

ТЕКСТЫ И ЗАДАНИЯ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ ПО ТЕМЕ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЕЩЕСТВ»

Наталья Ганина

Московский государственный университет
тонких химических технологий
им. М.В. Ломоносова
ntvedu@mail.ru

Предлагаются краткие учебные тексты и задания в тестовой форме, по темам «Общие научные принципы химического производства», «Промышленные способы получения веществ» (на примере производства серной кислоты, аммиака, азотной кислоты и метанола).

Ключевые слова: тестовое задание, краткие тексты, химическая связь, строение атома, химическое производство.

В работах В.С. Аванесова¹ указывается на необходимость, на данном этапе, создания хороших обучающих систем нового поколения, включающих короткие учебные тексты и технологичные тестовые задания к ним. Отличительной особенностью таких текстов является краткость и насыщенность изложения основных положений.

В курсе химии применение таких текстов, на наш взгляд, представляет интерес для адаптации разделов, содержащих значительный описательный материал (теоретические аспекты строения вещества, химическая связь, строение атома, практические аспекты и химическое производство).

В данной работе предлагается создание сжатых текстов и тестовых заданий к ним для тем «Общие научные принципы химического производства» (на примере производства серной кислоты, аммиака, азотной кислоты и метанола).

Следует отметить, что все темы курса, связанные с практическими аспектами, трудны для освоения. Действительно, тестовые задания практической направленности (и в Централизованном тестировании, и в ЕГЭ), включающие в себя промышленные способы получения веществ и вопросы охраны окружающей среды, выполняют немногим более 40% даже подготовленных учащихся.

1

Аванесов В.С. Главное направление модернизации образования. <http://viperson.ru/wind.php?ID=638368&soch=1>. 29.03.2011.

Аванесов В.С. Методическое оснащение модернизации образования. <http://viperson.ru/wind.php?ID=638429&soch=1>. 31.03.2011.

Адаптация этого материала представляет непростую задачу, несмотря на то, что имеется достаточное число хороших пособий по промышленным методам получения веществ², химической технологии³ и неорганической химии с практическими приложениями⁴. В этих пособиях (и просто в школьных учебниках) приводятся описания технологических процессов, но выделить общие закономерности протекания химических реакций, лежащих в основе технологии, установить логическую связь теоретических положений и практики под силу только достаточно увлечённым предметом учащимся. Именно здесь могут помочь сжатые тексты и опорные тестовые задания к ним.

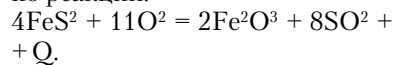
Производство серной кислоты

Серную кислоту получают в три стадии:

- 1) горение серы или серосодержащего соединения с образованием SO_2 ;
- 2) окисление SO_2 с образованием SO_3 ;
- 3) связывание SO_3 водой.

Сырьём для производства серной кислоты служат сера и серный колчедан (пирит).

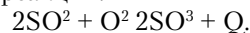
1. Реакция горения серного колчедана (пирита) проходит по реакции:



Реакция необратимая, гетерогенная, экзотермическая с большим тепловым эффектом.

Оптимальная температура процесса $800\text{ }^{\circ}\text{C} - 900\text{ }^{\circ}\text{C}$. Так как реакция гетерогенная, то для увеличения скорости реакции необходимо измельчение твёрдого реагента колчедана. Но, если частицы слишком малы ($< 5\text{ мм}$), то слой твёрдого реагента становится плотным, и воздух не может свободно проходить между частицами колчедана. Поэтому в промышленности реализуется способ проведения реакций между газом и твёрдым веществом, технологический приём «кипящего слоя». При этом способе в реакционную зону сверху подаётся измельчённый серный колчедан, а снизу подаётся воздух (принцип противотока), частицы колчедана перемещаются в различных направлениях, витают в воздухе, как пузырьки жидкости.

2. Окисление SO_2 проходит по реакции:



Реакция обратимая, экзотермическая. Реакцию проводят в контактном аппарате. При высоких температурах ($> 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) равновесие смещено влево, в сторону исходных веществ. При низких температурах ($< 400\text{ }^{\circ}\text{C}$) оксид серы может полностью окислиться. Однако при низких температурах низка скорость реакции, поэтому процесс проводят при $400\text{ }^{\circ}\text{C} - 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ с использованием твёрдого катализатора (платины, оксидов железа, хрома, ванадия). Так как примеси могут отравлять катализатор (называется контактом), то требуется предварительная очист-

2

Энштейн Д.А. Химия в промышленности. М.: Просвещение, 1973. 160 с.

3

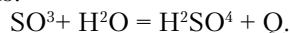
Фурмер И.Э., Зайцев В.Н. Общая химическая технология: Учеб. пособие для проф. тех. училищ, М.: «Высшая школа», 1978. 264 с.

4

Ахметов Н.С. Неорганическая химия: Учебное пособие для учащихся 8–9 классов школ с углублённым изучением химии. ч. 2. М.: «Просвещение», 1992. 192 с.

ка оксида серы (IV). Реакция является гетерогенно-каталитической.

3. Реакция оксида серы (VI) с водой протекает по уравнению:



Реакция экзотермическая гетерогенная, при умеренных температурах необратимая. Скорость реакции велика. SO_3 быстро реагирует не только с водой, но и с водяным паром, образуя пары серной кислоты, которые конденсируются в мелкие капельки серной кислоты, взвешенные в газовом потоке — сернокислотный туман. Туманообразную серную кислоту не улавливают ни вода, ни водные растворы серной кислоты. Чтобы предотвратить образование сернокислотного тумана, газовую смесь пропускают через концентрированную серную кислоту. Для увеличения скорости реакции необходимо увеличить поверхность соприкосновения газа и жидкости. С этой целью процесс проводят в поглотительной (цилиндрической) башне, заполненной насадкой с кольцами. Жидкость подают сверху башни (стекает вниз, образуя тонкую плёнку на поверхности колец), навстречу жидкости снизу в башню подают газовую смесь, т.е. применяют принцип противотока. Данный метод позволяет получать концентрированную серную кислоту.

Задания в тестовой форме

Нажмите на клавиши с номерами всех правильных ответов:

1. РЕАКЦИЯ ГОРЕНИЯ ПИРИТА:

- 1) обратимая, эндотермическая;
- 2) необратимая, эндотермическая;
- 3) обратимая, экзотермическая;
- 4) необратимая, экзотермическая.

2. ВЫХОД ГОРЕНИЯ ПИРИТА МОЖНО ПОВЫСИТЬ:

- 1) повышением температуры;
- 3) измельчением пирита;
- 4) понижением давления;
- 5) заменой кислорода воздухом.

3. ПРИНЦИП ПРОТИВОТОКА ПРИМЕНЯЮТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ:

- 1) при сжигании пирита и при окислении оксида серы (IV);
- 2) при окислении оксида серы (IV) и при поглощении оксида серы (VI) в поглотительной башне;
- 3) при поглощении оксида серы (VI) в поглотительной башне и при сжигании пирита.

4. ОКИСЛЕНИЕ ОКСИДА СЕРЫ(IV) ПРОВОДЯТ В:

- 1) поглотительной башне;
- 2) контактном аппарате;
- 3) ректификационной колонне;
- 4) газогенераторе.

5. РЕАКЦИЯ ОКИСЛЕНИЯ ОКСИДА СЕРЫ (IV):

- 1) экзотермическая, некаталитическая;

2) эндотермическая, каталитическая;

3) экзотермическая, каталитическая;

4) эндотермическая, некаталитическая.

6. УВЕЛИЧЕНИЮ ВЫХОДА РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ОКСИДА СЕРЫ (IV) (СМЕЩЕНИЮ РАВНОВЕСИЯ) СПОСОБСТВУЕТ:

1) повышение давления и повышение температуры;

2) повышение давления и понижение температуры;

3) понижение давления и повышение температуры;

4) понижение давления и понижение температуры.

7. ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАПЕЛЕК СЕРНОКИСЛОТНОГО ТУМАНА:

1) оксид серы (VI) подвергают предварительной очистке;

2) проводят поглощение оксида серы (VI) водой, при высоких давлениях;

3) оксид серы (VI) поглощают концентрированной серной кислотой;

4) проводят поглощение оксида серы (VI) водой, при высоких температурах.

8. ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СОПРИКОСНОВЕНИЯ РЕАГЕНТОВ В ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ БАШНЕ ПРИМЕНЯЮТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИЁМ:

1) кипящий слой;

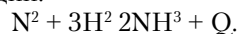
2) противоток;

3) измельчение;

4) продувание кислородом.

Производство аммиака

Синтез аммиака проводят по реакции:



Реакция обратимая, экзотермическая, каталитическая. Катализатором служит металлическое железо (т.е. реакция гетерогенно-каталитическая). Железо применяют не чистое, а активированное (с добавками оксида алюминия и оксида калия). Добавки к катализаторам, повышающие их активность и стабильность катализатора, называют активаторами или промоторами.

Синтез аммиака следует выделить в особый тип реакций из-за одной особенности: высокий выход аммиака может быть достигнут только при давлении несколько тысяч атмосфер (? 300 ат). Это технологически трудно, поэтому процесс ведут по-другому (при давлении 200 ат): выделяют образовавшийся за один проход аммиак, а непрореагировавшую азото-водородную смесь возвращают обратно в реакционный аппарат, т.е. ведут процесс с циркуляцией азото-водородной смеси в замкнутом цикле. Оптимальная температура процесса 450–550 С°.

Как отделить аммиак от остальных газов? В настоящее время аммиак выделяют охлаждением в водяных и аммиачных холодильниках. Затем жидкий аммиак отделяется от газов.

Задания в тестовой форме

Нажимайте на клавиши с номерами всех правильных ответов:

1. РЕАКЦИЯ ПОЛУЧЕНИЯ АММИАКА:

- 1) обратимая, эндотермическая;
- 2) необратимая, эндотермическая;
- 3) обратимая, экзотермическая;
- 4) необратимая, экзотермическая.

2. РАВНОВЕСИЕ РЕАКЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ АММИАКА СМЕЩАЕТСЯ В СТОРОНУ ВЫХОДА ПРОДУКТОВ ПРИ:

- 1) повышении давления и повышении температуры;
- 2) повышении давления и понижении температуры;
- 3) понижении давления и повышении температуры;
- 4) понижении давления и понижении температуры.

3. ПРОЦЕСС СИНТЕЗА АММИАКА ПРОВОДЯТ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ 400 С° ДЛЯ:

- 1) смещения равновесия реакции вправо;
- 2) очистки газовой смеси от примесей;
- 3) увеличения скорости реакции;
- 4) уменьшения выхода побочных продуктов.

4. УВЕЛИЧЕНИЕ ВЫХОДА АММИАКА ОСУЩЕСТВЛЯЮТ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ:

- 1) противотока;
- 2) кипящего слоя;
- 3) теплообмена;
- 4) циркуляции газовой смеси.

5. АММИАК ОТДЕЛЯЮТ ОТ ГАЗОВОЙ СМЕСИ:

- 1) окислением на воздухе;
- 2) растворением в воде;
- 3) охлаждением;
- 4) введением водоотнимающих добавок.

Производство азотной кислоты

Основные стадии производства азотной кислоты:

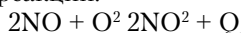
- 1) окисление аммиака;
- 2) окисление оксида азота (II);
- 3) взаимодействие оксида азота(IV) с водой.

Окисление аммиака проводят в контактном аппарате по реакции:



Реакция необратимая, экзотермическая, каталитическая. Катализатор выполняет очень важную роль. При отсутствии катализатора продуктом является N^2 , при некоторых катализаторах продуктом является N^2O , т.е. реакция является сложной (разветвлённой). Роль катализатора заключается в направлении реакции в нужную сторону, в селективном действии. Для получения NO, хорошим катализатором являются сплавы платины с родием и другими металлами (однако они дороги), либо оксид железа (он дешёв, но нестабилен). Воздух и аммиак необходимо предварительно очищать от примесей, чтобы они не загрязняли катализатор. Оптимальная температура 800–850 С°. Процесс проводят при атмосферном давлении, повышение давления уменьшает выход аммиака.

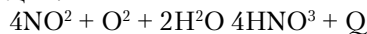
Окисление NO проводят по реакции:



Реакция обратимая, гомогенная, экзотермическая, некаталитическая. Скорость реакции увеличивается с уменьшением температуры (редкое исключение). Поскольку реакция экзотермическая, то при понижении температуры равновесие реакции смещается в сторону образования продуктов реакции ($< 200 \text{ C}^\circ$, реакция практически необратима). Таким образом температуру реакции необходимо понижать. Повышение давления (до 5–10 атм.) смещает равновесие реакции вправо, кроме того, увеличивает скорость реакции. Не окислившийся монооксид азота, представлял собой окрашенный в жёлтый цвет выхлопной газ — «лисий хвост». Он очень вреден для атмосферы.

В настоящее время его удаляют восстановлением водорода до азота.

Взаимодействие оксида азота (IV) с водой проводят по реакции:



Реакция обратимая, гомогенная, экзотермическая, некаталитическая.

Кислород вводят, чтобы исключить образование примеси NO (без кислорода — $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$)

При атмосферном давлении можно получить только слабую кислоту (50–60%). Повышение давления до 5–10 атм. даёт возможность получения 65–70%-й кислоты.

Задания в тестовой форме

Нажимайте на клавиши с номерами всех правильных ответов

1. РЕАКЦИЯ ОКИСЛЕНИЯ АММИАКА:

- 1) обратимая, эндотермическая;
- 2) необратимая эндотермическая;
- 3) обратимая, экзотермическая;
- 4) необратимая, экзотермическая.

2. ОКИСЛЕНИЕ АММИАКА ПРОВОДЯТ В:

- 1) поглотительной башне;
- 2) контактном аппарате;
- 3) ректификационной колонне;
- 4) теплообменном аппарате.

3. ПРИ ОКИСЛЕНИИ АММИАКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ NO ИСПОЛЬЗУЮТ:

- 1) нагрев выше 1000 C° ;
- 2) разбавление газовой смеси водой;
- 3) катализатор;
- 4) повышение давления.

4. РЕАКЦИЯ ОКИСЛЕНИЯ ОКСИДА АЗОТА (II):

- 1) экзотермическая, некаталитическая;
- 2) эндотермическая, каталитическая;
- 3) экзотермическая, каталитическая;
- 4) эндотермическая, некаталитическая.

5. УВЕЛИЧЕНИЮ ВЫХОДА ОКСИДА АЗОТА(IV) ПО РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ОК-

СИДА АЗОТА(II) СПОСОБСТВУЕТ:

- 1) повышение давления и повышение температуры;
- 2) повышение давления и понижение температуры;
- 3) понижение давления и повышение температуры;
- 4) понижение давления и понижение температуры.

6. ПОВЫШЕНИЮ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОКСЛЕНИЯ МОНООКСИДА АЗОТА СПОСОБСТВУЕТ:

- 1) понижение давления газовой смеси;
- 2) охлаждение монооксида азота;
- 3) разбавление водой;
- 4) замена кислорода воздухом.

7. НЕОКИСЛИВШИЙСЯ МОНООКСИД АЗОТА («ЛИСИЙ ХВОСТ») УДАЛЯЮТ:

- 1) растворением в воде;
- 2) восстановлением водородом;
- 3) понижением давления;
- 4) нагревом газовой смеси.

8. РЕАКЦИЯ ОКСИДА АЗОТА (IV) С ВОДОЙ:

- 1) гомогенная, обратимая;
- 2) гетерогенная, обратимая;
- 3) гомогенная, необратимая;
- 4) гетерогенная, необратимая;

9. УВЕЛИЧЕНИЮ ВЫХОДА АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ СПОСОБСТВУЕТ:

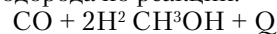
- 1) повышение температуры и повышение давления;
- 2) повышение температуры и понижение давления;

3) понижение температуры и повышение давления;

4) понижение температуры и понижение давления.

Синтез метилового спирта

Раньше метиловый спирт получали только путём сухой перегонки древесины (древесный спирт). В настоящее время основное количество метилового спирта производят методом синтеза монооксида углерода и водорода по реакции:



Чтобы повысить выход целевого продукта, применяют цинк-хромовый катализатор.

Реакция получения метанола обратимая, экзотермическая идёт в сторону образования спирта с большим уменьшением объёма. Следовательно, равновесие реакции будет смещаться в сторону образования метилового спирта при повышении давления и понижении температуры.

Вместе с тем при обычных температурах синтез метанола протекает крайне медленно, поэтому для его ускорения проводят при высоких температурах (около 400 С°). В то же время применение высокой температуры неблагоприятно сказывается на положении равновесия реакции, поэтому концентрация метилового спирта в газах на выходе из контактного аппарата за один проход газовой смеси через слой катализатора составляет лишь 5–20%. Непрореагировавшие газы после отделения метилового спирта возвращаются в процесс, т.е. для синтеза

метанола характерна циркуляция газовой смеси (циклическая схема производства).

Кроме того, реакцию проводят с избытком водорода для уменьшения выхода побочных продуктов.

Задания в тестовой форме

Нажмите на клавиши с номерами всех правильных ответов

1. РЕАКЦИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТИЛОВОГО СПИРТА:

- 1) обратимая, эндотермическая;
- 2) необратимая эндотермическая;
- 3) обратимая, экзотермическая;
- 4) необратимая, экзотермическая.

2. РАВНОВЕСИЕ РЕАКЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНОЛА СМЕЩАЕТСЯ В СТОРОНУ ВЫХОДА ПРОДУКТОВ ПРИ:

- 1) повышении давления и повышении температуры;
- 2) повышении давления и понижении температуры;
- 3) понижении давления и повышении температуры;
- 4) понижении давления и понижении температуры.

3. ПРОЦЕСС СИНТЕЗА МЕТАНОЛА ПРОВОДЯТ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ 400 С° ДЛЯ:

- 1) смещения равновесия реакции вправо;

2) очистки газовой смеси от примесей;

3) увеличения скорости реакции;

4) уменьшения выхода побочных продуктов.

4. УВЕЛИЧЕНИЕ ВЫХОДА МЕТАНОЛА ОСУЩЕСТВЛЯЮТ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ:

- 1) противотока;
- 2) кипящего слоя;
- 3) теплообмена;
- 4) циркуляции газовой смеси.

В заключение следует отметить, что тестовые задания к кратким текстам можно использовать как для контроля, так и для самоконтроля (самоподготовки) учащихся. Причём второе направление представляет очень большой интерес, так как стимулирует познавательную деятельность студентов. Практическая апробация кратких текстов и тестовых заданий к ним (со слушателями подготовительных курсов и студентами первого курса) показала их эффективность для формирования умений самостоятельной работы, что является основой успешного обучения в вузе.