**Производство серной кислоты**

**Урок-семинар • 9 класс**

Впервые учащиеся встречаются с изучением химического производства по теме «Сера» в 9-м классе. До этого роль химии в жизни, в народном хозяйстве освещалась только в связи с применением отдельных веществ. Поэтому при изучении данной темы целесообразно поставить следующие **цели**: на основе изучения производства серной кислоты сформировать у учащихся общее представление о химической технологии, ознакомить с научными принципами производства; развивать умения работать в коллективе единомышленников при решении учебных задач; развивать навыки решения теоретических и практических задач по химии с политехническим содержанием.

Для лучшего усвоения материала всех учащихся класса нужно распределить по группам: технологи, экологи, краеведы, историки – и перед каждой группой предварительно выдвинуть ряд проблем.

http://him.1september.ru/2008/09/s.gifЧто может служить сырьем для получения серной кислоты на химических заводах?

http://him.1september.ru/2008/09/s.gifОтходы каких промышленных производств содержат серу и можно ли их использовать в качестве сырья?

http://him.1september.ru/2008/09/s.gifКакие химические вещества являются отходами сернокислотного производства? Каким образом их можно использовать?

http://him.1september.ru/2008/09/s.gifКаковы конструктивные особенности аппаратов, используемых при производстве серной кислоты?

http://him.1september.ru/2008/09/s.gifКакие санитарно-гигиенические условия создаются в окрестностях металлургического завода или завода по производству серной кислоты?

http://him.1september.ru/2008/09/s.gifКакие предприятия нашего региона занимаются производством серной кислоты и каким образом решаются вышеперечисленные проблемы на этих предприятиях?

**Оборудование и реактивы.** На столах каждой группы учащихся находятся: учебник химии для  
9-го класса (авторы Н.Е.Кузнецова, И.М.Титова, Н.Н.Гара, А.Ю.Жегин), рисунки с изображением аппаратов и процессов, происходящих при производстве серной кислоты, задания для проверки материала, изученного на уроке; раствор лакмуса, 0,5%-й раствор серной кислоты, два стакана на 100 мл, две стеклянные палочки, яичная скорлупа, порошок цемента, ступка и пестик.

Урок проводится в три этапа: теоретический, экспериментальный, проверочный – решение предложенных заданий.

**ХОД УРОКА**

**1-й эколог.** *Месторождений серной кислоты на Земле не обнаружено. В природе серная кислота может образоваться в атмосфере за счет окисления поступающего в нее сернистого газа* SO2*, сейчас этот газ стал главным загрязнителем окружающей среды. Если раньше его основными «поставщиками» были вулканы, то сейчас большая часть сернистого газа имеет антропогенное происхождение. Образующаяся в атмосфере сернистая и серная кислоты возвращаются на Землю в виде кислотных дождей.*

**1-й историк.** *Первое упоминание о серной кислоте встречается в трудах арабского алхимика Гебера (его настоящее имя Джабир или Джафар), жившего в IX–X вв. В своих сочинениях он писал о том, что при сильном нагревании квасцов перегоняется «спирт», обладающий сильной растворяющей силой. Cпирт, о котором писал алхимик, и был серной кислотой. Этот факт остался в истории химии просто установлением нового, ранее неизвестного вещества. Специально в то время серную кислоту еще не получали.*

**2-й историк.** *Получать серную кислоту стали позже. Способ приготовления серной кислоты, применявшийся алхимиками и существовавший до XVIII в., основывался на разложении сульфатов при нагревании, например разложением железного купороса (отсюда ее название – купоросный спирт). Серную кислоту также получали нагреванием квасцов. Еще один старейший технический способ получения серной кислоты – нагревание серы с селитрой. В дальнейшем этот процесс стал называться нитрозным. Впервые в промышленности он был осуществлен в Англии (1740) и состоял в сжигании серы и селитры в ковше, подвешенном в стеклянном баллоне емкостью 300 л, в котором находилось большое количество воды. При этом выделялись газы, содержавшие значительные количества сернистого ангидрида* (SO2) *и оксидов азота, которые, реагируя с водой и кислородом воздуха, образовывали серную кислоту.*

**1-й технолог.** *Следующим шагом был переход от стеклянных баллонов к кубообразным камерам. В свинцовые камеры вводили смесь селитры и серы, все отверстия в камере закрывали и поджигали смесь. Образующаяся серная кислота растворялась в воде, покрывавшей дно камер. По окончании процесса камеры вентилировали. После нескольких подобных операций получалась серная кислота соответствующей концентрации. Таким образом, процесс производства серной кислоты сначала был периодическим.*

**2-й технолог.** *В конце XVIII в. над усовершенствованием камерного процесса плодотворно работали французы: профессор прикладной химии Н.Клеман и фабрикант Ш.Дезорм, которые доказали возможность непрерывного проведения процесса производства серной кислоты. Ими была предложена следующая схема:*

SO2 + NO2 http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gifSO3 + NO,

NO + 1/2O2 http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gifNO2,

SO3 + H2O http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gifH2SO4.

**3-й технолог.** *Однако окончательно механизм реакции получения серной кислоты камерным, или нитрозным, методом был выяснен позднее. В первых установках оксиды азота выбрасывались в воздух. Но в 1827 г. Жозеф Луи Гей-Люссак предложил поставить вслед за камерами башню для улавливания оксидов азота, орошаемую серной кислотой и заполненную коксом. С 1859 г. по предложению английского химика Д.Гловера перед камерами стали устанавливать башню, в которой кислота, приходящая из поглотительной башни, освобождалась от оксидов азота. Этим фактически было закончено создание классической камерной технологии.*

*Первая башенная система появилась в Германии в 1907 г. Получаемая при нитрозном методе серная кислота – не особенно чистая и не концентрированная, поэтому область ее применения ограничена. В таких производствах, как получение взрывчатых веществ, или в органическом синтезе, нужна более концентрированная и более чистая кислота, получаемая другим методом – контактным.*

**4-й технолог.** *Контактный способ производства серной кислоты – многостадийный процесс. В большинстве случаев сырьем для производства серной кислоты контактным методом является серный колчедан* (FeS2)*, а также сульфиды цветных металлов. Серный колчедан широко распространен в природе, среднее содержание серы в руде колеблется от 40 до 50%, кроме того, руда содержит примеси соединений кобальта, никеля, мышьяка, селена, меди, кремнезем, карбонаты кальция и натрия, оксид алюминия, серебро, золото.*

**2-й эколог.** *Особенно большой интерес в качестве сырья для производства серной кислоты представляют полиметаллические сульфидные руды. При обжиге этих руд (первая стадия производства цветных металлов) образуется газ с высоким содержанием оксида серы(IV), т.е. решаются вопросы комплексного использования сырья и проблема резкого уменьшения загрязнения атмосферы сернистым газом.*

**3-й эколог.** *Для производства серной кислоты можно было бы также использовать соединения серы, входящие в состав горючих ископаемых. При сжигании их на теплоэлектростанциях, в промышленных топках в воздух выбрасываются огромные количества сернистого газа, т.к. извлечь его из топочных газов, вследствие низкой концентрации, трудно. Это одна из актуальнейших проблем, над которой сегодня работают многие исследователи.*

*Более благоприятные условия складываются при химической переработке топлива. При коксовании каменных углей большая часть серы переходит в коксовый газ преимущественно в виде сероводорода. Технология производства серной кислоты из сероводорода, не содержащего ядовитых для катализатора примесей, значительно проще, чем из сульфидных руд. Самой дешевой в настоящее время является кислота, получаемая из сероводорода.*

*Из природных сульфатов для производства серной кислоты имеют значение гипс и ангидрит**[\*](http://him.1september.ru/2008/09/28.htm" \l "1), а также получаемый при производстве фосфорной кислоты (в виде отходов) фосфогипс. Для получения сернистого газа сульфаты нужно прокалить в смеси с углем, глиной и песком.*

http://him.1september.ru/2008/09/2b.gif**Основные стадии производства серной кислоты контактным способом**

**I.** ***Получение сернистого газа*** (путем обжига серного колчедана, сжиганием серы или сероводорода).

**5-й технолог.** *При производстве серной кислоты из серного колчедана оптимальными условиями его обжига являются: применение флотационного (обогащенного) колчедана, содержащего в среднем 45% серы в пересчете на сухое вещество; проведение реакции при оптимальной температуре (800 °С), полезное использование теплоты, выделяющейся в реакции; интенсификация процесса благодаря применению кислорода (промышленные опыты показали, что повышение содержания кислорода в газе до 60% настолько увеличивает количество водяного пара, получаемого за счет теплообмена, что этот пар может полностью удовлетворить потребность в энергии всего сернокислотного цеха); повышение производительности реакционного аппарата (реактора).*

*Установка для обжига колчедана* (рис. 1) *должна быть сконструирована таким образом, чтобы процесс протекал при условиях, возможно более близких к оптимальным. В современном производстве используют печи для обжига в кипящем слое:*

4FeS2 + 11O2 http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gif2Fe2O3 + 8SO2 + 13 476 кДж.

|  |
| --- |
| Рис. 1. Печь для обжига колчедана |
| **Рис. 1. Печь для обжига колчедана** |

*Если исходным сырьем для производства серной кислоты является сера, то при ее горении происходит реакция:*

S + O2 http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gifSO2 + 297 кДж.

*Сера поступает на заводы обычно в твердом состоянии. Ее дробят, плавят, фильтруют для очистки от примесей и в жидком виде подают форсунками в печь, где она испаряется и сгорает* (рис. 2). *Получается газ с высоким содержанием оксида серы(IV) – до 16%.*

|  |
| --- |
| Рис. 2. Печь для сжигания серы: 1 – форсунка, 2 – стальной кожух, 3 – кирпичная футеровка |
| **Рис. 2. Печь для сжигания серы: 1 – форсунка, 2 – стальной кожух, 3 – кирпичная футеровка** |

*При производстве серной кислоты из сероводорода происходит реакция:*

2H2S + 3O2 http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gif2SO2 + 2H2O + 1038,7 кДж.

*Этот способ появился с открытием месторождений природного газа, содержащего сероводород. Сероводород выделяют также из продуктов нефтепереработки и коксового газа. Сжигание сероводорода подобно сжиганию газообразного топлива. В качестве реактора применяют паровые котлы, оборудованные горелками, через которые поступает сероводород и воздух. Устройство для сжигания сероводорода проще, чем для сжигания серы. Этот процесс наиболее экономичен из всех рассмотренных ранее, поэтому серная кислота, полученная из сероводорода, самая дешевая.*

**II. *Окисление сернистого газа кислородом.* 6-й технолог.** *Опыты показали, что реакция протекает лишь при участии катализатора и при повышенной температуре:*

http://him.1september.ru/2008/09/31-2.jpg

*Еще в 1831 г. было открыто каталитическое действие платины, позднее было найдено, что реакция ускоряется также в присутствии оксидов железа, хрома, меди и ванадия. В настоящее время контактные аппараты с кипящим слоем катализатора получили большое распространение в сернокислотном производстве.*

*Проблема смещения равновесия в этой реакции в сторону образования оксида серы(VI) имеет очень большое значение. Во-первых, из данного количества сырья нужно получить как можно больше серной кислоты; во-вторых, не окислившийся на катализаторе сернистый газ трудно уловить, он выделяется в атмосферу и загрязняет ее. Самая низкая температура, при которой катализатор сохраняет свою активность, а равновесие смещено в сторону образования* SO3, *– 400 °С. Отсюда можно было бы сделать вывод, что это и есть оптимальная температура процесса. Однако скорость реакции при такой температуре мала. При повышении температуры скорость реакции, а следовательно, и производительность катализатора, растут, но при этом равновесие смещается влево, в газовой смеси остается неокисленный оксид серы(IV).*

*Оптимальный температурный режим поддерживается следующим образом: реакцию начинают при более высокой температуре, когда катализатор еще достаточно активен, и постепенно снижают ее в ходе реакции. В таких условиях процесс идет и с максимально возможной скоростью, и с высоким выходом продукта.*

*До недавнего времени все стадии производства серной кислоты проводились только при атмосферном давлении, но сейчас сооружают сернокислотные установки, работающие при повышенном давлении, благодаря чему достигается практически полное превращение оксида серы(IV) в оксид серы(VI). При указанном выше температурном режиме и давлении для смещения равновесия необходим избыток кислорода. В практических условиях в газовой смеси поддерживают концентрацию оксида серы(IV) около 7% и концентрацию кислорода около 11%.*

*Для установления оптимального температурного режима в контактном аппарате необходимо утилизировать теплоту протекающей реакции. Для этой цели в контактном аппарате размещают теплообменники, в которых за счет тепла горячих газов подогревается вода с таким расчетом, чтобы по мере протекания реакции температура реакционной смеси постепенно понижалась. Выходящий из контактного аппарата горячий газ проходит по трубкам теплообменника и отдает свое тепло поступающему в аппарат холодному газу. Последний, проходя теплообменники, нагревается и поступает в нижний слой катализатора контактного аппарата при температуре начала реакции* (рис. 3, см. с. 32).

|  |
| --- |
| Рис. 3. Контактный аппарат для окисления оксида серы(IV) в кипящем слое: 1 – выравнивающие решетки; 2 – катализатор; 3 – газораспределительные решетки; 4 – теплообменные элементы |
| **Рис. 3. Контактный аппарат для окисления оксида серы(IV) в кипящем слое: 1 – выравнивающие решетки; 2 – катализатор; 3 – газораспределительные решетки; 4 – теплообменные элементы** |

**III*. Улавливание (абсорбция) оксида серы(VI) с образованием серной кислоты или олеума.***

**1-й технолог.***Если газовую смесь, содержащую оксид серы(VI), пропускать через воду или водный раствор серной кислоты, то какая-то часть оксида серы будет взаимодействовать с парами воды:*

SO3 + H2O http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gifH2SO4 + 130,5 кДж.

*Парообразная серная кислота конденсируется в виде мельчайших капелек, образуя туман. Туманообразную серную кислоту нельзя сколько-нибудь уловить. По мере увеличения концентрации серной кислоты давление водяных паров над ней уменьшается, и над раствором, содержащим 98,3% серной кислоты, становится практически равным нулю.*

**2-й технолог.** *Для увеличения скорости реакции между газом и жидкостью используют принцип противотока. При этом жидкость (в данном случае раствор серной кислоты) подают сверху в цилиндрическую башню, заполненную насадкой, например кольцами* (рис. 4). *Под действием силы тяжести жидкость стекает вниз, образуя на поверхности колец тонкую пленку. При сравнительно небольших размерах колец суммарная поверхность такой непрерывно обновляющейся пленки очень велика. Навстречу жидкости внизу в башню вводят газовую смесь, из которой извлекается компонент, реагирующий с жидкостью.*

|  |
| --- |
| Рис. 4. Поглотительная башня с насадкой из керамических колец: 1 – кислотоупорный кирпич; 2 – стальной корпус; 3 – распределительные желоба; 4 – брызгоуловитель |
| **Рис. 4. Поглотительная башня с насадкой из керамических колец: 1 – кислотоупорный кирпич; 2 – стальной корпус; 3 – распределительные желоба; 4 – брызгоуловитель** |

*Для того, чтобы получить олеум, устанавливают последовательно две башни. Первая башня орошается олеумом, концентрация которого примерно на 1% ниже, чем продукта, который необходимо получить, вторая – 98,3%-й серной кислотой.*

http://him.1september.ru/2008/09/2b.gif**Защита окружающей среды от загрязнений оксидами серы.  
Применение серной кислоты**

**3-й эколог.** *В отходящих газах сернокислотных систем, работающих при атмосферном давлении и с однократным контактированием, содержится около 0,2% оксида серы(IV), около 0,007% оксида серы(VI) и брызги серной кислоты. Для очистки от оксида серы(IV) газ пропускают через башню, орошаемую раствором бисульфита аммония, а для улавливания оксида серы(VI) и брызг кислоты – через электрофильтр. Применяют и другие методы, например добавляют озон, который окисляет оксид серы(IV). При двойном контактировании, с промежуточным удалением из газовой смеси оксида серы(VI), степень окисления оксида серы(IV) достигает 99,7%, и содержание его в отходящих газах уменьшается почти в 10 раз по сравнению с содержанием в отходящих газах после однократного контактирования.*

**4-й эколог.** *Кроме самих соединений серы экологические проблемы могут вызывать и соединения, находящиеся в составе серосодержащих руд. Например, селен, который входит в состав серосодержащих руд и выделяется в атмосферу при обжиге пирита. Селен может заменять серу в аминокислотах (метионине, цистеине, цистине) и включаться в обмен веществ. Избыток селена в растениях (до 5*•*10–6 %) вызывает облысение овец и болезни их копыт, выпадение перьев у птиц, нарушение координации движений у животных.*

**5-й эколог.** *Другой отход производства – пиритный огарок. Огромные его количества занимают значительные территории пахотных земель, сильно запыляют атмосферу, создавая тем самым угрозу для здоровья людей.*

**1-й краевед.** *Основным потребителем серной кислоты в промышленности является производство минеральных удобрений.*

*На свойстве серной кислоты давать с водой прочные гидраты основано ее применение как водоотнимающего реагента.*

*Серная кислота применяется в процессах нитрования органических веществ, реакциях сульфирования, продуктами которых являются красители, лекарственные вещества, ионообменные смолы.*

*Серная кислота используется в нефтеперерабатывающей отрасли промышленности для очистки бензина, керосина и других нефтепродуктов от таких примесей, которые при хранении нефтепродуктов осмоляются и загрязняют их. Спрос на серную кислоту постоянно растет.*

*Возрастает количество серной кислоты, используемой для получения фосфорной кислоты – сырья для получения фосфорных удобрений.*

*Большие ее количества идут на производство оксида титана(IV), синтетических моющих средств, химических волокон. Особенно быстро растет спрос на концентрированную кислоту и олеум.*

**6-й эколог.** *Кислотные осадки во многих районах мира настолько повысили кислотность озер, что жизнь их обитателей оказалась под угрозой. Борьба с этим явлением до сих пор сводилась к внесению в воду извести. Однако ее применение имеет целый ряд недостатков.*

*Известь – вещество едкое, может вызвать ожоги у рабочих, занимающихся ее внесением, у рыб и растений, а также гибель микроорганизмов; растворение извести и ее нейтрализация приводит к местному разогреву воды, что вызывает кислородное обеднение воды; существенно повышается жесткость воды.*

*Предлагаются другие способы борьбы с повышенной кислотностью воды в озерах. Один из них – применение некоторых отходов пищевой отрасли промышленности. Этот способ позволяет решить одновременно две проблемы: утилизации отходов и понижения кислотности природных вод. Другой способ разработан группой специалистов из канадской компании «Диборн Кемикал», возглавляемой химиками Дж.Кейнсом и Д.Янгом. Они предложили вместо извести вносить в озера некий строительный материал, обладающий такой же эффективностью в понижении кислотности. Его отличие заключается в том, что он существенно медленнее реагирует с кислотой и не вызывает нежелательных последствий.*

*Предлагают такой способ понижения кислотности – применение яичной скорлупы, в состав которой входит карбонат кальция. Это позволяет избежать ожогов и местного разогрева воды – первые два пункта из перечня отрицательных последствий известкования водоемов. Однако большой проблемы в утилизации скорлупы не существует: ее используют для снижения кислотности почвы, а также дают курам для увеличения прочности скорлупы яиц.*

*Еще одним способом может быть внесение в водоемы уже ненужных в строительстве изделий из бетона. В состав цемента входят обладающие основными свойствами компоненты, которые будут медленно реагировать с содержащейся в воде кислотой.*

*Для проверки этих предложений нужно провести* ***эксперимент****: в два стакана со слабым раствором серной кислоты поместить при перемешивании соответственно измельченную яичную скорлупу и порошок цемента. Проанализировать изменение цвета индикатора и определить нейтрализующий эффект используемого материала.*

http://him.1september.ru/2008/09/2b.gif**Производство серной кислоты в Свердловской области**

**2-й краевед.** *В Свердловской области одним из производителей серной кислоты является Среднеуральский медеплавильный завод (СУМЗ), который входит в состав Уральской горно-металлургической компании (УГМК). Медеплавильный цех завода перерабатывает медные концентраты по схеме: обжиг в печах «кипящего слоя», отражательная плавка огарка, конвертирование. Продуктом этого цеха является черновая медь. На заводе освоен также комплекс плавки медьсодержащего сырья в жидкой ванне (печь Ванюкова). Практически полная утилизация отходящих сернистых газов достигается за счет существования на СУМЗе сернокислотного производства. На основе действующего на предприятии цеха по производству серной кислоты разработана и внедрена технология ее дальнейшей переработки и получения триполифосфата натрия, который является сырьем для производства синтетических моющих средств. Таким образом, на заводе осуществляется комплексная переработка техногенных отходов, действует современная система экологического мониторинга.*

**3-й краевед.** *На другом предприятии Свердловской области – Красноуральском медеплавильном комбинате – на серосодержащих отходящих газах медеплавильного цеха, получаемых при обжиге, плавке и конвертировании, так же, как и на СУМЗе, работает сернокислотный цех. Сернокислотное производство – необходимая природоохранная часть металлургического комплекса. На Красноуральском медеплавильном комбинате выпускается контактная серная кислота (1-й и 2-й сорт) и технический олеум. Серная кислота, производимая данным предприятием, предназначается для производства удобрений, искусственного волокна, капролактама, диоксида титана, этилового спирта, анилиновых красителей и целого ряда других производств.*

http://him.1september.ru/2008/09/2b.gif**Проверка знаний по теме «Производство серной кислоты»**

**Задание 1**

**1.** Перечислите в правильном порядке названия аппаратов, используемых в производстве серной кислоты контактным способом:

1) печь для обжига в кипящем слое;

2) сушильная башня;

3) циклон;

4) поглотительная башня;

5) теплообменник;

6) электрофильтр;

7) контактный аппарат.

**2.** В каких из перечисленных в вопросе 1 аппаратах происходят химические реакции при производстве серной кислоты?

**3.** Какие из перечисленных ниже условий увеличивают скорость реакции:

4FeS2 + 11O2 http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gif2Fe2O3 + 8SO2?

**4.** Какие из перечисленных ниже условий увеличивают скорость реакции:

2SO2 + O2 http://him.1september.ru/2008/09/strlki.gif2SO3?

**5.** Какие из перечисленных ниже условий увеличивают скорость реакции:

SO3 + H2O http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gifH2SO4?

Варианты ответов к вопросам **3**–**5**.

Условия, влияющие на скорость реакции:

1) измельчение сырья;

2) повышение температуры;

3) увеличение поверхности соприкосновения реагирующих веществ;

4) использование катализатора;

5) увеличение давления.

**6.** Напишите химические формулы следующих веществ: пирит, печной газ, олеум, серная кислота.

*Ответы*.

**1.** 1), 3), 6), 2), 5), 7), 4).

**2.** 1), 4), 7).

**3.** 1), 2), 3).

**4.** 2), 4).

**5.** 3).

**6.** FeS2; SO2; H2SO4?*n*SO3; H2SO4.

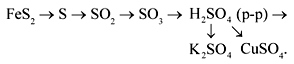
**Задание 2**

Распределите перечисленные ниже понятия по колонкам таблицы (табл. 1): обжиг колчедана; увеличение концентрации реагирующих веществ; окисление; противоток; электрофильтр; очистка от пыли; циклон; применение катализаторов; вода; серная кислота; гидратация; использование оптимальных температур; циркуляция материальных и тепловых потоков; воздух; комплексное использование сырья и материалов; руда.

*Таблица 1*

**Производство серной кислоты**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сырьевые материалы | Химико-технологические процессы | Научные принципы управления химическими реакциями | Аппа- раты | Продук- ция |
|  |  |  |  |  |



**Задание 3**

Серная кислота имеет разнообразное применение. В таблице (табл. 2) найдите соответствие между свойствами серной кислоты и областями ее применения.

*Ответ*. 1-г; 2-в; 3-а; 4-б; 5-е; 6-д; 7-ж.

*Таблица 2*

|  |  |
| --- | --- |
| Свойства серной кислоты | Области применения |
| Реакция обмена с солями (1).  Реакция обмена с оксидами и гидроксидами (2).  Взаимодействие раствора с металлами (3).  Водоотнимающие свойства (4).  Взаимодействие концентрированной серной кислоты с металлами (5).  Реакция неполного обмена с фосфатом кальция (6).  Нейтрализация раствором аммиака (7) | Получение водорода в аппарате Киппа (а).  Высушивание веществ (б).  Очистка поверхности металлов от ржавчины (в).  Получение кислот (г).  Получение простого суперфосфата (д).  Травление чистых металлов (е).  Получение сульфата аммония (ж) |

**Задание 4**

Расположите виды серосодержащего сырья в ряд по убыванию процентного содержания в них серы: цинковая обманка (ZnS), халькопирит (CuFeS2), серный колчедан (FeS2).

*Ответ*. FeS2, CuFeS2, ZnS.

**Задание 5**

Сульфаты меди(II) и калия в производстве получают по следующей схеме:

FeS2 http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gifS http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gifSO2 http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gifSO3 http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gif(р-р) http://him.1september.ru/2008/09/strpr.gifCuSO4.

Составьте по предложенной схеме уравнения реакций. Отметьте реакции обмена, разложения, соединения; реакции, происходящие с изменением и без изменения степеней окисления элементов в веществе.

Л и т е р а т у р а

*Кузнецова Н.Е., Титова И.М., Гара Н.Н., Жегин А.Ю.* Химия-9. М.: Вентана-Граф, 2004; *Коробейникова Л.А., Рысс В.Л.* Проверь свои знания по неорганической химии. М.: Просвещение, 1981; *Крицман В.А*. Книга для чтения по неорганической химии. М.: Просвещение, 1974; *Оржековский П.А., Давыдов В.Н., Титов Н.А*. Творчество учащихся на практических занятиях по химии. М.: Аркти, 1999; *Сенкевич В.М., Суравегина И.Т*. Как учить экологии. М.: Просвещение, 1995; *Ходаков Ю.В*. Преподавание химии в 7–8 классах. М.: Просвещение, 1969; *Эпштейн Д.А*. Общая химическая технология. М.: Химия, 1979.

[\*](http://him.1september.ru/2008/09/28.htm" \l "1-1) Ангидрит – CaSO4; гипс – CaSO4•2Н2О; фосфогипс – сульфат кальция с примесями природных фосфатов. – *Прим. ред*.