

Эксперименты с оксидами азота

В.Н. Витер

Монооксид азота или оксид азота (II) NO – бесцветный ядовитый газ, плохо растворим в воде. При комнатной температуре оксид азота (II) быстро реагирует с кислородом, образуя бурый диоксид азота NO₂.

Существует несколько лабораторных методов получения монооксида азота, в частности, реакция меди с разбавленной азотной кислотой



и реакция нитрита натрия с восстановителями (например, иодид калия, сульфат железа (II)) в кислой среде:



При взаимодействии нитрита натрия с раствором соляной или серной кислот образуется азотистая кислота HNO₂



Азотистая кислота неустойчива, существует только в разбавленных растворах и легко распадается с образованием смеси оксидов азота (II) и (IV)



В промышленности оксид азота (II) получают окислением аммиака кислородом воздуха на платиновом катализаторе



Этот процесс является важной стадией получения азотной кислоты, которая, в свою очередь, используется для производства минеральных удобрений, красителей, лекарств, взрывчатых веществ и многих других продуктов.

При температуре несколько тысяч градусов азот непосредственно реагирует с кислородом, образуя монооксид азота



Эту эндотермическую реакцию пытались использовать для непосредственного получения соединений азота из воздуха. Процесс проводили, пропуская воздух через большую электрическую дугу. Поскольку оксид азота не отличается термической стабильностью, газовую смесь сразу же охлаждали, чтобы не дать возможность образовавшимся молекулам NO снова распасться. Сам процесс назывался «горение воздуха¹». На разработку технологии было потрачено много времени, сил и средств. К сожалению, оказалось, что процесс горения воздуха требует большого расхода электрической энергии, а поэтому нерентабелен.

Значительные количества оксида азота (II) образуются в грозových разрядах. При взаимодействии с кислородом и водой оксид азота NO дает азотную кислоту, которая реагирует с карбонатами грунта, образуя нитраты. Нитраты являются важнейшим источником азота для растений, поскольку растения не способны непосредственно усваивать азот из атмосферы.

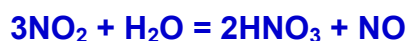
Приступим к экспериментам.

Реакция нитрита натрия NaNO_2 и соляной кислоты HCl

Возьмите бесцветную бутылку для воды из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) объемом 1.5-2 л или большую бутылку объемом 5-7 л. На дно бутылки насыпьте примерно 10 см³ нитрита натрия NaNO_2 и добавьте 10-15 мл концентрированной соляной кислоты (в случае большой бутылки увеличьте количество реактивов в 2-3 раза). Послышится шипение, произойдет активное выделение бурого газа. Бутылка быстро заполнится бурыми парами. Закройте бутылку, аккуратно встряхните, откройте. Ничего не произойдет.

Налейте в бутылку примерно 100 мл воды (в случае большой бутылки - 200 мл) и повторите действия: быстро закройте бутылку и сильно встряхните содержимое. Бурый газ побледнеет и обесцветится, стенки бутылки сморщатся. Диоксид азота NO_2 , который находился в бутылке, прореагировал с водой и кислородом, при этом образовались азотная кислота и монооксид азота.

¹ Название, конечно, условное, поскольку при реакции азота с кислородом тепло не выделяется, а поглощается.



Если бутылку открыть, ее содержимое станет снова бурым – сначала сверху, потом по всему объему. Стоит осторожно «распрямить» стенки бутылки, и такой переход произойдет моментально. Оксид азота (II) NO быстро окислится кислородом до бурого диоксида NO₂.



Снова закройте бутылку и встряхните ее содержимое. Газ внутри обесцветится, а стенки сморщатся. Если мы откроем крышку, внутри бутылки моментально появятся бурые пары. Описанную процедуру можно повторять несколько раз.

В случае бутылки объемом 7 л полного обесцвечивания бурых паров NO₂ после добавления воды не произошло, но бутылка сильно сморщилась, и опыт выглядел намного эффектнее, чем в двухлитровой бутылке.

После эксперимента у нас осталась бутылка с бурыми парами оксидов азота. Их можно использовать для другого не менее эффектного опыта. Привяжите к длинной проволоке ватку и хорошо смочите ее в концентрированном растворе аммиака. Внесите ватку в бутылку и слегка поведите ней вверх-вниз и из стороны в сторону. Бутылка быстро заполнится густым белым дымом: аммиак вступил в реакцию с парами азотной кислоты и диоксидом азота с образованием нитрата и нитрита аммония.





Реакция нитрита натрия и соляной кислоты

фото В.Н. Витер









Добавим воду, плотно закроем и хорошо встряхнем бутылку





Диоксид азота прореагировал с водой, газ обесцветился, стенки бутылки сморщились. В бутылке остался монооксид азота





Откроем бутылку.

Монооксид азота окислится кислородом до бурого диоксида







Описанные действия можно повторить несколько раз









В семилитровой бутылке опыт выглядит значительно красивее



















Внесите в бутылку ватку с аммиаком.

Появится густой белый дым

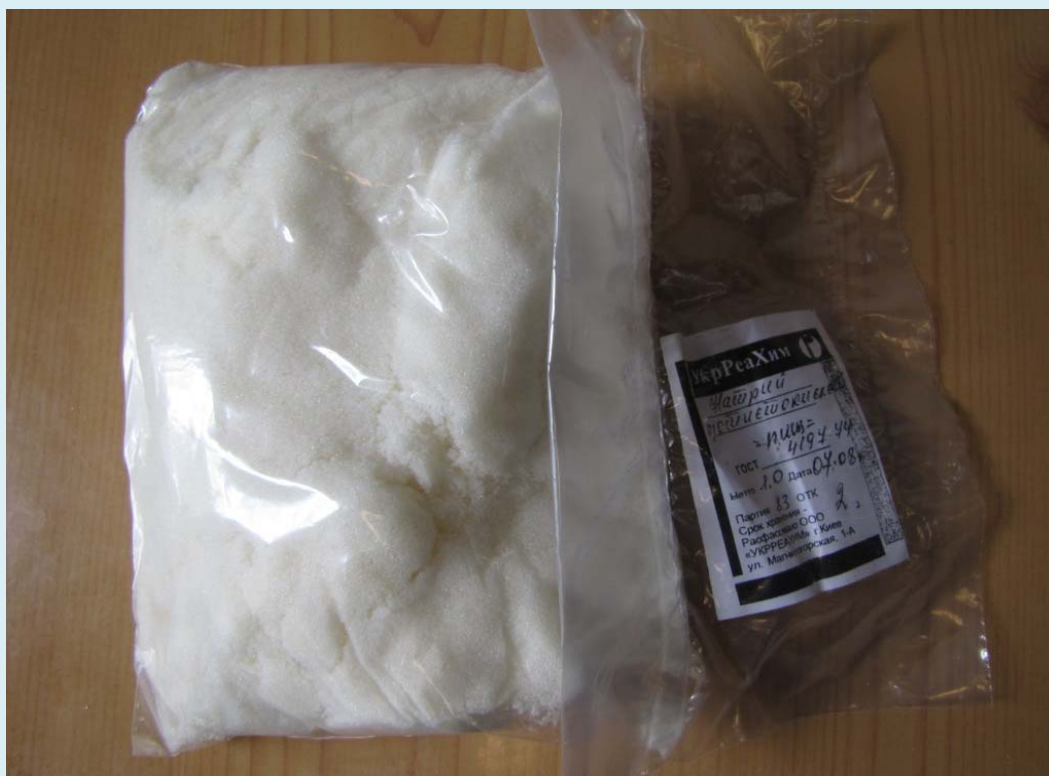




Интересные факты



Несмотря на токсичность, нитрит натрия используется в пищевой промышленности для улучшения цвета мясных и рыбных продуктов, а также в качестве консерванта (E250). Например, нитрит натрия добавляют в колбасы. Без нитрита натрия колбаса часто имеет зеленовато-серый, неаппетитный цвет, зато с нитритом натрия – ярко-розовый. Одна из марок нитрита натрия так и называется «пищевой»





Выбросы оксидов азота из заводских труб получили название «Лисий хвост»



Реакция меди с разбавленной азотной кислотой

В высокий стакан на 300 мл налейте доверху воду и опустите туда перевернутую стеклянную воронку. Возьмите коническую колбу на 100 мл, заполните водой и закройте ее пробкой – так, чтобы внутри не осталось пузырьков воздуха. Переверните колбу, опустите горлышко ниже поверхности воды и аккуратно откройте пробку. Наденьте горлышко колбы на носик воронки. Теперь осторожно слейте большую часть воды из стакана (например, с помощью сифона). Делать это нужно осторожно – чтобы пузырьки воздуха не попали в колбу. Теперь бросьте в стакан несколько монет из медного сплава так, чтобы они разместились под воронкой. Добавьте в стакан концентрированную азотную кислоту в количестве примерно 50-75% от объема воды в стакане.

Начнется реакция. Выделится бесцветный газ, который будет собираться в колбе. Раствор возле кусочков меди постепенно станет голубым. Как уже отмечалось, при реакции меди и разбавленной азотной кислоты образуется нитрат меди и оксид азота (II)



Данная реакция идет значительно медленнее, чем в случае меди и концентрированной кислоты.

Постепенно колба заполнится бесцветным газом, вода будет полностью вытеснена из колбы в стакан. Когда это произойдет, закройте под водой колбу пробкой, и поставьте ее на стол. Желательно использовать белый фон. Содержимое колбы полностью бесцветно, но стоит открыть пробку и газ возле горлышка станет бурым. Если колбу перевернуть, почти ничего не произойдет, поскольку молярная масса оксида азота (II) равна 30, что близко к средней молярной массе воздуха - 29. Следовательно, плотности NO и воздуха близки, и монооксид азота почти не будет вытекать из узкого горлышка перевернутой колбы.

Поставьте колбу на стол и вдуйте в нее воздух с помощью пипетки. Содержимое колбы сразу же станет бурым – оксид азота (II) окислится воздухом до оксида азота (IV).



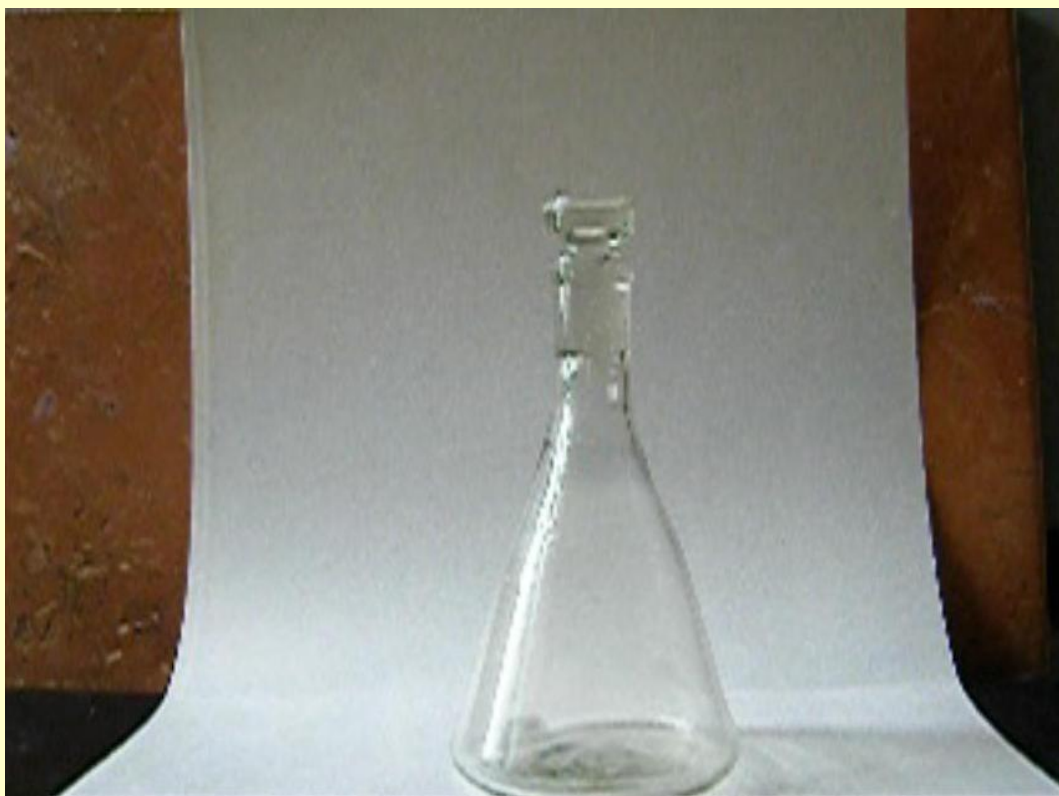
Реакция меди с разбавленной азотной кислотой фото В.Н. Витер



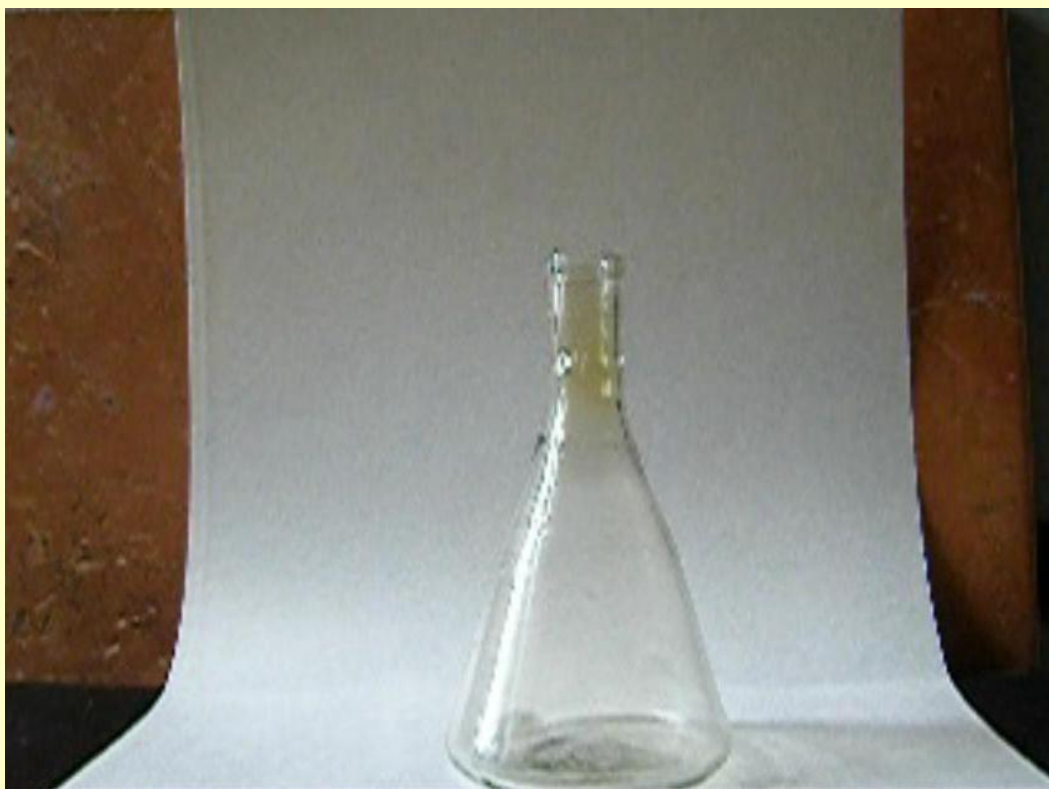


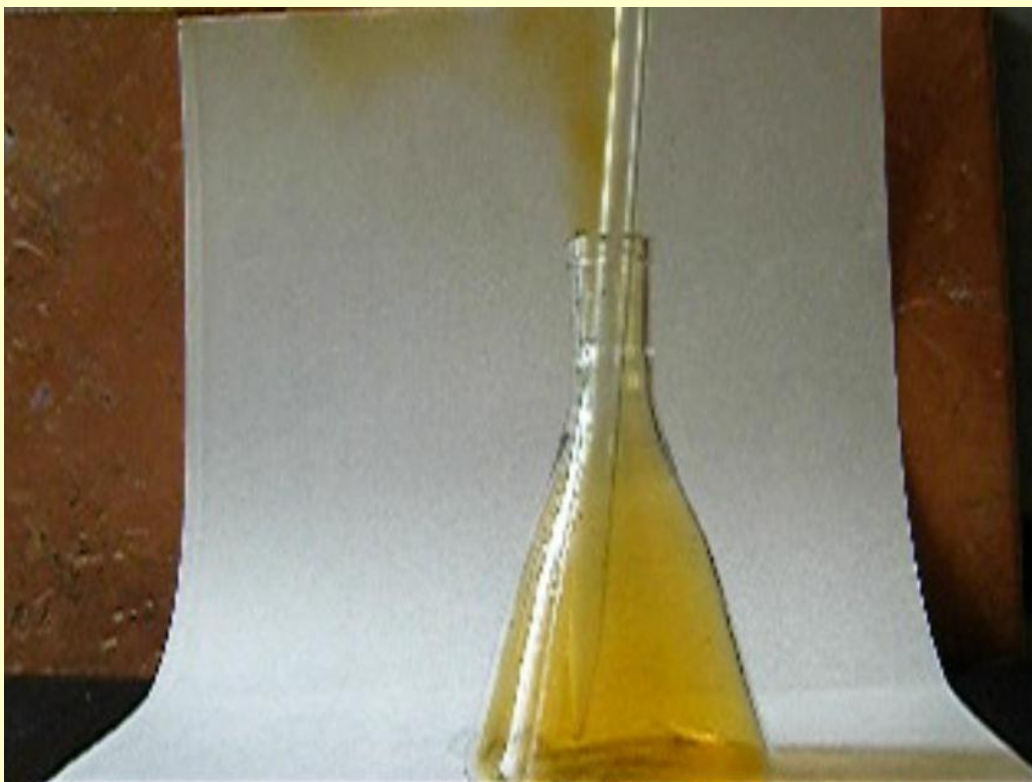
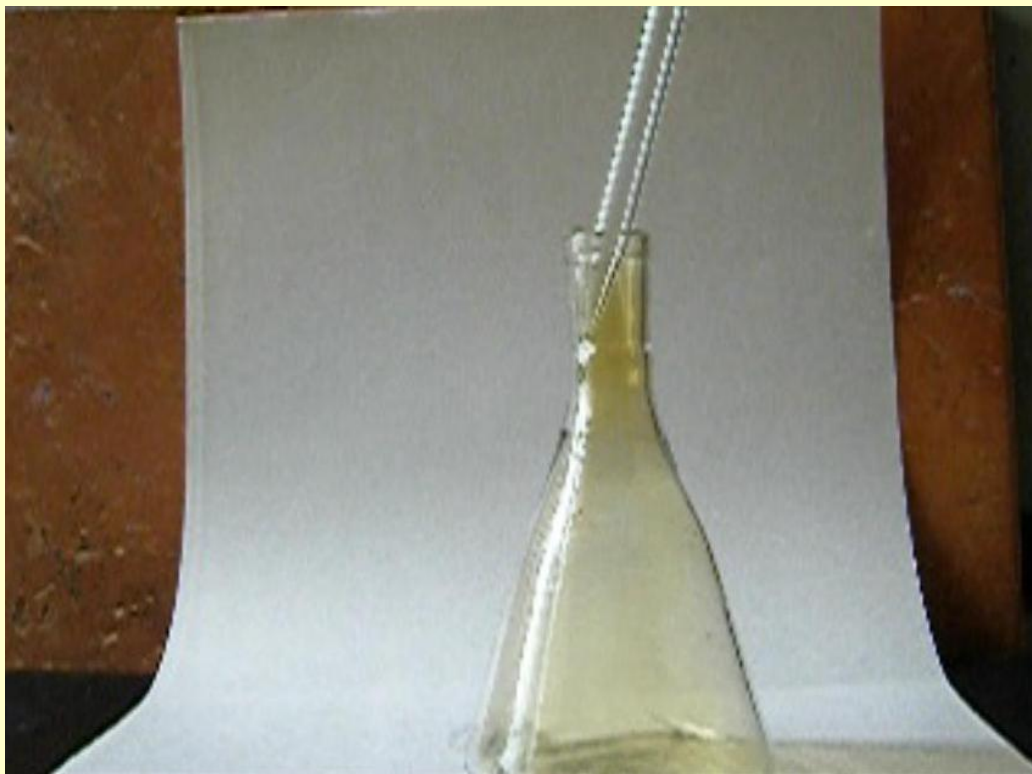






Окисление оксида азота (II) воздухом







Техника безопасности

Оксиды азота (II) и (IV), а также пары азотной кислоты ядовиты, поэтому эксперименты с ними можно проводить только под хорошей тягой или на свежем воздухе.

Пары соляной и азотной кислот разрушают эмаль зубов. Перед экспериментом, а также после эксперимента желательно прополоскать рот раствором пищевой соды.

Нитрит натрия – довольно сильный яд, не следует допускать его попадания на кожу, тем более – внутрь организма.

