

П.И. Воскресенский

Техника лабораторных работ

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 54
ББК 24
П11

П11 **П.И. Воскресенский**
Техника лабораторных работ / П.И. Воскресенский – М.: Книга по Требова-
нию, 2024. – 722 с.

ISBN 978-5-458-59864-4

Книга является практическим пособием для лиц, работающих в химических лабораториях различного типа: аналитических, исследовательских, учебных и др. Она содержит описание лабораторного химического оборудования, посуды и различных операций, которые приходится проводить при выполнении химических работ. Книга может быть рекомендована как руководство для работы препараторов, лаборантов, химиков и студентов. Книга содержит 17 таблиц, 519 иллюстраций, 200 библиографических ссылок.

ISBN 978-5-458-59864-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Терморегуляторы	311
Термостаты	314
<i>Рекомендуемая литература</i>	317
Глава 7. Измерение давления	320
Приборы для измерения давления	320
Приборы для измерения атмосферного и близкого к нему давления	321
Приборы для измерения давления больше атмосферного	322
Приборы для измерения давления ниже атмосферного	325
Другие способы измерения вакуума	328
Регуляторы давления, или маностаты	328
Глава 8. Получение вакуума	330
Обычный вакуум	330
Средний вакуум	337
Глубокий вакуум	340
<i>Рекомендуемая литература</i>	342
Глава 9. Измельчение и смешивание	343
Измельчение	343
Ручное измельчение	343
Механическое измельчение	347
Смешивание	357
Смешивание твердых веществ	357
Перемешивание жидкостей	359
<i>Рекомендуемая литература</i>	367
Глава 10. Растворение	369
Основные понятия о растворах	369
Классификация растворов	373
Концентрации растворов	373
Техника приготовления растворов	376
Расчеты при приготовлении водных растворов	378
Растворы солей	386
Растворы щелочей	387
Растворы кислот	394
Фиксаналы	397
Некоторые замечания о титровании и точных растворах	399
Расчеты при титровании с помощью весовых бюреток	403
Рациональные величины	404
Растворение жидкостей	407
Растворение газов	407
Индикаторы	408
Автоматическое титрование	410
Неводные растворы	413
Растворение в органических растворителях	415
Обесцвечивание растворов	418
<i>Рекомендуемая литература</i>	421

Глава 11. Фильтрование	424
Общие понятия	424
Фильтрующие материалы	427
Способы фильтрования	431
Фильтрование при обычном давлении	431
Фильтрование под вакуумом	434
Фильтрование при нагревании	447
Фильтрование при охлаждении	451
Фильтрование в атмосфере инертного газа	452
Фильтрование с использованием центрифуги	453
Фильтрование под давлением	454
Отделение трудноотфильтровываемых осадков	458
Фильтрование легколетучих жидкостей	460
Автоматическое фильтрование	462
Промывание осадков	464
Отжим	472
Ультрафильтрование и ультрафильтры	473
Центрифугирование	476
Фильтрование и очистка газов	480
<i>Рекомендуемая литература</i>	484
Глава 12. Дистилляция	487
Общие понятия	487
Перегонка под обыкновенным давлением	490
Вакуум-перегонка (перегонка под уменьшенным давлением)	494
Перегонка с водяным паром	504
Сублимация, или возгонка	511
<i>Рекомендуемая литература</i>	513
Глава 13. Экстракция	516
Общие понятия	516
Экстрагирование твердых веществ	518
Холодное экстрагирование	518
Горячее экстрагирование	524
Экстрагирование жидкостей	527
Автоматическое экстрагирование из непрерывного потока	534
Экстрагирование расплавами твердых органических веществ	536
<i>Рекомендуемая литература</i>	537
Глава 14. Выпаривание и упаривание	540
Общие понятия	540
Проведение выпаривания	541
<i>Рекомендуемая литература</i>	555
Глава 15. Кристаллизация	557
Общие понятия	557
Проведение кристаллизации	557
Охлаждение	561
<i>Рекомендуемая литература</i>	565

Глава 16. Высушивание	566
Общие понятия	566
Высушивание газов	569
Высушивание органических жидкостей	570
Высушивание твердых веществ	579
Освобождение от остатков органических растворителей	588
<i>Рекомендуемая литература</i>	589
Глава 17. Специальные методы очистки веществ	591
<i>Рекомендуемая литература.</i>	598
Глава 18. Работа с вредными и ядовитыми веществами	600
Работа с газообразными ядовитыми веществами	601
Работа с жидкими ядовитыми веществами	603
Работа с твердыми ядовитыми веществами	614
Работа с радиоактивными веществами	616
<i>Рекомендуемая литература</i>	616
Глава 19. Определение плотности	618
<i>Рекомендуемая литература</i>	633
Глава 20. Определение температуры кипения	634
<i>Рекомендуемая литература</i>	637
Глава 21. Определение температуры плавления	638
<i>Рекомендуемая литература</i>	641
Глава 22. Газовые баллоны и обращение с ними	642
<i>Рекомендуемая литература</i>	647
Глава 23. Работа с применением высокого давления	648
<i>Рекомендуемая литература</i>	653
Глава 24. Работа с веществами высокой степени чистоты , . .	654
<i>Рекомендуемая литература</i>	657
Глава 25. Элементарные сведения по обращению со стеклом	658
<i>Рекомендуемая литература</i>	665
Глава 26. Некоторые полезные рецепты	666
Замазки	666
Надписи	670
Обработка лабораторного стола	672
Легкоплавкие сплавы	672
Мази	673
Смазки для шлифов	673
Разное	674
Воронение стальных тиглей	681
Восстановление драгоценных металлов и пода из лабо- раторных остатков	681
Приготовление индикаторных бумаг	682
<i>Рекомендуемая литература</i>	683

<i>Глава 27. О пожарах в лаборатории</i>	685
<i>Глава 28. Медицинская помощь в лаборатории</i>	690
<i>Рекомендуемая литература</i>	694
П р и л о ж е н и я	
I. Солевые ванны (наиболее доступные)	695
II. Объем 1 г воды (удельный объем) при температуре от 0 до 100 °С	695
III. Давление водяного пара при температуре выше 100 °С	696
IV. Температура кипения воды при различном давлении (давление паров воды при различных температурах)	696
V. Таблица важнейших растворителей	698
VI. Международная система единиц (система «СИ») . .	699
Предметный указатель	701

ПАМЯТИ МОЕЙ МАТЕРИ
ЛЮБОВИ ВАСИЛЬЕВНЫ ВОСКРЕСЕНСКОЙ
ПОСВЯЩАЮ ЭТОТ СКОРБНЫЙ ТРУД

ПРЕДИСЛОВИЕ К 9-му ИЗДАНИЮ

В современных условиях, при все возрастающих масштабах исследований в области всех разделов химии и смежных областей, при увеличении числа химических лабораторий, овладение техникой лабораторных работ стало особенно важным. Автор стремился познакомить читателей предлагаемой книги со всем, что есть нового в этой области. Использование громадного потока информации даже в виде обзоров на много увеличило бы объем книги, поэтому автором в предыдущих изданиях, начиная с 5-го, в конце глав были даны списки рекомендуемой литературы, содержащие указания лишь на наиболее интересные работы и статьи по рассмотренному в главе вопросу. Практика показала целесообразность этого, и в настоящем издании также помещены списки рекомендуемой литературы; к сожалению, привести полную библиографию не представляется возможным.

В настоящем, 9-ом издании, введены новые главы: «Измерение давления» и «Получение вакуума»; некоторые главы переработаны, к

другим сделаны дополнения. Автор надеется, что настоящее издание «Техники лабораторных работ» окажется не менее полезным, чем предыдущие, и будет благодарен за все замечания, а также советы и рекомендации.

П. Воскресенский

«Призывая к теоретическим химическим занятиям, я убежден, что зову людей к полезнейшему труду...»

А для этого необходимо усвоить прежде всего химическую практику, т. е. мастерство предмета, искусство спрашивать природу и слышать ее ответы в лабораториях и книгах».

*Д. И. Менделеев, «Основы химии»,
из предисловия к 4-му изданию*

ВВЕДЕНИЕ

Приступая к работе в химической лаборатории, каждый начинающий с первых же шагов встречает ряд затруднений, связанных с незнанием техники лабораторных работ. Конечно, нужные знания и навыки приобретаются со временем, но лучше освоить их в самом начале работы.

Без знания техники лабораторных работ нельзя быть уверенным в точности поставленного эксперимента. Так, например, чистота химической посуды при аналитических исследованиях имеет чрезвычайно большое значение; иногда при использовании недостаточно чисто вымытой химической посуды (по небрежности или по неумению) могут быть получены искаженные результаты опыта и сделаны неправильные выводы.

Техника лабораторных работ имеет большое, чисто прикладное значение; она основана на строгих научных принципах.

Правильное проведение любой операции или приема в лабораторной работе невозможно, если исполнитель не понимает их смысла и тех теоретических предпосылок, которые лежат в их основе. Поэтому, чтобы овладеть техникой лабораторных работ, необходимо хорошо знать теоретические основы химии, физики и смежных с ними наук.

Несмотря на разные цели, преследуемые различными лабораториями, все они имеют много общего в отношении организации, оборудования и характера основных лабораторных работ.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОМЕЩЕНИЮ ЛАБОРАТОРИИ

Помещение лаборатории должно быть по возможности просторным и светлым. Лабораторию не следует устраивать в таком месте, где по тем или иным причинам происхо-

дит вибрация здания, так как это мешает работе и часто делает невозможным обращение с аналитическими весами, а также микроскопом и другими оптическими приборами.

Нельзя помещать лабораторию близко от котельных, дымовых труб и мест, где вообще возможно загрязнение воздуха пылью, сажей или химически активными газами. Последние могут разрушать точные приборы, портить титрованные растворы (затрудняя этим проведение анализов) и т. д.

Очень существенным является освещение помещения. Лаборатория должна иметь большие окна, обеспечивающие достаточное освещение днем. Для вечернего освещения, помимо потолочных ламп, над каждым рабочим местом должен находиться источник света.

В аналитических лабораториях рекомендуется применять лампы дневного света. Это особенно касается лабораторий, работающих по вечерам или круглосуточно.

Рабочие столы должны быть поставлены так, чтобы свет падал сбоку, — по возможности, с левой стороны от работающего или же спереди. Ни в коем случае нельзя допускать, чтобы свет падал в спину работающего или чтобы рабочее место затемнялось стоящими перед ним шкафами, столами и т. п.

Удобнее всего, когда рабочее место освещается спереди скрытыми лампами дневного света. Это не утомляет зрения работающих и позволяет расположить столы в помещении наиболее рационально.

На предприятиях центральная лаборатория, в которой проводятся наиболее ответственные аналитические и исследовательские работы, должна помещаться в отдельном, не связанном с другими зданием.

Совершенно недопустимо большое скопление работающих в лаборатории. Средняя норма площади на каждого работающего должна быть около 14 м^2 и не менее $1,5 \text{ м}$ длины стола. В аналитических лабораториях, проводящих массовые анализы, длина стола одного рабочего места может достигать 3 м .

ОБОРУДОВАНИЕ ЛАБОРАТОРИИ

Основным оборудованием лаборатории является рабочий стол, на котором проводится вся экспериментальная работа.

В каждой лаборатории должна быть хорошая вентиляция. Обязателен вытяжной шкаф, в котором проводят все работы с использованием дурно пахнущих или ядовитых соединений, а также сжигание в тиглях органических веществ. В специальном вытяжном шкафу, в котором не проводят работ, связанных с нагреванием, хранят легколетучие, вредные или дурно пахнущие вещества (жидкий бром, концентрированные азотную и соляную кислоты, и т. п.), а также легковоспламеняющиеся вещества (сероуглерод, эфир, бензол и др.).

В лаборатории необходимы водопровод, канализация, проводка технического тока, газа и водонагревательные приборы. Желательно также иметь подводку сжатого воздуха, вакуум-линию, подводку горячей воды * и пара.

Лаборатория должна иметь установки для дистилляции (или деминерализации) воды, так как без дистиллированной или деминерализованной воды в лаборатории работать нельзя **.

Около рабочих столов и водопроводных раковин обязательно должны быть глиняные банки емкостью 10—15 л для сливания ненужных растворов, реактивов и т. д., а также корзины для битого стекла, бумаги и прочего сухого мусора.

Кроме рабочих столов, в лаборатории должны быть письменный стол, где хранятся все тетради и записи, и, при необходимости, титровальный стол. Около рабочих столов должны быть высокие табуреты или стулья.

Аналитические весы и приборы, требующие стационарной установки (электрометрические, оптические и др.), помещают в отдельном, связанном с лабораторией помещении, причем для аналитических весов должна быть выделена специальная весовая комната. Желательно, чтобы весовая была расположена окнами на север. Это важно потому, что на весы не должен попадать солнечный свет (см. гл. 5 «Весы и взвешивание»).

* Если нет специальной подводки, для получения горячей воды применяют водонагреватели различных систем (см. стр. 195 и 201). При помощи этих аппаратов, обогреваемых электричеством или газом, можно быстро получить струю горячей воды с температурой почти 100 °С.

** В тех случаях, когда получение дистиллированной воды затруднено или невозможно, пользуются продажной дистиллированной водой (см. стр. 35).

В лаборатории нужно иметь также самые необходимые справочные книги, пособия и учебники, так как нередко во время работы возникает необходимость в той или иной справке.

О РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ

Необходимо обращать самое серьезное внимание на создание в лаборатории такой обстановки, которая бы облегчала работу. Искусство химика состоит не в том, чтобы получить нужные результаты путем применения дорогих и сложных приспособлений; важно достигнуть цели с помощью самых обыкновенных средств и аппаратуры, что возможно только тогда, когда работающий хорошо усвоит правильное и разумное их применение.

Необходимо стремиться к рационализации работы, стараясь получить максимальный эффект при минимальной затрате средств, времени и труда. Важнейшими условиями для достижения этого являются: 1) целесообразное устройство лаборатории, т. е. рациональное размещение рабочих мест и оборудования; 2) подбор соответствующих инструментов, посуды и необходимых аппаратов; 3) хорошая подготовка к работе исполнителя; 4) экономное использование материалов при постановке экспериментов.

Последнее достигается осуществлением опытов с небольшим количеством вещества. При этом отдельные операции (нагревание, охлаждение, фильтрование, высушивание, перегонка и т. д.) требуют несравненно меньше труда и времени, давая одинаковый конечный результат с результатом опыта, проведенного в большом масштабе.

У начинающих нередко встречаются затруднения при проведении той или иной операции. В таких случаях следует обратиться за советом или помощью к более опытному товарищу по работе.

Нередко в лабораториях, особенно неполно оборудованных, недостает какого-либо специального приспособления или аппарата; в таких случаях нужно постараться заменить его другим приспособлением, пусть несовершенным, но позволяющим не останавливать работу. Нужно самому научиться делать самые необходимые приборы или приспособления, полезно также овладеть основами стекловарного дела.

Очень важно рационализировать свое рабочее место. Нередко небольшие количества жидкости содержатся в