

**Муниципальное бюджетное образовательное учреждение  
общеобразовательная школа имени Героя Советского Союза Алексея  
Ефимовича Махалина с. Махалино**

***Неорганический синтез веществ на примере процесса алюминиотермии  
(получение железа из оксида железа III)***

*/секция химии/*

Выполнил работу:

Еникеев Линар

ученик 8 класса

МБОУ СОШ с. Махалино

Руководитель работы:

Жучкин Алексей Викторович

учитель

МБОУ СОШ с. Махалино

Телефон: (841-57)55 – 4 – 35

Адрес: 442519,

Пензенская область,

Кузнецкий район,

С. Махалино, ул. Рабочий

городок совхоза, д16

Телефон: (841-57) 55 – 1 – 06

## **Оглавление**

<i>Актуальность работы.....</i>	<i>3</i>
<i>Анализ литературных источников.....</i>	<i>4</i>
<i>История возникновения теории алюминотермии.....</i>	<i>4</i>
<i>Теоретические основы процесса алюминотермии.....</i>	<i>7</i>
<i>Практическая часть.....</i>	<i>11</i>
<i>Методика проведения эксперимента.....</i>	<i>11</i>
<i>Расчет количественных характеристик процесса алюминотермии... </i>	<i>12</i>
<i>Проведение эксперимента.....</i>	<i>13</i>
<i>Проведение расчетов выхода продукта реакции в процентах.....</i>	<i>14</i>
<i>Выводы по работе.....</i>	<i>15</i>
<i>Заключение.....</i>	<i>16</i>
<i>Список литературы.....</i>	<i>17</i>
<i>Приложения.....</i>	<i>18</i>

## ***Актуальность работы***

Химический эксперимент придает особую специфику предмету химии. Он является важнейшим способом осуществления связи теории с практикой путем превращения знаний в убеждения. В школьной программе значительная роль отведена химическому эксперименту, в процессе выполнения которого учащиеся обучаются умению наблюдать, анализировать, делать выводы, обращаться с оборудованием и реактивами.

Химический эксперимент знакомит учащихся не только с самими явлениями, но и методами химической науки. Он помогает вызвать интерес к предмету, научить наблюдать процессы, освоить приемы работы, сформировать практические навыки и умения.

Для меня химия оказалась очень интересной и необычной наукой. С первых уроков мне захотелось самостоятельно синтезировать какие-то новые вещества. Оказалось, что это не так легко и очень опасно, если к процессу синтеза подходить бездумно. Мой учитель порекомендовал мне попробовать свои силы в синтезе веществ, используя ранее разработанную методику. Мой выбор пал на один из предложенных вариантов синтеза – алюминотермию.

***Цель работы*** – познакомиться с основами неорганического синтеза на примере процесса получения железа способом алюминотермии

### ***Задачи:***

- изучить историю возникновения теории алюминотермии;
- изучить теоретические основы процесса алюминотермии;
- изучить методику проведения эксперимента по получению железа способом алюминотермии;
- произвести расчет количественных характеристик процесса алюминотермии;
- провести эксперимент;
- вычислить долю выхода продукта реакции.

## *Анализ литературных источников*

### *История возникновения теории алюминотермии*

На Западе основоположником физической химии в ее современном виде считается немецкий ученый В. Оствальд, возглавивший первую кафедру физической химии Лейпцигского университета в 1888 г, а родоначальником алюминотермии — немецкий химик Г. Гольдшмидт, получивший свои первые результаты в 1894—1898 гг.

Правда, Н.Н. Бекетов занимался этим несколько ранее. В 1865 г. русский ученый защитил докторскую диссертацию «Исследования над явлениями вытеснения одних элементов другими», представляющую собой обширное физико-химическое экспериментальное исследование, и тогда же начал читать первый курс лекций по современной физической химии в Харьковском университете. (До этого в течение 5 лет Бекетов вел «Специальный курс органической химии и отношение физических и химических явлений между собой»). Кстати, тогда В. Оствальду было всего 12 лет.

Алюминотермию Бекетов открыл и вовсе в 1859 г., за два года до рождения Г. Гольдшмидта, а когда Гансу исполнилось 4 годика, русский химик уже разработал методы «химического» производства алюминия. Фабрики Германии и Франции, внедрившие этот метод, к 1890-м гг. давали четверть мирового производства алюминия. Гольдшмидт же осваивал т.н. внепечной процесс — одно из направлений алюминотермии.

Первым физической химией как наукой занялся М.В. Ломоносов. Он даже читал курс — «Введение в истинную физическую химию» в 1752—1754 гг. Затем сто лет наука развивалась своим естественным путем, пока Бекетов вновь не втиснул ее в русло университетской программы.

Эта научная и учебная новация была как нельзя более кстати. Во-первых, потому что и сам Бекетов на примере своих теоретических выкладок и процесса алюминотермии прекрасно продемонстрировал принципы физической химии, как самостоятельной науки, имеющей практическое

применение. И, во-вторых, открытый Д.И. Менделеевым в 1869 г. периодический закон химических элементов и ряд работ европейских ученых обрели в этой науке свое надежное основание.

Историки науки, отмечавшие неординарность общего Бекетовского подхода к химии, любят говорить об ученом как о химике-философе.

В то время, как европейские химики занимались исключительно открыванием новых тел и новых соединений, Бекетов, не соблазняясь жадной открытию новых фактов, «медленно шел по трудному пути теоретической химии и стремился к решению вопроса о том, где источник, где причина того, что в химии определяется термином “химическое сродство”».

На этот путь химик вступил во время 15-месячной командировки в научные учреждения Европы. Начал Бекетов с того, что в Парижской Сорбонне у академика Ж.Б. Дюма стал изучать зависимость направления химических реакций от состояния реагентов и внешних условий.

В 1858 г. ученый приступил к исследованию действия водорода на водные растворы солей серебра, цинка на хлориды бария и кремния, магния на фторид алюминия. В этих весьма опасных опытах, проводимых в запаянных стеклянных трубках, когда давление доходило до 100 атм, химик обнаружил, что водород, магний и цинк вытесняют металлы из их солей, т.е. восстанавливают их.

Посвятив несколько лет исследованиям этих реакций восстановления металлов, химик убедился, что наибольшей устойчивостью (прочностью) обладают соединения противоположных по характеру элементов с наиболее близкими атомными весами («паями»).

Установив «вытеснительный ряд металлов», повторенный позднее электрохимическим рядом активности (напряжений), Бекетов в качестве наиболее сильных восстанавливающих агентов в этом ряду увидел глиний (алюминий) и магний. С их помощью ученый получил металлический барий,

рубидий, цезий, хром, ванадий, марганец, вольфрам, освоил промышленное производство алюминия.

Описание опыта можно найти у самого Бекетова:

«Я взял безводную окись бария и, прибавив к ней некоторое количество хлористого бария, как плавня, положил эту смесь вместе с кусками глиня в угленой тигель и накаливал его несколько часов. По охлаждении тигля я нашел в нем металлический сплав уже совсем другого вида и физических свойств, нежели глиний. Этот сплав имеет крупнокристаллическое строение, очень хрупок, свежий излом имеет слабый желтоватый отблеск; анализ показал, что он состоит на 100 ч из 33,3 бария и 66,7 глиня или, иначе, на одну часть бария содержал две части глиня».

Созданные Бекетовым основы методов алюминотермии и магниетермии позволили по аналогии создать позднее калиетермию и кальциетермию. Обобщает все эти методы металлотермия, с помощью которой удается получать титан, ниобий, цирконий, бор, уран, стронций, гафний, редкоземельные элементы, огнеупорный термиткорунд, магниты и другие металлы и сплавы.

Алюминотермия незаменима при сварке стальных трамвайных рельсов, проводов, труб, металлических конструкций. В место стыка засыпается термит (смесь порошка алюминия с железной окалиной), поджигается и буквально за минуту рельсы свариваются.

## *Теоретические основы процесса алюминотермии*

Алюминотермия - совокупность производственных процессов, в которых применяется способ восстановления металлов из их окислов, основанный на том, что металлический алюминий при высоких температурах способен окисляться за счет кислорода металлических окислов. Реакция эта может быть объяснена правилом Вертело, являющимся, однако, только некоторым приближением; согласно правилу, из нескольких возможных химических реакций имеет место та реакция, при которой выделяется наибольшее количество теплоты. Теплота, выделяющаяся при сгорании алюминия в  $Al_2O_3$  превосходит теплоту сгорания (окисления) других металлов. На практике для протекания реакции восстановления окислов алюминием требуется наличие некоторых других факторов; так, например, часто для получения удовлетворительного результата необходимо прибавить вещества, вызывающие усиление реакции, или прибавить флюсы (например, плавиковый шпат  $CaF_2$ ), или сплавлять восстанавливаемые окислы с энергично действующими металлами, или, как при восстановлении хрома, прибавлять хромовокислые соли.

Для ускорения реакции прибавляют также бертолетовую соль  $KClO_3$  (при получении В, Ве, Сr, Se, Тi, Th). Большое значение для правильного протекания реакции имеет выбор соответствующего металлического окисла и его количество:  $MnO_2$ , например, реагирует с алюминием очень энергично,  $MnO$  - слишком слабо; наилучшим образом реакция восстановления марганца из его окислов протекает при смеси обоих окислов.

Алюминотермические реакции протекают с выделением большого количества тепла (температура реакций достигает  $3000^{\circ}C$ ), причем восстановленный расплавленный металл нагревается до белого каления, расплавленные же глиноземистые шлаки всплывают вверх. Смесь окисла металла с алюминием в пропорции, необходимой для протекания реакции восстановления, называется термитом. В зависимости от наименования окисла металла, входящего в смесь, различают термиты железные, хромовые,

марганцевые и другие. Чтобы вызвать реакцию, необходимо термитовую смесь предварительно зажечь; довольно высокую температуру воспламенения термита получают сжиганием небольшого количества легко воспламеняющейся зажигательной смеси из алюминиевого порошка с перекисью бария.

Алюминотермия дает возможность получить трудно-восстанавливаемые металлы и металлоиды, как, например, хром, марганец, бериллий, бор, в значительных количествах и в исключительно чистом виде. Особое значение алюминотермия получила в производстве высококачественных металлических сплавов различных специальных сталей. Застывшие шлаки по твердости превосходят корунд и в пульверизированном виде представляют очень хороший шлифовальный материал корунбин, или искусственный корунд. Из железного термита, т. е. смеси окиси железа с алюминием, получают малоуглеродистое ковкое железо - термитовое железо. Реакция термита производится в особых железных тиглях с магнетитовой футеровкой. Расплавленное железо собирается на дне тигля, а сверху плавают состоящие почти из чистого глинозема шлаки, занимающие в тигле в три раза больший объем, чем железо, между тем как вес шлаков составляет половину веса употребленного термита; из 1 кг железного термита получают около 1/2 кг железа.

Различают два способа производства литья термитового железа из тиглей:

- 1) опрокидыванием специальных тиглей вместимостью от 1 до 25 кг термита, доведенного уже до состояния реакции; при этом способе литья необходимо предварительно слить верхний плавающий слой шлаков, занимающий около 3/4 всего объема массы, - эта работа, во избежание утечки железа, требует некоторой сноровки и м. б. исполнена лишь опытными литейщиками; для загрузки тигля на дно его сперва насыпают небольшое количество термита, который воспламеняют зажигательной смесью; когда реакция сгорания началась, наполняют весь тигель термитом и



затем постепенно, по мере опускания реагирующей массы, добавляют остальное количество термита;

2) непосредственным спуском расплавленной массы из т. н. автоматического тигля через отверстие в магнезитовом камне, заделанном в дно такого тигля, при чем сперва вытекает расплавленное железо, а за ним шлак; автоматические тигли делают воронкообразной формы из листового железа с магнезитовой футеровкой вместимостью от одного до нескольких сот кг термита; диаметр спускного отверстия, например, у тигля на 50 кг, колеблется в пределах 10-15 мм; загружают эти тигли сразу всей массой термита, которую воспламеняют упомянутой зажигательной смесью.

Реакция железного термита, помимо производства ферросплавов и специальных сталей, находит также весьма широкое применение в металлообрабатывающей промышленности для сварки железных и стальных изделий. В целом ряде сварочных работ, например, для сварки железных труб, валов, станин, стержней и прочих, используют только высокую температуру реакции термита, получающееся же во время этого процесса термитовое железо в самой сварке никакого участия не принимает. В этом случае свариваемые концы очищают, притягивают друг к другу впритык при помощи особого зажимного аппарата, окружают стык формой из огнеупорного материала, в которую затем выливают из специального тигля расплавленную массу термита. Последняя в продолжение точно известного промежутка времени успевает нагреть стык до необходимой для сварки температуры, после чего достаточно несколько подтянуть гайки зажимного аппарата, чтобы вызвать необходимое для надежной сварки давление свариваемых концов друг на друга. По окончании сварки аппарат разбирают, а наварившуюся вокруг стыка термитовую массу удаляют легкими ударами молотка.

Термит дает возможность в случае внезапных поломок деталей машин при отсутствии запасных частей быстро получить расплавленную сталь соответствующего состава для новых отливок. Кроме того,

алюминотермическими реакциями пользуются в производстве искусственного корунда, ферротитана, феррованадия и ферромolibдена.

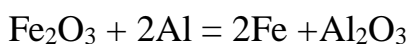
## ***Практическая часть***

### ***Методика проведения эксперимента***

Готовим смесь порошкообразного алюминия и оксида железа (III), так называемый термит. На дно керамического тигля помещаем термит. Слегка утрамбуем и подготовим углубление для зажигательной смеси, состоящей из оксида бария и алюминиевого порошка. Поместим зажигательную смесь в ямку. Используем магниевый фитиль, чтобы поджечь термит.

### ***Расчет количественных характеристик процесса алюминотермии***

Получаем железо методом алюминотермии по следующему уравнению реакции:



Рассчитаем количество вещества алюминия по формуле  $n=m/M$ , где  $m$  - масса вещества, а  $M$  - молярная масса. Для эксперимента возьмем 4 г Al.

$$\text{Тогда, } n(\text{Al}) = 4 / 27 = 0,148 \text{ моль}$$

Найдем количество вещества  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

$$2n(\text{Al}) = 1n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,074 \text{ моль}$$

Расчитываем массу оксида железа (III):

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,074 * 160 = 11,84 \text{ г}$$

Теоретически мы можем получить чистого железа:

$$n(\text{Al}) = n(\text{Fe}) = 0,148 \text{ моль}$$

$$m(\text{Fe}) = 0,148 * 56 = 8,3 \text{ г}$$

Состав зажигательной смеси:  $\text{KNO}_3$  — 5 массовых частей (5 г); Al пудра — 4 массовые части (4 г)

### *Проведение эксперимента*

В керамический тигель насыпаю смесь, состоящую из 11,84 г оксида железа (III) и 4 г Al (сыпучие вещества взвешиваются на весах). Все тщательно перемешиваю. В центре делаю углубление под зажигательную смесь, состоящую из 5 г  $KNO_3$  и 4 г Al пудры. Тигель помещаю в ящик с песком и устанавливаю эту конструкцию в вытяжной шкаф. В центр зажигательной смеси вставляю магниевую ленту. Лучиной поджигаю ленту. По окончании реакции переворачиваю тигель щипцами и вытряхиваю королек. Отбиваю шлак. Взвешиваю полученное железо. Произвожу расчеты выхода продукта реакции.

***Проведение расчетов выхода продукта реакции в процентах***

Теоретическая масса полученного железа составляет 8,3 г. В ходе эксперимента было получено железо массой 7,6 г.

$$\text{Выход продукта реакции} = (7,6 / 8,3) * 100\% = 91,6\%$$

### ***Выводы по работе***

В ходе выполнения работы я достиг следующих результатов:

- изучил теоретический материал по способу получения металлов методом алюминотермии;
- закрепил навык работы с лабораторным оборудованием в ходе проведения неорганического синтеза;
- научился производить расчеты, связанные с проведением неорганического синтеза;
- научился рассчитывать долю выхода продукта реакции в процентах;
- познакомился с практическим использованием метода алюминотермии в технике.

## *Заключение*

Важнейшая задача современной школы – органическое сочетание обучения, воспитания и развития. Химия как учебный предмет средней школы вносит существенный вклад в ее решение. Ведущее место в преподавании химии занимает школьный химический эксперимент. Это основной и специфический метод обучения, который непосредственно знакомит с химическими явлениями и одновременно развивает познавательную деятельность учащихся.

Обучение, которое формирует навыки учебной деятельности учащихся и непосредственно влияет на умственное развитие и интенсификацию их практической деятельности, принято считать развивающим обучением. В системе современного обучения особенно велика роль химического эксперимента, если он используется не только в качестве иллюстрации, но и как средство познания. Справедливо отмечено: «...умение выполнять практическую работу, провести лабораторный опыт или решить задачу экспериментально, применяя в различных связях знания и практические умения, а также выполнить наблюдения в ходе эксперимента, получить нужный результат, выполнить правила техники безопасности, обобщать экспериментальные данные и т.п. – все это воспитывает самостоятельность действий учащихся».

Только включение учащихся в активную экспериментальную познавательную деятельность дает им возможность проникнуть в суть химического явления, освоить его на уровне общих закономерностей курса химии, использовать усвоенный материал в качестве способа дальнейшего познания. Процесс развивающего обучения с использованием эксперимента порождает внутренние стимулы учения, способствует переходу знаний в убеждения, развитию познавательной самостоятельности в деятельности учащихся. Таким образом, все это вносит существенный вклад в формирование у учащихся основ научного мировоззрения.



### **Список литературы:**

1. Тяглова Е.В. Исследовательская деятельность учащихся по химии. - М. «Глобус». 2007;
2. Чечель И.Д. Теория и практика организации экспериментальной работы в общеобразовательных учреждениях.. – М. Дом «Новый учебник», 2003;
3. Н. Г. Ключников, Неорганический синтез. – М. Просвещение, 1988;
4. Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические реактивы. Руководство по приготовлению неорганических реактивов и препаратов в лабораторных условиях. –М. Госхимиздат, 1955;
5. Г. Рейнбольд, Техника химического демонстрационного эксперимента. – М. ОНТИ, 1935.

## Приложения



