \frac{1}{10^3}.$$

Любое число в первой степени равно самому числу.

Любое число в нулевой степени равно единице.

$$a^1 = a;$$

$$a^0 = 1.$$

Свойства степеней

Произведение степеней

При умножении степеней с одинаковыми основаниями показатели степеней складываются, а основание остается без изменения.

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}.$$

Данное свойство действует на произведение любого числа степеней.

Примеры.

$$2^3 \cdot 2^5 = 2^{3+5} = 2^8;$$

$$3 \cdot 3^7 \cdot 3^4 = 3^1 \cdot 3^7 \cdot 3^4 = 3^{1+7+4} = 3^{12}.$$

Это свойство относится только к произведению степеней.



Если степени складываются, можно вынести за скобки общее слагаемое.

Пример.

$$2^3 + 2^5 = 2^3 + 2^{3+2} = 2^3 + 2^3 \cdot 2^2 = 2^3(1 + 2^2) = 8 \cdot (1 + 4) = 8 \cdot 5 = 40.$$

Частное степеней

При делении степеней с одинаковыми основаниями показатели степеней вычитаются, а основание остается без изменения.

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}.$$

Пример.

$$\frac{3^4}{3^3} = 3^{4-3} = 3^1 = 3.$$

Возведение степени в степень

При возведении степени в степень основание степени остается без изменения, а показатели перемножаются.

$$(a^m)^n = a^{m \cdot n}.$$

Примеры.

$$(4^3)^2 = 4^{3 \cdot 2} = 4^6;$$

$$(2^{-5})^3 = 2^{-5 \cdot 3} = 2^{-15} = \frac{1}{2^{15}}.$$

Степень произведения

При возведении произведения двух или более чисел в степень в данную степень возводится каждый множитель, а результаты перемножаются.

$$(a \cdot b \cdot c)^n = a^n \cdot b^n \cdot c^n.$$

Справедливо и обратное:

$$a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n.$$

Примеры.

$$(7 \cdot 2)^3 = 7^3 \cdot 2^3;$$

$$2^8 \cdot 5^8 = (2 \cdot 5)^8 = 10^8.$$

Степень частного

При возведении частного двух чисел в степень в данную степень возводится числитель и знаменатель отдельно и записывается как дробь.



$$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}.$$

Справедливо и обратное:

$$\frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n.$$

Примеры.

$$\left(\frac{5}{7}\right)^3 = \frac{5^3}{7^3};$$

$$\frac{6^4}{2^4} = \left(\frac{6}{2}\right)^4 = 3^4 = 81;$$

$$\frac{18,06 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3 \cdot 10^{23-23} = 3 \cdot 10^0 = 3 \cdot 1 = 3.$$

2. Десятичные дроби

Десятичной называется дробь, у которой знаменатель – число 10, 100, 1000 и т.д.

Записывается такая дробь в строчку, ее целая часть отделяется запятой.

Примеры.

$$\frac{1}{10} = 0,1. \text{ Читается: ноль целых одна десятая.}$$

$$\frac{3}{100} = 0,03. \text{ Читается: ноль целых три сотых.}$$

$$\frac{125}{1000} = 0,125. \text{ Читается: ноль целых сто двадцать пять тысячных.}$$

$$\frac{18}{10} = 1,8. \text{ Читается: одна целая восемь десятых.}$$

$$\frac{265}{100} = 2,65. \text{ Читается: две целых шестьдесят пять сотых.}$$

Действия с десятичными дробями

Для сложения и вычитания десятичных дробей в столбик целые части записывают под целыми так, чтобы запятые совмещались, справа дописывают нули, чтобы числа были одинаковой длины после запятой, а затем складывают или вычитают как целые числа, поставив запятую под запятой.



Пример.

$$\begin{array}{r} 3,251 \\ + 5,400 \\ \hline 8,651 \end{array}$$

При выполнении действий на калькуляторе никаких лишних нулей дописывать не надо.

Десятичные дроби легко умножать и делить на 10, 100, 1000 и т.д.

При умножении запятая просто переносится на столько единиц вправо, сколько нулей у множителя.

Примеры.

$$24,568 \cdot 100 = 2456,8;$$

$$1,54 : 10 = 0,154;$$

$$353,81 \cdot 100 = 35381.$$

Если при умножении не хватает справа нулей, чтобы перенести запятую, их просто дописывают. Если после запятой остались нули, то нули отбрасывают, а запятую не ставят.

Пример.

$$1,3 \cdot 100 = 1,30 \cdot 100 = 130.$$

Если при делении не хватает нулей, чтобы перенести запятую влево, их дописывают слева столько, чтобы слева от запятой было столько же знаков, сколько цифр в числе, на которое делят. Потом переносят запятую влево на столько знаков, сколько в числе, на которое делят.

Пример.

$$4,75 : 1000 = 0,00475.$$

Стандартный вид числа

Числа 10, 100, 1000 и т.д. называют степенью числа 10 и записывают

$$10 = 10^1; 100 = 10^2; 1000 = 10^3; 10000 = 10^4 \text{ и т.д.}$$

Показатель степени – это количество нулей после единицы.

Аналогично записывают десятичные дроби, только степень обозначают отрицательным числом, она показывает количество нулей в дроби слева от единицы.

Примеры.

$$0,1 = 10^{-1};$$

$$0,01 = 10^{-2};$$

$$0,001 = 10^{-3}.$$

Любая десятичная дробь может быть записана в виде $a, bc... \cdot 10^k$.

Десятичное число представляется в следующем виде: одна цифра целой части числа, затем запятая, дробная часть числа и



умножить на 10 в какой-то степени (положительной или отрицательной).

Такие записи часто встречаются в научных расчетах. Считается, что работать с ними еще удобнее, чем с обычной десятичной записью.

Примеры.

$$0,00475 = 4,75 \cdot 10^{-3};$$

$$285 = 2,85 \cdot 10^2.$$

3. Проценты и пропорции

Пропорции

Равенство двух отношений называется пропорцией.

Примеры.

$$\frac{9}{12} = \frac{12}{16};$$

$$\frac{5}{3} = \frac{15}{9};$$

$$5:1,5 = 15:4,5;$$

$$5:8 = 10:16.$$

Свойства пропорций:

1. Произведение крайних членов пропорции равно произведению ее средних членов.

Примеры.

$$2:3 = 4:6 \Leftrightarrow 2 \cdot 6 = 3 \cdot 4;$$

$$\frac{4}{8} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow 4 \cdot 2 = 8 \cdot 1.$$

2. Если в верной пропорции поменять местами средние члены или крайние члены, то получившиеся новые пропорции тоже верны.

Пример.

$$2:3 = 4:6 \Leftrightarrow 6:3 = 4:2 \Leftrightarrow 2:4 = 3:6.$$

Пропорции используются для решения задач, если один из ее членов неизвестен.

Пример.

Газ, взятый в количестве 6 моль, занимает объем 30 дм³. Какой объем занимает этот газ, взятый в количестве 5 моль?

Составим пропорцию:

$$6 \text{ моль} - 30 \text{ дм}^3,$$

$$5 \text{ моль} - x \text{ дм}^3.$$



Перемножим по диагонали:

$$6 \cdot x = 5 \cdot 30.$$

Разделим левую и правую часть на 6.

$$x = \frac{30 \cdot 5}{6} = 25.$$

Ответ: 25 дм³.

Проценты

Процент – это сотая часть числа или сотая доля числа.

Примеры.

$$\frac{1}{100} = 0,01 (1\%);$$

$$0,03 (3\%);$$

$$1 (100\%).$$

Нахождение процента от числа по известному проценту

Для нахождения процента от числа составляется пропорция.

Число принимается за 100%, а его часть – за x%.

Пример.

Найти, сколько процентов составляет число 5 от 25.

$$25 - 100\%,$$

$$5 - x\%.$$

Для нахождения неизвестной x проводится перекрестное умножение.

Числа умножаются попарно по диагонали и приравниваются.

$$25 \cdot x = 5 \cdot 100.$$

После этого левую и правую части делим на 25.

$$x = \frac{5 \cdot 100}{25} = \frac{500}{25} = 20\%.$$

Ответ: 20%.

Число по известному проценту находится аналогично.

Пример.

Найти число, которое составляет 5% от числа 140.

$$140 - 100\%,$$

$$x - 5\%.$$

Проводим перекрестное умножение.

$$x \cdot 100 = 140 \cdot 5;$$

$$x = \frac{140 \cdot 5}{100} = \frac{700}{100} = 7.$$

Ответ: 7.



4. Логарифмы

Решим уравнение $3^x = 9$.

x – это такая степень, в которую нужно возвести число 3, чтобы получить 9. Такая задача решается в уме.

Пример.

$$3^2 = 9;$$

$$x = 2.$$

Это число называется логарифмом. Основание логарифма в примере равно 3.

Записывается: $x = \log_3 9$.

Читается: логарифм по основанию 3 от числа 9.

В общем виде: $\log_a b = c$.

Логарифм – это степень, в которую нужно возвести a , чтобы получить b .

У логарифма есть ограничения:

– основание логарифма не равно единице ($a \neq 1$);

– логарифм существует только от положительного числа ($a > 0$).

Если основание логарифма равно 10, то такой логарифм называется *десятичным* и записывается $\log_{10} a = \lg a$.

Пример.

$$\lg 100 = 2.$$

Десятичный логарифм числа 100 равен 2, то есть, чтобы получить 100, надо 10 возвести в квадрат.

$$10^2 = 100.$$

В математике часто используется натуральный логарифм – это логарифм по основанию $e \approx 2,718$. Обозначается $\log_e a = \ln a$.

Свойства логарифмов

1. Основное логарифмическое тождество.

$$a^{\log_a b} = b.$$

2. Логарифм произведения равен сумме логарифмов.

$$\log_a (bc) = \log_a b + \log_a c.$$

3. Логарифм частного равен разности логарифмов.

$$\log_a \frac{b}{c} = \log_a b - \log_a c.$$

4. Показатель степени числа выносится за знак логарифма.

$$\log_a b^c = c \log_a b.$$

5. Показатель основания логарифма выносится за знак логарифма как обратное ему число.



$$\log_{a^c} b = \frac{1}{c} \log_a b.$$

6. Переход к новому основанию логарифма.

$$\log_{a^c} b = \frac{\log_c b}{\log_c a}.$$

5. Решение систем уравнений

Рассмотрим методы решения систем двух уравнений с двумя неизвестными. Такие уравнения получаются при решении задач с двумя неизвестными.

Пример.

$$\begin{cases} x + y = 3, \\ 2x - y = 6. \end{cases}$$

Фигурная скобка означает, что оба эти равенства должны выполняться одновременно.

1. Метод подстановки.

Выражаем из какого-нибудь уравнения одну переменную и подставляем ее значение в другое уравнение. Решив это уравнение, подставляем полученное численное значение переменной во второе уравнение и находим ответ.

$$\begin{cases} y = 3 - x, \\ 2x - (3 - x) = 6. \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 3 - x, \\ 2x - 3 + x = 6. \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 3 - x, \\ 3x = 6 + 3. \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 3 - x, \\ 3x = 9. \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 3 - 3, \\ x = 3. \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 0, \\ x = 3. \end{cases}$$

Получили решение системы: $x = 3$; $y = 0$.

Выполним проверку, подставив эти значения в первое уравнение.

$$\begin{cases} x + y = 3, \\ 2x - y = 6. \end{cases}$$



$$\begin{cases} 3 + 0 = 3, \\ 2 \cdot 3 - 0 = 6. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3 = 3, \\ 6 = 6. \end{cases}$$

Получили верные равенства. Наше решение правильное.

2. Метод почленного сложения (вычитания).

Пример.

$$\begin{cases} 3x + 2y = -3, \\ -x + 3y = -10. \end{cases}$$

Если каждый член уравнения умножить или разделить на одно и то же число (кроме нуля), уравнение будет иметь такое же решение.

Если из уравнения системы вычесть второе уравнение, система останется эквивалентной исходной системе.

При сложении двух уравнений коэффициенты при одинаковых неизвестных складываются.

Наша цель – получить уравнение с одной неизвестной. В первом уравнении при x стоит 3, во втором «минус». Если числа перед переменной нет, значит это 1.

Чтобы при сложении двух уравнений переменная x исчезла, умножаем второе уравнение на 3. Получим систему:

$$\begin{cases} 3x + 2y = -3, \\ -3x + 9y = -30. \end{cases}$$

Первое уравнение перепишем без изменений. На месте второго запишем сумму двух уравнений, для удобства записывая u под y .

$$\begin{cases} 3x + 2y = -3, \\ 11y = -33. \end{cases}$$

Находим u и подставляем в первое уравнение.

$$\begin{cases} 3x + 2 \cdot (-3) = -3, \\ y = -3. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3x - 6 = -3, \\ y = -3. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3x = -3 + 6, \\ y = -3. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3x = 3, \\ y = -3. \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 1, \\ y = -3. \end{cases}$$



Проверка:

$$\begin{cases} 3x + 2y = -3, \\ -x + 3y = -10. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3 + 2 \cdot (-3) = -3, \\ -1 + 3 \cdot (-3) = -10. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3 - 6 = -3, \\ -1 - 9 = -10. \end{cases}$$

$$\begin{cases} -3 = -3, \\ -10 = -10. \end{cases}$$

Ответ: $x = 1$; $y = -3$.

6. Приближенные числа. Правила округления

Числа бывают точными и приближенными. Даже самые точные приборы имеют погрешность измерения, которая является мерой точности измерения. Погрешность измерения равна половине цены деления прибора. Нельзя обычной линейкой с минимальным делением 1 мм измерить длину с точностью до микрона.

Пример.

$$\frac{18}{7} = 2,5714285\dots$$

Получается бесконечное число.

В таких случаях числа округляют.

Правила округления

– если первая цифра после округляемого разряда меньше 5, то цифра разряда остается без изменений, а все цифры справа отбрасываются;

– если первая цифра после округляемого разряда больше или равна 5, то цифра разряда увеличивается на 1, а все цифры справа отбрасываются.

Пример. Округлим число до целых, т.е. оставим только цифры левее запятой. В нашем случае это цифра 2 (разряд единиц). Правее цифры 2 стоит 5. Значит, при округлении записываем только целые, увеличив на 1. Приближенное равенство записывается так:

$$\frac{18}{7} = 2,5714285\dots \approx 3.$$

Округлим до десятых, то есть до одной цифры после запятой. Оставим цифру 2 без изменений. После 5 стоит цифра 7, следовательно, к 5 прибавляем 1, получим число:



$$\frac{18}{7} = 2,5714285... \approx 2,6.$$

Округлим до сотых.

$$\frac{18}{7} = 2,5714285... \approx 2,57.$$

В химии принято округлять до трех значащих цифр. Значащие цифры – это все цифры кроме нуля, а также ноль в том случае, если он стоит между другими значащими цифрами. Например, в числах 4500 и 0,0061 все нули – незначащие, а в числах 207 и 1008 нули – значащие цифры. В числе 0,0705 первые два нуля – незначащие, а третий ноль – значащий.

Пример. 0,00507778 моль \approx 0,00508 моль.

7. Масштабные приставки

В химии часто пользуются масштабными приставками для обозначения кратных единиц (табл. 6).

Таблица 6

Масштабные приставки и их обозначение

Масштабный коэффициент	Название	Символ	Масштабный коэффициент	Название	Символ
10^{12}	Тера	Т	10^{-2}	санτι	с
10^9	Гига	Г	10^{-3}	милли	м
10^6	Мега	М	10^{-6}	микро	мк
10^3	Кило	к	10^{-9}	нано	н
10^2	Гекто	г	10^{-12}	пико	п
10	Дека	да	10^{-15}	фемто	ф
10^{-1}	Деци	д	10^{-18}	атто	а



ГЛАВА 5. КОМПЬЮТЕРНАЯ ХИМИЯ

5.1. Поиск химической информации в Интернете

Химические ресурсы Интернета можно условно разделить на следующие группы:

- базы данных, электронные библиотеки: цифровые версии учебников, журналов, материалов конференций;
- проспекты и демо-версии программных продуктов по химии, бесплатные версии обучающих программ;
- дистанционные олимпиады по химии;
- сайты учреждений образования, авторские сайты учреждений образования, учителей и преподавателей химии.

Большие массивы научной, и в частности химической, информации можно найти, используя универсальные поисковые системы. Признанным лидером среди них является *Google*. Вторичный источник научной информации – *Google Scholar* (<http://scholar.google.com/>), представляющий собой поисковую систему, которая специализируется на поиске научных публикаций (статей, книг и т.д.).

Разнообразная библиографическая и реферативная информация сосредоточена в базах *eLIBRARY.RU* (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>). Зарегистрированным пользователям этот ресурс позволяет получать полные тексты статей из нескольких сотен российских журналов.

Разнообразную справочную информацию по химии, видеоролики, учебные презентации содержит интеллектуальная поисковая система *nigma* (<http://nigma.ru>) (рис. 60). Кроме того, этот ресурс выполняет функцию прогнозирования продуктов химической реакции на основе введенных в программу химических формул реагирующих веществ.

The screenshot shows the nigma.ru website interface. At the top, there is a search bar with the input text: $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{Fe}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$. Below the search bar, there are navigation tabs for "Интернет", "Картинки", "Книги", "Музыка", "Математика", and "Мини-игры". The search results show 33 thousand results. The main content area displays the balanced chemical equation: $6 \text{FeSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = 3 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 7 \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$. Below the equation, there is a section for "ОВР:" (Oxidation-Reduction Reaction) with the following half-reactions: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- = 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$ (reduction) and $\text{Fe}^{2+} - 1 \text{e}^- = \text{Fe}^{3+}$ (oxidation). The final balanced equation is shown as: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{Fe}^{2+} = 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{Fe}^{3+}$. On the left side, there is a filter menu with options like "Кмпо4 h2so4", "mso4", "окислительно восстановительные", "уравнять", "реакция", "электронный баланс", "метод электронный", "Аббревиатуры", and "Русскоязычные сайты".

Рис. 60. Окно сайта *nigma.ru*



В поиске нужной информации в Интернете может помочь сайт Белорусского государственного университета «Азбука веб-поиска для химиков» (<http://www.abc.chemistry.bsu.by>), на котором можно найти универсальные химические каталоги, узкоспециализированные метасайты, методику поиска информации по химии, обзор бесплатных патентных баз данных и ежемесячные аннотации новых химических научных ресурсов (рис. 61).

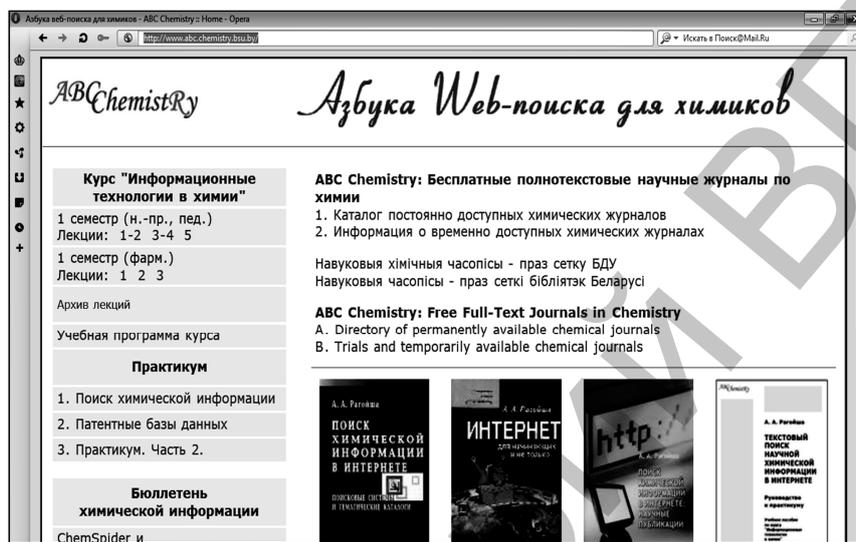


Рис. 61. Окно сайта <http://www.abc.chemistry.bsu.by/>

Одним из самых содержательных сайтов является портал <http://www.ximuk.ru/> (рис. 62): помимо исчерпывающей информации по всем разделам химии на сайте представлены интересные химические сервисы «Неорганические реакции» и «Органические реакции», позволяющие осуществить поиск продуктов реакций по базе данных.

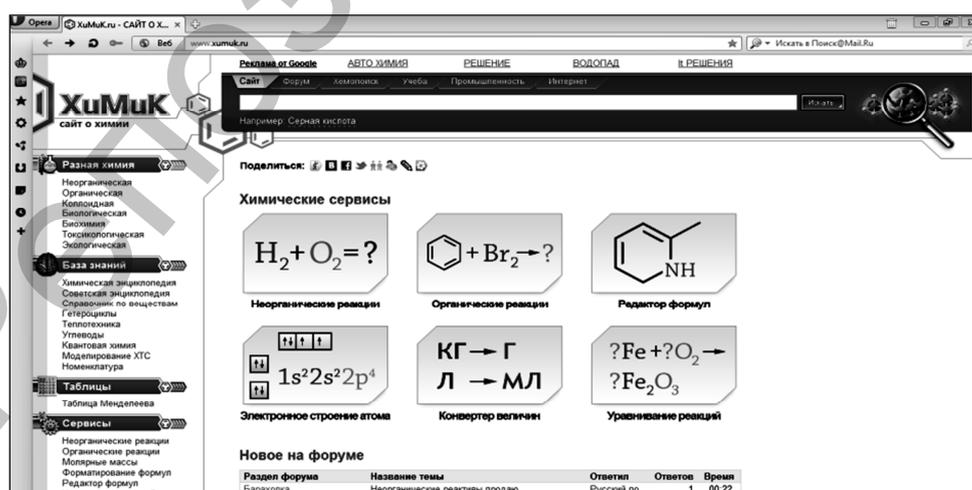


Рис. 62. Окно сайта <http://www.ximuk.ru/>

Многопрофильные сайты, предлагающие широкий спектр информационных услуг, называются порталами (portal). Одним из самых



крупных является англоязычный химический портал *chemweb* (<http://www.chemweb.com/>). Он содержит ссылки на химические сайты и электронные журналы, представляет информацию о химических конференциях, публикует новости из мира химической науки (рис. 63).

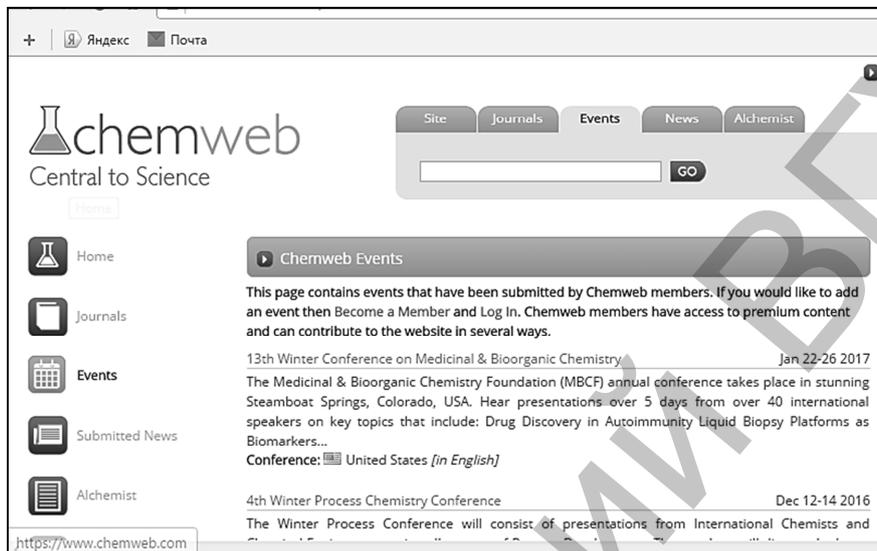


Рис. 63. Окно сайта <http://www.chemweb.com>

Известно, что результаты научных исследований публикуются в специализированных журналах, которые представляют собой первичные источники научной информации. Вторичными информационными источниками являются реферативные журналы, в которых собраны только рефераты статей и их библиографические описания. В области химии широко известны реферативные журналы (*Chemical Abstracts*, «Химия») и специализированные (*Analytical Abstracts*). Следует заметить, что степень достоверности материалов, представленных в интернет-ресурсах, очень разная. Наиболее следует доверять материалам, размещенным на официальных сайтах издательств, университетов и научных обществ.

Американским химическим обществом выпускается несколько научных журналов. Признанным лидером является *Journal of the American Chemical Society*. Электронная версия журнала имеет гипертекстовую структуру, позволяющую рядом с названием статьи открыть ее краткую аннотацию, перечень использованных источников. Электронная система навигации помогает увеличивать иллюстрации, химические формулы веществ и уравнения реакций.

Российский *Журнал общей химии* (<http://genchem.ru>) – издание, публикующее статьи по общим проблемам современной химической науки, а также исследования, выполненные на стыке разных разделов химии и других наук (металлоорганические соединения, органические соединения металлоидов, механохимия, нанохимия и т.д.).



В сети также представлено большое количество нормативных документов, которые могут быть полезны при выполнении научных исследований и учебных проектов, связанных с анализом и синтезом веществ. К таким документам относятся ГОСТы и патенты. Указанные материалы можно найти на сайтах: <https://patents.google.com> – обширная база патентов; <http://www.tnra.by/PoiskTnraGosOrgan.php> – национальный фонд технических нормативно-правовых актов Республики Беларусь; <http://gostexpert.ru> – единая база ГОСТов Российской Федерации.

Большой интерес для любого химика, в том числе для учителя химии, представляют электронные базы данных, содержащие текстовые описания свойств отдельных веществ, спектры, а также сведения о молекулярных и кристаллических структурах химических соединений.

Условно можно выделить 4 группы электронных баз данных о химических соединениях:

- *структурные*, содержащие информацию о молекулярной структуре веществ (Chemical Information Sources/SIRCh, Organic Chemistry Resources Worldwide);
- *кристаллографические*, представляющие данные о трехмерной структуре кристаллических веществ молекулярного и немолекулярного строения (Inorganic Crystal Structure Database);
- *спектральные*, являющиеся электронным хранилищем спектров веществ (Spectra & Spectral Data, ChemSpider);
- *базы данных о химических реакциях*, характеризующие возможные продукты химических реакций в зависимости от исходных реагентов и наоборот (Organic Chemistry Portal).

Границы между отдельными базами данных очень условны. Поэтому при поиске нужной информации полезно просматривать несколько групп баз данных

5.2. Компьютерные программы для создания рисунков химических приборов и оборудования

ACD/ChemSketch является бесплатно распространяемой программой. Она содержит достаточно большую базу рисунков лабораторной посуды и оборудования, с которыми можно работать в двух режимах: 1) молекулярного редактора (Structure) и 2) графического редактора (Draw). Кроме того, имеется версия программы, не требующая специальной установки на компьютер (Portable).

Программа работает по принципу конструктора, при этом создаются самые разнообразные рисунки химических приборов и лабораторные установки, применяемые для получения и собирания веществ, очистки и сушки веществ, работы с газами, выполнения отдельных лабораторных операций. Использование программы в режиме Draw позволяет дополнить рисунки лабораторных установок и приборов, изменить их цвет, внести необходимую текстовую информацию, например, указать химические формулы реагирующих веществ и продуктов реакций и т.д. (рис. 64).

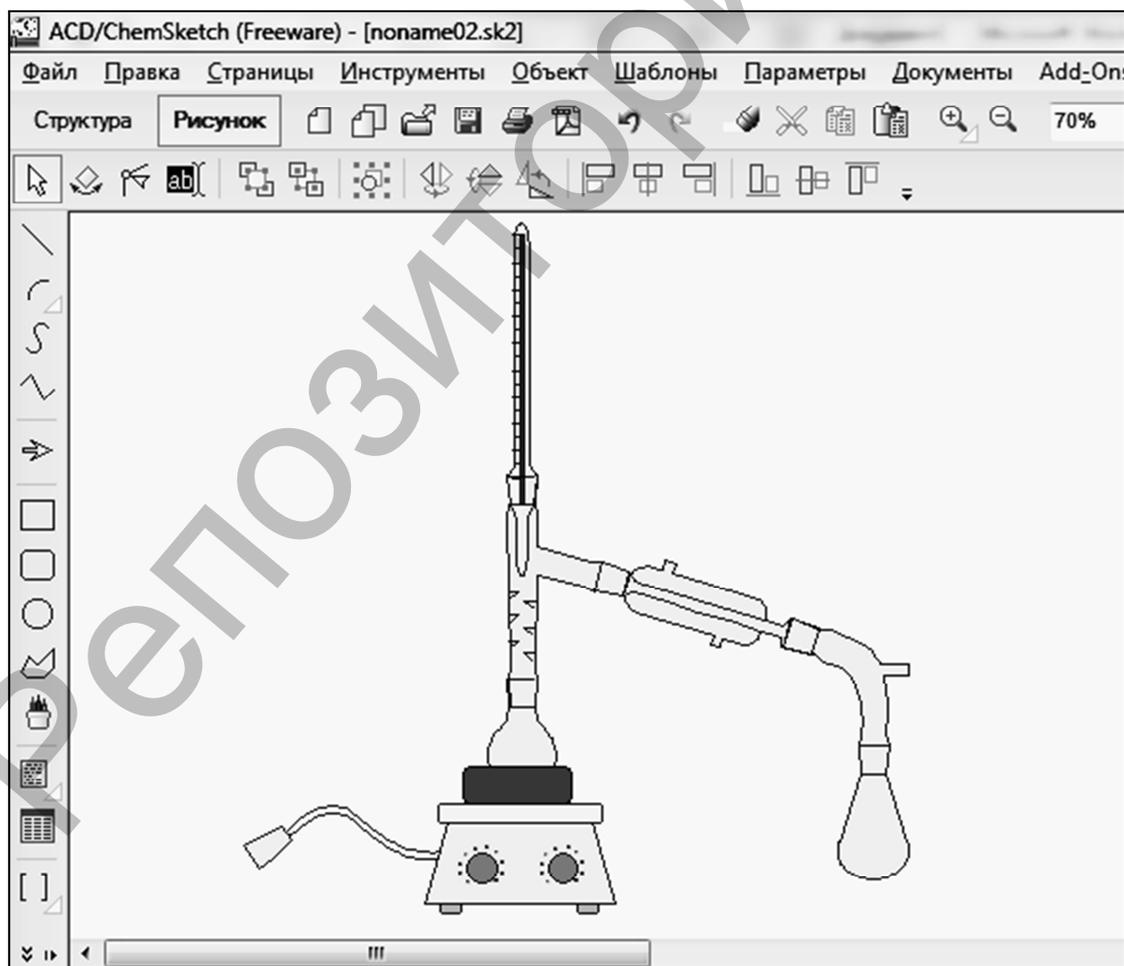


Рис. 64. Окно программы ACD/ChemSketch



Рисунки, созданные с помощью программы ACD/ChemSketch, могут быть сохранены в виде отдельных файлов, а также конвертированы в другие графические и текстовые редакторы, включая Microsoft Word.

ChemDraw – профессиональный редактор химической графики, который входит в программный пакет ChemOffice. Кроме огромных возможностей этой программы для создания и редактирования химических формул, она содержит достаточно большую базу рисунков химической посуды и оборудования (рис. 65).

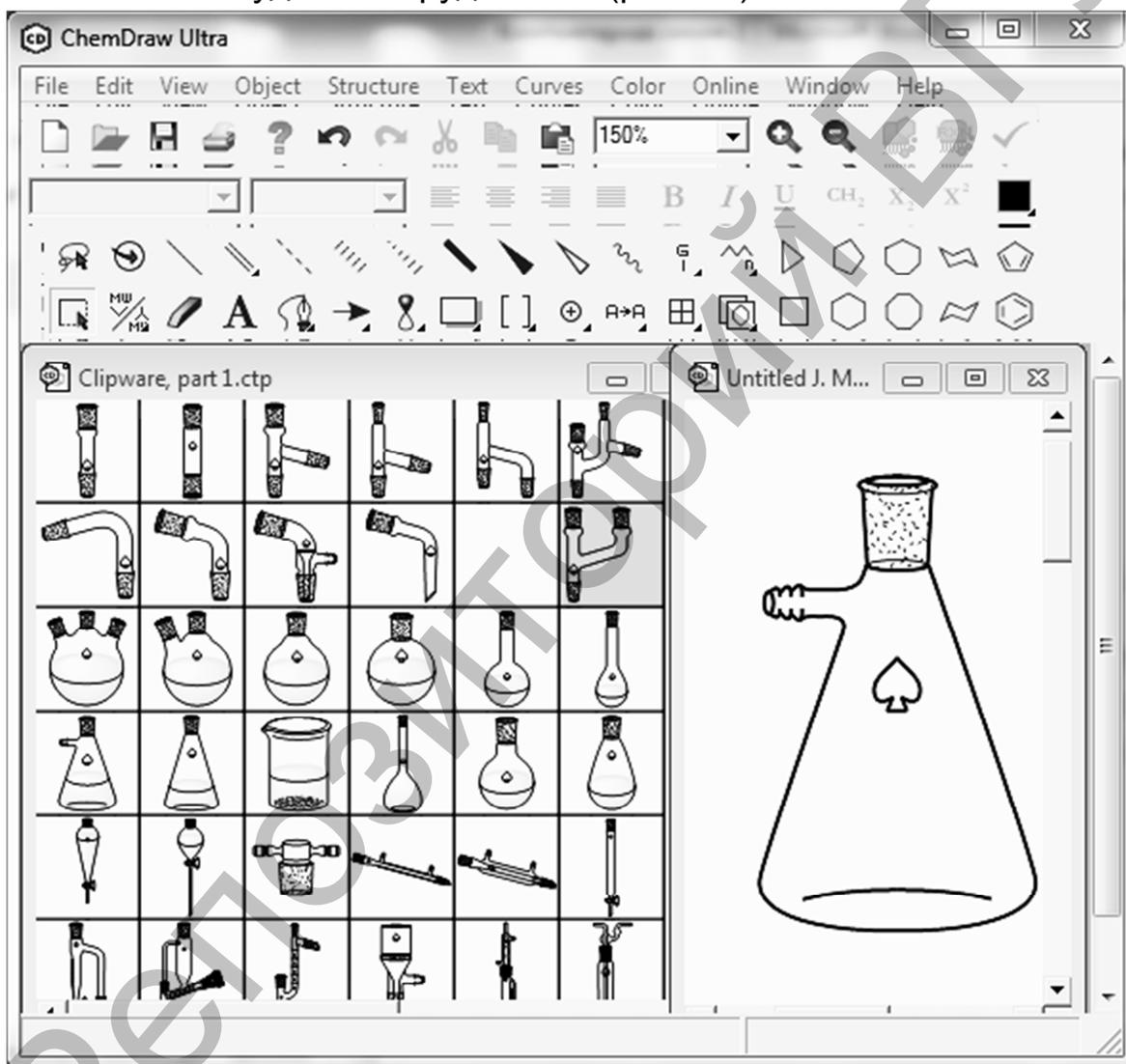


Рис. 65. Окно программы ChemDraw

ChemWindow также является графическим редактором химических формул и при этом содержит массив заготовок для создания рисунков лабораторных установок. Рисунки химической посуды и лабораторного оборудования находятся во вкладке LabGlass. Они легко переносятся на рабочее окно. Особенностью программы ChemWindow является то, что она сама помогает «собирать» лабораторные установки, поскольку при сближении собираемых элементов



5.2. Компьютерные программы для создания рисунков химических приборов и оборудования

они соединяются друг с другом по принципу «ключа и замка» (рис. 66).

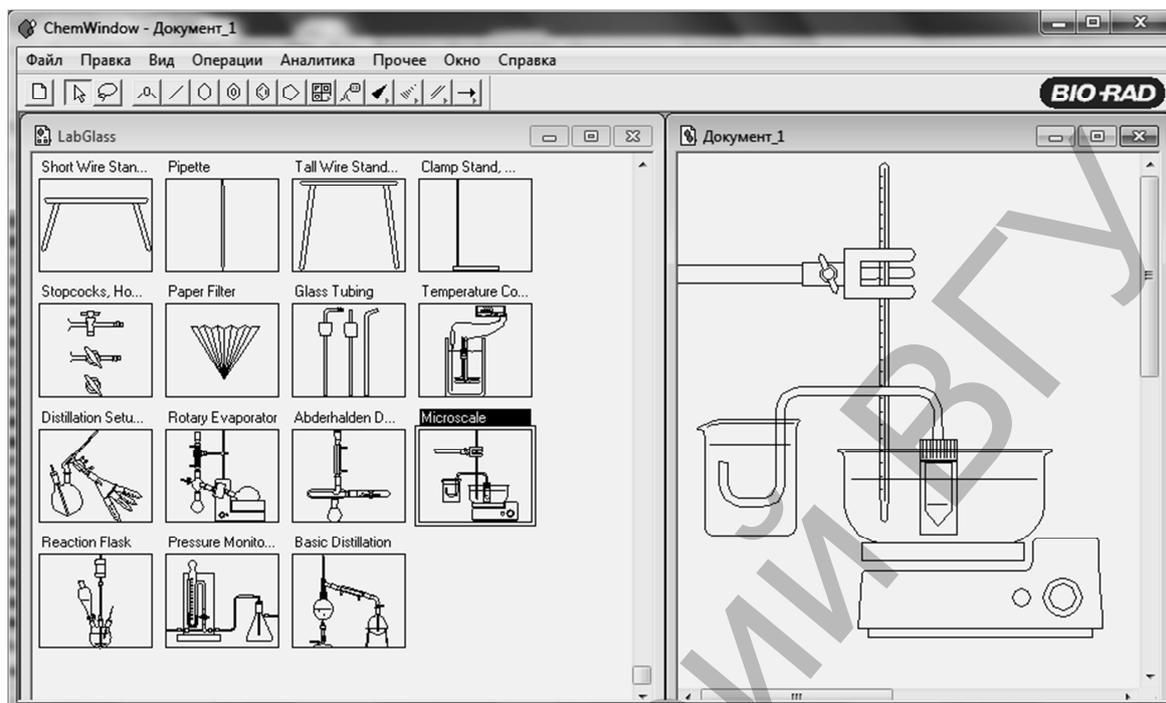


Рис. 66. Окно программы ChemWindow

Таким образом, химические графические редакторы помогают создавать на экране компьютера рисунки химической посуды, самых разнообразных установок и оборудования для проведения лабораторных операций и химического эксперимента, усиливая их наглядность, четкость и эстетическую привлекательность.



ГЛАВА 6. НАЧАЛА ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

6.1. Значение и тематика исследовательской работы

Научная и исследовательская составляющие выступают основой продуктивной, профессионально ориентированной подготовки специалиста – будущего учителя химии. Цель организации исследовательской работы по химии состоит в том, чтобы создать условия, при которых обучающиеся: 1) самостоятельно и охотно добывают информацию из разных источников; 2) учатся использовать знания для решения конкретных практических задач; 3) развивают у себя исследовательские умения (выявление проблем, наблюдение, проведение эксперимента, анализ, построение гипотез, обобщение); 4) приобретают коммуникативные умения, работая в группах.

Основные требования к использованию исследовательской деятельности:

1. Наличие практико-ориентированной или социально значимой в исследовательском плане проблемы или задачи, требующей поиска для ее решения. Важно учитывать не только оригинальность самой проблемы, но и оригинальность ее решения.

2. В основу выполнения исследования должна быть положена организация совместной учебно-познавательной, исследовательской и творческой деятельности обучающихся.

3. Необходимо, чтобы выполненное исследование содержало конкретные теоретические и практические результаты.

Особую значимость в химико-педагогическом образовании имеет реализация экспериментальных исследовательских работ, поскольку именно они в наибольшей степени соответствуют специфике химии как экспериментально-теоретической науки.

Структура учебной исследовательской работы по химии:

- аргументация актуальности принятой для исследования темы;
- определение проблемы исследования, его предмета и объекта;
- постановка задач исследования;
- определение методов исследования, источников теоретической информации;
- выдвижение гипотезы решения обозначенной проблемы, определение путей ее экспериментальной проверки;
- анализ полученных экспериментальных данных, выводы;
- оформление и представление результатов исследования.

В последние годы в образовательном процессе начинают использоваться социальные сервисы Веб 2.0. Термин «Веб 2.0» означает второе поколение сетевых сервисов. С помощью Веб 2.0



можно организовать коллективную деятельность, позволяющую **СОВМЕСТНО** осуществлять:

- поиск и хранение информации;
- создавать и использовать медиаматериалы;
- создавать и редактировать гипертексты;
- редактировать и использовать в сети текстовые документы, электронные таблицы, учебные презентации и др.;
- создавать и редактировать схемы, карты и др.

Возможности использования сервисов Веб 2.0 в химическом образовании очень разнообразны. Они позволяют:

- 1) осуществлять совместный подбор ссылок на химические ресурсы Интернета, используя социальный сервис совместного хранения закладок;
- 2) представить результаты выполненных исследовательских работ по химии в виде карт знаний, вики-статей, а также с помощью блога;
- 3) создать базы для хранения книг, учебных презентаций, фото- и видеоматериалов;
- 4) организовать виртуальные экскурсии, конкурсы, дистанционное обучение химии;

Таким образом, использование сервисов Веб 2.0 обеспечивает неограниченные перспективы для организации исследовательской работы и совершенствования образовательного процесса по химии в целом.

Тематика исследовательских работ по общей химии

1. Великие ученые-химики и их педагогическое наследие.
2. История становления и развития химической науки.
3. Алхимия: мифы и реальность.
4. Юстус Либих – выдающийся химик и педагог.
5. Лауреаты Нобелевской премии по химии.
6. Современные наукоемкие химические технологии.
7. Химия высоких энергий.
8. Нанокристаллические материалы, методы получения и свойства.
9. «Супрамолекулярные ансамбли», строение и свойства.
10. Эксперимент как ведущий метод исследования в химии.
11. Самодельные приборы для получения и собирания газов.
12. Хроматографические методы анализа.
13. Химические ресурсы Интернета.
14. Электронные базы данных о химических соединениях.
15. Программный пакет ChemOffice и возможности его использования.



ГЛАВА 7. КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

7.1. Общая химия. История химии и современные направления ее развития

1. В теоретические основы общей химии не входит учение о:
 - а) скорости химических реакций и химическом равновесии;
 - б) строении и свойствах соединений металлов и неметаллов;
 - в) направлении протекания химических реакций;
 - г) строении вещества.
2. К отраслям химии, появление которых обусловлено спецификой объекта исследования, относятся: 1) неорганическая химия, 2) аналитическая химия, 3) координационная химия, 4) геохимия, 5) химия твердого тела, 6) физическая химия:
 - а) 1, 3, 4, 5, 6;
 - б) 1, 2, 4, 6;
 - в) 1, 3, 5;
 - г) 1, 3, 4, 5.
3. Первой научной теорией в химии является:
 - а) атомно-молекулярное учение;
 - б) теория строения вещества;
 - в) теория флогистона;
 - г) учение о скорости химической реакции и химическом равновесии.
4. Возникновение теоретических основ квантовой химии не связано с именем:
 - а) Д.И. Менделеева;
 - б) А. Эйнштейна;
 - в) Э. Шрёдингера;
 - г) В. Гейзенберга.
5. Укажите основные современные направления химической науки: 1) пневматическая химия, 2) супрамолекулярная химия, 3) нанохимия, 4) иатрохимия, 5) «зеленая химия», 6) химия высоких энергий:
 - а) 1, 3, 4, 5;
 - б) 1, 2, 6;
 - в) 2, 3, 5, 6;
 - г) 2, 5, 6.
6. Научное направление в химии, ведущая роль которого связана с позитивным влиянием химических процессов на состояние окружающей среды, – это:
 - а) супрамолекулярная химия;
 - б) «зеленая химия»;
 - в) нанохимия;
 - г) биогеохимия.



7. Одним из разделов химии высоких энергий, выделившимся в самостоятельную отрасль химической науки, является:

- а) биохимия;
- б) иатрохимия;
- в) нанохимия;
- г) плазмохимия.

8. Объектом изучения нанохимии являются частицы размером:

- а) 1–10 нм;
- б) 1–3 нм;
- в) 0,1–1 нм;
- г) 0,01–1 нм.

9. Супрамолекулярное соединение НЕ характеризуется наличием:

- а) нескольких фрагментов, комплементарных друг другу геометрически и химически;
- б) процессов «самосборки» и «самоорганизации»;
- в) ковалентных связей между его отдельными фрагментами, образующими общий каркас;
- г) межмолекулярных связей.

10. Физико-химические методы исследования, основанные на взаимодействии вещества с электромагнитным излучением:

- а) спектроскопические;
- б) электрометрические;
- в) хроматографические;
- г) криоскопические.

QR-ключ к тестовым заданиям*:

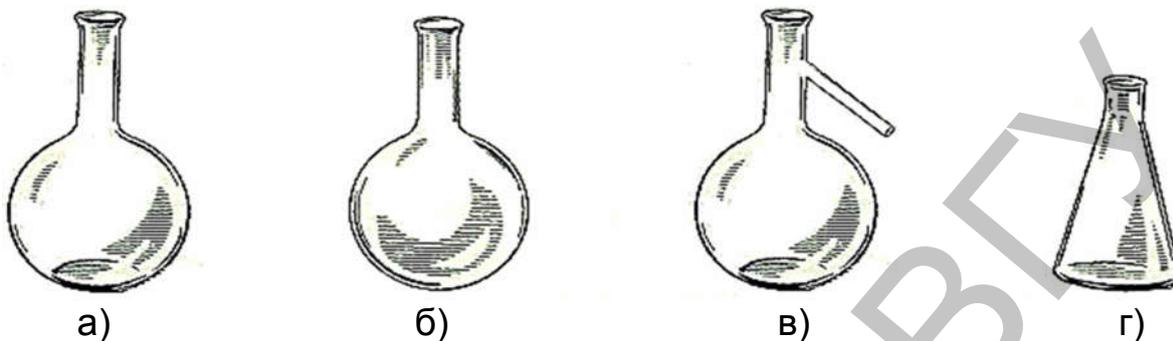


* Для того чтобы проверить правильность выполненных Вами заданий, необходимо взять мобильный телефон с камерой, запустить программу для сканирования QR-кода (например, QR CodeReader или BarcodeScanner), привести объектив камеры на код и получить ключ к тесту.



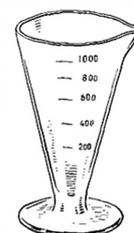
7.2. Правила безопасности в химической лаборатории. Химическая посуда и ее назначение

1. Колба Вюрца представлена на рисунке:

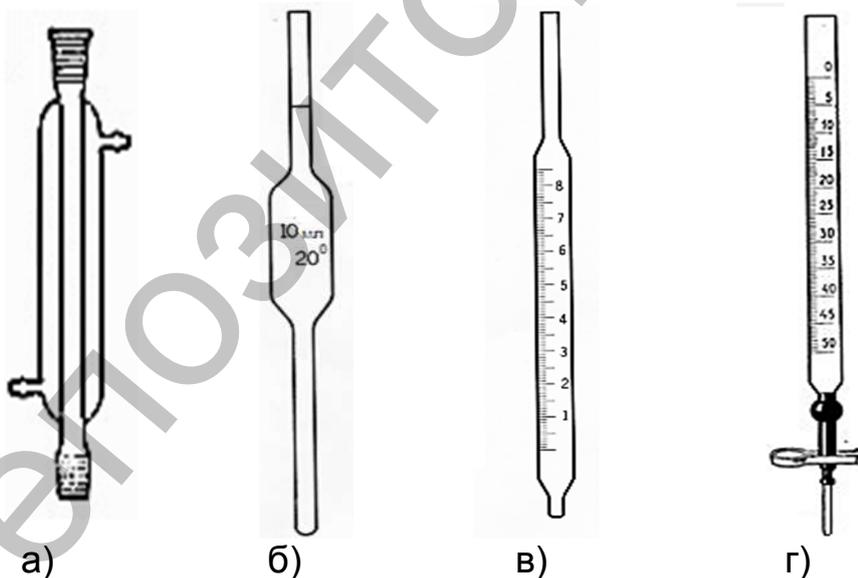


2. Лабораторный прибор, представленный на рисунке, называется:

- а) мерный стакан;
- б) мензурка;
- в) мерный цилиндр;
- г) мерная колба.



3. Лабораторная установка для дистилляции воды содержит прибор, изображенный на рисунке:



4. Лабораторный прибор, используемый для отмеривания точных объемов жидкостей в ходе титрования, называется:

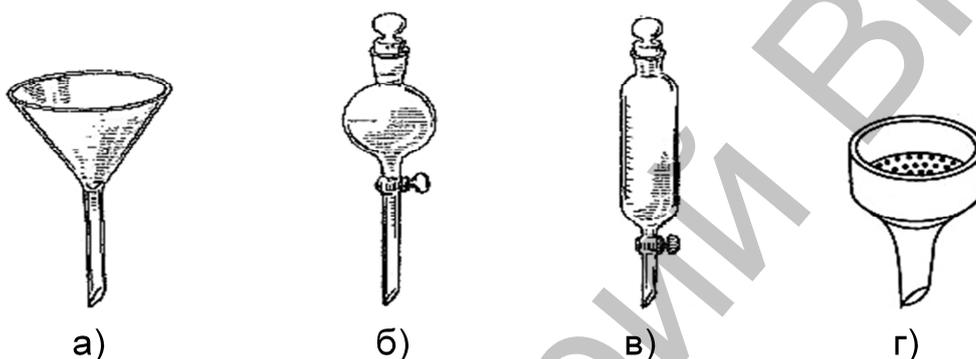
- а) воронка;
- б) пипетка;
- в) бюретка;
- г) мензурка.



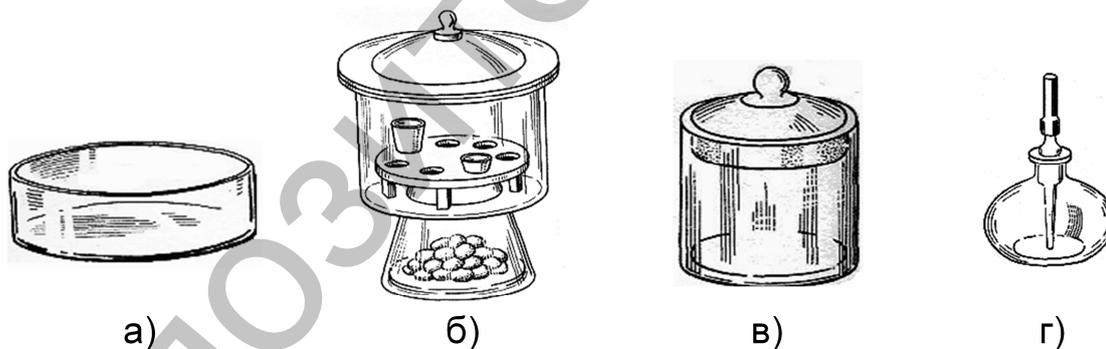
5. Сосуд, применяемый для прокаливания, сплавления и сжигания твердых веществ, представлен на рисунке:



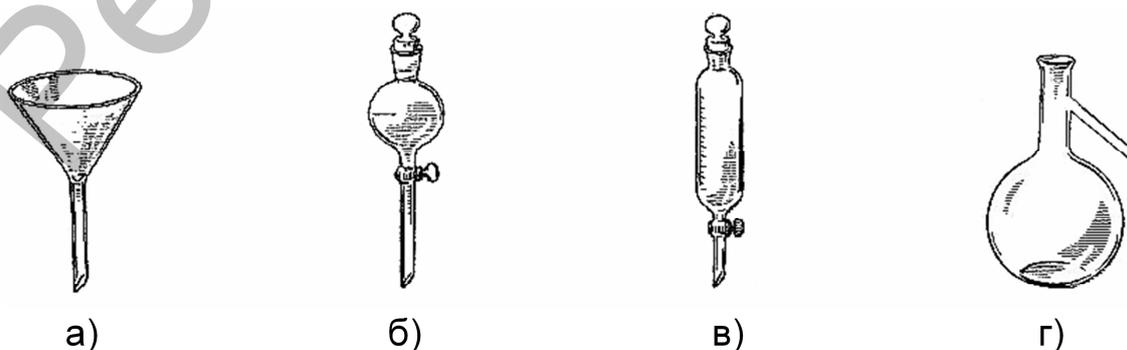
6. Воронка, используемая для фильтрования жидкостей при пониженном давлении (под вакуумом), изображена на рисунке:



7. Лабораторный прибор, применяемый для медленного высушивания и хранения веществ, легко поглощающих влагу из воздуха, представлен на рисунке:



8. Для разделения смеси бензола и воды следует использовать химическую посуду, изображенную на рисунке:





9. Укажите правильные действия при попадании кислоты на кожу: 1) стряхнуть капли с кожи, 2) смыть водой в течение 7–10 мин, 3) нейтрализовать кожу раствором уксусной кислоты, 4) промыть кожу 1% раствором сульфата натрия, 5) нейтрализовать кожу 2–3% раствором гидрокарбоната натрия:

- а) 1, 4;
- б) 1, 2, 5;
- в) 2, 3, 5;
- г) 1, 3.

10. Укажите правильные действия при попадании щелочи на кожу: 1) стряхнуть с кожи, 2) смыть водой в течение 7–10 мин, 3) промыть кожу 1% раствором сульфата натрия, 4) нейтрализовать кожу 1–2% раствором уксусной кислоты, 5) нейтрализовать кожу раствором гидрокарбоната натрия:

- а) 1, 2, 5, 2;
- б) 1, 2, 5;
- в) 2, 3, 5;
- г) 1, 2, 4, 2.

QR-ключ к тестовым заданиям:



7.3. Методы разделения и очистки веществ. Работа с газами

1. Очистка воды от растворенного в ней сульфата меди(II) осуществляется методом:

- а) перегонки;
- б) возгонки;
- в) перекристаллизации;
- г) декантации.

2. Выделение растворенного в воде сульфата меди(II) осуществляется методом:

- а) перегонки;
- б) возгонки;
- в) выпаривания;
- г) фильтрования.

3. Для отделения осадка от раствора нельзя использовать метод:

- а) фильтрования;
- б) декантации;
- в) перегонки;
- г) центрифугирования.

4. Очистить йод от примесей можно методом:

- а) фильтрования;
- б) возгонки;
- в) выпаривания;
- г) перегонки.

5. Метод центрифугирования можно использовать при выделении:

- а) сульфата натрия из водного раствора;
- б) бензола из смеси с водой;
- в) мела из водной суспензии;
- г) кислорода из воды.

6. Метод перекристаллизации применяют для:

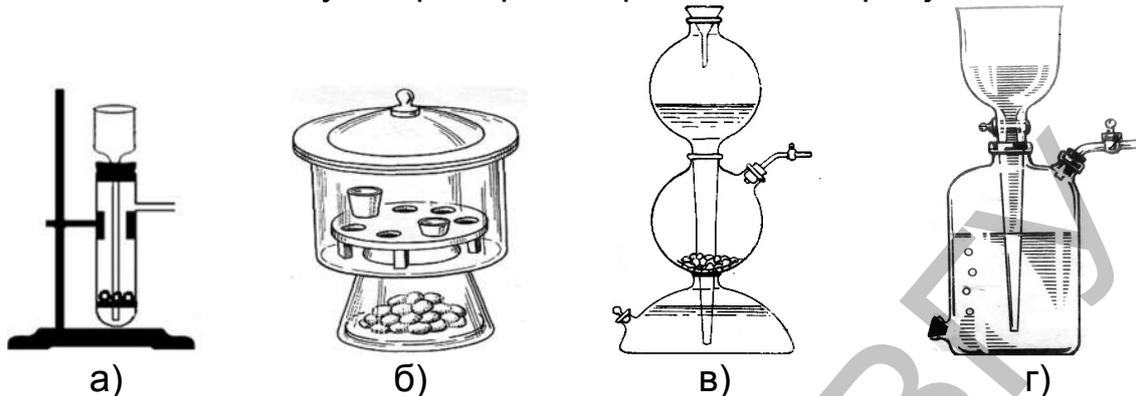
- а) очистки растворов от примесей;
- б) разделения однородных смесей;
- в) очистки твердых веществ от примесей;
- г) разделения неоднородных смесей.

7. Для осушки влажного хлороводорода следует использовать:

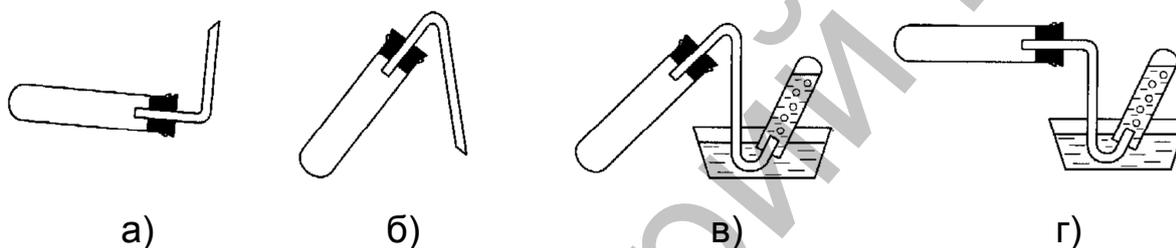
- а) карбонат кальция;
- б) хлорид кальция;
- в) концентрированную серную кислоту;
- г) гашеную известь.



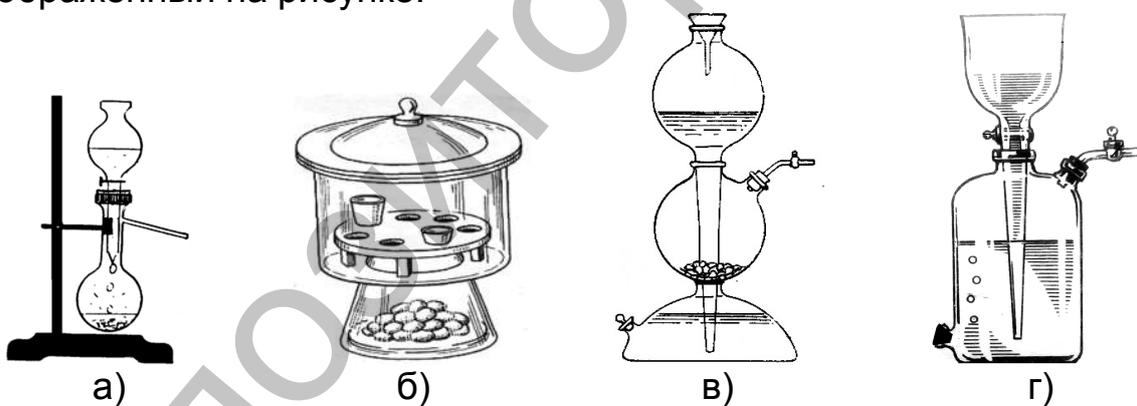
8. Для лабораторного получения водорода в больших количествах используют прибор, изображенный на рисунке:



9. Получать аммиак следует в приборе, изображенном на рисунке:



10. Для хранения кислорода в лаборатории применяют прибор, изображенный на рисунке:



QR-ключ к тестовым заданиям:





ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия: учебник для вузов / Н.С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2009. – 743 с.
2. Бабич, Л.В. Практикум по неорганической химии: учеб. пособие для студентов пед. ин-тов / Л.В. Бабич [и др.]. – М.: Просвещение, 1991. – 320 с.
3. Глинка, Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии: учеб. пособие для вузов / Н.Л. Глинка; под ред. В.А. Рабиновича, Х.М. Рубиной. – М.: Интеграл-Пресс, 2008. – 240 с.
4. Глинка, Н.Л. Общая химия: учеб. пособие для вузов / Н.Л. Глинка; под ред. А.И. Ермакова. – М.: Интеграл-Пресс, 2010. – 728 с.
5. Коровин, Н.В. Общая химия / Н.В. Коровин. – М.: Высш. шк., 1998. – 559 с.
6. Общая химия в формулах, определениях, схемах // И.Е. Шиманович [и др.]. – Минск: Полымя, 1996. – 528 с.
7. Угай, Я.А. Общая и неорганическая химия / Я.А. Угай. – М.: Высшая школа, 1997. – 527 с.

Дополнительная

8. Аршанский, Е.Я. Настольная книга учителя химии: учеб.-метод. пособие для учителей общеобразоват. учреждений с бел. и рус. яз. обучения / Е.Я. Аршанский, Г.С. Романовец, Т.Н. Мякинник; под ред. Е.Я. Аршанского. – Минск: Сэр-Вит, 2010. – 352 с.
9. Ахметов, Н.С. Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии: учеб. пособие для ун-тов, хим.-технол. и пед. вузов / Н.С. Ахметов, М.К. Азизова, Л.И. Бадыгина. – М.: Высш. шк.: Academia, 1999. – 368 с.
10. Васильева, З.Г. Лабораторный практикум по общей химии / З.Г. Васильева [и др.]. – М.: Химия, 1969. – 304 с.
11. Воскресенский, П.И. Техника лабораторных работ / П.И. Воскресенский. – Л.: Химия, 1970. – 540 с.
12. Грабецкий, А.А. Кабинет химии: пособие для учителей / А.А. Грабецкий, Т.С. Назарова. – М.: Просвещение, 1983. – 176 с.
13. Коновалов, В.Н. Техника безопасности при работах по химии: пособие для учителей / В.Н. Коновалов. – М.: Просвещение, 1980. – 128 с.
14. Лисичкин, Г.В. Годитесь ли вы в химики? / Г.В. Лисичкин, Л.А. Коробейникова. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 143 с.
15. Мицкевич, Е.Н. Синтезы неорганических веществ: лаборатор. практикум / Е.Н. Мицкевич, Е.Б. Окаев, С.Ю. Елисеев. – Минск: БГПУ, 2010. – 100 с.



**ТАБЛИЦА РАСТВОРИМОСТИ
КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ И СОЛЕЙ В ВОДЕ**

	K ⁺	Na ⁺	Li ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Ag ⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Co ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Hg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ³⁺	H ⁺
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P	P	P	-	H	H	P	P	-	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P	P	P	P	M	M	P	P	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P	P	P	P	M	P	P	P	P	P
SO ₄ ²⁻	P	P	P	H	M	P	P	M	P	P	P	P	P	H	P	P	P	P	P
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
F ⁻	P	P	M	M	H	H	P	P	M	M	P	P	P	H	-	M	P	M	P
HCOO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
PO ₄ ³⁻	P	P	M	H	H	H	P	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	P
SO ₃ ²⁻	P	P	P	H	H	M	P	H	H	H	H	M	H	H	-	-	-	-	P
CO ₃ ²⁻	P	P	P	H	H	H	P	H	H	H	H	H	H	H	H	-	-	-	P
S ²⁻	P	P	P	P	M	-	P	H	H	H	H	H	H	H	H	-	-	H	M
SiO ₃ ²⁻	P	P	M	H	H	H	-	H	H	H	H	H	H	H	-	-	-	-	H
OH ⁻	P	P	P	P	M	H	P	-	H	H	H	H	H	H	-	H	H	H	

растворимые (P)

малорастворимые (M)

нерастворимые (H)

в водной среде не существуют (-)

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ

Li Cs Rb K Ba Sr Ca Na Mg Be Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Cu Hg Ag Pt Au



Приложение 4

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ И ФОРМУЛЬНЫЕ МАССЫ
НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ag ⁺	Pb ²⁺
O ²⁻	-	-	62	94	153	56	40	102	152	72	160	71	81	80	232	223
OH ⁻	18	35	40	56	171	74	58	78	103	90	107	89	99	98	125	241
Cl ⁻	36,5	53,5	58,5	74,5	208	111	95	138,5	158,5	127	162,5	126	136	135	143,5	278
Br ⁻	81	98	103	119	297	200	184	267	292	216	296	215	225	224	188	367
I ⁻	128	145	150	166	391	294	278	408	433	310	437	309	319	318	235	461
NO ₃ ⁻	63	80	85	101	261	164	148	213	238	180	242	179	189	188	170	331
S ²⁻	34	68	78	110	169	75	56	150	200	88	208	87	97	96	248	239
SO ₃ ²⁻	82	116	126	158	217	120	104	294	344	136	352	135	145	144	296	287
SO ₄ ²⁻	98	132	142	174	233	136	120	342	392	152	400	151	161	160	312	303
CO ₃ ²⁻	62	96	106	138	197	100	84	234	284	116	292	115	125	124	276	267
SiO ₃ ²⁻	78	112	122	154	213	116	100	282	332	132	340	131	141	140	292	283
PO ₄ ³⁻	98	149	164	212	601	310	262	122	147	358	151	355	385	382	419	811



Приложение 5

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАССЫ
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

	Радикал	-H	-OH	-Cl	-Br	-NO ₂	-NH ₂	-CH ₃	-CON	-COOH
H-	-	-	-	-	-	-	-	16	30	46
CH ₃ -	15	16	32	50,5	95	61	31	30	44	60
C ₂ H ₅ -	29	30	46	64,5	109	75	45	44	58	74
C ₃ H ₇ -	43	44	60	78,5	123	89	59	58	72	88
C ₄ H ₉ -	57	58	74	92,5	137	103	73	72	86	102
C ₅ H ₁₁ -	71	72	88	106,5	151	117	87	86	100	116
C ₆ H ₅ -	77	78	94	112,5	157	123	93	92	106	122
C ₆ H ₁₃ -	85	86	102	120,5	165	131	101	100	114	130
C ₁₇ H ₃₅ -	239	240	256	274,5	319	285	255	254	268	284



Приложение 6

**Приготовление наиболее часто используемых
в химической лаборатории растворов**

Хлорная вода. (В вытяжном шкафу!) Пропустить на холоду через воду газообразный хлор до насыщения. Хлор получить путем действия концентрированной соляной кислоты на кристаллические перманганат калия либо оксид марганца(IV) при нагревании. Хранить в герметичной посуде под вытяжкой.

Бромная вода. (В вытяжном шкафу!) Взять колбу с таким расчетом, чтобы раствор составлял 1/3 ее вместимости. Смешать жидкий бром объемом 1 см³ с водой объемом 100 см³. Содержимое колбы энергично перемешать до растворения брома. Хранить в герметичной посуде под вытяжкой.

Иодная вода. Иод массой 0,5 г смешать с иодидом калия массой 1,5 г и растворить в возможно малом объеме воды, доводя его до 100 см³.

Сернистая кислота. (В вытяжном шкафу!) Путем пропускания оксида серы(IV) насытить воду. Оксид серы(IV) получить действием концентрированной серной кислоты на сульфит натрия при нагревании.

Сероводородная вода. (В вытяжном шкафу!) Пропустить сероводород через воду до насыщения. Сероводород получить действием концентрированной серной кислоты на сульфид железа(II) или натрия при нагревании.

Пероксид водорода (3%). Концентрированный (30%) раствор пероксида водорода (пергидроля) разбавить в десять раз.

Баритовая вода (гидроксид бария). Кристаллический гидроксид бария Ba(OH)₂·8H₂O массой 6,5 г растворить в воде объемом 100 см³, дать отстояться и отфильтровать.

Известковая вода (гидроксид кальция). Оксид или гидроксид кальция массой 0,2–0,3 г растворить в воде объемом 100 см³ при перемешивании, дать отстояться и отфильтровать.

Хлорная известь. Хлорную известь растереть в ступке. Взвесить 10 г и перенести в колбу с 0,1 дм³ воды. Содержимое тщательно перемешать, дать отстояться и слить прозрачный раствор.

Жавелевая вода (гипохлорит натрия). (В вытяжном шкафу!) На холоду насытить хлором 1М раствор гидроксида натрия. Хлор получить путем действия концентрированной соляной кислоты на кристаллические перманганат калия или оксид марганца(IV) при нагревании.

Сульфид аммония. Концентрированный раствор аммиака объемом 20 см³ насытить сероводородом. Добавить еще концентриро-



ванный раствор аммиака объемом 20 см^3 и разбавить водой до объема 100 см^3 . Сероводород получить действием концентрированной серной кислоты на кристаллические сульфиды железа(II) или натрия при нагревании.

Нитрат серебра(I). Для приготовления 0,1M раствора берут указанную соль массой 17 г и растворяют в воде объемом 1 дм^3 . Для хранения раствора нитрата серебра применяют склянки темного цвета.

Аммиачный раствор оксида серебра(I). Нитрат серебра массой 1 г растворить в воде объемом 100 см^3 . Раствор хранят в темной склянке. Перед применением по каплям добавлять концентрированный раствор аммиака до выпадения осадка и его последующего растворения.

Раствор крахмала (крахмальный клейстер). Растворимый крахмал массой 1 г смешать с водой объемом 10 см^3 , а затем влить в кипящую воду объемом 100 см^3 при помешивании. Кипятить 1–2 мин. По охлаждении для консервации добавить 5 капель толуола.

Растворы индиго и фуксина. Соответствующий краситель массой 0,1 г растворить в воде объемом 100 см^3 .

Метилловый оранжевый. Метилловый оранжевый массой 0,1 г растворить в воде объемом 100 см^3 .

Лакмус. Лакмус массой 0,1 г растворить в воде объемом 100 см^3 .

Фенолфталеин. Фенолфталеин массой 0,1 г растворить в этаноле объемом 50 см^3 и добавить воду объемом 50 см^3 .

Учебное издание

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ ХИМИЮ: АДАПТИВНЫЙ КУРС
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
1-02 04 01 «БИОЛОГИЯ И ХИМИЯ»

Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине

Составители:

БЕЛОХВОСТОВ Алексей Александрович

АРШАНСКИЙ Евгений Яковлевич

Технический редактор *Г.В. Разбоева*

Компьютерный дизайн *Т.Е. Сафранкова*

Подписано в печать .2017. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 5,52. Уч.-изд. л. 5,07. Тираж экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014 г.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский
государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.