Исследовательская работа

**«Магия жидкого азота»**

Прядкина Виолетта – 10 класс МБОУ Мирненская СШ № 11

Долгополов Родион -10 класс МБОУ Мирненская СШ № 11

Губашев Рамзан - 10 класс МБОУ Мирненская СШ № 11

Губашева Жарадат- 10 класс МБОУ Мирненская СШ № 11

**Руководитель:**

Король Елена Фёдоровна – учитель физики

Донец Николай Павлович – учитель химии

2019 год

Содержание:

1. Введение
2. История открытия азота
3. История развития физики низких температур
4. Методы разделения воздуха и получения жидкого азота
5. Хранение и транспортировка жидкого азота
6. Применение жидкого азота
7. Эксперименты с жидким азотом
8. Используемая литература

**Введение.**

**Объектом** исследования является жидкий азот.

**Актуальность:** В 2017 году для учеников нашей школы было представлено криошоу выпускниками Король А. и Король О.. Нас удивили эксперименты с сжатием воздуха в шарике, замораживание цветка, образование тумана, на наших глазах из молока, сливок и сиропа изготавливалось мороженое, тогда оно нам показалось необычайно вкусным. Мы заинтересовались темой «Низкие температуры».

Криогенные технологии с каждым годом всё больше входят в нашу жизнь. На современном этапе научно-технического прогресса особое место занимает холодильная и криогенная техника, роль которых постоянно возрастает. Весьма перспективна водородная энергетика. Значительно возрастает роль криогеники в осуществлении управляемого термоядерного синтеза, в создании ускорителей элементарных частиц и в космотехнике. Дальнейшее развитие получают технология хранения и использования замороженных биологических сред и другие направления криогенной техники.

В настоящее время широкое распространение получило разделение воздуха с получением О2 ,N2 и Ar при криотемпературах. Из всех продуктов разделения воздуха – азот имеет наибольшее применение во всех отраслях промышленности.

**Цель исследования** – знакомство с методами разделения воздуха, изучение свойств жидкого азота и его применение.

**Задачи:**

- Изучить свойства жидкого азота

- познакомиться со способами получения жидкого азота при разделении воздуха

- изучить устройство сосудов Дьюара

- изучить области применения жидкого азота

-донести полученные знания до своих сверстников

**Методы исследования:**

Изучение материалов сети Интернет, знакомство с учебником Архарова «Криогенная техника», экскурсия на предприятие по разделению воздуха АО «Логика» (г. Зленоград. Кампания ЭрЛикид), организованное работником кампании Братчиковой О. П., изучение применения, транспортировки и хранения жидких газов с помощью руководителя ООО Нитрогаз Король А. П. (г. Москва).

**История открытия азота**

Впервые азот был получен в 1756 году шотландским химиком Д. Резерфордом. Ученый посадил под купол мышь, изначально вытеснив оттуда углекислый газ. Мышь, сразу умерла, и ученый решил, что это из-за существования «ядовитого» воздуха, каким оказался азот.

В 1772 году азот был получен его земляком, шотландцем, ученым Генри Кавендишем. Экспериментируя с воздухом, он получил азот. К сожалению, не поняв, что это новое вещество, Г. Кавендиш благополучно списывает все на флогистон (горючий, воспламеняемый) — в истории химии — гипотетическая «сверхтонкая материя» — «огненная субстанция», якобы наполняющая все горючие вещества и высвобождающаяся из них при горении).

Название газа «азот» в 1787 году предложил Лавуазье наряду с другими исследователями. С греческого оно переводится как безжизненный, и происходит от греческого «а» – отрицание и «зоэ» – жизнь.

АЗОТ химический элемент второго периода V группы периодической системы, атомный номер 7, атомная масса 14,0067.

Азот газообразный - бесцветный, неядовитый, химически инертный газ без вкуса и запаха. Состоит из двухатомных молекул N2, обладающих высокой прочностью. Входит в состав атмосферного воздуха в количестве 78 %.

**Физические и химические свойства**: плотность газообразного азота при 0°С 1.25 г/дм3, жидкого азота (при температуре кипения) — 0,808 кг/дм3 . Газообразный азот при нормальном давлении переходит в бесцветную жидкость при температуре -195,8°С, а при температуре -210,0°С — в белое твердое вещество.

**История развития физики низких температур**

Сжижение воздуха впервые почти одновременно осуществлено в 1877 году Кайете в Париже и Пикте в Швейцарии. В 1883 г. Вроблевский и Ольшевский получили жидкий азот и кислород в лаборатории Краковского университета, а в 1884 г. - жидкий водород в виде тумана.

В 1895 году немецкий физик Линде создал первую промышленную машину для сжижения воздуха.

В 1908 году Камерлинг-Оннес получил жидкий гелий в Лейденском университете в Голландии, а в 1911 году открыл явление сверхпроводимости. В США в 1926 году Годдарт осуществил первый запуск ракеты с реактивным двигателем на жидком кислороде и керосине.

В 1939 году П.Л. Капица создал воздушно-морозильную установку, менее энергоемкую по сравнению с машиной К. Линде, которая позволяет не только сжижать воздух, но и разделять его азот и кислород, в котором реализован оригинальный, непрерывный, так называемый «цикл Капицы». Интересно, что целью разделения воздуха было получение жидкого кислорода, как окислителя топлива для запуска ракет, азот, получавшийся при этом просто выпускался в воздух. Жидкий азот стал широко применяться в качестве криогенной среды в послевоенное время именно в СССР. В середине 60-х годов 20-века П. Л. Капица усовершенствовал свою установку для разделения воздуха – создал двухуровневый ректификатор. До сих пор во всём мире используют установку Капицы, и наша страна является несомненным лидером в области низких температур.

**Методы разделения воздуха и получения жидкого азота**

Существующие в настоящее время установки по разделению воздуха и получению жидкого азота основаны на принципиальных схемах предложенных П. Л. Капицей. Весь процесс разделения воздуха основан на «цикле Капицы» и состоит из следующих этапов:

1. **Очищение воздуха**.

2. **Сжижение чистого воздуха.**

3. **Разделение жидкого воздуха на кислород и азот**

В настоящее время в России и странах СНГ в эксплуатации находятся ВРУ (воздухоразделительные установки) более 40 наименований, к ним относится и установка высокого давления средней производительности АжКжКААрж-2. Работу данной установки по разделению воздуха мы увидели во время экскурсии на завод АО «Логика». В 1977 г. из подразделения предприятия Южной Промышленной Зоны (ЮПЗ) г. Зеленограда (Москва) был образован завод «ЛОГИКА», как специализированное предприятие для обеспечения электронной промышленности специальными технологическими газами, энергоносителями, особо чистыми средами, получаемыми воздухоразделением на криогенных установках АжКжКААрж-2.0.

В настоящее время на предприятии налажено массовое производство:

* различных видов продукции, таких как: азот газообразный, кислород газообразный, водород газообразный, аргон газообразный и аргон газообразный высокой чистоты;
* жидких сред азота и кислорода;
* компримированных газов (кислород, азот, водород и аргон);

АО «ЛОГИКА» имеет длительный опыт работы с предприятиями электронной промышленности, ремонтно-строительными предприятиями, агрофирмы по племенному воспроизводству скота и многими другими.

Предприятие имеет большой опыт производства и реализации продуктов воздухоразделения высокого качества.

На АО «Логика» сжижение воздуха проводится двумя способами: *Дроссельное охлаждение воздуха и детандерное расширение.*

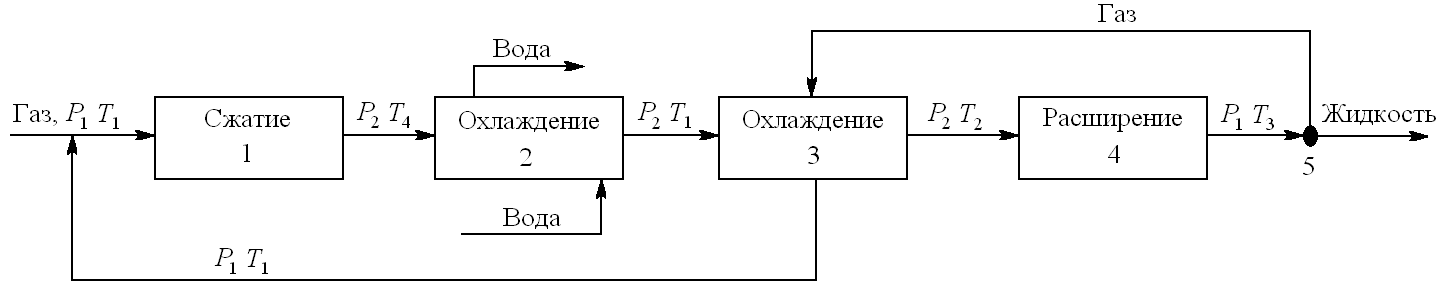
Перед сжижением воздух необходимо очистить от пыли, примесей и водяных паров, т.к. в атмосфере всегда содержится незначительное количество метана, ацетилена и др., а наличие водяного пара приводит к образованию кристаллов льда на тонких цилиндрических трубках ректификатора.

Дроссельное охлаждение воздуха:

Дросселирование - это адиабатическое расширение газа в условиях стационарного потока без выполнения внешней работы и увеличения скорости. Когда трубопровод - дроссель - протекает через сужение прохода через канал или через пористую перегородку, молекулы газа преодолевают силу взаимного притяжения, их тепловое движение замедляется, давление газа или пара уменьшается, и газ охлаждается

Этот метод используется в простейших установках для сжижения газов. Газ сжимается компрессором, охлаждается в теплообменнике и расширяется дроссельным клапаном. Воздух дросселируется от начальных параметров P1 и T1 до давления P2, и температура T2 уменьшается, и часть газа сжижается.

**Схема простейшей установки для сжижения воздуха с дросселированием**



Воздух, имеющий начальные параметры *Р*1 и *Т*1, сжимается компрессором 1 до давления *Р*2, при этом его температура повышается от *Т*1 до *Т*4. После компрессора воздух охлаждается в холодильнике 2 до начальной температуры *Т*1 (давление *Р*2). Затем сжатый и охлаждённый воздух поступает в противоточный теплообменник 3, где охлаждается до *Т*2 (давление *Р*2) более холодным дросселированным воздухом, идущим в противоположном направлении. После прохождения теплообменника 3, охлаждённый сжатый воздух дросселируется в вентиле 4 до начального давления *Р*1; при этом его температура понижается до *Т*3. Часть дросселированного воздуха, возвращается в теплообменник 3 и охлаждает проходящий через него воздух высокого давления до *Т*2, а сам при этом нагревается до *Т*1 (давление *Р*1) и затем выходит из установки. В резервуаре 5 собирается жидкий воздух.

П. Л. Капица создал более эффективный способ получения низких температур - процесс расширения газа в детандере. В детандере сжатый газ заставляют не только расширяться, но и совершать механическую работу в цилиндре с поршнем или в турбине. Молекулы газа, ударяясь о поршень или о лопатки турбины, передают им свою энергию; скорость молекул сильно снижается, и газ интенсивно охлаждается. Используется для получения жидких газов. Существует два вида детандеров – поршневые и турбодетандеры.

Турбодетандеры конструкции П.Л. Капицы, созданные им в 1938 г. (КПД > 0,8) эффективнее, чем поршневые. В настоящее время КПД крупных ТД достигают значений 0,85-0,9. На заводе АО «Логика» используют именно их.

*Методом разделения* жидкого воздуха является  метод  *низкотемпературной ректификации*.

Метод низкотемпературной ректификации применяется для разделения смесей различных жидкостей на отдельные компоненты. Основан он на разных температурах кипения составных жидкостей.

Жидкий воздух состоит из двух основных жидкостей азот и кислород, Тк кислорода - 90К, Тк азота – 77,4К.

*Колонна двукратной ректификации* позволяет более полно извлекать кислород из воздуха и дает возможность получать технически чистый кислород (99,2 % О2) и технически чистый азот (99,99 % N2).

Аппарат состоит из двух частей: колонны высокого давления (нижняя часть) и колонны низкого давления (верхняя часть).

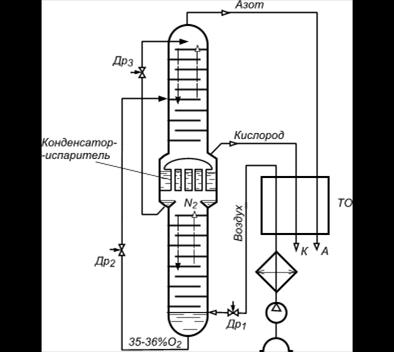


Схема колонны двукратной ректификации

Описание работы установки:

## Сжатый в компрессоре воздух, через турбодетандер поступает в теполообменник, где охлаждается парами азота и кислорода, поступающими из верхней колоны ректификатора. Затем он дросселируется в Др1 и поступает в нижнюю часть колонны. При этом он частично сжижается. Обогащенная кислородом жидкость (35-36 % О2) собирается в нижней части колонны – в кубе. Отсюда она через дроссельный вентиль Др2 поступает, как исходная жидкость (смесь), в середину верхней части колонны для разделения.

Обогащенный азотом пар в нижней колонне поднимается в трубное пространство конденсатора-испарителя (К-И), где в межтрубном пространстве кипит кислород. Чтобы этот обогащенный азотом пар сконденсировался, надо, чтобы его температура конденсации была выше температуры кипящего кислорода на 2-4 градуса.

Давление в верхней колонне, как и в колонне однократной ректификации, немного выше атмосферного (0,13-0,15 МПа). Температура кипения кислорода при этом будет равна 93-94 К. Следовательно температура азота в нижней колонне должна быть равной 96-97 К. Эта температура может быть температурой конденсации азота при давлении 0,56-0,6 МПа. Именно такое давление устанавливается в нижней колонне.

Жидкий, сконденсировавшийся азот из К-И стекает в нижнюю колонну. Пары поднимаются ему на встречу и обогащаются при этом азотом. Часть жидкого азота скапливается в боковых карманах и направляется на орошение верхней колонны через ДР3. Это позволяет в верхней части колонны получать технически чистый азот.

Таким образом, в результате двойной ректификации воздуха из конденсатора отводится кислород, а из верхней части колонны – азот. После прохождения ТО они являются конечными продуктами.

**Транспортировка и хранение жидкого азота.**

Для транспортировки жидких газов используются сосуды Дьюара.

Сосуд Дьюара —сосуд, предназначенный для хранения веществ при пониженной или повышенной температуры.

В 1879 году физик профессор А. Вайнольд предложил использовать для сохранения жидких газов двустенный сосуд из стекла с вакуумом между стенками.

В 1890 году английский химик профессор Джеймс Дьюар усовершенствовал «бутылку Вайнхольда», посеребрив стенки, что ослабило утечку тепла через стенки.

В 1904 году берлинский стеклодув Р. Бургер добавил к сосуду Дьюара защитную оболочку и стал продавать его как термос для горячего кофе или бульона.

*Устройство*

В настоящее время сосуд Дьюара представляет собой резервуар «сосуд в сосуде», межстенное пространство которого заполнено многослойной изоляцией (алюминиевая фольга и стеклобумага) и откачан воздух при изготовлении до остаточного давления 10 -6 мм.рт.ст. (норм. атм.давление 760 мм.рт.ст.) Для поддержания глубокого вакуума в межстенном пространстве расположены адсорбент и поглотитель водорода. Сосуд Дьюара изготавливается из альминевого сплава с толщиной стенок не менее 1 см, благодаря этому температура в верхней зоне сосуда Дьюара не поднимается выше минус 170 °C.

Сосуды Дьюара, заполненные азотом не закрываются, скорость испарения азота из него зависит от модели. Наиболее качественные сосуды имеют скорость испарения 175 мг в сутки.

**Применение жидкого азота.**

В настоящее время, **азот** нашел широкое применение во всех сферах человеческой деятельности.

Использование азота в металлургии и стекольной промышленности

- используется для защиты черных и цветных металлов при термообработке

- при криоупрочнении металлов

- в качестве инертной среды при непрерывной разливке стали

- в технологиях порошковой металлургии (охлаждения)

- охлаждение электродов дуговой печи при производстве стекла

- для защиты от окисления при производстве, для снижения температуры воздуха.

Использование азота в химической и нефтехимической промышленности

- безопасный рабочий агент при добыче нефти и при пуске скважин

- при аварийном ремонте действующих нефтепроводов (замораживание поврежденного участка)

- создание криоплатформ в открытом море или на слабых грунтах (для нефти и газа, при строительстве метро)

- тушение пожары в колодцах и шахтах

- как инертная среда при производстве легковоспламеняющихся и окисляющих веществ

- продувка трубопроводов и оборудования

- для получения высококачественных полимеров (углерод или углепластик - высокопрочный и легкий полимер)

- азот используется для очистки взрывоопасных смесей регенеративных катализаторов и очистителей

- для хранения и транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей

Использование азота в энергетике и электронной промышленности

- охлаждение диффузоров вакуумных насосов, мазеров, лазеров

- для охлаждения внешних контуров сосудов при хранении жидкого водорода и гелия

- при изготовлении полупроводниковых приборов

- Азот используется для снятия изоляции с проводов и кабелей.

- для аварийного охлаждения блоков АЭС

- вытеснение водорода в электрогенераторах

- инертная среда в реакторах тепловых электростанций

- создать низкотемпературную сверхпроводимость

- азот используется для пайки электронных схем

Использование азота в технике и строительстве

- упрочнение стальных деталей и инструментов методом низкотемпературного упрочнения

- вдавливание и выдавливание сопряженных деталей может быть выполнено с использованием азота

- резка газа для лазерной резки нержавеющих сталей

- глубокое охлаждение минерального сырья для тонкого помола при производстве высококачественного цемента

- промерзание почв при земляных работах

Использование азота в медицине и биологии

- для хранения крови и биопрепаратов

- для быстрой заморозки и хранения тканей, костей, различных органов

- в технологии получения лекарств путем глубокого охлаждения сырья (листьев шалфея, подорожника, коры крушины и др.)

- для хранения на биологических растениях биологического материала

- для охлаждения при изготовлении и хранении вакцин

- в криомедицине для лечения онкологических, офтальмологических, кожных заболеваний, а также в нейрохирургии

Использование азота в авиации, авиации, космосе, наземном транспорте

- для продувки различных систем, отжима окислителя и топлива, для охлаждения хранилищ жидкого водорода, для создания естественной воздушной среды для дыхания космонавтов

- в пневматических системах летательных аппаратов, транспортных систем и наземного оборудования

- заправлять шины тяжелых грузовиков и самолетов, чтобы уменьшить вероятность разрывов

Использование азота в сельском хозяйстве и пищевой промышленности

- инертная среда в хранилищах овощей и фруктов

- консервирующая среда при хранении зерна и кормов

- на станциях искусственного осеменения

- для быстрого замораживания желез внутренней секреции животных при поступлении инсулина, адреналина, пепсина и др.

- заморозка перед сублимационной сушкой

- заморозка продуктов питания для длительного хранения и транспортировки

- азот, как криоагент в рефрижераторном транспорте

- Азот используется для очистки систем вентиляции и охлаждения пищевых продуктов.

- азот используется в качестве основы газовых смесей при упаковке в модифицированной атмосфере

- для предотвращения окисления продуктов, содержащих ненасыщенные жирные кислоты (сливочное масло, чипсы, орехи, маргарин)

Спортивная медицина:

- снятие усталости, после высоких нагрузок, восстановление организма спортсмена в специальных криосаунах.

**Эксперименты с жидким азотом.**

1. Замораживание и разбивание цветка
2. «Зубная паста»
3. Сжатие воздуха в воздушном шаре
4. Замораживание молока и сливок
5. Образование тумана

**Используемая литература:**

1. <https://studopedia.ru/15_125293_vozduh-v-himicheskoy-tehnologii.html>
2. <https://kratkoe.com/kto-i-kogda-otkryil-azot/>
3. <https://electric-220.ru/news/princip_dejstvija_turbodetandera/2016-06-06-972>
4. <https://present5.com/sostav-vozduxa-produkty-ego-razdeleniya-i-ix-ispolzovanie/>
5. http://dpairgas.com.ua/
6. Криогенные системы: Учебник для вузов по курсу "Криогенная техника"/ А.М. Архаров, В.П. Беляков, Е.И. Микулин и др. М.: Машиностроение, 1987.