

М. ЦЕНТНЕРШВЕР.

Профессор Латвийского университета
в Риге.

ПРАКТИКУМ ПО ХИМИИ

Издание второе.

Latvijas
Augstskolas
Bibliotēka.

Рига, 1922.

Издание акц. общ. Вальтерс и Рапа
Театральная ул. № 11.

М. ЦЕНТНЕРШВЕР.

ПРАКТИКУМ ПО ХИМИИ

Издание второе

3214.

Latvijas
Augstskolas
Biblioteka.

РИГА, 1922.

Издание акц. общ. Вальтере и Рапа.

Театральная ул. № 11.

графия акц. о-ва Вальтерс и Рапа, Рига.

3214.

Latvijas
Augstskolas
Bibliotēka

І. ОБЩИЕ ПРИЕМЫ .

1. Обработка стеклянных трубок.

Резка трубок и палочек. Стеклянные трубки малого диаметра (до 5 миллим.) обрезают производя трехгранным напильником в данном месте поперечную насечку. Затем берут трубку большими пальцами с обеих сторон насечки, так чтобы насечка была обращена вверх и давят пальцами на трубку как будто желая ее согнуть.

На трубках большого диаметра проводят напильником глубокую кольцевую насечку вокруг всей трубки и ломают ее, как указано выше. Иногда удается ровно отрезать трубку касаясь к кольцевой насечке раскаленным кончиком стеклянной палочки.

Закругление краев трубок и палочек.

Острые края трубок режут резину и пробку и обязательно должны быть округлены. Их плавят осторожно в пламени бунзеновской горелки или в паяльном пламени.

Сгибание трубок. Для того чтобы трубку согнуть под соответственным углом ее нагревают в светящемся пламени формы рыбьего хвоста (рис. 1).

При этом трубку надо держать вдоль пламени и медленно вращать ее вокруг своей оси. Когда трубка становится мягкой, ее вынимают из пламени и

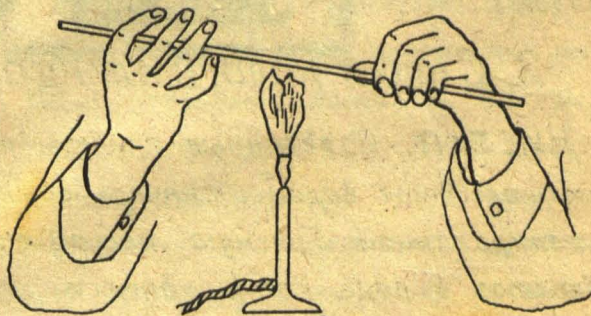


рис. 1.
Сгибание трубки.

медленно сгибают под влиянием собственного ее веса.

Вытягивание трубок. Трубку разогревают в пламени паяльной горелки, постоянно вращая ее около оси до полного размягчения стекла; затем удаляют ее из пламени и медленно вытягивают до желаемого диаметра.

Запайвание трубок. Трубку сначала вытягивают в том месте, в котором ее желают запаять; затем срезают ее в утонченном месте и вторично нагревают при постоянном вращении. В конце вдывают с другого конца воздух для получения равномерного полу-шарообразного окончания трубки.

Буравление отверстий в пробках. Для буравления отверстий в пробках применяют сверла в виде трубок соответственного диаметра (из латуни или стали) с острым, немного согнутым краем. Пробку держат в левой руке и сверлят осторожно, вращая одновременно пробку и сверла в обратном направлении, начиная с узкого конца и параллельно оси. Для расширения отверстия применяют круглый напильник. При буравлении резиновых пробок смачивают острый край сверла глицерином. После буравления выталкивают проволокой оставшийся в сверлах кусок пробки, тщательно вытирают сверла и вставляют их в гнездо. Если трубка туго входит в резиновую трубку или в пробку, то край трубки немного смачивают водой.

2. Сушка колб, цилиндров, трубок и т. п.

Чистка. Стеклянные приборы перед их употреблением полоскают водой: сначала обыкновенной а потом дистиллированной. Грязную посуду моют щеткой или прибавляют к воде клочки бумаги.

Посуду содержащую нерастворимые осадки приходит-

ся мыть химическими реактивами: сырыми кислотами (HCl) или щелочами ($NaOH$, NH_3).

Для очистки посуды от жиров и других органических веществ применяют раствор двухромовокислого калия ($K_2Cr_2O_7$) или аммония $(NH_4)_2Cr_2O_7$ в серной кислоте. Этот раствор хранят в особой банке и после употребления вливают обратно в банку.

Посуду промытую после всполяскивания водой ставят на палочках, укрепленных в доске, отверстием вниз для сушки.

Сушка. Если промытую посуду необходимо применить немедленно и в совершенно сухом виде, то ее сушат, продувая струю нагретого воздуха (ср. рис. 2). Воздух, вдвухаемый при помощи мехов или водоструйного насоса фильтруется в трубке *A*. через вату и проходит в медный змеевик, разогреваемый бунзеновской горелкой. Из трубки, присоединенной к змеевику, он проходит в нижнюю часть прибора, продувает его вдоль всей длины и уходит наружу через обращенное вниз отверстие прибора.

Для ускорения сушки можно прибор после полоскания водой всполоснуть спиртом.

3. Взвешивание

Аналитические весы. Аналитические весы являются одним из самых точных измерительных инструментов. Хорошие весы позволяют взвесить 100 гр. с точностью до 0,001 гр., т.е. до 0,001%. Весы представляют равноплечий рычаг, снабженный тремя призмами. Из них средняя, обращенная острием вниз, дает линию опоры; две боковые призмы, обращенные остриями вверх, служат для подвеса чашек. Для определе-

ния равновесия весов к рычагу прикреплена вертикальная стрелка, которой нижний конец качается вдоль шкалы.

Во избежание притупления острий призмы также для точной установки равновесия имеется приспособление подымающее коромысло весов и чашки (когда весы находятся в покое) и спускающие их (при производстве взвешивания). Это приспособление называют „арретиром.“

Для предохранения весов от пыли и от ветра (во время взвешиваний) их помещают в ящике, снабженном окошками и дверцами.

Определение нулевой точки. Перед взвешиванием определяют „нулевую точку“, т.е. положение равновесия весов при **отсутствии** нагрузки. Закрыв двер-

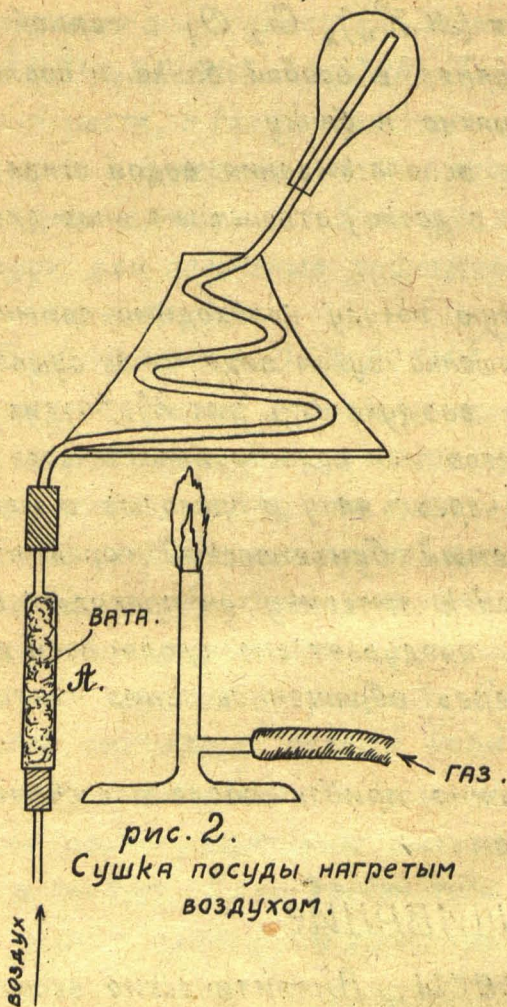


рис. 2.
Сушка посуды нагретым воздухом.

цы, поворачивают **медленно** винт арретира в направлении обратном направлению движения часовой стрелки. Наблюдают качание стрелки вдоль шкалы и отмечают крайние отклонения стрелки по правую и по левую сторону нуля. Деления лежащая по **левую** сторону от ну-

левой точки считают **ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ** а деления, лежащая **ВПРАВО** от нуля — **ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМИ** (ср. рис. 4). Обыкновенно производят три наблюдения, причем

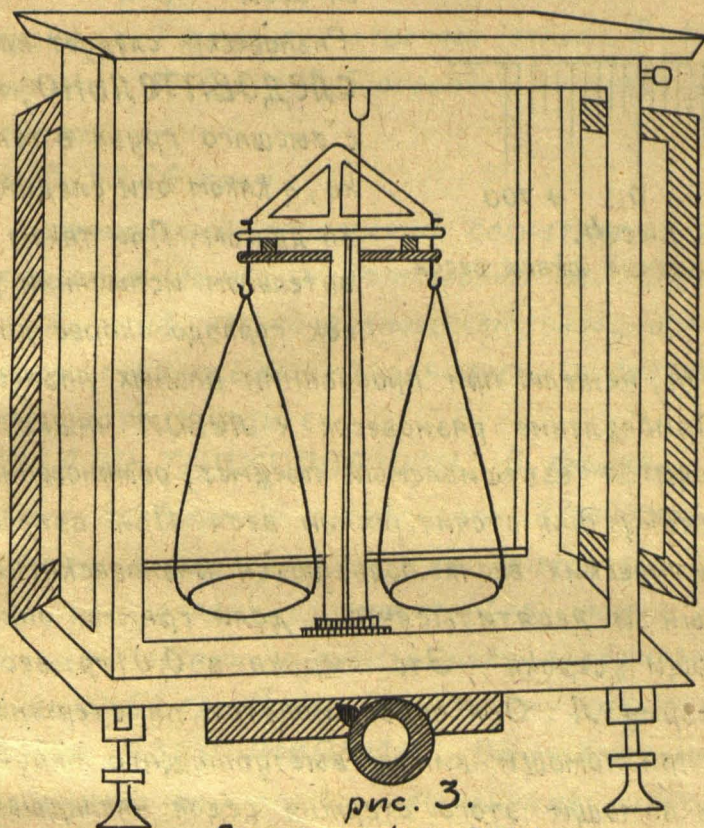


рис. 3.
Аналитические весы.

из первого и третьего берут среднее и прибавляют к нему второе наблюдение с соответственным знаком.

Если найденная таким путем нулевая точка немного лишь разнится от нуля шкалы, то удовлетворяются этим определением, принимая в расчет найденную нулевую точку. Если же разность получается значительная (больше 5 делений), то приходится переместить точку равновесия весов, для чего надо обратиться к ассистенту.

Взвешивание. При взвешивании кладут (или подвешивают) взвешиваемый предмет на левую чашку весов, на правую кладут разновески и опуская осторожно арретир, наблюдают, в какую сторону склоняются весы.

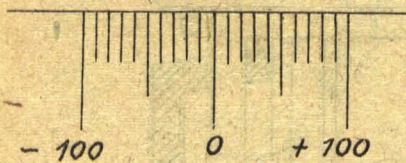


рис. 4.

Разделение шкалы весов.

Разновески следует класть **последовательно**, начиная с высшего груза в том порядке, в каком они следуют друг за другом. При таком последовательном испытании разновесок гораздо скорее достигают

результата, нежели при пробовании разных разновесок наугад. Прибавление разновесок к левой чашке, на которой находится взвешиваемый предмет, обыкновенно вызывает ошибку при отсчитывании веса. При взвешивании на аналитических весах пользуются разновесками до 0,01 гр.

Тысячные и десятитысячные доли грамма определяют при помощи „седока“. Это гирька в 0,01 гр. весом, имеющая форму Л. Она подвешивается на стержне, передвигаемом при помощи винта, выступающего наружу ящика. При помощи этого стержня седок накладывается на коромысло весов в любом месте. Коромысло снабжено делениями на десятые и сотые доли его длины. Если „седок“ находится на делении 10, то он действует на весы полным своим весом, т. е. представляет груз в 10 миллиграммов. Если он покоится на делении n , то его вес = $\frac{n}{10} \cdot 0,01$ гр., т. е. n миллиграммов. Обыкновенно отыскивают два положения „седока“ между которыми находится нулевая точка, и определяют отклонения стрелки для этих двух положений. Точный вес (до 0,0001 гр.) определяется из этих двух отклонений путем интерпо-

ляции.

| Пример . | Нагрузка | Отклонения | Точка равновесия |
|----------|-------------|-------------|------------------|
| | 0 | -12 +8 -11 | -3,5 |
| | 23, 522 гр. | +13 -3 +11 | +9,0 |
| | 23, 523 гр. | -42 +30 -39 | -10,5 |

Нагрузке в 1 миллигр. отвечает отклон. $9 + 10,5 = 19,5$.

Отклонению : $9 + 3,5 = 12,5$ отвечает нагрузка $\frac{12,5}{19,5} = 0,64$ миллиграмм.

Вес = 23,5226 грам.

После установления отклонений сосчитывают разновески, недостающие в ящике, и записывают вес. Затем проверяют найденный вес по разновескам, находящимся на чашке весов и укладывают разновески в соответствующие им места в ящике.

Весы для тарирования. В большинстве случаев весовые определения производятся с точностью 4 знаков. Поэтому в тех случаях, где приходится взвешивать вещества, вес которых превышает 10 гр., можно пользоваться неточными весами и производить взвешивание с точностью до 0,01 гр. Этим достигается экономия времени.

Правила взвешивания. Во избежание порчи весов необходимо при всех взвешиваниях соблюдать следующие правила :

1. Никогда не ставить на чашку весов грязных или сырых предметов.
2. Никогда не насыпать порошков и не приливать жидкости, когда сосуд находится на чашке, а заранее вынимать его из ящика весов и эти операции производить вне ящика весов.
3. Никогда не брать разновесок пальца-

ми я всегда пинцетом.

4. Никогда не класть предметы или разновески, когда весы не арретированы; после определения веса обязательно арретировать весы.
5. После каждого взвешивания укладывать разновески в те места в ящике, которые для них предназначены.
6. Не взвешивать на аналитических весах предметов, которых абсолютный вес превышает 100 гр.
7. Соблюдать чистоту чашек и ящика.
8. О всякой неисправности весов, порче или недостатке разновесок безотлагательно заявлять ассистенту.

4. Измерительные приборы.

Измерительные цилиндры. Для приблизительного определения объемов жидкостей (растворов) пользуются измерительными цилиндрами (рис. 5). Цилиндры с

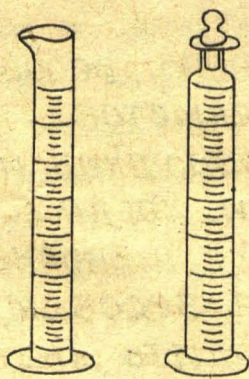


рис. 5.

Измерительные цилиндры.

пробкой служат для смещения жидкостей, цилиндры с носиком для выливания отмеренных объемов растворов.

Измерительные колбы. Для точного измерения объема (приготовления „нормальных“ растворов) применяются колбы с узкой шейкой и с меткой (рис. 6). Метка показы-

вает какой объем **ВМЕЩАЕТ** колба до метки.

Пипетки. Для выливания точно отмеренных объемов жидкостей применяются пипетки (рис. 7).

Жидкость втягивается ртом выше метки. Затем закрыв верхнее отверстие указательным пальцем правой руки, выпускают жидкость до тех пор, пока **НИЖНИЙ** мениск жидкости не дойдет до метки.

Тогда прижимают крепко палец к отверстию пипетки и вводят пипетку в сосуд, предназначенный для собирания жидкости. Затем выливают всю жидкость и выдувают последнюю каплю, пристаяющую к отверстию пипетки вследствие капиллярности (пипетка **а**).

Пипетка **б** (рис. 7) предназначена для выливания различных объемов жидкости. Ее наполняют также как пипетку **а** до верхней метки, а затем выпускают жидкость в сосуд до той метки, которая отвечает желаемому объему.

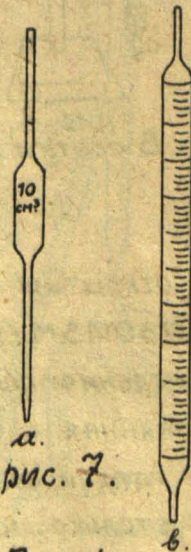
Бюретки. Бюретки применяются для последовательного приливания испытуемой жидкости (раствора определенного содержания) и для определения объема прибавленной жидкости (рис. 8).

Они разделены на десятые доли см³. Сотые доли определяются приблизительно на глаз. Отсчет производится обыкновенно по нижней черте (мениску) жидкости. Только темные (непрозрачные) жидкости отмеряются по верхнему



рис. 6.

Измерительная колба.



а.
рис. 7.

Пипетки.

мениску. Нижнее отверстие бюретки соединено резиновой трубкой с стеклянным кончиком. Резиновая трубка закрывается стеклянным шариком немного большего диаметра, нежели диаметр резиновой трубки. Для выпуска жидкости сжимают слегка трубку указательным и средним пальцами правой руки в том месте, где находится стеклянный шарик.

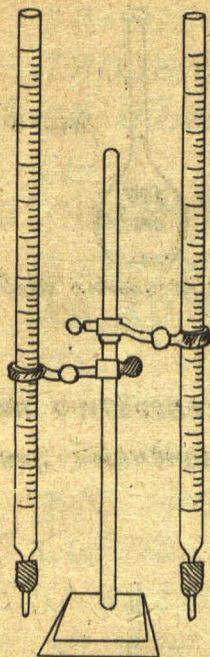


рис. 8.
Бюретки.

Для жидкостей, действующих химически на резину, следует применять бюретки, снабженные стеклянными кранами. Последние слегка смазываются салом.

После употребления жидкость удаляют из бюретки. Выпустив всю жидкость, промывают бюретку водою и оставляют в штативе, опрокинув

ее открытым концом вниз.

Газоизмерительные приборы. Для собирания и измерения объема газов служит градуированная трубка запаянная с одного конца (рис. 9). При определении объема градуированную трубку погружают в цилиндр с водою на столько, чтобы вода в цилиндре и в трубке находилась на одном уровне.

Той же самой цели достигают при помощи газовой бюретки Гемпеля (рис. 10). Она состоит из двух трубок соединенных друг с другом резиновой трубкой. Газ собирается в градуированной трубке. Во время отсчета поднимают вторую, неградуированную трубку на столько, чтобы жидкость в обеих трубках находилась на одном

уровне. Газы, растворимые в воде, надо собирать и измерять над ртутью.

Чистка измерительных приборов. Условием точности измерений является чистота внутренней поверхности измерительных сосудов. Частицы пыли, жировых веществ и др. примесей задерживают капли воды на стенках пипеток и бюреток

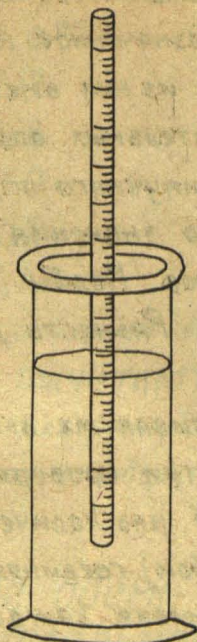


рис. 9.
Газоизмерительная трубка.

и могут таким образом существенно влиять на количество выпускаемой из них жидкости. Если вода не стекает со стенок измерительных приборов совершенно гладко, тогда следует их тщательно промыть раствором $K_2Cr_2O_7$ в серной кислоте (1:1) и затем промыть водой.

Если требуется прилить из пипетки или из бюретки раствор определенной концентрации, то прибор перед наполнением надо высушить (ср. стр. 2) или несколько раз всполоснуть испытываемым раствором во избежание изменения концентрации последнего.

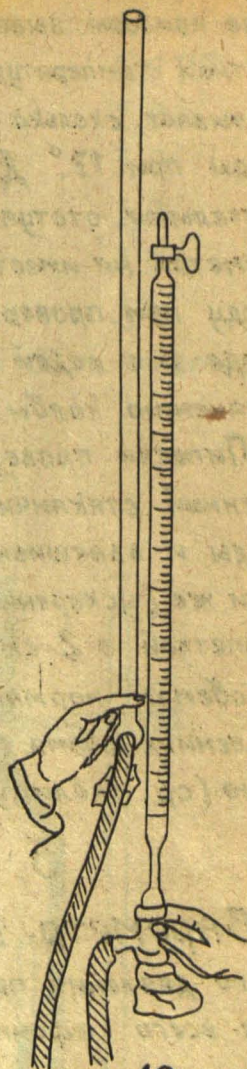


рис. 10.
Газовая бюретка.

Проверка измерительных приборов. Измерительные приборы выверены в большинстве случаев водой при комнатной температуре, т. е. обозначенное на них число см.³ показывает, сколько в каждом из них вмещается ГРАММОВ воды при 17°. Для относительных определений это незначительное отступление от научного определения куб. сантиметра не имеет никакого значения. Это надо иметь в виду при проверке приборов. Колбы взвешивают в сухом виде и с водой при 17°. Разность должна отвечать обозначению колбы.

Пипетки проверяют, выливая их вместимость во взвешенный стаканчик. Бюретки проверяют, выпуская по 2 см³ воды и взвешивая каждый раз количество вылитой воды или же (ускоренным способом) соединяя бюретку с точной пипеткой в 2 см³ и сравнивая каждые 2 см³ бюретки с объемом нормальной пипетки. При весьма точных определениях объема (сухих) приборов их взвешивают со ртутью (ср. таблицу плотностей ртути в конце).

5. Барометр.

Барометр Бунзена. Для определения атмосферного давления применяют в химических лабораториях чаще всего сифонный барометр, снабженный на трубке делениями на миллиметры. Отсчеты верхнего и нижнего уровня ртути производятся по Верхнему мениску (рис. 11).

Поправки. Отмеченная высота барометрического столба подвергается поправке на изменения удельного веса в зависимости от температуры. Эти поправки указаны в ниже следующей таблице:

Поправки на показания барометра.

| температура | поправка | температура | поправка |
|-------------|----------|-------------|----------|
| 12° | 1,6 мм. | 20° | 2,6 мм. |
| 13° | 1,7 | 21,5° | 2,8 |
| 14° | 1,8 | 23° | 3,0 |
| 15° | 2,0 | 24,5° | 3,2 |
| 17° | 2,2 | 25° | 3,3 |
| 18,5° | 2,4 | 26° | 3,4 |

Для приведения показаний барометра к 0° из найденного числа миллиметров **ВЫЧИТАЮТ** указанные в таблице для данной температуры числа второго столбца (поправка).

6. Приведение объема газа к нулю, нормальному давлению и сухости.

Поправка на столб воды и влажность.

Если газ собирается в газоизмерительной трубке над водой, то он насыщен водяными парами. Общее давление газа f равно тогда сумме парциальных давлений испытуемого газа : p и паров воды : q .

$$f = p + q$$

Т. о. действительное давление газа

$$p = f - q$$

Если кроме того уровень воды в газоизмерительной трубке нахо-

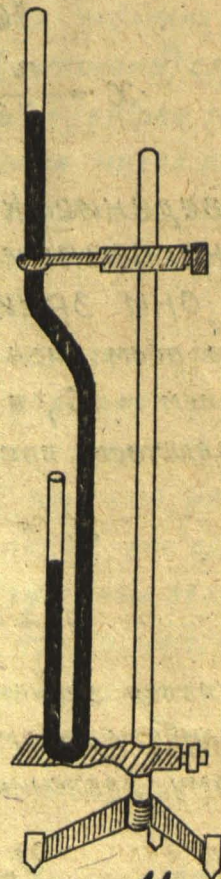


рис. 11.
Барометр Бунзена.

дится выше уровня воды в чашке на h миллиметров, то действительное давление газа :

$$p = f - q - \frac{h}{13,6}$$

где 13,6 — это удельный вес ртути, а f — внешнее (барометрическое) давление.

Закон Бойль - Мариотта. Произведение из объема на давление — постоянная величина.

Если наблюденный под давлением h объем газа — v , а объем того же количества газа при той же температуре под нормальным давлением (760 мм.) = x , то

$$760 \cdot x = p \cdot v$$

$$x = \frac{p \cdot v}{760} = \frac{v(f - q - \frac{h}{13,6})}{760}$$

Приведение к 0°. Все газы расширяются при нагревании на $\frac{1}{273}$ того объема который они занимают при 0°.

Если объем газа при температуре t под нормальным давлением = x , а объем того же количества и под тем же давлением при 0° = v_0 , то

$$x = v_0 \left(1 + \frac{1}{273} \cdot t\right) = \frac{v_0(273 + t)}{273}$$

$$v_0 = \frac{273 x}{273 + t}$$

Подставляя значение x из предыдущего уравнения мы получаем объем газа, приведенный к сухости, нормальному давлению и к 0° :

$$v_0 = \frac{v(f - q - \frac{h}{13,6}) 273}{760(273 + t)}$$

Здесь v — измеренный объем, f — барометрическое

давление, q = упругость водяных паров при t° (ср. таблицу в конце), h = разность уровней воды в миллиметрах.

Этой формулой пользуются для количественных определений объемов газов.

7. Вычисления.

Логариёмы. Вычисления ниже следующих опытов производятся не больше чем с 4 знаками (причем нули, стоящие до и после числа не считаются). Для ускорения умножений, делений, возведения в степень и извлечения корней рекомендуется применять четырехзначные логариёмы, помещенные в двух последних таблицах настоящего руководства. Первая таблица (логариёмы) служит для нахождения логариёмов данных чисел, вторая таблица («антилогариёмы») — для нахождения чисел по данным логариёмам. Дополнения, соответствующие четвертому знаку указаны в помещенных рядом таблицах «дополнений».

Протоколлы. По всем выполненным опытам рекомендуется вести подробные записи в отдельном журнале (не на клочках бумаги). В журнале отмечают: название задачи, определения научных терминов, рисунки приборов, химические уравнения реакций, все сделанные во время опыта наблюдения, результаты взвешиваний (с подробными указаниями) и измерений, вычисления; окончательные результаты опыта (рядом с вычисленными теоретически числовыми данными) и ответы на имеющиеся в руководстве или заданные ассистентам вопросы.

Если опыт ведется одновременно несколькими практикантами, то каждый должен вести собственный журнал и иметь собственные записи по всем измерениям.

II ОПЫТЫ.

Опыт 1.

Тема: Определение плотности воздуха.

Приборы. Колба в 250 см³; к ней резиновая пробка со стеклянным краном; ручные меха; стеклянка для промывания газов с конц. H_2SO_4 , башня, наполненная натристой известью и хлористым кальцием; согнутая стеклянная трубка; водоструйный насос; предохранительный клапан; предохранительная стеклянка; манометр; батарейный стакан; точные весы; неточные весы; барометр; термометр $0^\circ - 100^\circ - \frac{1}{1}^\circ$.

Реактивы: конц. H_2SO_4 .

$CaCl_2$.

Метод: Взвешивают колбу с воздухом атмосферного давления и ту же колбу с разреженным воздухом. По разнице веса вычисляют плотность воздуха.

Выполнение. Колбу, снабженную резиновой пробкой и краном, вместимости около 250 см³, тщательно высушивают и продувают сухим воздухом (воздух сушится конц. H_2SO_4 и $CaCl_2$). Затем определив температуру воздуха, закрывают кран и взвешивают колбу на точных весах: вес = α .

Кран соединяют с водоструйным насосом и с манометром и выкачивают из колбы воздух до тех пор, пока ртуть в манометре не будет больше менять своего уровня. Тогда закрывают кран

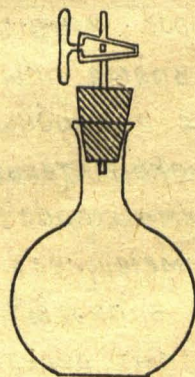


рис. 12.
Определение плотности воздуха.

и колбу снова взвешивают на точных весах : вес = b .

Погружают колбу, обращенную краем вниз, в батарейный стакан с водою и открывают кран. Колбу погружают на столько, чтобы вода находилась на одинаковом уровне внутри и вне колбы. Закрывают кран и взвешивают колбу с водою на **НЕТОЧНЫХ** весах : вес = c . Открывают колбу, и наполнив ее до верху водою, вставляют пробку с краном, так чтобы вся колба вплоть до крана была наполнена водою. Снова определяют вес колбы с водою на **НЕТОЧНЫХ ВЕСАХ** : вес = d .

Определяют барометрическое давление : f .

Вычисление : Плотность вещества = отношению его массы к занимаемому им объему.

Объем воздуха : v = объему колбы - объем оставшагося в колбе после разрежения воздуха.

$$\text{Объем колбы} = d - a.$$

$$\text{Объем оставшагося воздуха} = (d - c) \cdot \frac{f - q}{f}$$

В последней величине приходится ввести поправку на упругость водяных паров q , так как первый раз воздух взвешен в сухом состоянии, а во второй раз во влажном состоянии :

$$v = d - a - (d - c) \frac{f - q}{f}$$

Этот объем, измеренный при температуре t и под давлением f приводят к 0° и нормальному давлению ¹⁾:

$$v_0 = \frac{v \cdot f \cdot 273}{760(273 + t)}$$

$$\text{Масса воздуха} = a - b.$$

$$\text{Плотность воздуха} = \frac{a - b}{v_0} = \frac{(a - b) \cdot 760(273 + t)}{v \cdot f \cdot 273}$$

¹⁾ ср. стран. 13.

Опыт 2.

Тема: Коэффициент расширения воздуха.

Приборы: колбочка в 250 см³ от предыдущего опыта к ней резиновая пробка со стеклянным краном; ручные меха; стеклянка для промывания газов с H_2SO_4 ; сушильная башня, наполненная натристой известью и хлористым кальцием; согнутая стеклянная трубка; железный кипяильник с двойными стенками (ср. рис. 13); батарейный стакан; горелка; неточные весы; барометр; термометр 0° - 100°.

Реактивы: H_2SO_4 конц.

$CaCl_2$ зерненный.

Определение: Коэффициентом расширения вещества называют увеличение объема, которое испытывает единица объема данного вещества при нагревании на 1°.

Если v_0 = объем вещества при 0°

v_1 = " " при t °

α = коэффициент расширения, то

$$\alpha = \frac{v_1 - v_0}{v_0} \cdot \frac{1}{t}$$

$$v_1 = v_0 (1 + \alpha t).$$

Выполнение. Для опыта применяют колбочку в 250 см³ с резиновой пробкой и стеклянным краном от опыта 1.

Определяют вес колбочки с воздухом на **НЕТОЧНЫХ** весах, после чего наполняют колбочку сухим воздухом (ср. предыдущий опыт) и закрывают пробкой с краном. : вес = α .

Колбочку подвешивают в цилиндре H (ср. рис. 13) и подогревают в парах кипящей воды. Кран должен на-

ходиться снаружи цилиндра. Когда колбочка достаточно нагрелась, открывают кран и поддерживают при температуре пара в течение 5 минут. Потом вынимают колбочку и погрузив ее отверстием крана вниз в стакан с водой открывают кран и оставляют колбочку в этом положении в течение 10 минут. Погружают колбочку на столько, чтобы вода внутри и снаружи колбочки находилась на одном уровне и закрывают кран. Вынимают колбочку из стакана и тщательно осушив наружные стенки взвешивают колбочку с водой на неточных весах: вес = b . Открыв колбу, наполняют ее до края водой, вставляют пробку с краном, так чтобы последний наполнился водой и определяют вес на неточных весах: вес = a . (Для этих определений можно воспользоваться данными для a и b , полученными в предыдущем опыте). Определяют барометрическое давление: f и температуру воды в стакане: t_1 .

Температуру паров кипящей воды находят по таблице применительно к барометрическому давлению f : температура = t_2 .

Вычисление: Объем воздуха в колбочке при температуре t_2 :

$$v_2 = a - b.$$

Объем воздуха в колбочке при температуре t_1 (после введения поправки на упругость водяных паров при температуре t_1 ¹⁾)

1) ср. таблицу.



рис. 13.

Коэффициент расширения воздуха.

$$v_1 = (d - b) \frac{f - q}{f}$$

$$v_1 = v_0 (1 + \alpha t_1)$$

$$v_2 = v_0 (1 + \alpha t_2)$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2}$$

Коэффициент расширения воздуха :

$$\alpha = \frac{v_2 - v_1}{v_1 t_2 - v_2 t_1}$$

Закон Ге-Люссака : Все газы имеют один и тот-же постоянный коэффициент расширения.

Этот закон приложим точно только к „идеальным“ газам.

ЗАДАЧА. Какие еще поправки следует ввести в вычисление коэффициента расширения при точных его определениях ?

Опыт 3.

Тема : Определение плотности водорода и угольного ангидрида.

Приборы : Промывная стеклянка для газов с двумя стеклянными кранами, вместимостью 250 см.³ ; прибор Киппа для водорода ; стеклянка для промывания газов с раств. $KMnO_4$; стеклянка для промывания газов с конц. H_2SO_4 ; прибор Киппа для CO_2 ; Стеклянка для промывания газов с раств. Na_2CO_3 ; Стеклянка. " " " " конц. H_2SO_4 ; термометр 0°-100° ; барометр ; точные весы .

Реактивы : HCl — разведенная (1:1).

Zn — чистый для H .

Мрамор в кусках .

Раствор Na_2CO_3 10%

" KMnO_4 10%

H_2SO_4 конц.

Выполнение опыта. Стлянку A , снабженную шлифованной пробкой B , через которую проходят две стеклянные трубки с кранами, тщательно высушивают и продувают сухим воздухом (ср. опыт 1).

Взвешивают стлянку A с воздухом ¹⁾: вес = α .

Отмечают температуру t и барометрическое давление f . Через бутылку A пропускают струю СУХОГО водорода, соединив короткую трубочку с аппаратом Киппа. Выходящий из длинной трубки газ собирают от времени до времени в пробирке и зажиганием пробуют, содержит ли он еще воздух. Когда воздух вытеснен из стлянки, закрывают оба крана.

Взвешивают стлянку A с водородом ¹⁾: вес = β . Соединяют входящую до дна трубку стлянки A с прибором Киппа для уголь-

ного янгидрида и пропускают через стлянку струю СУХОГО угольного янгидрида. Уходящий из короткой трубки газ пробуют в пробирке на полную поглощаемость крепким раствором KOH (или NaOH). После удаления воздуха из стлянки A закрывают оба крана.

Взвешивают стлянку A с CO_2 ¹⁾: вес = γ .

¹⁾ на точных весах .



рис. 14.
Прибор для взвешивания газов.

Наполняют стеклянку, шлифованную пробку и трубки водой и определяют вес стеклянки \mathcal{X} с водой¹⁾: вес = d .

Вычисление: Объем стеклянки: $v = d - a$.

Вес воздуха в объеме стеклянки: m , — вычисляется из известной плотности воздуха, принимая во внимание температуру t и давление f .

1 см³ воздуха весит при 0° и 760 мм. 0,001293 гр.

$$1 \text{ см}^3 \quad " \quad " \quad \text{при } t^\circ \text{ и } f \text{ мм. } \frac{0,001293 \cdot 273 \text{ гр}}{(273+t) \cdot 760}$$

$$v \text{ см}^3 \quad " \quad " \quad \text{при } " \quad \frac{0,001293 \cdot 273 \cdot f \cdot v \text{ гр}}{(273+t) \cdot 760}$$

Если вес равного объема водорода = m_2 , то разность

$$m_1 - m_2 = a - b$$

$$m_2 = m_1 - (a - b) = \frac{0,001293 \cdot 273 \cdot f (d - a)}{(273+t) \cdot 760} - (a - b)$$

Плотность водорода при t° и f мм:

$$d_{\mathcal{X}} = \frac{m_2}{v} = \frac{0,001293 \cdot 273 \cdot f}{(273+t) \cdot 760} - \frac{a - b}{d - a}$$

Плотность водорода при 0° и 760 мм:

$$d_{\mathcal{X}}^0 = 0,001293 - \frac{(a - b)(273+t) \cdot 760}{(d - a) \cdot 273 \cdot f}$$

Аналогично плотность CO₂ при 0° и 760 мм:

$$d_{\text{CO}_2}^0 = 0,001293 + \frac{(c - a)(273+t) \cdot 760}{(d - a) \cdot 273 \cdot f}$$

ЗАДАЧА: Вычислить относительную ошибку обоих определений, принимая ошибку взвешиваний a, b, c равной 0,001 гр. а ошибку взвешивания $d = 0,1$ гр. Какая неудобства представляет выбор плотности водорода за основную единицу?

Вычислить молекулярные веса \mathcal{H}_2 и CO₂ принимая молекулярный вес кислорода: O₂ = 32.²⁾ Чему равен объем идеального газа, занимаемый одним молекул (одной грамм-

1) на неточных весах.

2) плотность кислорода при 0° и 760 мм. = 0,001420.

молекулой) этого газа?

Опыт 4.

Тема: Определение плотности газов по скорости их истечения.

Приборы: Трубка с краном и с впаянной платиновой пластинкой с тонким отверстием; цилиндр; штатив; стеклянная трубка соединенная с газовым краном.

Реактивы: Светильный газ.

Закон Греема: Скорости истечения газов через тонкия отверстия обратно пропорциональны квадратным корням их плотностей.

Метод: Для определения скорости истечения газов применяется цилиндрическая трубка А (рис. 15), открытая внизу, и сверху закрытая стеклянным краном В. В трубочку выше крана впаяна платиновая пластинка с тонким отверстием. Трубка помещается в цилиндр С, наполненный водой и укрепляется вертикально в штативе.

Наполнив трубку А воздухом, закрывают кран и погружают трубку А в цилиндр С. Закрепляют трубку А в штативе, открывают кран и определяют время, протекаю-

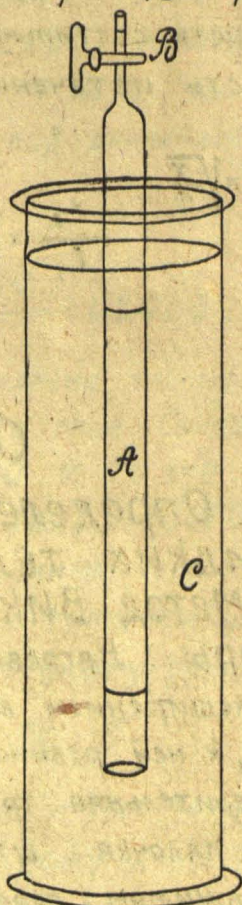


рис. 15.

Прибор для определения скорости истечения газов.

щее при прохождении воды от нижней до верхней метки. Опыт повторяют 2-3 раза и берут среднее время : t_1 . Вынимают трубку Λ из цилиндра, наполняют ее светильным газом, закрыв верхний кран. Нижнее отверстие цилиндра закрывают стеклянной пластинкой и погружают трубку в цилиндр. После открытия крана, поступают также, как с воздухом и определяют время истечения газа : t_2 . Вода в цилиндре в обоих определениях должна находиться на одинаковом уровне.

Вычисление : Плотность воздуха принимается равной 1.

Плотность светильного газа = x .

Скорость истечения воздуха = c_1 ,

" " " " светл. газа = c_2 .

$$\frac{c_1}{c_2} = \sqrt{\frac{x}{1}}$$

$$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{x}$$

$$x = \frac{t_1^2}{t_2^2}$$

Опыт 5.

Тема : Определение молекулярного веса жидких тел по плотности их паров. (Метод Виктора Мейера).

Приборы : Нагревательная трубка ; стеклянная трубка с расширением внизу, с боковой и газоотводной трубкой, к ней резиновая пробка ; чашка стеклянная ; газоизмерительная трубка 50 см³ вместимости ; стеклянная палочка ; штатив с кольцом и зажимом ; штатив с зажимом ; горелка Бунзена ; флакончик ; жженая глина ; точные весы ; барометр ; термометр 0°-100°

Реактивы : Хлороформ.

Закон газов : „Идеальные“ газы подчиняются следующему закону : произведение из давления газа на занимаемый им объем прямо пропорционально абсолютной температуре газа.

$$p \cdot v = R \cdot T \dots \dots \dots (1).$$

Газовая константа R . Согласно закону Авогадро : Все газы (идеальные) содержат в одинаковом объеме при одной и той же температуре и при одном и том-же давлении одинаковое число молекул (частиц). Одна грамм-молекула кислорода (32 гр.) занимает при температуре : 0° (273° абс.) и под давлением $p = 760$ мм. объем :

$$v = 22420$$

$$R = \frac{760 \cdot 22420}{273} = 62400.$$

Такой же объем занимает (согласно закону Авогадро) одна грамммолекула любого газа. Следовательно : Константа R имеет одно и то же значение для 1 грамммолекулы (1 моля) любого газа.

Определяя вес газа m и принимая его молекулярный вес = M , мы получим число грамммолекул = $\frac{m}{M}$. Тогда газовый закон принимает форму уравнения :

$$p \cdot v = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \dots \dots \dots (2)$$

Константа R для всех газов имеет теперь одно и то-же значение, что и для кислорода, а именно :

$$R = 62400 \dots \dots \dots (3).$$

Метод Виктора Мейера. Метод В. Мейера

основан на вытеснении парами испытуемой жидкости равного им по объему количества воздуха. Прибор состоит из трубки *Л*, снабженной боковой трубкой *а* для отвода воздуха. Трубка *Л* вставляется в более широкую нагревательную трубку *С*. Измерительная трубка *т*, наполненная водою, служит для определения объема вытесненного воздуха. Трубка *С* расширена в нижней части. Эта часть наполняется водою. Вода приводится в кипение бунзеновской горелкой. Пары воды, поднимаясь вверх, нагревают трубку *Л*, вызывают в ней испарение испытуемого вещества и уходят через свободное отверстие. Если точка кипения исследуемого вещества лежит выше 100° , то в нагревательную трубку *С* наливают вместо воды жидкость с более высокой температурой кипения (анилин, нафталин). Для облегчения кипения на дно трубки *С* бросают несколько кусочков жженой глины.

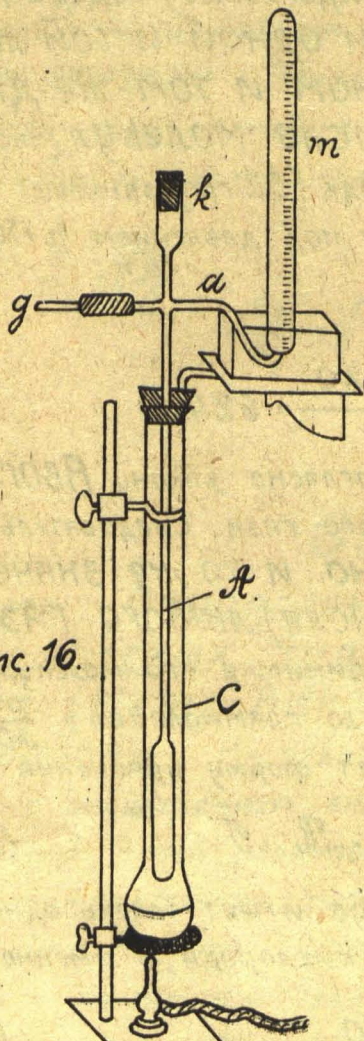


рис. 16.

Прибор Виктора Мейера для определения плотности паров.

горелкой. Пары воды, поднимаясь вверх, нагревают трубку *Л*, вызывают в ней испарение испытуемого вещества и уходят через свободное отверстие. Если точка кипения исследуемого вещества лежит выше 100° , то в нагревательную трубку *С* наливают вместо воды жидкость с более высокой температурой кипения (анилин, нафталин). Для облегчения кипения на дно трубки *С* бросают несколько кусочков жженой глины.

Выполнение опыта. Воду нагревают в трубке *С* до бурного кипения. Воздух, находящийся в трубке *Л*, расширяется и уходит через боковую тру-

бочку. Когда пузырьки воздуха перестали выделяться устанавливают газоизмерительную трубку m над отверстием газоотводной трубки.

За это время взвесили на точных весах испытуемую жидкость в маленьком флакончике. Вес жидкости = m . Вводят флакончик с веществом в трубку через отверстие k и закрывают последнее пробкой. Флакончик задерживается стеклянной палочкой g .

Когда пузырьки воздуха перестали выделяться из газоотводной трубки и, следовательно, температура воздуха стала постоянной, выдвигают немного стеклянную палочку g , вследствие чего флакончик падает на дно трубки l . Во избежание ломки сосуда дно трубки l заранее покрыто слоем просушенного асбеста. Под давлением пара пробка флакончика выскакивает, жидкость, находящаяся во флакончике, испаряется, и пары ее вытесняют из трубки такой объем воздуха, какой они сами занимали. Воздух выделяется через газоотводную трубку a и собирается в газоизмерительной трубке n .

Определяют: объем воздуха: v ; разность уровней воды в трубке и в наружной чашке в миллиметрах: h ; температуру воздуха: t ; упругость паров воды при температуре t (по таблице)¹⁾: g ; барометрическое давление²⁾: f .

Вычисление: Из уравнения (2) и (3), стр. 25 получается молекулярный вес испытуемого вещества:

$$M = \frac{62400 \cdot m \cdot T}{n \cdot v}$$

m = вес жидкости,

T = $273 + t$,

v = объем воздуха в газоизмерительной

¹⁾ см. таблицу в конце руководства;

²⁾ согласно указаниям, данным на стр. 12.

$$p = f \frac{\text{трубка, } h}{13,6} - q.$$

Применения: Метод В. Мейера применяется обыкновенно для определения молекулярной формулы исследуемого вещества. Элементарный анализ дает нам простейшую формулу, напр., C_xH_y ; выбор между различными кратными, отвечающими одной и той же простейшей формуле, т.е. между различными "полимерами", напр., C_2H_2 , C_6H_6 , C_8H_8 и т.п. производится на основании найденного молекулярного веса. Особенно часто применяется этот метод в органической химии ввиду большого количества полимеров в этой области. Если исследуемое вещество разлагается при температуре кипения, тогда плотность пара определяется под уменьшенным давлением.

Опыт 6.

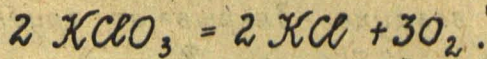
Тема: Разложение хлорноватокалиевой соли по Смиту.

Приборы: Точные весы; весы для тарирования; пробирка из тугоплавкого стекла, к ней резиновая пробка с одним отверстием; бутылка в $1\frac{1}{2}$ литра; к ней резиновая пробка с двумя отверстиями; стеклянные трубки; резиновая трубка; зажим; колба коническая в 750 см.^3 ; штатив с зажимом; бунзеновская горелка; к ней резиновая трубка; стеклянная трубка в форме S; стеклянная чашка 200 см.^3 ; 3 пробирки; 2 железные ложечки для сжигания; термометр от 0° до 100° деленный на $\frac{1}{1}^\circ$; барометр.

Реактивы: $KClO_3$; лучина; древесный уголь; сера в палочках; $Va(OH)_2$; раствор; $KMnO_4$.

раствор.

Метод : Хлорноватокалиевая (бертолетовая) соль разлагается при накаливании на хлористый калий и кислород согласно уравнению :



Разложение производится в пробирке *А* из тугоплавкого стекла (рис. 17). Пробирка *А* соединена с бутылкой *В*, наполненной водой. Кислород собирается в бутылке *В*, вытесняя воду через трубку *С* в колбу *Д*.

ЗАДАЧА : I. Найти содержание кислорода в хлорноватокалиевой соли в процентах.

II. Вычислить соединительный (атомный) вес *KCl* по отношению к кислороду ($O = 16$) на основании формулы хлорноватокалиевой соли KClO_3 .

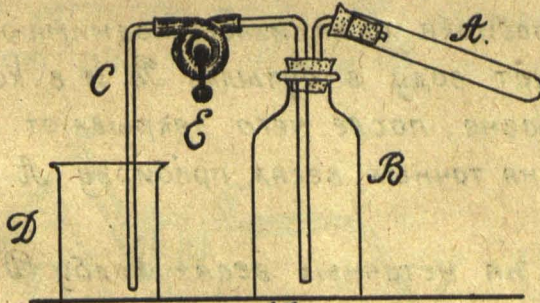


рис. 17.
Разложение KClO_3 .

III. Определить плотность сухого кислорода при 0° и нормальном давлении (760 мм).

IV. Изследовать качественно свойства кислорода.

Выполнение опыта : Пробирку тщательно высушивают ¹⁾ и взвешивают на точных весах ²⁾ : вес = *a*.

¹⁾ ср. стр. 2.

²⁾ ср. стр. 6.

Во взвешенную пробирку вводят 1 - 1,5 гр. хлорновато-калиевой соли (сухой!) и снова взвешивают: вес = b . Наполняют бутылку В до шейки, закрывают пробкой и наполняют водой трубку С так, чтобы в последней не осталось воздуха. Закрывают трубку С зажимом Е и соединяют бутылку В плотно с пробиркой А. Последнюю укрепляют в штативе. Взвешивают на **НЕТОЧНЫХ** весах колбу Д с точностью до 0,1 гр.: вес = c . Вставляют открытый конец трубки С в колбу Д, **ОТКРЫВАЮТ ЗАЖИМ Е** и подогревают осторожно пробирку А бунзеновской горелкой. Сначала нагревают слегка, затем все сильнее. Соль плавится и выделяет пузырьки газа. Горелку держат в руке, избегая слишком бурного выделения кислорода. Под конец вся соль затвердевает. Когда выделение кислорода прекратилось, тушат горелку и дают пробирке охладиться до комнатной температуры. Когда пробирка охладилась поднимают колбу Д и устанавливают воду в бутылке В и в колбе Д на одинаковом уровне, после чего закрывают зажим Е. Взвешивают на точных весах пробирку А с остатком: вес d .

Взвешивают на неточных весах колбу Д с водой: вес = e .

Определяют комнатную температуру: t .

Определяют атмосферное давление по барометру: f ¹⁾

Вычисление I. Содержание кислорода в $KClO_3 = x$:

$$\text{вес } KClO_3 = (b - a) \text{ гр.}$$

$$\text{вес } O_2 = (b - d) \text{ гр.}$$

$$x = \frac{b - d}{b - a} \cdot 100 \%$$

II. Атомный вес $KCl = y$:

1) ср. стр. 12.

$\text{Na} (b-d)$ гр. O_2 приходится $(d-a)$ гр. KCl
 48 гр. O_2 " " y гр. KCl

$$y = \frac{48(d-a)}{b-d}$$

III. Плотность кислорода: $\chi = \frac{\text{вес кислорода}}{\text{обем кислорода}}$.

Приведение объема газа к 0° и 760 мм.¹⁾
 Наблюдаемый обем кислорода: $v = (e-c)$ см.³.

Приведенный обем кислорода: $v_0 = \frac{v(f-q) 273}{760(273+t)}$ см.³

Вес кислорода $= (b-d)$ гр.

$$\chi = \frac{(b-d) 760 (273+t)}{v(f-q) \cdot 273}$$

СВОЙСТВА КИСЛОРОДА²⁾ Трубку С снова погружают в колбу Д с водой. К короткой трубке Ф присоединяют согнутую трубку Г, погруженную в чашку с водой (рис. 18). Колбу Д поднимают, открыв-

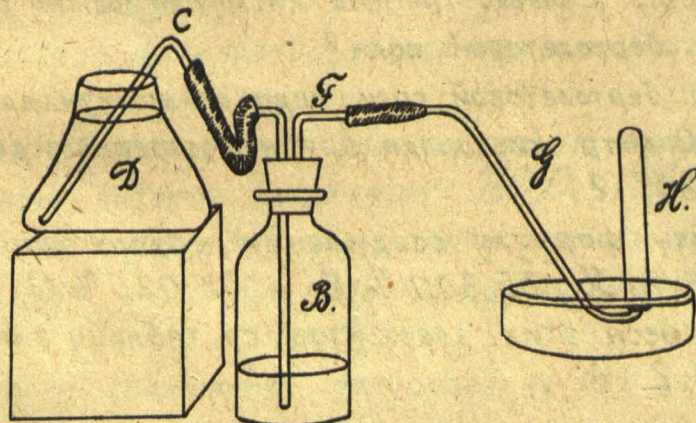


рис. 18.
Опыты с кислородом.

ВАЮТ ЗАЖИМ Е И НАПОЛНЯЮТ КИСЛОРОДОМ ПРОБИР-

¹⁾ ср. стр. 13.

²⁾ эти опыты могут быть выполнены в связи с опытом 7.

ку H_2 предварительно наполненную водою и помещенную открытым концом вниз над газоотводной трубкой.

I. В пробирку с кислородом вводят тлеющую лучину (спичку).

II. Вводят в пробирку с кислородом раскаленный кусочек древесного угля на железной ложечке. После опыта приливают в пробирку несколько см.³ баритовой воды, закрывают отверстие пробирки плотно пальцем и встряхивают. Палец присасывается. В пробирке получается осадок. Объяснить явления и написать уравнения реакций.

III. В пробирку снова наполненную кислородом вводят на железной ложечке кусок горячей серы. После опыта приливают несколько см.³ воды, закрывают пальцем и встряхивают. Пробуют запах полученного продукта. К раствору прибавляют несколько капель раствора марганцевокислого калия. Написать формулы реакций: серы с кислородом, полученного продукта с водой и полученного продукта с марганцевокалиевой солью.

Вопросы. Сколько граммов кислорода можно получить из 50 гр. бертолетовой соли?

Сколько бертолетовой соли надо разложить для получения 20 литр. кислорода при атмосферном давлении и при 20°?

Написать формулу соединения, содержащего 26,585% H , 35,390% C и 38,025% O , зная атомные веса этих элементов (ср. таблицу в конце пособия)?

Опыт 7.

Тема: Каталитическое действие MnO_2 на разложение хлорноватокислота-

лиевой соли.

Приборы : Точные весы, весы для тарирования; трубка с запаянным концом, к ней резиновая пробка с одним отверстием; бутылка в $1\frac{1}{2}$ литра, к ней резиновая пробка с двумя отверстиями; стеклянная трубка; резиновая трубка; зажим; коническая колба в 750 см^3 ; штатив с зажимом; бунзеновская горелка, к ней резиновая трубка; термометр $0-100^\circ$ деленный на $\frac{1}{1}^\circ$; барометр.

Реактивы : KClO_3
 MnO_2 .

Метод : Разложение хлорноватокалиевой соли (ср. опыт 6) происходит при довольно высокой температуре. Поэтому для опыта пришлось применить трубку из тугоплавкого стекла. В присутствии MnO_2 разложение происходит при гораздо более низкой температуре, и реакцию можно произвести в трубке из обыкновенного стекла.

ЗАДАЧА. I. Определить количество выделившегося кислорода по весу.

II. Вычислить количество выделившегося кислорода из объема полученного газа.

III. Сравнить полученное количество кислорода с тем количеством, которое выделяют KClO_3 и MnO_2 в отдельности а также с тем количеством кислорода, которое должно было бы получиться при совместном разложении KClO_3 и MnO_2 .

IV. Вывести заключение относительно того, которое из обоих веществ в действительности разлагается.

Выполнение опыта. Опыт производится вполне аналогично опыту 6.

Пробирку тщательно высушивают и взвешивают на

точных весах : вес = α .

Во взвешенную пробирку вводят 1-1,5 гр. сухой хлорноватокалиевой соли и снова взвешивают : вес = β' .

В ту же пробирку всыпают около 1гр. перекиси марганца в мелких кусочках (или в порошке), перемешивают с хлорноватокалиевой солью и снова взвешивают : вес = β .

Взвешивают на неточных весах коническую колбу \mathcal{D} : вес = ϵ .

Бутыль \mathcal{B} наполняют водой до шейки, закрывают плотно пробкой, наполняют водой (через вдвухание воздуха в бутылку) трубку \mathcal{C} , закрывают зажим \mathcal{E} и погружают конец трубки \mathcal{C} в коническую колбу \mathcal{D} . Пробирку \mathcal{A} укрепляют в штативе и соединяют с бутылкой \mathcal{B} . Затем нагревают осторожно, держа горелку в руке, пробирку \mathcal{A} , сначала слегка а потом сильнее до тех пор, пока выделение газа не прекратится.

Дают пробирке охладиться, поднимают коническую колбу \mathcal{D} на столько, чтобы вода в колбе и в бутылке \mathcal{B} находилась на одинаковом уровне и закрывают зажим \mathcal{E} .

Взвешивают на точных весах пробирку \mathcal{A} с остатком : вес = α .

Взвешивают на неточных весах колбу \mathcal{D} с водой : вес = ϵ .

Определяют комнатную температуру : t .

Определяют барометрическое давление : f .

Вычисление : I Вес $O = (\beta' - \alpha)$ гр.

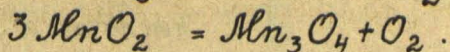
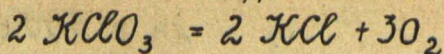
II Наблюденный объем $O : v = (e - c) \text{ см}^3$

Приведенный " " : $v_0 = \frac{(e - c)(f - q) 273}{760(273 + t)} \cdot \text{см}^3$

1 см³ O при O° и атм. давл. весит 0,001429 гр.

v_0 см³ O " " " " " — $\frac{0,001429(e - c)(f - q) 273}{760(273 + t)}$

III. Вычислить количество выделившегося кислорода по ур.



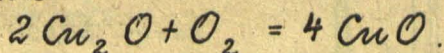
принимая в расчет взвешенные количества KClO_3 и MnO_2 .

IV. Разлагаются ли оба вещества? Если нет, то какое из них выделяет количество кислорода, соответствующее найденному?

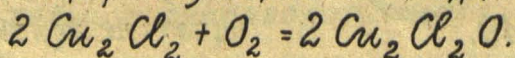
Опыт 8.

Тема: Определение содержания кислорода в воздухе.

Метод: Кислород окисляет закись меди Cu_2O в окись меди: CuO



Аналогичным образом происходит окисление солей закиси меди, напр., полухлористой меди:



Все эти соединения растворяются в аммиаке, образуя комплексные (сложные) соединения, напр., CuClNH_3 . Раствор полухлористой меди, или закиси меди в аммиаке поглощает кислород, принимая голубую окраску.

Газовая пипетка Гемпеля. Для реакции газообразных тел с жидкими или твердыми реактивами применяется «пипетка Гемпеля». Она состоит из двух баллонов А и В, соединенных трубкой С. Баллон А наполняется реактивом. Он соединен с U-образной капиллярной трубкой Д, закрывающейся резиновой трубочкой и зажимом. «Гемпелевская бюретка» служит для измерения объема газов под атмосферным давлением. Нерастворимые в воде газы собираются над водой. Газы, растворимые в воде собирают

над ртутью (ср. стр. 11). Растворяют 28 гр. окиси меди в 500 см³ конц. соляной кислоты и перемешивают раствор с медными опилками до тех пор, пока раствор не станет безцветным. Полученный осадок Cu_2O промывают водою, прибавляют к нему около 300 см³ воды и насыщают последнюю аммиачным газом до тех пор, пока весь осадок растворится. Полученный раствор разбавляют в измерительной колбе водою свободной от воздуха до объема в 500 см³. Полученный раствор поглощает не только кислород но также окись углерода.

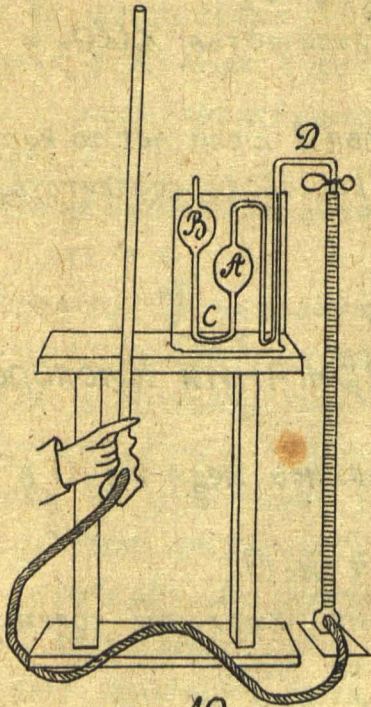


рис. 19.
Гемпелевская пипетка и бюретка.

Наполнение пипетки.

Для поглощения газа аммиачным раствором полухлористой меди применяют сложную пипетку Гемпеля (ср. рис. 20). Раствор наливают через воронку с узкой трубкой в шарик α , а затем наклонением пипетки в шарик β . Шарик α после этого наполняется водою. Осторожно вдвывая воздух в шарик α , наполняют весь шарик α раствором полухлористой меди; таким же образом наполняют капиллярную трубку, которую после этого закрывают резиновой трубкой и зажимом.

Выполнение опыта. В газовую бюретку Гемпеля вводят воздух, а именно 100 см³ при атмо-

сферном давлении. Соединив бюретку с пипеткой, наполненной раствором Cu_2O_2 в аммиаке, два раза согнутой капиллярной трубкой, переводят весь воздух в пипетку и оставляют в соприкосновении с раствором полухлористой меди до тех пор, пока объем перестанет уменьшаться; раствор от времени до времени взбалтывают.

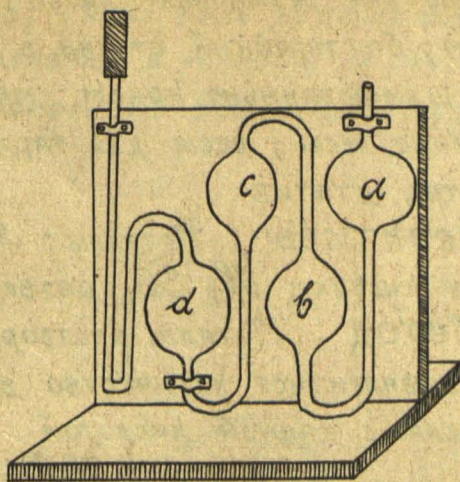


рис. 20.
Сложная гемпелевская пипетка.

После окончания поглощения оставшийся газ переводят полностью обратно в бюретку, устанавливая обе трубки на одинаковом уровне воды и производят отсчет объема газа. Разность обоих отсчетов дает количество кислорода в воздухе в объемных процентах.

ЗАДАЧА. Перечислить полученный результат на весовые проценты.

Вопросы. Какие еще газы находятся в воздухе. Как их определить?

Опыт 9.

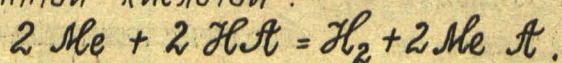
Тема: Определение эквивалентного веса металлов по количеству вытесненного водорода.

Приборы: Колбочка в 50 см^3 ; к ней резиновая пробка с 2 отверстиями; 2 стеклянные трубки: одна, согнутая внизу для прибавления кислоты, вторая 2 раза со-

гнутая для отвода газа; зажим; шарообразная воронка; короткая резиновая трубка; штатив с зажимом и кольцом; батарейный стакан в 2000 см.³; колба в 750 см.³ со шлифованным краем; матовая круглая пластинка; точные весы; весы для тарирования; термометр; барометр; штатив.

Реактивы: Металлы: Mg , Al , Zn , Fe в маленьких кусках. H_2SO_4 разведенная (чистая).

Метод: Металл, растворяясь в кислоте, выделяет эквивалентное количество водорода, образуя соль металла с данной кислотой:



(Написать уравнения реакции для Mg , Zn , Al , Fe и H_2SO_4 , HCl).

Одновалентные металлы замещают один эквивалент (1,008 гр.) водорода, двухвалентные металлы замещают 2 эквивалента водорода и т. д. **ЭКВИВАЛЕНТНЫМ ВЕСОМ** данного элемента (или группы элементов, напр., Mg_2) мы называем то его количество, которое замещает 1 эквивалент водорода в соединениях последнего.

Выполнение опыта: Взвешивают на **ТОЧНЫХ** весах кусочки металла весом от 0,4 до 1 гр. (около 0,4 гр. Al , 0,5 гр. Mg , 1 гр. Fe , 1,2 гр. Zn): вес = α .

Взвешивают на **НЕТОЧНЫХ** весах колбу B , наполненную водой и покрытую пластинкой: вес = β .

Взвешенный кусок металла помещают в маленькую колбочку A , закрывают последнюю пробкой, соединяют колбочку с воронкой B , отверстие газоотводной трубки C вводят в батарейный стакан D и наполняют колбочку A водой из воронки, удаляя весь содержащийся в ней воздух. После того как воздух

из прибора удален, помещают колбу *Б* в батарейном стакане отверстием вниз так, чтобы в нее не попал воздух. Затем через воронку *В* вливают в колбочку *А* разведенную серную кислоту. Происходит выделение водорода, который вытесняет воду из газоотводной трубки и собирается в колбе *Б*. Когда весь металл растворился, наливают воду в воронку *В*, открывают зажим и вытесняют оставшийся в колбочке и в газоотводной трубке водород в колбу *Б*.

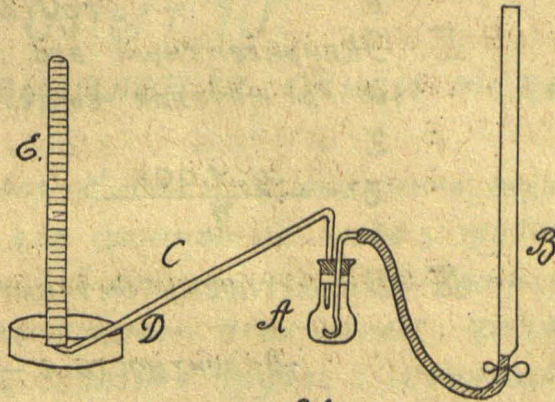


рис. 21.
Растворение металла в кислоте.

Измеряют: 1) температуру t воды в батарейном стакане, 2) разность уровней воды в колбе *Б* и в батарейном стакане: h в миллиметрах, 3) барометрическое давление f ¹⁾ в миллиметрах ртутного столба.

Закрывают отверстие колбы *Б* матовой пластинкой и вынимают ее осторожно из воды, так чтобы в нее не попали пузырьки воздуха. Вытирают тщательно колбу и закрыв ее матовым стеклом, взвешивают с оставшейся в ней водой на неточных весах: вес = c .

Вычисление: I Приведение объема водорода к нормальным условиям:²⁾

Наблюденный объем водорода: $v = (b - c)$ см.³

Приведенный объем водорода:

$$v_0 = \frac{v(f - \frac{h}{13,6} - q) 273}{760(273 + t)} \text{ см.}^3$$

¹⁾ ср. стр. 12
²⁾ ср. стр. 13

1 литр H весит 0,08987 гр.

v_0 см³ H весят $\frac{0,08987 v_0}{1000}$ гр.

Вес выделившегося водорода: y .

$$y = \frac{0,08987 (b - c) (f - \frac{h}{13,6} - g) 273}{760 (273 + t) \cdot 1000} \text{ гр}$$

II. Эквивалентный вес металла: Z

a гр. металла выделяет y гр. H

Z " " " " 1,008 гр. H .

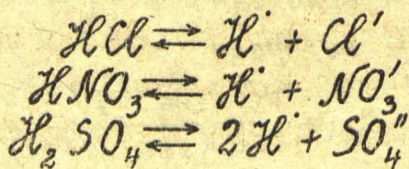
$$Z = \frac{a \cdot 1,008}{y}$$

III. Валентность металла (атомность).

$$\text{Валентность} = \frac{\text{атомный вес}}{\text{эквивалентный вес}}$$

ДИССОЦИАЦИЯ КИСЛОТ. Водород является непременной составной частью всех кислот. Это "кислотообразующий элемент" в точном смысле этого слова. Кислотами мы называем лишь те водородистые соединения, которых водород может быть замещен металлом.

Однако не все кислоты действуют на металлы с одинаковой скоростью. Крепкие кислоты (HCl , HNO_3 , H_2SO_4) действуют быстрее, нежели слабые кислоты (H_2SO_3 , уксусная). Согласно теории электролитической диссоциации **ВСЕ** кислоты в большей или меньшей степени диссоциированы на ионы: разлагаясь в их водных растворах, они образуют ион водорода (катион) и ион кислотного остатка (анион), напр.,



„Крепость“ кислоты находится в прямой связи с ее степенью диссоциации. Чем больше данная кислота диссоциирована, тем сильнее она проявляет свой кислотный характер (растворяя металлы, вытесняя другие, более слабые кислоты из их солей и т. д.).

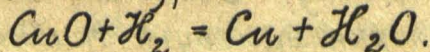
Опыт 10.

Тема: Возстановление окиси меди водородом.

Приборы: Прибор Киппа для выделения водорода; две стеклянки для промывания газов; трубка из тугоплавкого стекла 25 см. длины, к ней две резиновые пробки, каждая с одним отверстием; фарфоровая лодочка; U-образная трубка с резиновыми (или стеклянными) пробками и с хлористым кальцием; резиновые трубочки; 2 короткия стеклянные палочки; стеклянная трубка с вытянутым концом (из тугоплавкого стекла); пробирка; точные весы; бунзеновская горелка; штатив.

Реактивы: Цинк (чистый); соляная кислота разбавленная (чистая); раствор $KMnO_4$; H_2SO_4 конц.; SiO ; $CaCl_2$.

Метод: Водород возстановляет при нагревании окись меди согласно уравнению:



Задача: I Определить атомный вес меди по отношению к кислороду ($O = 16$).

II. Определить атомный вес водорода по отношению к кислороду ($O = 16$).

Выполнение опыта: Взвешивают фарфоровую лодочку: вес = x

Вводят в лодочку около 1 гр. SiO и снова взве-

шивают : вес = b .

Взвешивают трубку с хлористым кальцием, закрыв отверстия ее стеклянными палочками : вес = c .

Вводят лодочку в тугоплавкую трубку, соединяют последнюю с хлоркальциевой трубкой и пропускают водород. Спустя несколько минут впускают водород из последней трубочки в пробирку, опракинутую закрытым концом вверх. Приближают отверстие пробирки к бунзеновской горелке и зажигают водород. Если в аппарате содержится еще воздух, получается легкий взрыв; если воздух вполне вытеснен, водород сгорает безшумно. В этом последнем случае зажигают водород в остром конце последней трубки и подогревают осторожно тугоплавкую трубку в том месте, где находится лодочка.

Пламя водорода уменьшается (почему?), и черная окись меди становится красной (что образуется?). В холодной части тугоплавкой трубки собираются капли воды. Опыт продолжают до тех пор, пока вся вода не испарится в струе водорода. Затем перестают нагревать и дают трубке охладиться, пропуская непрерывно слабую струю водорода (почему?).

После охлаждения прибора разбирают аппарат и взвешивают лодочку : вес лодочки с медью = d .

Взвешивают хлоркальциевую трубку : вес = e .

Вычисление : вес меди = $d - a$; вес кислорода = $b - d$; атомный вес кислорода = 16 ; атомный вес меди = x .

$$\frac{d - a}{x} = \frac{b - d}{16}$$

$$x = \frac{16(d - a)}{b - d}$$

вес воды = $e - c$; вес водорода = $(e - c) - (b - d)$;

атомный вес водорода = y

$$\frac{2y}{16} = \frac{(e - c) - (b - d)}{b - d}$$

Задача: Вычислить относительную ошибку опыта (в процентах) при определении атомного веса меди и водорода, принимая ошибку взвешивания равной 0,001 гр.

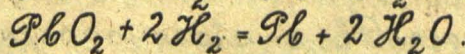
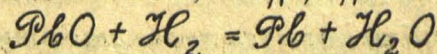
Опыт 11.

Тема: Анализ перекиси и окиси свинца. Закон кратных отношений.

Приборы: Прибор Киппа для получения водорода ; две стеклянки для промывания газов ; трубка из тугоплавкого стекла 25 см. длины, к ней две резиновые пробки, каждая с одним отверстием ; две фарфоровые лодочки ; резиновые трубочки для соединения приборов ; стеклянная трубка с вытянутым концом (из тугоплавкого стекла, или из металла) ; пробирка ; точные весы ; штатив ; две бунзеновские горелки.

Реактивы: Цинк (чистый) ; HCl разбавленная (1:1) чистая ; раствор $KMnO_4$ (для первой промывной стеклянки) ; H_2SO_4 конц. (для второй промывной стеклянки) ; PbO ; PbO_2 .

Метод: Анализ обоих окислов свинца производится действием на них водорода при нагревании. Окислы свинца восстанавливаются водородом согласно ур. :



Задача: I Определить сколько гр. Pb приходится на 1 гр. O в обоих окислах.

II Проверить закон кратных отношений.

III. Вычислить соединительный (атомный) вес свинца по окиси и по перекиси свинца, принимая атомный вес кислорода равным 16.

Выполнение опыта: Взвешивают I фарфор. лодочку: вес = a

Вводят в нее около 2 гр. PbO : вес = b ;

Взвешивают II фарфор. лодочку: вес = c ;

Вводят в нее около 2 гр. PbO_2 : вес = d ;

Опыт производят точно также, как при возстановлении окиси меди (ср. опыт 10, стр. 41). Взвешивание хлоркальциевой трубки в данном случае отпадает. После опыта взвешивают фарфор. лодочку I: вес = e

взвешивают " " II: вес = f .

Вычисление. I. Анализ PbO : вес $Pb = e - a$;
вес кислорода = $b - c$. На 1 гр. О приходится $\frac{e - a}{b - c}$ гр. Pb .

II. Анализ PbO_2 : вес $Pb = f - c$; вес $O = d - f$; На 1 гр. О приходится $\frac{f - c}{d - f}$ гр. Pb .

Найти отношение: $\frac{e - a}{b - c} : \frac{f - c}{d - f}$.

Подходит ли оно к простому числу?

III. Атомный вес свинца по $PbO = x_1$,

$$\frac{x_1}{16} = \frac{e - a}{b - c} \quad x_1 = \frac{16(e - a)}{b - c}$$

Атомный вес свинца по $PbO_2 = x_2$

$$\frac{x_2}{32} = \frac{f - c}{d - f} \quad x_2 = \frac{32(f - c)}{d - f}$$

Задача: Найти относительную ошибку (в процентах) атомного веса Pb в обоих определениях, принимая ошибку взвешивания = 0,001 гр.

Опыт 12.

Тема: Свойства водорода.¹⁾

Приборы: две пробирки одинаковаго диаметра; лучина; горелка для водорода (или стеклянный кончик); сухой стакан; Бунзеновская горелка; прибор Киппа для водорода; промывная стеклянка для газов с конц. H_2SO_4 ; газоотводная трубка; круглая стеклянная чашка.

Реактивы: Zn для прибора Киппа; HCl развед.; H_2SO_4 концентр.

Плотность: Одну пробирку наполняют водородом из прибора Киппа и плотно прикладывают ее отверстие, обращенное кверху к другой пробирке с воздухом, отверстие которой обращено к низу. Пробирки оставляют в этом положении в течение трех минут и затем быстро подносят сперва нижнюю, а затем верхнюю пробирку к пламени. Что доказывает результат этого опыта?

H не поддерживает горения. Наполняют пробирку водородом и держа ее опрокинутой открытым концом вниз, вносят в нее горящую лучину.

Горение H и продукт горения. Соединяют прибор Киппа со стеклянкой для промывания газа, наполненной концентрированной H_2SO_4 и с водородной горелкой (или стеклянным кончиком). Сначала впускают водород в пробирку и зажигают его. Если он сгорает со взрывом, то это означает, что в приборе еще содержится воздух. В таком случае ожидают 1-2 минуты и снова пробуют водород в пробирке. Только после того, как водород в пробирке сгорает совсем спокойно, зажигают его в горелке.

¹⁾ этот опыт проделывают в связи с опытом 10 или 11.

Над пламенем держат холодную, сухую фарфоровую чашку. На ней осаждаются капли жидкости. Изследуют их на вкус и запах.

Соединив горелку или стеклянный кончик с газовым кра-ном, испытывают газовое пламя таким же образом.

Какой вывод можно сделать из этого опыта?

Опыт 13.

Тема: Кривая упругостей пара воды.

Приборы: 2 фракционные колбы 500 см.³; капиллярная трубка; термометр 0°-100°; 2 резиновые пробки; большая воронка; манометр; бутылка в 10 литров, к ней резиновая пробка; трубка в форме X с 3 кранами; водоструйный насос; толстая резино-вая трубка (для „вакуума“).

Определения. Согласно закону фаз в системе состоящей из одного компонента (воды) и двух фаз (жидкости и пара) в состоянии равновесия число переменных параметров („степень свободы“) = 1. Следова-тельно при **данной** температуре давление равно-весия имеет **определенное** значение, а при **дан-ном** давлении температура равновесия должна иметь **определенное** значение. На этом принципе осно-ваны ниже следующие определения.

Упругостью пара называем то давление, под ко-торым жидкость и ее пар находятся в равновесии при данной температуре.

Температурой кипения называем ту темпе-ратуру, при которой жидкость и ее пар находятся в равновесии при данном давлении.

Метод: Кривую упругости пара (т.е. кривую, вы-ражающую зависимость упругости пара от темпера-

туры) можно найти двояким путем: 1) определяют при постоянной температуре то давление, которое устанавливается после достижения равновесия между жидкостью и ее паром („статический метод“).

2) определяют при постоянном давлении ту температуру, которая устанавливается вследствие равновесия жидкости и ее пара („динамический метод“).

Последний метод является более удобным.

Выполнение опыта. В колбу А (рис. 22) вводят столько дистиллированной воды, чтобы последняя занимала $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ объема всей колбы. В колбу А вставляют плотно капиллярную трубку и термометр, далее присоединяют приемник В, манометр С и баллон Д; посредством стеклянного крана Ф соединяют баллон Д с водоструйным насосом Е.

Когда весь прибор собран, его испытывают на плотность: открывают водоструйный насос, удаляют часть воздуха из прибора и устанавливают по манометру определенное давление. Закрыв кран Ф, наблюдают, остается ли давление в течение нескольких минут постоянным. Если давление меняется, то приходится исследовать каждую часть прибора в отдельности и заменить негодные части прибора (резиновые пробки и трубки) новыми.

Колбу А подогревают бунзеновской горелкой до кипения; приемник В охлаждают слабой струей воды. После того как температура кипения установилась в термометре, отсчитывают барометр, открывают водоструйный насос и уменьшают давление на 100 мм. Закрыв кран Ф, ожидают снова, пока температура кипения установится и отсчитывают температуру и соответствующее давление.

Таким образом производят ряд наблюдений при давлениях в 700, 600, 500, 400, 300, 200 и 100 мм.

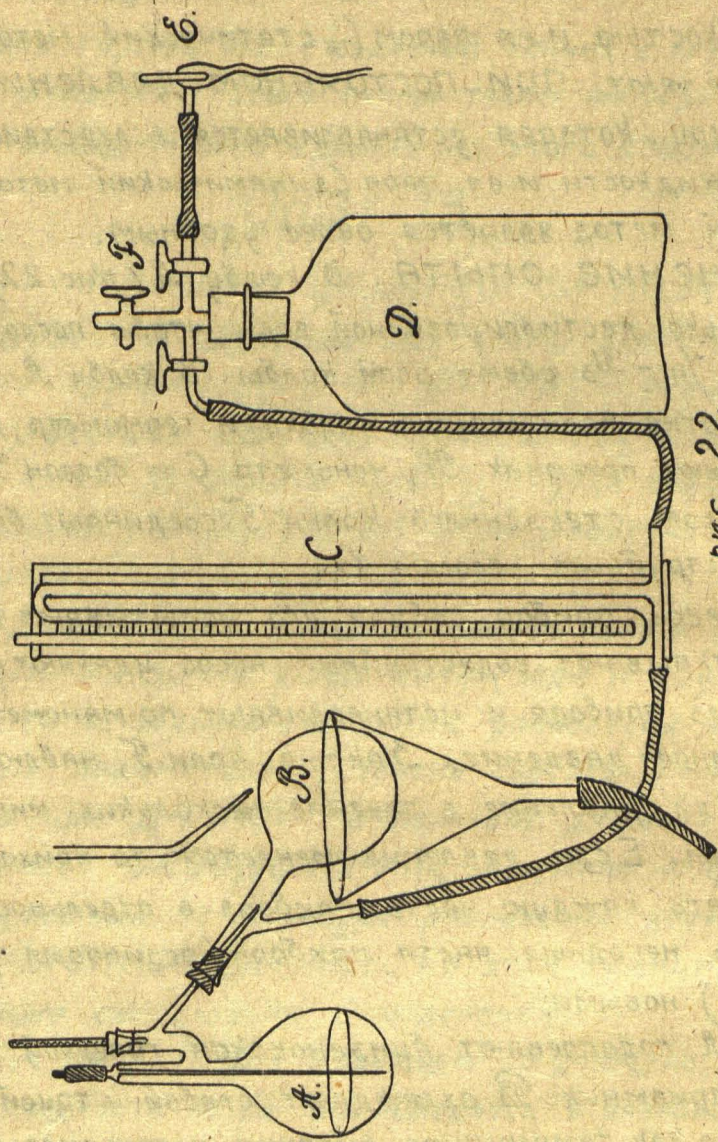


рис. 22.
Перегонка в разреженном пространстве.

Полученные данные наносят на миллиметровой бумаге, откладывая вдоль оси абсцисс температуры, а вдоль оси ординат давления.

ЗАДАЧИ. Найти по кривой путем интерполяции температуру кипения воды под давлением в $\frac{1}{4}$ ат-

мосферы.

Определить путем экстраполяции:

- а) упругость пара воды при 0° ,
- б) упругость пара при 120° .

Найти графическим путем насколько меняется температура кипения от изменения давления на 1 мм. вблизи 100° .

Опыт 14.

Тема: Растворимость воздуха в воде.

Приборы: Литровая колба плоскодонная; круглодонная колба 100 см.^3 , к ней резиновая пробка с 1 отверстием; 2 раза согнутая газоотводная трубка; измерительный цилиндр 200 см.^3 ; штатив с зажимом; кольцо; сетка; бунзеновская горелка; круглая чашка; измерительная трубка 50 см.^3 (для газов); барометр.

Реактивы: Дистиллированная вода.

Выполнение опыта. Литровую колбу до половины наполняют дистиллированной водой и сильно взбалтывают до тех пор, пока вода не насытится воздухом.

Небольшую колбу в 100 см.^3 снабжают пробкой и газоотводной трубкой (рис. 23) и измеряют ее объем вплоть до нижнего края пробки: объем = α .

Весь прибор, включая и газоотводную трубку, запалняют приготовленную водой. Затем воду кипятят и собирают выделяющийся воздух над водой в измерительной трубке в 50 см.^3 . Когда пузырьки газа перестали выделяться, измеряют объем воздуха в измерительной трубке и приводят его к барометрическому давлению и к сухости. Если наблюдаемый объем = v , то приведенный объем $v_0 =$

$$= \frac{v \cdot (b - \frac{p}{760} - q)}{b},$$

где b = барометрическое давление, h = разность уро-

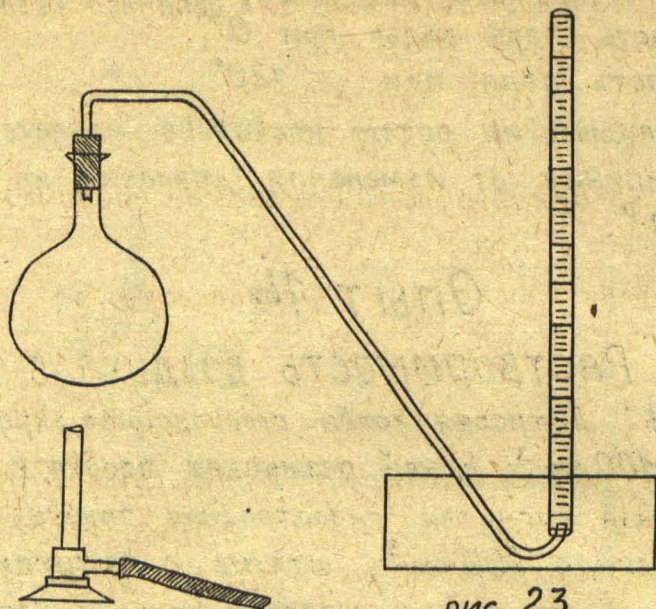


рис. 23.

Растворимость воздуха.

вней воды в трубке и в ванне в миллиметр. q = упру-
гость водяных паров при данной температуре.

Коэффициент растворимости воздуха:

$$\alpha = \frac{v_0 \cdot 100}{a}$$

показывает объем воздуха растворенный в 100 см^3
воды при наблюдаемой температуре.

Закон растворимости газов: закон
Генри.

„Количество m растворенного
в жидкости газа пропорционально да-
влению p под которым газ находит-
ся.“

$$m = L \cdot p.$$

По закону Бойль - Мариотта :

$$p \cdot v = m \cdot K,$$

где K = постоянная величина для данного газа и для данной температуры. Отсюда :

$$p = \frac{m K}{v}.$$

Подставляя в предыдущее уравнение, получим :

$$m v = m K L.$$

Обозначая постоянное произведение :

$$K \cdot L = \alpha$$

находим :

$$v = \alpha$$

т.е. объем растворенного в данном количестве жидкости газа не зависит от внешнего давления. Этот объем называем коэффициентом растворения (поглощения) газа (Бунзен).

Опыт 15.

Тема: Определение растворимости соли в воде.

Приборы: 3 пробирки; 3 батарейных стакана; 3 фарфоровых чашки; водяная баня; к ней крышка с 3 отверстиями; термометр $0-100^{\circ}$; бунзеновская горелка; стакан 200 см^3 ; точные весы.

Реактивы: KNO_3 .

Метод: В три пробирки насыпают по 5 гр. соли (приблизительно) и приливают по 5 см^3 воды. В батарейных стаканах устанавливают температуру в 15° , 30° и 45° и помешивая растворы в пробирках насыщают их солью при указанных трех температурах. За это время взвешивают 3 маленькия фарфоровыя чашки, обозначенныя номерами, на точных весах и налив в каждую из них

несколько см.³ насыщенного при данной температуре раствора (без осадка!) определяют на точных весах вес раствора.

Все три раствора выпаривают на водяной бане до СУХА и после охлаждения определяют вес остатка в каждом из растворов.

Вычисление. Под „растворимостью” понимают обыкновенно количество грам. растворенного вещества в 100 гр. воды.

Если вес раствора = α , вес растворенной соли = b , то растворимость S определяется следующей формулой :

$$S_1 = \frac{b \cdot 100}{\alpha - b} \dots \dots \dots (1)$$

С теоретической точки зрения правильнее определять растворимость, как отношение количества растворенного вещества к 100 грам. РАСТВОРА. Обозначая эту растворимость буквой S_2 , мы получаем для нея следующее выражение :

$$S_2 = \frac{b \cdot 100}{\alpha} = \frac{100 S_1}{100 + S_1} \dots \dots \dots (2)$$

Часто выражают растворимость в „молекулярных процентах”, т.е. обозначают количество молей растворенного вещества в 100 молях раствора. Если молекулярный вес растворенного вещества = M_1 , а молекулярный вес растворителя = M_2 , то количество молей растворенного вещества = $\frac{b}{M_1}$ а количество молей растворителя = $\frac{\alpha - b}{M_2}$. Растворимость S_3 в молекулярных процентах определяется по уравнению :

$$S_3 = \frac{\frac{b}{M_1} \cdot 100}{\frac{\alpha - b}{M_2} + \frac{b}{M_1}} = \frac{100 M_2 b}{M_1(\alpha - b) + M_2 b} \dots \dots (3)$$

ЗАДАЧИ : Вычислить растворимость исследованной

соли по всем трем приведенным формулам.

Начертить кривыя растворимости, принимая температуру за абсциссу а за ординаты s_1, s_2, s_3 .

В каких пределах могут меняться величины s_1, s_2 и s_3 при постоянном уменьшении или увеличении растворимости? Сколько азотнокалиевой соли выкристаллизуется из насыщенного при 50° раствора при его охлаждению до 15° ?

Опыт 16.

Тема: Определение содержания соли в растворах по удельному весу.

Ареометр. Наливают раствор соли в цилиндр, емкостью в 100 см.^3 и определяют его удельный вес и температуру при помощи ареометра. Содержание соли в растворе находят по таблице, помещенной в конце книги. Температура раствора должна соответствовать указанной в таблице.

Измерительная колбочка. Измерительную колбочку в 20 см.^3 взвешивают сухой; вес = α . Наполнив колбочку до метки водой, ставят на 15 минут в резервуаре с водой, имеющей температуру, показанную в таблице. После установления температуры в колбочке доводят объем воды до метки. Вынимают колбочку и, высушив ее тщательно платком, определяют вес колбочки с водой: β . Затем удаляют воду из колбочки, всполяскивают ее исследуемым раствором, вливают последний до метки и снова устанавливают объем при нормальной температуре. Наконец, высушив наружную часть колбочки, определяют вес колбочки с раствором: ϵ .

$$\frac{\text{вес воды}}{\text{вес раствора}} = \frac{\text{плотность воды}}{\text{плотность раствора}}$$

Плотность воды при данной температуре находим в соответственной таблице в конце пособия. Тогда плотность раствора = плотность воды $\times \frac{c - \alpha}{b - \alpha}$. Содержание соли определяется как раньше.

Пикнометр Оствальда. Самым точным прибором для определения плотности жидких тел является пикнометр Оствальда (рис. 24). Пикнометр взвешивается

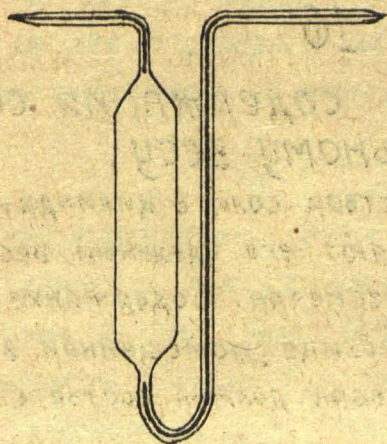


рис 24.
Пикнометр
Оствальда.

сначала сухой : вес = α .

Наполнив пикнометр водой ставят его в ванну, температура которой установлена на 25° , и оставляют его в течение 10-15 мин. Когда объем жидкости в пикнометре больше не меняется, регулируют количество жидкости так, чтобы длинное колено пикнометра было наполнено водой до конца, а короткое лишь до метки. Излишек воды уда-

ляют из длинного колена, касаясь кончика его лоскутком фильтровальной бумаги. Если жидкости в пикнометре не хватает, то к тому же концу пикнометра приближают стеклянную палочку, на кончике которой висит капля воды. Последняя вследствие капиллярности всасывается в трубку пикнометра. Установив объем, вынимают пикнометр из ванны, вытирают тщательно платком и оставляют минут на 10 на воздухе. Потом определяют вес пикнометра с водой : b .

Таким же образом определяют вес пикнометра с раствором c .

Плотность раствора и содержание соли определяется по формуле (1) и по таблице удельных весов растворов или (точнее) путем графической интерполяции.

Весы Мора. Весы Мора представляют гидростатические весы, коромысла которых разделены на 10 частей. К одному коромыслу весов подвешивают термометр (приложенный к весам), весящий вместе с платиновой проволокой 15 гр. и вытесняющий при нормальной температуре (15°C .) ровно 5 грам. дистиллированной воды. Термометр уравнивается особой гирей, привешиваемой к другому (левому) коромыслу весов.

Термометр погружают в цилиндр, наполненный дистиллированной водой, подвешивая к нему наибольшую \mathcal{L} гирьку, равную по весу 5 грам. Когда платиновая проволока, на которой висит термометр совершенно погружена в воду, весы должны находиться в равновесии. Затем вытирают термометр и погружают его в испытуемую жидкость.

I. Если жидкость по удельному весу легче воды, то подыскивают на коромысле весов то деление, на котором гирька в 5 грам. вызывает равновесие весов.

Обыкновенно это место находится между двумя делениями коромысла. Тогда подвешивают гирьку к меньшему делению и стараются привести весы в равновесие при помощи следующей меньшей гирьки в 0,5 гр., затем при помощи гирьки в 0,05 гр. и наконец при помощи гирьки в 0,005 гр. Сосчитывая вес деления, соответствующия положению отдельных гирь, мы находим непосредственно плотность жидкости с точностью до 4 десятичных знаков.

II. Если жидкость по удельному весу тяжелее воды,

то высшую гирию в 5 гр. привешивают к термометру, остальные же гири подвешивают, как и раньше, на коромысле.

ЗАДАЧА : Определить ошибку опыта в определении уд. веса для каждого из приведенных здесь методов.

Который из приведенных методов является самым точным ?

Найти ошибку опыта при определении содержания соли в растворе.

Опыт 17.

Тема : Синтез угольного ангидрида.

Приборы : Тугоплавкая трубка 25-30 см. длины; фарфоровая лодочка; U-образная трубка, снабженная двумя резиновыми (или стеклянными) пробками и наполненная зерненой натристой известью; бутылка с пробкой (резиновой), снабженной двумя отверстиями и наполненная кислородом от опыта 6 или 7; медная сетка; 2 бунзеновские горелки; стеклянка для промывания газов; штатив и подставка; точные весы.

Реактивы : Уголь древесный (или лучше сахарный) сухой; окись меди зерненная; асбест; натристая известь; H_2SO_4 конц.

Метод : Для определения состава угольного ангидрида сжигают взвешенное количество углерода в струе кислорода и взвешивают полученный продукт. Для полного сгорания пропускают продукт горения углерода над нагретой окисью меди и потом поглощают образовавшийся угольный ангидрид натристой известью, т.е. смесью едкого натрия с окисью кальция.

ЗАДАЧА : I. Определить состав CO_2 в процентах.

II. Определить атомный вес углерода на основании формулы угольного ангидрида, принимая $O = 16$.

Выполнение опыта. До опыта высушивают в фарфоровых чашечках окись меди, асбест и уголь. В сухой лодочке взвешивают около 0,2 гр. угля: вес = a .

Взвешивают U-образную трубку с натристой известью: вес = b .

В тугоплавкую трубку вводят слой окиси меди, длиною около 4 см. помещая перед ним и после него по тонкой асбестовой пробке. С другого конца трубки вдвигают возможно ближе к окиси меди фарфоровую лодочку с углем. Собирают весь аппарат, представленный на рис. 25, обертывают трубку медной сеткой и подогревают ее двумя бунзеновскими горелками в тех местах, в которых помещены окись меди и лодочка с углем. Затем пропускают кислород из бутылки медленной струей (около 30 пузырьков в минуту). Опыт продолжают до тех пор, пока весь уголь сгорит. После охлаждения взвешивают лодочку с оставшейся золой: вес = c .

Взвешивают U-образную трубку с натристой известью: вес = d .

Вычисление:

| | |
|-------------------------|-----------------------|
| вес угольного ангидрида | = $d - b$ |
| вес углерода | = $a - c$ |
| вес кислорода | = $(d - b) - (a - c)$ |

$$\% C \text{ в } CO_2 = \frac{a - c}{d - b} \cdot 100$$

$$\% O \text{ в } CO_2 = \frac{(d - b) - (a - c)}{d - b} \cdot 100$$

$$\frac{\text{атомный вес } C}{2 \times 16} = \frac{a - c}{(d - b) - (a - c)}$$

Задача: Определить относительную ошибку при

определении атомного веса C , принимая ошибку взвешивания C равной $0,001$ гр. а ошибку взвешивания CO_2 равной $0,01$ гр.

Опыт 18.

Тема: Определе-
ние угольного
ангидрида в воз-
духе.

Приборы: Кониче-
ская колба 1000 см.^3 ,
к ней резиновая пробка
с двумя отверстиями;
2 короткия стеклянныйя
палочки; пипетка в 10
 см.^3 ; 2 бюретки 25 см.^3 ;
коническая колба 100 см.^3

Реактивы: Раствор
 $5,6325$ г. щавелевой ки-
слоты в 1000 см.^3 воды;
раствор 1000 гр. $Ba(OH)_2$
и 50 гр. $BaCl_2$
в 5000 см.^3 воды; рас-
твор, полученный раз-
бавлением 30 см.^3 пре-
дыдущаго раствора
 1000 см.^3 воды; рас-
твор 1 гр. фенолфта-

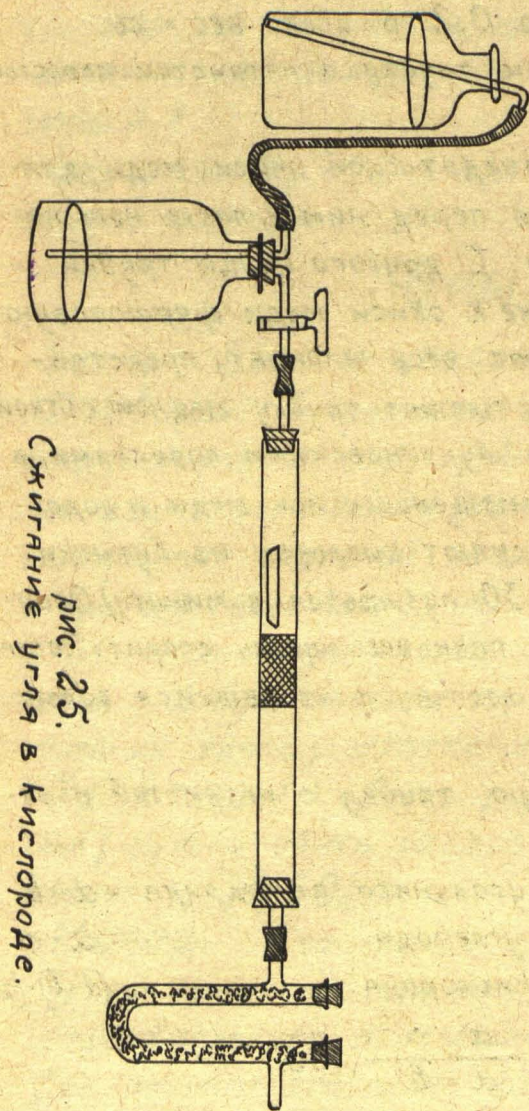
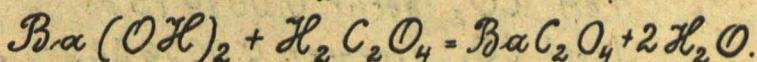
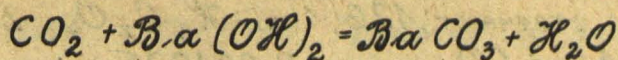


рис. 25.
Сжигание угля в кислороде.

леина в 250 см.^3 воды.

Метод: Угольная кислота определяется прибавлением гидрата бария в избытке и обратным определением (титрованием) избытка щелочи щавелевой

кислотой определенного содержания.



ЗАДАЧА: Определить сколько см³ CO₂ содержится в 100 см³ воздуха.

ТИТР РАСТВОРА Ba(OH)₂. В малую коническую колбу вливают из бюретки количество раствора щавелевой кислоты, нехватяющее для нейтрализации 10 см³ раствора Ba(OH)₂ : *a* см³.

Прибавляют из пипетки 10 см³ раствора Ba(OH)₂ и одну каплю фенолфталеина. Затем прибавляют из бюретки раствор щавелевой кислоты до полной нейтрализации : *b* см³.

Объем конической колбы. Большую коническую колбу в 1000 см³ взвешивают сухой на неточных весах: вес = *c*. Затем наполняют водой до того места, где начинается пробка и снова взвешивают : вес = *d*.

$$\text{Объем колбы} = (d - c) \text{ см}^3$$

Выполнение опыта. Через колбу просасывают испытуемый воздух. Закрывают колбу пробкой и через одно отверстие проводят конец пипетки, содержащей ровно 10 см³ баритовой воды. Вынимая палочку из второго отверстия пробки, вводят в колбу баритовую воду из пипетки. Закрывают оба отверстия пробки палочками и встряхивают колбу с раствором. Затем через одно из отверстий пробки вводят в коническую колбу каплю фенолфталеина и затем конец бюретки и прибавляют столько щавелевой кислоты, сколько нужно для обезцвечивания раствора : *e* см³.

Вычисление : 44 гр. CO_2 отвечают 171,39 гр.
 $\text{Ba}(\text{OH})_2$, отвечают 126,1 гр. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
 1 см³ CO_2 весит 0,001975 гр.
 1 см³ CO_2 отвечает 0,0056325 гр. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 " " " 1 см³ примененного раствора
 щавелевой кислоты.

10 см³ раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$ отвечают b см³
 раствора щавелевой кислоты.

Объем угольнаго ангидрида = $(b - e)$ см³.

Объем воздуха в колбе = $(d - c) - 10$.

Содержание угольнаго ангидрида в воздухе

$$= \frac{b - e}{d - c - 10} \cdot 100\%$$

Опыт 19.

Тема : Определение CO_2 в известняке.

Приборы : Прибор для определения CO_2 (рис. 26);

Точные весы ; горелка Бунзена.

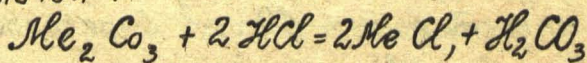
Реактивы : Разбавл. HCl (1 часть конц. HCl + 4 части H_2O); измельченный известковый шпат.

Метод : Угольная кислота, как одна из самых слабых кислот, вытесняется из всех солей соляной кислотой :

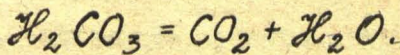


рис. 26.

Прибор для определения CO_2 .



В растворе, в особенности при нагревании угольная кислота разлагается („диссоциирует“) на угольный ангидрид и воду :



Угольный ангидрид выделяется в газообразном виде и уходит.

Потеря во весе = количеству выделившегося углекислого ангидрида.

Выполнение опыта: Трубочку α наполняют зерненым хлористым кальцием (для поглощения уносимых углекислым ангидридом паров воды). В верхнюю часть трубочки α вводят немного ваты. Воронку β наполняют разбавленной соляной кислотой, закрыв предварительно кран.

Взвешивают колбочку на точных весах, закрыв все отверстия шлифованными пробками.

Вес колбочки = α .

Затем вводят в колбочку 1-2 грам. хорошо измельченного известкового шпата и снова взвешивают.

Вес колбочки с известняком = β .

Открывая осторожно кран воронки, впускают соляную кислоту в колбочку и растворяют известняк. В конце подогревают колбочку на **МАЛЕНЬКОМ** пламени до тех пор, пока пузырьки CO_2 не перестанут выделяться. Взвешивают колбочку.

Вес колбочки после опыта = γ .

Задача. I Определить процентное содержание CO_2 в известковом шпате:
 x .

Вес $\text{CO}_2 = \beta - \gamma$; вес $\text{CaCO}_3 = \beta - \alpha$.

Содержание $\text{CO}_2 = \frac{100(\beta - \gamma)}{\beta - \alpha} \%$.

II. Найти атомный вес $\text{Ca} : y$.

Атомный вес $\text{C} = 12$; атомн. вес $\text{O} = 16$; атомн. вес $\text{CO}_2 = 44$; атомн. вес $\text{CaO} = y + 16$

$$\frac{y + 16}{44} = \frac{(\beta - \alpha) - (\beta - \gamma)}{\beta - \alpha} = \frac{\gamma - \alpha}{\beta - \alpha}$$

$$y = \frac{44(c - a)}{b - c} - 16$$

Опыт 20.

Тема: Приготовление $Pb(NO_3)_2$, его состав и реакции иона Pb^{2+} .

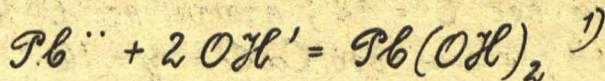
Приборы: Штатив с пробирками; фарфоровая чашка; водяная баня; горелка; тяга; воронка.

Реактивы: Свинец; HNO_3 конц.; $NaOH$ раств., NH_3 раств., Na_2CO_3 раств., HCl - развед., KF раств., H_2SO_4 разв., виннокислый аммоний раств., H_2SiO_3 раств., H_2S , Уголь; сода.

Растворение свинца. Для опыта применяют свинец, оставшийся в лодочках после восстановления водородом в опыте 11. Обе лодочки вместе со свинцом вводят в пробирку и обливают небольшим количеством крепкой азотной кислоты. Реакция протекает довольно бурно с выделением бурых паров. Написать формулу реакции.

Когда реакция окончилась, выливают раствор в небольшую фарфоровую чашечку и выпаривают до суха на водяной бане. Остаток растворяют в горячей воде; если не все растворяется, фильтруют и фильтрат прозрачный берут для исследования.

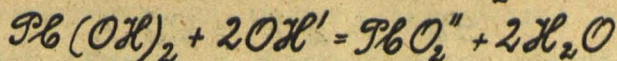
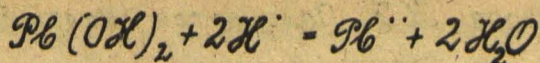
Реакции иона Pb^{2+} . I Прибавляют к раствору $Pb(NO_3)_2$ в пробирке немного раствора $NaOH$: получается осадок $Pb(OH)_2$.



Полученный осадок растворяется:

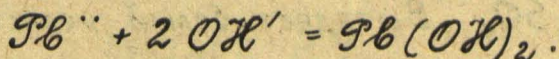
- а) в избытке HNO_3 ,
- б) в избытке $NaOH$.

¹⁾ Относительно электролитической диссоциации солей и др. электролитов см. задачу 33.



Ион PbO_2'' является анионом свинцовой кислоты:
 H_2PbO_2 .

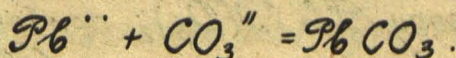
II. К раствору свинцовой соли прибавляют раствор NH_3 .



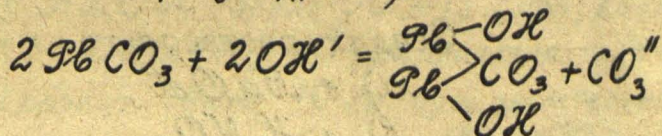
Растворяется ли осадок в избытке NH_3 ?

Объяснить разницу в действии NaOH и NH_4OH на $\text{Pb}(\text{OH})_2$.

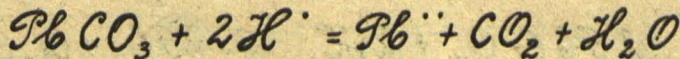
III. К раствору $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ прибавляют раствор Na_2CO_3 . Получается осадок PbCO_3 .



Под влиянием избытка воды образуется основная соль углекислого свинца (гидролиз).



Полученный осадок растворить в разведенной HNO_3 .

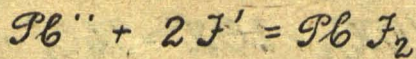


IV. К раствору $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ прибавляют разведенную HCl . Осаждается трудно растворимый PbCl_2 . Растворить немного осадка в горячей воде. При охлаждении полученного раствора PbCl_2 снова выпадает в кристаллическом виде.



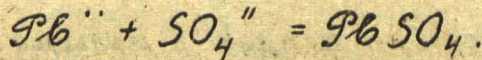
V. К раствору $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ прибавляют несколько.

капель раствора KF . Получается желтый осадок PbF_2 .

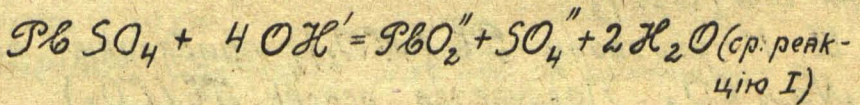


Небольшое количество осадка растворяют в избытке KF . Какой комплексный ион образуется при растворении PbF_2 ?

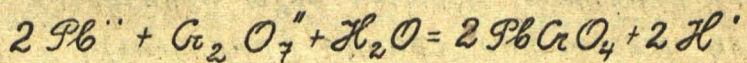
VI. К раствору $Pb(NO_3)_2$ прибавляют разведенную H_2SO_4 . Выпадает белый нерастворимый $PbSO_4$.



Полученный осадок растворяют в $NaOH$,



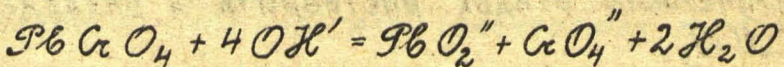
VII. К раствору $Pb(NO_3)_2$ прибавляют раствор $K_2Cr_2O_7$. Выпадает желтый $PbCrO_4$.



Осадок растворяют:

а) в $NaOH$,

б) в HNO_3 .



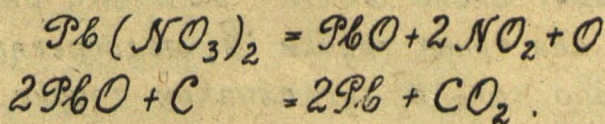
Последняя реакция является, следовательно, обратимой.

VIII. В пробирку с раствором $Pb(NO_3)_2$ пропускают H_2S . Выпадает PbS черного цвета. При нагревании с крепкой HCl PbS переходит в раствор.



IX. Полученные кристаллы $Pb(NO_3)_2$ нагревают

на угле с Na_2CO_3 в паяльном пламени (паяльная трубка, восстановительное пламя). Получается металлический королек свинца и желтый налет вокруг него. Полученный королек испытывают молотком.



Опыт 21.

Тема: Получение и сгущение NO_2 .

Приборы: Тугоплавкая трубка 20 см. длины, запаянная с одного конца; к ней резиновая пробка с газоотводной трубочкой; U-образная трубочка с кранами (ср. рис. 27); толстостенный (батарейный) стакан; газопромывная бутылка; весы для тарирования; горелка Бунзена.

Реактивы: Высушенный азотнокислый свинец; крепкий раствор NaOH (около 30%); снег; соль.

Выполнение опыта. В тугоплавкую трубку А (рис. 27) вводят около 10 гр. предварительно высушенной азотносвинцовой соли, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

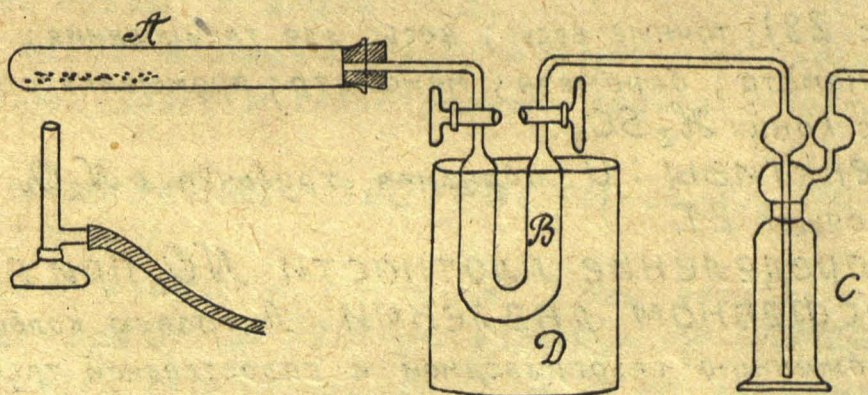
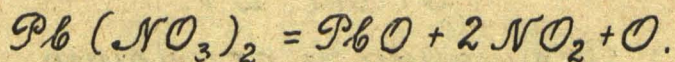


рис. 27.

Получение и ожигение NO_2 путем разложения $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Трубку А соединяют с СУХОЙ U-образной трубкой В и с газопромывной стеклянной С. Трубка В погружается в смесь льда с солью, заключающуюся в батарейном стакане Д. В промывную стеклянную С вводят около 30 см.³ 30%-ого раствора NaOH. Открыв оба крана трубки В, подогревают азотно-свинцовую соль в тугоплавкой трубке. Происходит разложение:



Перекись азота сгущается в трубке В. После окончания реакции закрывают оба крана. Наблюдают цвет двуокиси азота в нагретом и в холодном виде, в газообразном и в жидком состоянии. Трубку с жидкой NO₂ сохраняют до следующего опыта.

Опыт 22.

Тема: Диссоциация N₂O₄ по плотности газа. Закон химического равновесия.

Приборы: Литровая колба с двумя кранами (рис. 28); точные весы; весы для тарирования; термометр; барометр; манометр; промывная стеклянная с конц. H₂SO₄.

Реактивы: U-образная трубочка с N₂O₄ от опыта 21.

Определение плотности NO₂ при атмосферном давлении. Литровую колбу, снабженную газопроводной и газоотводной трубкой и двумя кранами (рис. 28) наполняют сначала сухим воздухом и взвешивают на ТОЧНЫХ

весах. Вес колбы с воздухом = α . Затем соединяют газопроводную трубку с U-образной трубкой В (рис. 27), содержащей NO_2 от предыдущего опыта и газоотводную трубку с промывной стеклянной, содержащей 30%

-ный раствор NaOH (ср. предыдущий опыт).

Нагревая слегка трубку с жидкой NO_2 , наполняют колбу бурыми парами NO_2 , закрывают оба крана, разнимают прибор и взвешивают колбу с NO_2 на ТОЧНЫХ весах. Вес колбы с NO_2 = β .

Отмечают давление (барометрическое) и температуру.

Наполняют колбу вплоть до кранов водой и взвешивают на неточных весах.

Вес колбы с водой = γ .

В конце выливают воду и тщательно просушивают колбу и газоотводные трубки с кранами.

Вычисление плотности N_2O_4 по воздуху.

Объем колбы = $\gamma - \alpha$ см³; вес воздуха в колбе при 0° и 760 мм. давления = $(\gamma - \alpha) 0,0012927$ гр.
вес воздуха в колбе при t° и p мм. давления:

$$x = (\gamma - \alpha) 0,0012927 \cdot \frac{273}{273 + t} \cdot \frac{p}{760} \text{ гр.};$$

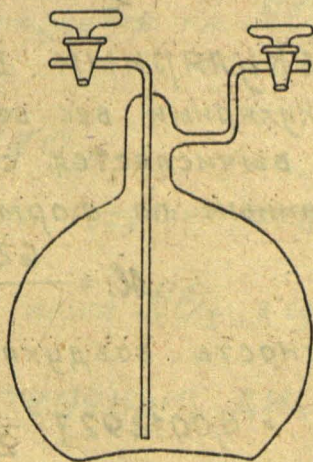


рис. 28.
Плотность N_2O_4 .

вес перекиси азота при t° и p мм. давления:

$$y = x + (b - a) \text{ гр.}$$

Плотность перекиси азота при t° и p мм. давления по отношению к воздуху

$$z = \frac{x + (b - a)}{x} \dots \dots \dots (1)$$

Молекулярный вес перекиси азота.

Молекулярный вес веществ в газообразном состоянии вычисляется согласно приведенным на стр.

25 данным по формуле

$$M = \frac{62400 \text{ м Т}}{p \cdot v}$$

Плотность воздуха при t° и p мм.

$$= 0,0012927 \cdot \frac{273}{273+t} \cdot \frac{p}{760} = 0,00046435 \cdot \frac{p}{273+t}$$

следовательно плотность перекиси азота при t° и p мм. (т.е. вес 1 см³):

$$S = 0,00046435 \cdot \frac{p}{273+t} \cdot z \dots \dots (2).$$

Подставляя в ур. для M :

$$m = 0,00046435 \cdot \frac{p}{273+t} \cdot z$$

$v = 1$, получаем для перекиси азота

$$M = 62400 \cdot 0,00046435 z = 2,8975 \cdot z.$$

Теоретический молекулярный вес NO_2

$$M_1 = 46,01.$$

Теоретический молекулярный вес N_2O_4

$$M_2 = 92,02$$

Вопросы: С которым из приведенных здесь

чисел совпадает **НАЙДЕННЫЙ** молекулярный вес перекиси азота? Какое заключение можно вывести отсюда относительно состава пара перекиси азота?

Степень диссоциации N_2O_4 . Из 100 молей N_2O_4 α молей распадается на NO_2 согласно уравнению:



В состоянии равновесия мы получаем, следовательно:

$(100 - \alpha)$ молей N_2O_4 + 2α молей NO_2 , в сумме $100 + \alpha$ молей газа.

Величину α называют **степенью диссоциации**.

Вес 100 молей $N_2O_4 = 92,02 \times 100$ гр.

Объем газа = $22420 \times (100 + \alpha)$ см.³ ¹⁾ при 0° и 760 мм.

Объем газа при t° и давлении p :

$$= 22420 (100 + \alpha) \frac{273 + t}{273} \cdot \frac{760}{p} \text{ см.}^3$$

Плотность перекиси азота:

$$S = \frac{92,02 \times 100 \times 273 \times p}{22420 (100 + \alpha) (273 + t) \times 760}$$

Отсюда вычисляем степень диссоциации:

$$\alpha = 100 \left[\frac{92,02 \times 273 \times p}{22420 \times 760 (273 + t) \times S} - 1 \right]$$

$$\alpha = \frac{0,14743 p}{(273 + t) \times S} - 100.$$

Величину S подставляем из ур. (2) на основании произведенного определения

$$\alpha = \frac{0,14743}{0,00046435} \cdot \frac{1}{2} - 100$$

¹⁾ объем 1 моля газа при 0° и 760 мм. = 22420 см.³

$$\alpha = \frac{317,5}{z} - 100 \dots \dots \dots (3)$$

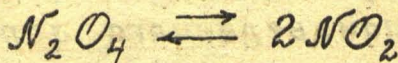
Определение плотности N_2O_4 при уменьшенном давлении.

Колбу вторично наполняют перекисью азота. После наполнения присоединяют колбу к водоструйному насосу и манометру, как в опыте (стр. 16) и уменьшают давление приблизительно до $\frac{1}{2}$ атмосферы. Закрыв кран, определяют давление p и температуру t . Затем закрывают оба крана колбы и взвешивают ее на точных весах: вес колбы с перекисью азота = d .

Соединив колбу снова с водоструйным насосом, уменьшают давление газа приблизительно до $\frac{1}{4}$ атмосферы и повторяют определение давления, температуры и веса.

Закон действия масс. Произведение из парциальных давлений образующихся веществ, возведенных каждая в степень, соответствующую числу реагирующих молекул данного вещества, разделенное на произведение парциальных давлений исчезающих веществ, возведенных в соответствующие степени - есть величина постоянная при данной температуре.

Для реакции



получаем равенство

$$\frac{p_2^2}{p_1} = K \dots \dots \dots (4)$$

обозначая парциальное давление молекул $N_2O_4 = p_1$,
а парциальное давление молекул $NO_2 = p_2$.

Величину K называем постоянной равновесия. Постоянная равновесия зависит от температуры, но не зависит от давления.

Вычисление парциальных давлений. Закон Дальтона. Парциальное давление каждого отдельного газа (или пара) в газобразной смеси пропорционально числу молей этого газа или пара.

Из 100 молей N_2O_4 в состоянии равновесия мы получаем $(100 - \alpha)$ молей N_2O_4 и 2α молей NO_2 , в сумме $100 + \alpha$ молей газа. На основании закона

Дальтона

$$\frac{p_1}{p_1 + p_2} = \frac{100 - \alpha}{100 + \alpha}$$

$$\frac{p_2}{p_1 + p_2} = \frac{2\alpha}{100 + \alpha}$$

$$p_1 + p_2 = p.$$

Отсюда

$$p_1 = \frac{(100 - \alpha) p}{100 + \alpha}$$

$$p_2 = \frac{2\alpha p}{100 + \alpha}$$

Подставляя величины p_1 и p_2 в уравнение (4), получаем:

$$K = \frac{4\alpha^2 p}{(100 + \alpha)(100 - \alpha)} \dots \dots (5).$$

Для первого определения (при атмосферном давлении) подставляем α из ур. (3).

Для определений при уменьшенном давлении α

вычисляется следующим образом:

Вес колбы с воздухом = α гр.

Вес воздуха при t° и p мм.

$$= \frac{(c - \alpha) \times 0,0012927 \times 273 \times p}{(273 + t) \times 760} \text{ гр.}$$

Вес пустой колбы

$$= \alpha - \frac{(c - \alpha) \times 0,0012927 \times 273 \times p}{(273 + t) \times 760} \text{ гр.}$$

Вычисление степени диссоциации перекиси азота при уменьшенном давлении.

Вес перекиси азота при t° и q мм.

$$= d - \alpha + \frac{(c - \alpha) \times 0,0012927 \times 273 \times p}{(273 + t) \times 760} \text{ гр.}$$

Вес равного объема воздуха при том же давлении q и температуре t°

$$= (c - \alpha) \frac{0,0012927 \times 273 \times q}{(273 + t) \times 760} \text{ гр.}$$

Плотность перекиси азота по отношению к воздуху под давлением q (около $\frac{1}{2}$ атмосферы)

$$Z_1 = \frac{(d - \alpha)(273 + t) \times 760 + (c - \alpha) 0,0012927 \times 273 p}{(c - \alpha) 0,0012927 \times 273 q}$$

По той же формуле находим плотность перекиси азота под давлением около $\frac{1}{4}$ атмосферы: Z_2 . Подставляя Z_1 и Z_2 в уравн. (3) вычисляем степени диссоциации N_2O_4 под уменьшенным давлением α_1 и α_2 и из уравн. (5) соответствующие постоянные равновесия K_1 и K_2 . Сравнивают полученные числа для K , K_1 , и K_2 . Совпадают ли они друг с другом. Найти наиболее вероятную величину K .

ЗАДАЧА. Вычислить степень распада N_2O_4

под давлением в 26,8 мм. на основании найденной постоянной.

Как меняется степень распада N_2O_4 в зависимости от давления?

Опыт 23.

Тема: Получение SO_2 действием меди на серную кислоту. Сгущение газов.

Приборы: Колба в 250 см.³ (круглодонная), к ней пробка с двумя отверстиями; предохранительная воронка; песочная баня; горелка; промывная стеклянка; U-образная трубка с двумя кранами; батарейный стакан; термометр до -20° ; стакан в 200 см.³; штатив с пробирками.

Реактивы: Медные стружки; крепкая H_2SO_4 ; снег (или измельченный лед); соль; 30% раствор $NaOH$;

Растворы: $NaOH$, HNO_3 , $Pb(CH_3COO)_2$, $AgNO_3$, Na_2SO_3 , $I+KI$, KIO_3 , крахмальным раствором. KI крист.

Действие H_2SO_4 на медь. В колбу А вместимостью в 250 см.³ вводят 10 гр. медных стружек. Через предохранительную воронку наливают 15 см.³ крепкой серной кислоты и подогревают на песочной бане. Выделяющийся газ просушивают в промывной стеклянке В крепкой серной кислотой и сгущают в U-образной трубке С, погруженной в смесь льда (или снега) с солью. На 4 ложки измельченного хорошо льда берут 1 ложку соли. Температура смеси должна быть не выше -15° . Оставшийся несгущенным газ впускают в 30% - ый раствор $NaOH$ в колбе Д. Во-

дород, выделяющийся при действии меди на сер-

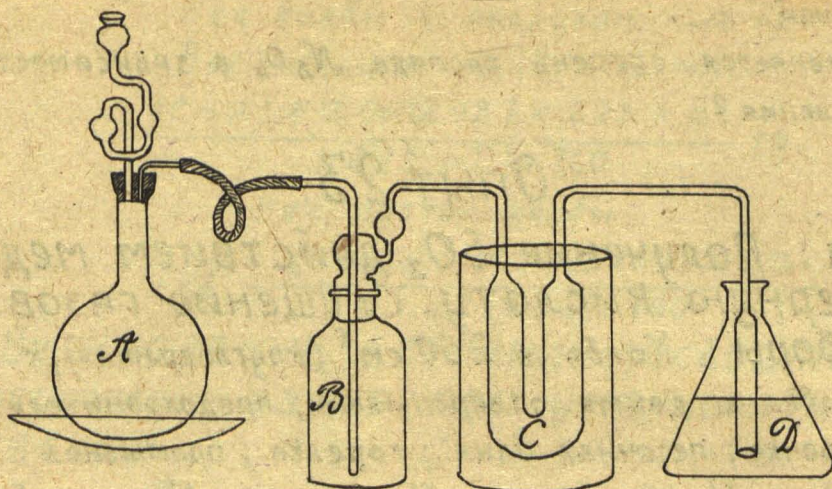
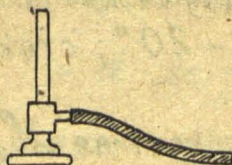


рис. 29.

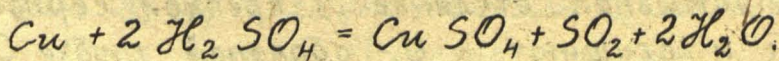
Получение SO_2 из меди и серной кислоты.



ную кислоту действует „*in statu nascendi*” на серную кислоту, восстанавливая последнюю в сернистую кислоту. Получаются следующие две **последовательные** реакции :



дающие в итоге :



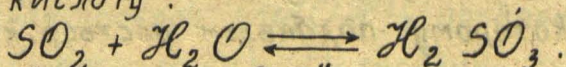
Когда выделение газа прекратилось, закрывают краны трубочки с жидким SO_2 и разбирают аппарат. Сгущенный сернистый ангидрид применяют для опыта 26.¹⁾ Колбу с остатком сохраняют для опыта 24.

¹⁾ U-образную трубку с жидким SO_2 следует хранить в холодном месте, при температуре не выше 0° .

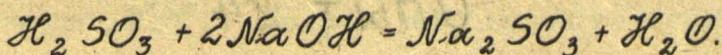
СВОЙСТВА ЖИДКАГО SO_2 . В маленькую сухую пробирочку вводят несколько кристалликов KJ . Пробирочку охлаждают в смеси снега с солью и приливают несколько капель жидкого SO_2 . KJ растворяется, образуя раствор желтого цвета.

Жидкий SO_2 растворяет некоторые соли. Полученные растворы являются хорошими проводниками электрического тока. Следовательно, жидкий SO_2 - подобно воде - является „ионизирующим растворителем.“

Газообразный SO_2 из U-образной трубки пропускают через воду, находящуюся в колбочке, вместимостью в 100 см^3 . SO_2 растворяется в воде, образуя сернистую кислоту:

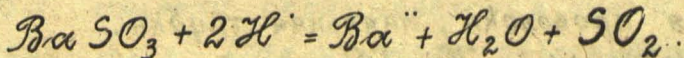


СВОЙСТВА ИОНА $SO_3^{''}$. Полученный раствор H_2SO_3 нейтрализуют раствором $NaOH$: получается соль (сульфит).

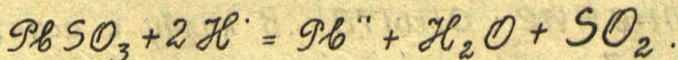


Раствор дает:

а) с хлористым барием белый осадок, растворимый в РАЗБАВЛЕННОЙ HNO_3 :

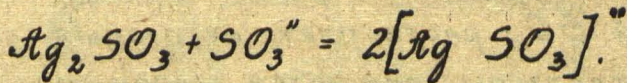
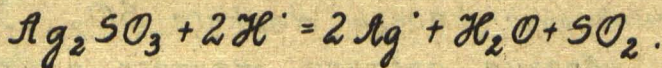
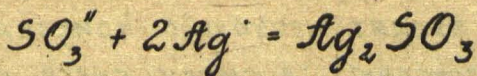


б) с уксуснокислым свинцом белый осадок, растворимый в РАЗБАВЛЕННОЙ HNO_3 .

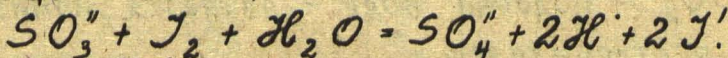


в) с азотнокислым серебром белый осадок, раство-

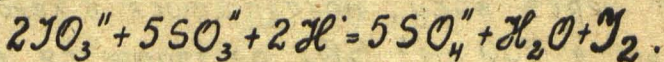
римый в разбавленной HNO_3 и в избытке раствора Na_2SO_3 :



г) раствор иода в иодистом калии восстанавливается и обезцвечивается :



д) раствор KIO_3 восстанавливается ионом SO_3'' , выделяя иод :



Фильтровальную бумажку пропитывают раствором KIO_3 , к которому подбавлен раствор крахмала. Бумажку, смоченную указанным раствором, укрепляют на часовом стеклышке, которым закрывают стакан, содержащий подкисленный испытуемый раствор.

Опыт 24.

Тема : Получение медного купороса. Свойства иона Cu .

Приборы : Колба с остатком от опыта 23; Кристаллизационная чашка; воронка; водяная баня; штатив с пробирками; прибор Киппа для H_2S ; платиновая проволока; паяльная трубка.

Реактивы : H_2SO_4 разбавл.; растворы : $NaOH$, виннокислый аммоний, NH_3 , KI , $FeSO_4$, KCN , H_2SO_3 , $K_4Fe(CN)_6$; сода, уголь древесный, бура.

Выполнение опыта. В колбу с остатком от опыта 23 приливают воду, подогревают на водя-

ной бане и если не все растворилось, подкисляют серной кислотой. Полученный голубой раствор фильтруют в кристаллизационную чашку и выпаривают на водяной бане до момента, когда начнут выделяться кристаллы. (Какой состав кристаллов?) Часть кристаллов высушивают тщательно фильтровальной бумагой. Несколько сухих кристаллов вводят в пробирку и подогревают. Какая реакция происходит?

Часть кристаллов растворяют в воде и проводят следующие реакции.

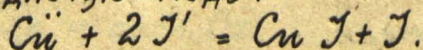
Реакции иона Cu : I. К раствору $CuSO_4$ прибавляют немного раствора $NaOH$. Получается голубой осадок $Cu(OH)_2$.

Часть полученного осадка нагревают с водой в пробирке. Голубой осадок $Cu(OH)_2$ превращается в черную CuO (окись меди). Остальную часть осадка растворяют в растворе виннокислого аммония в присутствии свободного $NaOH$.

II. К раствору $CuSO_4$ прибавляют несколько капель раствора NH_3 . Получается зеленоватоголубой осадок окисоли.

Осадок растворяют в избытке NH_3 . Получается раствор темноголубого цвета, содержащий комплексный ион $Cu(NH_3)_4$.

III. К раствору $CuSO_4$ прибавляют несколько капель раствора KI . Раствор окрашивается в бурый цвет от выделения иода. Иодная медь восстанавливается при этом в иодистую медь:



К полученному осадку прибавляют раствор $FeSO_4$. При этом иод восстанавливается и бурая окраска раствора исчезает. Остается осадок CuI белого цве-

ТА.

IV. К раствору $CuSO_4$ прибавляют раствор $HClS$. Выделяется ТЕМНЫЙ осадок $Cu(CNS)_2$, который медленно возстанавливается в белую роданистую медь $Cu(CNS)$.

Ускоряют это возстановление прибавлением раствора H_2SO_3 . Какое действие производит H_2SO_3 ?

V. К разбавленному раствору $CuSO_4$ прибавляют несколько капель раствора $H_4Fe(CN)_6$. Получается краснобурый осадок $Cu_2Fe(CN)_6$.

VI. В раствор $CuSO_4$ пропускают H_2S из прибора Киппа. Осаждается CuS .

Полученный осадок нагревают с крепкой азотной кислотой. Какая реакция происходит при этом?

VII. Небольшое количество сухой $CuSO_4$ вводят на платиновой проволочке в пламя бунзеновской горелки. Наблюдают окрашивание пламени.

VIII. В раствор $CuSO_4$, погружают кончик стального ножа. Осаждается красная медь.

IX. Немного сухой соли $CuSO_4$ нагревают на угле с содой в возстановительном пламени паяльной трубки. Получаются блестящие металлы.

X. На закругленном кончике платиновой проволоки нагревают немного буры. Получается прозрачный перл. Перл погружают в горячем виде в сухую соль $CuSO_4$ и нагревают в окислительном пламени паяльной трубки. Перл окрашивается в голубой цвет. При нагревании в ВОЗСТАНО-ВИТЕЛЬНОМ пламени перл становится красным от выделения меди.

XI. Написать уравнения всех проделанных выше реакций.

Опыт 25.

Тема: Получение и сгущение SO_2 путем разложения бисульфита.

Приборы: Бутылка для отсасывания (рис. 30); воронка с краном; промывная стеклянка; U-образная трубка с двумя кранами; батарейный стакан; термометр до -20° ; штатив с пробирками; эрленмейер в 200 см^3 .

Реактивы: Насыщенный раствор $NaHSO_3$ (из опыта 23); крепкая H_2SO_4 ; снег (или измельченный лед); соль; 30% раствор $NaOH$; KJ крист.; Растворы: $NaOH$, HNO_3 , $Pb(CH_3COO)_2$, $HgNO_3$, Na_2SO_3 , $I + KI$, KIO_3 ; крахмальный раствор.

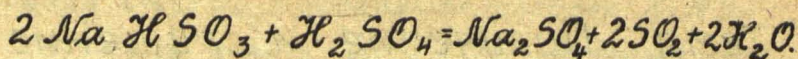
Получение SO_2 : В бутылку для отсасывания в 500 см^3 (рис. 30) наливают 150 см^3 раствора $NaHSO_3$, полученного впусканием SO_2 в 30%-ный раствор $NaOH$ в опыте 23. В воронку, снабженную краном наливают крепкую H_2SO_4 . Бутылку для отсасывания соединяют с промывной стеклянкой с крепкой H_2SO_4 и с U-образной трубкой, как показано на рис. 29. Не сгущенный SO_2 пропускают в эрленмейер, содержащий 30%-ный раствор $NaOH$.



рис. 30.
Получение SO_2 из бисульфита.

U-образную трубку охлаждают в батарейном стакане смесью льда и соли. Открыв немного кран воронки впускают по каплям H_2SO_4 в бутылку, содержащую $NaHSO_3$.

Происходит реакция :



С полученным и сгущенным в U-образной трубке SO_2 , прделывают все опыты, указанные в опыте 23. Остаток жидкого SO_2 сохраняют для следующего опыта.

Опыт 26.

Тема : Теплота испарения SO_2 .

Приборы : 2 стакана в 250 см^3 и в 300 см^3 (рис. 31); латунная мешалка ; коническая колба в 200 см^3 ; термометр с делениями в $\frac{1}{10}^\circ$; весы для тарирования ; U-образная трубка с SO_2 от опыта 23 (или 25).

Реактивы : Сгущенный SO_2 от опыта 23 (или 25) ; 30% -ый раствор NaOH .

Тепловые единицы : Количество теплоты, потребное для нагревания 1 гр. воды комнатной температуры ($17^\circ - 20^\circ$) на 1 градус называют малой калорией : *cal*. Количество теплоты, потребное для нагревания 1 килограмма воды комнатной температуры на 1° , называют большой калорией : *Cal*.

$$1 \text{ Cal} = 1000 \text{ cal}.$$

Удельной теплотой вещества называют количество теплоты, потребное для нагревания 1 гр. данного вещества на 1° .

Определение теплоемкости калориметра. Теплоемкостью калориметра (водяным числом) называют количество тепла, потребное для

нагревания калориметра с водой на 1° . Водяное число определяют следующим образом. Взвешивают на **НЕТОЧНЫХ** весах внутренний стакан калориметра (рис. 31).

Вес = α .

Взвешивают на тех же весах латунную мешалку.

Вес мешалки = β .

Во внутренний стакан калориметра вводят 250 см^3 дистиллированной воды из измерительной колбы.

Вес воды = γ .

Удельная теплота стекла = $0,19$

" " латуни = $0,091$.

Теплоемкость калориметра :

$$W = \alpha \times 0,19 + \beta \times 0,091 + \gamma.$$

Теплоемкостью термометра при неточных измерениях можно пренебречь.

Выполнение опыта. В калориметр с водой (рис. 31) вводят U-образную трубочку с сернистым ангидридом от опыта 23 (или 25), заранее определив ее вес : α на **НЕТОЧНЫХ** весах. Один конец U-образной трубочки соединяют с коленчатой трубкой погруженной в 30%-ый раствор едкого натра, содержащийся в конической колбе, как показано на рис. 29. Открыв немного кран U-образной трубки, дают испариться сернистому ангидриду. Испарение должно продолжаться не более 5 минут. Во время опыта перемешивают воду.

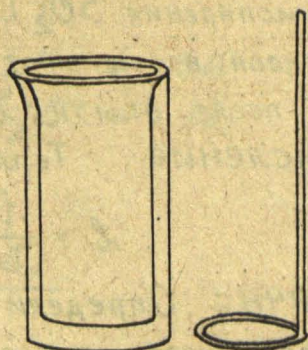


рис. 31.
Стекло́нный калориметр
и мешалка.

Записывают начальную температуру калориметра t_1 , (до начала испарения) и конечную температуру t_2 (после испарения SO_2). Вытирают U-образную трубку и снова взвешивают ее на неточных весах: вес трубки после опыта: e .

Вычисление. Теплота испарения SO_2 :

$$Q = \frac{\{0,19(\alpha + e) + 0,0916 + c\}(t_1 - t_2)}{\alpha - e}$$

ЗАДАЧА: Определить относительную точность произведенного определения.

Указать на возможные погрешности опыта.

Вычислить молекулярную теплоту испарения SO_2 .

Опыт 27.

Тема: Свойства гипса.

Приборы: Фарфоровый тигель; треугольник из огнеупорной глины; штатив с кольцом; Бунзеновская горелка; эксиккатор с $CaCl_2$; точные веса; медаль; бумага для наклейки; ступка; фарфоровая чашка; воздушная баня.

Реактивы: Кристаллический гипс (алебастр); вазелин; жженый гипс.

I ЗАДАЧА. ДИССОЦИАЦИЯ ГИДРАТА.

Около 1 гр. кристаллического гипса помещают в фарфоровом тигле и взвешивают. Вес гидрата = α . Установив тигель на треугольнике из огнеупорной глины, накаливают его при красном калении до постоянного веса. После охлаждения тигля в эксиккаторе, снова взвешивают. Вес ангидрида = β .

Определение формулы гидрата. Требуется вычислить число частиц воды x , соединенных с 1

частицей CaSO_4 .

$$\text{Вес } \text{CaSO}_4 = b$$

$$\text{Вес } \text{H}_2\text{O} = a - b.$$

$$\text{Молекулярный вес } \text{CaSO}_4 = 136.$$

$$\text{'' '' '' } \text{H}_2\text{O} = 18.$$

$$\frac{b}{a-b} = \frac{136}{18x},$$

$$x = \frac{136(a-b)}{18b}$$

Написать формулу гидрата гипса.

СВЯЗЫВАНИЕ. Медаль (или монету) тщательно чистят щеткой и мылом. Вокруг ее края приклеивают цилиндр из бумаги в 2 см. высотой. В ступке, смазанной вазелином, смешивают жженый гипс с водой в таком количестве, чтобы получилось жидкое тесто и полученную таким образом массувливают на медаль. Спустя 10 минут, когда гипс затвердел, снимают бумажный край и гипсовый оттиск (негатив).

МЕРТВЫЙ ГИПС. Прокаленный в первом опыте гипс растирают с несколькими каплями воды. Объясняют наблюдаемое явление.

ЖЖЕННЫЙ ГИПС. Полученный во втором опыте оттиск разбивают в ступке и нагревают часть порошка в фарфоровой чашке до 130° (в воздушной бане). Гипс „кипит“. По окончании „дегидратации“ смешивают порошок с небольшим количеством воды и записывают результат наблюдения.

Написать реакции гидратации, дегидратации и полного обезвожения гипса.

Опыт 28.

Тема: Теплота гашения извести.

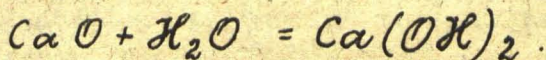
Приборы: Стеклянный калориметр из опыта 26 (рис. 31); термометр с делениями на $1/10^\circ$; измерительная колба в 250 см^3 ; точные весы; весы для тарирования; весовой стакан с притертой пробкой в 50 см^3 ;

Реактивы: Свежая жженая известь.

Определение теплоемкости калориметра. Теплоемкость («водяное число») калориметра определяется также, как в опыте 26.

Выполнение опыта. В калориметр вводят 250 см^3 дистиллированной воды из измерительной колбы. В весовом стакане с притертой пробкой взвешивают на точных весах $20 - 25$ гр. свежей жженой извести в больших кусках. Вес стакана с известью = d .

Определяют начальную температуру калориметра: t_1 . Из стакана всыпают в калориметр жженую известь и перемешивают до тех пор пока куски извести не распадутся на мелкий порошок. Гашение извести происходит согласно схеме:



Отсчитывают температуру калориметра после опыта: t_2 . Определяют вес стаканчика на точных весах: e .

Вычисление: Выделившееся при опыте количество тепла равно:

$$q = \{0,19a + 0,091b + c\} (t_2 - t_1).$$

Молекулярный вес $\text{CaO} = \mathcal{M}$.

Теплота гашения извести равна :

$$Q = \frac{(0,19a + 0,091b + c)(t_2 - t_1) \mathcal{M}}{d - e}$$

Опыт 29. ^{*}

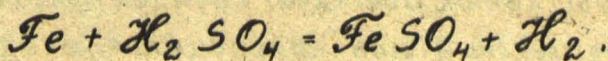
Тема: Реакции ионов Fe^{++} и Fe^{+++} .

Приборы: 2 конические колбочки по 100 см³; воронка; штатив с пробирками; горелка; платиновая проволока, впаянная в стеклянную трубку.

Реактивы: Порошкообразное железо, возстановленное из окиси железа в опыте 10; H_2SO_4 разбавл.; фильтровальная бумага; уголь (древесный); железный купорос; бура; KMnO_3 крепкая;

Растворы: NaOH , NH_3 , Na_2CO_3 , KCN (яд!), $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, $\text{C}_2\text{H}_3\text{COONH}_4$, Na_2HPO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, NH_4CNS .

Реакции иона Fe^{++} . Полученный после возстановления водородом в опыте 10 порошок железа всыпают в коническую колбу в 100 см³ и обливают разведенной серной кислотой. Железо растворяется, выделяя водород:



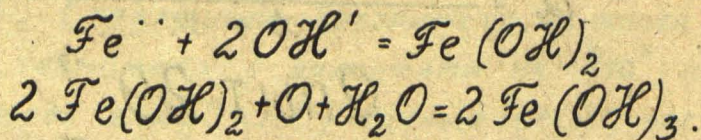
На ряду с водородом выделяются незначительные количества углеводородов (которые можно узнать по запаху), если железо содержит примеси углерода. Если часть порошка не растворилась, то фильтруют раствор FeSO_4 и прозрачный фильтрат делят на две части. Первую часть исследуют на реакции

ферроиона: Fe^{++} .

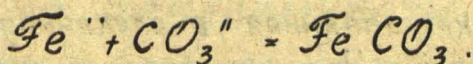
I К раствору FeSO_4 прибавляют раствор NaOH .

^{*}Этот опыт проделывают в связи с определением эквивалентного веса железа (ср. опыт 9) или с возстановлением окиси железа водородом (опыт 10).

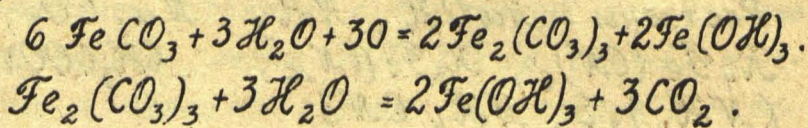
Получается белый осадок гидрата закиси железа, который под влиянием кислорода воздуха окисляется в бурый гидрат окиси железа :



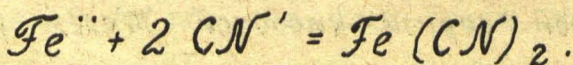
II. с раствором Na_2CO_3 образуется белый осадок углекислой закиси железа :



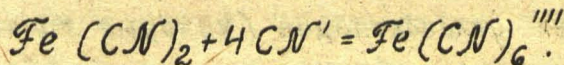
От действия кислорода воздуха эта соль окисляется в соль окиси железа : последняя однако разлагается водой образуя бурый гидрат окиси железа (" гидролиз ") :



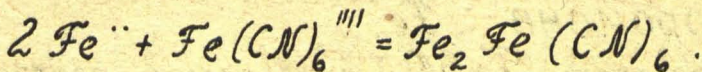
III. с раствором KCN (яд!) образуется бурый осадок цианистой закиси железа :



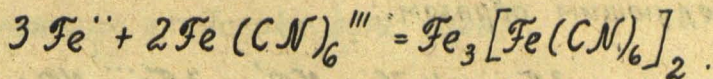
В избытке KCN этот осадок растворяется образуя комплексный ион ферроциана, входящий в состав желтой кровяной соли :



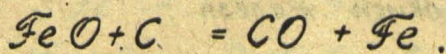
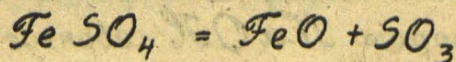
IV. с раствором $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ получается белый осадок : ферроферроцианид, быстро синеющий вследствие окисления :



V. С раствором $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ образуется темно-синий осадок ферроферрицианида, называемый Турхбулловой синью:



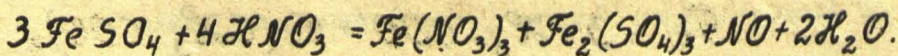
VI. Несколько кристаллов $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ нагревают на угле в восстановительном пламени паяльной трубки. Соль восстанавливается в серые кусочки металлического железа.



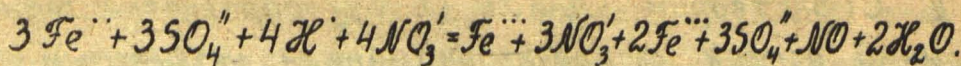
VII. На кончике платиновой проволоки сплавляют немного буры (или фосфорно-аммониево-натриевой соли: $\text{NaNH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Сплавленный перл погружают в измельченный железный купарос и нагревают в восстановительном пламени паяльной трубки. Перл окрашивается в **зеленый** цвет. (Причина зеленого цвета низких сортов стекол). В окислительном пламени паяльной трубки перл окрашивается в **бурый** цвет.

VIII. Остаток раствора FeSO_4 наливают на часовое стекло и выпаривают на водяной бане.

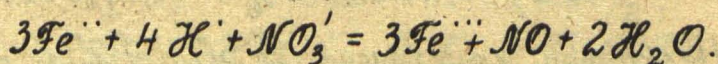
Окисление соли закиси железа в соль окиси. К раствору FeSO_4 (второй части полученного растворения железн раствора) прибавляют несколько капель крепкой азотной кислоты и подогревают в коническом стакане на железной сетке. Ферроион окисляется в феррион.



Ионная реакция происходит согласно уравнения:

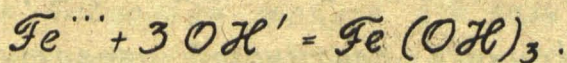


В упрощенном виде можно написать это уравнение следующим образом :



Реакции ферриона Fe^{+++} с полученным раствором сернокислой окиси железа (феррисульфата) прделывают следующие реакции.

I. С раствором NaOH образуется бурый осадок гидрата окиси железа :

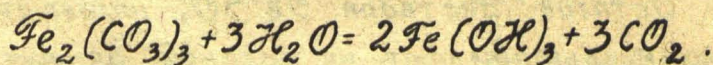
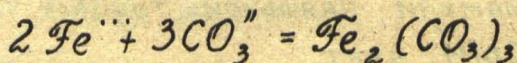


Этот осадок легко растворяется в разбавл. HNO_3 :

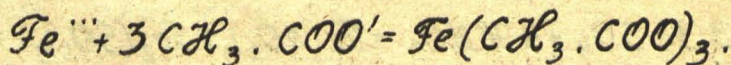


В избытке щелочи он не растворим.

II. С раствором Na_2CO_3 образуется тот же осадок гидрата окиси железа с выделением CO_2 :

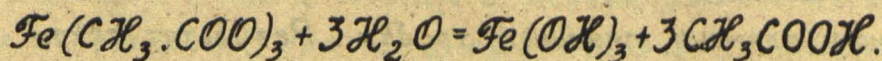


III. Раствор $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ нейтрализуют раствором Na_2CO_3 . (Полученный от избытка Na_2CO_3 осадок снова растворяют прибавлением нескольких капель уксусной кислоты). К полученному нейтральному раствору прибавляют раствор $\text{NH}_4.\text{COOCNH}_3$. Получается темнокрасное окрашивание :



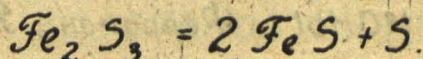
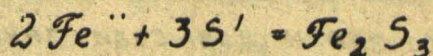
Полученный раствор разбавляют в 10 раз водой

и кипятят в коническом стакане на проволочной сетке в течение 5 минут. Вследствие гидролиза ацетат железа разлагается, выделяя осадок гидрата окиси железа (или основную уксуснокислую соль):

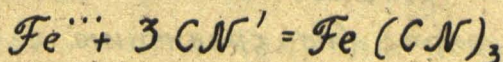


(Какие соли подвергаются гидролизу?)

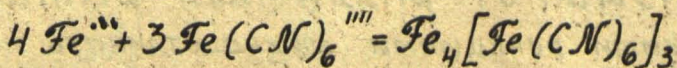
IV. С раствором $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ получается черный осадок сернистого железа: FeS :



V. С раствором KCN образуется осадок феррицианида, растворимый в избытке реактива:

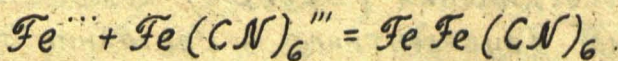


VI. От прибавления раствора $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ получается темносиний осадок ферриферроцианида („берлинская лазурь“).



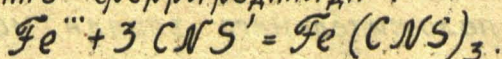
Очень чувствительная реакция.

VII. С раствором $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ осадка не образуется, а лишь темнобурое окрашивание:



Отличие от солей ЗАКИСИ железа.

VIII. С раствором NH_4CNS получается темнокрасное окрашивание вследствие образования недиссоциированного феррироданида:



Весьма чувствительная реакция Fe^{+++} .

IX. Остаток раствора $Fe_2(SO_4)_3$ выпаривают на часовом стеклышке на водяной бане до получения кристаллов.

X. Часть кристаллов нагревают на угле в восстановительном пламени паяльной трубки. Результат такой же, как для солей закиси железа.

XI. Часть кристаллов $Fe_2(SO_4)_3$ нагревают в перле буры (или в фосфорном перле) в восстановительном и в окислительном пламени паяльной трубки. Результаты те же, что и для соли закиси железа.

Изомерные ионы. Ферроион, Fe^{++} и феррион, Fe^{+++} отличаются друг от друга величиной электрического заряда. Двувалентный ион Fe^{++} носит на себе двойной, а трехвалентный ион Fe^{+++} — тройной электрический заряд (по сравнению с одновалентным ионом водорода). Такие ионы, одинаковые по составу но разнящиеся друг от друга по величине заряда, мы называем изомерными ионами.

Из предыдущего видно, что **изомерные ионы показывают различныя реакции.**

Какими реакциями можно отличить ион Fe^{++} от иона Fe^{+++} в растворе?

Найти другие примеры изомерных ионов. Под влиянием свободного кислорода а также кислород выделяющих соединений (HNO_3) железо переходит из состояния двувалентнаго в состояние трехвалентное :



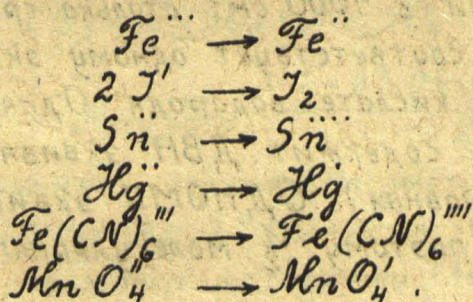
Так как общее количество электрических зарядов в растворе должно оставаться неизменным, то увеличению положительнаго заряда иона железа дол-

жно отвечать уменьшение положительна-ГО заряда другого катиона в растворе или уве-личение отрицательнаГО заряда какого ни-будь аниона в растворе.

Обобщая, мы называем всякое увеличение за-ряда катионов или уменьшение заряда анионов в растворе **ОКИСЛЕНИЕМ**, а вещества способные отдавать свой положительный заряд или воспри-нимать отрицательный заряд **ОКИСЛИТЕЛЯМИ**.

Наоборот, процесс уменьшения положительнаГО за-ряда или увеличения отрицательнаГО заряда ионов мы называем **ВОЗСТАНОВЛЕНИЕМ**, а вещества способные воспринимать положительный или отрица-тельный заряд отдавать, мы называем **ВОЗСТАНОВИ-ТЕЛЯМИ**.

Вопросы: К какой категории надо причи-слить следующие реакции:



К какой категории надо причислить следующие вещества: HNO_3 , HNO_2 , SnCl_2 , SnCl_4 , Hg , HgCl , HgCl_2 , Zn , Mg , Fe , FeSO_4 , FeCl_3 , CrCl_2 , CrCl_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KMnO_4 , MnCl_2 , Cl_2 , HCl , HClO , HClO_3 .

Опыт 30.

Тема: Ацидиметрия.

Приборы: 2 бюретки по 50 см.³; 2 пипетки по 10 см.³; 2 маленькие воронки; штатив для бюреток; 2 измерительные колбочки по 100 см.³; 2 конические колбочки по 100 см.³; бутылка с бюреткой и предохранительной трубкой для раствора Ва(ОН)₂; ареометр и цилиндр; бутылка с пробкой и бюреткой и с 2 предохранительными трубками.

Реактивы: Н₂SO₄ разведенная (чистая); Na₂CO₃ прокаленная (чистая); Ва(ОН)₂; сода продажная; уксус продажный; метилоранж; фенол-фталейн; натристая известь.

Задача I. Приготовление 1/1-нормальной Н₂SO₄.

Нормальным раствором кислоты называют раствор, содержащий в 1000 см.³ столько граммов кислоты, сколько соответствует одному эквиваленту замещаемого в кислоте водорода. Одна грамм-молекула Н₂SO₄ содержит два эквивалента Н (кислота двуосновная). Одному эквиваленту Н соответствует поэтому 1/2 молекулярного веса Н₂SO₄, т. е.

$$\frac{2,016 + 32 + 64}{2} = 49,008 \text{ гр.}$$

Содержание Н₂SO₄ в данной разбавленной серной кислоте определяется по ее удельному весу посредством ареометра. По таблице, указанной в конце руководства, узнаем сколько гр. Н₂SO₄ содержит 1 см.³ данной серной кислоты, причем Х вычисляется из следующей пропорции:

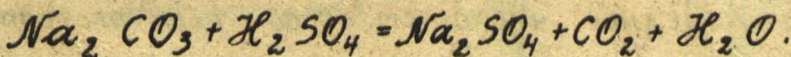
1 см³ ДАННОЙ серн. к — α гр. H₂SO₄
 x " " " " — 4,9008 "

$$x = \frac{4,9008}{\alpha} \text{ см.}^3$$

При помощи пипетки и бюретки прополасканных заранее данной серной кислотой приливаем в измерительную колбочку x см³ ДАННОЙ серной кислоты и добавляем дистиллированной воды до метки. Затем встряхиванием хорошо перемешивают раствор.

ЗАДАЧА II. Приготовление 1/4-нормального раствора соды. Нормальным раствором щелочи называют такой раствор, который для нейтрализации требует равный объем нормальной кислоты.

Нейтрализация соды кислотой происходит согласно следующему уравнению :



$$1 \text{ эквивалент } \text{Na}_2\text{CO}_3 = \frac{2 \times 23,05 + 12 + 3 \times 16}{2} = 53 \text{ гр.}$$

Для приготовления нормального раствора взвешиваем на часовом стеклышке 5,3 гр. чистой, прокаленной (почему?) соды, всыпаем осторожно (без потери!) перышком через воронку в измерительную колбочку в 100 см³, прополаскиваем часовое стекло и воронку дистиллированной водой и дополняем водой до метки. Встряхивая колбочку, растворяем соду и хорошо перемешиваем раствор.

ЗАДАЧА III. УСТАНОВКА ТИТРА H₂SO₄ ПО СОДЕ. Обе бюретки промывают сначала смесью H₂O₂ с H₂SO₄, чтобы очистить их от жи-

ра, затем тщательно прополаскивают водой и оставляют на некоторое время в обратном положении для того, чтобы вода по возможности стекла.

К каждой бюретке присоединяют резиновую трубку - со стеклянным шариком (ср. рис. 8) и стеклянную трубку с острым концом. Первую бюретку прополаскивают 2-3 раза раствором $\frac{1}{1}$ -норм. H_2SO_4 , выпуская каждый раз раствор обратно в колбочку с H_2SO_4 и наполняют ее до нуля. Те же операции проделывают со второй бюреткой и с $\frac{1}{1}$ -норм. раствором Na_2CO_3 . В коническую колбочку в 100 см^3 приливают из бюретки 10 см^3 $\frac{1}{1}$ -норм. раствора Na_2CO_3 , прибавляют одну каплю раствора метилоранжа и "титруют" $\frac{1}{1}$ -норм. раствором H_2SO_4 из бюретки (т.е. прибавляют столько H_2SO_4 сколько нужно для изменения цвета метилоранжа из желтого в розовый). Это определение повторяют 2-3 раза и берут среднее число $\text{см}^3 : \alpha$. 1 см^3 раствора H_2SO_4 отвечает $\frac{10}{\alpha}\text{ см}^3$ $\frac{1}{1}$ -норм. раствора Na_2CO_3 .

Это число называют "титром" серной кислоты.

Задача IV. Определение содержания Na_2CO_3 в продажной соде. Взвешивают 10 гр. продажной соды и растворяют это количество в 100 см^3 . Берут пипеткой 10 см^3 полученного раствора и титруют после прибавления одной капли метилоранжа $\frac{1}{1}$ -норм. H_2SO_4 . На титрование уходит 8 см^3 $\frac{1}{1}$ -норм. H_2SO_4 .

$$1\text{ см}^3 \frac{1}{1}\text{-норм. } H_2SO_4 \text{ отвечает } \frac{10}{\alpha}\text{ см}^3 \frac{1}{1}\text{-норм. } Na_2CO_3,$$

$$\text{т.е. " " " " " " } \frac{10 \cdot 53}{1000\alpha} = \frac{0,53}{\alpha} \text{ гр. } Na_2CO_3$$

10 см^3 раствора продажной соды содержит 1 гр.

Следовательно содержание в продажной соде Na_2CO_3 равно $\frac{53.6}{a}\%$.

Задача V. Приготовление баритовой воды. 250 гр. крист. едкого барита, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ растворяют в 250 см^3 кипящей воды в колбе. Отверстие колбы закрывают пробкой с просверленным отверстием, через которую проходит предохранительная трубка, наполненная натристой известью. После охлаждения, когда осадок нерастворившегося углекислого бария осел на дне сосуда, выбирают сифоном чистый раствор и вливают последний в 2-литровую банку, соединенную с бюреткой, как показано на рис.

32. К этому раствору приливают еще около 1750 см^3 воды, перемешивают и дают отстояться.

Задача VI. Определение титра баритовой воды. Выбирают пипеткой точно 10 см^3 $\frac{1}{1}$ -норм. H_2SO_4 (задача I) и разбавляют в измерительной колбочке на 100 см^3 . Титр полученной $\frac{1}{10}$ -норм. H_2SO_4 будет равняться $\frac{1}{a}$ (ср. задачу III). Этим раствором наполняют одну из бюреток до нуля. Напол-

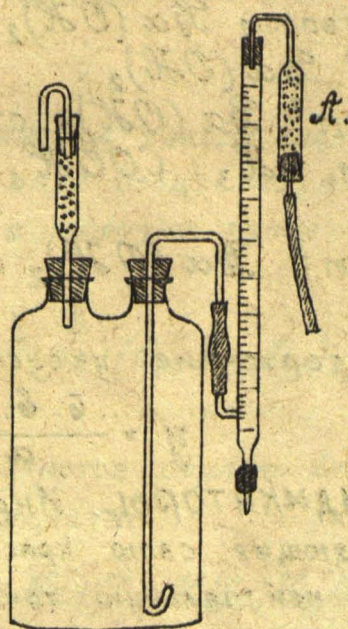


рис. 32.

Прибор для титрования баритовой водой.

няют бюретку, соединенную с бутылкой с баритовой водой до 0, всасывая последнюю через присоединенную к бюретке предохранительную трубку \mathcal{K} .

В коническую колбу вливают 10 см^3 баритовой воды и титруют, после прибавления одной капли фенолфталейна $\frac{1}{10}$ -норм. $\mathcal{H}_2\text{SO}_4$.

На титрование уходит $\mathcal{b} \text{ см}^3 \mathcal{H}_2\text{SO}_4$, что отвечает $\frac{\mathcal{b}}{\alpha}$ эквивалента \mathcal{X} . Следовательно титр баритовой воды :

$$x = \frac{\mathcal{b}}{10 \cdot \alpha}$$

Задача VII. Определение содержания кислоты в уксусе. Выбирают пипеткой 10 см^3 уксуса и вливают в коническую колбочку. Прибавляют одну каплю фенолфталейна и титруют раствором $\mathcal{B}\alpha(\text{OH})_2$. На титрование уходит $\mathcal{c} \text{ см}^3 \mathcal{B}\alpha(\text{OH})_2$.

$1 \text{ см}^3 \mathcal{B}\alpha(\text{OH})_2$ отвечает $\frac{\mathcal{b}}{10 \cdot \alpha}$ эквивал. уксусн. кисл. $\text{C}\mathcal{H}_3\text{COOH}$, т.е. $\frac{60 \cdot \mathcal{b}}{10 \cdot \alpha}$ гр. кислоты.

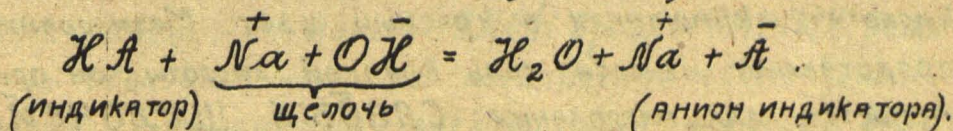
$\mathcal{c} \text{ см}^3 \mathcal{B}\alpha(\text{OH})_2$ отвечает $\frac{\mathcal{b} \cdot \mathcal{c}}{\alpha}$ гр. кислоты.

Содержание уксусной кислоты в процентах :

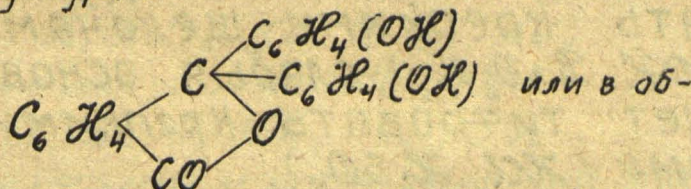
$$y = \frac{\mathcal{b} \cdot \mathcal{c}}{\alpha} \cdot \frac{100}{10} = \frac{60 \cdot \mathcal{b} \cdot \mathcal{c}}{\alpha} \%$$

Индикаторы. Индикаторами называем вещества, меняющая свою краску при переходе раствора через нейтральную точку. Такими веществами являются некоторые кислоты и их соли. В кислом растворе эти кислоты существуют в недиссоциированном состоянии : цвет раствора отвечает краске недиссоциированной кислоты $\mathcal{H}\mathcal{X}$. В щелоч-

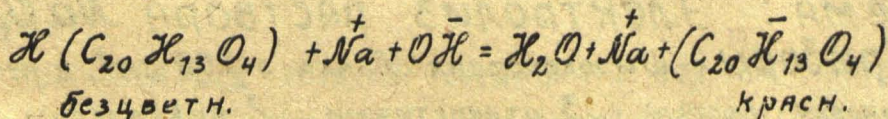
нам растворе индикатор сам испытывает, нейтрализацию, т.е. его водородные ионы соединяются с гидроксильными ионами щелочи образуя недиссоциированную воду: в растворе остаются наряду с ионами металла (щелочи) ионы кислотного остатка индикатора, которые и вызывают изменение окраски раствора. Реакция, происходящая при нейтрализации индикатора, может быть выражена следующим уравнением:



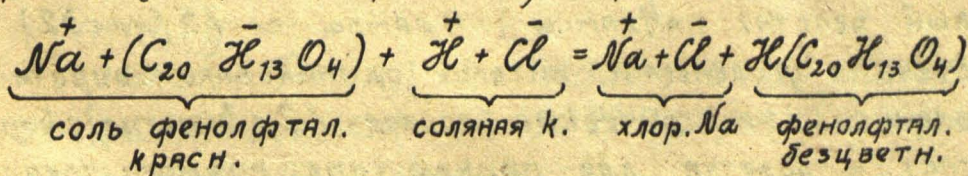
Фенолфталеин - органическое соединение сложной структуры:



щей формуле $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ является слабой кислотой и в недиссоциированном виде безцветно; анион окрашен в красный цвет. Со щелочью происходит следующая реакция:

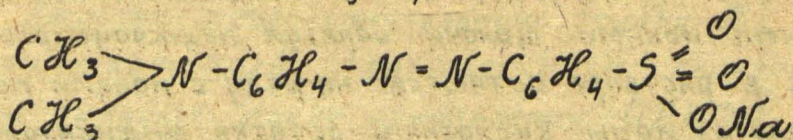


При титровании кислотой получается обратно безцветное (недиссоциированное) вещество:



Фенолфталеин является слабой кислотой и применяется для титрования крепких щелочей и

слабых кислот. Метилоранж это натриевая соль диметилазобензолсульфо кислоты



или общая формула $(\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{O}_3\text{N}_3\text{S}) \cdot \text{Na}$.

В щелочном растворе она образует желтый анион, в кислом растворе получается недиссоциированная кислота, окрашенная в красный цвет. Метилоранж представляет из себя соль крепкой кислоты; он применяется для титрования **слабых щелочей**.

В общем применяется следующее правило: **слабья кислоты** следует титровать крепкими щелочами (NaOH , KOH , BaO_2H_2), **слабья основания** следует титровать крепкими кислотами (HCl , H_2SO_4).

Объяснить это правило.

Опыт 31.

Тема: Электролиз раствора NaOH .

Приборы: Широкогорлая банка в 200 см^3 , к ней резиновая пробка с 3 отверстиями; 2 никкелевых электрода приваренные к толстым никкелевым проволокам (2 мм); 2 электрических зажима; ламповый реостат на 4 лампы; 4 лампы по 25 (или 32) свечи с угольными нитями одинакового сопротивления; электрические провода (2-3 метра); контакт и розетка для приключения прямого тока; 2 раза согнутая газоотводная трубка; батарейный стакан; измерительная газовая трубка в

50 см.³; барометр; термометр; часы; экономическая лампочка равного числа свечей как и угольные.

РЕАКТИВЫ: раствор NaOH (свободного от Cl) 15 %.

НАЗВАНИЯ. Разложение веществ при прохождении через них электрического тока называем **ЭЛЕКТРОЛИЗОМ**.

Вещества, проводящая ток и подвергающаяся электролизу, называем **ЭЛЕКТРОЛИТАМИ**. Вещества образующиеся при электролитическом распадении (диссоциации) электролитов называем **ИОНАМИ**.

Положительные ионы называем **КАТИОНАМИ**.

Примеры: H^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Sr^{++} , NH_4^+ .

Отрицательные ионы называем **АНИОНАМИ**.

Примеры: Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , SO_4^{--} , PO_4^{--} .

Поверхности (металлов), на которых происходит выделение (или образование) ионов, называем **ЭЛЕКТРОДАМИ**.

Тот электрод, который соединен с положительным полюсом источника тока (батареи) называем **АНОДОМ**.

Тот электрод, который соединен с отрицательным полюсом источника тока, называем **КАТОДОМ**.

КАТИОНЫ направляются при электролизе к катоду, **АНИОНЫ** направляются к аноду.

I. Закон Фарадэя: Количество ионов выделяющихся на электродах пропорционально силе тока и времени:

$$m = F \cdot i \cdot t.$$

(m = масса выделившегося вещества, i = сила тока,

t - время, F - постоянная).

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО: Электролизер состоит из широкогорлой банки A в 200 см^3 , плотно закрытой резиновой пробкой. Через пробку проведены две толстые никкелевые проволоки (1-2

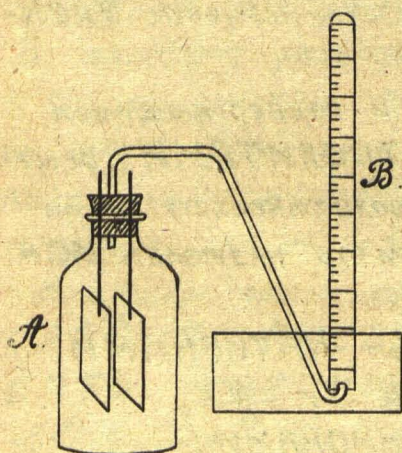


рис. 33.

Прибор для электролиза раствора NaOH .

мм. диаметра), приваренные к двум никкелевым пластинкам а также два раза согнутая стеклянная трубка для отвода газов. Банка A наполнена 15% -ым раствором чистаго едкого натра (свободнаго от хлора!) Один никкелевый электрод соединяется непосредственно с одним из полюсов источника ПРЯМОГО тока, второй электрод присоединяется к

концу ламповаго реостата, второй конец котораго соединен со вторым полюсом источника тока. Включают одну лампу и электролизуют раствор NaOH в течение $10'$ собирая выделяющиеся газы в измерительной трубке B . Затем повторяют опыт при включении 2 и 4 ламп. Приводят наблюденные объемы к атмосферному давлению и проверяют закон Фарадея. Лампы должны обладать одинаковыми сопротивлениями.

Расход тока калильной лампочки. Один ампер выделяет в минуту:

$6,96 \text{ см}^3 \text{ H}_2$

$3,48 \text{ см}^3 \text{ O}_2$

$10,44 \text{ см}^3$ гремучаго газа.

Среднее из предыдущих 3 определений дает нам объем гремучаго газа, выделившийся в $10' = V$. Определяем температуру t и барометрическое давление f .¹⁾ Приводя полученный объем к 0° , нормальному давлению и сухости,²⁾ вычисляем объем гремучаго газа, выделившийся в ОДНУ минуту :

$$v_1 = \frac{v(f-q)273}{10 \cdot 760(273+t)}$$

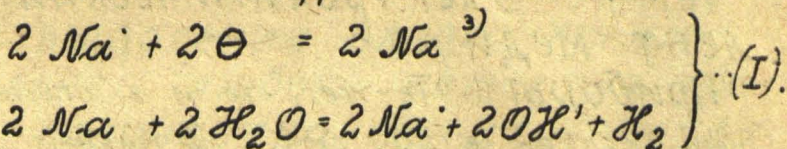
Сила тока : $i = \frac{v_1}{10,44} = \frac{v \cdot (f-q) \cdot 273}{10 \cdot 10,44 \cdot 760(273+t)}$

Теория электролиза NaOH. Согласно теории электролитической диссоциации NaOH после растворения в воде распадается на ионы :

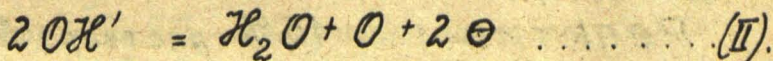


Во время электролиза происходят следующие реакции :

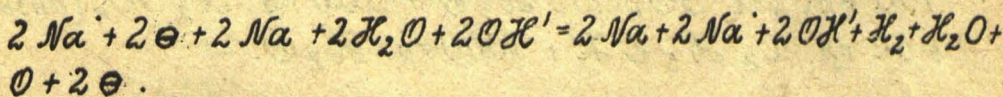
I на катоде :



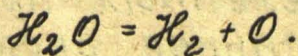
II на аноде :



Слагая уравнение I и II, получаем :



После сокращения :



Т.е. электролиз NaOH сводится в дей-

¹⁾ ср. стр. 12 ; ²⁾ ср. стр. 13 ; ³⁾ e⁻ обозначает 1 электрон.

ствительности (после удаления промежуточных реакций) к разложению воды.

Сравнение экономической лампочки с угольной. В реостат вставляют на место одной из примененных в предыдущем опыте лампочек с угольной нитью - экономическую лампочку, дающую равное число свечей. Производят электролиз NaOH в течение 10 (или 20) минут и вычисляют силу тока i . Экономический коэффициент вычисляется по отношению:

$(100 - \frac{i}{I} \cdot 100)$ в процентах силы тока.

ЗАДАЧА. Вычислить отношение сопротивления в обеих лампочках. Как объяснить экономию лампочки с металлической нитью?

Опыт 32.

Тема: Электрохимический эквивалент меди.

Приборы: Те же, что и в опыте 31. Ч-угольный стакан в 500 см^3 ; 2 медных электрода $10 \times 10 \text{ см}^2$; прибор Киппа для $\text{H}_2(\text{CO}_2)$; точные весы.

Реактивы: 15% раствор NaOH (свободный от Cl); 96% спирт; раствор Эттеля: 150 гр. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 500 гр. H_2SO_4 (разв.) + 50 гр. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ + 1000 гр. H_2O .

II закон Фарадэя. Количества веществ, выделенных при данной силе тока в данное время, относятся друг к другу так, как их химиче-

ские эквивалентные веса (определение эквивалентного веса : ср. опыт 9).

Первый закон Фарадея выражается уравнением :

$$m = k \cdot i \cdot t \dots \dots \dots (1).$$

Согласно второму закону Фарадея :

$$k = \frac{A}{z} \dots \dots \dots (2)$$

где A = эквивалентный вес иона, z - константа. Соединяя оба уравнения и обозначая :

$$\frac{1}{z} = F,$$

получаем

$$m = \frac{A \cdot i \cdot t}{F} \dots \dots \dots (3).$$

Если m и A выразить в граммах, силу тока в амперах, время в секундах, тогда

$$F = 96585 \text{ ампер - секунд (кулонов),}$$

т.е. для выделения одного грамм-эквивалента любого вещества требуется количество электричества равное 96585 ампер - секундам.

Медный кулометр. Для электролиза применяется раствор $CuSO_4$ следующего состава :

150 гр. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (медного купороса) +

500 гр. разбавленной серной кислоты +

50 гр. спирта +

1000 гр. воды.

Жидкость наливается в 4 - угольный сосуд, в который погружаются 2 медных электрода. Катод должен быть заранее покрыт гальванически медью.

До опыта его промывают дважды водой, раз спир-

том и высушивают над нагретой железной пластинкой. Затем взвешивают катод: вес = α . После этого включают в цепь тока последовательно ламповый реостат (2 лампы) электролизер с раствором NaOH (ср. предыдущий опыт) и медный кулометр и замыкают ток на 20-30 минут.

Плотность тока должна быть не меньше 0,002 ампера и не больше 0,02 ампер на 1 см^2 катодной поверхности. Во время электролиза следует через раствор пропускать слабый ток водорода или углекислого ангидрида из аппарата Кипля. После опыта вынимают катод из раствора, промывают дважды водой, один раз спиртом, сушат над разогретой пластинкой железа и взвешивают. Вес = β . Определяют температуру гремучаго газа, высоту воды в измерительной трубке над уровнем воды во внешнем сосуде и барометрическое давление.

Вычисление I. Приводят объем измеренного гремучаго газа к нормальным условиям по формуле:

$$V_0 = \frac{v \left(f - \frac{t}{13,6} - q \right) 273}{760(273+t)}$$

Один эквивалент водорода + один эквивалент кислорода требуют расхода в 96585 ампер-сек. Это количество газа занимает объем = $\frac{22412}{2} + \frac{22412}{4} = 16809\text{ см}^3$.

1 ампер - секунда выделяет $\frac{16809}{96585} = 0,1740\text{ см}^3$ гремучаго газа.

Найденный объем отвечает:

$$\frac{V_0}{0,1740} \text{ ампер - секундам.}$$

Электрохимический эквивалент меди:

$$A_{\text{Cu}} = \frac{96585 (\beta - \alpha) 0,1740}{V_0} \text{ гр.}$$

Опыт 33.

Тема: Электролитическая диссоциация растворов.

Приборы: U-образная трубка с 2 просверленными пробками; 2 платиновых электрода; кулометр с раствором NaOH и никкелевыми электродами (от опыта 31); ламповый реостат.

Реактивы: Вода дистиллированная и обыкновенная; бензол; толуол. Растворы: сахара, HCl , C_2H_5 , COOH , NaOH , NH_3 , NaCl ; CuCl_2 , Na_2SO_4 , лакмуса. Лакмусовая бумажка; раствор фенолфталеина.

Метод: В оба колена U-образной трубки вводят пару платиновых электродов (рис. 34); в трубочки электродов, наполненные ртутью вводят медные проволоки и соединяют последние с полюсами электрического тока. В цепь тока включают ламповый реостат и кулометр с раствором NaOH (от опыта 31). По количеству выделяющегося в кулометре газа (и по степени накаливания лампочки) судят об электропроводности следующих растворов.

Опыт: В U-образную трубочку вводят:
а) дистиллированную воду;

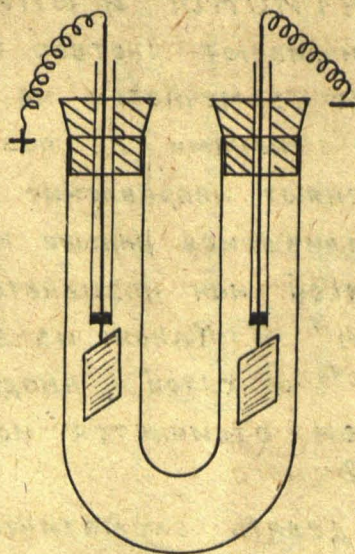


рис. 34.

Прибор для исследования электропроводности растворов.

- б) обыкновенную воду (из крана) ;
с) бензол или толуол (высушить заранее прибор!);
д) разбавленные растворы ;
1) сахара ;
2) HCl ;
3) $CH_3 \cdot COOH$;
4) $NaOH$;
5) NH_3 ;
6) $NaCl$.

Исследованные вещества распределяют в ряд по порядку возрастающей электропроводности.

Вопросы: Какая связь существует между электропроводностью, осмотическим давлением раствора и молекулярным весом веществ в растворе ?

Что понимается под терминами „электролитическая диссоциация“ и „ионизация“ ?

КАТИОНЫ и АНИОНЫ. В U-образную трубку наливают раствор $CuCl_2$ и пропускают ток.

Что замечается на электродах ? Что происходит с ионами на поверхности электродов ?

Меняют направление тока : что происходит с медью, выделившейся раньше на электроде ?

Какой ион называется „катионом“ и какой „анионом“ ? Какой из электродов называется „катодом“ и какой „анодом“ ?

Чем отличается ион от нейтрального элемента ?

Сделать схематический рисунок, объясняющий происходящее в гальванической цепи.

ОБРАЗОВАНИЕ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ.

В U-образную трубку вводят раствор Na_2SO_4 , подкрашенный **НЕЙТРАЛЬНЫМ** раствором лак-

муса. Объяснить изменения лакмуса от действия тока.

Какие ионы имеются в растворе?

Какие ионы выделяются на электродах?

Смачивают лакмусовую бумажку раствором Na_2SO_4 , помещают на стеклянную пластинку и прикасаются к бумажке полюсами электрического провода.

Тот же опыт проделывают с бумажкой, смоченной раствором фенолфталеина + Na_2SO_4 .

Каким образом можно определить знак полюсов электрического тока?

На какие ионы распадается вода? Какова степень диссоциации воды?

Опыт 34.

Тема: Температура превращения иодной ртути.

Приборы: Прибор для определения температуры плавления, наполненный вазелиновым маслом (рис. 35). Трубочка *a* из тонкого стекла (вытянутой из пробирки капиллярной трубки). Термометр от 0° - 200° деленный на $\frac{1}{1}^\circ$. Бунзеновская горелка.

Реактивы: $Hg I_2$ красная.

Опыт. В трубочку *a*, запаянную с одного конца, вводят немного иодной ртути (слой 5 мм. высоты), запаяют верхний конец трубочки

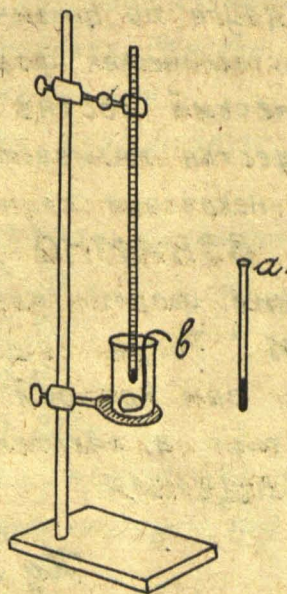


рис. 35.
Прибор для определения температур плавления.

и прикрепляют ее к термометру. (Она пристает к термометру вследствие капиллярности масла). Перемешивают жидкость в приборе посредством мешалки *в* и подогревают масло бунзеновской горелкой.

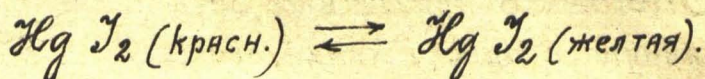
Определяют :

а) температуру, при которой происходит изменение цвета иодной ртути при нагревании и при охлаждении ; (опыт проверяют несколько раз при **медленном** изменении температуры в ту и в другую сторону, регулируя скорость повышения и понижения температуры пламенем горелки).

б) температуру плавления и застывания иодной ртути.

Полиморфизм. Одно и то же вещество может существовать в нескольких формах, отличных друг от друга по физическим свойствам (цвет, плотность, кристаллическая форма) имеющих однако тот же химический состав. Такие формы одного и того же вещества называем **полиморфными формами**.

В некоторых случаях эти формы могут превращаться **ВЗАИМНО** друг в друга ($Hg I_2, S, Sn$); такие формы называются **ЭНАНТИОТРОПНЫМИ**. Тогда существует определенная температура, при которой **обе** формы (связи) могут находиться в равновесии. Это температура **превращения**.



Выше температуры превращения более устойчивой является одна форма (желтая $Hg I_2$) а ниже другая форма (красная $Hg I_2$).

Явления „превращения“ энантиотропных форм показывают большое сходство с явлениями плавления (равновесие „конденсированных“ фаз).

В других случаях превращение может происходить лишь в одном направлении, напр.

белый фосфор \Rightarrow красный фосфор.

Тогда одна из полиморфных форм является При всех температурах более устойчивой. В таком случае мы называем обе формы моно-тропными.

Опыт 35.

Тема : Кривая плавкости смеси.
Эвтектическая смеси.

Приборы : Прибор для определения температур плавления (рис. 35) ; 7 трубочек из тонкого стекла; (ср. предыдущий опыт (рис. 35. а) ; часовое стеклышко ; точные весы ; ступка ; бунзеновская горелка .

Реактивы : Нафталин и фенантрен .

Опыт . На часовом стеклышке взвешивают следующие 5 смесей :

- | | | | | |
|----|----------|-----------|------------|------------|
| 1) | 0,20 гр. | нафталина | + 0,80 гр. | фенантрена |
| 2) | 0,40 | „ | + 0,60 | „ |
| 3) | 0,50 | „ | + 0,50 | „ |
| 4) | 0,60 | „ | + 0,40 | „ |
| 5) | 0,80 | „ | + 0,20 | „ |

Каждую из смесей растирают хорошенько в ступке и пересыпают в снабженную номером трубочку с пробкой.

Определяют температуры плавления и застывания всех смесей а также чистаго нафталина и фенантрена . Полученныя данныя наносят на

миллиметровой бумаге, откладывая вдоль оси абсцисс количество нафталина в % на 100 гр. смеси а вдоль оси ординат температуры начала плавления и начала застывания. Соединяют полученные точки сплошными линиями.

Найти, какие фазы находятся в равновесии вдоль каждой из полученных кривых.

Интервалл плавления и застывания.

Чистый химический индивид застывает и плавится при одной определенной температуре (критерии чистоты веществ). Смеси же и растворы в общем плавятся и застывают в некотором промежутке температур. В таком случае различают температуру НАЧАЛА плавления и температуру, отвечающую КОНЦУ плавления, а также температуру начала застывания и температуру окончания застывания.

Точные определения этих температур можно произвести с большими количествами исследуемых препаратов, определяя точки остановок термометра при МЕДЛЕННОМ нагревании и при медленном охлаждении массы.

Эвтектическая смеси. Прибавление вещества В (фенантрена) к веществу А (нафталину) понижает температуру плавления последнего. Наоборот прибавление вещества А к веществу В понижает температуру плавления вещества В. Таким образом смеси плавятся и застывают в общем при температурах более низких нежели вещество с более высокой температурой плавления.

Точка пересечения обеих кривых плавкости называется **эвтектической точкой**. Она отвечает смеси с **НАИНИЗШЕЙ** температурой пла-

вления („эвтектическая смесь“). Эвтектическая температура, очевидно, лежит ниже температуры плавления вещества с низшей температурой плавления.

Эвтектическая смесь плавится и застывает при **ОДНОЙ** постоянной температуре, как химический индивид. Но она не является химическим соединением, ибо ее состав не отвечает кратному отношению молекул обоих компонентов.

Вопросы. Вычислить состав эвтектической смеси нафталина + фенантрена в **молекулярных процентах** (ср. опыт 15, стр. 52).

Найти отношение :

$$\frac{\text{число молекул нафталина}}{\text{число молекул фенантрена}}$$

Отвечает ли это отношение простому целому числу? Какое заключение можно отсюда вывести.

Сколько фаз может находиться в равновесии в эвтектической точке? Перечислить все эти фазы.

III. ТАБЛИЦЫ.

Таблица 1.

Атомные веса элементов. (Holleman, Lehrb. x d. anorg. Chemie).

| Элемент. | Символ. | Атомный вес. | Элемент. | Символ. | Атомный вес. |
|-----------|---------|--------------|-----------|---------|--------------|
| Серебро | Ag | 107,88 | Железо | Fe | 55,84 |
| Алюминий | Al | 27,1 | Галлий | Ga | 69,9 |
| Аргон | Ar | 39,88 | Гадолиний | Gd | 157,3 |
| Мышьяк | As | 74,96 | Германий | Ge | 72,5 |
| Золото | Au | 197,2 | Водород | H | 1,008 |
| Бор | B | 11,0 | Гелий | He | 4,00 |
| Барий | Ba | 137,37 | Ртуть | Hg | 200,6 |
| Бериллий | Be | 9,1 | Гольмий | Ho | 163,5 |
| Висмут | Bi | 208,0 | Индий | In | 114,8 |
| Бром | Br | 79,92 | Иридий | Ir | 193,1 |
| Углерод | C | 12,005 | Иод | I | 126,92 |
| Кальций | Ca | 40,07 | Калий | K | 39,10 |
| Кадмий | Cd | 112,40 | Криптон | Kr | 82,92 |
| Церий | Ce | 140,25 | Лантан | La | 139,0 |
| Хлор | Cl | 35,46 | Литий | Li | 6,94 |
| Кобальт | Co | 58,97 | Лютеций | Lu | 175,00 |
| Хром | Cr | 52,0 | Магний | Mg | 24,32 |
| Цезий | Cs | 132,81 | Марганец | Mn | 54,93 |
| Медь | Cu | 63,57 | Молибден | Mo | 96,0 |
| Диспрозий | Dy | 162,5 | Азот | N | 14,01 |
| Эрбий | Er | 167,7 | Натрий | Na | 23,00 |
| Европий | Eu | 152,0 | Ниобий | Nb | 93,5 |
| Фтор | F | 19,0 | Неодим | Nd | 144,3 |

| Элемент. | Символ. | Атомный вес. | Элемент. | Символ. | Атомный вес. |
|------------------|---------|--------------|----------|---------|--------------|
| Неон | Ne | 20,2 | Самарий | Sm | 150,4 |
| Никкель | Ni | 58,68 | Олово | Sn | 118,7 |
| Нитан (Эманация) | Nt (Em) | 222,4 | Стронций | Sr | 87,63 |
| Кислород | O | 16,00 | Тантал | Ta | 181,5 |
| Осмий | Os | 190,9 | Тербий | Tb | 159,2 |
| Фосфор | P | 31,04 | Теллур | Te | 127,5 |
| Свинец | Pb | 207,20 | Торий | Th | 232,4 |
| Палладий | Pd | 106,7 | Титан | Ti | 48,1 |
| Прозеодим | Pr | 140,9 | Таллий | Tl | 204,0 |
| Платина | Pt | 195,2 | Туллий | Tm | 168,5 |
| Радий | Ra | 226,0 | Уран | U | 238,2 |
| Рубидий | Rb. | 85,45 | Ванадий. | V | 51,0 |
| Родий | Rh | 102,9 | Вольфрам | W | 184,0 |
| Рутений | Ru | 101,7 | Ксенон | X | 130,2 |
| Серя | S | 32,06 | Иттрий | Y | 88,7 |
| Сурьмя | Sb | 120,2 | Итербий | Yb | 173,5 |
| Скандий | Sc | 44,1 | Цинк | Zn | 65,37 |
| Селен | Se | 79,2 | Цирконий | Zr | 90,6 |
| Кремний | Si | 28,3 | | | |

ТАБЛИЦА 2.

Поправки на показания барометра.

| Температура. | поправка. | Температура. | Поправка. |
|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 12° | - 1,6 мм. | 20° | - 2,6 мм. |
| 13° | - 1,7 " | 21,5° | - 2,8 " |
| 14° | - 1,8 " | 23° | - 3,0 " |
| 15° | - 2,0 " | 24,5° | - 3,2 " |
| 17° | - 2,2 " | 25° | - 3,3 " |
| 18,5° | - 2,4 " | 26° | - 3,4 " |

Таблица 3.

Удельные веса воды при различных температурах
 1 см³ воды весит при температуре t° d гр.

| | | | |
|-----------------|----------------|------------------|----------------|
| $t = 0^{\circ}$ | $d = 0,999868$ | $t = 22^{\circ}$ | $d = 0,997797$ |
| 2° | 9927 | 24° | 7322 |
| 3,98° | 1,000000 | 26° | 0,996810 |
| 6° | 0,999968 | 28° | 6259 |
| 8° | 9876 | 30° | 0,995673 |
| 10° | 9727 | 32° | 5052 |
| 12° | 9525 | 34° | 0,994397 |
| 14° | 9271 | 36° | 0,993710 |
| 16° | 0,998970 | 38° | 0,992991 |
| 18° | 8622 | 40° | 2241 |
| 20° | 8230 | | |

Таблица 4.

Удельные веса ртути при различных температурах.

| Температура | Плотность | Температура | Плотность |
|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 0° | 13,5956 | 13° | 13,5635 |
| 1 | 5931 | 14 | 5611 |
| 2 | 5907 | 15 | 5586 |
| 3 | 5882 | 16 | 5562 |
| 4 | 5857 | 17 | 5537 |
| 5 | 5833 | 18 | 5513 |
| 6 | 5808 | 19 | 5488 |
| 7 | 5783 | 20 | 5463 |
| 8 | 5759 | 21 | 5439 |
| 9 | 5734 | 22 | 5414 |
| 10 | 5709 | 23 | 5390 |
| 11 | 5685 | 24 | 5365 |
| 12 | 5660 | 25 | 5341 |

Таблица 5.

Удельные веса растворов солей (к опыту 16).

| № соли в 100 гр раствора | Плотность при 15° | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|---------|--------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | KCl | NaCl | NH ₄ Cl | KNO ₃ | ^{*)} NaNO ₃ | H ₂ SO ₄ |
| 1 | 1,00650 | 1,00725 | 1,00316 | 1,00641 | 1,0065 | 1,00820 |
| 2 | 1,01300 | 1,01450 | 1,00632 | 1,01283 | 1,0131 | 1,01635 |
| 3 | 1,01950 | 1,02174 | 1,00948 | 1,01924 | 1,0197 | 1,02450 |
| 4 | 1,02600 | 1,02899 | 1,01264 | 1,02566 | 1,0264 | 1,03277 |
| 5 | 1,03250 | 1,03624 | 1,01580 | 1,03207 | 1,0332 | 1,04105 |
| 6 | 1,03916 | 1,04306 | 1,01880 | 1,03870 | 1,0399 | 1,04947 |
| 7 | 1,04582 | 1,05108 | 1,02180 | 1,04534 | 1,0468 | 1,05790 |
| 8 | 1,05248 | 1,05851 | 1,02481 | 1,05197 | 1,0537 | 1,06644 |
| 9 | 1,05914 | 1,06593 | 1,02781 | 1,05861 | 1,0606 | 1,07490 |
| 10 | 1,06580 | 1,07335 | 1,03081 | 1,06524 | 1,0676 | |
| 11 | 1,07271 | 1,08097 | 1,03370 | 1,07215 | 1,0746 | |
| 12 | 1,07962 | 1,08859 | 1,03658 | 1,07905 | 1,0817 | |
| 13 | 1,08652 | 1,09622 | 1,03947 | 1,08596 | 1,0899 | |
| 14 | 1,09345 | 1,10384 | 1,04325 | 1,09288 | 1,0962 | |
| 15 | 1,10036 | 1,11146 | 1,04524 | 1,09971 | 1,1035 | |
| 16 | 1,10750 | 1,11938 | 1,04805 | 1,10701 | 1,1109 | |
| 17 | 1,11465 | 1,12730 | 1,05806 | 1,11426 | 1,1184 | |
| 18 | 1,12179 | 1,13523 | 1,05367 | 1,12150 | 1,1260 | |
| 19 | 1,12894 | 1,14315 | 1,05648 | 1,12875 | 1,1338 | |
| 20 | 1,13608 | 1,15107 | 1,05929 | 1,13599 | 1,1418 | |
| 21 | 1,14348 | 1,15931 | 1,06204 | 1,14361 | 1,1498 | |
| 22 | 1,15088 | 1,16755 | 1,06479 | | 1,1578 | |
| 23 | 1,15828 | 1,17580 | 1,06754 | | 1,1659 | |
| 24 | 1,16508 | 1,18404 | 1,07029 | | 1,1740 | |
| 25 | | 1,19228 | 1,07304 | | 1,1822 | |
| 26 | | 1,20098 | 1,07575 | | 1,1904 | |
| 27 | | 1,20433 | | | 1,1987 | |
| 28 | | | | | 1,2070 | |
| 29 | | | | | 1,2154 | |
| 30 | | | | | 1,2239 | |

*) при 25,2°

Таблица 6.

Удельные веса серной кислоты различного содержания.

| Удельн. вес при 15° | Нормальность H_2SO_4 . | Удельн. вес при 15° | Нормальность H_2SO_4 |
|------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|
| 1,010 | 0,324 | 1,210 | 7,052 |
| 1,020 | 0,634 | 1,220 | 7,424 |
| 1,030 | 0,951 | 1,230 | 7,803 |
| 1,040 | 1,264 | 1,240 | 8,162 |
| 1,050 | 1,578 | 1,250 | 8,521 |
| 1,060 | 1,896 | 1,260 | 8,882 |
| 1,070 | 2,223 | 1,270 | 9,248 |
| 1,080 | 2,555 | 1,280 | 9,623 |
| 1,090 | 2,887 | 1,290 | 10,00 |
| 1,100 | 3,219 | 1,300 | 10,39 |
| 1,110 | 3,556 | 1,310 | 10,78 |
| 1,120 | 3,885 | 1,320 | 11,17 |
| 1,130 | 4,219 | 1,330 | 11,57 |
| 1,140 | 4,559 | 1,340 | 11,95 |
| 1,150 | 4,903 | 1,350 | 12,34 |
| 1,160 | 5,249 | | |
| 1,170 | 5,600 | | |
| 1,180 | 5,958 | | |
| 1,190 | 6,319 | | |
| 1,200 | 6,685 | | |

ТАБЛИЦА 7.

Растворимость солей при 18°: в 100 гр. воды при 18° растворяется гр.:
(СМИТ).

| | K | Na | Li | Ag | Fl | Ba | Sr | Ca | Mg | Zn | Pb |
|-------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Cl | 32,95 | 35,86 | 77,79 | $16 \cdot 10^{-5}$ | 0,3 | 37,94 | 51,09 | 73,19 | 55,81 | 203,9 | 1,49 |
| Br | 65,86 | 88,76 | 168,7 | $1 \cdot 10^{-5}$ | 0,04 | 103,6 | 96,52 | 143,3 | 103,1 | 478,2 | 0,598 |
| I | 137,5 | 177,9 | 161,5 | $35 \cdot 10^{-8}$ | 0,006 | 201,4 | 169,2 | 200 | 148,2 | 419 | 0,08 |
| F | 92,56 | 4,44 | 0,27 | 195,4 | 72,05 | 0,16 | $12 \cdot 10^{-3}$ | $16 \cdot 10^{-4}$ | $76 \cdot 10^{-4}$ | $5 \cdot 10^{-3}$ | 0,07 |
| NO ₃ | 30,34 | 83,97 | 71,43 | 213,4 | 8,91 | 8,74 | 66,27 | 121,8 | 74,31 | 117,8 | 51,66 |
| ClO ₃ | 6,6 | 97,16 | 313,4 | 12,25 | 3,69 | 35,42 | 174,9 | 179,3 | 126,4 | 183,9 | 150,6 |
| BrO ₃ | 6,38 | 36,67 | 152,5 | 0,59 | 0,30 | 0,8 | 30,0 | 85,17 | 42,86 | 58,43 | 1,3 |
| IO ₃ | 7,62 | 8,33 | 80,43 | $4 \cdot 10^{-3}$ | 0,059 | 0,05 | 0,25 | 0,25 | 6,87 | 0,83 | 0,002 |
| OH | 142,9 | 116,4 | 12,04 | $1 \cdot 10^{-2}$ | 40,04 | 3,7 | 0,77 | 0,17 | $1 \cdot 10^{-3}$ | $5 \cdot 10^{-4}$ | 0,01 |
| SO ₄ | 11,11 | 16,83 | 35,64 | 0,55 | 4,74 | $23 \cdot 10^{-5}$ | $11 \cdot 10^{-3}$ | 0,20 | 35,43 | 53,12 | $41 \cdot 10^{-4}$ |
| CrO ₄ | 63,1 | 61,21 | 111,6 | $25 \cdot 10^{-4}$ | 0,006 | $38 \cdot 10^{-5}$ | 0,12 | 0,4 | 73,0 | - | $2 \cdot 10^{-5}$ |
| C ₂ O ₄ | 30,27 | 3,34 | 7,22 | $35 \cdot 10^{-4}$ | 1,48 | $86 \cdot 10^{-4}$ | $46 \cdot 10^{-4}$ | $56 \cdot 10^{-5}$ | 0,03 | $6 \cdot 10^{-4}$ | $15 \cdot 10^{-5}$ |
| CO ₃ | 108,0 | 19,39 | 1,3 | $3 \cdot 10^{-3}$ | 4,95 | $23 \cdot 10^{-4}$ | $11 \cdot 10^{-4}$ | $13 \cdot 10^{-4}$ | 0,1 | $(4 \cdot 10^{-3})$ | $1 \cdot 10^{-4}$ |

-117-

ТАБЛИЦА 8.

Упругость водяных паров в миллиметрах.

| Температура. | Давление. | Температура. | Давление. |
|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 0° | 4,6 мм. | 21° | 18,5 мм. |
| 5 | 6,5 | 22 | 19,7 |
| 8 | 8,0 | 23 | 20,9 |
| 9 | 8,6 | 24 | 22,2 |
| 10 | 9,2 | 25 | 23,6 |
| 11 | 9,8 | 26 | 25,1 |
| 12 | 10,5 | 27 | 26,5 |
| 13 | 11,2 | 28 | 28,1 |
| 14 | 11,9 | 29 | 29,8 |
| 15 | 12,7 | 30 | 31,5 |
| 16 | 13,5 | 31 | 33,4 |
| 17 | 14,4 | 32 | 35,4 |
| 18 | 15,4 | 33 | 37,4 |
| 19 | 16,3 | 34 | 39,6 |
| 20 | 17,4 | 100 | 760,0 |

ТАБЛИЦА 9.

Температуры кипения воды при различных давлениях.

| Давление. | Температура кипения. | Давление. | Температура кипения. |
|-----------|----------------------|-----------|----------------------|
| 700 мм. | 97,714° | 760 мм. | 100,000° |
| 710 | 98,106 | 770 | 100,366 |
| 720 | 98,494 | 780 | 100,728 |
| 730 | 98,877 | 790 | 101,086 |
| 740 | 99,256 | 800 | 101,441 |
| 750 | 99,630 | | |

Таблица 10.

Степень диссоциации некоторых электролитов.

Из 100 гр. электролита переходит в состояние ионов при 18° ниже показанное число граммов:

| Формула | Концентрация | Степень диссоциации. | Формула | Концентрация | Степень диссоциации |
|------------|--------------|----------------------|-----------------|----------------|---------------------|
| Кислоты | | | | | |
| HNO_3 | крепкая | 9% | H_2PO_4 | 1/2 норм. | 17% |
| " | 1/4 норм. | 82 | $H_2C_2O_4$ | 1/40 норм. | 50 |
| HCl | Крепкая | 13 | $H_2C_2O_3$ | крепкая | 0,4 |
| | 1/4 норм. | 78 | " | 1/10 норм. | 1,3 |
| | 1/2 норм. | 85 | H_2CO_3 | 1/10 норм. | 0,17 |
| H_2SO_4 | крепкая | 0,7 | H_2S | 1/10 норм. | 0,07 |
| | 1/4 норм. | 51 | H_2N | 1/10 норм. | 0,01 |
| H_2MnO_4 | 1/2 норм. | 93 | H_2O | - | 0,00001 |
| Основания | | | | | |
| KOH | 1/4 норм. | 77 | $S_2(OH)_2$ | 1/64 - норм. | 93 |
| $NaOH$ | " | 73 | $AgOH$ | 1/1780 - норм. | 39 |
| $Ba(OH)_2$ | " | 69 | H_2O | - | 0,00001 |
| $Ca(OH)_2$ | 1/64 норм. | 90 | | | |
| NH_4OH | 1/4 норм. | 0,4 | | | |
| Соли | | | | | |
| KCl | 1/4 - норм. | 75 | Na_2CO_3 | 1/4 - норм. | 40 |
| $KClO_3$ | 1/2 - норм. | 79 | $NaHCO_3$ | " | 52 |
| KNO_3 | 1/4 - норм. | 64 | Na_2HPO_4 | 1/32 - норм. | 83 |
| K_2SO_4 | " | 53 | $Na_2C_2H_3O_2$ | 1/4 - норм. | 53 |
| K_2CO_3 | " | 49 | $BaCl_2$ | " | 57 |
| K_2MnO_4 | 1/32 - норм. | 92 | $CaSO_4$ | 1/100 - норм. | 63 |
| NH_4Cl | 1/4 - норм. | 74 | $CuSO_4$ | 1/4 - норм. | 22 |
| $NaCl$ | " | 67 | $AgNO_3$ | " | 58 |
| Na_2SO_4 | " | 44 | $ZnSO_4$ | " | 24 |
| " | 1/32 - норм. | 82 | $HgCl_2$ | " | < 1 |

Таблица 11.
Электрохимические эквиваленты

1 ампер выделяет:

| | в 1 секунду | в 1 минуту | в 1 час | в 1 сутки |
|--------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $\text{Ag}^{\cdot\cdot}$ | 1,118 мгр | 67,08 мгр | 4,025 гр | 96,59 гр |
| $\text{Cu}^{\cdot\cdot}$ | 0,3294 мгр | 19,76 мгр | 1,186 гр | 28,46 гр |
| H_2 | 0,1160 см ³ | 6,96 см ³ | 417,7 см ³ | 10025 см ³ |
| O_2 | 0,0580 см ³ | 3,48 см ³ | 208,8 см ³ | 5010 см ³ |
| Гремуч. газ | 0,1740 см ³ | 10,44 см ³ | 626,5 см ³ | 15035 см ³ |
| Эквивалент | 0,01036 мгр | 0,6215 мгр | 37,29 мгр | 894,9 мгр. |

Таблица 12.
Единицы энергии.

| | Эрг | Джауль | Киловатт · час | Килограмм. метр | Cal | cal | Лощ. сила в сек. | Лощ. сила в час |
|------------------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Эрг | 1 | 10^{-7} | $2,777 \cdot 10^{-79}$ | $1,0198 \cdot 10^{-8}$ | $2,387 \cdot 10^{-11}$ | $2,387 \cdot 10^{-8}$ | $1,359 \cdot 10^{-10}$ | $3,774 \cdot 10^{-14}$ |
| Джауль = \mathcal{J} = ватт сек. | 10^7 | 1 | $2,777 \cdot 10^{-7}$ | $1,0198 \cdot 10^{-1}$ | $2,386 \cdot 10^{-4}$ | $2,386 \cdot 10^{-1}$ | $1,359 \cdot 10^{-3}$ | $3,774 \cdot 10^{-7}$ |
| Киловатт час = квч. | $3,6 \cdot 10^{13}$ | $3,6 \cdot 10^6$ | 1 | $3,672 \cdot 10^5$ | $8,61 \cdot 10^2$ | $8,61 \cdot 10^5$ | $4,893 \cdot 10^3$ | 1,358 |
| Килограмметр = кгрм. | $9,809 \cdot 10^7$ | 9,809 | $2,724 \cdot 10^{-6}$ | 1 | $2,3409 \cdot 10^3$ | 2,3409 | $1,333 \cdot 10^{-2}$ | $3,702 \cdot 10^{-6}$ |
| Большая калория = Cal | $4,186 \cdot 10^{10}$ | $4,186 \cdot 10^3$ | $1,162 \cdot 10^{-3}$ | 426,9 | 1 | 10^3 | 5,69 | $1,581 \cdot 10^{-3}$ |
| Малая калория = cal | $4,186 \cdot 10^7$ | 4,186 | $1,162 \cdot 10^{-6}$ | $4,269 \cdot 10^{-1}$ | 10^{-3} | 1 | $5,69 \cdot 10^{-3}$ | $1,581 \cdot 10^{-6}$ |
| Лощ. сила x сек | $7,35 \cdot 10^9$ | $7,35 \cdot 10^2$ | $2,041 \cdot 10^{-4}$ | 7,5 · 10 | $1,756 \cdot 10^{-1}$ | $1,756 \cdot 10^2$ | 1 | $2,777 \cdot 10^{-4}$ |
| Лощ. сила x час | $2,646 \cdot 10^{15}$ | $2,646 \cdot 10^6$ | $7,364 \cdot 10^{-1}$ | $2,701 \cdot 10^5$ | $6,32 \cdot 10^2$ | $6,32 \cdot 10^5$ | $3,6 \cdot 10^3$ | 1 |

Таблица логарифмов.

| Числа | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 0000 | 0043 | 0086 | 0128 | 0170 | 0212 | 0253 | 0294 | 0334 | 0374 | 4 | 8 | 12 | 17 | 21 | 25 | 29 | 33 | 37 |
| 11 | 0414 | 0453 | 0492 | 0531 | 0569 | 0607 | 0645 | 0682 | 0719 | 0755 | 4 | 8 | 11 | 15 | 19 | 23 | 26 | 30 | 34 |
| 12 | 0792 | 0828 | 0864 | 0899 | 0934 | 0969 | 1004 | 1038 | 1072 | 1106 | 3 | 7 | 10 | 14 | 17 | 21 | 24 | 28 | 31 |
| 13 | 1139 | 1173 | 1206 | 1239 | 1271 | 1303 | 1335 | 1367 | 1399 | 1430 | 3 | 6 | 10 | 13 | 16 | 19 | 23 | 26 | 29 |
| 14 | 1461 | 1492 | 1523 | 1553 | 1584 | 1614 | 1644 | 1673 | 1703 | 1732 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 15 | 1761 | 1790 | 1818 | 1847 | 1875 | 1903 | 1931 | 1959 | 1987 | 2014 | 3 | 6 | 8 | 11 | 14 | 17 | 20 | 22 | 25 |
| 16 | 2041 | 2068 | 2095 | 2122 | 2148 | 2175 | 2201 | 2227 | 2253 | 2279 | 3 | 5 | 8 | 11 | 13 | 16 | 18 | 21 | 24 |
| 17 | 2304 | 2330 | 2355 | 2380 | 2405 | 2430 | 2455 | 2480 | 2504 | 2529 | 2 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 17 | 20 | 22 |
| 18 | 2553 | 2577 | 2601 | 2625 | 2648 | 2672 | 2695 | 2718 | 2742 | 2765 | 2 | 5 | 7 | 9 | 12 | 14 | 16 | 19 | 21 |
| 19 | 2788 | 2810 | 2833 | 2856 | 2878 | 2900 | 2923 | 2945 | 2967 | 2989 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 |
| 20 | 3010 | 3032 | 3054 | 3075 | 3096 | 3118 | 3139 | 3160 | 3181 | 3201 | 2 | 4 | 6 | 8 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 |
| 21 | 3222 | 3243 | 3263 | 3284 | 3304 | 3324 | 3345 | 3365 | 3385 | 3404 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 22 | 3424 | 3444 | 3464 | 3483 | 3502 | 3522 | 3541 | 3560 | 3579 | 3598 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 15 | 17 |
| 23 | 3617 | 3636 | 3655 | 3674 | 3692 | 3711 | 3729 | 3747 | 3766 | 3784 | 2 | 4 | 6 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 |
| 24 | 3802 | 3820 | 3838 | 3856 | 3874 | 3892 | 3909 | 3927 | 3945 | 3962 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 | 12 | 14 | 16 |
| 25 | 3979 | 3997 | 4014 | 4031 | 4048 | 4065 | 4082 | 4099 | 4116 | 4133 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 12 | 14 | 15 |
| 26 | 4150 | 4166 | 4183 | 4200 | 4216 | 4232 | 4249 | 4265 | 4281 | 4298 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 15 |
| 27 | 4314 | 4330 | 4346 | 4362 | 4378 | 4393 | 4409 | 4425 | 4440 | 4456 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 |
| 28 | 4472 | 4487 | 4502 | 4518 | 4533 | 4548 | 4564 | 4579 | 4594 | 4609 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 12 | 14 |
| 29 | 4624 | 4639 | 4654 | 4669 | 4683 | 4698 | 4713 | 4728 | 4742 | 4757 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 12 | 13 |
| 30 | 4771 | 4786 | 4800 | 4814 | 4829 | 4843 | 4857 | 4871 | 4886 | 4900 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 13 |
| 31 | 4914 | 4928 | 4942 | 4955 | 4969 | 4983 | 4997 | 5011 | 5024 | 5038 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 |
| 32 | 5051 | 5065 | 5079 | 5092 | 5105 | 5119 | 5132 | 5145 | 5159 | 5172 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 |
| 33 | 5185 | 5198 | 5211 | 5224 | 5237 | 5250 | 5263 | 5276 | 5289 | 5302 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| 34 | 5315 | 5328 | 5340 | 5353 | 5366 | 5378 | 5391 | 5403 | 5416 | 5428 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 35 | 5441 | 5453 | 5465 | 5478 | 5490 | 5502 | 5514 | 5527 | 5539 | 5551 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 |
| 36 | 5563 | 5575 | 5587 | 5599 | 5611 | 5623 | 5635 | 5647 | 5658 | 5670 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 |
| 37 | 5682 | 5694 | 5705 | 5717 | 5729 | 5740 | 5752 | 5763 | 5775 | 5786 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 38 | 5798 | 5809 | 5821 | 5832 | 5843 | 5855 | 5866 | 5877 | 5888 | 5899 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 39 | 5911 | 5922 | 5933 | 5944 | 5955 | 5966 | 5977 | 5988 | 5999 | 6010 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 40 | 6021 | 6031 | 6042 | 6053 | 6064 | 6075 | 6085 | 6096 | 6107 | 6117 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 |
| 41 | 6128 | 6138 | 6149 | 6160 | 6170 | 6180 | 6191 | 6201 | 6212 | 6222 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 42 | 6232 | 6243 | 6253 | 6263 | 6274 | 6284 | 6294 | 6304 | 6314 | 6325 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 43 | 6335 | 6345 | 6355 | 6365 | 6375 | 6385 | 6395 | 6405 | 6415 | 6425 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 44 | 6435 | 6444 | 6454 | 6464 | 6474 | 6484 | 6493 | 6503 | 6513 | 6522 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 45 | 6532 | 6542 | 6551 | 6561 | 6571 | 6580 | 6590 | 6599 | 6609 | 6618 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 46 | 6628 | 6637 | 6646 | 6656 | 6665 | 6675 | 6684 | 6693 | 6702 | 6712 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| 47 | 6721 | 6730 | 6739 | 6749 | 6758 | 6767 | 6776 | 6785 | 6794 | 6803 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 48 | 6812 | 6821 | 6830 | 6839 | 6848 | 6857 | 6866 | 6875 | 6884 | 6893 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 49 | 6902 | 6911 | 6920 | 6928 | 6937 | 6946 | 6955 | 6964 | 6972 | 6981 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 50 | 6990 | 6998 | 7007 | 7016 | 7024 | 7033 | 7042 | 7050 | 7059 | 7067 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 51 | 7076 | 7084 | 7093 | 7101 | 7110 | 7118 | 7126 | 7135 | 7143 | 7152 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 52 | 7160 | 7168 | 7177 | 7185 | 7193 | 7202 | 7210 | 7218 | 7226 | 7235 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 53 | 7243 | 7251 | 7259 | 7267 | 7275 | 7284 | 7292 | 7300 | 7308 | 7316 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 54 | 7324 | 7332 | 7340 | 7348 | 7356 | 7364 | 7372 | 7380 | 7388 | 7396 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Таблица логарифмов.

| Число | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 55 | 7404 | 7412 | 7419 | 7427 | 7435 | 7443 | 7451 | 7459 | 7466 | 7474 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 56 | 7482 | 7490 | 7497 | 7505 | 7513 | 7520 | 7528 | 7536 | 7543 | 7551 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 57 | 7559 | 7566 | 7574 | 7582 | 7589 | 7597 | 7604 | 7612 | 7619 | 7627 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 58 | 7634 | 7642 | 7649 | 7657 | 7664 | 7672 | 7679 | 7686 | 7694 | 7701 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 59 | 7709 | 7716 | 7723 | 7731 | 7738 | 7745 | 7752 | 7760 | 7767 | 7774 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 60 | 7782 | 7789 | 7796 | 7803 | 7810 | 7818 | 7825 | 7832 | 7839 | 7846 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 61 | 7853 | 7860 | 7868 | 7875 | 7882 | 7889 | 7896 | 7903 | 7910 | 7917 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 62 | 7924 | 7931 | 7938 | 7945 | 7952 | 7959 | 7966 | 7973 | 7980 | 7987 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 63 | 7993 | 8001 | 8008 | 8014 | 8021 | 8028 | 8035 | 8041 | 8048 | 8055 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 64 | 8062 | 8069 | 8075 | 8082 | 8089 | 8096 | 8102 | 8109 | 8116 | 8122 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 65 | 8129 | 8136 | 8142 | 8149 | 8156 | 8162 | 8169 | 8176 | 8182 | 8189 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 66 | 8195 | 8202 | 8209 | 8215 | 8222 | 8228 | 8235 | 8241 | 8248 | 8254 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 67 | 8261 | 8267 | 8274 | 8280 | 8287 | 8293 | 8299 | 8306 | 8312 | 8319 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 68 | 8325 | 8331 | 8338 | 8344 | 8351 | 8357 | 8363 | 8370 | 8376 | 8382 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 69 | 8388 | 8395 | 8401 | 8407 | 8414 | 8420 | 8426 | 8432 | 8439 | 8445 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 70 | 8451 | 8457 | 8463 | 8470 | 8476 | 8482 | 8488 | 8494 | 8500 | 8506 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 71 | 8513 | 8519 | 8525 | 8531 | 8537 | 8543 | 8549 | 8555 | 8561 | 8567 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 72 | 8573 | 8579 | 8585 | 8591 | 8597 | 8603 | 8609 | 8615 | 8621 | 8627 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 73 | 8633 | 8639 | 8645 | 8651 | 8657 | 8663 | 8669 | 8675 | 8681 | 8686 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 74 | 8692 | 8698 | 8704 | 8710 | 8716 | 8722 | 8727 | 8733 | 8739 | 8745 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 75 | 8751 | 8756 | 8762 | 8768 | 8774 | 8779 | 8785 | 8791 | 8797 | 8802 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 76 | 8808 | 8814 | 8820 | 8825 | 8831 | 8837 | 8842 | 8848 | 8854 | 8859 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 77 | 8865 | 8871 | 8876 | 8882 | 8887 | 8893 | 8899 | 8904 | 8910 | 8915 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 78 | 8921 | 8927 | 8932 | 8938 | 8943 | 8949 | 8954 | 8960 | 8965 | 8971 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 79 | 8976 | 8982 | 8987 | 8993 | 8998 | 9004 | 9009 | 9015 | 9020 | 9025 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 80 | 9031 | 9036 | 9042 | 9047 | 9053 | 9058 | 9063 | 9069 | 9074 | 9079 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 81 | 9085 | 9090 | 9096 | 9101 | 9106 | 9112 | 9117 | 9122 | 9128 | 9133 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 82 | 9138 | 9143 | 9149 | 9154 | 9159 | 9165 | 9170 | 9175 | 9180 | 9186 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 83 | 9191 | 9196 | 9201 | 9206 | 9212 | 9217 | 9222 | 9227 | 9232 | 9238 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 84 | 9243 | 9248 | 9253 | 9258 | 9263 | 9269 | 9274 | 9279 | 9284 | 9289 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 85 | 9294 | 9299 | 9304 | 9309 | 9315 | 9320 | 9325 | 9330 | 9335 | 9340 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 86 | 9345 | 9350 | 9355 | 9360 | 9365 | 9370 | 9375 | 9380 | 9385 | 9390 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 87 | 9395 | 9400 | 9405 | 9410 | 9415 | 9420 | 9425 | 9430 | 9435 | 9440 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 88 | 9445 | 9450 | 9455 | 9460 | 9465 | 9469 | 9474 | 9479 | 9484 | 9489 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 89 | 9494 | 9499 | 9504 | 9509 | 9513 | 9518 | 9523 | 9528 | 9533 | 9538 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 90 | 9542 | 9547 | 9552 | 9557 | 9562 | 9566 | 9571 | 9576 | 9581 | 9586 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 91 | 9590 | 9595 | 9600 | 9605 | 9609 | 9614 | 9619 | 9624 | 9628 | 9633 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 92 | 9638 | 9643 | 9647 | 9652 | 9657 | 9661 | 9666 | 9671 | 9675 | 9680 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 93 | 9685 | 9689 | 9694 | 9699 | 9703 | 9708 | 9713 | 9717 | 9722 | 9727 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 94 | 9731 | 9736 | 9741 | 9745 | 9750 | 9754 | 9759 | 9763 | 9768 | 9773 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 95 | 9777 | 9782 | 9786 | 9791 | 9795 | 9800 | 9805 | 9809 | 9814 | 9818 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 96 | 9823 | 9827 | 9832 | 9836 | 9841 | 9845 | 9850 | 9854 | 9859 | 9863 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 97 | 9868 | 9872 | 9877 | 9881 | 9886 | 9890 | 9894 | 9899 | 9903 | 9908 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 98 | 9912 | 9917 | 9921 | 9926 | 9930 | 9934 | 9939 | 9943 | 9948 | 9952 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 99 | 9956 | 9961 | 9965 | 9969 | 9974 | 9978 | 9983 | 9987 | 9991 | 9996 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Таблица антилогарифмов.

| Лог. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ·00 | 1000 | 1002 | 1005 | 1007 | 1009 | 1012 | 1014 | 1016 | 1019 | 1021 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| ·01 | 1023 | 1026 | 1028 | 1030 | 1033 | 1035 | 1038 | 1040 | 1042 | 1045 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| ·02 | 1047 | 1050 | 1052 | 1054 | 1057 | 1059 | 1062 | 1064 | 1067 | 1069 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| ·03 | 1072 | 1074 | 1076 | 1079 | 1081 | 1084 | 1086 | 1089 | 1091 | 1094 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| ·04 | 1096 | 1099 | 1102 | 1104 | 1107 | 1109 | 1112 | 1114 | 1117 | 1119 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ·05 | 1122 | 1125 | 1127 | 1130 | 1132 | 1135 | 1138 | 1140 | 1143 | 1146 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ·06 | 1148 | 1151 | 1153 | 1156 | 1159 | 1161 | 1164 | 1167 | 1169 | 1172 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ·07 | 1175 | 1178 | 1180 | 1183 | 1186 | 1189 | 1191 | 1194 | 1197 | 1199 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ·08 | 1202 | 1205 | 1208 | 1211 | 1213 | 1216 | 1219 | 1222 | 1225 | 1227 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| ·09 | 1230 | 1233 | 1236 | 1239 | 1242 | 1245 | 1247 | 1250 | 1253 | 1256 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| ·10 | 1259 | 1262 | 1265 | 1268 | 1271 | 1274 | 1276 | 1279 | 1282 | 1285 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| ·11 | 1288 | 1291 | 1294 | 1297 | 1300 | 1303 | 1306 | 1309 | 1312 | 1315 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| ·12 | 1318 | 1321 | 1324 | 1327 | 1330 | 1334 | 1337 | 1340 | 1343 | 1346 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| ·13 | 1349 | 1352 | 1355 | 1358 | 1361 | 1365 | 1368 | 1371 | 1374 | 1377 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| ·14 | 1380 | 1384 | 1387 | 1390 | 1393 | 1396 | 1400 | 1403 | 1406 | 1409 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| ·15 | 1413 | 1416 | 1419 | 1422 | 1426 | 1429 | 1432 | 1435 | 1439 | 1442 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| ·16 | 1445 | 1449 | 1452 | 1455 | 1459 | 1462 | 1466 | 1469 | 1472 | 1476 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| ·17 | 1479 | 1483 | 1486 | 1489 | 1493 | 1496 | 1500 | 1503 | 1507 | 1510 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| ·18 | 1514 | 1517 | 1521 | 1524 | 1528 | 1531 | 1535 | 1538 | 1542 | 1545 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| ·19 | 1549 | 1552 | 1556 | 1560 | 1563 | 1567 | 1570 | 1574 | 1578 | 1581 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| ·20 | 1585 | 1589 | 1592 | 1596 | 1600 | 1603 | 1607 | 1611 | 1614 | 1618 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| ·21 | 1622 | 1626 | 1629 | 1633 | 1637 | 1641 | 1644 | 1648 | 1652 | 1656 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| ·22 | 1660 | 1663 | 1667 | 1671 | 1675 | 1679 | 1683 | 1687 | 1690 | 1694 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| ·23 | 1698 | 1702 | 1706 | 1710 | 1714 | 1718 | 1722 | 1726 | 1730 | 1734 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| ·24 | 1738 | 1742 | 1746 | 1750 | 1754 | 1758 | 1762 | 1766 | 1770 | 1774 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| ·25 | 1778 | 1782 | 1786 | 1791 | 1795 | 1799 | 1803 | 1807 | 1811 | 1816 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| ·26 | 1820 | 1824 | 1828 | 1832 | 1837 | 1841 | 1845 | 1849 | 1854 | 1858 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| ·27 | 1862 | 1866 | 1871 | 1875 | 1879 | 1884 | 1888 | 1892 | 1897 | 1901 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| ·28 | 1905 | 1910 | 1914 | 1919 | 1923 | 1928 | 1932 | 1936 | 1941 | 1945 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| ·29 | 1950 | 1954 | 1959 | 1963 | 1968 | 1972 | 1977 | 1982 | 1986 | 1991 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| ·30 | 1995 | 2000 | 2004 | 2009 | 2014 | 2018 | 2023 | 2028 | 2032 | 2037 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| ·31 | 2042 | 2046 | 2051 | 2056 | 2061 | 2065 | 2070 | 2075 | 2080 | 2084 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| ·32 | 2089 | 2094 | 2099 | 2104 | 2109 | 2113 | 2118 | 2123 | 2128 | 2133 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| ·33 | 2138 | 2143 | 2148 | 2153 | 2158 | 2163 | 2168 | 2173 | 2178 | 2183 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| ·34 | 2188 | 2193 | 2198 | 2203 | 2208 | 2213 | 2218 | 2223 | 2228 | 2234 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| ·35 | 2239 | 2244 | 2249 | 2254 | 2259 | 2265 | 2270 | 2275 | 2280 | 2286 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| ·36 | 2291 | 2296 | 2301 | 2307 | 2312 | 2317 | 2323 | 2328 | 2333 | 2339 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| ·37 | 2344 | 2350 | 2355 | 2360 | 2366 | 2371 | 2377 | 2382 | 2388 | 2393 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| ·38 | 2399 | 2404 | 2410 | 2415 | 2421 | 2427 | 2432 | 2438 | 2443 | 2449 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| ·39 | 2455 | 2460 | 2466 | 2472 | 2477 | 2483 | 2489 | 2495 | 2500 | 2506 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| ·40 | 2512 | 2518 | 2523 | 2529 | 2535 | 2541 | 2547 | 2553 | 2559 | 2564 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| ·41 | 2570 | 2576 | 2582 | 2588 | 2594 | 2600 | 2606 | 2612 | 2618 | 2624 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| ·42 | 2630 | 2636 | 2642 | 2649 | 2655 | 2661 | 2667 | 2673 | 2679 | 2685 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| ·43 | 2692 | 2698 | 2704 | 2710 | 2716 | 2723 | 2729 | 2735 | 2742 | 2748 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| ·44 | 2754 | 2761 | 2767 | 2773 | 2780 | 2786 | 2793 | 2799 | 2805 | 2812 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| ·45 | 2818 | 2825 | 2831 | 2838 | 2844 | 2851 | 2858 | 2864 | 2871 | 2877 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| ·46 | 2884 | 2891 | 2897 | 2904 | 2911 | 2917 | 2924 | 2931 | 2938 | 2944 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| ·47 | 2951 | 2958 | 2965 | 2972 | 2979 | 2985 | 2992 | 2999 | 3006 | 3013 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| ·48 | 3020 | 3027 | 3034 | 3041 | 3048 | 3055 | 3062 | 3069 | 3076 | 3083 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| ·49 | 3090 | 3097 | 3105 | 3112 | 3119 | 3126 | 3133 | 3141 | 3148 | 3155 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Таблица антилогарифмов.

| Log. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 50 | 3162 | 3170 | 3177 | 3184 | 3192 | 3199 | 3206 | 3214 | 3221 | 3228 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 51 | 3236 | 3243 | 3251 | 3258 | 3266 | 3273 | 3281 | 3289 | 3296 | 3304 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 52 | 3311 | 3319 | 3327 | 3334 | 3342 | 3350 | 3357 | 3365 | 3373 | 3381 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 53 | 3388 | 3396 | 3404 | 3412 | 3420 | 3428 | 3436 | 3443 | 3451 | 3459 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 54 | 3467 | 3475 | 3483 | 3491 | 3499 | 3508 | 3516 | 3524 | 3532 | 3540 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 55 | 3548 | 3556 | 3565 | 3573 | 3581 | 3589 | 3597 | 3606 | 3614 | 3622 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 56 | 3631 | 3639 | 3648 | 3656 | 3664 | 3673 | 3681 | 3690 | 3698 | 3707 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 57 | 3715 | 3724 | 3733 | 3741 | 3750 | 3758 | 3767 | 3776 | 3784 | 3793 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 58 | 3802 | 3811 | 3819 | 3828 | 3837 | 3846 | 3855 | 3864 | 3873 | 3882 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 59 | 3890 | 3899 | 3908 | 3917 | 3926 | 3936 | 3945 | 3954 | 3963 | 3972 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 60 | 3981 | 3990 | 3999 | 4009 | 4018 | 4027 | 4036 | 4046 | 4055 | 4064 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 |
| 61 | 4074 | 4083 | 4093 | 4102 | 4111 | 4121 | 4130 | 4140 | 4150 | 4159 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 62 | 4169 | 4178 | 4188 | 4198 | 4207 | 4217 | 4227 | 4236 | 4246 | 4256 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 63 | 4266 | 4276 | 4285 | 4295 | 4305 | 4315 | 4325 | 4335 | 4345 | 4355 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 64 | 4365 | 4375 | 4385 | 4395 | 4406 | 4416 | 4426 | 4436 | 4446 | 4457 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 65 | 4467 | 4477 | 4487 | 4498 | 4508 | 4519 | 4529 | 4539 | 4550 | 4560 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 66 | 4571 | 4581 | 4592 | 4603 | 4613 | 4624 | 4634 | 4645 | 4656 | 4667 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 |
| 67 | 4677 | 4688 | 4699 | 4710 | 4721 | 4732 | 4742 | 4753 | 4764 | 4775 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 68 | 4786 | 4797 | 4808 | 4819 | 4831 | 4842 | 4853 | 4864 | 4875 | 4887 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 69 | 4898 | 4909 | 4920 | 4932 | 4943 | 4955 | 4966 | 4977 | 4989 | 5000 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 70 | 5012 | 5023 | 5035 | 5047 | 5058 | 5070 | 5082 | 5093 | 5105 | 5117 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 |
| 71 | 5129 | 5140 | 5152 | 5164 | 5176 | 5188 | 5200 | 5212 | 5224 | 5236 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 |
| 72 | 5248 | 5260 | 5272 | 5284 | 5297 | 5309 | 5321 | 5333 | 5346 | 5358 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 |
| 73 | 5370 | 5383 | 5395 | 5408 | 5420 | 5433 | 5445 | 5458 | 5470 | 5483 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 74 | 5495 | 5508 | 5521 | 5534 | 5546 | 5559 | 5572 | 5585 | 5598 | 5610 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| 75 | 5623 | 5636 | 5649 | 5662 | 5675 | 5689 | 5702 | 5715 | 5728 | 5741 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| 76 | 5754 | 5768 | 5781 | 5794 | 5808 | 5821 | 5834 | 5848 | 5861 | 5875 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 |
| 77 | 5888 | 5902 | 5916 | 5929 | 5943 | 5957 | 5970 | 5984 | 5998 | 6012 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 |
| 78 | 6026 | 6039 | 6053 | 6067 | 6081 | 6095 | 6109 | 6124 | 6138 | 6152 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 |
| 79 | 6166 | 6180 | 6194 | 6209 | 6223 | 6237 | 6252 | 6266 | 6281 | 6295 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 13 |
| 80 | 6310 | 6324 | 6339 | 6353 | 6368 | 6383 | 6397 | 6412 | 6427 | 6442 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 12 | 13 |
| 81 | 6457 | 6471 | 6486 | 6501 | 6516 | 6531 | 6546 | 6561 | 6577 | 6592 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 12 | 14 |
| 82 | 6607 | 6622 | 6637 | 6653 | 6668 | 6683 | 6699 | 6714 | 6730 | 6745 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 12 | 14 |
| 83 | 6761 | 6776 | 6792 | 6808 | 6823 | 6839 | 6855 | 6871 | 6887 | 6902 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 |
| 84 | 6918 | 6934 | 6950 | 6966 | 6982 | 6998 | 7015 | 7031 | 7047 | 7063 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 11 | 13 | 15 |
| 85 | 7079 | 7096 | 7112 | 7129 | 7145 | 7161 | 7178 | 7194 | 7211 | 7228 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 |
| 86 | 7244 | 7261 | 7278 | 7295 | 7311 | 7328 | 7345 | 7362 | 7379 | 7396 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 |
| 87 | 7413 | 7430 | 7447 | 7464 | 7482 | 7499 | 7516 | 7534 | 7551 | 7568 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| 88 | 7586 | 7603 | 7621 | 7638 | 7656 | 7674 | 7691 | 7709 | 7727 | 7745 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 | 12 | 14 | 16 |
| 89 | 7762 | 7780 | 7798 | 7816 | 7834 | 7852 | 7870 | 7889 | 7907 | 7925 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 14 | 16 |
| 90 | 7943 | 7962 | 7980 | 7998 | 8017 | 8035 | 8054 | 8072 | 8091 | 8110 | 2 | 4 | 6 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 |
| 91 | 8128 | 8147 | 8166 | 8185 | 8204 | 8222 | 8241 | 8260 | 8279 | 8299 | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 |
| 92 | 8318 | 8337 | 8356 | 8375 | 8395 | 8414 | 8433 | 8453 | 8472 | 8492 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 15 | 17 |
| 93 | 8511 | 8531 | 8551 | 8570 | 8590 | 8610 | 8630 | 8650 | 8670 | 8690 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 94 | 8710 | 8730 | 8750 | 8770 | 8790 | 8810 | 8831 | 8851 | 8872 | 8892 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 95 | 8913 | 8933 | 8954 | 8974 | 8995 | 9016 | 9036 | 9057 | 9078 | 9099 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 | 17 | 19 |
| 96 | 9120 | 9141 | 9162 | 9183 | 9204 | 9226 | 9247 | 9268 | 9290 | 9311 | 2 | 4 | 6 | 8 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 |
| 97 | 9333 | 9354 | 9376 | 9397 | 9419 | 9441 | 9462 | 9484 | 9506 | 9528 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 20 |
| 98 | 9550 | 9572 | 9594 | 9616 | 9638 | 9661 | 9683 | 9705 | 9727 | 9750 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 |
| 99 | 9772 | 9795 | 9817 | 9840 | 9863 | 9886 | 9908 | 9931 | 9954 | 9977 | 2 | 5 | 7 | 9 | 11 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

СОДЕРЖАНИЕ.

I. Общие приемы .

| | стр. |
|--|------|
| 1. Обработка стеклянных трубок | 1. |
| 2. Сушка колб, цилиндров, трубок и т. п. | 2. |
| 3. Взвешивание | 3. |
| 4. Измерительные приборы | 8. |
| 5. Барометр | 12. |
| 6. Приведение объема газа к нулю, нормальному давлению и сухости | 13. |
| 7. Вычисления | 15. |

II. Опыты.

| | |
|--|-----|
| 1. Определение плотности воздуха | 16. |
| 2. Коэффициент расширения воздуха | 18. |
| 3. Плотность водорода и углекислого ангидрида | 20. |
| 4. Плотность газов по скорости истечения | 23. |
| 5. Плотность паров | 24. |
| 6. Разложение хлорноватокалиевой соли | 28. |
| 7. Каталитическое действие перекиси марганца на разложение бертолетовой соли | 32. |
| 8. Содержание кислорода в воздухе | 35. |
| 9. Эквивалентный вес металла | 37. |
| 10. Возстановление окиси меди водородом | 41. |
| 11. Закон кратных отношений | 43. |
| 12. Свойства водорода | 45. |
| 13. Кривая упругостей паров воды | 46. |
| 14. Растворимость воздуха в воде | 49. |
| 15. Растворимость соли | 51. |
| 16. Определение содержания соли по удельному ве- | |

| | |
|--|------|
| су раствора | 53. |
| 17. Синтез угольнаго ангидрида | 56. |
| 18. Определение угольнаго ангидрида в воздухе | 58. |
| 19. Определение угольнаго ангидрида в известняке | 60. |
| 20. Приготовление азотносвинцовой соли и свойства иона Pb^{++} | 62. |
| 21. Получение и сгущение двуокиси азота | 65. |
| 22. Диссоциация двуокиси азота и закон химическа- го равновесия | 66. |
| 23. Получение сернистаго газа действием меди на сер- ную кислоту. Сгущение SO_2 | 73. |
| 24. Получение меднаго купороса и свойства иона Cu^{++} | 76. |
| 25. Получение и сгущение сернистаго ангидрида пу- тем разложения бисульфита | 79. |
| 26. Теплота испарения SO_2 | 80. |
| 27. Свойства гипса | 82. |
| 28. Теплота гашения извести | 84. |
| 29. Реакции ионов Fe^{++} и Fe^{+++} | 85. |
| 30. Ацидиметрия | 92. |
| 31. Электролиз раствора $NaOH$ | 98. |
| 32. Электрохимический эквивалент меди | 102. |
| 33. Электролитическая диссоциация растворов | 105. |
| 34. Температура превращения иодной ртути | 107. |
| 35. Кривая плавкости смесей. Эвтектическая смеси | 109. |

III. ТАБЛИЦЫ.

| | |
|--|------|
| 1. Атомные веса элементов | 112. |
| 2. Поправки на показания барометра | 113. |
| 3. Удельные веса воды | 114. |
| 4. Удельные веса ртути | 114. |
| 5. Удельные веса растворов солей | 115. |

| | |
|--|------|
| 6. Удельные веса серной кислоты | 116. |
| 7. Растворимость солей | 117. |
| 8. Упругости водяных паров | 118. |
| 9. Температуры кипения воды | 118. |
| 10. Степени диссоциации электролитов | 119. |
| 11. Электрохимические эквиваленты | 120. |
| 12. Единицы энергии | 121. |

Логарифмы и антилогарифмы.

Издания ищ. общ. Вальтерс и Рапа в г. Риге

| | |
|--|-------|
| Бауръ, А. Р., Анализъ бесконечно-малыхъ. Конспектъ дифференциального и интегрального исчислений. Кратк. повторительный курсъ высшей математики для учениковъ послѣдняго класса реальныхъ училищъ и для студентовъ техническихъ факультетовъ. | 25 — |
| Вернштейнъ, Д-ръ Р. Г. Сборникъ упражненій по высшей математикѣ. Дифференціальное и интегральное исчисленіе. 2 части по | 150 — |
| Бузовскій, В., Сводъ гражданскихъ узаконеній губерній Прибалтійскихъ. 2 тома. | 400 — |
| Бухгольцъ, Проф. А., Курсъ низшей геодезіи. Томъ I. Чтеніе плановъ. Прост. способы горизонтальн. и вертикальн. съемки (печат).. | — — |
| — Томъ II. Способы горизонтальной, вертикальн. и комбинированной съемки, разбивка кривыхъ, планиметры. Съ 120 рисунками | — — |
| — Томъ III. Уравновѣшиваніе по способу меньшихъ квадратовъ. Съ рисунок. | 120 — |
| Бухгольцъ, Проф. Ф. В., Таблицы для определения высшихъ растений. Применительно къ практическимъ занятіямъ студентовъ. | 30 — |
| Гвиницъ, Проф., Статика. Составленная по лекціямъ. 2-ое изд. | 260 — |
| — Графическая статика. Составленная по лекціямъ. | 100 — |
| — Техническая механика. II. ч. Статика упругихъ тѣлъ и динамика | 90 — |
| — Гидравлика. (печат.) | — — |
| Глазенапъ, Проф. М., Микроскопія. Лекціи. | 100 — |
| Грунскій, Проф. Н. К., Лекціи по древнему церковно-славянскому языку. 2-ое изд. | 125 — |
| — Лекціи о педагогикѣ. Съ подробнымъ перечнемъ педагогической литературы. 2-ое изд. | 150 — |
| Дальнъ, Проф. Г., Сборникъ задачъ по дифференціальному и интегральному исчисленіямъ. Съ отвѣтами и необходимыми основными теоретическими разъясненіями. Переводъ съ нѣмецкаго Е. Нетто. | 80 — |
| Зебергъ-Эльферфельдъ, П., Латинскій учебникъ по „Латинской книгѣ Гельма и Михаэлиса“. Дополнено и приспособлено къ преподаванію въ университетахъ, старшихъ классахъ реальныхъ училищъ, женскихъ гимназій и для самообразования. 2-ое изд. | 150 — |
| Корицъ, I. Г., Курсъ органической химіи. I. часть. | 105 — |
| — Курсъ химической технологіи. Стеклозное производство. I. ч. | 105 — |
| Луцъ, Проф. О. Г., Таблицы качественного анализа. Съ рисунками. 2-ое изправл. изданіе. | 120 — |
| Медеръ, Проф. А., Высшая математика. Лекціи. 2-ое изд. | 200 — |
| Мейеръ, Проф. Р., Метеорологія для агрономовъ. Лекціи. | 135 — |
| Миллеръ, А. Ф., Основы радіотехники. Учебникъ радіотелеграфіи и радіотелефоніи. Съ рисунками. | 400 — |
| Моисеевъ, С. В., Санитарно-химическій анализъ питьевой воды для врачей, студентовъ, фармацевтовъ, сельск. хозяевъ и санит. | 85 — |
| Фишеръ, Проф. В. М., Аналитическая химія. Лекціи, читанныя в 1920 1 году в Латвійскомъ университетѣ | 250 — |
| Центнершверъ, Проф. М., Практическое введеніе въ физическую химію и электрохимию. Съ иллюстр. 2-ое изданіе. | 150 — |
| — Практикумъ по химіи для инженеровъ, механиковъ и архитекторовъ. С рисунок. 2-ое изданіе. | — — |