



Рач.

УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ШКОЛ I и II СТУПЕНИ

54  
В-36

В. Н. ВЕРХОВСКИЙ

ПРОВЕРЕНО 1948 г.

# РАБОЧАЯ КНИГА ПО ХИМИИ

Ч. I

для 5 и 6 ГОДОВ ОБУЧЕНИЯ

Проверено 1966 г.

*Допущено Комиссией по книге  
при Главсоцвосе*

Проверено 1954 г.

Шиб. А 27482 ил



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА 1930 ЛЕНИНГРАД

НЕОБХОДИМОЕ ДОПОЛНЕНИЕ К  
РАБОЧЕЙ КНИГЕ ПО ХИМИИ  
**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ ПО ХИМИИ**  
ДЛЯ ЗАПИСЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ И ОТВЕТОВ  
ПРОДАЕТСЯ ОТДЕЛЬНО

Издано в 1959 г.



62 × 94 — 15 л. У. 24. Гиз № 35212/Л.  
Ленинградский Облгизлит № 44648.  
Тираж 20000.

## К УЧАЩИМСЯ

Вряд ли кто-либо из вас не слышал, что есть наука химия, которая имеет громадное значение в нашей жизни и в народном хозяйстве, что химия играет важнейшую роль в обороне страны, что взрывчатые и отравляющие вещества, применяемые на войне, вырабатываются на химических заводах, что на химических же заводах вырабатываются и искусственные удобрения, необходимые для успешного ведения сельского хозяйства. Наверное в вашей школе есть ячейка Осоавиахима, в задачи которой входит пропаганда значения химии. На занятиях по естествознанию, вам, вероятно, приходилось даже делать некоторые химические опыты.

Теперь вам предстоит подробнее познакомиться с тем, что же такое химия, что и как она изучает, приобрести первоначальные познания по химии. Эти познания помогут вам составить себе правильное материалистическое мировоззрение. Кроме того они необходимы для того, чтобы сознательно разобраться в том громадном значении, какое имеет химия в жизни всякой страны, а такой страны как наш Союз ССР в особенности.

Основой вашей работы будут наблюдения и опыты. Решая поставленные вам задачи, отвечая на вопросы и прорабатывая материал, вы будете приобретать знания сами.

При работе над задачами, вам следует прежде всего прочитать всю задачу до конца и затем только, усвоив, что и как нужно сделать и подготовив нужный материал, приступать к работе.

Необходимое дополнение рабочей книги—рабочая тетрадь по химии. В эту тетрадь вы будете вписывать результаты вашей работы и ответы на поставленные вопросы.

Номера записей в тетради соответствуют цифрам, поставленным в книге в скобках там, где нужна соответствующая запись в тетрадь.



Перечитывая по книге проработанный материал, вы легко будете находить в тетради сделанные вами записи. Таким образом рабочая книга и тетрадь с записями вместе составят для вас одно учебное руководство.

## ТЕМА I

### ВЕЩЕСТВА И ИХ ОЧИСТКА

Дать заранее точное определение, что такое химия, трудно, да и не нужно. Работая, вы постепенно сами ясно поймете, что такое химия. Пока же будет достаточно сказать, что химия изучает различные вещества.

#### 1. ВЕЩЕСТВА

Первый вопрос, на котором мы остановимся, это: как различают и узнают вещества?

*Задача 1.* Рассмотрите внимательно заготовленные преподавателем и перенумерованные вещества и постарайтесь их узнать. Можете их нюхать, трогать пальцами и некоторые (на которых нет пометки крестиком) даже пробовать на вкус.

*Примечание.* Трогать руками и пробовать на вкус неизвестные вещества, вообще говоря, не рекомендуется, так как бывают вещества очень едкие и ядовитые; но среди заготовленных веществ очень едких нет и только немногие, помеченные крестиком, ядовиты.

Названия тех веществ, которые вы узнали наверное — впишите под соответствующими номерами в рабочую тетрадь (1).

Вы узнавали вещества по их качествам или свойствам — цвету, запаху, вкусу, большей или меньшей твердости, легкости и т. д.

Перечислите в тетради, какие еще свойства вы наблюдали у различных веществ? (2)

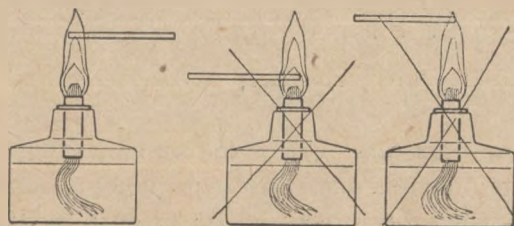
*Задача 2.* Данные вам палочки из различных веществ, держа пальцами, вводите по две или по три одновременно концами в пламя лампочки и наблюдайте явления, которые будут происходить. Какие свойства данных веществ вы обнаружили при нагревании? Чем они отличаются друг от друга? (3)

При обращении со спиртовой лампочкой следует соблюдать следующие правила.

1) Нагреть верхнюю треть пламени, так как здесь пламя наиболее жаркое (рис. 1). Убедитесь в этом, нагревая в пламени конец тонкой железной проволоки.

2) Лампочку не задувать, а закрывать колпачком.

3) Не держать лампочку открытой, так как спирт испаряется; на фитиле остается содержащаяся в спирте как примесь вода и лампочка потом будет плохо гореть.



Как нужно нагревать.

Как ненужно нагревать.

Рис. 1.

4) Ни в коем случае не доливать спирт в горящую лампочку, так как при этом можно сгореть самому и сжечь лабораторию.

5) Вообще обращаться с лампочкой как можно осторожнее, чтобы не разбить и не опрокинуть, зажигать толь-

ко спичкой или лучинкой (рис. 2), а не наклоня лампочку к другой горячей лампочке.

6) Если горящий спирт все-таки случайно прольется, тушить его, накрыв полотенцем, или заливать водой (водой нельзя заливать горящий бензин или керосин).

Если нагревание ведется не на спирте, а на светильном газе, то следует прочесть правила, вывешенные в лаборатории.

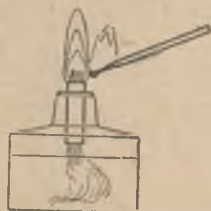


Рис. 2. Как нужно зажигать лампочку.

**Задача 3.** В списке рассмотренных вами веществ подчеркните те, которые вам кажутся не однородными,

т. е. представляют смеси различных веществ с различными свойствами.

В некоторых случаях неоднородность какого-нибудь порошка, кажущегося однородным, можно обнаружить, разболтав его в воде. При этом вещества легче воды всплывают, тяжелее воды — тонут. Кроме того, взбалтывая в воде, можно отделить вещества растворимые, дающие прозрачный раствор, от нерастворимых, образующих в воде муть. Как решить, содержатся ли в данном порошке растворимые вещества или нет? Для решения вопроса, воду после взбалтывания с порошком процеживают через пористую бумагу — фильтруют и полученную прозрачную жидкость ки-

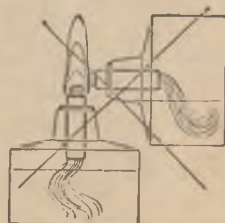


Рис. 3. Как нельзя зажигать лампочку.

пятят, пока она вся не испарится — выпаривают. Если при этом остается твердое вещество, значит оно было растворено в выпаренной жидкости.

Для фильтрования делается из фильтровальной бумаги фильтр. Для этого складывают квадратик бумаги (рис. 4а) пополам (рис. 4б) и еще раз пополам (рис. 4в).

Свободные углы обрезают как показано пунктиром на рисунке 4г (за неимением ножниц — бумагу можно аккуратно оборвать). Отделяют один слой бумаги и получают бумажный конус.

Его вставляют в воронку (рис. 5а). Края бумаги не должны торчать из воронки, как на рисунке 5б. Удобно сливать жидкость в воронку по палочке, как показано на рисунке 6.

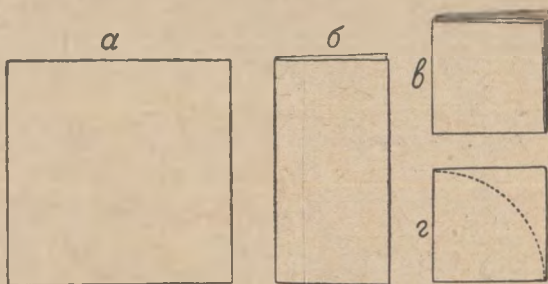


Рис. 4. Изготовление бумажного фильтра.

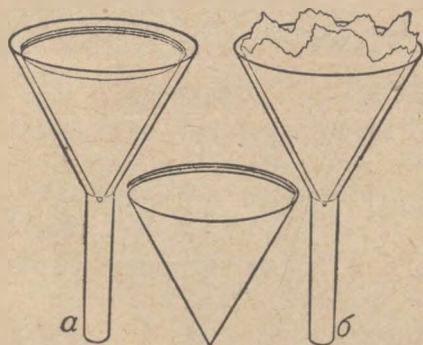


Рис. 5. Бумажный фильтр в воронке. а — фильтр, сделанный правильно, б — фильтр, сделанный неправильно.

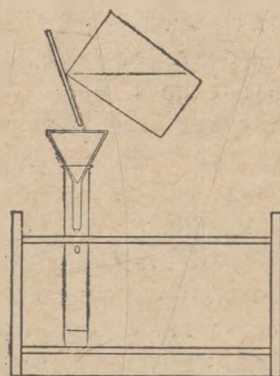


Рис. 6. Сливание жидкости в фильтр по палочке.

**Задача 4.** Взболтайте порошки с водой. Если возникнет вопрос, не растворилась ли часть порошка в воде, профильтруйте несколько капель жидкости на чистую жестяную пластинку и выпарьте над пламенем лампочки досуха (рис. 7).

Проделав указанные опыты, отметьте в списке крестиком



вещества, которые являются смесями, но неоднородность которых на глаз обнаружить не удается.

**Примечание.** Если вещество мало растворимо, то его при недостаточном количестве воды можно было бы также принять за смесь, но среди данных веществ малорастворимых веществ нет.

**Задача 5.** Придумайте способ, как нацело отделить растворимое вещество от нерастворимого и получить то и другое в чистом виде. Попробуйте разделить смесь, например, мела с солью. Опишите, как вы это сделали (4).

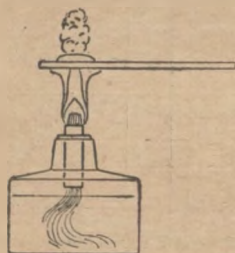


Рис. 7. Выпаривание жидкости на жестяной пластинке.

Покажите преподавателю список определенных вами веществ, чтобы проверить полученные результаты и исправить сделанные ошибки.

Ответьте на вопросы в тетради (5).

Теперь мы можем сказать, что каждое однородное вещество имеет свои определенные свойства, по которым и можно отличить его от других веществ.

Свойств очень много. Различая вещества, мы обращаем обыкновенно внимание на их характерные свойства.

Назовите характерные свойства сахара, нафталина, стекла, алмаза, спирта (6).

Характеризуя данное вещество, мы можем отметить и его состояние: твердое, жидкое или газообразное при обыкновенных условиях (комнатная температура и атмосферное давление близкое к нормальному, т. е. к 760 мм) и те температуры, при которых оно переходит из одного состояния в другое: температуру кипения и температуру плавления. Переходя из одного состояния в другое, вещество остается тем же самым веществом.

Если вещество при обыкновенных условиях твердо или жидко, то в газообразном состоянии его часто называют „паром“ или парами; сказать — пары воды, спирта, нафталина это то же самое, что сказать — вода, спирт, нафталин в газообразном состоянии. Никакой разницы между паром и газом нет. Пар так же прозрачен, как и газ. Паров бесцветного вещества мы так же не видим, как воздух. В общежитии очень часто слово „пар“ употребляют неправильно и называют паром облачко тумана, образующегося при охлаждении газообразной воды, водяных паров. Это облачко состоит уже не из газа, а из капелек воды.

**Задача 6.** Если в школе есть бром — посмотрите на приготовленные преподавателем две склянки. В одной на дне немного брома, в другой — немного воды. Что находится над поверхностью жидкости в одной и в другой склянке? Не открывайте склянки с бромом и не трогайте ее. Бром очень ядовитое вещество (7).

**Задача 7.** Кипятите воду в приборчике, изображенном на рисунке 8 и состоящем из длинного сосудика, применяемого для химических опытов, — пробирки, заткнутой пробкой с трубочкой.

Пробирку с жидкостью можно нагревать только в тех местах, где есть жидкость, как на рис. 8а, а не выше уровня жидкости. Если нагревать выше уровня жидкости, то стекло сильно накаливается и от попавших на него брызг жидкости легко может лопнуть. Почему стекло не может сильно накалиться там, где оно соприкасается с налитой в пробирку жидкостью? (8).

Когда жидкость начнет сильно кипеть, наблюдайте, что происходит, и ответьте на вопросы в тетради (9).

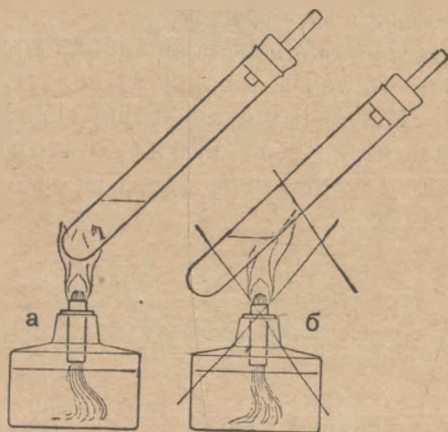


Рис. 8. Кипячение воды в пробирке. а — пробирка нагревается правильно, б — неправильно.

## 2. ЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Для того чтобы познакомиться со свойством какого-нибудь вещества, необходимо взять его в чистом виде. Даже небольшая примесь постороннего вещества может изменить его свойства. Например, чистая вода прозрачна, бесцветна и бесвкусна, но если на стакан воды прибавить одну каплю молока — вода делается мутной; одну каплю чернил — вода делается окрашенной; от одной крупинки хинина вода примет горький вкус. Все это будут свойства не воды, а примесей.

## 3. НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВЕЩЕСТВ

### 1. Отмучивание.

**Задача 8.** Разотрите в ступке кусок мела и взболтайте порошок в стакане с водой палочкой. Дайте стакану немного постоять. При этом все более крупные кусочки и примешанные к мелу песчинки быстро



осядут на дно. Мелкий же порошок, вследствие трения о воду, будет падать на дно гораздо медленнее. Слейте мутную жидкость в другой стакан и дайте в нем постоять подольше, пока почти вся муть осядет, после чего слейте, по возможности, всю воду. Оставшийся на дне осадок перенесит деревянной лопаточкой на кусок бумаги и дайте просохнуть. После растирания получится очень мелкий порошок.

Чем дольше шло отстаивание в первом стакане, тем мельче получится порошок во втором стакане.

Очистка вещества таким способом называется *отмучиванием*, так как порошок получается сначала в виде мути.

В технике отмучиванием пользуются, например, при изготовлении из мела зубного порошка, для отделения камешков и песку от глины для фарфоровых изделий и во многих других случаях.

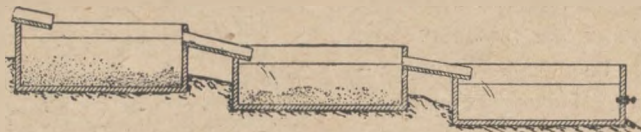


Рис. 9. Чаны для отмучивания.

На рис. 9 изображен в разрезе ряд чанов или бассейнов, через которые последовательно пропускают взболтанный в воде материал. В последнем чану оседает наиболее мелкий порошок.



Рис. 10. Фильтрование через материю, натянутую на раму. Применяется на небольших производствах.

2. *Фильтрование*. В технике для отделения твердых веществ от жидкостей пользуются фильтрованием, но не через бумагу, как в лабораториях, а через более прочные пористые материалы—различного рода ткани или через песок (см. рисунки 10, 11 и 12).

3. *Перегонка*. Для отделения жидкостей от растворенных веществ, жидкости перегоняют или дистиллируют, т. е. обращают в пары, которые затем охлаждают.

Если вы не делали опыта перегонки воды на занятиях по естествознанию, то сделайте следующие две задачи.

*Задача 9.* Профильтруйте немного заготовленной преподавателем мутной и окрашенной воды в пробирку. Удержал ли фильтр краску? (10)

**Задача 10.** Налейте немного профильтрованной воды в пробирку и соберите прибор, как на рис. 13 (о самостоятельной сборке приборов можно прочитать в дополнении, в конце книги).

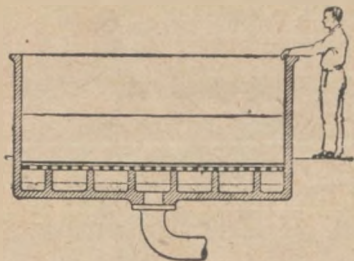


Рис. 11 (разрез). Фильтрация в заводском масштабе через материю, помещенную на решетчатую перегородку. Проходящую фильтр жидкость обычно откачивают насосом. Тогда, под давлением атмосферы, жидкость про одит через фильтр гораздо быстрее.

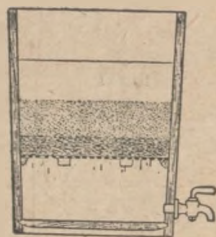


Рис. 12. Фильтрация воды через песок в небольшом масштабе (разрез). На досчатую перегородку в боченке помещают сначала крупный песок, который не проваливался бы в отверстия перегородки, а сверху—более мелкий, через который и идет фильтрация.

Пробирку *a* укрепите на штативе, пробирку *б* погрузите в стакан *с* с холодной водой. Пробка *б* должна быть с прорезом сбоку для выхода воздуха (*д* — разрез пробки). Кипятите воду, пока в пробирке не соберется немного дистиллированной воды. Чем она отличается от взятой? (11)

На рис. 14 изображен более удобный прибор для перегонки жидкостей, применяемый в химических лабораториях. Прибор состоит из колбы *A*, в которой кипятится жидкость, из холодильника *B*, в котором охлаждаются пары, и из приемника *Д*, в котором собирается перегнанная жидкость.

Холодильник состоит из внутренней трубки *B*, по которой идут пары, и из наружной трубки *Б*, по которой пропускается ток холодной воды, охлаждающей внутреннюю трубку. На конец внутренней трубки надевается наставка *Г*, направляющая жидкость в приемник *Д*.

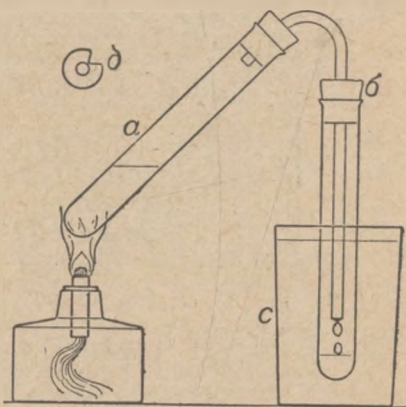


Рис. 13. Простейший прибор для перегонки воды.

Для перегонки больших количеств жидкости пользуются большим медным котлом или так называемым перегонным кубом,

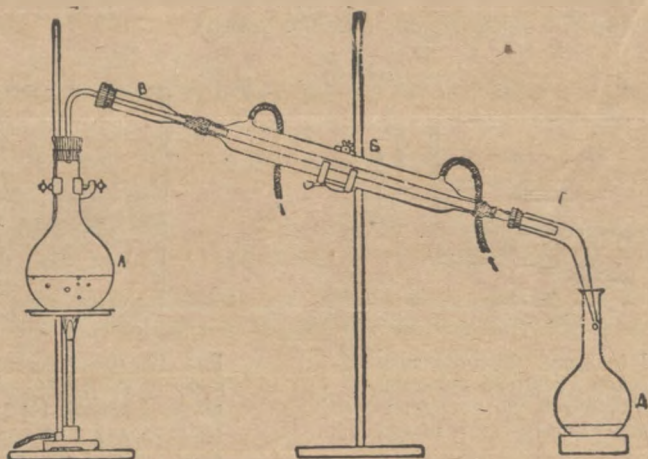


Рис. 14. Перегонка воды с холодильником.

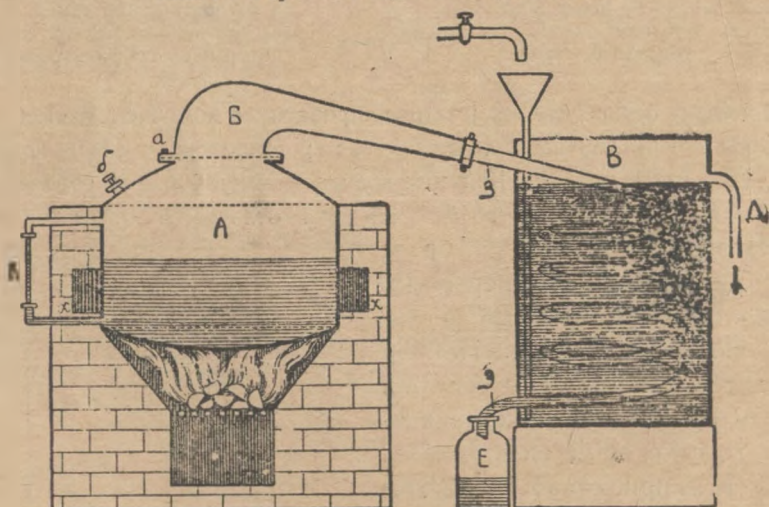


Рис. 15. Перегонный куб (в разрезе). А — котел, вделанный в топку, *хх* — дымоходы, *К* — водомерная трубка, *б* — отверстие для приливания воды, *Б* — крышка котла („шлем“), прикрепляется винтами *а*, *зз* — змеевик — оловянная или медная луженая трубка, в которой охлаждаются пары воды. Змеевик погружен в сосуд *В*, через который протекает холодная вода, вытекающая через трубку *Д*, *Е* — приемник.

нагреваемым в печи (рис. 15). В качестве холодильника служит согнутая спиралью оловянная или покрытая внутри оловом (луженая) трубка (змеевик), погруженная в бак с проточной водой-



При помощи перегонки можно не только отделить жидкость от твердых примесей, но можно разделять и смеси жидкостей, кипящих при разных температурах. Таким способом, например,

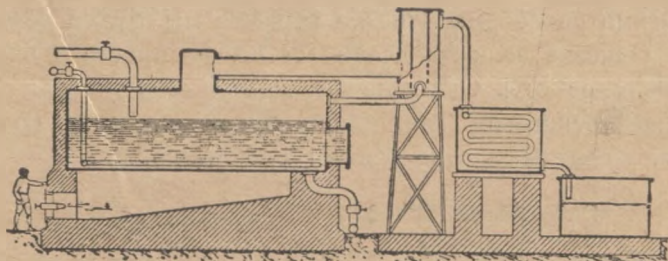


Рис. 16. Котел для перегонки нефти (разрез). Нагревается нефтью.

отгоняют от природной нефти бензин, керосин и смазочные масла. На рисунке 16 изображен схематический разрез котла для перегонки нефти. На рисунке 17 внешний вид завода с большим

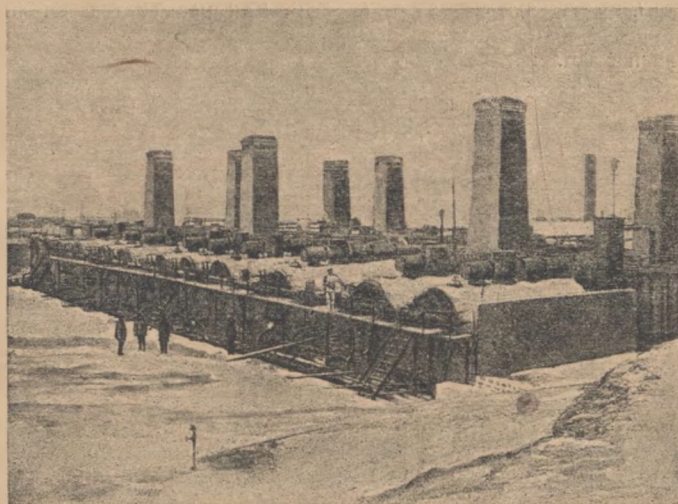


Рис. 17. Внешний вид котлов для перегонки нефти.

числом рядом стоящих котлов. С вопросом о нефти вы еще встретитесь и в курсе химии и в курсе обществоведения.

4. Возгонка (сублимация). Обращенное в пары твердое вещество иногда может из паров сразу переходить в твердое состояние — возгоняться (сублимироваться).

**Задача 11.** Нагрейте в пробирке немного нафталина и наблюдайте его возгонку. На рисунке 18 изображена очистка нафталина возгонкой на заводе.

С другими способами очистки веществ мы будем встречаться дальше. Очистка веществ далеко не всегда проста и часто требует большой работы. Очищенное вещество стоит иногда во много раз дороже нечистого. Так, например, неочищенная соль стоит 9 коп. кг, а совершенно чистая — 1 руб. 90 коп.

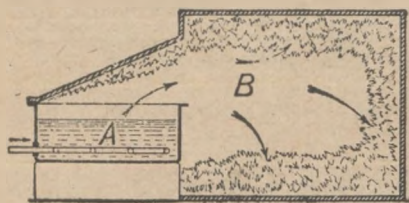


Рис. 18. Возгонка нафталина (разрез). Нафталин нагревается в котле А при помощи пара. Пар пропускается по расположенным на дне котла трубам. Нафталин садится на холодные стенки соединенной с котлом камеры В.

#### Вопросы для повторения.

1. Как различают вещества?
2. Нужно ли знать все свойства вещества для того, чтобы отличить его от других веществ?
3. Что такое пары?
4. Что такое туман?
5. Как очищают вещества?
6. Как называется вполне чистая вода?

## ТЕМА II

### ПРЕВРАЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВ

Все предметы, которые вы видите в окружающем вас мире, состоят из веществ и из смесей веществ.

С веществами могут происходить различные явления. Для того, чтобы разобраться в этих явлениях, вы проделаете ряд опытов.

#### 4. ЯВЛЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ НАГРЕВАНИИ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ

**Задача 1.** Проделайте те из нижеследующих опытов, для которых в школе имеются материалы.

1) Сильно нагрейте в пламени лампочки стеклянную трубочку или палочку и затем дайте остыть. Какие изменения стекла вы наблюдали? Сохранило ли стекло свои свойства по остывании? (12)

2) Проделайте то же с осколком фарфора, с платиновой проволокой. Каков результат? (13)

3) Накалите медную пластинку, держа щипцами или пинцетом (рис. 19). Счистите получившийся на меди темный налет (окалину) на бумагу лу-

чинкой или ножом, снова накалите и опять счистите. Повторите это 2—3 раза. Если повторять это еще много раз, то можно было бы всю пластинку превратить в темный порошок. Этот порошок или окалина явно не похожа на медь. Это новое вещество. Медь превратилась в окислу.

4) Нагрейте кусок оловянной бумаги (например, от конфет), кусочек ленты магния, держа щипцами или зажав в расщепленную лунку. Что произошло? (14)

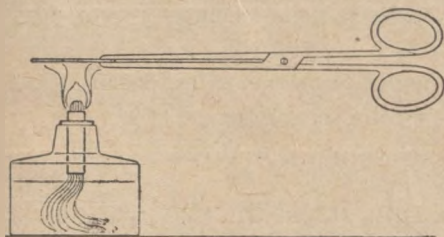


Рис. 19 Накаливание медной пластинки.

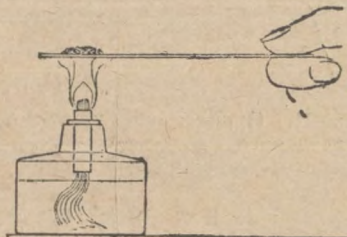


Рис. 20. Нагревание сахара (муки, крахмала) на жестяной пластинке.

5) Нагрейте на конце жестяной пластинки (рис. 20) немного сахара, муки, крахмала. Какие явления и изменения произошли? что получилось? (15)

6) Нагрейте в пробирке немного выданных преподавателем кристаллов и опишите происходящие явления (16).

Отметьте случаи, когда у вас вместо взятых веществ получились новые вещества, с новыми свойствами, непохожие на взятые вещества. В этих случаях произошли химические явления или химические превращения одних веществ в другие. С этими явлениями мы дальше будем знакомиться подробно.

Явления, при которых вещество остается прежним, не превращаясь в новое, мы называем физическими.

## 5. ХИМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ БЕЗ НАГРЕВАНИЯ

*Задача 2.* Прodelайте опыт, который вам должен быть знаком из курса природоведения: налейте в пробирку немного (см. рис. 21) прозрачной известковой воды и продувайте через нее выдыхаемый воздух. Вы знаете, что в выдыхаемом воздухе содержится углекислый газ. Известковая вода мутится. Это помутнение происходит потому, что из



растворенной в воде извести и углекислого газа образуется новое вещество. Это — нерастворимый в воде белый порошок, похожий на мел, который и делает воду мутной.



Рис. 21. Пропускание выдыхаемого воздуха через известковую воду.

**Задача 3.** Оставьте на свету полоску фотографической бумаги, прикрыв часть ее чем-нибудь непрозрачным. Как изменяется бумага под влиянием света? (17)

**Задача 4.** Слейте в пробирке два заготовленных преподавателем раствора и наблюдайте происходящее химическое явление. Опишите, что произошло (18).

Приведите примеры химических превращений, известных вам из обыденной жизни (19).

Ответьте на вопросы в тетради (20).

## 6 ПЕРВЫЙ ТИП ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ

Чтобы ближе познакомиться с химическими явлениями или химическими реакциями, сделайте несколько опытов.

**Задача 5.** Нагрейте в пробирке очень немного (см. рис. 22) зеленого порошка — углемедной соли (встречается в природе в виде минерала малахита). Держите пробирку горизонтально и наблюдайте происходящие явления.

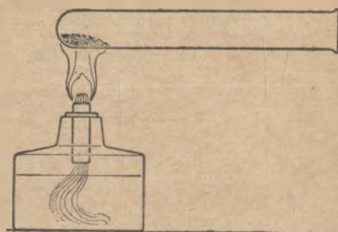


Рис. 22. Нагревание углемедной соли.

Черное вещество, которое у вас получилось вместо углемедной соли, по его свойствам есть не что иное, как та же медная окалина или окись меди, которая получается при накаливании меди (оп. 3). На холодных стенках пробирки осели капельки воды. Откуда взялись эти два вещества? Они образовались из углемедной соли, которая исчезла.

**Задача 6.** Нагрейте в пробирке несколько белых кристаллов азотносвинцовой соли, закрыв отверстие пробирки комком ваты или бумаги. Опишите наблюдаемое явление (21).

При химических реакциях могут выделяться вещества в газообразном состоянии. Мы можем видеть газы только в том случае если они окрашены. Бесцветные газы, выделяющиеся при реакции, легко могут ускользнуть от нашего внимания. Так долго и было в истории химии. Газы начали различать и изучать лишь в конце 18-го века, после того как научились их собирать над

водой. Вам должно быть известно, что вода не выливается из пробирки, если конец ее погружен в воду, как на рис. 23. Почему? (22)

Если же впускать под пробирку газ, то мы видим, как он пузырьками поднимается в пробирке кверху (рис. 24), вода же из пробирки постепенно выходит.

Этими явлениями и пользуются для соби́рания газов.

*Задача 7.* Прodelывая опыт нагревания углемедной соли, вы не заметили, что кроме окиси меди и воды образуется еще бесцветный газ. Для того, чтобы в этом убедиться, соберите его. Составьте прибор, как на рисунке 25. Убедитесь, не пропускает ли пробка воздуха, т. е. „держит ли прибор“. Для этого, взяв конец трубки в рот, попробуйте вдуть в нее воздух. Если прибор не держит, то вы легко это почувствуете. Еще лучше — высасывать воздух. Тогда, если прибор держит, кончик языка будет „присасываться“ к отверстию трубки (конец должен быть оплавлен или хорошо обточен напильником; иначе об острые края стекла легко порезать язык или губы), если же между пробкой и пробиркой есть малейшая щель, язык будет сейчас же отставать.

Рис. 23. Пробирка с водой, погруженная отверстием в стакан с водой.

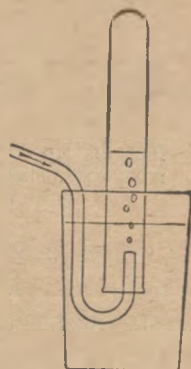


Рис. 24. Впускание газа в пробирку с водой.

Подумайте, почему на основании такого испытания можно решить вопрос, держит ли прибор.

Если не испытать, держит ли прибор, то можно не обнаружить выделение газа, который будет выходить через щель, а не пойдет в стакан, где он должен преодолеть давление воды.

Испытав прибор, насыпав в пробирку *a* углемедной соли ( $a_1$ ) примерно столько, сколько показано на рисунке 25, вставьте на место пробку с трубкой и укрепите пробирку в зажиме штатива. Запомните, что пробирку следует зажимать всегда за открытый конец, у самой пробки (как на рис. 26), а не посередине, как это часто делают начинающие (рис. 27).

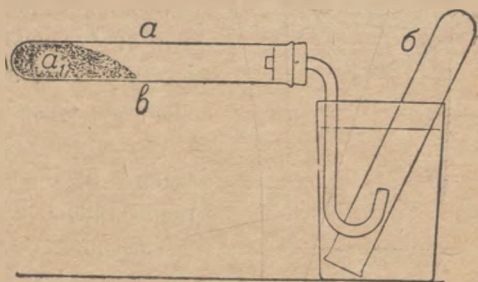


Рис. 25. Прибор для нагревания углемедной соли.

Мисс 2948264

Если пробирку, укрепленную как на рис. 27, будете нагревать, то зажим будет этому мешать, а сам будет портиться.

Пробирка *a* должна быть укреплена почти горизонтально, так чтобы капли образующейся при нагревании углемедной соли воды не могли стекать на горячее стекло пробирки, которая от этого легко может лопнуть.

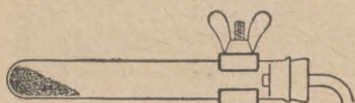


Рис. 26. Пробирка, правильно укрепленная в зажиме штатива.



Рис. 27. Пробирка, неправильно укрепленная в зажиме штатива.

Вторую пробирку *b* наполните до краев водой, заткните пальцем, переверните, погрузите в воду и отнимите палец под водою. Удобнее всего закрывать пробирку большим пальцем, как на рис. 28. Таким же образом погрузите в стакан еще одну пробирку.

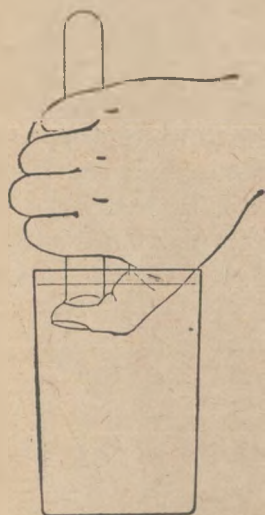


Рис. 28. Погружение наполненной водою пробирки в стакан с водою.

При опыте пробирку не следует надевать на отводную трубку сразу. Ведь вначале из пробирки будет выходить воздух, расширяющийся при нагревании, затем смесь газа с воздухом и уже затем только чистый газ. Поэтому первые пузырьки газа обыкновенно не собирают.

Теперь у вас все готово и вы можете приступить к опыту. Слегка прогрейте всю пробирку, проводя по ней пламенем лампочки, и затем нагревайте углемедную соль, сначала в части ближе к пробке, в месте *в* (рис. 25), а затем, по мере почернения, все ближе и ближе к доньшку пробирки.

Выпустив некоторое количество пузырьков газа, наденьте пробирку *b* отверстием на конец газоотводной трубки и начните собирать газ.

Указанным способом соберите две пробирки газа.

Опыты с газами вам придется проделывать и дальше. Поэтому вам следует сразу же усвоить все приемы работы, чтобы дальше уже не делать ошибок. Кончая опыт, нельзя забывать следующего. Как только вы прекратите нагревание, нагретый газ начинает охлаждаться и в пробирке давление понижается, делается меньше атмосферного. Вследствие этого вода начинает



подниматься по трубочке из стакана и может попасть в нагретую пробирку. Этого допускать не следует, так как пробирка может лопнуть. Кончая нагревание, следует сейчас же вынуть газоотводную трубку из воды. Для этого проще всего поднять весь штатив и отставить его в сторону (рис. 29).

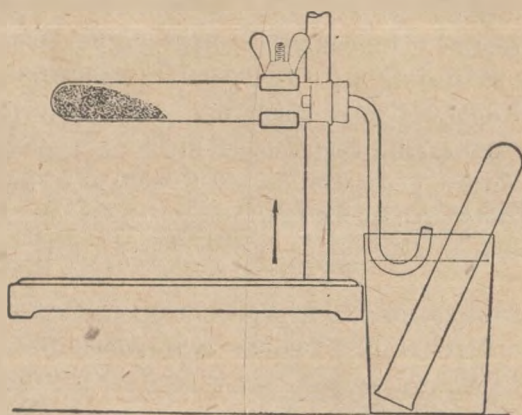


Рис. 29. Вынимание конца газоотводной трубки из воды по окончании нагревания.

Теперь газ собран. Что же это за газ? Из курса естествознания вы должны быть знакомы со свойствами некоторых газов. Вы знаете, что в кислороде тлеющая лучинка вспыхивает, водород сам загорается, в углекислом газе и азоте горящая лучинка гаснет.

Отличить углекислый газ от азота можно при помощи известковой воды (см. стр. 15).

Зная это, попробуйте самостоятельно разобраться, что за газ выделяется из углемедной соли и опишите как вы решили этот вопрос (23).

**Задача 8.** Нагрейте в пробирке несколько кристалликов марганцевокалиевой соли, держа пробирку как на рисунке 30, и при помощи лучинки убедитесь, не выделяется ли из отверстия пробирки какой-нибудь газ. Опишите ваши наблюдения (24).

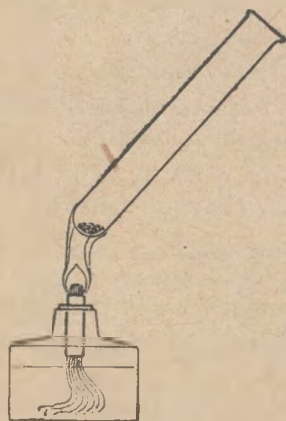


Рис. 30. Нагревание марганцевокалиевой соли.

**Задача 9.** В пробирке или, лучше, в более узкой трубочке, нагрейте немного (см. рис. 31) окиси ртути, держа трубочку на-

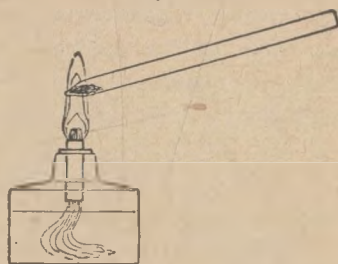


Рис. 31. Нагревание окиси ртути.

клонно, как на рис. 31. Нагревать нужно сильно и долго, в самой жаркой части пламени (см. стр. 6). Испытайте при помощи лучинки, не выделяется ли какой-нибудь газ. Обратите внимание на новое веще-

ство, оседающее на холодных частях пробирки. Опишите ваши наблюдения (25).

При всех наблюдаемых явлениях вместо взятого вещества получается два или несколько новых веществ с новыми свойствами. Подобные химические реакции наблюдаются очень часто и называются реакциями разложения.

Однородные вещества, способные разлагаться, можно назвать веществами сложными.

Реакцию разложения можно для краткости изобразить условно в виде равенства:



Название получающегося газа напишите сами в тетради (26).

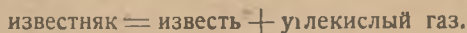
Напишите такое же равенство для разложения окиси ртути (27).



Рис. 32. Простейшая печь для обжига известняка (разрез). Известняк выкладывается в яму, устроенную на склоне горы. Снизу разводится огонь.

Вещества, остающиеся в пробирке при разложении азотно-свинцовой соли и марганцево-калиевой соли, вам не знакомы и мы пока равенств разложения этих солей писать не будем. В вашу задачу входило только убедиться, что эти соли разлагаются.

Реакция разложения нередко применяется в технике. Так, например, при обжигании известняков (известняк, мрамор, мел) происходит реакция разложения. Получаются два новых вещества — известь (жженая), которая применяется при постройке домов, и углекислый газ:



На рисунке 32 изображена в разрезе простейшая печь для обжигания известняка. С более усовершенствованными печами вы познакомитесь в дальнейшем.

Помня, что при реакции разложения из одного вещества получается два или несколько новых веществ с новыми свойствами, ответьте на вопросы в тетради (28).

Если вы проделали опыты, указанные на страницах 14 и 15, то ответьте, в каких случаях происходила реакция разложения? (29)

## 7. ВТОРОЙ ТИП ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ

Для дальнейших опытов, которые дадут вам пример второго типа химических реакций, мы воспользуемся двумя веществами — серой и железом. Поэтому вам нужно предварительно познакомиться со свойствами этих веществ.

*Задача 10.* Рассмотрите серу в кусочках и в порошке, попробуйте разбивать кусочки серы. Бросьте кусочек серы в воду. Он тонет. Бросьте немного порошка — он плавает. Как объяснить такое противоречие? Ведь не может же быть, чтобы одно и то же вещество в больших и маленьких кусочках имело различный удельный вес. Удельный вес серы 2,07. Дело здесь в том, что сера плохо смачивается водой. Вы знаете, что железо и сталь значительно тяжелее воды. А между тем, если тонкую стальную иголку покрыть слоем жира, то она будет плавать на воде, так как жир плохо смачивается водой. Вы легко можете проделать этот опыт, если потрете иглу между пальцами или об волосы и затем осторожно „положите“ ее на поверхность воды. Если иглу предварительно намагнитить (проведя несколько раз по магниту), то она будет на воде поворачиваться одним концом на север, а другим на юг, как стрелка компаса. Большая игла, как и большой кусок серы, плавать не будет и потонет.

Убедитесь, что сера горит. Для этого возьмите очень немного порошка серы на кончике жестяной пластинки и зажгите на пламени лампочки. Что замечается при горении серы, кроме пламени? (30)

*Задача 11.* Рассмотрите железо в порошке. Оно не имеет характерного металлического блеска, как и многие другие металлы в виде порошков. Вообще, хорошо блестит только гладкая, полированная поверхность металла.

Заметьте цвет порошка. Бросьте очень немного порошка в стакан с водой. Бросьте маленькую щепотку порошка в пламя лампочки (31).

Не тратьте много порошка. Он дорог, так как измельчить железо не так просто, как другие хрупкие вещества, напр. серу.

Если есть магнит, попробуйте коснуться им порошка (31).

*Задача 12.* Возьмите ложечкой или деревянной лопаточкой примерно равные объемы порошков серы и железа и хорошо смешайте их в ступке или пальцем на четвертушке писчей бумаги, тщательно растирая все комочки.

Полученный порошок по его виду можно принять за новое вещество. Отдельных крупинок мы не видим. Порошок кажется однородным. Какого он цвета? (32)



Чтобы убедиться, однородно ли полученное вещество, всыпьте часть порошка в воду и взболтайте лучинкой. Каков результат? (33)

Если есть магнит, возьмите порошок магнитом и встряхивайте его над листом бумаги. Результат? (34)

Ясно, что свойства смеси порошков серы и железа будут меняться в зависимости от количества взятых порошков. Больше серы — порошок будет желтее, меньше — темнее.

*Задача 13.* Хотя между порошками серы и железа при их смешивании не происходит никакой химической реакции и не получается новых веществ, однако реакцию можно вызвать, если смесь порошков нагреть. При этом порошки лучше взять в определенных количествах, а именно: на 7 весовых частей железа — 4 вес. ч. серы.

Отвесьте 3,5 г железа и 2 г серы.

Для этого на левую чашку весов положите квадратик писчей бумаги и уравновесьте сухим песком или дробью.

На правую чашку весов положите разновески в 2 г, в 1 г и в 0,5 г.

Разновески можно брать только пинцетом, а никоим образом не пальцами.

Разновески меньше 1 г обозначаются обыкновенно не в долях грамма, а в миллиграммах, т. е. в тысячных грамма. Так, разновеска, на которой выдавлено 500, будет в 500 миллиграммов или 0,5 г, 200 — 0,2 г, 50 — 0,05 г и т. д.

На бумажку на левой чашке весов сыпьте с деревянной лопаточки порошок железа, пока весы не придут в равновесие, т. е. пока стрел а не остановится против указателя или не будет качаться на примерно одинаковые расстояния вправо и влево.

Кладя на весы разновески и взвешиваемый предмет, можно придерживать весы за одну из чашек, но никоим образом не за стрелку. Придерживать полезно во избежание резких качаний, чтобы весы быстрее установились у положения равновесия.

Отвесив железо, пересыпьте его на четвертушку бумаги, снимите (пинцетом) разновески, оставив 2 г, и положите их по местам в ящик для разновесок.

Отвесьте таким же образом 2 г серы. Очень тщательно смешайте порошки в ступке или на бумаге. Убедитесь, что и в этом случае у вас получилось неоднородное вещество, смесь, а не новое вещество.

Нагреть смесь вы будете в пробирке.

Всыпьте смесь в пробирку, оставив немного для другого опыта. Укрепите пробирку на штативе (как на рис. 33), так чтобы она нахо-

дилась над железной доской штатива (если штатив деревянный — подложите под пробирку кусок жести и т. п.). Осторожно прогрейте всю пробирку, а затем нагревайте сильнее снизу до тех пор, пока не начнется реакция, что вы сразу же заметите. Как только начнется реакция, отставьте лампочку и наблюдайте.

Опишите ваши наблюдения (35).

Чтобы не портить пробирку, можно нагревать смесь на желобке из жести, прогревая желобок с одного конца.

Дайте полученному веществу остыть. Разбейте пробирку и отделите куски стекла от полученного вещества. Похоже ли оно на взятый порошок? (36)

Бросьте кусок вещества в воду (36).

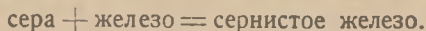
Если есть магнит — попробуйте, притягивается ли кусок вещества магнитом? (36)

Разотрите вещество в ступке в порошок. Сравните цвет порошка с цветом взятого (36).

Взболтайте полученный порошок с водой. Есть ли разница по сравнению со взятым порошком? (36)

Вы убедились, что у вас действительно получилось новое вещество с новыми свойствами. Как же оно образовалось? Оно образовалось при химическом соединении серы с железом. Эти два вещества образовали одно новое сложное вещество, в состав которого они и вошли. Это вещество называется сернистое железо. Произошла химическая реакция, обратная реакции разложения. Она называется „реакция соединения“. Вещество, полученное при реакции соединения — сернистое железо, можно назвать: „химическое соединение серы с железом“ или просто „соединение серы с железом“. Как видно, слово „соединение“ можно применять и к явлению, т. е. к реакции, и к полученному веществу.

Реакцию можно изобразить так:



Наблюдая явления, происходящие при реакции между серой и железом, некоторые учащиеся думают, что здесь суть в том, что сера или железо „сгорают“. Они правы только отчасти. Действительно небольшая часть нагретой серы на поверхности порошка, там где он соприкасается с воздухом, загорается и вы



Рис. 33. Пробирка со смесью серы и железа.

видите пламя горячей серы. Но это только небольшая часть, главная же масса серы не сгорает на воздухе, а соединяется с железом. При этом соединении, как и при горении, происходит разогревание, масса раскаляется.

*Задача 14.* Чтобы убедиться, что суть здесь не в горении, для которого необходим воздух, нагрейте немного оставшегося порошка так, чтобы он не был в соприкосновении с воздухом, и не в пробирке, которая при опыте трескается. Для этого насыпьте очень немного смеси на донышко железного наперстка и заполните наперсток доверху сухим песком. Нагревайте наперсток постепенно снизу, держа его щипцами или пинцетом.

Хорошо прогрев наперсток, дайте ему остыть, затем высыпьте песок и, перевернув наперсток кверху дном, постучите им о стол. Из него должна вывалиться лепешка сернистого железа, которое образовалось без доступа воздуха, без горения и без пламени. Раскаливание при реакции происходило, но мы этого не могли заметить, так как наперсток непрозрачный.

Реакция между серой и железом произошла бы и в том случае, если бы взять больше железа или больше серы, чем 7 частей и 4 части, но при этом остались бы не соединившиеся либо сера, либо железо, в чем вы можете убедиться, отвесив наполовину меньше железа или серы. Эту работу, если у вас найдется время, вы можете проделать совершенно самостоятельно, обдумав как вы будете работать и затем посоветовавшись с преподавателем. Отчет об этой работе вы напишите в своей общей тетради.

С серой могут соединяться и другие металлы.

*Задача 15.* Нагрейте в пробирке, укрепленной в зажиме штатива вертикально, немного серы до кипения. Когда пробирка наолнится почти до верха бурными парами серы, опустите в пробирку узкий кусок тонкой медной пластинки или тонкой проволоки, например, пучок проволоки от электрического провода (шнура). Наблюдайте происходящие явления. Рассмотрите полученное вещество. Опишите ваши наблюдения (37).

Напишите происшедшую реакцию в виде схемы (38).

В данном случае к меди присоединяется на 4 весовых части меди 1 часть серы. Если в школе есть хорошие весы, вы можете в этом убедиться на опыте. О том, как проделать опыт, узнайте от преподавателя.

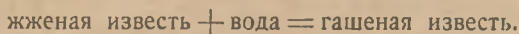
Можно получить соединение цинка и алюминия с серой,



смешав порошки металлов с серой и нагрев. Нужно взять на 2 г цинка 1 г серы и на 2,7 г алюминия 2,4 г серы. Нагревание смесей нельзя производить в пробирке, их нужно нагреть на куске жести, держа лицо подальше.

Если окажется возможным проделать эти опыты, опишите их подробно у себя в тетрадах, запишите равенства реакций и опишите вид полученных соединений (39).

С реакцией соединения вы будете не раз встречаться в дальнейшем и познакомитесь подробнее с условиями, при которых она идет. Для того, чтобы вызвать реакцию, мы в рассмотренных случаях пользовались нагреванием, но бывают и такие случаи, когда вещества соединяются между собой и без предварительного нагревания. Примером может служить применяемая в технике реакция соединения жженой извести (см. стр. 20) с водой или „гашение“ извести. Известь просто обливают водой. Происходит сильное разогревание, известь рассыпается в порошок и получается новое вещество с новыми свойствами — гашеная известь:



Смесь гашеной извести с песком применяется при постройках. Дальше мы с этой реакцией еще встретимся, когда научимся писать химические формулы, и изучим ее подробно.

Разогревание или, как принято говорить, „выделение тепла“ является характерным признаком многих химических реакций соединения. Иногда это выделение тепла очень велико, как при горении дерева и других веществ, при реакции между серой и металлами. Иногда меньше, как при гашении извести. По выделению тепла мы можем заключить, что произошла химическая реакция. Наоборот, если при смешении тепло не выделяется, то мы можем предполагать, что никакого нового вещества не получилось, что реакция не произошла, а получилась только смесь. Но это будет только предположение, так как есть и такие реакции соединения, при которых тепло не выделяется. Для решения вопроса необходимо более подробное исследование, доказывающее неоднородность полученной смеси или образование нового вещества.

Если преподаватель имел возможность показать вам еще какие-нибудь примеры реакции соединения, опишите их кратко в тетради (39).

Ответьте на вопросы в тетради (40).

### 8. ТРЕТИЙ ТИП ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ

**Задача 16.** Растворите в пробирке с водой ( $\frac{1}{2}$  пробирки воды) несколько кристаллов медного купороса. Погрузите в пробирку с синим раствором медного купороса вычищенный железный гвоздь, проволочку или пластинку. Через минуту — выньте и сполосните водой. Железо покрылось слоем меди. Что произошло при этом с раствором? Остался ли там чистый медный купорос или в нем появилось что-нибудь постороннее?

Для решения этого вопроса всыпьте в пробирку с раствором медного купороса железных опилок или порошка, поболтайте подольше и дайте отстояться. Постепенно вы наблюдаете посветление раствора. Синий цвет пропадает и сменяется светло-зеленым цветом. Это цвет раствора железного купороса (посмотрите образец железного купороса, заготовленный преподавателем, если купорос имеется в школе). На дне пробирки вы видите красный осадок меди. Откуда же взялся железный купорос? Он образовался из железа, которое почти все исчезло, перешло в состав железного купороса.

Происшедшую реакцию можно изобразить так:



Вместо двух взятых веществ получилось два новых. Этот тип химической реакции называется „реакция замещения“. В составе медного купороса железо заместило медь и образовало железный купорос.

Реакцию замещения вы подробно изучите, когда будете проходить отдел солей.

#### Вопросы для повторения.

1. Чем отличается химическое явление от физического?
2. Какие три типа химических превращений вам известны?
3. Какие вещества вы разлагали и что получили?
4. Какие вещества можно назвать сложными?
5. Припомните примеры реакций разложения, соединения и замещения.

### ТЕМА III

#### ВОДА

В задачи химии входит изучение веществ, их свойств, химических реакций и состава.

Для того, чтобы познакомиться с тем, как изучаются вещества, остановимся на одном определенном веществе и попробуем изучить его более или менее подробно. В качестве такого вещества возьмем воду.

## 9. ВОДА В ПРИРОДЕ

Вода является одним из самых распространенных веществ. В жидком и твердом состоянии, в виде морей, озер, рек, снега и льда, вода занимает около  $\frac{4}{5}$  земной поверхности. Она пропитывает горные породы, находится в виде паров в воздухе, входит в состав животных и растений. В теле человека вода составляет  $\frac{3}{4}$  веса, в некоторых овощах и плодах, как огурцы, воды содержится до 90% и более. Определить количество воды можно высушиванием веществ при 100°.

На рис. 34 показан простейший способ высушивания при 100°. Чашка с высушиваемым веществом ставится на химический стакан или жестянку с кипящей водой. Это называется высушивание на „водяной бане“.

Если на занятиях по естествознанию вы не определяли количество воды в различных веществах высушиванием, сделайте в свободное время следующую задачу.

*Задача* (не обязательная). Попробуйте определить количество воды в картофеле. Нарежьте картофель тоненькими листками. Поместите во взвешенную чашку и взвесьте. Сушите при 100°, дайте остыть и взвесьте. Повторяйте это до тех пор, пока вес не перестанет убывать. Химики называют это „сушить до постоянного веса“. Рассчитайте % воды.

Подробности опыта выработайте сами. Посоветуйтесь с преподавателем.

На диаграммах на следующей странице (рис. 35) дано содержание воды в различных растительных и животных веществах.

Природная вода никогда не бывает вполне чистой. В ней могут содержаться и нерастворимые примеси, заметные на глаз, делающие воду мутной, и растворимые. Присутствие растворимых примесей по внешнему виду воды незаметно. Вода может быть бесцветна и прозрачна, но после выпаривания

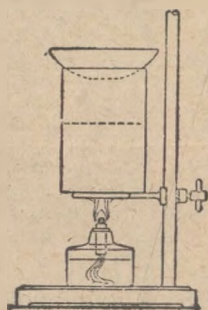


Рис 34 Водяная баня для выпаривания и высушивания.



дает остаток. Такая вода образует „накипь“ на котлах, самоварах и кострюлях.

Нерастворимые вещества, содержащиеся в воде в виде мути, или, как говорят, „во взвешенном“ состоянии, или в виде „су-

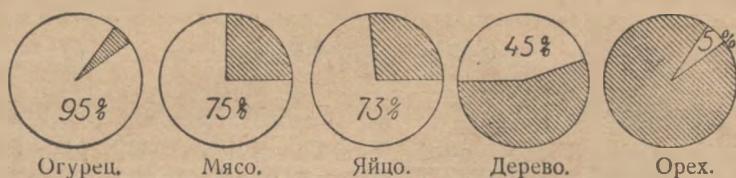


Рис. 35. Содержание воды (незаштрихов.) в различных веществах.

спензии“ (слово взятое из латинского языка и имеющее то же значение, что и слова „во взвешенном состоянии“), могут

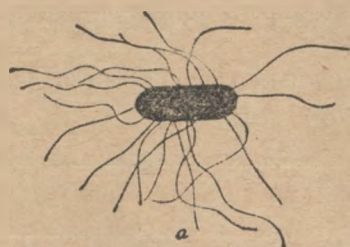


Рис. 36. Встречающиеся в воде болезнетворные микроорганизмы (увеличенные в 4000 раз). *a*—Бактерии тифа *b* Бактерии холеры. *c*—Стафилококки, вызывающие нагноение.

быть самые разнообразные: частички песку, глины и других горных пород, остатки растений и животных и наконец живые микроскопические существа—различные инфузории, бактерии и прочие микроорганизмы.

Среди них могут быть и такие, к оторые являются причиной различных заболеваний—болезнетворные микроорганизмы (см. рис. 36).

## 10. ОЧИСТКА ВОДЫ

Для отделения от воды взвешенных примесей воду фильтруют. Для фильтрования питьевой воды применяются песочные фильтры (см. стр. 10 и 11). В больших городах песочные фильтры устраиваются громадных размеров, площадью до нескольких десятин. Это вырытые в земле бассейны, обделанные непронускающим воду материалом (цементом), крытые сводами, поверх которых насыпается слой земли, предохраняющий воду от нагревания летом и от замерзания зимою. В бассейны помещается слой песку. Фильтрующаяся вода собирается в расположенные на дне трубы, по которым поступает в водопровод (см. рис. 37 и 38).

Фильтрация через песок не вполне освобождает воду от микроорганизмов. Поэтому в местностях, где в воде много болезнетворных микроорганизмов (как в Ленинграде), воду, кроме фильтрации, еще обезвреживают прибавкой различных убивающих микроорганизмы (дезинфицирующих) веществ, как хлор, с которым вы познакомитесь в дальнейшем курсе.

Если вода не обезвреживается или недостаточно обезвреживается химическим способом, то для того, чтобы убить болезнетворные организмы, воду перед употреблением кипятят. Во многих местностях, например в Ленинграде (несмотря на хлорирование), можно пить только кипяченую воду.

Вполне чистую воду, не содержащую ни взвешенных, ни растворенных веществ, можно получить перегонкой или дистилляцией (дистиллированная вода), с которой вы уже знакомы (стр. 11).

Свойства чистой воды. С физическими свойствами чистой воды вы должны быть знакомы из курсов естествознания и физики. Припомните их и впишите ответы в тетрадь (41).

По цвету мы считаем воду бесцветной, но на самом деле она светло-голубого цвета и только в тонком слое кажется бесцветной, подобно стеклу.

*Задача 1.* Попробуйте посмотреть на кусок оконного стекла с ребра. Какого цвета стекло? (42).

*Задача 2.* Налейте чистую воду в высокий белый кувшин или в высокий с ежиком цилиндр, на дне которого положен фарфоровый кружок (43)

*Задача 3.* Попробуйте дистиллированную воду на вкус. По вкусу чистую дистиллированную воду, по сравнению с питьевой водой, мы назовем невкусной. Ключевая и вообще хорошая питьевая вода кажется нам вкусной потому, что в ней содержатся растворенные соли и газы воздуха, совершенно же чистая вода — невкусна.

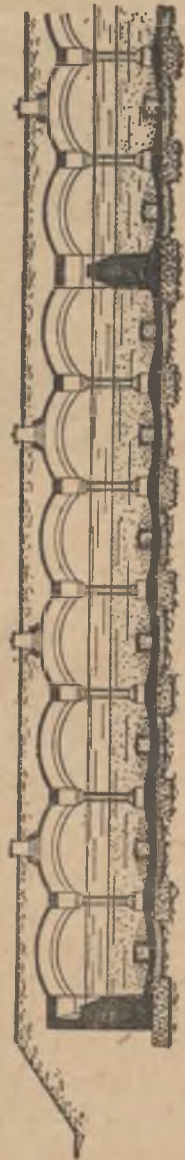


Рис. 37. Городской фильтр в разрезе.

Вода является растворителем для очень многих веществ как твердых, так и жидких и газообразных.

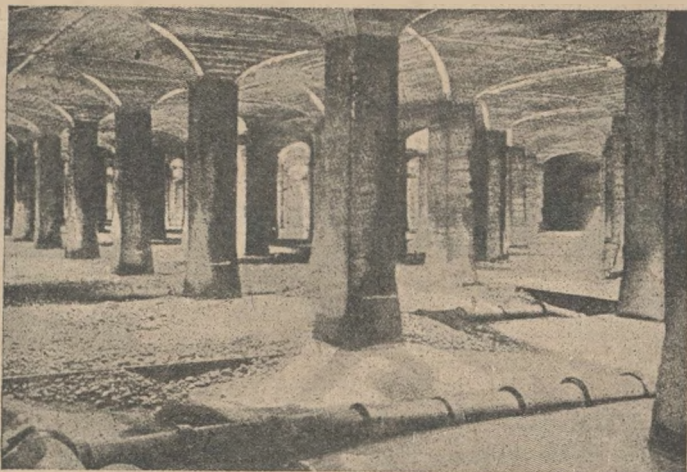


Рис. 38. Внутренний вид городского фильтра, из которого удален песок (по фотографии).

## 11. ПЕРВОЕ ПОНЯТИЕ О РАСТВОРАХ

Чтобы познакомиться с растворимостью различных веществ, при обыкновенной температуре и при нагревании, проделайте следующие опыты.

**Задача 4.** В пробирки с заготовленными преподавателем веществами (№№ 1, 2, 3, 4) прилейте по 2 куб. см воды (о меривать можно мензуркой или пробиркой с меткой).

Закрыв пробирку пальцем, долго взбалтывайте. Заметьте, которые вещества растворились совсем, которые растворимы отчасти, которые совсем нерастворимы. Нельзя ли заставить нерастворившиеся вещества раствориться? Не будут ли они растворяться при нагревании?

Попробуйте воду в пробирках с веществами, нерастворившимися нацело, нагреть до кипения (кипятить не нужно). Какие вещества растворились? (44)

В пробирки с веществами, растворившимися без нагревания и с нагреванием, прибавьте веществ примерно столько же, сколько было взято в первый раз, и попробуйте растворять сначала без нагревания, потом с нагреванием.

К веществам растворившимся прибавьте еще столько же и нагревайте. Повторите это еще 2 раза.



Дайте пробиркам с растворимыми веществами охлаждаться. Через некоторое время посмотрите.

Можно ли вещества, которые при первом взбалтывании и после нагревания не растворились, считать нерастворимыми? Может быть они хотя немного растворяются? Подумайте сами, как решить этот вопрос, проделайте соответствующие опыты и опишите их кратко (45).

Характеризуйте растворимость данных вам веществ (хорошо растворимое, мало растворимое, нерастворимое) и зависимость растворимости этих веществ от температуры. Названия веществ узнайте от преподавателя (46).

Вещества, растворимость которых меняется с температурой, при охлаждении раствора, снова выделяются из раствора. Они нередко выделяются в виде кристаллов — многогранников, тел, ограниченных плоскими поверхностями. Рассмотрите кристаллы в вашей пробирке.

*Задача 5.* Пробирку, в которой у вас выделились при медленном охлаждении кристаллы, нагрейте и, когда кристаллы растворятся, быстро охладите пробирку, опустив ее в стакан с водой и слегка взбалтывая. Снова растворите и дайте охладиться медленно (47).

*Задача 6.* Чтобы получить более крупные кристаллы, растворите при нагревании в колбочке 10 г селитры в 13 куб. см воды, вылейте горячий раствор в стакан, прикройте его бумажкой и дайте медленно охлаждаться.

Раствор, в котором данное вещество уже более не растворяется, называется насыщенным раствором. Наибольшее количество вещества в граммах, которое может раствориться в 100 граммах воды, при данной температуре, называется коэффициентом растворимости, или просто растворимостью данного вещества. Растворимость, как вы видели, может изменяться с температурой. При нагревании растворимость твердых веществ обыкновенно увеличивается.

Растворимость различных веществ может быть очень различна. В 100 г воды при обыкновенной температуре растворяется 300 г сахара, 36,5 г поваренной соли, 26 г селитры, 0,21 г гипса и только 0,001 г мела.

Увеличение растворимости от нагревания различных веществ различно. Вы в этом убедились при опыте с растворением четырех веществ (задача 4).

Вы растворяли различные вещества в воде. Кроме воды, и другие жидкости могут быть растворителями. Так, различные жиры хорошо растворяются в бензине, смолы в спирте и в



скипидаре, некоторые металлы — в ртути и т. д. При этом, если вещество хорошо растворяется в одном растворителе, оно может совсем не растворяться в другом. Всем известно, что жиры, хорошо растворяющиеся в бензине, совсем не растворяются в воде. Растворимостью жиров в бензине пользуются для выводки пятен. Растворимостью смол в спирте — для приготовления лаков и политуры и т. д.

Растворы не являются определенными химическими соединениями. Их можно считать однородными смесями веществ.

Вещество может выделяться из насыщенного раствора не только при охлаждении, но и при испарении растворителя. Если растворитель испаряется медленно, кристаллы получаются крупнее, если быстро — мельче.

Растворением и выделением из раствора растворенного вещества пользуются, как вам известно, на практике для отделения растворимых веществ от нерастворимых.

*Задача 7* (дополнительная). Попробуйте очистить нечистую поваренную соль от нерастворимых примесей. Обдумайте ход работы сами и посоветуйтесь затем с преподавателем. Результаты опишите в тетради (48).

*Задача 8*. Если вы не получали крупных кристаллов солей на занятиях по естествознанию, то попробуйте в свободное время вырастить несколько крупных кристаллов. Подробности узнаете у преподавателя (49).

Ответьте на вопросы в тетради (50).

Жидкости могут растворяться в других жидкостях либо в любой пропорции, как спирт и вода, керосин и бензин и т. п. либо могут совсем не растворяться, как ртуть и вода, масло и вода, либо в некоторых случаях, на которых мы пока останавливаться не будем, растворяются не нацело.

*Задача 9*. Взболтайте масло с водой и дайте постоять. Каков результат? (51).

Для того, чтобы убедиться, что газы могут растворяться в воде, проделайте следующий опыт.

*Задача 10*. Наполните свежей водой из водопровода или из колодца пробирку до верху, опустите в стакан с водой и нагревайте (не до кипения), как показано на рис. 39.

В верхней части пробирки собираются пузырьки растворенного в воде воздуха. Растворимость газов от нагревания уменьшается, от охлаждения увеличивается. Чем холоднее вода, взятая для опыта, и чем сильнее ее нагреть, тем больше воздуха выделится из нее при нагревании.

Кипячением можно удалить из воды все растворенные в ней газы.

Растворенным в воде воздухом дышат рыбы. Они непрерывно пропускают воду через жабры, которые заменяют им легкие.

С растворимостью в воде других газов, кроме воздуха, вы познакомитесь в дальнейших работах.

Ответьте на вопросы в тетради (52).

## 12. ПРОПУСКАНИЕ ЧЕРЕЗ ВОДУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Если в школе имеются соответствующие приборы, вы проделаете опыт с пропусканьем через воду электрического тока сами, если же приборов нет, то вам вероятно покажет опыт преподаватель и вы опишите этот опыт в рабочей тетради (в конце).

Чистая вода электрического тока не проводит. Поэтому для опыта берется не чистая вода, а раствор какого-либо вещества, которое при этом опыте остается в растворе в том же количестве, в каком оно было взято и не измененное химически.

*Задача 11.* Получите от преподавателя прибор, изображенный на рис. 40 или подобный. Прибор помещается на кольцо штатива. В приборе налит раствор соды, едкого натра или извести и помещены две пробирки, наполненные тем же раствором.

Присоедините металлические пластинки прибора или электроды (*а а*) к имеющемуся источнику постоянного электрического тока и наблюдайте выделение газов на электродах.

Когда газа, выделяющегося сильнее, накопится около  $\frac{1}{2}$  пробирки, прекратите пропускание тока. Дальнейшие ваши задачи будут следующие: 1) Определить, сколько куб. сантиметров газа собралось в каждой пробирке. 2) Какие газы собрались и 3) в каком отношении находятся объемы собравшихся газов.

Прежде чем приступить к работе, вам нужно ясно усвоить, как все

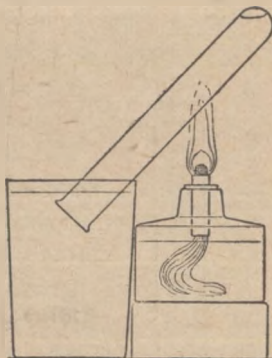


Рис. 39. Выделение из воды растворенного в ней воздуха.

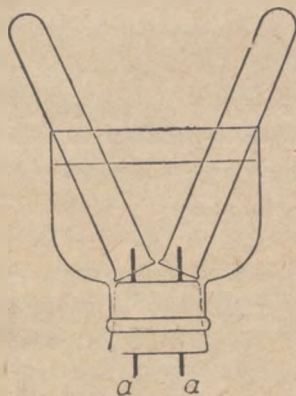


Рис. 40. Прибор для опыта с пропусканьем через воду электрического тока.

это можно сделать. Для того, чтобы измерить объемы газов, вам придется сначала отметить при помощи резинового колечка или иным способом, до какого уровня наполняет газ пробирку. Затем налить в пробирку столько воды, сколько было газа, и перелить воду в мензурку (рис. 41). Так вы узнаете объемы газов. Какой именно газ собрался в данной пробирке вам нужно будет узнать, конечно, до того, как вливать в пробирку воду. Испытывать газы вы будете при помощи зажженной лучинки, как это делали раньше (стр. 19).

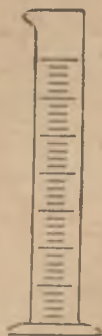


Рис 41. Мензурка для измерения объема жидкостей в кубических сантиметрах.

Теперь остается отметить еще одно очень важное обстоятельство. Вы должны знать, что объем газа зависит от температуры и от давления, под которым газ находится. Поэтому сравнивать объемы газов можно только взяв их при одной и той же температуре и под одним и тем же давлением. Таким образом, отмечая объем газа, вам следует стараться не согревать пробирки даже теплом руки, чтобы газы в пробирках находились при одной и той же комнатной температуре. Полученные вами в приборе газы не находятся под одним и тем же давлением. Больше ли это давление атмосферного или меньше и на одинаковую ли величину для каждого газа? (53)

Для того, чтобы оба газа находились при атмосферном давлении, уровень воды в пробирке с газом должен быть на той же высоте, что и в сосуде, в который погружена пробирка. Этого в вашем приборе, вероятно, достигнуть не удастся, если прибор не глубже, чем на рис. 40. Поэтому придется перенести трубки в стакан с водой и уже там, установив пробирку на надлежащей высоте, отметить уровень газа резиновым колечком или иным способом.

Теперь вы можете приступить к работе. Для того, чтобы перенести пробирку с газом в стакан с водой, пробирку нужно заткнуть пальцем (большим, см. стр. 18) под жидкостью в приборе, перенести в стакан и под водой отнять палец. Сейчас же вымойте руку, так как раствор в сосуде едкий. Затем, держа пробирку так, чтобы уровни воды внутри и снаружи совпадали, передвиньте колечко до уровня воды. Прежде чем считать уровень окончательно отмеченным, дайте пробирке немного постоять, так как пробирка могла нагреться от тепла руки. Пробирка должна принять комнатную температуру. Для этого можно укрепить пробирку в зажиме штатива и, через некоторое время окончательно установить резиновое колечко. Можно также оставить пробирку стоять в стакане, а затем, устанавливая колечко, держать пробирку не прямо в руке,



а обернув полоской бумаги (рис. 42). Отметив уровень газа, заткните пробирку под водой пальцем, переверните и, отняв палец, сейчас же, пока газ не успел из пробирки уйти, внесите в пробирку горящую лучинку и сейчас же ее выньте. Внимательно следите за происходящими явлениями, чтобы не сделать ошибки в определении газа.

Испытав газ, налейте в пробирку воды до резинового колечка, аккуратно перелейте воду в мензурку и отметьте, какой газ вы нашли и его объем.

Запишите результаты работы в тетрадь (54).

Проделанный опыт показал вам, что вода вещество сложное. Какая реакция происходит при пропускании через воду электрического тока? Изобразите эту реакцию равенством (55).

### 13. РЕАКЦИЯ МЕЖДУ ВОДОЙ И МЕТАЛЛАМИ

То, что вода вещество сложное — можно заключить не только на основании опыта с пропусканием через воду электрического тока, но и на основании реакции между водой и некоторыми металлами.

*Задача 12.* Если в школе есть металл кальций, бросьте в пробирку небольшую щепотку стружек кальция и прилейте несколько капель воды. Для приливания небольших количеств воды и растворов очень удобно пользоваться стеклянной трубкой. Трубочка опускается в пробирку с водой, верхний конец затыкается пальцем, а затем трубочка вынимается. Вода не вытекает из трубочки пока верхний конец закрыт и вытекает по каплям, если верхний конец слегка приоткрывать (рис. 43 и 44). После приливания воды к стружкам кальция начинается реакция. Из пробирки выделяется газ. Этот газ легко обнаружить, если поднести к отверстию пробирки зажженную лучинку. Что это за газ? (56)

Если стружек кальция в школе достаточно, заверните немного стружек в кусочек кисеи или марли, как показано на рис. 45, и, держа щипцами или пальцами так, чтобы пальцы не касались непосредственно кальция, погрузите кальций в стакан с водой и подведите под наполненную водой пробирку, в которой и будет собираться выделяющийся газ. Испытайте его горячей лучинкой.

Теперь вы знаете, какой газ выделяется из воды при действии на нее кальция. Что же за белое вещество получилось вместо кальция? Это вещество — обыкновенная гашеная известь. Вы в этом легко можете убедиться

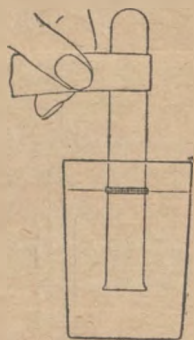


Рис. 42. Рисунок, показывающий, как держать пробирку при помощи свернутой бумажной полоски.



на опыте. Добавьте в пробирку, в которой вы действовали водой на кальций, немного воды, сильно взболтайте и отфильтруйте часть раствора

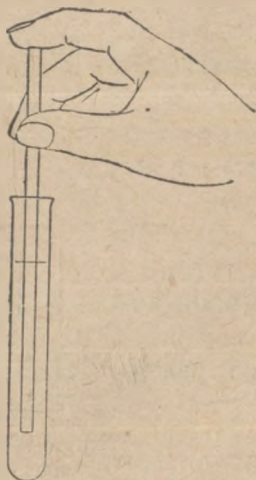


Рис. 43.



Рис. 44.

Приливание воды по каплям при помощи стеклянной трубочки.

во вторую пробирку. Как убедиться, что отфильтрованная жидкость есть известковая вода, т. е. раствор извести в воде, вы уже знаете (57).

Известь вещество сложное. В состав ее входит металл кальций, которым мы действуем на воду.

Допишите в тетради равенство реакции между кальцием и водой (58).

Нагляднее можно изображать химические реакции, если писать вещества, входящие в состав сложных веществ, в квадратике, например:

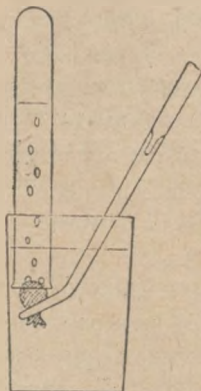
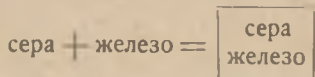
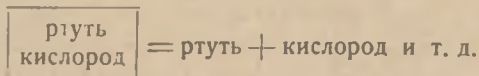


Рис. 45. Опускание стружек кальция в воду при помощи щипцов.



Сернистое  
железо.



Напишите таким же образом реакцию <sup>1</sup> между кальцием и водой (59).

<sup>1</sup> Позднее, когда вы познакомитесь с химическими формулами, вы напишите эту реакцию более точно.

Какого типа эта реакция? Соединение, разложение или замещение? (60)

Почему кальций не применяется для изготовления различных предметов? (61)

То, что вода вещество сложное, было впервые доказано знаменитым французским ученым А. Лавуазье в конце XVIII века.

Лавуазье также наблюдал реакцию между водой и металлом. Только он брал не кальций, который тогда еще не был известен, а железо, которое вступает в реакцию с водой только в накаливаемом состоянии.

На рис. 46 изображен прибор, с которым работал Лавуазье.

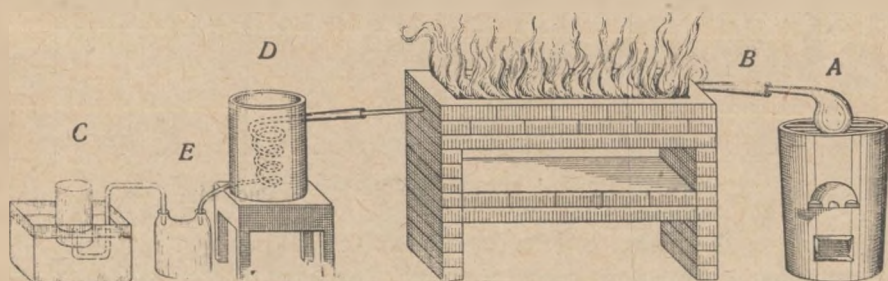


Рис. 46. Прибор Лавуазье для разложения воды.

Пары воды, кипевшей в реторте А, проходили через накаливаемую в печи железную трубку В. Выделявшийся при реакции между водой и железом газ собирался в сосуде С; пары воды, не успевшие вступить в реакцию с железом, охлаждались в холодильнике D и вода собиралась в склянке E.

Лавуазье обнаружил, что железная трубка покрывается внутри черным слоем. Это — соединение железа с кислородом.

Вы можете повторить опыт Лавуазье в гораздо более простых условиях, если в школе есть жаровня и железная трубка.

**Задача 13.** Соберите прибор, изображенный на рис. 47. В заткнутую пробкой железную трубку налейте 2-3 см<sup>3</sup> воды.

Поместите трубку наклонно на сделанную из железа жаровню,<sup>1</sup> наполненную углем. Обложите трубку углем со всех сторон. Жаровня должна стоять на сковородке или на кирпиче. В трубку насыпьте железа

<sup>1</sup> Вместо жаровни можно воспользоваться какой-нибудь сильной горелкой — примусом и т. п., на спиртовой же лампочке опыт не удастся, так как требуется сильное накаливание. Трубка укрепляется в зажиме штатива.

в порошок (если реакция будет идти только между железом трубки и водой, газа получится меньше). Сделать это можно так. Насыпьте железо на конец длинной плоской лучинки. Введите лучинку в трубку так, чтобы железо оказалось примерно в середине трубки. Поверните лучинку, чтобы железо с нее ссыпалось и, прижав лучинку к верху трубки, выньте из трубки. На лучинке удобно заранее сделать метку, докуда ее

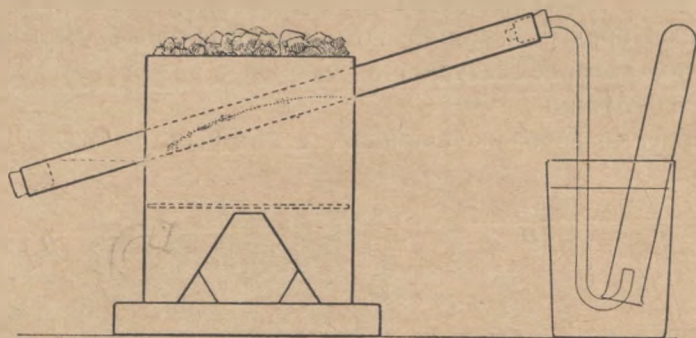


Рис. 47. Прибор для разложения воды железом.

вводить в трубку (рис. 48.) Вставьте пробку с газоотводной трубкой. Погрузите конец трубки в стакан с водой. Приготовьте 2-3 пробирки для собирания газа, наполнив их водой и опрокинув в стакан с водой.

Разожгите жаровню. Для этого проще всего облить уголь небольшим количеством спирта, зажечь и затем раздувать, помахивая над углем куском картона.

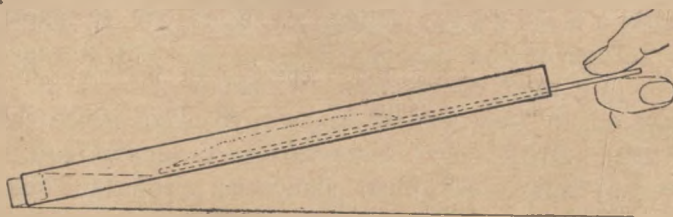


Рис. 48. Введение в железную трубку порошка железа.

По мере того, как будет накаливаться середина трубки, начнет, благодаря теплопроводности железа, прогреваться и конец, где вода. Вода начнет кипеть и, проходя над раскаленным порошком, вступит с ним в реакцию. Соберите 2-3 пробирки газа и испытайте его горячей лучинкой. Высыпьте из трубки взятый железный порошок — он почернел и превратился в железную окалину.

Напишите реакцию (62).



За неимением жаровни или сильной горелки, вместо опыта с железом (или кроме этого опыта) можно сделать опыт с цинком или магнием, которые также вступают в реакции с водой, при нагревании, но при менее сильном, чем железо.

*Задача 14.* Чтобы наблюдать реакцию между водой и цинком или магнием, соберите прибор как на рис. 49. Налейте в железную или медную трубку 2-3 см<sup>3</sup> воды, насыпьте цинкового или магниевого порошка, сделав это так, как описано выше, при опыте с железом (задача 13). Вставьте пробку с газоотводной трубкой, конец которой погрузите в стакан с водой. Приготовьте 2-3 пробирки для собирания газа, наполнив их водой и опрокинув в стакан с водой.

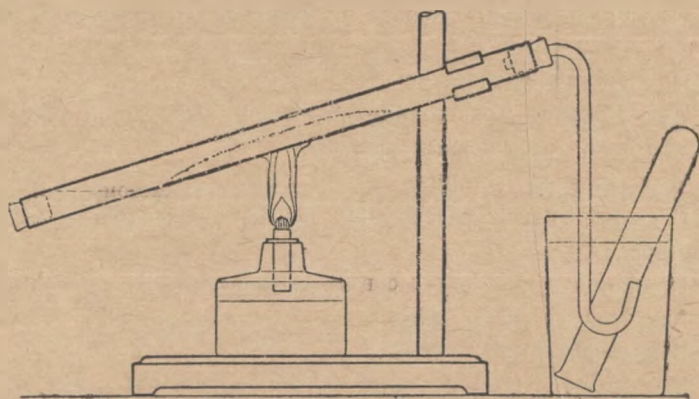


Рис. 49. Прибор для разложения воды магнием или цинком.

Нагревайте на спиртовой лампочке середину трубки, где насыпан металл. Если после начала нагревания не будет заметно пузырьков воздуха, выходящих из трубки вследствие расширения от нагревания, значит прибор не держит и нужно переменить пробку. Если прибор держит, продолжайте нагревание середины трубки, пока не прогреется конец, где вода. Вода начнет кипеть и пары ее, проходя над накалившимся порошком металла, будут вступать с ним в реакцию. Начнется быстрое выделение газа. Соберите его в 2-3 пробирки и испытайте горячей лучинкой.

Высыпьте из трубки взятый порошок. Он изменился, превратившись частью в „окись металла“, т. е. в соединение его с кислородом. Напишите реакции (63). Какого они типа? (64)

Кроме кальция, железа, магния и цинка есть и другие металлы, вступающие в реакцию с водой, но есть целый ряд и не вступающих в такую реакцию. Если в приборе, изображенном

на рис. 47, взять вместо железной трубки медную и проделывать описанный опыт с различными металлами, то можно составить список металлов не реагирующих с водой и реагирующих. Вы можете проделать такую работу самостоятельно в свободное время. Результаты запишите в тетрадь (65).

#### Вопросы для повторения.

1. Как определить процент воды в молоке?
2. Какую часть земной поверхности занимает вода?
3. Какие примеси бывают в природной воде?
4. Почему в некоторых местностях нельзя пить сырую воду?
5. Отчего образуется накипь в котлах?
6. Можно ли назвать чистой прозрачную и бесцветную ключевую воду?
7. Припомните физические свойства чистой воды.
8. Как убедиться, растворимо ли данное вещество в воде или нет?
9. Что такое насыщенный раствор?
10. Что такое растворимость?
11. В каких случаях растворенное вещество выделяется из насыщенного раствора?
12. Припомните примеры взаимно растворяющихся жидкостей.
13. Как зависит растворимость газов от температуры?
14. Чем дышат рыбы?
15. Как можно разложить воду? Припомните равенство разложения воды.
16. В каком отношении находятся объемы газов, получающихся при разложении воды?
17. С какими металлами вступает в реакцию вода? Припомнить соответствующие равенства.
18. Кто первый доказал, что вода вещество сложное?

### Т Е М А IV

#### ВОДОРОД

Теперь вы знаете, что такое вода. Вы познакомились со свойствами воды, узнали, что вода вещество сложное и состоит из водорода и кислорода. Изучение какого-нибудь вещества было бы не полно, если бы мы не познакомились со свойствами и получением составных частей этого вещества. Поэтому ближайшей вашей задачей будет — познакомиться с водородом.

## 14. ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА.

Для получения водорода в лабораториях обыкновенно пользуются серной или соляной кислотой, в состав которых, как и в состав всех других кислот, входит водород.

Водород из кислот можно выделить, как и из воды, при помощи металлов. Пользуются обычно цинком. Кислоту берут всегда в виде раствора в воде. 1 объем серной кислоты растворяют в 5 объемах воды. Крепкую соляную кислоту разбавляют двумя объемами воды. Для работ учащихся дается уже готовый разбавленный раствор кислоты.

*Задача 1.* Облейте кусочки цинка в пробирке кислотой, взяв очень немного кислоты 1-2 см<sup>3</sup> (кубических сантиметра); берите кислоту трубкой, как указано на стр. 36. Когда начинается сильное выделение водорода, поднесите к отверстию пробирки спичку. Обратите внимание, что водород не всегда загорается спокойно, а иногда с резким свистом — со взрывом. Смесь водорода с воздухом взрывает. Это всегда надо иметь в виду при опытах с водородом и никогда не зажигать водород в сколько-нибудь значительном количестве, не имея уверенности, что водород чистый, не содержащий воздуха. Взрыв смеси водорода с воздухом в таком небольшом сосуде как пробирка — безопасен. Поэтому чистоту водорода испытывают, зажигая его в пробирке, о чем еще будет сказано ниже.

*Задача 2.* Когда выделение водорода из пробирки прекратится, решите вопрос, образуется ли при реакции между металлом и кислотой еще что-нибудь, кроме водорода.

Для этого поместите на край куска стекла при помощи палочки одну каплю кислоты, с которой вы работали, и рядом одну каплю жидкости из пробирки, в которой вы проделывали реакцию и где осталась жидкость, и кусочки не вступившего в реакцию цинка. Держите стекло над пламенем лампочки (рис. 50), но не в самом пламени, чтобы стекло не лопнуло.

Если у вас был раствор чистой кислоты, то он должен испариться бесследно. После испарения раствора, получившегося после реакции, остается твердое вещество, в виде белого налета. Это



Рис. 50. Выпаривание капель жидкостей на стеклянной пластинке.



вещество — цинковый купорос, если у вас была взята серная кислота или хлористый цинк, если была взята соляная кислота. Оба эти вещества относятся к классу солей, с которыми позднее вы будете знакомиться подробнее. Обе соли были растворены в воде. Это та вода, в которой была растворена взятая кислота. Был раствор кислоты в воде, получился раствор соли в воде:

раствор серной кислоты + цинк = раствор цинкового купороса + водород;

раствор соляной кислоты + цинк = раствор хлористого цинка + водород.

Слово „раствор“ обыкновенно не пишут, так как вода в реакции не участвует, — сколько ее было, столько и остается. Пишут так:

серная кислота + цинк = цинковый купорос + водород.

Какого типа эта реакция? (66)

Перейдем теперь к получению водорода и познакомимся более подробно с его свойствами.

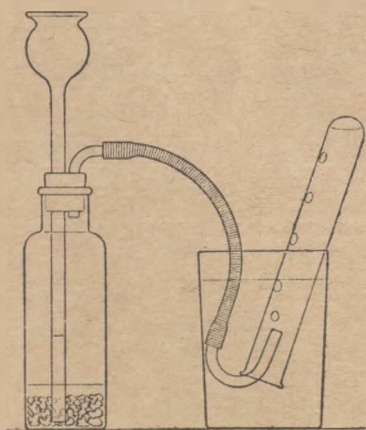


Рис. 51. Прибор для получения водорода.

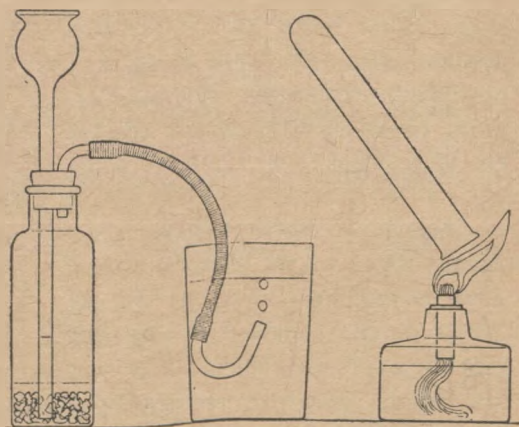


Рис. 52. Испытание чистоты водорода.

**Задача 3.** В приборчик, как на рис. 51 или подобный, положите цинка сколько показано на рисунке. Трубка воронки должна доходить почти до дна (почему — вам будет ясно из дальнейшего). Чтобы цинк не мешал опустить трубку воронки до дна, вставляя пробку, держите склянку горизонтально.

Приготовьте 2-3 пробирки с водой, опрокинутые в стакан с водой.

Приливайте в воронку понемногу кислоту и сразу же, не дожидаясь пока выйдет из прибора воздух, начинайте собирать выделяющийся из трубки газ. Собрав пробирку газа, сейчас же поднесите ее отверстием к лампочке, стоящей на некотором расстоянии от прибора (рис. 52). Держите пробирку отверстием книзу. Вынимая пробирку, сейчас же замените ее второй и снова повторите испытание и т. д. В первой пробирке у вас будет почти чистый воздух, затем пойдет смесь водорода с воздухом (взрыв со свистом) и, наконец, чистый водород, который будет спокойно загораться с легким звуком „п-па“, без свиста.

Когда водород в пробирке загорится, переверните пробирку и наблюдайте бегущее по пробирке, почти несветящее пламя водорода.

### 15. СВОЙСТВА ВОДОРОДА

*Задача 4.* Держа пробирку с водородом отверстием книзу, приставьте к отверстию этой пробирки пустую пробирку (вернее пробирку с воздухом, рис. 53), переверните пробирки (рис. 54) и, подождав некоторое время, поднесите верхнюю пробирку к пламени лампочки. Подержите некоторое время две пробирки с водородом — одну отверстием кверху, а другую отверстием книзу — и затем поднесите их отверстием к огню (67).

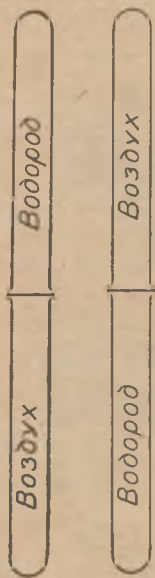


Рис. 53 и 54. Перепускание водорода из одной пробирки в другую.

Проделанные опыты показывают, что водород легче воздуха. В этом можно также убедиться, наполнив водородом мыльные пузыри.

*Задача 5.* Потрите куском мыла о дно ступки, чашки, блюдечка с небольшим количеством воды, пока не получится раствор мыла, дающий пену. Опустите в мыльный раствор конец каучуковой трубки от прибора для получения водорода (рис. 55). В конец трубки по-

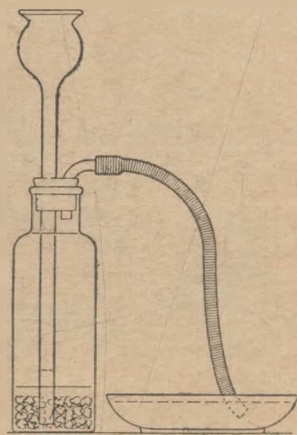


Рис. 55. Прибор для получения водорода и блюдечко с мыльной водой.

лезно запихнуть предварительно спичкой рыхлый комочек ваты, чтобы удерживать мелкие брызги кислоты, образующиеся при сильном выделении водорода.

Эти брызги портят раствор мыла и пузыри могут от этого легко лопаться. Опуская трубку в мыльный раствор, на секунду зажмите рукой каучук и, вынув из раствора, сейчас же отпустите. Держите конец каучука как на рисунке 56. Когда пузырь надуется, сбросьте его с конца трубки резким движением вниз (рис. 57).

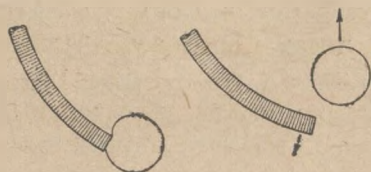


Рис. 56 и 57. Надувание водородом и пускание мыльных пузырей.

После нескольких неудач, вам, вероятно, удастся научиться пускать пузыри, которые быстро поднимаются вверх, так как водород значительно легче воздуха.

Если взвесить шар, из которого выкачан насосом воздух, и затем тот же шар с воздухом, мы узнаем вес данного объема воздуха. Наполнив тот же шар и при тех же условиях водородом и взвесив его, мы узнаем вес того же объема водорода. Этот вес будет приблизительно в 14,5 раз меньше веса воздуха. Водород в 14,5 раз легче воздуха. Это самый легкий из газов.<sup>1</sup>

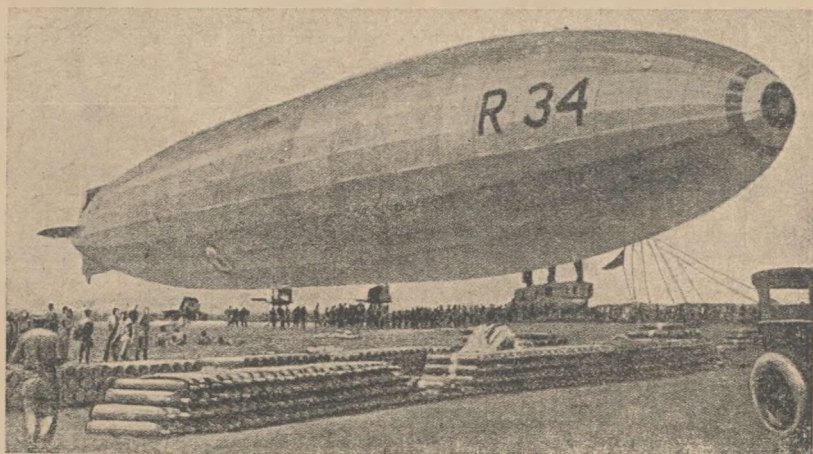


Рис. 58. Дирижабль, наполненный водородом. Внизу видны баллоны для сжатого водорода, из которых дирижабль был наполнен водородом.

На этом свойстве водорода основано применение его для наполнения воздушных шаров и дирижаблей (см. рис. 58).

Пользуясь легкостью водорода, можно наполнять им сосуды и не над водой. Водород впускают в перевернутый книзу отвер-

<sup>1</sup> Один литр водорода весит 0,08987 г (около 0,09 г).



ствием сосуд. Водород сразу же поднимается кверху (рис. 59) как пробка в воде и постепенно заполняет сосуд, вытесняя из него воздух.

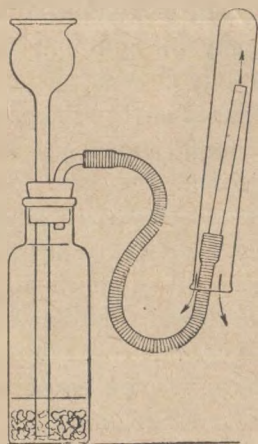


Рис. 59. Наполнение пробирки водородом. Водород вытесняет воздух из опрокинутой пробирки.

Обычно при испытании чистоты выделяющегося из прибора водорода так и поступают.

Наполняют пробирку водородом вытеснением воздуха (рис. 59) и затем подносят к поставленной на некотором расстоянии лампочке (рис. 60). Нужно только не очень спешить подносить пробирку к огню, так как в пробирке не нацело наполненной даже чистым водородом будет происходить взрыв смеси водорода с оставшимся воздухом.



Рис. 60. Испытание собранного водорода.

*Задача 6.* Взрыв смеси водорода с воздухом можно безопасно наблюдать на следующем опыте.

Заполните водородом по способу вытеснения воздуха жестянку из-под консервов и т. п., у которой сделано в дне небольшое отверстие. Отверстие во время наполнения заткните заостренной спичкой (рис. 61). Наполнять нужно в течение более или менее продолжительного времени, в зависимости от того, насколько сильно работает ваш водородный прибор. Когда можно будет думать, что жестянка наполнилась водородом, отставьте в сторону водородный прибор, оставив жестянку стоять на столе. Выньте спичку, затыкающую отверстие в жестянке, и поднесите к отверстию горящую лучинку (рис. 62), не наклоняясь при этом над жестянкой. Если жестянка была хорошо наполнена водородом, то водород будет сначала спокойно гореть. Водород

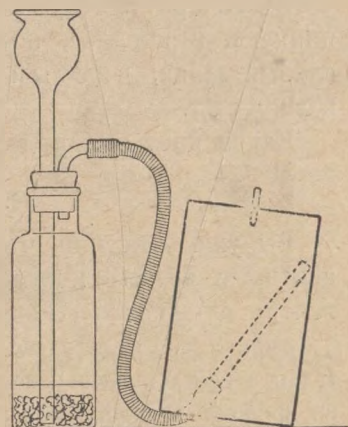


Рис. 61. Наполнение водородом жестянки.

будет выходить из жестянки, а снизу будет постепенно входить воздух. Дальнейшие явления наблюдайте и опишите (68).

Проделанный опыт должен вам объяснить, почему при работах с водородом очень важно проверять чистоту выходящего из прибора водорода. Если бы взрыв произошел внутри прибора для получения водорода или в большом стеклянном сосуде, наполненном водородом, то стекло могло бы не выдержать взрыва и прибор разорвало бы. Осколками прибора может серьезно ранить окружающих.

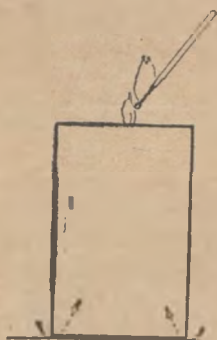


Рис. 62. Зажигание выходящего из отверстия в жестянке водорода.

Испытание выделяющегося из прибора водорода не следует забывать производить после того, как с какой-нибудь целью, например, для добавления цинка, хотя бы не на долго вынималась пробка прибора. Часть водорода выходит при этом из прибора, в прибор же проникает воздух и получается опасная взрывчатая смесь.

Водород горит. Поддерживает ли он горение?

**Задача 7.** Наполните пробирку водородом (вытеснением воздуха) и держа ее отверстием книзу, внесите в нее горящую лучинку (69).

Благодаря посторонним примесям, часто содержащимися в цинке и в кислоте, получаемый вами водород вероятно имеет слабый запах, чистый же водород ни запаха, ни вкуса не имеет.

Каков цвет водорода? (69)

## 16. ПЛАМЯ ВОДОРОДА

Вы уже заметили, что пламя горящего водорода почти бесцветно и вы его иногда даже не сразу видите. Познакомьтесь теперь ближе с пламенем водорода.

**Задача 8.** Если у вас прибор для получения водорода долго работал и в нем осталось мало цинка и было прилито много кислоты, слейте из прибора жидкость, добавьте цинка, и, прилив кислоты, через некоторое время испытайте, чистый ли идет водород. Когда водород пойдет чистый и никоим образом не раньше, присоедините к каучуковой трубке кусок стеклянной трубки и зажгите выделяющийся из трубки водород (рис. 63). Наблюдайте цвет пламени сразу же после зажигания и через некоторое время.

Замените стеклянную трубку металлической или наденьте на конец стеклянной трубки трубочку, свернутую из меди или жести (рис. 64) и снова зажгите. Какая разница? (70)

Причина наблюдаемой разницы заключается в том, что при накаливании краев стекла пламенем водорода, составные части стекла начинают слегка испаряться, эти пары окрашивают пламя. Поэтому, чтобы наблюдать естественный цвет пламени водорода, его зажигают у отверстия металлической трубки.

**Задача 9.** Внесите в пламя водорода тонкую стеклянную трубочку и подержите некоторое время (71).

Температура пламени водорода — около  $1000^{\circ}$  (температура пламени спиртовой лампочки — около  $1100^{\circ}$ , температура пламени „примуса“ и т. п. сильной керосиновой или бензиновой горелки — около  $1650^{\circ}$ ).

**Задача 10.** Подержите над пламенем водорода опрокинутый холодный стакан (рис. 65).

На внутренней поверхности стакана образуются капельки воды. Проведите пальцем — он делается мокрым.

Больше воды можно получить, если держать над пламенем какой-нибудь массивный металлический предмет, например утюг (рис. 66). Вода будет капать с конца утюга в подставленный стаканчик.

Откуда берется вода при горении водорода? Для решения этого вопроса

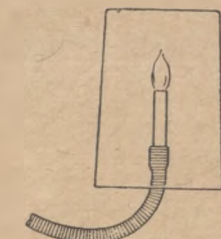


Рис. 65. Над пламенем водорода опрокинут стакан.



Рис. 63. Пламя водорода.



Рис. 64. Пламя водорода. На конец стеклянной трубки надета металлическая насадка.

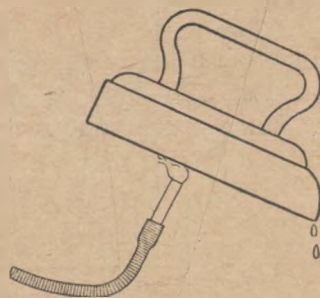


Рис. 66. Образование воды при горении водорода.

зажгите водород в кислороде. Будет ли при этом также образовываться вода? Опыт проделайте следующим образом.

**Задача 11.** Нагрейте в пробирке, держа ее слегка наклонно, несколько кристалликов марганцевокалиевой соли (см. стр. 19) и, когда тлеющая лучинка будет вспыхивать у отверстия пробирки, опустите в нее на очень



короткое время трубку, у конца которой горит пламя водорода (рис. 67). Перед зажиганием водорода не забудьте испытать его. Наблюдайте.

Дайте теперь ответ, откуда берется вода при горении водорода в воздухе? Какая реакция при этом происходит? (72)

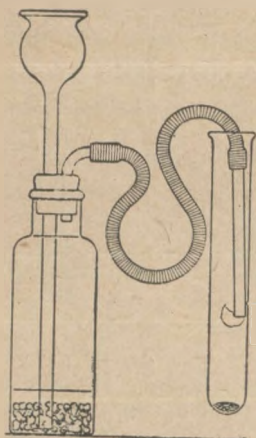


Рис. 67. Горение водорода в кислороде.

### 17. РЕАКЦИЯ МЕЖДУ ВОДОРОДОМ И ОКИСЛАМИ МЕТАЛЛОВ

Оксидами металлов называют различные соединения металлов с кислородом. Вы знаете окись меди, железную окалину или окись железа, окись магния — белый порошок, получающийся при горении магния (стр. 15). Все это различные окислы металлов.

*Задача 12.* Снарядите водородный прибор. Присоедините к нему наклонно поставленную трубку (рис. 68). Испытайте, чистый ли водород идет из прибора. Поместите в пробирку немного крупинок окиси меди и наденьте пробирку на газоотводную трубку, как

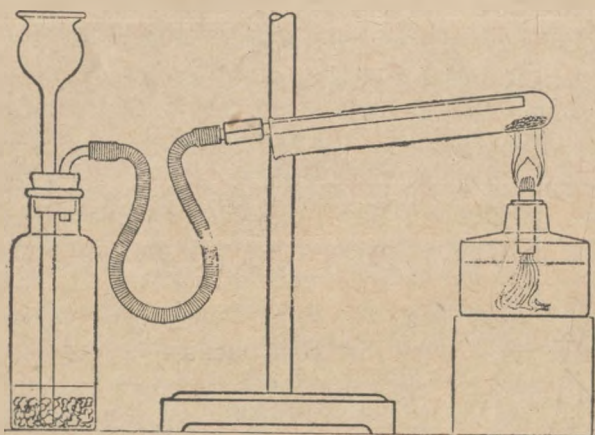


Рис. 68. Нагревание окиси металла в токе водорода.

показано на рис. 68. Выждав немного, чтобы водород успел вытеснить из пробирки воздух, нагрейте окись меди пламенем лампочки. Наблюдайте.

Ответьте на вопросы в тетради (73).

Подобная же реакция идет и со многими другими окислами металлов. Ее называют реакцией восстановления.

*Задача 13.* Прodelайте ту же реакцию с окисью железа, окисью свинца, окисью олова и другими окислами, имеющимися в школе.

Каждое звено может взять какой-нибудь один из выданных преподавателем окислов и затем поделиться результатами с другими звеньями.

### 18. ГРЕМУЧИЙ ГАЗ

Смесь водорода с кислородом взрывает гораздо сильнее, чем смесь водорода с воздухом. Наиболее сильный взрыв получается, если взять 2 объема водорода и 1 объем кислорода. Такая смесь называется гремучим газом.

Опишите в тетради опыты с гремучим газом, если вам их показывал преподаватель, и зарисуйте соответствующие приборы (74). Гремучий газ настолько опасен, что делать с ним опыты самим учащимся не рекомендуется.

Температура пламени водорода горящего в кислороде гораздо выше, чем температура пламени водорода горящего в воздухе, а именно около  $2000^{\circ}$ . Поэтому была придумана (Даниэлем) горелка, в которой можно было бы сжигать водород в кислороде. Таким образом удается использовать высокую температуру пламени гремучего газа для практических целей. Горелка изображена на рис. 69. Она состоит из двух трубок, вставленных одна в другую. По наружной пускается водород, по внутренней — кислород. У отверстия горелки газы смешиваются и получается пламя гремучего газа. Так как образующийся гремучий газ сейчас же сгорает, то эта горелка совершенно безопасна.

В пламени гремучего газа плавятся: медь (т. пл.  $1087^{\circ}$ ), железо (т. пл.  $1530^{\circ}$ ), платина (т. пл.  $1775^{\circ}$ ), кварц и горный хрусталь (т. пл.  $1780^{\circ}$ ).

Горелкой для гремучего газа (более усовершенствованной, с приспособлением для регулирования пламени) пользуются в технике для плавления платины, при ее обработке, а также для выдувания из расплавленного горного хрусталя или кварца различных химических приборов — пробирок, колб, стаканов и т. п. (рис. 70). Эти приборы применяются при работах, при которых



Рис. 69 Горелка Даниэля.

обыкновенное стекло не годится. Кварцевое стекло, помимо своей тугоплавкости имеет еще то преимущество, что не боится

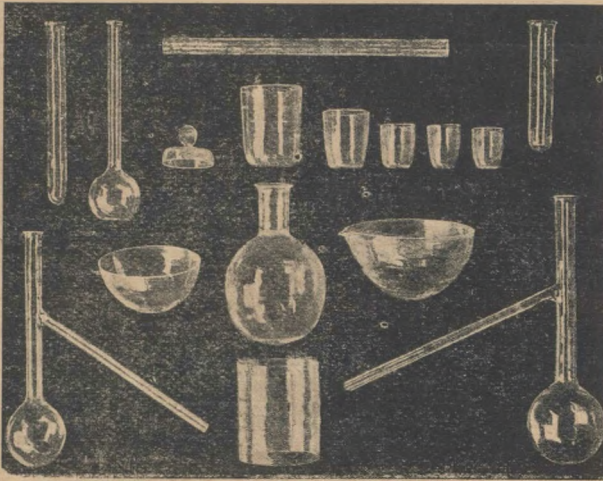


Рис. 70. Химическая посуда из горного хрусталя, приготовленная при помощи водородно-кислородной горелки.

резких колебаний температуры. Нагретый докрасна сосуд можно сразу опустить в холодную воду, он не трескается, тогда как обыкновенное стекло при этом растрескалось бы на мелкие кусочки. Это зависит от малого коэффициента расширения кварца.

Пламенем гремучего газа можно

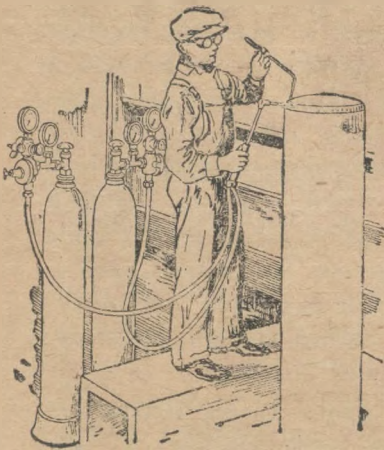


Рис. 71. Сварка железа при помощи кислородо-ацетиленовой горелки. Проволока, которую мастер держит в руке, плавится и заполняет шов свариваемого предмета.

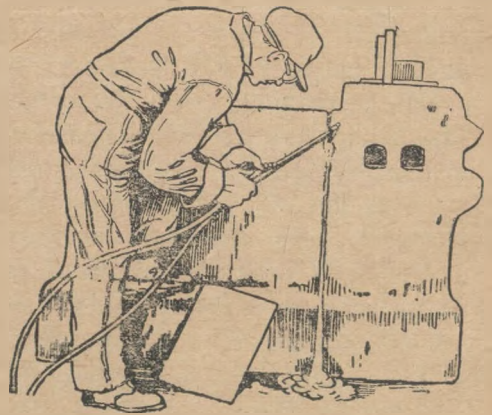


Рис. 72. Резка металла при помощи кислородо-ацетиленового пламени.

пользоваться также для сварки и резки тугоплавких металлов, как медь и железо. Но для этой цели вместо водорода обычно-



венно применяется газ ацетилен (с ним вы познакомитесь позднее), дающий еще более высокую температуру. На рис. 71 и 72 изображена сварка и резка металлов при помощи кислородо-водородной или кислородо-ацетиленовой горелки.

### 19. ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА В ТЕХНИКЕ

В технике водород применяется в больших количествах не только как источник высокой температуры и как легкий газ для наполнения воздушных шаров и дирижаблей, но и для целого ряда химических производств, с которыми вы познакомитесь в дальнейшем.

Для технических целей никогда не получают водород из кислот, так как это невыгодно. Для получения водорода или пользуются водой, или выделяют водород из смеси газов, получающихся при сухой перегонке каменного угля (о чем речь будет дальше).

Вы уже знаете, что из воды водород можно получить, пропуская через воду электрический ток, и при реакции между водой и металлами. Оба эти способа применяются в технике. Для получения из воды водорода (одновременно с кислородом) пропусканием электрического тока или, как говорят,

„электролизом воды“ устраиваются большие и сложные приборы, из которых образующиеся газы выделяются по трубкам. На рис. 73 изображен внешний вид подобного прибора, состоящего из ряда пластин-электродов, между которыми находится вода, точнее раствор, проводящий ток. Сверху видны трубы для отвода газов.

Для получения водорода при помощи реакции между водой и металлами пользуются обыкновенно железом. Железо накаливается в особых печах, через которые пропускаются пары воды. Превратившееся в окалину железо затем снова „восстанавливают“, получают обратно при помощи химической реакции с другими газами, которые вводят в печь, затем снова пропускают

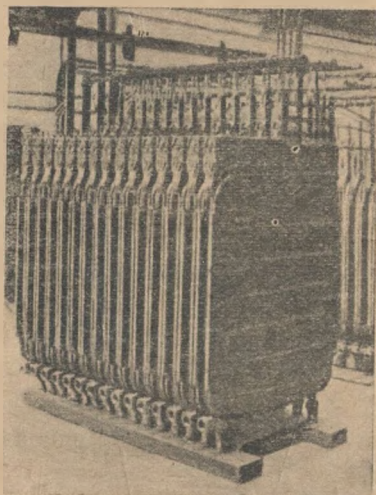


Рис. 73. Заводская установка для электролиза воды.

пары воды и т. д. С реакцией восстановления железа вы подробнее познакомитесь позднее.

Ответьте на вопросы в тетради (75).

#### Вопросы для повторения

1. Как получали вы водород? Напишите равенство реакции.
2. Почему вы не видите образующейся при реакции получения водорода соли?
3. Как испытать, чистый ли водород выделяется из прибора?
4. Почему необходимо испытывать чистоту водорода прежде чем его зажигать.
5. Во сколько раз водород легче воздуха?
6. Поддерживает ли водород горение?
7. Припомните физические свойства водорода
8. Что образуется при горении водорода? Припомните равенство реакции.
9. Что такое гремучий газ?
10. Какова температура пламени гремучего газа и водорода?
11. Для чего применяется водород?
12. Какие вы знаете технические способы получения водорода?

## ТЕМА V

### МЕТАЛЛЫ И НЕМЕТАЛЛЫ

Мы назвали водород и кислород — составными частями воды. Теперь нам предстоит выяснить более точно вопрос о том — что в химии понимают под словом составная часть сложного вещества. Для этого вам будет полезно предварительно познакомиться с некоторыми веществами, которые часто являются составными частями других веществ. Это прежде всего — металлы.

#### 20. МЕТАЛЛЫ

*Задача 1.* Рассмотрите выданные вам преподавателем металлы, помеченные номерами, постарайтесь их узнать и напишите в тетради их названия (76).

Справьтесь у преподавателя и исправьте неверно написанное название. Научитесь сразу узнавать каждый металл по внешнему виду.

*Задача 2.* Отметьте металлы более легкие и более тяжелые, поскольку это можно определить, держа металл в руке.

Сравните полученные вами результаты с данными графика, рис. 74.

**Задача 3.** Отметьте металлы наиболее твердые и наиболее мягкие.

Для этого попробуйте царапать один металл другим (77).

**Задача 4.** Отметьте металлы, которые труднее всех и легче всех гнутся (78).

**Задача 5.** Нагревайте проволоки из разных металлов, держа их в руке, и замечайте, какие из металлов легче прогреваются. Сравните полученные результаты с графиком теплопроводности (рис. 75).

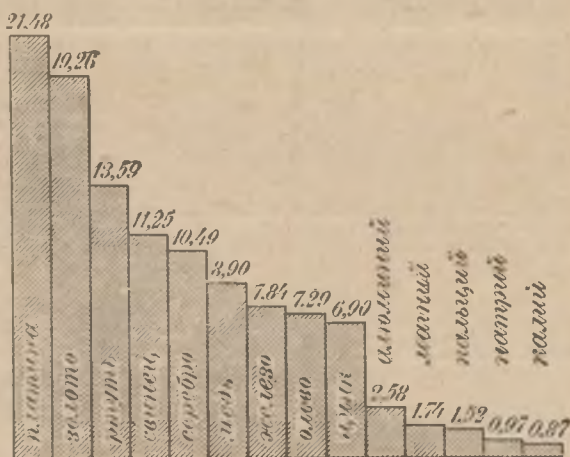


Рис. 74. Удельные веса металлов.

По электропроводности металлы располагаются в том же порядке, как и по теплопроводности.

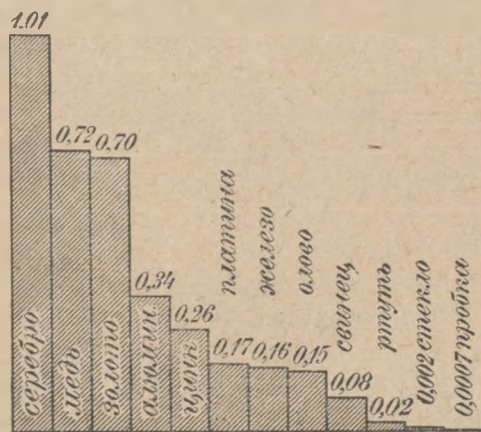


Рис. 75. Теплопроводности металлов. Для сравнения даны теплопроводности стекла и пробки.

Если преподаватель показывал вам опыты по электропроводности металлов, опишите их в тетради (79).

**Задача 6.** Разложите кусочки разных имеющихся в школе металлов правильным кругом на жестяном кружке и нагревайте его в центре пламенем лампочки (рис. 76). Наблюдайте, в какой последовательности металлы будут плавиться (80).

Сравните полученный результат с графиком температур плавления металлов (рис. 77).

Приведенные в графиках цифры даны для справок, а не для заучивания.

Редкие металлы — вольфрам, тантал и осмий, в виду их тугоплавкости, применяются для приготовления нитей для экономи-



ческих электрических лампочек. Тонкие нити этих металлов накаливаются до белого каления; не плавясь.

Цвет накаленного металла зависит от степени накала. Вот цвета каления и приблизительно соответствующие им температуры (для справок, а не для заучивания):

515° —	550° —	буро-красный
680° —	700° —	темно-красный
750° —	800° —	вишнево-красный
850° —	900° —	светло-вишнево-красный
950° —	1 000° —	светло-вишневый
1 000° —	1 100° —	оранжевый
1 150° —	1 200° —	белый
1 300° —	1 500° —	белый-блестящий

*Задача 7.* Обратите внимание на вид свежевychищенного и невychищенного металла. Какие металлы легче тускнеют на воздухе, какие труднее? (81)

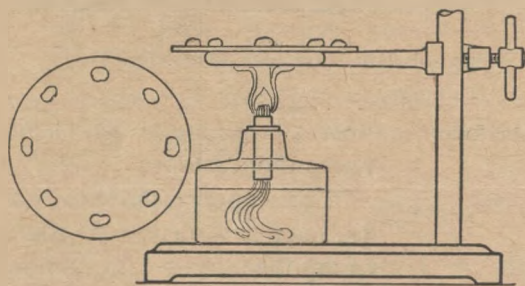


Рис. 76. Плавление металлов на жестяном кружке.

особенно во влажном, что, несмотря на то, что это красивый, гвердый металл, из него не имеет смысла что-нибудь делать. Через короткое время сделанный предмет рассыпался бы и превратился в кучку извести.

Еще легче изменяются металлы натрий и калий. Первый из них входит в состав поваренной соли, второй — в состав поташа.

*Задача 8.* Познакомьтесь со свойствами натрия и калия. Они хранятся под керосином, чтобы на них не действовал воздух. На первый взгляд вы не приняли бы их за металлы. Разрежьте кусочки натрия и калия под слоем керосина ножом и посмотрите свежий разрез.

Попробуйте мять смоченный керосином кусочек пальцем.

Осушите кусочек металла величиною с рисовое зернышко фильтро-

Кроме рассмотренных вами металлов, есть такие, которые не применяются в обыденной жизни. Один подобный металл вам известен, если вы проделали работу, указанную на стр. 35. Это — кальций. Он так легко изменяется на воздухе,

вальной бумагой, положите на конец жестяной полоски и нагрейте. Результаты изучения натрия впишите в тетрадь (82).

Если преподаватель показывал вам еще какие-нибудь опыты с натрием и калием, опишите их кратко в тетради (83).

## 21. СПЛАВЫ

**Задача 9.** Положите в жестяную коробочку кусочек свинца и кусочек олова и нагрейте на лампочке. Размешайте расплавленные металлы проволокой и вылейте жидкость на кусок доски. Размешивая расплавленные металлы, вы получили однородную смесь — раствор одного металла в другом. После застывания вы получили твердую смесь металлов или сплав.

Сплавы очень часто применяются в технике вместо чистых металлов, так как многие свойства сплавов отличаются от свойств взятых металлов. Так, например, сплав олова со свинцом плавится легче, чем олово и свинец в отдельности.

Температура плавления сплава из 35 ч. свинца и 65 ч. олова —  $190^{\circ}$ . Найдите на графике и выпишите в тетрадь температуры плавления: свинца и олова (84).

Близкий по составу к этому сплаву сплав 1 ч. свинца и 2 ч. олова, плавится около  $200^{\circ}$  и применяется в качестве припоя, для пайки жести, меди и т. д.

Сплав меди и цинка — латунь или желтая медь значительно тверже и меди и цинка, легко обрабатывается и отливается, почему и имеет очень широкое применение. Назовите примеры применения латуни (85).

Сплав меди и олова — бронза еще тверже латуни и звенит при ударе, почему применяется для приготовления колоколов. Бронза очень хорошо отливается в форму (бронзовые статуи и т. п.).

Сплав алюминия с небольшим количеством марганца, никеля и магния или дуралюминий — почти такой же легкий, как и алюминий, но значительно тверже алюми-

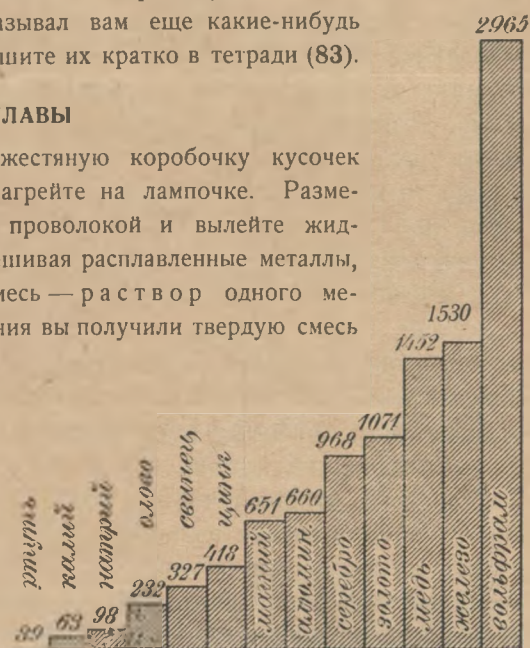


Рис. 77. Температуры плавления металлов.

ния, почему применяется при постройке частей аэропланов и дирижаблей.

В состав сплавов могут входить и не металлы. Так чугуны есть сплав железа с углеродом (2,5—6%), кремнием (тоже не металл) и небольшим количеством других веществ. Чугун гораздо тверже железа, хрупок — легко ломается и разбивается, легче плавится (около 1200°, железо при 1530°). Железо, содержащее те же составные части, но в меньшем количестве, чем чугун (0,5—1,6% углерода), называется — сталь. Сталь отличается твердостью, но не так хрупка, как чугун (вопрос о чугуне и стали мы будем подробно рассматривать в конце курса).

Кроме перечисленных известен целый ряд других, самых разнообразных сплавов, на которых мы здесь останавливаться не можем. Учение о металлах и сплавах это особый интереснейший отдел химии, которому посвящены многие и многие томы научных исследований и технических работ.

Для того, чтобы лучше усвоить свойства металлов и сплавов, внимательно ответьте на вопросы в тетради (86).

Все металлы отличаются одним общим свойством — их нельзя никакими способами разложить на другие вещества и нельзя получить путем реакции соединения. Все металлы вещества не сложные, а „элементарные“, „элементы“. Металлы могут вступать в различные реакции и входить в состав различных сложных веществ, но сами они не сложны. Мы говорим, что в состав медного купороса входит медь, в нем есть элемент медь, мы можем выделить медь из медного купороса (например, железом, см. стр. 26) и получить ее в виде свободного элемента или „простого вещества“, но ни разложить медь, ни получить ее соединением других веществ мы не можем. Ни самые высокие или низкие температуры, ни сильнейшие электрические разряды, ни колоссальные давления не разрушают простых веществ. Они остаются неизменными.

## 22. МЕТАЛЛОИДЫ

Кроме металлов есть еще ряд других элементов, которые в отличие от металлов называют „неметаллы“ или „металлоиды“. Некоторые из металлоидов вам уже известны. Это: кислород, водород, азот, сера, углерод, который в свободном виде, т. е. в виде простого вещества, называется углем. К металлоидам же относятся: фосфор, иод, хлор и ряд других.



Познакомьтесь с еще неизвестными вам металлоидами.

*Задача 10.* Рассмотрите фосфор, который заготовлен преподавателем в пробирке с водой. Фосфор очень ядовитое и опасное вещество и обращаться с ним надо с осторожностью. Если фосфор загорится на руке, получают долго незаживающие ожоги. Познакомившись со свойствами фосфора, вы поймете, почему фосфор хранят под водой.

Нагрейте осторожно пробирку с фосфором. Он плавится значительно раньше, чем закипит вода. Температура плавления фосфора  $45^{\circ}$ . Охладите пробирку с фосфором, пока вода не делается совсем холодная. Фосфор снова застыл. Слейте воду, достаньте кусочек фосфора лучинкой и поместите его на кусок фильтровальной бумаги, чтобы удалить воду, а затем переложите щипцами, пинцетом или сдвиньте лучинкой (никоим образом не руками) на кусок жести или на доску штатива. Наблюдайте, как фосфор „дымит“. Обратите внимание на запах фосфора (не слишком близко наклоняясь над фосфором). Возьмите в пробирке немного воды ( $\frac{1}{4}$  пробирки) и, нагрев до кипения, коснитесь пробиркой (какова ее температура?) вашего кусочка фосфора. Фосфор загорится и будет гореть, выделяя белый дым — соединение фосфора с кислородом. Иногда фосфор прилипает к пробирке и горит на ней. Дайте ему спокойно сгореть, не стараясь погасить. Вы, вероятно, до сих пор не встречали такого вещества, которое загоралось бы так легко как фосфор. Он загорается при  $60^{\circ}$ . Если кусок фосфора оставить надолго на воздухе, то он может загореться сам собою. Теперь вам понятно, почему фосфор хранят под водой.

Достаточно принять внутрь 0,01 г фосфора, чтобы отравиться на смерть.

Если вы не видели на занятиях по естествознанию опыта — сжигание фосфора под колоколом, поставленным в чашку с водой, то преподаватель вам его вероятно покажет. Опишите его в тетради и зарисуйте прибор (87).

*Задача 11.* Рассмотрите кристаллы иода. В общежитии иодом обыкновенно называют бурый раствор иода в спирте, применяемый для дезинфекции мелких поранений, но самый иод — твердое вещество. Сделайте нижеследующие наблюдения и результаты запишите в тетрадь (88).

Пересыпьте кристаллы иода на бумагу. Какого цвета кристаллы? Понюхайте их. Обратите внимание на след, оставляемый иодом на бумаге. Пересыпьте иод обратно в пробирку. Нагрейте иод. Какого цвета пары иода? Дайте пробирке охладиться. Наблюдайте образование кристаллов иода из паров (возгонка, см. стр. 13—14).

Прилейте в пробирку воды и взболтайте. Хорошо ли растворим иод в воде?

Вылейте воду и налейте спирта (денатурата). Взболтайте. Что наблюдаете?  
*Задача 12.* Познакомьтесь с заготовленным в склянке газом хлором и запишите наблюдения в тетрадь (89).

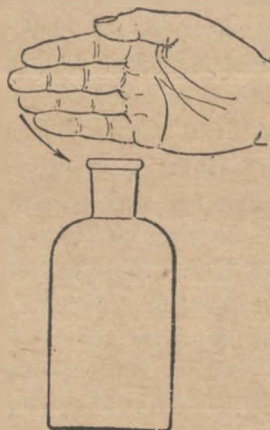


Рис. 78. Рисунок показывает, как, нюхая какое-нибудь едкое вещество, направлять рукой ток воздуха от вещества к лицу.

Что это за вещество? Какого цвета?

Приоткрыв пробку, осторожно понюхайте хлор, но не приближая нос к склянке, а направляя рукой ток воздуха от горлышка склянки к лицу (рис. 78). Каков запах хлора?

Хлор входит в состав обыкновенной поваренной соли, из которой и получается. Вот еще один яркий пример того, насколько отличны свойства химического соединения от свойств элементов его составляющих. Хлор очень ядовит и во время империалистической войны применялся как отравляющее вещество. С хлором вы будете в курсе химии знакомиться подробнее.

Если преподаватель показывал вам еще какие-нибудь металлоиды—перечислите их и опишите их свойства в тетради (90).

Металлоиды, в противоположность металлам, не имеют общих свойств. Свойства их очень разнообразны.

### 23. ЭЛЕМЕНТЫ

Всех элементов—металлов и металлоидов, известно 90. Большинство из них являются веществами крайне редкими, встречающимися на земле в очень небольших количествах.

На стр. 59 приведен список элементов (приводится для справок, а не для заучивания).

В списке курсивом набраны металлы. Звездочкой отмечены элементы, встречающиеся в природе в свободном состоянии, хотя бы в небольших количествах.

Все самые разнообразные вещества, встречающиеся в природе, представляют собою либо элементы, либо соединения этих элементов.

Изучая состав земной коры, воды, воздуха, можно приблизительно подсчитать количество различных веществ, составляющих нашу землю в целом, а определив химический состав этих веществ, подсчитать, какие количества приходятся на долю различных элементов.

## СПИСОК ЭЛЕМЕНТОВ

*Азот	Индий	Неодимий	Скандий
Актиний	Иридий	*Неон	Стронций
Алюминий	Иттербий	Никкель	Сурьма
*Аргон	Иттрий	Ниобий	Таллий
Барий	Йод	Олово	Тантал
Бериллий	Кадмий	Осмий	Теллур
Бор	Калий	Палладий	Тербий
Бром	Кальций	*Платина	Титан
Ванадий	*Кислород	Полоний	Торий
Висмут	Кобальт	Празеодимий	Тулий
Водород	Кремний	Протактиний	Углерод
Вольфрам	*Криптон	Радий	Уран
Гадолиний	*Ксенон	Радон	Фосфор
Галлий	Лантан	Рений	Фтор
Гафний	Литий	Родий	Хлор
*Гелий	Лутеций	*Ртуть	Хром
Германий	Магний	Рубидий	Цезий
Голмий	Мазурий	Рутений	Церий
Диспрозий	Марганец	Самарий	Цинк
Европий	*Медь	Свинец	Цирконий
*Железо	Молибден	Селен	Эрбий
*Золото	*Мышьяк	Сера	
Иллий	Натрий	*Серебро	

Этот подсчет показывает, что главная масса земной коры (включая воду и воздух) состоит из очень небольшого числа элементов, большинство же элементов содержатся в сравнительно очень небольших количествах. На стр. 60 приведена диаграмма (рис. 79), показывающая, что главная масса тел состоит из 8 элементов, на долю которых приходится около 98% общего веса, на долю же всех остальных только около 2%.

Первое место принадлежит кислороду, который входит в состав всех важнейших горных пород — гранитов (входит в состав всех трех минералов, составляющих гранит — кварца, полевого шпата и слюды), глины, песка, известняков, песчаников, сланцев, кислород составляет  $\frac{8}{9}$  по весу воды, кислород содержится в свободном состоянии в воздухе.

Следующий элемент — кремний, название которого происхо-



дит от слова кремень, в состав которого он входит, находится также во всех составных частях гранита, в глине, в песке, в песчаниках и целом ряде других пород.

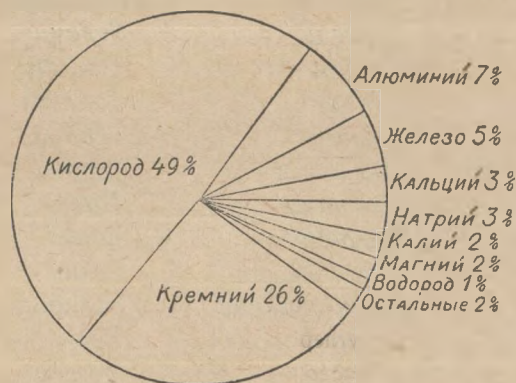


Рис. 79. Диаграмма распространенности элементов в природе.

Познакомьтесь теперь с этой реакцией более подробно. Вы возьмете три кислоты: серную, соляную и уксусную — все три в виде растворов.

Вы уже знаете, что в состав всех без исключения кислот входит водород (стр. 41). Кроме того у кислот есть некоторые общие свойства. Водные растворы кислот имеют более или менее одинаковый вкус и одинаково действуют на некоторые растительные краски.

**Задача 13.** Возьмите при помощи стеклянной палочки по одной капле каждой из кислот на  $\frac{1}{2}$  пробирки воды, взболтайте и попробуйте каплю раствора на язык. Вкус? (92)

Возьмите в пробирки по несколько кубических сантиметров каждой из кислот и прибавьте по несколько капель или настоя черники, или красной капусты или лакмуса. Лакмус готовится из некоторых видов лишайников<sup>1</sup> и часто применяется в химической практике.

Как изменяется цвет этих красок от кислоты? (92).

Вы знаете, что всякое вещество состоит из элементов. Условимся обозначать состав сложных веществ таким образом, как

Третий—алюминий—входит в состав полевых шпатов, глин и ряда других минералов.

Вот почему эти три элемента — самые распространенные на земле.

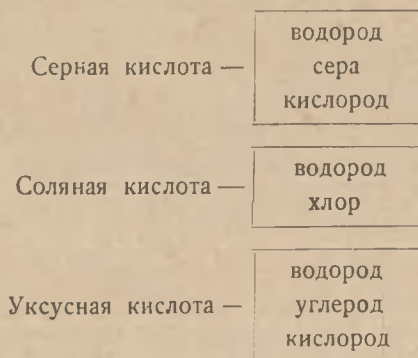
Ответьте на вопросы в тетради (91).

#### 24. ДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛОВ НА КИСЛОТЫ

Вы уже знаете, что металлы могут вытеснять водород из кислот. По-

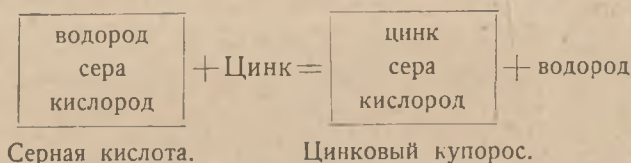
<sup>1</sup> Один из видов лишайников, дающих лакмус, встречается в больших количествах на Канарских островах (у северо-западного побережья Африки), откуда и вывозится в больших количествах. Другие виды встречаются на скалистых побережьях Шотландии, Швеции и Норвегии.

мы это отчасти уже делали, например, изображая состав окиси ртути (стр. 36), а именно заключать названия элементов, входящих в состав сложного вещества в прямоугольники. Тогда состав упомянутых кислот мы изобразим так:



Вообще в состав кислот кроме водорода входят обыкновенно один или несколько металлоидов.

Известную уже вам реакцию между серной кислотой и цинком мы изобразим таким образом:



Такой способ изображения очень отчетливо показывает, что мы имеем здесь дело с реакцией замещения. Цинк замещает водород в кислоте и становится на его место, образуя новое вещество. Вещество это состоит из тех же элементов, что и серная кислота, но только вместо водорода содержит металл.

Подобные соединения, полученные при замещении водорода кислоты металлом все носят одно общее название — соли. Таким образом цинковый купорос есть соль. Всякую соль можно назвать, исходя из названия кислоты, которой соль соответствует, и из названия входящего в состав соли металла. Так, цинковый купорос можно назвать „серноцинковая соль“. Водород в серной кислоте можно заместить и другими металлами, например, железом. Тогда получится серножелезная соль. Иначе ее называют железный купорос (см. стр. 26). Подобные старинные

названия сохранились для многих солей, но не для всех. Так, например, сернокалиевая соль второго названия не имеет.

Если в соляной кислоте заместить водород натрием, то получится соль 

натрий
хлор

, или обыкновенная поваренная соль. Ее

можно было бы назвать солянонатриевая соль, но соли кислот, состоящих из водорода и еще только одного элемента, принято называть, исходя не из названия кислоты, а из названия этого элемента. Так поваренную соль следует назвать „хлористый натрий“, как соединение

железо
сера

 мы называем „сернистое железо“.

*Задача 14.* Теперь изучите подробно реакции между серной, соляной и уксусной кислотами и металлами: железом, цинком, магнием, алюминием, медью и другими, которые вам сможет заготовить преподаватель.

Взяв в пробирку немного металла, прилейте к нему небольшое количество кислоты (при помощи трубочки, см. стр. 36) и наблюдайте выделение водорода. Можно выделяющийся водород поджечь (собирать его не нужно). Затем в другую пробирку возьмите снова немного металла, и прилейте другой кислоты и снова наблюдайте выделение водорода.

Для того, чтобы убедиться, что в тех случаях, где реакция происходит, в результате реакции получается раствор соли, оставьте две три пробирки, пока выделение водорода почти не прекратится. Затем возьмите палочкой капельку раствора на край стекла и выпарьте, как вы это делали раньше (стр. 41). Нет необходимости убеждаться в образовании соли во всех случаях, достаточно в двух-трех. Также нет надобности каждый раз поджигать водород.

Если после некоторого стояния никакой реакции между металлом и кислотой незаметно, не выделяются даже мелкие пузырьки газа, попробуйте нагреть пробирку (не до кипения).

В результате работы ответьте на следующие вопросы: какие из исследованных вами металлов совсем не вытесняют водорода, какие только при нагревании и какие при обыкновенной температуре? Какой металл самый энергичный? Какая из кислот более сильная и какая более слабая? Для записи результатов работы в тетради дана таблица (93).

#### Вопросы для повторения.

1. Припомните металлы: а) наиболее легкие и наиболее тяжелые, б) наиболее мягкие и наиболее твердые, в) легко и твердо гнущиеся,



г) хорошо проводящие тепло, д) хорошо проводящие электрический ток, е) наиболее легкоплавкие и наиболее тугоплавкие.

2. Какие металлы наиболее легко изменяются на воздухе?
3. Припомните важнейшие сплавы и их свойства.
4. Что такое простое вещество?
5. Припомните свойства фосфора.
6. Что такое дымок, поднимающийся над фосфором, лежащем на воздухе?
7. Какова температура воспламенения фосфора?
8. Припомните свойства иода.
9. Что такое иод, которым смазывают кожу при некоторых заболеваниях?
10. Припомните свойства хлора.
11. Какие газообразные металлоиды вам известны?
12. Припомните четыре самых распространенных элемента.
13. Какие сильные кислоты вам известны?
14. Какая неизменная составная часть всех кислот?
15. Что такое соль?
16. Как изменяется цвет лакмуса от кислот?

## ТЕМА VI

### НАБЛЮДЕНИЯ НАД ВЕСОМ ВЕЩЕСТВ ПРИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ

Вам уже известно из предшествующих опытов, что многие металлы при обыкновенной температуре и особенно при нагревании подвергаются химическим превращениям — темнеют, чернеют, покрываются окалиной, ржавчиной и т. д.

Только немногие металлы, как чистое (без примеси меди) серебро, золото, платина, ртуть, отчасти олово и никкель, не изменяются, не чернеют, не тускнеют, не ржавеют на воздухе при обыкновенной температуре. При высокой же температуре из перечисленных металлов не изменяются только серебро, золото и платина.

Из металлов, применяемых в технике, особенно легко ржавеет железо, которое является основой нашей промышленности и культуры. Что бы мы делали, если бы в один прекрасный момент все железо исчезло? Попробуйте себе представить, чего бы мы лишились?

С ржавлением и изменением металлов нам постоянно приходится бороться. Приходится предохранять металлические предметы от разрушения и изменения. Металлы красят красками, кроют лаком, эмалируют, покрывают другими металлами — более стойкими — как, например, олово.

Как еще предохраняют металлы от ржавления? (94)

Особенно важно предохранять железо. Крыша, несколько лет не крашенная, быстро проржавеет насквозь. Оставленные во влажном воздухе предметы могут, в конце концов, нацело превратиться в никуда негодную ржавчину.

Вам теперь предстоит изучить явление ржавления и потемнения металлов более подробно.

## 25. ОПЫТЫ С МЕТАЛЛАМИ

Начните с наиболее длительного опыта наблюдения над ржавлением железа. Результаты этого опыта скажутся не раньше, чем через 1—2 часа.



Рис. 80. Наблюдение над объемом воздуха при ржавлении железа.

*Задача 1.* Вы знаете, что железо легче всего ржавеет во влажном воздухе. Налейте в пробирку воды, вылейте воду и посыпьте влажные стенки пробирки порошком железа, взяв железо в щепотку и стараясь, чтобы оно покрыло по возможности все внутренние стенки пробирки. Опустите пробирку в стакан, в который налита до половины вода (рис. 80). Рядом для сравнения поставьте такую же пробирку пустую. Обратите внимание, до какой высоты входит вода в обе пробирки (прижмите их ко дну стакана, как на рис. 80). Есть ли резкая разница?

Сделайте наблюдения через 1—2 часа (95).

Дальнейший вопрос, который вам предстоит решить, это — изменяется ли вес металлов после накаливания? Естественно предположить, что окалина или ржавчина весит меньше, чем весил металл, но может быть это и не так. На поставленный вопрос может ответить только опыт.

Попробуйте накаливать некоторые металлы, взвешивая их предварительно и после накаливания. Чтобы получить побольше окислы, вы будете брать металл не одним куском, а в виде порошка или мелких кусочков.

Можно разделить работу между отдельными подгруппами

или звеньями. Одно звено делает опыт с одним металлом, другое с другим, третье с третьим и т. д.

**Задача 2.** Насыпьте в железную коробочку ложку металлического порошка или опилок, уравновесьте коробочку на весах дробью или песком (лучше разновесками), затем поместите на треугольнике на кольцо штатива (рис. 81) или тагана и нагревайте, пока металл не покроется окалиной. Дайте вполне остыть, пока на ощупь коробочка не перестанет быть теплой и снова поместите на весы. Результат? (96).

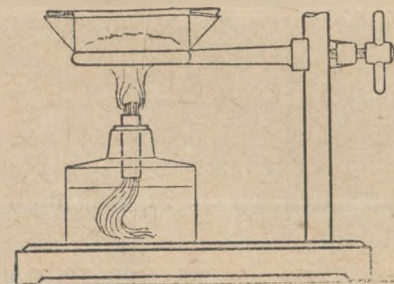


Рис. 81. Прокаливание металлов в железной коробочке.

Справьтесь, какие результаты получили другие звенья.

Для того, чтобы решить вопрос, не повлияет ли на результат, если прокаливание вести в закрытом сосуде, проделайте опыт в закрытой пробирке.

**Задача 3.** Насыпьте в пробирку немного металла, который вы прокаливали в железной коробочке.

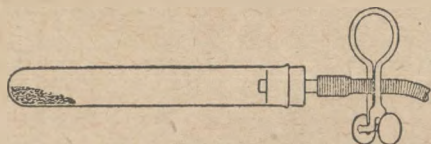


Рис. 82. Прибор для прокаливания металлов в закрытом сосуде.

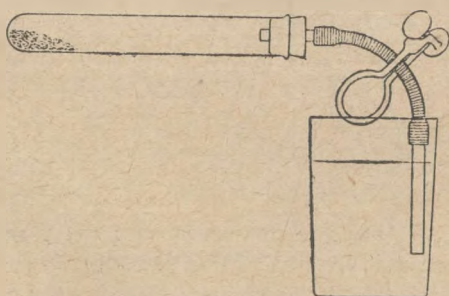


Рис. 83. Испытание, изменяется ли объем воздуха при прокаливании металла в закрытом сосуде.

Вставьте пробку с трубкой, на которую надет каучук с зажимом (рис. 82), уравновесьте на весах и затем осторожно, встряхивая металл в пробирке, нагрейте его, пока он не потемнеет. Дайте остыть и снова поместите на весы. Результат?

Для того, чтобы найти объяснение полученного результата, присоедините к каучуку кусочек стеклянной трубки, опустите его в стакан с водой и откройте зажим (рис. 83). Результат? (97).

Справьтесь, какие результаты получили другие звенья? Запишите в тетрадь (97).

Постарайтесь на основании проделанного опыта ответить в тетради на следующие вопросы:



1. Как можно объяснить изменение в весе металла при накаливании на воздухе и какие основания для такого объяснения?

2. Как объяснить изменение объема воздуха при ржавлении металла?

3. Можно ли думать, что при прокаливании металла в закрытой пробирке окалина весит больше, чем весил металл, а оставшийся в пробирке воздух меньше, чем бывший в ней до опыта? Если да, то как объяснить результат взвешивания пробирки после прокаливании? (98).

Дальнейшие опыты с различными веществами должны показать, отличается ли вес продуктов реакции от веса взятых веществ.

### 26. ОПЫТЫ С ДРУГИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

*Задача 4.* Уравновесьте на весах дробью или песком два стаканчика с различными растворами. Растворы для каждого звена могут быть выданы различные. Стаканчик удобно поместить на весы с плоскими чашками (рис. 84), если их имеется достаточно. Если таких весов нет или не хватает на все звенья, то растворы можно взять в пробирках. Две пробирки связываются веревочкой, и вешаются на весы на проволочном крючке, как на рис. 85.

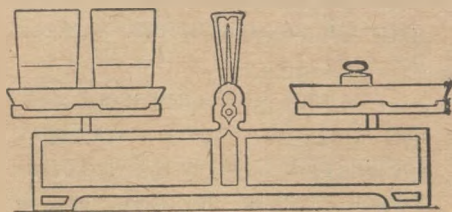


Рис. 84. Два стакана с растворами, уравновешенные на весах.

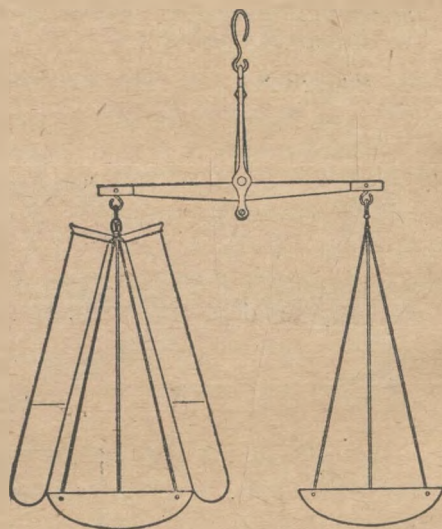


Рис. 85. Две пробирки с растворами, уравновешенные на весах.

Когда весы приведены в равновесие, слейте растворы вместе и наблюдайте, изменилось ли равновесие? (99).

Если преподаватель показывал вам или дал сделать самим еще какие-нибудь опыты, относящиеся к данному вопросу, опишите их в тетради и сделайте рисунки (100).

Все проделанные вами опыты должны были привести вас к выводу, что вес веществ, участвующих в происходивших у вас реакциях, равен весу веществ полученных. Можно думать, что этот вывод распространяется и на все химические реакции.

Однако есть явления, которые такому выводу противоречат, так, например, наблюдая горение свечи или спирта, мы видим, что горящее вещество исчезает бесследно. Так ли это?

*Задача 5.* Чтобы убедиться, не образуется ли что-нибудь при горении свечи, — зажгите свечу, укрепленную на проволоке, и опустите в банку или склянку, в которой налита известковая вода.

Что замечаете вы на стенках склянки? Встряните известковую воду после того как свеча погаснет. Результат? (101).

Для того, чтобы решить вопрос, будут ли продукты горения свечи весить столько же, сколько весила сгоревшая часть свечи, больше или меньше, вам сначала нужно ответить себе на вопрос, что необходимо для горения свечи? Попробуйте теперь ответить на поставленный вопрос о весе продуктов горения свечи (102).

Если в школе есть соответствующий прибор, проверьте ваш вывод на опыте (показанном преподавателем или проделанном вами по его указаниям) и опишите этот опыт в тетради (103).

## 27. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ВЕСА

Опыты показывают, что подмеченная вами правильность, а именно, что вес веществ взятых равен весу веществ полученных распространяется и на явления горения, а также и на все другие химические реакции. До сих пор ни при одном химическом опыте не наблюдалось, чтобы после реакции полученные вещества весили больше или меньше, чем весили вещества, участвовавшие в реакции. Вес веществ участвующих в реакции всегда равен весу веществ полученных. Эта правильность носит название „Закон сохранения веса“ или „Закон Ломоносова-Лавуазье“ — по имени двух великих ученых — русского М. В. Ломоносова и французского А. Лавуазье, которые независимо один от другого впервые этот закон формулировали на основании проделанных ими опытов (Ломоносов — в 1760 г., Лавуазье — в 1789 г.). Точнейшие опыты, проделанные в дальнейшем, подтверждают закон сохранения вещества и противоречий ему не найдено.

Закон сохранения веса считается основным законом природы. Все химические явления, происходящие вокруг нас, неизменно

подчиняются этому закону. Если что-нибудь на первый взгляд противоречит закону сохранения веса, то всегда оказывается, что мы не учли всех веществ, принимающих участие в явлении или образующихся. Если вам скажут, что кто-то сотворил что-нибудь из ничего или обратил в ничто, вы можете быть уверены, что это — измышление. К числу подобных измышлений относится, например, евангельское чудо превращения пяти хлебов в такое количество хлеба, что им можно было накормить 5 000 человек и другие подобные чудеса.

Заканчивая эту тему, возвратимся к вопросу об образовании железной окалины и ржавчины и отметим, что в состав железной окалины входит только железо и кислород, в состав же ржавчины, кроме кислорода также и водород. Поэтому железо и ржавеет только в присутствии влаги. Более подробно с составом этих веществ вы познакомитесь впоследствии, пока же приводим эти указания в виду того, что у вас, если вы вдумчиво относились к работе должен был возникнуть вопрос, чем же отличается окалина от ржавчины.

Ответьте на вопросы в тетради (104).

#### Вопросы для повторения.

1. Припомните металлы неизменяющиеся или мало изменяющиеся на воздухе.
2. Как предохраняют металлы от ржавления?
3. Как изменяется вес металлов при ржавлении и потускнении?
4. Известны ли случаи возникновения веществ из ничего и полного исчезновения веществ?
5. Что образуется при горении свечи?
6. В чем заключается закон сохранения веса?
7. Кто первый формулировал этот закон?
8. Что такое ржавчина?

### ТЕМА VII

#### ВЕСОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ В ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

При изучении какого-нибудь сложного вещества нас могут интересовать не только его свойства и его качественный состав, т. е. из каких элементов оно состоит, но и те весовые соотношения, в которых находятся составляющие это вещество элементы.



Интересно также, могут ли быть колебания в весовых соотношениях между элементами, вступающими между собой в соединение, могут ли два элемента образовать только одно или несколько различных соединений, есть ли какие-нибудь законы, которым подчиняется состав сложных веществ.

Для того, чтобы подойти к этим вопросам мы должны прежде всего познакомиться с тем, как устанавливается весовой состав какого-нибудь вещества. В качестве примера мы возьмем воду, которую мы до сих пор изучали.

## 28. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ВОДЫ

Мы уже знаем свойства воды и ее качественный состав. Мы знаем, что вода состоит из двух элементов — водорода и кислорода. В каких же весовых количествах входят водород и кислород в состав воды?

Для решения этого вопроса мы можем исходить из того, что при разложении воды электрическим током мы получили водорода по объему вдвое больше чем кислорода. Если бы мы получили 1 литр кислорода, то водорода получилось бы 2 литра.

Взвешивая 1 литр водорода (см. стр. 44) мы найдем, что он весит 0,09 г. 2 литра водорода весят  $0,09 \times 2 = 0,18$  г, 1 литр кислорода весит 1,43 г. Следовательно, отношение веса водорода к весу кислорода в воде будет  $0,18 : 1,43 = 1 : 7,94$  или в круглых числах 1 : 8. Это и будет количественный или весовой состав воды. Иначе его можно выразить в процентах. Решите эту задачу сами и впишите полученные данные в тетрадь (105).

Количественный состав воды может быть установлен и иным путем, как это сделал французский ученый Гей-Люссак (в 1805 г.). Гей-Люссак смешивал в различной пропорции водород и кислород и производил взрыв полученной смеси в закрытом сосуде с прочными стенками. Затем он определял, какой газ у него оставался в избытке и в каком объеме. Зная это, он мог рассчитать, сколько объемов каждого газа пошло на образование воды. Допустим он брал  $10 \text{ см}^3$  кислорода и  $30 \text{ см}^3$  водорода. После взрыва у него осталось  $10 \text{ см}^3$  водорода. Следовательно соединились между собою, образовав воду,  $10 \text{ см}^3$  кислорода и  $30 - 10 = 20 \text{ см}^3$  водорода. Т. е. для образования воды водорода нужно вдвое больше, чем кислорода. Беря газы в таком соотношении он получал только воду, ни водорода, ни кислорода не оставалось. Другими словами, получая воду, Гей-

Люссак нашел то же отношение между объемами водорода и кислорода, которое получается при разложении воды.

Взрыв в закрытом сосуде Гей-Люссак вызывал, пропуская через смесь электрическую искру.

Вы можете повторить опыт Гей-Люссака в упрощенном виде, если в школе имеются соответствующие приборы.

**Задача 1.** Для опыта вы возьмете толстостенную трубку *a* (рис. 86), со вставленными в пробку двумя проволочками для пропускания электрической искры и с делениями для отмеривания газов.

Наполните трубку водой и опрокиньте в банку с водой.

Впустите в трубку два объема кислорода. Для этого поместите в пробирку *b* немного марганцевокалиевой соли. Нагрейте ее и когда из отверстия пойдет чистый кислород (проба тлеющей лучинкой), ослабьте нагревание, чтобы кислород выделялся редкими пузырьками. Подведите конец газоотводной трубки под трубку *a* и впускайте кислород, пока уровень воды не опустится до 2-го деления.

Водорода впустите также два объема.

Для того, чтобы после впускания водорода смесь газов у вас находилась под тем же давлением, что и отмеренный кислород, поднимите трубку *a* на высоту, примерно равную двум делениям.

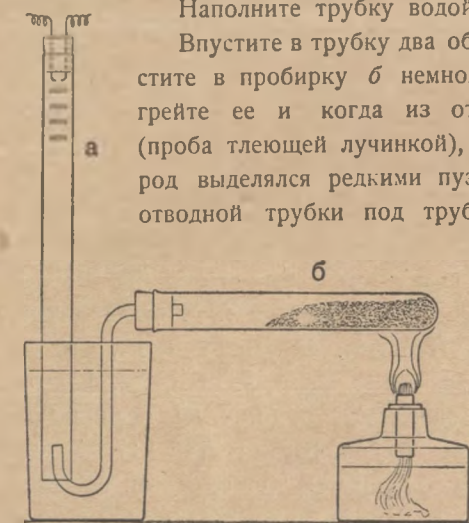


Рис. 86. Прибор для повторения опыта Гей-Люссака.

Для получения водорода воспользуйтесь приборчиком, которым вы пользовались раньше (стр. 43) или любым другим имеющимся в школе прибором. Испытайте чистоту водорода и затем, то подводя газоотводную трубку под трубку *a*, то отводя в сторону (чтобы не напустить лишнего водорода), впускайте водород, пока уровень воды в трубке *a* не опустится до четвертого деления.

Теперь остается только вызвать взрыв в приборе, пропустив искру между двумя вставленными в пробку трубки *a* проволочками. Для этого можно воспользоваться электрической машиной, катушкой Румкорфа или электрофором и лейденской банкой.

Как обращаться с этими приборами узнайте у преподавателя, в присутствии которого и произведете взрыв.

Какой результат? Какой газ остался в трубке? Проверьте. В каких отношениях соединились водород с кислородом? (106).

## 29. АНАЛИЗ И СИНТЕЗ

Метод определения состава веществ разложением носит название „анализ“. Получение веществ искусственно с целью установить их состав называется „синтез“. Вы только что проделали синтез воды. Оба метода приводят к одной цели и данные синтеза подтверждают данные анализа.

Анализ, который мы делаем только с целью узнать, какие элементы входят в состав данного вещества называется „качественный анализ“.

Простейший случай качественного анализа это разложение сложного вещества с выделением элементов в свободном виде. Примером такого анализа, помимо разложения воды, может служить также разложение окиси ртути нагреванием (см. стр. 19). При помощи тлеющей лучинки мы открываем, что при нагревании окиси ртути выделяется кислород, и по характерным свойствам ртути, узнаем, что кроме кислорода в состав окиси входит ртуть.

Можно обнаружить присутствие данного элемента в соединении и не выделяя этого элемента в свободном виде. Так, например, при нагревании углемедной соли получают три вещества (стр. 20): вода, окись меди и углекислый газ. Все три полученных вещества сложные. Мы знаем, что вода состоит из водорода и кислорода. Вода образовалась из углемедной соли. Значит в состав углемедной соли входит водород и кислород. Зная, что окись меди состоит из меди и кислорода, мы заключаем, что в состав углемедной соли входит еще медь и, наконец, зная, что углекислый газ состоит из углерода и кислорода, мы заключаем, что в углемедной соли содержится и углерод.

Итак мы узнали качественный состав углемедной соли. Она состоит из четырех элементов: меди, углерода, кислорода и водорода. Было бы неправильно сказать, что в состав углемедной соли входят окись меди, вода и углекислый газ. Эти вещества образуются при нагревании углемедной соли, состоит же она из элементов.

Мы привели два простейших примера качественного анализа. Задача определения качественного состава веществ не всегда решается так просто. Разрешение подобных задач, а также и анализ смесей составляет предмет особого отдела химии — аналитической химии.



Определение весовых отношений элементов в сложном веществе носит название количественного анализа. С примерами количественного анализа мы еще встретимся.

### 30. ВЕСОВОЙ СОСТАВ ВОДЫ, ПОЛУЧЕННОЙ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Вы знаете, что вода бывает в природе разная: речная, колодезная, ключевая, дождевая, морская, и т. д. Мы можем разными способами получить воду искусственно—из водорода и кислорода, разложением углемедной соли и иными способами. Вам известны также два способа получения окиси меди — прокаливанием меди и из углемедной соли. Окись меди можно получить и нагреванием азотномедной соли и иными способами. Разными способами можно получить и ряд других веществ.

Вполне естественно предположить, что вода и любое другое вещество, полученное из разных мест и разными способами, может хотя бы немного различаться по своему весовому составу.

Знаменитый французский ученый Бертоле (1748 — 1822), известный целым рядом важных научных открытий, действительно нашел, что для некоторых веществ, полученных различными способами, наблюдаются некоторые колебания в весовом составе. Так он нашел, что при прокаливании металлов на воздухе их кислородные соединения образуются в сильно меняющихся отношениях. Подобные же явления он находил и для некоторых других соединений. Он считал, что некоторые вещества образуют между собой соединения с постоянным составом, для других же существуют некоторые пределы, в которых состав этих соединений может колебаться.

Мнение Бертоле оспаривал другой французский ученый Пруст<sup>1</sup> (1755 — 1826), который считал, что все химические соединения имеют постоянный состав, независимо от способа получения. Он утверждал, что данные, полученные Бертоле, зависели от недостаточной чистоты исследованных им веществ. Спор Пруста и Бертоле продолжался около 6 лет. За это время ими были разработаны методы более точного анализа и проделано большое число опытов. В результате Пруст оказался прав и в науке установилось убеждение, что всякое чистое вещество имеет постоянный и неизменный состав, что существует „закон постоянства состава“. До сих пор мы не знаем определенных хими-

<sup>1</sup> Proust. В некоторых книгах его называют — Пру.

ческих соединений, состав которых хотя бы сколько-нибудь колебался в пределах точности наших исследований.

Итак, состав воды, как и всякого соединения, неизменен и постоянен. Однако из этого не следует, что водород и кислород не могут образовать совершенно другого соединения, отличающегося от воды и по свойствам и по составу, т. е. с отношением между водородом и кислородом не 1:8, а иным. Такое соединение действительно может быть получено и называется перекись водорода.

### 31. ПЕРЕКИСЬ ВОДОРОДА

Вероятно перекись водорода многим из вас известна. Слабый раствор ее применяется для полоскания горла при горловых заболеваниях, а также для дезинфекции ран. Раствор перекиси водорода даже очень слабый (чайная ложка 3% раствора на стакан воды) имеет характерный вкус. Более крепкие растворы имеют очень едкий вкус и действуют на кожу. На коже появляются белые пятна.

*Задача 2.* Взболтав склянку с перекисью, коснитесь пробкой от склянки тыльной стороны руки. Через некоторое время вы заметите легкое побеление и иногда, если перекись водорода крепкая, даже легкое жжение.

Чистая перекись водорода — густая, бесцветная жидкость, в  $1\frac{1}{2}$  раза тяжелее воды.

Перекись водорода представляет пример вещества очень легко разлагающегося. Разложение перекиси водорода идет и при обыкновенной температуре, но медленно. Разложение можно ускорить нагреванием.

*Задача 3.* Налейте почти полную пробирку 3% раствора перекиси водорода, нагрейте ее и соберите немного выделяющегося газа в пробирку над водой (рис. 87). Испытайте его тлеющей лучинкой.

Вы убедились, что при разложении перекиси водорода образуется не гремучий газ. Перекись водорода разлагается на воду и на кислород,

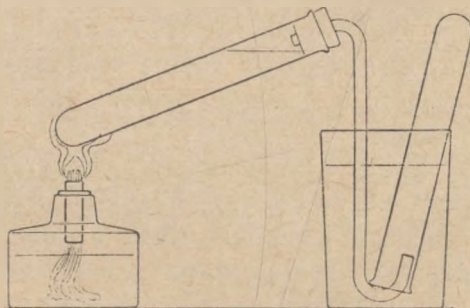


Рис. 87. Нагревание раствора перекиси водорода.

Перекись водорода = вода + кислород.

Следовательно, кислорода в перекиси водорода больше, чем в воде, откуда и название „перекись водорода“.

Разложение перекиси водорода может ускорить не только нагревание, но и другие причины.

*Задача 4.* Возьмите  $\frac{1}{4}$  пробирки 3% раствора перекиси водорода. Имейте наготове тлеющую лучинку. Бросьте в пробирку небольшую щепотку черного порошка двуокиси марганца<sup>1</sup> и опустите в пробирку тлеющую лучинку. Лучинка вспыхивает, так как сразу же начал выделяться кислород.

Двуокись марганца вызывает бурное разложение перекиси водорода и выделение кислорода. Вскоре реакция заканчивается. При разложении наблюдается разогревание — выделение тепла.

Что же осталось в пробирке? Во что превратилась двуокись марганца? На вид она не изменилась.

Отфильтруйте черный порошок, оставшийся в пробирке, возьмите его с фильтра лучинкой и снова бросьте в пробирку с небольшим количеством перекиси водорода. Вы снова наблюдаете бурное разложение перекиси водорода. Вы можете опять отделить порошок и он снова будет вызывать бурное разложение перекиси водорода. Так можно повторять сколько угодно раз. Двуокись марганца, вызывая разложение перекиси водорода, сама в реакции участия не принимает и остается неизменной.

Перекись марганца является ускорителем реакции, которая сама по себе идет очень медленно, или так называемым катализатором. Самое явление ускорения реакции при помощи веществ в реакции участия не принимающих называется катализ.

Кроме двуокиси марганца катализаторами для перекиси водорода могут служить и другие вещества, как порошки металлов, особенно платины, песок и даже стекло. В стеклянной посуде перекись водорода, разлагается быстрее, чем в сосуде, например, из парафина.

Катализаторы могут ускорить не только реакцию разложения перекиси водорода, но и другие, самые разнообразные химические процессы. С явлением катализа мы будем еще встречаться дальше.

<sup>1</sup> Двуокись марганца часто называют перекисью марганца. Это название устаревшее, так как по своим свойствам двуокись марганца относится не к перекисям, а к другому классу химических соединений,



Кроме катализаторов разложение перекиси водорода ускоряет также свет. Если оставить раствор перекиси водорода в хорошо закупоренной склянке на окне, то разложение настолько ускорится, что давлением выделившегося кислорода может выбросить пробку, даже разорвать склянку. В темноте же разложение идет настолько медленно, что тот же раствор перекиси водорода может сохраняться без заметного разложения многие месяцы. Вот почему из аптек перекись водорода отпускают обыкновенно в склянках темного стекла. Но и в такой склянке перекись водорода лучше держать в темном шкафу и на холоду. И, несмотря на это, перекись водорода при хранении постепенно разлагается и раствор ее делается все слабее и слабее.

С химическим действием света мы будем встречаться и в дальнейшем.

Чем крепче раствор перекиси водорода, тем легче он разлагается. Разложение чистой перекиси водорода может быть настолько бурным, что сопровождается взрывом. Чистая перекись водорода опасное взрывчатое вещество. В химии легко разлагающиеся вещества обыкновенно называют непрочными.

Получить перекись водорода из воды и кислорода не удастся. Ее получают при реакции между перекисью бария и охлажденным до  $0^{\circ}$  раствором серной кислоты.

Анализ перекиси водорода показывает, что в ней на одну весовую часть водорода приходится 16 весовых частей кислорода, т. е. вдвое больше, чем в воде (на 1 ч. водорода — 8 ч. кислорода).

Итак, количественные соотношения, в каких соединяются между собою два элемента, очень сильно отражаются на качестве, т. е. на свойствах образуемых ими соединений. Вода и перекись водорода — два совершенно различные по своим свойствам вещества.

## 32. ВЕСОВОЙ СОСТАВ РАЗЛИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДВУХ ЭЛЕМЕНТОВ

Вода и перекись водорода — не единственный случай, когда два элемента образуют между собою не одно, а два различных соединения. Некоторые элементы образуют между собою даже больше двух соединений — 3, 4, 5 и больше.

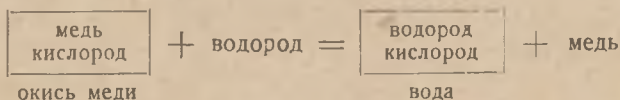
Вы знаете, что сера с железом образуют сернистое железо. Кроме сернистого железа существует еще другое соединение серы с железом, встречающееся в природе, это — вероятно из-

вестный вам минерал серный колчедан — желтого цвета, с металлическим блеском, немного похожий на латунь (желтую медь).

Кроме знакомой вам черной окиси меди существует другая — красная окись меди <sup>1</sup>, также состоящая из меди и кислорода. Известны две окиси свинца — желтая и черная <sup>1</sup> и т. д.

Каковы же весовые соотношения элементов в этих соединениях?

Если в школе есть более или менее точные весы, вы можете сами найти соотношения, хотя бы для соединений меди и свинца. Для этого можно воспользоваться знакомой уже вам реакцией между окисью металла и водородом (стр. 48). Вы знаете, что



если взвесить окись меди и затем, проделав реакцию, взвесить образовавшуюся медь, мы узнаем по разности весовое количество кислорода, которое было соединено с медью в окиси меди. Опыт вы будете производить в пробирке, как опыт, описанный на стр. 48, но со взвешиванием.

Каждое звено будет работать с каким-нибудь одним веществом, а потом вы поделитесь результатами.

Если в школе нет точных весов, то вам всетаки полезно было бы проделать эту работу и с обыкновенными весами. Данные получаются менее точные, но вы познакомитесь с методом работы. Прежде чем приступить к работе прочитайте правила взвешивания (в конце книги, приложение).

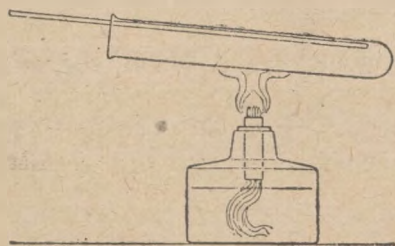


Рис. 88. Прогревание пробирки.

*Задача 5.* Прогрейте пробирку на лампочке, надев пробирку на стеклянную трубку или проволоку (рис. 88), а затем дайте пробирке вполне остыть. Это делается для того, чтобы удалить с поверхности стекла

пробирки всю влагу. Пробирка должна быть совершенно сухой, а между тем поверхность стекла, кажущаяся сухой часто бывает покрыта тонким слоем влаги. Если пробирку не прогреть до опыта, она потеряет влагу во время опыта и сделается легче, что может повлиять на

<sup>1</sup> Более правильное название этого соединения вы узнаете позднее.

результат опыта. Кроме того, в совершенно сухой пробирке порошки не прилипают к стенкам, а это, как будет ясно из дальнейшего, также имеет значение.

Пока пробирка остывает, снарядите водородный прибор *А* (рис. 89), к которому присоединена на каучуке склянка *Б* с раствором марганцево-калиевой соли для очистки водорода (марганцевокалиевая соль вступает в реакцию с посторонними примесями водорода, зависящими от нечистоты цинка) и трубка *В* с хлористым кальцием, который отнимает от водо-

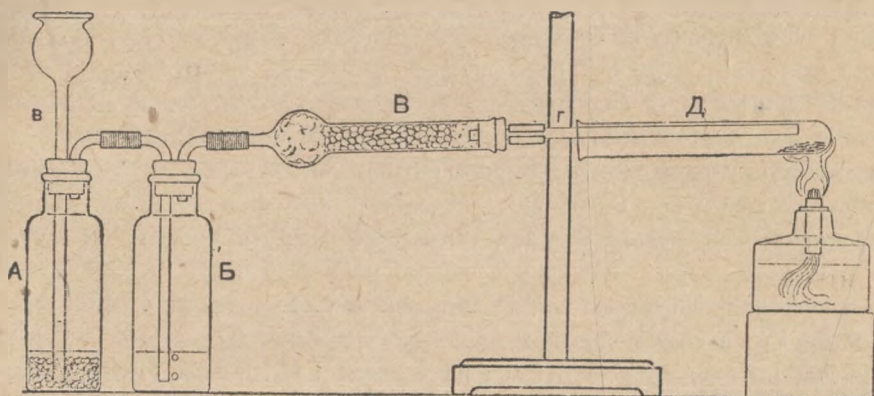


Рис. 89. Прибор для восстановления окислов металлов со взвешиванием.

рода влагу. Таким образом будет получаться водород достаточно чистый. К трубке *В* присоединена трубочка *Г*, укрепленная в зажиме штатива наклонно. Наклон должен быть такой, как на рис. 88. Если дать наклон больше, порошок из пробирки *Д* может сползть вниз.

Когда прибор снаряжен, проверьте, держит ли он. Для этого закройте пальцем конец трубки *Г* и влейте в воронку *в* немного воды. Если прибор держит, вода остановится в воронке на некоторой высоте и дальше не пойдет. Тогда можете приступать к работе. Записывайте результаты в тетрадь (107).

Взвесьте остывшую пробирку и запишите вес.

Всыпьте в пробирку около 0,5 г высушенного заранее вещества (обыкновенно выдается уже высушенное) и легонько постучите дном пробирки о стол, чтобы вещество не осталось на стенках пробирки, а собралось бы все внизу. Взвесьте пробирку с веществом и запишите вес.

Влейте в воронку прибора немного кислоты и дождитесь, пока испытание покажет, что водород идет вполне чистый (первое время, так как воздуха в приборе много, водород совсем не будет загораться).



Осторожно наденьте пробирку на трубку Г и, выждав немного, пока водород вытеснит из пробирки воздух, начните нагревать вещество.

От времени до времени не забывайте доливать в прибор понемногу кислоту, чтобы ток водорода не прекращался.

Когда металл нацело восстановится (свинец получается в виде капель), осторожно проводя лампочкой вдоль пробирки выгоните из пробирки всю воду. Если водород загорится у отверстия пробирки — не старайтесь его погасить.

Не прекращая ток водорода, дайте пробирке вполне остыть и снимите ее с трубки Г. Пламя водорода появится у конца трубки Г. Зажав на момент каучук К пальцами, задуйте пламя, снова наденьте пробирку Д на трубку Г и слегка прогрейте середину пробирки, не доводя пламя до отверстия, чтобы водород опять не загорелся. Это нужно сделать, чтобы током сухого водорода выгнать из пробирки остатки влаги, образовавшейся при горении оставшегося в пробирке водорода. Когда пробирка окончательно остынет, снимите ее и взвесьте. Запишите вес.

Вычитая из веса пробирки с окисью и из веса пробирки с металлом вес пустой пробирки вы найдете вес окиси и вес металла, а затем и вес входившего в состав окиси кислорода.

Рассчитайте, сколько металла приходится на 10 г кислорода с точностью до 0,1.

Узнав у товарищей количество металла приходящегося на 10 г кислорода в другой окиси того же металла, найдите во сколько раз это количество больше или меньше найденного вами.

Получилось ли бы у вас то же отношение, если бы вы рассчитывали бы количество металла не на 10, а на 100, на 50 и т. д. частей кислорода?

Если вы работали аккуратно, соблюдая все предосторожности, правильно сосчитали разновески и не сделали арифметической ошибки при расчете (что нередко бывает у работающих слишком торопливо), то вы получили отношение близкое к отношению двух целых и небольших чисел.

Работа, которую вы проделали, есть не что иное, как количественный анализ окиси металла, определение количества металла и количества кислорода в данной окиси.

Пользуясь другими приемами анализа можно найти количество серы, приходящееся на одно и то же количество железа в сернистом железе и в серном колчедане. Вы знаете, что на 7 частей железа в сернистом железе приходится 4 части серы. Анализ серного колчедана показывает что в серном колчедане на

7 частей железа приходится 8 частей серы, т. е. вдвое больше чем в сернистом железе.

В перекиси водорода, как уже известно, на 1 часть водорода кислорода приходится вдвое больше, чем в воде.

$$1:8 \text{ и } 1:16; \quad 16 = 8 \times 2.$$

Возьмем еще пример — два соединения углерода с водородом — болотный газ, выделяющийся со дна стоячих вод и ацетилен — газ дающий очень яркое пламя и применяемый для освещения. В болотном газе на 1 часть водорода приходится 3 части углерода, а в ацетилене на 1 ч. водорода — 12 частей углерода, т. е. в 4 раза больше.

Подобные же соотношения вы должны были получить и для черной и красной окиси меди, для желтой и черной окиси свинца; то же получается и для других подобных соединений.

Во всех этих случаях вы должны обратить внимание на два обстоятельства.

1. По весовому составу два соединения тех же элементов резко отличаются одно от другого. Состав изменяется как бы скачком. На данное количество одного элемента в наших примерах приходится, в одном либо 8, либо 16 вес. ч., в другом либо 4, либо 8 вес. ч., в третьем либо 3, либо 12 вес. ч. и т. д.

Мы не можем получить соединений произвольного состава. Нельзя постепенно, по желанию, химически присоединять к водороду любые количества кислорода. Присоединить к 1 ч. водорода 1 ч. кислорода, 1,5 ч. кислорода, 8,4 ч., 9 ч. кислорода и т. д. Таким способом можно получать только смеси. Если же водород с кислородом соединяются химически, образуют сложные соединения, то с 1 вес. ч. водорода соединяются либо 8, либо 16 ч. кислорода. Другого состава соединений получить не удастся.

То же можно сказать и вообще о нескольких соединениях двух элементов.

2. Кроме того, когда два элемента образуют между собою несколько соединений, наблюдается другая правильность. Помимо того, что на одно и то же количество одного элемента приходится резко различные количества другого элемента, эти количества обычно в 2, в 3 в 4, вообще в целое число раз одно больше другого.

Эти правильности были найдены впервые английским ученым Дальтоном (1766—1844).

Ответьте на вопросы в тетради (108).

**Вопросы для повторения.**

1. Каков весовой состав воды?
2. Как установил Гей-Люссак состав воды?
3. Что такое качественный анализ?
4. Что такое синтез?
5. Что такое количественный анализ?
6. Может ли данное вещество, полученное различными способами, иметь различный весовой состав?
7. Какие непрочные вещества вы знаете?
8. Что такое катализатор?
9. Припомните условия, вызывающие ускорение реакции.
10. Какие правильности в весовом составе веществ подметил Дальтон?

**ТЕМА VIII****ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ**

Дальтон не только подметил указанные выше правильности, но, исходя из этих правильностей, первый начал изображать состав веществ при помощи химических формул. Что такое химическая формула и как можно формулой изображать состав веществ, послужит темой вашей ближайшей работы.

**33 СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА**

Из наблюдений Дальтона выходит так, как будто бы элементы можно присоединять к другим элементам только определенными порциями. К данному количеству одного элемента можно присоединить одну, две, три порции другого элемента, но не произвольные количества, подобно тому как в экипаж можно впрячь 1, 2, 3 лошади, но нельзя впрячь 0,3 или 2,5 лошади.

Дальтон нашел указанные правильности не случайно, он именно ожидал таких простых соотношений. Дело в том, что на основании ряда соображений Дальтон составил себе определенное представление о строении вещества, представление, которое зародилось еще у древних греческих философов, живших более двух тысяч лет тому назад. Дальтон представлял себе



всякое вещество не чем-то сплошным, неразрывным, а состоящим из мельчайших невидимых частичек, которым еще греческие философы дали название — атомы, что значит — неделимые.

Дальтон считал, что для каждого элемента эти атомы особые, имеющие свой собственный определенный вес и размеры. Распасться, делиться атомы не могут. Они могут только соединиться между собой, образуя атомы сложных веществ, которые теперь называют „частицы“ или „молекулы“.

При образовании молекул к данному числу атомов одного элемента могут присоединиться либо один, либо два, либо вообще целое число атомов другого элемента.

Дальтон представлял себе атомы в виде шариков и изображал их в виде кружочков. Пусть кружочек  $\bigcirc$  изображает атом кислорода и кружочек  $\textcircled{\text{C}}$  изображает атом меди. При образовании соединений меди с кислородом могут к одному атому кислорода присоединиться — либо один, либо два атома меди:



черная окись меди



красная окись меди

Пусть один атом кислорода весит 8 каких-то ничтожно малых долей грамма, а атом меди — 32 таких же доли грамма. Тогда в молекуле черной окиси меди на 8 весовых частей кислорода будет приходиться 32 вес. части меди, а в молекуле красной окиси меди на те же 8 вес. частей кислорода 64 вес. части меди, т. е. вдвое больше.

Ясно, что то же соотношение останется, если мы возьмем 2 молекулы черной окиси и 2 молекулы красной, 10 и 10 молекул, миллион и миллион молекул. Все равно на то же количество кислорода в красной окиси меди будет вдвое больше меди, чем в черной окиси меди, сколько бы вещества мы ни брали.

Опыты, произведенные Дальтоном, вполне подтвердили его предположение (гипотезу), открытые им правильности вполне отвечали его представлению о том, что вещество состоит из отдельных атомов, имеющих определенный и неизменный вес,















В различных соединениях двух элементов действительно на данное количество одного элемента приходились такие количества другого, которые были в целое число раз одно больше другого.

Исходя из того, что во всех известных ему соединениях наименьшие весовые количества всегда приходились на долю водорода, Дальтон решил, что наиболее легкий атом—это атом водорода. Далее он предположил, что молекула воды весовой состав которой: 1 вес. часть водорода и 8 вес. частей кислорода, состоит из одного атома водорода и одного атома кислорода. Из этого следовало, что атом кислорода весит в 8 раз больше одного атома водорода. Таким образом, если один атом водорода, который Дальтон обозначил значком  $\odot$ , весит одну какую-то ничтожно малую единицу веса, то атом кислорода весит 8 таких единиц. Сообразно с этим Дальтон изображал состав воды так:  $\odot\bigcirc$

Аналогичным образом, принимая вес одного атома водорода за единицу, Дальтон, на основании весового состава различных сложных веществ, определил, во сколько раз различные атомы тяжелее одного атома водорода, т. е. вывел предположительные атомные веса и других известных ему элементов. Он обозначил их соответствующими значками—кружками. При помощи этих кружков он начал изображать весовой состав химических соединений. Это и были первые химические формулы, изображавшие не только качественный, но и количественный состав веществ, так как каждый кружок изображал атом, т. е. определенное весовое количество элемента.

Формула красной окиси меди, вернее—закиси меди, которую Дальтон изобразил бы так:  $\odot\bigcirc\bigcirc$ , не только означает, что молекула красной окиси меди состоит из одного атома кислорода и двух атомов меди, но и то, что в любом количестве этого соединения отношение между кислородом и медью такое же, как в одной молекуле, т. е. 8:64.

На нижеследующей таблице приведены (не для запоминания) примеры значков, которыми Дальтон обозначал атомы известных ему элементов:

	— Водород		— Железо
	— Азот		— Цинк
	— Углерод		— Медь
	— Кислород		— Свинец
	— Фосфор		— Серебро
	— Сера		— Золото
	— Ртуть		— Платина

Каждому значку соответствовал определенный атомный вес.<sup>1</sup>

Вот несколько примеров формул Дальтона (не для запоминания):



Вода    угарный газ    углекислый газ    кислородные соединения азота



трехокись серы    уксусная кислота    аммиачная селитра    винная кислота

Эти формулы, составленные на основании неточных анализов того времени, с неточными атомными весами, все-таки очень близки к современным химическим формулам. Когда вы научитесь впоследствии писать химические формулы и будете проходить соответствующие отделы химии, вернитесь к этим первым формулам Дальтона и сравните их с современными. Вы поразитесь гениальностью, с которой Дальтон предвидел состав многих веществ.

<sup>1</sup> Мы этих атомных весов не приводим, так как они были неточны и впоследствии заменены более точными (см. ниже).



## 34. ЗНАЧЕНИЕ АТОМИЧЕСКОГО УЧЕНИЯ

Атомическое представление не только дает объяснение правильностям, найденным Дальтоном и дает возможность изображать состав веществ формулами, оно делает понятными и те химические законы, с которыми вы познакомились.

Закон сохранения вещества заключается в том, что вес веществ участвующих в реакции равен весу веществ получающихся. С точки зрения атомического представления всякое химическое явление сводится к тому, что атомы молекул данных веществ образуют новые молекулы. Сколько было атомов, столько их и остается, но в других комбинациях. А так как вес атомов неизменен, то новые вещества должны весить столько же, сколько весили вступившие в реакцию.

Закон постоянства состава заключается в том, что состав данного соединения неизменен и постоянен, независимо от способов получения. Мы это можем понять так: если в состав, например, черной окиси меди входит один атом меди и один атом кислорода, то отношение между весами меди и кислорода должно быть неизменное и постоянное, каким бы способом мы это вещество ни получали. Если же с одним атомом кислорода соединится не один, а два атома меди, то это уже будет совсем другое вещество — красная окись меди.

Замечательная идея Дальтона составляет основу современной химии. Мы теперь иначе не представляем себе различные вещества, как состоящими из молекул, построенных из атомов. Учение Дальтона постепенно развилось и расширилось. Мы теперь не только уверены в существовании атомов, но много знаем и о их строении, имеем ясное представление о их размерах. Наконец, приблизительные и неточные атомные веса Дальтона заменены теперь после очень продолжительной работы целых поколений ученых очень точно определенными атомными весами. Так, между прочим, оказалось, что атомный вес кислорода следует принять не за 8, а за шестнадцать, а в составе воды не один атом водорода, а два. Состав воды, пользуясь значками

Дальтона, мы должны изобразить не  , а  т.е.

на 2 вес. части (2 атома) водорода 16 вес. части (1 атом) кислорода. Здесь отношение остается то же самое 1:8, какое и было найдено Гей-Люссаком, но атомный вес кислорода не 8, а 16.

Вопрос о том как установлены современные точные атомные веса, как определены размеры атомов и молекул и на основании каких соображений можно судить о строении атомов, — вопросы крайне интересные, но очень сложные и трудные и вы с ними сможете вполне сознательно ознакомиться лишь в высшей школе. Однако это нисколько не мешает нам пользоваться атомными весами для изображения весового состава сложных веществ при помощи химических формул.

Прежде чем перейти к современным химическим формулам, остановимся только еще на новейших научных данных относительно размеров атомов и молекул.

На стекле можно осадить заметный по блеску слой золота толщиной в  $0,000000005$  см. Ясно, что атомы золота должны быть меньше этой величины.

Вес 1 атома водорода в граммах принимается равным  $0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 00163$  грамма (это будут квадриллионные доли грамма). Вес остальных атомов будет равен этому числу, умноженному на соответствующий атомный вес, показывающий лишь во сколько раз данный атом тяжелее одного атома водорода.

Наше воображение совершенно не может себе представить таких малых величин, совершенно так же, как у нас нет реального представления об очень больших величинах. Попробуйте прикинуть на глаз, какой толщины будет книга в 2 миллиона страниц (1 миллион листиков), а затем подсчитайте, измерив толщину 200 страниц какой-нибудь книги в сантиметрах и сравните с величиной, какую вы себе представили на глаз.

На рис. 90 под буквой А изображен кубик. Если такой кубик, имеющий длину ребра  $10$  см (на рис. он изображен в уменьшенном виде, внизу дан масштаб), разрезать вертикальным и горизонтальным разрезом, то получится 8 новых кубиков с длиной ребра в  $5$  см. Продолжая таким образом делить кубики все дальше и дальше мы будем получать кубики все меньшего и меньшего размера. Наконец, делить их дальше будет уже трудно. Представим себе однако, что мы могли бы это сделать. На рис. 90 Б изображены кубики после 11, 12, 13 и 14 деления. Они изображены в увеличенном виде (внизу на рисунке также в увеличенном виде представлена  $\frac{1}{10}$  мм). Самый большой кубик, как видно на рисунке, свободно умещается в ушке самой тонкой иглы. Для сравнения в том же масштабе изображен поперечный разрез бу-

маги, на которой печатаются деньги, человеческий волос и бациллы инфлюэнцы. На рис. 90 В изображены в увеличенном виде кубики до 21-го деления; соответственно увеличены и размеры бактерий инфлюэнцы. На рисунке дана также толщина пленки масла на воде. Внизу дана в соответственно увеличенном виде длина  $\frac{1}{1000}$  мм или 1 микрон (обозначение — греческая буква „мю“ —  $\mu$ ). Наконец, на рис. 90 Г дан в увеличенном виде кубик

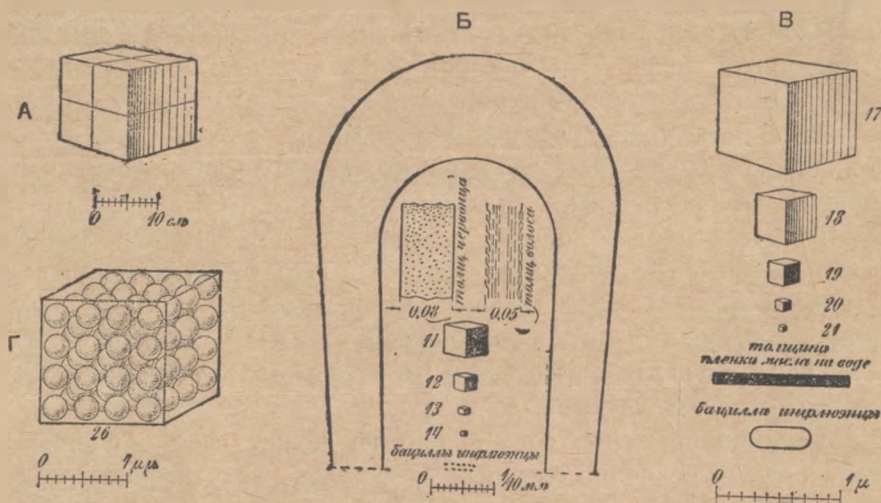


Рис. 9. Иллюстрация, поясняющая, насколько малы размеры атомов.

26-го деления и внизу соответственно увеличенная длина  $\frac{1}{1000}$  микрона (обозначение —  $\mu$ ). В изображенном здесь кубике умещается большое число шариков. Размер этих шариков соответствует размерам атомов свинца. Эти иллюстрации помогут вам до некоторой степени уяснить себе, насколько малы размеры атомов.

### 35. ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ

В таблице значков Дальтона (стр. 83) вы конечно заметили, что для некоторых металлов Дальтон, вместо того, чтобы придумывать новые отличия кружков, начал ставить в середине кружков буквы. Это начальные буквы английских названий металлов I — iron — железа, С — copper — меди и т. д.

Впоследствии эта идея Дальтона была использована шведским ученым Берцелиусом (1778—1848) для обозначения атомов только буквами, без кружков. В настоящее время мы изображаем атомы элементов начальными латинскими буквами их



названий, взятых из латинского и греческого языка. На нижеследующей таблице приведены значки и атомные веса важнейших элементов. Если названия нескольких элементов начинаются с одной и той же буквы, то рядом с начальной буквой ставится одна из следующих.

Таблица химических знаков и атомных весов <sup>1</sup> важнейших элементов.

Химич. знак	Атомный вес	Русское название	Латинское название	Произношение латинских названий	Произношение химического знака в формуле
Ag	108	Серебро	Argentum	Аргентум	Аргентум
Al	27	Алюминий	Aluminium	Алюминиум	Алюминий
B	11	Бор	Borium	Бориум	Бе
Bi	208	Висмут	Bismuthum	Бисмутум	Висмут
C	12	Углерод	Carboneum	Карбонеум	Це
Ca	40	Кальций	Calcium	Кальциум	Кальций
Cl	35,5	Хлор	Chlorum	Хлорум	Хлор
Cu	64	Медь	Cuprum	Купрум	Купрум
Fe	56	Железо	Ferrum	Феррум	Феррум
H	1	Водород	Hydrogenium	Хидрогениум	Аш (Ha)
Hg	200	Ртуть	Hydrargyrum	Хидраргирум	Хидраргирум
K	39	Калий	Kalium	Калиум	Калий
Mg	24	Магний	Magnesium	Магнезиум	Магний
Mn	55	Марганец	Manganum	Манганум	Марганец
N	14	Азот	Nitrogenium	Нитрогениум	Эн
Na	23	Натрий	Natrium	Натриум	Натрий
O	16	Кислород	Oxygenium	Оксигениум	О
P	31	Фосфор	Phosphorus	Фосфорус	Пе
Pb	207	Свинец	Plumbum	Плумбум	Плумбум
S	32	Сера	Sulfur	Сульфур	Эс
Zn	65	Цинк	Zincum	Цинкум	Цинк.

Заучивать сразу все знаки, атомные веса и латинские названия наизусть нет необходимости. Наиболее важные постепенно запомнятся при упражнении.

<sup>1</sup> Атомные веса приведены округленные, без десятых и сотых. Точные атомные веса элементов см. на таблице в конце книги.

Химические формулы в настоящее время пишут не так, как это делал Дальтон, а именно, не повторяют химический знак столько раз, сколько атомов в молекуле данного сложного вещества, а обозначают число атомов маленькой цифрой внизу справа от знака элемента (значок 1 — не ставится). Так состав воды обозначают не НОН, а  $H_2O$ . Читают эту формулу так: ха-два-о или аш-два-о (латинские буквы в химических формулах произносятся по латыни, но букву Н (водород) обычно произносят по французски, хотя это и не правильно (Н по латыни — ха<sup>1</sup>, по-французски — аш). Понимают же формулу так: в состав молекулы воды входят 2 атома водорода и один атом кислорода, т. е. в воде содержится 2 весовых части водорода и 16 весовых частей кислорода.

Формулу серной кислоты  $H_2SO_4$  читают аш-два-эс-о-четыре, а понимают так: в состав серной кислоты входят две весовых части водорода, 32 весовых части серы и 64 (т. е.  $16 \times 4$ ) весовых частей кислорода. Как отдельные буквы в формулах принято произносить только знаки следующих важнейших элементов: Бора В (бе), углерода С (це), водорода (аш), кислорода О (о), фосфор Р (пе) и серы S (эс), остальные все знаки произносятся обыкновенно как латинское название элемента. Железо Fe — феррум, медь Си — купрум, ртуть Hg — хидраргирум, причем, если русское название взято из латинского, то у названия произносят обычно русское окончание, а не латинское: Са — кальций, а не кальциум, К — калий, а не kalium, F — фтор, а не фториум.

Вот еще несколько примеров произношения формул:

$Fe_2O_3$  (окись железа) — феррум-два-о-три.

HCl (соляная кислота) — аш-хлор.

NaCl (поваренная соль) — натрий-хлор.

Пользуясь таблицей на стр. 87, проделайте данные в тетради упражнения (109).

### 36. КАК СОСТАВЛЯЕТСЯ ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА

Так как каждое сложное вещество состоит из молекул, а всякая молекула состоит из определенного числа атомов, то состав всякого сложного вещества можно выразить при помощи химической формулы. Как же это делается? Ведь химический анализ дает нам только весовые количества элементов, а не число ато-

<sup>1</sup> Произносится как грубое х, среднее между г и х,

мов в молекуле. Как же по весовому составу найти химическую формулу? Разберем это на примере.

Пусть имеется какой-то газ. Качественный анализ дает, что газ состоит из углерода и кислорода. Количественный анализ — что в этом газе на 3 весовые части углерода приходится 8 весовых частей кислорода.

Из скольких атомов углерода и скольких атомов кислорода состоит молекула этого газа? Сделаем простейшее предположение, а именно, предположим, что в молекуле этого газа содержится 1 атом углерода. Один атом углерода — это 12 вес. частей углерода. Сколько же весовых частей кислорода должно приходиться на 12 в. ч. углерода, если на 3 части приходится 8 частей?

Рассуждаем так: если на 3 части углерода приходится 8 частей кислорода, то на одну часть будет в 3 раза меньше, т. е.  $\frac{8}{3}$ , а на 12 частей в 12 раз больше, т. е.  $\frac{8 \times 12}{3}$  частей. Сокращая, получаем  $8 \times 4 = 32$  части. Сколько же это будет атомов? Атомный вес кислорода 16, следовательно атомов будет  $32 : 16 = 2$ . Значит в состав молекулы нашего газа входит 1 атом углерода и 2 атома кислорода и формула его будет  $\text{CO}_2$ . Это углекислый газ.

Но, ведь, мы совершенно произвольно допустили, что в молекуле газа содержится 1 атом углерода. Почему же не допустить, что в нем 1 атом кислорода? Не получится ли тогда другой результат? Попробуем сделать такое предположение. Тогда мы должны рассуждать так: на 8 весовых частей кислорода приходится 3 вес. части углерода. Сколько весовых частей углерода придется на 1 атом кислорода, т. е. на 16 вес. частей? Придется  $\frac{3 \times 16}{8} = 6$  частей углерода. Так как атомный вес углерода 12, то это составляет  $\frac{1}{2}$  атома углерода на 1 атом кислорода. Но  $\frac{1}{2}$  атома быть не может. Значит должно приходиться не  $\frac{1}{2}$  атома на 1 атом, а 1 на 2. Т. е. и при таком рассуждении получается формула  $\text{CO}_2$ . То же получится, если мы предположим, что в молекуле нашего газа 2 атома углерода. Мы получим отношение 24:64, которому соответствует 2 атома углерода и 4 атома кислорода, за формулу же мы принимаем простейшее соотношение, т. е. не 2:4, а 1:2, т. е. получаем опять  $\text{CO}_2$ .

Возможность нахождения химической формулы основана на том, что весовое отношение между элементами в любом количестве сложного вещества должно быть такое же, как в одной мо-



лекуле. В молекуле углекислого газа отношение углерода к кислороду  $12:32$ , а анализ дает отношение  $3:8$ . Ясно, что эти отношения равны  $12:32 = 3:8$ . Таким образом задача нахождения формулы — задача чисто арифметическая и решить ее можно различными способами.

Результаты химического анализа выражают обычно в процентах. Так, например, белый порошок, получающийся при горении магния, магnezия содержит  $60\%$  магния и  $40\%$  кислорода, т. е. весовые количества магния и кислорода, относятся как  $60:40$ .

Решите нижеследующие задачи; вычисления и ответы приведите в тетради (110).

*Задача 1.* Зная процентный состав магnezии (см. выше) найдите ее химическую формулу. Атомный вес магния — 24, атомный вес кислорода — 16.

*Задача 2.* Болотный газ содержит  $75\%$  углерода и  $25\%$  водорода. Найдите его формулу, зная, что атомный вес углерода 12.

*Задача 3.* Найдите формулу кислородного соединения серы, содержащего  $40\%$  серы и  $60\%$  кислорода. Атомный вес серы — 32, кислорода — 16.

Если в школе есть точные весы и вытяжной шкаф, то вам полезно будет получить соединение серы с медью и найти его формулу. Прочтите в приложении в конце книги правила взвешивания.

*Задача 4.* Отрежьте от тонкой медной пластинки кусочек весом около 0,2 г. Вес подгоните приблизительно, пользуясь аптекарскими весами и обрезая медь ножницами. Затем точно взвесьте кусочек. Также точно взвесьте и небольшой фарфоровый тигель. Поместите в тигель приблизительно 3 г чистой серы. Поставьте тигель на штативе (на кольцо штатива сначала кладется треугольник для тиглей) под тягу, закройте крышкой и нагревайте, пока из под крышки не покажется пламя серы. Приподняв крышку щипцами, бросьте в тигель взвешенный кусочек меди. Тигель сейчас же закройте крышкой, чтобы медь частично не соединилась с кислородом воздуха.

Продолжайте нагревать тигель, пока горение серы не прекратится. Тогда у вас в тигле останется только образовавшееся соединение серы с медью. Дайте тиглю вполне остыть и взвесьте его.

Рассчитайте вес полученного соединения. Справьтесь каковы атомные веса серы и меди и найдите химическую формулу полученного соединения серы с медью. Вычисления и результат дайте в тетради (111).

## Дополнение (для успевающих).

Приводим еще способ расчета химической формулы. Как уже ясно из предыдущего, задача определения химической формулы сводится к нахождению числа атомов различных элементов в молекуле, при чем эти числа должны быть целые. Поэтому, при решении задачи, поступают обычно так. Делят весовые количества элементов на соответствующие атомные веса. Полученные числа, в простейшем случае должны сразу дать числа атомов в молекуле. Допустим, что мы рассчитали данные анализа углекислого газа так, что получили отношение между углеродом и кислородом как 12:32. Мы могли взять для анализа случайно 44 г углекислого газа, а в этом количестве как раз и содержится 12 г углерода и 32 г кислорода. Если теперь мы разделим первое число на атомный вес углерода = 12, а второе на атомный вес кислорода = 16, то мы получим отношение числа атомов углерода к числу атомов кислорода как 1:2, т. е. формулу углекислого газа —  $\text{CO}_2$ .

Пусть, теперь, мы взяли для анализа не 44 г углекислого газа, а 4,4 г. Мы тогда найдем здесь 1,2 г углерода и 3,2 г кислорода; деля эти числа на 12 и 16 мы получим 0,1 и 0,2; дробных чисел атомов быть не может. Эти же две дроби относятся как целые числа 1 и 2. Это и будет отношение чисел атомов углерода и кислорода. Соединение серы с железом, содержит 46,67% железа и 53,33% серы. Чтобы найти его формулу, делим 46,67% на 56 и получаем 0,83. Делим 53,33 на 32 и получаем 1,66; в отношении каких целых чисел находятся 0,83 и 1,66? — в отношении 1:2. Значит формула данного соединения  $\text{FeS}_2$  (серный колчедан).

Этим способом легко найти формулу любого сложного вещества, состоящего из двух, трех и большего числа элементов.

Найдите химические формулы следующих соединений, справляясь относительно атомных весов элементов в таблице на стр. 87. Так как ниже даны составы веществ, найденные на практике, с небольшими обычными неточностями в анализе, то числа у нас могут не делиться нацело. Поэтому делайте вычисление в десятичных дробях с точностью до двух десятичных знаков.

Найти формулы следующих веществ:

*Задача 5.* Цинковая обманка Цинка 67%, серы -- 33%.

*Задача 6.* Двоокись марганца — марганца — 63,2%, кислорода — 36,8%.

*Задача 7.* Поташ — калия 56,52%, углерода — 8,7% и кислорода — 34,78%.

*Задача 8.* Селитра — натрия — 27,2%, азота — 16,5% и кислорода — 56,3%.

Вычисления и формулы приведите в тетради (112).

### 37. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ФОРМУЛЫ

Во всех разобранных нами примерах и задачах мы находили простейшее отношение между атомами в молекулах. Формулой углекислого газа мы считали простейшее соотношение  $\text{CO}_2$ , а не  $\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ , которые также отвечали бы весовому составу вещества. Во всех рассмотренных нами случаях оно так и есть. Но иногда встречаются такие вещества, которым приходится приписывать не простейшую формулу, а более сложную: удвоенную, утроенную и т. д. Примером может служить перекись водорода, в которой отношение между водородом и кислородом 1:16 и простейшая формула которой была бы  $\text{HO}$ . Но в виду того, что перекись водорода разлагается на водород и воду, ей можно приписать формулу не  $\text{HO}$ , а  $\text{H}_2\text{O}_2$ ;



Есть и другие соображения, по которым молекула перекиси водорода должна состоять из двух атомов водорода и двух атомов кислорода. Подобные же соображения заставляют формулу уксусной кислоты писать  $\text{H}_4\text{C}_2\text{O}_2$ , а не  $\text{H}_2\text{CO}$ , ацетилена (стр. 79)  $\text{C}_2\text{H}_2$ , а не  $\text{CH}$ , наконец, есть основания считать, что простые вещества, т. е. элементы в свободном виде, могут существовать не только в виде отдельных атомов, но и в виде молекул простых веществ, молекул, состоящих из двух или нескольких однородных атомов. В некоторых случаях удается даже установить состав этих молекул. Так, например, молекулы водорода, кислорода, азота, хлора состоят из двух атомов. Мы можем их изобразить так:  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ .

Формулы, изображающие состав молекул сложных и простых веществ, называются молекулярными формулами. В большинстве случаев, для веществ, с которыми нам придется встречаться в дальнейшем, молекулярной формулой и будет простейшая формула, найденная на основании весового состава, но о формулах вроде  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  и т. п. необходимо упомянуть, чтобы

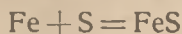


у вас не составилось убеждения, что у всякого вещества должна быть простейшая формула. Но вопрос о том, как найдены молекулярные формулы, вопрос слишком сложный и его здесь рассмотреть нельзя. С приемами нахождения молекулярных формул вы сможете познакомиться только в конце курса, на старшей ступени.

### 38 ХИМИЧЕСКИЕ РАВЕНСТВА

При помощи химических формул можно выражать не только состав сложных веществ, но и химические реакции, подобно тому, как мы изображали их словами. Разница здесь будет только в том, что равенства с формулами изображают не только качественные, но и количественные соотношения веществ.

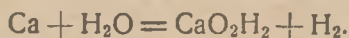
Равенство соединения серы ( $S = 32$  вес. частям) с железом ( $Fe = 56$  вес. частям):



показывает, что при соединении 56 вес. частей железа с 32 вес. частями серы образуется  $56 + 32 = 88$  вес. частей сернистого железа.

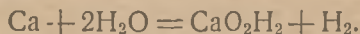
Так как химическое равенство изображает весовые количества веществ, то оно должно выражать и закон сохранения вещества. Число атомов каждого элемента слева и справа от знака равенства должно быть одно и то же.

Возьмем знакомую вам реакцию между водой и кальцием (стр. 36 и Рабочая тетрадь, стр. 19). При этой реакции образуются так называемая гашеная известь и водород. Знак кальция Ca. Анализ гашеной извести показывает, что она состоит из кальция, кислорода и водорода и формула ее  $CaO_2H_2$ . Реакцию между кальцием и водой мы должны значит написать так: с левой стороны от знака равенства — кальций и вода и с правой стороны — гашеная известь и водород (молекула водорода —  $H_2$ )



Но в таком виде равенство наше противоречит закону сохранения вещества. Слева, в составе воды у нас два атома водорода, а справа два атома в составе извести и еще два атома в молекуле свободного водорода. Кислорода в воде — один атом, а в извести — 2 атома. Как же написать это равенство так, чтобы оно не противоречило закону сохранения вещества? Мы конечно не можем вместо формулы воды  $H_2O$  написать  $H_4O_2$ . Это ведь будет уже

не вода, а какое-то другое вещество. Ясно, что так поступить нельзя. Очевидно реакция идет так, что в ней участвует не одна молекула воды  $\text{H}_2\text{O}$ , а две молекулы. Это мы обозначаем так: ставим перед формулой большую цифру два:  $2\text{H}_2\text{O}$ . Тогда, в двух молекулах воды и будут нужные для нас 2 атома кислорода и четыре атома водорода



Написав таким образом мы получили равенство, в котором число атомов каждого элемента в левой части равно числу атомов тех же элементов в правой части равенства:

Ca — слева — 1 атом и справа 1 атом.

H — слева в двух молекулах воды — 4 атома и справа в извести 2 атома и в свободном виде — 2 атома, всего 4 атома.

O — слева в двух молекулах воды — 2 атома и справа в составе извести — 2 атома.

Итак, значит, равенство написано теперь верно.

Между прочим, по этому равенству мы видим, что кальций выделяет из двух молекул воды не весь водород, а только половину, половина же водорода входит в состав образующейся гашеной извести. Вам на это следует обратить внимание, так как выше, когда мы изображали это равенство без формул (тетрадь стр. 19), мы для простоты писали, что в состав извести входят только кальций и кислород. Поэтому подпишите под тем равенством настоящее точное химическое равенство.

Рассмотрим еще один пример. При реакции между парами воды и железом (тетрадь стр. 19) получается железная окалина и водород (молекула водорода). Анализ железной окалины показывает, что ее состав  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Равенство реакции мы, следовательно, должны написать сначала так:



Это равенство не отвечает закону сохранения вещества. Число атомов водорода, кислорода и железа в левой и правой частях равенства не равны. Находим формулу, где число различных атомов наибольшее:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и по ней начинаем „уравнивать“. Железа справа 3 атома, слева — 1. Ставим под железом слева 3.



Затем уравниваем кислород. Справа кислорода 4. Следовательно в реакции участвует четыре молекулы воды:  $4\text{H}_2\text{O}$ . В че-

тырех молекулах воды имеются 4 нужных нам атома кислорода и кроме того, еще 8 атомов водорода. Столько же атомов водорода должно быть и в правой части равенства, которое принимает следовательно такой вид:



Подобное „уравнивание“ всегда приходится делать, если оказывается, что правая сторона равенства не соответствует левой. В таком уравнивании нет ничего произвольного, но мы можем это делать только в том случае, если точно знаем, какие вещества получаются при реакции и если мы их формулы написали верно, в соответствии с их составом.

Если формулы всех веществ написаны правильно, то может итти речь лишь о числе молекул веществ, участвующих в реакции и получающихся. Несомненно, число молекул всех веществ должно быть таково, чтобы равенство не противоречило закону сохранения вещества. Иначе реакция итти не может. Вместо слова „уравнять“, говорят часто — „расставить коэффициенты“.

Расставьте коэффициенты в данных в тетради равенствах (113).

Примечание. Химические равенства иногда называют „химические уравнения“. Вместо знака равенства в некоторых книгах ставится стрелка  $\rightarrow$ .

### 39. РАСЧЕТЫ ПО ФОРМУЛАМ И РАВЕНСТВАМ

Зная формулу какого-нибудь вещества и припоминая или находя в таблице атомные веса элементов, мы можем решать целый ряд вопросов. Так, например, зная формулу углекислого газа  $\text{CO}_2$ , мы легко можем рассчитать, сколько процентов углерода в углекислом газе, т. е. сколько весовых частей углерода в 100 весовых частях углекислого газа.

Припоминаем, что атомный вес углерода = 12, атомный вес кислорода = 16. В молекуле 1 атом углерода — 12 вес. частей и два атома кислорода:  $16 \times 2 = 32$  вес. части. Вес одной молекулы углекислого газа или его молекулярный вес будет  $12 + 32 = 44$  вес. части.

Теперь мы легко можем рассчитать, сколько весовых частей углерода в 100 весовых частях углекислого газа. Рассуждаем так: В 44 вес. частях содержится 12 вес. частей углерода, в 1 вес.

части  $\frac{12}{44}$ , а в 100 вес. частях  $\frac{12 \times 100}{44} = 1200 : 44 = 27,27$ .



Для решения этой задачи можно также воспользоваться правилом пропорций:

$$x : 100 = 12 : 44, \text{ откуда } x = \frac{100 \times 12}{44} = 27,27.$$

Таким образом мы нашли, что в углекислом газе 27,27% углерода.

Таким же образом можно решать и целый ряд других вопросов. Например: имеется 20 тонн оловянной руды — „оловянного камня“, состава  $\text{SnO}_2$ . Сколько тонн олова можно из нее выплавить?

Атомный вес олова 119. Молекулярный вес  $\text{SnO}_2$  будет  $119 + 16 \times 2 = 119 + 32 = 151$ .

Составляем пропорцию:

$$x : 20 = 119 : 151, \text{ откуда}$$

$$x = \frac{20 \cdot 119}{151} = 15,8.$$

Решите нижеследующие задачи. Вычисляйте в десятичных дробях, решайте с точностью до одного десятичного знака. Вычисления и ответы приведите в тетради (114).

*Задача 9.* Сколько свинца можно получить из 478 тонн свинцового блеска, который имеет состав  $\text{PbS}$ ?

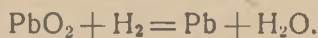
*Задача 10.* Из скольких килограммов цинковой обманки  $\text{ZnS}$  можно получить 25 килограммов цинка?

*Задача 11.* Решите, которая из руд богаче железом — бурый железняк  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  или магнитный железняк  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ?

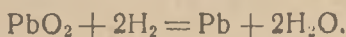
*Задача 12.* Сколько вагонов потребуется для подвозки к доменной печи железной руды  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (красный железняк), нужной для выплавки 200 тонн железа, если вагон вмещает 1,5 тонны руды?

Подобные же задачи можно решать и на основании равенств. Например, сколько г воды получится при восстановлении водородом 23,9 г двуокиси свинца  $\text{PbO}_2$ ?

Мы знаем, что при реакции должны получиться свинец и вода, пишем реакцию:



Расставляем коэффициенты:

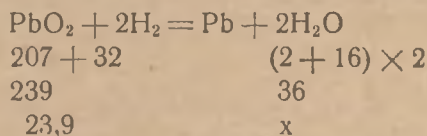


Из равенств мы видим, что одна молекула двуокиси свинца, т. е.  $207 + 16 \times 2 = 207 + 32 = 239$  в. ч. дает при реакции 2 молекулы воды, т. е.  $(2 + 16) \times 2 = 18 \times 2 = 36$  в. ч. Составляем пропорцию:

$$23,9 : x = 239 : 36 \text{ и получаем}$$

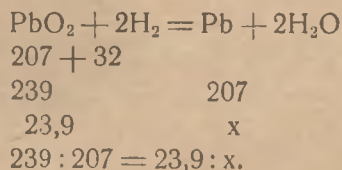
$$x = \frac{23,9 \cdot 36}{239} = 3,6$$

Удобно располагать вычисления таким образом:

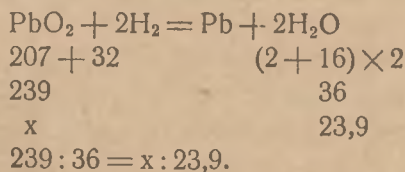


читаем: 241 ч. свинца дает 36 ч. воды, 20 ч. дадут  $x$ . Отсюда пропорция:  $241 : 36 = 20 : x$ .

Если бы вопрос касался количества свинца, то вычисления пришлось бы расположить так:



Если бы вопрос был поставлен — сколько граммов двуокиси свинца надо взять, чтобы получить при реакции 20 г воды, то эта задача решалась бы так:



Вместо того, чтобы составлять пропорцию, можно было бы рассуждать так:

239 г двуокиси свинца дает 36 г воды. Чтобы получить 1 г воды, нужно было бы взять не 239 г двуокиси свинца, а в 36 раз меньше т. е.  $\frac{239}{36}$ , а чтобы получить не 1 г, а 23,9 г — в 23,9 раз больше  $\frac{239 \times 23,9}{36}$ . Произведя действия мы найдем искомый результат.

Решите нижеследующие задачи. Вычисления и ответы дайте в тетради (115).

*Задача 13.* Сколько граммов железа нужно взять, чтобы получить 20 г сернистого железа? (равенство см. стр. 93).

*Задача 14.* Сколько воды получится при сжигании водорода, выделенного из серной кислоты 50 граммами цинка? (см. стр. 42).

*Задача 15.* Сколько граммов окиси меди получится при прокаливании 200 г углемедной соли? (реакция стр. 20).

*Задача 16.* Сколько углемедной соли нужно разложить, чтобы выделилось 10 г воды?

*Задача 17.* При разложении углемедной соли выделилось 25 г воды и углекислого газа. Сколько было взято углемедной соли?

*Задача 18.* При реакции между кальцием и водой получилось 10 г водорода. Сколько было взято кальция? (реакция на стр. 94).

*Задача 19.* Сколько цинка и серной кислоты нужно взять для того, чтобы наполнить водородом воздушный шар вместимостью 100 м<sup>3</sup>, если 1 м<sup>3</sup> водорода весит 0,09 килограмма?

#### 40. ГРАММОЛЕКУЛА И ГРАММАТОМ

При различных химических опытах и расчетах очень часто, вместо того, чтобы рассчитывать количества веществ в произвольных весовых частях, пользуются понятиями „граммолекула“ и „грамматом“. Эти понятия означают количества веществ в граммах, соответствующие молекулярному весу или атомному весу вещества. Граммолекула серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> будет 2 + 32 + 4 × 16 = 98 граммов серной кислоты, грамматом цинка — 65 граммов цинка.

Если нужно проделать какую-нибудь реакцию на практике, то проще всего отвесить вещества в граммах. Беря граммолекулу серной кислоты и грамматом цинка, мы знаем, что в результате реакции



у нас не останется ни цинка, ни серной кислоты и получатся только серноцинковая соль и водород.

Иногда говорят граммоллекулярный или сокращенно — „молярный“ вес. Граммоллекулу сокращенно называют „моль“.

Вместо целых граммолекул при работах можно брать доли граммолекул, например 1/2 граммолекулы, 0,1 граммолекулы и т. п.

Ответьте на вопросы в тетради (117).



## Вопросы для повторения.

1. Почему Дальтон при определении атомных весов принял вес водорода за единицу?
2. Какие законы объясняет атомическое учение?
3. Можем ли мы видеть атомы?
4. Что такое молекулярная формула?
5. Какой закон должен соблюдаться при составлении химического равенства?
6. Припомните молекулярную формулу хлора.

## ТЕМА IX

## КИСЛОРОД

Мы еще не закончили изучение воды, так как рассмотрели только один из элементов ее составляющих — водород.

Знакомство со второй составной частью воды — кислородом мы отложили, так как реакции получения кислорода и реакции, в которые вступает кислород, гораздо легче понять, пользуясь химическими формулами.

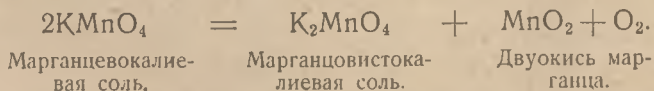
Вам уже известно, что кислород самый распространенный элемент, что он входит в состав всех важнейших горных пород, в состав воды, и находится в свободном состоянии в воздухе.

Теперь вам предстоит познакомиться более подробно со способами получения кислорода, с его физическими и химическими свойствами.

## 41. ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА

Вы уже встречались с реакциями, при которых выделяется кислород (стр. 19). Перечислите их и напишите в тетради те равенства реакций, которые сможете (117).

Одной из реакций, которые упоминались выше, мы не разбирали. Это получение кислорода из марганцевокалиевой соли. Запоминать это равенство не нужно.



Кроме того кислород можно получить из ряда других веществ: из селитры  $\text{KNO}_3$ , сурика  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , бертолетовой соли  $\text{KClO}_3$ .

**Задача 1.** Напишите в тетради соответствующие равенства реакций, зная, что из селитры при реакции образуется азотисто-калиевая соль  $KNO_2$ , из сурика окись свинца  $PbO$ , из бертолетовой соли — хлористый калий  $KCl$  (118).

**Задача 2.** Прodelайте реакции с теми из перечисленных веществ, которые имеются в школе, включая и окись ртути и марганцевокалиевую соль, если раньше этих опытов не делали.

Берите в пробирку (или более узенькую трубочку) очень немного вещества, не больше, чем показано на рисунке 91, и сильно нагревайте пробирку, закрыв ее комком бумаги. От времени до времени быстро опускайте глубоко в пробирку тлеющую лучинку и сейчас же вынимайте (чтобы не тратить накапливающийся кислород).

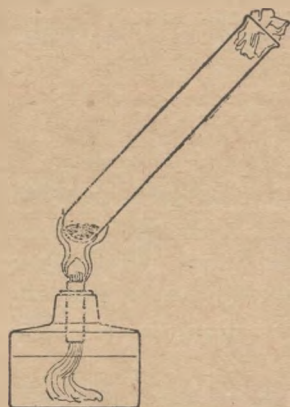


Рис. 91. Нагревание различных веществ, выделяющих при нагревании кислород.

Опыт с бертолетовой солью сделайте дважды. Один раз возьмите чистую бертолетовую соль и другой раз смешав ее предварительно с двуокисью марганца. Возьмите двуокиси марганца по объему примерно в три раза меньше, чем бертолетовой соли. Смешайте, встряхивая оба вещества в пробирке. Кроме того попробуйте накалить отдельно двуокись марганца и испытайте, разлагается ли она в пламени лампочки.

Следует отметить, что с бертолетовой солью нужно обращаться с большой осторожностью и ни с чем ее не смешивать, кроме двуокиси марганца. Смесь бертолетовой соли со многими веществами дает опасные взрывы. Пробирка, в которой делаются опыты с бертолетовой солью, должна быть совершенно чистая.

**Примечание.** Бертолетова соль названа так по имени знаменитого французского химика Бертолле (Berthollet), который ее открыл. Поэтому нельзя говорить „бертолетовая“, а нужно говорить „бертолетова“ соль.

Ответьте на вопросы в тетради (119).

1) Какие из взятых вами веществ разлагаются легче всего, т. е. при наименее сильном накаливании?

2) Какую роль играет двуокись марганца в разложении бертолетовой соли? Заметно ли превращение двуокиси марганца в новое вещество?

3) Сколько граммов каждого из испытанных вами веществ нужно взять, чтобы получить одно и то же количество кислорода. Проще всего

рассчитать на 16 граммов кислорода? Рассчитывайте с точностью до 1 (без дробей)

4) Какое из испытанных вами веществ, принимая во внимание приведенные ниже цены, удобнее и выгоднее всего применять для получения кислорода в лаборатории?

Цена 100 граммов в копейках (в Ленинграде в 1929 году)

Окиси ртути . . . . .	62 к.
Марганцевокалиевой соли . . . . .	82 „
Селитры . . . . .	42 „
Сурика . . . . .	20 „
Бертолетовой соли . . . . .	30 „
Двуокиси марганца . . . . .	5 „

При расчете стоимости смеси бертолетовой соли с двуокисью марганца считайте, что по весу двуокиси марганца нужно взять в два раза меньше, чем бертолетовой соли.

#### 42. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КИСЛОРОДА

Некоторые физические свойства кислорода вам уже знакомы. Каков цвет кислорода? Есть ли у чистого кислорода запах? (120).

Кислород немного тяжелее воздуха. Литр воздуха весит 1,29 г. 1 литр кислорода весит 1,43 г. Кислород мало растворим в воде (вспомните опыт на стр. 32).

Под химическими свойствами элемента мы разумеем его способность вступать в реакции с другими веществами.

**Задача 3.** Вы проделаете ряд опытов с горением различных веществ в кислороде. Для этого вы будете собирать кислород в банки или в стаканы, прикрытые картоном *a*, как на рис. 92. Насыпьте в пробирку материала, который оказался наиболее подходящим для добывания кислорода. Нагревайте вещество, постепенно подвигая лампочку по направлению от доньшка к отверстию пробирки.

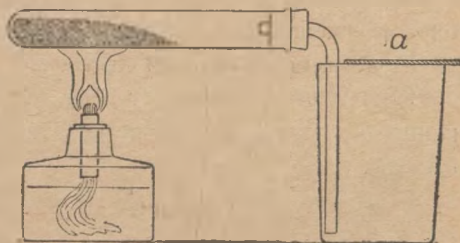


Рис. 92. Наполнение стакана кислородом.

От времени до времени опускайте в банку тлеющую лучинку и, как только она вспыхнет, быстро вынимайте ее, чтобы не тратить кислород. Картон, закрывающий банку при испытании, не поднимайте, а сдвигайте в сторону, чтобы не перемешивать кислород с воздухом. Как только лу-



чинка начнет вспыхивать у отверстия сосуда, поднимите пробирку вместе со штативом и подставьте под газоотводную трубку новую банку или стакан, а наполненный сосуд прикройте картоном.

Если посуды мало, придется после опыта посуду мыть и следующий опыт делать в той же посуде.

Желательно, чтобы вы сожгли в кислороде следующие простые вещества: серу, уголь, железо, кальций и магний.

Получающиеся при соединении с кислородом вещества или окислы вы будете испытывать краской лакмусом (см. стр. 60). Краска эта фиолетового цвета, обладает способностью от действия растворов некоторых веществ менять свой цвет. После сжигания каждого вещества вы будете приливать в сосуд лакмус, взбалтывать и наблюдать изменение цвета. За неимением раствора лакмуса, можно взбалтывать в сосуде воду и затем опускать в нее пропитанную раствором лакмуса бумажку (лакмусовая бумажка) или настой черники, который от одних веществ краснеет, от других — зеленеет.

Для сжигания веществ в кислороде пользуются ложечками с длинной ручкой (рис. 93). Результаты записывайте в тетрадь (121).

1. Поместите на ложечку кусочек серы с горошину или немного порошка серы. Нагрейте на лампочке, пока сера не загорится. Опустите в сосуд с кислородом почти до дна. Обратите внимание на цвет и характер пламени серы, горящей на воздухе и в кислороде, и на запах получающегося соединения серы с кислородом, называемого: сернистый газ. Формула сернистого газа  $SO_2$ . Напишите равенство реакции.

Как действует раствор сернистого газа на лакмус?

2. Накалите кусочек угля в пламени лампочки, держа щипцами или пинцетом, пока уголь не начнет тлеть. Поместите на ложечку и внесите в кислород.

Горит ли уголь в кислороде с пламенем или так же тлеет, как и на воздухе?

Формула получающегося окисла —  $CO_2$ . Это знакомый вам углекислый газ. Напишите равенство реакции.

Влейте в банку лакмуса и, закрыв ладонью, хорошо взболтайте.

Как действует раствор углекислого газа на лакмус?

3. Для сжигания железа, которое на воздухе, как вам известно, не горит, воспользуйтесь тонкой иглой. Воткните иглу ушком в конец лущинки (рис. 94). На острие иглы насадите кусочек спички. Зажгите

Рис. 93. Ложечка для сжигания различных веществ в кислороде



спичку и опустите в банку с кислородом. Сначала сгорит спичка, а затем загорится и игла. Вместо итлы можно взять тонкую проволочку (например, балалаечную струну).

Горит ли железо с пламенем или без пламени?

Какого вида продукт реакции?

Формула полученного окисла  $Fe_3O_4$ . Это железная окалина или магнитная окись железа (притягивается магнитом). Напишите равенство реакции.

Магнитная окись железа в воде не растворяется и потому лакмусом ее испытывать не нужно.

4. Положите в ложечку кусочек спички так, чтобы один конец выставлялся. Насыпьте сверху небольшую кучку стружек кальция (рис. 95). Зажгите спичку и опустите ложечку в банку с кислородом.

Опишите, как горит кальций. Цвет пламени?

Получающийся белый дым — мелкий порошок окисла — окиси кальция  $CaO$ . Окись кальция не что иное, как обыкновенная жженая известь.

Напишите равенство реакции.

Как действует раствор извести на лакмус?

5. Вставьте в конец расщепленной лучинки кусочек ленты магния. Зажгите ее и быстро опустите в кислород.

Как горит магний в кислороде?

Получается та же окись магния или жженая магнезия  $MgO$ , что и при сжигании магния на воздухе

Напишите равенство реакции.

Хорошо взболтайте содержимое банки с лакмусом.

Как изменился цвет лакмуса?

Если преподаватель показывал вам еще какие-нибудь опыты, опишите их в тетради (122).

Не подметили ли вы какие группы элементов дают окислы, окрашивающие лакмус в одинаковый цвет? (123).

Где есть в кислороде и вообще соединяться с кислородом могут очень многие вещества. В результате всегда образуются различные соединения с кислородом — окислы. Об окислах и их свойствах мы еще будем говорить ниже.

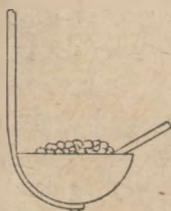


Рис. 95. Кальций, насыпанный в ложечку для сжигания в кислороде, и лучинка для зажигания кальция.



Рис. 91. Игла, укрепленная в лучинке для сжигания в кислороде.

## 43. ГОРЕНИЕ В КИСЛОРОДЕ И ГОРЕНИЕ В ВОЗДУХЕ

Горение в кислороде отличается от горения в воздухе только тем, что в кислороде процесс идет гораздо энергичнее и быстрее. В воздухе кислород разбавлен значительным количеством азота ( $\frac{4}{5}$  по объему), который в горении никакого участия не принимает и только замедляет процесс. Продукты горения различных веществ в воздухе — те же, что и в кислороде — те же окислы, того же состава. Горение и в кислороде и в воздухе может сопровождаться пламенем и может происходить без пламени. Характерный случай горения без пламени — тление угля. Пламя наблюдается в том случае, если горящее вещество обращается в пары, образует газообразные вещества. При горении газов и паров и получается характерный „язык“ пламени, образуемый горящим газом.

При горении сложных веществ, как и при горении простых веществ образуются окислы. Это окислы элементов, входящих в состав сложного вещества. Вы уже знаете, что при горении стеариновой свечи образуются два окисла элементов, входящих в состав стеарина — окислы водорода (вода) и углерода.

Напишите равенство реакции, происходящей при горении стеарина, формула которого  $C_{18}H_{36}O_2$  (124).

Как вы знаете, для того, чтобы вещество загорелось, нужно зажечь его. Одни вещества загораются легче, другие труднее.

*Задача 4.* Укрепите в конце расщепленной лучинки кусочек целлулоида, из которого делают гребенки и разные другие предметы. Внесите одновременно в пламя лампочки целлулоид и такой же примерно толщины кусочек картона или лучинку и сейчас же выньте. Что легче загорается? (125).

*Задача 5.* Зажгите спиртовку и свечу и сравните, что легче загорается спирт или стеарин (125).

*Задача 6.* Какое вы знаете вещество, которое можно зажечь пробиркой с горячей водой? (126).

Для всякого горючего вещества есть определенная температура, при которой оно загорается. Это будет его температура воспламенения. Температура воспламенения водорода —  $600^\circ$ , магния — около  $800^\circ$ . Железа — еще выше.

Раз загоревшееся вещество продолжает гореть, так как выделяющееся при горении тепло нагревает ближайшие к пламени участки вещества до температуры воспламенения.



Горение можно прекратить, или прекратив доступ воздуха или охладив горящее вещество ниже температуры воспламенения.

Если мы дуем на свечу, то она гаснет именно потому, что мы охлаждаем стеарин током холодного воздуха ниже температуры воспламенения. Ответьте на вопрос в тетради (127).

Когда мы заливаем огонь водой — мы не только охлаждаем горящее вещество, но и прекращаем доступ к нему воздуха. Ответьте на вопрос в тетради (128).

Вещества, легко загорающиеся, называют веществами огнеопасными.

От огня легче загораются горючие вещества газообразные или легко испаряющиеся, даже и с высокой температурой воспламенения. Это потому, что газ быстрее нагревается до температуры воспламенения, чем жидкость или твердое вещество. Поэтому к огнеопасным веществам относятся горючие вещества, легко испаряющиеся, как спирт, бензин, эфир.

От бензина очень часто бывают несчастные случаи. Люди не знающие, насколько летуч и огнеопасен бензин, часто чистят что-нибудь бензином или переливают бензин при огне.

Если даже огонь и далеко, быстро распространяющиеся пары бензина доходят до огня и загораются. Так как пары бензина тяжелые, то они легко могут воспламениться не только от свечи или лампы, но и от топящейся печи, от брошенного на другом конце комнаты окурка или спички. Получается громадное пламя, которое охватывает работающего. На нем загорается платье.

Единственный способ потушить платье, загоревшееся на человеке, — это накинуть на него одеяло, шубу, ковер, занавесь и т. п. и плотно завернуть его, чтобы прекратить доступ воздуха к горящему платью (рис. 96).

Хуже всего, если человек, на котором горит платье, начинает бегать по комнате, благодаря чему свежий воздух только усиливает горение.



Рис. 96. Тушение загоревшегося на человеке платья.

## 44. МЕДЛЕННОЕ ОКИСЛЕНИЕ

Горение в кислороде и в воздухе, это только частный случай соединения с кислородом. Реакция соединения с кислородом или окисление может идти медленно и не сопровождаться накаливанием и свечением, которое характеризует горение. Вспомните окисление металлов при нагревании. Вы знаете, что многие металлы постепенно окисляются и без нагревания.

Какой вы знаете металлоид, который нельзя держать на воздухе, так как он легко окисляется?

При медленном окислении, так же как и при горении, выделяется тепло, но оно постепенно отдается окружающему воздуху и мы обыкновенно не замечаем разогревания. Но если охлаждение окружающим воздухом затруднено, нет достаточной вентиляции или если вещество окисляется очень энергично, а температура воспламенения его низкая, то оно может само собой загореться, произойдет самовоспламенение.

*Задача 7.* Получите от преподавателя бумажку, смоченную раствором фосфора в сероуглероде, и наблюдайте, как после испарения сероуглерода оставшийся на бумажке фосфор сначала начнет дымиться, а затем, прогревшись до температуры воспламенения (60°), сам собою загорится.

Вы может быть слышали о чуде — самовозгорания свечей перед иконами. Такое чудо вы легко можете сделать сами. Для этого нужно хорошо распушить свечильню свечи, смочить ее раствором фосфора в сероуглероде и оставить стоять. В виду ядовитости фосфора опыт можно делать только в присутствии преподавателя.

Случаи самовоспламенения наблюдаются иногда и на практике. Так если сложить в кучу масляные тряпки, которыми обтирались машины, и оставить так на долгое время, то при постепенном окислении масла температура внутри кучи может подняться настолько, что произойдет самовоспламенение.

Наблюдались случаи самовоспламенения в кучах мелкого каменного угля, в стогах сена и т. п.

При гниении и тлении растительных и животных веществ также происходит медленное окисление. В банке с взятыми из леса гниющими листьями легко обнаружить образование углекислого газа.

При гниении, как и при всяком окислении, непрерывно идет выделение тепла, которое мы обычно не замечаем. Но этим теп-

плом пользуются на практике. Так, например, при устройстве парников, в которых ранней весной выращивают овощи, в

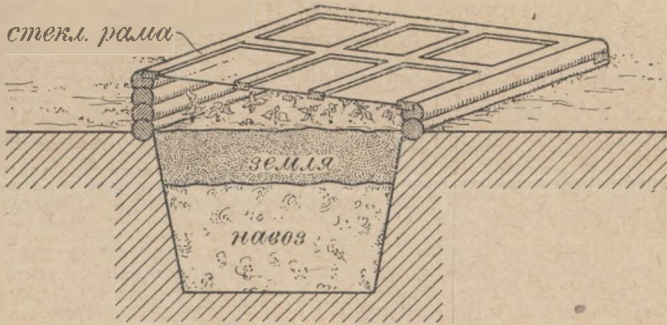


Рис. 97. Разрез парника.

парник сначала помещается большой слой навоза, сверх которого уже насыпается земля (рис. 97). Тепло, выделяющееся при гниении навоза, поддерживает в парнике более высокую температуру, чем температура окружающего воздуха.

Навозом пользуются на севере для предохранения от замерзания водопроводных труб в тех местах, где у них имеются пожарные краны. Те из вас, которые живут в больших городах, вероятно, замечали среди мостовой чугунные крышки, прикрывающие колодцы канализации и колодцы над пожарными кранами. Крышки над последними перед зимой открывают и накладывают в колодец навоз (рис. 98). Когда навоз перегниет и превратится в жижу, ее вычерпывают, а в колодцы закладывают свежий навоз.

Следует напомнить, что процесс окисления происходит и при дыхании. Ткани нашего организма состоят главным образом из водорода Н и углерода С. Вот почему в выдыхаемом воздухе содержатся пары воды  $H_2O$  и углекислый газ  $CO_2$ .

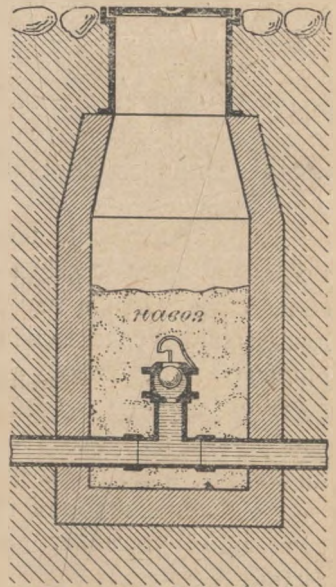


Рис. 98 Разрез колодца с пожарным краном.



При медленном окислении сложных веществ не всегда образуются окислы, как при горении. Часто при этом получают другие сложные вещества, содержащие кислород. Примером такого медленного окисления может служить „высыхание“ вареного льняного масла или приготавливаемой на льняном масле масляной краски. Плотный слой, образующийся при этом на покрытой маслом или краской поверхности зависит от постепенного окисления масла кислородом воздуха с образованием новых твердых веществ. Так что здесь „высыхание“ совсем не аналогично высыханию предмета, смоченного водой, которая испаряется, и слово высыхание нужно понимать условно.

Кроме льняного масла применяются и другие „высыхающие“ масла, как конопляное, маковое и т. п.

При медленном окислении железа во влажном воздухе образуется не окисел железа, а ржавчина, в состав которой, кроме кислорода, входит еще водород. Формула ржавчины:  $\text{FeO}_3\text{H}_3$ .

#### 45. ПРИМЕНЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОРОДА

Вам уже известно применение кислорода для плавления, сварки и резки металлов в водородо-кислородных и ацетилено-кислородных горелках (стр. 50). На эти работы требуются очень большие количества кислорода. Кроме того, кислород применяется для спасения отравленных ядовитыми газами, как на войне, так и на производствах: пострадавшему дают дышать кислородом. То же делается и при некоторых заболеваниях.

Запасы кислорода в стальных цилиндрах берут с собой авиаторы, поднимающиеся на очень большую высоту, где воздух сильно разрежен и дышать трудно. Кислородом же пользуются для дыхания спасательные отряды в коях после взрывов рудничного газа, когда атмосфера отравлена образующимся при взрыве угарным газом (окись углерода, CO). Подобный отряд изображен на рис. 99. У рабочих за спиной видны стальные цилиндры, в которые накачан кислород.

Наконец, кислород применяется и в некоторых чисто-химических производствах, на которых мы здесь останавливаться не будем.

Как же получается кислород в больших количествах для технических целей? Все материалы, которые легко выделяют кислород при нагревании и которые применяются для получения кислорода в лаборатории, для массового производства не годятся.

Эти материалы, приготовленные искусственно, материалы дорогие. Для массового производства стараются исходить из природных, легко добываемых материалов. Здесь сложность самого производства, дороговизна аппаратов играет меньшую роль. Дорогой и сложный аппарат нет никакого смысла устраивать тогда, когда продукта нужно немного. В таком случае выгоднее взять дорогой материал, из которого легко и просто получить нужный продукт без каких-либо особых приспособлений. При массовом



Рис. 99. Спасательный отряд в копях, снабженный стальными цилиндрами с кислородом. Цилиндры укреплены за спиной. Кислород из цилиндра поступает в резиновый мешок, а оттуда по трубе к маске, надетой на лицо.

же производстве сложные приспособления и аппараты постепенно окупятся и продукт, получаемый из дешевого материала, будет обходиться дешево.

Есть два везде доступных природных материала, содержащих кислород. Это — вода и воздух. Оба эти материала и используются техникой. Вы знаете, что из воды кислород можно получить одновременно с водородом при помощи электролиза, для чего пользуемся сложными установками, изображенными на рис. 73 (стр. 51).

Из воздуха кислород выделяется также сложным способом. Сначала воздух путем охлаждения и давления обращается в жид-

кость при помощи машин, с действием которых вы познакомитесь в курсе физики. Жидкий воздух состоит почти нацело из азота и кислорода. Температуры кипения азота и кислорода разные. Азот кипит при  $-195,7^\circ$ , а кислород при  $-183^\circ$ . Поэтому, если предоставить жидкому воздуху кипеть, то азот, кипящий при более низкой температуре, выкипает раньше и остается почти чистый кислород. Здесь происходит такая же перегонка смеси жидкостей, как при перегонке нефти (см. стр. 13).

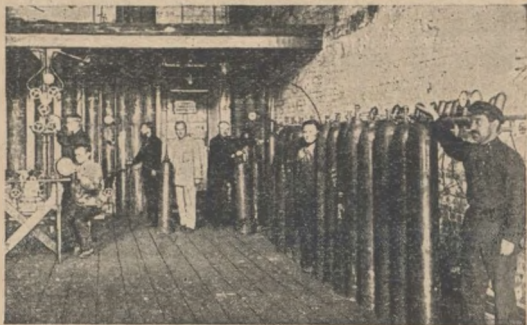


Рис. 100 Стальные цилиндры с кислородом на Балтийском заводе в Ленинграде.

Оставшийся после отгонки азота кислород, равно как и кислород, получаемый электролизом воды, накачивается под давлением в стальные цилиндры, в которых и поступает в производство (рис. 100).

#### 46. ОКИСЛИТЕЛИ

Всякий, кто стоял близко от работающей электрической машины, знает, что около нее распространяется своеобразный запах свежести, затем переходящий в более резкий запах. Причина этого запаха — образование из молекул кислорода  $O_2$  новых молекул, имеющих состав  $O_3$ . Происходит реакция:



у молекул  $O_3$  совершенно новые свойства. Это — новое вещество, которое носит название озон. Чистый озон — газ синего цвета, с резким запахом. Для получения озона пользуются аппаратами, в которых кислород или воздух подвергается действию электрического разряда. Получается смесь озона с воздухом. Если преподаватель показывал вам опыт получения озона — опишите его и зарисуйте прибор в тетради (129).

Молекулы озона не прочны. Они при обыкновенной температуре легко распадаются на атомы, которые затем образуют молекулы кислорода:





Выделяющиеся в момент распада озона атомы кислорода гораздо энергичнее вступают в реакции, чем молекулы кислорода  $O_2$ . Поэтому озон является сильным окислителем. Он быстро „сушит“ высыхающие масла, окисляет и обесцвечивает краски, окисляет металлы, каучук и т. д.

Как окислитель озон является хорошим дезинфицирующим средством — убивающим бактерий и применяется на практике для дезинфекции воздуха и воды.

Свежий запах воздуха после грозы, т. е. после электрических разрядов в атмосфере, объясняется образованием в воздухе озона.

Когда элемент образует два или несколько различных простых веществ, отличающихся по составу молекул, то эти видоизменения одного и того же элемента называют аллотропическими видоизменениями, а самое явление „аллотропия“. Кроме кислорода аллотропические видоизменения могут образовывать и некоторые другие элементы. С этими видоизменениями мы еще встретимся.

Мы назвали озон окислителем. Окислителями являются и другие вещества и смеси, легко выделяющие кислород. Так, при разложении перекиси водорода  $H_2O_2$ , выделяются сначала отдельные атомы кислорода, которые затем сейчас же слагаются в молекулы  $O_2$ :



Перекись водорода также является сильным окислителем. При помощи перекиси водорода можно, например, белить шелк и шерсть. Беление заключается в том, что перекись водорода окисляет, разрушает покрывающие волокна или заключенные в волосе окрашенные вещества и обнаруживается естественный белый цвет волокна или волоса. Окислительными свойствами перекиси водорода объясняется и ее дезинфицирующая способность. Кислород в момент выделения убивает бактерии.

С различными другими окислителями вы еще будете встречаться дальше.

#### Вопросы для повторения.

1. Из каких веществ можно получить кислород?
2. Всякое ли вещество, выделяющее кислород, годится для его получения? Если не всякое, то почему?
3. При получении кислорода из бертолетовой соли прибавляется

двуокись марганца. Зависит ли количество кислорода, которое можно получить из данного веса бертолетовой соли от количества прибавленной двуокиси марганца?

4. Припомните формулы веществ, которые вы получили при сжигании различных простых веществ в кислороде?
5. Как называются соединения элементов с кислородом?
6. Почему в кислороде горение идет энергичнее, чем в воздухе?
7. Что образуется при горении сложных веществ в кислороде?
8. Отличаются ли продукты горения веществ в кислороде от продуктов горения в воздухе?
9. Что такое температура воспламенения?
10. Какие вещества называются огнеопасными? Припомните известные вам огнеопасные вещества.
11. Почему горящий бензин нельзя гасить водой?
12. Можно ли опасаться самовоспламенения бензина?
13. Какие процессы окисления происходят в природе?
14. Что такое высыхающие масла?
15. Какие вы знаете технические способы получения кислорода?
16. Для чего применяется кислород?
17. Какие вы знаете окислители?
18. Что такое аллотропические видоизменения?

## ТЕМА X

### ГОРЮЧИЕ ВЕЩЕСТВА, ГОРЕНИЕ И ПРОДУКТЫ ГОРЕНИЯ

На примере воды вы познакомились с тем, как в химии изучаются вещества. Вы знаете важнейшие свойства воды, ее качественный и количественный состав, вы познакомились с элементами, из которых состоит вода, с их физическими и химическими свойствами, способами получения и применения. Попутно вы встретились с целым рядом новых понятий и законов. Стержнем вашей дальнейшей работы в этом году будет все тот же кислород, с которым вы познакомились в связи с составом воды. Кислород играет столь большую роль в нашей жизни и в технике, соединения кислорода столь разнообразны, что в дальнейшей вашей работе вам снова и снова придется возвращаться к кислороду. В задачу нашего дальнейшего курса входит ознакомление с тем как реакция соединения с кислородом, в частности, горение применяется в жизни и в технике, с важнейшими в нашей жизни вопросами о топливе и о добывании металлов.

Переходя к вопросу о горении и топливе, мы должны раньше остановиться на элементе, который входит в состав всякого топлива, а именно на углероде.

#### 47. УГОЛЬ И ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

Углерод в виде простого вещества вам хорошо известен. Это обыкновенный уголь, получающийся при неполном сгорании дерева. Древесный уголь, правда, не вполне чистый углерод, в нем содержатся примеси, которые после сгорания угля остаются в виде золы. Но уголь можно получить и из других веществ, в состав которых входит углерод и которые не содержат посторонних примесей. Таким веществом является, например, сахар. Уголь, полученный из чистого сахара, представляет собою уже чистый углерод.

*Задача 1.* Насыпьте на жестяную ложечку немного сахарного песка и нагревайте в пламени лампочки, пока не прекратится горение с пламенем. Оставшееся вещество и будет чистый уголь.

Из курса естествознания вам уже должно быть известно, что элемент углерод входит в состав большинства веществ, из которых построены растения и тела животных. Поэтому уголь получается при неполном сгорании многих веществ растительного и животного происхождения. Нижеследующую задачу вам полезно будет проделать, если вы ее не проделывали на занятиях по естествознанию.

*Задача 2.* Нагрейте на жестяной ложечке понемногу различных имеющих в школе веществ растительного и животного происхождения: муки, крахмала, хлеба, ореховой скорлупы, ваты, кожи, шерсти (кусочек шерстяной ткани), мяса, рога и т. п.

Во всех случаях вы получаете в результате уголь, в виде которого выделяется при горении содержащийся в данных веществах углерод.

Уголь может получиться также в виде копоти или сажи, когда горят без усиленного доступа воздуха такие вещества, как стеарин, керосин, масло, скипидар, дерево и т. п.

*Задача 3.* Зажгите на жестяной ложечке, нагрев в пламени лампочки, очень маленький кусочек стеарина, каплю растительного масла, скипидара, нафталина и т. п. и наблюдайте коптящее пламя.

Содержащие углерод вещества растительного и животного происхождения относятся к так называемым органическим



веществам. Было время, когда считалось, что подобные вещества могут вырабатываться только растениями и животными и образуются только под влиянием особой „жизненной силы“, присущей живым организмам. Но в первой половине 19 века было доказано, что органические вещества могут быть получены и искусственно, из веществ неживой природы. В настоящее же время на химических заводах очень многие вещества, считавшиеся раньше привилегией растений и животных, готовятся искусственно, в громадных количествах. Примером может служить красная краска, которой окрашивается в красный цвет материя, известная под названием „кумач“. Эта краска (ализарин) с незапамятных времен добывалась из растения „марена“, которой засеивались громадные площади земли (в одной Франции до 20 000 га). В настоящее время ее готовят только искусственно. Искусственно полученная краска обходится гораздо дешевле и несколько не хуже естественной, так как имеет тот же самый химический состав.<sup>1</sup> Также искусственно готовится и другая очень широко применяемая синяя краска — индиго (или „кубровая“ краска), которую прежде добывали только из растения (вайда). Производство искусственного индиго возникло сравнительно недавно, после того как немецкий химик Байер после 18-летней работы выработал (в 1897 г.) способ ее получения (из нафталина).

Так же искусственно готовят и многие естественные пахучие вещества, как ванилин, дающий запах плодам ванили, пахучие вещества цветов ландыша, боярышника и т. д. Все это не подделки, а те же химические соединения, что и природные.

Кроме веществ существующих в природе мы можем получать очень много подобных же углеродистых веществ, но в природе не существующих. Примерами таких веществ может служить — громадное количество различных искусственных красок, анилиновых, ализариновых и т. п., которые своим разнообразием и яркостью оттенков значительно превосходят естественные растительные краски. Кроме того получается большое количество искусственных, также несуществующих в природе, лекарственных веществ, как хлороформ, эфир, аспирин, фенацетин и т. п., искусственных душистых веществ, с запахами иными, чем у природных душистых веществ, пластических веществ, как всем из-

<sup>1</sup>  $C_{14}H_8O_4$ . Этой краски готовится в год свыше 2000 т.

вестный целлулоид, из которого делают гребенки и другие предметы домашнего обихода, взрывчатых веществ, как бездымный порох и современные сильно взрывчатые вещества и т. д.

Все подобные вещества принято также называть органическими, хотя они в живой природе не существуют. Отдел химии, изучающий соединения углерода, как естественные, так и искусственные, называется „органическая химия“, хотя это название и устарело. Органических веществ, искусственно получаемых в настоящее время, известно несравненно больше, чем естественных. Всех же органических веществ изучено до настоящего времени свыше 200 000.

Кроме углерода обычной составной частью органических веществ является водород. Очень многие органические вещества (несколько сот) состоят только из углерода и водорода. Это так называемые углеводороды.

Простейший по составу углеводород — болотный газ или метан  $\text{CH}_4$ , образуется при разложении растительных и животных остатков без доступа воздуха. Болотный газ часто выделяется со дна болот и стоячих вод. Он поднимается пузырями, если пошевелить илистое дно озера палкой или веслом. Газ этот можно зажечь, поднеся к пузырям спичку. Газ вспыхивает мало светящимся пламенем.

*Задача 4.* Если вам случится быть летом в

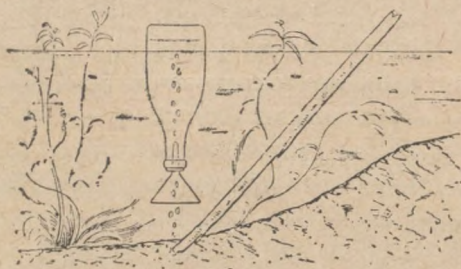


Рис. 101. Собираение болотного газа.

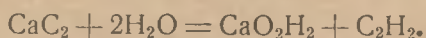


Рис. 102. Сжигание болотного газа.

местности, где имеется стоячая вода, соберите болотный газ в бутылку. Для этого наполните бутылку водой и под водой вставьте в нее воронку. Держите бутылку с воронкой книзу отверстием и, шевеля палкой дно озера или болота, собирайте газ в бутылку, как показано на рис. 101. Вынув затем бутылку из воды, зажгите газ и, вливая в бутылку воду, вытесните его из бутылки (рис. 102).

Метан скопляется также в рудниках и каменноугольных копях, где его называют „рудничный газ“. Смесь метана как и всякого горючего газа с воздухом сильно взрывает. Взрывы рудничного газа нередко приносят большие несчастья и губят рабочих, трудящихся в рудниках.

Другими примерами углеводородов могут служить: известный вам скипидар ( $C_{10}H_{16}$ ) и нафталин ( $C_{10}H_8$ ), углеводородом является также газ ацетилен ( $C_2H_2$ ), получаемый при действии воды на углеродистый кальций или иначе карбид кальция  $CaC_2$ , который в общежитии часто называют просто „карбид“:



гашеная ацетилен  
известь

**Задача 5.** Если в школе имеется карбид кальция, облейте кусочек карбида в пробирке небольшим количеством воды и зажгите выделяющийся газ у отверстия пробирки.

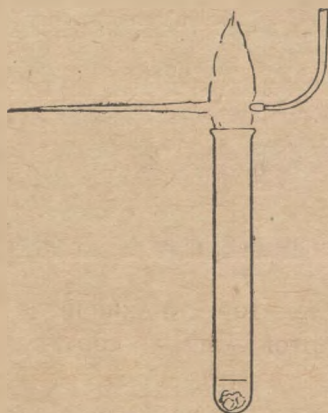


Рис. 103. Вдувание воздуха в пламя ацетилена.

Вдувайте в пламя ацетилена воздух через оттянутую на конце трубочку (рис. 103) или через паяльную трубку. Опишите ваши наблюдения (130).

Ацетилен, в особых горелках с сильным притоком воздуха горит очень ярким светом и применяется для освещения. На рис. 104 изображен схематический разрез ацетиленового фонаря для велосипеда.

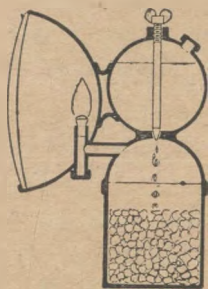


Рис. 104. Велосипедный ацетиленовый фонарь.

Если повернуть винтовой кран, вода каплет на карбид и газ выделяется. Вы уже знаете, что ацетилен применяется также для сварки и резки металлов (стр. 50).

Нефть (с нефтью вы уже знакомы из курса природоведения) представляет собою смесь многих органических веществ, преимущественно углеводородов с различной температурой кипения. Получаемые при перегонке нефти продукты, как бензин,



керосин, смазочные масла и др. в свою очередь не представляют собою однородные продукты, а смеси углеводородов.<sup>1</sup>

**Задача 6.** Если в школе есть нефть, отгоните от нее бензин и керосин. Для этого кипятите нефть в пробирке с длинной отводной трубкой и собирайте продукт перегонки в другую пробирку (рис. 105). Чтобы нефть лучше и равномернее кипела бросьте в пробирку щепотку сухого песка. Из трещинок песчинок при нагревании постепенно выделяется заключенный в них воздух, что способствует более равномерному кипению. Никким образом не нагревайте стенки пробирки выше уровня жидкости, чтобы пробирка не лопнула. На всякий случай имейте наготове ящик с песком, чтобы сейчас же засыпать горящую нефть, если она прольется на стол. Водой нефть погасить нельзя, так как она легче воды и всплывает на поверхность воды. Безопаснее не держать при нагревании лампочку прямо в руке, а поставить ее в чашку с песком.

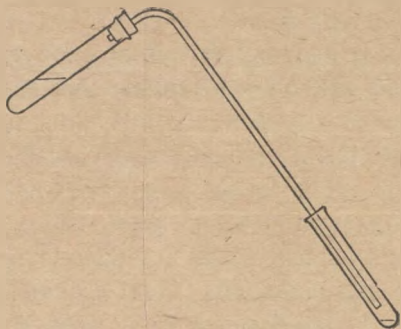


Рис. 105. Прибор для перегонки нефти.

Первые капли перегоняющейся жидкости соберите в одну пробирку, следующую порцию (не больше одного  $см^3$ ) — в другую. В первой пробирке у вас будет бензин, во второй керосин.

Капните при помощи палочки на бумагу бензина и керосина. Сравните скорость испарения этих веществ (131).

Бензином вообще называют смесь углеводородов, кипящую между  $40^\circ$  и  $150^\circ$ . Бензин бывает разных сортов — легкие сорта — смеси углеводородов, кипящие при более низких температурах, и тяжелые — смеси, кипящие при более высоких температурах.

Керосин, это смесь углеводородов, кипящих от  $150^\circ$  до  $300^\circ$ . Остаток после отгонки бензина и керосина, смесь углеводородов, кипящих выше  $300^\circ$ , называется „нефтяные остатки“ или „мазут“. Мазут частью применяется как топливо, частью идет на дальнейшую перегонку. Из него получают различные

<sup>1</sup> Состав отдельных углеводородов кавказской нефти:  $C_5H_{10}$ ,  $C_6H_{12}$ ,  $C_{15}H_{30}$  и т. п., т. е. с числом атомов водорода вдвое большим, чем число атомов углерода; состав углеводородов американской нефти:  $C_5H_{12}$ ,  $C_6H_{14}$ ,  $C_7H_{12}$ ,  $C_{15}H_{32}$  и т. п. Здесь число атомов водорода на два больше, чем в соответствующих углеводородах кавказской нефти.

смазочные масла. Жидкие масла — веретенные, идут для смазки веретен на бумагопрядильных фабриках и для других легких быстро движущихся механизмов. Машинные масла годны для смазки более тяжелых механизмов: вагонные, для осей вагонов, цилиндрические — очень густые масла, делающиеся жидкими только при высокой температуре, идут на смазку цилиндров паровых машин и т. д. Наконец, из нефти же готовятся вазелин и парафин — полутвердые и твердые смеси углеводородов.

В настоящее время особую ценность представляет бензин, так как он необходим для автомобильных и аэропланов двигателей внутреннего сгорания (о них вы знаете из физики). Авиационный бензин — это самый легкий бензин. Легкий бензин применяется также для выводки жирных пятен и для приготовления каучукового клея — раствора каучука, который применяется при производстве и починке калош и других резиновых изделий. Более тяжелые сорта бензина применяются для автомобилей, а также для извлечения масла из семян. Семена обрабатывают бензином. Бензин затем отгоняют от масла и снова пускают в дело.

Для тракторов, которые должны сыграть громадную роль в коренном переустройстве сельского хозяйства, применяется керосин, а для тяжелых двигателей внутреннего сгорания — нефть и даже мазут.

Громадные количества керосина требуются для освещения там, где еще нет электричества.

Смазочные масла совершенно необходимы для всех машин и механизмов. Отсутствие смазочных масел совершенно остановило бы все фабрики, заводы, пароходы, паровозы, автомобили, аэропланы и даже обыкновенные экипажи и телеги с железными осями, так как колесная мазь делается из той же нефти. Остались бы только сохранившиеся еще у нас доисторические телеги с деревянными осями, которые смазываются дегтем.

О значении нефти в народном хозяйстве, о месторождениях нефти и о наших достижениях в области нефтяного дела вы уже знаете из курса обществоведения.

Кроме углеводородов известно громадное количество органических веществ, в состав которых, кроме углерода и водорода, входят другие элементы. Многие из этих веществ вам хорошо знакомы и вы только не знаете, что это органические вещества. Приведем несколько примеров таких веществ и их формулы, ко-

торые запоминать не нужно. Разобраться в формулах органических веществ вы сможете только по окончании семилетки, когда будете проходить курс органической химии.

Примерами веществ, состоящих из углерода, водорода и кислорода, могут служить — спирты, как обыкновенный или винный спирт  $C_2H_6O$  и ядовитый древесный спирт  $CH_4O$ , применяемый как горючий материал, глицерин  $C_3H_8O_3$ , эфиры, как серный эфир  $C_4H_{10}O$ , органические кислоты, как уксусная кислота  $C_2H_4O_2$ , лимонная кислота  $C_6H_8O_7$ , содержащаяся в лимонах, яблочная кислота  $C_4H_6O_5$ , содержащаяся в яблоках, стеариновая кислота или обыкновенный стеарин, из которого делают свечи  $C_{18}H_{36}O_2$ . Из тех же трех элементов состоит крахмал  $C_6H_{10}O_5$ , сахар  $C_{12}H_{22}O_{11}$  и т. д. Есть вещества, содержащие кроме углерода и водорода хлор, как хлороформ  $CHCl_3$ , применяемый для усыпления при операциях. Есть вещества, содержащие кроме углерода и водорода кислород и азот, как пироксилин и другие взрывчатые вещества. Органическими веществами являются и большинство боевых отравляющих веществ (О.В.).

К числу наиболее сложных органических веществ относятся белки, известные вам из курса естествознания. В состав белков, кроме углерода и водорода, входят кислород, азот и сера.

Так называемый каменный уголь, встречающийся в природе под землей, на значительной глубине, в противоположность древесному углю, не есть углерод, содержащий большее или меньшее количество посторонних примесей, а представляет собою смесь органических веществ, содержащих в своем составе большое количество углерода.

Каменный уголь произошел таким же образом, как и торф, о котором вы знаете из курса естествознания, а именно при постепенном разложении остатков растений без доступа воздуха. Каменный уголь только несравненно более древнего происхождения, чем торф. Судя по отпечаткам на прилегающих к пластам каменного угля горных породах, растения на земле в эпоху образования каменного угля были совершенно иные, чем теперь. На рис. 106 изображены растения каменноугольного периода, нарисованные на основании найденных отпечатков. Эти растения напоминают современные мхи и плауны, но имеют размеры гигантских деревьев.

По данным науки о земле — геологии — эти растения росли на земле 200 — 300 миллионов лет тому назад (по библии земля



была „сотворена“ за 5508 лет до рождения Христова). При медленном разложении без доступа воздуха, сначала под водой, а затем под слоями осадочных пород из остатков этих деревьев и образовались пласты каменного угля.

Наиболее древние плотные каменные угли называются „антрациты“. В их состав входит до 95% углерода.



Рис. 106. Пейзаж каменноугольного периода.

Кроме каменных углей встречаются еще бурые угли, менее древнего происхождения.

О наших месторождениях углей и о их экономическом значении вы знаете из курса обществоведения.

#### 48. ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЯ

Читая эту книгу, многие из вас, вероятно, не подозревают, что она напечатана углем. Уголь, в виде сажи — главная составная часть той краски, которая применяется в печатном деле — типографской краски. Для приготовления этой краски сажа смешивается с вареным льняным маслом с некоторым количеством мыла и других веществ.

Из мельчайшей сажи с примесью клея готовится тушь, применяемая для чертежных работ. Сажа применяется как черная краска и в малярном деле. Наши калоши черны, потому что к каучуку примешана сажа.

Более дешевые сорта сажи готовятся у нас кустарями северных губерний сжиганием при малом доступе воздуха смолы или верхнего слоя березовой коры — бересты. Всякий из вас, кому приходилось растоплять печь берестой, знает, что она горит сильно коптящим пламенем. Дым от горящей бересты пропускают для охлаждения через длинный кирпичный канал. Канал примыкает к строению, в котором натянута в виде палатки холста. В канале и на холсте садится сажа (рис. 107), газообразные же продукты горения — проходят сквозь холст.

Лучшие сорта сажи готовят сжиганием при малом доступе воздуха жиров, масел, нефти и т. п. Их сжигают в особых лам-

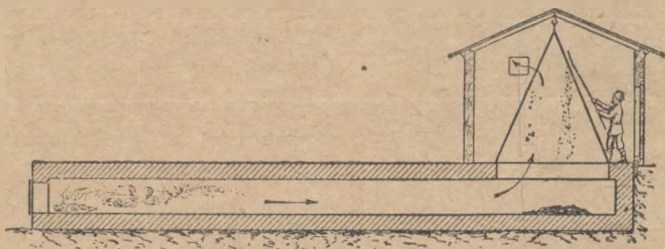


Рис. 107. Добывание сажи сжиганием бересты при малом доступе воздуха (разрез).

пах. Над коптящим пламенем помещают металлические пластины или вращающиеся охлаждаемые внутри водой железные барабаны, на которые и садится копоть. Очень хорошую сажу дает пламя ацетилена.

Кроме сажи, большое значение в нашей жизни и в технике имеет древесный уголь. Вы знаете как получают уголь в домашнем хозяйстве. Дерево сжигают при умеренном доступе воздуха, а затем, когда оно обуглится, — совсем прекращают доступ воздуха: плотно закрывают дверцу печи или пересыпают уголь в горшок или „тушилку“ и закрывают крышкой.

Рассматривая кусок древесного угля, вы увидите, что уголь более или менее сохраняет строение дерева, из которого он получен. На рис. 108 изображено микроскопическое строение дерева. Рисунок сделан на основании рассматривания под микроскопом древесины в различных продольных и поперечных разрезах. Древесина сплошь пронизывается микроскопическими ходами и канальцами. Так же порист и уголь.

*Задача 7.* Для того, чтобы решить вопрос, каков удельный вес угля — больше или меньше единицы, растолките кусок угля с орех так, чтобы

получились кусочки размером с горошину и более мелкий порошок (то-лочь можно карандашом на куске бумаги) и всыпьте все в пробирку с водой ( $\frac{1}{2}$  пробирки воды). Взболтайте, чтобы смочить уголь водой, и наблюдайте. Прокипятите воду несколько минут. Наблюдайте результат. Объясните наблюдаемые явления и дайте ответ на поставленный вопрос (132).

Уголь нерастворим ни в воде, ни в других жидкостях. Он может растворяться, и то в небольших количествах, только в расплавленных металлах. Уголь не плавится даже при очень высоких температурах.



Рис. 108. Микроскопическое строение дерева.

Вам хорошо известно, что уголь применяется в домашнем быту для нагревания в самоварах, утюгах, жаровнях, как топливо, дающее много жара и горящее без дыма. Что получается при горении угля? (133).

Большие количества древесного угля применяются для выплавки из руд железа и других металлов (главным образом на Урале). Древесный уголь применяется также в кузницах, для нагревания железа.

Очень важное свойство угля — способность поглощать пары и газы.

**Задача 8.** Нагрейте в пробирке несколько кристалликов азотносвинцовой соли, закрыв отверстие пробирки комком бумаги. Когда пробирка наполнится бурым газом (двуокисью азота  $\text{NO}_2$ ), бросьте в пробирку ложку мелких кусочков угля (отсеянных от порошка) и, закрыв пальцем, несколько раз встряхните. Результат? (134).

Можно проделать опыт, наполнив пробирку парами брома (если в школе есть бром). Получите от преподавателя пробирку, наполненную парами брома.

Способность поглощать газы и пары, т. е. сгущать на своей поверхности, не вступая с ними в химическую реакцию (явление адсорбции), не есть особенность древесного угля. Это свойство большинства твердых веществ; но в угле оно проявляется особенно ярко, главным образом благодаря его пористости, а следовательно очень большой поглощающей поверхности. 10 г угля может, например, поглотить больше 50 г хлора, занимающего при обыкновенных условиях объем около 15 л.



*Задача 9.* Чтобы убедиться, что не только уголь, но и другие вещества могут поглощать газы, повторите опыт с двуокисью азота, всыпав в пробирку вместо угля немного сухой земли.

*Задача 10.* Повторите опыт, взяв плотный уголь, полученный из сахара (стр. 113) (135).

Способность угля поглощать газы была использована во время войны для предохранения войск от отравляющих газов. Профессором химии Н. Д. Зелинским (теперь — академик) был предложен противогаз, состоящий из жестяной коробки, наполненной кусочками угля. Коробка соединена трубкой с резиновой маской (Куманта), плотно прилегающей к голове, так что воздух может проникать под маску только через коробку с углем (рис. 109). В такой маске человек может дышать в отравленном, например, хлором воздухе 2-3 часа, пока ветер не рассеет „газовое облако“. Преимущество противогаза Зелинского заключается в том, что уголь может поглощать разные газы, тогда как применявшиеся до того противогазы с веществами, вступающими с газом в реакцию, могли поглощать только определенные газы и притом не так хорошо.

Противогаз Зелинского спас жизнь многим десяткам тысяч людей. Впоследствии самая коробка была усовершенствована и снабжена клапанами для впуска и выпуска воздуха, благодаря чему дышать в маске стало легче.

Поглотительная способность угля была известна и раньше, как научный факт. Заслуга Н. Д. Зелинского заключается в том, что он применил данные науки к требованиям жизни и выработал способ обжигания угля, дающий наиболее пористый уголь, который поглощает газы во много раз больше, чем обыкновенный уголь.

Однако, уголь может поглощать только газы и пары, но не поглощает распыленные твердые или жидкие вещества и потому



Рис. 109. Красноармеец в противогазовой маске.

не годится для защиты от некоторых новейших отравляющих веществ (ОВ.). В современные противогазы вставляются кроме угля прослойки из войлока и т. п. материалов, удерживающие вещества в распыленном состоянии, которые часто применяются одновременно с газами.

Познакомьтесь еще с одним свойством угля.

*Задача 11.* Взболтайте в пробирке порошок угля с водой, подкрашенной краской индиго или другой, выданной преподавателем и профильтруйте (136).

*Задача 12.* Взболтайте в пробирке с порошком угля воду, в которой растворен газ сероводород, образующийся при гниении белковых веществ и придающий противный запах тухлому яйцу. После продолжительного взбалтывания профильтруйте и понюхайте профильтрованную воду (136).

Древесный уголь может поглощать не только газообразные, но и некоторые растворенные вещества.

Для поглощения растворенных веществ часто применяется на практике не древесный, а костяной уголь, полученный обжиганием костей. Через костяной уголь фильтруют, например, на сахарных заводах сахарный сироп. Сироп этот имеет желтоватый цвет, зависящий от посторонних примесей. Уголь поглощает эти примеси и сироп делается бесцветным. Вот почему, между прочим, обыкновенный сахар считается „скоромным“. Костяной уголь получается, ведь, от животных, а животная пища — скоромная. Поэтому „религиозные“ люди предпочитают постом лакомиться „постным“ сахаром, который, на самом деле готовится из того же самого „скоромного“, но с прибавкой духов и краски. Таким образом лавочник наживается на религиозном предрассудке.

#### 49. ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЯ

В СССР уголь получается преимущественно кустарным способом. Простейший способ углежжения состоит в том, что угольщики выкладывают дрова в виде полушаровидной кучи — „костра“ вокруг центрального кола (рис. 110); костер имеет обычно диаметр около 9 метров. Кучу прикрывают сверху слоем земли с мелким углем. На рис. 110 передняя часть кучи показана неприкрытой, правая часть прикрыта соломой, а левая, поверх соломы — землей. Внизу оставляется ряд отверстий, ничем не прикрытых. Когда все готово центральный кол вытаскивают, опускают в получившийся канал зажженную растопку и, когда

костер начнет разгораться, закрывают верхнее отверстие соломой и засыпают землей. Дым выходит через нижние отверстия. Углежог следит, чтобы костер горел равномерно, подсыпает где надо и уколачивает землю, чтобы горение шло с возможно малым доступом воздуха. Горение костра продолжается около недели. Так как уголь жгут обычно зимой, то для тушения костра пользуются снегом. Раскрывают костер сверху, делают ломом углубление и насыпают снегу. Образующиеся пары воды тушат костер, который на следующий день разбирают.

Вместо костров иногда устраивают постоянные кирпичные печи, в которые и загружают дрова.

Можно обугливать дерево и совсем без доступа воздуха. Прodelайте это на опыте.

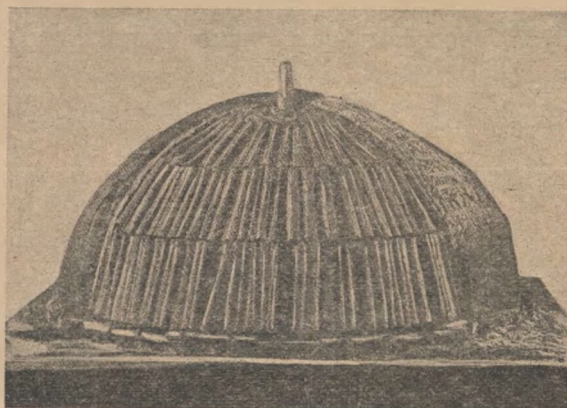


Рис. 110. Костер для выжигания угля.

*Задача 13.* Заполните пробирку до половины лучинками сухого дерева. Вставьте пробку с трубкой, выдающейся внутрь пробирки, как на рисунке 111. Укрепите пробирку на штативе в наклонном положении, как на рисунке и нагревайте на лампочке, начиная с конца пробирки. Выделяющийся из пробирки газ подожгите. Нагревайте, пока выделение газа не прекратится. Обратите внимание на собравшуюся в нижней части пробирки жидкость. Осторожно приоткрыв пробку, перелейте жидкость в другую пробирку. Вытрите куском бумаги горлышко первой пробирки и высыпьте из нее полученный уголь. Обратите внимание на его плотность и звонкость — свойство хорошо обожженного угля. Исследуйте образовавшуюся при нагревании дерева жидкость. В водянистой жидкости можно заметить бурые смолистые капли дегтя, имеющего характерный запах.

Испытайте водянистую часть лакмусовой бумажкой. Вы убедитесь, что это не чистая вода, а раствор, содержащий кислоты.

Ближайшее исследование водянистого слоя, получающегося при нагревании дерева без доступа воздуха, показывает, что этот слой содержит уксусную кислоту  $H(C_2H_3O_2)$ , небольшое



количество так называемого древесного спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$  и целый ряд других веществ. Деготь тоже представляет смесь различных органических веществ.

Лиственные породы дерева дают больше водянистых частей, хвойные — больше дегтя. В дегте хвойных деревьев содержится смола и скипидар.

Таким образом при нагревании дерева без доступа воздуха или при „сухой перегонке“ дерева, помимо угля получается еще целый ряд ценных продуктов, как: уксусная кислота, древесный спирт, смола, скипидар. Все эти продукты могут быть выделены, очищены и применены в дело. После отгонки скипидара от дегтя, полученного из смолистых частей хвойных деревьев, остается еще масса, черного цвета, затвердевающая на воздухе, известная под названием „вар“ и применяемая сапожниками для натирания дратвы, а также для заливания щелей в лодках, водоемах и т. п. Переработкой дегтя из смолистых деревьев получается еще целый ряд лекарственных и дезинфицирующих, т. е. обеззараживающих веществ, как, например, креозот. Самый деготь применяется для смазки деревянных осей телег, для пропитки канатов, кожи

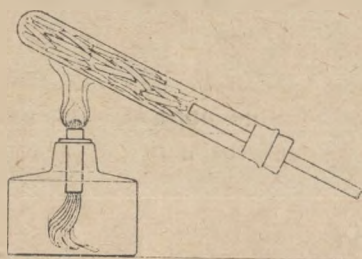


Рис. 111. Сухая перегонка дерева.

(сбруя, простые сапоги), чтобы сделать ее мягкой и непромокаемой.

Все эти ценные вещества, стоящие дороже полученного угля, при выжигании угля в кострах пропадают. Поэтому гораздо выгоднее получать уголь сухой перегонкой.

При сухой перегонке дерева, его загружают обыкновенно в „казаны“, большие железные котлы — коробки, вмазанные в печи, в которых они и накаливаются. Казан имеет плотную крышку и отводную трубку, соединяемую с холодильником. В холодильнике сгущаются жидкие продукты сухой перегонки. Газы иногда используют, сжигая их в той же печи, в которой накаливается и казан. На рис. 112 изображена простейшая схема завода для сухой перегонки дерева (разрез).

Для нашей страны с ее громадными лесными богатствами сухая перегонка дерева должна занять одно из важных мест среди других химических производств и выжигание угля в кострах должно постепенно совсем прекратиться.

На рис. 113 изображена схема (разрез) американского завода сухой перегонки дерева. Подобные заводы теперь строятся и у нас. Сухая перегонка производится в длинной трубе — реторте, нагреваемой снаружи двумя топками *F*. Дерево вкатывается в реторту на вагонетках *B*, на которых и обугливается. Когда процесс закончится, открываются дверки реторты, через которые в реторту вкатываются вагонетки с деревом *АА*, а с другого конца выкатываются вагонетки с готовым углем. В верхнем этаже на рисунке видны холодильники *CD*, в которых сгущаются жидкие продукты сухой перегонки. Эти продукты по желобам *E* стекают в приемники.

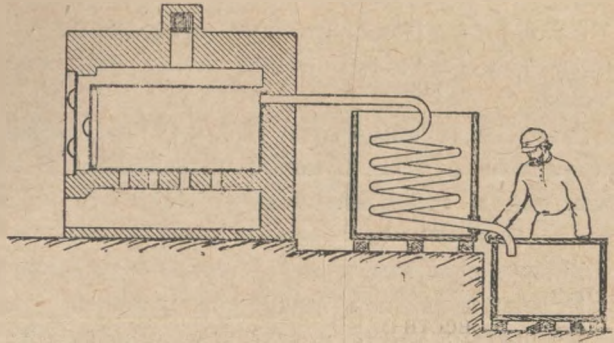


Рис. 112. Казан и холодильник для сухой перегонки дёва (схематический разрез).

В верхнем этаже на рисунке видны холодильники *CD*, в которых сгущаются жидкие продукты сухой перегонки. Эти продукты по желобам *E* стекают в приемники.

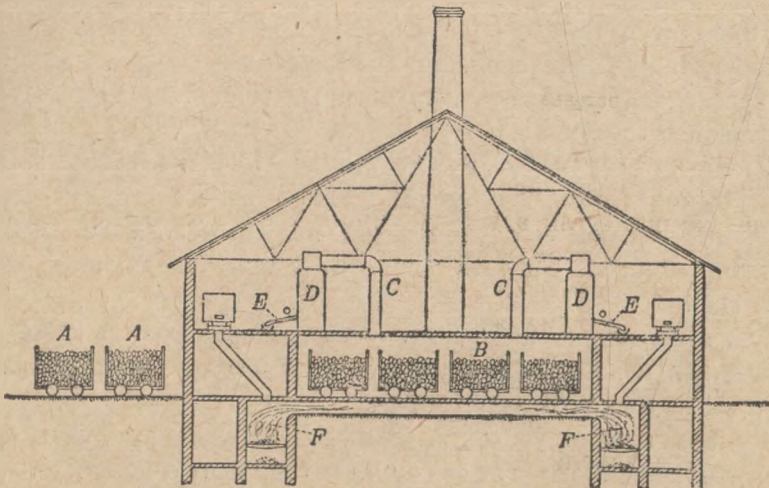


Рис. 113. Американский завод для сухой перегонки дерева.

Таким образом перегонка ведется непрерывно и не тратится время на охлаждение реторты для выгрузки угля и топливо на то, чтобы снова нагреть охладившуюся печь до нужной температуры.

## 50. СУХАЯ ПЕРЕГОНКА КАМЕННОГО УГЛЯ

Сухой перегонке можно подвергать не только дерево, но и многие другие органические вещества, как, например, каменный уголь.

*Задача 14.* Повторите опыт, проделанный с деревом, взяв вместо дерева измельченный каменный уголь. Нагревать нужно как можно сильнее.

Здесь также выделяются горючие газы, также получаются жидкие продукты и остается плотный уголь, который носит название „кокс“. Кокс, как и древесный уголь, состоит из углерода с примесью золы, которая остается после сжигания кокса на воздухе.

Жидкие продукты также состоят из водянистой части и черной смолы. Испытайте жидкость лакмусовой бумажкой. Она синее.

Продукты здесь иные, чем при сухой перегонке дерева. Получающаяся вода содержит в растворе нашатырный спирт и соли, с которыми вы познакомитесь в следующем году. Смолистая часть, вонючая — „каменноугольная смола“ представляет сложную смесь большого числа органических соединений. При перегонке этой смолы получается целый ряд очень ценных продуктов, как бензол, карболовая кислота, нафталин и другие. Из этих продуктов путем ряда сложных реакций получается громадное разнообразие ценнейших веществ: всевозможных оттенков красящие вещества, лекарственные вещества, взрывчатые и отравляющие вещества.

С некоторыми из этих веществ вы познакомитесь в курсе органической химии, а пока вы можете себе составить некоторое представление о разнообразии получающихся из каменноугольной смолы веществ на основании следующей схемы (рис. 114).

Сухая перегонка каменного угля совершается в громадных количествах и во всем мире получается в год несколько миллионов тонн каменноугольной смолы.

Помимо каменноугольной смолы и другие продукты сухой перегонки каменного угля также имеют большую ценность. Водянистая часть жидких продуктов является источником для получения искусственных удобрений (содержащих азот), дает материал для получения азотной кислоты, которая в свою очередь необходима для производства взрывчатых веществ и ряда других химических продуктов.



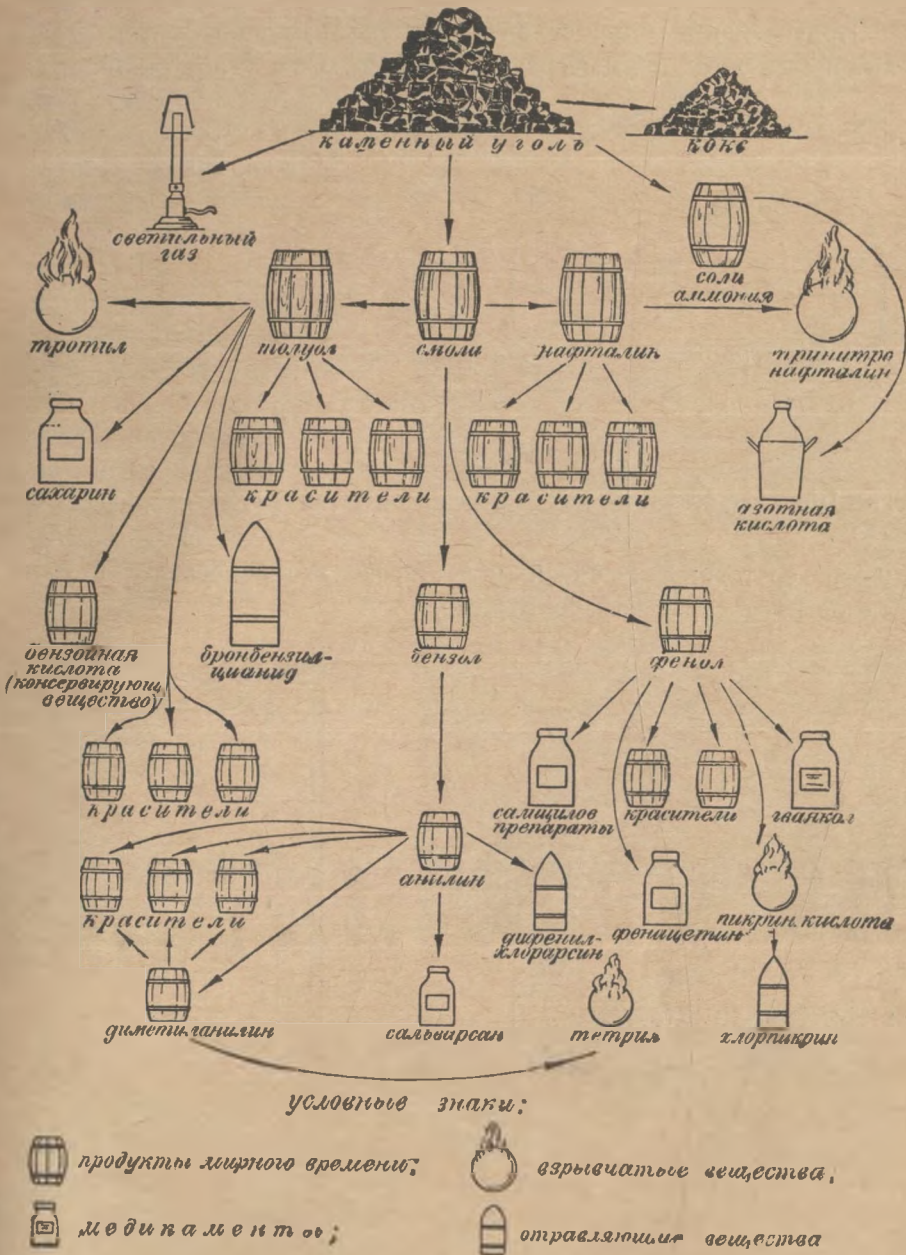


Рис. 114. Продукты переработки каменного угля.

Получающийся при сухой перегонке каменного угля „светильный газ“ применяют для освещения улиц (например, в

Москве), домов и для нагревания. Светильный газ представляет собою смесь целого ряда различных газов. Более чем на  $\frac{3}{4}$  он состоит из знакомых нам газов — водорода и болотного газа  $\text{CH}_4$ . Примерный состав светильного газа показан на диаграмме (рис. 115). Соотношение составных частей может несколько колебаться, в зависимости от сорта каменного угля.

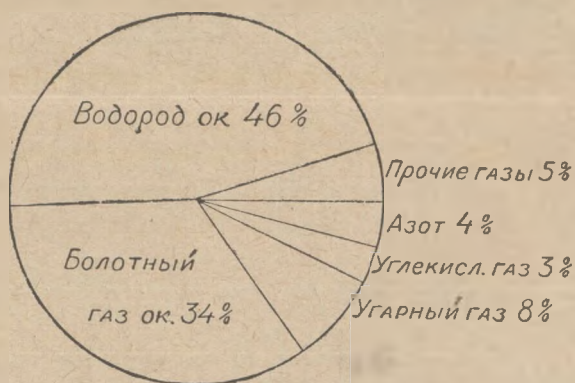


Рис. 115. Диаграмма примерного состава светильного газа.

Соотношение составных частей может несколько колебаться, в зависимости от сорта каменного угля.

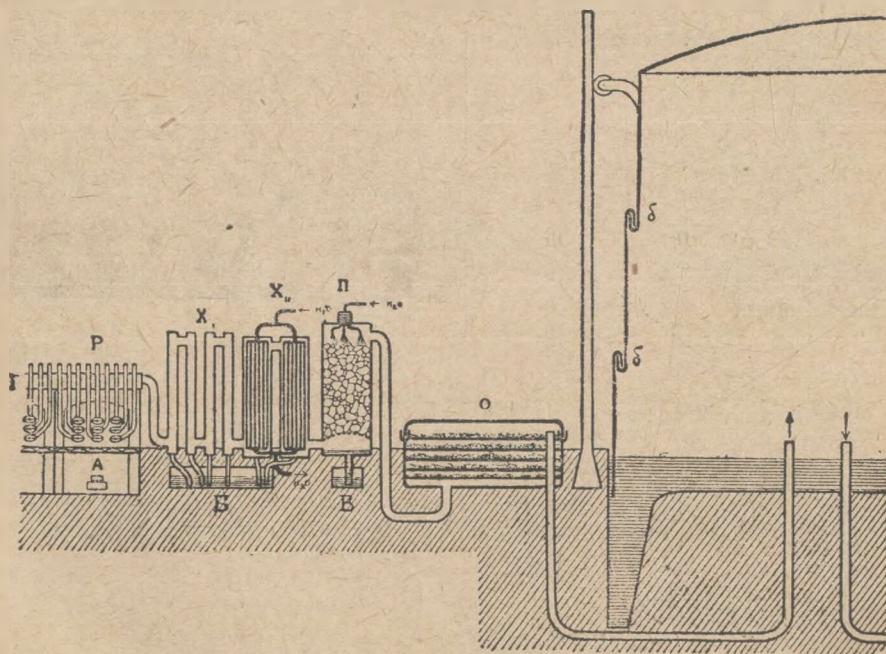


Рис. 116. Схема завода светильного газа (слева *P* — внешний вид, остальное — разрез).



Получаемый газ подвергается очистке. Из него удаляют охлаждением пары жидких продуктов сухой перегонки, при помощи воды выделяют хорошо растворимый в воде аммиак ( $\text{NH}_3$ ), при помощи окиси железа — придающий газу неприятный запах сероводород,  $\text{H}_2\text{S}$ , который дает при горении вредный сернистый газ. Напишите равенство реакции горения сероводорода (137).

На рис. 116 изображена схема устройства газового завода, Здесь А — печи. В печи вмазаны огнеупорные трубы — реторты, в которых накаливается

каменный уголь. От каждой реторты отходят кверху трубы, собирающиеся в одну общую широкую трубу Г над печами. Далее идет ряд труб — холодильников —  $X_1$ , где газ охлаждается воздухом, затем холодильник  $X_2$ , где трубы, по которым идет газ, охлаждаются током воды, затем башня П, где газ промывается водою, текущей навстречу газу по кускам кокса. Жидкие продукты сухой перегонки собираются в баках Б и В. Дальнейшая очистка происходит в огромных ящиках О, где на ряде решеток помещается окись железа. Очищенный газ поступает в газгольдер —

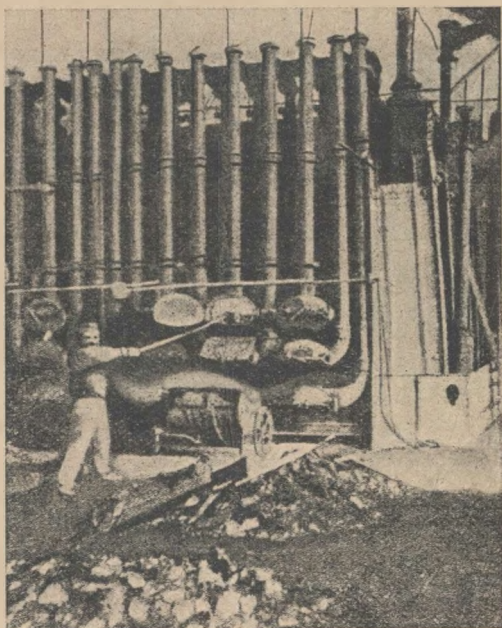


Рис. 117. Печи газового завода (по фотографии).

громadный железный колпак, опущенный краями в воду и всплывающий по мере поступления газа (на рис. изображена только часть газгольдера). Из-под этого же колпака отходит труба, через которую газ поступает в расходящиеся от завода трубы.

На рис. 117 изображена фотография печей газового завода. На рис. 118 и 119 — различные горелки и лампы, применяемые для газового освещения и нагревания — в домашнем обиходе, в химических и других лабораториях и мастерских.

Для выплавки металлов из руд требуются громадные коли-



чества кокса. Поэтому существуют заводы, занятые исключительно заготовкой кокса. На них получающийся при сухой перегонке каменного угля газ служит для нагревания коксоваль-ных печей, которые, раз пущенные в ход, могут работать, не требуя другого топлива. Прежде в топку шли и пары жидких продуктов сухой перегонки, в настоящее же время на рационально поставленных заводах эти ценные продукты отделяются от газа и утилизируются.

На рис. 120 изображен внешний вид коксовальных печей.

Уголь, получающийся в виде плотного слоя на стенках реторт, служащих для получения светильного газа, применяется для приготовления электродов в гальванических элементах и угольных стержней для дуговых электрических ламп.

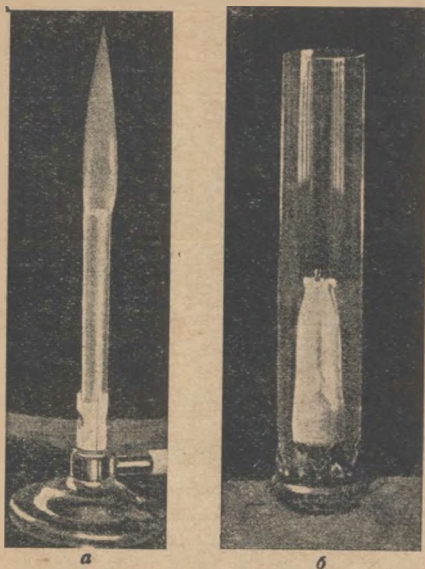


Рис. 118. *а* — газовая горелка, применяемая в химических лабораториях для нагревания. *б* — газовая горелка для освещения. Пламя газа накаливает колпачок из окислов металлов церия и тория. Эти окислы при накаливании ярко светятся (см. ниже).

### 51. АЛМАЗ И ГРАФИТ

Вы знаете, что при горении угля в кислороде образуется углекислый газ. Напишите равенство реакции (138).

Оказывается, что есть еще два вещества, способные гореть в кислороде и образующие только углекислый газ и ничего

больше. Это — алмаз и графит (из которого делают карандаши). При этом из одного и того же весового количества угля, алмаза и графита получаются одинаковые количества углекислого газа. В состав углекислого газа входит два элемента — углерод и кислород. Из этого следует, что уголь и алмаз простые вещества, что элемент углерод может образовать три видоизменения, три простые вещества. Припомните элемент, который образует два видоизменения, и назовите их в тетради (139).

Алмаз и графит встречаются в природе. Алмаз — кристаллическое вещество. Встречается в очень небольших количествах и в очень немногих местах — в Южной Африке, в Южной Аме-

рике, в Индии. Находимые в природе алмазы на первый взгляд довольно невзрачные камешки, небольших размеров (рис. 121). Самые большие, крайне редко встречающиеся — величиною с куриное яйцо. Характерный блеск алмазов обнаруживается только после шлифовки и полировки. Светлые и прозрачные алмазы ценятся как украшения. Граненые алмазы определенной формы называются бриллиантами. Бывают алмазы, окрашенные примесями и даже совсем черные, непрозрачные.

Алмаз — самое твердое из известных веществ, и шлифовать и полировать алмаз можно только алмазным же порошком. Благодаря своей твердости алмазы применяются в технике для резки стекла, для резки, обтачивания и сверления самых твердых камней и других твердых веществ. На рис. 122 изображен конец алмазного бура, которым можно сверлить самые твердые горные породы при добычании нефти, при устройстве шахт, тоннелей и т. д.

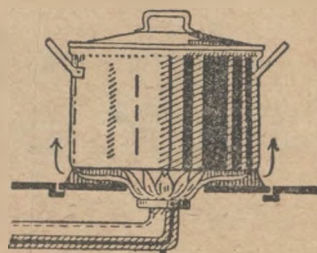


Рис. 119. Газовая плита.

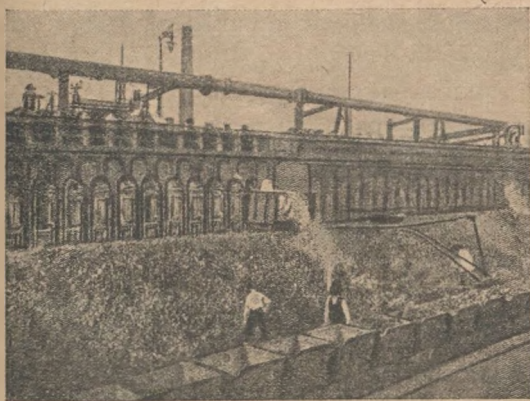


Рис. 120. Коксовальные печи. Перед ними гряда кокса, который грузится в вагонетки.

Графит — непрозрачное, кристаллическое вещество, более распространен чем алмаз и встречается в сравнительно больших количествах. В СССР графит встречается на Урале (Пермский округ), на Кавказе, в Сибири (около Иркутска).

Графит состоит из мягких чешуйчатых кристалликов, которые хорошо прилипают к бумаге, почему графит

применяется для приготовления карандашей. Мелкий порошок графита смешивается с мелким порошком глины и из смеси прессуются палочки. Чем больше глины, тем карандаш тверже. Хотя графит и может гореть в чистом кислороде при очень сильном накаливании, но в воздухе он очень огнестоек. Поэтому

графит в смеси с глиной применяется для изготовления тиглей, в которых на заводах плавят металлы. Графит хорошо проводит электрический ток и применяется для изготовления электродов. Наконец, графит, смешанный с маслом, является хорошим смазочным материалом. Его плоские чешуйки легко скользят одна по другой и уменьшают трение. Трущиеся деревянные поверхности просто натирают порошком графита.



Рис. 121. Алмазы, как их находят в природе (по фотографии).

То, что столь различные вещества, как уголь, графит и алмаз состоят из того же самого элемента из одних и тех же атомов углерода, на первый взгляд кажется очень странным, но это все же так. Резкие различия в свойствах этих трех веществ объясняются тем, что молекулы их состоят из различного числа атомов углерода, которые различно расположены.

Возможны превращения этих веществ одно в другое. Так уголь растворяется в расплавленном железе (до 6%). При медленном охлаждении полученного раствора часть углерода выделяется, но не в виде угля, а в виде графита. Кристаллики графита можно выделить, растворив железо в кислоте.

Сплав железа с углеродом (и другими веществами) есть не что иное, как обыкновенный чугун, из которого делают сковородки, печные дверцы и т. п. Известно, что новые чугунные вещи сильно пачкают. Если, например, потереть их платком, платок делается черным. Это зависит от присутствия в чугуне графита.

Уголь превращается в графит и при очень сильном накаливании в электрической печи. Этим способом готовится искусственный графит. На рис. 123 изображен вид печи для производства искусственного графита из угля.

Французский ученый Муассан получал алмазы, быстро охлаждая расплавленное железо, насыщенное углем при очень высокой

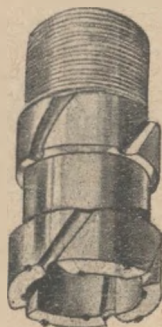


Рис. 122. Алмазный бур для сверления твердых горных пород.



температуре (растворимость угля в железе с температурой возрастает). Для этого он нагревал железо с углем в электрической печи (рис. 124), в пламени вольтовой дуги, температура которой около  $3500^{\circ}$ , и затем быстро опускал тигель с жидким металлом в холодную воду (рис. 125).

При этих условиях в остывшем металле, вместе с кристалликами графита выделяются также мельчайшие кристаллики алмаза, которые можно выделить, растворив железо в кислоте. Кристаллики эти настолько малы, что технического значения они не имеют, больших же кристаллов искусственно получить не удается.

При накаливании алмаза выше  $2000^{\circ}$  без доступа воздуха он частично превращается в графит.

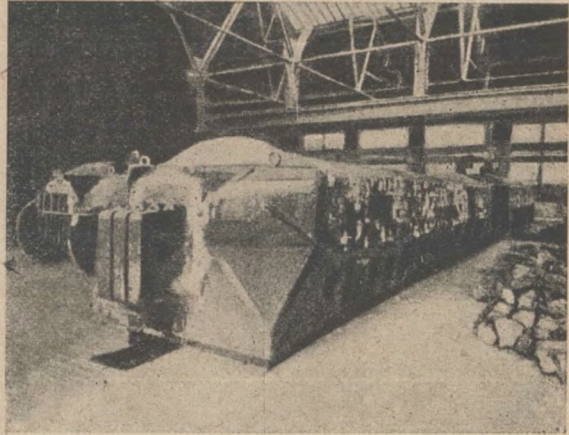


Рис. 123. Электрическая печь для производства искусственного графита из угля. Спереди видны концы электродов.

## 52. УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ

Углекислый газ  $\text{CO}_2$ , получающийся при горении угля и органических веществ, вам уже хорошо знаком.

Припомните при каких реакциях получали углекислый газ (140).

Для получения углекислого газа обыкновенно пользуются действием кислот на известняки — обыкновенный известняк, мел или мрамор. Все эти

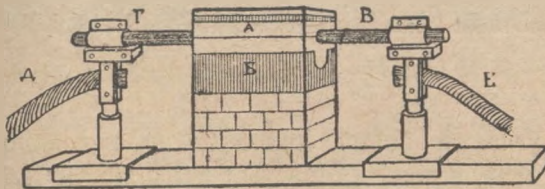


Рис. 124. Электрическая печь Муассана. Состоит из двух кусков известня А и Б. В нижнем имеется углубление, в которое ставится тигель. В печь вставлены два угольных электрода В и Г, соединенные с проводами Д и Е. Между концами углей образуется вольтова дуга, которая и нагревает тигель.

горные породы по своему химическому составу представляют собою углекальциевую соль  $\text{CaCO}_3$ , большей или меньшей чистоты,

более или менее плотного строения. Углекальциевая соль это соль угольной кислоты  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , в которой водород замещен металлом кальцием. Вы из курса естествознания должны помнить, что при обливании известняков кислотами происходит шипение и выделение углекислого газа.

*Задача 15.* Облейте в пробирках куски имеющихся у вас известняков разбавленной соляной кислотой и наблюдайте выделение углекислого газа. Как вы убедитесь, что это углекислый газ? (141).



Рис. 125. Погружение вынутого из печи Муассана тигля в холодную воду.

При реакции между углекальциевой солью  $\text{CaCO}_3$  и соляной кислотой  $\text{HCl}$  сначала получается хлористый кальций  $\text{CaCl}_2$  и угольная кислота  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Расставьте коэффициенты в приведенном в тетради равенстве (142). А затем угольная кислота, которая представляет вещество очень непрочное, распадается, образуя углекислый газ. Что еще получается при этом? Допишите равенство в тетради (143).

Напишите теперь равенство действия соляной кислоты на известняк, принимая во внимание только те вещества, которые получаются в конечном итоге (144).

*Задача 16.* Возьмите вместо соляной кислоты разбавленную серную кислоту с пометкой на этикетке 1:5. Это означает, что 1 объем кислоты разбавлен пятью объемами воды. Подействуйте этой кислотой на известняк. Какая разница с действием соляной кислоты? (145).

Разница объясняется тем, что образующаяся при реакции соль  $\text{CaSO}_4$  (гипс) очень мало растворима в воде.

Напишите равенство реакции (146).

Свойство сернокальциевой соли объясняет, почему для получения углекислого газа берут не более дешевую серную кислоту, а соляную.

*Задача 17.* Подействуйте серной кислотой на угленатриевую соль или соду  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , взяв очень немного сухой соды в пробирку. Результат? (147).

Повторите опыт, взяв вместо сухой соды ее раствор. Результат? (147).

Допишите в тетради равенство реакции и поставьте коэффициенты (148).

Чем объяснить различие действия серной кислоты на известняк и на соду? (149).

Подумайте, почему для получения углекислого газа не пользуются содой, а берут известняк или мрамор? (150). Теперь познакомьтесь со свойствами углекислого газа.

*Задача 18.* В прибор для получения газов (рис. 126) поместите куски мрамора или известняка и прилейте соляной кислоты (1:2). Соберите углекислый газ в банку. Убедитесь, что банка наполнена до краев. Как убедиться? (151).

Понюхайте углекислый газ, поднеся банку к носу и сильно вдыхая. Имеет ли углекислый газ запах? (152).

Опустите в банку трубочку и всосите через нее углекислый газ в рот. Имеет ли он вкус? (152).

Дополните банку углекислым газом и перелейте из нее углекислый газ в другую банку (лучше меньших размеров). Переливайте так, как вы переливали бы воду. Как вы убедились, что из первой банки газ перешел во вторую? (153).

Углекислый газ примерно в  $1\frac{1}{2}$  раза тяжелее воздуха. 1 литр воздуха при обыкновенной температуре и давлении весит около 1,3 г, 1 литр углекислого газа — около 2 г.

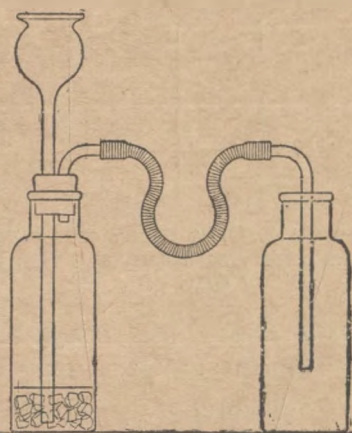


Рис. 126. Получение углекислого газа и наполнение им склянки.



*Задача 19.* Наполните банку углекислым газом. Влейте в нее около  $\frac{1}{3}$  банки воды и, плотно закрыв ладонью (рис. 127), сильно взболтайте. Что вы замечаете? (154).

Замеченное вами явление зависит от того, что углекислый газ довольно хорошо растворяется в воде. В одном объеме воды при комнатной температуре растворяется около  $1\frac{1}{2}$  объемов углекислого газа.

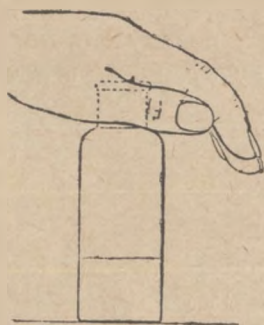


Рис. 127. Опыт с растворимостью углекислого газа в воде.

*Задача 20.* Влейте в банку, в которой находится полученный вами раствор углекислого газа в воде, немного фиолетового раствора лакмуса и взболтайте (155).

Что такое раствор углекислого газа в воде? (156).

Напишите равенство соединения углекислого газа с водой (157).

Перелейте немного раствора углекислого газа в пробирку и нагрейте почти до кипения. Что наблюдается? Как это объяснить? (158).

*Задача 21.* Пропустите немного углекислого газа в известковую воду.

Теперь вы уже можете понять, почему известковая вода от углекислого газа мутится. Это потому, что между углекислым газом и гашеной известью  $\text{CaO}_2\text{H}_2$ , раствор которой и называется известковой водой, происходит реакция и образуется нерастворимая в воде углекальциевая соль  $\text{CaCO}_3$ . Допишите равенство этой реакции в тетради (159).

Углекислый газ сильным давлением (около 60 атмосфер) можно при обыкновенной температуре обратить в жидкость. Сгущенный в жидкость углекислый газ хранится в таких же стальных баллонах, как и кислород и водород (которые, в противоположность углекислому газу, при обыкновенной температуре даже при очень сильном сжатии в жидкость не обращаются) и поступает в них в продажу.

### 53. ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Углекислый газ имеет многочисленные применения.

1. Как газ, не поддерживающий горения обычных горючих веществ, углекислый газ применяется для тушения пожаров, особенно когда загораются такие вещества, которые водой гасить

нельзя: нефть, керосин, бензин. Эти вещества легче воды и при заливании водой всплывают на воде и продолжают гореть.

Попробуйте загасить углекислым газом горящий бензин.

**Задача 22.** Наполните углекислым газом большую банку для варенья, деревянную или картонную коробку и т. п. (рис. 128). Налейте в стакан или, лучше, в жестяную коробку из-под консервов и т. п. немного бензина и зажгите. Попробуйте погасить бензин, вливая в банку воду. Бензин не гаснет. Поднесите к горящему бензину банку с угле-

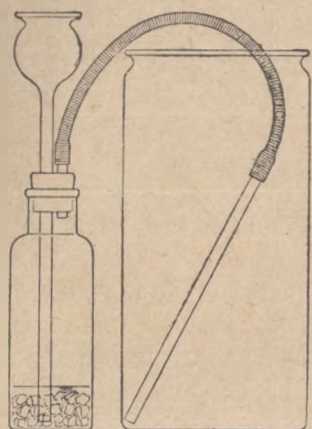


Рис. 128. Наполнение углекислым газом банки для варенья.

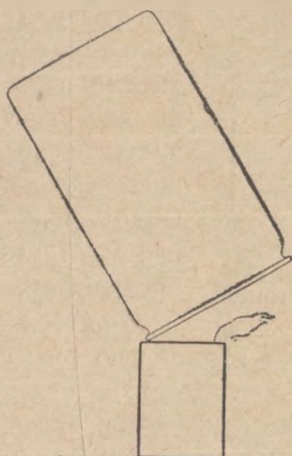


Рис. 129. Заливание углекислым газом горящего бензина.

кислым газом и быстро опрокиньте над горящим бензином (рис. 129). Бензин сразу же гаснет. Не опрокидывайте только банки раньше времени, а над самым пламенем бензина.

Если вы зажигаете бензин не в жестянке, а в стакане, поставьте его не прямо на стол, а на сковородку с песком, на случай, если бы стакан лопнул. Склянку с бензином во время опыта следует убрать подальше. На случай неудачи пламя бензина можно засыпать песком, который должен быть наготове.

На практике, при тушении пожаров углекислый газ не применяется в готовом виде, а получается в тот момент, когда он нужен. Для этого служат так называемые огнегасители. Один из подобных огнегасителей изображен на рис. 130 в разрезе. Это большой железный цилиндр *A*, наполненный раствором угленатриевой соли (сода —  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). В верхней части сосуда находится решетчатая коробка *P*, в которую помещена

запаянная стеклянная трубка  $T$  с раствором соляной кислоты. Сосуд завинчен крышкой  $K$ , в которую вставлен штифт с головкой  $Ш$ . Наконец, в верхней части цилиндра имеется носик  $H$ .

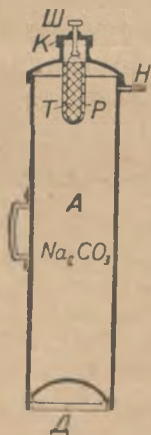


Рис. 130.  
Огнетушитель.

Если перевернуть огнетушитель, держа за вделанную в дно ручку  $Д$ , и сильно ударить головкой штифта  $Ш$  об пол, то штифт входит внутрь, трубка с кислотой разбивается и начинается знакомая уже вам реакция между содой и соляной кислотой. Вся жидкость внутри огнетушителя начинает шипеть. Углекислый газ, поднимающийся вверх, сильно давит на поверхность жидкости (рис. 131) и шипящая, пенная, непрерывно выделяющая углекислый газ жидкость сильной струей выбрасывается из огнетушителя. Выделяемая жидкостью пена покрывает горящий предмет, углекислый газ оттесняет воздух и горение прекращается.

Огнетушитель держат одной рукой за ручку в дне, другой за боковую ручку и направляют струю на пламя снизу. Огнетушитель особенно полезен в самом начале пожара. Очень много пожаров предотвращается там, где есть огнетушители. Бывший в употреблении огнетушитель можно зарядить снова и он опять будет готов к работе.

2. Большие количества углекислого газа применяются для приготовления шипучих напитков — сельтерской воды, лимонадов, сидра и т. п. В бутылку с соответствующим раствором углекислый газ накачивается под давлением и бутылка сейчас же затыкается пробкой. При вынимании пробки углекислый газ выходит из бутылки, давление делается равным атмосферному, содержащийся в растворе углекислый газ начинает выделяться и напиток шипит и пенится.

В пиве, квасе, шипучих винах и т. д. углекислый газ образуется при брожении, благодаря присутствию дрожжей. С брожением вы подробно ознакомитесь в курсе органической химии.

При продаже шипучих напитков в „киосках“ баллоном со сжиженным углекислым газом пользуются для наливания напитка.



Рис. 131. Огнетушитель в действии.



Углекислый газ из баллона при открывании крана давит на находящийся в бочке напиток и он вытекает в подставленный стакан (рис. 132).

3. Температура кипения сжиженного углекислого газа — 78°. Поэтому, выпуская струю сжиженного углекислого газа из перевернутого кверху дном баллона, можно получить очень низкую температуру, чем также пользуются на практике. Кипящая жидкость охлаждается все сильнее и сильнее и, наконец, она превращается в твердую снегообразную массу. Эта масса постепенно испаряется, оставаясь все время твердой, не переходя в жидкое состояние. Если эту снегообразную массу спрессовать и поместить в деревянный ящик, то она испаряется очень медленно, все время сохраняя температуру — 79°.

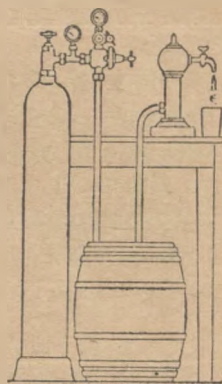


Рис. 132. Применение углекислого газа для розлива шипучих напитков.

В последнее время американцы стали применять такую „твердую углекислоту“ для охлаждения перевозимых по железным дорогам скоропортящихся продуктов, вместо льда, и называют ее „сухой лед“. Таким способом перевозят замороженную рыбу, дичь, мясо, масло и даже готовое мороженое. При перевозке мороженого 20 килограммов „сухого льда“ заменяют 300 килограммов льда и 60 килограммов соли. Таким образом получается громадная экономия места. Сухой лед не требует никаких приспособлений. Он кладется непосредственно между ящиками с товаром без опасения его „подмочить“. На рис. 133 фотография вагона, в который грузится „сухой лед“.



Рис. 133. Погрузка „сухого льда“ в вагон.

4. Наконец, углекислый газ применяется при производстве соды, с которым вы познакомитесь в будущем году и при ряде других химических производств.

В технике углекислый газ готовится не только действием кислот на известняки, но и обжиганием известняков при высокой температуре. Вы уже знаете, что известняки обжигают для получения извести:

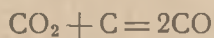


При обжигании в соответственно устроенных печах можно использовать и выделяющийся при этом углекислый газ.

#### 54. ОКИСЬ УГЛЕРОДА

При горении органических веществ при недостаточном доступе воздуха, кроме углекислого газа  $\text{CO}_2$  образуется еще другой окисел углерода — окись углерода или угарный газ  $\text{CO}$ .

Окись углерода получается также при пропускании углекислого газа через сильно нагретый уголь. Уголь отнимает от молекулы углекислого газа один атом кислорода и получается две молекулы окиси углерода:



Чем сильнее накален уголь, тем больше окиси углерода образуется. При слабом накаливании она совсем не образуется. Опыт продельвается так: уголь помещается в железную трубку А

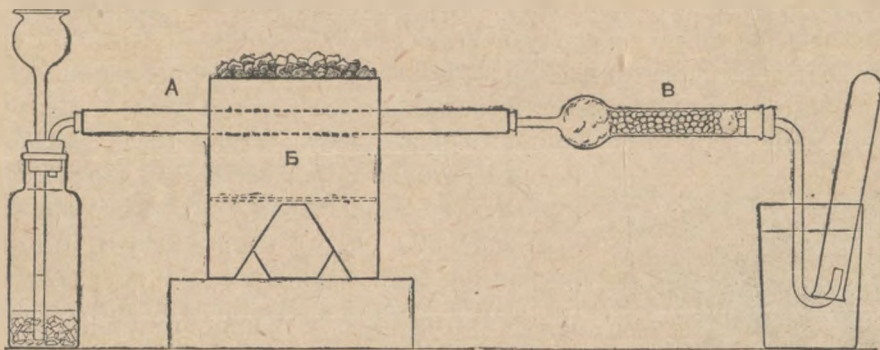


Рис. 134. Прибор для получения окиси углерода.

(рис. 134) и трубка накаливается на жаровне Б. Через накаленную трубку пропускается углекислый газ. Избыток углекислого газа удерживается смесью едкого натра с известью в трубке В. Образующаяся окись углерода собирается в пробирку над водой. Окись углерода очень сильный яд. Ничтожная примесь окиси углерода в воздухе уже вызывает отравление (угар), сопровождающееся головной болью, шумом в ушах. Примесь же 1% по объему уже делает воздух очень ядовитым и даже непродолжительное вдыхание такого воздуха влечет серьезное отравление — потерю сознания и, в конце концов, — смерть. При серьезных отравлениях окисью углерода отравившегося человека следует

прежде всего вынести на свежий воздух. Если это не помогает, применяют растирание тела, искусственное дыхание, вдыхание кислорода.

В виду сильной ядовитости окиси углерода, получать ее можно только в том случае, если в лаборатории имеется хороший вытяжной шкаф. Вытяжные шкафы в химических лабораториях устраиваются для работ с ядовитыми веществами. Это стол, с устроенным над ним застекленным колпаком, с подъемными стеклянными дверцами и с трубой наверху, соединенной с дымоходом в стене. В этом дымоходе или помещается электрический вентилятор или в нем зажигается горелка. Тогда, благодаря тому, что теплый воздух поднимается кверху, в трубе устанавливается тяга и газы из шкафа выносятся тягой на крышу.

Если у вас в школе тяги нет или она плохая и преподаватель не сможет показать вам образование окиси углерода, вам придется удовольствоваться тем, что вы можете видеть и, вероятно, видели пламя горящей окиси углерода дома. Это те голубые огоньки, которые заметны над раскаленным углем при топке печей, когда дрова уже сгорели и остается еще много непрогоревших углей. Эти же огоньки видны в трубе самовара, когда в нем еще много раскаленных углей. Сама окись углерода — бесцветный газ, не имеющий запаха, мало растворимый в воде и видеть его особого интереса не представляет.

Каким же образом образуется окись углерода в самоварной трубе и в печи? Разберем сначала первый случай. Представим себе самовар в разрезе (рис. 135). Труба его наполнена раскаленными углями. Снизу через решетку входит воздух. При горении угля образуется углекислый газ, который в вышележащих слоях накаленного угля вступает с ним в реакцию, образуя окись углерода. Окись углерода частью уносится в трубу, частью, встречая проникающий сверху в трубу воздух, сгорает, образуя углекислый газ. Напишите равенство реакции горения окиси углерода (160).

Если с самовара снять трубу раньше, чем уголь прогорит, т. е. раньше, чем количество его значительно уменьшится, не

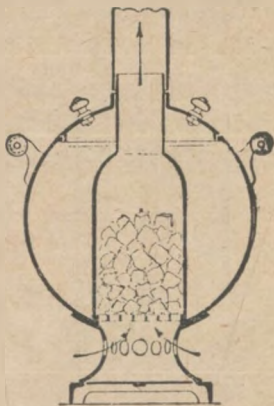


Рис. 135. Разрез самовара.



успевшая сгореть окись углерода будет попадать в помещение и люди могут отравиться — угореть. Если же угля останется в трубе мало, то количество проникающего через нижнее отверстие воздуха будет достаточно, чтобы образующаяся окись углерода сгорела нацело, да и образоваться ее будет очень мало, так как уголь будет охватываться воздухом и нацело сгорать в углекислый газ.

Из рисунков 136, 137 и 138 ясно, при каких условиях образуется окись углерода в комнатной печи.

На рисунке 136 угля в печи много. Труба открыта. Воздух входит во все отверстия в дверце и вокруг нее. При горении угля образуется углекислый газ, который в верхних слоях кучи

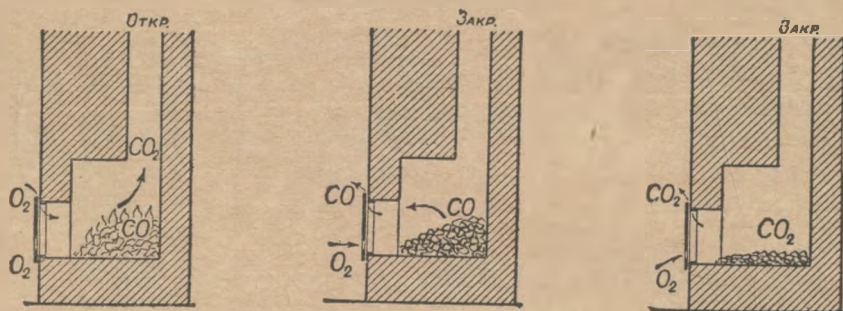


Рис. 136, 137, 138. Разрез комнатной печи.

накаленного угля вступает в реакцию с углем, образуя окись углерода. Выходя на поверхность кучи угля окись углерода сгорает в притекающем воздухе — голубые огоньки над углем. Углекислый газ и не успевшая сгореть окись углерода вместе с азотом воздуха уносятся в трубу.

На рис. 137 — труба закрыта раньше времени, пока еще угля много и он сильно накален. Снизу в печь поступает холодный воздух. Теплые же продукты горения и азот воздуха, не имея выхода в трубу, выходят наружу через щели над дверкой. Образующаяся как и в первом случае окись углерода уже не сгорает, так как нет достаточного притока воздуха и, вместе с углекислым газом и азотом выходит наружу.

На рис. 138 — труба закрыта во время — когда угля осталось немного. Он рассыпан тонким слоем на поду печи и поэтому не так накален, как в том случае, когда он лежит кучей. Окиси углерода не образуется или образуется мало и поступающего

снизу воздуха достаточно для ее сгорания. Из печи через щели выделяется только безвредный углекислый газ.

Теперь вы будете знать, почему нельзя закрывать печь пока угля еще много и он сильно накален.

Попробуйте какнибудь сделать такой опыт: когда угля в печи останется уже не много—соберите его в кучу—над ним сейчас же появятся огоньки горячей окиси углерода. Затем разравняйте тот же уголь равномерным слоем по всему поду печи—уголь делается более темным и огоньки над углем пропадут. Условий соприкосновения углекислого газа с накаленным слоем углей уже не будет и образование окиси углерода прекратится.

На этом примере видно, что для ясного понимания такого, казалось бы, простого процесса, как топка печи и для сознательного управления этим процессом необходимо знакомство со свойствами и условиями образования получающихся при реакции веществ, в частности, окиси углерода. Над изучением окиси углерода работал целый ряд ученых.

Следует остановиться еще на вопросе о том, может ли „пахнуть угаром“? Ведь окись углерода сама по себе не имеет запаха. Откуда же составилось такое мнение, что угар пахнет? Дело здесь в том, что наилучшие условия для образования окиси углерода, это—высокая температура накаленного угля. А это бывает как раз тогда, когда еще не все дерево сгорело нацело, когда еще остались несгоревшие головешки или не вполне обожженный уголь, сохранивший еще в себе органические вещества, продукты сухой перегонки дерева. При недостаточном доступе воздуха, т. е. когда самовар подан с большим количеством углей, или когда печь закрыта раньше времени, эти продукты попадают в воздух. Мы слышим характерный запах дыма. Одновременно же в воздух попадает и окись углерода. Таким образом, замечая запах дыма, мы одновременно можем и угарать. Дым нас предупреждает о возможности отравиться окисью углерода.

Однако, окись углерода может образоваться не в меньшем количестве и тогда, когда имеется только чистый уголь, головешки все сгорели и дымом не пахнет. В таких случаях человек угарает совершенно незаметно и может отравиться на-смерть. От угара погиб знаменитый французский писатель Эмиль Золя.

Окись углерода содержится в светильном газе (стр. 130). Поэтому необходимо следить, чтобы газовые краны были всегда

хорошо закрыты. Известен целый ряд случаев отравления светильным газом.

Изучение свойств окиси углерода показывает, что при сгорании ее выделяется большое количество тепла, что температура пламени ее очень высока — около 1400°. Поэтому при топке печей нужно так регулировать приток воздуха, чтобы окись углерода не улетала в трубу, так как это будет прямой убыток. Нужно, чтобы вся образующаяся в печи окись углерода тут же сгорала и отдавала свое тепло стенкам печи. За этим особенно приходится следить в топках заводских печей, где сжигается громадное количество топлива и где особенно важно нацело использовать даваемое им тепло. К этому вопросу мы еще вернемся, когда будем говорить о топливе. Тогда же поговорим и о том, как знание свойств окиси углерода позволило использовать этот страшно ядовитый газ для технических целей. Пока же остановимся еще на вопросе о горении и пламени.

### 55. ПЛАМЯ

Вы знаете, что горение может происходить с пламенем и без пламени. Без пламени горят такие вещества, которые во время горения не превращаются в газы, как уголь, который только накаливается и тлеет, и как железо, которое сгорая в кислороде, дает только искры — отскакивающие частички накаленной окиси железа. Если же вещество горит с пламенем, то это значит, что это вещество или газообразно, как водород, светильный газ, окись углерода или же превращается при горении в газы.

*Задача 23.* Рассмотрите пламя спиртовой лампы. Обратите внимание на нижнюю — синеватую часть и верхнюю — желтоватую. Внутри вы видите более темную часть А (рис. 139). Над нею — более светлый язычок Б. Если внимательно присмотреться, то можно заметить, что все пламя окружено еще едва заметной менее яркой оболочкой В, которая виднее в верхней части пламени. При рассматривании пламени лучше если фитиль не слишком сильно выдвинут. Пламя должно быть средних размеров.

Для того, чтобы решить, что происходит в различных частях пламени, что это за части, сделайте следующие опыты.

*Задача 24.* Внесите в пламя лучинку, держа ее горизонтально над самой светильной (рис. 140). Как только лучинка начнет темнеть — быстро выньте ее, не давая ей загореться.



Перерисуйте рисунок 140 в свою тетрадь (161) и зачерните те места на изображенной лучинке, которые у вас почернели. Повторите опыт несколько раз, беря свежую лучинку и держа ее каждый раз немного выше. Изобразите эти лучинки на вашем рисунке и зачерните те части, которые обугливались.

Где находится наименее жаркая часть пламени? (161)

Что находится в самой жаркой части пламени спиртовой лампочки?

Для решения этого вопроса сделайте следующий опыт.

**Задача 25.** Возьмите щипцами или пинцетом небольшой кусок стеклянной трубки (около 10 см длиной) и, хорошо прогрев ее в пламени

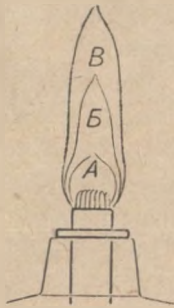


Рис. 139. Строение пламени спиртовой лампы.

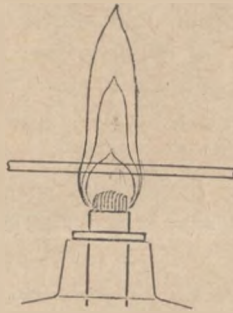


Рис. 140. Внесение лучинки в пламя спиртовой лампы.

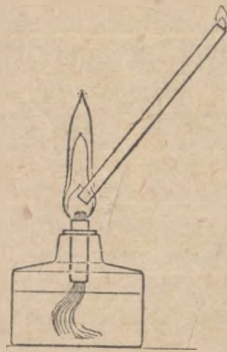


Рис. 141. Выведение паров спирта из пламени спиртов. лампы.

лампочки, держите ее наклонно так, чтобы конец ее приходился примерно в середине части пламени А (рис. 141). К верхнему концу поднесите пламя спички. У конца трубки появится маленькое пламя. Это горят пары спирта, находящиеся во внутренней части пламени и выходящие по трубочке. Трубка должна быть нагрета для того, чтобы пары в ней не сгущались.

Медленно поднимайте трубочку так, чтобы нижний конец, по возможности, не отклонялся от вертикальной оси пламени. При каком положении нижнего конца трубки маленькое пламя гаснет? (162)

Если в вашей лаборатории есть светильный газ, сделайте те же опыты с газовой горелкой.

Проделанные опыты показывают, что горение происходит лишь в наружной и верхней части пламени, внутри же пламени находятся газ или пары спирта, испаряющегося со светильни. В са-

мой же наружной едва видимой части пламени *B* находятся уже лишь накаленные продукты горения.

Подобно тому как внутри пламени спиртовой лампочки находятся пары спирта, так же и внутри пламени серы, фосфора, магния находятся пары этих веществ, которые и образуют пламя.

Что же находится внутри пламени горящего дерева? Вряд ли там могут быть пары дерева. Однако рассматривание пламени хотя бы спички убедит вас, что пламя это имеет такое же строение, как и всякое другое пламя. Если вы задуете пламя лучинки, то от нее будет некоторое время подниматься дымок с характерным запахом. Это, конечно, не пары дерева, а знакомые вам продукты сухой перегонки дерева, те же газы и пары, которые получаются при нагревании дерева без доступа воздуха. Эти газы и пары и составляют внутреннюю часть пламени, куда не проникает воздух. Встречаясь же с воздухом, они сгорают.

Точно так же и при горении свечи внутри пламени ее находятся газы и пары, представляющие продукты сухой перегонки стеарина.

*Задача 26.* Прodelайте со свечей опыт с выведением газов из внутренней части пламени свечи при помощи нагретой на спиртовке стеклянной трубки (см. задача 25). Обратите внимание на запах этих паров, не похожий на запах стеарина. Зарисуйте у себя в тетради строение пламени свечи (161).

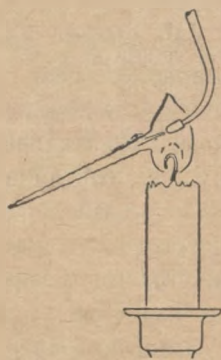


Рис. 142. Вдувание воздуха в пламя свечи.

Наблюдая пламя свечи, вы должны были обратить внимание на одно отличие пламени свечи от пламени спиртовой лампочки. Это светимость пламени свечи. От чего она зависит?

*Задача 27.* Внесите в верхнюю часть пламени свечи какой-нибудь холодный предмет -- стакан, чашку, нож. Вы заметите образование копоти. Вам известно, что такое копоть, сажа. Это -- углерод, частички угля.

Можно сделать пламя свечи и несветящимся.

Для этого при помощи паяльной трубки (прежде чем брать ее в рот, продезинфицируйте ее: нагрейте конец в пламени спиртовки и остудите); вдувайте в пламя свечи струю воздуха (рис. 142) и обратите внимание на цвет пламени. Внесите в это пламя холодный предмет. Сажа теперь не оседает.

Сделанные вами наблюдения заставляют предположить, что образование в пламени частичек углерода и есть причина свети-

мости пламени свечи. Это предположение подтверждается тем, что есть вещества, которые не только горят светящим пламенем, но при этом еще коптят, выделяя сажу, как, например, керосин. Здесь частички угля отчасти выделяются из пламени, не успевая сгореть, в пламени же свечи образующиеся частички угля сгорают в наружной части пламени.

При усиленном притоке воздуха (в лампах) и керосин горит не коптящим пламенем. Что причина здесь именно в усиленном притоке воздуха — можно убедиться на следующем опыте.



Рис. 143. Вдувание воздуха в пламя керосина.

*Задача 28.* Смочите конец лучинки керосином, опустив лучинку в керосин не более как на 1 см, и зажгите керосин. Он горит коптящим пламенем. Вдувайте в пламя воздух паяльной трубкой, направляя ток воздуха вдоль лучинки (рис. 143). Пламя перестает коптить и делается более ярким. При очень сильном вдувании воздуха пламя может сделаться почти не светящим, как и при опыте с пламенем свечи.

Если припомнить, какие вещества горят ярким светящим пламенем, то окажется, что это такие вещества, которые дают твердые продукты горения — магний, фосфор, кальций. Какие продукты они образуют? (163)

Вещества же, дающие газообразные продукты горения, горят бледным, мало светящим пламенем. Приведите примеры (164).

Зависит это от того, что накаленные твердые вещества светят ярче, чем накаленные газы. Убедиться в этом можно, вдувая в пламя спиртовой лампочки какой-нибудь негорючий порошок, например, известь. Порошок накаливается и ярко светится.

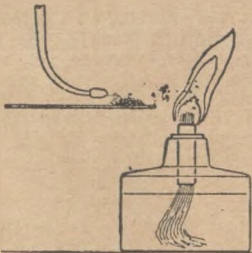


Рис. 144. Вдувание порошка извести в пламя спиртовой лампы.

*Задача 29.* Насыпьте на конец жестяной пластинки или бумажки сухого рыхлого порошка извести и сдувайте его в пламя спиртовой лампочки при помощи паяльной трубки (рис. 144)

или оттянутой на конце стеклянной трубочки. В пламени появляются яркие искры накаленного порошка. За неимением извести можно взять золу из печи.

Теперь мы можем уже ясно представить причину светимости пламени свечи и других органических веществ. Это вещества



богатые углеродом, который при процессе сухой перегонки, происходящей в пламени, выделяется в свободном состоянии в виде сажи. Накаленные частички сажи и светят. Сажа может или вся сгорать в наружной части пламени, как в пламени свечи, либо частично выделяться наружу, как в пламени горящего не в лампе керосина, в пламени скипидара, масла, отчасти дерева (черный дым) и других веществ. Усиленный приток воздуха может сделать это пламя не коптящим и не светящимся. В последнем случае, благодаря переме-

шиванию продуктов сухой перегонки с кислородом воздуха, углерод не успевает выделиться в свободном виде, происходит сразу же полное сгорание в углекислый газ (водород органического вещества дает при этом пары воды).

Органические вещества менее богатые углеродом горят мало светящим и не коптящим пламенем, как спирт. Здесь углерод сложного вещества не выделяется в свободном состоянии, а сразу же образует газообразный продукт горения—углекислый газ.

Усиленный приток воздуха к веществу, горящему коптящим пламенем, повышает температуру пламени

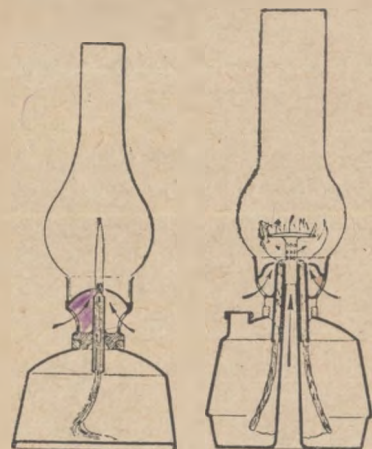


Рис. 145. Разрез простейшей керосиновой лампы.

Рис. 146. Разрез керосиновой лампы с двойной тягой.

и частички углерода в пламени начинают светиться ярче. Копоть прекращается, так как частички в наружной части пламени нацело сгорают.

Усиленный приток воздуха в керосиновой лампе достигается при помощи стекла. Горячие продукты горения быстро поднимаются в стекле кверху, образуется тяга и воздух усиленно поступает через нижние дырочки горелки. На рисунках 145 и 146 изображены в разрезе лампы с простой и двойной тягой (с круглым фитилем).

Благодаря усиленному притоку воздуха, пламя керосина в лампе перестает коптить и делается более ярким. Однако, увеличивать приток воздуха для усиления светимости пламени можно только до некоторого предела. При чрезмерном притоке воздуха угле-

рода образуется меньше и пламя начинает светить слабее. Поэтому для каждой керосиновой лампы стекло должно иметь совершенно определенную длину и размеры. Если стекло взять короче, тяга ослабится и лампа начнет коптить. При слишком длинном стекле — уменьшится сила света.

Если вы делали опыт с ацетиленом (стр. 116), вы помните, что он горит коптящим пламенем и только усиленный приток воздуха делает пламя ярко светящимся. Если у вас или у кого-нибудь из товарищей есть ацетиленовый фонарь, рассмотрите как устроена его горелка и постарайтесь понять, почему ацетилен горит в ней не коптящим пламенем.

**Задача 30.** Поместите в жестяную ложечку немного стеарина и нагрейте на спиртовой лампе, пока он не загорится. Стеарин горит коптящим пламенем. Почему стеариновая свеча не дает копоти? (165).

Ответьте на вопросы в тетради (166).

Пламя можно сделать несветящим, не только усиливая приток воздуха, но и вдувая обращенное в газообразное состояние горючее вещество тонкой струей в воздух, с которым горючее вещество и перемешивается. Примером может служить общеизвестная керосиновая горелка „примус“ (рис. 147). Как известно, для того, чтобы зажечь эту

горелку, нужно предварительно налить в чашку В спирта (в крайнем случае — бензина или керосина). Спирт накаливает горелку, изображенную отдельно на рисунке 148. Когда горелка накалится, закрывают воздушный кран С (рис. 147) и при помощи насоса Н накачивают в резервуар воздух. Воздух давит

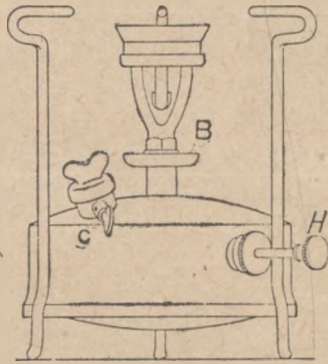


Рис. 147. Керосиновая лампа „примус“.

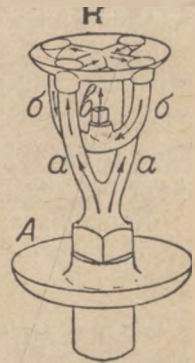


Рис. 148. Горелка примуса.

на керосин и керосин поднимается вверх по трубке горелки, доходящей внутри резервуара почти до дна, затем идет по разветвленной трубке *aa* (рис. 148), затем по горизонтальным каналам в коробке *K* переходит в изогнутую трубку *bb* и выходит из наконечника *v* с очень узким отверстием (сопло). Так как горелка

была предварительно накалена, то поднимающийся в горелку керосин обращается в пары и из наконечника *в* выходит уже не жидкий керосин, а тонкая и сильная (благодаря давлению воздуха в резервуаре) струя паров керосина. Если эту струю поджечь, то благодаря хорошему перемешиванию струи газа с воздухом пламя получается несветящее (голубоватое) с очень высокой температурой. Пламя ударяет в дно коробки *К* и благодаря надетому на горелку цилиндру с раструбом (на рис. 148 он не показан, на рис. 147 — нарисован) направляется затем кверху и в стороны, охватывая дно нагреваемого сосуда.

Благодаря тому, что пламя ударяет в коробку *К*, коробка и соединенные с ней трубки все время поддерживаются в нагретом состоянии, поступающий в горелку под давлением воздуха керосин все время обращается в пары и горение продолжается непрерывно, пока давление воздуха не ослабеет или пока не кончится керосин.

Теперь, зная устройство и действие примуса, постарайтесь ответить на вопросы в тетради (167).

Следует отметить, что никогда нельзя давать керосину в примусе выгорать до конца, так как в последнем случае из отверстия наконечника *в* начнет выходить смесь паров керосина с воздухом, а всякая смесь горючего газа с воздухом взрывчата (припомните взрыв смеси водорода с воздухом в жестянке, стр. 45). Хотя в наконечник *б* обычно вставляется предохранительная сетка, но она может сильно прогреться или вывалиться и тогда взрыв распространится внутрь резервуара и его может разорвать. Избежать взрыва очень просто: чаще доливать в примус керосин.

Керосин никогда нельзя заменять и даже разбавлять бензином, так как бензин очень летуч и при разогревании резервуара пары бензина развивают в нем очень большое давление, от которого резервуар, рассчитанный на нормальное давление может в конце концов лопнуть со страшным взрывом.

При испарении керосина в горелке происходит частичное его разложение с выделением угля. Этот уголь засоряет отверстие наконечника *в*, почему его перед зажиганием следует прочищать проволочкой („иглой“) и от времени до времени менять.

Благодаря осаждению угля внутри самой горелки, горелка в конце концов тоже засоряется и ее приходится менять.

На том же принципе, что и примус, устроены керосиновые паяльные лампы, применяемые водопроводчиками, лудиль-



щиками и слесарями (рис. 149). Бензиновые паяльные лампы обычно действуют без накачивания воздуха. При разогревании ре-

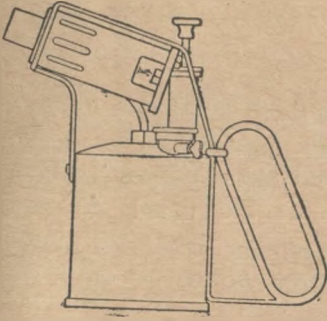


Рис. 149. Паяльная лампа керосиновая.

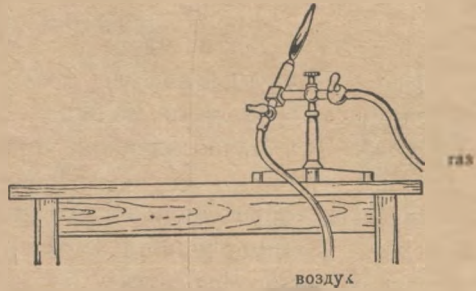


Рис. 150. Газовая паяльная лампа.

зервуара давление паров бензина настолько повышается, что пары вырываются сильной струей из наконечника и без накачивания воздуха. Резервуары таких ламп делаются особо прочные, рассчитанные на большое давление.

Для повышения температуры пламени светильного газа, в пламя вдувают воздух при помощи ножного меха. На рисунке 150 изображена такая газовая паяльная лампа, применяемая для накаливания при химических работах и для выдувания приборов из стеклянных трубок.

При мелких работах, например в ювелирном деле, „золотых и серебряных дел мастера“ при паянии часто пользуются свечой, в которую вдувают воздух паяльной трубкой.

Температура пламени различных веществ не одинакова. Кроме того она зависит от устройства горелки и в различных частях пламени различна.

На рисунке 151 показано распределение температуры пламени светильного газа в лабораторной горелке для нагревания (стр. 132). В среднем температура пламени газа в газовой горелке около  $1500^{\circ}$ .

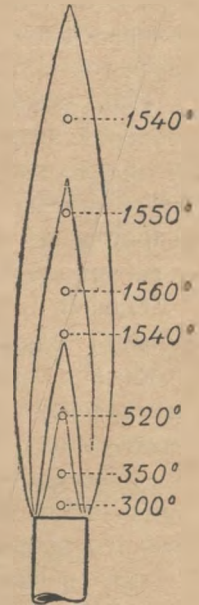


Рис. 151. Распределение температуры в пламени газовой горелки.

Приблизительная средняя температура пламени.

Свечи . . . . .	800°
Спиртовой лампы . . . . .	1100°
Примуса . . . . .	1650°

## 56. ОСВЕЩЕНИЕ

Как уже было выяснено, яркость пламени керосина и других органических веществ можно повышать только до известного предела. По мере усиления притока воздуха образующийся в пламени углерод накаливается все сильнее и сильнее, но затем количество образующихся частичек углерода начинает уменьшаться. В конце концов пламя получается более высокой температуры, но не светящее.

Если бы уголь не сгорал, то его можно было бы накаливать до гораздо более высокой температуры. В первых электрических лампочках (они теперь уже не изготавливаются и их можно найти только как редкость) электрическим током нагревалась угольная нить, помещенная в стеклянную оболочку, из которой выкачивался воздух. Благодаря этому уголь в лампочках накаливался гораздо сильнее, чем в пламени, но не сгорал.

Потом оказалось, что гораздо более выгодно применять вместо угольной нити проволочки или так называемые „нити“ из очень тугоплавкого металла — вольфрама. Эти нити выдерживают, не разрушаясь, гораздо более сильное накаливание, а следовательно дают и более яркий свет, почему современные лампочки и вытеснили лампочки с угольной нитью.

Однако и при помощи горючих органических веществ тоже можно получить очень яркий свет. Для этого, вместо того, чтобы использовать светимость выделяющихся при горении частичек углерода, можно вводить в самое жаркое, несветящее пламя какие-нибудь негорючие твердые вещества. На практике наиболее выгодными в смысле яркости даваемого света оказались окиси редких металлов церия и тория (открытие немецкого ученого Ауэра фон Вельсбаха). Из смеси этих окислов делают „сетки“ в виде колпачков, которые и помещают в жаркое несветящее пламя светильного газа, керосина, спирта. На рис. 152 изображены „ауэровские колпачки“ для различного рода горелок.

Готовятся они таким образом: колпачок вяжется из обыкновенных ниток, затем пропитывается раствором солей церия и

тория, высушивается и прокаливается. При этом нитки сгорают, соли разлагаются, а образующиеся при этом окислы сохраняют форму колпачка, который держится, как пепел папиросы.

Для перевозки колпачки пропитываются коллодиумом. После высыхания коллодиума колпачок, покрытый эластичной пленкой, не боится сотрясений. При зажигании же лампы коллодиум сгорает и в пламени лампы остается только сетка из окислов. Накаленная сетка дает очень яркий слегка зеленоватый свет. Уличные газовые и керосиновые фонари обыкновенно снабжаются такими сетками. Такое газо-калильное освещение можно видеть, например, в Москве.

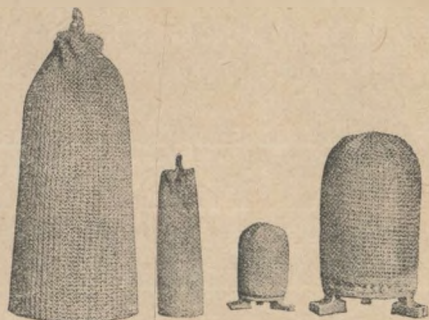


Рис. 152. Ауэрoвские колпачки (по фотографии).

#### Вопросы для повторения.

1. Как получить чистый уголь?
2. Можно ли сказать, что углерод это уголь?
3. Какие вещества называют органическими?
4. Назовите примеры углеводов?
5. Какие продукты получают из нефти?
6. Можно ли назвать каменный уголь углеродом?
7. Назовите важнейшие применения угля.
8. Есть ли поглощение углем газов явление химическое или физическое?
9. Как применяется поглотительная способность угля?
10. Назовите продукты сухой перегонки дерева.
11. Назовите важнейшие продукты сухой перегонки каменного угля.
12. Назовите две главных составные части светильного газа.
13. Что убеждает нас в том, что уголь, алмаз и графит являются видоизменениями углерода?
14. Как получают углекислый газ?
15. Перечислите физические и химические свойства углекислого газа.
16. Назовите важнейшие применения углекислого газа.
17. Перечислите свойства окиси углерода.



18. При каких условиях образуется окись углерода?
19. Назовите применение окиси углерода.
20. Как распределяется температура в пламени?
21. Как повысить температуру пламени?
22. От чего зависит светимость пламени органического вещества?
23. Какие предосторожности необходимо соблюдать при обращении с примусом?
24. Что такое ауэровские колпачки и для чего они применяются?

## ТЕМА XI

### ТОПЛИВО И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Вы познакомились с горючими веществами и условиями горения. Это поможет вам несколько разобраться в вопросе о том, как реакция горения применяется в технике, чем различаются различные виды топлива и каковы наиболее выгодные условия сжигания топлива.

Топливо в настоящее время необходимо не только для согревания жилищ и для приготовления пищи, как в былые времена, оно имеет громадное значение и для промышленности, как двигательная сила для фабрик и заводов, для железных дорог, пароходов, теплоходов, автомобилей, аэропланов, для сельскохозяйственных машин и тракторов, для добывания электрической энергии, для добывания светильного газа, кокса и каменноугольной смолы, для выплавки металлов из руд. В чисто химических производствах топливо нужно для нагревания, выпаривания, перегонки, высушивания, прокаливания и т. д.

Мы ежедневно тратим колоссальные количества топлива и без топлива современная жизнь была бы невысказима. Топливо может быть отчасти заменено силой падающей воды („белый уголь“) и силой ветра, но подсчеты показывают, что эти источники энергии, даже при полном их использовании, могли бы только отчасти заменить потребляемое топливо. В частности в нашем Союзе водные силы составляют только около 4% всех запасов энергии.

В виду громадного значения топлива в нашей жизни и промышленности, каждый гражданин СССР должен понимать, что такое топливо, каковы его запасы, как оценивается топливо, чем руководствуются при выборе топлива и, наконец, какое значе-

ние имеют химические знания в вопросе о наиболее выгодном использовании топлива. Прорабатывая эту тему, вы должны составить себе ясное представление по всем этим вопросам. Для этого вы должны серьезно задуматься над приведенными ниже цифрами и диаграммами, постараться их понять, не стремясь непременно запомнить все цифровые данные.

## 57. ЧТО ТАКОЕ ТОПЛИВО

Какие же горючие материалы можно применять в качестве топлива? На этот вопрос можно ответить — всякие, лишь бы они были выгодны и удобны для данной цели и не давали вредных продуктов горения. Припомните, какой вредный продукт дает при горении сера и можно ли было бы применять серу в качестве топлива? (168)

Первое топливо, которое применил человек, было несомненно дерево, дрова. Это наиболее доступный вид топлива. Для того, чтобы подобрать в лесу сухие сучья и сложить из них костер, не нужно никаких инструментов и приспособлений. Трением одного куска сухого дерева о другой можно добыть и огонь, нужный для зажигания костра. Так первобытный человек и поступал в течение многих веков, пользуясь огнем для того, чтобы около него греться, отпугивать им своих врагов — диких зверей и готовить пищу.

В нашем Союзе, особенно в северных областях, изобилующих лесами, несмотря на постепенное их истребление, дрова и сейчас еще являются одним из важных видов топлива, особенно в домашнем хозяйстве. Из курса обществоведения вы знаете, что почти половина всего добываемого у нас топлива тратится на отопление жилищ и приготовление пищи. Эту половину потребляемого топлива составляют — преимущественно дрова и только отчасти каменный уголь и другие виды топлива. В некоторых южных областях, в степных местностях вместо дров пользуются и другими материалами — соломой, камышем, стеблями кукурузы и засеваемого в громадном количестве подсолнечника. Сжигают даже шелуху семян подсолнечника или так называемую лузгу, являющуюся отбросом при изготовлении подсолнечного масла. В черноземных областях, где почву не нужно удобрять навозом, в качестве топлива применяется и навоз, который высушивают в виде кирпичей — „кизяков“.

Если считать не все потребляемое в СССР топливо, а только топливо, идущее на промышленно-технические цели, то здесь дрова играют уже значительно меньшую роль. В 1927-28 году дрова дали 17% всего полученного от разных видов топлива тепла, тогда как минеральное топливо — каменный уголь и нефть вместе дали 78% тепла (см. диаграмму, рис. 153).

В дальнейшем роль дров в промышленности будет еще меньше. По пятилетнему плану развития промышленности пред-

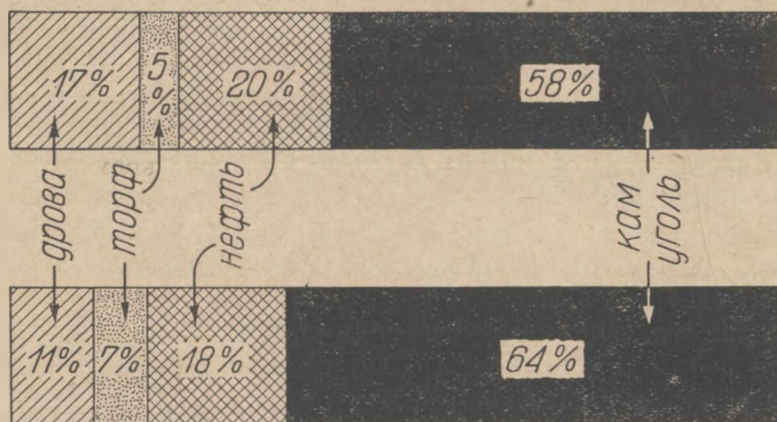


Рис. 153 (вверху). Относительные количества тепла, полученного промышленностью СССР за 1927—28 г. от различных видов топлива.

Рис. 154 (внизу). То же к концу пятилетки (1932—33 г.).

полагается, что в 1932-33 г. на долю дров придется лишь 11% всего тепла, которое будет получено от топлива (см. диаграмму, рис. 154). Общее же потребление топлива возрастет за 5 лет почти вдвое.<sup>1</sup>

Четыре вида топлива — каменный уголь, нефть, дрова и торф являются основными. Они применяются в наибольших количествах. Все же остальные горючие материалы, применяемые в качестве топлива, как горючие сланцы, солома, камыш и т. п. растительные материалы, кизяки, спирт — все они имеют очень ограниченное применение и в общей массе потребляемого топлива составляют ничтожный процент.

<sup>1</sup> 55 миллионов тонн в 1927-28 г. и 100 миллионов тонн в 1932-33 г.



## 58. ЗАПАСЫ ТОПЛИВА

Сжигая ежедневно громадные количества топлива и зная, насколько оно нам необходимо, мы не можем не думать о том, каковы запасы топлива на земле и в недрах земли, происходит ли пополнение этих запасов и в какой мере?

Относительно главных видов топлива у нас имеются такие данные. Прежде всего, научные исследования показывают, что ни каменный уголь, ни нефть в настоящее время на земле не образуются. Это продукты отдаленных геологических эпох, когда все условия жизни земли были иные, чем сейчас. Таким образом, сжигая запасы этих горючих материалов, мы должны знать, что они исчезают безвозвратно.

Торф продолжает нарастать и в настоящее время в тех местах, где он не разрабатывается, но нарастает он очень медленно.

Древесина нарастает, примерно, в 2 раза быстрее, чем торф. На месте срубленного леса через 70—100 лет, в зависимости от породы дерева, вырастает такой же новый. Таким образом, если вести правильное лесное хозяйство, лесная площадь будет сохраняться. Для этого нужно вырубать ежегодно не более  $\frac{1}{70}$ — $\frac{1}{100}$  данной лесной площади, оставляя в достаточном количестве деревьев для обсеменения вырубленного участка. Тогда, к тому времени, когда будет вырублен последний участок, первый уже настолько подрастет, что его снова можно будет вырубать, и т. д.

Однако, правильное лесное хозяйство ведется не везде. Во многих местах лес вырубается целыми громадными площадями и таким образом запасы лесного материала постепенно убывают.

Но может быть запасы каменного угля и нефти в недрах земли настолько велики, что их можно считать неисчерпаемыми, как запасы соли в морской воде?

Точное обследование этого вопроса геологами (учеными, изучающими земную кору) показывает, что запасы каменных углей и нефти не только нельзя считать неисчерпаемыми, но, наоборот, мы постепенно приближаемся к топливному кризису, когда все запасы будут израсходованы.

Остановимся сначала на каменном угле. Запасы всех видов каменного угля определяются примерно в 7398 миллиардов тонн. Распределение этих запасов по странам показано на диаграмме 155.

Если считать, что добыча каменного угля будет с каждым годом возрастать только на 3%, то полное истощение угольных запасов в некоторых странах наступит уже меньше чем через сто лет. На диаграмме 156 показаны примерные сроки истощения угольных запасов в различных странах.

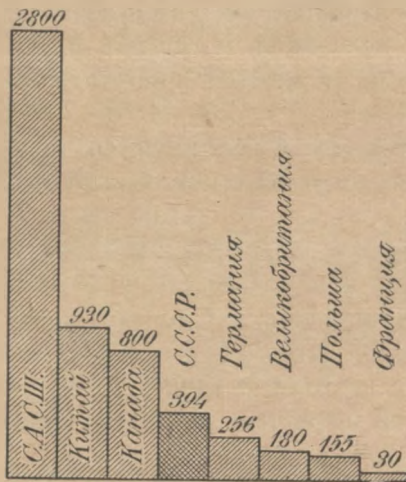


Рис. 155. Запасы каменного угля в миллиардах тонн

Нефть гораздо менее распространена, чем каменный уголь, и запасы ее несравненно меньше, а между тем значение нефти в современной жизни и технике — громадно. Взять хотя бы одни только двигатели внутреннего сгорания на автомобилях, аэропланах, тракторах, требующие громадных количеств продуктов перегонки нефти.

По подсчетам проф. Рамзина, виднейшего нашего специалиста по топливу, мировые запасы нефти равны всего 7696 милл. тонн. На диаграмме 157 показано соотношение мировых запасов каменных углей и нефти.

Таким образом, если на каменный уголь мы можем рассчитывать еще в течение сотни лет, то нефть будет использована через несколько десятков лет и мы должны серьезно задуматься над тем, чем ее заменить, когда она окончательно иссякнет. Ученые химики и техники в настоящее время усиленно работают над этим вопросом.

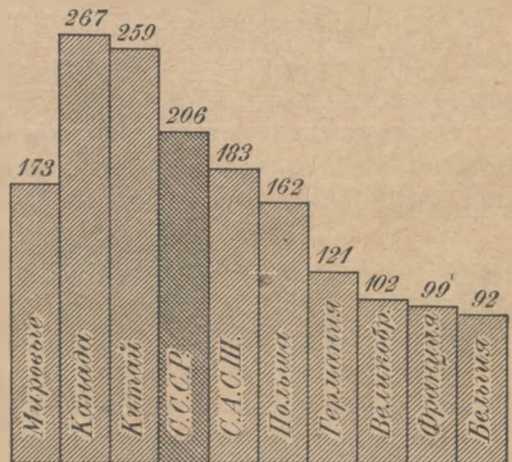


Рис. 156. Сроки истощения запасов каменного угля (годы).

Нужно сказать, что для СССР нефтяной вопрос находится в сравнительно лучшем положении, чем для других стран. По

подсчетам проф. Рамзина, мы обладаем, примерно, 37% мирового запаса нефти. Как распределяется этот запас между различными странами, видно из диаграммы 158. На диаграмме не приняты во внимание вновь открытые в 1929 г. залежи нефти на Урале, в Пермской губернии, запас которых еще не выяснен.

Нефть одно из важнейших наших богатств, которое мы должны тратить как можно осмотрительнее, чтобы не оказаться в таком положении, как С.-А. Соединенные Штаты, которые, обладая гораздо меньшими запасами нефти, тратят ежегодно в 15 раз больше нашего. При таком темпе добычи нефти ее хватит С.-А. Соединенным Штатам лишь на 10—15 лет. Нам же нефть обеспечена на 65—75 лет.

Кроме нефти, которая в сыром виде как топливо применяться не должна (применяются продукты перегонки нефти — бензин,



■ нефть 7696 миллионов тонн

Рис. 157. Соотношение мировых запасов угля и нефти.

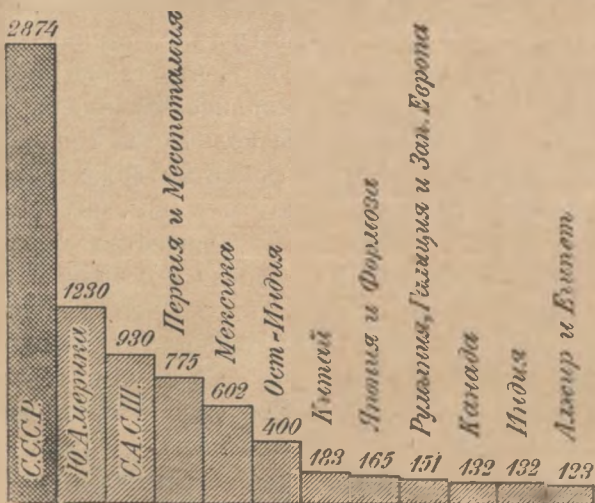


Рис. 158. Распределение мировых запасов нефти между странами.

керосин, мазут) у нас есть еще один источник энергии — это торф. Торфом, как и нефтью, мы сравнительно очень богаты.

По очень грубым подсчетам мировой запас торфа составляет 467 миллиардов тонн. Из них 364 миллиарда тонн или 78% приходится на СССР. Годичный прирост торфяной массы составляет 487 миллионов тонн. Это примерно в 4 раза

превосходит нашу современную потребность во всякого рода топливе. Таким образом торф должен сыграть большую роль в нашем топливном хозяйстве, но нужно только помнить, что



торф не во всех случаях может заменить каменный уголь. Кроме того, там, где торф вырабатывается, он уже не может образоваться так же быстро, как лес.

Наконец и с дровами в нашем Союзе дело также обстоит сравнительно благополучно. По приблизительному подсчету годичный прирост древесины в СССР составляет 687 милл. тонн, что равняется примерно 315 миллионам хорошего каменного угля. А это количество топлива примерно в 3 раза превосходит общее потребление топлива в Союзе. Таким образом, этот источник энергии является существенным дополнением к другим видам энергии. Однако полностью заменить нефть и каменный уголь дровами, как и торфом, нельзя. И жару они дают меньше, и перевозка их гораздо сложнее, чем каменного угля и, особенно, нефти и ведение правильного лесного хозяйства требует больших затрат и забот и, наконец, древесина нужна нам не только как топливо, но и для других целей: для построек, для производства бумаги и искусственного волокна и т. д.

#### 59. СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

В заключение обзора вопроса о запасах топлива необходимо еще остановиться на том, как можно сравнивать различные виды топлива между собой. Можно ли считать, что тонна дров и тонна каменного угля или нефти как топливо равноценны? Опыт показывает, что нет. Равные весовые количества топлива дают различные количества тепла. Если в одной и той же топке парового котла, при равных условиях, сжигать равные весовые количества различного вида топлива, то количество обращенной в пары воды будет различно. Так иногда и сравнивают, например, различные сорта каменного угля. Но сравнивать таким же образом каменный уголь с дровами или торфом уже трудно. Для дров и для торфа нужна другая топка, а в другой топке будут уже другие условия горения. Кроме того и с тем же самым топливом могут получаться не совсем одинаковые результаты, в зависимости от умения кочегара. Таким способом, значит, можно сравнивать топливо только приблизительно. Для того, чтобы получить точные данные для сравнения, мы должны найти такие условия сжигания топлива, чтобы на результат не могли повлиять никакие побочные и случайные обстоятельства. Необходимо определить все количество тепла, которое выделяется при полном сгорании данного количества топлива.

Из курса физики вам должно быть известно, что количество тепла измеряется калориями. Количество тепла, которое нагревает один грамм воды на один градус Цельсия, называется: малая калория. Величина в 1000 раз большая — т. е. количество тепла, нагревающее один килограмм воды на один градус Цельсия, называется: большая калория. При исследовании топлива обыкновенно результаты выражают в больших калориях.

Для определения количества тепла применяется прибор, который называется калориметром. В калориметре топливо сжигается в таких условиях, чтобы все выделяющееся тепло нацело передавалось воде. Для этого в калориметр погружается стальной, плотно закрывающийся сосуд, в котором взвешенное вещество (около 1 г) сжигают в чистом кислороде. Тепло передается налитой в калориметр предварительно взвешенной воде. Температура воды до и после сгорания топлива измеряется точным термометром. Зная вес воды и на сколько градусов она нагрелась, мы можем рассчитать на сколько градусов нагрелся бы 1 кг воды при сжигании 1 кг топлива. Эта величина называется теплопроизводительной способностью топлива. По теплопроизводительной способности и можно точно сравнивать различные виды топлива. На рис. 159 изображен в разрезе

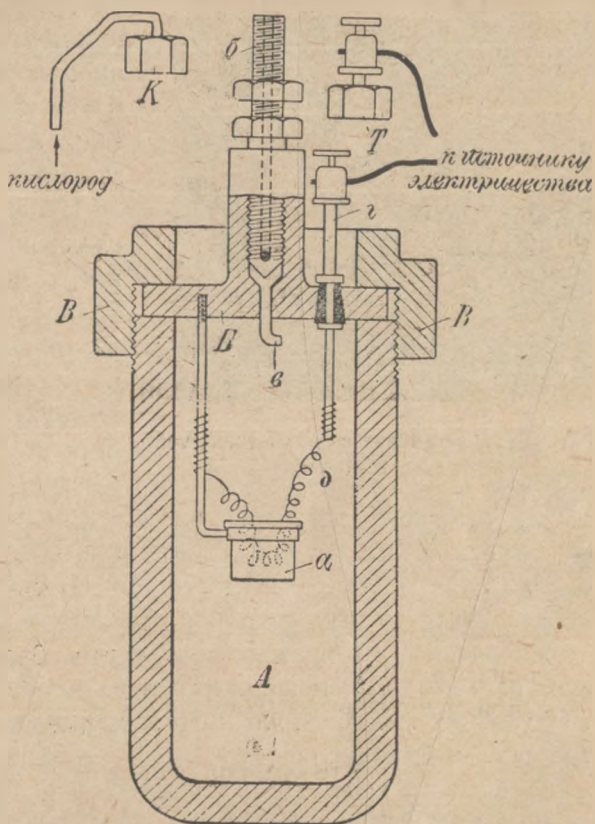


Рис. 159. Калориметрическая бомба в разрезе ( $1/2$  натуральной величины).

термометром. Зная вес воды и на сколько градусов она нагрелась, мы можем рассчитать на сколько градусов нагрелся бы 1 кг воды при сжигании 1 кг топлива. Эта величина называется теплопроизводительной способностью топлива. По теплопроизводительной способности и можно точно сравнивать различные виды топлива. На рис. 159 изображен в разрезе

стальной сосуд, в котором производится сжигание топлива или так называемая калориметрическая бомба. Здесь *А* — самая бомба, *Б* — крышка и *В* — гайка, которой крышка плотно прижимается к бомбе. Вещество помещается в платиновую чашечку *а*. По присоединяемой к бомбе на гайке *К* трубке, через канал в винтовом кране *б* и через трубку *в* в бомбу накачивается кислород. Изолированный стерженек *г* соединен со стержнем, на



Рис. 160. Погружные калориметрической бомбы в калориметр.

котором держится чашечка *а* при помощи проволоочки *д*. Эта проволоочка накаливается электрическим током (для чего гайка *К* заменяется гайкой *Т*) и зажигает топливо.

Следует отметить, что при сжигании веществ в кислороде и в воздухе выделяется то же количество тепла. Азот воздуха только замедляет реакцию, но не влияет на количество выделившегося тепла. В кислороде горение идет гораздо быстрее и поэтому температура горящего вещества выше, количество же тепла то же самое, что и при сжигании в воздухе. Вот почему для определения теплопроизводительной способности топлива можно пользоваться чистым кислородом.

На рис. 160 изображен калориметр. Вода налита в металлическое ведро, помещенное, чтобы изолировать его от наружного воздуха, в сосуд с плохо проводящими тепло стенками. Слева виден баллон с кислородом.

В сжатом кислороде вещество нацело сгорает в несколько секунд и выделившееся тепло передается воде, в которую погружена бомба. Чтобы вода нагревалась равномерно, она перемешивается мешалкой. Температура отсчитывается по точному термометру.

**Задача 1.** Предположим, что было отвешено 0,8 г каменного угля. Воды взято 2000 г. Температура воды в калориметре во время опыта поднялась с 16° до 19° Ц. Вычислите теплопроизводительную способность данного каменного угля. Приведите вычисления (169).

Топливо обычно не является чем-то совершенно однородным,



Поэтому, отвешивая для анализа небольшое количество топлива, его берут не случайно, не первый попавшийся кусочек, а стараются взять образец так, чтобы он обладал всеми теми качествами, что и вся масса исследуемого топлива в целом. Топливо тщательно перемешивают, измельчают более или менее значительное его количество, снова размешивают, берут опять часть и измельчают дальше и таким образом повторяют несколько раз. Последнюю порцию истирают в порошок и из этого порошка уже берут навеску. Это называется „взять среднюю пробу материала“.

Определив теплопроизводительные способности различного рода топлива, мы убеждаемся, что она весьма различна. Данные для различного рода топлива приведены (не для заучивания) в первом столбце таблицы на стр. 166 (данные приведены округленные).

Из этой таблицы, например, видно, что теплопроизводительная способность торфа — 3500 калорий — вдвое меньше, чем донецкого короткопламенного угля — 7000 калорий. Это значит, что для получения того же количества тепла торфа нужно сжечь вдвое больше по весу, чем угля. Теплопроизводительная способность дров примерно втрое меньше, чем у мазута и т. д.

Теплопроизводительная способность различного рода дров оказывается почти одна и та же — около 3100 калорий (она несколько колеблется, но очень незначительно). Это зависит от того, что главная масса древесины различного рода состоит из тех же самых химических соединений — клетчатки и лигнина. Однако, всем известно, что березовые дрова дают гораздо больше тепла, чем сосновые или еловые.

Попробуйте объяснить это противоречие, пользуясь данными таблицы на стр. 166 (170).

Если взять какое-нибудь топливо, например, мазут, за единицу для сравнения, то легко рассчитать, какие количества по весу различного рода топлива надо брать, чтобы получить столько же тепла, сколько дает какое-нибудь весовое количество мазута. Возьмем за единицу одну тонну мазута. Сколько тонн, например, древесного угля дадут столько же тепла, сколько 1 тонна мазута?

Очевидно, угля нужно будет взять во столько раз больше, во сколько раз его теплопроизводительная способность меньше. Теплопроизводительная способность мазута 10 000 К., а угля 7300 К. Деля 10 000 на 7300, мы получим 1,37. Значит тепло-

## ДАННЫЕ ОТНОСИТЕЛЬНО РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА.

ТОПЛИВО	1 Теплопроизводительная способность в б. калориях на 1 кг	2 Количества (в килогр.) равнозначн. 1 тонне (1000 кг) мазута	3 Вес одного кубического метра в кг	4 Объемы топлива в кубических метрах, соответствующие столбцу 2
Нефть . . . . .	11 000	910	895	1,02
Мазут (нефтяные остатки)	10 000	1 000	910	1,10
Бензин . . . . .	9 500	1 050	720	1,46
Светильный газ . . . . .	8 700	1 150	0,52	221,2
Донецкий каменный уголь не пламенный . . . . .	7 500	1 330	945	1,41
Кокс . . . . .	7 300	1 370	400	3,43
Древесный уголь . . . . .	7 300	1 370	150	9,13
Антрацит . . . . .	7 000	1 430	910	1,57
Донецкий каменный уголь короткопламенный . . . . .	7 000	1 430	945	1,51
Донецкий каменный уголь длиннопламенный . . . . .	6 800	1 470	945	1,55
Подмосковный уголь, бу- рый . . . . .	4 900	2 040	640	3,10
Торфяной брикет (прессо- ванный торф) . . . . .	4 000	2 500	740	3,38
Солома сухая . . . . .	4 000	2 500	125	20,0
Торф машинный хорошего качества . . . . .	3 500	2 850	405	7,04
Дрова березовые, 25% влаж- ности . . . . .	3 100	3 210	470	6,83
Дрова сосновые, 25% влаж- ности . . . . .	3 100	3 210	370	8,63
Торф с 40% влаги . . . . .	2 800	3 570	405	8,81

производительная способность угля в 1,37 раза меньше, чем мазута. Таким образом угля нужно взять в 1,37 раз больше, чем мазута, т.е. не одну тонну (1000 килограммов), а  $1000 \times 1,37 = 1370$  килограммов. Таким способом вычислены данные, приведенные во втором столбце таблицы. Это количества различного рода топлива, равноценные одной тонне мазута.

При расчетах запасов топлива часто за единицу берут не мазут, а каменный уголь, имеющий теплопроизводительную способность 7000 калорий. Это так называемое „условное топливо“. Если мы имеем одну тонну (1000 кг) дров, то она равноценна меньшему весу условного топлива, и притом во столько раз меньшему, во сколько раз теплопроизводительная способность дров — 3100 калорий — меньше теплопроизводительной способности каменного угля — 7000 калорий.  $7000 : 3100 = 2,29$ . Следовательно 1 тонна дров равноценна  $1000 : 2,29 = 436$  тоннам условного топлива.

*Задача 2.* Пересчитайте на условное топливо 200 тонн машинного торфа (см. таблицу) (171). Выразите в условном топливе 3000 тонн мазута (172).

## 60. СРАВНЕНИЕ ЗАПАСОВ ЭНЕРГИИ

Выше были приведены мировые запасы и запасы в СССР различного рода топлива. Теперь ясно, что тонны торфа, дров, нефти и т. д. друг другу не равноценны. Поэтому истинную картину мировых запасов топлива мы можем получить, только перечисляя все эти запасы на условное топливо, например, на 7000-калорийный уголь. На это же условное топливо можно перечислить не только топливо, но и другие запасы энергии — энергию падающей воды, энергию ветра и т. п. На каких основаниях можно сделать такой расчет, вы узнаете на занятиях по физике.

На диаграмме 161 изображены мировые запасы топлива и других видов энергии, перечисленные на условное топливо, по данным проф. Рамзина. Все вместе составляет 7453 миллиарда тонн условного топлива. Указано также, какой процент общего запаса составляет каждый данный вид топлива.

Такие же данные для СССР приведены на диаграмме 162. Общий запас 175 миллиардов тонн условного топлива.

Запасов топлива, накопленных землею в течение сотен миллионов лет, может хватить человечеству в целом не более, как



на 200 лет, если оно будет все так же расточительно растрчивать эти запасы, как и сейчас. Что же делать дальше? Мы должны сейчас

уже думать о судьбе следующих поколений, о судьбе будущего коммунистического человечества. Мы должны принять все меры к тому, чтобы отдалить и предотвратить наступающий топливный кризис.

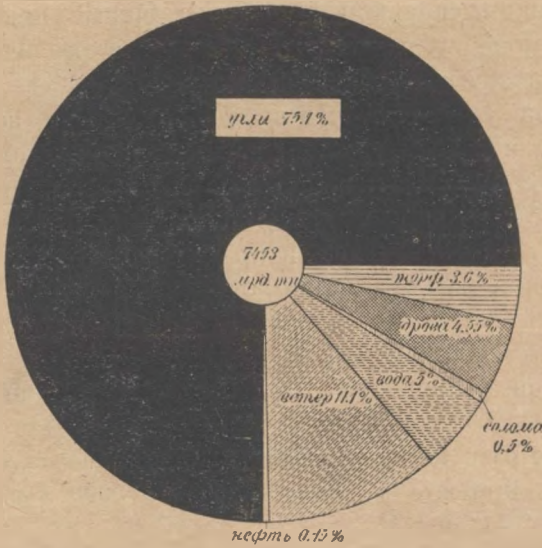


Рис. 161. Диаграмма мировых запасов энергии.

возможным. Нужно только неустанно развивать научное знание

Пока же нужна строжайшая экономия в топливе. Экономия, основанная на тщательном изучении всех условий, при которых ни одна крупница топлива не пропадала бы даром, чтобы использовано было максимальное количество даваемого топливом тепла. Чтобы все старые топки были переделаны на наиболее рациональные, чтобы драгоценная нефть не тратилась там, где ее можно заменить другими видами топлива. Необходимо всюду, где возможно, заменять каменный уголь торфом и дровами, силой падающей воды, ветром и т. д.<sup>1</sup> Нужно, чтобы не было больше химически и экономически необразованных людей, которые не могут сознательно разбираться в таких важ-

Перед нашими учеными и изобретателями стоит задача отыскания совершенно новых путей снабжения энергией человечества помимо имеющихся. Решение этого вопроса не представляется не-

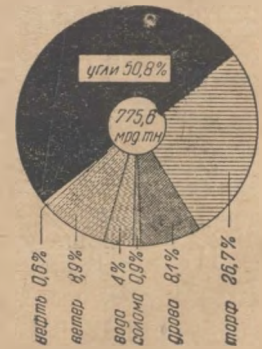


Рис. 162. Диаграмма запасов энергии в СССР.

<sup>1</sup> По пятилетнему плану проектируется, что одновременно с возрастанием потребления топлива возрастет и экономия в его использовании (примерно на 30%).

нейших вопросах, как вопрос о топливе. Тогда возрастет и плановость, и изобретательство в области более рационального использования топлива.

Но все это только отсрочка, а не радикальное решение вопроса, без которого, по словам проф. Рамзина, „невозможно не только дальнейшее экономическое развитие отдельных стран, но даже удержание теперешнего весьма скромного культурного уровня“.

Будущее всетаки за новыми видами энергии, как непосредственное использование солнечного тепла, различие температуры воды на поверхности и в глубине океана, силы морских приливов, энергии атома и т. д.

#### 6'. ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОПЛИВА

Производя химический анализ топлива и определяя содержание в нем углерода, водорода, кислорода и других элементов, а также золы и сравнивая химический состав топлива и его теплопроизводительную способность, мы легко можем заметить близкую связь между теми и другими данными. Установите сами эту связь на основании нижеследующих диаграмм (рис. 163) (173).

Определение химического состава топлива иногда производят вместо определения теплопроизводительной способности. Это приходится делать за неимением калориметрической бомбы. На основании химического состава топлива можно не только судить о его теплопроизводительной способности, но даже примерно подсчитать ее в калориях, пользуясь для расчета выработанными практикой формулами.

На теплопроизводительную способность топлива очень влияет содержание в нем влаги. Всем известно, что сырые дрова дают гораздо меньше тепла, чем сухие. Это зависит от того, что значительное количество выделяющегося при горении дров тепла тратится на испарение содержащейся в топливе воды. На испарение одного килограмма воды, взятой при комнатной температуре, нужно затратить около 620 калорий.

Решите нижеследующие задачи. Вычисляйте в целых числах, отбрасывая дроби. Данные находите в таблице на стр. 166 (174).

**Задача 3.** Сколько калорий дадут 100 килограммов березовых дров, содержащих 35% влаги, если теплопроизводительная способность совершенно сухой древесины березы 4800 калорий.

**Задача 4.** Мастерская, сжигавшая ежедневно 1800 килограммов до-  
нецкого каменного угля, теплопроизводительная способность которого  
7000 калорий, перешла на отопление сосновыми дровами с теплопроиз-  
водительной способностью 3100 калорий. Сколько куб. метров дров  
нужно иметь на 1 день.

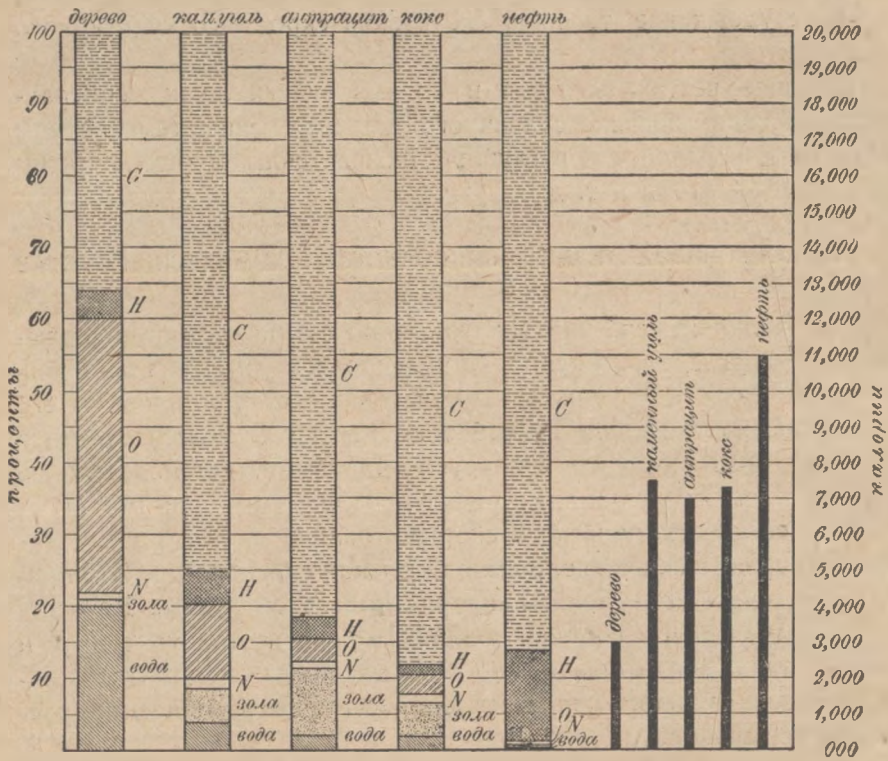


Рис 163. Химический состав и теплопроизводительная способность различного рода топлива.

**Задача 5.** Что даст больше тепла — 4 кубич. метра соломы или 1,5 кубич. метра березовых дров?

### 62. ВЫБОР ТОПЛИВА

Было бы большой ошибкой думать, что во всех случаях лучше всего пользоваться тем топливом, которое имеет наибольшую теплопроизводительную способность. При выборе топлива приходится считаться с целым рядом других обстоятельств.

Уже из домашней жизни нам известно, что для самовара или



„духового“ утюга удобнее всего древесный уголь, который дает высокую температуру, не дает ни дыма, ни копоти, ни неприятного запаха, легко разжигается, медленно сгорает.

Если согреть самовар дровами — щепками, то их нужно все время подкладывать, при снятии трубы в комнату попадает дым, в трубе образуется слой копоти, самовар нельзя подавать пока не прогорит все дерево, так как он будет дымить. Тем более дерево не годится для утюга. Если древесный уголь заменить коксом, то возникает новое неудобство — кокс трудно разжигать. Каменный уголь также трудно разжигается и дает очень неприятно пахнущий дым. Нефть — не годится, так как ее можно сжигать только в особых горелках (см. ниже) — в самоваре и утюге ее сжигать нельзя. Ясно, что не годится и торф, дающий дым и очень много золы, а тем более солома. Древесный уголь, очень удобный для самовара, не годится для кухонной плиты, так как не дает пламени — хорошо греет только в месте соприкосновения.

Точно также и в производстве, для разных целей требуется различное топливо. Там, где нужно равномерное нагревание на большом пространстве, как в паровых котлах, удобно топливо, горящее длинным, хорошо греющим пламенем.

Там, где необходима тонкая регулировка нагревания, удобно жидкое или газообразное топливо. Где необходимо как можно больше жара, например, для плавления тугоплавких металлов, нужно брать топливо, дающее наиболее высокую температуру, как нефть, каменный уголь и кокс, развивающие в топке температуру до  $1700^{\circ}$ . Для сварки и резки металлов, как вы уже знаете, применяется ацетилен, в кислородо-ацетиленовых горелках дающий температуру  $2270^{\circ}$ .<sup>1</sup> На нижеследующей таблице приведены температуры, развивающиеся при горении различных веществ; в таблице даны максимальные температуры и температуры, которые фактически достигаются в топках.

---

<sup>1</sup> У вас может, естественно, возникнуть вопрос, как измеряются такие высокие температуры. Конечно, не обыкновенным термометром. Для этой цели существуют особые приборы — пирометры, с устройством которых вы познакомитесь на занятиях по физике. Пирометры бывают различного устройства. В одних о температуре судят по силе электрического тока, возникающего при нагревании места спая двух проволок из тугоплавких металлов, в других по яркости света, испускаемого накаленной поверхностью, и т. д.

	Максимальная темпер.	Фактически дости- гаемая в топках
1. Нефть, мазут, каменный уголь, кокс. . . . .	2000°	1200° — 700°
2. Бурый уголь, торф. . . . .	1750°	900° — 1950°
3. Дрова сухие. . . . .	1700°	1100° — 1150°
4. Ацетилен. . . . .	2270°	—
5. Водород. . . . .	1970°	—
6. Водяной газ <sup>1</sup> . . . . .	1850°	—
7. Генераторный газ <sup>1</sup> . . . . .	1600°	—

Для военного корабля — броненосца, крейсера нужно топливо, которое давало бы как можно больше тепла, занимало как можно меньше места, чтобы им можно было запастись в наибольшем количестве, легко и быстро погружать.

Какое топливо наиболее удовлетворяет этим условиям и почему? (175).

Совершенно ясно, что для двигателя внутреннего сгорания тоже годится только определенное топливо.

Для каждого вида топлива должна быть особо устроена топка. Так, для того, чтобы котел, приспособленный для каменного угля, перевести на торф, необходимо совершенно переделать его топку.

Помимо качества топлива, при выборе его большое значение имеет стоимость топлива, стоимость его перевозки, возможность получать его в нужных количествах. Построить большой завод около торфяного болота можно только в том случае, если запасы торфа настолько велики, что смогут обеспечить завод топливом на достаточно долгое время.

Дешевое, но дающее мало тепла топливо может оказаться менее выгодным, чем более дорогое, но дающее больше калорий. Перевозить на большие расстояния имеет смысл только высококалорийное топливо, так как стоимость перевозки зависит от веса, а не от сорта топлива.

Для того, чтобы понять, какие расчеты придется производить техника и хозяйственникам при выборе топлива, решите следующую задачу:

**Задача 6.** Завод имеет возможность сжигать в своих топках и каменный уголь, и бурый уголь, и торф. На чертеже рис. 164 показаны расстояния от завода мест добычи этих сортов топлива.

Стоимость топлива на месте добычи за тонну: каменного угля — 12 р., бурого угля — 4 р., торфа — 9 р. Теплопроизводительная способность каменного угля — 7000 калорий, бурого угля — 4900 калорий,

<sup>1</sup> Об этих газах будет сказано ниже.

торфа — 2800 калорий. Провоз одной тонны топлива за 1 километр — 0,7 коп. Какое топливо будет для завода самое выгодное? (176).

### 63. КАК ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ТОПЛИВО

Для того чтобы понять, как в настоящее время используется топливо, лучше всего проследить, как развивались способы сжигания и использования топлива.

Самый первобытный способ сжигания топлива это — костер, устроенный на открытом воздухе, около которого греются и на котором согревают пищу. Очаг в жилище первобытного человека — это тот же костер, но устроенный под крышей, на каменном помосте.

Над очагом в крыше отверстие для выхода дыма (рис. 165). Очаг служит для приготовления пищи и для согревания помещения. Помещение согревается главным образом теплом, излучаемым пламенем. В помещении тепло только пока горит огонь. Поэтому его приходится все время поддерживать. Дым частью идет вверх в отверстие в крыше, частью стелется по жилищу.



Рис. 164. К задаче 6.



Рис. 165. Очаг первобытного человека (разрез).

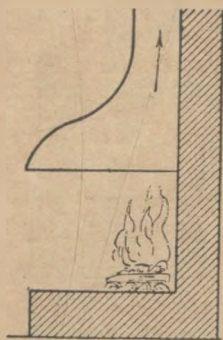


Рис. 166. Очаг с трубой (разрез).

Усовершенствованием этого первобытного очага является устроенный над очагом, помещенный у стены, навес с трубой,



в которой образуется „тяги“ и через которую дым вытягивается на крышу. Стена за очагом защищена камнем (рис. 166, разрез). Почти такое устройство имеют современные каминь, до сих

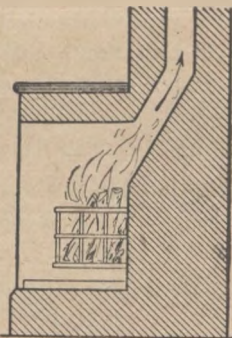


Рис. 167. Камин (разрез).

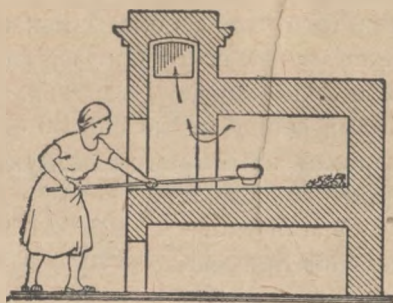


Рис. 168. Русская печь (разрез).

пор еще применяемые в одной из самых консервативных стран— Англии для согревания помещений (рис. 167). Камин, как и первобытный очаг, греет только пока горит огонь. Поэтому камин требует очень большого количества топлива, тепло которого почти нацело уносится с продуктами горения и копотью в трубу и только около 5% всего тепла, даваемого топливом, используется. Любовь англичан по традиции греться у огня приносит стране громадный убыток.

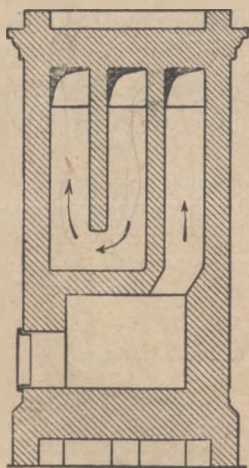


Рис. 169. Вертикальный разрез комнатной печи.

Гораздо более совершенным прибором в смысле использования тепла представляет собою обыкновенная „русская печь“ (рис. 168). Здесь тепло топлива частью передается стенкам и поду печи. Во время топки печи в ней можно варить и жарить пищу, после же топки, за счет тепла нагретых стенок печи в ней пекут хлеб. По мере остывания печи тепло толстых стенок постепенно излучается в помещение, в котором таким образом поддерживается ровная температура.

Однако и в русской печи значительная часть тепла топлива уходит в трубу. Дальнейшее усовершенствование способов использования тепла топлива в домашнем быту заключалось в том,

что две задачи печи были разделены: для согревания помещений — устраиваются комнатные печи, для приготовления пищи — плиты. Задача комнатной печи воспринять возможно больше тепла топлива с тем, чтобы потом постепенно отдавать его помещению. Для этого внутри печи устроены возможно более длинные каналы — дымообороты (рис. 169), проходя по которым продукты горения отдают свое тепло стенкам печи. Нужно только, чтобы попадающие в трубу газы имели еще достаточно высокую температуру, и таким образом в трубе была необходимая тяга. На рис. 169 изображены только три дымооборота — это те дымообороты, которые находятся в плоскости разреза печи, изображенного на рисунке. На рис. 170 изображен горизонтальный разрез той же печи, где видно 6 дымооборотов. Продукты горения в дымооборотах поднимаются кверху, затем опускаются книзу, затем по следующему каналу опять идут кверху и т. д. Для того, чтобы печь хорошо топилась, тяга в трубе должна быть достаточно сильная, так как нужно протягивать газы через все дымообороты.

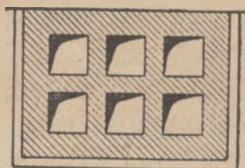


Рис. 170. Горизонтальный разрез комнатной печи.

Прогретая во время топки печь затем постепенно отдает свое тепло помещению и таким образом поддерживает в нем постоянную температуру. Этим комнатная печь отличается от железной временной печи — „временки“ (рис. 171), которая быстро и сильно нагревает помещение, так что в нем делается жарко, а по окончании топки помещение быстро остывает. Комнатная печь использует до 30% тепла даваемого топливом.

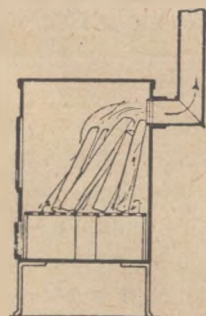


Рис. 171. Временка (разрез).

На рис. 172 изображена в разрезе обычная плита для приготовления пищи. Здесь часть тепла топлива передается чугунным пластинам „плитам“, на которые ставится нагреваемая посуда, часть отдается „духовому“ шкафу, или котлу для нагревания воды. Открывая и закрывая соответствующие заслонки в дымоходах, можно направлять продукты горения из под плиты либо под духовой шкаф, либо под котел для воды. Ход горячих газов показан на рис. 172 стрелками. Наиболее сильно должны быть нагреты верхние чугунные доски

плиты. Поэтому пламя топлива направляется непосредственно под них в узкий плоский канал.

На кухонной плите можно познакомиться с очень важным усовершенствованием топки — с так называемыми колосниками. Это та „решетка“, на которую кладется топливо и через которую к топливу поступает через поддувало, находящийся под решеткой воздух. Благодаря колосникам топливо равномерно охватывается воздухом и дает постоянное однородное пламя. Регулируя при помощи дверки поступление воздуха в поддувало, можно получить более полное сгорание топлива и более высокую температуру его пламени. Колосники устраиваются и в хороших комнатных печах, дающих при колосниках больше тепла.

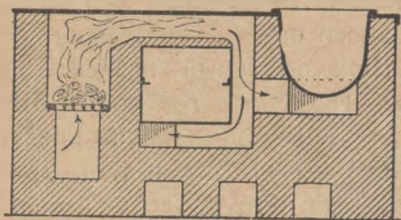


Рис. 172. Разрез кухонной плиты.

Без колосников горение идет менее равномерно. Сначала сгорают более близкие к дверце части топлива, далеко же лежащие долго не догорают, топливо приходится часто размешивать и перемещать несгоревшие части вперед.

На топке комнатной печи мы остановимся подробнее,

так как это поможет вам разобраться в условиях горения топлива в заводских печах.

Как известно, дрова в комнатную печь кладут не как попало, а стараются расположить их возможно равномерно, чтобы и горение их шло равномерно. Растапливая печь, дверку ее открывают широко, чтобы воздух поступал в печь свободно. Благодаря этому топливо разгорается и в трубе устанавливается хорошая тяга, т. е. ток теплых газов кверху. Как только тяга установилась, дверку прикрывают, чтобы воздух поступал только через имеющиеся в дверке отверстия, которые часто устраиваются так, чтобы их можно было регулировать. Если во время топки держать дверцы печи широко открытыми, то печь даст очень мало тепла. Тепло топлива будет тратиться не только на нагревание стенок печи, но и на согревание избытка поступающего в топку воздуха.

Слишком малый доступ воздуха также вреден, как и избыток его. При недостатке воздуха не будет полного сгорания топлива. В трубу могут улететь несгоревшие продукты сухой перегонки топлива — смолистые вещества, свободный угле-



род, в виде сажи, наконец, не успевшая сгореть окись углерода. Если из трубы выделяется белый дым, то, значит, в продуктах горения содержатся смолистые вещества, черный дым — признак большого количества угля — сажи. Выделения окиси углерода заметить нельзя. Ее можно обнаружить в дыме только при помощи химического анализа. А между тем окись углерода имеет большую теплопроизводительную способность. При полном сгорании 1 килограмма чистого углерода в углекислый газ выделяется около 8000 калорий, при сгорании же в окись углерода — только около 2400 калорий. Таким образом вместе с окисью углерода улетает в трубу 5600 калорий тепла на каждый килограмм неполно сгоревшего углерода. Точно также теряется тепло и со смолистыми веществами и с сажой дыма.

Ясно, что неполное сгорание топлива — прямой убыток. Поэтому необходимо внимательно регулировать доступ в печь воздуха. В домашнем хозяйстве топку регулируют на глаз, по выработанным практикой приемам. Небольшие неправильности в топке не так уже сильно отражаются на расходе на топливо, так как расход этот сам по себе сравнительно не очень велик. Другое дело на заводе, где ежедневно сжигаются иногда многие тонны топлива. Тут уж убыток от неправильной топки может выразиться в очень крупных суммах. Поэтому при больших заводских установках продукты горения подвергаются химическому анализу и топка регулируется так, чтобы сгорание топлива было возможно более полное. Придуманы даже приборы, которые автоматически определяют в топочных газах содержание углекислого газа и окиси углерода.

Кочегар, следя за показаниями приборов, соответствующим образом регулирует доступ воздуха в топку.

Для того, чтобы проследить процесс горения топлива в заводской топке и работу кочегара, остановимся сначала на устройстве топки парового котла.

#### 64. ТОПКА ПАРОВОГО КОТЛА

Топка парового котла должна быть устроена таким образом, чтобы возможно большее количество тепла, даваемого топливом, передавалось воде котла. Простейшие котлы (рис. 173) в этом смысле очень невыгодны. Здесь нагревается только нижняя половина вмазанного в печь котла. Тяга регулируется при

помощи заслонки, которая подымается и опускается посредством перекинутой через блоки цепи.

Для увеличения поверхности нагревания устраивают котлы с одной или двумя топками внутри котла (рис. 174). Кроме

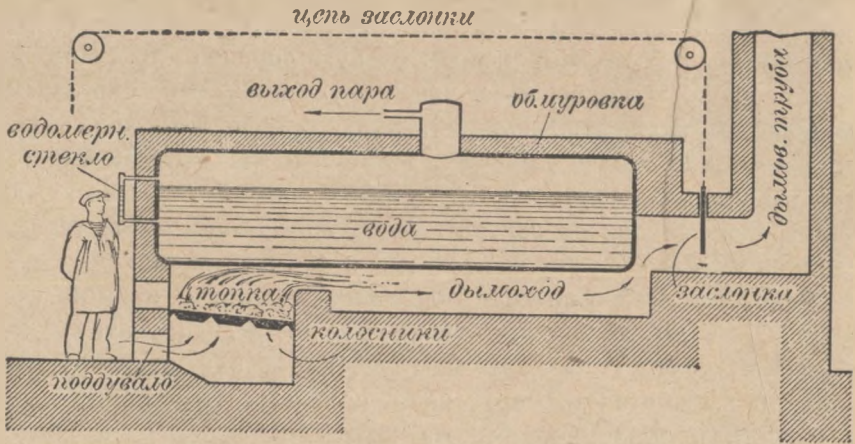


Рис. 173. Разрез простейшего котла (схема).

того, устраивают жаротрубные котлы. Для лучшей отдачи тепла горячие продукты горения проходят по ряду окруженных водой труб (рис. 175). Так часто устраивают паровозные котлы и котлы „локобилей“, применяемых в сельском хозяйстве.

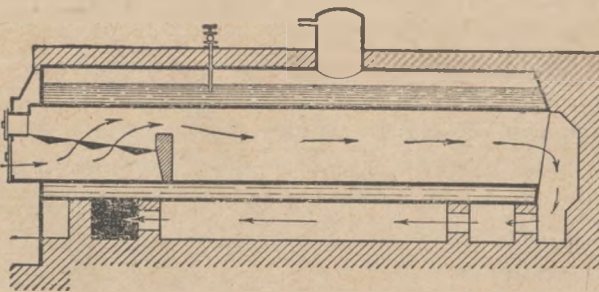


Рис. 174. Разрез парового котла с топкой внутри котла (схема).

Другой прием увеличения теплоотдачи заключается в том, что по трубам циркулирует вода, трубы же снаружи обогриваются пламенем (рис. 176). Это так называемые водотрубные котлы. Трубы поставлены наклонно. Поэтому горячая вода в них подымается кверху, холодная опускается вниз. Таким образом происходит непрерывная циркуляция воды и она быстро нагревается.

Наиболее усовершенствованные котлы новейших конструкций

состоят почти из одних очень круто поставленных труб и лишь небольших резервуаров для воды (рис. 177 — разрез такого котла, рис. 178 — наружный вид; подобный же котел изображен на рис. 186, стр. 185).

Так же, как самые котлы постепенно усовершенствовались и топки котлов.

Простейшая топка — это „ручная топка“, в которую кочегар забрасывает топливо — обычно каменный уголь —

вручную — лопатой. Работа кочегара у такой топки требует большого физического напряжения, опыта и внимания. Малейшая невнимательность ведет к большой потере тепла. Топливо не-

обходимо бросать на колосники ровным слоем, чтобы оно горело равномерно. Топливо нужно забрасывать быстро, чтобы при открывании дверец в топку не врвался избыток воздуха, так как вместе с избытком воздуха тепло будет уноситься в трубу. Чтобы ослабить тягу на время открывания дверцы, необходимо одновременно прикрыть заслонку в дымоходах. Сейчас

же после того, как топливо брошено, нужно снова открыть заслонку, так как в начале горения, когда идет процесс сухой перегонки и получается большой пламя, нужен большой доступ

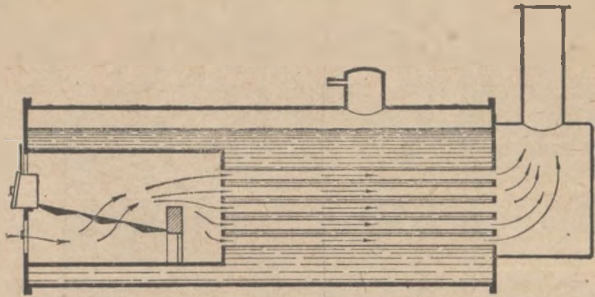


Рис. 175. Разрез жаротрубного котла (схема).

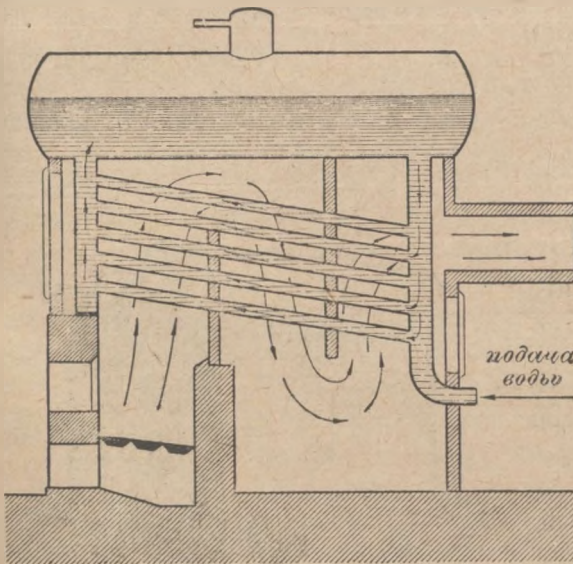


Рис. 176. Разрез водотрубного котла (схема).



воздуха (как и при топке комнатной печи). Затем, по мере сгорания топлива заслонку нужно постепенно опускать. Важно не пропустить момент, когда нужно опять забрасывать топливо, что нужно делать не слишком редко и не слишком часто (каждые 5-10 минут), — все время следя за ходом горения в окошечко в дверце, чтобы горение было полное. Если у котла есть аппараты для анализа газов, то они дают указания на характер горения, если аппаратов нет — кочегар руководится своим опытом.

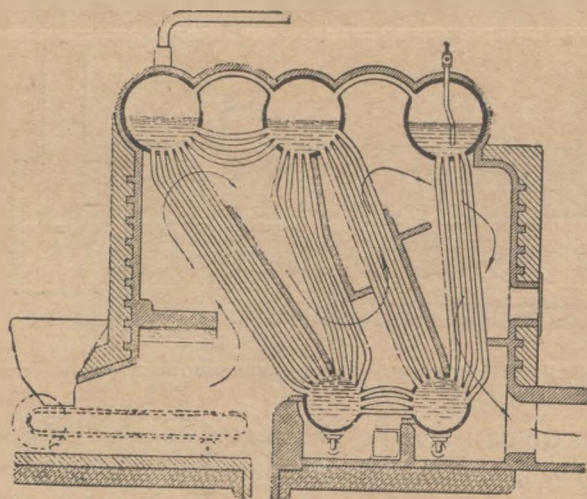


Рис. 177. Разрез новейшего водотрубного парового котла (схема).

Важно не пропустить момент, когда нужно опять забрасывать топливо, что нужно делать не слишком редко и не слишком часто (каждые 5-10 минут), — все время следя за ходом горения в окошечко в дверце, чтобы горение было полное. Если у котла есть аппараты для анализа газов, то они дают указания на характер горения, если аппаратов нет — кочегар руководится своим опытом.

От времени до времени нужно очищать колосники от шлаков (зола), и выгребать золу, провалившуюся под колосники, стараясь это делать быстро, чтобы не охлаждать топку. Одновременно нужно следить за показаниями манометра (прибора указывающего давление пара внутри котла), чтобы давление пара оставалось постоянным, за уровнем воды в котле, чтобы вода держалась на нужной высоте. Для этого служит водомерное стекло — трубка из толстого стекла, в которой вода

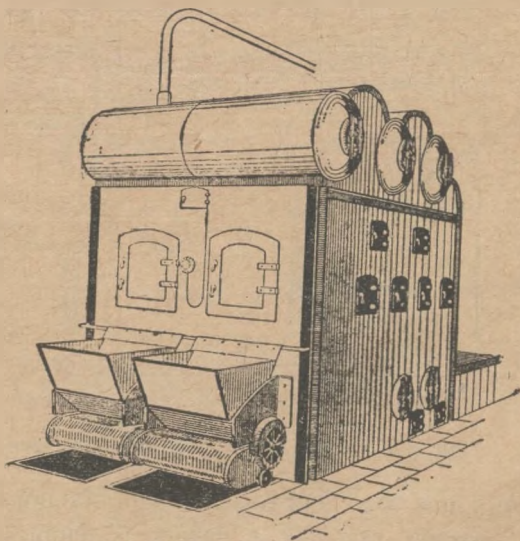


Рис. 178. Новейший водотрубный котел, наружный вид.

находится на одном уровне с водой в котле (сообщающиеся сосуды). По мере надобности нужно добавлять в котел воду.

Кочегар при ручной топке это — рабочий высокой квалификации. Он делает очень ответственную работу, от которой зависит расход завода на топливо. Хороший кочегар должен иметь не только практическую, но и теоретическую подготовку по физике и по химии горения, чтобы работать сознательно.

Часто непонимающих людей радует, когда из фабричных труб валит густой дым — значит „фабрика работает во всю“. Теперь для вас ясно, что густой черный дым, выходящий из трубы — это значит большие потери тепла и неаккуратная работа кочегара, не говоря уже о том, что этот дым прокапчивает окружающие дома, пачкает все вокруг, попадая в наши легкие, вызывает их раздражение и способствует развитию туберкулеза и т. д. Чем меньше сажи в дыме, выходящем из трубы, — тем это лучше.

Трудность работы кочегара и важность экономии топлива вызвали целый ряд усовершенствований в устройстве топков. На рис. 179 изображены ступенчатые колосники, по которым загружаемое в ящик над топкой топливо, по мере сгорания, само собою постепенно сползает вниз. Образующиеся шлаки (зола) проваливаются вниз через горизонтальные колосники. Здесь уже не приходится открывать дверцы топки для загрузки топлива и горение идет более равномерно. Приходится только по временам пошевеливать топливо кочергой, чтобы оно не застревало.

Еще более усовершенствованные топки — это топки с подвижными колосниками, которые приводятся в движение при помощи моторов и автоматически подают топливо в топку. Эти колосники представляют собой бесконечное полотно из железных полос (вроде широкой велосипедной цепи), на которое из ящика над топкой сыплется топливо. Колосники вращаются при помощи зубчатых колес (как цепь велосипеда) и непрерывно подают топливо в топку. Шлаки — сваливаются вниз под топку.

На рисунке 180 изображен разрез подобной топки, на рис. 181 —

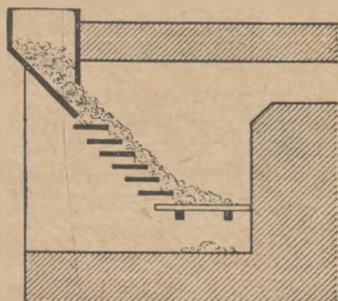


Рис. 179. Разрез ступенчатых колосников (схема).



внешний вид выдвинутых из топки подвижных колосников. Подобные же колосники показаны и в топке котла, изображенного на рис. 177 и 178.

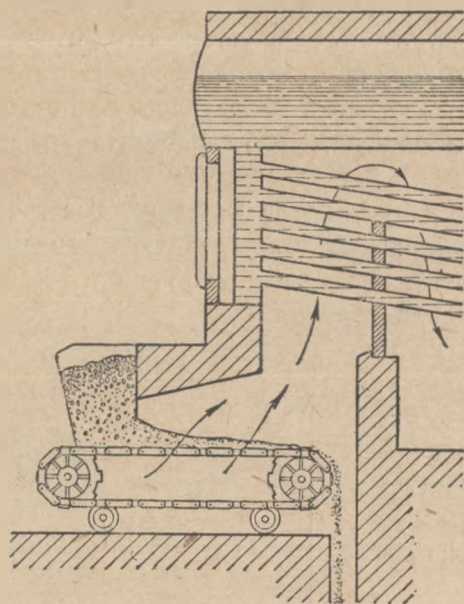


Рис. 180. Топка с подвижными колосниками (схематический разрез).

ным действием механизмов. Однако, механическая топка далеко не последнее слово в области максимального использования тепла топлива. О последних достижениях в этой области мы поговорим после рассмотрения топок для жидкого топлива — нефти и мазута.

Жидкое топливо сжигается при помощи так называемых форсунок, действие которых можно сравнить с действием pulverизатора, применяемого в парикмахерских. Если в школе есть такой простейший pulverизатор, вы можете познакомиться с действием форсунки на опыте.

Такие топки пригодны не только для каменного угля, но и для других видов твердого топлива, например, для торфа.

Механические топки устанавливаются на определенную скорость движения, вырабатываемую на опыте, на основании изучения распределения температуры внутри топки, анализа газов и т. д. и затем уже действуют совершенно автоматически. Работа кочегара заключается лишь в том, чтобы подбрасывать топливо в ящик над топкой (иногда и это делается механически) и следить за исправ-

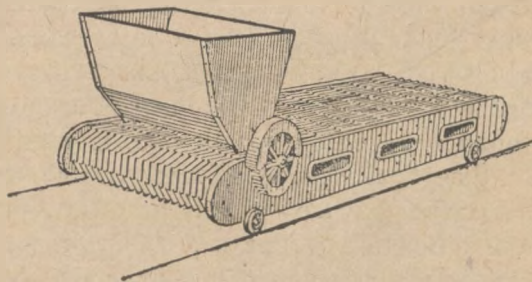


Рис. 181. Подвижные колосники, выдвинутые из топки. Колосники помещаются на тележке, передвигающейся по рельсам.



**Задача 7.** Налейте в пробирку до верха керосина. Опустите в него длинную трубку пульверизатора, к короткой же присоедините каучуковую трубку (рис. 182). Установите спиртовую лампочку на какую-нибудь подставку на столе так, чтобы вокруг не было на расстоянии нескольких метров ничего горячего и ничего, что могло бы испортиться от брызг керосина. Никто не должен стоять напротив. Зажгите лампочку и с силой вдуйте воздух ртом или резиновым баллоном в каучуковую трубку. У вас получится громадное пламя. Если пульверизатор хорошо действует, спиртовую лампочку можно отставить и пламя не будет гаснуть.

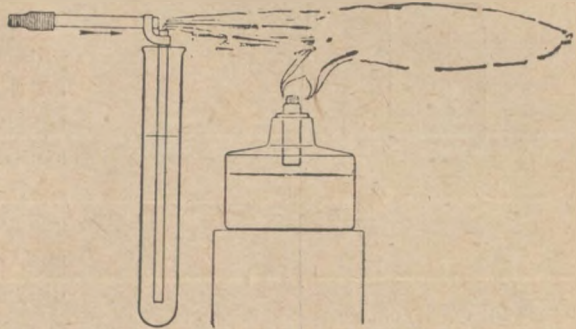


Рис. 182. Опыт, показывающий действие форсунки для нефти.

Аналогичным образом действует и форсунка (рис. 183). В нее через одну трубку поступает нефть или мазут, через другую сжатый воздух или пар, который и распыляет нефть (есть форсунки и иного устройства, чем на рис. 183).

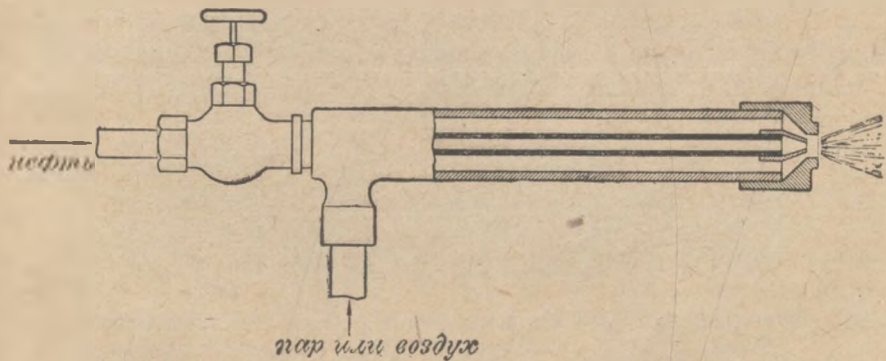


Рис. 183. Форсунка (правая часть в разрезе).

Применение жидкого топлива представляет громадные удобства. Регулируя доступ нефти и воздуха легко можно установить полное сгорание топлива а направляя пламя на нагреваемую поверхность, достигнуть наилучшей передачи тепла. Почему, не смотря на это, следует избегать применять нефть в качестве топлива? (177)

Совершенно аналогичным образом можно сжигать и каменный уголь, если предварительно обращать его в мельчайший порошок. При вдувании этого порошка в топку током воздуха через особую форсунку, получается такое же пламя, как и пламя

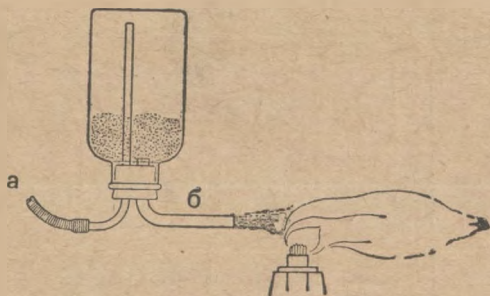


Рис. 184. Опыт, показывающий действие форсунки для распыленного топлива.

распыленного жидкого топлива. Вы можете проделать опыт со сжиганием горючего порошка, вдувая в пламя лампочки порошок ликоподия (споры плауна).

**Задача 8.** Насыпьте в баночку с двумя трубками, как на рис. 184, немного ликоподия. Встряхивая баночку, вдувайте через каучуковую трубочку *a* воздух (ртом).

Через широкую трубку *б* будет вылетать струя порошка, который горит громадным пламенем. Предосторожности те же, что и при опыте с керосином.

Горение распыленного угля в топке настолько полное, что затрата на размол топлива на особых мельницах вполне окупается, не говоря уже о том, что возможность тонко регулировать пламя представляет громадное удобство.

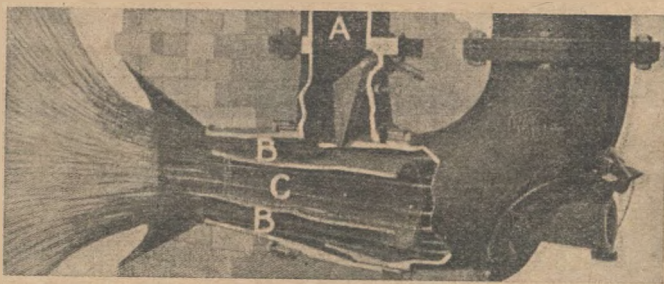


Рис. 185. Форсунка для пылевидного топлива. *A* — труба, подающая топливо. Подача регулируется заслонкой. Топливо попадает в кольцевое пространство *ВВ* между внутренней трубой *C* и наружной трубой форсунки. Через трубу *C* и через кольцевое пространство *ВВ* вдувается при помощи вентиляторов воздух.

За последнее время техника применения пылевидного топлива сильно развилась и этот способ сжигания твердого топлива имеет большую будущность. На рис. 185 изображена форсунка для

пылевидного топлива, на рис. 186 — современный водотрубный котел с форсункой для пылевидного топлива (передняя стенка котла показана удаленной).

Слева видны конические ящики (бункеры) для угольной пыли. Под ними — вентилятор, нагнетающий воздух.

За самое последнее время (1929 г.), в московском Теплотехническом институте, по указаниям проф. Рамзина разработана форсунка для

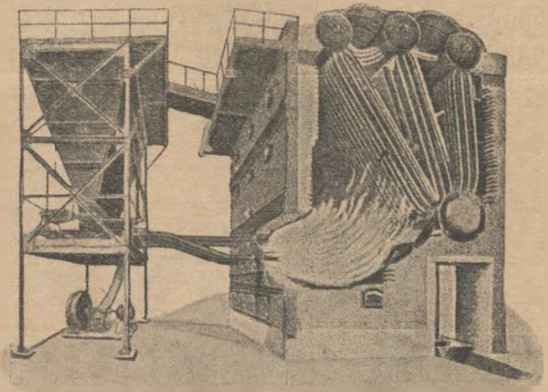


Рис. 186.

сжигания измельченного торфа. Эта форсунка представляет тот интерес, что торф можно применять в ней с 40% влаги и не измельченный в порошок, а в виде мелких кусочков, в том виде, как он поступает из машины для добычи торфа (фрезерный торф). При наших богатых залежах торфа эта форсунка должна будет сыграть большую роль.

## 65. ГЕНЕРАТОРЫ

Говоря об ядовитейшем угарном газе — окиси углерода мы упоминали, что этот газ, дающий при сгорании много тепла и высокую температуру пламени, может применяться как топливо. На этом топливе мы теперь и остановимся.

Получается окись углерода в качестве топлива в тех же условиях, как она образуется в самоварной трубе, только в большом масштабе. На рис. 187 изображена печь для получения окиси углерода или так называемый генератор.

Если поместить в генератор большой слой кокса (см. стр. 128), разжечь его и вдвухать снизу воздух, то кокс разгорается, сгорая в углекислый газ.

Когда кокс сильно накалится, то в верхних слоях, где нет избытка воздуха, начинается реакция образования окиси углерода (см. стр. 142).



В результате получается смесь окиси углерода с небольшим количеством углекислого газа и с азотом воздуха. Эта смесь носит название „генераторный газ“. Этот газ из генератора направляется по трубе в печь, где и сжигается. По мере сгорания кокса он добавляется в генератор через верхнюю воронку, прикрытую двумя крышками для того, чтобы ядовитая окись

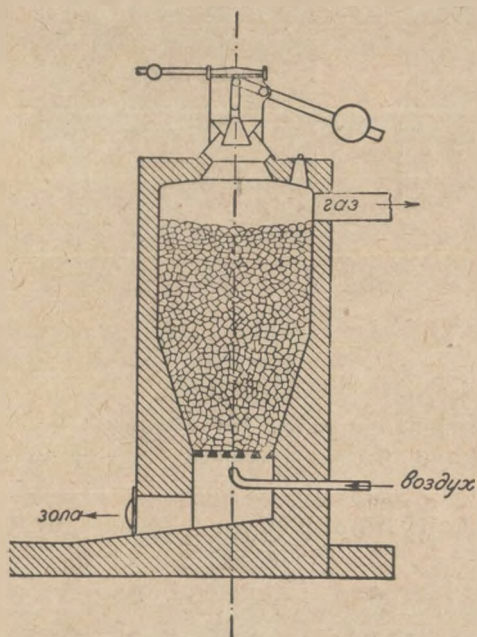


Рис. 187. Простейший генератор.

углерода не могла проникать в помещение. Сначала открывается верхняя крышка и в воронку насыпается кокс; затем верхняя крышка закрывается и опускается вниз нижняя конусообразная крышка. Топливо проваливается в генератор, после чего конус опять поднимается.

Если вместо кокса брать каменный уголь, то к окиси углерода и азоту примешивается еще некоторое количество горючих продуктов сухой перегонки каменного угля. Устраивают генераторы и для дров и других видов топлива.

Теплопроизводительная способность генераторного газа не велика — около 800 — 1000 калорий на 1 куб. метр. Для сравнения можно привести теплопроизводительные способности на 1 м<sup>3</sup> других газов:

Водород . . . . .	2700	калорий
Светильный газ . . . . .	4630	•
Болотный газ . . . . .	8700	•
Ацетилен . . . . .	31700	•

Генераторный газ применяется там, где нужно равномерное нагревание пламенем, например, для „варки“ стекла, для плавки стали. Если в генератор с накалившимся коксом вместо воздуха вдувать пары воды, то происходит реакция между парами воды и углем и образуются окись углерода и водород:



Смесь окиси углерода с водородом носит название „водяной газ“. Водяной газ состоит целиком из горючих газов и имеет теплотворную способность около 3000 калорий на 1 м<sup>3</sup>, но его нельзя получать непрерывно. По мере вдувания паров воды уголь в генератор постепенно охлаждается и реакция прекращается. Тогда в генератор вдувают некоторое время воздух, пока кокс не раскалится, а затем снова вдувают пары воды. Для того, чтобы получить непрерывный ток водяного газа, устраивают два генератора, работающие по очереди. Пламя водяного газа имеет температуру около 1800° и поэтому водяной газ применяется для плавки тугоплавких металлов, для производства тугоплавкого стекла, при эмалировании железа (производство эмалированной посуды) и вообще там, где требуется очень высокая температура.

Кроме генераторного и водяного газа применяется также „с м е ш а н н ы й г а з“ — это смесь генераторного газа с водяным. Его получают вдуванием в генератор вместе с воздухом такого количества водяных паров, чтобы температура накаливаемого кокса оставалась достаточно высокой и реакция не прекращалась. Смешанный газ имеет более высокую тепло-

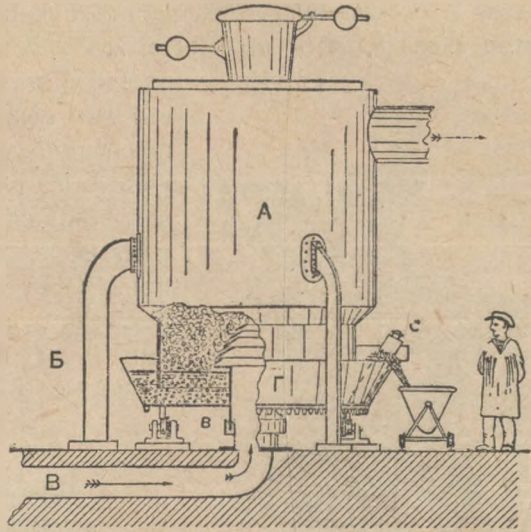


Рис. 188. Новейший генератор для смешанного газа. Генератор устроен так, что образующаяся при горении угля зола (шлаки) непрерывно и автоматически удаляется без необходимости прерывать дутье. Для этого верхняя часть генератора А установлена на подставках Б. Нижний край части А погружен в железную сковороду Г, в которую налита вода. Сковорода Г установлена на роликах и при помощи зубчатки медленно вращается. При этом скребок С, прикрепленный к неподвижной части А, выгребает скопляющиеся на дне сковороды шлаки, которые падают в тележку. Через трубу В вдувается смесь паров воды с воздухом, которая через наконечник в виде ряда насаженных один на другой копаков поступает в генератор. Наконечник вращается вместе с частью Г, в которой он укреплен. С трубой В он соединен при помощи „водяного затвора“ в. Наверху видно приспособление для загрузки, такое же, как у простейшего генератора, изображенного на рис. 187.

Кроме генераторного и водяного газа применяется также „с м е ш а н н ы й г а з“ — это смесь генераторного газа с водяным. Его получают вдуванием в генератор вместе с воздухом такого количества водяных паров, чтобы температура накаливаемого кокса оставалась достаточно высокой и реакция не прекращалась. Смешанный газ имеет более высокую тепло-

творную способность, чем генераторный газ. На рисунках 188 и 189 изображены новейшие генераторы для смешанного газа.

На этом мы заканчиваем знакомство с разными видами топлива и со способами его использования. В заключение необходимо сказать, что мы могли коснуться этого вопроса только

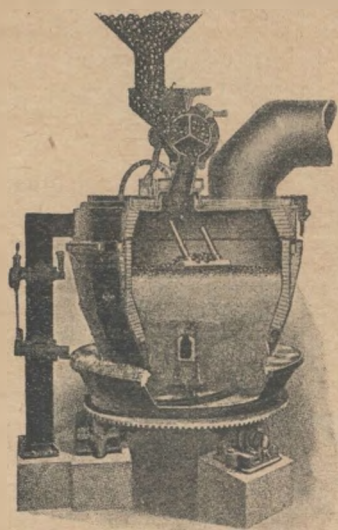


Рис. 189. Генератор для смешанного газа, отличающийся от изображенного на рис. 188 тем, что у него неподвижна только верхняя часть, средняя же вращается вместе с нижней сковородой. При этом укрепленный в верхней части скребок выравнивает падающее в генератор топливо. Топливо подается вращением разделенной на три части коробки. Скребок для шлаков укреплен на одной из подставок, поддерживающих верхнюю часть.

очень кратко. Вопрос о топливе настолько важный и сложный, что ему посвящено очень большое число научных и технических сочинений и над вопросом о топливе непрерывно идет исследовательская работа. У нас при ВСНХ имеется специальное учреждение, ведающее вопросами топлива — Теплотехнический институт в Москве.

#### Вопросы для повторения

1. Перечислите важнейшие виды топлива, применяемые в СССР.
2. Назовите основные виды топлива, применяемые в технике.
3. Какими видами топлива СССР наиболее обеспечен?
4. Каково соотношение запасов каменного угля и нефти?
5. Какие виды топлива возобновляются и какие не возобновляются?
6. Какой из возобновляющихся видов топлива дает наибольший прирост?
7. Как сравнивают разные виды топлива?
8. Как определяется теплопроизводительная способность топлива?
9. Почему березовые дрова выгоднее еловых?
10. Что такое условное топливо?
11. Перечислите возобновляемые запасы энергии.
12. Какой элемент в составе топлива имеет наибольшее значение?
13. Чем руководствуются при выборе топлива?
14. Почему не следует пользоваться нефтью как топливом?



15. Как совершенствовались приспособления для использования топлива в домашнем быту?
16. Каковы условия наиболее полного использования топлива?
17. Как совершенствовались топки паровых котлов?
18. Что такое генераторный, водяной и смешанный газы?

## ТЕМА XII

### ДОБЫВАНИЕ МЕТАЛЛОВ ИЗ РУД

Топливо нужно не только как источник тепла, для отопления и нагревания. Оно имеет громадное значение также для добывания металлов из руд. Металлы очень редко встречаются в природе в свободном состоянии, да и то лишь те металлы, которые не окисляются или очень медленно окисляются на воздухе, такие, как серебро, золото, платина, ртуть, медь. Такие металлы называются „самородные“. Из самородных металлов техническое значение имеют только золото и платина. Все же остальные металлы добываются только из руд.

Вам хорошо известно, какое громадное значение имеют металлы в нашей жизни и в технике. Вы знаете также, что самый важный из металлов это железо. Представьте себе, что стало бы с нашей культурой, если бы в один прекрасный день мы лишились возможности пользоваться железом!

Поэтому мы подробно рассмотрим способы добывания и свойства чугуна, железа и стали, для того, чтобы вы могли составить ясное представление об этих производствах, лежащих в основе индустриализации страны.

#### 66. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОКИСЛОВ МЕТАЛЛОВ

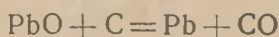
В качестве руд пользуются преимущественно природными окислами металлов, а также солями угольной кислоты и сернистыми соединениями, которые легко можно превратить в окислы прокаливанием на воздухе. Вы хорошо знаете, что из углекислой соли, которая встречается в природе в виде малахита, при прокаливании получается окись меди.

Точно также, при обжигании природного сернистого свинца  $PbS$  получается окись свинца  $PbO$  и сернистый газ.

Напишите равенство реакции (178)

Таким образом, при выплавке из руды металла задача сводится к тому, чтобы отнять от руды кислород. Для этой цели и служит топливо в виде угля. Это либо древесный уголь, либо кокс, получаемый из каменного угля (см. стр. 128).

В простейшем случае уголь вступает непосредственно в реакцию с окислом металла, образуя с кислородом углекислый газ  $\text{CO}_2$  или окись углерода  $\text{CO}$ , например:



*Задача 1.* Смешайте с порошком угля кусочки окиси меди, поместите в пробирку (рис. 190). Газоотводную трубку опустите в пробирку с известковой водой, чтобы обнаружить выделяющийся при реакции углекислый газ. Нагревайте пробирку сильнее, пока выделение газа не прекратится или сильно не ослабеет. Выньте конец трубки из известковой воды, дайте пробирке остыть, высыпьте содержимое на бумагу и осторожно сдуйте угольной по-

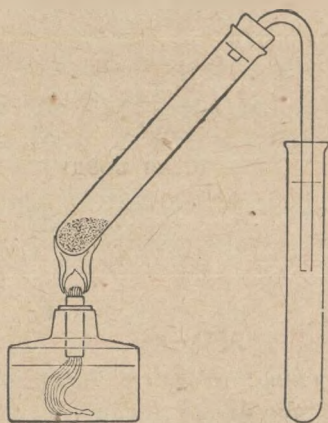


Рис. 190. Восстановление окиси меди углем.

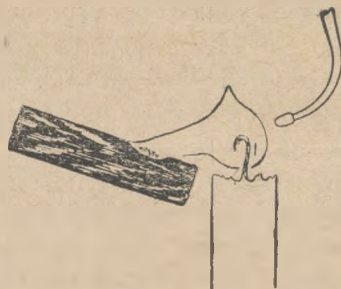


Рис. 191. Восстановление окиси металла на угле.

рошок. Можно под конец осторожно покатавать кусочки пальцем по бумаге. Результаты? (179).

*Задача 2.* Прodelайте опыт с получением свинца. Для этого воспользуйтесь окисью свинца  $\text{PbO}$ . Возьмите этой окиси на кончике ножа и поместите в углубление, сделанное ножом на краю большого куска угля (рис. 191). При помощи паяльной трубки, вдвывая воздух очень слабо, отклоните пламя свечи так, чтобы оно касалось насыпанной на уголь окиси. Пламя при этом должно оставаться светящимся. В таком светящемся пламени, как вам уже известно, содержатся частички углерода, которые и вступают в реакцию с окисью свинца. Такое пламя называется „восстановительное“. Если вдвывать воздух сильно,

то в пламени будет избыток кислорода, пламя будет „окислительное“ и металл будет не восстанавливаться, а окисляться. Если вы будете правильно дуть, то окись свинца будет сначала плавиться, а затем вы заметите в ней блестящий шарик свинца. Дайте углю остыть, снимите с него сплавленную массу, разбейте ее и отделите шарик расплавленного металла.

Если в школе есть сильная горелка или жаровня и железный тигель, попробуйте выплавить более или менее значительное количество свинца. Указания, как проделать опыт (опыт длительный), получите от преподавателя.

При помощи угля могут быть восстановлены железо, медь, цинк, свинец, олово и другие металлы (с другими способами добывания металлов вы познакомитесь позднее).

Как уже было сказано, в простейшем случае реакция идет непосредственно между углеродом и окислом металла, но в некоторых случаях она протекает несколько сложнее. Это происходит тогда, когда добывание металла ведется в так называемых шахтных печах, имеющих вид вертикальной трубы, в которую сверху засыпается кокс и руда, а снизу вдувается воздух. Кокс при этом горит; в печи происходят те же явления, что и в генераторе, и получается окись углерода  $\text{CO}$ . Напишите известные уже вам две реакции, в результате которых получается окись углерода (180).

Окись углерода может не только гореть, но и отнимать кислород от окислов металлов, т. е. их восстанавливать. Этот процесс и идет при выплавке металлов в шахтных печах.

Напишите реакцию восстановления окисью углерода окиси железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (руда — красный железняк) (181).

Мы остановимся более подробно на выплавке из руд важнейшего из металлов — железа. При этом, сразу же следует отметить, что первым продуктом производства является не железо, а чугун, т. е. сплав железа с тем углеродом, при помощи которого ведется восстановление. В чугуне содержится до 6% углерода и другие примеси.

Получение из чугуна стали и более или менее чистого железа является уже дальнейшей стадией производства.

## 67. РУДЫ ЖЕЛЕЗА

В качестве руд для выплавки чугуна применяются главным образом окислы железа. Лучшими рудами являются красный



железняк —  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , магнитный железняк —  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и бурый железняк, который представляет ту же окись железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , но соединенную с водой ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ).

В СССР имеются большие залежи всех этих руд. На других, менее важных рудах мы останавливаться не будем.

Магнитный железняк встречается на Урале, например, в горах Благодать и Высокая на восточных склонах Среднего Урала (близ Нижне-Тагильска, Тагильский округ) и в горе Магнитной на восточных склонах Южного Урала (близ Верхнеуральска, Троицкого округа).

Большие залежи красного железняка имеются на Украине в Кривом Роге (на запад от Днепропетровска). Громадные залежи бурого железняка — на Керченском полуострове (Крым). Есть и целый ряд других залежей — на Кавказе, в Курской губернии (открыты на основании того, что лежащие на большой глубине залежи вызывали ненормальное наклонение к земле магнитной стрелки<sup>1</sup> — „Курская магнитная аномалия“), в Сибири и в целом ряде других мест.

Общее количество железных руд в СССР исчисляется в настоящее время около 6 миллиардов тонн (6 195 000 000 *t*). В 1927 — 28 году мы добыли около 6 миллионов тонн руды. Но при индустриализации страны по пятилетнему плану в 1932 — 33 г. нам потребуется уже около 20 миллионов тонн. Если бы мы на этом остановились, то имеющихся запасов (не считая тех, которые еще могут быть открыты) у нас хватило бы еще на 300 лет. Но потребление руды будет расти дальше и этот срок должен значительно сократиться. Потребление железа на 1 жителя у нас сравнительно с другими странами пока очень невелико и должно сильно возрасти (припомните, что известно вам по этому вопросу из курса обществоведения).

Для выплавки чугуна на Урале, изобилующем лесами, до недавнего времени пользовались исключительно древесным углем. В настоящее же время начинают постепенно переходить на кокс. Новые гигантские чугуноплавильные и железоделательные заводы, которые строятся у горы Магнитной на Урале, рассчитываются исключительно на кокс. Кокс будет готовиться здесь же из каменного угля, который будут привозить из Кузнецкого каменноугольного бассейна (в Сибири).

<sup>1</sup> Об этом явлении вы узнаете на занятиях по физике, когда будете проходить магнетизм.

Криворожская руда всегда выплавлялась на коксе близ лежащего Донецкого каменноугольного бассейна, где и расположено большинство заводов, перерабатывающих криворожскую руду на чугуны и железо.

Для вновь отстроенных в 1929 г. печей для выплавки чугуна на Керченском полуострове предполагается использовать кавказский каменный уголь,<sup>1</sup> который удобно будет подвозить морем (вам, вероятно, известно, что водный транспорт дешевле железнодорожного). Пока же печи эти пользуются донецким каменным углем.

Как вы видите, металлургические заводы, т. е. заводы для выплавки и выделки металлов, могут строиться либо близ залежей руды, как заводы у горы Магнитной или Керченские, либо близ залежей каменного угля, как заводы Донецкого бассейна. Что же выгоднее подвозить к заводу — руду или кокс?

Это зависит от целого ряда экономических соображений и, прежде всего, от качества руды. Если руда „бедная“, т. е. содержит мало железа и много посторонних примесей, то ее перевозить не выгодно. Пример — керченская руда, содержащая лишь около 40% железа. Поэтому керченские металлургические заводы и построены „на руде“. Богатую же криворожскую руду, содержащую около 65% железа — имеет смысл перевозить.

Принимается во внимание и близость важнейшего района потребления. Поэтому богатая магнитогорская руда (65% железа) будут перерабатываться на месте, а не будет перевозиться в Сибирь к кузнечному каменному углю, так как значительную часть выплавленного металла пришлось бы везти из Сибири обратно. Надобности Сибири будут обслуживать заводы, строящиеся в районе Кузнечного бассейна для выплавки местной руды.

Иногда оказывается выгодным строить металлургические заводы между рудой и углем. Наконец, можно строить одновременно и на руде и на угле. Это имеет то преимущество, что вагоны, подвозящие к одному заводу уголь, возвращаясь обратно везут на другой завод руду. Так, между прочим, обстоит дело с криворожской рудой. Заводы, выплавляющие чугун из этой руды, есть и в Донбассе и в Кривом Роге.

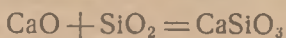
<sup>1</sup> Ткварчельское месторождение около Сухума.

## 68. ФЛЮСЫ

Всякая руда всегда содержит некоторое количество примесей. Это те горные породы, среди которых руда залегает. Примеси (зола) содержатся и в угле и, особенно, в коксе. Для того чтобы эти примеси легко отделялись от чугуна они, как и чугун, должны в печи плавиться и образовать над расплавленным чугуном жидкий слой, который можно было бы от времени до времени сливать. Между тем очень мало таких руд, примеси которых были бы достаточно легкоплавки. Поэтому к руде обычно приходится прибавлять вещества, которые образовали бы с примесями руды легкоплавкие соединения и сплавы. Эти примеси называют „плавни“ или „флюсы“ (от латинского fluere — течь). Если руда содержит, например, примесь кремнезема  $\text{SiO}_2$  (встречается в виде кварца, из которого состоит обыкновенный песок и в виде других минералов), то в качестве флюса берут известняк,  $\text{CaCO}_3$ . Вы знаете, что известняк при накаливании разлагается, образуя известь.

Напишите эту реакцию (182).

Известь же соединяется с кремнеземом, образуя легко плавящуюся кремнекальциевую соль  $\text{CaSiO}_3$



Кремнекальциевая соль — соответствует кремниевой кислоте  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ .

Что нужно прибавить к руде, если она содержит примесь известняка? (183).

Таким образом и подбирают к руде подходящий флюс.

Сплавленные примеси руды, представляющие в застывшем виде стеклообразную или камнеобразную массу, носят название „шлаки“.

## 69. ДОМЕННАЯ ПЕЧЬ

Шахтные печи для выплавки чугуна или так называемые доменные печи, „домны“ имеют вид громадных, суживающихся кверху и книзу башен. Домны строятся из огнеупорного кирпича и снаружи бывают одеты железной оболочкой или стянуты рядом железных колец. Современные домны достигают высоты 20—30 метров (высота 6—9-этажного дома).



На рис. 192 изображен упрощенный схематический разрез доменной печи, на рис. 193, 194 и 195 — ее внешний вид.

Как видно из рисунков домна состоит как бы из двух усеченных конусов, сложенных основаниями. Верхний конус — „шахта“ покоится на железном кольце, опирающемся на ряд основательных железных колонн. Самая нижняя часть домны — „горн“, где собирается расплавленный чугун, имеет цилиндрическую форму.

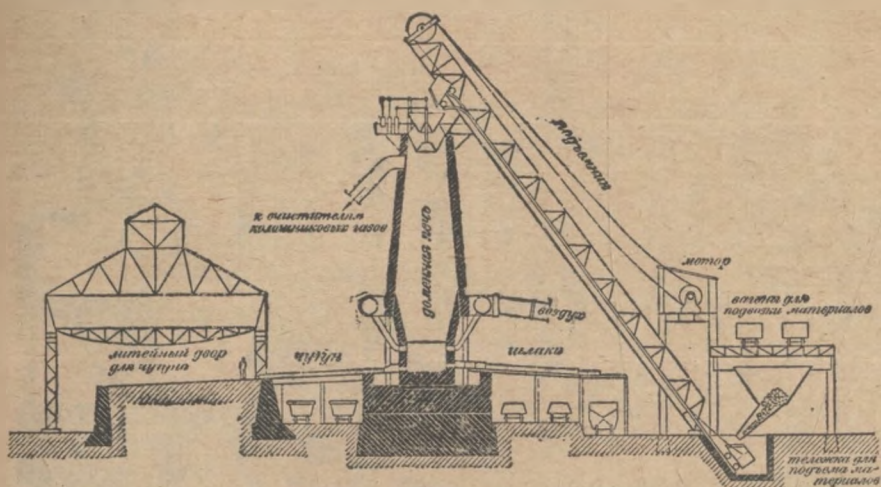


Рис. 192. Схематический разрез доменной печи.

Доменные печи, не имеющие прочной железной оболочки, бывают окружены железными стойками, соединенными переплетом. Эти сооружения служат для поддержки механизмов на верху домны, служащих для загрузки домны (рис. 194). Нижняя часть домны иногда бывает прикрыта постройкой, находится как бы внутри заводского здания.

Кокс (или уголь) при выплавке чугуна играет двойную роль. Он служит и материалом для реакции восстановления руды и топливом, дающим высокую температуру, необходимую для процесса восстановления и для плавления образующегося чугуна и шлаков. Чугун плавится при  $1050^{\circ}$ — $1200^{\circ}$  (смотря по составу), но для того, чтобы чугун не только плавился, но и оставался в печи в расплавленном состоянии, температура в нижней части печи должна быть значительно выше. Такая температура может

быть достигнута только при вдувании в печь воздуха. Воздух нагнетается воздушными насосами и подводится к печи широкой трубой. Эта труба присоединяется к окружающей печь кольцеобразной трубе, от которой отходит ряд отростков (рис. 192).

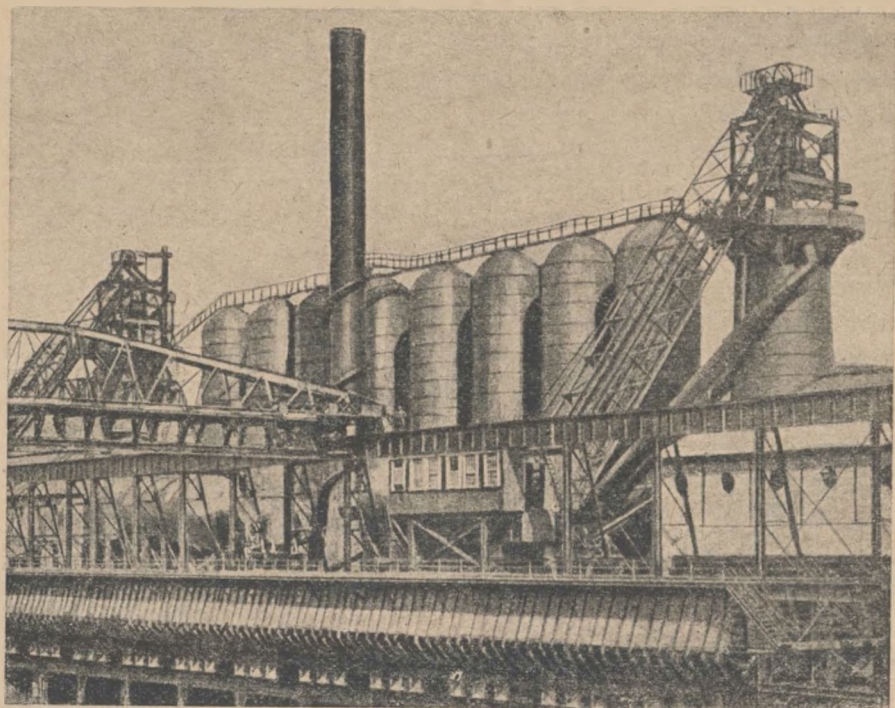


Рис. 193. Доменные печи. Видны на рисунке справа и слева. (По фотографии.)

Эти отростки вставлены концами в имеющиеся в нижней части печи отверстия — фурмы. На рис. 196 изображен схематично внешний вид нижней части доменной печи, на котором видна кольцевая труба и отростки.

#### 70. КОЛОШНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Для повышения температуры внутри печи вдуваемый в печь воздух в современных домнах предварительно нагревается до  $700^{\circ}$ — $800^{\circ}$ . Для подогревания воздуха пользуются выходящими из печи газами. Вы уже знаете, что в доменной печи идет тот же процесс, что и в генераторе, и образуется окись углерода, которая и восстанавливает руду. Количество обра-



зующейся окиси углерода значительно больше, чем это надо для восстановления руды. Поэтому выделяющиеся из печи газы помимо азота воздуха и углекислого газа, содержат еще значительное количество (до 30% по объему) окиси углерода  $\text{CO}$ . Эти газы, которые носят название „колошниковые газы“ (верхнее отверстие печи называется „колошник“) могут гореть, как генераторный газ, и дают много тепла. Это тепло и используется для предварительного подогревания поступающего в печь воздуха. Для отвода из печи колошниковых газов, которые в старинных доменных печах выпускались прямо на воздух и сгорали, служит труба, отходящая от верхней части домы (рис. 192 и 193). Колошник же печи имеет запор. Простейший запор изображен на рис. 200.

Это — конус, прижатый к краю отверстия печи. Насыпачное сверху топливо (см. рис. 200), при опускании конуса, проваливается в печь. В момент опускания воронки часть газов вырывается наружу и сгорает. Поэтому в современных печах устраивают приспособления, которые позволяют загрузить печь, не выпуская на воздух газы. Таких приспособлений придумано много. Одно из них изображено на рис. 197, 198 и 199. Оно состоит из двух воронок *A* и *B*, закрытых двумя конусами *a* и *b*. Конуса прижимаются к воронкам при помощи противовесов. Опуская конуса по очереди можно вводить в печь материалы, не выпуская газы, как это понятно из рисунков 197.

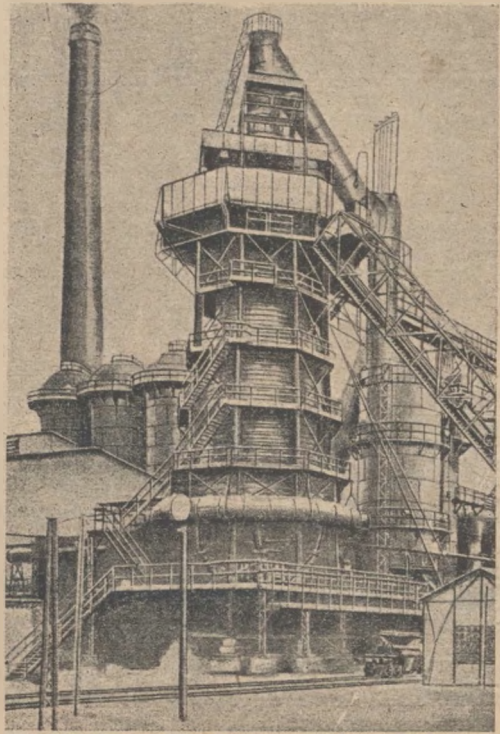


Рис. 194. Доменная печь без железного кожуха. Приспособления для загрузки наверху печи поддерживаются окружающими печь железными стойками (по фотографии).



198, 199. Опускание и поднятие конусов производится при помощи паровых цилиндров или при помощи сжатого воздуха.

Загружаемые в печь вещества поднимаются на верх печи по наклонным рельсам в вагонетках, которые автоматически опрокидываются над воронкой (см. рис. 192 и 195).

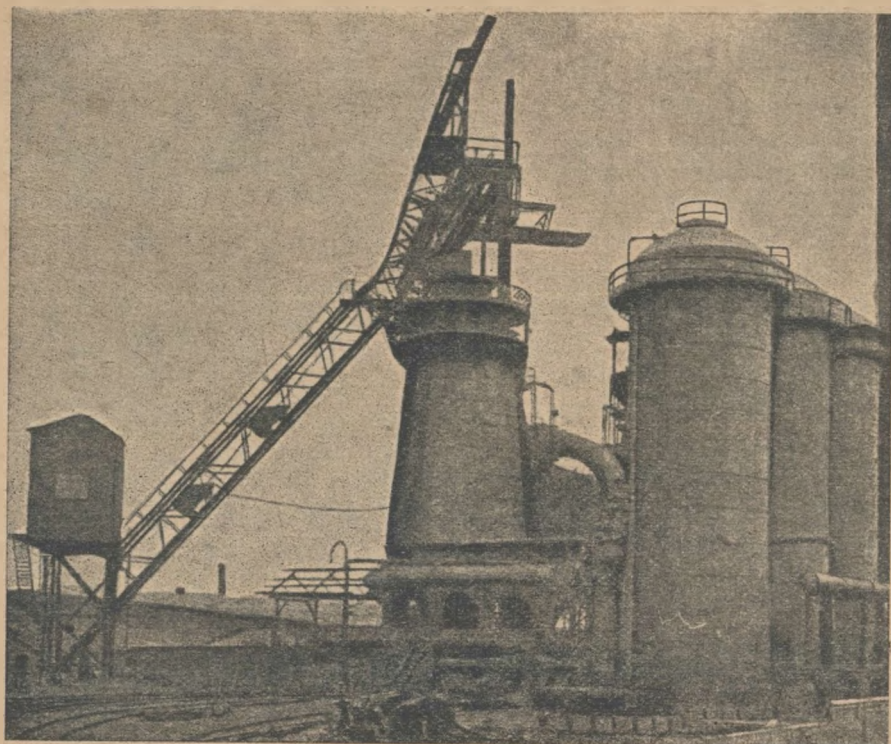


Рис. 195. Доменная печь (по фотографии). Слева виден подъемник для материалов, по которому поднимаются две тележки с материалами.

### 71. КУПЕРЫ

Разберемся теперь каким образом тепло, получающееся при горении колошниковых газов, используется для подогревания нагнетаемого в доменную печь воздуха.

Для этой цели пользуются обыкновенно аппаратами, изобретенными англичанином Коупером, или „куперами“ (иногда их называют коуперы). На рис. 200 изображен схематический разрез двух коуперов и система труб, соединяющих их с домной, с воздуходувными машинами и с дымовой трубой.

Коуперы — это круглые железные башни, выложенные внутри огнеупорным кирпичом. Сбоку внутри коупера тянется во всю длину широкая труба, остальное же пространство заложено кирпичом, образующим целый ряд узких вертикальных каналов<sup>1</sup> (на схеме справа изображено поперечное сечение коупера).

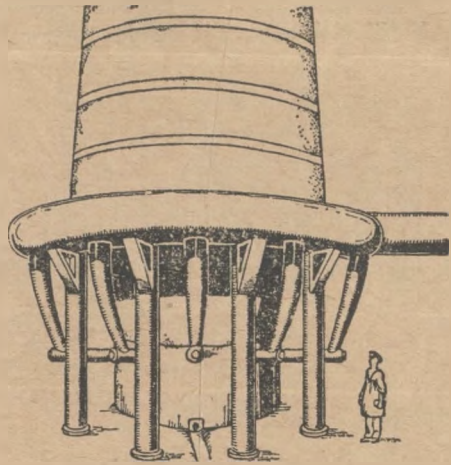


Рис. 196. Схематический рисунок, изображающий внешний вид нижней части доменной печи.

Обратите внимание сначала на левый коупер. В нем показано пламя горящего колошникового газа; нужный для горения воздух поступает через имеющуюся внизу короткую трубку с заслонкой (над отверстием трубы, приводящей в коупер газ). Горячие продукты горения опускаются вниз по узким каналам и накаливают их стенки, а затем

уносятся в дымовую трубу. Когда коупер достаточно накалится, при помощи заслонок меняют направление тока газов и через накаленный коупер пускают нагнетаемый воздуходувными машинами (громадные сооружения; на схеме показана только часть машины, не видно махового колеса), воздух, который в коупере нагревается до  $700^{\circ}$ — $800^{\circ}$  и поступает в дому. Колошиковый же газ одновременно направляют во второй коупер, который теперь начинает накаливаться.

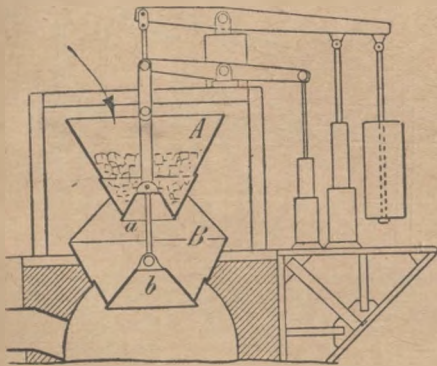


Рис. 197. Приспособление для загрузки доменной печи. Материал загружен в верхнюю воронку.

Через некоторое время снова меняют направление газов и т. д. Таким образом каждый коупер попеременно, то

<sup>1</sup> Подставки, на которых покоится кирпич, на схеме не показаны, чтобы не усложнять ее.



накаливается, то охлаждается, отдавая свое тепло воздуху. На схеме правый коупер показан в период охлаждения.

*Задача 3.* Для того, чтобы лучше разобраться в схеме, перерисуйте ее в свою тетрадь (более упрощенно, чем в книге), но правый коупер изобразите нагревающимся, а левый охлаждающимся. Подумайте, какие клапаны нужно будет показать открытыми, какие закрытыми. Направление тока газов покажите стрелками.

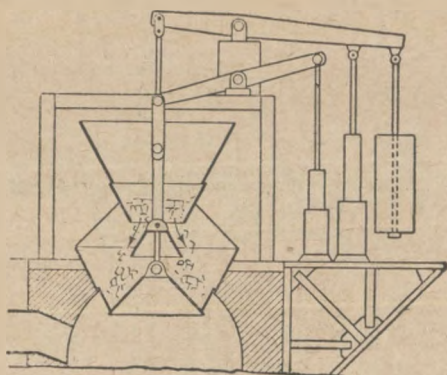


Рис. 198. То же приспособление, что и на рис. 197. Верхняя воронка опущена.

нагреваются. Один коупер обычно служит запасным, на случай порчи. Коуперы обычно строятся все в ряд, а не по сторонам печи, как для упрощения сделано на схеме (см. рис. 193 и 194).

На схеме часть труб показана как бы идущими под землей. Это сделано для ясности схемы. На самом же деле под землей бывают расположены только трубы, ведущие к дымовой трубе. Кроме того, на схеме не показаны очистители, в которых колошниковые газы очищаются от пыли и целый ряд других деталей, на которых мы здесь останавливаться не можем.

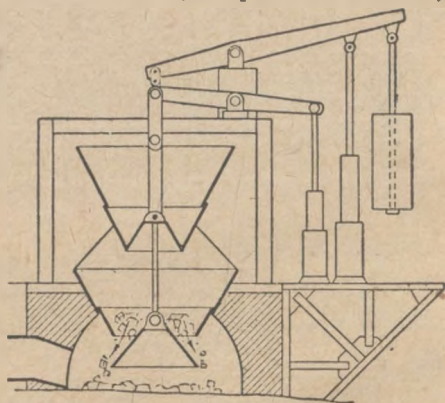


Рис. 199. То же приспособление, что и на рис. 198. Нижняя воронка опущена.

## 72. УТИЛИЗАЦИЯ КОЛОШНИКОВЫХ ГАЗОВ

Следует отметить, что колошниковых газов получается гораздо больше, чем нужно для нагревания воздуха в коуперах. Избыток колошниковых газов ( $\frac{2}{3}$  их) используется для нагревания паровых котлов или непосредственно в двигателях внутреннего сго-





рания. Либо те, либо другие и служат на заводе для приведения в действие воздушных насосов, подъемников для руды, кранов, динамомашин, дающих ток для двигателей и для освещения завода и рабочего поселка. Наконец, колошниковые газы служат для нагревания при следующих стадиях переработки чугуна на сталь и железо.

Обширные применения колошниковых газов — очень яркий пример рационального использования побочного продукта производства, который раньше просто выпускался на воздух и сгорал. Еще не так давно, проезжающие ночью по железной дороге мимо доменных печей любовались ярким пламенем, вырывавшимся из открытых колошников, и красивым заревом освещавшим всю местность вокруг металлургического завода. Они и не подозревали, что эта красивая иллюминация была потерей громадного количества энергии.

В настоящее время, организовывая какое-нибудь производство, стараются не только утилизировать все, что возможно на данном производстве, но соединяют между собой несколько различных производств, так, чтобы продукты и побочные продукты одного производства использовались на соседних производствах. Такая организация называется комбинат. Примером комбината является соединение добычи руды, выжигания кокса, выплавки чугуна и дальнейшей переработки этого чугуна на железо и сталь. Широкое развитие комбинатов, упрощающих и удешевляющих производство, возможно только в социалистическом государстве, где земля и ее недра принадлежат государству, а не отдельным собственникам — капиталистам.

### 73. РАБОТА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

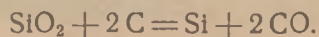
Теперь, познакомившись с устройством доменной печи, проследим самый процесс выплавки чугуна, начиная с пуска в ход новой доменной печи, которая затем работает непрерывно в течение нескольких лет (современная печь работает нормально 3—6 лет под ряд, иногда и дольше), пока не потребует ее ремонт или перестройка.

Работа начинается с того, что в печь загружается некоторое количество сухих дров, облитых керосином, а затем кокс или уголь (далее мы будем говорить только о коксе, чтобы каждый раз не повторять „кокс или уголь“) примерно до  $\frac{1}{3}$  высоты печи. Затем загружается отдельными слоями — смесь руды с флю-



сом, слой кокса, опять слой руды с флюсом и опять слой кокса и т. д. После того как вся домна загружена, через имеющееся внизу отверстие для выпуска чугуна (рис. 196) зажигают дрова. Когда дрова разгорятся, отверстие затыкают глиной и начинают вдувание воздуха и таким образом разжигают кокс. По мере того как кокс раскаляется все дальше и дальше создаются условия для образования окиси углерода, о чем уже было сказано выше. Когда количество окиси углерода в выходящих из печи газах окажется достаточным, пускают в действие коуперы. В домну начинает поступать горячий воздух. Горение усиливается и температура в нижней части домны достигает  $1700^{\circ}$ — $1800^{\circ}$ . Кверху она постепенно понижается и в верхней части домны устанавливается около  $300^{\circ}$ — $400^{\circ}$ .

По мере сгорания кокса вся масса в печи постепенно оседает, опускается вниз, сверху же загружают все новые и новые слои материалов. Опускающаяся книзу загрузка, постепенно прогреваясь в токе горячих газов, сначала просушивается, известняк  $\text{CaCO}_3$  и другие углекислые соединения разлагаются. Затем начинается восстановление руды окисью углерода. Появляются губчатые комочки железа. Железо постепенно насыщается углеродом. Опустившись до уровня с температурой выше  $1000^{\circ}$ , науглероженное железо сплавляется с кремнием (Si), так как при высоких температурах уголь восстанавливает содержащиеся в руде или флюсах соединения кремния, например, кремнезем  $\text{SiO}_2$ :



Таким образом появляются капли сплава железа с углеродом и кремнием—чугуна. Одновременно идет реакция между примесями руды и флюсами, образуется жидкий шлак. Капли жидкого чугуна, покрытые с поверхности слоем шлака, стекают вниз и собираются на дне горна. Постепенно образуются два жидких слоя, внизу слой чугуна и над ним слой более легкого шлака.

Флюс очень важно подобрать таким образом, чтобы шлак плавился одновременно с чугуном. Ведь капли чугуна должны проходить мимо фурм, через которые в печь вдувается воздух. Здесь кислород воздуха может окислять железо, снова обращая его в окисел, слой же шлака предохраняет его от окисления.

Для выпуска чугуна и шлака в горне печи имеется два от-



верстия (рис. 200) — верхнее для шлаков, нижнее — для чугуна, отверстия эти затыкаются комками огнеупорной глины, которая для выпуска удаляется.

Глиняная пробка обыкновенно пробивается ломом, по которому ударяют молотом. На рисунке 201 изображена фотография нижней части домны в момент пробивания отверстия для выпуска чугуна. Справа видна канавка в песке, по которой потечет чу-

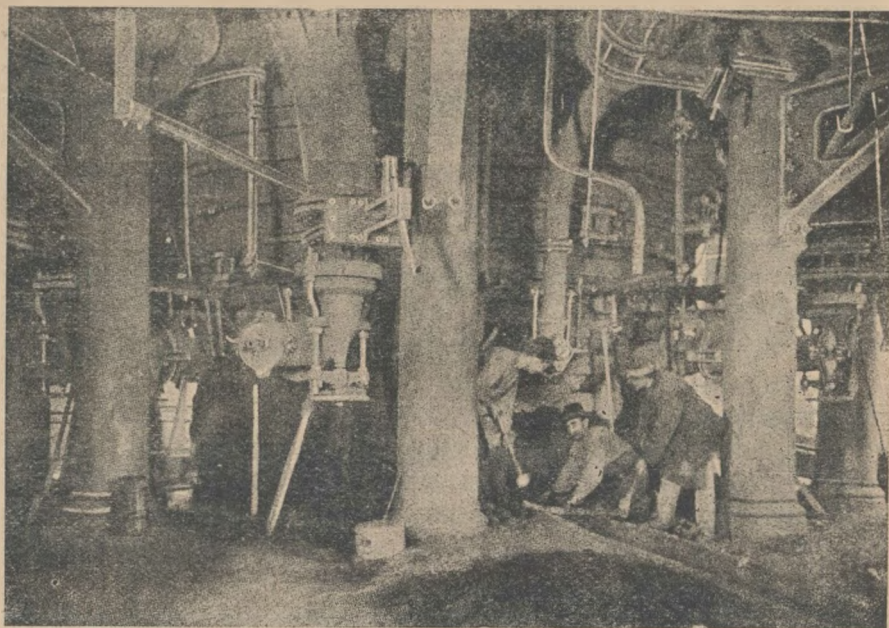


Рис. 201. Низ доменной печи. Пробивание отверстия для выпуска чугуна (по фотографии).

гун. По этой канавке чугун направляется либо непосредственно на литейный двор (рис. 192) в формы, в которых и застывает, либо в так называемый „ковш“, выложенный внутри огнеупорным и плохо проводящим тепло материалом (рис. 202, а также рис. 192 — под мостом для чугуна и 194 — направо внизу). В ковше жидкий чугун отвозится по рельсам или к формам, в которые разливается, или в сталеплавильный цех для дальнейшей переработки — „передела“ на сталь и железо. Доставка в цех жидкого чугуна дает большую экономию в топливе, так как не приходится тратить тепло на плавление чугуна. Это одна из выгод обычного теперь комбината из доменных печей и завода

для передела чугуна, помимо того, что завод, как уже было сказано, может использовать колошниковые газы.

В современных доменных печах чугун бывает настолько сильно нагрет, что не только может быть доставлен на завод в жидком виде, но может еще некоторое время храниться, для чего его из ковшей сливают в громадные резервуары, вмещающие от 100 до 1000 тонн чугуна (миксеры), покрытые изнутри толстым слоем плохо проводящего тепло огнеупорного материала. Из этих ре-

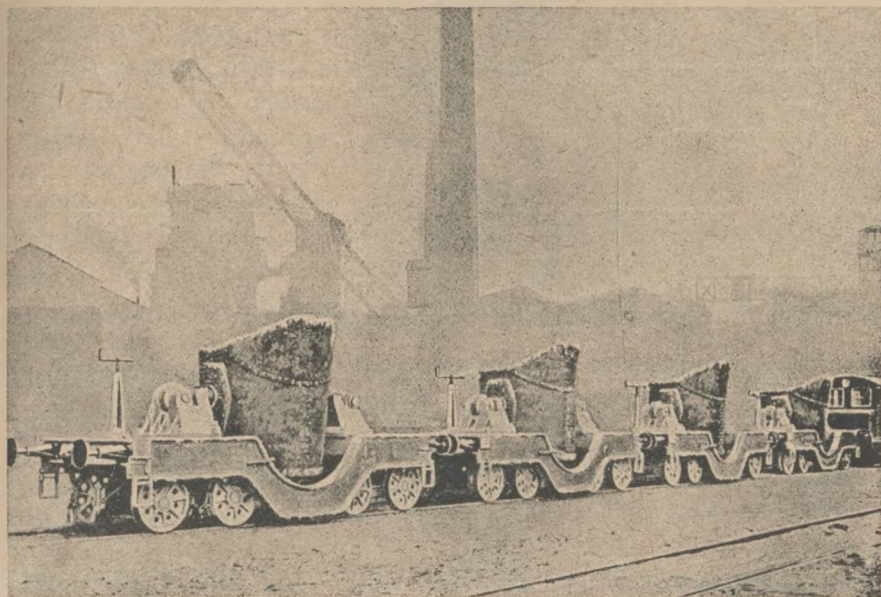


Рис. 202. Ковши для чугуна.

зервуаров чугуна и берется по мере надобности. Все это делается при помощи механизмов — ковши передвигаются по рельсам, переносятся кранами и т. д. На рис. 203 изображена переливка чугуна из ковша в миксер. На рис. 204 — выливание из миксера в ковш.

Собирание отдельных порций чугуна в миксеры имеет еще то преимущество, что чугун получается более однородный, с меньшими колебаниями в составе и в температуре.

При отливке чугуна прямо из домны, ему либо дают растекаться по канавкам в сделанные в песке углубления, либо пускают в чугунные формы — и з л о ж н и ц ы. Получаются обыкновенно полукруглые (имеющие вид расколотого пополам полена) —



чушки, „свинки“ или „штыки“, которые делаются весом около 30 килограммов, чтобы их мог поднять один человек. В таком

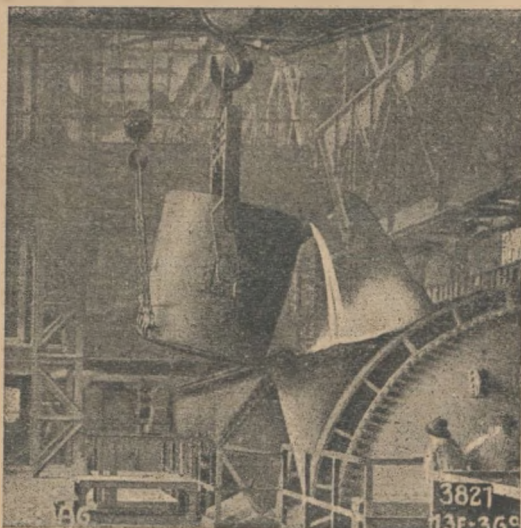


Рис. 203. Переливка чугуна из ковша в миксер.

виде чугуна и отпускается с завода и идет на отливку различных чугунных изделий. Шлаки выпускаются из доменной печи в ковши для шлаков (см. рис. 192), в которых и отвозятся на место свалки. Шлаки обычно представляют для завода обузу, так как по весу их получается почти столько же, сколько и чугуна, по объему же раза в четыре больше, так как шлаки легче чугуна. Шлаки, как и всякий побочный продукт производства, стараются утилизировать. Они идут на щебень для мощения дорог, на баласт железнодорожных насыпей, на изготовление строительного кирпича и цемента (в смеси с известью), наконец, некоторые сорта шлака могут применяться в качестве дешового стекла.

#### 74. ПОСТРОЙКА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

В заключение следует отметить, что видя доменные печи в натуре или рассматривая их фотографии, вы редко увидите несколько совершенно одинаковых печей, коуперов и т. л. Они

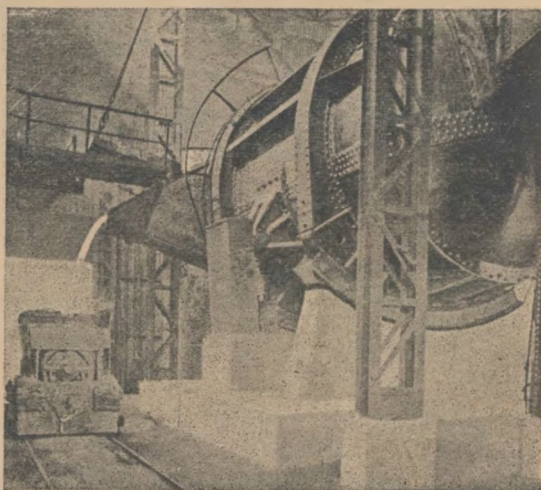


Рис. 204. Переливка чугуна из миксера в ковш.



различаются как по размерам, так и по устройству и по внешнему виду. Доменная печь представляет собою очень дорогое сооружение. Проектируя постройку новой печи, всегда стараются ввести в ее устройство какое-нибудь усовершенствование, принимают во внимание и особенности руды и назначение чугуна, который будет вырабатываться и целый ряд других обстоятельств. Например, печи, работающие на древесном угле, нельзя делать очень высокие, чтобы уголь не раздавливался тяжестью вышележащих слоев. Материалы, загружаемые в печь, должны быть в кусках размерами не меньше куриного яйца, так как иначе продвижение газов вверх печи будет затруднено и печь не будет хорошо работать. Более прочный кокс, при соответствующей руде позволяет строить более высокие домны.

Приходится думать о том, как уберечь стенки печи от быстрого изнашивания благодаря очень высокой температуре. Для этого в нижней части печи в стенки закладываются коробки, трубки и другие приспособления с проточной водой, охлаждающие стенки печи, фурмы и т. д. Для того чтобы иметь возможность заглянуть внутрь печи во время работы, в нижнее колено трубки, через которое вдувается в печь воздух, вставляют стеклянные окошечки. Вообще, в устройстве доменной печи и окружающих ее вспомогательных приспособлений есть целый ряд очень важных и интересных деталей, описание которых можно найти в специальных сочинениях по металлургии.

Самое ведение работы доменной печи дело очень сложное и ответственное, требующее большой подготовки, знаний и опыта. Правильное соотношение руды и флюсов или состав „шихты“, устанавливается на основании химических анализов исходных материалов и получаемого чугуна. В состав шихты часто входит несколько сортов руды, дополняющие друг друга. Составные части шихты перед засыпкой в домну отвешиваются и т. д.

Мы здесь могли остановиться лишь на общей картине первой стадии производства важнейшего из металлов — железа, являющегося основой современной культуры.

Этому производству в период индустриализации страны должно быть уделено особое внимание.<sup>1</sup> Поэтому в СССР учрежден особый Государственный Институт проектирования металлических заводов (ГИПРОМЕЗ), который разраба-

<sup>1</sup> Вместо выплавленных в 1927/28 г. 3,3 милл. т чугуна в 1931/32 г. намечено выплавить 10 милл. т. Производство должно расти и дальше,

тывает все вопросы, относящиеся к развитию у нас производства металлов и, в частности, и к доменному производству.

### 75. ЧУГУН.

Основные и неизменные составные части чугуна это — железо Fe, углерод C, кремний Si и металл марганец Mn. Углерода в чугуне содержится 2,5—6%, кремния — 0,5—4%, марганца до 2,5%. Но кроме того, в чугуне всегда содержится еще целый ряд примесей. Это — металлы и металлоиды, восстановленные при высокой температуре доменной печи из их соединений, содержащихся в руде и флюсах. Почти во всяком чугуне содержатся металлоиды фосфор P (0,02—2,5%) и сера S (0,005—0,2%). Могут содержаться в небольших количествах медь, хром (металл) и другие примеси.

Различают два основных вида чугуна, отличающихся по характеру и цвету излома — серый чугун и белый чугун. Цвет чугуна зависит от того, в каком состоянии находится в нем углерод. В более темном сером чугуне большая часть углерода находится в виде графита. Кристаллики графита особенно хорошо видны на изломе чугуна. Если по такому излому потереть платком, то на нем остается черный след от графита.

В белом чугуне большая часть углерода находится в виде химического соединения железа с углеродом — так называемого цементита, имеющего химический состав  $Fe_3C$ .

Присутствие в чугуне углерода в том или другом виде находится в зависимости главным образом от состава чугуна. Если в чугуне много кремния и мало марганца, то получается серый чугун. Кремний способствует выделению графита. Если же марганца значительно больше чем кремния, то углерод остается в виде цементита и чугун получается белый. Специальный сорт чугуна с содержанием 15—20% марганца имеет блестящий излом и называется „зеркальный чугун“.

При средних количествах кремния и марганца может получаться и серый, и белый чугун, в зависимости от скорости охлаждения. При медленном охлаждении получается серый чугун, при быстром — белый.

Между серым и белым чугуном может быть целый ряд промежуточных сортов чугуна. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> В технике сорта чугуна обозначают номерами. № 1 — с наибольшим содержанием графита и следующие №№ — до 6 или 8 со все уменьшающимся количеством графита.

Серый чугун отличается меньшей твердостью чем белый, его можно обрабатывать инструментами, белый же обработке не поддается — инструмент быстро тупится. Всякий чугун более или менее хрупок — ломается и разбивается от ударов, но серый обладает этим свойством в значительно меньшей степени, чем белый.

Температура плавления белого чугуна  $1050^{\circ}$  —  $1100^{\circ}$ , серого —  $1100^{\circ}$  —  $1200^{\circ}$ .

Серый чугун применяется для отливок чугунных изделий, маховых колес, машинных станин, труб, плит, колосников, радиаторов водяного отопления, домашней утвари и т. п. В литейном чугуне полезна примесь некоторого количества фосфора, он делает расплавленный чугун более жидким, текучим и способствует чистоте отливки (при большом содержании фосфора увеличивается хрупкость чугуна). Такой чугун применяется для художественных отливок — скульптурных украшений и т. п. Примесь серы для чугуна очень вредна, так как оказывает влияние обратное фосфору — делает расплавленный чугун густым, малоподвижным.

Белые чугуны непосредственного применения не имеют. Они идут в передел на сталь и железо.

## 76. ЖЕЛЕЗО И СТАЛЬ

Совершенно чистое железо, не содержащее посторонних примесей, может быть получено пропусканием электрического тока через растворы солей железа (электролизом). Такое железо серебристо-белого цвета, очень мягкий (как красная медь) металл, не ржавеющий на воздухе. Совершенно чистое железо очень дорого и имеет ограниченное применение, главным образом для устройства электрических приборов.

Обычное ковкое или мягкое железо, применяемое в технике, только более или менее чистое железо. Оно содержит до 0,3% углерода и небольшие количества других примесей.

Мягкое железо ко в к о, даже в холодном виде, вязко, т. е. гнется не ломаясь, легко вытягивается в проволоки, раскатывается в листы. Если мягкое железо накалишь и затем быстро охладить, оно остается мягким. Железо можно „сваривать“. Для этого два куска железа накаливают в кузнечном горне и затем, положив один на другой бьют на наковальне молотом. Железо при этом слипается, „сваривается“ настолько прочно, что полу-



чается как бы цельный кусок железа. Таким способом сваривают шины для колес, звенья цепей и т. п.

Температура плавления железа  $1530^{\circ}$ .

Сталью называют железо с более значительным содержанием углерода (и других примесей), чем мягкое железо, примерно от 0,5% до 1,6% углерода; но это разделение условное, резкой границы между мягким железом и сталью нет.

По своим свойствам сталь представляет нечто среднее между мягким железом и чугуном. Сталь тверже железа, менее вязка, чем железо, труднее гнется. более упруга, но легче ломается, хотя и не так хрупка, как чугун, прочнее и железа и чугуна на разрыв, не так легко вытягивается, как железо, менее ковка (хорошо куется только в нагретом состоянии), сваривается труднее, чем железо.

Все свойства стали, отличающие ее от железа с увеличением содержания углерода, возрастают, с уменьшением же количества углерода мы постепенно переходим к свойствам чистого железа. Поэтому в настоящее время в технике термин „железо“ часто совсем не применяется, а все сорта железа и стали, получаемые из чугуна современными способами массового производства (см. ниже), называют сталью, различая мягкую сталь с очень малым содержанием углерода и твердую сталь — с большим содержанием углерода.

На свойства стали влияет, конечно, не только углерод, но и другие примеси, как кремний, марганец и т. д., которые всегда содержатся в стали. Но при незначительном содержании этих примесей в обычной стали наибольшее влияние имеет углерод. Поэтому сорт обыкновенной стали определяют количеством содержащегося в ней углерода. Сорта же стали, содержащие значительные количества других примесей, кроме углерода, называются „специальными сортами“ стали (см. ниже) и их различают по другим признакам.

Вредными примесями всяких сортов железа и стали являются фосфор и сера. Фосфор придает железу и стали хрупкость и ломкость при обыкновенной температуре (хладноломкость). Сера делает их красноломкими т. е. ломкими в накалинном состоянии, что мешает их обработке.

Температура плавления стали  $1400^{\circ}$ — $1450^{\circ}$  и выше, в зависимости от состава.

Для различных целей применяют сталь различных

сортов — различной твердости, с различным содержанием углерода. Инструменты для обработки самых твердых материалов резцы, сверла и т. д. делают из стали с наибольшим содержанием углерода, инструменты для обработки дерева — из более мягкой и т. д. <sup>1</sup>

## 77. ЗАКАЛКА СТАЛИ

Характерным свойством твердой стали, <sup>2</sup> отличающем ее от мягкого железа, является способность стали закаливаться и отпускаться.

**Задача 4.** Нагрейте докрасна конец стальной спицы или большой иглы и быстро опустите в поставленный рядом стакан с холодной водой. Следует это сделать очень быстро, чтобы опустить сталь в воду в сильно накаливаемом состоянии. Важно, чтобы она не успела остыть на воздухе.

Попробуйте согнуть охлажденный таким образом конец при помощи щипцов или просто рукой. Вы заметите, что сталь сделалась хрупкой. Получилась закаленная сталь. Попробуйте пилить закаленный конец напильником. Попробуйте чертить острым краем обломанного конца спицы по стеклу. Вы обнаружите, что закаленная сталь очень тверда.

Нагрейте закаленную сталь до слабо красного каления и дайте медленно остыть на воздухе. Попробуйте ее снова гнуть и испытайте ее твердость. Вы убедитесь, что сталь потеряла свою хрупкость и твер-

<sup>1</sup> Нижеследующая таблица дает представление о применениях различных сортов стали.

	Количество углерода в %.
Резцы, сверла, пилы для металла, напильники, метчики, бригавы, шарики велосипедные . . . . .	1 — 1,6
Зубила, фрезы, молотки, рессоры, пружины, струны, хирургические инструменты . . . . .	0,7 — 0,8
Инструменты для дерева, ножи, ножницы, косы . . . . .	0,5 — 0,7
Вагонные оси и бандажи (обода) . . . . .	0,25 — 0,5
Рельсы . . . . .	0,3 — 0,4
Материал для постройки мостов, балки и т. п. . . . .	0,2 — 0,25
Проволока железная . . . . .	ок. 0,15
Котельное железо и кузнечное железо, гвозди . . . . .	0,1 — 0,25
Болты . . . . .	0,1 — 0,12
Листовое железо . . . . .	0,1 и меньше
Заклепочное железо . . . . .	0,04 — 0,1

<sup>2</sup> Содержащей не менее 0,1% углерода.

дость. Вы получили „отпущенную“ сталь. В таком состоянии она ближе к мягкому железу. Ее легко можно обрабатывать инструментами из закаленной стали. Одним из таких инструментов является тот напильник, которым вы пилили отпущенную сталь.

Снова закалите вашу сталь, вычистите ее наждачной бумагой и затем осторожно нагревайте, держа над пламенем (не в самом пламени) спиртовой лампочки. Наблюдайте изменение цвета вычищенной стали от нагревания. Сталь сначала желтеет, затем желтый цвет делается более темным, фиолетовым, синим, серым.

Прекратите нагревание вашей стали, как только она начнет делаться фиолетовой, и испытайте ее свойства. Сталь потеряла хрупкость, несколько потеряла твердость, приобрела упругость. Иными словами вы получили сталь со свойствами средними между сталью закаленной и отпущенной.

Вполне отпущенная сталь получается при нагревании до серого цвета.

Оказывается, что сталь отпускается постепенно. Чем сильнее нагреть сталь после закалки, тем ближе она к отпущенной, чем слабее, тем больше сохраняются в ней свойства закаленной.

Цвет нагретой стали позволяет нам судить о степени нагрева. Изменение цвета зависит от образования на поверхности стали тонкой пленки окислов железа. Чем сильнее нагревается сталь, тем толще делается эта пленка, а в связи с толщиной пленки находится и цвет. Если определить температуру, до которой нужно нагреть сталь, чтобы поверхность ее приобрела тот или иной цвет, то мы получаем следующие данные:

Светложелтый цвет . . . . .	около 230°
Темножелтый цвет . . . . .	„ 250°
Красновато-коричневый цвет . . . . .	„ 270°
Фиолетовый . . . . .	„ 290°
Синий . . . . .	„ 310°
Серый . . . . .	„ 330°

Судить о температуре по цвету можно, конечно, только очень приблизительно. Цветом отпускаемого предмета в настоящее время руководствуются главным образом кустари. На больших же фабриках отпуск стальных изделий производят в печах или „ваннах“ (например, в расплавленном свинце) с точно установленной определенной температурой.

Таким образом можно придать изделию определенную сте-



пень твердости и упругости, нужную для той цели, для которой изделие предназначается.

Совершенно не отпущенной сталью пользоваться нельзя, она слишком хрупка. Нагретая до  $220^{\circ}$ — $230^{\circ}$  она делается значительно менее хрупкой, почти сохраняя свою твердость. При таких температурах отпускают инструменты для обработки стали и других твердых материалов — резцы, гравировальные инструменты и т. п.

Сверла, развертки, метчики, бритвы, перочинные ножи отпускают при  $240^{\circ}$ .

Предметы, которые подвергаются опасности излома при работе, как стамески, топоры, пилы, пружины, отпускаются сильнее — при  $250^{\circ}$ — $275^{\circ}$  и т. д.

*Задача 5.* Отпуская вашу сталь до различных цветов, познакомьтесь с различной степенью хрупкости и упругости ее при различных степенях отпуска. Отметьте ваши наблюдения (184).

Способность стали закаливаться и отпусаться делает ее драгоценнейшим металлом для изготовления инструментов и целого ряда других предметов.

Следует отметить, что теория закалки и отпуска еще не достаточно разработана и общепринятого объяснения этих явлений нет.

## 78. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СОРТА СТАЛИ

Кроме обыкновенной стали в настоящее время широко применяются стали специальные, в состав которых умышленно введены различные металлы, придающие стали те или другие новые свойства: марганец, никкель, хром, вольфрам, молибден, ванадий и другие.

Марганец придает стали исключительную прочность. Марганцевую сталь с трудом можно обрабатывать. Применяется в камнедробилках, для паровых лопат (экскаваторов), денежных шкафов. Во время империалистической войны из нее стали делать шлемы для воинов, не пробиваемые пулями.

Никкель увеличивает прочность, вязкость и упругость стали. Никкелевая сталь широко применяется для изготовления автомобильных частей.

Хромониккелевая сталь отличается особой твердостью и применяется для брони, которой одевают военные суда,

а также для артиллерийских снарядов, для напильников и других инструментов.

Вольфрам и молибден вместе с хромом входят в состав стали с очень высокой температурой отпуска. Такая сталь сохраняет свою твердость при температуре красного каления. Это так называемая быстрорежущая сталь или сталь „самокалка“.

Обтачивая металл на станке резцом из обыкновенной стали, приходится следить за тем, чтобы резец не нагревался от трения, так как он может отпустить и перестанет работать. При резце из самокалки станок можно пустить в 10 раз быстрее, чем при обыкновенном резце, беря толстую стружку и резец не отпускается. Введение самокалки (лет 30 тому назад) вызвало целый переворот в обработке металлов, так как оказалось возможным в 10 раз увеличить продукцию. Поэтому, несмотря на то, что вольфрам и молибден металлы сравнительно редкие и дорогие, быстрорежущая сталь получила за последнее время большое распространение. По внешнему виду она мало отличается от обыкновенной стали.

Кремний при большом его содержании до (15%) дает нержавеющую сталь, неразъедаемую кислотами. Это серебристо-белая хрупкая сталь применяется на химических заводах при работах с кислотами.

### 79. ПЕРЕРАБОТКА ЧУГУНА НА СТАЛЬ И ЖЕЛЕЗО

Задача превращения чугуна в сталь и железо сводится к удалению из чугуна избытка углерода, кремния, марганца и других примесей. Разрешение этой задачи оказывается возможным благодаря тому, что большинство этих примесей гораздо энергичнее соединяются с кислородом при высокой температуре, чем железо, и их можно удалить окислением с очень небольшой потерей железа.

Соединяясь с кислородом, примеси частью превращаются в газы, которые улетают, как окись углерода  $\text{CO}$ , частью в твердые окислы, как окисел кремния  $\text{SiO}_2$  (кремнезем), окисел марганца  $\text{MnO}$ , которые, вступая между собою в реакции, отделяются от железа в виде шлаков. Например окись марганца  $\text{MnO}$  дает с кремнеземом легкоплавкое соединение  $\text{MnSiO}_3$  (кремнемарганцевую соль):



Способы передела чугуна на железо вырабатывались веками и вначале являлись результатом случайных наблюдений и опытов. По мере же изучения происходящих при этом химических реакций получилась возможность сознательно направлять процесс и совершенствовать приемы работы.

Мы разберем только два важнейших способа получения железа и стали, на которых основана современная промышленность — способы получения в конверторе (по способу Бессемера и по способу Томаса) и в печах Сименса-Мартена. Других же, хотя иногда и применяемых еще, но устаревших способов мы касаться не будем, так как они мало пригодны для массового производства, которое должно развиваться при индустриализации страны.

### 80. ПЕРЕДЕЛ ЧУГУНА В КОНВЕРТОРЕ

Передел чугуна в конверторе основан на окислении примесей чугуна кислородом воздуха. Воздух продувается нагнетающим насосом через расплавленный чугун и примеси выгорают в токе воздуха.

Идея продувания воздуха через расплавленный чугун принадлежит англичанину Бессемеру (1855), которым придуман для этого аппарат — конвертор.<sup>1</sup> Это — громадный грушеобразный железный резервуар (рис. 205), выложенный внутри огнеупорным материалом. В конвертор наливается расплавленный чугун (до 15 тонн и больше) и затем через ряд отверстий (с) в дне конвертора сквозь слой чугуна продувается

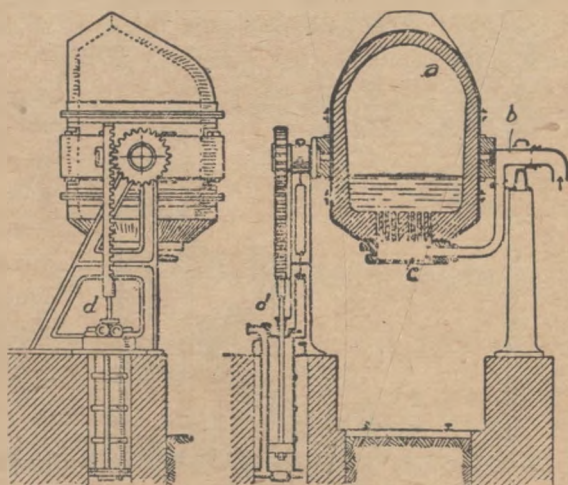


Рис. 205. Конвертор Бессемера для переработки чугуна в железо и сталь. Слева — боковой вид, справа — вид спереди — частью в разрезе. На рисунках — *a* — конвертор, *b* — трубы для вдувания воздуха, *c* — отверстия в дне, через которые продувается воздух, *d* — зубчатая рейка для поворачивания конвертора,

<sup>1</sup> Иначе — „бессемеровская реторта“, „бессемеровская груша“.



воздух. В момент наливания чугуна конвертор поворачивается так, чтобы налитый чугун не протек в отверстия в дне конвертора.

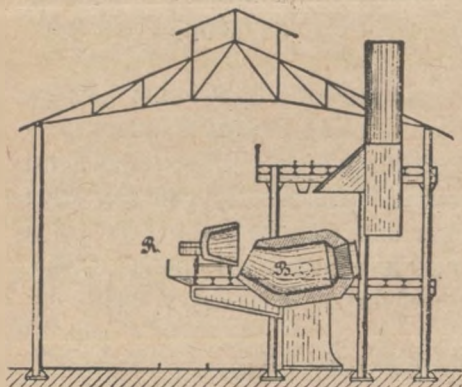


Рис. 206. Положение конвертора во время наливания расплавленного чугуна из ковша *R* в конвертор *B*.

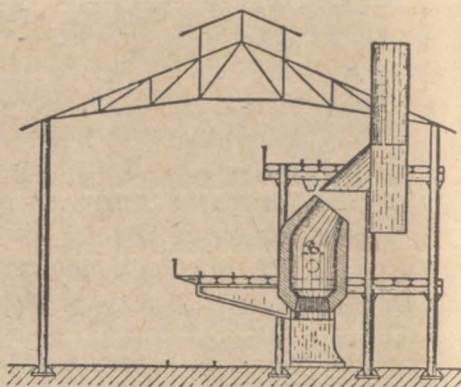


Рис. 207. Положение конвертора *B* во время продувания воздуха.

На рис. 206 показано схематично (в разрезе) положение конвертора *B*, наполняемого чугуном из ковша *R*, подвешенного по рельсам.

После вливания чугуна конвертор поворачивают в положение, показанное на рисунке 207, и одновременно начинают вдуть воздух. На рис. 208

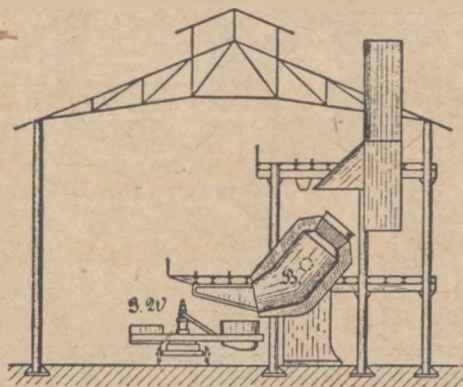


Рис. 208. Положение конвертора во время выливания расплавленного железа в ковш. Слева — *GW* — противовес, уравновешивающий ковш на тележке.

показано выливание из конвертора готового продукта в подвешенный по рельсам ковш (на рис. налево — противовес, уравновешивающий ковш на тележке). Из ковша жидкий металл разливается в формы. (См. рис. 211, стр. 219.)

Отдельные моменты работы конвертора объясняют почему ему придают своеобразную грушевидную форму.

Так как конвертор должен поворачиваться, то труба *b*, подводящая воздух, проходит через одну из осей (цапф), на которых вращается конвертор (рис. 205),

Конвертор поворачивается при помощи передвигающейся вверх и вниз зубчатой рейки *d*, сцепляющейся с зубчатым колесом конвертора (рис. 205). На нижний конец рейки насажен поршень, вставленный в цилиндр, в который сверху или снизу нагнетается вода. Таким образом поршень опускается или поднимается и поворачивает конвертор.

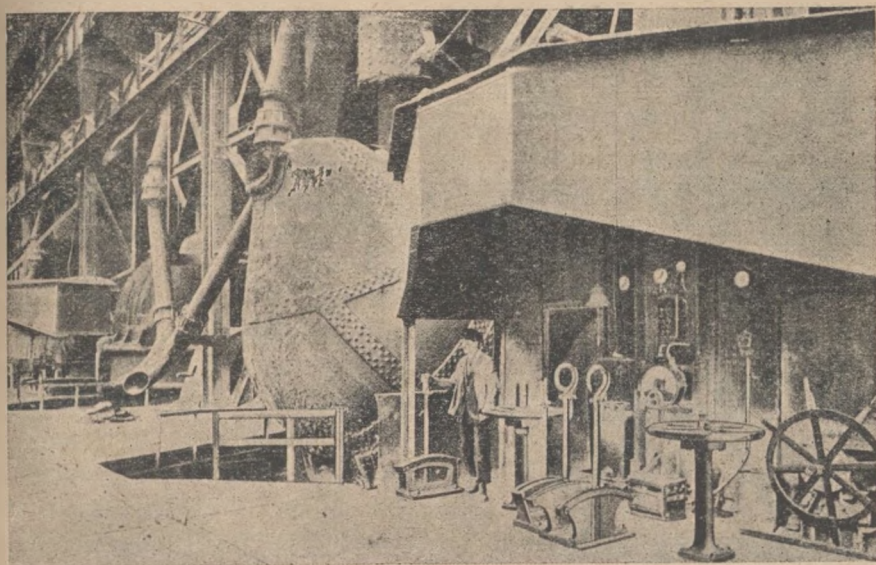


Рис. 209. Внешний вид конвертора. Справа — механизмы, управляющие поворачиванием конвертора и продуванием воздуха. Фигура человека позволяет судить о размерах конвертора (по фотографии).

На рис. 209 показан внешний вид конвертора и помещения, в котором он находится.

Работа в конверторе может вестись двумя способами — по способу Бессемера и по способу Томаса.

#### 81. СПОСОБ БЕССЕМЕРА

При работе с конвертором по способу Бессемера — бессемеровании, внутренняя обкладка конвертора делается из кварца ( $\text{SiO}_2$ ). Чугун берется с большим содержанием кремния и очень малым содержанием фосфора.

Выгорание примесей, происходящее при продувании воздуха через расплавленный чугун, идет в некоторой определенной



последовательности. В первую очередь горят главным образом кремний Si и марганец Mn, образуя  $\text{SiO}_2$  и  $\text{MnO}$ , под конец горит главным образом углерод, образуя окись углерода CO. В начале горение идет сравнительно спокойно. Слышно клокотанье чугуна, из отверстия конвертора вырывается пламя и сноп искр. Искры — это загорающиеся в воздухе капельки разбрызгиваемого чугуна (припомните опыт горения железа в кислороде). Шум все усиливается и когда начинает гореть

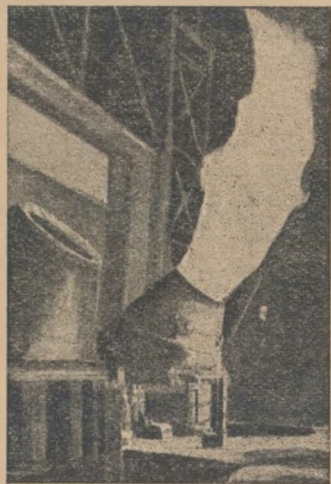


Рис. 210. Конвертор Бессемера во время продувания воздуха (по фотографии).

углерод, шум переходит в страшный грохот, от которого все кругом содрогается. Выделение пламени, искр, брызг шлаков достигает наибольшей силы (рис. 210). Причина — образование большого количества газообразного продукта — окиси углерода CO. Наконец, после того как почти весь углерод выгорел, пламя уменьшается и появляется красно-бурый дым. Это уже окислы железа. Процесс выгорания примесей окончен и начинает гореть железо. Продувание воздуха сейчас же прерывают. Весь процесс продолжается всего 15—20 минут.<sup>1</sup>

Для удаления продуктов горения и искр над конвертором устраивается колпак с трубой выходящей наружу (рис. 206).

Чугун вливается в конвертор при температуре около  $1300^\circ$  (прямо из домны, из миксера или расплавленный в особой печи), при сгорании же примесей, главным образом кремния, выделяется столько тепла, что температура в конверторе поднимается до  $1700^\circ$  и выше. Благодаря этому железо, температура плавления которого ( $1530^\circ$ ) значительно выше чем у чугуна, получается в жидком виде. Расплавленное железо (или сталь) может быть перелито в подвешенный по рельсам ковш, из которого затем разливается в чугунные формы — изложницы (рис. 211), для чего в дне ковша имеется отверстие, затыкаемое подъемным

<sup>1</sup> В сутки можно делать до 40 плавков. Таким образом при вместимости конвертора в 15 тонн в сутки можно переработать до 600 тонн чугуна.



стержнем. Отлитые болванки поступают на завод (в прокатный цех), где их раскатывают в полосы, рельсы, листы и т. д.

Процесс бессемерования идет настолько быстро, что прервать его в нужный момент для получения стали с определенным содержанием углерода очень трудно. Поэтому обыкновенно процесс доводят до конца, а затем добавляют некоторое количество чугуна определенного состава, сколько нужно для получения требуемого сорта стали.

По способу Бессемера можно перерабатывать только чугун, содержащий очень мало фосфора, так как фосфор очень вреден для стали (см. стр. 210), при бессемеровании же он не удаляется, не выгорает и не переходит в шлаки.

Кроме того чугун должен содержать много кремния,<sup>1</sup> так как при малом содержании кремния, который дает наибольшее количество тепла при сгорании,<sup>2</sup> температура в конверторе поднимается недостаточно высоко.

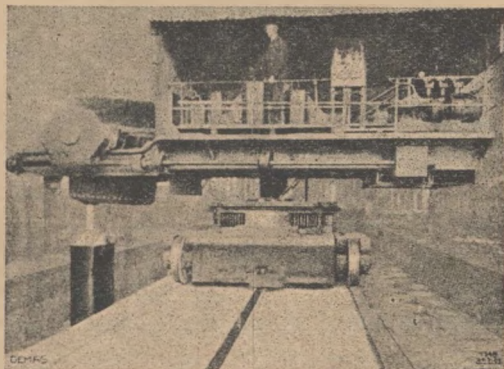


Рис. 211. Тележка с ковшем, из которого расплавленное железо выпускается в чугунную форму — изложницу (слева внизу). Наверху виден рабочий, управляющий механизмом тележки (по фотографии).

## 82. СПОСОБ ТОМАСА

Способ передела в конверторе чугуна с большим содержанием фосфора был придуман англичанином Томасом (1878). Томас нашел, что фосфор можно удалить из чугуна, прибавляя в конвертор куски жженой извести  $\text{CaO}$ , которая легко вступает в реакцию с образующимся при окислении фосфора фосфорным ангидридом  $\text{P}_2\text{O}_5$ <sup>3</sup> и таким образом переводит фосфор в шлак. Так как известь легко дает плавкие

<sup>1</sup> 1,5 — 2%.

<sup>2</sup> Теплопроизводительная способность 1 килогр. кремния — 7800 кал., марганца — 1650 кал., железа — 1160 кал., углерода — 2440 кал.

<sup>3</sup> Образуется фосфорнокальциевая соль:  $3\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

соединения и с кремнеземом  $\text{SiO}_2$ , из которого делается обкладка конвертора при бессемеровании, то во избежание быстрой порчи этой обкладки ее заменяют обкладкой из смеси окиси кальция  $\text{CaO}$  и окиси магнезия  $\text{MgO}$ .<sup>1</sup> Во избежание порчи кремнеземом обкладки конвертора для передела берут чугуны с малым содержанием кремния, необходимое же для плавления получаемого железа тепло дает в данном случае фосфор, которого должно быть много.<sup>2</sup> Дело в том, что фосфор, так же как и кремний сгорает с выделением большого количества тепла.<sup>3</sup>

По способу Томаса перерабатывается чугун, выплавленный из богатой фосфором керченской руды.

Получаемые при переработке чугуна по способу Томаса шлаки, содержащие большое количество фосфора, не являются отбросом. Они представляют большую ценность как искусственное фосфорное удобрение. Шлаки размалываются в порошок, который и применяется для удобрения под названием „томасшлак“.

Большим достоинством способа переработки чугуна в конверторе является то, что процесс идет быстро и не требует затрат топлива. Железо получается жидким за счет тепла выгорающих примесей. Но это в то же время и недостаток такого способа, так как он годится только для определенных сортов чугуна.

Гораздо более гибким и широко применимым способом получения железа и стали, пригодным для самых разнообразных случаев, является способ Сименса-Мартена.

### 83. ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И СТАЛИ В ПЕЧИ СИМЕНСА-МАРТЕНА

Способ Сименса-Мартена основан на применении печи, изобретенной немцем Сименсом (1856) и дающей температуру до  $2000^\circ$ , т. е. значительно выше температуры плавления железа ( $1530^\circ$ ). Эта печь была сначала применена для плавки стекла, а затем французы Мартэн (отец и сын) применили изобретение Сименса в производстве железа и стали (1865). Отсюда и название — „печь Сименса-Мартена“, которую для краткости часто называют „мартеновская печь“.

<sup>1</sup> Получается обжиганием минерала доломита  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ .

<sup>2</sup> 2 — 2,5%.

<sup>3</sup> На один кг 5900 кал.

Печь Сименса-Мартена нагревается генераторным газом и изобретение Сименса заключается в том, что он ввел предварительное нагревание поступающих в печь газа и воздуха и тем повысил температуру в печи. Для нагревания газа и воздуха он воспользовался теплом выходящих из печи продуктов горения. Для этого под печью (рис. 212 и 213) устроены две пары камер, внутри которых сложен в клетку кирпич.

При начале работы печи через первую пару камер направляются в печь генераторный газ и воздух, через вторую пару — выходящие из печи горячие продукты горения (рис. 212 и 213). Проходя между кирпичами они их накаливают. Через некоторое время, посредством поворачивания вокруг оси устроенных в каналах клапанов (рис. 214), направление газов меняется.<sup>1</sup> Через одну из накаливаемых камер пускается генераторный газ, через другую воздух, которые таким образом нагреваются, продукты же горения выходят через другую пару камер, их накаливают и уносятся в дымовую трубу. Затем направление газов опять меняется и т. д. Таким образом газ и воздух все время поступают в печь нагретыми и благодаря этому температура внутри печи сильно возрастает и достигает, как сказано, 2000°. Направление пламени, заполняющего всю плоскую внутренность печи, все время меняется.

Изобретенный Сименсом способ использования тепла отходящих газов называется способом „регенерации“ (возрождения) тепла. Идея Сименса сначала была использована Коупером для доменных печей (1857), а затем — Мартенами для производства железа и стали (1865).

Отметьте разницу в действии нагревателей Коупера и Сименса (185)

Перерабатываемый металл помещается прямо на под (дно) печи и нагревается пламенем сверху. Под мартеновской печи представляет как бы плоскую ванну из огнеупорного материала, покоящуюся на чугунных плитах, положенных на железные балки. Снизу имеет свободный доступ воздуха, который охлаждает дно ванны, что предохраняет его от расплавления.

С одной стороны печи имеются дверцы (рис. 215 б) для загрузки в печь твердых материалов (для чего служит загрузочная

---

<sup>1</sup> Известен целый ряд различных систем клапанов. На схеме указаны простейшие.



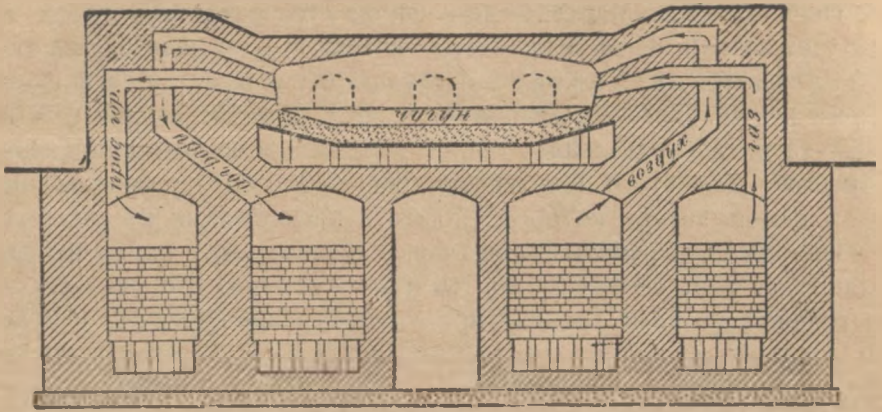


Рис. 212. (Наверху) печь Сименса-Мартена (продольный вертикальный разрез).

Рис. 213. (Внизу) печь Сименса-Мартена (горизонтальный разрез через низ печи).

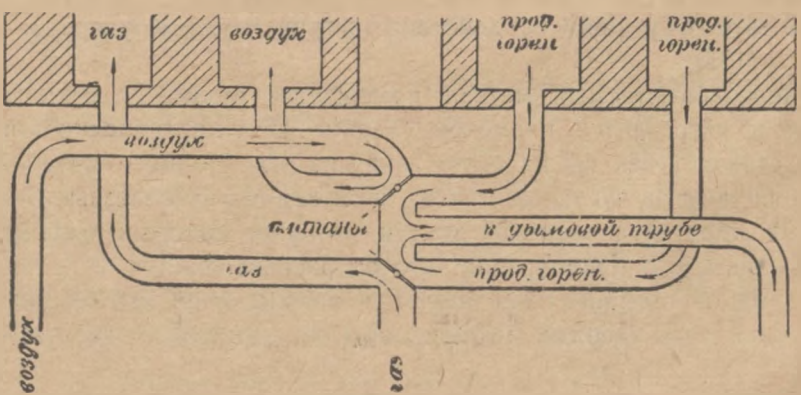


Рис. 214. Печь Сименса-Мартена (горизонтальный разрез; направление тока газов после поворачивания клапанов).

машина А, имеющая совок а, в котором материал вдвигается в печь) и для вливания расплавленного чугуна, доставленного

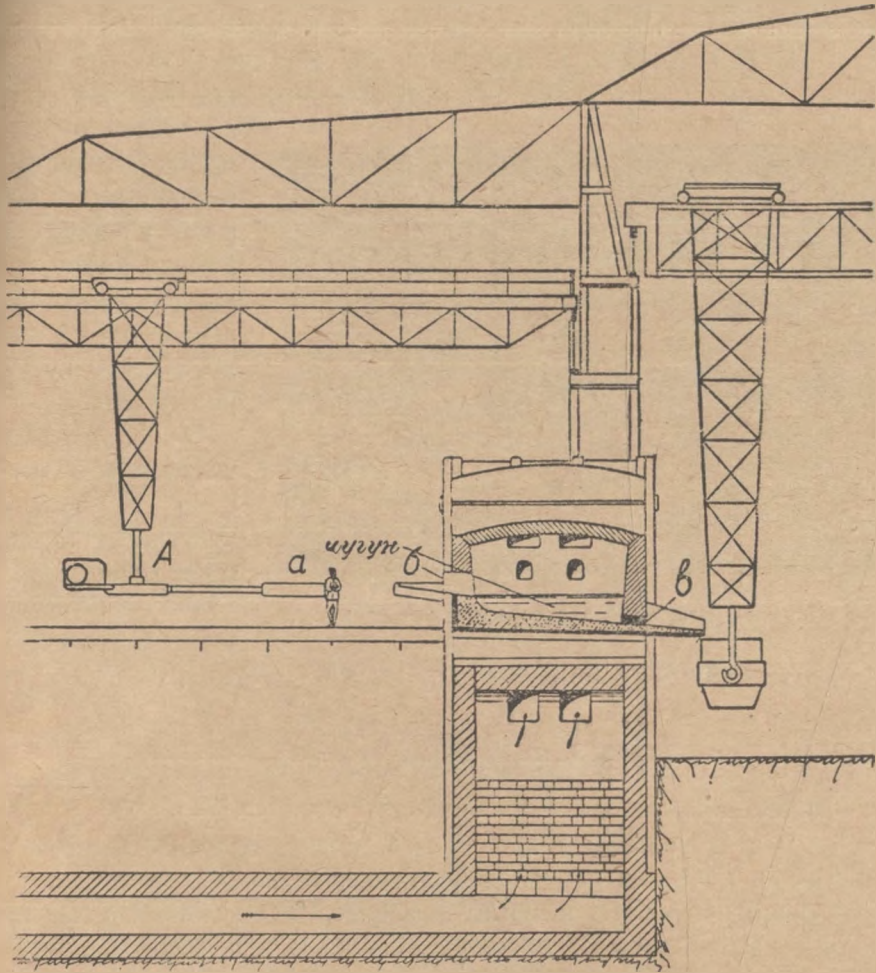


Рис. 215. Печь Сименса-Мартена (поперечный вертикальный разрез) А — приспособление для загрузки в печь твердого железа и чугуна. Материал помещается в совок а, который вдвигается в печь через дверцу б и поворачивается. Расплавленный чугун вливается в печь из ковша через приваленный к дверце б лоток (см. также рисунок 216). о — отверстия приводящих воздух и газ каналов в — отверстие для выпуска расплавленной стали, заткнутое глиняной пробкой. Под отверстием — ковш для стали.

в ковше из домы или из миксера (рис. 216). С противоположной стороны, к которой дну ванны дается некоторый уклон, имеется



заткнутое глиной отверстие (в). Это отверстие для выпуска готового продукта в ковш<sup>1</sup> пробивается как у доменной печи.

Производство железа и стали в мартеновской печи, благодаря ее высокой температуре, может вестись различными способами.

Прежде всего можно, расплавив чугуны и пуская в печь некоторый избыток воздуха сверх необходимого для горения газа,

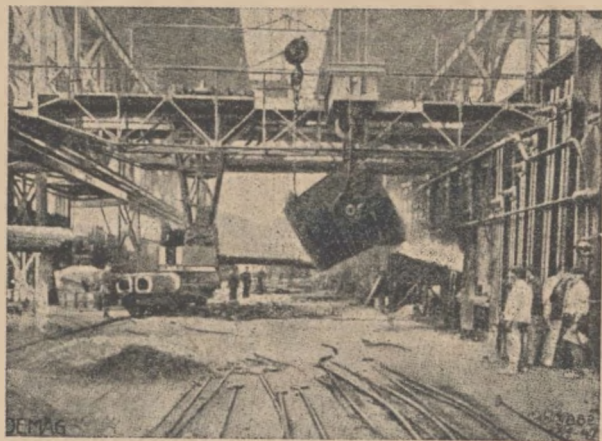
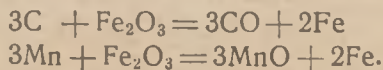


Рис. 216 Наружный вид мартеновской печи.

постепенно выжигать из расплавленного чугуна примеси. Можно, кроме того, прибавлять в печь окислы железа — куски руды. Окислы железа реагируют с углеродом и другими примесями чугуна. Получается железо (которое таким образом добавляется

к взятому чугуну) и окислы примесей, например:



Таким образом примеси переходят в шлаки.

Если в чугуне много фосфора, можно прибавлять в ванну известь  $CaO$ , как при способе Томаса.

Можно прибавлять к чугуну различный железный лом, негодное ржавое железо, обрезки, остатки и т. п. (скрап). Чугун как бы разбавляется железом и таким образом содержание в чугуне углерода и других примесей можно довести до желатель-

<sup>1</sup> Мартеновские печи строят различных размеров. Обычные печи вмещают от 10 до 80 тонн железа. Новейшие „качающиеся“ печи, которые можно наклонять для выпуска шлаков и металла как миксер (стр. 105) вмещают до 300 тонн. Удобство этих печей то, что нет надобности забивать их глиной и пробивать отверстие для выпуска шлаков и металла и можно отливать их отдельными порциями по мере надобности. Они применяются для переработки чугунов, богатых фосфором.



ного количества. Таким образом железо превращается в сталь. Можно просто переплавлять в печи железный лом, превращая его в годное железо. Утилизация всех отходов железа в мартеновской печи представляет громадное хозяйственное значение, так как раньше не знали, что с различным железным ломом делать. Железо ржавело и погибало.

При мартеновском производстве можно добавлять в ванну различные металлы и сплавы для получения специальных сортов стали.

Процесс в мартеновской печи идет гораздо медленнее, чем в конверторе и продолжается несколько часов. Это представляет большое удобство в смысле возможности следить за процессом и выработать сталь определенного нужного состава. Во время производства из ванны от времени до времени берут железной ложкой пробу, чтобы видеть результаты плавки. Иногда производят даже испытания пробы в химической лаборатории и на основании испытаний ведут дальнейшую плавку.

По качеству мартеновская сталь лучше бессемеровской, а по стоимости, благодаря возможности утилизировать отбросы — не дороже. Поэтому мартеновские печи имеют очень большое распространение и мартеновской стали производится гораздо больше, чем бессемеровской и томасовской. Всего в 1932/33 будет выплавлено около 10 милл. тонн стали и 8 милл. тонн железа.

#### Вопросы для повторения.

1. Перечислите важнейшие руды железа.
2. Для какой цели применяются флюсы?
3. Какие главные части доменной печи?
4. Как используются колошниковые газы?
5. Проследите работу доменной печи.
6. Какие важнейшие составные части чугуна?
7. Чем отличается серый чугун от белого чугуна?
8. Сравните свойства стали и мягкого железа.
9. Назовите вредные примеси железа.
10. Как накаливают и отпускают сталь?
11. Что такое специальная сталь?
12. Как получают из чугуна сталь и железо?
13. Чем отличаются способы передела чугуна Бессемера и Томаса?
14. Что такое регенерация тепла?
15. Как получают сталь и железо в мартеновской печи?

## ДОПОЛНЕНИЯ

## 1. СОБИРАНИЕ ПРИБОРОВ

Занимающимся полезно научиться самим устраивать и собирать указанные при описаниях отдельных опытов приборы. Для успеха опыта необходимо, чтобы все было сделано тщательно и правильно. Если опыт не удастся, значит, что-нибудь сделано не так. При составлении приборов обыкновенно начинают с подбора пробки. Затем отрезают (или получают отрезанную) подходящую стеклянную трубку, делают по ней в пробке соответствующее отверстие и, выгнув, обрезав оплавив и т. д. трубку, собирают прибор. Прежде чем начать опыт необходимо убедиться, достаточно ли плотно подогнаны все части или, как говорится, испытать, „держит ли прибор“.

## Обработка пробки

Подобрать пробку значит не только подыскать такую пробку, чтобы она держалась в отверстии пробирки или в горле колбы, а значит найти такую пробку, которая, будучи обмята, закрывала бы плотно отверстие пробирки или горло колбы, входя в него не более чем до половины своей длины.

Из большого запаса выбирают пробку немного большего диаметра, чем диаметр отверстия, в которое ее хотят вставить. Выбранную пробку надо осторожно обмять. Для этой цели

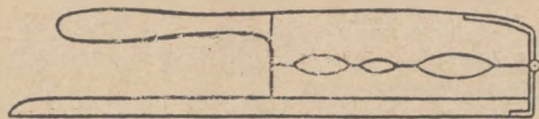


Рис. 217. Пробкомялка.

применяют чугунные или деревянные пробкомялки (рис. 217).

При обминании нужно несколько раз поворачивать пробку, чтобы она была обмята

со всех сторон возможно равномерно. Нажимать нужно довольно сильно, однако не настолько, чтобы раздавить или сплющить пробку. Вставлять в пробкомялку нужно всю пробку, а не только ее конец.

Правильно подобранная и обмятая пробка должна входить в предназначенное для нее отверстие ни слишком туго, ни слишком слабо.

Если обмятая пробка может быть введена в отверстие сосуда лишь с большим усилием, то она не пригодна: стекло может треснуть и поранить руки. На первых порах начинающие пробуют вталкивать пробку в горло колбы обычным приемом, какими в домашнем обиходе вставляются пробки в толстостенные бутылки: поставив колбу на стол, начинают вгонять пробку, с силой надавливая на нее или колотя по ней. Этого ни в коем случае делать не следует. Нужно помнить, что стенки колбы очень тонки; колба при таком обращении непременно сломается, и осколки ее очень опасно порежут руки.

Сосуд, в который вставляется пробка, следует держать в руке, захватив его возможно ближе к тому отверстию, куда вставляется пробка.

Если после обминания пробка входит в отверстие слишком слабо, то она не будет закрывать сосуда достаточно плотно, и ее нужно переменить.<sup>1</sup>

Для того, чтобы сделать в пробке отверстие, обыкновенно пользуются пробочными сверлами, представляющими собой разного диаметра латунные трубочки (рис. 218).

Трубочки с одного конца имеют заостренные края, с другого же снабжены рукоятками или утолщениями с двумя отверстиями, одно против другого. В последнем случае в отверстия вставляется железный стержень, который и служит в качестве рукоятки (рис. 218 слева).

Для сверления выбирают из набора сверл такое, диаметр которого, с заостренного конца, чуть-чуть меньше наружного диаметра той трубки, для которой отверстие предназначается. Следовательно, прежде чем делать отверстие в пробке, надо уже иметь готовую трубку. Кроме того пробка, в которой проделывается отверстие, должна быть уже вполне подогнана и обжата.

Сверлить пробку следует очень внимательно, не спеша. Надо стараться, 1) чтобы канал не шел наискось, 2) чтобы он имел возможно гладкую поверхность и 3) чтобы, при вы-

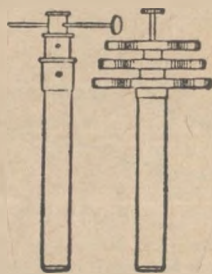


Рис. 218.

<sup>1</sup> В крайнем случае иногда можно попробовать расширить пробку: обернув ее бумагой, поставить на пол узким концом кверху и нажать ногой (не раздавить!).



ходе сверла из пробки, у отверстия не получалось рваных краев. Держа пробку в руке, сначала намечают (с узкого конца пробки) место, где хотят сделать отверстие. Затем придают сверлу такое положение, чтобы ось его совпала с осью пробки или была ей параллельна (если отверстие делается не посередине) и с легким нажимом начинают вращать пробку, держа сверло при помощи рукоятки (рис. 219). При этом все время следят, чтобы сверло сохраняло свое направление. Когда канал доведен почти до конца, нажимают слабее, продолжая вращать пробку, пока сверло не выйдет наружу.

При сверлении не следует ставить пробку на доску стола и сильно нажимать на сверло сверху, как нередко делают начинающие: это портит сверло, острие его тупится и загибается.<sup>1</sup> Кроме того, при

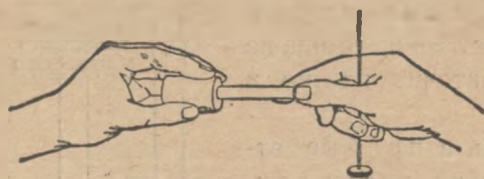


Рис. 219. Сверление пробки.

слишком сильном нажиме канал в пробке получает резкую поверхность, а отверстие при выходе сверла — рваные края. Такая пробка — испорчена.

Сделав отверстие в пробке, необходимо тотчас же вытолкнуть из сверла оставшийся внутри его пробочный цилиндр посредством имеющегося при каждом наборе стерженька. Если этого не сделать, то при следующем сверлении тем же сверлом, оно будет портить пробку.<sup>2</sup>

Стеклянная трубка, для которой в пробке сделано отверстие, должна входить в него при умеренном нажатии и поворачивании.

Трубку нельзя вставлять в пробку с большим усилием, так как при этом может треснуть пробка или сломаться трубка. Острыми краями последней легко поранить руки. Во избежание поломки трубку всегда следует держать как можно ближе к тому концу ее, который вставляется в пробку (см. рисунки 220 и 221).

Если при умеренном нажатии трубка не входит в пробку, то

<sup>1</sup> Тупое сверло можно наточить. Точение сверл требует навыка. Поэтому, если сверло иступилось, работающим следует обращаться к руководителю.

<sup>2</sup> Для сверления пробок можно применять также круглый напильник. Можно также сначала прожечь канал в пробке накаленной проволокой (2 — 2½ мм диаметром), а затем уже расширить его напильником до подлежащих размеров.

лучше всего переменить трубку или взять другую пробку и сделать в ней отверстие сверлом большего диаметра или, наконец, расширить отверстие в пробке при помощи круглого напильника. Увеличивать отверстие в пробке при помощи сверла большего диаметра, чем то, которым было сделано отверстие, нельзя. Сверло будет не сверлить, а растягивать пробку, и последняя может лопнуть.

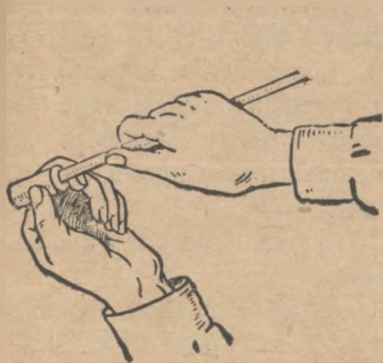


Рис. 220. Правильный прием введения стеклянной трубки в отверстие пробки.

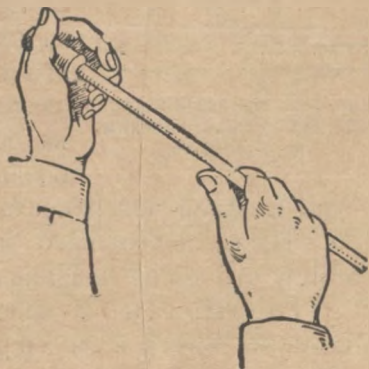


Рис. 221. Неправильный прием введения трубки в отверстие пробки.

### Работа со стеклянными трубками

При составлении приборов приходится производить над стеклянными трубками следующие операции:

- 1) резать,
- 2) сгибать,
- 3) оттягивать,
- 4) оплавливать.<sup>1</sup>

Режут стеклянные трубки следующим образом:

Кладут трубку на стол и делают при помощи острого ребра напильника или при помощи особого ножа поперечный надрез в несколько миллиметров длиною. Напильником при этом пилят несколько раз взад и вперед, держа напильник, как показано на рисунке 222, где *H* — плоский напильник (в разрезе), а *T* — трубка.

<sup>1</sup> Нижесказанное относится к трубкам небольшого диаметра, какие употребляются при всех описанных в этой книге работах.

Ножом обыкновенно проводят по трубке в одном направлении, немного поворачивая трубку навстречу ножа.

Сделав надрез, трубку ломают, при чем большие пальцы обеих рук упирают в трубку со стороны, противоположной надрезу, как показано на рисунке 223. Ломая, стараются в то же время как бы разорвать трубку. Если этого не делать, то когда трубка разломится, можно невольно сблизить руки и порезать их острыми краями стекла.

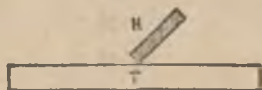


Рис. 222. Надрезание стеклянной трубки плоским напильником.

Если надрез сделан правильно, трубка должна ломаться при очень небольшом усилии. Если трубка не ломается, значит надрез неправильный. Надрез нет необходимости делать очень длинный или очень глубокий, но в то же время недостаточно и одной поверхностной царапины, хотя бы и очень широкой. После небольшого навыка работающий легко из опыта поймет, что такое правильный надрез.

Отрезаемый конец трубки не должен быть слишком коротким. Даже при хорошем надрезе трудно бывает отломить конец короче 5 см. Это нужно всегда иметь в виду при сгибании трубок, если после сгибания приходится обрезать конец трубки.

Для сгибания стеклянной трубки ее нагревают в пламени лампочки, пока стекло не размягчится настолько, что ее легко можно согнуть. Нагревать следует на лампочке или горелке с плоским пламенем, держа трубку вдоль пламени, чтобы она размягчалась на сравнительно большом протяжении. Только в таком случае может получиться правильный, плавный сгиб (рис. 224). Для того, чтобы у спиртовой лампочки получилось плоское пламя, следует выдвинуть фитиль по



Рис. 223. Ломание надрезанной стеклянной трубки.

длиннее и расправить его в виде веера, как на рис. 227. Если нагревать трубку на небольшом пространстве, то сгиб получается угловатый, в месте сгиба трубка суживается (рис. 225), на ней появляются складки и утолщения (рис. 226). Такая неправильно изогнутая трубка потом легко ломается в месте сгиба и для опытов не годится. Неправильный сгиб можно получить и



при работе с плоским пламенем, если не соблюдать нижеследующих указаний.

При нагревании трубки ее держат обеими руками так, чтобы она находилась в верхней части пламени (рис. 228), и все время



Рис. 224.  
Правильный  
изгиб.



Рис. 225.  
Неправиль-  
ный изгиб.

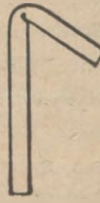


Рис. 226.  
Непра-  
вильный  
изгиб.



Рис. 227. Фитиль  
спиртовой лам-  
почки, распро-  
вленнный в виде  
веера.

поворачивают около ее оси (лучше в одном направлении), чтобы она прогревалась равномерно. Вследствие плохой теплопроводности стекла трубку можно держать довольно близко к нагреваемому месту (на расстоянии 6—7 см), не опасаясь обжечь руки.

Как только трубка размягчится настолько, что начнет гнуться сама, без всякого усилия работающего, ее вынимают из пламени и сгибают плавным, не слишком быстрым движением, поднимая концы вверх (рис. 229). Можно, особенно при работе со спиртовой лампой,<sup>1</sup> начинать сгибание и в пламени, предоставляя трубке выгибаться в силу своей тяжести, и только под конец вынуть из пламени и докончить сгибание.

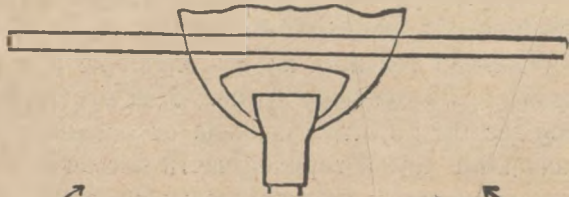


Рис. 228. Нагревание стеклянной трубки в плоском пламени.



Рис. 229. Сгибание стеклянной трубки.

<sup>1</sup> При работе со спиртовой лампой не следует забывать, что фитиль ее все время остается холодным и до него нельзя дотрагиваться раскаленным стеклом; оно лопнет.

Придав трубке надлежащий изгиб, ее некоторое время держат в руках, пока стекло не затвердеет, стараясь при этом, чтобы не нарушился изгиб, чтобы трубка не скручивалась и оба колена ее лежали в одной плоскости. При этом следует помнить, что застывающее стекло очень хрупко, и сгибать или разгибать трубку можно только, пока стекло мягкое и гнется без особого усилия. Исправить неправильный изгиб при вторичном нагревании не всегда удается. Поэтому нужно придавать трубке сразу такой изгиб, какой нужен.

Остывание нагретого стекла. При всех работах с нагреванием стекла до размягчения, надо помнить, что стекло—плохой проводник тепла и очень медленно остывает. Поэтому надо весьма осторожно обращаться с остывающими трубками: по крайней мере в течение 5 минут нельзя касаться рукой того места, которое было нагрето.

Нагретую трубку ни в каком случае не следует класть прямо на стол. Можно, напр., класть ее на сетку, на кольцо штатива, или одним концом класть ее на доску штатива, другим на стол и т. п., чтобы нагретое место находилось на весу.

Конец трубки, который придется вставлять в пробку или брать в рот, необходимо оплавить, т. е. нагреть в пламени горелки до тех пор, пока стекло не начнет плавиться и острые края трубки не округлятся. Для этой цели конец трубки (она должна быть сухая!) сначала осторожно прогревают, а затем помещают в самой горячей части пламени, держа ее горизонтально или наклонно и не переставая вращать, пока стекло не оплавится достаточно. Отверстие трубки не должно при этом сильно суживаться.

#### Как испытать, держит ли прибор

Прибор для опытов с газами, вполне правильно собранный, с хорошо подогнанными пробками, иногда оказывается, однако, непригодным вследствие того, что газы могут проходить через какую-нибудь совершенно незаметную щелку. Поэтому, прежде чем начинать опыт, необходимо особым испытанием убедиться, „держит ли прибор“. Если оказывается, что прибор не держит, необходимо переменить пробку.

Предварительное испытание можно произвести таким образом. Вдувают воздух в прибор или всасывают его в себя из прибора. Если прибор не держит, то воздух вдувается непрерывно,

и при этом иногда слышится слабый свист. Если же прибор держит, то вдувание можно довести только до некоторого предела. Если сделать пробу со всасыванием, то, в случае плотно собранного прибора, кончик языка присасывается к отверстию трубки и не отстает; если же прибор не держит, то язык или вовсе не присасывается, или тотчас же отстает от трубки. Обе пробы можно сделать лишь с трубкой, конец которой оплавлен; иначе можно порезать язык.

Более точное испытание обыкновенно производят таким образом. Опустив открытый конец трубки собранного прибора в воду, согревают прибор рукой. Если прибор держит, то из трубки должны выходить пузырьки воздуха. Когда же прибор после этого охладится, то вода должна подняться в трубке на некоторую высоту, и столб ее не должен опускаться сам собою. Эту пробу необходимо производить при всех более сложных приборах. Если во время опыта, для которого собран прибор, конец трубки должен оставаться вполне сухим, то при указанном испытании можно присоединить к нему на каучуковой смычке обренок трубки, который и погрузить в воду.

При всех описанных в книге опытах вполне возможно добиться, чтобы прибор держал с обыкновенными (не резиновыми) пробками. Поэтому прибегать к заливанию или замазыванию пробок воском, парафином, сургучем и различными замазками нет никакой надобности и не следует.

## 2. ПРАВИЛА ВЗВЕШИВАНИЯ НА АПТЕКАРСКИХ ВЕСАХ

1. Не брать весов с отведенного для них места к себе на стол и не переставлять их с одного места на другое.

2. Прежде чем начать взвешивание, проверить, в порядке ли весы и разновески.

3. Беречь чашки весов, которые легко портятся: не ставить на чашку весов горячих, мокрых и грязных предметов, не класть веществ прямо на чашку весов, а непременно в какой-нибудь посуде, напр., в фарфоровой чашке.

4. Кладя на весы взвешиваемый предмет или разновески, придерживать чашку весов (никоим образом не стрелку, которую можно погнуть), чтобы избегать резких качаний весов в ту и другую сторону (от таких качаний весы портятся).

5. Беречь разновески и их не пачкать: брать только при по-



мощи щипчиков и ни в каком случае не руками. Снимаемая разновески с весов, никоим образом не ставить их на стол, а только на их места в ящик.

6. Разновески класть всегда на одну и ту же чашку весов. Удобнее класть разновески на правую чашку весов, взвешиваемый предмет — на левую.<sup>1</sup>

7. Когда производятся два последовательных взвешивания в одной и той же работе, следует оба взвешивания производить на одних и тех же весах, с одними и теми же разновесками.<sup>1</sup>

8. Разновески ставить на чашку весов всегда в определенном порядке: начинать с большой разновески и затем брать следующую по порядку меньшую разновеску. Если взято слишком много, то последнюю разновеску снять и положить следующую меньшую. Если взято мало, то, не снимая ничего, положить следующую.

9. Ни в каком случае нельзя заимствовать разновески из другого ящика. Если взвешивающий прибегает к такому приему, значит, он напутал при взвешивании и не соблюдал изложенного в п. 8 правила.

10. О равновесии судят или по тому признаку, что указатель весов устанавливается против дуги подвеса, или по одинаковому отклонению указателя при качании весов вправо и влево от нулевого положения.

11. Записывать вес по пустым гнездам в ящике разновесок и, снимая разновески с чашки весов, тщательно проверять запись.

---

<sup>1</sup> Обыкновенно взвешиваемое тело помещают на левую чашку весов, а разновески на правую: во время самого взвешивания приходится ставить и убирать разновески; делают это правой рукой, поэтому и удобнее ставить их на правую чашку. Конечно, для тех, кто привык все делать левой рукой, удобнее класть разновески на левую чашку. Необходимо лишь держаться того правила, чтобы класть разновески всегда на одну и ту же чашку весов. Это имеет очень важное значение, потому что в большинстве химических работ приходится производить два последовательных взвешивания и брать их разность. Неизбежные при взвешивании ошибки будут значительно сказываться на результате, если при одном взвешивании разновески ставятся на правую чашку весов, при другом — на левую, чем при соблюдении указанного правила. Для уменьшения ошибок следует также оба взвешивания производить на одних и тех же весах с одними и теми же разновесками. Когда отвешивают определенное количество какого-нибудь вещества, прибавляя и отбавляя его во время взвешивания, удобнее ставить разновески на левую чашку.

12. По окончании взвешивания оставлять весы и разновески в полном порядке: на чашках весов не должно оставаться ничего, все разновески должны находиться на своих местах.

### Записывание результатов взвешивания

На записывание результатов взвешивания надо обратить особенно большое внимание. Первое время, пока не вырабатается умение „читать“ разновески, следует делать подробную запись результата, записывая каждую разновеску, напр. следующим образом:<sup>1</sup>

Разновески: граммов	10,00
„	5,00
„	2,00
„	1,00
„	0,50
„	0,10
„	0 02
„	0 01

Вес тигля с углемедной солью = 18,63 г.

Впоследствии, когда приобретется навык, можно записывать окончательный результат, не перечисляя отдельных разновесок.

### 3. ПРАВИЛА ВЗВЕШИВАНИЯ НА БОЛЕЕ ТОЧНЫХ (ХИМИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ) ВЕСАХ<sup>2</sup>

1. Ни в каком случае не сдвигать весов с того места, на котором они установлены.

2. Прежде чем начать взвешивание, удостовериться, не от-

<sup>1</sup> Иногда на разновесках меньше грамма бывают выдавлены цифры, обозначающие число миллиграммов. Так, например — 500 — обозначает 500 миллиграммов, или 0,5 г, 20 = 0,02 г и т. д.

<sup>2</sup> Более точные (химико-технические) весы для предохранения их призм от излишнего стирания, снабжают так называемым арретиром. Арретир есть приспособление, при помощи которого можно задерживать или совсем останавливать качания коромысла. Во избежание неправильных качаний коромысла от движения воздуха, а также для предохранения от пыли, точные весы помещают в стеклянном ящике.

крывая весов, в их равновесии, для чего следует осторожно повернуть арретир. Если отклонения стрелки в ту и другую сторону разнятся не более, чем на одно деление шкалы, можно считать, что весы в равновесии, и приступать ко взвешиванию. В противном случае следует обратиться к руководителю.

3. Открывать весы осторожно, чтобы не сдвинуть их с места.

4. При открывании весов, а также при каждом наложении, снятии или перемещении разновесок и взвешиваемого предмета, весы должны быть арретированы.

5. На точных весах нельзя прибегать к тарированию. Нельзя также для достижения равновесия (перед взвешиванием) класть на чашки весов обрезки бумаги и т. п.

6. Не ставить на чашку весов горячих, мокрых и грязных предметов, не класть веществ прямо на чашку весов, а непременно в какой-нибудь посуде, например, в фарфоровой чашке.

7. Разновески брать только при помощи щипчиков и ни в каком случае не касаться разновесок руками.

8. Разновески класть всегда на одну и ту же чашку весов. Удобнее класть разновески на правую чашку весов, взвешиваемый предмет — на левую (см. примечание на стр. 234).

9. Когда производится несколько взвешиваний в одной и той же работе, следует все взвешивания производить на одних и тех же весах, с одними и теми же разновесками (см. примеч. на стр. 234).

10. Разновески ставить на чашку весов всегда в определенном порядке, именно: начинать с большой разновески и затем брать следующую по порядку разновеску. Если взято слишком много, то последнюю разновеску снять и положить следующую меньшую. Если взято мало, то, не снимая ничего, положить следующую.

11. Ни в каком случае нельзя заимствовать разновески из другого ящика.

12. Записывать вес по пустым гнездам в ящике разновесок и, снимая разновески с чашки весов, тщательно проверять запись.

13. Равновесие на точных весах определяется по одинаковому отклонению стрелки (указателя) в обе стороны от среднего (нулевого) деления шкалы.

14. Под конец взвешивания наблюдать качания, закрыв стеклянный ящик весов.



15. По окончании взвешивания оставлять весы и разновески в полном порядке: на чашках весов не должно оставаться ничего, все разновески должны находиться на своих местах.

16. Окончив взвешивание, не забывать весы арретировать и закрывать их ящик.

4. АТОМНЫЕ ВЕСА ЭЛЕМЕНТОВ.

Азот . . . . .	N	14,008	Неодимий . . . . .	Nd	144,3
Активный . . . . .	Ac	226	Неон . . . . .	Ne	20,2
Алюминий . . . . .	Al	26,97	Никкель . . . . .	Ni	58,68
Аргон . . . . .	Ar	39,94	Ниобий . . . . .	Nb	93,5
Бериллий . . . . .	Be	9,02	Олово . . . . .	Sn	118,7
Бор . . . . .	B	10,8	Осмий . . . . .	Os	190,9
Барий . . . . .	Ba	137,4	Палладий . . . . .	Pd	106,7
Бром . . . . .	Br	79,92	Платина . . . . .	Pt	195,2
Ванадий . . . . .	V	51	Полоний . . . . .	Po	210
Висмут . . . . .	Bi	209	Празеохимий . . . . .	Pr	140,9
Водород . . . . .	H	1,008	Протактиний . . . . .	Pa	230
Вольфрам . . . . .	W	184	Радий . . . . .	Ra	226
Гадолиний . . . . .	Gd	157,3	Радон . . . . .	Rd	222
Галлий . . . . .	Ga	69,72	Родий . . . . .	Rh	102,9
Гелий . . . . .	He	4	Ртуть . . . . .	Hg	200,6
Германий . . . . .	Ge	72,6	Рубидий . . . . .	Rb	85,5
Голмий . . . . .	Ho	163,5	Рутений . . . . .	Ru	101,7
Диспрозий . . . . .	Dy	162,5	Самарий . . . . .	Sm	150,4
Европий . . . . .	Eu	152	Свинец . . . . .	Pb	207,2
Железо . . . . .	Fe	55,84	Селен . . . . .	Se	79,2
Золото . . . . .	Au	197,2	Сера . . . . .	S	32,07
Индий . . . . .	In	114,8	Серебро . . . . .	Ag	107,88
Иод . . . . .	I	126,92	Скандий . . . . .	Sc	45,1
Иридий . . . . .	Ir	193,1	Стронций . . . . .	Sr	87,6
Иттербий . . . . .	Yb	173,5	Сурьма . . . . .	Sb	121,8
Иттрий . . . . .	Y	88,7	Таллий . . . . .	Tl	204,4
Кадмий . . . . .	Cd	112,4	Тантал . . . . .	Ta	181,5
Калий . . . . .	K	39,1	Теллур . . . . .	Te	127,5
Кальций . . . . .	Ca	40,07	Тербий . . . . .	Tb	159,2
Кислород . . . . .	O	16	Титан . . . . .	Ti	47,9
Кобальт . . . . .	Co	58,97	Торий . . . . .	Th	232,1
Кремний . . . . .	Si	28,06	Тулий . . . . .	Tu	169,4
Криптон . . . . .	Kr	82,9	Углерод . . . . .	C	12
Ксенон . . . . .	X	130	Уран . . . . .	U	238,2
Лантан . . . . .	La	139	Фосфор . . . . .	P	31,04
Литий . . . . .	Li	6,94	Фтор . . . . .	F	19
Лутеций . . . . .	Lu	175	Хлор . . . . .	Cl	35,46
Магний . . . . .	Mg	24,32	Хром . . . . .	Cr	52,01
Марганец . . . . .	Mn	54,93	Цезий . . . . .	Cs	132,8
Медь . . . . .	Cu	63,57	Церий . . . . .	Ce	140,2
Молибден . . . . .	Mo	96	Цинк . . . . .	Zn	65,37
Мышьяк . . . . .	As	74,96	Цирконий . . . . .	Zr	91,2
Натрий . . . . .	Na	23	Эрбий . . . . .	Er	167,7

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Тема I. ВЕЩЕСТВА И ИХ ОЧИСТКА . . . . .	5
1. Вещества . . . . .	5
2. Чистые вещества . . . . .	9
3. Некоторые способы очистки веществ . . . . .	9
Тема II. ПРЕВРАЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВ . . . . .	14
4. Явления, происходящие при нагревании некоторых веществ . . . . .	14
5. Химические явления, происходящие без нагревания . . . . .	15
6. Первый тип химических превращений . . . . .	16
7. Второй тип химических превращений . . . . .	21
8. Третий тип химических превращений . . . . .	26
Тема III. ВОДА . . . . .	26
9. Вода в природе . . . . .	27
10. Очистка воды . . . . .	28
11. Первое понятие о растворах . . . . .	30
12. Пропускание через воду электрического тока . . . . .	33
13. Реакция между водой и металлами . . . . .	35
Тема IV. ВОДОРОД . . . . .	40
14. Получение водорода . . . . .	41
15. Свойства водорода . . . . .	43
16. Пламя водорода . . . . .	46
17. Реакция между водородом и окислами металлов . . . . .	48
18. Гремучий газ . . . . .	49
19. Получение водорода в технике . . . . .	51
Тема V. МЕТАЛЛЫ И НЕМЕТАЛЛЫ . . . . .	52
20. Металлы . . . . .	52
21. Сплавы . . . . .	55
22. Металлоиды . . . . .	56
23. Элементы . . . . .	58
24. Действие металлов на кислоты . . . . .	60
Тема VI. НАБЛЮДЕНИЯ НАД ВЕСОМ ВЕЩЕСТВ ПРИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ . . . . .	63
25. Опыты с металлами . . . . .	64
26. Опыты с другими веществами . . . . .	66
27. Закон сохранения веса . . . . .	67

	Стр.
Тема VII. ВЕСОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ В ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ . . . . .	68
28. Количественный состав воды . . . . .	69
29. Анализ и синтез . . . . .	71
30. Состав воды, полученной различными способами . . . . .	72
31. Перекись водорода . . . . .	73
32. Весовой состав различных соединений двух элементов . . . . .	75
Тема VIII. ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ . . . . .	80
33. Строение вещества . . . . .	80
34. Значение атомического учения . . . . .	84
35. Химические формулы . . . . .	86
36. Как составляется химическая формула . . . . .	88
37. Молекулярные формулы . . . . .	92
38. Химические равенства . . . . .	93
39. Рассчеты по формулам и равенствам . . . . .	95
40. Граммоль и грамматом . . . . .	98
Тема IX. КИСЛОРОД . . . . .	99
41. Получение кислорода . . . . .	99
42. Физические и химические свойства кислорода . . . . .	101
43. Горение в кислороде и горение в воздухе . . . . .	104
44. Медленное окисление . . . . .	106
45. Применения и технические способы получения кислорода . . . . .	108
46. Окислители . . . . .	110
Тема X. ГОРЮЧИЕ ВЕЩЕСТВА, ГОРЕНИЕ И ПРОДУКТЫ ГОРЕНИЯ . . . . .	112
47. Уголь и органические вещества . . . . .	113
48. Применение угля . . . . .	120
49. Технические способы получения угля . . . . .	124
50. Сухая перегонка каменного угля . . . . .	128
51. Алмаз и графит . . . . .	132
52. Углекислый газ . . . . .	135
53. Применения углекислого газа . . . . .	138
54. Окись углерода . . . . .	142
55. Пламя . . . . .	146
56. Освещение . . . . .	154
Тема XI. ТОПЛИВО И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ . . . . .	156
57. Что такое топливо? . . . . .	157
58. Запасы топлива . . . . .	159
59. Сравнение различных видов топлива . . . . .	162
60. Сравнение запасов энергии . . . . .	167
61. Теплопроизводительная способность и химический состав топлива . . . . .	169
62. Выбор топлива . . . . .	170
63. Как используется топливо? . . . . .	173



	Стр.
64. Топка парового котла . . . . .	177
65. Генераторы . . . . .	185
Тема XII. ДОБЫВАНИЕ МЕТАЛЛОВ ИЗ РУД . . . . .	189
66. Восстановление окислов металлов . . . . .	189
67. Руды железа . . . . .	191
68. Флюсы . . . . .	194
69. Доменная печь . . . . .	194
70. Колошниковые газы . . . . .	196
71. Коуперы . . . . .	198
72. Утилизация колошниковых газов . . . . .	200
73. Работа доменной печи . . . . .	202
74. Постройка доменной печи . . . . .	206
75. Чугун . . . . .	208
76. Железо и сталь . . . . .	209
77. Закалка и отпуск стали . . . . .	211
78. Специальные сорта стали . . . . .	213
79. Переработка чугуна на сталь и железо . . . . .	214
80. Передел чугуна в конверторе . . . . .	215
81. Способ Бессемера . . . . .	217
82. Способ Томаса . . . . .	219
83. Получение железа и стали в мартеновской печи . . . . .	220
ДОПОЛНЕНИЯ . . . . .	226
1. Собираение приборов . . . . .	226
2. Правила взвешивания на аптекарских весах . . . . .	230
3. Правила взвешивания на точных весах . . . . .	235
4. Атомные веса элементов . . . . .	237

Исх. № 27482

## Рабочая библиотека по химии.

Под общей редакцией П. П. Лебедева.

- Буткевич, А. А. и Горячкин, Е. Н. — Простейшие работы с металлом. Стр. 55. Ц. 25 к.
- Вольфович, С. и Донде, А. — Экскурсии по химическим заводам Москвы. Стр. 112. Ц. 70 к.
- Донде, А. — Отравляющие химические вещества на войне и в сельском хозяйстве. Стр. 79. Ц. 35 к.
- Дукельский, М. П. — Естественное топливо. Дрова, торф, уголь, нефть. Стр. 128. Ц. 55 к.
- Дукельский, М. — Обработанное топливо. Стр. 120. Ц. 55 к.
- Изгарышев, Н. А. — Гальванопластика и гальваностегия. Стр. 79. Ц. 30 к.
- Изгарышев, Н. А. — Электрохимия в основной химической промышленности и металлургии. Стр. 72. Ц. 35 к.
- Лукьянов, Б. П. — Серная кислота и сода. Стр. 100. Ц. 45 к.
- Малахов, Б. — Вода, ее исследование и очистка. Стр. 92. Ц. 40 к.
- Малахов, Б. — Школьные работы по химической технологии органических веществ. Стр. 128. Ц. 60 к.
- Челинцев, В. — Соревнование лаборатории с природой в деле создания органических веществ. Стр. 88. Ц. 70 к.

## Учебники по химии.

- Житков, С. В. и Шаповаленко, С. Г. — Рабочая книга по органической химии. Вып. I. Стр. 64. Ц. 55 к. Вып. II. Стр. 127. Ц. 80 к.
- Захаров, В. — Рабочая книга по химии. Для 9-ой группы трудовой школы. Изд. 2-е. Стр. 174. Ц. 80 к.
- Кремлев, А. М. — Руководство для практических занятий по химии. Изд. 3-е. Стр. 27. Ц. 15 к.
- Кучеров, М., Тайпале, К. и Тицман, Б. — Практическая химия и материаловедение. Для техникумов, фаб.-зав. школ и самообразования.
- Часть I. Введение в химический анализ. Исследование воды. Исследование воздуха. Топливо. Стр. 222. Ц. 2 р. 25 к.
- Часть II. Строительные материалы. Руды. Металлы. Стр. 200. Ц. 1 р. 80 к.
- Лебедев, П. П. — Рабочая книга по химии.
- Вып. I. Стр. 147. Ц. 65 к. Вып. II. Стр. 144. Ц. 60 к.
- Вып. III. Стр. 195. Ц. 90 к.
- Лебедев, П. П. — Химия. Стр. 349. Ц. 1 р. 65 к.
- Созонов, С. и Верховский, В. — Первые работы по химии. Стр. 136. Ц. 55 к.