

ДОМАШНЯЯ **ЛАБОРАТОРИЯ** **ДЛЯ ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ ОПЫТОВ**

Раймонд Барретт, Уинделл Оскей

Make: The Annotated Build-It-Yourself Science Laboratory

Raymond Barrett and Windell Oskay



Раймонд Барретт, Уинделл Оскей

**ДОМАШНЯЯ
ЛАБОРАТОРИЯ**
ДЛЯ ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ ОПЫТОВ

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2017

УДК 379.825(53+54+58+59)
ББК 74.202.5+2
Б25

Барретт, Р.

Б25 Домашняя лаборатория для занимательных опытов: Пер. с англ. / Р. Барретт, У. Оскей. — СПб.: БХВ-Петербург, 2017. — 320 с.: ил. — (Интересное для подростков)

ISBN 978-5-9775-3727-8

Рассказано, как оборудовать домашнюю лабораторию, сконструировать приборы для исследований по химии, биологии и физике и провести с их помощью эксперименты. Показано, как изготовить собственную лабораторную посуду, камеру Вильсона для обнаружения космического излучения, микроскопы с увеличением от 25х до 160х, барометры, термометры и гигрометры, магниты, моторы, батареи и конденсаторы, микротом, анемометр и сейсмограф, телескоп, спектроскоп и нефоскоп, генераторы кислорода и водорода, гелиограф Кэмпбелла–Стокса и др. Описано проведение более 1600 экспериментов: добыча водорода, выращивание кристаллов, обнаружение жизни в капле воды, измерение всевозможных величин (от массы до электропроводности, скорости метаболизма или космического излучения), создание электрического двигателя, наблюдение за спутниками Юпитера, постановка и решение многих других увлекательных научных задач.

*Для детей среднего школьного возраста,
родителей и преподавателей*

УДК 379.825(53+54+58+59)
ББК 74.202.5+2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Евгений Рыбаков</i>
Зав. редакцией	<i>Екатерина Капалыгина</i>
Перевод с английского	<i>Кристины Черниковой</i>
Научный редактор	<i>Михаил Райтман</i>
Редактор	<i>Анна Кузьмина</i>
Компьютерная верстка	<i>Ольги Сергиенко</i>
Корректор	<i>Зинаида Дмитриева</i>
Оформление обложки	<i>Марины Дамбиевой</i>

Authorized Russian translation of the English edition of Make: The Annotated Build-It-Yourself Science Laboratory (ISBN 978-1-457-18689-9)
© 2015 Windell Oskay published by Maker Media, Inc.
This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the same.

Авторизованный русский перевод английской редакции книги Make: The Annotated Build-It-Yourself Science Laboratory (ISBN 978-1-457-18689-9)
© 2015 Windell Oskay, изданной Maker Media, Inc. Все права защищены.
Перевод опубликован и продается с разрешения O'Reilly Media, Inc., собственника всех прав на публикацию и продажу издания.

Подписано в печать 28.04.17.
Формат 84×108^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 33,6.
Тираж 2000 экз. Заказ №
«БХВ-Петербург», 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

ООО «Печатное дело»,
142300, МО, г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1

ISBN 978-1-457-18689-9 (англ.)
ISBN 978-5-9775-3727-8 (рус.)

© 2015 Windell Oskay
© Перевод, оформление. ООО "БХВ-Петербург", 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Отзывы о книге	13
Об авторах	14
Предисловие	15
С чего начать.....	18
О сущности этого аннотированного издания.....	18
Поиск материалов	18
Смастерить, купить или распечатать?	19
Безопасность	20
О независимом мышлении.....	21
Культурные влияния.....	21
Благодарности	22
Приложения и источники данных.....	22
Условные обозначения, используемые в книге.....	22
Оригинальное предисловие.....	23
Оригинальное введение	24
Поиск исследовательской лаборатории.....	24
Организация исследовательской лаборатории.....	24
Организация работы исследовательской лаборатории	24
Возможность чистых исследований	25
Лабораторные инструменты и оборудование	26
Выбор задачи	26
Решения задач.....	26

ЧАСТЬ I. ХИМИЯ.....	27
Глава 1. Основное лабораторное оборудование	29
Лабораторный верстак	29
Гравитационная бутылка для воды.....	30
Химическая колба из лампочки	31
Разрезание стеклянной трубки.....	32
Сгибание стеклянной трубки	32
Мензурка и химическая колба.....	33
Спиртовка.....	34
Спиртовка с широким пламенем.....	35
Пипетка.....	36
Пипетка для рта	36
Спиртовка в качестве паяльной лампы.....	37
Большая стеклодувная пипетка	38
Зажим бюретки и держатель пробирок	39
Химическая колба из боросиликатного стекла	39
Воронка	40
Веревочный фильтр.....	40
Цветочный горшок-фильтр	40
Треножник и регулируемые кольца.....	41
Штатив.....	42
Кольцо и держатель пробирок.....	42
Бутылочный гравёр	43
Стеклорез	44
Бутылочный резак.....	44
Реостат с соленой водой	46
Регулируемый бутылочный гравёр.....	47
Пробирки.....	48
Штатив для пробирок	48
Реторта и конденсатор Либиха.....	49
Конденсатор дистилляции	50
Химическая подставка с фильтровальной бумагой.....	51
Мерная кружка	52
Стеклянная палочка.....	52
Чашка Петри.....	52
Мерная ложка.....	53
Бутылка для кислоты.....	53
Лабораторная промывалка.....	54
Асбестовая плита	54
Отверстия в стекле.....	54

Лакмусовая бумага	55
Высокоточные весы	56
Вес в метрической системе	57
Балансирующие весы из трубочки для напитков	58
Мост для пневматической ванны	58
Круглая длинная воронка	59
Генератор водорода	60
Генератор кислорода	60
Химические источники водорода	61
Безопасный газовый генератор	62
Крестообразный соединитель	63
T-образная трубка	63
Регулируемый зажим	63
Выращивание кристаллического угля	64
Выращивание сахарного кристалла	65
Выращивание драгоценных кристаллов	66
Рецепты выращивания кристаллов	70
Поляриметр	72
Гидрометр	73
Картезианский водолаз	74
Список вопросов для изучения химии	75

ЧАСТЬ II. ФИЗИКА 89

Глава 2. Астрономия и свет 91

Карта звездного неба	91
Рефрактор	93
Спектроскоп	94
Астролябия	95
Инclinатор	96
Универсальные солнечные часы	97
Планетарная модель Солнечной системы	99
Зонт-планетарий	100
Проектор звездного неба	101
Маятник Фуко	101
Наблюдение солнечных пятен	102
Измерение расстояния до Луны	103
Водопроводный кран с вакуумным насосом	104
Измерение давления в вакуумной бутылке	105
Вакуумный насос	106
Вакуумная бутылка-колпак	107

Солнечная печь	108
Солнечный дистиллятор	109
Звездный планетарий.....	110
Список вопросов для изучения астрономии и света.....	111
Глава 3. Атомная энергия	123
Радиометрическое датирование.....	123
Спидтарископ.....	124
Дозиметр	125
Диффузионная камера	127
Глава 4. Электричество и магнетизм	131
Создание магнита (перезарядка магнита).....	131
Магнитометр	132
Компас из иголки	133
Компас из часовой пружины	133
Компас Колумба.....	134
Железные опилки	134
Электроскоп.....	135
Электроскоп с бузиновым шариком.....	136
Электронный электроскоп	137
Электрофор	139
Лейденская банка	140
Соленоид	141
Батарея из лимона.....	142
Батарея из промокательной бумаги	143
Гальванический элемент	143
Гальваноскоп	144
Аккумуляторная батарея.....	145
Ртутный переключатель	145
Переключатель из английской булавки.....	146
Реостат	147
Кнопка	147
Реостат из карандаша	148
Переключатель направления тока	149
Измерение электропроводности.....	149
Источник постоянного или переменного тока	151
Переменная нагрузка	153
Выпрямитель на лампах накаливания и зарядное устройство.....	155
Углеродные стержни в качестве электродов.....	156
Электролитический резервуар	156

Электродвигатель из пробирки	157
Двигатель из болта и гайки	158
Дверной звонок.....	159
Электрический пищик	160
Телеграфный ключ.....	160
Клопфер	161
Клопфер на соленоиде.....	161
Международный код.....	162
Индикатор движения тока.....	162
Аналоговая ЭВМ	164
Цифровой компьютер.....	166
Список вопросов для изучения электричества и магнетизма.....	167
Глава 5. Сила, измерения, движение	177
Пружинная шкала	177
Весы на резинке	177
Измерительная линейка.....	178
Оптический микрометр	178
Центробежный тахометр.....	179
Ручной стробоскоп	180
Моторизированный стробоскоп.....	181
Водные часы.....	182
Секундомер	183
Гармонограф	184
Глава 6. Геология	187
Основное необходимое геологическое оборудование	187
Регистрационный лист горных пород и минералов	188
Вычисление удельного веса	190
Тест на королек.....	191
Особые свойства.....	192
Сейсмограф	195
Вулкан	197
Глава 7. Метеорология (погода).....	199
Анемометр	199
Осадкомер	200
Флюгер.....	201
Нефоскоп.....	202
Шкала Бофорта	203
Таблица ветро-холодового индекса.....	203

Барометр из воздушного шара.....	204
Барометр-анероид.....	205
Волосяной гигрометр.....	207
Психрометр.....	207
Дневник погоды.....	209
Ртутный барометр.....	209
Химический барометр.....	211
Детектор воздушного потока.....	212
Воздушный термометр.....	213
Создание искусственных облаков.....	214
Воздушный барометр.....	216
Исследование конвекционных потоков.....	217
Гелиограф.....	218
Оптический радиометр.....	219
Метеорологический зонд.....	220
Список вопросов для изучения метеорологии (погоды).....	222

ЧАСТЬ III. БИОЛОГИЯ.....231

Глава 8. Основное биологическое оборудование.....233

Источник света для микроскопа.....	233
Лупа из капли воды.....	234
Пипетка.....	234
Микроскоп с малым увеличением.....	234
Микроскоп Левенгука.....	235
Разведение бактерий.....	237
Микрограф.....	238
Поляризационный светофильтр.....	239
Микробиологические культуры.....	241
Выращивание артемий.....	243
Создание микропрепаратов для микроскопа.....	245
Микротом.....	247
Точный микротом.....	248
Лабиринт для животных.....	249
Сачок.....	250
Морилка.....	250
Энтомологическая коробка.....	251
Камера быстрой заморозки.....	251
Грудная клетка.....	252
Метаболическая камера.....	253
Аквариум.....	254

Террариум	255
Препаровальная игла	256
Булавки для препарирования.....	257
Нож для препарирования.....	257
Клетка для подопытных животных	257
Список вопросов для изучения биологии	258
ЧАСТЬ IV. ПРИЛОЖЕНИЯ	283
Приложение 1. Источники химических веществ и материалов	285
Продажа химических веществ и другие материалы	285
Приложение 2. Таблица мер и весов	293
Основные единицы международной системы единиц.....	293
Линейные единицы измерения	293
Единицы измерения количества	293
Единицы измерения жидкости.....	293
Единицы измерения веса/массы	294
Единицы измерения времени.....	294
Приложение 3. Таблица преобразования температур.....	295
Приложение 4. Таблица химических элементов	297
Приложение 5. Дополнительные примечания.....	299
Примечание 1. Работа с животными	299
Примечание 2. Безопасность: работа со стеклом.....	299
Примечание 3. Безопасность: работа с открытым огнем.....	300
Примечание 4. Безопасность: работа с горячим стеклом.....	300
Примечание 5. Детские бутылочки.....	301
Примечание 6. О спирте	301
Примечание 7. Изопропиловый спирт	301
Примечание 8. Консервные банки.....	301
Примечание 9. Разборные крышки	302
Примечание 10. Безопасность: оголенные провода.....	302
Примечание 11. Альтернатива угольной дуге	303
Примечание 12. Батарейки для фонарика	303
Примечание 13. Безопасность: наблюдение за солнцем и работа с угольной дугой	303
Примечание 14. Безопасность: сухой лед	304
Примечание 15. Вес монет.....	304
Примечание 16. Кислоты.....	304
Примечание 17. Безопасность: работа с химическими веществами	305

Примечание 18. Меркурохром.....	306
Примечание 19. Плотность или удельный вес	306
Примечание 20. Нафталиновые шарики	306
Примечание 21. Тетрахлорметан.....	306
Примечание 22. Карты звездного неба (планисферы)	306
Примечание 23. Карты планет	307
Примечание 24. Линзы	307
Примечание 25. Дифракционная решетка.....	307
Примечание 26. Ртуть для манометра	307
Примечание 27. Использование телескопа.....	308
Примечание 28. Источники радиации	308
Примечание 29. Диффузионная камера.....	308
Примечание 30. Сухая электрическая батарея № 6.....	309
Примечание 31. Электронный электроскоп	309
Примечание 32. Конструирование «ртутного» выключателя	310
Примечание 33. Трансформатор или нагрузка	310
Примечание 34. Накальный трансформатор	311
Примечание 35. Современный мостовой выпрямитель	311
Примечание 36. Индикатор движения тока	312
Примечание 37. Цифровой компьютер	313
Примечание 38. Центробежная сила?	313
Примечание 39. Детали механизированного стробоскопа	314
Примечание 40. Секундомер из проигрывателя пластинок.....	314
Примечание 41. Припаивание к жестяной банке	315
Примечание 42. Водные барометры.....	315
Примечание 43. Химический барометр	316
Примечание 44. Привязной метеорологический зонд	317
Примечание 45. О вскрытии	317

Предметный указатель	318
-----------------------------------	------------

ОТЗЫВЫ О КНИГЕ

Смыслом жизни моего отца было наблюдать за радостью открытий, которую испытывали его ученики во время экспериментирования. Он был новатором и полагал, что ученики лучше усвоят материал, если получают собственный практический опыт, работая с обычными предметами. Очень приятно видеть, что Уинделл Оскей вернул эту книгу к жизни, чтобы подтолкнуть к исследованиям новое поколение детей.

Стефан Барретт

На первый взгляд, проекты в этой книге (например, конструирование печи с угольной дугой или водородного генератора) могут показаться пугающими, даже опасными, и в этом-то весь смысл! Исследовательские умения и навыки, получаемые при проведении настоящих опытов, описанных в книге, развивают критическое мышление, учат внимательно наблюдать, а это необходимо педагогам и ученикам, если они хотят по-настоящему понять науку. Сегодня эта книга не менее актуальна, чем при первом издании, ведь она поддерживает любопытных людей всех возрастов, побуждая их хорошенько повеселиться, занимаясь серьезными исследованиями — с этого начинается любовь к науке!

Майк Петрич, «Мастерская — Эксплораториум»

Это намного, намного больше, чем лаборатория «Сделай сам». Это действительно довольно полный курс экспериментальной науки.

Форрест М. Мимс III, автор и ученый-любитель

ОБ АВТОРАХ

Раймонд И. Барретт (1926–2011) был директором педагогических программ Орегонского музея науки и промышленности (OMSI) в течение 22 лет.

Уинделл Оскей является соучредителем Evil Mad Scientist Laboratories — компании в Силиконовой долине, которая с 2007 г. разрабатывает и производит специализированную электронику и робототехнические комплекты. Кроме того, сотрудники компании ведут популярный блог с проектами «сделай сам», и многие из их проектов выставлены в музеях науки и искусств, еще о них писали в журналах Make, Wired и Popular Science. Также Уинделл был членом совета учредителей Ассоциации технических средств с открытым исходным кодом. Ранее Уинделл работал инженером-разработчиком технических средств в «Исследовательских системах Стэнфорда» и физиком-исследователем в отделе времени и частот национального института стандартов и технологий. Он является обладателем степени бакалавра физико-математических наук колледжа Лейк Форест и степени доктора философии по физике Техасского университета в Остине.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга научит вас делать потрясающие вещи: угольно-дуговую печь, камеру Вильсона, механический стробоскоп, радиометр, оптический микрометр, электромагнит, микротом, спектроскоп и многое другое. Вы будете выдувать стекло, ловить жуков и зачищать концы электрических проводов. Вы узнаете, каковы на вкус кислоты и щёлочи, кто обитает в капле воды и как ваши легкие втягивают воздух. Вы будете измерять массу, плотность, объем, давление, температуру, время, влажность, космическое излучение, электропроводность и оптическую поляризацию. Вы будете изолировать водород, соберете электрический двигатель, вырастите горы сладких кристаллов и буквально *выжжете* запись дневной погоды, используя гелиограф Кэмпбелла–Стокса.

И хотя можно создать множество приборов, смысл не только в этом. Начав изучать только приборы, вы упустите суть книги, не увидите леса за деревьями. По своей сути, — это *научная книга*. Каждый проект сопровождается набором вопросов для изучения, которые побуждают вас спрашивать себя: «*Могу ли я рассуждать как ученый?*» За этим стоит что-то большее: одна из самых экстраординарных коллекций, «ярмарка научных идей», список идей исследовательских проектов с более 1600 незаконченных вопросов для исследований из области химии, физики, биологии и геологии.

Общепризнанно, что эта книга является одной из лучших в области практических научных проектов, среди всех, когда-либо написанных. Первоначально она была опубликована в 1963 году

и до сих пор популярна, особенно учитывая темпы научно-технического прогресса в последние полвека. Одна из причин этого в том, что она *достоверна*, не упрощенная и не сокращенная: здесь есть на выбор несколько действительно лакомых (т. е. потенциально опасных) проектов, которые сегодня недоступны в научных книгах для молодежи, но были вполне приемлемы ранее. Сегодня мы лучше понимаем многие опасности, *но в этой книге не стало больше опасности с момента ее первого издания.*

Мое первое знакомство с этой книгой состоялось, когда мне было 10 лет, в 1984 году, в начальной школе Эйнсворт, в Портленде, штат Орегон. Тогда я был пятиклассником и вместе с одноклассниками регулярно посещал школьную библиотеку. В одно из таких посещений библиотекарь рассказывал нам о десятичной классификации Дьюи и о том, как была организована библиотека. В то время я уже был заядлым читателем и часто пролистывал (как делают дети в определенном возрасте) выставленные книги во время посещения библиотеки. Все изменилось, когда я узнал о десятичной классификации Дьюи. Научные книги были в индексном классе 500, а поскольку я уже знал, *что когда вырасту, я стану ученым*, то книги из класса 500 и стали тем, на что я *тратил все время.*

В разделе научной литературы школьной библиотеки имелись книги с разными названиями — и абстрактными, и эзотерическими, и скучными, и (надеюсь) удивительными. Ничего странного, что одно название привлекло мое внимание:

«Домашняя лаборатория для занимательных опытов» («BUILD-IT-YOURSELFSCIENCELABORATORY»). Это было именно то, что я хотел сделать.

Я не знаю, сколько людей имели такой же хороший опыт взросления. В смысле, посещая школу в Портленде, я (сам того не зная) развивался в сфере влияния автора. Раймонд Барретт в течение семи лет был учителем в школьном округе Портленда, прежде чем в 1959 году его пригласили работать директором образования в Орегонский музей науки и промышленности, и на этом посту он находился 22 года. Там Барретт разработал новые практические, эмпирические подходы к преподаванию науки. Он увеличивал привлекательность обучения с помощью классов, семинаров, лагерей. Он руководил научным образованием как на Тихоокеанском Северо-Западе, так и по всей стране, обучая учителей лучшим способам преподавания науки.

В период работы учителем и в первые годы работы в Орегонском музее науки и промышленности Барретт начал разрабатывать комплекс учебных планов для научных проектов «сделай сам», предназначенных для учеников средней и высшей школы. Эти планы разрабатывались для стимулирования интереса учеников к науке, в пример приводились Галилей, Ньютон и Фарадей, которые (согласно истории) создали свои лаборатории и самых простейших материалов. В этих планах описывалось, как наскоро смастерить около 200 лабораторных приборов, в основном, из подручных средств, и их использование в более чем 2000 экспериментов.

Начало 1960-х годов было довольно необычным временем. Все еще длился Спутниковый кризис. Противники Америки в холодной войне были умными и технологически развитыми — мы должны были конкурировать.

Началась космическая гонка. Соединенные Штаты имели заслуживающую доверия программу полета человека в космос, приоритетной была программа высадки землян на Луну. Научное образование было на подъеме. Люди нуждались в лучших способах изучения науки.

Все эти причины, а также тот факт, что обучение науке — хорошее дело, привели к тому, что программа Барретта «Построй сам науку» стала настолько популярной, что частные лица и организации со всех уголков США заказали более 4000 комплектов его уроков, отпечатанных на мимеографе. Это привело к тому, что у Барретта появилось собственное обучающее научное телешоу, в котором говорилось в частности о том, как собрать приборы дома. Известность программы, в конце концов, привлекла внимание компании Doubleday, которая заключила контракт с Барреттом на создание книги, основанной на его уроках. Барретт усовершенствовал и расширил планы уроков. Результаты его работы вы видите перед собой, с иллюстрациями штатного художника Орегонского музея науки и промышленности Джоан Меткалф (Joan Metcalf).

К тому времени, как я прочитал книгу в середине 1980-х гг., ей было уже 20 лет, а ее автор уже ушел из Орегонского музея науки и промышленности.

Помню, в детстве я особенно восхищался одним маленьким открытием, которое сделал во время работы над одним из проектов этой книги. Я искал крохотных простейших в каплях воды из пруда, используя для этого школьный микроскоп. Но увидеть их было трудно, т. к. они маленькие, быстрые и *прозрачные*. В проекте говорилось об использовании в микроскопе перекрещивающихся поляризаторов, чтобы смотреть на кристаллы или рыбы хвосты, и мне показалось, что это могло бы решить проблему с микробами. Я модифицировал микроскоп, установив поляризационные фильтры выше и ниже образца (см. разд. «Поляризационный светофильтр» главы 8), ставив фильтры из набора импровизированных 3D-очков. Глядя через пересекающиеся поляризационные фильтры, можно видеть только то, что находится между ними, что меняет поляризацию света; все остальное выглядит черным. И вуаля! Простейшие все также были маленькими и быстрыми, но теперь они *светились белым* на черном фоне. Я (повторно) открыл прими-

тивную форму микроскопии в темном поле, и это было поразительно.

В наше время современные созидатели и создатели образовательных движений помогли разжечь культурный интерес в прикладном образовании, особенно в сфере STEM-дисциплин (Science, Technology, Engineering, Mathematics — естественные науки, технологии, инженерия и математика) и STEAM (STEM плюс Art — искусство), да такой, какого не было с 60-х годов XX века.

В некотором смысле, это тяжелая борьба. Мы живем в эпоху, когда правят нормы нулевой толерантности, означающие, что детей временно отстраняют от учебы или исключают из школы за хранение «опасных» предметов вроде *ножниц*. Знакомый профессор недавно рассказал мне историю о родителе, который позвонил и высказал недовольство, что его ребенок подвергся риску заражения из-за *обмена иглами*, т. к. в их классе электронного текстиля нерегулярно стерилизуют швейные иглы. Согласитесь, это довольно необычно уколаться детской швейной иглой, да еще и двум ученикам сразу, так, чтобы возник риск заражения. Наверное, они путают

«общие иглы» для инъекций, которые действительно несут высокий риск инфицирования при обмене среди наркоманов.

Но надежда есть. Книга Гивера Тулли и Джули Спиглер «50 опасных вещей, которые вы должны разрешить ребенку» («50 Dangerous Things (you should let your children do)») стала отличным напоминанием, что хорошо организованные потенциально опасные действия — это невероятный инструмент для изучения, как делать что-то безопасно и хорошо. И креативные пространства-мастерские, и обучение креативу помогают людям признать, что детям и молодым совершеннолетним людям нужно время, чтобы *играть*, чинить что-то, исследовать, создавать вещи своими руками и учиться на своем опыте. Опыт создания вещей является важной частью развития физической интуиции, познания, как действительно устроен мир, и помогает оттачивать навыки критического мышления.

Лично для меня *это* та книга, которая научила меня создавать вещи.

Уинделл Оскей, октябрь 2014

С ЧЕГО НАЧАТЬ

О сущности этого аннотированного издания

Это издание книги представляет собой адаптированную версию оригинала 1960-х годов, цель которого в том, чтобы сделать книгу более доступной и полезной современным читателям, сохранив при этом ее общий стиль и множество экспериментов.

Мы не правили стиль первоначального текста и не изменяли его, за исключением случаев, когда описанное в оригинале оказывалось труднореализуемым на практике в современной действительности. Вместо прямого редактирования текста мы в большинстве случаев по необходимости добавляли сноски¹ или расширенные комментарии в новом *приложении 5*.

Исключениями из этого правила являются:

- ◆ адаптация материалов и единиц измерения под используемые в России;
- ◆ незначительные технические и типографские ошибки;
- ◆ незначительные изменения формулировок и пунктуации, внесенные для большей ясности;
- ◆ отдельные адреса для заказа материалов по почте, которые больше не действуют;
- ◆ указания цен товаров;

¹ В оригинальном тексте не было сносок; все сноски — это добавленные примечания.

- ◆ химические формулы минералов, обновленные в соответствии с современными обозначениями;
- ◆ таблица ветро-холодового индекса, обновленная в соответствии с современными значениями;
- ◆ оригинальные иллюстрации, которые были отретушированы для повышения их четкости;
- ◆ одна недостающая иллюстрация, относящаяся к тексту, который был переписан;
- ◆ один проект, основным элементом которого являлась очень редкая (в наши дни) неоновая лампа. Она была заменена современным светодиодным устройством, выполняющим ту же функцию. Текст, описывающий исходное устройство, приведен в *приложении 5*;
- ◆ добавленные предисловия и новые введения: начиная с данного раздела и до *разд. «Условные обозначения, используемые в книге»* включительно;
- ◆ *приложение 1*, содержащее список мест, где можно купить химические вещества и другие материалы, было переписано, в него добавлены современные источники;
- ◆ таблицы данных в приложениях (*см. приложения 2–4*) были заменены новыми.

Поиск материалов

Материалы и химические вещества, указанные в экспериментах, разумеется, выбраны так, чтобы их можно было легко найти. Однако за послед-

ние полвека набор материалов, относящихся к этой категории, сильно изменился. Возможно, вы обнаружите, что некоторые просто (или практически) недоступны. Одним из мотивов написания этого издания стало желание сделать книгу более полезной, заполнив пробелы современными источниками товаров и (в некоторых случаях) современными заменителями.

Материалы, которые трудно найти, можно поделить на несколько категорий.

- ◆ Материалы, которые когда-то были широко распространены, но теперь стали неактуальны по технологическим причинам. Например, жидкость для копировального аппарата (когда-то использовалась повсеместно для школьных копировальных аппаратов, но сегодня их место заняли лазерные принтеры) или химические вещества, используемые для проявки фотопленки. В целом, эти химические вещества по-прежнему можно купить в специализированных магазинах или через Интернет, но не в ближайшей аптеке.
- ◆ Материалы, которые действительно опасны и редко используются (обычными людьми) по причинам безопасности. Такие вещества, как ртуть и асбест, все еще законны и широко используются в промышленности, но были запрещены, либо больше не используются во многих ситуациях, в которых применялись раньше. Кухонные прихватки больше не изготавливают из асбестовой ткани, а оральные термометры скорее будут электронными, чем ртутными. *И это хорошо.* Единственное применение асбеста в быту — асбестовая плитка для защиты поверхности стола от горячей посуды, но мы предлагаем использовать вместо асбеста обычную кухонную подставку.
- ◆ Материалы, которые больше не производятся, например, вакуумные трубки для радиостанций.
- ◆ Материалы, которые трудно купить без соответствующего разрешения. Многие компании — поставщики химических веществ продают их только организациям или компаниям, имеющим разрешение на их использование.

Независимому ученому-любителю, такому как вы, их могут не продать. Мы постарались указать альтернативные источники или заменители в случаях, когда подобные барьеры могут стать проблемой.

Места, где можно купить все названные и дополнительные материалы, которые вам потребуются, указаны в комментариях по всему тексту и в *приложении 1*.

Смастерить, купить или распечатать?

В этой книге вам встретится немало мест, когда будет казаться, что разумнее, быстрее или экономически выгоднее было бы купить конкретный прибор, а не конструировать его по инструкции. И если у вас есть возможность и желание так поступить, не стоит этого стыдиться.

А если так, то зачем вам вообще рассматривать возможность мастерить самому такие элементарные вещи, как путевой компас или термометр, когда можно купить новенькие блестящие цифровые модели? Ответ, конечно, в том, что часто гораздо ценнее узнать, как самому сделать вещи, и как они работают. Мастера устройство, вы узнаете принцип его работы, механизмы и процесс изготовления, а также развиваете свою научную интуицию. Как ученый-экспериментатор вы обязательно должны смастерить в процессе работы какой-нибудь *новый* тип устройства, которое нельзя купить потому, что такое устройство *никогда раньше не существовало*. Опыт конструирования и развития научной интуиции (чувства того, что одни идеи сработают, а другие нет в процессе конструирования) способны очень вам помочь.

Во многих случаях может быть полезно (или интересно!) воспользоваться компьютеризированными инструментами, такими как 3D-принтеры или лазерные резаки, чтобы облегчить процесс изготовления устройств. Это может сэкономить время, повысить качество вашей работы или возможности настройки, которые в противном

случае существенно усложнятся. Возможно, у вас дома есть собственный 3D-принтер или лазерный резак или вы можете воспользоваться им в школе, местной библиотеке либо мастерской. Если нет, онлайн-сервисы за небольшую плату предлагают легкий доступ к 3D-печати и лазерной резке (соответственно).

Имея возможность работать с 3D-принтером, вам, скорее всего, захочется напечатать все необходимые детали. И все же следует подумать, из каких материалов необходимо изготовить эти детали. Большинство популярных недорогих 3D-принтеров изготавливают объекты из пластика путем плавления нити или полимеризации смолы. Таким образом, по сравнению со стеклянным лабораторным оборудованием у распечатанных на 3D-принтере объектов, как правило, низкая максимальная рабочая температура (из-за плавления), они огнеопасны (потому, что изготовлены из пластика), а также более подвержены химическим реакциям. Для приложений общего назначения, таких как изготовление моделей и монтаж оптики, можно использовать почти любой материал, но есть случаи, когда требуются более надежные или инертные материалы, такие как стекло и металл. Это может быть немного сложнее, чем кажется. Например, штатив для пробирок — одна из тех «очевидных» вещей, которые люди любят распечатывать на 3D-принтере, на самом деле должен быть способен удерживать горячие пробирки, находящиеся прямо над спиртовкой.

Безопасность

В тексте встречаются как оригинальные неустаревающие, так и обновленные советы по технике безопасности, и очень важно, чтобы вы поняли, что современная практика безопасности требует серьезного отношения, и недостаточно просто прочесть несколько строк предупреждения. Дело не столько в том, «безопасен» ли конкретный эксперимент или «небезопасен», сколько в человеческом факторе. *Вы, экспериментатор*, делаете ситуацию безопасной или опасной. Не-

которые эксперименты и процедуры изготовления, описываемые в книге, потенциально несут в себе угрозу серьезной травмы, смерти или серьезного материального ущерба. И, тем не менее, *все их* можно выполнить безопасно, если действовать внимательно и аккуратно.

Придерживайтесь во всех экспериментах и на всех этапах изготовления одинакового подхода: обдумайте последствия ваших действий с точки зрения безопасности, убедитесь, что вы (и другие люди поблизости) осведомлены о потенциальной опасности, и примите соответствующие меры предосторожности. Если вы не *уверены*, что понимаете последствия своих действий с точки зрения безопасности, вы обязаны обратиться за помощью к другим людям прежде, чем продолжить.

Несмотря на то, что мы не можем предвидеть все возможные ситуации, вот некоторые моменты, о которых необходимо подумать. Если что-то потенциально может отскочить вам в лицо, обязательно наденьте подходящие защитные очки с боковой защитой.

При работе с огнем и высокими температурами держите под рукой рабочий огнетушитель и телефон на случай, если потребуется вызвать пожарных. При работе с линией электропередачи под напряжением (проводка в стене/электросеть) убедитесь, что у вас есть доступ к электрическому щитку, чтобы отключить напряжение. Работая с ножом или ножницами, будьте осторожны, не порежьтесь. И так далее.

Электробезопасность — предмет особого внимания, т. к. некоторые проекты подразумевают работу с электролинией под напряжением. Общее правило таково: к электронным компонентам безопасно прикасаться, если напряжение ниже 25 В переменного тока или 60 В постоянного тока. Однако есть убедительные доказательства, позволяющие предположить, что *не существует* уровня напряжения, при котором прикасаться к проводам совершенно безопасно. Риск при работе с электропроводкой можно свести к минимуму, если использовать развязывающий

трансформатор и иметь поблизости рубильник, отключающий питание (например, настенный выключатель или разветвитель питания), рассчитанный на большее напряжение и не связанный с выключателями питания вашего проекта.

Если вы еще несовершеннолетний, некоторые проекты необходимо выполнять под наблюдением взрослых. Обсудите свои проекты со взрослыми, чтобы выяснить, какие из них требуют наблюдения. Независимо от вашего возраста, хорошая практика безопасности требует, чтобы при работе с электроинструментами или другими проектами, которые могут потенциально представлять смертельную опасность, к примеру огонь или линия электропередачи, находящаяся под напряжением, рядом с вами находился еще один ответственный человек.

Если бы мы могли дать один универсальный совет, как не подвергнуть себя опасности, он был бы такой: обратите особое внимание на то, что вы делаете, и воспринимайте каждую новую ситуацию с терпением и, прежде всего, со здравым смыслом.

Международные стандарты напряжения и единицы измерения

Проекты в этой книге, касающиеся напряжения в электросети, предназначены для работы в энергосистеме Российской Федерации при 230 В переменного тока и частоте 50 Гц. Если по месту вашего жительства напряжение в сети другое, учтите, что при выполнении проекта, касающегося напряжения в электросети, необходимо учитывать эти различия.

В большинстве проектов этой книги используются единицы метрической системы мер. Изучите *приложение 2*, в котором содержится список преобразований единиц измерения.

О независимом мышлении

Многочисленные проекты и вопросы в этой книге предназначены для улучшения вашего критического мышления и обеспечения большей са-

мостоятельности, чем вы привыкли в обычных ситуациях. Далее приведены некоторые моменты, которые вам стоит обдумать, принимаясь за решение новых проблем.

- ◆ На вопросы не всегда есть ответы.
- ◆ Для ответа на некоторые вопросы этой книги необходимо провести исследование, а не просто эксперимент. (Кем *был* Филипп Жолли и в чем суть его метода измерения массы Земли? Вам придется сначала узнать это, прежде чем пытаться воспроизвести его результаты.)
- ◆ Время от времени вам нужно будет проявлять изобретательность. Если для проекта требуется, чтобы резиновая и стеклянная трубки были соединены, автор предполагал, что вы можете заставить проект работать, даже если при первой попытке окажется, что детали не подходят друг к другу. (Нужно ли взять трубки другого размера? Сделать адаптер? Скрепить их скотчем?)
- ◆ Определенная степень ответственности всегда обязательна. С точки зрения практики безопасности, нужно соблюдать осторожность, работая с химическими веществами, с животными и т. д. Если что-то *потенциально может* пойти совсем не так, остановитесь и переоцените ситуацию и свой подход. Значит, вы еще не подготовлены должным образом.

Культурные влияния

Отчетливее всего на возраст данной книги указывают два момента, когда автор молчаливо подразумевает, что ученый или руководитель исследовательской лаборатории будет мужчиной. Это могло быть приемлемо в культурном отношении в 1960-е гг., но сейчас все иначе. Сегодня директор Национального научного фонда США — астрофизик, доктор Франс Кордова. Она — не первая женщина-директор Национального научного фонда. Любой человек, интересующийся наукой, может стать ученым, а допущения обратного вредны для нашего общества.

В некоторых проектах используются коробки из-под сигар и сигарет. Как и в случае с асбестом и ртутью, сегодня мы лучше понимаем вред курения. И хотя мы можем сказать мало хорошего о сигаретах, но коробки из-под сигар отлично подходят для проектов, и на сегодняшний день им нет равноценной замены. К счастью, можно купить коробки из-под сигар отдельно без сигар в них — только сами коробки.

Повседневные эксперименты с животными, к примеру наблюдение за крысой в лабиринте, когда-то были распространенным явлением, но (по веским причинам) в настоящее время подвергаются тщательному изучению. Некоторые другие эксперименты с животными, описанные в этой книге, вряд ли получают одобрение защитников животных в нынешнем веке. Я призываю вас подумать дважды, прежде чем вовлекать в эксперименты животных и следовать при этом международным рекомендациям для «ярмарок научных идей» (включая обращение к наблюдательному комитету). Подробнее об этом читайте в *примечании 1 приложения 5*.

Благодарности

Спасибо Стивену Герцбергу за большую помощь в подготовке этой книги. В частности, за многочасовую корректуру и форматирование текста, а также за подготовку иллюстраций.

Спасибо Алану Йейтсу, позволившему использовать его проект светодиодного электроскопа.

Спасибо Джонатану Футу (rotormind.com) за помощь с проектом осциллографа с неоновой лампой.

Спасибо Стивену Барретту за обзор предисловия и добрые слова поддержки.

Спасибо Эрику Балмеру и Брайану Джепсону за множество полезных замечаний по комментариям.

Благодарю моего партнера Ленор Эдман за терпение, поощрение и многочисленные полезные советы.

Приложения и источники данных

Периодическая таблица в *приложении 4* подготовлена правительством США (Национальным институтом стандартов и технологий США) и находится в свободном доступе: www.nist.gov/pml/data/.

Символы для азбуки Морзе (*см. разд. «Международный код» главы 4*) были заимствованы из открытого источника wikimedia.org.

Условные обозначения, используемые в книге

В книге используются следующие условные обозначения:

Совет по технике безопасности

Во вставках «Совет по технике безопасности» содержатся исходные инструкции автора по технике безопасности. Они изложены в виде *рекомендаций*, но относиться к ним нужно очень серьезно. Когда в советах по безопасности говорится, к примеру, «не трогайте оголенные провода», причина в том, что это может привести к потенциально смертельному удару током! (Так что *на самом деле* не трогайте оголенные провода!)

Современный совет по технике безопасности

Во вставках «Современный совет по технике безопасности» приведены новые примечания, касающиеся современной техники безопасности, добавленные в это издание, где было необходимо. Эти примечания часто ссылаются на более подробную информацию в приложении.

ОРИГИНАЛЬНОЕ ПРЕДИСЛОВИЕ

Вы, будучи учеником или учителем, можете начать *по-настоящему* понимать науку точно так же, как Ньютон, Галилей или Фарадей сотни лет назад. У этих ученых прошлого не было современного научного оборудования, и все же, с помощью простых материалов они сумели сделать важные выводы, которые легли в основу множества современных научных исследований.

Каждый из этих ученых *сам* создал свою лабораторию и оборудование. Вы, *открывая для себя науку в XXI веке*, можете поступить так же. Вы можете спроектировать и собрать собственное экспериментальное оборудование, а затем с его помощью изучить многие явления самостоятельно. Конструируя оборудование и работая с ним, вы столкнетесь с множеством новых вопросов и задач. С этих вопросов может начаться ваше увлекательное путешествие в настоящий мир науки.

Материалы, необходимые для создания основных научных приборов, описанных в этой книге, можно найти дома, в гараже, в магазине «Тысяча мелочей» или в хозяйственном супермаркете. Во всех случаях они довольно дешевы. Если необходимые материалы сложно найти, в книге указывается, где их можно приобрести.

Основная идея книги заключается в том, чтобы побудить учеников и учителей построить собственную научную лабораторию дома и в школе. С помощью самодельного оборудования молодой ученый сможет испытать радость творчества и утолить жажду открытий. Идеи или задачи, описанные после многих инструкций, приоткрывают дверь, за которой вас ждет множество дорог к пониманию Вселенной.

С чего начать? На самом деле, не имеет значения. Ведь при изучении новой земли нет четких точек начала и конца исследования. Каждый раз, путешествуя, вы будете делать новые наблюдения и находить новые поводы для любопытства. Совет «начните с того, что вам интересно» — неверный. С практической точки зрения можно предложить собрать основные научные приборы, которые нужны для создания других, и с ними вы будете хорошо подготовлены к тому, чтобы начать исследование по своему выбору. Вы увидите, что многие пути неоднократно пересекаются. Их интересно исследовать. Каждый путь, по которому вы пойдете, поможет вам лучше понять этот мир приключений, называемый наукой.

ОРИГИНАЛЬНОЕ ВВЕДЕНИЕ

Поиск исследовательской лаборатории

Эффективнее всего сегодня учиться в научно-исследовательской лаборатории. Неважно, организована ли эта лаборатория на деньги крупного промышленного предприятия или является собственностью высшего учебного заведения. В обоих случаях организация работы, обеспечивающая эффективность обучения, одинакова. Исследовательский подход к обучению можно применять везде: от детского сада до колледжа.

Организация исследовательской лаборатории

Директор — ключевая фигура в научно-исследовательской лаборатории. Этот человек не знает ответа на все вопросы и проблемы, но у него обширные знания в той конкретной области, над которой он работает. Благодаря своему опыту, он способен направлять усилия коллег в то русло, которое может привести к наибольшему результату.

Исследовательская группа состоит из людей, обладающих различными талантами и способностями. Некоторые из них узкие специалисты, а у других более общее образование. Кто-то возглавляет небольшие команды и руководит работой по конкретному аспекту крупной проблемы.

Также есть люди, в чьи обязанности входит предоставление услуг для того, чтобы группа в целом могла функционировать более эффективно.

Организация работы исследовательской лаборатории

В школьном классе роль директора исполняет учитель. Он, как и директор лаборатории, не знает ответов на все вопросы и проблемы, которые возникнут. В исследовательской лаборатории со стороны директора было бы глупостью работать над задачей, решение которой уже известно. В классе, где основной целью является образование, задачи не должны быть оригинальными, но должны быть не известны ученикам. Учитель не должен давать ответы. Скорее, ответы учащиеся должны узнавать в ходе исследований и экспериментов. Роль учителя в том, чтобы давать советы, указывать области, которые стоит исследовать, и координировать знания, полученные группами учащихся, таким образом, чтобы все они могли поделиться своими знаниями и лучше понять основную задачу или «большую идею».

Весь класс или учитель-директор выбирают одну из основных задач. Примером основной задачи может быть вопрос: какова природа магнетизма? Роль учителя в выборе задачи заключается в том, чтобы убедиться, что учащиеся должным образом мотивированы и хотят узнать решение предложенной задачи. Мотивация может исхо-

дить от других учеников, например, если они принесут на занятие магниты. Однако хороший учитель не полагается целиком на волю случая. Хороший учитель знает, как пробудить интерес к теме, которую нужно изучить. Начиная раздел «Магнетизм», учитель может вызвать интерес, пустив по рядам учеников коробку с таинственным предметом внутри. Каждый учащийся, встряхивая коробку, может попытаться угадать, что в ней находится. В конце концов, они сделают «открытие», что предмет в коробке притягивает булавки или скрепки. Затем им станет интересно узнать больше о таинственной силе, проникающей сквозь стенки коробки.

Учащиеся сами могут предложить задачи для решения. Однако учитель должен решить, над какими задачами биться и каким образом это эффективнее сделать.

Учителю следует подбирать задачи, решение которых гарантирует, что студенты получат те знания, которые они, по мнению учителя, должны получить после освоения раздела.

Директор делит своих сотрудников на отделы. В каждом отделе назначается руководитель. Он регулярно встречается с директором и другими руководителями, чтобы обменяться выводами и рассказать о возникших проблемах. Каждый руководитель получает задание, сводящееся к решению одного частного аспекта общей задачи.

Затем группы встречаются со своим руководителем и планируют эксперимент или способ решения. Следует поощрять попытки учащихся искать ответ сначала экспериментальным путем. Если решение возможно получить в ходе эксперимента, ученики должны его спланировать, подготовить, провести и, наконец, сделать собственные выводы. Иногда необходима справочная литература, чтобы обогатить эксперимент или предоставить теоретическую информацию, которая позволит им спланировать эксперимент для проверки их теории и гипотезы.

Для этого нужна библиотека научно-исследовательской лаборатории. Очевидно, что результа-

тами своих экспериментов и выводами группы должны поделиться со всем классом. Это можно сделать в форме отчетов, проектов, проведения экспериментов в классе, творчества, рассказов, разыгрывания по ролям и многими другими способами, не используемыми на уроках по другим предметам.

Нужно поощрять учащихся к тому, чтобы они подвергали сомнению выводы и указывали на их слабые места. Другими словами, студенты должны придерживаться научного метода.

Возможность чистых исследований

Пока вся научно-исследовательская лаборатория бьется над главной задачей, всегда найдется группа специалистов, проводящих научные исследования и эксперименты в области своих личных интересов. Эта область может быть связана или не связана с работой большой группы; и все же такие ненаправляемые исследования порождают множество будущих «больших задач».

В классе необходимо сохранять эту черту научно-исследовательской лаборатории. Пока вся группа работает в одной конкретной области, некоторых учеников, проявляющих большой интерес и стремление работать в другой области, следует поощрять продолжать исследования и эксперименты отдельно от остальных. Именно благодаря этой чистой исследовательской группе одаренные или учащиеся на отлично юноши и девушки могут реализовать свой потенциал. Этот метод позволяет ученикам со средней успеваемостью, но очень сильно интересующимся конкретной областью знаний, полностью реализовать свой потенциал и получить глубокие знания.

Все учащиеся должны иметь возможность в течение года поработать в группе, занимающейся чистыми исследованиями, чтобы получить опыт индивидуальной работы над проектом из сферы их интересов.

Лабораторные инструменты и оборудование

В научно-исследовательской лаборатории многое оборудование специально разработано и построено инженерами для того, чтобы облегчить работу ученого. В любом классе есть множество учеников — «мастеров на все руки», которых можно попросить поработать в качестве инженеров. Они могут собирать, проектировать и конструировать оборудование для школьной лаборатории. Эта книга поможет таким ученикам собрать материалы, которые потребуются в течение года.

Найти место для их хранения будет непросто. Помещение, в котором школьники активно участвуют в процессе обучения, всегда труднее содержать в чистоте и порядке, чем классную комнату, в которой учитель передает знания, а учащиеся занимают пассивную позицию.

Все ученики должны взять на себя ответственность за оборудование, которым они пользуются, но основная работа по обеспечению поставок материалов и оборудования должна выполняться техниками или сервисной группой.

В небольших коробках для расходных материалов (коробках из-под обуви) можно хранить всяческие мелочи, необходимые для работы в классе, и при этом они будут под рукой. Насколько возможно, должно найтись место для всего.

Также понадобятся библиотекари, которые будут заказывать книги и собирать статьи из журналов и прочие материалы, которые могут понадобиться группе. Тогда документы, собранные библиотекарем в течение года, можно будет использовать при проведении исследований в будущем. Библиотекарями должны становиться ученики, занимавшиеся в исследовательской лаборатории и обладающие подходящими навыками. Справочные материалы — это такие же обучающие инструменты, как микроскоп, и этой стороне программы следует уделять не меньше внимания, чем любой другой.

Выбор задачи

В конце каждой главы есть раздел, где описаны общие задачи, решение которых необходимо для понимания области в целом. Задачи перечислены в порядке усложнения.

Некоторые из них предназначены для *начальных* классов (Н). Это уровень класса, в котором их можно вводить, но это не значит, что их можно решать только на начальном этапе. Другие задачи обозначены буквой С, и их можно ввести на *среднем* уровне обучения, а затем вернуться к ним на уровне высокой сложности. *Продвинутые* задачи, обозначенные буквой П, следует вводить не раньше седьмого класса. Это сложные виды деятельности, требующие, как правило, хорошего уровня знаний учащихся.

Каждая область науки поделена на основные задачи, которые могут стать источником материала раздела. После основной задачи списком перечисляются менее значительные, исследование которых позволит пролить свет на изучение темы в целом.

Решения задач

У научных задач редко бывает только одно решение. Если спросить «как выглядит горизонт?», каждый человек даст свой ответ, отличный от других. Ваше видение горизонта зависит от того, где вы стоите. Подобным образом, ваше решение задачи в науке зависит от того, что вы наблюдали и к каким выводам пришли. В книге нет готовых ответов, как не бывает готовых ответов для ученого. Вы должны проводить исследования и планировать эксперименты. Вы должны обдумывать, наблюдать, записывать и делать выводы. Ваши результаты будут вашим ответом. Результаты других станут их ответом. Вы можете оспорить результаты коллег, а они имеют право усомниться в ваших. Именно так развивается наука.

ЧАСТЬ I

Химия

ОСНОВНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

1

Лабораторный верстак

Цель: простой универсальный рабочий стол, который можно легко собрать дома или в школе. Он оборудован источниками электрического тока, воды, а также раковиной.

Материалы: старый стол (как вариант стол можно сделать самому), доски для полок толщиной не менее 25 мм и шириной 200–300 мм, две 5-литровые стеклянные¹ бутылки (в качестве альтернативы можно использовать жестяные банки), стеклянная трубка, резиновая трубка, ведро и воронка.

Изготовление: любой старый стол можно превратить в верстак. Стол нужно покрыть клеенкой² (прибить гвоздями или посадить на клей) или фанерой толщиной 3–4 мм (лист фанеры 1,5×1,5 м стоит около 200–300 руб.³). В столе сделайте отверстие, чуть меньшего размера, чем диаметр бутылки (рис. 1.1). Оно необходимо для нашей будущей раковины. Отрежьте от бутылки дно со стенками (примерно 8 см) и зашлифуйте края с помощью напильника или наждачной бумаги (см. разд. «Бутылочный резак» далее в этой главе). Вставьте резиновую пробку с одним отверстием подходящего размера в горлышко бу-

тылки. Вставьте в отверстие пробки короткую стеклянную трубку, которую, в свою очередь, соедините с резиновым шлангом. Получился сливной шланг, который будет отводить все лишнее в ведро.

Еще одна бутылка будет служить для подачи воды. Подача воды регулируется прищепкой для белья, которая выполняет функцию крана (см. рис. 1.1).

Сделайте полки и установите их на столе. Соорудите конструкцию полок с помощью боковых досок (см. рис. 1.1). Позади полок прибейте лист фанеры. Полки нужны для хранения ваших научных приборов, учитывайте это при планировании размеров (ширины доски). Химикаты и стеклянные трубки можно хранить в ящике стола, если он оборудован ящиком. Полки планируйте так, чтобы не тратить попусту пространство стола и при этом ваши материалы хранились в безопасности.

Источник питания установите под столом (см. разд. «Источник постоянного или переменного тока» главы 4) так, чтобы провода проходили в отверстие в столе. Прикрепите пружинные клеммы⁴ на столе. Так вы сможете подключаться к источнику постоянного или переменного тока.

Ваш рабочий стол должен находиться поблизости от розетки стационарной сети электропитания, чтобы вы могли подключиться к ней.

¹ Пластиковые емкости использовать не рекомендуется, т. к. их материал подвержен воздействию химических веществ, с которыми вы можете работать. — Прим. пер.

² Идеально подойдет линолеум или виниловое покрытие.

³ Здесь и далее: цены актуальны на момент перевода книги, весна 2016 г. — Прим. пер.

⁴ Электрические разъемы, используемые для подачи энергии.

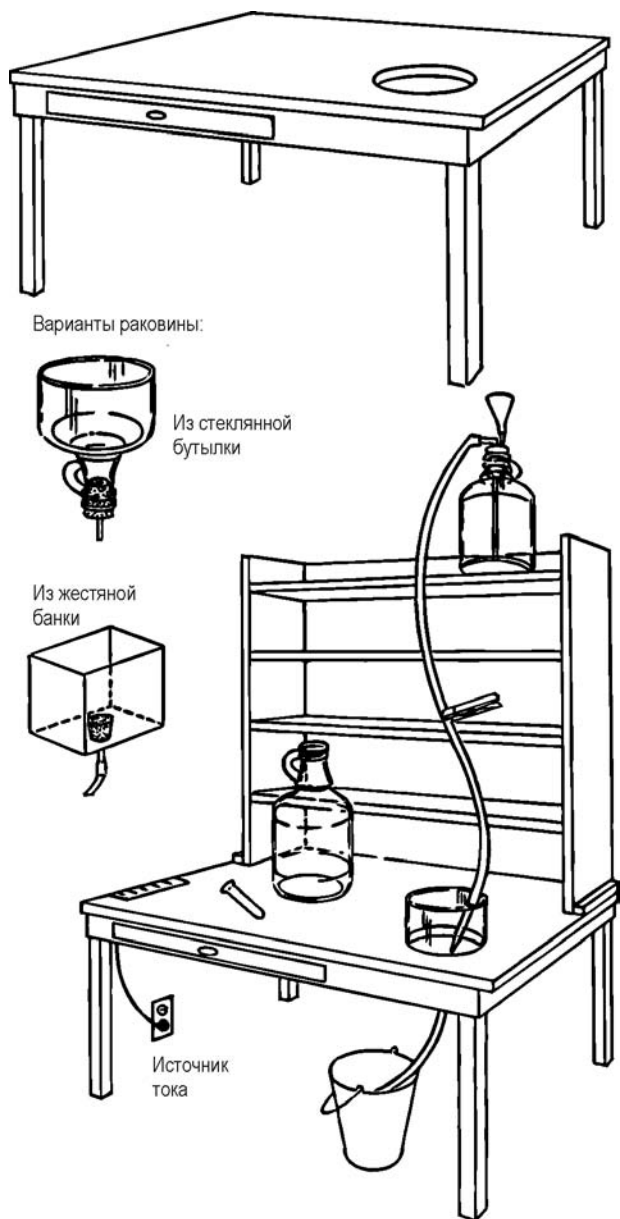


Рис. 1.1. Стеллаж: продумайте расположение надставки из полок на рабочем столе. Собрать полки можно из сосновых досок шириной 200–300 мм

Гравитационная бутылка для воды

Цель: обеспечивает постоянную подачу воды, и ее легко можно наполнить снова.

Материалы: 5-литровая бутылка, подходящая по размеру резиновая пробка с двумя отверстиями, стеклянная трубка, пластиковая воронка, резиновая трубка и прищепка.

Изготовление: вставьте стеклянную трубку с воронкой в одно из отверстий крышки (см. разд. «Круглая длинная воронка» далее в этой главе). Согните другой фрагмент трубки, нагрев его в пламени спиртовой горелки. Вставьте длинный конец в другое отверстие крышки. Наденьте резиновую трубку на другой конец стеклянной трубки и прикрепите прищепку на резиновую трубку, чтобы вода не вытекала (рис. 1.2).

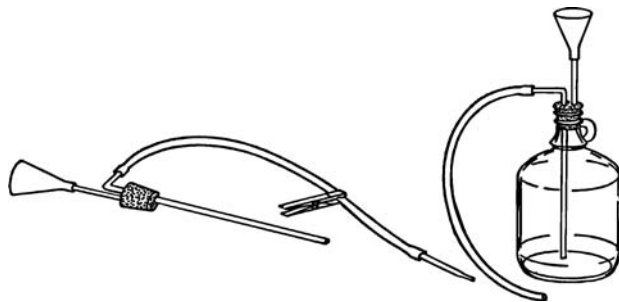


Рис. 1.2

Эксплуатация: поставьте бутылку на верхнюю полку стеллажа. Наполните бутылку через воронку. Возьмите в рот резиновую трубку и втяните воздух, чтобы вода начала литься (сифонирование), потом зажмите трубку прищепкой. Другой способ заставить воду течь — продуть воздух через воронку. Бутылка с водой должна стоять так, чтобы шланг из нее опускался прямо в раковину.

Современный совет по технике безопасности

Никогда не втягивайте ртом через трубку те жидкости, которые нельзя пить. Жидкость легко может попасть в рот! См. врезку «Современный совет по технике безопасности» в разд. «Пипетка для рта» далее в этой главе об опасности сифонирования ртом в лаборатории и разд. «Лабораторная промывалка» далее в этой главе о том, чем можно дуть в воронку.

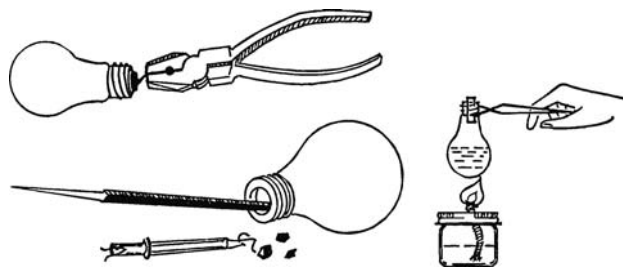


Рис. 1.3

Химическая колба из лампочки

Цель: сделать стеклянную колбу, которую можно нагревать и затыкать пробкой.

Материалы: перегоревшая лампочка⁵ любого размера и формы.

Изготовление⁶: отогните мягкий металлический кончик контакта в нижней части цоколя лампочки плоскогубцами или ногтем. Покрутите металлическую часть так, чтобы она оторвалась. Теперь на месте металлического кончика появилось отверстие. Используя заостренный напильник или маленькую отвертку, раскрошите черный материал вокруг отверстия. Чтобы полностью снять его, можно использовать боковые кусачки. После того как черный материал будет раскрошен, переверните лампочку и потрясите ее. Просуньте напильник в отверстие лампочки и сломайте стеклянную ножку и проволоку электродов, ведущих к нити накала в центральной части колбы лампочки. Потом вытряхните содержимое лампы (рис. 1.3). Если в процессе манипуляций вы погнули край колбы, его можно сделать снова ровным. Для этого нужно надеть колбу на любой цилиндрический деревянный

предмет, например на ручку швабры, и повернуть вокруг своей оси.

Эксплуатация: если колба лампочки полностью круглая, можно использовать в качестве подставки жестяную банку из-под кофе (см. разд. «Треножник и регулируемые кольца» далее в этой главе). Горячую колбу можно брать щипцами (см. разд. «Кольцо и держатель пробирок» далее в этой главе). Пробки можно купить в специализированных магазинах, продающих лабораторное оборудование, или высверлить из коры пробкового дерева (см. разд. «Крестовый соединитель» далее в этой главе).

Советы по технике безопасности

1. Будьте осторожны при работе с черным материалом на цоколе лампочки, т. к. он сильно крошится.
2. Работайте медленно и аккуратно, чтобы лампочка не разбилась. Аккуратно просовывайте напильник в лампочку.
3. Не используйте флуоресцентные лампочки. Внутри находится вредное вещество.

Современный совет по технике безопасности

См. примечание 2 в приложении 5, в котором приведены советы по безопасной работе со стеклом. Главным образом, нужно надевать защитные очки и беречься от порезов, т. к. стекло легко бьется.

⁵ Именно лампа накаливания, не флуоресцентная или светодиодная.

⁶ Оберните колбу лампочки тканью или используйте рабочие перчатки во время работы, чтобы не порезаться, если лампочка разобьется. — *Прим. пер.*