

Городской конкурс методических разработок  
«Методическая мастерская»

Номинация – «Лучшая методическая  
разработка урока по вопросам  
формирования функциональной  
грамотности»

Методическая разработка урока  
по теме «Химическая технология. Производство аммиака»  
(11 класс)

Автор конкурсного материала:  
Мыльникова Елена Николаевна, учитель химии  
МБОУ СОШ №6

Сургут  
2023

## Методическая разработка урока по теме

«Химическая технология. Производство аммиака» (11 класс)

**Аннотация.** Автором представлен сценарий урока химии. Педагог сочетает в работе современные образовательные педагогические технологии для достижения нужных результатов, формирования и совершенствования функциональной грамотности как важнейшего фактора успешности учебного занятия.

**Ключевые слова:** химическая технология, химические процессы, научные принципы химического производства, сырье для производства, аппараты химического производства, скорость химических реакций, смещение химического равновесия, катализатор, температура, давление, оптимальные условия, аналогия.

### Характеристика урока

**Место урока в учебной программе:** данный урок является составной частью темы «Химия и современное общество».

**Тип урока:** комбинированный.

Урок направлен на активизацию, углубление знаний, их применение в условиях учебного исследования, решения познавательных задач.

**Цель:** изучение промышленного способа получения аммиака.

### Задачи:

**Образовательная:** закрепить знания о скорости химических реакций и смещении химического равновесия при изучении производственного процесса, устанавливать зависимость скорости химической реакции и смещения химического равновесия от различных факторов с целью определения оптимальных условий протекания химических процессов, представлять пути решения экологических проблем, овладение навыками первой помощи при отравлении аммиаком.

**Развивающая:** активизировать умения решать поставленную проблему, опираясь на свои знания и логику; формировать понимание единства теории и практики; углубить умения анализировать, сравнивать, делать выводы,

осуществлять поиск химической информации, критически оценивать и интерпретировать химическую информацию в целях формирования собственной позиции; устанавливать взаимосвязи между фактами и теорией, причиной и следствием при анализе проблемных ситуаций и обосновании принимаемых решений на основе химических знаний; закрепить умения и навыки работы в группе, взаимоконтроля.

**Воспитательная:** воспитывать культуру устной и письменной речи; продолжить формирование общекультурных навыков.

**Планируемые результаты:**

**Предметные УУД:** устанавливать зависимость скорости химической реакции и смещения химического равновесия от различных факторов с целью определения оптимальных условий протекания химических процессов, объяснять технологии и основные принципы действия аппаратов для производства аммиака.

**Метапредметные УУД:**

**Познавательные:** работать с печатным текстом, схемами, гугл-таблицами видеоматериалом и иллюстрациями, выделять главное.

**Регулятивные:** организовывать выполнение заданий учителя по предложенному алгоритму и делать выводы о качестве проделанной работы.

**Коммуникативные:** работать в составе творческих групп; эффективно взаимодействовать со сверстниками; высказывать свою точку зрения; строить речевые высказывания в устной форме; аргументировать свою точку зрения.

**Личностные УУД:** формирование познавательного интереса к изучению химии; умение применять полученные знания в практической деятельности.

**Межпредметные и внутрипредметные связи:** интегрируется с биологией, с физикой, с математикой, с литературой (формирование умений находить информацию, использовать речевые средства для аргументации своей позиции, извлекать информацию из собственных наблюдений), научиться наблюдать и описывать химические реакции и химические процессы.

**Достижение целей урока посредством практической деятельности учащихся:**

- объяснительно-иллюстративный (работа с раздаточным материалом);
- поисковый (эвристический);
- проблемный (проблемное изложение изучаемого материала)

**Методы:**

- словесный метод (беседа, объяснение);
- практический метод (самостоятельная работа, групповая работа);
- наглядный метод (демонстрация презентации);
- поэтапное целеполагание;
- информационный

**Оборудование:** ПК, проектор, интерактивная доска, кейсы с заданиями, гугл-таблица, тест для проверки усвоения материала, компьютерная презентация по теме урока, видеофрагмент «Производство аммиака».

**Развитие ключевых компетенций:**

- Информационной (работа с информационным источником, составление схем-карт);
- Учебно-познавательной (решение проблемных вопросов);
- Ценностно-смысловой (формулирование собственных ценностных ориентиров; владение способами самоопределения в ситуациях выбора на основе собственных позиций);
- Коммуникативной (участие в разных видах речевой деятельности).

## Технологическая карта урока

Деятельность учителя осуществляемые действия	Деятельность учащихся					
	познавательная		коммуникативная		регулятивная	
	осуществляемые действия	формируемы е способы деятельност и	осуществляемые действия	формируемые способы деятельности	осуществляемы е действия	формируемые способы деятельности
<b>Этап 1. «Организационный этап»</b>						
Приветствие. Проверка отсутствующих и готовности к уроку. Здравствуйтесь, ребята. Говорят, как день начнешь, так его и проведёшь. Давайте начнем сегодняшний день с улыбки, улыбнемся друг другу и с таким настроением проведём весь урок. Мне хочется, чтобы вы были на уроке внимательны, находчивы, а главное – чтобы вы показали, что знаете и как умеете работать. Садитесь!	-	-	-	-	-	-
<b>Этап 2. «Целеполагание. Актуализация знаний»</b>						
1.Организует деятельность по актуализации знаний с	1.Слушают вопросы учителя и отвечают на них.	1.Осуществл ять актуализаци ю	Взаимодействова ть с учителем и сверстниками во время беседы,	Организовыват ь и планировать учебное сотрудничество	Оценивать правильность суждений товарищей и	Осуществлять целеполагани е,

<p>помощью фронтальной беседы (<u>Приложение 1</u>).</p> <p>2. Дополняет ответы учащихся.</p> <p>3. Проводит экскурс в историю (<u>Приложение 2</u>).</p> <p>4. Просит выдвинуть предположение о теме предстоящего урока.</p> <p>5. Подводит итог беседы.</p>	<p>2. Выдвигают предположения по теме урока.</p>	<p>имеющихся знаний.</p> <p>2. Устанавливать причинно-следственные связи.</p>	<p>аргументируя свои высказывания.</p>	<p>с учителем и сверстниками, определять цели и функции участников, способы взаимодействия.</p>	<p>вносят необходимые коррективы.</p>	<p>включая постановку новых целей, преобразование практической задачи в познавательную, планировать пути достижения целей.</p>
<b>Этап 3. «Работа над содержанием текста»</b>						
<p>1. Организует работу по осмыслению и решению практико-ориентированного задания «Философский камень современного химика»</p> <p>Найденные решения помогут при изучении нового материала. (<u>Приложение 3</u> – текст задания)</p>	<p>1. Читают, понимают содержание текста, заданий.</p> <p>2. Осуществляют выполнение заданий.</p> <p>3. Учащийся по выбору учителя дает вариант решения задания.</p>	<p>Анализировать содержание прочитанного текста</p>	<p>1. Адекватно использовать речевые средства, строить монологическое контекстное высказывание.</p> <p>2. Формулировать собственное мнение.</p>	<p>1. Понимать прочитанное.</p> <p>2. Формировать решение, строить высказывания, понятные для всех учащихся</p>	<p>1. Понимать прочитанное.</p> <p>2. Строить высказывания, понятные для всех учащихся</p> <p>3. Оценивать выступление товарища.</p>	<p>Осуществлять взаимоконтроль</p>
<b>Этап 4. «Изучение нового материала»</b>						
<p>1. Организует работу отделов НИИ по решению кейсов:</p>	<p>1. Работают в отделах НИИ: - Теоретический отдел.</p>	<p>1. Создавать и преобразовывать модели</p>	<p>1. Взаимодействуют в группах.</p> <p>2. Весь класс во фронтальном</p>	<p>1. Понимать на слух ответы учащихся.</p>	<p>1. Взаимоконтроль выбранного способа действия.</p>	<p>1. Обнаруживать отклонения от эталона.</p>

<p>1.1. Разработка «Карты-схемы производства аммиака» (<u>Приложение 4</u>).</p> <p>1.2. Решение расчетных и ситуационных задач (<u>Приложение 5</u>).</p> <p>2. Организует отчет групп по работе с кейсами.</p> <p>3.Задаёт уточняющие вопросы.</p> <p>4.Организует работу по обсуждению решения кейсов.</p>	<p>- Технологический отдел.</p> <p>- Отдел ТБ и охраны окружающей среды.</p> <p>Каждый отдел получает кейсы для работы и видеофрагмент «Производство аммиака».</p> <p>2.В каждом отделе выбирают руководителя, аналитиков, информаторов.</p> <p>3.Смотрят (по необходимости) <u>видеофрагмент «Производство аммиака»</u>.</p> <p>4.Выполняют мини-исследование «Карта-схема по производству аммиака» по своему направлению деятельности в гугл-форме (ссылка <a href="https://docs.google.com/spreadsheets/d/1v2FNPLMCZRa1-p27vnXOI-e5gSxb84pZ5R7AyTNZUOY/edit?usp=sharing">https://docs.google.com/spreadsheets/d/1v2FNPLMCZRa1-p27vnXOI-e5gSxb84pZ5R7AyTNZUOY/edit?usp=sharing</a> ).</p> <p>4.Решают расчетные и ситуационные задачи</p>	<p>и схемы для решения задач.</p> <p>2. Осуществляют выбор наиболее эффективные способы решения задачи.</p>	<p>режиме слушает ответы представителей отделов.</p>	<p>2.Устанавливать и сравнивать разные точки зрения, прежде чем принимать решения и делать выбор.</p>	<p>2.В ходе заслушивания ответов учащихся контролируют правильность решения и по мере необходимости уточняют решение.</p> <p>3.Выбирают наиболее эффективный способ решения задачи.</p>	<p>2.Осуществлять взаимоконтроль</p> <p>3.Осуществлять итоговый и пошаговый контроль по результату.</p>
---	---	---	--	---	---	---

<b>Этап 5. Закрепление знаний.</b>						
1.Проверка знания в форме теста – 5 вопросов (Приложение 6). 2.Организует взаимопроверку теста.	Учащиеся отвечают на вопросы теста	Осознанно выполняют задание, анализируют.	-	1.Осуществляют самоконтроль, коррекцию, оценку действий. 2.Осуществляют взаимопроверку.	Адекватно и самостоятельно оценивает правильность выполнения действий.	Прогнозировать результаты уровня усвоения изучаемого материала.
<b>Этап 6. Рефлексия</b>						
Учитель просит написать ему телеграмму. Это не должно быть больше 3 – 4 предложений телеграфного типа, в которых вы отразите своё впечатление от нашей работы сегодня.	Учащиеся пишут 3 – 4 предложения телеграфного типа, в которых они отражают своё впечатление от работы сегодня.	1.Умение структурировать высказывания. 2.Умение анализировать.	-	Умение четко выражать свои мысли.	Осуществляют самооценку собственной учебной деятельности.	Умение оценивать деятельность и результат.
<b>Этап 7. «Домашнее задание»</b>						
Объясняет домашнее задание: - Создать модель, которая может объяснить, на что из вашей жизни похоже действие определенных факторов на изменение скорости реакции. Вашей моделью может быть: объяснение, картинка, сюжет. Для	Создать модель жизненной ситуации.	Сопоставляют материал урока и его выражение в жизненных ситуациях.	-	-	Анализируют условия достижения цели на основе учета выделенных учителем ориентиров действия в новом учебном материале.	Уметь самостоятельно контролировать свое время и управлять им.



<p>выработки образного объяснения можно применить АНАЛОГИЮ, т.е. на что похожа эта ситуация?</p> <p>1 группа – На что из вашей жизни похоже действие катализатора на скорость химической реакции?</p> <p>2 группа - На что похоже влияние температуры на скорость химической реакции?</p> <p>3 группа - На что похоже влияние увеличения или уменьшения площади поверхности соприкосновения реагирующих веществ?</p>						
--	--	--	--	--	--	--

**Фронтальная беседа (вопросы и дополнительный материал)**

*1. Какое значение в жизни играет элемент азот?*

Ребята, вы, наверное, читали чудесную книгу Джонатана Свифта «Путешествие Гулливера». Она полна интересных приключений и историй, и, возможно, вы помните, как автор устами молодого короля высказал мысль о том, что человек, который вырастил два колоска там, где рос один, предоставил людям неоценимую услугу. Ведь действительно, это сокровенная мечта земледельца - вырастить два колоска вместо одного, значит, удвоить урожай.

*2. Выражение «корм для земли» люди заменили аналогичным по значению словом. Каким? Какие ассоциации с этим словом у вас возникают?*

Верно - «удобрение», «добро». И в самом деле удобряя землю, человек делает её добрее, создаёт условие для лучшего роста и развития растений. И земля в ответ на это щедро расплачивается высоким урожаем.

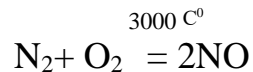
*3. Откуда он поступает в живые организмы? В растения?*

Сама природа создала уникальный механизм, который позволяет накапливать азот в семенах растений. Этот запас на начальном этапе развития растения обеспечивает ему независимость от состава грунта, но потом растение чахнет, если в грунт не внести азотсодержащее удобрение. Некоторые растения в процессе эволюции научились беспокоиться о себе сами: они с помощью клубеньковых бактерий переводят молекулярный азот воздуха в ионы аммония. Именно в виде ионов аммония азот усваивается растениями. Обеспечение других растений азотом взяла на себя природа.

На доске записана цепочка превращений азота в азотную кислоту:



Первое превращение в самой природе - во время грозового разряда с азотом происходят следующие превращения:



Второе превращение:  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$

Третье превращение:  $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$

Затем азотная кислота, попадая в грунт, растворяет некоторые соли, превращая их в природные минеральные удобрения.

*4. Как вы считаете в связи с интенсивным развитием земледелия только с помощью грозных дождей возможно обеспечить землю необходимым количеством усваиваемого азота?*

*5. Где на нашей планете содержится азот простое вещество?*

*6. Могут ли живые организмы усваивать азот из воздуха?*

*7. Можно ли связать атмосферный азот в химическое соединение, которое легко бы усваивалось растениями? Что это за вещество?*

Мы с вами живем как бы на дне громадного воздушного океана, а 4 /5 части его объёма приходится на простое вещество-азот. Казалось бы, что проще? Бери азот из воздуха и получай удобрения из него. Но сделать это не просто, потому что азот при нормальных условиях не активен! Поэтому азот воздуха сравнивают с птицей, которая летит, но которую трудно поймать. Поэтому перед учеными встала задача «связать крылья этой птице», т.е. химически связывать азот воздуха и изготавливать из него минеральные удобрения.

*Экскурс в историю.*

Проблема фиксации атмосферного азота была поставлена в начале XIX века. Наиболее четко ее сформулировал Д.И. Менделеев.

«Одну из задач прикладной химии составляет отыскание технически выгодного способа получения из азота воздуха его соединений, заключающих ассимилированный азот. Будущность сельского хозяйства много зависит от открытия подобного способа»

Только к началу XX века эта проблема была решена. За разработку научных основ синтеза аммиака и его промышленное оформление немецким ученым Фрицу Габеру и Карлу Бошу в 1918 году присуждена Нобелевская премия.

## Философский камень современного химика

*Прочитайте введение. Затем приступайте к выполнению заданий.*



На уроке Миша задал вопрос: «Почему в природе мы не встречаем многие вещества, синтезированные химиками, хотя все составляющие их химические элементы находятся в окружающем мире в больших количествах?» Ведь только за последние 100 лет в лабораториях получили миллионы новых соединений, о которых раньше не знали.

После бурной дискуссии ребята пришли к выводу, что у современных химиков есть философский камень, о котором мечтали алхимики, это – катализатор. Без него очень многие химические реакции не удаётся осуществить. Открытие явления катализа и катализаторов – огромное достижение химии. Только современные катализаторы превращают не свинец в золото, а сырьё в лекарства, пластмассы, химические реактивы, топливо, удобрения и другие полезные продукты.

Есть реакции, которые могут протекать лишь в очень жёстких условиях, поэтому кажутся невозможными. К таким реакциям, например, относится получение аммиака  $\text{NH}_3$  из азота и водорода. Задачу его синтеза (как и синтеза множества других полезных соединений) позволило решить применение катализаторов – веществ, способных изменять скорость и механизм реакции.

## Философский камень современного химика

### Задание 1

Прочитайте текст «Философский камень современного химика», расположенный справа.

Запишите свой ответ на вопрос.

Почему природный газ при открывании конфорки газовой плиты сам не горит, а загорается только тогда, когда мы подносим горящую спичку?

Запишите свой ответ.

## Философский камень современного химика

Почему в окружающем мире происходят не все возможные химические реакции?

Для того чтобы молекулы А и В прореагировали между собой, они должны сначала преодолеть энергетический барьер  $E_a$ . Энергия активации  $E_a$  – это та дополнительная энергия, которая необходима, чтобы столкновение частиц привело к химической реакции. Если активационный барьер высокий, то такая реакция в нормальных условиях идёт очень медленно или может вообще не начаться.



Высокая энергия активации может являться препятствием для самопроизвольного протекания даже очень «выгодных» с энергетической точки зрения реакций горения.

## Философский камень современного химика

### Задание 2

*Прочитайте текст «Философский камень современного химика», расположенный справа. Для ответа на вопрос отметьте нужные варианты ответа.*

Как катализатор влияет на процесс взаимодействия веществ в ходе химической реакции?

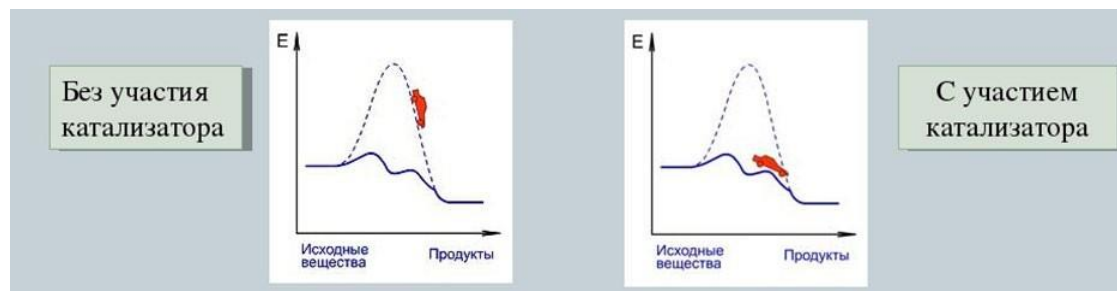
*Отметьте два верных варианта ответа.*

- Катализатор повышает энергию реагирующих молекул.
- Катализатор снижает энергетический барьер реакции.
- Катализатор повышает энергию образующихся молекул.
- Катализатор изменяет механизм процесса.

Катализатор не вступает во взаимодействие с молекулами.

## Философский камень современного химика

Роль катализатора можно сравнить с ролью проводника, который везёт туристов (реагирующие молекулы) через горный хребет. Путь через перевал, по которому ведёт проводник, лежит значительно ниже того, который лежит через вершину (энергетический активационный барьер реакции), и группа попадает в пункт назначения быстрее, чем без проводника (катализатора). Возможно даже, что самостоятельно группа вообще не смогла бы преодолеть этот хребет.



Энергетическая схема реакции

Удивительным в явлении катализа является то обстоятельство, что катализаторы, активно участвуя в реакции, сами в конечном итоге остаются в неизменном виде.

### Философский камень современного химика

Задание 3

*Прочитайте текст «Философский камень современного химика», расположенный справа. Отметьте нужный вариант ответа, а затем объясните свой ответ.*

В каком случае ребята наблюдали явление гомогенного катализа?

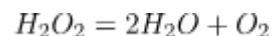
- № 1
- № 2

*Объясните свой ответ.*

### Философский камень современного химика

Вещества-реагенты и катализатор могут находиться в одной или разных фазах. Поэтому различают явления гомогенного и гетерогенного катализа.

Учащиеся изучали на уроке условия реакций разложения перекиси водорода под действием разных катализаторов. 3%-ный раствор перекиси водорода (такой продают в аптеках) вполне устойчив: он может храниться без изменения свойств до трёх месяцев. Перекись водорода очень медленно разлагается на свету:



Но реакцию можно значительно ускорить, добавляя разные вещества.

1. При добавлении нескольких крупинок оксида марганца  $MnO_2$  начинается бурная реакция разложения  $H_2O_2$  с выделением газообразного кислорода, которая будет продолжаться до тех пор, пока не закончится весь реагент.
2. Подобное явление каждый из ребят мог наблюдать, когда слабый раствор перекиси наносили на царапину. Перекись начинала при контакте с кровью пузыриться (выделяющийся при этом кислород дезинфицировал ранку). Этот процесс протекал только при смешивании перекиси с кровью, содержащей фермент – каталазу.





## Философский камень современного химика

### Задание 4

Прочитайте текст «Философский камень современного химика», расположенный справа. Для ответа на вопрос отметьте нужный вариант ответа.

Для чего гранулы катализатора помещают на полки в реакторе?

Отметьте **один** верный вариант ответа.

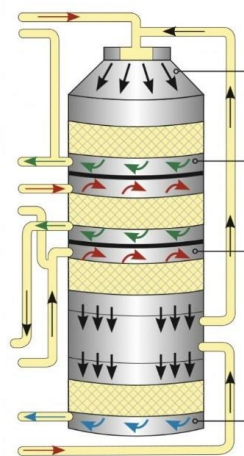
- для увеличения площади соприкосновения веществ
- для снижения теплового эффекта реакции
- для увеличения давления в реакционной системе


для достижения химического равновесия в системе

## Философский камень современного химика

Катализаторы необходимы для получения большинства продуктов в химической промышленности. Без них невозможно получить, например, серную кислоту, аммиак или современное жидкое топливо для автомобилей и т.п.. Для производства этих продуктов используют газообразное сырье, а в качестве катализаторов – твёрдые вещества. Промышленные установки – реакторы напоминают шкафы с сетчатыми полками, на которых рассыпаны гранулы катализатора. В такой «шкаф» направляют исходные вещества, а из него, как в сказке, выходят другие вещества – продукты реакции.

Реактор в производстве серной кислоты



 Слой катализатора – оксида ванадия



**Материалы кейса**

**Карта – схема производства аммиака (мини-исследование)**

I. Сырьё: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

II. Вспомогательный материал: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

III. Основной химический процесс: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

IV. Побочные процессы: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

V. Технологические принципы: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

VI. Технологические процессы: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

VII. Основной продукт: \_\_\_\_\_

VIII. Побочные продукты: \_\_\_\_\_

---

IX. Отходы производства: \_\_\_\_\_

---

X. Охрана окружающей среды: \_\_\_\_\_

---

XI. Техничко – экономические показатели: \_\_\_\_\_

---

XII. Особенности технологического процесса: \_\_\_\_\_

## Карта – схема производства аммиака (возможное решение мини-исследования)

**I. Сырьё:** азотоводородная смесь ( $3V\text{H}_2 + 1V\text{N}_2$ )

**II. Вспомогательный материал:** 1) катализатор (пористое железо); 2) топливо; 3) вода.

**III. Основной химический процесс:**  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3 + 92\text{кДж}$  ( $t = 450\text{-}500\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 15 \times 10^6\text{ Па}$ )

**IV. Побочные процессы:** нет

**V. Технологические принципы:**

- 1) принцип непрерывности (циркуляционный);
- 2) принцип утилизации теплоты реакции;
- 3) принцип противотока;
- 4) принцип использования отходов производства.

**VI. Технологические процессы:**

- 1) тепловые (нагревание смеси  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2$ ) (охлаждение  $\text{NH}_3$ )
- 2) гидродинамические (перемещение газов и жидкостей по трубам, смешивание газов, очистка газов);
- 3) диффузионные (ректификация, т.е. разделение  $\text{NH}_3$  и  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ );
- 4) химические (см. пункт III, горение топлива)

**VII. Основной продукт:** аммиак

**VIII. Побочные продукты:** нет.

**IX. Отходы производства:**

- 1)  $\text{H}_2$  и  $\text{N}_2$ , которые снова идут на синтез аммиака;
- 2) продукты горения топлива.

**X. Охрана окружающей среды и ТБ:** герметичность трубопроводов, по которым аммиак поступает на склад, а  $\text{H}_2$  и  $\text{N}_2$  – в колонну синтеза.

Аммиак, действуя на слизистые оболочки органов дыхания и глаз, вызывает их сильное раздражение, с последующими воспалительно-некротическими изменениями. Но такую дозу можно получить только при аварии на заводе. А просто находясь рядом с заводом человек не должен бояться.

Первая медицинская помощь в очаге поражения, осуществляемая в порядке само- и взаимопомощи:

- обильно промыть глаза водой или 2%-ным раствором борной (лимонной) кислоты ;
- надеть противогаз или марлевую повязку смоченную 5%-ным раствором лимонной кислоты;
- при попадании капель на кожу - обильно обмыть водой место загрязнения;
- выйти из очага в направлении перпендикулярном движению ветра.

#### **XI. Техничко – экономические показатели:**

- 1) W(NH<sub>3</sub>) выхода – 10-20%
- 2) производительность одной колонны в сутки – 1000 – 2000т.
- 3) замена катализатора – через 5-6 лет.

#### **XII. Особенности технологического процесса:** азотоводородная смесь получают конверсией метана:

1.  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{CO} + 3\text{H}_2 - 211 \text{ кДж}$
2.  $2\text{CH}_4 + \text{O}_2 = 2\text{CO} + 4\text{H}_2 + 70 \text{ кДж}$
3.  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{CO}_2 + \text{H}_2 + 38 \text{ кДж}$

Направление движения азотоводородной смеси в колонне синтеза выбирают таким образом, чтобы максимально использовать теплоту реакции и предохранять наружные стенки аппарат от нагревания.

Образующийся аммиак (10-20%) отделяют сжижением, возвращая непрореагировавшую азотоводородную смесь в колонну синтеза.

Процесс непрерывный, циркуляционный.

Дополнительная информация: для синтеза аммиака применяют давление от 15 до 100 Мпа (наиболее распространен 25-30 Мпа).

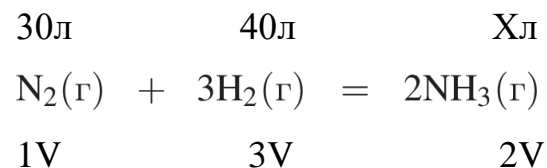
## Материалы кейса

Задание для теоретического отдела

**Задача.** Вычислите объём (н. у.) аммиака, который может быть получен исходя из 40 л водорода и 30 л азота, если массовая доля выхода от теоретически возможного составляет 0,2. Ответ укажите в литрах с точностью до десятых.

**Решение.** Объёмы газов, вступающих в реакцию и образующихся в результате реакции, соотносятся как небольшие целые числа, равные стехиометрическим коэффициентам в уравнениях реакций.

Согласно уравнению реакции, каждый объём азота реагирует с тремя объёмами водорода, и при этом образуется два объёма аммиака. Максимально возможный объём аммиака образуется, когда один из реагентов потратится полностью.



Так как азот дан избытке, расчет ведем по водороду.

$$V_{\text{макс}}(\text{NH}_3) = \frac{2 \cdot 40}{3} = 26,67 \text{ (л)}.$$

$$V_{\text{практ}} = 26,67 \times 0,2 = 5,334 \text{ (л)}$$

$$\frac{2 \cdot 40}{3} = 26,67 \text{ (л)}.$$

Ответ просят дать с точностью до десятых.

**Ответ:** 5,3 л.

### Задание для технологического отдела

**Задача.** Определите годовую (365 дней) производительность колонны синтеза аммиака в расчете на  $\text{NH}_3$  с массовой долей 100 %, если за 8 часов вырабатывается 60 000 кг  $\text{NH}_3$  с массовой долей 99 %. *Ответ укажите в литрах с точностью до десятых.*

**Решение.** За сутки (24 часа)  $\text{NH}_3$  с массовой долей 99 % вырабатывается:  $60\,000 \text{ кг} \times 3 = 180\,000 \text{ кг}$ .

Годовая производительность колонны синтеза аммиака составляет:

$180\,000 \cdot 365 = 65\,700\,000 \text{ кг} = 65\,700 \text{ т } \text{NH}_3$  (99 % мас.).

Производительность колонны в расчете на  $\text{NH}_3$  с массовой долей 100 % составляет:  $65\,700/0,99 = 66\,363,6 \text{ т/год}$ .

**Ответ:** производительность колонны синтеза аммиака в расчете на  $\text{NH}_3$  с массовой долей 100 % равна 66 363, 6 т/год.

### Задание для отдела ТБ и охраны окружающей среды

1. Значительные количества аммиака используются для получения удобрений, например, хлорида аммония. Хлорид аммония известен человечеству с древних времен. Применяется он как азотное удобрение под культуры, слабо реагирующие на избыток хлора. Его не рекомендуют для использования на приусадебных участках, но поскольку хлорид аммония является побочным продуктом при производстве пищевой соды, то его экономически выгодно использовать в больших хозяйствах при выращивании зерновых культур.

**Вопрос 1.** К каким экологическим последствиям может привести чрезмерное употребление хлорида аммония в качестве удобрения? Дайте развернутый ответ, сопроводив его химическими уравнениями.

**Ответ:**

Хлорид аммония хорошо растворим в воде. Попадая в почву, он гидролизует по катиону:  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+$ , то есть является кислым удобрением, поэтому его используют на щелочных почвах. Внесение чрезмерного количества этого удобрения без учета типа почвы будет повышать ее кислотность, что негативно скажется на живых организмах. Избыточное количество азота нежелательно, так как приводит к засоленности почвы и накоплению в растениях нитратов. Нитраты под воздействием микроорганизмов почвы превращаются в нитриты, опасные для теплокровных животных, в том числе и человека. С дождями удобрения вымываются из почвы, могут попасть в водоемы и вызвать их «цветение». Усиленное развитие фитопланктона, водорослей, прибрежных зарослей, нарушение экологического баланса приводит к снижению концентрации кислорода в воде, развитию анаэробных процессов, накоплению  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{NH}_3$ , в результате наблюдается гибель рыбы, вода становится непригодной для питья.



**Тест**

**1. Верны ли следующие утверждения о промышленном производстве аммиака?**

**А.** Водород для производства аммиака получают из природного газа и воды.

**Б.** Некоторые стадии производства требуют участия катализаторов.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

**2. В ходе синтеза аммиака по схеме равновесие реакции сдвигается в сторону продуктов реакции:**

- 1) при введении катализатора
- 2) при увеличении температуры
- 3) при повышении давления
- 4) при понижении давления

**3. При производстве аммиака исходную смесь газов берут в соотношении:**

- 1) 1 объем  $N_2$  к 3 объемам  $H_2$
- 2) 3 объема  $N_2$  к 1 объему  $H_2$
- 3) 5 объемов  $N_2$  к 1 объему  $H_2$
- 4) 1 объем  $N_2$  к 5 объемам  $H_2$

**4. Верны ли следующие суждения о научных принципах промышленного синтеза аммиака?**

А. Синтез аммиака осуществляют на основе принципа циркуляции.

Б. В промышленности синтез аммиака осуществляют в «кипящем» слое.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

**5. Укажите 2 признака утечки аммиака:**

- 1) характерный запах
- 2) вокруг производств на растениях можно обнаружить пожелтевшие точки мертвых тканей
- 3) раздражение глаз и верхних дыхательных путей
- 4) жжение в глазах и носу, повышение слезоотделения, повышение кровотока в области носа и глотки

***Ответы на тест:***

Вопрос 1 - 3

Вопрос 2 - 3

Вопрос 3 - 1

Вопрос 4 – 1

Вопрос 5 – 1,3

