

РУКОВОДСТВО
КЪ
ОБРАБОТКѢ СТЕКЛА
НА ПАЯЛЬНОМЪ СТОЛѢ.

Для студентовъ, изучающихъ искусство производить
научные опыты.

СОСТАВИЛИ ЛАБОРАНТЫ ИМПЕРАТОРСКАГО СЛѢ. УНИВЕРСИТЕТА

Д. И. Дьяконовъ и В. В. Лермантовъ.

Второе, дополненное изданіе, просмотрѣнное стеклодувомъ при Физическомъ
Институтѣ Импер. СЛѢ. Университета П. Шнейдеромъ.

Съ 33 рисунками.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе К. Л. РИККЕРА.
Невскій просп., 14.
1911.

СОЧИНЕНІЯ ТОГО-ЖЕ АВТОРА:

Объясненія практическихъ работъ по физикѣ. Составленныя для начальнаго курса физико-матем. факультета СПб. университета. Вып. I. Цѣль, методъ и организація практическихъ занятій. Система абсолютныхъ мѣръ. Основные инструменты экспериментатора и опыты съ ними. Изд. 2-ое. VII+192 стр. съ 29 рис. 1909. Цѣна 1 руб. Вып. II. Опыты по отдѣламъ теплоты и свѣта. VIII+150 стр. Съ 32 рис. 1908. Ц. 1 р. 40 коп.

I. Дополненіе. **Высшая математика для нематематиковъ.** 26+246 стр. Изд. автора 1904 г. Цѣна 1 руб. 75 коп.

II. Дополненіе. **Методика физики и содержаніе приборовъ въ исправности.** 2-й дополнительный выпускъ «Объясненій Практическихъ Работъ по физикѣ», для будущихъ учителей физики. 77 стр. 1907. Цѣна 1 руб. 20 коп.

Физическія основы механики и опыты для ихъ уясненія. Приготавливается къ печати.

Курсъ примѣнимой алгебры. Систематическое изложеніе основныхъ приемовъ элементарной алгебры, находящихся примѣненіе въ техникахъ и наукахъ о природѣ, обычныхъ дополнительныхъ статей и графическихъ приемовъ рѣшенія уравненій. Для самообученія и школь. Содержитъ матеріалъ 3—6 классовъ гимназій, 3—5 классовъ реальн. училищъ, и всего курса техническихъ училищъ, духовныхъ семинарій и женск. гимназій. 2-ое изданіе. X+180 стр. съ 8 рис. 1911. Ц. 1 р.

Какъ на свѣтѣ жить, чтобъ добра нажить, и бѣду избыть. Изд. автора. 1907 г. 59 стр. Цѣна 25 коп. (Для народа).

Какъ машины работаютъ. 51+327 стр. 1909 г. изд. И. Д. Сытина. Цѣна 20 коп.

Переводы подъ редакціею В. Лермантова:

Школьное обученіе и реформа школы. О. Лоджа. Курсъ, прочитанный учителямъ средн. уч. зав. съ приложеніемъ Катехизиса Ученаго того-же автора. 93 стр. 1907. Цѣна 70 коп.

Н. Софитъ Шэллеръ. Гражданинъ и его отношеніе къ Государству. Написана американцемъ для школь. 1907 г. 227 стр. Цѣна 1 руб. 50 коп.

Джонъ Перри. Практическая математика. 51+300 стр. 1909 г. Цѣна 90 коп.

~~~~~  
Изданія К. Л. Риккера, въ С.-Петербургѣ.

Невскій проспектъ, 14.

**Популярныя рѣчи. Г. Гельмгольца.** 2 пересм. и исправл. изд. Пер. съ нѣм. подъ ред. О. Д. Хвольсона и С. Я. Терешина. Ч. I. О взаимодѣйствіи силъ природы.—О сохраненіи силы.—О цѣли и объ успѣхахъ естествознанія.—Современное развитіе взглядовъ Фарадея на электричество. 145 стр. съ 16 рис. и 1 портр. 1898. Цѣна 1 руб.—Часть II. О зрѣніи человѣка.—Новѣйшіе успѣхи теоріи зрѣнія. Вихревыя бури и грозы.—Возникновеніе планетной системы. 183 стр. съ 30 рис. 1899. Цѣна 1 руб.

**Высшая математика въ примѣненіи къ вопросамъ естествознанія. Проф. А. Фурмана.** Перев. съ нѣм. подъ редакц. проф. Н.А. Гезехуса. XII+429 стр. съ 101 черт. 1903. Цѣна 3 руб. 20 коп., въ пер. 3 руб. 70 коп.

Въ Инженерномъ журналѣ 1893 г. проф. К. Л. Кирпичевъ помѣстивъ отзывъ о 1 нѣм. изданіи этого сочиненія, изъ котораго мы приводимъ: Съ особеннымъ удовольствіемъ рекомендуемъ эту книгу начинающимъ заниматься дифференц. исчисленіемъ; она смѣло поддержитъ ту цѣль

РУКОВОДСТВО  
КЪ  
**ОБРАБОТКЪ СТЕКЛА**  
НА ПАЯЛЬНОМЪ СТОЛѢ.

Для студентовъ, изучающихъ искусство производить  
научные опыты.

---

СОСТАВИЛИ ЛАБОРАНТЫ ИМПЕРАТОРСКАГО СЛБ. УНИВЕРСИТЕТА

**Д. И. Дьяконовъ и В. В. Лермантовъ.**

---

Второе, дополненное изданіе, просмотрѣнное стеклодувомъ при Физическомъ  
Институтѣ Импер. СПб. Университета П. Шнейдеромъ.

Съ 33 рисунками.

---

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.  
**Изданіе К. Л. РИККЕРА.**  
Невскій просп., 14.  
**1911.**





# О Г Л А В Л Е Н І Е.

|                                     | СТРАН. |
|-------------------------------------|--------|
| Предисловіе . . . . .               | VII    |
| Некрологъ Д. И. Дьяконова . . . . . | IX     |

## Введение.

|                                                                                                                                                                           |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Физическій процессъ формировки размягченного стекла и силы, участвующія въ этомъ процессѣ: поверхностное натяженіе, гидростатическое давленіе воздуха и тяжесть . . . . . | 1 |
| Въ какой степени изученіе стеклодувного искусства необходимо для экспериментатора и какъ приниматься за это изученіе . . . .                                              | 3 |

## Инструменты стеклодува.

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Паяльная лампа, окислительное и восстановительное пламя, спокойное, острое пламя и широкое, шумящее. Старинная масляная паяльная лампа, газовая паяльная горѣлка . . . . . | 5  |
| Замѣна газа смѣсью воздуха и паровъ бензина . . . . .                                                                                                                      | 9  |
| Простая газовая горѣлка парижскихъ стеклодувовъ, горѣлка Wissneg, усовершенствованіе Гопкинса, новая горѣлка автора . . .                                                  | 9  |
| Паяльный столъ. Мѣхъ съ постояннымъ давленіемъ и мѣхъ съ пружинами, системы Enfer. Гидравлическій мѣхъ . . . . .                                                           | 16 |
| Ножъ для рѣзанія стекла и два способа точить его . . . . .                                                                                                                 | 22 |

## Матеріалы для стеклодувныхъ работъ.

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Какъ приготовляются трубки на заводахъ: особенности трубокъ, обусловленныя ихъ способомъ приготовленія . . . . . | 24 |
| Сорта трубокъ: тонкостѣнные, толстостѣнные, термометрическія, водомѣрные . . . . .                               | 25 |
| Сорта стекла по составу: содовое, свинцовое, тугоплавкое (калійное), нормальное іенское и французское . . . . .  | 26 |
| Явленіе разстекловыванія. Упругое послѣдствіе въ стеклѣ . . . .                                                  | 27 |
| Разѣданіе поверхности стекла водою. Опыты Милліуса . . . . .                                                     | 30 |

## Приемы работы.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Чистка трубокъ . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                         | 32 |
| Разрѣзываніе трубокъ: употребленіе ножа, накаливающейся палочки, накаливающейся крючка, острого пламени паяльной горѣлки, угля Берцелиуса, напилька и шлифовальнаго кружка. Условія успѣха при этихъ работахъ. Употребленіе алмаза для разрѣзыванія трубокъ и сосудовъ . . . . . | 84 |
| Оплавленіе и развертываніе концовъ разрѣзанной трубки: употребленіе мѣдной лопаточки, угольнаго конуса, французской проволочной развертки и пинцета . . . . .                                                                                                                    | 41 |

|                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Общее указаніе какъ нагрѣвать и охлаждать трубки . . . . .                                                                                                                                                                                       | 44 |
| Сгибаніе трубокъ толстостѣнныхъ и тонкостѣнныхъ . . . . .                                                                                                                                                                                        | 45 |
| Оттягиваніе и запаиваніе трубокъ. Французскій и нѣмецкій способы держать нагрѣваемую посрединѣ трубку. Оттягиваніе безъ собиранія матеріала и съ собираніемъ матеріала, чтобы стѣнки не стали тоньше. Запаиваніе пробирныхъ цилиндровъ . . . . . | 47 |
| Выдуваніе на концѣ трубки шарика и воронки, скопленіе матеріала, какъ выровнять шарикъ, начавшій раздуваться въ одну сторону; открываніе запаяннаго конца трубки или шарика; отпаиваніе лишнихъ краевъ . . . . .                                 | 53 |
| Шарикъ на срединѣ трубки . . . . .                                                                                                                                                                                                               | 55 |
| Спаиваніе трубокъ: разнородные сорта стекла обыкновенно разваливаются по охлажденіи; спаиваніе безъ раздуванія и съ раздуваніемъ. Спаиваніе посредствомъ послѣдовательнаго нагрѣванія по частямъ, для искусственныхъ . . . . .                   | 57 |
| Припаиваніе трубки сбоку другой . . . . .                                                                                                                                                                                                        | 62 |
| Двойные спаи, два разныхъ способа этой работы . . . . .                                                                                                                                                                                          | 65 |
| Впаиваніе платиновыхъ проволокъ: приемы и условія успѣха . . . . .                                                                                                                                                                               | 67 |
| Работы изъ стеклянныхъ палочекъ, кварцевыя нити Бойса . . . . .                                                                                                                                                                                  | 70 |

### Изготовленіе цѣлыхъ приборовъ и вспомогательныя работы.

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Общее правило для стеклудувныхъ работъ . . . . .                                                                              | 72 |
| Простой пульверизаторъ . . . . .                                                                                              | 72 |
| Пульверизаторъ съ выбрасываніемъ жидкости . . . . .                                                                           | 74 |
| Шарики для опредѣленія плотности пара по способу Дюма . . . . .                                                               | 75 |
| Гейсслеровы трубки: впаиваніе алюминіевыхъ электродовъ, сгибаніе спиралей . . . . .                                           | 75 |
| Приборы для анализа мѣрою: дѣленія на стеклѣ, вытравленіе стекла и способы раздѣлять приборы на равнообъемныя части . . . . . | 76 |
| Гейсслеровскія шлифованныя соединенія и шлифованіе стекла вообще. Сверленіе стекла . . . . .                                  | 81 |
| Приготовленіе уровней, приемы покойнаго Г. К. Брауэра . . . . .                                                               | 87 |

### Термометры, ихъ изготовленіе и провѣрка.

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Очищеніе ртути и подкрашиваніе спирта для термометровъ . . . . .                                              | 95  |
| Формы термометровъ. Приготовленіе обыкновенныхъ термометровъ . . . . .                                        | 96  |
| Какъ дѣлаютъ трубку къ готовой шкалѣ . . . . .                                                                | 100 |
| Точные термометры; приемы французскихъ мастеровъ при изготовленіи термометровъ, дѣленныхъ на трубкѣ . . . . . | 101 |
| Приемы нѣмецкихъ мастеровъ для изготовленія термометровъ со шкалой, заключенной въ стекло . . . . .           | 105 |
| Термометры медицинскіе и съ азотомъ, для высушенныхъ температуръ . . . . .                                    | 115 |
| Провѣрка и калиброваніе термометровъ по приемамъ Международнаго Бюро мѣръ и вѣсовъ . . . . .                  | 131 |
| Поправки для приведенія къ нормальной шкалѣ температуръ . . . . .                                             | 143 |
| Поправки на выдающуюся часть столбика . . . . .                                                               | 146 |
| Новый термометръ Дюкло и Гамелена . . . . .                                                                   | 148 |
| Горѣлка съ окислительнымъ пламенемъ . . . . .                                                                 | 148 |
| Свѣденія о русскомъ стеклудувноиъ производствѣ . . . . .                                                      | 158 |

## Предисловіе.

---

Большинство печатанныхъ руководствъ къ изученію ремеслъ бывають написаны такъ, что у многихъ является сомнѣніе, можетъ-ли книга облегчить изученіе мастерства. Причина этого понятна: искусные работники очень рѣдко принимаются за писаніе руководства и еще рѣже обладаютъ умѣніемъ свободно владѣть перомъ, а писатели по профессіи не умѣютъ сами работать. Поэтому они помѣщаютъ главнымъ образомъ общія свѣдѣнія, приправляя ихъ описаніями новѣйшихъ усовершенствованій, заимствованными изъ техническихъ журналовъ, статистическими и историческими свѣдѣніями. При полной добросовѣстности такого составителя, онъ не знаетъ самъ, что важно для читателя, и не можетъ сообщить главнаго: условій успѣха описываемаго пріема работы.

Покойный Д. И. Дьяконовъ былъ поставленъ въ особенно выгодныя услоія въ этомъ отношеніи: будучи человѣкомъ съ университетскимъ образованіемъ, онъ въ то же время былъ самъ искуснымъ стеклодувомъ. Къ несчастію, преждевременная смерть помѣшала ему окончить свой трудъ. Онъ оставилъ только не связанныя между собою изложенія отдѣльныхъ статей, которыя я ввелъ въ общее изложеніе безъ измѣненій, отмѣтивъ начало знакомъ: \*, а конецъ знакомъ: [Д].

Мое умѣнье въ стеклодувномъ искусствѣ не идетъ дальше той степени, которая позволяетъ оцѣнивать трудности дѣла. Поэтому я заручился любезною помощью самыхъ искусныхъ изъ петербургскихъ стеклодувовъ, Франца и Оскара Миллеровъ. О. Миллеръ продѣлалъ для меня въ мастерской своего брата <sup>1)</sup> работы, о которыхъ у меня было сомнѣніе, и сообщилъ мнѣ не мало секретовъ мастерства. Въ 1875 году я бралъ уроки стекло-

---

<sup>1)</sup> Столярный пер., 18—79.

дувнаго искусства въ Парижѣ у нынѣ умершаго мастера Nestor Segui; это дало мнѣ возможность изложить многіе не общеизвѣстные приемы французскихъ мастеровъ.

Рисунки сдѣланы мною большею частью съ натуры: они представляютъ разрѣзы изготовляемыхъ предметовъ, потому что внѣшній видъ блестящаго прозрачнаго стекла не всегда позволяетъ правильно судить объ очертаніи его внутренней пустоты. Три рисунка, изображающіе способы держать трубку при обработкѣ на пламени паяльнаго стола, сдѣланы по мгновеннымъ фотографіямъ, снятымъ мною помощью очень короткофокуснаго объектива, изъ за плеча работающаго, чтобы положеніе пальцевъ представлялось по возможности ближе къ тому, какъ ихъ видитъ онъ самъ.

Считаю пріятнымъ долгомъ выразить здѣсь мою благодарность гг. Ф. и О. Миллерамъ, безъ содѣйствія которыхъ изложеніе мое потеряло-бы очень много, и Е. Ф. Рейнботу, составившему для меня некрологъ покойнаго Д. И. Дьяконова. Книга издана на средства, ассигнованныя Физико-Математическимъ Факультетомъ И. Спб. Университета и В. Θ. Лугининымъ.



## Предисловіе ко второму изданію.

---

Въ 1895 г. вышелъ нѣмецкій переводъ этой книжки, у Фридендера, въ Берлинѣ, а теперь потребовалось 2-е русское изданіе и скоро потребуется 2-е нѣмецкое, (по заявленію издателя). Съ тѣхъ поръ появились новыя книжки по этому пррдмету, но изъ нихъ я могъ воспользоваться немногимъ, преимущественно изъ книжки T. Bolas, Glass Blowing London 1898. Книжка W. A. Shenstone, The Methods of Glass Blowing, London 1902 содержитъ мало новаго, но въ ней описано приготовленіе предметовъ изъ сплавленнаго кварца, въ настоящее время уже устарѣвшее, такъ какъ это вещи уже составляютъ предметъ торговли и приготавливать ихъ изъ натурального кварца никто не станетъ въ лабораторіи.

Книжка P. N. Hasluck, Glass Working Lond. 1899, содержитъ мало объ обработкѣ стекла на паяльномъ столѣ, но въ ней много свѣдѣній о травленіи и шлифовкѣ стекла для оптическихъ цѣлей.

На нѣмецкомъ языкѣ вышла почти единовременно съ переводомъ моей книжки руководство Эберта, но изъ него нечего было заимствовать. Другая книжечка Шульца, переведенная и на русскій языкъ въ 1901 г. изд. Гальстена, совершенно слаба.

Для дополненія новаго изданія, я собралъ свѣдѣнія по термометріи преимущественно изъ Zeitschrift für Instresmentenkunde и сдѣлалъ много повѣрочныхъ опытовъ, чтобы не сообщать ненадежныя свѣдѣнія. Опыты надъ устройствомъ горѣлки дающей окислительное пламя, удобное для обработки свинцоваго стекла, привели лишь къ частичному успѣху, ихъ я не могу считать законченными. На счетъ матоваго травленія стекла, въ книгахъ сообщаются рецепты обыкновенно неоправдывающіеся; мнѣ уда-

лось подмѣтить условія успѣха, о которыхъ авторы умалчивали. Приборъ для вычерчиванія цифръ на дѣленіяхъ, для ихъ вытравленія, устраиваютъ обыкновенно на принципѣ кантографа, отчего онъ выходитъ дорогой и громоздкій. Я устроилъ для этого приборъ болѣе простой и дешевый. Приборъ для «старѣнія» термометровъ, я, для вѣрности, устроилъ и испробовалъ.

При пересмотрѣ книжки для новаго изданія мнѣ помогалъ стеклодувъ при Физическомъ Институтѣ П. Шнейдеръ. Онъ перечиталъ нѣмецкій переводъ, а всѣ дополненія повѣрялъ по словесному сообщенію.

Благодаря любезной помощи г-на Шнейдера я могу надѣяться, что серьезныхъ промаховъ въ книжкѣ не будетъ.

Свѣдѣнія о стеклодувномъ производствѣ у насъ, любезно сообщены мнѣ главнымъ дѣятелемъ по этому дѣлу М. Г. Орловымъ. (Вознесенскій пр. 31 и Измайловскій полкъ, 7 рота, 21).

**В. В. Лермантовъ.**

30 Янв. 1911 г.

---

## Некрологъ Д. И. Дьяконова.

Димитрій Ивановичъ Дьяконовъ происходилъ изъ дворянъ Орловской губерніи; родился 15-го августа 1853 года въ г. Орлѣ; воспитывался въ мѣстной гимназіи, по окончаніи которой въ 1871 году, поступилъ на естественный факультетъ Спб. Университета. Прослушавъ всѣ четыре курса, Д. И., благодаря тяжелымъ матеріальнымъ обстоятельствамъ, не могъ держать окончательнаго экзамена и такимъ образомъ до 1881 года не имѣлъ университетскаго диплома. Какъ студенческіе годы, такъ и непосредственно по окончаніи университетскаго курса вплоть до полученія диплома, Д. И., уже женатому и имѣющему дѣтей, пришлось затрачивать всѣ свои силы на тяжелую борьбу съ матеріальными невзгодами; эта упорная борьба лишала его возможности посвятить себя тому дѣлу, къ которому его всегда влекло. Обладая, какъ приняли говорить, «золотыми руками», т. е. прекрасно работая по металлу, дереву и стеклу и получивъ основательную естественнонаучную подготовку, онъ мечталъ объ открытіи мастерской для приготовленія точныхъ физическихъ инструментовъ; онъ прекрасно понималъ, какъ важно, если во главѣ такой мастерской будетъ стоять лицо, имѣющее не только ремесленно-техническую сноровку, но и теоретическое научное образование. Но для открытія мастерской нужны были средства, которыхъ у него не было; и въ ожиданіи лучшаго будущаго, влекомый своею завѣтною мечтою, онъ долженъ былъ ограничиваться хотя небольшими, но дававшими ему духовное удовлетвореніе работами. Въ это именно время имъ сдѣлано нѣсколько остроумныхъ измѣненій и усовершенствованій въ устройствѣ различныхъ научныхъ приборовъ, а равно нѣкоторыя иныя изслѣдованія <sup>1)</sup>. Въ это же время онъ состоялъ браковщикомъ на Самсоньевскомъ металлическомъ заводѣ. Вслѣдъ за полученіемъ диплома матеріальное положеніе Д. И. начинаетъ улучшаться, онъ получаетъ мѣсто ассистента при частной лабораторіи В. Ф. Лугинина и, не покидая своей мечты о мастерской, удѣляетъ значительную часть своего времени на работы по термохиміи. Принявши впослѣдствіи на себя завѣдываніе физической станціею при И. Р. Техническомъ обществѣ, онъ по порученію В. Ф. Лугинина, которому принадлежала значительная доля участія въ устройствѣ вышеназванной станціи, занимался изслѣдованіемъ теплотворной способности русскихъ углей;

и сообщилъ полученные имъ совмѣстно съ А. В. Дамскимъ результаты въ засѣданіяхъ химическаго и техническаго обществъ. Въ это же время онъ усердно занимался работами по выдуванію стекла, задумалъ и началъ готовить сочиненіе по этому предмету. Тогда же была имъ написана брошюра объ алюминіи, начинавшемъ обѣщать большое техническое примѣненіе. Вскорѣ онъ получилъ мѣсто лаборанта у профессора Д. И. Мендѣлеева и затѣмъ былъ назначенъ старшимъ техникомъ столичнаго освѣщенія. Съ этого времени матеріальное благосостояніе Д. И. упрочилось и явилась возможность, совмѣстно съ однимъ русскимъ военнымъ инженеромъ г. Кованько, привести въ исполненіе давнишній планъ устройства мастерской для приготовленія точныхъ физическихъ инструментовъ. Мастерская была открыта и стала работать; и Д. И. дѣлилъ свое время между нею, занятіями по службѣ и сочиненіемъ по обработкѣ стекла, за которое принялся энергично. Но судьба не баловала Д. И. Дьяконова. Не успѣлъ онъ вздохнуть полною грудью, какъ страшное горе поразило его: въ одну недѣлю онъ похоронилъ обоихъ своихъ горячо любимыхъ дѣтей. За годъ до смерти, помогая женѣ ухаживать за больными дѣтьми, онъ заразился самъ скарлатиною, которая положила зародышъ болѣзни, низведшей его въ могилу въ цвѣтущіе годы и въ моментъ осуществленія его завѣтныхъ мечтаній. Неожиданно для всѣхъ 16 октября 1888 г. онъ скончался отъ паралича сердца 36 лѣтъ отъ роду, оставивъ убитую горемъ жену безъ средствъ и не оставивъ никого для продолженія начатаго Д. И. Дьяконовымъ полезнаго дѣла <sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Списокъ статей Д. И. Дьяконова въ журналѣ Русскаго Физико-Химическаго Общества:

Приборъ для осушенія газовъ Т. XIII, 1881, (1) Отд. Хим.

Опредѣленіе теплоемкостей и скрытыхъ теплотъ испаренія спиртовъ: пропилового, амилового и диметилэтилкарбинола. Т. XIV, 1882. (1) 2. Отд. X.

Новое видоизмѣненіе сифоннаго барометра и способъ его наполненія т. XIV. 1882, (1) 476, отд. Ф. Journ. de Phys. S. II, III, 27.

Гейслерова трубка для освѣщенія термометровъ, Т. XIV, 1882, (1) 274, отд. Ф.

Предѣлъ упругости газа въ барометрѣ, Т. XIV, 1882, (1) 390, отд. Ф.

Капельное состояніе жидкостей и расплавленныхъ тѣлъ, т. XIV, 1882, (1) 582, отд. Ф.

О новомъ методѣ опредѣленія теплоты горѣнія органическихъ тѣлъ, Т. XVII, 1885, (1) 283, отд. X.

О возможности употребленія стереоскопа для полученія средняго типа двухъ лицъ, Т. XVII, 1885, (1) 78, отд. Ф.

Новый глазной микрометръ, Т. XVIII, 1886, (1) 120, отд. Ф. Journ. de Phys. S. II, VII, 220.

## Введение.

Инструментомъ для стеклодува служитъ конусообразное пламя паяльной лампы, и только въ рѣдкихъ случаяхъ онъ дѣйствуетъ на размягченное стекло непосредственнымъ прикосновеніемъ мѣднаго прутика или куска угля. Однако этими простыми средствами удастся получать изъ стеклянныхъ трубокъ очень разнообразныя и сложныя формы, благодаря дѣйствию такъ называемаго поверхностнаго натяженія размягченнаго, полужидкаго стекла, свойства зависящаго отъ силы сцѣпленія его частицъ. Дѣйствительно, если нагрѣвать равномерно до размягченія пустой стеклянный шарикъ на концѣ такой же трубки, то діаметръ его станетъ самъ собою уменьшаться, а стѣнки его утолщаться, потому что поверхностное натяженіе всегда стремится довести до минимума свободную поверхность жидкости. Но на шарикъ дѣйствуетъ въ то же время и сила тяжести, оттягивающая каждую его частицу внизъ, поэтому мало-по-малу онъ измѣнилъ бы свою форму. Для обработки на паяльномъ столѣ, стекло никогда не разогрѣваютъ до состоянія полной текучести, а вязкая жидкость требуетъ замѣтное время, чтобы тяжесть успѣла привести въ движеніе ея частицы. Поэтому, поворачивая достаточно быстро и равномерно трубку, поддерживающую шарикъ, около ея геометрической оси, можно постоянно исправлять гнутіе въ одну сторону, гнутіемъ въ сторону противоположную. Этимъ же достигается равномерное нагрѣваніе со всѣхъ сторонъ. Такимъ образомъ удастся равномерно нагрѣвать шарикъ продолжительное время при такихъ условіяхъ, какъ будто тяжесть вовсе на него не дѣйствуетъ. Окончательнымъ результатомъ такого нагрѣванія бываетъ сплошная капля расплавленнаго стекла. Если же, не дожидаясь этого результата, начать вдвухъ трубку

воздухъ, т. е. увеличить упругость воздуха внутри шарика, то внутреннее давленіе пересилитъ поверхностное натяженіе, и діаметръ шарика станетъ возрастать. Вращеніе, конечно, надо не прекращать и во время вдуванія, до полного отвердѣванія стекла.

Нагрѣваніе до размягченія одного небольшого кружка поверхности стекляннаго шара заставитъ эту часть принять видъ плоскости, а въ случаѣ болѣе сложной форма контура размягченной части, получится и болѣе сложная форма поверхности. Здѣсь, какъ и въ опытахъ Плато надъ жидкими пленками, разжиженная пленка стекла всегда будетъ стремиться достигнуть наименьшей поверхности. Поэтому, нагрѣвая равномѣрно со всѣхъ сторонъ часть трубки, мы достигнемъ уменьшенія ея внѣшняго и внутренняго діаметровъ въ этомъ мѣстѣ, даже до полного исчезновенія внутренняго прохода. Чтобы это осуществить, надо будетъ поддерживать трубку за оба конца и непрерывно ее вращать, для устраненія вліянія тяжести на размягченную часть. Если при этомъ растягивать трубку вдоль ея оси, то она въ нагрѣтомъ мѣстѣ станетъ вытягиваться и становиться тоньше, а если слегка сдвигать свободные концы трубки, «осаживать» ее, то нагрѣтое мѣсто станетъ утолщаться и масса стекла станетъ въ немъ собираться. Держа трубку за ея свободные концы, очевидно можно и сгибать разогрѣтую часть, для чего достаточно гораздо меньшей степени размягченія, чѣмъ для вышеописанныхъ операцій.

Наконецъ, двѣ массы расплавленнаго стекла способны соединиться въ одну, если ихъ приведутъ въ соприкосновеніе; какъ говорятъ: «спаиваться» или «свариваться» между собою. Вотъ и всѣ главнѣйшіе нехитрые приемы, которыми стеклодувъ долженъ пользоваться для полученія требуемыхъ формъ. Чѣмъ проще инструменты, тѣмъ труднѣе бываетъ выучиться ими владѣть въ совершенствѣ. Это вполнѣ примѣняется и къ искусству стеклодува. Чтобы вполнѣ владѣть стеклянной трубкою, размягченною по серединѣ, надо не только умѣть въ пламени вращать ее непрерывно около ея оси, не перекручивая и не сгибая размягченную часть, но надо еще умѣть повернуть ее концомъ ко рту, для вдуванія воздуха, не перегнувъ, не растянувъ или не деформировавъ ее какъ-либо иначе. Такого строгаго контроля надъ своими движеніями можетъ достигнуть не всякій, и то только послѣ долгаго, постояннаго упражненія. Можно бы сказать, что



хорошими стеклодувами, такъ же какъ и поэтами, люди рождаются, а не становятся. Трудности обработки стекла увеличиваются еще необходимостью болѣе или менѣе тщательно «отжигать» готовую работу, т. е. подогрѣвъ всѣ ея части, такъ чтобы не было рѣзкихъ переходовъ отъ горячихъ мѣстъ къ холоднымъ, затѣмъ дать ей возможно медленно охлаждаться. Безъ этой предосторожности работа обыкновенно распадается на части, если только въ ней есть спайки и утолщенные мѣста. Физическое объясненіе этого явленія очевидно: стекло отъ нагрѣванія расширяется, а отъ охлажденія сжимается, обладаетъ плохой теплопроводностью и такъ называемымъ упругимъ послѣдствіемъ, способностью очень медленно уступать, еще и еще, дѣйствію механической силы, произведшей уже сразу нѣкоторую деформацию. Когда нагрѣтая до размягченія часть стекла охлаждается, то она сжимается и натяженіе, происшедшее отъ этого, постепенно передается тѣмъ частямъ, которыя вовсе не были нагрѣты до размягченія, образуя опасныя для прочности натяженія. Если же охлажденіе совершается медленно, особенно послѣ предварительнаго нагрѣва всей вещи, то частицы стекла успѣваютъ поддаться образующимся натяженіямъ, и при полномъ охлажденіи чрезмѣрныхъ натяженій въ массѣ стекла не оказывается. Чтобы достигнуть этого результата вполнѣ, приходится постепенно охлаждать стекло въ особой печи въ теченіи нѣсколькихъ дней, какъ это дѣлаютъ на заводахъ, гдѣ приготавливаютъ стекло для оптическихъ инструментовъ. Упругимъ же послѣ дѣйствіемъ объясняется фактъ, что плохо отоженное стекло часто ломается само собою чрезъ нѣсколько часовъ или дней по изготовленіи.

Въ лабораторной практикѣ, на ряду со сложными приборами, изготовленными на паяльномъ столѣ, требуется также множество простыхъ приспособленій того же рода. Безпрестанно встрѣчается надобность согнуть или оттянуть трубку опредѣленныхъ размѣровъ, сдѣлать маленькую пипетку или вороночку для ртути. Бѣгать или посылать за такими бездѣлицами къ мастеру невозможно: уйдетъ слишкомъ много времени на хожденія, на объясненія и ожиданія заказовъ. Поэтому каждому практиканту въ химіи, физикѣ или другихъ экспериментальныхъ наукахъ, необходимо выучиться обработкѣ стекла, ограничиваясь однако наиболѣе легкими работами. Изучать же это искусство основа-

тельно можно совѣтывать только тѣмъ, кому это нравится и которые имѣютъ въ виду заниматься имъ постоянно, потому что навыкъ теряется, если нѣсколько мѣсяцевъ не работать.

Даже опытному любителю рѣдко удастся сдѣлать работу по-труднѣе такъ чисто, какъ это дѣлаетъ настоящій мастеръ, изо дня въ день сидящій надъ тѣмъ же дѣломъ. У любителя всѣ шарообразныя части выходятъ болѣе или менѣе не круглы, какъ бы съ «флюсомъ на одной щекѣ». Это происходитъ главнымъ образомъ отъ неравномѣрнаго нагрѣванія со всѣхъ сторонъ, что въ свою очередь обуславливается неравномѣрнымъ вращеніемъ нагрѣваемого предмета въ пламени. Болѣе нагрѣтая часть скорѣе утолщается отъ собиранія стеклянной массы и больше раздувается во время вдуванія. Кромѣ того, у любителя переходы отъ цилиндрическихъ частей къ раздутымъ выходятъ обыкновенно не довольно рѣзкими, потому что во время нагрѣванія онъ невольно немного перемѣщаетъ трубку въ пламени, то въ ту, то въ другую сторону, вслѣдствіе чего и переходы отъ вполне размягченнаго стекла къ вполне твердому занимаютъ больше мѣста вдоль трубки.

Чтобы поскорѣе выучиться, надо каждую работу дѣлать со всевозможнымъ стараніемъ: если результатъ и выйдетъ все-таки плохъ, по крайней мѣрѣ навыка прибавится отъ каждой работы. Работать небрежно, на скорую руку подобаетъ уже выучившись, если того требуютъ обстоятельства. Въ частности-же надо прежде всего выучиться равномѣрно вращать трубку. Для этого можно рекомендовать, по примѣру американскаго химика Адамса, для гимнастики пальцевъ вертѣть карандашъ на манеръ трубки въ пламени паяльнаго стола, занимаясь этимъ въ часы отдохновенія, во время разговора и т. п. Затѣмъ важно еще, чтобы трубка, черезъ которую будутъ вдувать воздухъ была длиною около разстоянія яснаго видѣнія самого работающаго. Начинающій вообще склоненъ работать со слишкомъ короткой трубкою: въ такомъ случаѣ онъ во время вдуванія воздуха ртомъ, не видитъ ясно обрабатываемую часть и поэтому не можетъ дѣйствовать сознательно. Дальнѣйшія указанія будутъ помѣщены при описаніи отдѣльныхъ работъ.

Вообще, книга наша можетъ быть всего полезнѣе самоучкамъ-любителямъ экспериментовъ, поэтому все изложеніе будетъ принаровлено къ ихъ потребностямъ, и будетъ содержать много

страницъ совершенно лишнихъ для тѣхъ, кому удастся видѣть опытнаго стеклодува за работой. Однако мы постараемся, на сколько будетъ можно, замѣнять длинныя и скучныя описанія хорошими рисунками. Въ остальномъ-же изложеніи мы будемъ обращать главное вниманіе на то, чтобы сказать то, что нужно, изложить не только описаніе приемовъ, но и указать на условія, обезпечивающія успѣхъ.

## Инструменты стеклодува.

Паяльная лампа была извѣстна очень давно; ее употребляли золотыхъ дѣлъ мастера какъ для спайки своихъ небольшихъ работъ, такъ и для покрыванія ихъ эмалью. Въ своемъ простѣйшемъ видѣ она состоитъ изъ плоскаго сосуда съ масломъ, жиромъ или какимъ либо мало летучимъ углеводородомъ, въ который погружена наклонно толстая свѣтильня, выдающаяся сбоку черезъ край. Будучи зажжена, свѣтильня даетъ сама по себѣ большое, коптящее пламя, но чрезъ узкую металлическую трубочку, наклоненную примѣрно на  $45^0$  кверху, въ нее вдувають мѣхами сильную струю воздуха. Если трубка введена внутрь пламени, то регулируя силу струи, положеніе конца трубки въ пламени и его величину, можно получить спокойное, прозрачное, мало свѣтящее и не коптящее коническое пламя, отклоненное струею воздуха отъ работающаго. Внутренняя часть этого пламени сравнительно холодна, она содержитъ слои воздуха и горючихъ газовъ; голубой конусъ, охватывающій внутреннюю часть горячѣе: здѣсь уже происходитъ горѣніе; но горючіе газы еще въ избыткѣ и пламя «возстановительное». На концѣ голубаго конуса температура бываетъ наивысшая: тутъ можно расплавить конецъ тонкой платиновой проволоки, держа ее вдоль пламени, а внѣшняя, малосвѣтящая оболочка уже немного холоднѣе. Здѣсь кислородъ воздуха начинаетъ преобладать надъ горючимъ газомъ, и въ самомъ, едва свѣтящемъ, остромъ концѣ пламени, оно поэтому становится «окисляющимъ». Объ этихъ свойствахъ пламени, хорошо знакомыхъ химикамъ, надо поговорить подробнѣе, потому что они представляютъ часто камень преткновенія для пониманія незнающихъ химію рабочихъ стеклодувовъ. Мы уви-

димъ дальше, что одинъ хорошій сортъ французскаго стекла выдерживаетъ нагрѣваніе только въ окислительномъ пламени, а въ возстановительномъ чернѣтъ. Трудно повѣрить, что много искусныхъ стеклодувовъ-нѣмцевъ не умѣютъ съ нимъ обходиться, не понимая причины этого факта <sup>1)</sup>).

Чтобы изслѣдовать свойства пламени паяльной лампы, можно взять проволоку изъ красной мѣди и вводить ея конецъ въ разныя части этого пламени. Въ окислительномъ концѣ конуса, гдѣ только сгорѣвшіе накалинные газы и избытокъ воздуха, она накалившись, станетъ горѣть, соединяться съ кислородомъ воздуха и покрываться слоемъ окалины, красной въ накалинномъ состояніи и черной по охлажденіи. Пламя въ прикосновеніи съ нею станетъ окрашеннымъ въ зеленый цвѣтъ. Если-же ввести накалинный конецъ проволоки дальше внутрь пламени, то красноватый налетъ окалины исчезнетъ и мѣдь станетъ блестятъ бѣлымъ зеленоватымъ цвѣтомъ и плавиться. Накалинные горючіе газы, присутствующіе въ этой части пламени, отнимаютъ кислородъ отъ накаленной окалины и, какъ говорятъ, «возстановляютъ», изъ нея металлъ. Тоже происходитъ и со стекломъ, содержащимъ свинцовую окись. Всѣ вещества, входящія въ составъ стекла, окислены вполнѣ и не могутъ поглощать больше кислорода въ окислительномъ пламени, но окись свинца легко отдаетъ часть своего кислорода накаленнымъ горючимъ газомъ возстановительнаго пламени; отъ этого на поверхности стекло, содержащее эту окись, измѣняется и не только чернѣтъ по охлажденіи, но трясетъ и часть своихъ свойствъ, какъ-бы перестаетъ быть стекломъ. Свинцовое стекло, будучи введено въ окислительный конецъ пламени, становится краснымъ, размягчается, но остается прозрачнымъ. Стоитъ только немного приблизить его къ основанію пламени, еще далеко не доходя до вершины голубого конца, какъ въ самомъ горячемъ мѣстѣ стекла появится непрозрачное, болѣе яркое красное пятно, исчезающее, если мы опять удалимъ стекло въ окислительную часть и будемъ продолжать нагрѣвать. Такимъ приѣмомъ можно вновь окислить и заставить исчезнуть черныя пятна на готовой работѣ изъ свинцоваго стекла, если

---

<sup>1)</sup> Берлинскій Гейсслеръ (братъ знаменитаго) сказалъ мнѣ однажды: «ни одинъ нѣмецъ не можетъ сладить съ этимъ проклятымъ французскимъ стекломъ!» и не смотря на всѣ мои старанія объяснить ему, въ чемъ тутъ дѣло, блистательно доказалъ вѣрность своихъ словъ.

только они не слишкомъ сильны. Замѣтимъ здѣсь, что температура окислительной части пламени значительно ниже, чѣмъ около вершины внутренняго конуса, но она вполне достаточна для размягченія легкоплавкаго свинцоваго стекла. Обыкновенное-же стекло, не содержащее легко возстановляющихся веществъ, нагрѣваются въ болѣе горячихъ, возстановительныхъ частяхъ пламени. Этимъ отчасти объясняется, отчего опытные рабочіе, привыкшіе къ обыкновенному стеклу, не могутъ сладить со свинцовымъ, не смотря на словесныя объясненія.

Коническое спокойное пламя слишкомъ мало для многихъ работъ. Если взять отверстіе трубки, вдувающей воздухъ, пошире, установить его передъ самымъ пламенемъ, но немного внѣ его и усилить вдуваніе, то можно получать большое, шумящее пламя, съ разорваннымъ очертаніемъ въ видѣ кисти или скорѣе въ видѣ метлы. Наружная, едва свѣтящаяся оболочка этого пламени будетъ окислительная, а середина обладаетъ возстановительными свойствами.

Паяльная лампа, въ описанномъ только что видѣ, инструментъ очень неудобный и непріятный для употребленія. Пламя ея такъ коптитъ и даетъ такой запахъ, особенно пока его регулируютъ или пока не дуютъ мѣхомъ, что для нея надо устраивать особый колпакъ съ тягой, какъ надъ кухонной плитой. Теперь вѣроятно ее употребляютъ одни подмосковные кустаристеклодувы, но и тѣ работаютъ не въ жилыхъ избахъ, а въ особыхъ баняхъ. Въ Тюрингенѣ она еще употребляется, но вмѣсто масла берутъ парафинъ. Усовершенствованіемъ этой лампы можно считать закрытую лампу съ толстой, сплошной свѣтильной, которую можно поднимать и опускать кремальеркой, наполненную смѣсью спирта со скипидаромъ, употреблявшейся когда-то для освѣщенія. Такая смѣсь даетъ болѣе высокую температуру, чѣмъ одинъ спиртъ, и не слишкомъ отвратительный запахъ во время работы. Въ такой лампѣ можно употреблять и керосинъ. Не будемъ останавливаться на описаніи этихъ непрактичныхъ лампъ, потому что самое удобное топливо для стеклодувной работы это газъ, употребляемый теперь даже деревенскими стеклодувами въ Тюрингенѣ. \*Самое лучшее имѣть проведенный каменноугольный газъ, но если его нѣтъ, то съ наименьшимъ удобствомъ можно пользоваться карбонизированнымъ воздухомъ. Для этого берутъ трехгорлую стеклянку отъ

5 до 10 фунтовъ емкости и вставляютъ въ одно горло трубку около 1 сантиметра діаметромъ, такъ чтобы она доходила до  $\frac{2}{3}$  отъ дна стеклянки, а въ другое горло такого-же діаметра трубку, но короткую, кончающуюся внутри стеклянки сейчасъ-же у пробки; третье, среднее горло служить для приливанія бензина и должно быть всегда плотно закрыто хорошею пробкою. Лучше такой сосудъ сдѣлать изъ латуни, цинка или жести, потому что онъ будетъ прочнѣе стекляннаго. <sup>1)</sup> Сосудъ наполняютъ тонкими сухими деревянными стружками и наливаютъ до  $\frac{2}{3}$  бензина или другого какого-либо легкаго нефтянаго погона, кипящаго отъ  $50^0$  до  $130^0$  Ц.

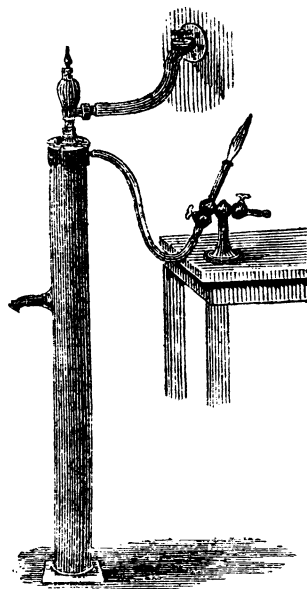


Рис. 1.

Вдуваемая мѣхомъ въ трубку струя воздуха насыщается парами бензина и проведенная по резиновымъ трубкамъ въ Бунзеновскую или паяльную горѣлку, хорошо горитъ, вполнѣ замѣняя собою обыкновенный газъ. При употребленіи паяльной горѣлки одинъ и тотъ же мѣхъ служитъ для образованія горючей смѣси и для поддуванія пламени: для этого трубку идущую, отъ него, надѣваютъ на стеклянный или металлическій тройникъ, отъ котораго одна каучуковая трубка идетъ къ воздушному крану горѣлки, а другая къ сосуду съ бензиномъ. Краны паяльной горѣлки даютъ возможность регулировать по желанію оба тока воздуха.

Въ тѣхъ домахъ гдѣ устроенъ водопроводъ, постоянную струю воздуха можно получить при помощи слѣдующаго прибора (см. рис. 1). Высокій, цилиндрическій сосудъ снабженъ наверху однимъ изъ сосущихъ воздушныхъ насосовъ, дѣйствующихъ струею воды изъ водопровода; трубка, по которой насосъ гонитъ смѣсь воды съ увлеченнымъ воздухомъ, не доходитъ до дна сосуда около  $\frac{1}{3}$  его высоты; другая трубка идетъ отъ дна сосуда и выходитъ изъ него сбоку на  $\frac{2}{3}$  его высоты; у верхней крышки

<sup>1)</sup> Если работа продолжается не цѣлые дни непрерывно, то достаточно взять крѣпкую шампанскую бутылку. Бензинъ можно замѣнить эфиромъ или ацетономъ; этиловый и метиловый спиртъ не годятся [Л].

цилиндра есть небольшая трубочка, на которую надѣвается резиновая трубка, служащая для дутья воздуха. Дѣйствіе этого прибора состоитъ въ слѣдующемъ: насосъ соединяють съ красномъ водопровода и пускають черезъ него струю воды, засасывающую воздухъ изъ комнаты въ цилиндръ. Здѣсь воздухъ отдѣляется отъ воды, подымается кверху сосуда и выходитъ по трубкѣ, подъ давленіемъ постоянно прибывающей изъ насоса воды, избытокъ которой выливается вонъ чрезъ боковую трубку [Д].

Воздуходувные приборы дѣйствующіе водою водопровода, экономичны только при сильномъ напорѣ воды. Поэтому, у насъ они обходится дорого и объ нихъ распространяться здѣсь не стоитъ.

Карбонизированный воздухъ можетъ представлять опасность взрыва: одинъ случай взрыва вышеописаннаго бензиннаго паяльнаго стола былъ уже въ Петербургѣ. Содержа въ себѣ одновременно горючіе пары и кислородъ, карбонизированный воздухъ можетъ самъ горѣть безъ доступа наружнаго воздуха; не загорается онъ внутри трубокъ потому, что скорость распространенія горѣнія въ немъ меньше, чѣмъ скорость вытеканія изъ узкихъ отверстій горѣлокъ. Эта скорость распространенія горѣнія больше, когда пары бензина не въ избыткѣ: это можетъ случиться, когда онъ почти весь испарится или когда бутылка очень охладится отъ испаренія при продолжительной, непрерывной работѣ. Поэтому, на пути между горѣлкой и сосудомъ съ бензиномъ не лишнее помѣстить болѣе широкую трубку, перегороженную одною или нѣсколькими проволочными сѣтками, не пропускающими огня къ газовой смѣси, какъ въ предохранительной лампѣ Деви. Но гораздо опаснѣе обращеніе съ довольно значительными массами бензина. Надо принять за правило не переливать его въ комнатѣ, гдѣ горитъ свѣча, лампа или топится печка. Пары бензина тяжелѣе воздуха, они опускаются на полъ и, загораясь передають пламя всему запасу, если горящее тѣло будетъ ниже откупореннаго горла стеклянки, хотя бы и довольно далеко отъ него.

Самая простая газовая горѣлка для паяльнаго стола употребляется парижскими стеклодувами, потому что даетъ хорошее окислительное пламя. Любителю легче устроить самому такую горѣлку, чѣмъ другія, болѣе сложныя формы, поэтому я ее

опишу въ томъ видѣ, въ какомъ она получена мною отъ парижскаго мастера Hector Segui. (Рис. 2). Взято колѣно *a* обыкновенной стѣнной газовой горѣлки, винтъ, служившій для укрѣпленія всей горѣлки, замѣненъ наконечникомъ *b* для надѣванія резиновой трубки, а трубка перваго колѣна *c* отрѣзана сантиметровъ на 5 отъ самаго колѣна и немного сплющена, какъ видно изъ разрѣза *c'*, по діаметру параллельному оси шарнира. Въ паяльномъ столѣ дѣлають дырку и помощью пробки вставляютъ въ нее стеклянную трубку *e* около 15 мм. діаметра, согнутую, какъ показано на чертежѣ. Нижний конецъ ея соединяется съ мѣхомъ, а въ верхній, помощью пробки вставляются наконечники. Самый толстый состоитъ изъ мѣдной трубочки около

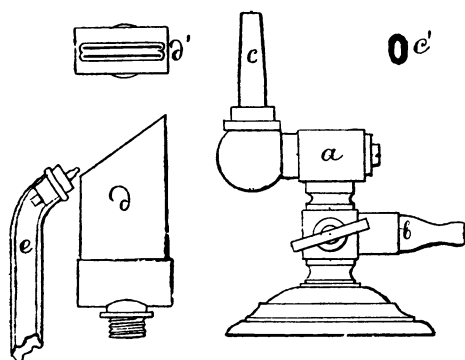


Рис. 2.

3 мм. внутренняго діаметра, второй имѣетъ около 2 мм., а показанный на чертежѣ третій, тоньше 1 мм., дѣлается изъ стекла. Первый служитъ для большаго шумящаго пламени, второй можетъ дать и то и другое пламя, а третій употребляется только для остраго, спокойнаго пламени. Чтобы получить особо тонкое и длинное пламя, требую-

щееся въ исключительныхъ случаяхъ, обыкновенная трубочка горѣлки вывинчивается и замѣняется двойной плоской трубкой изображенной сбоку и сверху: *d* и *d'*.

Надо небольшою навѣкъ, чтобы получить хорошее пламя на этой горѣлкѣ. Прежде всего слѣдуетъ поставить горѣлку такъ, чтобы горизонтальная ось вращенія была перпендикулярна къ плоскости изгиба трубки *e*. Затѣмъ подвижную трубку поворачиваютъ такъ, чтобы плоскость ея свободныхъ краевъ была почти параллельна направленію дувимаго воздуха. Если задній край немного выше передняго, то воздухъ, ударяясь объ него, будетъ мѣшать выходу газа и гасить пламя; лучше поставить передній край едва замѣтно выше задняго. Зажигая газъ, надо будетъ отодвигать горѣлку отъ трубки, болѣе или менѣе и измѣнять высоту этой послѣдней, чтобы струя воздуха почти



касалась краевъ горѣлки, пока не получится желаемое пламя. Если притокъ газа слишкомъ силенъ для взятаго наконечника, то по бокамъ пламя остается свѣтящимся и даже не увлекается струею воздуха. Уменьшая притокъ газа краномъ горѣлки или усиливая струю воздуха, можно всегда получить хорошее, прозрачное пламя, желаемого размѣра и характера.

\*Наиболѣе употребительная паяльная горѣлка устраивается подобно горѣлкѣ (Даніеля) для гремучаго газа, отличаясь отъ послѣдней величиною и внѣшней формою. На приложенномъ рисункѣ ясно видно ея устройство. Трубка *a* (см. рис. 3) приводитъ газъ въ широкую трубку *b* и его количество можетъ регулироваться краномъ *a'*; на трубку *b* надѣвается вторая трубка *cf*, служащая для регулированія длины трубки *b* и свободно по ней двигающаяся вверхъ и внизъ; у своего наружнаго конца *c* она слегка сужена. Черезъ трубку *dd* вдувають внутрь пламени воздухъ, регулируемый краномъ *d'*. На открытой конецъ трубки *dd*, смотря по надобности, надѣвають различной величины наконечники *e*. Ножка горѣлки снабжена шаровымъ шарниромъ *g*, дающимъ возможность устанавливать горѣлку въ любомъ положеніи.

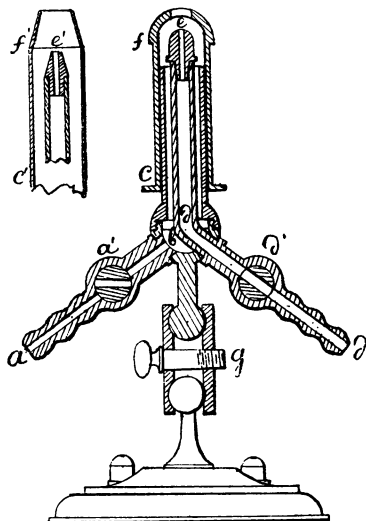


Рис. 3.

Достоинство хорошей горѣлки состоитъ въ томъ, чтобы на ней можно было получать пламя всѣхъ сортовъ, а для этого она должна быть правильно сдѣлана, а именно: 1) трубка *dd* должна быть вполнѣ концентрично установлена въ трубкѣ *b*; 2) трубка *cf* должна свободно двигаться по трубкѣ *b* и не скользить по ней сама собою; 3) краны, проводящіе газъ и воздухъ, должны имѣть широкія отверстія для удобства регулированія.

*Примѣчаніе.* Если трубка *dd* не концентрична въ трубкѣ *b*, то это легко исправить, надѣвая на нее вырѣзанную изъ листовой мѣди розетку, которая своими лучами упрется

въ стѣнки трубки *b* и этимъ урегулируетъ положеніе трубки *dd*.

Размѣры горѣлки приблизительно должны быть слѣдующіе: внутренній діаметръ трубки *b* около 1,5 с. м., причѣмъ суженный отлого конецъ трубки *cf* можетъ доходить до 1,0 с. м. въ діаметрѣ, но не меньше. Отверстіе наконечника *e*, чрезъ который вдувается воздухъ во внутрь пламени, колеблется въ обыкновенныхъ горѣлкахъ отъ 0,05 до 0,20 с. м. При каждой горѣлкѣ должно быть не меньше трехъ наконечниковъ. Они надѣваются на трубку *dd*, смотря по надобности. Наиболѣе употребляющійся наконечникъ имѣетъ щель въ 0,14 с. м. въ діаметрѣ. Лучшею горѣлкою изъ имѣющихся въ продажѣ я считаю горѣлку системы Виснегга, описаніе которой я здѣсь привелъ <sup>1)</sup>.

Кромѣ паяльной горѣлки весьма важно имѣть обыкновенную разрѣзную горѣлку, дающую широкое, плоское, коптящее пламя потому что на ней весьма удобно правильно сгибать стеклянные трубки не очень большого діаметра, такъ какъ она даетъ возможность нагрѣвать ихъ на значительномъ протяженіи [Д].

Когда самое сильное пламя горѣлки не даетъ достаточно жару для какой-либо работы, можно поставить противъ пламени большой кусокъ пемзы, древеснаго угля или даже просто кирпичъ, такъ чтобы онъ накалялся и своимъ лучеиспусканіемъ уменьшалъ потерю тепла нагрѣваемого тѣла. Для самыхъ-же большихъ работъ ставятъ двѣ горѣлки одну противъ другой.

У насъ распространена еще другая форма газовой паяльной горѣлки, подъ именемъ горѣлки Бунзена, изображенная въ маломъ видѣ на рис. 1. Она только по механическому устройству отличается отъ вышеописанной и даетъ недурные результаты.

Многія работы надо начинать помощью небольшого, остраго пламени, а потомъ необходимо пламя гораздо большего размѣра.

---

<sup>1)</sup> Чертежъ 3 сдѣланъ въ  $\frac{1}{3}$  натуральной величины съ подлинной горѣлки Виснегга, у которой однако наконечники *e* и *f* передѣланы на шаровые, по системѣ Гопкинса; прежняя форма изображена рядомъ и обозначена буквами *c'*, *f*, *e'*. Шаровая форма внутренней поверхности *f* заставляетъ струю газа направляться со всѣхъ сторонъ почти нормально къ направленію струи воздуха; отъ этого смѣшеніе происходитъ болѣе совершенное, пламя получается болѣе окислительное и высшей температуры. Гопкинсъ описалъ такую форму наконечниковъ для горѣлокъ Друммондова свѣта въ журналѣ «Scientific American». 1883, XLVIII, 118. [Л].

Для этого надо было-бы мѣнять наконечникъ, потому что однимъ уменьшеніемъ притока воздуха и газа нельзя получить хорошаго остраго пламени при широкомъ наконечникѣ. Но въ существующихъ горѣлкахъ невозможно скоро мѣнять наконечники— работа можетъ въ это время простынуть—поэтому стеклодувы принуждены бывають обходиться съ менѣе острымъ пламенемъ, чѣмъ желательно. Въ виду этого я недавно устроилъ горѣлку, изображенную на рис. 4

въ  $\frac{2}{3}$  натуральной величины, въ разрѣзѣ. Горѣлка можетъ поворачиваться около шарнира (невиднаго на чертежѣ), на концѣ столбика *e*; части одного и того-же назначенія обозначены тѣми-же буквами, что и на рис. 3. Особенность устройства заключается въ томъ, что наконечникъ для воздуха составляетъ одно цѣлое съ трубкою *eh*, которую можно легко выдернуть за головку *h* и замѣнить другую, *h'* и *h''*, лежащую, пока она не нужна, въ соотвѣтственной вырѣзкѣ ножки и при-

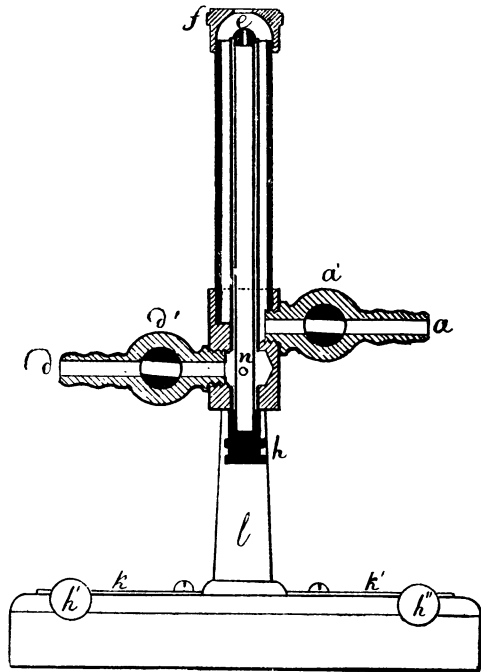


Рис. 4.

держиваемую только пружинкою *kk'*. Воздухъ входитъ чрезъ кранъ *d* въ пространство, высверленное въ четырехгранной основной части горѣлки, и попадаетъ въ *eh*, чрезъ дырочки *n*. Выдернувъ немного *eh*, можно прекратить доступъ воздуха и получить коптящее пламя для отжиганія, не измѣняя установку крановъ *a* и *d*. Во время перемѣны трубочки газъ не гаснетъ если кранъ для воздуха закрыть или открыть немного, какъ нужно для маленькаго, остраго пламени. Первый экземпляръ далъ очень хорошіе результаты при пробахъ, но надо еще подождать, чтобы удостовѣриться, не будетъ-ли поверхность трубки *eh* окисляться въ

воздухъ лабораторій на столько, что ея движеніе затруднится; тогда вся польза отъ новаго устройства исчезнетъ.

Всѣ эти горѣлки даютъ восстановительное пламя въ его самомъ горячемъ мѣстѣ, такъ что свинцовое стекло чернѣетъ и его можно обрабатывать на нихъ лишь въ самомъ концѣ, гдѣ пламя становится почти невидимымъ при дневномъ свѣтѣ и не достаточно горячо. Поэтому свинцоваго стекла избѣгаютъ, не смотря на его хорошія свойства: легкоплавкость, меньшую ломкость и способность лучше выдерживать рѣзкія перемѣны температуры. По указаніямъ книжки Th. Bolas, Glass Blowing, я заключилъ, что недостаетъ воздуха и онъ недостаточно смѣшивается съ газомъ. Поэтому я попробовалъ сдѣлать слѣдующее усовершенствованіе въ моей только что описанной горѣлкѣ: немного выше оправы съ кранами, всѣ три трубки я просверлилъ вдоль радіуса. Наружную только съ одной стороны, а обѣ внутреннія насквозь. Дырку, около 2 мм., въ наружной трубкѣ я задѣлалъ винтикомъ. Поворачивая вставную трубку *n*, можно закрыть дырки, и горѣлка станетъ дѣйствовать по старому. Когда получено шипящее, пламя можно поворотомъ внутренней трубки впустить болѣе или менѣе воздуха въ пространство наполненное газомъ: пламя становится спокойнымъ, болѣе прозрачнымъ, съ рѣзко обозначеннымъ внутреннимъ конусомъ, а температура повышается: платиновая проволока около 0,2 мм. плавится. Если усиливать давленіе воздуха, пламя стягивается, становится еще менѣе свѣтящимся, съ фіолетовомъ оттѣнкомъ и наконецъ поверхность внутреннего голубого конуса становится разорванной, не рѣзкой. Тогда только пламя становится окислительнымъ и свинцовое стекло можно вносить въ него довольно глубоко, въ горячую его часть, примѣрно до половины разстоянія между внутреннимъ конусомъ и границею видимаго конца. Ближе къ концу этого конуса въ такомъ пламени температура уже нѣсколько понижается. Однако большого пламени такого рода я получить не могъ: мѣхъ, которымъ я пользовался, системы Enfer, дающій воздухъ подъ давленіемъ около 30 см. водяного столба не могъ продуть всего протекающаго черезъ кранъ газа. Пробовалъ я вернуться къ старинной формѣ горѣлки Даніеля для Друмондова свѣта, гдѣ воздухъ и газъ смѣшивается въ общей трубкѣ, безъ центрального отверстія для вдуванія воздуха. Такимъ способомъ легко получить окислитель-

ное пламя, но оно плохо грѣетъ, потому что расширяется на подобіе большой акварельной кисти, а для стеклодувнаго дѣла надо сосредоточенное пламя. Чтобы получить таковое, надо на конецъ широкой трубки надѣть колпачекъ съ короткой, узкой трубкою; одно отверстіе въ тонкой стѣнкѣ даетъ неспокойное пламя. При трубчкѣ въ 1—2 мм. діаметра, я получалъ такимъ способомъ горячее окислительное пламя, въ видѣ удлиненной кисточки, удобное для тѣхъ случаевъ, когда надо нагрѣвать сильно одно ограниченное мѣсто работы. Удастся получать и средней величины пламя, при трубчкѣ миллиметра въ четыре. Но большого сосредоточеннаго пламени мнѣ пока получить не удалось въ горѣлкѣ такого рода: какъ только выходъ сужень; а давленіе воздуха выше давленія газа, выходъ газа замедляется и воздухъ наконецъ гаситъ пламя и вдувается въ газопроводъ.

Когда воздухъ входитъ въ общую трубку горѣлки выше газа или когда газъ входитъ чрезъ боковое отверстіе въ трубку, по которой продувають струю воздуха, она увлекаетъ съ собою газъ способствуя его истеченію. Но производимое такимъ образомъ всасываніе слабо, оно измѣряется немногими  $\frac{0}{10}$  давленія струи воздуха и быстро обращается въ противодѣйствующее давленіе, когда отверстіе для истеченія смѣси суживаютъ. Поэтому разныя расположенія притока воздуха и газа внутри горѣлки мало улучшаютъ результатъ.

На основаніи этихъ указаній опыта надо было заключить, что лучше примѣнять мѣхъ съ малымъ давленіемъ, а выходу для смѣси газа и воздуха придать видъ пучка узкихъ трубочекъ, на подобіе недавно выпущенныхъ на рынокъ горѣлокъ Борнкесселя, состоящихъ изъ ряда очень маленькихъ горѣлокъ обыкновенной конструкціи. Такъ у него для оплавленія краевъ большихъ сосудовъ дѣлается круговой рядъ горѣлокъ, для спаиванія трубокъ на мѣстѣ, при сборкѣ приборовъ, три горѣлки нагрѣваютъ ихъ кругомъ одновременно. Вдуваніе воздуха въ пламя производится чрезъ тонкую стеклянную трубку съ тремя параллельными просвѣтами, вставляемую въ металлическую горѣлку при помощи накрученной бумажки, что дѣлаетъ горѣлку эту весьма «неконструктивной», хотя пока она новая, она даетъ очень хорошій результатъ.

Сдѣлавъ на горѣлку съ предварительнымъ смѣшиваніемъ воздуха колпачки съ 5-ю и 7-ю трубочками около 2 мм. внутренняго

діаметра, я получилъ удовлетворительное пламя средняго и большаго размѣра. При уменьшенномъ притокѣ воздуха получается длинное пламя обыкновеннаго вида, съ общимъ внутреннимъ конусомъ. При увеличеніи притока воздуха пламя укорачивается и на каждой трубчкѣ получается свой конусъ. При наибольшемъ притокѣ воздуха, пламя еще укорачивается, потому что его конецъ становится несвѣтящимъ, конусы у концовъ трубочекъ вытягиваются и суживаются и тогда пламя становится окислительнымъ въ большей своей части и удобнымъ для обработки свинцоваго стекла. При еще большемъ притокѣ воздуха пламя отдѣляется отъ горѣлки и гаснетъ.

Спай пирометра Лешателье нагрѣвался до температуры 1360° С по всему пламени около вершинъ конусовъ до 1550° С. Тонкая платиновая проволока начинаетъ плавиться въ этомъ пламени.

Существуетъ горѣлка Мунке, гдѣ особое пламя подогреваетъ вдвухъ воздухъ, чтобы поднять температуру горѣнія. Горѣлка эта предназначена была для полученія Друмондова свѣта и даетъ лишь небольшое пламя, въ которомъ однако плавится платиновая проволока и известковый цилиндръ свѣтится довольно сильно. Пламя это оказывается окислительнымъ и на немъ можно обрабатывать свинцовое стекло.

Такъ какъ для обработки болѣе тугоплавкаго стекла фабрики Ритинга, которое теперь у насъ попадаетъ во всѣ лабораторіи, нужно очень горячее пламя, то я попробовалъ сдѣлать горѣлку съ подогреваніемъ размѣрами по больше. При этомъ, я воспользовался для подогреванія частью самаго пламени горѣлки, окруживъ его основаніе спиральною мѣдною трубкою. Этотъ примѣнялъ къ маслянной паяльной лампѣ еще Мооръ въ пятидесятихъ годахъ. Горѣлка оказалась довольно успѣшной, но ея конструкцію равно какъ и конструкцію горѣлки безъ центральной трубки, надо еще выработать, а на это надо время. Поэтому я и не помѣщаю здѣсь рисунковъ этихъ горѣлокъ, надѣясь помѣстить ихъ въ дополненіи, если во время печатанія успѣю выработать конструкцію.

\* Паяльный столъ долженъ имѣть крышку деревянную, некрашенную и необитую цинкомъ, какъ это часто дѣлаютъ. На металлическую крышку нельзя положить нагрѣтое стекло, такъ какъ оно отъ быстрого охлажденія въ прикосновеніи съ металломъ легко трескается. Крашенная же крышка негодится потому,

что краска пригорая, весьма крѣпко пристаетъ къ нагрѣтому стеклу. Всѣ эти неудобства легко устраняются при употребленіи рубаненой деревянной крышки. Величина ея должна быть около 1 квадратнаго аршина [Д].

Удобно покрыть столъ листомъ асбестоваго картона: тогда на него можно прямо класть накалившее стекло. Нѣмецкіе стеклодувы употребляютъ столы аршина  $1\frac{1}{2}$  въ квадратѣ, съ полукруглою вырѣзкою вершковъ въ 12 діаметромъ въ передней части, на подобіе верстака золотыхъ дѣлъ мастера. На остающіеся отъ вырѣза выступы работающій опираетъ свои локти, что очень облегчаетъ работу. Высота стола опредѣляется ростомъ работающаго: когда онъ сидитъ на своемъ мѣстѣ, столъ долженъ приходиться на высотѣ его раздвинутыхъ локтей. Эта высота немного превышаетъ вышины обыкновеннаго стола, отъ 17 до 19 вершковъ. Въ боковыхъ выступахъ дѣлаютъ по выдвигному ящику для инструментовъ.

\*Столъ долженъ быть всегда свободенъ отъ стороннихъ и лишнихъ предметовъ, и потому на немъ должны стоять только:

- 1) Штативъ для трубокъ и выдувающихся предметовъ.
- 2) Небольшой ящикъ для годныхъ обрѣзковъ трубокъ.
- 3) Еще ящикъ для ненужныхъ обломковъ стекла, всегда накопляющихся при работѣ въ изрядномъ количествѣ<sup>1)</sup> и
- 4) Необходимые при работѣ инструменты.

Вмѣсто штатива на крышкѣ стола можно высверлить нѣсколько дырокъ разнаго діаметра, а снизу привинтить тонкую дощечку, чтобы дырки имѣли донышки и чтобы ихъ можно было легко чистить, отвинчивая эту дощечку. Также вмѣсто штатива можно взять стаканъ съ крупнымъ пескомъ или мелкою дробью, куда втыкаютъ нужныя для работы трубки и остывающіе выдутые предметы. [Д]. Удобно также имѣть на столѣ деревянную призму, съ сѣченіемъ въ видѣ равносторонняго треугольника около вершка высотой, съ зарубками на одномъ ребрѣ. На такую подставку удобно класть для охлажденія обрабатываемыя трубки такъ, чтобы нагрѣтая часть оставалась на вѣсу.

Паяльный столъ долженъ стоять въ полуосвѣщенномъ мѣстѣ, въ простѣнкѣ между окнами или у боковой стѣны комнаты,

---

<sup>1)</sup> Этотъ ящикъ можетъ быть помѣщенъ около, на полу и недурно обить его внутри цинкомъ. [Д].

довольно далеко отъ окна, потому что яркое освѣщеніе мѣшаетъ видѣть слабосвѣтящійся конецъ пламени и судить о степени накаливанія стекла. Слабое освѣщеніе особенно необходимо для обработки свинцоваго стекла въ окислительномъ пламени\*. Выгодно даже помѣщать впереди пламени черный экранъ, — тогда будутъ видны всѣ части пламени. [Д]. При работѣ съ проведеннымъ газомъ полезно имѣть при паяльномъ столѣ три газовыхъ крана: одинъ побольше, съ отверстіемъ до 1 кв. сантиметра для горѣлки паяльнаго стола, второй обыкновенный для освѣтительной горѣлки, и третій для вспомогательной горѣлки, служащей для нагрѣванія въ особенныхъ случаяхъ работы.

Очень важно, чтобы паяльный столъ не стоялъ на «сквозномъ вѣтрѣ» иначе готовыя работы стануть часто трескаться во время охлажденія.

Подъ паяльнымъ столомъ обыкновенно помѣщаютъ мѣхъ, приводимый въ дѣйствіе ногою работающаго. Употребительны двѣ системы мѣховъ: нѣмецкая, съ большимъ мѣхомъ, дающая довольно постоянное давленіе воздуха не больше шести сантиметровъ столба воды, и французская, съ цилиндрическимъ небольшимъ мѣхомъ, гдѣ давленіе воздуха замѣтно мѣняется съ поднятіемъ регулятора и поэтому зависитъ отъ скорости движенія ноги работающаго. Мѣха для органныхъ трубокъ, имѣющіеся въ физическихъ кабинетахъ, могутъ служить и для паяльнаго стола; обыкновенно надо бываетъ только увеличить нагрузку регулятора.

Нѣмецкій мѣхъ съ постояннымъ давленіемъ устроенъ совершенно такъ, какъ извѣстные кузнечные мѣха, но размѣры его гораздо меньше. Средняя доска укрѣпляется неподвижно между ногами паяльнаго стола, верхняя доска скрѣплена кожанымъ шарниромъ со средней, точно также устроена и нижняя подвижная доска. Для кожи, затягивающей боковыя, подвижныя поверхности мѣха, лучше брать хорошую юфть. Въ средней доскѣ находится выходное отверстіе для воздуха и клапанъ, открывающійся кверху, а въ нижней доскѣ точно такой-же клапанъ на верхней доскѣ регулятора лежитъ грузъ, отъ величины котораго зависитъ наибольшее давленіе воздуха въ струѣ, производимой мѣхомъ. Но сила струи выходящей можетъ быть уменьшена произвольно краномъ у горѣлки. Къ нижней доскѣ мѣха придѣланъ на шарнирѣ деревянный шатунъ, соеди-



няющій ее съ подножкой, укрѣпленной прямо къ полу или къ перекладинѣ между ножками стола и нагруженной такъ, что держитъ мѣхъ раскрытымъ. Иногда верхняя доска мѣха не на шарнирѣ, а движется параллельно самой себѣ, помощью особыхъ направляющихъ или просто благодаря тому, что грузъ на ней виситъ и поэтому она остается въ положеніи устойчиваго равновѣсія подъ вліяніемъ поднимающаго ее давленія воздуха. Клапаны кузнечнаго мѣха покрываются обыкновенно бараньимъ мѣхомъ для болѣе плотнаго прикосновенія. Въ паяльномъ мѣхѣ они обыкновенно сдѣланы изъ куска толстой мягкой замши или лайки, на верхнюю лицевую поверхность которой наклеена дощечка, или лучше плотный рядъ плоскихъ брусочковъ около сантиметра шириною, потому что дощечка можетъ скоробиться съ теченіемъ времени. вмѣсто дощечки берутъ часто стеклянную пластинку. На доску мѣха вокругъ отверстія тоже наклеивается лайка, мездриною стороною кверху. Клапаны, въ особенности верхній, должны не пропускать воздуха. Кромѣ напрасной траты работы, отъ этого можетъ произойти взрывъ мѣха. Положимъ, что регуляторъ совершенно опустился, а нижняя доска въ это время поднята. Когда ее опустятъ, воздухъ станетъ входить частью чрезъ ея клапанъ, а частью чрезъ неплотный клапанъ регулятора. При этомъ газы пламени будутъ всасываться въ мѣхъ, и при благопріятныхъ обстоятельствахъ въ регуляторѣ можетъ образоваться взрывчатая смѣсь. Такіе взрывы случались неоднократно; конечно, обыкновенно они настолько слабы, что кромѣ разрыва кожи мѣха не причиняютъ дальнѣйшаго вреда.

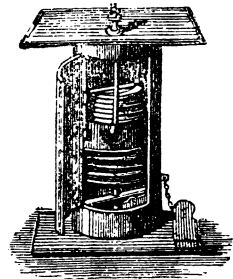


Рис. 5.

Конструкція французскаго мѣха (рис. 5 и 6) принадлежитъ мастеру Анферу (Enfer), много усовершенствовавшему кузнечные мѣхи. Для паяльнаго стола мѣхъ его очень простъ. По принципу устройства онъ тождественъ съ вышеописаннымъ, но имѣетъ цилиндрическую форму. Поэтому гибкая кожа его способна выдерживать гораздо большее внутреннее давленіе. Мѣхъ помещается обыкновенно въ желѣзномъ барабанѣ, служащемъ ножкою паяльнаго стола и укрѣпленномъ на основную доску прибора, къ которой на правомъ углу прикрѣплена подножка. Такъ

какъ внутренняя конструкція паяльнаго мѣха Анфера мало извѣстна, то рис. 6, представляющій разрѣзъ этого мѣха въ  $\frac{1}{8}$  натуральной величины, будетъ не лишнимъ. Мѣхъ держится на изогнутыхъ желѣзныхъ полосахъ АВ, А'В' ( $5 \times 25$  мм.), а верхняя его часть ходитъ по стержнямъ ВС, В'С' (въ 10 мм. діаметра)

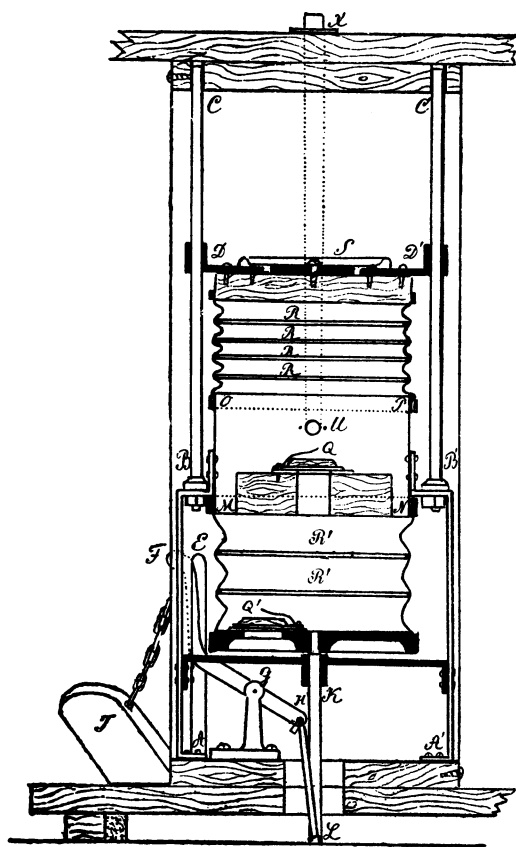


Рис. 6.

помощью цилиндрическихъ ушковъ D, D'. Нижнее, чугунное дно мѣха приводится въ движеніе чрезъ посредство ввинченнаго въ него стержня KL, рычагомъ FGH, раздвоеннымъ на концѣ Н въ видѣ ухвата, и проволокою HL, согнутой въ видѣ курсивной буквы U. Средняя часть мѣха MNOP престаляетъ изъ себя подобіе кастрюльки изъ кровельнаго желѣза; на срединѣ дно и прикрѣпленный къ нему кружокъ изъ толстой дубовой доски снабжены сквозной дыркою, закрываемою сверху клапаномъ Q, вышеописаннаго устройства. Изогнутая полоска желѣза, привинченная вмѣстѣ съ клапаномъ винтомъ къ дереву кружка, не

позволяетъ клапану закинуться назадъ при слишкомъ сильномъ толчкѣ. Цилиндрической кожанный мѣхъ регулятора надѣтъ на верхній край средней части и привязанъ бичевою, а сверхъ нея надѣто еще кольцо изъ желѣзной полоски, стягиваемое тангенціальнымъ винтомъ, помощью приклепанныхъ къ концамъ угольничковъ. Такимъ же способомъ сдѣланы и другія три соединенія

кожи съ днами. Шовъ кожи сдѣланъ съ кантомъ, какъ шовъ сапожнаго голенища, а сама кожа обильно пропитана саломъ. Складки поддерживаются вставленными кольцами изъ желѣзной проволоки R,R'. Нижнее дно самого мѣха чугунное, на немъ прямо укрѣплень клапанъ Q', но онъ побольше верхняго и помѣщенъ сбоку. На верхнемъ днѣ регулятора укрѣплень чугунный грузъ S. Конецъ F рычага выходитъ изъ цилиндра, окружающаго мѣхъ, чрезъ разрѣзъ AE, и соединень съ подножкой T помощью цѣпи. Подножка представлена на разрѣзѣ рис. 6 въ ракурсѣ, потому что этотъ разрѣзъ сдѣланъ по плоскости стержней ABC, A'B'C', а эта послѣдняя повернута на уголъ около 20° относительно передняго края стола, чтобы полоса AR не мѣшала движенію рычага въ плоскости, ему параллельной, какъ это видно изъ рис. 5. Противъ отверстія U, въ задней стѣнкѣ средней части мѣха прикрѣплень къ ней чугунный угольникъ, соединяющійся кускомъ каучуковой трубки съ латунною трубкою UX, привинченной къ столу и проводящей воздухъ въ горѣлку. Складки мѣха имѣютъ значительную степень упругости, поэтому давленіе воздуха сильно возрастаетъ съ поднятіемъ регулятора. При медленномъ движеніи подножкой можно получить равномерную струю при 4 с. м. водянаго столба, а ускоряя движеніе подножки можно довести давленіе до 35 с. м., тогда регуляторъ будетъ уже вполне поднять. Здѣсь очевидно участвуетъ и гидродинамическое давленіе воздуха, вытекающаго изъ отверстія горѣлки, а не одна только упругость стѣнокъ регулятора. Мѣха Анфера большаго размѣра помѣщаются въ замкнутомъ цилиндрѣ, тогда движеніе дна мѣха внизъ тоже производитъ вдуваніе воздуха въ регуляторъ чрезъ особый клапанъ изъ пространства между мѣхомъ и его оболочкою, такъ что дѣйствіе получается двойное.

Трудно сказать, которое устройство мѣха лучше, нѣмецкое или французское. При постоянномъ давленіи воздуха надо часто дѣйствовать краномъ, чтобы измѣнять форму пламени соответственно работѣ. Иногда это нужно сдѣлать во время самой работы, когда размягченное стекло занимаетъ обѣ руки и надо много ловкости, чтобы освободить одну изъ нихъ для поворачиванія крана и не деформировать обрабатываемый предметъ. Во французскомъ мѣхѣ можно достигнуть этого однимъ учащеніемъ или замедленіемъ движенія подножки. Зато надо обращать

постоянное вниманіе на движеніе этой подножки, чтобы не измѣнялся характеръ и размѣры пламени.

Любитель можетъ самъ сдѣлать мѣхъ нѣмецкой или французской системы, если онъ умѣетъ порядочно столярничать. Приготовление мѣха подробно описано въ книгѣ Dr. Friesk, «Physicalische Technik», на нѣмецкомъ языкѣ. Чтобы сдѣлать эту работу, въ первый разъ потребуется часовъ 50—100 работы. Поэтому предпринимать ее можно только любителю, обладающему большимъ досугомъ, иначе не останется времени на пользование этимъ орудіемъ.

Что касается до вышеописаннаго гидравлическаго мѣха, то его употребленіе обойдется довольно дорого тамъ, гдѣ давленіе воды въ водопроводѣ небольшое. Вода продается обществомъ водопроводовъ по объему, независимо отъ давленія, подъ которымъ она получается, а гидравлическій насосъ дѣйствуетъ напоромъ воды. Поэтому въ нижнихъ этажахъ домовъ вблизи водопроводной напорной башни такой приборъ будетъ тратить сравнительно мало воды, а въ верхнемъ этажѣ зданія, отъ нея отдаленнаго, на то же количество сжатого воздуха выльется воды гораздо больше. Вообще, надо разсчитывать для полученія 1 куб. метра немного сжатого воздуха на трату отъ 1,5 до 2 и болѣе куб. м. воды изъ водопровода.

Вспомогательные инструменты стеклодува такъ просты и малочисленны, что ихъ будетъ удобнѣе описать вмѣстѣ съ работами, при которыхъ они употребляются. Подробнѣе стоитъ поговорить только о ножѣ для рѣзанія стекла, представляющемъ многія интересныя и малоизвѣстныя особенности.

\*Ножъ для рѣзанія стекла дѣлается обыкновенно изъ крѣпко закаленной стальной пластинки, и надо нѣкоторое искусство, чтобы умѣть имъ пользоваться. Дѣло въ томъ, что ножъ можетъ точиться двояко, и смотря по тому, какъ онъ наточенъ мѣняется и способъ его употребленія для рѣзанія стекла. Самый простой способъ наточки, это когда лезвіе ножа представляетъ собою взѣрошенный край, на подобіе лезвія косы; для этого и точить его надо какъ косу, о такой же точно простой, крупнозернистый брусокъ. При такой наточкѣ, для полученія трещины, надо просто проводить по назначенному мѣсту трубки всѣмъ лезвіемъ ножа (какъ пилю), и въ этомъ случаѣ онъ дѣйствуетъ на подобіе края подпилка. Но при такомъ лезвіи ножъ скоро

тупится и его часто надо бывает точить, хотя для не очень крѣпко закаленныхъ ножей этотъ способъ точенія все-таки самый удобный.

Второй способъ точенія даетъ лезвіе гладкое, круто спущенное. Для этого ножъ надо точить на хорошемъ оселкѣ, лезвіе не должно имѣть заусеницъ, замѣтныхъ при проведеніи по немъ пальцемъ. Примѣнимъ такой способъ только для ножей очень крѣпкой закалки. Рѣзать при такой заточкѣ ножа надо катя трубку съ легкимъ нажимомъ по его лезвію, такъ чтобы новая поверхность трубки всегда прикасалась къ новой части лезвія ножа. При такомъ употребленіи, ножъ весьма долгое время остается острымъ. У меня есть такой ножъ, приготовленный дома изъ такъ называемой серебристой стали и закаленный въ ртути, предварительно охлажденной до  $-20^{\circ}$  Ц. въ смѣси снѣга съ солью. При довольно частомъ употребленіи, мнѣ приходится его точить не чаще двухъ разъ въ годъ.

Весьма хорошій инструментъ для рѣзанія стекла по послѣднему способу получается, если сточить на брусѣ трехгранный подпилочъ такъ, чтобы получить совершенно гладкія поверхности (конечно, при условіи, чтобы закалка напилка была очень крѣпкая). Такой инструментъ есть въ продажѣ; онъ употребляется золотыхъ дѣлъ мастерами (и машиностроителями) и называется «шаберъ». [Д].

Еще удобнѣе взять мелкій напилочъ съ болѣе острымъ угломъ, т. наз. «ножевку» и стачивать его острый уголъ только съ одной стороны: тогда можно, не стачивая много матерьяла, легко и скоро возобновлять свѣжее, зубчатое острее, пока не источится весь напилочъ. Но слѣдуетъ выбирать лишь напилки лучшихъ фабрикъ, напимѣръ швейцарскія «Gardon» съ изображеніемъ рыбы, а точить съ водой, чтобы острее не нагрѣвалось и не отпустилось.

Чтобы самому приготовить ножъ для рѣзанья стекла, лучший, чѣмъ продажные, надо прежде всего достать полоску хорошей инструментальной стали, содержащей не менѣе 1% углерода, еще лучше хромовой или вольфрамовой. Выпиливъ ножикъ съ довольно тупымъ угломъ, его закаливаютъ, нагрѣвъ до цвѣта вишни-морели, оражегато-краснаго цвѣта (какія продаютъ въ началѣ лѣта), и охладивъ въ кускѣ парафина. Этотъ способъ не требуетъ отпуска и очень хорошъ для сверла, зубилъ и дру-

гихъ инструментовъ, закаливаемыхъ только съ конца; ножъ придется вдавить лезвеемъ въ кусокъ парафина: обухъ останется не вполне закаленнымъ и ножъ можетъ покривиться, но это мало повредитъ дѣлу. Хромовую и вольфрамовую сталь надо накаливать немного сильнѣе.

## **Матеріалы для стеклодувныхъ работъ.**

Матеріалъ для стеклодувныхъ работъ готовится на стеклянныхъ заводахъ въ видѣ трубокъ и сплошныхъ палочекъ разныхъ діаметровъ и поступаетъ въ продажу въ кускахъ не длиннѣе 2—3 аршинъ. Многія свойства этого матеріала обуславливаются способомъ его приготовления: изъ размяченной стеклянной массы готовятъ шаръ и вытягиваютъ его въ цилиндръ за двѣ діаметрально противоположныя части. Чѣмъ больше былъ вытянутъ шаръ, тѣмъ тоньше выходитъ діаметръ трубки, а чѣмъ его стѣнки были тоньше сравнительно съ его діаметромъ, тѣмъ тонкостѣннѣе выходятъ трубки. При началѣ варки стеклянной массы изъ нея выдѣляется много газовъ, она пѣнится и надо сильно нагрѣвать ее нѣсколько часовъ, чтобы всѣ пузырьки выдѣлились. Поэтому немного пузырьковъ обыкновенно остаются въ массѣ стекла, и при вытягиваніи шара въ трубку превращаются въ тонкіе, плоскіе каналы, идущіе на большемъ или меньшемъ протяженіи въ толщинѣ стѣнокъ. Иныя трубки представляются полосатыми отъ массы такихъ канальцевъ. Такихъ трубокъ слѣдуетъ избѣгать: при работѣ канальцы эти запаиваются и воздухъ, въ нихъ заключенный, расширяясь отъ дальнѣйшаго нагрѣванія, часто раздуваетъ стекло въ нагрѣтомъ мѣстѣ, вслѣдствіе чего образуются пузыри, лопаются и оставляютъ неровности. Случается, что одинъ конецъ такого канальца, иногда совершенно незамѣтно для невооруженнаго глаза, открывается во время обработки внутри прибора, а другой наружу и такимъ образомъ образуется соединеніе съ наружнымъ воздухомъ въ приборѣ, который долженъ быть вполне герметичнымъ. Это явленіе часто замѣчается стеклодувами, но мало извѣстно экспериментаторамъ.

Другое слѣдствіе способа приготовления трубокъ на заводахъ,—это ихъ кривизна. Шаръ растягиваютъ въ горизонтальномъ направленіи, для чего одинъ изъ рабочихъ или оба идетъ

или даже бѣжить по полу зданія. Гибкая горячая трубка, повинясь тяжести, принимаетъ видъ такъ называемой цѣпной линіи. Тонкая трубочка успѣетъ застыть въ такомъ видѣ прежде чѣмъ ее положить на неровный полъ завода, а болѣе массивныя трубы могутъ получить при этомъ новые перегибы. Когда длинную трубку разрѣжутъ на куски, кривизну каждаго изъ нихъ можно будетъ замѣтить только при достаточномъ вниманіи.

Въ средней своей части вытягиваемая такимъ образомъ трубка будетъ имѣть минимумъ толщины, а къ тому и другому концу она будетъ утолщаться. Такъ какъ цѣлая трубка разрѣзается для продажи на куски, то каждый кусокъ будетъ замѣтно коническій, только содержащій среднюю часть будетъ къ обоимъ концамъ расширяться и вообще наиболѣе приближаться къ цилиндричности. Обыкновенныя трубы на заводахъ не отжигаются; этой операціи подвергаются только водомѣрныя трубы для паровыхъ котловъ, трубы для Либиховскихъ холодильниковъ и вѣроятно нѣкоторыя термометрическія и филиграновыя.

По размѣрамъ и назначенію трубы дѣлятся на разные сорта. Обыкновенныя трубы, продающіяся для химиковъ въ магазинахъ химическихъ принадлежностей, имѣютъ стѣнки примѣрно отъ 1 до 3 миллиметровъ и внѣшній діаметръ отъ 3 до 15 миллиметровъ. Такія трубы хорошо сгибаются безъ помощи раздуванія, если у нихъ стѣнки не тоньше примѣрно  $\frac{1}{6}$  внутренняго діаметра; ихъ по-нѣмецки называютъ Biegeröhren, т. е. трубы для сгибанія. Болѣе тонкостѣнныя трубы, отъ 4 до 100 мм. діаметра, спеціально назначены для стеклодувной работы (Blaseröhren). Встрѣчаются и толстостѣнныя широкія трубы, но онѣ мало имѣютъ примѣненія; вслѣдствіе дурной закалки онѣ очень легко трескаются, какъ при началѣ нагрѣванія на паяльномъ столѣ, такъ даже и при спокойномъ стояніи. Трубы отъ 5 до 10 мм. внѣшняго діаметра съ внутреннимъ отверстіемъ миллиметра въ два и меньше называются барометрическими, потому что употребляются для обыкновенныхъ комнатныхъ барометровъ.

Термометрическія трубы обыкновенно имѣютъ внутреннее сѣченіе плоское, въ видѣ очень удлиненаго эллипса. Часто въ нихъ впаяна полоска молочнаго стекла, чтобы легче было видѣть на бѣломъ фонѣ оконечность ртутнаго столба. Въ послѣднее время эти трубы дѣлаютъ снаружи въ видѣ трехгранной призмы

съ выпуклыми поверхностями; такая трубка дѣйствуетъ на находящуюся внутри полоску ртути, какъ цилиндрическое увеличительное стекло, когда смотрятъ съ надлежащаго направленія, увеличивая одну ширину ртутнаго столбика.

Для большихъ термометровъ, какіе бываютъ на вывѣскахъ у оптиковъ, дѣлаютъ плоскія тонкостѣнные трубки шириною миллиметровъ до 20. Онѣ очень удобны и для нѣкоторыхъ другихъ физическихъ приборовъ. Особый сортъ тонкостѣнныхъ трубокъ, примѣрно отъ 10 до 50 мм. діаметра, готовится специально для Либиховскихъ холодильниковъ. Трубки эти хорошо отжигаются, чтобы могли переносить довольно значительныя измѣненія температуры. Годятся онѣ и для стеклодувныхъ работъ.

Наконецъ, трубки водомѣрныя, для указанія уровня воды въ разныхъ паровыхъ котлахъ и аппаратахъ, отжигаются очень тщательно и попадаютъ въ продажу большею частью нарѣзанныя по длинѣ и съ отшлифованными краями. По сорту стекла трубки эти обыкновенно для стеклодувныхъ работъ не годятся.

Сплошныя стеклянныя палочки бываютъ отъ 2 или 3 миллиметровъ до 20 мм. и больше въ діаметрѣ. Толстыя бываютъ обыкновенно съ пузырями, въ стеклодувной работѣ почти не употребляются, но имѣютъ примѣненіе при устройствѣ физическихъ приборовъ.

По внѣшнему виду хорошія трубки для стеклодувной работы должны удовлетворять слѣдующимъ требованіямъ:

\*1) Стекло должно быть чистое, прозрачное, безъ пузырьковъ и воздушныхъ канальцевъ.

2) Трубки должны быть по возможности цилиндричны по всей своей длинѣ.

3) Въ разрѣзѣ онѣ должны представлять правильный кругъ, а не эллипсъ.

4) Стѣнки должны быть одинаковой толщины какъ въ разныхъ сѣченіяхъ, такъ, въ особенности, и по разнымъ радіусамъ одного и того же сѣченія. [Д].

По составу стеклодувныя трубки раздѣляются на три главныхъ сорта:

1) Натровое, легкоплавкое стекло. Лучше другихъ сортовъ обрабатываются попадающія къ намъ нѣмецкія тюрингенскія трубки, изъ которыхъ готовятся дешевыя тюрингенскіе термометры и химическіе приборы. На русскихъ заводахъ тоже



приготавливают недурное стекло подобнаго сорта. Не входя въ подробное разсмотрѣніе свойствъ и состава этихъ сортовъ стекла, замѣчу только, что они легко вывѣтриваются съ поверхности, особенно при дѣйствіи воды или кислотныхъ паровъ.

2) Свинцовое легкоплавкое стекло. Къ намъ попадаетъ только французское стекло такого сорта. Оно легкоплавче натроваго, отличается большою чистотою массы, имѣетъ большій блескъ и бѣлизну, не такъ легко ломается при быстромъ охлажденіи или нагрѣваніи, но чернѣетъ въ восстановительномъ пламени и потому требуетъ особыхъ предосторожностей при обработкѣ.

3) Тугоплавкое калиевое, такъ называемое богемское стекло. Размягчается въ пламени паяльнаго стола лишь съ трудомъ, но необходимо для приборовъ, подвергающихся большому нагрѣванію; преимущественно употребляется для трубокъ, въ которыхъ совершаютъ органической анализъ сжиганіемъ. Трубки тугоплавкаго стекла рѣдко бываютъ такъ чисты и правильны, какъ хорошія трубки первыхъ двухъ сортовъ. Цвѣтъ богемскаго стекла обыкновенно зеленоватый. Въ этихъ трехъ сортахъ надо поставить цвѣтныя и узорныя (филиграновыя трубки, встрѣчающіяся въ продажѣ преимущественно для изготовленія игрушекъ, выдутыхъ на паяльномъ столѣ). По составу трубки эти могутъ принадлежать къ разнымъ сортамъ, но ихъ тоже надо нагрѣвать съ осторожностью, потому что одни цвѣта измѣняются въ окислительномъ, а другіе въ восстановительномъ пламени.

\*При долгомъ держаніи стекла въ краснокалильномъ жару, въ размягченномъ состояніи, оно становится матовымъ, непрозрачнымъ, фарфоровиднымъ (и перестаетъ быть достаточно размягченнымъ для обработки). Это свойство стекла называется разстеклованіемъ; стекло, въ высшей степени разстеклованное, называется Реомюровымъ фарфоромъ.

Ислѣдованіе разстеклованнаго стекла подъ микроскопомъ показываетъ въ его массѣ множество кристалловъ и представляетъ собою какъ бы переходъ стекла изъ аморфнаго состоянія въ кристаллическое. Явленіе это наступаетъ болѣе или менѣе скоро и зависитъ отъ сложности состава стекла. Чѣмъ болѣе кремнезема въ стеклѣ, тѣмъ легче оно разстекловывается; при этомъ мѣняются нѣкоторыя физическія его свойства, такъ, на примѣръ, удѣльный вѣсъ при разстеклованіи увеличивается. [Д].

Только немногіе хорошіе сорта стекла не разстекловываются

при продолжительной обработкѣ на пламени паяльнаго стола. Мы увидимъ дальше, что при иныхъ работахъ приходится нагрѣвать стекло долго, чтобы собрать побольше массы; иногда испорченный шарикъ заставляютъ опять стянуться и раздувають снова; это удастся хорошо только при лучшихъ сортахъ стеклянной массы. Богемское тугоплавкое и многіе другіе сорта стекла разстекловываются такъ быстро, что надо кончать работу въ одинъ нагрѣвъ.

Но даже очень хорошее стекло показываетъ на своей поверхности родъ не настоящаго разстеклованія, зависящаго отъ вывѣтриванія. Этотъ недостатокъ замѣчается сильнѣе на старыхъ трубкахъ, долго стоявшихъ, чѣмъ на свѣжихъ, только что полученныхъ съ завода, а всего сильнѣе на трубкахъ, подвергавшихся продолжительному дѣйствію воды, кислотъ или щелочей. Тонкій поверхностный слой такого стекла потерялъ часть своей щелочи, онъ сталъ болѣе тугоплавкимъ и вообще не тождественнымъ съ внутренними частицами и вполнѣ соединяется съ ними только при высшей температурѣ, обуславливающей большее разжиженіе всей массы. Этимъ объясняется то обстоятельство, что \* при сравнительно небольшомъ нагрѣваніи, на слабомъ огнѣ или въ коптящемъ пламени, только что достаточно, чтобы согнуть или вытянуть трубку, она становится матовою. Особенно сильный матъ получается на вогнутой поверхности сгиба, гдѣ стекло сжимается. Подъ микроскопомъ, при увеличеніи около 40 разъ, этотъ матъ представляетъ собою массу мелкихъ складокъ, расположенныхъ по всевозможнымъ направленіямъ и напоминающихъ собою кусокъ измятой матеріи. Если нагрѣтую и помутнѣвшую трубку не гнуть, а растягивать, то она пріобрѣтаетъ въ матовой части мелкія прозрачныя полосы, направленіе которыхъ перпендикулярно къ оси трубки. Подъ микроскопомъ складки представляются растянутыми въ продольномъ направленіи съ поперечными перерывами. При еще большемъ растяженіи поверхность трубки подъ микроскопомъ представляетъ видъ какъ будто бы на совершенно прозрачной поверхности стекла собраны оболочки разрушенныхъ эпителиальныхъ клѣточекъ. Если же продолжать нагрѣваніе такой трубки до плавленія стекла, то она снова становится прозрачною, хорошо поддается обработкѣ и выдерживаетъ многократное повтореніе нагрѣванія, не растекловываясь (легкій матъ остается только

на границахъ нагрѣтыхъ и не нагрѣтыхъ частей). Какъ видно изъ анализовъ, такому роду разстеклованія особенно подвержены трубки изъ стекла, содержащаго въ избыткѣ соли натрія. [Д].

Чтобы уменьшить поверхностное разстеклованіе, смазываютъ конецъ горѣлки паяльнаго стола растворомъ поваренной соли: пламя окрашивается на короткое время желтымъ цвѣтомъ и приноситъ на поверхность нагрѣваемаго стекла достаточно щелочи, для уничтоженія мата.

\*Многіе сорта стекла имѣютъ свойство становиться хрупкими при высокой степени нагрѣва, предшествующей совершенному размягченію. Въ особенности это свойство замѣчается при остываніи стекла, когда малѣйшаго толчка или гнутія бываетъ достаточно, чтобы уже готовая вещь перетрескалась. Трещины почти всегда получаютъ при этомъ на наружной сторонѣ изгиба.

Это свойство надо всегда помнить и быть весьма осторожнымъ при производствѣ сложныхъ приборовъ на паяльной горѣлкѣ. [Д].

\*Упругое послѣдѣйствіе сказывается иногда въ стеклѣ и при обыкновенной температурѣ. Стеклянная палка или трубка, положенная на двѣ опоры своими концами, замѣтно провиснетъ отъ дѣйствія тяжести. Но если она пролежала такъ долгое время, то кривизна остается и при вертикальномъ положеніи. Такое явленіе замѣчалось на цѣнныхъ термометрахъ; изгибъ можно исправить, повернувъ предметъ на  $180^{\circ}$ , на тѣхъ же подпоркахъ и оставивъ лежать надолго. Для ускоренія можно навѣсить легкіе грузики. Поэтому цѣнные термометры, трубки съ дѣленіями и т. п. лучше сохранять въ висячемъ положеніи, если же имъ надо лежать, то полезно отъ времени до времени переворачивать ихъ относительно ихъ оси. [Д].

Въ термометрахъ упругое послѣдѣйствіе производитъ извѣстное явленіе перемѣщенія точки нуля. Въ послѣдніе годы нашли сорта стекла, въ которыхъ это явленіе замѣчается лишь въ очень слабой степени. Такое стекло готовится въ Іеннѣ, въ лабораторіи Шотта, и продается подъ именемъ «нормальнаго стекла». Для отличія, каждая трубка такого стекла имѣетъ на себѣ продольную красную полосу. Парижскій стеклодувъ Тонелотъ, нашелъ продажный сортъ зеленоватаго стекла, обладающій такимъ-же свойствомъ.

По опытамъ Шотта, оказалось, что термометренное стекло

должно содержать только одинъ изъ щелочныхъ металловъ: калий или натрій. Присутствіе другого, даже въ самомъ ничтожномъ количествѣ, значительно увеличиваетъ упругое послѣдѣйствіе стекла. Но такое стекло выходитъ тупоплавно и легко разстекловывается, поэтому надо было прибавить къ нему постороннія вещества, чтобы придать ему легкоплавкость и способность хорошо выдерживать обработку. Составъ современнаго іенскаго нормальнаго стекла слѣдующій:

|                     | 16 <sup>'''</sup> .              | 57 <sup>'''</sup> .            |
|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Натра . . . . .     | 14,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> | 11 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |
| Извести . . . . .   | 7 »                              | — »                            |
| Глинозема . . . . . | 2,5 »                            | 5 »                            |
| Окиси цинка . . . . | 7 »                              | — »                            |
| Кремнекислоты . . . | 67 »                             | 72 »                           |
| Борной кислоты . .  | 2 »                              | 12 »                           |

Измѣненіе положенія нулевой точки въ этомъ стеклѣ въ шесть разъ меньше, чѣмъ въ обыкновенномъ тюрингенскомъ стеклѣ, и въ четыре раза меньше, чѣмъ въ англійскомъ свинцовомъ стеклѣ.

Нормальное іенское стекло также меньше всѣхъ другихъ разѣдается водою. На основаніи тщательныхъ количественныхъ опытовъ Милліуса, опубликованныхъ въ 1888 и 1889 гг., больше всего поддается дѣйствію воды обыкновенное легкоплавкое тюрингенское стекло, раза въ два меньше разѣдается тюрингенское стекло лучшаго сорта, раза въ три меньше тупоплавкое богемское, въ восемь разъ меньше свинцовое стекло и наконецъ въ двѣнадцать разъ меньше іенское нормальное стекло.

Для быстрого качественнаго изслѣдованія разныхъ сортовъ стекла Милліусъ предлагаетъ пользоваться растворомъ іодъ-эозина  $C_{20}H_8J_4O_5$ , называемаго въ продажѣ эритрозиномъ, въ эфирѣ. Продажный эфиръ насыщаютъ водою, потомъ сливаютъ отстоявшуюся часть смѣси и прибавляютъ по 0,1 грамма іоднаго эозина на каждые 100 куб. с. м. <sup>1)</sup>). Получается желтооранжевый растворъ. Если его налить въ сосудъ изъ изслѣдуемаго стекла или погрузить туда сплошной кусокъ этого стекла, то чрезъ

<sup>1)</sup> Въ продажѣ гораздо чаще встрѣчается пурпуровая краска бромъ-эозинъ, тоже пригодная для опыта, но менѣ чувствительная.

нѣсколько часовъ поверхность его окрасится въ малиновый цвѣтъ, тѣмъ болѣе густой, чѣмъ стекло легче разѣдается водою. Вода, содержащаяся въ эфирѣ, растворяетъ щелочь съ поверхности стекла, которая измѣняетъ оттѣнокъ эозина. Трубка стараго, долго стоявшаго стекла, обыкновенно покрывается щелочнымъ налетомъ солей; если ее обработать растворомъ эозина безъ предварительной промывки, то окрашивание получается сейчасъ-же и очень сильное. Поэтому передъ опытомъ стекло надо промыть водою. Нормальное стекло даетъ едва замѣтное окрашивание; такое-же отсутствіе окрашивания получается на мѣстахъ трубки обыкновеннаго стекла, нагрѣтыхъ до полного размягченія, незадолго до опыта. Если-же трубку нагрѣвали, не вычистивъ ея поверхность, то опытъ даетъ обратный результатъ. Трубка, прокипяченная долгое время съ водою, даетъ такое-же окрашивание какъ и раньше, но если послѣ кипяченія ее прогрѣть до  $300^{\circ}$  или  $400^{\circ}$ , то она теряетъ воду, впитавшуюся въ ея разложенную поверхность, и окрашивается слабо. Стекло, обработанное такимъ способомъ, вѣроятно становится лучшимъ изоляторомъ, чѣмъ прежде, и лучше противустоитъ дальнѣйшему дѣйствію воды. При сравненіи состава разныхъ сортовъ стекла, оказалось, что менѣе другихъ растворяются стекла близкія къ составу изъ 1 эквивалента извести, 1 экв. щелочи и 6 экв. кремнекислоты, но обыкновенно въ стекло прибавляютъ больше щелочи, для легкоплавкости.

Со времени перваго изданія этой книги фабрикація стекла сильно подвинулась впередъ, лабораторія Шотта разрослась въ обширный заводъ, изготовляющій стекло для оптическихъ цѣлей, химическую посуду, мало разѣдаемую реактивами, не легко лопающіяся стекла для лампъ и трубки для термометровъ. Подробнѣе объ этомъ будетъ рѣчь въ отдѣлѣ о термометрахъ.

У насъ, появилось новое стекло фабрики Ритинга, составъ котораго выработанъ пр. В. Е. Тищенко. По прочности относительно дѣйствія реактивовъ это стекло не уступаетъ іенскому, для стеклодувныхъ работъ оно годится, но значительно тугоплавче и тверже тюрингенскаго, зато оно труднѣе разстекловывается. Опыты съ термометромъ Лешателье, не особенно тщательные сдѣланные, показали мнѣ, что Ритинговское стекло гнется уже при  $700^{\circ}$  С., обрабатывается примѣрно при  $900^{\circ}$  С., а капаетъ лишь при  $1.240^{\circ}$  С., Тюрингенское гнется уже при  $600^{\circ}$ ,

а капаетъ при  $1.100^{\circ}$  С. Французское свинцовое еще немного легкоплавче тюрингенскаго.

Покойный И. Д. Краевичъ показаль какое вредное вліяніе могутъ оказать даже микроскопическіе каналы въ стеклѣ трубки, получающіеся при вытягиваніи ихъ на заводѣ изъ пузырьковъ въ стеклянной массѣ. Нерѣдко случается, что съ одного конца такой каналъ при обработкѣ на паяльномъ столѣ открывается наружу, а съ другого внутрь изготовляемаго прибора; тогда получается сообщеніе съ внѣшнимъ воздухомъ. Этимъ-то и объясняется постепенное проникновеніе воздуха въ пустоту барометровъ и другихъ стеклянныхъ приборовъ въ теченіи долгихъ промежутковъ времени. Обнаружить эти каналы въ стеклѣ трубки онъ могъ инъектрируя ихъ растворомъ анилиновой краски при посредствѣ нагрѣванія или воздушнаго насоса.

---

## Пріемы работы.

### 1. Чистка трубокъ.

Обыкновенно бываетъ удобнѣе вычистить прямая трубки, чѣмъ готовую работу, болѣе сложной формы. Даже трубки, только что приготовленныя на заводѣ, часто бываютъ не вполне чисты: во время выдуванія, вмѣстѣ съ воздухомъ попадаютъ въ нихъ изъ рта стеклодува и кусочки пищи и пары амміачныхъ соединеній, а часто и пары алкоголя; все это пригорая, образуетъ налетъ на внутренней поверхности стекла. Во время перевозки и храненія прибавляется еще пыль и копоть, проникающія съ концовъ трубокъ. При долгомъ храненіи амміачныя соли, содержащіяся въ этомъ налетѣ, кристаллизуясь, образуютъ даже правильный игольчатый узоръ внутри трубокъ, не слишкомъ покрытыхъ пылью.

Термометренныя трубки чистить внутри не удастся: ихъ на заводѣ сейчасъ-же послѣ разрѣзыванія запаиваютъ. Попытка промыть такую трубку кислотою или щелочью ведетъ обыкновенно къ порчѣ самой трубки: внутренняя поверхность настолько разѣдается, что ртутный столбикъ начинаетъ приставать къ ней, разбивается на части и не двигается свободно, какъ должно быть въ хорошемъ термометрѣ. По этой-же причинѣ надо

только въ крайности прибѣгать къ кислотамъ и щелочамъ для очистки обыкновенныхъ стеклянныхъ трубокъ; иные плохіе сорта становятся отъ такой чистки матовыми и негодными для дальнѣйшей обработки. Обыкновенно достаточно подышать въ трубку, чтобы она слегка отпотѣла, и протереть ее тонкой, мягкой бумагой, такъ называемой шелковой, навернутой на камышинку или на другую трубочку соотвѣтственной длины и толщины. При употребленіи стеклянной трубки слѣдуетъ покрывать бумагою всю ея длину, вводимую въ очищаемую трубку, иначе треніе голаго стекла по стеклу вызоветъ царапины и даже самопроизвольное тресканіе очищаемой трубки; особенно опасно для прочности треніе внутри трубки желѣзною проволокою. Для узкихъ или очень длинныхъ трубокъ лучше взять веревочку или нитку, навязать на конецъ грузикъ изъ мѣдной проволоки или налѣпить сургуча, а на середину навязать одинъ или нѣсколько обрѣзковъ перчаточной лайки. Держа трубку вертикально, пропускаютъ грузикъ чрезъ нее, а потомъ протаскиваютъ взадъ и впередъ чрезъ трубку навязанный пучокъ кожаныхъ обрѣзковъ, пока она не станетъ достаточно чиста. Если это не помогаетъ, можно кожу натереть сухимъ мѣломъ; оставшуюся мѣловую пыль надо будетъ удалить клочкомъ гигроскопической ваты, навязанной на мѣсто кожи.

Болѣе грязныя трубки приходится промывать водою, спиртомъ, если онѣ загрязнены смолою; эфиромъ или бензиномъ для удаленія жира; горячею смѣсью сѣрной кислоты и двуххромовокислаго кали, для окисленія и растворенія разнаго рода органическихъ веществъ, не поддающихся дѣйствию другихъ растворителей, и азотной кислотою для удаленія приставшей ртути. Послѣ кислотъ, конечно, слѣдуетъ обильное промываніе водою, сначала изъ крана, а потомъ дистиллированную. Чтобы высушить трубку, надо, удаливъ избытокъ воды механически, нагрѣвать по всей длинѣ и продувать или просасывать чрезъ нее воздухъ. При этомъ вмѣстѣ съ воздухомъ можетъ легко попасть и пыль; для устраненія ея, воздухъ заставляютъ профильтровываться чрезъ слой чистой гигроскопической ваты, которой слегка затыкаютъ входной конецъ самой осушаемой трубки или наполняютъ особую трубку, въ родѣ сушила для газовъ. Подобнымъ-же образомъ осушаютъ послѣ промывки и стеклянные сосуды съ узкимъ горломъ. Осушеніе идетъ очень быстро, если нагрѣвать до ки-

пѣнія воды и гораздо медленнѣе, если температура мокраго сосуда ниже.

Надо помнить, что вода и даже эфиръ растворяетъ немного вещества съ поверхности стекла. Поэтому испаряясь на поверхности стекла даже дистиллированная вода оставляетъ замѣтный налетъ, если она была долго въ прикосновеніи съ нею. Отъ этого зависитъ трудность вычистить внутренность сосуда вполнѣ. Гдѣ форма это допускаетъ, лучше пользоваться для окончательной очистки треніемъ посредствомъ гигроскопической ваты или мягкой бумаги и сухого мѣла.

Если продувать воздухъ ртомъ чрезъ чистую трубку, она уже загрязняется; поэтому въ термометрическія трубки, открытыя съ обоихъ концовъ, никогда не слѣдуетъ вдвухъ воздухъ, даже при работѣ.

Когда приходится очищать старые приборы, часто, послѣ высуханія внутренняя поверхность оказывается матовою, вслѣдствіе разѣданія. Въ такомъ случаѣ остается попробовать, съ малой надеждой на успѣхъ, промываніе разведенной плавиковою кислотою, растворяющею стекло. Это средство рекомендуютъ для оконныхъ стеколъ, вывѣтрившихся отъ дѣйствія дождя; я самъ съ успѣхомъ примѣнялъ лишь очень разбавленную кислоту, одну или двѣ капли на стаканъ воды, для окончательной очистки стекла передъ серебреніемъ.

## 2. Разрѣзываніе трубокъ.

Стеклодувы обыкновенно разрѣзываютъ трубки помощью описаннаго выше особаго ножа. Для химиковъ продаютъ такіе ножи съ деревянною рукою, но стеклодувы по профессіи предпочитаютъ ножъ безъ ручки, имѣющій форму и величину обыкновенной визитной карточки и заточенный вдоль обѣихъ длинныхъ сторонъ. Когда рѣжутъ тонкостѣнные трубки, надо нажимать осторожно, иначе можно раздавить трубку. Поэтому ножъ долженъ быть хорошо наточенъ, подъ угломъ около  $60^\circ$ , на обыкновенномъ брускѣ изъ песчаника, довольно грубаго зерна, напримѣръ, на такомъ, которыми пользуются петербургскіе плотники и которые продаются въ инструментныхъ лавкахъ въ видѣ необдѣланныхъ кусковъ. Если употребляютъ ножъ какъ напильникъ, положивъ трубку на столъ, то трудно соразмѣрить давленіе;



поэтому стеклодувы предпочитают держать ножъ въ горсти вертикально, придерживая его указательнымъ и пятымъ пальцами за тупыя, вертикальныя ребра и опирая нижнимъ, острымъ ребромъ на средній и безъимянный. Трубку держатъ въ лѣвой рукѣ, а большимъ пальцемъ правой прижимаютъ ее къ обращенному вверхъ рѣжущему ребру ножа, и подвигаютъ вдоль его. Если желаютъ провести черту подлиннѣе, то поворачиваютъ лѣвою рукою трубку около ея оси. Вообще, бываетъ довольно провести царапину въ  $\frac{1}{6}$  окружности или даже менѣе. Важно, чтобы она была глубокая, а не широкая, но поверхностная. Не всякій ножъ можетъ провести хорошую царапину на стеклѣ. Иной слишкомъ мягокъ и сейчасъ-же тупится, а другой хрупокъ, его лезвіе выкрашивается и принимаетъ во время точки видъ неправильной пилы. Когда царапина хороша, то трубки, даже тонкостѣнные, до 15 миллиметровъ діаметра, ломаются правильно по намѣченному мѣсту. Для этого надо схватить трубки руками не слишкомъ близко къ царапинѣ и сдѣлать движеніе какъ будто желаютъ ее разорвать и въ то-же время согнуть, такъ чтобы царапина приходилась на выпуклой сторонѣ. Если не растягивать руки, то онѣ сблизятся быстро и произвольно, какъ только изломъ произойдетъ. При этомъ острыми краями трубки очень легко повредить себѣ руки. Но растягивающее усиліе, кромѣ того, способствуетъ и правильности излома. Иные, ломая трубку, находятъ нужнымъ упирать большими пальцами противъ царапины. Такой пріемъ часто ведетъ къ неправильному излому. Иногда надо отрѣзать трубку такъ блиако къ концу, что не за что захватить для отламыванія. Въ такомъ случаѣ, проведя царапину, стеклодувъ накаливаетъ конецъ стеклянной трубки или палочки, миллиметра въ 3 діаметромъ, и вѣрныхъ и быстрымъ движеніемъ прижимаетъ его къ царапинѣ. Если трещина не произойдетъ мгновенно, надо отнять накаленное стекло и дунуть на трубку, чтобы вызвать трещину быстрымъ охлажденіемъ. Прикладывая еще горячій конецъ той-же палочки къ концу уже образовавшейся трещины, немного впереди ея, уже легко заставить идти ее далѣе. Обыкновенно проводятъ трещину съ одного конца до половины окружности, а потомъ начинаютъ съ другого конца, чтобы уменьшить вѣроятное отклоненіе ея отъ намѣченнаго направленія.

Для успѣха надо соразмѣрять толщину накаливаемой тру-

бочки и объемъ накаливаемой ея части съ толщиною стѣнокъ обрѣзываемой трубки. Слишкомъ толстая накаливаемая трубка произведетъ неправильную и даже развѣтвляющуюся трещину, а слишкомъ тонкая вовсе не вызоветъ трещины.

Даже у опытнаго работника, при употребленіи такихъ способовъ, происходятъ всегда разрѣзы съ нѣсколькими волнистыми, не совершенно ровными краями. Иногда-же трещина заходитъ въ сторону, особенно если она дѣлается близко къ свѣжеобработанной на лампѣ и поэтому дурно отожженной части трубки. Наиболее правильную трещину можно произвести крючкомъ изъ желѣзной проволоки, отъ 3 до 5 миллиметровъ толщины, согнутымъ довольно аккуратно по дугѣ того-же діаметра, какъ и трубка, и охватывающимъ около половины окружности. На трубкѣ проводятъ предварительно царапину ножомъ, крючекъ накаливаетъ въ пламени паяльной горѣлки до ярко-краснаго каленія, закрѣпляютъ въ тискахъ или какъ-нибудь иначе такъ, чтобы плоскость крючка была вертикальна и, вложивъ трубку царапиною въ крючекъ, плавно и умѣренно вертятъ ее вокругъ ея оси обѣими руками. Обыкновенно правильная трещина образуется послѣ немногихъ поворотовъ сама собою, иногда-же приходится, вынувъ трубку изъ крючка, подуть на нее. Такимъ-же приемомъ можно отрѣзывать аптекарскія стеклянки и бутылки. Только очень плохое, дурно закаленное стекло, даетъ при этомъ неправильныя трещины. Способъ этотъ описывается во многихъ книгахъ, но не всегда удается получить хорошій результатъ, дѣйствуя согласно съ этими описаніями. О необходимости закрѣпить накаленный крючекъ и вращать трубку обѣими руками обыкновенно не упоминается, а держа крючекъ рукою и поворачивая трубку другою, невозможно поддерживать прикосновеніе въ одномъ и томъ-же сѣченіи трубки, и поэтому трещина выходитъ неправильная и волнистая.

Необыкновенно толстостѣнные трубки, въ 5 и болѣе миллиметровъ, и сплошныя толстыя стеклянныя палки не удастся разрѣзывать вышеописанными способами. Для нихъ надо болѣе сильное средство. На мѣстѣ разрѣза проводятъ кругомъ возможно глубокую царапину, употребляя стеклорѣзный ножъ какъ напильникъ. Затѣмъ на паяльной горѣлкѣ получаютъ небольшое, возможно острое пламя, для чего надо вставить самый тонкій наконечникъ для воздуха, пустить немного газа, а токъ воздуха

изъ мѣховъ по возможности усилить. Еще лучше для этой цѣли острое пламя двойного рожка вышеописанной французской горѣлки. Получивъ острое пламя, держать противъ него, но въ его несвѣтящейся части, разрѣзываемую трубку и быстро вертять ее въ теченіи нѣсколькихъ секундъ. Потомъ, вынувъ изъ пламени, дуютъ на нагрѣтое мѣсто ртомъ, чтобы вызвать трещину. Нагрѣвать надо быстро, но не очень сильно, далеко ниже краснаго каленія, иначе трещины не произойдетъ. При слишкомъ широкомъ пламени и быстромъ нагрѣваніи можетъ произойти трещина неправильная.

Поэтому можно употребить слѣдующую предосторожность: изъ пропускной бумаги, сложенной раза въ четыре, приготовить двѣ длинныя полоски, смачиваютъ ихъ водою и обертываютъ ими трубку по обѣ стороны царапины, оставляя эту послѣднюю на срединѣ свободной полоски стекла шириною миллиметра въ два. Если нужно, привязываютъ полоски нитками. Затѣмъ подвергаютъ приготовленную такимъ образомъ трубку дѣйствію остраго пламени, какъ описано выше, или даже нагрѣваютъ просто на газовой или спиртовой горѣлкѣ. Мокрая бумага задерживаетъ тепло, поэтому нагрѣвается только рѣзко ограниченная полоска стекла около царапины и трещина получается очень правильная.

Стеклодувъ часто отдѣляетъ необходимую для работы часть трубки, вовсе не отрѣзывая ее, а нагрѣвая на горѣлкѣ до размягченія и оттягивая. Образующееся при этомъ тонкое и длинное остріе служитъ очень удобной «держаккой», при продолженіи работы. Примѣры такого способа отдѣленія нужнаго для работы количества матеріала мы увидимъ въ дальнѣйшемъ изложеніи.

Существуетъ еще множество способовъ перерѣзывать трубки, но они всѣ менѣе скоры и надежны, чѣмъ описанные выше, и потому стеклодувами не употребляются, хотя могутъ быть очень полезны для экспериментатора, не имѣющаго подъ рукою паяльнаго стола.

Такъ, напримѣръ, для образованія разныхъ сосудовъ, особенно уже имѣющихъ трещину, очень удобны продажныя «угли для рѣзанія стекла» Берцелиуса. Линію разрѣза надо предварительно намѣтить чернилами или карандашемъ для писанія на стеклѣ. На стоячемъ сосудѣ легко провести правильную черту параллельно дну, положивъ пишущій инструментъ на подставку

надлежащей вышины и заставляя его писать поворачиваніемъ самого сосуда. Когда черта намѣчена, зажигаютъ конецъ угля и, дую на него, даютъ ему обгорѣть до образованія остраго конического конца. Этотъ горящій конецъ прикладываютъ слегка къ концу имѣющейся трещины, всегда немного впереди ея, и поддерживаютъ горѣніе, дую на него ртомъ. Трещина быстро распространяется по направленію отодвиганія угля, но обойдя кругомъ, останавливается на разстояніи 2 или 3 мм. отъ своего начала. По временамъ надо поворачивать уголь, потому что онъ обгораетъ больше съ наружной стороны, а отъ прикосновенія стекла гаснетъ. При каждомъ отниманіи угля обыкновенно происходитъ маленькій перегибъ въ трещинѣ, которая распространяется всегда вдоль общей касательной къ конической поверхности горящаго угля и цилиндрической поверхности сосуда. Поэтому все вниманіе надо обращать на поддержаніе направленія угольной палочки. Произвести углемъ трещину на цѣльномъ мѣстѣ стекла довольно трудно; надо сдѣлать для этого предварительно глубокую царапину, и все-таки обыкновенно образуется двѣ или три расходящіяся трещины за разъ. Поэтому лучше начинать нѣсколько въ сторонѣ, на ненужной части разрѣзаемаго сосуда и потомъ подводить одну изъ образовавшихся трещинъ къ намѣченной линіи.

\*Угольный карандашъ Берцеліуса готовится слѣдующимъ образомъ: берутъ 16 частей гумми траганта (размачиваютъ) и растираютъ съ достаточнымъ количествомъ воды въ густую слизь, потомъ прибавляютъ 8 частей ростнаго ладану (бензое), раствореннаго въ возможно меньшемъ количествѣ спирта, и, присыпая понемного мелкаго порошка древеснаго угля, смѣшиваютъ все тщательно въ густое однородное тѣсто, изъ котораго выкатываютъ палочки отъ 3 до 4 мм. въ діаметрѣ и 10—15 с. м. длиною. Сушатъ ихъ, раскладывая, на воздухѣ. [Д].

Обыкновенное, мягкое стекло можно довольно скоро перепилить хорошимъ, довольно мелкимъ напильникомъ, смачивая его водою, керосиномъ, скипидаромъ или, всего лучше, растворомъ камфоры въ скипидарѣ. Сухой напильникъ очень скоро прилипаетъ о стекло, но при смачиваніи растворомъ камфоры, онъ пилитъ стекло почти такъ же легко, какъ твердую бронзу.

Но при этомъ надо быть крайне осторожнымъ, чтобы не испортить всего дѣла. Осторожность состоитъ въ томъ, чтобы

по возможности слабо надавливать подпилкомъ на стекло при работѣ, такъ какъ при малѣйшемъ усиленномъ дѣйствіи подпилка стекло обыкновенно ломается по различнымъ направленіямъ. Для избѣжанія этого, надо при работѣ класть трубку на что-либо мягкое, напримѣръ на войлочную подушку, или-же держать его въ рукѣ, а никакъ не опирать обо что либо твердое, напримѣръ о крышу стола, а тѣмъ болѣе обо что-либо металлическое. [Д].

Шлифовщики перерѣзываютъ стекло краемъ быстро вращающагося тонкаго мѣднаго кружка, намазаннаго смѣсью наждака съ водою. Обыкновенно дѣлаютъ только глубокой надрѣзъ на сосудѣ, и тогда примѣняютъ накалинный крючекъ. вмѣсто такого подобія круговой пилы иногда берутъ подобіе лучковой пилы, натянувъ желѣзную проволоку въ видѣ тетивы на согнутый деревянный прутъ. Смазывая постоянно эту проволоку кашицей изъ мелкаго наждака и воды, можно ею довольно скоро перепилить даже толстый кусокъ стекла; для успѣха работы надо брать довольно мелкій наждакъ и нажимать въ мѣру, не очень сильно. Но на это потребуются все-таки часы работы, а стеклодувъ привыкъ тратить на отрѣзываніе только минуты; поэтому онъ и не пользуется этими послѣдними методами.

Алмазь рѣдко употребляется для рѣзанія трубокъ и сосудовъ: опытъ показалъ, что трещина, произведенная имъ, распространяется чрезъ всю толщину стекла только тогда, когда она произведена на внутренней поверхности трубки или сосуда. Поэтому алмазь употребляется обыкновенно только для обрѣзыванія краевъ большихъ колпаковъ, въ которыхъ удобно можно дѣйствовать рукою на внутреннюю поверхность. Теперь уже встрѣчаются въ продажѣ алмазы для рѣзанія стекла, на длинной ручкѣ, укрѣпленной перпендикулярно къ направленію разрѣза. Такимъ алмазомъ можно провести черту внутри трубки, и подогрѣвая обратить въ сквозную трещину. Только разрѣзъ выходитъ обыкновенно волнистый, даже у опытнаго работника, вслѣдствіе трудности управлять такимъ инструментомъ.

Давно описанъ, какъ фокусъ, способъ перепиливанія стекла веревочкой. Для этого надо навязать или наклеить въ назначенномъ мѣстѣ двѣ сложенные въ нѣсколько разъ полоски бумаги, чтобы образовался желобъ для веревочки, заставляющій ее двигаться все по одному и тому-же мѣсту стекла. Веревочку

беруть не толстую, но жесткую, круто свитую; работу надо производить вдвоемъ, держа одною рукою разрѣзываемый предметъ, а другою конецъ веревочки. Попиливъ минуты три изо всѣхъ силъ перекинутой одинъ разъ кругомъ веревочкою, ее снимаютъ и окунаютъ разрѣзываемый предметъ въ воду: обыкновенно образуется очень ровная трещина. На коническомъ мѣстѣ необходимо приклеивать бумажки, иначе онѣ съѣзжаютъ, и ничего не выходитъ. Способъ этотъ можетъ очень пригодиться экспериментатору, но для стеклодувовъ по профессіи онъ слишкомъ много требуетъ времени и хлопотъ.

Въ наше время, когда электрическое освѣщеніе распространилось въ лабораторіяхъ, такъ что можно пользоваться токомъ отъ станціи, стало удобнымъ разрѣзывать широкія трубки и обрѣзывать стеклянные сосуды проволокою, накалиною токомъ. Этотъ пріемъ можно бы считать идеальнымъ, но необходимо приспособленіе, чтобы удобно имъ пользоваться: иначе провозишься больше, чѣмъ съ вышеописанными, старинными пріемами.

Токъ отъ обыкновеннаго «штепселя» для лампы накаливанія можетъ накаливать лишь очень тонкую проволоку, которая слишкомъ легко рвется въ накалинномъ состояніи, поэтому приходится пользоваться штепселемъ для дуговой лампы, съ предохранителемъ не меньше какъ амперовъ на 5, вводя соответственный реостатъ, примѣрно въ 20 омовъ для напряженія въ 110 вольтъ. Тогда надо подобрать проволоку изъ «константина», «никкелина», а еще лучше изъ чистаго никкеля, такой толщины, чтобы въ серединѣ куска въ 2 или 3 дециметра она накаливалась до красна отъ имѣющагося тока. Желѣзная годится, но перегораетъ очень скоро. Придется брать проволоку около 0,2 или 0,3 мм. діаметромъ. Одинъ конецъ этой проволоки надо закрѣпить въ зажимъ реостата, соединеннаго съ источникомъ тока. На другой конецъ надо привинтить зажимъ или какую либо другую державку. По линіи разрѣза проводятъ черту, ножомъ, краемъ напилка или алмазомъ, и обертываютъ кругомъ проволоку по чертѣ. Трубку или сосудъ, при этомъ необходимо закрѣпить въ ретортный штативъ или какънибудь иначе; даже просто дать держать другому человѣку. Въ мѣстѣ, гдѣ оба конца обхватывающій предметъ проволоки сближаются, необходимо проложить кусочекъ азбеста или слюды. Тогда, натягивая слегка прово-

локу за зажимъ на ея свободномъ концѣ одною рукою, другою рукою прикасаются къ проволоку между зажимомъ и разрѣзываемымъ предметомъ другимъ проводникомъ: токъ замыкается, проволока накаливается въ ея свободной части и достаточно нагрѣвается въ мѣстахъ прикосновенія къ стеклу, чтобы чрезъ нѣсколько секундъ произвести трещину. Такимъ способомъ можно отрѣзывать отъ тонкостѣнной трубки кольца въ 2—3 миллиметра высотой, что сдѣлать обыкновенными приѣмами трудно.

Если есть въ распоряженіи передвижной реостатъ, удобнѣе замкнуть токъ чрезъ него и проволоку, когда введено наибольшее сопротивленіе и потомъ натягивая проволоку одной рукою, убавлять сопротивленіе реостата, пока проволока не накалится въ мѣру.

Для обрѣзыванія большихъ сосудовъ понадобится проволока длиннѣе и токъ посильнѣе.

### 3. Оплавленіе концовъ разрѣзанныхъ трубокъ.

У разрѣзанной трубки край острый, способный легко порѣзывать кожу пальцевъ при прикосновеніи. Извѣстно, что непривычные очень легко получаютъ порѣзы при обращеніи съ битымъ стекломъ, но мастера, работающіе со стекломъ, порѣзываютъ себѣ руки очень рѣдко. Причина этого заключается въ томъ, что край стекла легко рѣжетъ, когда онъ скользитъ по кожѣ, но надо довольно значительное прямое давленіе, чтобы получить порѣзъ. Непривычный боится обрѣзаться стекломъ, беретъ его «трепетной рукою», не зная, что надо избѣгать скольженія пальцевъ и потому имѣетъ больше шансовъ порѣзаться, чѣмъ опытный, хватающій его легко, но увѣренно. Однако, надо избѣгать брать обломки стекла за углы: давленіе на уголь оказывается достаточнымъ, чтобы проколоть кожу. Тѣмъ не менѣе надо не забывать, отрѣзавъ трубку, провести слегка стекло-рѣзнымъ ножомъ по ея наружному, острому краю, чтобы притупить его: иначе очень легко порѣзать себѣ губы при вдуваніи.

Еще болѣе затупить край свѣже обрѣзаннаго стекла можно помощью мелкаго напилка; не трудно даже сгладить неровности такого края напилкомъ, смоченнымъ растворомъ камфоры въ

скипидарѣ. Крупный напилоть слишкомъ много крошитъ стекло на краяхъ, и больше портитъ, чѣмъ сглаживаетъ.

Но обыкновенно стеклодувъ оплавляеть край трубокъ. Если ввести край трубки въ пламя паяльной лампы, и вращая дать ему нагрѣться очень немного, только на острыхъ ребрахъ, то они округлятся и перестанутъ рѣзать, но общая форма трубки еще не измѣнится (рис. 7, 1). Если же дать имъ нагрѣться больше, то они округляются сильнѣе и въ то-же время отверстіе начинаетъ стягиваться, вслѣдствіе дѣйствія поверхностнаго натяженія расплавленнаго стекла (рис. 7, 2). Если накалывать конецъ трубки долго и сильно, то она вполне закроется но на концѣ ея образуется большое утолщеніе и скопленіе массы стекла (рис. 7, 3). Такого рода запайка съ утолщеніемъ очень рѣдко бываетъ желательна, и лопається сама собою, если только не будетъ очень тщательно отождена; мы увидимъ дальше, какъ надо правильно запаивать трубки.

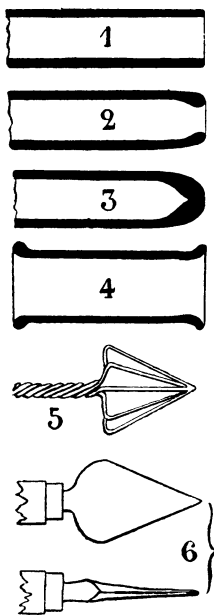


Рис. 7.

Для вставленія въ пробку очень удобно оплавить конецъ трубки, давъ ему немного стянуться, чтобы онъ входилъ въ узкое отверстіе трубки, какъ клинъ. Но гораздо чаще желательно развернуть края немного наружу, въ видѣ воронки (рис. 7, 4). Для этого употребляютъ разныя средства. Всего лучше приготовить изъ угольныхъ палочекъ для дуговыхъ электрическихъ лампъ развертки въ видѣ усѣченныхъ конусовъ разнаго діаметра и разной степени остроты угла при вершинахъ. Накаливъ до размягченія край трубки, ее выводятъ изъ пламени, вставляютъ конецъ угольной развертки и вращаютъ трубку и развертку въ разныя стороны довольно быстро, пока не получится желаемая степень развертыванія. Можно продолжать процессъ и при нагрѣваніи, но кончивъ работу, надо еще разъ подогрѣть развернутый край до начинающагося размягченія и медленно охладить, чтобы стекло не лопнуло.

Вмѣсто угольной развертки, французы употребляютъ прово-



лочную, пятигранную пирамиду на ручкѣ (рис. 7, 5). Ее дѣлають изъ проволоки красной мѣди, 1—1,5 м.м. діаметра. Для ручки, всѣ пять проволокъ скручиваются вмѣстѣ на длинѣ около 12 с. м., потомъ разгибають свободные концы по радіусамъ правильного пятиугольника и поднимають по ребрамъ. правильной пятигранной пирамиды. Отрѣзавъ лишекъ, пригибають аккуратно ребра, такъ чтобы они сходились въ вершинѣ, и спаивають ихъ латунью. Для этого достаточно посыпать спаиваемое мѣсто бурою, накалить сильно на пламени паяльнаго стола и прикасаться концомъ латунной проволоки, пока она не расплавится и не соединить конца. Тогда сейчасъ-же опускають горячій спаиваемый предметъ въ воду, чтобы отпала окалина. Такая развертка почти столь-же удобна, какъ угольная.

Нѣмецкіе стеклодувы употребляютъ для развертыванія концовъ трубокъ желѣзную или мѣдную плоскую, заостренную лопаточку въ видѣ копья или равнобедреннаго треугольника (рис. 7, 6). \*При работѣ полезно смазывать слегка воскомъ всѣ металлическіе инструменты, приводимые въ прикосновеніе съ нагрѣтымъ стекломъ, чтобы они не приставали. [Д].

Растягиваясь на окружности, размягченный конецъ трубки всегда немного стягивается у основанія образующейся воронки (правая сторона рис. 7, 4). Это обстоятельство обыкновенно не мѣшаетъ и даже способствуетъ болѣе плотному затыканію отверстія трубки, если въ нее вставляютъ пробку. Но иногда необходимо бываетъ сохранить полную ширину внутренняго просвѣта трубки (лѣвый конецъ рис. 7, 4). Въ такомъ случаѣ, накаливъ немного конецъ трубки, вводятъ въ нее округленные концы обыкновеннаго пинцета, быстро вертятъ трубку относительно пинцета и въ то же время по немного вытягивають его изъ трубки. Распирающую силу пружинящаго пинцета надо внимательно регулировать рукою. При навыкѣ и вниманіи такимъ пріемомъ можно аккуратно возстановить прежній діаметръ отверстія. Болѣе округлая форма отогнутаго края лѣваго конца рис. 7, 4 получается болѣе сильнымъ оплавленіемъ краевъ, развернутыхъ, какъ на правомъ концѣ. Иногда для оплавленія краевъ трубки стеклодуву удобнѣе запаять ее, затѣмъ выдуть на концѣ шарикъ, открыть его и снять избытокъ стекла или сплавить его въ утолщенный край. Подобнымъ-же пріемомъ можно отплавить и снять неровно обрѣзанный край тонкостѣнной трубки. Эти

приемы будутъ описаны подробнѣе въ статьѣ о выдуваніи шариковъ и воронокъ на концѣ трубки.

#### **4. Общее примѣчаніе, какъ нагрѣвать трубки въ пламени паяльнаго стола.**

Только тонкостѣнные трубки небольшого діаметра выдерживаютъ безцеремонное нагрѣваніе; когда-же трубки потолще и не отличнаго стекла, то онѣ при началѣ нагрѣванія часто лопаются или разлетаются въ дребезги, особенно, если нагрѣвается самый отрѣзанный конецъ. Всякую трубку потолще не лишнее передъ нагрѣваніемъ охватить рукою и протянуть всю чрезъ кулакъ, при легкомъ нажимѣ: этимъ мы слегка ее подогрѣемъ. Потомъ держать нагрѣваемое мѣсто трубки надъ коптящимъ пламенемъ паяльной горѣлки, въ которое еще не вдувается воздухъ, и довольно быстро вращаютъ трубку около ея оси, постепенно вводя въ самое пламя. Когда трубка покроется слоемъ копоти и копоть эта начнетъ съ поверхности сгорать, тогда только можно начать вдувать воздухъ и перенести нагрѣваемую трубку въ конецъ пламени. Копоть скоро сгоритъ вся и нагрѣваемое мѣсто станетъ краснѣть, тогда уже безопасно вносить его въ самую горячую часть пламени. Эти предосторожности необходимы для толстыхъ термометренныхъ трубокъ и всѣхъ вообще толстостѣнныхъ. Большую часть обыкновенныхъ трубокъ достаточно подогрѣть сначала въ крайней, не свѣтящейся части пламени паяльнаго стола и вводить въ самую горячую часть только тогда, когда онѣ уже начнутъ краснѣть. Отрѣзанный конецъ толстостѣнной трубки всегда безопаснѣе нагрѣвать на два или на три діаметра отъ края и уже потомъ постепенно перейти къ накаливанію самого края. Практика скоро покажетъ, какую степень осторожности надо примѣнять къ разнаго рода трубкамъ.

Особенно осторожно надо вновь нагрѣвать часть трубки уже обработанную на паяльномъ столѣ и получившую утолщеніе или спайку, когда для продолженія работы ее надо опять нагрѣть. Напротивъ того, части, ставшія отъ обработки тоньше, обыкновенно хорошо выдерживаютъ повторное накаиваніе.

Уже раньше была указана необходимость медленно охлаждать готовую работу, особенно если въ ней есть утолщенные части. Обыкновенно для этой цѣли продѣлываютъ только что описан-

ныя предосторожности, но въ обратномъ порядкѣ. При дальнѣйшемъ охлажденіи, работу надо защищать отъ сквозного вѣтра. Случаи, требующіе особыхъ предосторожностей, будутъ указаны въ своемъ мѣстѣ.

Не смотря на предосторожности, часто случается, что работа лопається при началѣ нагрѣванія. Если она при этомъ развалится на куски, то обыкновенно тутъ ничего не подѣлаешь. Но часто трещина не идетъ дальше и вещь не теряетъ своей формы. Тогда можно продолжать нагрѣваніе, стекло размягчается и трещина сама собою запаивается. Обыкновенно рубецъ отъ такой трещины остается замѣтнымъ на готовой работѣ, но такая «жаровая трещина» не представляетъ уже опасности для прочности.

Запаять трещину, образовавшуюся на готовой работѣ, дѣло очень трудное: необходимо очень медленное нагрѣваніе, начинающееся съ цѣлой части трубки. Для этого, обертываютъ нагрѣваемое мѣсто асбестовою пряжею, продаваемой для набивки сальниковъ въ лавкахъ, гдѣ торгуютъ машинными принадлежностями. Слой асбеста задерживаетъ переходъ тепла и часто удается нагрѣть трубку рядомъ съ трещиной, не вызвавъ ея распространенія. Когда трубка рядомъ съ трещиной уже накалилась, можно перевести пламя на лопнувшую часть, довести ее до размягченія такъ, что трещина запаивается. Послѣ этого необходимо возстановить форму раздуваніемъ. Иногда при размягченіи стекла, трещина раскрывается и работу остается только бросить.

### **5. Сгибаніе трубокъ.**

Сгибать сравнительно толстостѣнные трубки не трудно: надо только не слишкомъ сильно размягчать ихъ нагрѣваніемъ, и вогнутую сторону ни въ какомъ случаѣ не нагрѣвать сильнѣе выпуклой во время сгибанія. Поэтому трубки не толще одного сантиметра лучше всего сгибать на пламени обыкновенной плоской газовой горѣлки. Трубку держать обѣими руками горизонтально, вдоль пламени и сначала непрерывно вертятъ. Она начнетъ покрываться копотью, затѣмъ копоть эта начнетъ обгорать. Въ это время станетъ замѣтно, что трубка уже гнется. Тогда ее перестаютъ вращать и плавно сгибають въ вертикальной плоскости, поднимая концы кверху. Хорошій прочный изгибъ

долженъ быть не слишкомъ крутъ, тогда сѣченіе трубки вездѣ остается равномѣрнымъ и только слегка сплюснутымъ (рис. 8, 1). Для этого надо нагрѣть сразу довольно большую длину трубки или послѣдовательно нагрѣвать короткія части трубки и сгибать понемногу. Если сразу согнуть очень размягченную трубку или нагрѣть при сгибаніи сильнѣе вогнутую ея сторону, то получится непрочный сгибъ, со складкою на вогнутой сторонѣ (рис. 8, 2 и 3). Такой сгибъ не удастся исправить. Если-же трубка при сгибаніи была перегрѣта съ выпуклой стороны или если ея стѣнки тонки сравнительно съ діаметромъ, то она сплющивается на выпуклой сторонѣ (рис. 8, 4). Въ такомъ случаѣ закрываютъ одинъ изъ концовъ этой трубки воскомъ, пробкою или даже

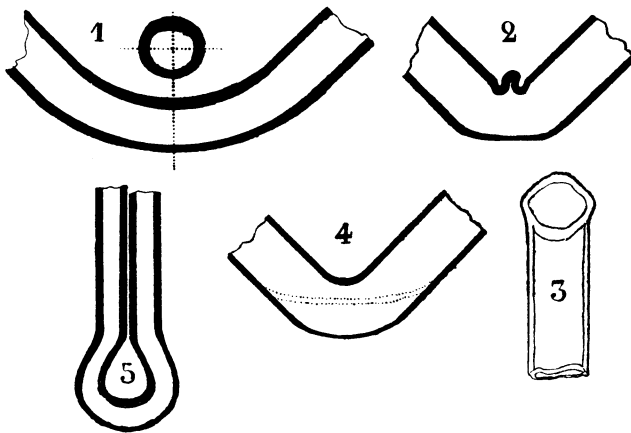


Рис. 8.

просто пальцемъ, нагрѣваютъ до полного размягченія всю сплюснутую часть сгиба, направляя на ея средину остріе пламени паяльного стола, вынимаютъ трубки изъ пламени и, вдувая воздухъ ртомъ чрезъ другой конецъ, исправляютъ форму сгиба. Если-бы случилось раздуть больше, чѣмъ нужно, то можно повторить нагрѣваніе, начиная съ болѣе отдаленной и холодной части пламени; стекло, размягчившись, стянется само собою и новое, болѣе умѣренное раздуваніе можетъ поправить ошибку. Опытный стеклодувъ можетъ раздувать во время сгибанія.

Трубки большого діаметра сгибаютъ на пламени паяльного стола, потому что на плоской горѣлкѣ ихъ не прогрѣтъ достаточно. Но для сгибанія пускаютъ обыкновенно больше газа, такъ что получается широкое большое пламя, слегка, свѣтящее и не

столь жаркое. Очень тоненькія трубочки и стеклянныя нити легко сгибать надъ пламенемъ газа, получаемого на паяльномъ столѣ, когда дутье прекращено, а притокъ газа такъ уменьшенъ, что газъ горитъ спокойнымъ, свѣтящимся пламенемъ.

Широкія, U-образныя трубки, столь часто употребляющіяся въ химической практикѣ, сгибаются въ слѣдующемъ порядкѣ. Сначала одинъ изъ концовъ закрывается или запаивается, потомъ нагрѣвають изгибаемое мѣсто до значительной степени размягченія и сразу сгибаютъ, какъ нужно, не обращая вниманія на сплющиваніе (рис. 8, 4 пунктиръ). Затѣмъ уже нагрѣвають сплюснутую сторону и раздувають, сразу или въ нѣсколько пріемовъ, смотря по искусству работника и размѣрамъ трубки. Когда оба колѣна изогнутой трубки должны соприкасаться по всей длинѣ, изгибу придаютъ форму петли, какъ на рис. 8, 5.

#### **6. Оттягиваніе и запаиваніе концовъ трубокъ.**

Описанныя выше работы не требуютъ почти никакого спеціального навыка рукъ; трудности начинаютъ только съ того момента, когда приходится нагрѣвать до полного размягченія средину трубки. Если руки еще «не слушаются», тутъ ничего не подѣлаешь, и работа сразу непоправимо портится.

Чтобы оттянуть трубку въ остріе, ее берутъ за оба конца, вводятъ въ пламя и нагрѣвають при постоянномъ вращеніи въ одну сторону и, вынувъ изъ пламени, растягиваютъ (рис. 12, 1). Сначала работа не представляетъ никакой трудности, но трубка, нагрѣваясь, скоро размягчается. Если она длинна и нагрѣвается около средины, то свободные концы перевѣсятъ, а нагрѣваемая часть станетъ неудержимо выгибаться вверхъ и при этомъ растягиваться. Короткая трубка, которую надо будетъ держать за концы, станетъ напротивъ того изгибаться внизъ подъ вліяніемъ тяжести своихъ половинокъ. Отсюда ясно, что обѣ части трубки надо поддерживать руками около ихъ центра тяжести, чтобы избѣжать такого гнутія. Очень длинную часть трубки часто приходится еще опирать на столъ или на особую подставку.

Для удобства работы, стеклодувъ обыкновенно садится передъ паяльнымъ столомъ и опираетъ оба локтя на него. Лѣвая рука преимущественно служитъ для поддержанія и вращенія обрабатываемого предмета, а правая управляетъ инструментомъ или

другимъ концомъ трубки. Тяжелую, длинную трубку приходится просто брать лѣвою рукою въ кулакъ, пальцами внизъ, причемъ большой и указательный пальцы служатъ для вращенія, а остальные три удерживаютъ трубку и направляютъ ее въ пламени (рис. 9). Легкую и тонкую трубку лучше держать лѣвою или правою рукою снизу, на подобіе пера при писаніи, но опирая на четвертый и третій пальцы, такъ что указательный остается свободнымъ. Такимъ-же образомъ держать и свободный конецъ обрабатываемой трубки, который рѣдко бываетъ тяжелъ и часто служить только инструментомъ или временной «державой», для

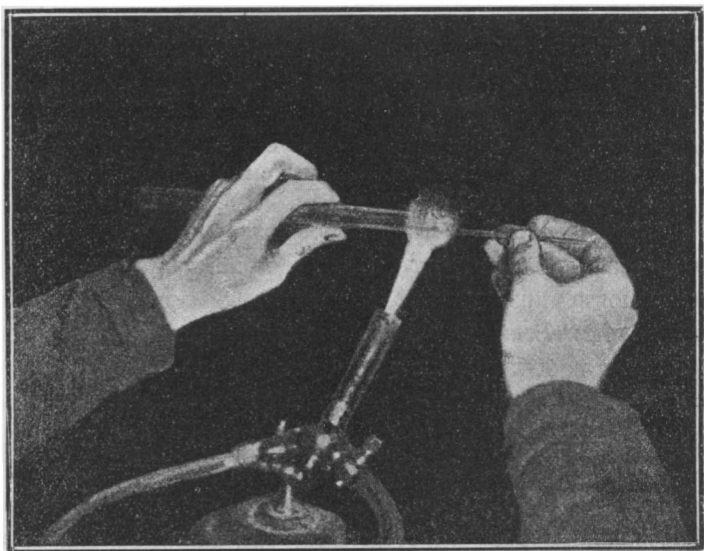


Рис. 9.

обработки частей, находящихся по лѣвую сторону нагрѣваемого мѣста (рис. 10).

Тонкія и среднія трубки всего удобнѣе держать лѣвою рукою по способу французскихъ стеклодувовъ: рука оборачивается ладонью внизъ, трубка просовывается изъ-подъ четвертаго пальца на пятый и опирается снизу на согнутый и вытянутый вправо четвертый. Такихъ двухъ мѣстъ опоры достаточно, чтобы опредѣлить положеніе оси трубки, особенно когда перевѣшиваетъ правый конецъ, и три первые пальца остаются вполнѣ свободными для ея вращенія (рис. 11).

Рисунки наши сдѣланы съ мгновенныхъ фотографическихъ снимковъ, снятыхъ мною при свѣтѣ магніевой вспышки очень

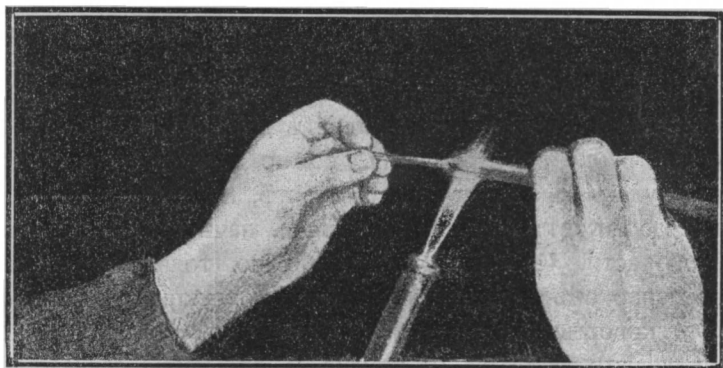


Рис. 10.

коротко-фокуснымъ объективомъ, и увеличенныхъ раза въ три. Снимки сдѣланы въ мастерской Ф. Миллера; работающій не позировалъ, а продолжалъ работать, поэтому положеніе пальцевъ

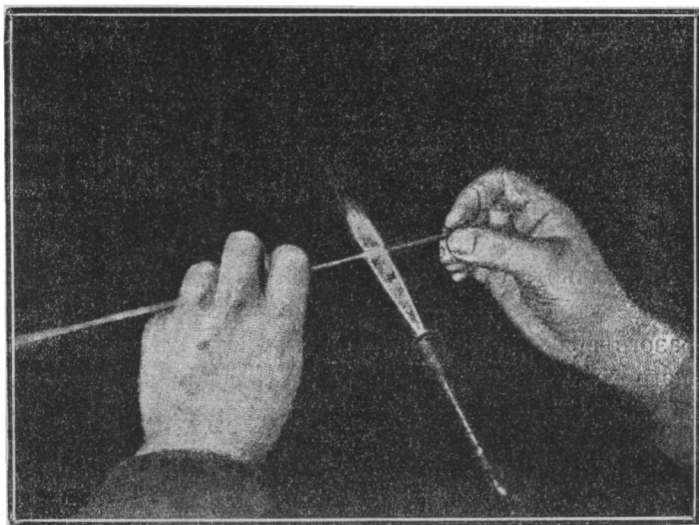


Рис. 11.

вполнѣ натурально. Объективъ былъ расположенъ за плечомъ работающаго около одного метра отъ его рукъ, чтобы точка

зрѣнія была недалеко отъ положенія его глаза, вслѣдствіе чего на рисунокѣ все представляется почти такъ, какъ это видитъ самъ работающій.

У начинающаго трубка будетъ не только неправильно вращаться, но даже выходить изъ пламени и двигаться вдоль своей оси. Очень много навыка надо, чтобы достигнуть совершенства, но порядочныхъ результатовъ можетъ достигнуть всякій.

Держа трубку какъ слѣдуетъ, можно достигнуть того, чтобы она не гнулась въ размягченномъ мѣстѣ, но какъ только размягченіе достигнетъ извѣстной степени, начнется перекручиваніе нагрѣтой части. Избѣжать этого можно только поворачивая одновременно обѣ части, правою и лѣвою рукою съ одинаковою угловою скоростью. Это сравнительно легко, когда оба конца трубки равнаго діаметра, не трудно и въ томъ случаѣ, когда правая сторона состоитъ только изъ тонкой и легкой оттянутой «державы», но довольно трудно при широкихъ и тяжелыхъ трубкахъ разнаго діаметра. По разнымъ неравномѣрностямъ стекла всегда можно замѣчать начинающееся закручиваніе и исправлять его; тутъ требуется главнымъ образомъ вниманіе.

Силы сцѣпленія расплавленной стеклянной массы стремятся стягивать ее въ форму, имѣющую наименьшую поверхность при томъ-же объемѣ. Поэтому, если продолжать нагрѣвать до размягченія трубку, не растягивая и не осаживая ее вдоль оси, то стѣнки ея станутъ утолщаться, внутренній просвѣтъ уменьшаться, а наружный діаметръ тоже. Масса въ нагрѣтомъ мѣстѣ будетъ наростать на счетъ просвѣта трубки (рис. 12, 2). Если при этомъ, постоянно вращая, слегка осаживать трубку вдоль ея оси, то можно поддержать прежній внѣшній діаметръ или получить даже утолщеніе наружнаго діаметра (рис. 12, 2 и 3). Если, разогрѣвая трубку, сейчасъ же начать сдвигать ея концы, до полного размягченія, то получится складка (рис. 12, 4). Такія складки иногда нужны, на примѣръ, на пипеткахъ, чтобы удобнѣе держать при затыканіи пальцемъ; онѣ непрочны и требуютъ тщательнаго отжиганія.

Дальнѣйшая обработка зависитъ отъ цѣли работы: если хотятъ только отдѣлить часть трубки для дальнѣйшей работы и снабдить ее удобною державой, то нагрѣваютъ трубку до надлежащей степени, при постоянномъ вращеніи, выводятъ ее изъ пламени и, не прерывая вращеніе, растягиваютъ до желаемой



степени; вытянутая часть выходит при этомъ очень тонкостѣнная (рис. 13, 1). Быстрое растягиваніе даетъ тонкую и длинную трубку, или, скорѣе, трубчатую нить, а медленнымъ можно получить изъ того-же нагрѣтаго мѣста трубку короче и толще. Изъ сравнительно тонкостѣнныхъ трубокъ получаются чрезмѣрно тонкостѣнные, ломкія оттянутыя части. Такія трубки надо передъ оттягиваніемъ утолстить. Оттягивая отъ трубки часть для обработки, осмотровый стеклодувъ всегда вытягиваетъ часть въ 20—30 с. м. и разламываетъ ее посрединѣ, чтобы у

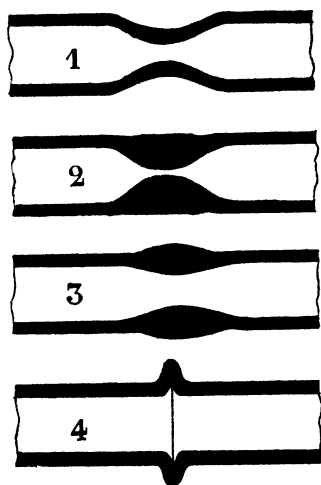


Рис. 12.

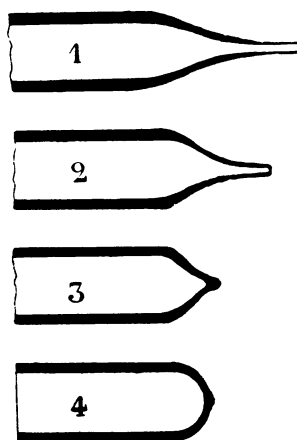


Рис. 13.

трубки на всякій случай оставался конецъ съ готовой державой удобной длины.

Если неопытному надо оттянуть трубку для промывалки, пипетки или т. п., то лучше сдѣлать это на пламени спиртовой лампы или Бунзеновой горѣлки: тутъ жару меньше; можно начать растягивать и въ пламени, но не переставая вращать; когда же трубка настолько вытянется, что станетъ тянуться легко и быстро, ее необходимо вынуть изъ пламени, иначе остріе будетъ кособокое. На пламени паяльнаго стола нагрѣваніе идетъ слишкомъ быстро и поэтому неопытному еще легче получить совершенно несимметричное остріе. Вообще, стеклодувы привыкли смотрѣть на лѣвую часть работы, какъ на настоящую цѣль старанія и, оттягивая трубку, они лѣвую половину полу-

чаютъ желаемой формы, а на правую смотрятъ какъ на бросовую державу.

Вытянувъ, такимъ образомъ, среднюю часть трубки, проводятъ слегка стеклорѣзнымъ ножомъ тамъ, гдѣ хотятъ отломать ее, отламываютъ и затѣмъ слегка оплавливаютъ острые края. Если же просвѣтъ острія окажется слишкомъ великъ, его можно уменьшить простымъ накаливаніемъ до размягченія; силы сцѣпленія стекла сами произведутъ эту работу (рис. 13, 2).

При болѣе продолжительномъ и сильномъ накаливаніи оттянутый конецъ трубки закрывается вполнѣ, обыкновенно въ та-

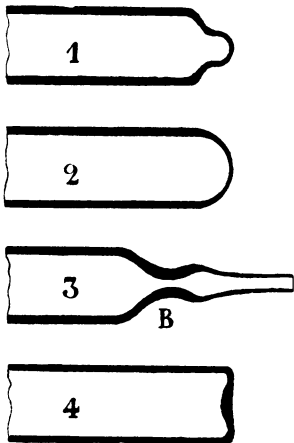


Рис. 14.

комъ случаѣ его отрѣзаютъ ближе къ трубкѣ (рис. 13, 3). Но довольно рѣдко можно бываетъ удовольствоваться такою формою запаянной трубки; обыкновенно требуется правильная, полушарообразная запайка (рис. 13, 4). Для этого надо нагрѣть до размягченія, при постоянномъ вращеніи, всю неправильную часть трубки, сосредоточивая нагрѣваніе преимущественно на остромъ концѣ, и раздуть ее до желаемой формы. Если конецъ раздулся больше чѣмъ надо, его можно постепенно нагрѣвать при постоянномъ вращеніи, пока онъ не стянется, и снова раздуть болѣе умѣренно.

Сравнительно тонкостѣнные и широкія трубки, вродѣ пробирныхъ цилиндровъ, довольно трудно запаять такъ, чтобы не осталось слѣда острія (какъ на рис. 13, 4). Для этого сначала нагрѣваютъ только это остріе и раздуваютъ его (рис. 14, 1). Потомъ уже прогрѣваютъ весь конецъ, пока онъ не размягчится и не станетъ стягиваться, и тогда только раздуваютъ (рис. 14, 2). Иногда этотъ процессъ приходится дѣлать и въ три приѣма, накаливая все большую и большую часть запаяннаго конца.

Дно пробирнаго цилиндра должно быть тоньше стѣнокъ, чтобы оно не лопалось при нагрѣваніи. Когда-же желаютъ получить дно равномерной толщины при запаиваніи широкой трубки, надо предварительно скопить матеріалъ. Для этого оттягиваютъ трубку, какъ было описано выше, и, оставивъ достаточной длины

державу (рис. 14, 3), направляютъ пламя въ В при постоянномъ вращеніи; стекло въ этомъ мѣстѣ утолщается, а внѣшній діаметръ уменьшается. Когда стекла собралось довольно, оттягиваютъ вновь въ В и продолжаютъ работу, какъ описано выше.

Можно сдѣлать и плоское дно у трубки (рис. 14, 4); для этого, запаявъ ее въ видѣ полушара, какъ описано выше, надо снова накаливать до полного размягченія это дно, начиная съ его маковки. На тонкостѣнной трубкѣ однѣ силы сцѣпленія производятъ желаемую работу, но можно ускорить дѣло, нажимая осторожно размягченное дно на плоскую угольную пластинку, какія употребляются для элементовъ. На срединѣ дна получается чечевицеобразное утолщеніе отъ скопленія стеклянной массы. Поэтому такія плоско запаянныя трубки легче лопаются при подогрѣваніи, чѣмъ запаянныя на подобіе пробирныхъ цилиндриковъ, и требуютъ медленнаго охлажденія по изготовленіи.

## **6. Выдуваніе на концѣ трубки шарика и воронки.**

Стоитъ только нагрѣтый конецъ запаянной трубки раздуть болѣе, и получится шарикъ, очень тонкостѣнный, если его діаметръ много превыситъ діаметръ трубки. Выдуть такой шарикъ бываетъ очень лестно при первомъ опытѣ стеклодувнаго искусства, но на дѣлѣ такіе шарики требуются очень рѣдко.

Достаточно толстостѣнный шарикъ на концѣ трубки, въ два или три раза больше діаметра, чѣмъ взятая трубка, можно выдуть, собирая предварительно стекло на ея концѣ. Для этого трубку запаиваютъ какъ на рис. 13, 3; затѣмъ нагрѣваютъ конецъ на довольно значительную длину заразъ, при постоянномъ вращеніи, пока онъ не станетъ стягиваться и утолщаться, какъ на рис. 15, 1. Тогда его раздуваютъ до желаемого діаметра, не переставая вращать, сразу или въ два приѣма, чтобы достигнуть болѣе равномерной толщины (рис. 15, 2).

Если стекло при собираніи расположилось неравномѣрно или неровно нагрѣто, то и шарикъ выходитъ кривобокій; тонкая или болѣе горячая часть его стѣнокъ тянется легче. Когда работающій настолько освоился съ приѣмами, что болѣе не торопится, онъ можетъ помочь этому горю: нижняя поверхность горячаго шарика охлаждается скорѣе верхней, потому что она встрѣчаетъ холодный воздухъ, а по выше лежащимъ частямъ

шарика скользнуть уже нагрѣвшійся воздухъ въ своемъ стремленіи вверхъ. Поэтому, замѣтивъ, что шарикъ раздувается больше въ одну сторону, надо его повернуть той стороной книзу и въ такомъ положеніи раздуть до конца; болѣе быстрое охлажденіе тонкой части задержитъ отчасти ея раздутіе.

Чтобы удобно слѣдить за ходомъ раздуванія шарика, надо выбирать трубку, длиною сантиметровъ 25, равною разстоянію яснаго видѣнія.

Если начать собирать стекло, когда еще на концѣ трубки есть остріе, какъ на рис. 13, 4, то оно остается и на шарикѣ, въ видѣ бородавки. Неудавшіся шарикъ можно подогрѣть при постоянномъ вращеніи въ широкомъ, слабо-свѣтящемся пламени паяльнаго стола и заставить потомъ болѣе сильнымъ нагрѣваніемъ стянуться, чтобы снова правильнѣе раздуть его. Если же нагрѣвать шарикъ сразу горячимъ пламенемъ паяльнаго стола, то онъ обыкновенно прежде деформируется, чѣмъ начнетъ стягиваться, и при вторичномъ раздуваніи распредѣленіе массы выйдетъ еще неправильнѣе прежняго.

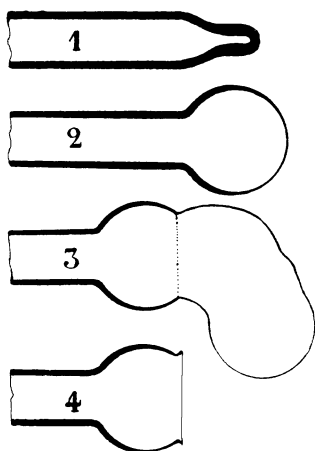


Рис. 15.

Большіе шары на концахъ трубокъ выдуваются изъ припаянныхъ частей болѣе широкой трубки, какъ будетъ рассказано дальше, когда мы дойдемъ до спаиванія трубокъ.

Шарикъ на концѣ трубки можно открыть и получить такимъ образомъ вороночку, въ родѣ «Вельтеровской» трубки химиковъ. Для этого сначала нагрѣваютъ самую макушку шарика, вертя его около оси трубки и подставляя его къ пламени сбоку. Если на шарикѣ нѣтъ утолщеній, онъ сплющится (какъ на рис. 15, пунктиръ). Тогда быстро подносятъ трубку ко рту и сильно вдываютъ воздухъ: плоское размягченное дно раздувается въ неправильное шарообразное тѣло, которое или лопається съ трескомъ во время самаго вдуванія, или же распадается отъ легкаго нажиманія. Если шарикъ достаточно толстостѣнный, то легкимъ прикосновеніемъ напилка можно отколотить все лишнее тонкое

стекло и оплавить потомъ зубчатые края, какъ у отрѣзанной трубки, чтобы получилась воронка въ родѣ изображенной на рис. 15, 4. Когда-же лишніе части сравнительно толсты и не крошатся подъ напилькомъ, ихъ можно «отплавить» на паяльномъ столѣ. Для этого дѣлаютъ тонкое, острое пламя, нагрѣваютъ въ немъ одновременно конецъ стеклянной палочки или запаянной трубочки въ 2—3 миллиметра и одно мѣсто лишняго края воронки. Прикоснувшись накалившимся концомъ палочки къ этому накалившему мѣсту, мы спаяемъ ихъ: тогда остается направлять острое пламя между воронкой и лишнимъ краемъ и оттягивать палочку, наворачивая на нее размягченное стекло, чтобы снять все лишнее. Обойдя, такимъ образомъ, кругомъ всей воронки, оплавливаютъ ея край при постоянномъ вращеніи (рис. 15, 4). Для успѣха, кромѣ навыка въ управленіи пламенемъ, надо выбрать палочку діаметра соотвѣтственнаго толщинѣ снимаемаго края; слишкомъ тонкая будетъ сама размягчаться и тянуться, а слишкомъ толстую будетъ неудобно разогрѣвать, чтобы снова припаять къ краю въ теченіи работы.

Для окончательнаго выравниванія краевъ воронки можно употреблять пріемъ, основанный на дѣйствіи центробѣжной силы: надо изловчиться быстро вращать воронку, катая трубку, на которой она выдута, между ладонями и въ то же время нагрѣвать ея края въ пламени паяльнаго стола, до полнаго размягченія. Это не такъ трудно сдѣлать, какъ кажется съ перваго взгляда. Продолжая такой пріемъ, можно даже получить плоскій кружокъ на концѣ трубки, подобный дну обыкновенной рюмки. Известно, что совершенно подобнымъ пріемомъ получалось въ старину на заводахъ оконное стекло, такъ называемый «кронглассъ», въ видѣ круговъ около сажени въ діаметрѣ, съ утолщеніемъ въ центрѣ.

## **7. Шарикъ на срединѣ трубки.**

Прежде всего надо закрыть одинъ конецъ трубки. Если онъ оттянуть въ видѣ тонкой трубки—«державы», то его лучше запаять. Если-же этотъ конецъ уже готовъ, то его можно плотно заткнуть пробкой, или залѣпить воскомъ. Иногда приходится, напротивъ того, нарочно оттянуть тонкую «державу», чтобы вдуть чрезъ нее во время работы. Затѣмъ начинаютъ нагрѣвать то мѣсто, гдѣ хотятъ сдѣлать шарикъ, держа закрытый

конецъ въ лѣвой рукѣ. Смотря по величинѣ предполагаемаго шарика, надо собрать больше или меньше стекла: для шарика, немного превышающаго діаметръ трубки, достаточно собрать стекло, какъ показано на рис. 12. Послѣ того, разогрѣвъ до смягченія это мѣсто, подносятъ открытый конецъ трубки ко рту и выдувають шарикъ при непрерывномъ вращеніи, если онъ раздувается правильно, или держа кверху менѣе подающуюся сторону.

Для начинающаго обучаться стеклодувному искусству, всего труднѣе выучиться подносить ко рту размягченную по срединѣ трубку, не согнувъ или не растянувъ ее: только навыкъ и вниманіе могутъ тутъ помочь. Однако, и на словахъ можно дать совѣтъ упражняться сначала на довольно толстостѣнныхъ трубкахъ, около одного сантиметра діаметромъ, и всегда выдувать

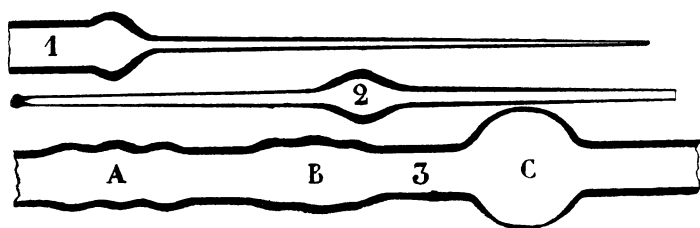


Рис. 16.

шарикъ на разстояніи яснаго видѣнія, чтобы свободно слѣдить глазами за ходомъ работы. Работа еще немного облегчается, если приходится вдывать черезъ легкую оттянутую часть трубки (рис. 16, 1 и 2).

Люди слишкомъ нервные, или, напротивъ того, не снабженные отъ природы достаточно удобоподвижными руками, никакъ не могутъ выучиться этой сложной совокупности движеній и для нихъ дальнѣйшій прогрессъ въ стеклодувномъ искусствѣ невозможенъ. Парадируя извѣстное изреченіе можно сказать, что «inflatores», такъ же какъ и «poetae», nascuntur, а не «fiunt».

Когда нужно выдуть шарикъ побольше, собираютъ стекло другимъ пріемомъ (рис. 16, 3). Собравъ какъ обыкновенно немного стекла въ трехъ смежныхъ мѣстахъ (А, рис. 16, 3), раздувають слегка трубку въ этомъ мѣстѣ (рис. 16, 3, В). Тогда на широкомъ пламени, при постоянномъ вращеніи, нагрѣвають мѣсто В, даютъ ему стянуться, пока вся утолщенная часть не

будетъ прогрѣта, и только тогда раздувають весь шарикъ до желаемого размѣра (рис. 16, 3, С). Часто, въ теченіи работы, приходится понемногу раздувать нагрѣваемое мѣсто (вынимая его изъ пламени) и давать ему опять стянуться, чтобы достигнуть болѣе равномернаго распредѣленія стекла.

Легкое растягиваніе трубки во время выдуванія шарика придаетъ ему видъ удлиненнаго эллипсоида вращенія, а обратное усиліе даетъ сплюснутый шарикъ, въ видѣ рѣпки. Цѣлесообразнымъ раздуваніемъ, стягиваніемъ и растяженіемъ не трудно получать и болѣе сложныя раздутія, какъ, на примѣръ, цилиндрическій резервуаръ термометра изъ его толстостѣнной трубки, какъ это будетъ описано въ главѣ о термометрахъ. Очень большія раздутія на трубкахъ получаютъ помощью впаиванія кусковъ трубокъ большаго діаметра. Замѣчу, что собирать много стекла можно только на трубкахъ хорошаго качества, дурныя при этомъ разстекловываются.

Можно прибавить стекла на любомъ мѣстѣ трубки очень легкимъ способомъ, только работа выходитъ довольно неаккуратная. Надо подобрать другую трубку, легко надѣвающуюся на первую и отрѣзать отъ нея кольцо требуемой длины. Если поверхность стекла внутри кольца чиста, оно совершенно спаивается съ внутренней трубкою. Надо только нагрѣть по полнаго размягченія сначала средину трубки, чтобы сращиваніе шло отъ средины къ краямъ; при обратномъ ходѣ легко захватываются пузыри воздуха. При раздуваніи края сглаживаются, но не вполне, болѣе или менѣе замѣтные рубцы остаются.

Такимъ способомъ удастся покрыть одинъ сортъ стекла другимъ, съ инымъ коэффиціентомъ расширенія: поверхности соприкосновенія тутъ велики, а поперечное сѣченіе сравнительно мало, поэтому стекло и выдерживаетъ происходящія натяженія.

## **8. Спаиваніе трубокъ.**

Хорошо и прочно спаиваются только трубки одного и того-же сорта, обладающія поэтому одинаковымъ коэффиціентомъ расширенія. Иначе, по охлажденіи, въ мѣстѣ спая получаютъ такія большія натяженія, что стекло ломается по поверхности спая. Поэтому для цѣнной и отвѣтственной работы стеклодувы

всегда беретъ трубки одного и того-же сорта. Только очень маленькія поверхности можно безопасно спаивать изъ разныхъ сортовъ; здѣсь натяженія не могутъ достигнуть большей степени напряженія. Иногда, особенно при починкахъ, бываетъ необходимо попытаться спаять различные сорта стекла. Для этого надо нагрѣвать спай до полного размягченія, раздувать его и потомъ давать ему опять стянуться, по возможности даже нѣсколько разъ. Въ мѣстѣ спая происходитъ, такимъ образомъ, смѣшеніе обѣихъ массъ и образуется какъ бы сплавъ промежуточного состава и свойства, такъ что натяженія по охлажденіи не переходятъ за предѣлъ прочнаго сопротивленія стекла. Если одно стекло плавится при гораздо высшей температурѣ, чѣмъ другое, ихъ спайка очень затрудняется, но сосредоточивая нагрѣваніе на болѣе тугоплавкомъ, все-таки можно достигнуть желаемого результата. Однако, такія трубки обыкновенно имѣютъ столь различный коэффиціентъ расширенія, что ихъ спай распадается при охлажденіи, несмотря на всѣ старанія.

По указанію Шотта, узнать какое стекло имѣетъ большій коэффиціентъ расширенія можно слѣдующимъ пріемомъ: сначала готовятъ изъ сравниваемыхъ трубокъ полоски. Для этого нагрѣваютъ конецъ трубки до запаиванія и полученія сплошной капли, сплющиваютъ ее чистымъ пинцетомъ или плоскогубцами и вытягиваютъ въ полоску, разогрѣвъ и поставивъ державку. Отпавая эту державку, полезно сдѣлать короткій крючекъ, отогнутый въ сторону плоскости полоски. Тогда разогрѣваютъ обѣ полоски, складываютъ ихъ одна на другую, спаиваютъ и растягиваютъ въ неслишкомъ тонкую нить. Переломивъ эту нить на срединѣ, увидимъ, что она явно сгибается въ сторону одного изъ спаянныхъ сортовъ, очевидно, что этотъ сортъ расширяется больше. Крючекъ, оставшійся у трубки, позволяетъ отличить съ которой стороны какое стекло.

При такихъ опытахъ ритинговское и французское давало мнѣ сначала неопредѣленные результаты: одна такая нить изогнулась въ видѣ S. Это объясняется значительно большей тугоплавкостью ритинговскаго стекла: оно уже застыло и было замѣтно вытянуто механически во время отвердѣванія свинцоваго стекла. Надо хорошо прогрѣть и вытягивать не очень тонко, безъ примѣненія большого усилія.

Съ соблюденіемъ этой предосторожности мнѣ удалось уста-



новить слѣдующій рядъ сортовъ стекла по ихъ коэффиціенту расширенія:

Ленское 16<sup>III</sup> лин. коэф. 0,00000 81,  
Франц. свинцовое отъ 0,00000 71 до 81 6 (Реньо),  
Ритинговское—неизвѣстный,  
Тюрингенское—0,00000 33.

Надо заключить, по степени кривизны получаемой двойной нити, что разница между первыми тремя сортами не велика, но что тюрингенское значительно больше отличается отъ нихъ, чѣмъ они между собою. Поэтому-то первые три сорта между собою спаять можно, а тюрингенское даетъ трещины и отпадаетъ по охлажденіи.

Термометренная трубка съ бѣлой полоской изъ свинцоваго,

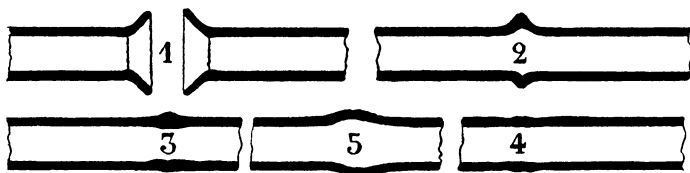


Рис. 17.

французскаго стекла другого сорта показала расширеніе большее, чѣмъ ритинговское (согласно числамъ Реньо).

Двѣ трубки почти равнаго діаметра можно спаять, не прибѣгая къ раздуванію, слѣдующимъ способомъ: сначала сильно развертываютъ, однимъ изъ вышеописанныхъ способовъ, концы этихъ трубокъ (рис. 17, 1) такъ, чтобы діаметръ края превышалъ діаметръ трубки на двойную толщину стѣнокъ. Потомъ одновременно нагрѣваютъ на остромъ пламени, до полного размягченія края полученныхъ воронокъ и, вынувъ изъ пламени, складываютъ и сжимаютъ ихъ (рис. 17, 2). Тогда останется нагрѣтъ спай до полного размягченія, чтобы онъ нѣсколько стянулся (рис. 17, 3), и затѣмъ легкимъ растяженіемъ трубки довести его до желаемаго діаметра (рис. 17, 4). Такой спай держитъ достаточно прочно, если дать ему медленно охладиться, но онъ рѣдко выходитъ ровнымъ и безъ утолщенія.

Обыкновенно спаи раздуваютъ, чтобы сгладить эти неровности: предварительно развертываютъ края только у толстостѣнныхъ трубокъ въ родѣ термометренныхъ, у которыхъ безъ этой

предосторожности легко может вполне запаяться просвѣтъ, или только у болѣе узкой, чтобы придать равные діаметры обѣмъ спаиваемымъ частямъ. Когда надо къ широкой припаять очень узкую трубку, первую вытягиваютъ и отрѣзаютъ на мѣстѣ, гдѣ діаметръ равенъ діаметру второй. Обыкновенно при вытягиваніи надо бываетъ дать стѣнкамъ утолститься.

Нагрѣвъ до размягченія одновременно концы обѣихъ трубокъ, изъ которыхъ одна должна быть закрыта на свободномъ концѣ, ихъ сближаютъ и сжимаютъ внѣ пламени. Очень трудно составить обѣ части такъ, чтобы ихъ геометрическія оси совпали; при нѣкоторомъ навыкѣ можно еще отчасти поправить ошибку сдвигомъ одной части относительно другой, но на стеклѣ остаются отъ этого неизгладимыя складки и спай выходитъ неровный.

Профессіональный стеклодувъ обыкновенно ставитъ передъ собою черную дощечку, наклоненную назадъ: на темномъ фонѣ очертанія накалиннаго стекла лучше видны. Если вмѣсто такой дощечки взять зеркало и наклонить его немного къ плоскости стола, такъ, чтобы дальній край былъ выше, то изображеніе трубокъ будетъ видно въ этомъ зеркалѣ съ другой стороны, чѣмъ непосредственно. Глазомъ трудно судить, не лежитъ-ли одна трубка немного ближе другой, а въ изображеніи онѣ будутъ при этомъ представляться сдвинутыми. Если же и въ прямомъ и въ отраженномъ изображеніи оси спаиваемыхъ трубокъ совпадаютъ, ихъ можно смѣло сдвинуть до соприкосновенія. Только надо привыкнуть: отраженное изображеніе двигается въ сторону обратную движенія предмета.

Не давая спаю охладиться (вслѣдствіе чего онъ неминуемо лопнетъ), нагрѣваютъ его снова на остромъ пламени, при постоянномъ вращеніи, пока онъ не размягчится вполне и не станетъ стягиваться. Тогда его раздуваютъ немного больше, чѣмъ нужно, пока стѣнки не получаютъ толщину стѣнокъ трубки (рис. 17, 5). При трубкахъ равнаго діаметра достаточно бываетъ только растянуть раздутый спай, чтобы придать ему діаметръ самыхъ трубокъ. При неравныхъ трубкахъ надо бываетъ придать окончательную форму спаю помощью раздуванія и растягиванія, смотря по требованію работы. У неопытнаго работника при этомъ обыкновенно выходятъ формы не рѣзкія, съ слишкомъ плавными переходами одной кривизны въ другую. Причина этого заключается въ неумѣньи нагрѣвать одно и то-же мѣсто трубки:

при вращеніи въ пальцахъ трубка нѣсколько ѣздитъ взадъ и впередъ вдоль своей оси, отчего по обѣ стороны размягченнаго мѣста образуются болѣе длинныя полуразмягченныя части, чѣмъ отъ неизбѣжнаго дѣйствія теплопроводности стекла, части тоже поддающіяся при раздуваніи. Не слѣдуетъ вдаваться и въ противоположную ошибку: работая на «слишкомъ рѣзкомъ огнѣ», можно получать красивую работу, но она будетъ часто лопаться рядомъ съ обработаннымъ мѣстомъ вслѣдствіе слишкомъ рѣзкаго перехода отъ размягченнаго мѣста къ холодному. Помочь этому можно подогрѣваніемъ и медленнымъ охлажденіемъ всей работы непосредственно послѣ ея окончанія. Спай выходитъ прочнымъ, если въ немъ нѣтъ значительныхъ утолщеній; въ противномъ случаѣ его необходимо тщательно отжигать, чтобы онъ не лопнулъ самъ собою. Однако, изъ предосторожности, не лишнее всякій спай охлаждать медленно.

Неопытный можетъ, грѣшнымъ дѣломъ, отступить отъ выше-описаннаго нормальнаго пріема для спаиванія трубокъ; спай выйдетъ хуже, но держать будетъ, а по правиламъ искусства ничего не получится, если руки не слушаются. Именно, когда обѣ трубки уже соединены, надо нагрѣть одно мѣсто спая, около четверти его окружности, до полного размягченія и стягиванія стекла, и опять осторожно раздуть это мѣсто до діаметра трубки. Затѣмъ повторять ту же процедуру съ остальными тремя четвертями. Не нагрѣтыя до размягченія части трубки удерживаютъ ея форму и въ неопытныхъ рукахъ, и тѣмъ облегчаютъ работу. Острое пламя соотвѣтственной силы составляетъ необходимое условіе успѣха работы при спаиваніи трубокъ, слишкомъ широкое пламя нагрѣваетъ и смежныя части, отчего работа деформируется.

Нерѣдко является необходимость спаять разные сорта стекла, при починкахъ и передѣлкахъ приборовъ и когда надо припаять готовый кранъ, шлифъ или другую покупную часть къ изготовляемому прибору. Мнѣ это удавалось для всѣхъ четырехъ вышеупомянутыхъ сортовъ стекла, но не всякій разъ. Ритинговское спаивается съ ленскимъ и французскимъ, но тюрингенское съ ними спаять очень трудно: спай чрезъ малое время лопается самъ собою. Главное условіе успѣха: очень сильное прогрѣваніе спая до возможно полного размягченія стекла и не слишкомъ большая толщина стѣнокъ. Желательно, чтобы оба сорта были

доведены до полного плавленія, тогда они перемѣшиваются и рѣзкаго перехода въ строеніи и составѣ не будетъ. Этого можно достигнуть только нагрѣваніемъ по частямъ, какъ выше-описано. Если нагрѣть сразу кругомъ до плавленія, трубка закроется.

Я пробовалъ также спаивать разнородныя трубки при посредствѣ легкоплавкой эмали. Это удастся, только эмали этого рода гораздо мягче стекла и поэтому трубки спаяныя «въ стыкъ» легко разламываются. Приходится одну трубку расширить конически, а другую сузить, чтобы одна входила въ другую какъ пробка въ горлышко. Тогда первую накаливаютъ до красна, катаютъ накаленный конецъ въ мелко истолченный эмали, сплавливаютъ приставшій порошокъ, повторяютъ эту операцію еще разъ или два пока не наберется достаточный слой эмали, тогда нагрѣваютъ оба конца до плавленія эмали и стыкаютъ. Затѣмъ прогрѣваютъ до начинающаго размягченія стекла, при постоянномъ сдавливаніи и очень медленно охлаждають. Лучше внутрь помѣщать сильнѣе расширяющееся стекло. Эмаль можно получать въ магазинахъ, гдѣ продають принадлежности для ювелировъ. Я бралъ самую легкоплавкую бѣлую эмаль. Вѣроятно такой-же эмалью спаиваютъ стеклянные сосуды изъ шлифованнаго стекла у Лейбольда Наслѣдниковъ, въ Кельнѣ. Я попробовалъ припаять этой эмалью кусокъ трубки ритинговскаго стекла къ кружку изъ зеркальнаго, въ муффели. Пришлось нагрѣть до красна, на мѣстахъ прикосновенія стекла съ асбестовымъ картономъ, на которомъ оно стояло, стекло получило отпечатокъ, эмаль не отстала послѣ охлажденія, но трубка лопнула у самаго спая, оставивъ кусочки. Эти надо приписать разности расширения; у фирмы Лейбольдъ свой стеклянный заводъ, потому, вѣроятно она одна и дѣлаетъ такіе сосуды.

Раздувать такого рода спаи невозможно, воздухъ прорывается чрезъ расплавленный слой эмали. Я пробовалъ также вмѣсто порошка эмали напаять слой легкоплавкаго рубинового стекла, какое продается для впаиванія платиновыхъ проволокъ, какъ будетъ указано ниже. Это стекло тоже очень слабо.

### **9. Припаиваніе трубки сбоку другой.**

Сначала надо открыть трубку сбоку, въ мѣстѣ предполагаемой спайки. Закрывъ одинъ конецъ трубки, нагрѣваютъ острымъ

концомъ пламени то мѣсто, гдѣ желаютъ открыть трубку, стараясь держать ее симметрично, относительно оси пламени. Когда маленькій кружокъ на поверхности трубки накалится до того, что начнетъ втягиваться, трубку вынимаютъ изъ пламени и вдвываютъ въ нее: получается вздутіе, какъ на рис. 18, 1. Макушку этого вздутія нагрѣваютъ еще разъ; благодаря ея формѣ нагрѣваніе идетъ скорѣе и сосредоточивается на меньшей поверхности; новымъ вдвуніемъ получаютъ вздутіе, подобное изображенному на рис. 18, 2. Макушку этого новаго, болѣе выдающаго вздутія, нагрѣваютъ до полного размягченія и сразу сильно вдвываютъ воздухъ (рис. 18, 3): получается большой, тонкій, неправильный пузырь, или-же стекло лопається съ трескомъ и разлетается на тончайшія пластинки съ яркими цвѣтами ньютонова-

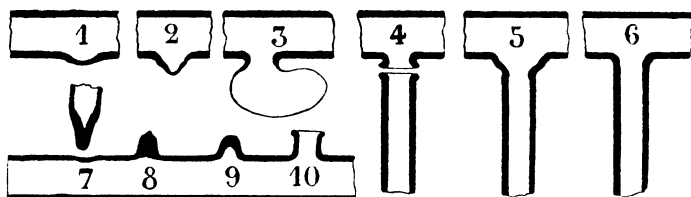


Рис. 18.

выхъ колець <sup>1)</sup>. Въ томъ и другомъ случаѣ, по удаленіи тонкихъ частей, получается отверстіе съ острыми краями (рис. 18, 4), которыя оплавляютъ на пламени паяльнаго стола. Продолжая оплавленіе можно заставить края втянуться вполнѣ, и получить отверстіе въ трубкѣ безъ выдающихся краевъ; иногда такія отверстія бывають нужны.

Въ очень тонкомъ стеклѣ можно прокалывать дырочки накалившимся до бѣла заостреннымъ концомъ угольной палочки. Для этого берутъ уголь для дуговыхъ лампъ около 4 м. м. діаметра и затачивають конецъ на точилѣ, въ видѣ очень остраго конуса. Накаливъ кончикъ на пламени паяльнаго стола, дѣйствуютъ имъ какъ шиломъ: нажимая и поворачивая. Ды-

<sup>1)</sup> Надо стараться, чтобы эти частицы стекла не попали въ глазъ; ихъ очень трудно бываетъ извлечь. Стеклодувы собирають эти тончайшія блески; онѣ употребляются для искусственнаго снѣга въ кондитерскихъ издѣліяхъ и цѣнятся дорого.

рочки получаютъ съ краемъ завернутымъ внутри и стекло при охлажденіи обыкновенно не лопається. Такимъ способомъ можно приготовить стеклянное рѣшето изъ выдутаго шарика. На стеклѣ потолще, работа не удається. Вмѣсто угольнаго острія можно пользоваться платиновымъ, какъ въ приборахъ для выжиганія по дереву. Такимъ остриемъ можно писать на стеклѣ: сильно накалившее платиновое острие скользитъ по стеклу и оставляетъ гладкій, тонкій слѣдъ. Если-же прижимать сильнѣе, получается черта съ микроскопическими трещинами по краямъ, которыя однако не показываютъ стремленія идти дальше.

Для припаиванія-же боковой трубки выдающійся край необходимъ. Чтобы продолжать работу, закрываютъ и другой конецъ трубки; отверстіе боковой трубки, если нужно, развертываютъ или напротивъ того стягиваютъ, чтобы оно было какъ разъ равно діаметру оплавленнаго края бокового отверстія первой трубки (рис. 18, 4). Тогда нагрѣваютъ одновременно оба спаиваемые края и складываютъ ихъ внѣ пламени. Для успѣха необходимо, чтобы края слиплись сразу, не оставляя отверстій. Въ этомъ удостовѣряются, вдвывая воздухъ непосредственно послѣ составленія, пока стекло еще не остыло: спай долженъ немного раздуться (рис. 18, 5). Когда боковое отверстіе цилиндрической трубки велико сравнительно съ ея діаметромъ, его край выходитъ не плоскимъ, если къ тому-же и конецъ припаиваемой трубки отрѣзанъ неровно, то очень часто остается отверстіе при складываніи спаиваемыхъ краевъ. Чтобы исправить ошибку, надо вновь прогрѣть весь спай кругомъ, и нажиманіемъ и нагибаніемъ припаиваемой трубки какъ-нибудь достигнуть закрытія отверстія. Можно даже залѣпить отверстіе расплавленнымъ концомъ стеклянной нити. Обыкновенно при этомъ работа теряетъ свою правильную форму и спай выходитъ неизящный.

Если дать простыть работѣ въ только что описанномъ періодѣ, она почти неминуемо развалится. Ее надо хорошенько проплавить, чтобы спай былъ прочный. Для этого, не вращая работы, нагрѣваютъ до размягченія и втягиванія одну четверть окружности спая, и раздуваютъ его слегка, немного болѣе чѣмъ нужно. Затѣмъ повторяютъ то же для остальныхъ трехъ четвертей окружности. Въ такомъ раздутомъ видѣ спай уже не развалится самъ, но еще не имѣетъ желаемой формы (рис. 18, 6).

Его надо еще разъ прогрѣть кругомъ острымъ пламенемъ, чтобы онъ равномернѣо стянулся гдѣ нужно, потомъ въ мѣру раздуть и нѣсколько оттянуть боковую трубку. По окончаніи работы, боковую спайку необходимо отжечь, держа въ пламени безъ дутья, пока она не закоптѣетъ и дать затѣмъ охладиться окончательно въ мѣстѣ, защищенномъ отъ сквозного вѣтра.

Для полученія правильнаго спая лучше открыть отверстіе меньшаго діаметра, чѣмъ припаиваемая трубка, стянуть сколько нужно ея отверстіе и раздуть до надлежащаго діаметра уже готовый спай. Пламя паяльнаго стола при спайкѣ вообще, а при припайкѣ боковой трубки въ особенности, должно быть по возможности острое и не слишкомъ большое, только что достаточное для надлежащаго прогрѣванія трубки. Иначе заразъ нагрѣется и размягчится слишкомъ много стекла и работа выйдетъ неаккуратная.

Иногда требуется сдѣлать короткій тубулусъ сбоку трубки, шара или даже обыкновенной химической колбы. Приэтомъ можно обойтись и безъ припаиванія куска трубки: надо сначала нагрѣть до размягченія конецъ стеклянной палочки соотвѣтственнаго размѣра; затѣмъ, не давая остынуть этому концу, накаливаютъ то мѣсто, гдѣ надо сдѣлать тубулусъ и притыкаютъ къ нему этотъ конецъ (рис. 18, 7). Тогда нагрѣваютъ палочку немного дальше и оттягиваютъ ее прочь. На стеклѣ остается припаянный большій или меньшій кусокъ стекла отъ палочки (рис. 18, 8). Не давая ему остынуть, нагрѣваютъ его до размягченія и раздуваютъ слегка (рис. 18, 9). Тогда накаливаютъ одну макушку полученнаго выступа и раздуваютъ еще. Повторяя эту работу, не трудно вытянуть тубулусъ на достаточную длину; тогда его открываютъ и оплавливаютъ края, какъ было описано выше (рис. 18, 10).

#### 10. Двойные спай.

Двойнымъ спаемъ называется соединеніе двухъ концентрическихъ трубокъ съ третьею (рис. 19, 1). До спаиванія внутренняя болѣе тонкая трубка, можетъ быть продолженіемъ одиночной (рис. 19, 2) или-же вся внѣшняя трубка можетъ составлять одно цѣлое, а внутренняя въ нее впаивается (рис. 19, 3). При первомъ приѣмѣ надо сдѣлать на внутренней трубкѣ рѣзкое,

кольцеобразное утолщѣніе, иначе во время работы можетъ произойти неправильное боковое прикосновеніе и спайка между двумя концентрическими трубками. Для полученія такого утолщенія надо нагрѣвать трубку на остромъ пламени, не переставая вращать, и въ то же время слегка сдавливать вдоль оси съ самаго начала нагрѣванія. Утолщеніе надо осадить внѣшнимъ уси-  
ліемъ, пока стекло еще не вполне размягчено; отъ дѣйствія силъ сцѣпленія размягченнаго стекла получилась-бы слишкомъ округленная форма утолщенія, а сильно размягченная трубка слишкомъ легко деформируется. Особое вниманіе надо обращать на то, чтобы оси обѣихъ половинъ трубки по прежнему совпадали. Получивъ желаемое утолщеніе, лучше, не давая ему охладиться, продолжать работу, потому что утолщенное мѣсто

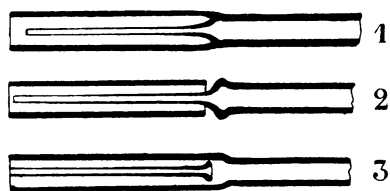


Рис. 19.

стекла легко ломается при новомъ нагрѣваніи. Концы наружной трубки и окружность утолщенія нагрѣваютъ одновременно и составляютъ. Непосредственно затѣмъ надо раздуть сначала съ того конца, гдѣ трубка двойная, а затѣмъ съ другого. Когда внутренняя трубка немного длиннѣе наружной (какъ въ термо-

метрахъ со шкалой, заключенной въ трубкѣ), ея конецъ предварительно закрываютъ такъ, что раздувать можно съ того или съ другого конца. Если-же внутренняя трубка короче наружной (приспособленіе Бунтена для задержанія воздушныхъ пузырьковъ въ барометрѣ), то приходится закрыть конецъ одной изъ трубокъ; давленіе воздуха, вдуваемаго чрезъ противоположный конецъ, будетъ распространяться по обѣ стороны спая. Чтобы двойной спай вышелъ прочнымъ, надо его раза два проплавить, раздуть и дать стянуться; по окончаніи надо самымъ тщательнымъ образомъ отжечь. Для этого обыкновенно прекращаютъ вдуваніе воздуха и держатъ работу въ верхней части коптящаго пламени. Сначала, пока стекло еще накалено, сажа осаждается только на сосѣднихъ холодныхъ частяхъ, не подвергавшихся обработкѣ. Когда-же закоптѣетъ вся работа, ее еще нѣсколько времени держатъ надъ пламенемъ и затѣмъ кладутъ на сухую тряпку или вату и прикрываютъ тѣмъ-же матеріаломъ. Конечно,



при этомъ надо быть увѣреннымъ, что вещь уже настолько охладилась, что не зажжетъ вату.

Когда работа требуетъ еще лучшаго отжига, наприкладъ, когда необходимо шлифовать часть, подвергавшуюся дѣйствию огня, готовятъ сосудъ съ золою, сильно подогрѣтою. Работу вновь подогрѣваютъ въ коптящемъ пламени или въ несвѣтящейся части на концѣ широкаго пламени паяльнаго стола до начинающагося размягченія и въ такомъ состояніи зарываютъ въ горячую залу. Сосудъ съ золою и работою ставятъ въ только-что истопленную комнатную печь, засыпаютъ «жаромъ» и, закрывъ трубу, оставляютъ до другого дня.

По второму способу (рис. 19, 3) работа идетъ почти также, какъ и по первому: конецъ внутренней трубки надо предварительно развернуть, если она довольно широкая, или-же сдѣлать на немъ воронку, выдувая шарикъ и раскрывъ его, а въ мѣстѣ спая необходимо сдѣлать перетяжку или суженіе чтобы воронкообразный край внутренней трубки плотно прикасался къ стѣнкамъ наружной. Если внутренняя трубка длиннѣе наружной, ее можно приклеить воскомъ у выхода, чтобы она держалась на мѣстѣ при началѣ работы. Короткую-же трубку удерживаютъ только силою ея тяжести, поднимая постоянно кверху конецъ ея заключающій, пока припайваніе не совершится. Дѣйствіемъ-же тяжести можно выпрямить внутреннюю трубку, постоянно стремящуюся прикоснуться къ стѣнкѣ во время работы.

Повторяю еще разъ, что двойные спай особенно часто лопаются по охлажденіи, поэтому ихъ надо хорошо проплавлять, многократно раздувать и давать опять стянуться, не забывая тщательно отжечь по окончаніи.

### **11. Впаиваніе платиновыхъ проволокъ.**

Коэффициентъ расширенія стекла измѣняется съ измѣненіемъ его состава: мягкое, французское свинцовое стекло, ленское 16 III, тюрингенское и цвѣтное рубиновое, обладаютъ коэффициентомъ расширенія почти тождественнымъ съ коэффициентомъ платины, поэтому платина хорошо спаивается съ этими сортами стекла. Теперь, особая эмаль для впаиванія платины находится въ продажѣ. Платину можно впаять и въ обыкновенное тюрингенское стекло, но сейчасъ по охлажденіи или же чрезъ нѣкоторое время

спай неизбежно лопается. Только очень тонкія платиновыя проволоки иногда удается впаять и въ обыкновенное стекло, для болѣе-же толстыхъ надо вводить промежуточный слой свинцового или рубинового стекла <sup>1)</sup>).

Работа дѣлается слѣдующимъ образомъ: сначала отрѣзываютъ кусокъ проволоки, загибаютъ ушко, если это нужно, и припаяваютъ наружный конецъ къ державѣ (рис. 20), вытянутой изъ стеклянной трубочки. Затѣмъ вытягиваютъ довольно толстую нить изъ стекла, выдерживающаго платину, накаливаютъ ее конецъ и то мѣсто проволоки, которое надо впаять, прикладываютъ нить къ проволокамъ и начинаютъ вращать эту послѣднюю

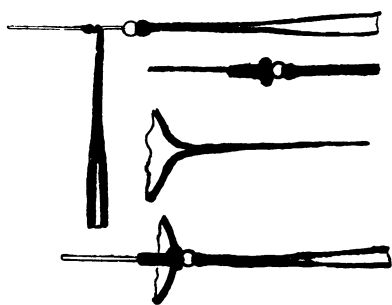


Рис. 20.

около своей оси, продолжая нагрѣвать на окислительномъ пламени, чтобы свинцовое стекло не чернѣло. Такимъ образомъ на проволокамъ образуется кружокъ изъ стекла; иногда наворачиваютъ еще дальше цилиндрическую оболочку изъ спаивающагося съ платиною стекла, чтобы увеличить поверхность соприкосновенія.

Если надо впаять платину сбоку трубки или сосуда, его открываютъ въ этомъ мѣстѣ, нагрѣвъ острымъ пламенемъ до размягченія, приставивъ накалиный, острый конецъ запаянной трубочки и оттянувъ. Остается отрѣзать вытянутую часть близко къ поверхности, вставить приготовленную проволоку и основательно оплавить соединеніе краевъ кружка со стѣнками, раздувая и заставляя стянуться стекло нѣсколько разъ. При этомъ надо употреблять только окислительное пламя, чтобы свинцовое стекло не почернѣло вслѣдствіе возстановленія свинца и не потеряло чрезъ это способности спаиваться. Работу кончаютъ тщательнымъ обжиганіемъ и отламываніемъ державы.

<sup>1)</sup> Въ Петербургѣ продаются въ настоящее время стальные булавки съ головками, наплавленными изъ черной эмали, на бумажкахъ, въ которыя они воткнуты, надпись: Steel mourning pins и фабричное клеймо въ видѣ подковы. Помощью головокъ этихъ булавокъ можно впаявать платину и даже желѣзо въ стекло. Эмаль эта очень легкоплавка, но хрупка.

Чѣмъ толще платина, тѣмъ труднѣе впаять ее такъ, чтобы спай потомъ не лопнулъ. Если проволока нечаянно прикоснется и припаяется гдѣ-либо прямо къ обыкновенному стеклу, оно непременно лопается по охлажденіи. Если стекло расширяется меньше чѣмъ спаиваемая проволока, то по охлажденіи оно не лопнетъ, а образуется скважина. Но скважина эта оказывается чрезвычайно узкою, такъ что жидкость не очень текучая не въ состояніи проникать чрезъ нее даже подъ давленіемъ цѣлой атмосферы. Поэтому, въ талкихъ случаяхъ совѣтуютъ, произведя внутри прибора разрѣженіе, смазать мѣста спая труднокипящимъ нефтянымъ погонемъ, на примѣръ «вискозиномъ» фирмы Нобель. Это черная, вязкая жидкость, кипящая и дающая пары лишь при температурахъ выше 300° Ц. Жидкость проникаетъ въ щель спаевъ и совершенно задерживаетъ прониканіе воздуха.

Иногда надо бываетъ впаять внутри трубки стеклянное остріе, чтобы приводить въ прикосновеніе съ нимъ поверхность ртути для точной установки ея уровня. Для этого открываютъ трубку на мѣстѣ спая, вводятъ приготовленное остріе и запаиваютъ, какъ платиновую проволоку.

Неблагородные металлы спаивать въ стекло плотно не удается, потому что образующійся слой окисла мѣшаетъ приставанію. Надо сначала покрыть проволоку слоемъ легкоплавкаго стекла безъ доступа воздуха. Для этого вставляютъ проволоку въ запаянную съ одного конца трубочку, по всей длинѣ, пропускаютъ чрезъ эту трубочку при помощи резиновой трубки струю свѣтильнаго газа и тогда нагрѣваютъ до размягченія и вытягиваютъ, чтобы образовалась равномерная стеклянная оболочка. Необходимо при этомъ заготовить свободный выходъ для газа у самой резиновой трубки, иначе давленіе газа раздуетъ размягченную стеклянную оболочку. Проволоку, покрытую такимъ приѣмомъ слоемъ стекла, можно спаивать обыкновенными приѣмами. Самый процессъ покрыванія проволоки стекломъ въ струѣ свѣтильнаго газа я пробовалъ съ успѣхомъ, но не имѣлъ еще случая удостовѣриться въ прочности и непроницаемости спая. Такъ какъ всѣ тугоплавкіе употребительные металлы расширяются больше стекла, то нужно ожидать скорѣе образованія щели, чѣмъ трещинъ. Изъ никкеля и желѣза возможно получить сплавъ съ коэффициентомъ расширенія такимъ-же какъ для стекла.

## 12. Работы изъ стеклянныхъ палочекъ.

Профессіональному стеклодуву рѣдко приходится употреблять въ дѣло стеклянныя сплошныя палочки, но въ практикѣ экспериментатора иногда приходится дѣлать изъ нихъ разнаго рода подставки. Особый пріемъ нуженъ только для боковыхъ спаевъ. Трубку, во время припайки другой сбоку, достаточно держать за одинъ конецъ, потому что она нагрѣвается до размягченія только съ одного бока. Палочку-же приходится прогрѣвать насквозь, и отсутствіе третьей руки у работающаго даетъ о себѣ знать. Помочь горю, въ данномъ случаѣ, не трудно: въ простѣйшихъ случаяхъ надо перегнуть палочку около мѣста предполагаемаго спая въ видѣ буквы *U* такъ, чтобы можно было держать одною рукою оба свободные конца. По окончаніи спайки надо опять выпрямить палочку эту или согнуть иначе, какъ того требуетъ работа. Когда палочки довольно толсты, надо начинать нагрѣвать ихъ очень осторожно и тщательно отжигать готовую работу.

Къ этому отдѣлу надо отнести и одинъ видъ венеціанскихъ стеклянныхъ украшеній. Изъ обыкновеннаго оконнаго стекла на-рѣзываютъ алмазомъ полоски, шириною почти равныя толщинѣ. Такую полоску нагрѣваютъ до размягченія, крутятъ и вытягиваютъ. Это можно сдѣлать даже на спиртовой лампочкѣ или на угляхъ. Полученныя такимъ способомъ стеклянныя нити съ винтовой поверхностью очень блестятъ на свѣту и имѣютъ довольно изящный видъ. Размягчая ихъ надъ пламенемъ лампы или даже въ некоптящей части пламени свѣчи, можно сгибать изъ нихъ различныя фигуры, плоскія спирали и завитки, которые обыкновенно наклеиваются на стекло и служатъ украшеніемъ коробокъ и шкатулочекъ. Эта работа можетъ служить забавой для дѣтей старшаго возраста. Сплошныя венеціанскія бусы тоже приготовляются изъ палочекъ окрашеннаго, легкоплавкаго стекла. Работникъ держитъ въ одной рукѣ желѣзную, слегка коническую палочку, обмазанную тонкимъ слоемъ глины, чтобы стекло къ ней не приставало, а въ другой палочку стекла. Размягчивъ ея конецъ на пламени паяльнаго стола, онъ начинаетъ наворачивать стекло на палочку и сплавлять: получается подобіе шарообразной бусы. Чтобы придать ей правильную, форму, ее катаютъ между неподвижнымъ и подвижнымъ желобкомъ изъ глины, какъ

пилюли въ аптекахъ. Когда буса настолько охладится при этой работѣ, что не деформируется больше сама собою, ее быстро подогреваютъ съ поверхности, чтобы возстановить блескъ потерянный отъ прикосновенія съ глиной. Послѣ этого иногда еще наносятъ на поверхность узоры, рисуя размягченными концами палочекъ изъ еще болѣе легкоплавкой цвѣтной эмали.

Нити для извѣстныхъ венеціанскихъ стеклянныхъ тканей приготавливаются слѣдующимъ образомъ: одинъ работникъ разогреваетъ на паяльномъ столѣ конецъ стеклянной палочки и оттягиваетъ рукою тонкую нить. Другой прикрѣпляетъ ее конецъ къ шпулкѣ моталки и начинаетъ вращать ее очень быстро, помощью большаго ручнаго маховика. Нить выходитъ тѣмъ тоньше, чѣмъ быстрѣе было движеніе и чѣмъ тоньше палочка, служащая матеріаломъ.

Для физическихъ измѣреній, основанныхъ на силѣ крученія, такія стеклянныя нити мало пригодны вслѣдствіе большаго упругаго послѣ дѣйствія и недостаточной крѣпости. Недавно физикъ Бойсъ, сталъ готовить для этой цѣли тончайшія нити изъ расплавленнаго горнаго хрусталя. По описанію, приготавливаются онѣ слѣдующимъ способомъ: надо устроить самострѣлъ, приспособленный для бросанія легкихъ стрѣлъ, сдѣланныхъ изъ соломинки. Горѣлку паяльнаго стола надо снабжать для этой работы чистымъ водородомъ и кислородомъ, какъ для друммондова свѣта, даже свѣтильный газъ и кислородъ тутъ не годятся. Сначала кусочки чистаго, прозрачнаго кварца расплавляютъ на концѣ трубочки изъ огнеупорной глины (на обломкѣ голландской табачной трубки), и вытягиваютъ ихъ въ нити, прилѣпляя къ расплавленному кварцу накаленный конецъ другой такой трубочки. Полученную такимъ образомъ, сравнительно толстую, нить приклеиваютъ сургучемъ къ стрѣлѣ самострѣла и, расплавивъ среднюю часть спускаютъ курокъ. Стрѣла летитъ и вытягиваетъ за собою столь тонкую нить, что видѣть ее можно только противъ сильнаго свѣта, замѣчая полосы диффракціи, ею производимыя. Кварцевыя нити можно укрѣплять въ приборѣ, приклеивая ихъ густымъ растворомъ шеллака въ спиртѣ.

Въ настоящее время обработка плавленнаго кварца уже поставлена на коммерческую ногу: трубки и посуду изъ кварца можно получать по цѣламъ близкимъ къ цѣнамъ фарфора. Трубки можно дальше обрабатывать самому на пламени горѣлки для

Друмондова свѣта. Изготавливаютъ эти издѣлія въ Германіи фирма Haereus, въ Hannau, а въ Англіи, прозрачный кварцъ: The silica syndicate, L-tđ, 82, Hatton Garden, London и непрозрачный, болѣе дешевый: The Thermal Syndicate, L-tđ, Neptune Bank, Wallsend on Thyne.

## **Изготовленіе цѣлыхъ приборовъ, вспомогательныя работы.**

Всѣ описанные выше приемы работы стеклодува были направлены къ тому, чтобы получить тѣло вращенія или придѣлать къ его боковой поверхности придатокъ, направленный по нормали къ ней. Поэтому, при изготовленіи сложныхъ формъ, стеклодувъ сначала наращиваетъ ихъ одну за другой, въ видѣ болѣе или менѣе длиннаго ряда тѣлъ вращенія съ общемою осью, потомъ уже сгибаетъ какъ нужно и прирачиваетъ боковые придатки. Существуютъ, напримѣръ, Гейсслеровы трубки въ видѣ гирляндъ, вензелей и т. п. сложныхъ очертаній. Ихъ выдуваютъ въ видѣ прямыхъ трубокъ, длиною метра въ два больше, и потомъ уже сгибають.

Зная это общее правило (тоже «не безъ исключеній», какъ «всѣ правила»), интеллигентному стеклодуву будетъ не трудно придумать самому для каждаго частнаго случая соотвѣтственный порядокъ работы. Поэтому мы рассмотримъ здѣсь только небольшое число примѣровъ, содержащихъ указаніе на новые приемы и предосторожности.

**Простой пульверизаторъ.** Сначала вытягиваютъ обѣ заостренные трубочки и запаиваютъ ихъ предварительно, на концахъ. Отверстіе трубочки, изъ которой выходитъ воздухъ, должно быть шире отверстія второй; для пульверизатора обыкновенной силы первое можетъ быть отъ 1 до 2 мм., а второе отъ 0,5 до 1 мм.; чѣмъ больше отверстія, тѣмъ быстрѣе будетъ дѣйствіе, но тѣмъ сильнѣе надо будетъ вдвухъ воздухъ. Приготовивъ трубочки, можно провести заранѣе ножомъ черты тамъ, гдѣ ихъ надо будетъ отломить, чтобы получить желаемаго діаметра отверстія. Тогда припаиваютъ соединительную вѣтвь изъ стеклянной палочки (рис. 21, 1). Трубки должны быть при этомъ еще закрыты съ одного конца, потому что мѣста спайки необходимо раздувать. Послѣ припайки, острія отламываютъ на намѣченномъ мѣ-

стѣ и исправляютъ мелкимъ напилкомъ, смоченнымъ водою, если они отломались косо; потомъ можно ихъ слегка оплавить для чистоты. Для благополучнаго дѣйствія необходимо, чтобы края отверстія для жидкости были ровны, и находились въ плоскости, параллельной направленію струи воздуха. Когда оба отверстія приняли правильный видъ, остается разогрѣть соединительную вѣтвь и согнуть ее такъ, чтобы оси трубокъ были подъ прямымъ угломъ, чтобы концы ихъ соприкасались, а плоскость отверстія трубки для жидкости приходилась бы на половинѣ вертикальнаго діа-

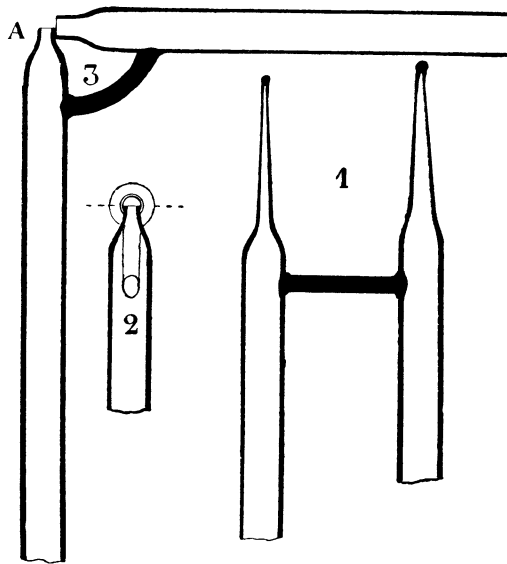


Рис. 21.

метра отверстія трубки для воздуха (рис. 21, 2 и 3). При этомъ край А (рис. 21, 3) долженъ быть никакъ не выше ближайшаго къ другой трубкѣ, иначе воздухъ будетъ задувать въ трубку и понижать уровень жидкости вмѣсто того, чтобы увлекать ее своимъ движеніемъ.

**Пульверизаторъ съ выбрасываніемъ жидкости.** Въ простомъ пульверизаторѣ много работы идетъ на подъемъ жидкости въ вертикальной трубкѣ. Этотъ недостатокъ устраненъ въ болѣе сложномъ пульверизаторѣ (рис. 22), вставляемомъ въ стклянку помощью пробки; здѣсь воздухъ, вдуваемый чрезъ трубку, проникаетъ въ стклянку чрезъ боковое отверстіе и заставлялъ-бы

жидкость вытекать сплошною струею изъ средней трубки, какъ въ химической промывалкѣ, если-бы струя воздуха, выходящаго изъ концентрическаго кольцеобразнаго отверстія между ея стѣнками и наружной трубкою, не распыливал-бы ея.

Сдѣлать такой пульверизаторъ изъ стекла уже довольно трудно. Сначала (рис. 22, 1) вытягиваютъ трубку, запаиваютъ оттянутый конецъ и осаживаютъ ее для двойнаго спая. Потомъ готовятъ наружную трубку, припаиваютъ къ ней боковую трубочку и стягиваютъ края конца такъ, чтобы въ него только что свободно проходило соотвѣтствующее мѣсто конца внутренней трубочки. Тогда составляютъ, заклеиваютъ воскомъ конецъ и оканчиваютъ двойной спай, вдвывая воздухъ съ того и другого

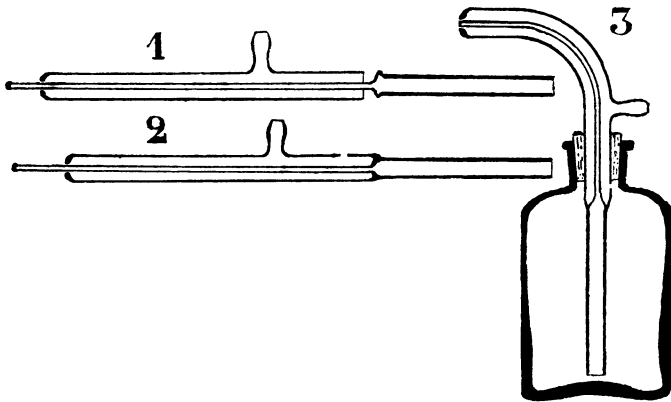


Рис. 22.

конца. Можно было-бы закрыть боковую трубку и вдвывать сверху; можно даже припаять боковую трубку послѣ двойнаго спая. Сдѣлавъ отверстіе, (рис. 22, 2) останется только согнуть приборъ (рис. 22, 3) и отрѣзать конецъ внутренней трубки, такъ чтобы онъ кончился внутри отверстія наружной трубки. Для этого надо слегка натянуть внутреннюю трубочку; вслѣдствіе гнупія она немного подается впередъ; въ этомъ положеніи и проводятъ ножомъ черту вплоть къ стѣнкѣ наружной трубки, послѣ чего изломъ окажется на мѣстѣ.

**Шарики для опредѣленія плотности паровъ, по способу Дюма.** Это не очень тонкостѣнные шарики, около 200 к. с. вмѣстимости, выдутые на концѣ трубки, около 4 мм. діаметра. Невозможно собрать достаточно стекла изъ такой тонкой трубки, поэтому ша-



рикъ выдувають изъ припаяннаго куска трубки, примѣрно въ 3 см. діаметра и 1,5 мм. толщины стѣнокъ. Сначала изъ такой трубки оттягиваютъ остріе, утолщая при этомъ его стѣнки, затѣмъ отступаютъ сантиметра на 3 и снова оттягиваютъ; получаютъ часть трубки между двумя остріями какъ на рис. 5. Одно остріе запаиваютъ, а другое отрѣзываютъ близко къ толстой части и припаиваютъ къ трубкѣ (рис. 23, 1 и 2). Тогда, держа за припаянную трубку и за остріе, нагрѣваютъ толстую часть и заставляютъ ее стянуться на столько, чтобы можно было всю ее прогрѣвать въ широкомъ пламени паяльной лампы (рис. 23,

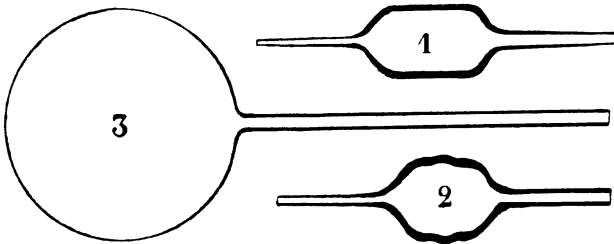


Рис. 23.

3). Остріе оттягиваютъ прочь, округляютъ оставшуюся бородавку, прогрѣваютъ всю массу стекла и раздуваютъ ее сразу до желаемого діаметра. Если масса стекла столь велика, что жару не

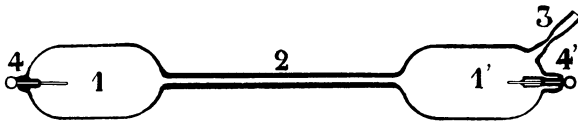


Рис. 24.

хватаетъ для ея размягченія, можно укрѣпить противъ пламени паяльнаго стола большой кусокъ пемзы или древеснаго угля. Этотъ кусокъ накаливается отъ потерянной теплоты конца пламени и своимъ лучеиспусканіемъ значительно способствуетъ нагрѣванію обрабатываемаго предмета. Для очень большихъ предметовъ ставятъ двѣ горѣлки, одну противъ другой.

**Гейсслеровы трубки.** Спектральную Гейсслерову трубку (рис. 24) готовятъ въ слѣдующемъ порядкѣ: сначала оттягиваютъ отъ трубки желаемыхъ размѣровъ части 1 и 1', спаиваютъ ихъ съ капиллярною, не слишкомъ узкою трубкою 2, придаютъ имъ форму, какъ 1 или какъ 1', припаиваютъ боковую трубочку 3,

затѣмъ впаиваютъ электроды 4 и 4'. Боковая трубка служитъ для наполненія газомъ и разрѣженія и потомъ запаивается. Передъ наполненіемъ, Гейслерову трубку слѣдуетъ хорошо просушить, нагрѣвая ее всю до 300° С. и выкачивая воздухъ нѣсколько разъ. Не просушенная трубка дастъ спектръ воды.

Иногда дѣлаютъ Гейслеровы трубки съ алюминіевыми электродами. Алюминій впаять въ стекло невозможно, впаиваютъ платину, но покрываютъ ее всю стекломъ, за исключеніемъ конца, выдающагося на днѣ трубочки (рис. 57), которую надѣваютъ и напаяютъ на стекло, покрывающее платиновый электродъ, подготовленный, какъ было объяснено выше (рис. 46). Въ эту трубочку кладутъ кусочекъ алюминія, расплавляютъ его и тогда втыкаютъ туда конецъ аллюминіеваго электрода. Охладившись, аллюминій производитъ достаточно прочное соединеніе. Подготовленный такимъ образомъ электродъ впаиваютъ обыкновеннымъ пріемомъ.

Въ орнаментальныхъ Гейслеровыхъ трубкахъ часто попадаютъ плоскія и винтовые спирали. Сгибать ихъ правильно не такъ трудно, какъ можетъ казаться: надо всегда держать работу за трубочку, отогнутую вдоль оси сгибаемой спирали. Напримѣръ, для плоской спирали надо сначала согнуть трубочку подъ прямымъ угломъ, затѣмъ повернуть ее такъ, чтобы конецъ, за который держать работу, шелъ слѣва направо, а запасный конецъ горизонтально отъ работника. Нагрѣвъ эту послѣднюю часть у самага изгиба, начинаютъ какъ-бы наворачивать ее на часть трубки, идущей по оси спирали. Если нагрѣвать равномерно и не слишкомъ сильно, то спираль станетъ навиваться довольно правильно. Конечно, для такой работы берутъ обыкновенно трубки въ 3 или 4 мм. діаметра и сравнительно толсто-стѣнные. Винтовую спираль сгибаютъ такимъ-же пріемомъ, только здѣсь немного труднѣе получить правильную форму, особенно если діаметръ спирали много больше діаметра трубки. Говорятъ, что можно облегчить работу, навивая размягченную трубку на угольный, глиняный или асбестовый цилиндръ. Начало и конецъ спирали отгибаютъ куда слѣдуетъ уже по окончаніи работы.

**Приборы для титрованного и газового анализа и дѣленія на стеклѣ вообще.** Не стоитъ останавливаться здѣсь на описаніи устройства и изложеніи научныхъ основаній этого рода приборовъ; о нихъ достаточно подробно говорится въ курсахъ, а спо-

собы ихъ изготовленія на паяльномъ столѣ тоже не требуютъ новыхъ приѣмовъ. Подробнѣе надо остановиться только на способахъ нанесенія дѣленій.

Для временныхъ отмѣтокъ и надписей на стеклѣ можно пользоваться жирнымъ карандашомъ. Такіе карандаши, фабрики извѣстнаго Фабера, можно получать въ магазинахъ рисовальныхъ принадлежностей. Карандаши эти очень мягки и мало пригодны для нанесенія тонкихъ чертъ. Они пишутъ хорошо только на чистой и совершенно сухой поверхности стекла, а по влажной скользятъ безъ результата. Для надписей на стеклянкахъ можно приготовить такой карандашъ самому: надо сплавить 1 часть воска и 2 части свѣчнаго сала и намѣшать туда столько красящаго вещества, сажи, киновари, охры и т. п., чтобы проба, по охлажденіи, удовлетворительно писала. Массу можно налить въ трубочки изъ тростника или изъ пергаментной бумаги. Болѣе тонкія черты и надписи на стеклѣ можно дѣлать маленькой «колонковой» кисточкой и продажнымъ скоровысыхающимъ асфальтовымъ лакомъ, разбавленнымъ до желаемой степени густоты прибавкою скипидара. Колонковыя кисточки обыкновенно употребляются художниками для маслянной живописи; онѣ упруги и способны сами собою складываться въ остріе, когда ихъ обмакнуть въ краску и удалять избытокъ ея. Асфальтовымъ лакомъ можно проводить черты и съ помощью рейсфедера или пера; дѣленія такого рода употребляются въ приборахъ, гдѣ они не подвержены стиранію.

Черты и надписи, сдѣланныя пишущимъ алмазомъ, обыкновенно слишкомъ слабо видны и поэтому рѣдко употребляются. Извѣстно, что хорошій алмазъ для рѣзанія оконнаго стекла производитъ едва замѣтную трещину, а не царапину. Если-же взять осколокъ алмаза, неимѣющій правильной формы, то онъ будетъ просто царапать стекло, не производя трещины. Ширина, и вообще видъ царапины вполне зависитъ отъ наклона алмаза къ стеклу и отъ направленія его движенія; поэтому-то алмазныя черты и выходятъ нехороши, когда имъ пишутъ отъ руки. Въ пишущемъ механизмѣ дѣлительной машины хорошо выбранный и правильно установленный алмазъ, при весьма легкомъ нажимѣ можетъ давать отличныя дѣленія, но столь слабыя, что они годятся только для отсчетовъ помощью микроскопа. Но можно получить на машинѣ и грубыя дѣленія, проводя алмазомъ нѣ-

сколько разъ по тому-же мѣсту; однако дѣленія средней силы какія обыкновенно требуются, этимъ способомъ хорошо сдѣлать не удастся,—черты выходятъ неровныя. Обыкновенно дѣленія на стеклѣ вытравливаютъ фтористо-водородной (иначе плавиковой) кислотой, которая употребляется теперь не въ видѣ газа, какъ это описывается въ старыхъ учебникахъ химіи, а въ водномъ растворѣ, продающемся у дрогистовъ въ гуттаперчевыхъ бутылкахъ. Кислота эта производитъ очень трудно заживающія раны, если попадетъ на кожу, но во время работы не даетъ замѣтныхъ испареній.

Стекло, на которомъ хотятъ вытравить лѣненія, покрываютъ слоемъ воска или болѣе темнаго грунта, составленнаго изъ воска, сажи, терпентина и смолы мастиксъ. Пропорціи надо опредѣлить опытомъ: одинъ воскъ слишкомъ мягокъ, мастиксъ придаетъ твердость грунту, а терпентинъ липкость; если выцарапанныя стружки прилипаютъ къ грунту, прибавляютъ стеарина. Ф. Миллеръ употребляетъ воскъ съ небольшимъ количествомъ асфальта, для окрашиванія. Зимой этотъ грунтъ становится немного хрупокъ: тогда прибавляютъ сала. Поверхность предмета тщательно очищаютъ, нагрѣваютъ до температуры плавленія грунта и натираютъ кускомъ этого грунта, завернутымъ въ шелковую тряпочку; онъ плавится и процѣживается прежде чѣмъ попадаетъ на стекло. Когда грунта нанесено достаточно, его стараются распределить равномернo, подогрѣвая предметъ. Слой долженъ быть не очень толстый, но сплошной. Дѣленія выцарапываются на этомъ грунтѣ иголкой, не слишкомъ острой, закрѣпленной въ пишущемъ механизмѣ дѣлительной машины. Надписи можно дѣлать гравировальной иголкой, отъ руки. Можно также пользоваться шаблонами или трафаретками, вырѣзанными изъ тонкой листовой мѣди, накладывая такую вырѣзку на грунтъ и обводя по ней иглою. Если надо наносить и десятки, то необходимо имѣть для нихъ особые шаблоны, потому что очень трудно правильно расположить рядомъ двѣ цифры съ двухъ отдѣльных шаблоновъ. Выцарапавъ, такимъ образомъ на грунтѣ все, что нужно вытравить, надо прежде всего осмотрѣть—нѣтъ ли лишнихъ царапинъ на грунтѣ, и замазать ихъ этимъ веществомъ, помощью нагрѣтой металлической полоски. Послѣ этого берутъ продажной плавиковой кислоты на обыкновенную акварельную кисточку (въ оправѣ изъ пера, а не металлическій) и проводятъ

ею по всему обработанному пространству грунта. Кисть должна имѣть размѣры, соотвѣтственные его поверхности: мазаніе возможно равномерное, продолжаютъ минуты три, затѣмъ все промываютъ водою. Кислота не пристаетъ къ грунту, но держится и травитъ во всѣхъ царапинахъ, гдѣ стекло обнаружено. Продолжительность дѣйствія опредѣляется опытомъ; оно зависитъ отъ крѣпости взятой кислоты и отъ желаемой глубины вытравляемыхъ дѣлений. Жидкая кислота оставляетъ полированную поверхность стекла, поэтому дѣленія плохо видны и ихъ надо заполнять краской. Чтобы краска хорошо держалась, края углубленной черты должны быть не слишкомъ отлоги, травленіе должно быть глубокое. Но если продолжить дѣйствіе кислоты, то она начинаетъ проникать подъ слой грунта и портить края стекла по обѣ стороны вытравляемой черты. Поэтому-то мазанье мягкой кистью, возобновляя постоянно кислоту, ускоряетъ травленіе и обусловливаетъ успѣхъ работы.

Грунтъ смываютъ скипидаромъ или бензиномъ, потомъ натираютъ гравированную часть липкимъ лакомъ (копаловымъ скипидарнымъ, просто варенымъ масломъ, или морданомъ, употребляемымъ для золоченія), посыпаютъ въ избытокъ сухой краской: сажей, киноварью или бѣлилами, и комкомъ ваты или мягкой бумаги стираютъ этотъ избытокъ; краска остается только въ углубленныхъ чертахъ. Если она вытирается и изъ этихъ послѣднихъ, то надо попробовать дать ей подсохнуть и только тогда осторожно стереть избытокъ. Краскою можно заполнять и грубыя дѣленія, нацарапанныя алмазомъ.

Бунзенъ наноситъ на свои приборы просто миллиметріческія дѣленія и калибруетъ ихъ потомъ. Для нанесенія такихъ дѣлений нужна только дѣлительная машина. Но обыкновенно бюретки, пипетки и другіе приборы такого рода дѣлятъ на части равнообъемныя, чтобы получать результатъ прямо по отсчету, безъ помощи таблицы поправокъ, хотя-бы и съ меньшею точностью.

Чтобы приготовить мѣрную колбу, ее наполняютъ желаемымъ количествомъ воды, опредѣленнымъ посредствомъ взвѣшиванія, и проводятъ черту вокругъ ея горлышка на уровнѣ жидкости. Если надо еще сдѣлать рядомъ надпись, то все это вытравляется. Мѣсто черты отмѣчается предварительно краской помощью кисточки, а правильная круговая черта проводится слѣдующимъ

механическимъ способомъ: въ горло вставляется пробка, а въ нее трубочка съ округленнымъ, запаяннымъ концомъ, приходящимся аккуратно на оси горлышка. Тогда кладутъ горло колбы въ соответственную желобообразную вырѣзку деревяшки, а конецъ трубки упираютъ въ неподвижный предметъ; при такихъ условіяхъ можно сообщить колбѣ правильное вращеніе около ея оси, какъ на токарномъ станкѣ и неподвижною иглою начертить правильную замкнутую кольцевую черту. Подобнымъ образомъ проводятъ черты на поплавкахъ бюретокъ и вообще тамъ, гдѣ нужна большая аккуратность. Въ другихъ случаяхъ проводятъ черту просто стеклорѣзнымъ ножомъ, острымъ мелкимъ напилькомъ или алмазомъ прямо отъ руки или по краю тонкой металлической пластинки, обернутой вокругъ горлышка. Въ такой пластинкѣ можно даже сдѣлать узкій прорѣзъ пилою, чтобы еще надежнѣе опредѣлить мѣсто проводимой черты.

Когда надо раздѣлить цилиндръ на кубическіе сантиметры и ихъ доли, приходится прибѣгать къ смѣшанной методѣ: черты, отмѣчающія каждые 10, 20 или даже 100 куб. с. м., опредѣляютъ наливаніемъ измѣреннаго количества жидкости, а промежутки дѣлятъ помощью дѣлительной машины, на части равныя по длинѣ, предполагая, что между этими чертами отклоненія формы сосуда отъ пилиндричности лежатъ за предѣломъ точности. Вода пристаеетъ къ стѣнкамъ сосуда, изъ котораго ее выливаютъ, поэтому для полученія самыхъ точныхъ дѣленій употребляютъ ртуть. Изъ довольно толстостѣнной трубки готовятъ подобіе пробирнаго стаканчика, наливаютъ въ него отвѣшанное количество ртути, которое имѣетъ при температурѣ опыта заданный объемъ, отмѣчаютъ положеніе уровня и обрѣзаютъ трубку на этой высотѣ. Потомъ сошлифовываютъ аккуратно края, чтобы они плотно прилегали къ шлифованной плоской стеклянной пластинкѣ, служащей крышкою. Наливъ въ такую трубку столько ртути, чтобы вершина мениска ея стояла выше краевъ, накладываютъ и прижимаютъ крышку; избытокъ ртути стекаетъ, а внутренній объемъ остается вполне заполненнымъ ртутью. Эту ртуть опять взвѣшиваютъ, и продолжаютъ сошлифовывать края трубки, пока въ ней не будетъ заключаться заданное количество ртути. Помощью такой мѣрки можно послѣдовательно наливать въ раздѣляемый сосудъ равные объемы ртути и отмѣчать положеніе ихъ уровней. Мѣрные сосуды бываютъ

двухъ родовъ: одни показываютъ, сколько изъ нихъ жидкости вылито, а другіе—сколько жидкости заключается; въ первомъ случаѣ лучше проводить черты на уровнѣ макушки ртутнаго мениска, а во второмъ на одной трети высоты мениска, считая внизъ отъ его макушки, потому что объемъ шароваго отрѣзка равенъ двумъ третямъ цилиндра того-же основанія и той-же высоты.

На большихъ, толстостѣнныхъ мѣрныхъ сосудахъ дѣленія и надписи отмѣчаютъ кисточкой отъ руки и потомъ ихъ вышлифовываетъ рѣзчикъ по стеклу острымъ краемъ своего колеска съ наждакомъ. Для опредѣленія мѣста дѣленій въ сосудъ переливаютъ воду изъ другого мѣрнаго сосуда, считающагося нормальнымъ.

**Гейслеровскія шлифованныя соединенія и шлифованіе стекла вообще.** Для шлифованія употребляютъ порошокъ наждака (видъ природнаго, нечистаго, кристаллизованнаго глинозема) или кварца. Не всякій кварцевый песокъ годенъ для шлифованія, обыкновенно его зерна округлены продолжительнымъ дѣйствіемъ текущей воды, а для шлифованія зерна должны быть угловаты. Поэтому толченый песчаникъ, кремнь или кварцъ лучше шлифуютъ, чѣмъ естественный песокъ. Такія угловатые зерна, катаясь между двумя трущимися твердыми поверхностями, понемногу стираютъ ихъ; твердая и хрупкая поверхность стирается скорѣе, чѣмъ болѣе мягкая и вязкая. Механизмъ этого явленія такой: каждое зерно наждака касается шлифуемой поверхности однимъ своимъ острымъ угломъ, давленіе на единицу поверхности на мѣстѣ прикосновенія становится громаднымъ, несмотря даже на то, что шлифуемый предметъ нажимается довольно слабо, потому что поверхность прикосновенія ничтожно мала. Такимъ образомъ матеріалъ разрушается и каждый уголъ наждаковаго зерна производитъ маленькое углубленіе въ менѣе твердомъ шлифуемомъ предметѣ, а такъ какъ число зеренъ очень велико, то сумма происходящаго разрушенія можетъ быть значительна. Въ вязкомъ и ковкомъ матеріалѣ уголъ наждаковаго зерна производитъ, при одинаковыхъ условіяхъ, даже большее углубленіе, но при этомъ отдѣляется очень мало частицъ, поэтому-то металлъ стирается меньше, чѣмъ стекло, которое на немъ шлифуютъ помощью наждака. Быстрота работы обусловливается соотвѣтственнымъ нажимомъ: когда нажимаютъ слишкомъ слабо, частицы наждака

катаются почти безъ результата, при слишкомъ сильномъ нажимѣ онѣ выжимаются въ стороны и производятъ лишь слабое дѣйствіе. На опытѣ не трудно замѣтить ту степень нажиманія, при которой работа идетъ всего скорѣе.

Результатомъ такой работы будетъ матовая поверхность, представляющая подъ микроскопомъ совокупность ямокъ, довольно равномѣрныхъ, если зерна наждака были хорошо сортированы. Другой видъ поверхности получается, когда они наклеены на бумагу, соединены цементомъ въ видѣ наждаковаго кружка или точильнаго камня; тогда каждый уголь произведетъ царапину. Если эти царапины параллельны между собою и не слишкомъ широки и глубоки, поверхность будетъ казаться блестящей, полированной. Поэтому, чтобы отполировать поверхность стекла, ее надо готовить, шлифуя послѣдовательно все болѣе и болѣе мелкимъ наждакомъ на твердой подкладкѣ, и затѣмъ продолжать шлифовать еще болѣе мелкозернистымъ веществомъ, крокусомъ или трепеломъ, на мягкой подкладкѣ изъ сукна или даже изъ бумаги.

Для немногихъ шлифовокъ, которыя приходится дѣлать, стеклодуву нуженъ наждакъ не крупнѣе песку, который продается для засыпки чернилъ, и еще нѣсколько нумеровъ болѣе мелкаго. У насъ трудно достать хорошо сортированный наждакъ самыхъ мелкихъ нумеровъ, потому что на него нѣтъ спросу; но нумера необходимые для стеклодува находятся у торговцевъ принадлежностями часоваго мастерства въ достаточно хорошемъ видѣ.

Самая обыкновенная работа, это отшлифовать отрѣзанные края трубки или сосуда. Для этого надо имѣть довольно большой кусокъ стараго толстаго зеркальнаго стекла; на него насыпаютъ немного наждаку и смачиваютъ водою; затѣмъ начинаютъ тереть шлифуемый предметъ. Сначала надо нажимать слабо, потому что прикасаются немногія точки, а потомъ сильнѣе. Сначала шумъ при треніи будетъ очень рѣзкій, по мѣрѣ размельченія и округленія зеренъ наждака, шумъ этотъ будетъ дѣлаться все слабѣе и слабѣе, признакъ, что надо смывать губкою старый наждакъ и замѣнить его новымъ. Можно и прибавлять новаго въ старую кашу, но тогда работа пойдетъ медленнѣе. Края сошлифовываемаго стекла будутъ представлять неровности; кусочки стекла откалываются подъ вліяніемъ давленія, когда прикосно-



веніе угла зерна наждака придется слишкомъ близко къ краю. Помочь этому можно замѣною крупнаго наждака болѣе мелкимъ, когда большія неровности уже удалены. При менѣе тщательной работѣ просто сошлифовываютъ кругомъ наклонную фачетку.

Труднѣе пришлифовать двѣ коническія поверхности такъ, чтобы онѣ могли вращаться одна относительно другой, не пропуская воздуха или жидкости между своими соприкасающимися поверхностями. Къ этому разряду работъ относятся стеклянныя пробки, краны и разнообразныя «гейсслеровы» шлифованныя соединенія трубокъ въ приборахъ для опытовъ съ газами, напри- мѣръ, простой пикнометръ (рис. 25, 1), пикнометръ для твердыхъ тѣлъ (рис. 25, 2) простое и ртутное гейсслерово соединеніе (рис. 52, 3 и 4).

Замѣчу сейчасъ-же, что всѣ пришлифованныя стеклянныя поверхности, трущаяся одна по другой, надо употреблять смазанными; только при этомъ условіи онѣ не пропускаютъ газовъ и жидкостей и не «заѣдаютъ» другъ друга при относительномъ движеніи. Бываетъ также, что несмазанныя коническія поверхности стекла при продолжительномъ соприкосновеніи такъ прилипаютъ, что ихъ нельзя болѣе разъединить. Для смазки употребляютъ сплавъ воска и хорошаго оливковаго масла, это тоже, что аптечный «спускъ», только съ большимъ количествомъ воска, чтобы онъ былъ гуще, примѣрно какъ свѣчное сало. Можно также приготовить сплавъ параффина съ вазелиновымъ масломъ, въ такой пропорціи, чтобы онъ имѣлъ консистенцію свѣчнаго сала. Оба эти сплава мажутся гораздо лучше, если ихъ растереть послѣ застыванія. Теперь въ аптекахъ продаютъ ланолинъ, жиръ изъ овечьей шерсти. Онъ не измѣняется на воздухѣ и поэтому очень хорошъ для смазки крановъ. Чтобы въ смазку не попали твердыя постороннія частицы, которыя могутъ помѣшать полному соприкосновенію поверхностей и дать просторъ для прохода газа, расплавленной смазкѣ даютъ отстояться и застыть въ высокомъ сосудѣ и пользуются только

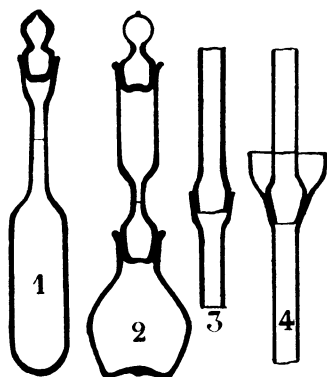


Рис. 25.

верхнею частью. Пришлифованное соединение только тогда надежно, когда смазка его вполне заполняетъ; стекло становится при этомъ прозрачно и матъ какъ бы исчезаетъ. Не должно быть и пузырьковъ воздуха. Если у стеклянного крана образуется на высотѣ отверстія грязное кольцо, содержащее пузырьки, то онъ уже ненадеженъ, надо его вычистить и вновь смазать. При движеніи такое нарушеніе герметичности соединенія очень скоро происходитъ, поэтому-то въ соединеніи, изображенномъ на рис. 61, и устроено сверху расширение, наполняемое ртутью или другой жидкостью. Въ такомъ соединеніи подъ вліяніемъ внѣшняго давленія въ приборъ будетъ проникать не воздухъ, а жидкость. Если пришлифованная пробка или другое соединеніе не разнимается легко, его надо сразу сильно нагрѣть снаружи, внося въ большое, коптящее пламя паяльнаго стола. Иногда при этомъ стекло и лопнетъ, но обыкновенно наружный конусъ, нагрѣвшійся раньше внутренняго, настолько расширяется, что соединеніе легко разнимается сейчасъ послѣ нагрѣванія. Обыкновенно бываетъ видно, надо-ли прибѣгать къ такому героическому средству, или соединеніе просто склеилось выкристаллизовавшимися солями или засохшей смазкою. Въ такомъ случаѣ надо прежде попробовать отмочить соединеніе или слегка подогрѣть его до расплавленія смазки.

Подготовить на паяльномъ столѣ части для шлифованныхъ соединеній не особенно трудно, если не считать выдутыхъ пустотѣлыхъ крановъ, которые удаются только немногимъ спеціалистамъ. Необходимо однако тщательное отжиганіе работы, иначе она лопается какъ только цѣлость поверхностнаго слоя будетъ нарушена шлифованіемъ. Сплошныя пробочки вытягиваются изъ палочекъ; чтобы получить плоскую головку, даютъ сплавиться сплошному шарiku и сплющиваютъ его чистыми плоскогубцами. Выстрымъ поверхностнымъ подогрѣваніемъ можно возстановить блескъ, поврежденный прикосновеніемъ металла. Плоскія пустотѣлыя головки выдуваются между двумя параллельными мѣдными пластинками, соединенными на подобіе пинцета.

Приготовивъ на паяльномъ столѣ горлышко и пробку, немного входящую въ него, можно прямо начать притирать ихъ съ помощью наждака и воды. Но такимъ способомъ рѣдко получается вполне хорошій результатъ: сначала обѣ поверхности сильно уклоняются отъ конической; во время работы больше

стираются выдающіяся части, но благодаря тому, что онѣ существуютъ на обѣихъ поверхностяхъ, вращеніе сопровождается движеніемъ вдоль оси. Поэтому сколько ни продолжать работу, все будутъ оставаться отклоненія отъ правильнаго конуса вращенія, и при поворотѣ прикосновеніе поверхностей будетъ становиться то лучше, то хуже. Для полученія хорошаго результата надо, чтобы съ самаго начала работы одна изъ поверхностей была правильнымъ тѣломъ вращенія. Поэтому надо на токарномъ станкѣ выточить изъ латуни усѣченный конусъ того-же угла наклона, какъ предполагаемый, но длиннѣе. Помощью этого конуса, заставляя его вращаться на станкѣ, или отъ руки, вышлифовываютъ горлышко. Работа пойдетъ скорѣе и лучше, если была приготовлена коническая трубка соотвѣтственной формы, чтобы въ ней сошлифовать пробку, но грѣшнымъ дѣломъ можно и прямо начать шлифовать пробку въ подготовленномъ горлышкѣ, поправляя по временамъ его форму на мѣдномъ конусѣ. При шлифованіи конуса надо часто чередовать вращательное движеніе съ выниманіемъ пробки, чтобы ровнѣе распредѣлять наждакъ и избѣжать кольцеобразныхъ бороздъ на шлифуемыхъ поверхностяхъ.

Иногда бываетъ нужно просверлить въ стеклѣ отверстіе, которое невозможно сдѣлать иначе. Маленькія дырочки, отъ 1 до 5 мм., сверлятся заостреннымъ трехгранно концомъ хорошаго напильника, при смачиваніи водой, керосиномъ, скипидаромъ, или, всего лучше, растворомъ камфоры въ скипидарѣ. Говорятъ, что крѣпкая сѣрная кислота еще болѣе облегчаетъ эту работу, но брызги этой ѣдкой жидкости на столько портятъ платье и кожу, что рекомендовать ее нельзя. Сухое стальное остріе очень быстро тупится о стекло, а жидкости эти почему-то предохраняютъ его. Работа идетъ медленнѣе, если вставить трехгранное остріе въ патронъ токарнаго станка или въ хорошую дрель: вѣроятно въ этомъ случаѣ, вслѣдствіе правильнаго вращенія, постоянно прикасаются много точекъ контура сверла и высверливаемого отверстія, давленіе на единицу поверхности прикосновенія получается небольшое и стекло отъ него не разрушается, нажимать-же сильнѣе нельзя, чтобы не раздавить всю работу. Въ рукѣ-же сверло постоянно немного мѣняетъ свое направленіе, и прикосновеніе безпрестанно переходитъ съ однихъ точекъ его рѣжущаго контура на другія. Поэтому для облегченія работы

можно съ успѣхомъ употреблять только извѣстную старинную дрель съ ремешками, вращающаяся то въ ту, то въ другую сторону, когда горизонтальную перекладину двигаютъ вверхъ и внизъ руками. Ось вращенія такого инструмента раскачивается даже у искуснаго работника, а это самое и нужно для успѣха при сверленіи стекла.

Секретъ успѣшнаго сверленія стекла стальнымъ сверломъ заключается въ его закалкѣ. Надо приготовить сверло изъ хорошей инструментальной стали: т. наз. «серебрянки», продаваемой въ видѣ полированныхъ круглыхъ стержней для часовщиковъ, стали Huntsman, Thom Firht и др., придавая ему обычную форму. Для закалки надо нагрѣть конецъ на спиртовой или газовой горѣлкѣ до вишневаго цвѣта и воткнуть конецъ въ кусокъ парафина. Если не перегрѣта сталь, то отпускать не нужно, даже для работы на металлѣ. Небольшія сверла въ обыкновенномъ пламени спиртовой лампы обыкновенно не нагрѣваются выше чѣмъ нужно: до цвѣта весеннихъ вишней-морелей, которыя у насъ продаются въ началѣ лѣта или до цвѣта вареныхъ раковъ, ближе знакомому многимъ. При свѣтѣ лампы, этотъ оттѣнокъ кажется розоватымъ. Такое сверло, въ обыкновенной дрели, сверлитъ очень скоро, при смачиваніи водою, керосиномъ или растворомъ камфоры въ скипидарѣ. Надо нажимать сильнѣе, насколько позволяетъ прочность предмета работы, а вращать потише. Тогда сверло тупится меньше, а работа подвигается скорѣе. Какъ только сверло притупилось, о чемъ можно судить по уменьшенію производимыхъ опилокъ, надо его подточить. Если вертѣть скоро, легко дать сверлу настолько нагрѣться, что оно отпустится и перестанетъ рѣзать стекло. Маленькую дырку въ оконномъ стеклѣ можно просверлить такимъ пріемомъ минуты въ 2 — 3. На токарномъ станкѣ, въ толстомъ зеркальномъ стеклѣ, при очень медленномъ вращеніи и сильномъ нажимѣ, работа идетъ такъ-же скоро, какъ въ латуни.

Но все это напрасно, если не принять одной очень существенной предосторожности: подъ конецъ, когда остріе сверла почти прошло черезъ стекло, нельзя больше нажимать на него: стекло проламывается и плосковатое сверло раскалываетъ его. Поэтому надо подклеивать шеллакомъ кусочекъ стекла съ другой стороны и сверлить, пока дырка не пройдетъ и въ этотъ кусочекъ. Съ такой предосторожностью можно сверлить дырки

миллиметровъ до 5 въ діаметрѣ. Однако при сверленіи на станкѣ, съ большимъ нажимомъ, надо очень уменьшать этотъ нажимъ для послѣднихъ 3—4 мм., иначе и подклейка стекла не поможетъ.

Большія дыры въ стеклѣ сверлятся на токарномъ станкѣ помощью быстро вращающейся мѣдной трубки соотвѣтствующаго размѣра и наждаку. Чтобы начать дыру точно тамъ, гдѣ нужно, на стекло наклеиваютъ сургучемъ мѣдную пластинку съ дыроу аккуратно равною заданной. Когда трубка уже врѣжется въ стекло, шаблонъ становится лишнимъ. Для сверленія дыръ помощью трубки и наждаку надо особую сноровку; здѣсь поверхность соприкосновенія невелика и наждакъ легко выдавливается съ нея по сторонамъ, какъ только работающій нажметъ сильнѣе. Надо выучиться нажимать какъ разъ вмѣру, руководствуясь характернымъ звукомъ сильно шлифующаго наждака, и въ то же время сообщать работѣ небольшое колебательное движеніе, чтобы прикосновеніе происходило только на одномъ краю вырѣзаемаго кольца и послѣдовательно переходило на всѣ части его окружности. Наждакъ надо брать не слишкомъ крупный и часто его дополнять; на рѣзущемъ краю трубки можно сдѣлать надрѣзы, чтобы онъ лучше забиралъ наждакъ. Готовую дыру можно увеличить, шлифуя ее на быстро вращающемся конусѣ изъ мѣди, цинка, свинца или даже изъ дерева, съ наждакомъ и водою.

**Приготовленіе уровней.** Эта работа не входитъ въ кругъ занятій экспериментатора: уровни покупаютъ готовыми. Но не лишнее сказать здѣсь нѣсколько словъ объ этой работѣ только потому, что въ научно-технической литературѣ ровно ничего о ней не говорится.

Для грубыхъ уровней, способныхъ показать наклонъ въ 0,5 градуса, трубку слегка сгибаютъ по дугѣ круга, запаиваютъ одинъ конецъ, оттягиваютъ другой, наполняютъ растворомъ глицерина для самыхъ грубыхъ, керосиномъ или спиртомъ для болѣе чувствительныхъ, и запаиваютъ открытый конецъ такъ, чтобы остался пузырекъ воздуха. Но для измѣреній наклона такой уровень не годится: въ немъ величина перемѣщенія пузырька далеко не пропорціональна измѣненію наклона, потому что форма трубки неправильна. Идеальный уровень долженъ представлять внутри поверхность вращенія, происходящую отъ поворота дуги круга около ея хорды. Радіусъ этой дуги долженъ быть огромнымъ для чувствительнаго уровня, напримѣръ, онъ

равенъ 412 метрамъ для уровня, гдѣ пузырекъ перемѣщается на одинъ миллиметръ для каждой секунды наклона. Наполняютъ такіе уровни сѣрнымъ эфиромъ, такъ какъ эта жидкость обладаетъ большою удобоподвижностью и не замерзаетъ, но лишь сильно сжимается при низкихъ температурахъ. Это послѣднее свойство заставляетъ брать трубки для уровней не слишкомъ большого діаметра по сравненію съ длиною, чтобы на холоду пузырекъ не слишкомъ удлинялся.

Покойный механикъ пулковской обсерваторіи и с.-петербургскаго университета Г. К. Брауэръ составилъ себѣ славу между астрономами и геодезистами своимъ умѣньемъ изготовлять хорошіе уровни; я изложу здѣсь его методы работы, частью на основаніи его личныхъ сообщеній, а частью по указанію механика при с.-петербургскомъ университетѣ В. А. Францена, изучившаго это дѣло подѣ руководствомъ самого Г. К. Брауэра. Чтобы при пониженіи температуры пузырекъ не удлинялся во всю величину шкалы, Брауэръ бралъ трубки опредѣленныхъ размѣровъ, а именно:

|     |       |    |     |     |            |    |       |     |
|-----|-------|----|-----|-----|------------|----|-------|-----|
| при | длинѣ | въ | 200 | мм. | діаметромъ | въ | 18,5  | мм. |
| »   | »     | »  | 175 | »   | »          | »  | 16,75 | »   |
| »   | »     | »  | 150 | »   | »          | »  | 15,5  | »   |
| »   | »     | »  | 125 | »   | »          | »  | 13,75 | »   |
| »   | »     | »  | 100 | »   | »          | »  | 12,25 | »   |
| »   | »     | »  | 75  | »   | »          | »  | 11,5  | »   |

Толщина стѣнокъ бралась около 1,5 мм., такъ что внутренне діаметры были на 3 мм. меньше наружныхъ. Сначала трубки разрѣзывались на части заданной длины и шлифовались внутри цилиндрически. Для этого сначала шлифовали трубку отъ руки на длинномъ, прямомъ желѣзномъ цилиндрѣ, потомъ на токарномъ станкѣ быстро вращали латунный цилиндръ, со свинцовымъ утолщеніемъ на концѣ, намазаннымъ наждакомъ съ водою, а трубку, надѣвъ на него, водили взадъ и впередъ рукою. По мѣрѣ стиранія, надо было увеличивать поперечникъ свинцоваго цилиндра; для этого весь цилиндръ былъ разрѣзанъ по діаметру и въ разрѣзъ вдвигали клинъ. Послѣ цилиндрической шлифовки притирали на концахъ трубочекъ по шаровой поверхности, сантиметра три въ діаметрѣ, стеклянные кружечки того-же діаметра какъ трубки (рис. 26, 1), если уровень пред-

полагалось не запаивать, а заклеить; для запаиванія-же просто брались трубки сантиметра на 3 или 4 длиннѣе, чѣмъ будущій уровень. Потомъ на трубкахъ наносились дѣленія, въ 2 мм. каждое, алмазомъ на дѣлительной машинѣ, причемъ надо было проводить раза три по каждой чертѣ. Послѣ этого подготовленные трубки подвергались варкѣ въ водѣ въ теченіи долгихъ часовъ, чтобы пособить недостаточному отжигу стекла. Во время этой операціи многія трубки лопались, признакъ недостаточнаго отжига на заводѣ. Только трубки, выдержавшія всѣ эти операціи, подвергались дальнѣйшей шлифовкѣ по дугѣ круга.

Для этого предварительно готовятъ особую желѣзную оправку: изъ куска круглаго прута очень мягкаго и однороднаго желѣза вытачиваютъ очень тщательно цилиндръ, примѣрно въ  $\frac{4}{5}$  внутреннего діаметра шлифуемаго уровня и отъ  $2\frac{1}{2}$  до 3 разъ длиннѣе, конецъ-же прута, примѣрно въ  $\frac{1}{2}$  этой части длиною, обтачиваютъ миллиметра на два тоньше, чтобы за этотъ конецъ заворачивать оправку въ горизонтальномъ положеніи въ тиски, во время работы. Тогда спиливаютъ съ цилиндра шесть плоскихъ фасетокъ, такъ что отъ первоначальной поверхности остаются только четыре полосы ( $a, a', b, b'$ , рис. 26, 3). Успѣхъ дѣла много зависитъ отъ правильности трехъ верхнихъ фасетокъ; они должны ограничивать двѣ полосы цилиндрической поверхности около 1,5 мм. ширины съ вполне параллельными краями. Шлифовка производится только этими частями оправки, нижняя часть не прикасается съ трубкою и не играетъ никакой роли въ работѣ.

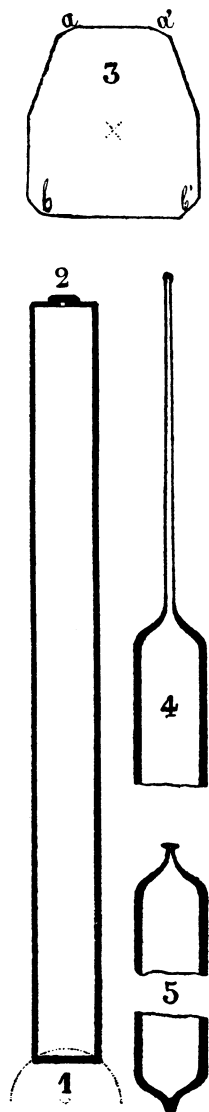


Рис. 26.

Во время работы ставятъ подъ горизонтально закрѣпленной оправкою плоскій сосудъ съ водою и наждакомъ, и часто погружаютъ въ него трубку, чтобы не давать ей нагрѣваться отъ

руки и тренія. Трубку съ наждакомъ и водою надѣвають на оправку и водятъ взадъ и впередъ, позволяя концамъ ея сдвигаться съ толстой части оправки отъ  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{3}$  длины трубки въ ея обоихъ крайнихъ положеніяхъ; при каждомъ движеніи вдоль оси трубку немного поворачиваютъ, чтобы всѣ ея сѣченія обрабатывались равномѣрно. Когда можно будетъ предполагать, что вся внутренняя поверхность уже шлифована, трубку промываютъ, затыкаютъ хорошими пробками и наливъ эфиру пробуютъ на приборѣ для испытанія уровней. Описание этого послѣдняго можно найти въ курсахъ геодезіи; онъ состоитъ изъ плоскаго треножника, на длинномъ концѣ котораго сдѣланъ винтъ, снабженный такими дѣленіями, что поворотъ на одно изъ нихъ измѣняетъ наклонъ положеннаго уровня на извѣстное число секундъ или частей секунды. Если кривизна оказывается велика, при продолженіи шлифованія трубку менѣе сдвигаютъ съ оправки, чѣмъ прежде, и наоборотъ, сдвигаютъ ее больше съ оправки во время каждаго продольнаго движенія, если надо уменьшить чувствительность уровня, увеличивая кривизну его внутренней поверхности. Равномѣрность-же кривизны достигается почти случайно: иногда уровень былъ очень правильнымъ при пробѣ, но не имѣлъ заданной кривизны; а при дальнѣйшей шлифовкѣ становился хуже, хотя и получалъ въ среднемъ желаемую кривизну. Вообще Брауэру удавалось дѣлать уровни, въ которыхъ отклоненія отъ пропорціональности между измѣненіями угла наклона и перемѣщеніями пузыря достигали только 2 или 3 десятыхъ дѣленія, при чувствительности до 1—2 секундъ на дѣленіе.

Когда оправка разъ получила надлежащую кривизну, на ней уже легче можно бывало вышлифовывать новыя трубки той же кривизны, надо было только повторять тѣ же движенія, въ тѣхъ же предѣлахъ. Если же надо шлифовать трубку нѣсколько большаго или меньшаго діаметра, то надо сначала давать ей вращательное движеніе около ея оси, чтобы придать оправкѣ сѣченіе цилиндра того же діаметра.

Работа эта чрезвычайно деликатна, малѣйшее невниманіе, несоблюденіе какой-либо предосторожности, и работа многихъ часовъ испорчена. Если сначала вышлифовать трубку, а потомъ сдѣлать на ней дѣленія, то стекло достаточно деформируется отъ нарушенія цѣлости своего поверхностнаго слоя, чтобы правильность показаній уровня нарушилась.



Самые чувствительные уровни не запаиваютъ, а заклеиваютъ, чтобы не измѣнить кривизны, вызывая новыя натяженія стекла при запаиваніи концовъ (рис. 26, 2). Эфиръ не дѣйствуетъ на рыбій клей и на обыкновенный бычачій пузырь. Поэтому одинъ изъ кружковъ на концѣ уровня приклеивали рыбьимъ клеемъ, обвязывали кусочкомъ пузыря, намазаннаго тѣмъ же клеемъ, и срѣзывали лишній край, когда все засохнетъ, потомъ покрывали растворомъ шеллака въ спиртѣ. Другая крышка снабжалась маленькой дырочкой по срединѣ и второй плоской крышечкой. Эту крышку только приклеиваютъ, не обвязывая еще пузыремъ. По высыханіи, наполняютъ чрезъ дырочку эфиромъ, ставятъ въ стаканъ съ теплой водою, чтобы эфиръ почти кипѣлъ, и, дополнивъ эфиромъ, накладываютъ намазанную клеемъ крышечку и вынимаютъ изъ воды; атмосферное давленіе скоро плотно прижметъ ее и второй конецъ можно будетъ удобно обвязать пузыремъ, какъ и первый.

Чтобы запаять уровень, сначала придаютъ ему видъ рис. 26, 4, но запаиваютъ одинъ конецъ и оттягиваютъ другой безъ раздуванія, однимъ дѣйствіемъ внутреннихъ силъ вполне размягченнаго стекла. Потомъ наполняютъ эфиромъ вполне, опускаютъ самый уровень въ воду, нагрѣтую немного выше температуры кипѣнія эфира, и когда эфиръ испарится до уровня основанія оттянутой трубки, все вынимаютъ изъ теплой воды и быстро запаиваютъ конецъ. Послѣ этого опускаютъ уровень вертикально въ самую холодную воду или въ ледъ по основаніе оттянутой трубки; эфиръ сжимается на столько, что опустится ниже этого мѣста; тогда быстро направляютъ туда остріе пламени и отпаиваютъ капиллярную трубку прочь. Когда начнутъ эту работу, внутри давленіе паровъ эфира гораздо меньше, чѣмъ атмосферное, но во время работы ближайшія частицы эфира могутъ такъ нагрѣться, что упругость его паровъ заставитъ размягченное стекло раздуваться и лопнуть. Чтобы предотвратить эту бѣду, держать наготовѣ металлическій пинцетъ и охлаждаютъ начинающее раздуваться стекло сжиманіемъ этимъ пинцетомъ. Если трубка уже отдѣлена, достаточно прижать начинающее раздуваться мѣсто какимъ-либо холоднымъ предметомъ (рис. 26, 5).

Въ послѣднее время стали часто замѣчать, что чрезъ нѣсколько мѣсяцевъ или годовъ по приготовленіи очень хорошіе уровни становятся негодными, ихъ пузырьки начинаютъ перемѣ-

щаться съ чрезвычайной медленностью или скачками. Изслѣдованія Милліуса показали, что отъ дѣйствія ничтожно малаго количества воды, заключенной въ эфирѣ какъ примѣсь, растворяется немного щелочи съ поверхности стекла и щелочь эта кристаллизуется въ видѣ водной соли. Кристаллы, приставъ къ стеклу, нарушаютъ правильность формы и задерживаютъ движеніе пузырька. Всего болѣе подвержено этому дѣйствию легкоплавкое тюрингенское стекло, столь удобное для стеклодувныхъ работъ; менѣе, трубки изъ обыкновеннаго оконнаго стекла и еще менѣе нормальное іенское стекло. Уровень, съ которымъ случился такой грѣхъ, остается только опорожнить, промыть водою, высушить и наполнить вновь.

Довольно чувствительные и правильные уровни можно приготовить, выбирая изъ длинной трубки мѣста соотвѣтственной кривизны. Это обыкновенно удается на всякой трубкѣ, потому что онѣ всѣ слегка изогнуты дѣйствіемъ тяжести при ихъ изготовленіи. Для выбора, конечно, надо наполнить трубку спиртомъ такъ, чтобы остался пузырекъ, положить на приборъ для изслѣдованія уровней и наблюдать перемѣщенія пузырька въ разныхъ мѣстахъ и при разныхъ поворотахъ.

Ко всему сказанному выше о травленіи стекла и нанесеніи дѣленій, въ настоящее время можно прибавить многое. Вмѣсто алмаза для проведенія дѣленій лучше пользоваться кристалломъ «карборундума». Это соединеніе, получаемое дѣйствіемъ жара вольтовой дуги на смѣсь угля, кремнезема и поваренной соли и состоитъ изъ соединенія углерода и кремнія. Кристаллы эти имѣютъ форму очень подходящую для рѣзца, а твердостью почти равны алмазу, поэтому употребляются для шлифованія, вмѣсто наждака. Карборундумъ выдерживаетъ калильный жаръ, такъ что кристаллъ его подходящей формы легко можно закрѣпить оловяннымъ припоемъ въ углубленіи, просверленномъ на концѣ металлическаго стержня. Хорошо выбранный кристаллъ такого рода, при удачно подобранномъ положеніи и давленіи, проводитъ очень хорошія черты на стеклѣ. Но выбрать и установить такой карборундовый рѣзецъ очень трудно: при неправильномъ положеніи и несоотвѣтственномъ давленіи черта выходитъ съ неровными краями. Кромѣ того, карборундумъ хрупокъ и даже хорошій кристаллъ легко сломать неосторожнымъ движеніемъ при пробахъ.

При травленіи, важно получить хорошо видныя дѣленія. Для этого тонкія черты должны быть матовыми, а болѣе грубыя—глубокими и не съ отлогими краями, чтобы въ нихъ хорошо держалась краска. Самыя нѣжныя матовыя черты, видимыя хорошо только въ лупу или подъ микроскопомъ, вытравить удастся лишь газообразной плавковой кислотой. Условіемъ успѣха оказывается полная сухость этого газа. Въ свинцовомъ сосудѣ обливаютъ мелко растертый плавиковый шпатель самой крѣпкой сѣрной кислотой, говорятъ что лучше брать «дымящуюся», нордгаузенскую кислоту. Конечно, для успѣха надо предварительными опытами опредѣлить, сколько времени надо продолжать травленіе. Работу эту надо дѣлать или на открытомъ воздухѣ, или подъ очень сильной тягой, такъ какъ пары плавиковой кислоты очень вредны. Даже поверхностные обжоги струей этого газа очень болѣзненны и трудно заживаютъ.

Жидкая кислота травитъ дѣленія и надписи хорошо только, когда она крѣпкая; разбавленная даетъ вполне гладкія черты съ расплывчатыми краями. Для грунта хорошо брать сплавъ воска 4 ч. съ 3 ч. свѣчнаго сала, онъ лучше пристаетъ и рѣжется. Если грунтъ этотъ присыпать порошкомъ талька и слегка протереть, то на немъ можно сдѣлать предварительныя отмѣтки кисточкой съ тушью. Къ такой поверхности плавиковая кислота пристаетъ и ее можно удобно размазывать акварельной кисточкой или опушкою пера. Травленіе продолжается всего минуты двѣ, но время это, конечно, надо каждому опредѣлить предварительнымъ опытомъ, такъ какъ оно опредѣляется крѣпостью употребляемой кислоты и родомъ нужныхъ дѣленій.

Матовое травленіе можно получить, растворяя въ продажной плавиковой кислотѣ фтористоводородный аммоній, находящійся въ продажѣ. Чѣмъ больше прибавить, тѣмъ сильнѣе получается матъ. За неимѣніемъ готовой соли можно растворять во взятой для травленія кислотѣ углекислый амміакъ, кусочками. Если брать для этого нашатырный спиртъ, какъ указываютъ во многихъ книгахъ, то разбавленіе водою спирта противодѣйствуетъ, и получается едва замѣтный матъ.

По той же причинѣ не удаются попадающіеся въ книжкахъ рецепты «бѣлыхъ чернилъ» для писанія на стеклѣ. Обыкновенно рекомендуютъ брать растворы плавиково-кислаго амміака или натра съ прибавкою сѣрнокислаго барита и сѣрной кислоты.

Получается нѣсколько расплывчатая, бѣлая надпись, хорошо видимая и не легко стирающаяся, но смывающаяся водою и остающаяся едва видимый, вытравленный слѣдъ.

Плавиковою кислотою съ плавиковымъ амміакомъ можно успѣшно дѣлать надписи на стеклѣ стальнымъ перомъ, если стекло во время писанія подогрѣть довольно сильно, градусовъ до 40—50 С. Кислота тогда не растекается и надписи выходятъ рѣзкими, какъ были написаны. При смываніи водою остается матовая протравленная надпись, достаточно видимая и принимающая краску.

Для писанія по грунту удобно брать тонкое, стальное перо; тогда въ утолщеніяхъ получается двойная черта и надпись выходитъ яснѣе и красивѣе.

Профессіональный стеклодувъ легко выучивается дѣлать надписи и цифры для травленія, отъ руки, но экспериментатору это не всегда удается. Для облегченія работы дѣлаютъ гравировальныя машинки, устроенныя на принципѣ пантографа. Остріемъ обводятъ по большому шаблону, а иголка повторяетъ тотъ же рисунокъ въ уменьшенномъ видѣ и потому чище. Попробовавъ такую машинку, я замѣтилъ, что для цифръ и буквъ можно ее устроить гораздо проще и дешевле, основываясь на геометрическомъ принципѣ подобія.

Представимъ себѣ двѣ параллельныя плоскости и общій къ нимъ перпендикуляръ. Если чрезъ одну изъ неподвижныхъ точекъ этого перпендикуляра, лежащую между плоскостями, провести прямую ихъ пересѣкающую, то обводя этую прямою какую-либо фигуру, лежащую на одной изъ этихъ плоскостей, мы заставимъ другой конецъ этой прямой описывать подобную фигуру на второй плоскости въ масштабѣ, опредѣляемомъ отношеніемъ разстояній неподвижной точки отъ плоскостей.

Осуществить эту машинку оказалось не трудно, прилагаемый рисунокъ—фотографія съ перваго экземпляра, имѣющаго не вполне конструктивный видъ, потому что онъ былъ сдѣланъ изъ готовыхъ частей, случайно находившихся подъ рукою. Шаблоны для цифръ можно было взять продажные, какіе дѣлаютъ для маляровъ, въ 1 дюймъ, а переставляя шаровой шарниръ, можно уменьшать величину цифръ разъ въ десять.

Изъ рисунка 27 видно, что шаровой шарниръ А укрѣпленъ на нижнемъ кронштейнѣ, а шаблоны привинчиваются на верх-

немъ столикѣ. Верхнее остріе В скользитъ въ своей трубкѣ подѣ вліяніемъ вѣса наложенной на него гирьки, а на верхнемъ концѣ С нижняго острія гирьку привинчиваютъ на такой высотѣ, чтобы, задвигая подѣ нее поворотный клинъ, можно было приподнять пишущее остріе, когда это нужно. Трубку, на которой наносятъ цифры, закрѣпляютъ въ желобкѣ подвижнаго бруска на основной доскѣ.

Было указано, что на стеклѣ можно писать накалившимъ платиновымъ остріемъ извѣстнаго прибора для выжиганія на деревѣ. Дѣйствительно, сильно накалившее остріе скользитъ по стеклу, оставляя тонкую, замѣтную на ошупь черту. Слабѣе накалившее—не дѣйствуетъ. Такимъ же остріемъ можно рѣзать стекло, т. е. проводить въ немъ начатую трещину въ желаемомъ направленіи, какъ горящимъ углемъ Берцелліуса. Только надо производить дутье ножнымъ мѣхомъ, чтобы обѣ руки были свободны, такъ какъ надо и остріе держать и стекло поворачивать.

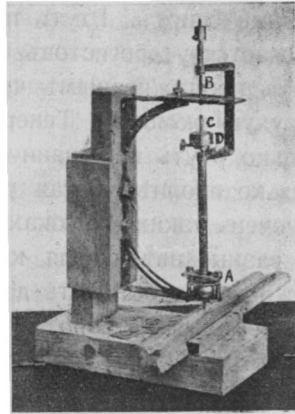


Рис. 27.

## **Термометры, ихъ изготовленіе и провѣрка.**

### **а) Изготовленіе термометровъ.**

Почти во всѣхъ курсахъ физики описывается изготовленіе термометра, на соблазнъ юныхъ любителей экспериментальнаго искусства; однако, по этимъ описаніямъ обыкновенно не удается приготовить термометръ: сначала все идетъ какъ будто бы благополучно, а послѣ запаиванія столбикъ раздѣляется, начинаетъ прилипать къ стеклу, такъ что ничего съ нимъ не подѣлаешь. Изготовленіе термометра требуетъ столько навыка, что эту работу надо предоставить специалистамъ; начинающему экспериментатору не стоитъ тратить свое время на то, чтобы въ лучшемъ случаѣ получить только сносный термометръ. Описать здѣсь подробно дѣйствительные способы приготовленія термометровъ стоитъ только потому, что о нихъ ничего не говорится

ни въ русской, ни въ иностранной литературѣ, а экспериментатору надо знать способы изготовленія его приборовъ, чтобы основательно судить о ихъ недостаткахъ. Обыкновенно жидкостью для термометровъ служить только ртуть или водный винный спиртъ. Ртуть прежде брали въ томъ видѣ, какъ она продается у дрогистовъ, и только очищали отъ пыли тщательнымъ процѣживаніемъ чрезъ бумажный тюричекъ въ чистую и сухую рюмочку. Теперь для хорошихъ термометровъ берутъ только ртуть перегнанную въ приборѣ Вейнгольда, въ пустотѣ. Только вполне чистая ртуть даетъ нераздѣляющіеся столбики въ очень узкихъ трубкахъ. Спиртъ обыкновенно подкрашиваютъ въ разные цвѣта: для краснаго берутъ кошениль, для другихъ можно было бы брать другія разнообразныя красящія вещества, растворимыя въ спиртѣ, но всѣ они осѣдаютъ со временемъ на стеклѣ трубки и дѣлаютъ ее непрозрачною, или же выцвѣтаютъ на солнцѣ. Поэтому надо брать вещества окрашенные, въ спиртѣ растворимыя, но не «красящія», т. е. неспособныя легко прилипнуть къ поверхностямъ предметовъ. Лучшее изъ нихъ оказалась уксуснокислая амміачная соль мѣди. Такихъ соединеній извѣстно въ химіи нѣсколько; обыкновенно просто растворяютъ въ избыткѣ воднаго амміака среднюю укусномѣдную соль (венеціанскую ярмѣдянку, а не обыкновенную, нерастворимую въ водѣ, основную яръ) и прибавляютъ къ спирту сколько нужно этого раствора. Однако въ крѣпкомъ спиртѣ эта соль не очень растворима, а спиртъ съ водою не только можетъ замерзнуть, но и даетъ неправильное расширеніе. Лучше выпаривать полученный растворъ въ водяной банѣ, до образованія пленки; при охлажденіи осадутъ красивые темносиніе кристаллы, разлагаемые водою, а маточный разсолъ, окрашенный въ очень яркій темноголубой цвѣтъ, представляетъ вещество, легко растворимое въ крѣпкомъ спиртѣ. Для красной окраски можно взять крѣпкій растворъ хлористаго желѣза въ роданистомъ кали; это вещество очень сильно окрашено, но сообщаетъ некрасивый кровавой красный цвѣтъ спирту<sup>1)</sup>.

Относительно внѣшней формы можно раздѣлить термометры на три типа: обыкновенные комнатные, гдѣ трубка укрѣплена снаружи на плоской шкалѣ, термометры съ дѣленіемъ на самой трубкѣ, которая для этого дѣлается толстостѣнною, и термо-

---

<sup>1)</sup> Вѣроятно хорошею термометрическою жидкостью можетъ для низкихъ температуръ служить амилъ-ацетатъ.

метры со шкалою на бумагѣ или на молочномъ стеклѣ, заключенною внутри особой трубки, составляющей одно цѣлое съ резервуаромъ. Второй типъ, французскій, теперь считается наиболѣе пригоднымъ для самыхъ точныхъ термометровъ, потому что въ немъ гарантирована неподвижность шкалы относительно самаго термометра; но нѣмцы предпочитаютъ третій типъ, такъ какъ на немъ гораздо удобнѣе дѣлать отсчеты, благодаря большему простору для дѣлений на шкалѣ.

Длина градуса на шкалѣ термометра зависитъ отъ отношенія между объемомъ шарика и сѣченіемъ трубки, поэтому для комнатныхъ термометровъ, гдѣ градусъ имѣетъ отъ 1 до 3 мм. длины, а шарикъ можетъ имѣть довольно большой объемъ, трубки употребляются сравнительно широкія, съ плоскимъ сѣченіемъ просвѣта, чтобы столбикъ ртути былъ лучше виденъ. Благодаря большему коэффициенту расширения спирта, для термометровъ съ этою жидкостью берутъ трубки еще пошире. Отъ термометровъ для разныхъ научныхъ цѣлей требуютъ большей длины градуса; если они раздѣлены на части градуса, то длина эта бываетъ отъ 5 до 20 мм., т. е. отъ 0,5 до 2 мм. на дѣленіе. Въ то же время количество ртути въ резервуарѣ должно быть не большое, иначе теплостойкость будетъ такъ велика, что показанія термометра стануть слишкомъ много отставать отъ измѣненій температуры среды, въ которую онъ погруженъ. Поэтому для такихъ термометровъ надо брать очень узенькія трубки, около 0,1 мм. внутренняго діаметра, вслѣдствіе чего и приемы работы значительно усложняются. На дѣлѣ термометры съ градусами длиннѣе 1 сантиметра дѣйствуютъ уже неправильно, вслѣдствіе капиллярнаго давленія ртути.

Желая приготовить обыкновенный термометръ заданнаго размѣра, стеклодувъ выбираетъ сначала трубку, рассматривая въ лупу ея поперечный изломъ; сбоку, чрезъ стекло, трудно судить о дѣйствительныхъ размѣрахъ просвѣта термометренной трубки, потому что она сама дѣйствуетъ какъ увеличительное, неправильно цилиндрическое стекло <sup>1)</sup>. На основаніи такого наблюденія, по сравненію съ другими термометрами, стеклодувъ обыкно-

---

<sup>1)</sup> Предполагая трубку правильнымъ цилиндромъ съ показателемъ преломленія  $\frac{3}{2}$ , надо измѣрить видимый діаметръ внутренней пустоты наполненной ртутью или другимъ непрозрачнымъ веществомъ: истинный ея діаметръ будетъ приблизительно  $\frac{2}{3}$  видимого.

венно довольно вѣрно опредѣляетъ на глазъ величину шарика необходимаго для полученія желаемой длины градуса на взятой

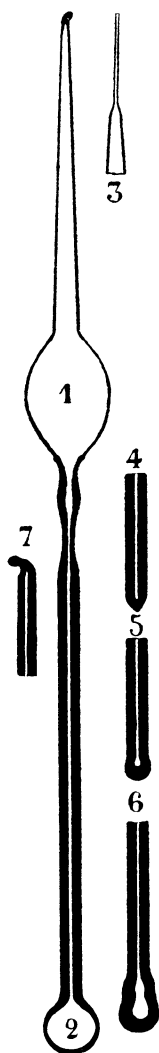


Рис. 28.

трубкѣ. Въ крайнемъ случаѣ, одинъ термометръ готовится на-угадъ, и по длинѣ его градуса уже не трудно бываетъ сообразить, на сколько надо измѣнить объемъ шарика для слѣдующихъ термометровъ, изготовляемыхъ изъ той-же трубки.

Когда трубка выбрана, ее запаиваютъ съ того конца гдѣ будетъ шарикъ, а съ противоположнаго, слегка оттянутаго конца, припаиваютъ временный продолговатый резервуаръ, съ длиннымъ остриемъ (рис. 28, 1), оттянувъ его отъ другой трубки около 1 с. м. діаметра и раздувъ до объема, превышающаго разъ въ пять или шесть объемъ будущего шарика. При этомъ надо не перегрѣть конца термометрической трубки, сосредоточивать нагрѣваніе преимущественно въ ея краяхъ, а то внутренній просвѣтъ запаяется. Для очень узкихъ трубокъ и опытные стеклодувы должны прибѣгать къ особому, нижеописанному приему, чтобы избѣжать этого запаиванія. Когда резервуаръ готовъ, нагрѣваютъ противоположный запаянный конецъ трубки и раздуваютъ его послѣдовательно въ шарикъ (рис. 28, 4, 5, 6 и 2); тогда подогрѣваютъ слегка весь термометръ и запаиваютъ верхнее остріе, чтобы не попадала влажность и пыль. При очень узкомъ просвѣтѣ трубки бываетъ трудно начать раздуваніе шарика; въ такомъ случаѣ запаиваютъ верхнее остріе, нагрѣваютъ вспомогательный резервуаръ и тогда размягчаютъ конецъ: упругость заключеннаго воздуха произведетъ это раздуваніе сама собою. Чтобы остановить слишкомъ быстрое раздуваніе, надо отломить запаянное остріе, для чего его до запаиванія оттягиваютъ тонко (рис. 28, 3).

Наполнять ртутью такой термометръ можно надъ обыкновенной спиртовой лампою или бунзеновскою горѣлкой, но гораздо удобнѣе длинная газовая горѣлка, изображенная на рис. 29 (передняя стѣнка представлена снятою). Стѣнки ея сдѣланы изъ



листоваго желѣза, сверху она закрыта мелкою мѣдною сѣткою, а внизу находится горизонтальная, довольно широкая трубка для газа, снабженная сверху рядомъ маленькихъ отверстій. Газъ, выходя изъ этихъ отверстій, смѣшивается съ воздухомъ и горитъ надъ сѣткою несвѣтящимся пламенемъ, какъ въ бунзеновскихъ горѣлкахъ. Съ конца трубки для газа, противоположнаго тому, гдѣ входитъ газъ, въ нее можно вдвигать довольно плотно входящій цилиндръ, закрывающій выходы газа, чтобы измѣнять по желанію длину пламени. Начинаютъ наполненіе съ того, что отламываютъ запаянный конецъ острія и оттягиваютъ его тоньше (рис. 27, 3); тогда подогреваютъ вспомогательный резервуаръ на верхнемъ концѣ трубки и опускаютъ его тонко оттянутое трубчатое остріе въ ртуть, профильтрованную черезъ бумажный тюричекъ въ чистую рюмочку. При охлажденіи ртуть войдетъ въ резервуаръ; если ея мало, надо повторить ту же процедуру, чтобы ея вошло немного больше, чѣмъ нужно для наполненія шарика. Тогда нагреваютъ до кипѣнія ртуть въ вспомогательномъ резервуарѣ, держа трубку почти горизонтально, и за-

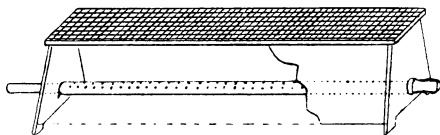


Рис. 29.

паиваютъ остріе; по охлажденіи паровъ ртути внутри термометра образуется сильно разряженный воздухъ. Затѣмъ берутъ за остріе и прогреваютъ надъ длиннымъ пламенемъ горѣлки всю трубку и шарикъ примѣрно до температуры кипѣнія ртути. Послѣ этого опускаютъ трубку вертикально; ртуть почти тотчасъ-же станетъ входить въ резервуаръ, который ставятъ охлаждаться въ ящикъ съ древесными опилками. Кипятятъ ртуть и прогреваютъ всю трубку для того, чтобы выгнать всю влагу, могущую заключаться въ нихъ въ видѣ поверхностнаго слоя и удалимую нагреваніемъ отъ  $300^{\circ}$  до  $500^{\circ}$  С. Если вспомогательный резервуаръ малъ, ртуть при кипѣніи легко выбрасывается чрезъ остріе. По охлажденіи шарикъ будетъ примѣрно на половину наполненъ ртутью, тогда всю трубку, шарикъ и резервуаръ ртути нагреваютъ вновь и наконецъ доводятъ ртуть въ шарикѣ до кипѣнія; пары ртути должны опорожнить весь шарикъ и трубку отъ послѣднихъ слѣдовъ воздуха; тогда по охлажденіи вся вмѣстимость термометра заполнится ртутью. Для этого не-

обходимо во время кипѣнія прогрѣвать всю трубку, чтобы пары ртути не сгущались въ ней, а доходили до верхняго резервуара. Обыкновенно, послѣ перваго кипяченія еще остается въ мѣстѣ соединенія шарика съ трубкой замѣтный пузырекъ воздуха, его выгоняють, повторяя кипяченіе, но для простыхъ термометровъ употребляютъ болѣе легкій приемъ, который будетъ описанъ далѣе. Кончивъ наполненіе, можно открыть вспомогательный резервуаръ, довести ртуть въ немъ до кипѣнія и вновь запаять, тогда по охлажденіи паровъ ртути надъ нею въ трубкѣ и вспомогательномъ резервуарѣ образуется болѣе совершенная пустота. Если въ трубкѣ подъ ртутью гдѣ-либо остался воздухъ, то столбикъ ея въ этомъ мѣстѣ раздѣлится. При тщательной работѣ этого не должно случиться, въ противномъ случаѣ шарикъ нагрѣвають пока всѣ раздѣленные части столбика не перейдутъ въ вспомогательный резервуаръ и тамъ не соединятся, давъ воздуху возможность подняться выше поверхности ртути.

У насъ стеклодувамъ приходится чуть-ли не чаще чинить комнатные термометры, замѣняя сломавшуюся трубку новою, чѣмъ дѣлать новые. Поэтому имъ безпрестанно предлагаютъ по-видимому очень трудную работу: сдѣлать термометръ съ accurately тою-же длиною градуса, какъ старый. Эта задача рѣшается очень просто: у каждого мастера имѣется всегда запасъ въ нѣсколько сотъ термометровъ трехъ общепотребительныхъ размѣровъ, изготовленныхъ до вышеописанной стадіи работы. Каждый изъ нихъ былъ нагрѣтъ до температуры нѣсколько вышшей, чѣмъ конецъ предполагаемой шкалы, и положенъ горизонтально, такъ что при охлажденіи столбикъ ртути отдѣлился отъ ея избытка въ резервуарѣ. Если потомъ часть этой ртути и опустится опять въ трубку, то она все-таки останется отдѣленной отъ нижней, и не помѣшаетъ дѣлу. Въ такомъ видѣ на термометрахъ опредѣляютъ приблизительно точки  $0^{\circ}$  и  $20^{\circ}$  R. (или  $25^{\circ}$  C.) и отмѣчаютъ чертами, проведенными по стеклу перомъ или кисточкою, чернымъ лакомъ <sup>1)</sup>.

Имѣя такой запасъ, мастеру остается смѣрить циркулемъ

---

<sup>1)</sup> Можно брать для этого и, вообще для надписей на стеклѣ «лакъ скоро высыхающій, черный», фабрики Бр. Васильевыхъ, разбавленный скипидаромъ на столько, чтобы онъ легко сходилъ съ пера или рейс-федера.

разстояніе между  $0^{\circ}$  и  $20^{\circ}$  на данной шкалѣ и искать въ своемъ запасѣ трубку, гдѣ разстояніе между чертами отличается отъ него не болѣе чѣмъ на 0,5 мм. Вѣроятность найти такую трубку между сотнями подобныхъ, конечно, достаточно велика. Заботливый мастеръ каждый день старается прибавить новыя и новыя трубки къ своему запасу.

Подготовленные такимъ образомъ термометры улучшаются отъ храненія; чрезъ нѣсколько дней или даже недѣль почти всегда вновь выдѣляется изъ ртути пузырекъ, раздѣляющій столбикъ; пузырекъ этотъ еще легко удалить, но онъ испортилъ-бы термометръ, если-бы работа была сразу доведена до конца. Для окончанія термометра надо нагрѣть его до такой температуры, чтобы ртути вылилось ровно столько, сколько нужно, и нуль дѣленій пришелся на заданномъ мѣстѣ шкалы. Когда на шкалѣ должны быть и точка нуля и точка кипѣнія, французы обыкновенно производятъ это нагрѣваніе въ кипящемъ растворѣ поваренной соли, дающемъ  $110^{\circ}$  С., и продолжаютъ дѣленія ниже  $0^{\circ}$  и выше  $100^{\circ}$ , на сколько позволяетъ мѣсто. Выдѣливъ излишекъ ртути, вспомогательный резервуаръ отпаиваютъ, и если нужно укорачиваютъ при этомъ трубку. Конецъ ея обыкновенно загибается подъ прямымъ угломъ къ плоскости внутренняго просвѣта трубки и входитъ въ соотвѣтственное углубленіе шкалы, чтобы обезпечить ихъ взаимную неподвижность (рис. 27, 7). Совершенно подобнымъ-же пріемомъ наполняются и спиртовые термометры, только съ ними меньше церемонятся, потому что болѣе широкая трубка и способность спирта смачивать стѣнки всегда даютъ возможность и въ готовомъ термометрѣ соединить раздѣлившіеся столбики, сообщая всей трубкѣ толчки.

Въ такомъ состояніи термометра опредѣляютъ обыкновенно  $0^{\circ}$  и  $20^{\circ}$  и отмѣчаютъ прямо на трубкѣ, потому что шкалы комнатныхъ термометровъ такого вида обыкновенно могутъ портиться отъ погруженія въ воду. Объ изготовленіи шкалы будетъ сказано дальше.

Особенности изготовленія болѣе точныхъ термометровъ обусловливаются необходимостью выбрать трубку съ правильнымъ калибромъ и малымъ размѣромъ этого калибра. Работа начинается обыкновенно съ того, что отрѣзываютъ запаянные на заводѣ концы трубки и вводятъ въ нее столбикъ чистой ртути, длиною отъ 4 до 5 см. Не слѣдуетъ для этого, погруживъ ко-

нецъ въ ртуть, сосать ртомъ, чтобы не попала влага въ трубку; лучше надѣть на свободный конецъ резиновую трубку (черную или красную, не содержащую внутри порошка талька, какъ сѣрыя) и произвести всасываніе, зажимая пальцами эту трубку сначала въ двухъ мѣстахъ, а потомъ отпуская въ мѣстѣ ближайшемъ въ стеклянной трубкѣ. Если трубка достаточно толстостѣнная, ея упругость пересилить давленіе атмосферы и разряженіе будетъ значительное. Но можетъ случиться, что діаметръ просвѣта трубки такъ малъ, что капиллярное отталкиваніе ртути перевѣситъ производимую такимъ способомъ разность давленій. Тогда надо будетъ, запаявъ опять верхній конецъ трубки, нагрѣть ее по всей длинѣ и потомъ погрузить нижній конецъ въ ртуть; по охлажденіи ртуть взойдетъ навѣрное въ каждую гоную для термометра трубку.

Ведя столбикъ, его заставляютъ передвинуться къ одному концу трубки простымъ нагибаніемъ, когда трубка пошире, или стучая пальцемъ по тому концу, куда надо передвинуть столбикъ: отъ удара по трубкѣ, направленнаго вдоль ея длины, она получаетъ непосредственно толчекъ, а ртуть связанная съ ней только треніемъ, по инерціи остается на томъ-же мѣстѣ пространства. Положеніе концовъ столбика отмѣчаютъ на трубкѣ, измѣряютъ циркулемъ его длину и затѣмъ повторяютъ то же самое въ разныхъ другихъ мѣстахъ трубки. Для самыхъ лучшихъ термометровъ выбираютъ тѣ части трубокъ, гдѣ столбикъ около 5 см длиною мѣняется меньше чѣмъ на  $\frac{1}{5}$  миллиметра; трубки-же гдѣ измѣненія не больше  $\frac{1}{2}$  мм. еще считаются годными для хорошихъ, химическихъ термометровъ.

Дальнѣйшій ходъ работы зависитъ отъ того, взята-ли толстостѣнная трубка для термометра съ дѣленіями на самой трубкѣ, или тонкостѣнная, требующая шкалы, заключенной въ оболочкѣ. Въ обоихъ случаяхъ необходимо принимать всѣ мѣры, чтобы внутрь трубки не попала влага, изъ продуктовъ горѣнія газа или изъ рта выдувающаго; для узкой трубки къ тому-же невозможно выдуть резервуаръ на концѣ, продувая чрезъ нее воздухъ силою своихъ легкихъ.

Французскіе стеклодувы работаютъ въ слѣдующемъ порядкѣ: выбранный кусокъ толстостѣнной трубки нагрѣвается осторожно на одномъ концѣ, причемъ ее держатъ подъ острымъ угломъ къ направленію пламени, чтобы паче чаянія продукты горѣнія

не попали въ отверстіе и, когда этотъ конецъ только что станетъ краснѣть, къ нему прижимають размягченный конецъ оттянутой

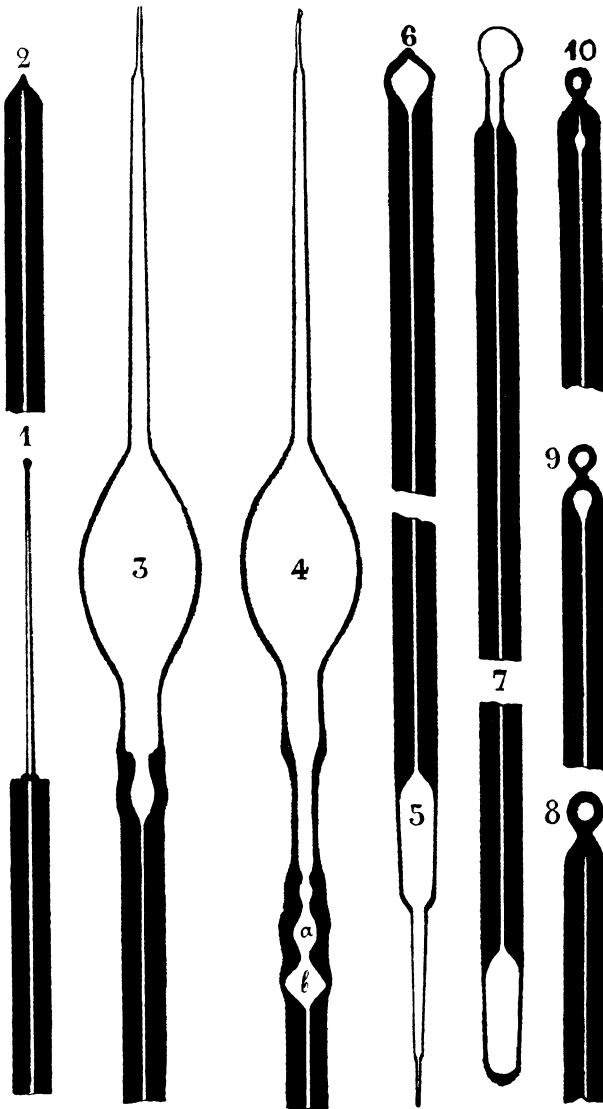


Рис. 30.

трубочки, чтобы такимъ образомъ на время закрыть отверстіе (рис. 30, 1). Послѣ этого можно безопасно прогрѣть и запаять этотъ конецъ трубки (рис. 30, 2), а къ другому ея концу при-

паять временный резервуаръ, оттянутый и выдутый изъ другой довольно толстостѣнной трубки, примѣрно въ 1 см. діаметромъ. Чтобы не запаять при этомъ просвѣта термометренной трубки надо направлять пламя вкось, со стороны трубки: тогда края начнутъ накаливаться раньше центра и можно будетъ къ нимъ припаять резервуаръ и начать раздувать самую трубку раньше, чѣмъ ея конецъ запаяется. Если трубка очень узка или работающій не искусенъ, то надо приготовить конецъ такъ, какъ описанно дальше для припаиванія вспомогательнаго резервуара для ртути.

Запаявъ острый конецъ этого резервуара, подогреваютъ слегка самый резервуаръ и упругостью его воздуха раздуваютъ трубку около мѣста спайки (рис. 30, 3) и потомъ, отломивъ остріе резервуара, вытягиваютъ часть этого конца въ трубочку (рис. 30, 4). Тогда снова нагреваютъ часть трубки подальше и нагреваніемъ резервуара начинаютъ формовать будущій резервуаръ термометра (рис. 29, 4). Если не удастся додѣлать его такимъ способомъ, работу оканчиваютъ, вдвывая чрезъ только что оттянутую трубочку (рис. 29, 5). Однимъ давленіемъ нагрѣтаго воздуха очень трудно правильно раздуть резервуаръ, потому что этимъ давленіемъ почти невозможно управлять: при малѣйшемъ перегрѣваніи раздутіе не останавливается на желаемой формѣ *a* (рис. 28, 4), а переходитъ въ слишкомъ тонкостѣнную форму *b* или-же лопается. Если неизвѣстенъ размѣръ резервуара, необходимый для полученія заданной длины градуса, можно сдѣлать предварительный опытъ, наполнивъ на время шарикъ ртутью чрезъ тонко-оттянутую трубку (рис. 29, 5) и запаявъ ее. Малое количество воздуха въ этомъ концѣ, оставшееся подъ ртутью, не будетъ вліять на результатъ, если нагреванію подвергнется и воздухъ запаяннаго вспомогательнаго резервуара. Удаливъ ртуть, можно измѣнить размѣръ резервуара соотвѣтственно полученному указанію.

Наполненіе ртутью совершается сначала точно также, какъ было описано выше. Но послѣ отпаиванія вспомогательнаго резервуара нагреваютъ на другой горѣлкѣ резервуаръ термометра такъ, чтобы ртуть приблизилась къ верхнему концу трубки и, накаливъ до полного размягченія этотъ конецъ, еще подогреваютъ резервуаръ. Ртуть доходитъ до накаленного мѣста и упругость ея паровъ раздуваетъ его въ шарикъ (рис. 30, 7).

Для успѣха, надо поставить спиртовую лампочку или бунзеновскую горѣлку слѣва, на такомъ разстояніи, чтобы шарикъ термометра входилъ въ ея пламя, когда верхній конецъ термометра введенъ въ пламя паяльнаго стола. Такимъ образомъ, поддерживая этотъ конецъ въ размягченномъ состояніи, можно боковымъ движеніемъ мгновенно вводить и выводить шарикъ изъ пламени.

По охлажденіи, упругость воздуха въ этомъ шарикѣ будетъ совершенно ничтожною и при достаточно широкой трубкѣ ртути станетъ свободно перетекать, звучно ударяя, какъ въ барометрѣ. Если подъ ртутью еще выдѣлится гдѣ-либо пузырекъ и раздѣлитъ столбикъ, то можно будетъ перевести этотъ пузырекъ въ верхній шарикъ и соединить всю ртуть. Можно также понизить положеніе  $0^{\circ}$  на шкалѣ, выдѣливъ часть ртути въ шарикъ. Въ такомъ видѣ не лишнее хранить термометръ нѣсколько недѣль. Потомъ отпаиваютъ шарикъ, оттягиваютъ часть трубки и образуютъ изъ нея колечко (рис. 30, 8). Если въ такомъ термометрѣ отдѣлится столбикъ ртути, то вновь соединить его бываетъ часто невозможно; кромѣ того, такой термометръ неминуемо лопнетъ, если его нечаянно нагрѣть немного выше, чѣмъ позволяетъ шкала. Чтобы устранить эти неудобства, французскіе стеклодувы дѣлаютъ на концѣ трубки небольшое раздутіе (рис. 30, 9). Дѣлается оно на готовомъ термометрѣ тѣмъ-же приѣмомъ, какъ выдувается шарикъ (рис. 30, 7), но надо очень много навыка, чтобы не раздуть слишкомъ большого расширенія и не заставить лопнуть его или резервуаръ, въ случаѣ недостаточнаго размягченія раздуваемого мѣста. Нѣмцы обыкновенно готовятъ это раздутіе заранѣе, до запаиванія термометра, но тогда расширеніе имѣетъ видъ рис. 30, 10, и въ узкой трубчкѣ на его вершинѣ легко можетъ задержаться часть попавшей въ нее ртути.

Для укороченныхъ термометровъ, гдѣ хотятъ сохранить обѣ постоянныя точки, но пользуются только частью шкалы, дѣлаютъ на трубкѣ одно или два раздутія, вмѣщающія въ себѣ столько ртути, сколько вмѣстала-бы трубка въ ненужныхъ частяхъ шкалы. Эти раздутія имѣютъ видъ какъ на рис. 29, 10 и дѣлаются на трубкѣ въ самомъ началѣ работы тѣмъ-же приѣмомъ.

Сдѣлать нѣмецкій термометръ, съ заключенной въ трубкѣ шкалой, гораздо труднѣе. Ходъ работы слѣдующій: выбранная и

отрѣзанная часть тонкой трубки, обыкновенно съ просвѣтомъ плоскаго сѣченія, запаивается съ одного конца просто, а съ

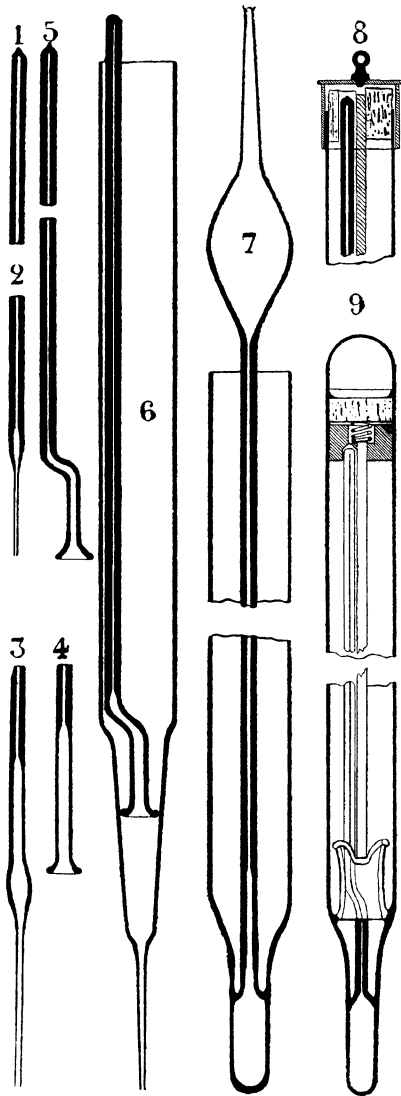


Рис. 31.

другого оттягивается при запаиваніи въ нить (рис. 31, 1). Этотъ конецъ нагрѣвають у самаго конца, потомъ нагрѣвають всю трубку и, продолжая нагрѣвать конецъ и слегка оттягивая нить, образуютъ продолговатое раздутіе (рис. 31, 2), которое отрѣзывается у самаго основанія. Къ образовавшемуся воронкообразному расширенію припаиваютъ трубочку пошире и около мѣста спая дѣлаютъ перегибъ для помѣщенія будущей шкалы, ибо сама трубка такъ узка, что при сгибаніи почти всегда запаивается сама собою. Конецъ припаянной трубочки раздуваютъ, отрѣзываютъ и образуютъ воронкообразное расширеніе (рис. 30, 3, 4, 5). Выбравъ и отрѣзавъ трубку для внѣшней оболочки термометра, оттягиваютъ ея конецъ, изъ котораго будетъ образованъ резервуаръ, такъ, чтобы расширеніе конца внутренней трубки плотно касалось стѣнокъ наружной въ томъ мѣстѣ, гдѣ будетъ верхъ резервуара (рис. 30, 6). Тогда вставляютъ внутреннюю трубку на мѣсто, приклеиваютъ ея выдающійся верхній конецъ къ наружной трубкѣ воскомъ и тщательно впаиваютъ нижнее расширеніе. Для этого надо прогрѣть до полного размягченія наружную трубку въ мѣстѣ соприкосновенія и, когда будетъ видно, что слипаніе стекла совершилось кругомъ, надо

для этого надо прогрѣть до полного размягченія наружную трубку въ мѣстѣ соприкосновенія и, когда будетъ видно, что слипаніе стекла совершилось кругомъ, надо



сначала вдвухъ немного чрезъ верхній конецъ наружной трубки, а вслѣдъ затѣмъ въ ея оттянутое, нижнее остріе (рис. 30, 6). Раздутое мѣсто заставляють опять стянуться, раздувають снова, повторяя эту операцію нѣсколько разъ, чтобы быть увѣреннымъ въ полномъ соединеніи стекла. Послѣ этого доканчивають формовку резервуара, какъ описанно выше. Тогда только открываютъ верхній конецъ термометренной трубки и припаивають къ нему вспомогательный резервуаръ (рис. 30, 7); для этого при очень тонкихъ трубкахъ надо предварительно раздуть конецъ, какъ на рис. 30, 2. Если нужны раздутія на трубкѣ для укороченія шкалы ихъ дѣлають сначала, еще до приготовленія расширенія на нижнемъ концѣ.

Прежде термометры этого рода выдували иначе: резервуаръ составлялъ одно цѣлое съ термометрической трубкою, а внѣшняя оболочка напайвалась на него (см. рис. 19, 2). Однако новый способъ оказался удобнѣе. Наполненіе термометровъ съ заключенной шкалой не представляетъ никакихъ особенностей и дѣлается съ помощью вторичнаго шарика (рис. 29, 7) или безъ него, смотря по тому, имѣется-ли въ виду приготовить точный научный или медицинскій термометръ, или-же обыкновенный, дешевый. Подогрѣвъ верхній конецъ наружной трубки, можно отпаять внутреннюю короче ея наружнаго края; въ такомъ случаѣ можно этотъ край запаять прямо или приставляя кусокъ трубки такого-же діаметра. Шкала дѣлается изъ пластинки молочнаго стекла, отрѣзанной алмазомъ отъ листа, иногда-же изъ вытянутой на заводѣ полоски молочнаго стекла. Укрѣпляется такая шкала главнымъ образомъ на верхнемъ концѣ трубки, между двумя половинками разрѣзанной пробки (рис. 31, 8). Благодаря тренію, можно такимъ образомъ аккуратно установить шкалу и потомъ наклеить сургучемъ на верхній конецъ трубки мѣдный колпачекъ. Бумажную шкалу свертываютъ въ трубочку и снабжаютъ въ двухъ мѣстахъ каплями сургуча или воска; трубочку термометра въ такомъ случаѣ заставляють прилегать къ наружной, какъ обозначено на нашемъ рисункѣ. Когда бумажная шкала вдвинута въ трубку, она, стремясь развернуться, крѣпко держится въ ней. Трубку можно потомъ запаять или заклеить колпачкомъ, и даже послѣ этого бумажную шкалу еще возможно передвинуть, сообщая термометру толчки. Когда-же она на мѣстѣ, остается разогрѣть трубку тамъ,

гдѣ на шкалѣ сургучъ, чтобы прикрѣпить эту послѣднюю. Такимъ-же приѣмомъ иногда укрѣпляютъ сургучемъ къ наружной трубкѣ внизу и стеклянную шкалу.

Стеклянная шкала, укрѣпленная только на верхнемъ концѣ пробкою и сургучемъ, можетъ съ теченіемъ времени перемѣститься относительно термометрической трубки. Поэтому недавно берлинскій механикъ Фюссъ придумалъ болѣе надежный способъ прикрѣпленія шкалы (рис. 31, 9). Нижній конецъ опирается плотно въ углубленіе особой стеклянной воронкообразной части, впаянной въ нижнюю часть наружной оболочки термометра. Наверху шкала входитъ въ прорѣзъ цилиндрика изъ роговаго каучка, прижимаемаго сверху пробкою, залитою шеллакомъ; между пробкою и каучкомъ положена еще спиральная металлическая пружина. Сверхъ всего этого, немного отступя, наружная трубка запаивается или заклеивается мѣднымъ колпачкомъ, если не желаютъ напрасно удлинять ее. Очевидно, что такую шкалу надо сразу пригнуть и передвигать ее для установки нуля уже невозможно. Исполненіе такого термометра не представляетъ особаго затрудненія для опытнаго стеклодува: сначала конецъ трубки разворачивается въ коническую воронку; разогрѣвъ эту воронку, ее придавливаютъ, немного менѣе, чѣмъ нужно, по діаметральной плоскости краемъ пластинки, потоньше чѣмъ шкала. Потомъ, разогрѣвъ только оба угла, на мгновеніе придавливаютъ самой шкалой, чтобы образовались два рѣзко очерченныя, плотно приходящіяся углубленія для ея нижняго конца. Пинцетами можно выправить гдѣ нужно образовавшуюся воронкообразную опору. Затѣмъ отрѣзываютъ лишнюю часть трубки, разворачиваютъ нижній конецъ и впиваютъ тѣмъ-же приѣмомъ какъ и термометрическую трубку, но прежде этой послѣдней.

Нѣмецкіе мастера предпочитаютъ дѣлать термометры съ вставной шкалой, а французскіе: съ дѣленіями на самой трубкѣ. Только эти послѣдніе механически неизмѣняемы: въ нихъ шкала не можетъ передвинуться относительно трубки и непремѣнно обладаетъ тѣмъ-же коэффиціентомъ расширенія. Поэтому разъ опредѣленныя поправки на калибръ трубки остаются неизмѣнными, пока термометръ цѣль.

Зато, тонкія, капиллярныя трубки оказываются съ болѣе правильнымъ калибромъ, чѣмъ тонкостѣнныя, а на полосы

молочнаго стекла шкала выходитъ болѣе разборчивая, чѣмъ на цилиндрической трубкѣ и краска на дѣленіяхъ не смывается при погруженіи въ жидкости.

Но для точныхъ термометровъ необходимо принимать во вниманіе и разность коэффиціентовъ расширенія шкалы и трубки, при высокихъ температурахъ поправки доходятъ до нѣсколькихъ десятыхъ градуса, какъ показали изслѣдованія Wiebe и Möller въ *Zeitschr. f. Instrumentenkunde* 1908, стр. 137. Болѣе обстоятельное изслѣдованіе, Meissner, въ томъ же журналѣ 1909 г. стр. 93, показало, что поправка будетъ замѣтно меньше, если на трубкѣ сдѣлано расширеніе, чтобы укоротить термометръ, сохранивъ на немъ, для провѣрки, точки  $0^{\circ}$  и  $100^{\circ}$ .

Для самыхъ грубыхъ, дешевыхъ термометровъ шкалы печатаютъ на бумагѣ или штампуютъ на деревѣ или на металлѣ, и подбираютъ наиболѣе подходящія къ приготовленнымъ трубкамъ. Надо вовсе не очень много шкалъ разной длины дѣленій, чтобы удовлетворить требованіямъ практики: на комнатныхъ термометрахъ длина градуса бываетъ обыкновенно отъ 2 до 3 миллиметровъ. Опытный мастеръ можетъ безъ затрудненія сдѣлать термометръ съ длиною градуса, не выходящей изъ этихъ предѣловъ; значитъ изъ 20 шкалъ, гдѣ длина  $20''$  послѣдовательно возрастаетъ отъ 40 до 60 мм., найдется одна отличающаяся не болѣе одного миллиметра отъ полученной.

Для термометровъ немного лучше, дѣленія дѣлаютъ на дѣлительной машинѣ, на основаніи опредѣленной по сравненію длинѣ  $20^{\circ}$  или-же всего разстоянія отъ  $0^{\circ}$  до точки кипѣнія воды. Поправку на стояніе барометра, простые нѣмецкіе термометренные мастера обыкновенно не дѣлаютъ, потому что не умѣютъ. Для такъ называемыхъ «нормальныхъ» и «химическихъ» термометровъ, содержащихъ на шкалѣ основныя точки, равно какъ и для «медицинскихъ», обыкновенно опредѣляютъ, по сравненію съ нормальнымъ термометромъ мастера, нѣсколько точекъ, чрезъ  $20^{\circ} R$  или  $25^{\circ} C$ , и дѣлятъ на равныя части полученные не равныя между собою промежутки. Всѣ продажные термометры лучшаго сорта бываютъ раздѣлены такимъ способомъ; поэтому-то на нихъ рѣдко получаютъ ошибки, перевышающіе  $1^{\circ}$ , но зато ихъ не удается калибровать для полученія большей точности, потому что дѣленія ихъ шкалы измѣняются не непрерывно, а скачками. Нако-

нецъ, современные научные термометры снабжаются шкалами, сдѣланными на хорошей дѣлительной машинѣ и представляющими децимальныя дѣленія разстоянія между точками таянія льда и кипѣнія воды при нормальномъ давленіи. Въ случаѣ когда термометръ имѣетъ укороченную шкалу, объемъ расширеній опредѣляется калиброваніемъ.

Винтовые дѣлительныя машины и ихъ употребленіе, достаточно описываются въ курсахъ физики, а вытравленіе дѣленій на стеклѣ описано выше, когда говорилось о приборахъ для анализа мѣрой. Но для грубыхъ работъ стеклодувы пользуются дѣлительными машинами безъ винта, основанными на свойствѣ подобныхъ треугольниковъ и параллельныхъ линій. Одна изъ такихъ машинъ описана и изображена въ извѣстной книгѣ Frick, «Physicalische Technik», подробнаго описанія здѣсь эти машины не заслуживаютъ по ихъ неточности. Выгода ихъ заключается только въ дешевизнѣ самой машины и въ скорости работы: если на термометрѣ можно на глазъ замѣтить неравной длины градусы, стоящіе рядомъ, то онъ навѣрно былъ раздѣленъ на машинѣ такого рода.

Тюрингенскіе стеклодувы обыкновенно употребляютъ такого рода дѣлительныя машинки, дающія возможность подраздѣлять данное разстояніе на 100, 80 или другое число частей, непревышающее число нарѣзокъ на одной изъ имѣющихся линейекъ. Вѣроятно это одна изъ главныхъ причинъ, по которой на продажныхъ термометрахъ рѣдко бываетъ введена поправка на измѣненіе точки кипѣнія съ давленіемъ атмосферы. Дѣйствительно, зная что найденное, на примѣръ при 750 мм. давленія, разстояніе отъ 0° до точки кипѣнія содержитъ только 99,63 С, надо найти  $\frac{1}{99,63}$  часть этого разстоянія и отложить эту длину 100 разъ, начиная отъ 0°, чтобы получить на шкалѣ положеніе направленной точки кипѣнія. Но такой операціи на вышеуказанныхъ машинкахъ сдѣлать нельзя; поэтому остается только пренебрегать поправкою.

Можно однако подступиться къ дѣлу иначе: надо вычислить разстояніе истинной точки кипѣнія отъ найденной, нанести эту точку на шкалу и раздѣлить на 100 ея разстояніе отъ 0°. Это дѣленіе можно произвести и на упрощенной дѣлительной машинкѣ. Для облегченія такого вычисленія надо выписать изъ

таблицы Реньо на сколько градусовъ (или частей градуса) температура кипѣнія ниже или выше  $100^{\circ}$ , когда давленія атмосферы ниже или выше 760 мм. на цѣлыя числа миллиметровъ. Тѣ-же цифры выразятъ въ миллиметрахъ, разстоянія истинной точки кипѣнія отъ найденной для термометра, у котораго разстояніе отъ  $0^{\circ}$  до  $100^{\circ}$  равно 100 миллиметровъ. Если-же оно въ  $n$  разъ больше, то остается помножить на  $n$  найденную изъ такой таблицы поправку, чтобы получить искомое разстояніе въ миллиметрахъ.

Наша таблица выписана изъ болѣе подробной таблицы О. J. Broch, вычисленной на основаніи опытовъ Реньо и помѣщенной въ I томѣ «Memoires du Bureau International des Poids et Mesures», р. 47—48, А.

| Точка кипѣ-<br>нія ниже<br>$100^{\circ}$ на: | При разности<br>давленія<br>отъ 760 м.: | Точка кипѣ-<br>нія выше<br>$100^{\circ}$ на: |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|
| 0,037 <sup>0</sup>                           | 1 мм.                                   | 0,037                                        |
| 074                                          | 2                                       | 073                                          |
| 111                                          | 3                                       | 110                                          |
| 147                                          | 4                                       | 146                                          |
| 184                                          | 5                                       | 183                                          |
| 221                                          | 6                                       | 219                                          |
| 258                                          | 7                                       | 256                                          |
| 295                                          | 8                                       | 292                                          |
| 332                                          | 9                                       | 329                                          |
| 369                                          | 10                                      | 365                                          |
| 406                                          | 1                                       | 401                                          |
| 444                                          | 2                                       | 437                                          |
| 481                                          | 3                                       | 474                                          |
| 518                                          | 4                                       | 510                                          |
| 555                                          | 5                                       | 546                                          |
| 593                                          | 6                                       | 582                                          |
| 630                                          | 7                                       | 618                                          |
| 667                                          | 8                                       | 654                                          |
| 705                                          | 9                                       | 690                                          |
| 742                                          | 20                                      | 726                                          |
| 780                                          | 1                                       | 762                                          |
| 817                                          | 2                                       | 798                                          |

| Точка кипѣ-<br>нія ниже<br>100° на: | При разности<br>давленія<br>отъ 760 м.: | Точка кипѣ-<br>нія выше<br>100° на: |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| 855                                 | 23                                      | 833                                 |
| 893                                 | 4                                       | 869                                 |
| 931                                 | 5                                       | 905                                 |
| 968                                 | 6                                       | 941                                 |
| 1,006                               | 7                                       | 976                                 |
| 044                                 | 8                                       | 1,012                               |
| 0,082                               | 9                                       | 0,047                               |
| 120                                 | 30                                      | 083                                 |

Для стеклодувовъ-практиковъ, не сильныхъ въ ариѳметикѣ, можно было-бы вычислить особую таблицу, чтобы замѣнить умноженіе сложеніемъ. Для этого надо было-бы прибавить столбцы, содержащіе цифры перваго, помноженныя послѣдовательно на 2, 3,...9; тогда вмѣсто умноженія пришлось-бы складывать цифры, взятые изъ таблицы, переставивъ въ нихъ какъ слѣдуетъ запятые, на подобіе пользованія таблицами для пересвода мѣръ.

Было придумано и описано множество видоизмѣненій термометра для разныхъ цѣлей; большею частью такія усовершенствованія на опытѣ не оправдались и были забыты. Только максимальные медицинскіе термометры въ большомъ употребленіи: въ нихъ отдѣленъ пузырькомъ воздуха небольшой столбикъ ртути; при повышеніи температуры ртуть толкаетъ этотъ столбикъ впередъ собою, а при охлажденіи онъ остается на мѣстѣ. Для новаго опыта столбикъ надо возвратитъ внизъ помощью толчковъ <sup>1)</sup>. Медицинскіе термометры обыкновенно раздѣлены на  $\frac{1}{10}$  градуса и имѣютъ дѣленія только между 35° и 42° С., на лучшихъ дѣлаютъ еще дѣленіе и около 0° для повѣрки его положенія. Пузырекъ, отдѣляющій столбикъ, можетъ пристать гдѣ-либо къ стѣнкамъ трубки, тогда столбикъ пройдетъ мимо и соединится съ остальной ртутью, термометръ перестанетъ быть

---

<sup>1)</sup> Безопаснѣе для цѣлости термометра примѣнять центробѣжную силу: для этого берутъ термометръ въ кулакъ, шарикомъ отъ себя, и быстро машутъ вытянутой рукою.

максимальнымъ. Самымъ лучшимъ средствомъ противъ этого оказалось впайваніе сплошной стеклянной нити въ резервуаръ, вдоль оси термометра, такъ что она входитъ въ расширенное начало трубки. Столбикъ всегда отдѣляется въ томъ мѣстѣ, гдѣ конецъ этой нити производитъ рѣзкое измѣненіе въ величинѣ свободного сѣченія трубки. Максимальный термометръ приборъ не вполне надежный: когда температура повышается, легкій толчекъ обыкновенно заставляетъ столбикъ подвинуться около цѣлаго дѣленія кверху, благодаря упругости воздуха пузырярка его отдѣляющаго.

О чувствительности медицинскихъ термометровъ помѣщено подробное изслѣдованіе въ № 3 Deutshe Mech. Zeit. за 1909 г. Пр. Вибе. Оказалось, что въ настоящее время въ употребленіи три конструкціи максимальныхъ, медицинскихъ термометровъ. Термометры, гдѣ столбикъ отдѣленъ просто пузырькомъ воздуха не выгодны, потому что съ теченіемъ времени пузырекъ нерѣдко перестаетъ отдѣлять столбикъ и термометръ изъ максимальнаго обращается въ обыкновенный. Англійскіе мастера дѣлаютъ на капиллярной трубкѣ суженіе и въ этомъ мѣстѣ столбикъ раздѣляется при охлажденіи, а нѣмцы предпочитаютъ вышеописанное устройство со стержнемъ, впаяннымъ въ резервуаръ. Медики очень цѣнятъ быстроту, съ которой устанавливается температура, потому въ продажѣ «имѣются минутные» и даже «полуминутные» термометры. Эту-то скорость установки и изслѣдовалъ Вибе для ряда термометровъ отъ разныхъ мастеровъ.

Оказалось, что въ водѣ 40° С эти термометры дѣйствительно устанавливаются въ теченіи отъ 5 до 17 секундъ, во рту, подъ языкомъ они требовали отъ 33 до 210 секундъ, а подмышкою, какъ ихъ обыкновенно употребляютъ, ни одинъ не установился раньше 4 минутъ, а большинство требовало минутъ 10—15. Такимъ образомъ минутные термометры оказываются лишь по названію.

Наиболѣе скоро устанавливались термометры съ дѣленіемъ на самой трубкѣ, съ узкимъ резервуаромъ, со стѣнками лишь въ 0,1 мм., англійскаго образца. Стерженекъ, впаянный въ резервуаръ задерживаетъ нагрѣваніе, также какъ и расширеніе въ началѣ трубки, которое необходимо дѣлать въ термометрахъ со шкалой запаянной въ трубкѣ.

Точность установки медицинских—максимальнымъ термометровъ не превышаетъ 0, 1 градуса. Толчекъ во время нагрѣванія можетъ повысить показаніе на нѣсколько десятыхъ градуса. Говорятъ что этимъ часто объясняются «скачки» температуры у нѣкоторыхъ нервныхъ больныхъ.

Ртутный термометръ съ пустотою надъ ртутью не можетъ служить дальше 250° до 360°, потому что ртуть закипаетъ въ пустотѣ при болѣе низкой температурѣ. Чтобы наблюдать высшія температуры, до 450 и даже до 500°, надъ ртутью оставляютъ при запаиваніи азотъ при атмосферномъ давленіи. Это сдѣлать не трудно: когда термометръ наполненъ и вспомогательный резервуаръ запаенъ послѣ освобожденія отъ воздуха посредствомъ кипяченія ртути, остается одѣть на остріе каучуковую трубочку отъ резервуара съ азотомъ, открыть кранъ этого резервуара, пока трубочка еще не плотно надвинута на коническую часть острія, надвинуть ее плотно когда струя азота вытѣснитъ воздухъ, заключающійся въ трубкѣ, и тогда отломить запаенный кончикъ внутри каучуковой трубки. Азотъ наполнитъ пустоту и останется просто отпаять вспомогательный резервуаръ. Но предварительно надо приготовить расширение на концѣ трубки, иначе упругость воздуха слишкомъ сильно возрастетъ, когда столбикъ дойдетъ до верха шкалы, особенно если и окончность термометра нагрѣта. Объемъ расширения разсчитываютъ на 4 или 5 атмосферъ внутренняго давленія. Такіе термометры нельзя калибровать готовыми, потому что упругость газа не позволитъ отдѣлать и перемѣщать столбики; калибровку надо произвести раньше введенія азота.

Теперь умѣютъ вводить газъ въ термометры и подъ большимъ давленіемъ, чѣмъ атмосферное: для этого надъ первымъ расширеніемъ въ верхней части термометренной трубки дѣлаютъ второе и вводятъ въ него нѣсколько крупинокъ шеллаку. Соединивъ трубку съ нагнетательнымъ насосомъ, въ трубкѣ надъ ртутью сжимаютъ газъ или соединяютъ его съ резервуаромъ наполненнымъ газомъ сжатымъ до желаемого давленія и тогда расплавляютъ шеллакъ, который входитъ въ капиллярную часть трубки и, остывая, закрываетъ ее герметически. Тогда остается запаять трубку немного повыше, для большей вѣрности. Надо помнить, что резервуаръ такого термометра съ силою разлетится, если почему-либо дастъ трещину.



### **б) Провѣрка готовыхъ термометровъ.**

Въ курсахъ физики обыкновенно указываютъ на несовершенства ртутнаго термометра, дѣлающія необходимыми многія поправки, безъ которыхъ показанія этого прибора могутъ оказаться очень отдаленными отъ истины. Со времени учрежденія международного бюро мѣръ и вѣсовъ въ Севрѣ, возлѣ Парижа, главнымъ образомъ трудами членовъ этого бюро вопросъ о правильномъ пользованіи ртутными термометрами былъ основательно разработанъ. Подробное изложеніе этихъ работъ помѣщено въ мемуарахъ международного бюро, частью въ журналѣ «*Zeitschrift für Instrumentenkunde*», а сводъ результатовъ въ книгѣ С. Е. Guillaume: *Thermométrie de précision*. Paris 1889. Здѣсь мы изложимъ по возможности коротко и догматично правила пользования ртутными термометрами на основаніи вышеуказанныхъ работъ.

Иногда при опытахъ термометръ служитъ только для опредѣленія побочныхъ обстоятельствъ, напримѣръ, при анализѣ, для опредѣленія температуры воздушной ванны, въ которой сушатъ изслѣдуемый осадокъ. Здѣсь ошибка въ 1 или 2 градуса ничего не значитъ; нельзя даже ручаться, что температура тѣла не отличается на такую величину отъ температуры термометра. Для такихъ случаевъ достаточно точны обыкновенные продажные химическіе термометры; подвергать ихъ нѣкоторой провѣркѣ не лишнее только, чтобы удостовѣриться нѣтъ-ли случайной ошибки. Такъ мнѣ попался разъ термометръ, пріобрѣтенный въ хорошемъ магазинѣ физическихъ приборовъ за хорошую цѣну, въ которомъ оказалось только 99<sup>0</sup> между 0<sup>0</sup> и 100<sup>0</sup>; мы увидимъ далѣе, что положеніе нуля поднимается иногда болѣе чѣмъ на 20<sup>0</sup> на термометрахъ для высокихъ температуръ, во время работы.

Другое дѣло термометры для настоящихъ научныхъ опредѣленій температуры. Тутъ надо примѣнить всѣ предосторожности, если хотятъ получить надежный результатъ и точность въ сотыхъ доляхъ 1<sup>0</sup> С. Такъ, напримѣръ, при точномъ сравненіи разныхъ образцовъ метра, ошибка въ 0,1<sup>0</sup> С. при опредѣленіи температуры произведетъ уже разницу почти въ 0,002 миллиметра для латуннаго образца, а эта величина больше неизбѣжной ошибки хорошаго сравненія. Въ такихъ случаяхъ надо брать

только хорошо проверенные термометры лучших мастеровъ, какъ, напимѣръ, Тоннело въ Парижѣ и Фюсса въ Берлинѣ. Впрочемъ, въ послѣднее время появились въ продажѣ и болѣе дешевые термометры изъ іенскаго нормальнаго стекла (фабричное клеймо стекла: тонкая красная полоска вдоль трубки); эти приборы послѣ предварительной калибровки и проверки тоже могутъ иногда давать достаточную точность, потому что ихъ постоянныя точки измѣняются также мало, какъ и у перворазрядныхъ. Однако калибровать ихъ не всегда удается, цотому что они раздѣлены обыкновенно не на части равной длины, а градуированы по сравненію, такъ что дѣленія ихъ обыкновенно измѣняются скачками.

Въ настоящее время ртутный термометръ сталъ точнымъ и надежнымъ измѣрительнымъ приборомъ, благодаря трудамъ членовъ Международнаго Бюро Мѣръ и Вѣсовъ и Берлинскаго Физическаго Имперскаго Учрежденія, а также и успѣхамъ въ области приготовленія и обработки стекла. Но эти благопріятные результаты обусловливаются соблюденіемъ множества предосторожностей и специальныхъ пріемовъ изготовленія, вывѣрки и употребленія термометровъ.

Оствальдъ, въ своемъ «Руководствѣ для физико-химическихъ измѣреній», приводитъ слѣдующія данныя для степени точности термометрическихъ измѣреній при посредствѣ ртутныхъ термометровъ:

При самыхъ благопріятныхъ условіяхъ, маленькія разности температуръ можно измѣрять до  $\pm 0,0002^{\circ}\text{C}$ . Между 0 и  $100^{\circ}\text{C}$  точность можетъ достигать до  $\pm 0,005^{\circ}\text{C}$ , вблизи  $200^{\circ}\text{C}$ —до  $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$ , вблизи  $300^{\circ}\text{C}$ —до  $\pm 0,03^{\circ}\text{C}$ , вблизи  $400^{\circ}\text{C}$ —до  $\pm 0,1^{\circ}$ , а около  $500^{\circ}\text{C}$ —только до  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ .

Большая часть пріемовъ вывѣрки термометровъ была уже выработана въ Международномъ Бюро, и описана мною подробно въ изданіи «Обработка стекла на паяльномъ столѣ», вышедшей въ 1892 году. Съ тѣхъ поръ лучше опредѣлили нѣкоторыя числовыя данныя и достигли лучшаго согласія въ показаніяхъ термометровъ при высокихъ температурахъ, а также нашли средство опредѣлять поправки на выдающийся столбикъ.

На практикѣ дѣло сложилось слѣдующимъ образомъ. Въ Германіи, Франціи, Англіи, Бельгіи и Сѣверо-Американскихъ Штатахъ уже устроены учрежденія, снабжающія выпускаемые въ

продажу термометры официальными свидетельствами <sup>1)</sup>. Первостепенные нормальные термометры подвергаются калиброванию, для них определяют поправки основных точек, влияние внутреннего и внешнего гидростатического давления, и все это сообщают в засвидетельствованной подробной записи. Для второстепенных и обыкновенных термометров повѣряют лишь положеніе нѣсколькихъ точекъ шкалы.

Благодаря этому, в лабораторіяхъ остается лишь повѣрять положеніе 0°, измѣняющееся, какъ извѣстно, и съ теченіемъ времени, и послѣ каждого значительнаго нагрѣванія, а также сравнивать разные второстепенные термометры со своимъ нормальнымъ.

За «нормальный» градусъ ртутнаго термометра принимаютъ сотую долю пространства между постоянными точками опредѣленными такъ <sup>2)</sup>:

0° составляетъ температура плаванія льда при давленіи вѣ 76 сантим. ртутнаго столба.

100° составляетъ температура кипѣнія чистой воды при давленіи 76 сантим. ртутнаго столба, приведеннаго къ уд. вѣсу 13,59593, къ 45° географической широты и къ уровню моря.

Положеніе точки 0° на шкалѣ должно быть опредѣлено чрезъ возможно малое число минутъ послѣ опредѣленія положенія точки кипѣнія, для возможно лучшаго исключенія влияния переменчивости постоянныхъ точекъ, вслѣдствіе упругаго послѣдствія стекла термометра.

Для термометровъ изъ «твердаго» стекла и нормальнаго іенскаго, измѣненія разстоянія постоянныхъ точекъ, опредѣленныхъ такимъ образомъ, далеко меньше точности наблюденія при опредѣленіи этихъ точекъ <sup>3)</sup>.

Это опредѣленіе «нормальнаго» градуса немного отличается отъ обыкновеннаго. Такъ вѣ опытахъ Реньо давленіе вѣ 760 мм. при 0°, будучи приведено къ 45° широты и къ уровню моря, дастъ только 759,7462 мм. Поэтому градусы Реньо выходятъ немного больше нормальныхъ и для перевода, ихъ надо помно-

---

<sup>1)</sup> Правила этихъ повѣрокъ описаны подробно вѣ *Zeitschrift für Instrumentenkunde, Beiblatt: Deutsche Mechaniker Zeit.*, p. 169, 1904; pp. 120, 187, 206. 1905.

<sup>2)</sup> См. Т. I, стр. А 43, О. I Broch, Points fixes des thermomètres.

<sup>3)</sup> См. Т. V, стр. 67, Ch. Ed. Guillaume, Etudes thermometriques.

жать на 1,000093176. Брошь перечислилъ извѣстную таблицу Реньо для температуръ кипѣнія воды на нормальные градусы, для всѣхъ десятихъ долей мм. между 680 мм. и 800 мм. <sup>1)</sup>. Для С.-Петербурга, при широтѣ въ 60°, онъ опредѣляетъ наблюдаемую высоту столба ртути плотности 13,59393 соответствующую 760 мм. при 45° широты въ 759,017 мм. Другими словами, въ Петербургѣ нормальные 100° С. соответствуетъ температурѣ кипѣнія воды при высотѣ барометра въ 759,017 мм., приведенной къ 0°.

Послѣ многихъ опытовъ въ международномъ бюро нашли наилучшими термометры, изготовляемые г. Тонело въ Парижѣ слѣдующаго устройства.

Стекло берется особаго состава, его называютъ: «verre dur et vert»; это повидимому обыкновенное довольно тугоплавкое стекло, отличное однако отъ состава легкоплавкихъ трубокъ для стеклодувнаго дѣла. Анализъ этого стекла показалъ такой составъ:

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| Кремнезема . . . . .     | 71,52       |
| Извести . . . . .        | 14,55       |
| Натра . . . . .          | 10,81       |
| Кали . . . . .           | 0,37        |
| Глинозема . . . . .      | 1,57        |
| Окси желѣза . . . . .    | 0,22        |
| Сѣрной кислоты . . . . . | 0,72        |
|                          | <hr/> 99,76 |

Къ тщательно выбранной трубкѣ діаметромъ отъ 3,5 до 5,5 мм. наружнаго діаметра припаивается резервуаръ изъ цилиндрической трубки того-же стекла, со стѣнками примѣрно въ 0,5 мм. толщины. Выдутые резервуары имѣютъ обыкновенно слишкомъ тонкія и неравномѣрныя стѣнки. Дѣленія наносятся на трубку термометра дѣлительной машиной Фромана, дающей ошибки непревышающія 0,01 мм. Градусъ имѣетъ длину отъ 6 до 7 мм., поэтому такая ошибка дѣленій оказывается за предѣломъ точности.

Самая важная причина погрѣшности при опредѣленіи температуры показываемой ртутнымъ термометромъ, заключается въ

<sup>1)</sup> См. Т. I, стр. А 46, 47 и 48.

измѣнчивости объема резервуара при  $0^{\circ}$ , вслѣдствіе упругаго послѣдствія. Объемъ этотъ увеличивается послѣ каждого нагрѣванія и тѣмъ больше, чѣмъ выше и продолжительнѣе было это нагрѣваніе, но для каждой температуры онъ имѣетъ свое предѣльное значеніе. Совершенно невозможно опредѣлить это предѣльное положеніе  $0^{\circ}$  для термометра нагрѣтаго до другой температуры  $t$ , поступая логически правильно: пока онъ охлаждается, упругое послѣдствіе дѣлаетъ свое дѣло, и когда онъ достигаетъ до  $0^{\circ}$ , объемъ резервуара будетъ уже не тотъ, какимъ онъ былъ-бы, если-бы охладился мгновенно. Но большое число опытовъ показало, что, охлаждая термометръ быстро, въ теченіи 2—3 минутъ, мы не дадимъ резервуару измѣниться на измѣримую величину, благодаря малости всего перемѣщенія нуля. Поэтому можно принять положеніе  $0^{\circ}$ , опредѣленное скоро послѣ измѣряемой температуры  $t$  за мѣру объема резервуара въ то время, когда онъ имѣлъ эту температуру, хотя въ точности это невѣрно.

Но положеніе нулевой точки мѣняется съ теченіемъ времени, если даже термометръ все это время находится при постоянной температурѣ. По опытамъ Перне <sup>1)</sup>, при этомъ положеніе  $0^{\circ}$  медленно подымается, въ теченіи мѣсяцевъ и годовъ, и приближается къ предѣльному устойчивому состоянію, быстрѣе при высшихъ температурахъ и медленнѣе при низшихъ. Поднятіе  $0^{\circ}$  происходитъ скорѣе, когда термометръ очень медленно охлаждается до  $0^{\circ}$ ; напротивъ того при быстромъ его охлажденіи поднятіе  $0^{\circ}$  задерживается, и послѣднее устойчивое его положеніе поддерживается постояннымъ на долгое время.

По послѣднимъ даннымъ, пониженіе  $0^{\circ}$  послѣ нагрѣванія до  $100^{\circ}\text{C}$ , для разныхъ сортовъ стекла найдено слѣдующее:

Для стариннаго Тюрингенскаго стекла, до  $1^{\circ}\text{C}$ .

- » Іенскаго, Шотта 16''' . . . . .  $0,096^{\circ}\text{C}$
- »       »       »   59''' . . . . .  $0,035^{\circ}\text{C}$
- »       »       »   122''' . . . . . отъ  $0,01$  до  $0,02^{\circ}\text{C}$
- » Резистенцъ-Глассъ ''', Грейнера около  $0,09^{\circ}\text{C}$
- » Французскаго, твердаго, Тоннело . .  $0,110^{\circ}\text{C}$ .

При перемѣщеніи положенія  $0^{\circ}$ , длина градуса не измѣняется замѣтно, но въ метастатическихъ термометрахъ (какъ т. Бек-

---

<sup>1)</sup> См. Т. I, стр. В 1—52.

мана), послѣ отдѣленія части ртути въ шарикѣ ея остается меньше, и значеніе длины дѣленія въ градусахъ нужно опредѣлить снова.

При самыхъ точныхъ измѣреніяхъ, положеніе  $0^{\circ}$  надо опредѣлять снова, по возможности скоро послѣ главнаго отсчета при повышенной температурѣ, но обыкновенно достаточно вычислять пониженіе по вышеприведеннымъ даннымъ, считая его пропорціональнымъ наивысшей наблюдавшейся температурѣ. На основаніи наблюдений, въ предѣлахъ отъ 0 до  $100^{\circ}$  въ Рейхсанштальтѣ была вычислена таблица поправокъ, не отличающихся болѣе, чѣмъ на тысячныя доли градуса отъ вычисленныхъ по пропорціи.

Для повѣрки точки  $0^{\circ}$  берутъ чистый, наскобленный ледъ или снѣгъ, но не пользуются больше классическимъ сосудомъ Реньо съ сѣткою на днѣ: оказалось, что проникающій воздухъ можетъ замѣтно поднять температуру термометра. Смѣсь льда или снѣга съ водою помѣщаютъ въ сосудъ съ краномъ у дна и выпускаютъ по временамъ собирающуюся на днѣ воду, потому что она принимаетъ температуру  $4^{\circ}$ , если ледъ всплылъ на поверхность. Когда же онъ лежитъ горкой, выше поверхности воды, такъ что доходитъ до дна, замѣтнаго повышенія температуры не наблюдается. Для предосторожности, сосудъ со смѣсью льда и воды, содержащій термометръ, окружаютъ другимъ концентрическимъ съ такою же смѣсью.

Когда термометры нагрѣваются до высокихъ температуръ,  $300^{\circ}$ ,  $400^{\circ}$  и даже  $500^{\circ}$ , измѣненія положенія  $0^{\circ}$  доходятъ до  $20^{\circ}$  и болѣе. Но здѣсь становится яснымъ, что мы имѣемъ дѣло съ наложеніемъ двухъ явленій противоположныхъ по знаку: каждое быстрое повышеніе температуры производитъ остающееся отчасти и по охлажденіи расширеніе сосуда, сказывающееся пониженіемъ положенія нуля. Когда-же температура поддерживается цѣлые часы или даже сутки, то начинается обратное явленіе, сжиманіе резервуара, сказывающееся повышеніемъ положенія нуля въ шкалѣ. При низшихъ температурахъ явленіе это идетъ медленно, надо дни и мѣсяцы, чтобы оно стало замѣтнымъ; напротивъ того, при  $300^{\circ}$ — $400^{\circ}$  достаточно часа нагрѣванія, чтобы повысить  $0^{\circ}$  на  $3^{\circ}$  или  $4^{\circ}$ . Нагрѣваніе до  $450^{\circ}$  въ продолженіи сутокъ достаточно, чтобы повысить положеніе нуля градусовъ на 20 въ термометрѣ изъ іенскаго стекла съ азотомъ надъ ртутью, но это положеніе становится на долгое время постоян-

нымъ, и новое нагрѣваніе до температуръ не превышающихъ температуру этого отжига уже не измѣняютъ его замѣтно. Только при 500°, когда стекло уже начинаетъ размягчаться, положеніе нуля термометровъ съ азотомъ опять начинаетъ немного понижаться подѣ вліяніемъ избытка внутреннего давленія.

Самое важное усовершенствованіе относится до термометровъ для высокихъ температуръ: оказалось, что повышеніе положенія 0° при очень продолжительномъ нагрѣваніи прекращается и не возобновляется при новомъ нагрѣваніи до температуръ, не превышающихъ температуры такого отжига. Этимъ свойствомъ отличаются сорта іенскаго стекла 16"', 59"' и 122"', особенно тугоплавкое, предназначенное для трубокъ для элементарнаго органическаго анализа. Чтобы задержать кипѣніе ртути, въ термометръ вводятъ углекислоту или азотъ подѣ давленіемъ до 10 атмосферъ <sup>1)</sup>, въ такомъ случаѣ термометры изъ стекла 16"' можно употреблять до 420°C, а изъ 59"' до 550°C. Только выше этихъ температуръ начинается раздутіе шарика подѣ вліяніемъ внутреннего давленія; при низшихъ температурахъ, шарикъ при продолжительномъ нагрѣваніи мало-по-малу уменьшается въ объемѣ, и положеніе 0° повышается. Оказалось, что лучше подвергать отжигу уже готовый термометръ; если была отожжена пустая трубка, до наполненія, нѣкоторая доля перемѣнчивости остается. Для производства отжига описаны въ *Z. für Instrumentenkunde*, въ прибавленіи, два прибора. Въ 1901 г. стр. 41, Геркерь рекомендуетъ латунную трубку въ 20 см. длины и 6,5 см. діаметра, съ ввинченнымъ дномъ, обернуть листками слюды и обмотать 60 см. платиновой проволоки въ 0,3 мм. діаметромъ. Цилиндръ этотъ былъ обернуть азбестовымъ картономъ и помѣщенъ въ другой цилиндръ 20 см. × 32 см., наполненный инфузорной землей. Внутри перваго цилиндра помѣщались термометры и были засыпаны тоже инфузорной землею. Приборъ нагрѣвался токомъ отъ 8 аккумуляторовъ до 420°C; реостатъ, приводимый въ движеніе американскими часами, постепенно ослаблялъ токъ, такъ что черезъ 14 часовъ температура понизилась до 18°C. Такого отжига оказалось достаточно.

Въ томъ же журналѣ, 1903 г. стр. 158, А. Бѣтхеръ описываетъ подобный же приборъ для производства термометровъ.

---

<sup>1)</sup> Способъ наполненія описанъ въ «Обработкѣ стекла», стр. 114.

Онъ устроилъ три прибора изъ глиняныхъ, цилиндрическихъ сосудовъ, 10 см. діаметра и 35 см. вышины, обмотанныхъ константовой проволокою въ 1,3 мм. и включенныхъ послѣдовательно въ цѣпь съ 220V напряженія. Число оборотовъ было такъ подобрано, что въ первомъ получалось 550°С., во второмъ 450°, а въ третьемъ 400°; термометры переносили изъ перваго сосуда въ слѣдующіе и ставили затѣмъ охлаждаться въ сосудъ съ азбестомъ.

Приборъ такого рода я приготовилъ и испыталъ (рис. 32). На пористый, глиняный цилиндръ для гальваническаго элемента, В, въ 8 см. вышины и 3 см. внутренняго діаметра была навита константовая проволока въ 0,4 мм. діаметра, длиною около 4 метровъ съ сопротивленіемъ около 20 омовъ. Нижній конецъ

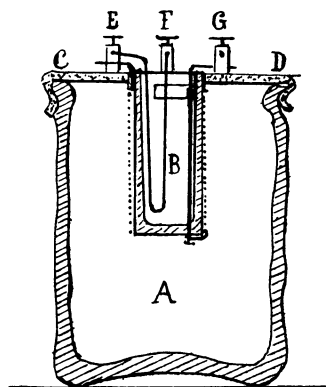


Рис. 32.

былъ припаянъ крѣпкимъ припоемъ къ проходящему чрезъ просверленное въ днѣ цилиндра концу полоски красной мѣди, соединенной наверху съ зажимомъ G, а верхній ея конецъ къ кольцу, охватывающему верхній край цилиндра и соединеннаго съ зажимомъ E. Чтобы полоска внутри цилиндра прилегала къ стѣнкѣ и не могла двигаться, она наверху приклѣпана къ неполному мѣдному кольцу, плотно входящему внутрь цилиндра. Проволока, навитая на цилиндръ, закрѣплена слоемъ огнеупорной глины,

нанесенной въ видѣ кашицы, содержащей около 2% патоки. Отъ этой примѣси глина становится крѣпче при засыханіи и лучше выдерживаетъ огонь. Первый слой глины былъ быстро высушенъ на огнѣ, а образовавшіяся трещины снова замазаны новымъ слоемъ той же глины; послѣ этого, при высушиваніи новыхъ трещинъ не образовалось.

Въ такомъ видѣ цилиндръ былъ вставленъ въ отверстіе, приготовленное въ крышкѣ изъ толстаго азбестоваго картона, пригнаннаго къ простой глиняной банкѣ A C D. Для этого картонъ размочили въ водѣ и завязали имъ, при помощи веревочки, эту банку, какъ завязываютъ банки съ вареньемъ. По высыханіи, крышка снова окрѣпла и держалась безъ завязыванія. Внутрен-



нее пространство банки А и цилиндра В было засыпано порошком трепела (за неимѣніемъ болѣе дешевой инфузорной земли), чтобы уменьшить теплопроводность.

Для нагрѣванія служилъ токъ отъ городской линіи, переменный, въ 110 вольтъ. Онъ былъ взятъ отъ обыкновеннаго штепселя лампочки накаливанія, чрезъ реостатъ въ 100 омовъ. Во время работы токъ поднимался до 0,25 ампера. Термометры вставлены были въ цилиндръ В и засыпаны трепеломъ. Для опыта былъ взятъ давно изготовленный термометръ до  $360^{\circ}$  изъ Іенскаго стекла и два нарочно изготовленные чувствительные термометра изъ обыкновеннаго тюрингенскаго стекла, одинъ съ тонкостѣннымъ резервуаромъ, а другой съ особенно толстѣннымъ, чтобы при этомъ случаѣ провѣрить извѣстный уже покойному Г. К. Брауэру фактъ, что при толстостѣнномъ резервуарѣ измѣненія положенія нуля значительно меньше. Оба эти термометра были приготовлены г. Шнейдеромъ и снабжены наверху большими расширеніями, чтобы ртуть могла свободно расширяться.

Первый опытъ кончился неудачно: я установилъ приборъ вечеромъ, когда горѣли почти всѣ горѣлки. Когда ихъ потушили на ночь, токъ на линіи возросъ и проволока перегрѣлась, оба термометра треснули, а  $360^{\circ}$  выдержалъ. При возобновленіи опыта, чтобы избѣжать перегрѣванія, я ввелъ свинцовую проволоку Е В F, которая неминуемо должна была разсыпаться, когда температура достигла  $325^{\circ}\text{C}$ , точки плавленія этого металла. Съ этой предосторожностью я могъ грѣть термометры въ теченіи 7 сутокъ. Взявъ болѣе тугоплавкую проволоку, можно такимъ способомъ обезпечить нагрѣваніе не переходящее заданный предѣлъ. При изготовленіи термометровъ, по указанію г. Шнейдера, лучше перевести всю ртуть въ верхнее расширеніе (т. е. въ неотпаянный еще вспомогательный резервуаръ, освобожденный отъ воздуха кипяченіемъ ртути), и безопасно отжигать при болѣе высокой температурѣ пустые резервуары. Такъ какъ перевести ртуть назадъ можно безъ нагрѣванія и кипяченія, то новой закалки стекла нѣтъ основанія опасаться.

Термометръ съ тонкостѣннымъ резервуаромъ показалъ поднятіе  $0^{\circ}$  на  $0,85^{\circ}\text{C}$  въ теченіи 3 мѣсяцевъ по изготовленіи, а толстостѣнный на  $0,63^{\circ}$ . Послѣ семисуточного нагрѣванія около  $300^{\circ}\text{C}$ , тонкостѣнный далъ поднятіе  $0^{\circ}$  на  $25, 16^{\circ}\text{C}$ , а толсто-

стѣнный на  $10,74^{\circ}\text{C}$ . Старый изъ іенскаго стекла далъ поднятіе ровно на  $6^{\circ}\text{C}$ .

Эта измѣнчивость постоянной точки  $0^{\circ}$  заставляетъ часто повѣрять ея положеніе, поэтому для настоящаго точнаго термометра необходимо, чтобы шкала заключала эту точку. Но при длинѣ градуса въ 6—7 мм. весь термометръ выходитъ слишкомъ длиннымъ. Поэтому, въ бюро употребляются термометры слѣдующаго устройства:

Термометры 1-го разряда, такъ назыв. нормальные, имѣютъ длину одного градуса около 5 мм., раздѣлены на  $\frac{1}{10}$ , и снабжены полною шкалою заключающею точки  $0^{\circ}$  и  $100^{\circ}$ .

Термометры 2-го разряда тоже имѣютъ на шкалѣ точки  $0^{\circ}$  и  $100^{\circ}$ , но для уменьшенія длины на трубкѣ дѣлаются одно или два раздутія между  $50^{\circ}$  и  $100^{\circ}$  или одно между  $38^{\circ}$  и  $66^{\circ}$ , а другое между  $66^{\circ}$  и  $100^{\circ}$ . При этомъ положеніе точки  $66^{\circ \frac{2}{3}}$  и  $33^{\circ \frac{1}{3}}$  опредѣляютъ калиброваніемъ, раздѣляя пространство отъ  $0^{\circ}$  до  $100^{\circ}$  на 2 или 3 равнообъемныя части. Благодаря такому приему можно дать градусу длину отъ 6 до 8 мм., не удлинняя слишкомъ много всего термометра.

Каждый термометръ подвергается предварительному изслѣдованію:

I. Изслѣдуютъ правильность дѣленій шкалы и калибруютъ ихъ, чтобы раздѣлить на части равнообъемныя.

II. Опредѣляютъ коэффиціентъ давленія, чтобы исключить перемѣщенія уровня ртути, происходящія отъ механическаго давленія на резервуаръ.

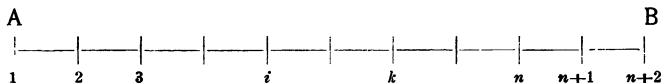
III. Опредѣляютъ постоянныя точки, чтобы знать среднее значеніе одного дѣленія въ нормальныхъ градусахъ.

Разсмотримъ отдѣльно какъ производятъ эти изслѣдованія въ международномъ бюро:

#### I. КАЛИБРОВАНІЕ.

Задача калиброванія какой-либо шкалы, раздѣленной на  $n+1$  почти равныхъ между собою частей, заключается въ томъ, чтобы найти величины поправокъ  $x_1, x_2, \dots, x_{n+2}$ , которыя надо прибавить къ отсчетамъ по этой шкалѣ, чтобы получить измѣреніе по абсолютно вѣрной шкалѣ того-же рода. Такъ, напримѣръ, величина между точками  $k$  и  $i$  этой шкалы, обозначаемыми  $\frac{1}{n+1}$  часть

всей шкалы  $= L$ , въ дѣйствит. будетъ равна:  $k - i + (x_k - x_i)$  единицъ исправленной шкалы, а дѣйствительная  $(n + 1)$  часть  $L$  будетъ выражаться числомъ  $k - i - (x_k - x_i)$  единицъ шкалы.



Но обыкновенно требуется измѣреніе въ нѣкоторой абсолютной мѣрѣ, поэтому всю величину шкалы  $AB$  сравниваютъ съ нормальною мѣрою или опредѣляютъ какимъ-либо особымъ опытомъ. Поэтому поправки  $x_1$  и  $x_{n+2}$  при калибровкѣ можно принимать равными нулю или какимъ-либо извѣстнымъ величинамъ. Всѣ методы калиброванія основаны на предположеніи, что ошибки очень малы, и поэтому поправки дробныхъ частей дѣлений совершенно не замѣтны. Такъ въ общеизвѣстномъ способѣ Ге-Люссака отдѣляютъ столбикъ очень близко равный  $n + 1$  части всей шкалы, ставятъ одинъ его конецъ послѣдовательно на 1, 2... $n + 1$  точку шкалы и опредѣляютъ  $d_2 d_3 \dots d_{n+2}$ , весьма малыя разности положеній его второго конца отъ точекъ 2, 3... $n + 2$ . Объемъ всей трубки будетъ равенъ  $n + 1$  разъ объемъ столбика минусъ алгебраическая сумма всѣхъ  $d$ . Если эта сумма достаточно мала, то поправки для нея будутъ ничтожны, а еще меньше разности поправокъ, которыя получились-бы, если-бы величину эту мѣрили въ разныхъ мѣстахъ шкалы. Поэтому можно заключить, что объемъ  $n + 1$  части трубки равенъ объему взятаго столбика безъ суммы всѣхъ разностей, раздѣленной на  $(n + 1)$ . Отсюда уже не трудно получить искомыя  $x_2, x_3, x_{n+1}$ . Дѣйствительно, объемъ столбика равенъ  $\frac{1}{n + 1}$  всего объема трубки плюсъ  $\frac{1}{n + 1}$  часть суммы всѣхъ разностей  $d_2, d_3 \dots d_{n+2}$ , и равенъ также объему между двумя послѣдовательными дѣленіями трубки  $i$  и  $k + d_k$ . Отсюда  $\frac{1}{n + 1}$  часть трубки, равная по условію  $k - i - (x_k - x_i)$ , равна также длинѣ столбика  $-\frac{\Sigma d}{n + 1} = k - i + d_k - \frac{\Sigma d}{n + 1}$ . Сокращая  $k - i$  получимъ

$$-(x_k - x_i) = +d_k - \frac{\Sigma d}{n + 1}$$

или

$$\frac{\Sigma d}{n + 1} + x_i - x_k = d_k.$$

Такихъ уравненій будетъ числомъ  $n$ , т. е. столько, сколько промежуточныхъ точекъ дѣленій для которыхъ надо опредѣлить поправки.

Въ такомъ видѣ, способъ не даетъ на дѣлѣ, да и не можетъ дать точныхъ результатовъ, потому что опредѣляемая изъ наблюдений величины  $d$  слишкомъ близки къ величинѣ случайныхъ погрѣшностей наблюдений. Остается только сдѣлать гораздо больше наблюдений, чѣмъ необходимо, и вычислить изъ нихъ искомыми величины  $x$  посредствомъ способа наименьшихъ квадратовъ, чтобы исключить по возможности эти погрѣшности. При большемъ числѣ  $n+1$  главныхъ точекъ шкалы, для которыхъ надо опредѣлить поправки, способъ этотъ ведетъ къ огромнымъ вычисленіямъ, потому что надо рѣшать совокупность  $2n$  линейныхъ уравненій. Но форма этихъ уравненій симметричная и благодаря этому можно значительно упростить вычисленіе, вводя вспомогательныя неизвѣстныя, какъ это впервые сдѣлалъ Ганзенъ. Изъ нѣсколькихъ способовъ вычисленія, я постараюсь изложить здѣсь догматически, безъ доказательствъ, самый простой способъ г. Марекъ, изложенный г. Бенуа въ Т. II, стр. 35.—Замѣчу, что способъ этотъ общій и примѣнимъ, какъ къ калибровкѣ термометровъ, какъ и всякихъ шкалъ, долженствующихъ быть раздѣленными на равныя части.

И такъ, положимъ, что мы имѣемъ шкалу, состоящую изъ 2-хъ конечныхъ и  $n$  промежуточныхъ точекъ, надо опредѣлить  $n$  поправокъ:  $x_2, x_3, x_{n+1}$  для этихъ промежуточныхъ точекъ, поправки же для конечныхъ точекъ  $x_1$  и  $x_{n+1}$  равны нулю.

Для этого отдѣляютъ сперва столбикъ длиною приблизительно въ  $\frac{1}{n+1}$  всей длины  $L$  шкалы, то есть  $= \frac{L}{n+1} + \lambda_{n+1}$ , и опредѣляютъ величины  $a_1, a_2 \dots a_{n+1}$ , выражающія избытки его длины надъ длиной промежутковъ шкалы отъ 1 дѣленія до 2, отъ 2 до 3 и т. д. кончая промежуткомъ отъ  $n+1$  до  $n+2$ .

Величина  $\lambda_{n+1}$ , остающаяся пока неизвѣстною, означаетъ то же, что мы называли чрезъ  $\frac{\sum a}{n+1}$ , разсматривая способъ Ге-Люссака. И такъ:

$$\frac{L}{n+1} + \lambda_{n+1} = k - i + a_i,$$

но

$$\frac{L}{n+1} = k - i - (x_k - x_i)$$

по условію, слѣдовательно

$$\lambda_{n+1} = a_i + (x_k - x_i)$$

или

$$\lambda_{n+1} + x_i - x_k = a_i.$$

Для каждаго изъ  $n+1$  положеній перваго столбика, мы получимъ по уравненію такого рода; каждое изъ нихъ будетъ содержать новую постоянную  $a$ , опредѣляемую изъ наблюденія и ту-же неизвѣстную  $\lambda_{n+1}$ , опредѣляющую длину взятаго столбика.

За тѣмъ отдѣляютъ столбикъ равный  $\frac{2L}{n+1} + \lambda_n$ , онъ уже будетъ въ состояніи занять только  $n$  разныхъ положеній, и наблюденія надъ нимъ дадутъ только  $n$  уравненія того же вида, какъ и раньше. Всего по этой системѣ можно взять  $n$  столбиковъ, и послѣдній, длиною въ  $\frac{n}{n+1} L$ , займетъ только два разныхъ положенія и дастъ только 2 уравненія. Общее число уравненій между  $n$  неизвѣстными величинами  $\lambda$  и  $n$  неизвѣстными  $x$ , будетъ:

$$(n+1) + n + (n-1) + \dots + 2 = \frac{(n+1)+2}{2} \cdot n = \frac{n(n+3)}{2}.$$

Результаты измѣреній можно расположить въ видѣ слѣдующей таблицы. Здѣсь  $a_1, a_2 \dots a_{n+1}$   $b_1 b_2 \dots b_n$  будутъ числа выраженные въ частяхъ дѣленія шкалы (напр. въ тысячныхъ градусахъ, если дѣленія представляютъ десятыя градуса, а точность результата должна превышать сотыя доли градуса). Величины-же  $\lambda$  и  $x$  только символы обозначающіе неизвѣстныя и служащія въ таблицѣ для отличія чиселъ  $a, b \dots c$  между собою (см. табл. на стр..128).

Изъ этихъ уравненій составляются посредствомъ сложения и вычитанія  $2n$  т. наз. нормальныхъ уравненій, достаточныхъ для опредѣленія  $2n$  неизвѣстныхъ  $\lambda$  и  $x$ . Рѣшеніе такого большого числа уравненій обыкновенными способами взяло-бы слишкомъ много времени; здѣсь я изложу догматически рецептъ Марека

| $l_1 = \frac{L}{n+1} + \lambda_{n+1}$         | $l_2 = \frac{2L}{n+1} + \lambda_n$        | ..... | $l_{n-1} = \frac{n-1}{n+1} L + \lambda_2$ | $l_n = \frac{nL}{n+1} + \lambda_2$ |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| $\lambda_{n+1} + x_1 - x_2 = a_1$             | $\lambda_n + x_1 - x_3 = b_1$             |       | $\lambda_3 + x_1 - x_n = p_1$             | $\lambda_2 + x_1 - x_{n+1} = q_1$  |
| $\lambda_{n+1} + x_2 - x_3 = a_2$             | $\lambda_n + x_2 - x_4 = b_2$             |       | $\lambda_3 + x_2 - x_{n+1} = p_2$         | $\lambda_2 + x_2 - x_{n+2} = q_2$  |
| $\lambda_{n+1} + x_3 - x_4 = a_3$             | $\lambda_n + x_2 - x_5 = b_3$             |       | $\lambda_3 + x_3 - x_{n+2} = p_3$         |                                    |
| $\lambda_{n+1} + x_n - x_{n+1} = a_n$         | $\lambda_n + x_{n-1} - x_{n+1} = b_{n-1}$ |       |                                           |                                    |
| $\lambda_{n+1} + x_{n+1} - x_{n+2} = a_{n+1}$ | $\lambda_n + x_n - x_{n+2} = b_n$         |       |                                           |                                    |
| $S_{n+1} = \sum a$                            | $S_n = \sum b$                            |       | $S_3 = p_1 + p_2 + p_3$                   | $S_2 = q_1 + q$                    |
| $\frac{S_{n+1}}{n+1} =$                       | $\frac{S_n}{n} =$                         |       | $\frac{S_3}{3} =$                         | $\frac{S_2}{2} =$                  |
| $\frac{2S_{n+1}}{n+1} =$                      | $\frac{2S_n}{n} =$                        |       | $\frac{2S_3}{3} =$                        | $\frac{2S_2}{2} =$                 |
| $R_{n+2} =$                                   | $R_{n+1} =$                               |       | $R_3 = 0$                                 | $R_2 = 0$                          |

для такого рѣшенія, не приводя доказательствъ, и даже не выписывая нормальныхъ уравненій.

Идея способа, предложенная еще Ганзеномъ заключается въ введеніи новыхъ неизвѣстныхъ  $P$  и  $Q$  опредѣляемыхъ такъ:

$$x_{n+2} + x_1 = P_{n+2}; \quad x_{n+1} + x_2 = P_{n+1}; \quad x_n + x_3 = P_n \dots$$

$$x_{n+2} - x_1 = Q_{n+2}; \quad x_{n+1} - x_2 = Q_{n+1}; \quad x_n - x_3 = Q_n \dots$$

Если найдемъ всѣ  $P$  и  $Q$ , то всѣ иксы выразятся полусуммами и полуразностями этихъ количествъ.

$$x_{n+2} = \frac{1}{2} (P_{n+2} + Q_{n+2}) \dots; \quad x_1 = \frac{1}{2} (P_{n+2} - Q_{n+2}) \dots$$

Форма уравненій во всѣхъ случаяхъ одна и та же, а величина численныхъ коэффициентовъ опредѣляется только числомъ точекъ дѣленій, подлежащихъ провѣркѣ, поэтому Марекъ могъ дать формулы коэффициентовъ и даже вычислить таблицу для облегченія работы. Надо начать съ того, что сложить въ каждомъ столбцѣ таблицы всѣ  $a$ , всѣ  $b$  и т. д., съ ихъ соотвѣтственными знаками. Далѣе вычисляють  $\frac{S_m}{m}$  и  $\frac{2S_m}{m}$ , а потомъ коэффициенты  $R$  по формуламъ:

$$R_{n+2} = \frac{2S_{n+1}}{n+1} + \frac{2S_n}{n} + \frac{S_{n-1}}{n-1} + \dots + \frac{2S_4}{4} + \frac{2S_3}{3} + \frac{2S_2}{2}.$$

$$R_{n+1} = \frac{2S_n}{n} + \frac{2S_{n-1}}{n-1} + \dots + \frac{2S_4}{4} + \frac{2S_3}{2} + \frac{2S_2}{2}.$$

$$R_n = \frac{2S_{n-1}}{n-1} + \dots + \frac{2S_4}{4} + \frac{2S_3}{3}.$$

$$R_{n-1} = \frac{2S_{n-2}}{n-2} + \dots + \frac{2S_4}{4}.$$

Сдѣлавъ эти вычисленія, составляютъ вторую таблицу изъ тѣхъ-же данныхъ наблюденія, но въ другомъ порядкѣ.

Таблица эта составляется изъ первой такимъ образомъ: въ каждый изъ  $n+2$  вертикальныхъ столбцовъ вписываютъ всѣ уравненія таблицы 1-й, содержащія  $x$  съ однимъ и тѣмъ же знакомъ, сохраняя знакъ, когда этотъ  $x$  входилъ въ уравненіе со знакомъ  $+$  и мѣняя знакъ всего уравненія, когда онъ входитъ со знакомъ  $-$ . Въ первомъ и послѣднемъ столбцѣ будетъ по  $n$  строкъ, а въ остальныхъ по  $n+1$  строки.

| $x_{n+2}$                                      | $x_{n+1}$                                      | $x_n$                                      | $\dots$ | $x_2$                              | $x_1$                             |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------------------|
| $x_{n+2} - x_{n+1} - \lambda_{n+1} = -a_{n+1}$ | $x_{n+1} - x_{n+2} + \lambda_{n+2} = a_{n+1}$  | $x_n - x_{n+1} + \lambda_{n+1} = a_n$      |         | $x_2 - x_3 + \lambda_{n+1} = a_2$  | $x_1 - x_2 + \lambda_{n+1} = a_1$ |
| $x_{n+2} - x_n - \lambda_n = -b_n$             | $x_{n+1} - x_n - \lambda_{n+1} = -a_n$         | $x_n - x_{n+2} + \lambda_n = b_n$          |         | $x_2 - x_4 + \lambda_n = b_2$      | $x_1 - x_3 + \lambda_n = b_1$     |
| $x_{n+2} - x_{n-1} - \lambda_{n-1} = -c_{n-1}$ | $x_{n+2} - x_{n-1} - \lambda_{n-1} = -b_{n-1}$ | $x_n - x_{n-1} - \lambda_{n+1} = -a_{n-1}$ |         | $x_2 - x_5 + \lambda_{n-1} = c_2$  | $x_1 - x_2 + \lambda_{n-1} = c_1$ |
| $x_{n+2} - x_3 - \lambda_3 = -p_3$             |                                                |                                            |         |                                    |                                   |
| $x_{n+2} - x_2 - \lambda_2 = -q_2$             | $x_{n-1} - x_2 - \lambda_3 = -p_3$             |                                            |         | $x_2 - x_{n+2} + \lambda_2 = q_2$  | $x_1 - x_n - \lambda_3 = p_1$     |
|                                                | $x_{n-1} - x_1 - \lambda_2 = -q_1$             | $x_n - x_1 - \lambda_3 = -p_1$             |         | $x_2 - x_1 - \lambda_{n+1} = -a_1$ | $x_1 - x_{n+1} + \lambda_1 = q_1$ |
| $t_{n+2} = -a_{n+1} - b_n - \dots - q_2$       | $t_{n+1} = a_{n+1} - a_n - \dots - q$          | $t_n =$                                    |         | $t_2 =$                            | $t_1 =$                           |
| $M_{n+2} = S + t_{n+2}$                        | $M_{n+2} = S + t_{n+1}$                        | $M_n = S + t_n$                            |         | $M_2 = S + t_2$                    | $M_1 = S + t_1$                   |

$$2S = t_{n+1} + t_n + t_{n-1} + \dots + t_2$$



Написавъ 2-ю таблицу, вычисляють алгебраическія суммы вторыхъ частей уравненій каждого столбца  $t_{n+2}, t_{n+1} \dots t_2, t_1$ , затѣмъ  $2S = \sum_{n+1} t$  и величины:  $M_{n+2} = S + t_{n+2}$ ,  $M_{n+1} = S + t_{n+1} \dots M_2 = S + t_2$ ,  $M_1 = S + t_1$ .

Потомъ вычисляють величины  $P$  по формулѣ:

$P_{n+2} = M_{n+2} + M_1 = 0$ , (тождественно, это повѣрка вычисления):

$$P_{n+1} = \frac{1}{n+2} (M_{n+1} + M_2).$$

$$P_n = \frac{1}{n+2} (M_n + M_3) \text{ и т. д.}$$

Величины-же  $Q$  найдутся изъ уравненій:

$$\begin{aligned} (n+2 - W_{(1, n+1)}) Q_{n+2} - W_{(2, n)} Q_{n+1} - W_{(3, n+1)} Q_n - \dots = \\ = M_{n+2} - M_1 + R_{n+2} \\ - W_{(2, n)} Q_{n+2} - (n+2 - W_{(2, n)}) Q_{n+1} - W_{(3, n-1)} Q_n - \dots = \\ = M_{n+1} - M_2 + R_{n+1} \\ - W_{(3, n-1)} Q_{n+2} - W_{(3, n-1)} Q_{n+1} + (n+2 - W_{(3, n-1)}) Q_n - \dots = \\ = M_n - M_3 + R_n \\ - W_{(4, n-2)} Q_{n+2} - W_{(4, n-2)} Q_{n+1} - W_{(4, n-2)} Q_n + \\ (n+2 - W_{(4, n-2)}) Q_{n-1} = M_{n-1} - M_4 + R_{n-1}. \\ \dots \dots \dots \end{aligned}$$

Гдѣ  $W_{i, k} = 2 \left( \frac{1}{i} + \frac{1}{i+1} + \frac{1}{i+2} + \dots + \frac{1}{k} \right).$

Для коэффициентовъ, Бенуа даетъ таблицу для всѣхъ комбинацій  $i$  отъ 1 до 15 и  $k$  отъ 1 до 30, въ т. II, стр. с. III.

Рѣшить эти уравненія очень легко, благодаря очевидному свойству ихъ коэффициентовъ, и тому обстоятельству, что  $Q_{n+2} = x_{n+2} - x_1 = 0$ , по условію.

Принявъ  $Q_{n+2} = 0$  и вычтя 1-е уравненіе изъ 2-го мы исключимъ всѣ  $Q$  кромѣ  $Q_{n+1}$ , подставляя эту величину во 2-е ур. и вычитая его изъ третьяго, опредѣлимъ  $Q_n$ , а поступая такимъ-же способомъ дальше, опредѣлимъ и всѣ остальные  $Q$ . Зная  $P$

и  $Q$  найдемъ всѣ  $x$  по вышеприведеннымъ формуламъ, а величины  $\lambda$  опредѣлятся по слѣдующимъ формуламъ:

$$\lambda_{n+2} = \frac{1}{n+1} S_{n+1}.$$

$$\lambda_n = \frac{1}{n} (S_n + Q_{n+1})$$

$$\lambda_{n-1} = \frac{1}{n-1} (S_{n-1} + Q_{n+1} + Q_n)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{3} (S_3 + Q_{n+1} + Q_n)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} (S_2 + Q_{n+1}).$$

Это  $\lambda$  нужно знать только для вычисленія остаточныхъ ошибокъ, т. е. разностей между вычисленными и наблюденными длинами столбиковъ. Для термометровъ международного бюро эти разности обыкновенно не достигаютъ 0,01°. Поэтому такой калибровкой и довольствуются обыкновенно.

Но легко видѣть, что весь приемъ основанъ на предположеніи очень отклоняющемся отъ истины для трубки не вполнѣ цилиндричной. Когда мы измѣряемъ длину столбика между дѣленіями  $i$  и  $k$ , концы его приходятся въ точкахъ  $i + \Delta i$  и  $k + \Delta k$ , истинная длина столбика, т. е. его длина въ поправленныхъ градусахъ, будетъ выражаться разностью:

$$(k + \Delta k + x_{k+\Delta k}) - (i + \Delta i + x_{i+\Delta i}) = k - i + (\Delta k - \Delta i) + (x_{k+\Delta k} - x_{i+\Delta i}) = a + k - i$$

Но въ вышеизложенномъ способѣ калиброванія. мы принимали  $x_{k+\Delta k} = x_k$  и  $x_{i+\Delta i} = x_i$  за невозможность ввести вычисленіе самыхъ этихъ неизвѣстныхъ. Это соотвѣтствуетъ предположенію, что передвиженіе одного конца столбика отъ  $i$  къ  $i + k$  или отъ  $k$  къ  $k + \Delta k$  неизмѣнитъ всей его длины, предположеніе, которое часто далеко отъ истины, въ особенности въ термометрѣ съ неправильной трубкою раздѣленномъ на градусы разной длины. Поэтому-то можно съ успѣхомъ калибровать только хорошіе термометры съ небольшими ошибками дѣленій. Однако можно

разсматривать такое калиброваніе какъ первое приближеніе, и на основаніи его данныхъ повторить вычисленіе уже съ большею точностью. Дѣйствительно, поправка какой-либо точки шкалы термометра, со шкалою раздѣленною на равныя части, должна выражаться нѣкоторою непрерывною функціею  $\Phi k$  разстоянія этой точки отъ начала шкалы, потому что сѣченіе трубокъ измѣняется плавно, вслѣдствіе самаго способа ихъ приготовленія. Но для шкалы съ неравной длиною градусовъ этого сказать нельзя. Поэтому для градусовъ одной длины:

$$x_{i+\Delta i} = x_i + \Delta i \cdot \Phi_i; \quad x_{k+\Delta k} = x_k + \Delta k \cdot \Phi_k.$$

Зная изъ перваго приближенія поправки для главныхъ точекъ шкалы, можно предположить, что между ними измѣненіе выражается кривою опредѣляемою графическимъ интерполированіемъ. Для этого на раздѣленной на клѣточки бумагѣ, наносятъ шкалу термометра по оси абсциссъ, а поправки  $x_i, x_k \dots$  по оси ординатъ (увеличивъ масштабъ соотвѣтственно ихъ величинѣ). Непрерывная кривая проведенная чрезъ полученныя точки позволить опредѣлить численныя величины  $x$  для всякаго мѣста шкалы, а слѣдовательно и для точекъ  $i + \Delta i, k + \Delta k$ . Мы называли  $a_1$ , разность длины столбика и разстоянія главныхъ точекъ  $k$  и  $i$ , т. е. разность  $\Delta k - \Delta i$ , теперь-же мы можемъ опредѣлить  $a' = \Delta k - \Delta i + (x_{k+\Delta k} - x_{i+\Delta i})$ .

Подставляя найденныя такимъ способомъ величины  $a_1', a_2' \dots b_1, b_2 \dots$  въ соотвѣтственныя уравненія таблицы I и II и повторяя все вычисленіе, мы получимъ 2-е приближеніе калиброванія. Но для термометровъ Тонелло, второе вычисленіе оказывается излишнимъ.

Описанный пріемъ калибровки относитъ поправленныя дѣленія къ разстоянію между 1-мъ и  $n + 2$ -мъ дѣленіемъ шкалы. Но очень часто  $0^0$  и истинныя точки кипѣнія не будутъ совпадать съ крайними точками шкалы, въ такомъ случаѣ величины  $P_{n+2}$  и  $Q_{n+2}$  будутъ имѣть извѣстныя значенія, отличныя отъ нуля. Уравненія для  $P$  получаютъ слѣдующій видъ:

$$M_{n+2} + M_1 = 0$$

$$P_{n+1} = \frac{1}{n+1} (M_{n+1} + M_2) + P_{n+2}.$$

$$P_{n+1} = \frac{1}{n+2} (M_n + M_3) + P_{n+2}.$$

Вычисленіе  $Q$  надо будетъ производить тѣмъ-же приѣмомъ, перенеся членъ, содержащій извѣстную  $Q_{n+2}$ , во вторую часть каждаго уравненія. Для полученія величины  $\lambda$ , надо будетъ прибавить  $Q_{n+2}$  къ каждому  $\lambda$ , т. е.

$$\lambda_{n+1} = \frac{1}{n+1} (S_{n+1} + Q_{n+2}); \lambda_n = \frac{1}{n} (S_n + Q_{n+2} + Q_{n+1}) \dots$$

Однако въ международномъ бюро предпочитаютъ относить калиброваніе къ постояннымъ точкамъ шкалы.

Иногда надо соединить результаты двухъ независимыхъ калиброваній одной и той-же шкалы, отнесенные къ разнымъ  $L$ , или-же надо перечислить уже готовую таблицу на другое разстояніе крайнихъ точекъ. Напримѣръ, положимъ, что мы вычислили калибровку термометра отъ  $-5^0$  до  $+105^0$ , по вышеизложенному рецепту. Тогда  $x_5$  и  $x_{105}$  будутъ  $= 0$ , и  $x_0$  и  $x_{100}$  равны  $0$  не будутъ. Если-бы мы желали сдѣлать эти поправки равнымъ  $0$ , т. е. отнести калибровку къ разстоянію постоянныхъ точекъ шкалы, то не было-бы надобности передѣлывать все вычисленіе. Если-бы вычесть изъ всѣхъ иксовъ величину  $x_0$ , то это соответствовало-бы перемѣщенію всѣхъ столбиковъ на величину этой поправки, а при этомъ длина ихъ не измѣняется замѣтно, какъ это принято въ основаніе всего разсужденія. Но поправка  $x_{100}$  отъ такого преобразованія не обратится въ нуль, она будетъ равна разности  $x_{100} - x_0$  и такое преобразование рѣдко нужно. Однако не мудрено и перечислить всѣ поправки на новое разстояніе крайнихъ точекъ. Положимъ, что намъ извѣстны для двухъ точекъ шкалы  $a$  и  $b$  поправки въ той и другой системѣ:  $x_a$ ,  $x_b$  и  $y_a$ ,  $y_b$ ; для какой-либо точки  $m$  очевидно будетъ существовать равенство:

$$\frac{(m + x_m) - (a + x_a)}{(b + x_b) - (a + x_a)} = \frac{(m + y_m) - (a + y_a)}{(b + y_b) - (a + y_a)}.$$

Рѣшая это уравненіе относительно  $y_m$ , получимъ выраженіе вида:

$$y_m = x_m - x_a - \frac{A}{B} (m - a) + y_a,$$

гдѣ:

$$A = \frac{(x_b - x_a) - (y_b - y_a)}{(b + y_b) - (a + y_a)}; \quad B = \frac{(b + x_b) - (a + x_a)}{(b + y_b) - (a + y_a)}.$$

Величина  $B$  такъ близка къ единицѣ, что можно принимать ее равною единицѣ для упрощенія формулы <sup>1)</sup>.

Результаты такой калибровки для главныхъ точекъ выражаются кривою построенной на графленой бумагѣ; пользуясь этою кривою вычисляютъ уже поправки для каждого полуградуса; въ Трудахъ Бюро напечатано много такихъ таблицъ, напр. Т. II, стр. С. V и VI.

Наблюденіе положенія столбиковъ при калиброваніи дѣлается въ бюро съ помощью зрительныхъ трубокъ-микроскоповъ увеличивающихъ отъ 10 до 15 разъ и располагаемыхъ сантиметровъ на 12 отъ термометра. Увеличеніе и разстояніе подбираютъ смотря по толщинѣ чертъ шкалы и толщины стержня, такъ чтобы можно было видѣть за разъ и столбикъ и шкалу. Для избѣжанія ошибки отъ параллакса, наблюдаютъ одинъ разъ, когда дѣленія ближе столбика, а затѣмъ поворачиваютъ трубку термометра около ея оси на  $180^0$  и повторяютъ отсчетъ. Въ полѣ зрѣнія трубки натянута одна паутинная нить, но отсчеты дѣлаютъ на глазъ въ сотыхъ доляхъ дѣленія шкалы. Наблюдатели достигли такой опытности, что эта точность не мнимая, какъ можно заключить изъ того, что часто наблюденія и вычисленія разнятся только въ тысячныхъ градуса. Чтобы исключить вліяніе измѣненія температуры столбика, его передвигаютъ при первомъ рядѣ наблюденій въ одну сторону и сейчасъ-же дѣлаютъ второй рядъ наблюденій при движеніи въ сторону обратную; въ дальнѣйшее вычисленіе вводятъ среднее между полученными числами для каждой главной точки. Въ вычисленіе калибровки вводятъ среднія изъ нѣсколькихъ такихъ рядовъ наблюденій.

Остается сказать, какъ отдѣляютъ столбики желаемой длины. При очень капиллярной трубкѣ термометра это не трудно: обернувъ его резервуаромъ вверхъ, надо его встряхнуть болѣе или менѣе сильно, чтобы отдѣлить столбикъ первый разъ. Если послѣ этого легкими толчками соединить опять столбикъ, нагрѣть или охладить термометръ и снова встряхнуть его, то столбикъ отдѣлится на прежнемъ мѣстѣ трубки, но будетъ длиннѣе или короче на столько градусовъ, на сколько измѣнили его температуру. При широкихъ-же трубкахъ, ртуть часто течетъ

---

<sup>1)</sup> Другой геометрической выводъ подобной формулы данъ г. Гильомомъ, Т. V, р. 9.

всею массою въ трубку, а въ резервуарѣ образуется пустота, столбикъ-же не раздѣляется. Тогда надо быстро повернуть термометръ и встряхнуть его прежде, чѣмъ весь столбикъ перешелъ въ резервуаръ. Если пузырекъ пустоты въ резервуарѣ успѣетъ появиться при началѣ трубки, то столбикъ въ этомъ мѣстѣ отдѣлится при легкомъ толчкѣ. Но въ широкихъ трубкахъ отдѣленіе столбиковъ не идетъ такъ правильно, какъ въ хорошихъ термометрахъ съ узкими трубками, то столбикъ перестаетъ отдѣляться, то отдѣляется въ новомъ мѣстѣ, особенно когда онъ короткій. Не аккуратно приготовленные термометры, съ воздухомъ и нечистотами внутри трубки не поддаются вовсе калиброванію.

## II. Опредѣленіе коэффиціента давленія.

Стѣнки термометра испытываютъ гидростатическое давленіе ртути, пропорціональное высотѣ столба и синусу угла оси съ горизонтальною линіею. Для чувствительнаго термометра достаточно измѣнить его положеніе изъ вертикальнаго въ горизонтальное, чтобы заставить ртуть псднаться на замѣтную величину. Точно также ртуть поднимается отъ одного погруженія термометра въ жидкость. Но поправку на давленіе сдѣлать не трудно, потому что извѣстно, что перемѣщеніе столбика пропорціонально гидростатическому давленію, претерпѣваемому стѣнками термометра.

Послѣ многихъ пробъ въ Бюро принято опредѣлять для каждаго термометра коэффиціентъ внѣшняго давленія  $\beta_0$  помощью прямого опыта въ приборѣ устроенномъ для этой цѣли г. Перне; коэффиціентъ-же внутренняго давленія,  $\beta_1$ , принимать равнымъ первому увеличенному на коэффиціентъ сжатія ртути, равный по опытамъ г. Деканъ (Descamps)  $1,87.10^{-6}$  на каждую атмосферу. Для удобства пользованія эти числа выражаются въ градусахъ на мм. давленія, въ этихъ числахъ:

$$\beta_i = \beta_0 + 0,0000154.$$

Величина коэффиціента  $\beta_0$  можетъ быть очень различна, для термометровъ Тонелло она едва превосходитъ  $0,0001$  1), т. е. ртуть повышается на одну десятитысячную градуса отъ возра-

1) Напримѣръ, для № 4381 Тонелло,  $\beta_0 = 0,000010167 \pm 0,00000031$ .

станія давления на одинъ миллиметръ ртути. Съ повышеніемъ температуры, величина  $\beta$  возрастаетъ очень мало, примѣрно на 0,000156 своей величины на каждый градусъ температуры.

Опредѣляютъ  $\beta_e$  слѣдующимъ образомъ: изслѣдуемый термометръ помѣщаютъ въ стеклянную трубку въ 75 сант. длины, 1,5 сант. діаметра, запаянную снизу и закрытую сверху каучуковой пробкою, чрезъ которую проходитъ металлическій стержень съ крючкомъ, поддерживающій самый термометръ. У самого верхняго конца этой трубки припаяны двѣ трубочки съ кранами; одинъ изъ нихъ сообщаетъ приборъ съ манометромъ и резервуаромъ съ разрѣженнымъ воздухомъ, а другой съ атмосферою. Въ трубку налито немного ртути, а сверхъ нея все пространство до уровня боковыхъ трубочекъ наполнено глицериномъ, чтобы лучше были видны дѣленія и чтобы уменьшить объемъ воздуха въ приборѣ. Для уменьшенія измѣненій температуры, нижній конецъ трубки ставятъ въ ведро съ водою комнатной температуры. Самый опытъ ведутъ въ такомъ порядкѣ: сначала дѣлаютъ отсчетъ  $a_n$  термометра, когда кранъ сообщающій приборъ съ атмосферою открытъ, потомъ его запираютъ, отцпираютъ второй кранъ ведущій къ резервуару и отсчитываютъ на манометрѣ разность внутренняго давления и давления атмосферы  $P_n$  и на термометрѣ  $a'_n$ . Непосредственно послѣ этого повторяютъ первый опытъ и получаютъ  $a_{n+1}$ . Тогда:

$$P_n \beta_e = \left( \frac{a_n + a_{n+1}}{2} - a'_n \right).$$

Такимъ пріемомъ исключается вліяніе небольшого непрерывнаго возростанія температуры прибора нарочно производимаго близко поставленной горѣлкой, чтобы избѣжать маленькаго вліянія капиллярности и тренія, которыя могли-бы вліять на положеніе столбика если бы онъ то повышался, то понижался. Обыкновенно дѣлаютъ 40 послѣдовательныхъ опредѣленій  $a'$  и 41 опредѣленіе  $a$ , давление  $P$  при этомъ измѣняется примѣрно съ 200 мм. ртути до 300.

### III. Опредѣленіе постоянныхъ точекъ 0° и 100°.

Приборы употребляемые въ Международномъ Бюро для опредѣленія постоянныхъ точекъ термометровъ отличаются отъ обыкновенныхъ только въ подробностяхъ конструкціи. При опре-

дѣленіи точки кипѣнія у вертикальнаго термометра внутреннее давленіе столба ртути имѣеть свое наибольшее значеніе, поэтому его располагають горизонтально во время отсчета, и для этого прибору придають соотвѣтственное устройство. Нагрѣвать термометръ въ горизонтальномъ положеніи не цѣлесообразно, при пониженіи температуры столбикъ можетъ отдѣлиться совсѣмъ или немного отстать, вслѣдствіе тренія и капиллярности. Поэтому паръ изъ неподвижнаго котелка пропускають по свинцовой трубкѣ въ одну половину горизонтальной трубчатой оси прибора, около которой поворачивается двойная трубка обыкновеннаго устройства въ 71 см. длины и 6 см. діаметра, содержащая термометръ. Другая половина оси служитъ проходомъ для пара изъ наружной части концентрическихъ трубокъ въ неподвижный металлическій Либиховъ холодильникъ, а вода осѣвшая въ холодильникъ стекаетъ обратно въ котелокъ. Водяной манометръ находится въ постоянномъ сообщеніи съ трубчатой осью прибора. Около верхняго конца прибора прикрѣпленъ къ нему маленькій микроскопъ для отсчета показаній термометра.

Для опредѣленія точки  $0^0$  служитъ стеклянный цилиндрическій сосудъ съ краномъ внизу, емкостью въ нѣсколько литровъ или же меньшаго размѣра, но съ двойными стѣнками, набитый мелко растертымъ и промытымъ дистиллированной водою натуральнымъ льдомъ, въ которомъ стеклянной палочкою продѣлано углубленіе для термометра. Избытку воды даютъ стекать, но ледъ долженъ оставаться сильно смоченнымъ. Для измельчанія льда въ бюро употребляютъ особый инструментъ, вполне сходный по конструкціи и размѣрамъ съ машинкою употребляемую у насъ для шинкованія капусты. Крупные куски льда очень долго сохраняють температуру ниже  $0^0$ , но измельченный ледъ даетъ постоянные результаты даже если онъ разнаго происхожденія, но чистый. По опытамъ Марека <sup>1)</sup>, принимая эти предосторожности, можно получить положеніе  $0^0$  съ точностью до  $0,002^0\text{C.}$ , но легко получить  $0^0$  почти на  $0,1^0$  ниже если не принять мѣръ, чтобы согрѣть всю массу льда до  $0^0$ . Послѣ же промывки дистиллированной водою обыкновенный измельченный ледъ, снѣгъ и ледъ изъ химически чистой воды даютъ почти тождественные результаты.

---

<sup>1)</sup> См. Т. I, стр. В. 13.



Сначала опредѣляютъ точку  $100^0$ , для чего нагрѣваютъ термометръ до  $100^0$  въ теченіи минутъ 20-ти въ вертикальномъ положеніи, затѣмъ приводятъ въ горизонтальное, и дѣлаютъ отсчетъ. Уже послѣ того, быстро охлаждають термометръ, и погружаютъ въ приборъ для опредѣленія  $0^0$ . Это можно сдѣлать безопасно въ теченіи нѣсколькихъ минутъ, охлаждая термометръ сначала въ рукѣ. Но при такой поспѣшности и въ бюро лопнулъ одинъ термометръ, у основанія трубки. При отсчитываніи барометра для опредѣленія температуры кипящей воды, замѣчаютъ время, чтобы имѣть возможность исключить измѣненія давленія. Высоту барометра приводятъ къ  $0^0$  по формулѣ:

$$H_0 = H \cdot \frac{1 + \alpha t}{1 + 0,00018153t} m,$$

гдѣ  $\alpha$  коэф. расширенія шкалы барометра, а  $m$  коэф., зависящій отъ мѣста наблюденія и служащій для приведенія къ  $45^0$  широты и уровню моря.

Теперь остается ознакомиться съ правилами, по которымъ въ Международномъ бюро изъ отсчета термометра получаютъ его температуру <sup>1)</sup>).

I. Сдѣлавъ отсчетъ  $n$  по шкалѣ термометра прибавляютъ къ нему поправку  $x_n$  изъ I таблицы, содержащей результаты его калиброванія. Тогда поправленный отсчетъ  $n'$  будетъ:

$$n' = n + x_n.$$

II. Если во время опыта термометръ, имѣющій длину градуса  $u_1$  миллиметровъ и разстояніе  $u$  отъ середины резервуара до  $0^0$ , былъ погруженъ на 1 мм. въ жидкость плотности  $d$ , и былъ подверженъ давленію газа упругостью въ  $B'$  мм. столба ртути приведеннаго къ  $0^0$ , широтѣ  $45^0$  и уровню моря, то поправка на давленіе  $\gamma$ , выразится формулою:

$$\gamma = + \beta_i (u + nu_1) \sin \alpha - \beta_e \left( B' + h \frac{d}{\delta_0} - 760 \right),$$

гдѣ  $\delta_0$  плотность ртути,  $\beta_i$  и  $\beta_e$  коэффиціенты внутренняго и внѣшняго давленія. Чтобы удобно было дѣлать поправку на давленіе надо имѣть заранѣе вычисленную таблицу. Поэтому, помня

<sup>1)</sup> См. Т. I, стр. D. 4. Pesées, par W. J. Marek.

что  $\beta_i$  и  $\beta_e$  величины малыя и почти равныя между собою, можно формулу преобразовать такъ: назовемъ чрезъ  $B = B' + h \frac{d}{\delta_0}$  давленіе претерпѣваемое термометромъ извнѣ, тогда:

$$\gamma = \beta (u + nu_1) \sin \alpha + \beta (760 - B) = \gamma_1 + \gamma_2 \sin \alpha.$$

При горизонтальномъ положеніи, когда  $\sin \alpha = 0$  внутреннее давленіе  $= 0$ , и второй поправки примѣнять не нужно. Для поправки  $\gamma_1$  для каждаго термометра составляется таблица II для всѣхъ величинъ  $(760 - B)$  между 720 и 770 мм. чрезъ каждый сантиметръ, а величина  $\gamma_2$  вычисляется для каждаго градуса шкалы и вносится въ таблицу III. Такимъ образомъ послѣ второй поправки отсчесть:

$$n'' = n + x_n + \gamma.$$

III. Изъ полученнаго такимъ образомъ положенія столбика на шкалѣ термометра безъ погрѣшностей калибра и не подверженнаго измѣненію объема отъ давленія на его стѣнки, надо вычислить температуру. Для этого надо знать для этого термометра исправленныя на калибръ и давленіе положенія точекъ  $0^0$  и  $100^0$  или какикъ-либо двухъ другихъ температуръ  $t_1$  и  $t_2$ , которымъ соотвѣтствуютъ исправленные отсчеты  $n_1''$  и  $n_2''$ . Температура  $t$  соотвѣтствующая отсчету  $n''$  будетъ:

$$t = t_1 + \frac{n'' - n_1''}{n_2'' - n_1''} (t_2 - t_1).$$

Для термометра раздѣленнаго уже приблизительно на градусы С., величина:  $\frac{t_2 - t_1}{n_2'' - n_1''}$  будетъ очень близка къ единицѣ. Положимъ:

$$\frac{n_2'' - n_1''}{t_2 - t_1} = 1 + k, \text{ тогда:}$$

$$t = \left[ n'' - \left( n_1'' - \frac{t_1}{1+k} \right) \right] (1+k) = (n'' - \zeta)(1+k).$$

Для термометровъ перваго и втораго разрядовъ имѣющихъ точки  $0^0$  и  $100^0$  на шкалѣ,  $\zeta$  будетъ поправкою положенія  $0^0$ , а множитель  $(1+k)$  поправкою на разстояніе постоянныхъ точекъ. Когда термометръ не подвергается быстрымъ и большимъ

измѣненіямъ температуры, можно опредѣлять положеніе его  $0^0$  время отъ времени и вычислять посредствомъ интерполяціи положеніе этой точки для момента наблюденія. Но послѣ каждаго значительнаго повышенія температуры, надо снова чрезъ возможно малый промежутокъ времени опредѣлить опытомъ положеніе  $0^0$ , если хотятъ получить полную точность. Для удобства составленія таблицы, формулу для повѣрки на разстояніе основныхъ точекъ преобразуютъ такъ:

$$t = (n'' - \zeta) (1 + k) = (n + x_n + \gamma - \zeta) (1 + k) = \eta + y_n$$

гдѣ  $\eta = n + x_n \gamma - \zeta$ , т. е. отсчету поправленному на калибръ, давленіе и положеніе точки  $0^0$ , а  $y_n = \eta k$ . Въ такой формѣ и вычисляютъ четвертую таблицу поправокъ, чрезъ каждый градусъ. Въ таблицу V вписываютъ всѣ послѣдовательныя опредѣленія точки  $0^0$ , по мѣрѣ накопленія наблюденій.

Для термометровъ третьяго разряда, имѣющихъ только  $0^0$  на шкалѣ, довольствуются болѣе простыми поправками: поправкою на давленіе пренебрегаютъ, а сумму поправокъ на калибръ и величину градуса  $\varphi n$ , опредѣляютъ по сравненію съ перворазряднымъ термометромъ. Для такого термометра:

$$t = n + \varphi n - z,$$

гдѣ  $z$  положеніе  $0^0$  непосредственно наблюденное.

Когда термометръ довольно долгое время былъ при наблюдаемой температурѣ, можно предположить, что его  $0$  пришелъ уже въ положеніе соотвѣтствующее этой температурѣ. Тогда можно обойтись безъ непосредственнаго опредѣленія положенія  $0$  послѣ наблюденія и взять его изъ таблицы пониженія  $0$ , вычисленной для термометровъ Тоннело въ международномъ бюро для предѣла отъ—10 до+190. Эти-же числа можно достаточно точно вычислить по формулѣ:

$$Z_t = Z_0 - 0,0008557t - 0,000001218t^2,$$

а для іенскаго стекла:

$$Z_t = Z_0 - 0,00071t + 0,0000008t^2,$$

по Бѣдхеру, а по Гильому:

$$Z_t = Z_0 - 0,00073t + 0,00000097t^2.$$

Для французскаго хрусталя:

$$Z_t = Z_0 - 0,0007972t - 0,00003293t^2.$$

Здѣсь  $Z_0$  взять изъ послѣдняго опыта съ даннымъ термометромъ.

Примѣръ опредѣленія температуры.

1879 г. мая 26, температура  $A$  (Т. I стр.  $D$ . 11).

|                     |                      |                        |
|---------------------|----------------------|------------------------|
| Отсчетъ . . . . .   | $n = 13,025$         |                        |
| (изъ таблицы I).    | $x_n = + 0,166$      |                        |
| ( » » II).          | $\gamma_1 = + 0,001$ |                        |
| ( » » III).         | $\gamma_2 = + 0,014$ |                        |
| ( » » V).           | $\zeta = - 0,027$    | Давленіе $B = 757$ мм. |
| (входной аргументъ  | $\eta = 13,179$      |                        |
| для таблицы IV) . . |                      |                        |
| изъ таблицы IV) . . | $y_n = - 0,029$      |                        |
|                     | <hr/>                |                        |
|                     | $t = 13,150$         |                        |

Примѣръ опредѣленія постоянныхъ точекъ.

Термометръ  $A$ , 1878 г. декабря 9.

Термометръ въ парахъ кипящей воды.

| Время.             | Отсчетъ.             | Маном. водяной.                |
|--------------------|----------------------|--------------------------------|
| $= 1$ ч. 34 м.     | $n_2 = 99,364$       | $m = 15,2$ мм.                 |
| 39                 | 382                  | 15,5                           |
| 50                 | 366                  | 10,6                           |
| 52                 | 381                  | 9,7                            |
| <hr/>              | <hr/>                | <hr/>                          |
| Среднее 1 ч. 44 м. | $n_2 = 99,373$       | $m = 12,2 = 0,93$ мм.ртути.    |
|                    | $x_n = - 0,053$      | $+ 745,90$ попр.               |
|                    |                      | давлен.                        |
|                    |                      | бар. въ                        |
|                    |                      | 1 ч. 44 м.                     |
| <hr/>              | <hr/>                | <hr/>                          |
| ( $B = 747$ мм.)   | $\gamma_1 = + 0,002$ | 746,83 упр. па-                |
|                    |                      | ровъ                           |
|                    |                      | воды.                          |
|                    | $\gamma_2 = + 0,047$ | По Ренью $t = 99^\circ,512$ С. |
|                    | $n''_2 = 99,369.$    |                                |

Въ  $\tau_0 = 1$  ч. 53 м. вынутъ изъ прибора и погруженъ въ снѣгъ.

| Время.               | Отсчетъ.       |
|----------------------|----------------|
| $\tau_0 = 2$ ч. 0 м. | $n_1 = -0,366$ |
| 2                    | 362            |
| 4                    | 365            |
| 7                    | 363            |
| 10                   | 363            |
| 15                   | 361            |
| 2 ч. 18 м.           | $-0,352$       |

Эти отсчеты могутъ быть выражены формулою:

$$n = -0,370 + 0,00056 (\tau - \tau_0) \text{ минутъ.}$$

Для 1 ч. 53 м.  $n_1 = -0,370$  по этой формулѣ

$$x_n = -0,04$$

$$(B = 746 \text{ мм.}) \quad \gamma_1 = +0,002 \quad \gamma_2 = +0,009$$

$$k = \frac{t_3 - t_1}{n_1'' - n_1''} = \frac{(99,369) - (-0,363)}{99,512 - 0,000} = -0,002208.$$

Температура, опредѣленная такимъ образомъ, будетъ отнесена къ нормальной шкалѣ ртутнаго термометра. Она, какъ извѣстно, замѣтно отличается отъ абсолютной шкалы температуръ, опредѣляемой теоретически. Пока эта послѣдняя не осуществлена, принимаютъ за нормальную шкалу наиболѣе близкую къ абсолютной, шкалу газоваго термометра съ водородомъ. Международный комитетъ вѣсовъ и мѣръ принялъ за нормальную шкалу температуръ стоградусную шкалу водороднаго термометра, гдѣ 0 при температурѣ таящаго льда, а  $100^0$  при температурѣ кипѣнія дистиллированной воды подъ нормальнымъ атмосфернымъ давленіемъ; при этомъ водородъ берется при начальномъ давленіи въ одинъ метръ, т. е. въ  $\frac{1000}{760} = 1,3158$  нормальнаго атмосферическаго давленія.

На основаніи тщательныхъ опытовъ Шапюи составлена таблица поправокъ, которая надо прибавлять къ показаніямъ по нормальной шкалѣ ртутнаго термометра, чтобы получить соотвѣтственныя температуры по шкалѣ нормальнаго водороднаго термометра. Эта таблица идетъ только отъ  $-20^0$  до  $+100^0$ .

Для температуръ отъ  $100^0$  до  $200$  такая таблица составлена по опытамъ Вибе и Беттхера <sup>1)</sup>, съ воздушнымъ термометромъ. Разница показаній воздушнаго и водороднаго термометра незначительна, но вообще результаты Вибе надо считать менѣе достоверными, чѣмъ результаты международного бюро.

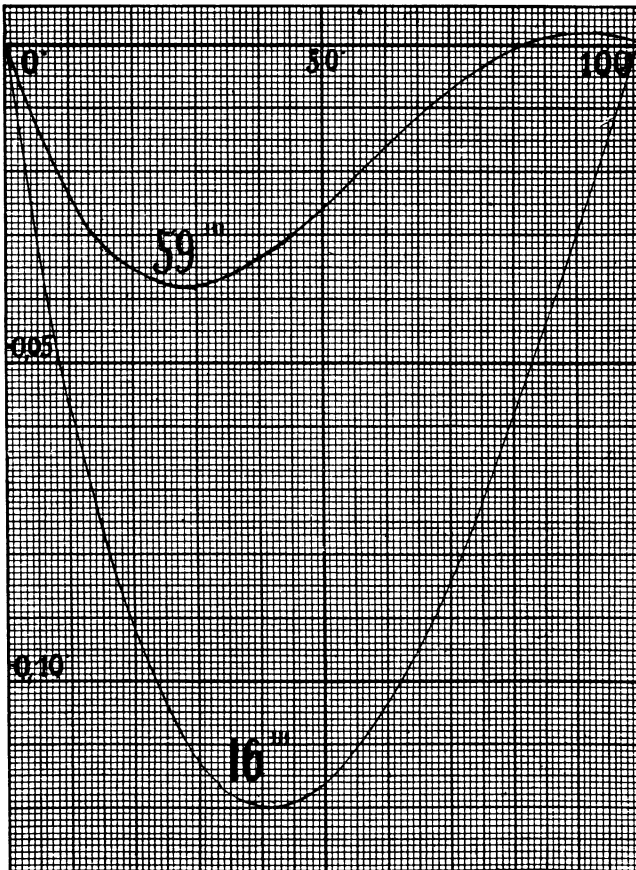


Рис. 33.

Повѣрку дѣленій высокоградусныхъ термометровъ можно сдѣлать на основаніи точекъ  $0^0$  и  $100^0$ , если трубка была прокаливана заранѣе. Обыкновенно довольствуются повѣркою нѣ-

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1890 s. 16—28, 233—246.

сколькихъ точекъ, пользуясь хорошо опредѣленными точками кипѣнія и плавленія нѣкоторыхъ веществъ. Рекомендуютъ точки кипѣнія слѣдующихъ веществъ (причемъ В обозначаетъ давленіе атмосферы во время опыта, въ см.)

|                   |                                |          |
|-------------------|--------------------------------|----------|
| Анилинъ . . . . . | $184,2^{\circ} + 0,51^{\circ}$ | (В — 76) |
| Нафталинъ . . . . | $218,1^{\circ} + 0,58^{\circ}$ | (В — 76) |
| Бензофеноль . . . | $306,1^{\circ} + 0,63^{\circ}$ | (В — 76) |
| Ртуть . . . . .   | $357,1^{\circ} + 0,75^{\circ}$ | (В — 76) |
| Сѣра . . . . .    | $445,3^{\circ} + 0,38^{\circ}$ | (В — 76) |

Со всѣми вышеуказанными поправками, термометръ дастъ лишь «ртутную температуру». Для перехода къ температурамъ водороднаго термометра изъ стеколъ 16''' и 59''' вычислена таблица поправокъ для промежутка отъ 0 до 100, помѣщенная въ собраніи физико-химическихъ таблицъ Ландольта и изображенная графически на прилагаемомъ чертежѣ (черт. 33), гдѣ каждая клѣтка абсциссы изображаетъ градусъ ртутнаго термометра, а каждая клѣтка ординаты—соотвѣтственную поправку въ тысячную долю градуса.

Для высшихъ температуръ опыты еще не закончены. Существуетъ для термометра изъ стекла 59''', содержащаго углекислоту надъ ртутью, слѣдующія данныя для перевода на температуру воздушнаго термометра, на основаніи не прямыхъ сравненій Мальке <sup>1)</sup> сравненіе было сдѣлано съ другимъ ртутнымъ, предварительно вѣвѣреннымъ по воздушному.

|                                    |                   |                                     |                    |
|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Отсчетъ: 0 <sup>0</sup> , поправка | 0 <sup>0</sup>    | Отсчетъ 375 <sup>0</sup> , поправка | —10,4 <sup>0</sup> |
| 100 <sup>0</sup>                   | 0 <sup>0</sup>    | 400 <sup>0</sup>                    | —12,3 <sup>0</sup> |
| 200 <sup>0</sup>                   | —0,4 <sup>0</sup> | 425 <sup>0</sup>                    | —15,7 <sup>0</sup> |
| 300 <sup>0</sup>                   | —4,1 <sup>0</sup> | 450 <sup>0</sup>                    | —19,1 <sup>0</sup> |
| 325 <sup>0</sup>                   | —5,9 <sup>0</sup> | 475 <sup>0</sup>                    | —23,0 <sup>0</sup> |
| 350 <sup>0</sup>                   | —8,1 <sup>0</sup> | 500 <sup>0</sup>                    | —27,8 <sup>0</sup> |

Всѣ вышеописанныя предосторожности недостаточны, когда значительная часть ртутнаго столбика термометра выдается изъ пространства, въ которомъ надо измѣрить температуру: шкала вывѣряется въ предположеніи, что вся ртуть термометра нахо-

<sup>1)</sup> Mahlke. Ann. d. Phys. 63 p. 39. 1898.

дится при измѣряемой температурѣ. Если назовемъ длину градуса  $e$ , а число градусовъ, находящихся при средней температурѣ  $t$ , буквою  $n$ , то разность между истинною температурою термометра  $T$  и отсчитываемою  $T'$  будетъ:

$$T - T' = ne (T - t) (\alpha - \beta),$$

гдѣ  $\alpha - \beta$  разность коэффициентовъ кубическаго расширенія ртути и стекла термометра.

Для іенскаго стекла 16''',  $\alpha - \beta = \frac{1}{6370}$ .

То же число принимается для Тюрингенскаго.

Для іенскаго 59''',  $\alpha - \beta = \frac{1}{6100}$ .

Для французскаго verre dur,  $\alpha - \beta = \frac{1}{6260}$ .

Однако, даже зная эту среднюю температуру выдающагося столбика, поправку можно будетъ вычислить лишь путемъ послѣдовательныхъ приближеній, такъ какъ искомая температура  $T$  намъ еще неизвѣстна и вмѣсто нея приходится брать ея приближенное значеніе  $T'$ .

Но узнать среднюю температуру выдающейся части столбика очень затруднительно: если верхняя часть находится при температурѣ комнатнаго воздуха, то въ болѣе или менѣе длинной части его она постепенно возвышается до  $T$ . Законъ этого возвышенія температуры всецѣло зависитъ отъ формы, матеріаловъ и устройства термометра и прибора и никакому общему расчету не подлежитъ. А въ иныхъ случаяхъ, особенно при техническихъ производствахъ въ большомъ размѣрѣ, бываетъ необходимо придавать этой промежуточной части столбика значительную длину, такъ что поправка можетъ достигать до нѣсколькихъ градусовъ: остается опредѣлить ее прямымъ опытомъ.

Для этого Гильомъ предложилъ помѣщать рядомъ съ главнымъ термометромъ другой, состоящій изъ точно такой же трубки, но безъ резервуара. Если столбикъ ртути въ этомъ термометрѣ будетъ кончатся на той же высотѣ, что и въ главномъ, а нижній конецъ будетъ на уровнѣ, гдѣ температура начинаетъ быть ниже  $T$ , то они будутъ въ одинаковыхъ условіяхъ температуры,



такъ какъ никакихъ конвекціонныхъ токовъ въ капиллярной трубкѣ съ ртутью нельзя ожидать. Поэтому, если вспомогательный термометръ снабженъ шкалою Цельзія, онъ будетъ показывать искомую среднюю температуру  $t$  столбика.

Къ сожалѣнію, такой термометръ очень нечувствителенъ: при длинѣ въ 20 см., напримѣръ, нагреваніе на  $100^{\circ}$  произведетъ перемѣщеніе конца столбика лишь миллиметра въ три; поэтому отсчитывать его приходится съ помощью микрометренного микроскопа, что не всегда возможно.

Въ виду этого, Мальке замѣнилъ линейный термометръ Гильома обыкновеннымъ, съ длиннымъ цилиндрическимъ и очень узкимъ резервуаромъ и еще болѣе узкою трубкою. Чувствительность отъ этого возрасла достаточно, но самый расчетъ сталъ сложнѣе. Чтобы рѣшить, въ какомъ положеніи долженъ быть вспомогательный термометръ относительно главнаго, представимъ себѣ, что у линейнаго термометра Гильома сѣченіе трубки, начиная съ части занятой послѣднимъ градусомъ столбика, стало въ 100 разъ меньше. Тогда ртуть этого градуса займетъ въ сто разъ большую длину, но объёмъ ея отъ этого не измѣнится, потому что ея температура останется та же, т.-е. температура комнатнаго воздуха. Поэтому, вспомогательный термометръ надо такъ располагать, чтобы нижній его конецъ приходился на высотѣ гдѣ температура начинаетъ быть ниже.

Какъ при термометрѣ Гильома, такъ и при термометрѣ Мальке, длина цилиндрическаго резервуара должна быть равна длинѣ выдающагося столбика главнаго термометра. Если этотъ столбикъ значительно длиннѣе, его лишняя часть будетъ при температурѣ окружающаго воздуха и для нея поправку надо будетъ вычислить отдѣльно, на основаніи особаго наблюденія этой температуры  $t_0$ . Этого не приняли во вниманіе и формулы выходили сложныя и возбуждали сомнѣнія.

Дѣло можно представить такъ: назовемъ буквою  $l$  длину, которую заняла-бы ртуть термометра Мальке при  $t$ , если-бы она вся помѣщалась въ трубкѣ резервуара, (какъ въ термометрѣ Гильома), выраженную въ градусахъ главнаго термометра. Эту длину можно вычислить, зная отношенія сѣченій трубки и резервуара, но на практикѣ вліяніе такой поправки будетъ ничтожно и можно считать  $l$  постоянною величиною.

Назвавъ  $L$  длину выдающагося столбика главнаго термометра, выраженную тоже въ градусахъ,  $L$  единицу при  $T$ , получимъ:

$$L = l \frac{1 + (\alpha - \beta) \frac{T'}{t}}{1 + (\alpha - \beta) \frac{T}{t_0}} + (L' - l) \frac{1 + (\alpha - \beta) \frac{T'}{t}}{1 + (\alpha - \beta) \frac{T}{t_0}}$$

Чтобы получить второе приближеніе, надо повторить вычисленіе, подставивъ найденное  $T$  вмѣсто  $T'$ . Можно ожидать, что въ обыкновенныхъ случаяхъ разница окажется за предѣломъ точности.

### Дополненія, сдѣланныя во время печатанія.

I. Многообобщающее измѣненіе очень чувствительнаго ртутнаго термометра описано Дюкло и Гамеленомъ въ *Journal de Physique* 1910 г., стр. 600. Чтобы уменьшить треніе ртути, задерживающее очень маленькія движенія столбика, авторы сверхъ ртути наливаютъ слабую сѣрную кислоту (около 10<sup>0</sup>/<sub>10</sub>, какъ въ электрометрѣ Липпмана). Но для уничтоженія электрическихъ вліяній, въ резервуаръ впаяна тонкая платиновая проволока, другой конецъ которой впаянъ на верху въ расширеніе съ ртутью: термометръ этотъ по необходимости сдѣланъ «метастатическимъ», такъ какъ показываетъ 0,0001 градуса. Діаметръ просвѣта трубки былъ около 0,1 мм., а резервуаръ вмѣщалъ около 60 грм. Термометръ точно показывалъ тысячныя градуса, по сравненію съ обыкновеннымъ такой-же чувствительности, онъ показывалъ такія маленькія измѣненія, при которыхъ обыкновенный не показывалъ ни малѣйшаго передвиженія конца столбика.

Можно не сомнѣваться въ дѣйствительномъ большомъ увеличеніи чувствительности этого термометра, только онъ, вѣроятно, будетъ не прочнымъ. Сами авторы указываютъ, что не надо оставлять границу кислоты и ртути въ трубкѣ, когда термометръ оставляютъ безъ употребленія надолго. — Термометръ изготовилъ для авторовъ G. Berlemont, (Paris, 11, rue Cujas).

II. Мои опыты надъ устройствомъ горѣлки съ окислительнымъ пламенемъ были доведены до конца во время печатанія 2-го изданія, но я не успѣлъ еще придать ей окончательную удобную форму. Оказалось, что для горѣлки съ предварительнымъ смѣ-

шеніемъ газовъ нельзя брать воздухъ при давленіи превышающемъ давленіе газа, т. е. 25—30 мм. водяного столба: иначе воздухъ вдувается въ газопроводъ. Поэтому удобнѣе брать нѣмецкій мѣхъ съ малымъ равномернымъ давленіемъ, а приводныя трубки около 0,5 дюйма для воздуха и 0,25 для газа, если нужно большое пламя.

При широкомъ отверстіи пламя получается расширенное, а для стеклодувныхъ работъ требуется сосредоточенное пламя; поэтому пришлось примѣнять колпачки съ нѣсколькими параллельными трубочками, отъ 1 до 4 мм. діаметра. Тогда, при достаточномъ притокѣ воздуха получается пламя какъ въ новой газовой горѣлкѣ Мекера: надъ каждой трубочкой образуется короткій, голубой конусъ, а остальное пламя принимаетъ слегка фіолетовый оттѣнокъ. Наивысшая температура, при которой тонкая платиновая проволока плавится, получается только надъ самыми голубыми конусами, въ остальной части мой пирометръ Лешалье давалъ 1360°C. Около конусовъ пламя еще возстановительное, а начиная съ половины длины окислительное, допускающее обработку свинцоваго стекла безъ почерненія. Одна узкая трубочки даетъ хорошее, острое пламя, пять среднее, а большее число трубочекъ по шире, даетъ возможность получать жаркое, большое пламя. Вѣроятно можно будетъ устроить горѣлку такъ, чтобы небольшимъ поворотомъ ручки зажигать одну среднюю трубочку или еще одинъ или два ряда трубочекъ.

III. Очень дешевую и хорошо дѣйствующую горѣлку для паяльнаго стола, среднихъ размѣровъ, устроилъ и описалъ въ Ж. Р. Физико-химическаго Общества 1908 г. стр. 24 отд. физики, С. А. Боровинъ. Она вся свинчена изъ продажныхъ газопроводныхъ частей и собственной работы въ ней очень мало. Такая горѣлка можетъ вполнѣ удовлетворять обыкновеннымъ требованіямъ лабораторіи.

IV. Долгое время въ Петербургѣ стеклодувнымъ дѣломъ занимались лишь немногіе, пріѣзжіе нѣмцы. Съ конца девяностыхъ годовъ появился для нихъ сильный конкурентъ изъ русскихъ кустарей, М. Г. Орловъ. По его разсказу, дѣло началось съ 1848 года. Въ Корчевскомъ уѣздѣ Тверской губ. существовалъ стекольный заводъ, на которомъ заправилами были французы. Для гемеопатической аптеки въ Москвѣ понадобились трубочки

для крупинокъ, французъ взялся ихъ готовить и показалъ приемы ученику, Григорію Семеновичу Орлову, отцу рассказчика. Работа производилась на маслянной лампѣ, сдѣланной изъ опрокинутой реторты, съ помощью паяльной трубки: надо было дуть ртомъ и когда трубка нагрѣвалась, скорѣе бросать дутье и раздавать работу. Потомъ это дѣло перешло на Круговской заводъ кн. Меншиковыхъ и мало по малу до 500 семействъ кустарей въ г. Клину и окрестностяхъ стали имъ заниматься. Въ первое время Г. С. Орловъ былъ единственнымъ скупщикомъ ихъ издѣлій и поставщикомъ матерьяловъ. Главнымъ продуктомъ были стеклянныя бусы, которые наливались краской и зеркальнымъ сплавомъ и расходились преимущественно на югъ Россіи. Теперь работаютъ больше шприцы капельники и другіе вещи для аптекъ, а вмѣсто бусъ: елочные украшенія. Паяльныя трубки давно замѣнены мѣхомъ, а масло, саломъ, керосиномъ и, лучше всего, парафиномъ; гдѣ можно работаютъ на газѣ. Однако цѣны такъ упали, что довольствуются заработкомъ, начиная съ 5 коп. въ день.

У М. Г. Орлова теперь стекольный заводъ на ст. Спирово, Тверской губ. гдѣ изготавливается аптекарская и химическая посуда и трубки для стеклодувнаго дѣла, очень хорошаго качества, приближающагося къ Іенскому стеклу для аппаратовъ. Въ Петербургѣ, въ его мастерскихъ, изготавливаются самыя сложныя аппараты, исключая термометра. Благодаря постоянно топящейся отжигательной печи, мастерская можетъ изготовлять краны, разнаго рода шлифы и сложныя работы, недоступныя мелкимъ мастерскимъ.

V. Въ каталогѣ завода Шоттъ и К<sup>о</sup> въ Іенѣ, указаны еще нѣсколько сортовъ трубокъ обладающихъ особенными качествами, для разныхъ научныхъ цѣлей; трубки эти изготавливаются для продажи.

№ 31. Трубки для запаиванія, выдерживающія большое давленіе и быстрыя измѣненія температуры:

- а) «Robax, признакъ: вплавленная свѣтлоголубая полоска.
- б) «Durax, признакъ: вплавленная зеленая полоска.

Эти трубки изъ двойного слоя стекла разныхъ качествъ: коэффициенты расширенія и толщины слоевъ такъ подобраны, что быстрыя измѣненія температуры наружнаго слоя не производятъ опасныхъ натяженій въ массѣ стекла.

№ 32. Трубки тугоплавкія, для элементарнаго анализа и тонкостѣнныя, для пробирокъ.

№ 33. Трубки изъ стекла для химическихъ приборовъ, для обыкновенныхъ стеклодувныхъ работъ.

№ 34. Трубки изъ стекла 397<sup>'''</sup>, хорошо выдерживаютъ плавление платины.

№ 35. Трубки изъ «увиолеваго» стекла, прозрачныя для ультрафіолетовыхъ лучей, тонкостѣнныя.

Сверхъ того, описанныя выше, термометренныя трубки изъ стекла 16<sup>'''</sup> и 59<sup>'''</sup> и «ленское стекло для стерилизованныхъ жидкостей» (Iena er Fiolenglass).

---

которую поставилъ себѣ авторъ въ предисловіи: она навѣрное внушитъ любовь къ занятіямъ, возбудитъ интересъ читателя и доставитъ полное удовлетвореніе и радость въ работѣ. Пожелаемъ возможно большаго распространенія этой драгоценной книгѣ.

**Краткій учебникъ органической химіи. А. Bernthsen.** Съ 8-го нѣмецк. изд. перевели Л. Явейнъ и А. Тилло. XIX+672 стр. 3 русск. изд. 1903. Цѣна 3 руб. въ перепл. 3 руб. 65 коп.

**Рекомендовано Ученымъ Комитетомъ Мин. Нар. Просв.** для учительскихъ библиотекъ тѣхъ средн. учебн. заведеній Мин. Нар. Просвѣщ., гдѣ введено обученіе органической химіи.

**Современная химія, В. Рамзая.** Переводъ съ англійскаго С. Лебедева и Е. Остроумовой. Ч. I. Теоретическая химія. 120 стр. съ 9 фиг. 1906. Ч. 80 к. Ч. II. Систематическая химія. 199 стр. 1907. Ч. 1 руб. 20 коп.

Современная химія кратка и полна, языкъ ясенъ, но чрезвычайно сжатъ, поэтому въ первой теоретической части требуется отъ читателя нѣсколько напряженное вниманіе. Во второй систематической части, съ точки зрѣнія современныхъ химическихъ воззрѣній охваченъ обширный матеріалъ, при чемъ область органической химіи тѣсно слита съ неорганической въ единое цѣлое общей химіи. Особенное значеніе обращено на вопросъ о химическомъ равновѣсіи.

**Учебникъ неорганической химіи. Проф. А. Ф. Голлемана.** Разрѣшенный переводъ съ дополн. автора подъ редакц. проф. В. Р. Тизенгольца. XVI+539 стр. съ 91 рис. и спектрал. табл. 1909. Цѣна 3 руб. 60 коп., въ перепл. 4 руб. 40 коп.

**Ученымъ Комитетомъ Мин. Нар. Просв.** рекомендованъ въ качествѣ учебнаго пособия, для среднихъ и низшихъ техническихъ училищъ.

**Теорія химіи. Аррениуса-Сванте,** по лекціямъ, читаннымъ въ калифорнійскомъ университетѣ въ Беркли. Переводъ съ разрѣшенія автора съ нѣмецкаго изданія «Theorien der Chemie», von Svante Arrhenius D. D. Гарднера, лаборанта техн. инст. Имп. Николая I. Цѣна 1 руб. 50 коп.

**Диссоціація и превращеніе химическихъ атомовъ. Прив.-доц. I. Штарка.** Переводъ съ нѣмецкаго В. С. Игнатовскаго. 60 стр. 1904. Цѣна 50 коп.

Въ виду важности и новизны предмета для многихъ, можетъ быть, явится необходимость имѣть краткое и элементарное изложеніе понятій объ іонѣ, электронѣ и радиоактивности. Цѣль настоящаго небольшого труда—придти навстрѣчу этой необходимости. Помѣщенные въ концѣ примѣчанія дадутъ возможность желающимъ найти болѣе точныя литературныя указанія и нѣкоторыя количественныя данныя.

**Исслѣдованія надъ радиоактивными веществами, Кюри-Склодовской.** Переводъ со 2 франц. изданія И. Ф. Факторовича. 110+II стр. съ 14 фиг. 1904. Цѣна 90 коп.

**Начала математической теоріи электричества и магнетизма. Проф. Дж. Дж., Томсона.** Перев. съ 2-го англ. изд. VIII+399 стр. съ 133 рис. 1901. Цѣна 3 р. 50 коп., въ перепл. 4 руб.

**Курсъ физики, проф. О. Д. Хвольсона.** Томъ первый. Введеніе,—Механика. Нѣкоторые измѣрительные приборы и способы измѣренія.—Ученія о газахъ, жидкостяхъ и твердыхъ тѣлахъ. XV+656 стр. съ 378 рис. Изданіе третье, пересм. и дополн. 1908. Цѣна 5 руб. Томъ второй. Ученіе о звукахъ (акустика). Ученіе о лучистой энергіи. Изданіе второе, сов. перераб. и знач. дополн. XIII—823 стр. съ 613 рис. 1904. Цѣна 5 руб. Томъ третій. Ученіе о теплотѣ. Изд. второе, пересм. и дополн. VII+720 стр. съ 228 рисун. 1905. Цѣна 5 руб. Томъ четвертый. I-я половина. Ученіе о магнитныхъ электрическихъ явленіяхъ. VIII+750 стр. съ 336 рис. 1907. Цѣна 5 руб., въ переплетахъ на 80 коп. дор.



- Краткій курсъ Физики** для медиковъ, естественниковъ и техникумовъ. **Проф. О. Д. Хвольсона.** Часть первая. Введеніе.—Механика.—Нѣкоторые измѣрительные приборы и способы измѣренія.—Ученіе о газахъ, жидкостяхъ и твердыхъ тѣлахъ. 2-е изд. пересм. и дополн. X+386 стр. съ 235 рис. въ текстѣ. 1909. Цѣна 2 руб. 50 коп. Часть вторая. Ученіе о звукѣ (акустика).—Ученіе о лучистой энергіи. IX+650 стр. съ 307 рис. 1900. Цѣна 2 руб. 50 коп. Часть третья. Ученіе о теплотѣ. VI+305 стр. съ 166 рис. 1900. Цѣна 2 руб. 50 коп.
- Химическая Минералогія, проф. Р. Браунса.** Перев. съ нѣм., съ исправл. и дополн. автора подъ ред. проф. Ф. Ю. Левинсона-Лессинга. X+468 стр. съ 33 фиг. 1904. Цѣна 4 руб.
- Практическое руководство по анатоміи животныхъ.** Указанія къ производству зоологическихъ изслѣдованій. **Проф. М. Брауна.** Пер. подъ ред. проф. Э. К. Брандта. XI+274 стр. съ 123 полит. 1887 г. Цѣна 2 руб.
- Курсъ Физической географіи.** Руководство для студентовъ и учениковъ старшихъ классовъ среднихъ учебныхъ заведеній. Проф. **П. И. Броунова.** Общая свѣдѣнія о землѣ, морфологія суши, воды, океаны и моря. VIII+534. Съ 210-ю рис. 1910. Цѣна 4 руб.
- Учебникъ Физической географіи,** для гимназій и реальныхъ училищъ. Сост. засл. проф. **П. И. Броуновъ.** 17+138 стр. съ 57 рис. 1911. Ц. 60 к.
- Строеніе и жизнь человѣческаго тѣла.** Руководство для среднихъ классовъ общеобразовательной школы. **В. А. Герда.** VI+224+XXXI стр. съ 216 рис., 1 черт. и 6 цвѣтн. табл. 1910. Цѣна 1 р. 60 к.
- Практическая минералогія.** Курсъ Уральскаго горнаго училища. **М. Соловьева.** X+199 стр. съ 112 рис. 1903. Цѣна 1 р.
- Допущена Ученымъ Комитетомъ Мин. Нар. Просв.** въ качествѣ учебнаго руководства для реальныхъ училищъ и въ качествѣ учебнаго пособия для промышленныхъ училищъ.
- Элементарная геологія.** Курсъ средн. горно-техническ. училищъ. **М. Соловьева.** 2-е изд. 200 стр. съ 95 рис. 1907. Цѣна 1 руб. 50 коп.
- Допущена Ученымъ Комитетомъ Мин. Нар. Просв.** въ качествѣ учебнаго пособия для среднихъ и низшихъ горно-заводско-техническихъ училищъ.
- Таблицы для опредѣленія минераловъ** при посредствѣ вѣшн. признаковъ и простыхъ химическ. реакцій. **Проф. К. Фунса.** Переводъ съ 5-го нѣм. изд. Д. С. Вѣлякина подъ ред. проф. Ф. Ю. Левинсона-Лессинга. 139 стр. съ 6 рис. изд. 2-е исправл. и дополн. 1909. Ц. 90 коп.
- 16 кристаллографическихъ сѣтокъ, М. Соловьева.** 16 стр. съ чертеж. въ текстѣ и на отд. листахъ. 1907. Цѣна 40 коп.
- Допущено Ученымъ Комитетомъ Мин. Нар. Просв.** къ учебному употребленію въ учебныхъ заведеніяхъ Министерства.
- Звѣздный атласъ для небесныхъ наблюденій. Я. Мессера.** 26 картъ съ текот. въ XIX+260 стр. и 51 рис. въ текстѣ. Изданіе 3-е исправл. и дополн. in 8° и in 4°. 1901. Въ переп. цѣна 5 руб. (Для желающихъ есть переплетенн. отдѣльно текстъ и отдѣльно карты. Цѣна 5 руб. 50 коп.).
- Одобрено Ученымъ Комитетомъ Мин. Нар. Просв.** для фундаментальныхъ и ученическихъ бібліотекъ сред. учебн. заведеній.
- Пройти молчаніемъ появленіе этого атласа можно тѣмъ менѣе, что онъ принадлежитъ къ лучшему, что имѣется въ этомъ родѣ, не только у насъ, но и за границею. (**В. Фуксъ, астрономъ Кроншт. обсерв.**).

