



Горение в диоксиде азота

В.Н. Витер

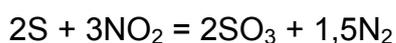


Оксиды азота являются сильными окислителями, которые активно поддерживают горение. Например, в среде газообразного NO_2 горит много неорганических и органических веществ: сера, фосфор, уголь, водород, некоторые металлы, древесина, бумага, углеводороды, спирты и др. Ниже описаны эксперименты по сжиганию органических и неорганических материалов в среде диоксида азота.

Для получения NO_2 мы использовали реакцию меди¹ с концентрированной HNO_3 . Во многих случаях с целью упрощения эксперимента диоксид азота получали в том же сосуде, в котором потом проводилось сжигание. Необходимо было подождать определенное время, чтобы осели брызги и туман кислоты. Примесь водяных паров, как правило, не мешала.

Горение серы в диоксиде азота

Несколько кусочков серы поместите в металлическую ложечку и нагрейте в пламени горелки до воспламенения. Сера загорится бледно-синим пламенем. Весите горящую серу в литровый сосуд с диоксидом азота. Сера продолжит гореть очень бледным желтоватым пламенем. В результате реакции образуется серный ангидрид, который дает с влагой густой туман H_2SO_4 . В результате весь сосуд скоро заполнится белым дымом.



¹ Вместо меди можно взять украинские монеты из медного сплава.

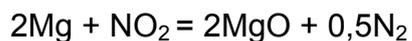


Горение серы в диоксиде азота фото В.Н. Витер

Если вынуть ложечку с горячей серой из сосуда, на воздухе пламя серы снова станет синим.

Горение магния в диоксиде азота

Подожгите магний и внести его в сосуд с диоксидом азота, металл продолжит ярко гореть. В сосуде образуется белый дым MgO, а бурая окраска NO₂ быстро исчезнет.



На дно реакционного сосуда необходимо насыпать песок или соль, иначе стекло может треснуть от раскаленных частичек металла.

Согласно практикуму Р. Рипана, И. Четяну медь и железо также способны гореть в диоксиде азота.



Горение магния в диоксиде азота фото В.Н. Витер

Горение в диоксиде азота дерева, бумаги, ваты

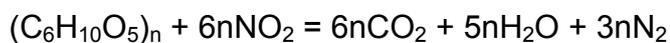
Подожгите деревянную лучинку, вату или бумагу и внесите в сосуд с NO_2 . В среде диоксида азота горение будет продолжаться. Внешне процесс похож на горение этих же материалов на воздухе.





Горение в диоксиде азота деревянной лучинки фото В.Н. Витер

Реакцию можно выразить уравнением:



Горение жидких углеводородов в NO_2

В среде NO_2 хорошо горят углеводороды, в частности – жидкие. На конце металлической проволочки закрепите ватку или бумажку и слегка смочите ее каким-нибудь жидким углеводородом – толуолом, гексаном, бензином и др. Подожгите ватку и опустите ее в сосуд с NO_2 . Углеводород будет гореть ярким, некопящим пламенем. В случае бензола уравнение реакции имеет вид:



В показанном на фотографии эксперименте мы использовали скипидар.



Горение скипидара в NO_2 фото В.Н. Витер



В гоночных автомобилях иногда применяется впрыскивание закиси азота (N_2O) в камеру сгорания. Закись азота – более слабый окислитель по сравнению с NO_2 , но в отличие от последнего N_2O не токсична и более безопасна в работе. С той же целью в топливо добавляют органические нитропроизводные, например, нитробензол. Впрыскивание закиси азота или добавки нитропроизводных позволяют значительно повысить скорость автомобиля, но они приводят к усиленному износу двигателя, а кроме того, могут послужить причиной взрыва.

Горение пропан-бутановой смеси в NO_2

К шлангу бытового пропан-бутанового баллона подсоедините стеклянную трубку с оттянутым концом, пустите несильный поток и подожгите газ. Если теперь опустить трубку в колбу с NO_2 , газ будет гореть ярко-желтым пламенем.

Для пропана уравнение реакции имеет вид:



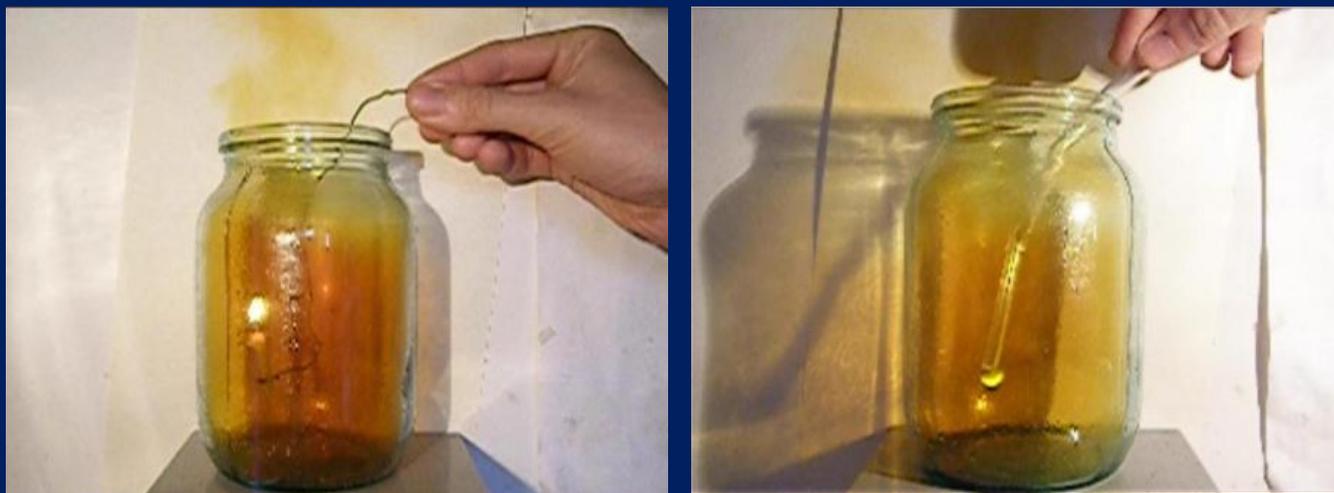
В случае природного газа горение протекает аналогично.



Горение пропан-бутановой смеси в NO_2 фото В.Н. Витер

Горение свечи в диоксиде азота

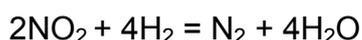
Если свечу зажечь на воздухе и опустить в сосуд с NO_2 , то она продолжит гореть ярким пламенем. Для удобства эксперимента рекомендуется закрепить свечу вертикально на конце металлической проволоки, как это показано на фотографии.



Горение свечи и водорода в NO_2 фото В.Н. Витер

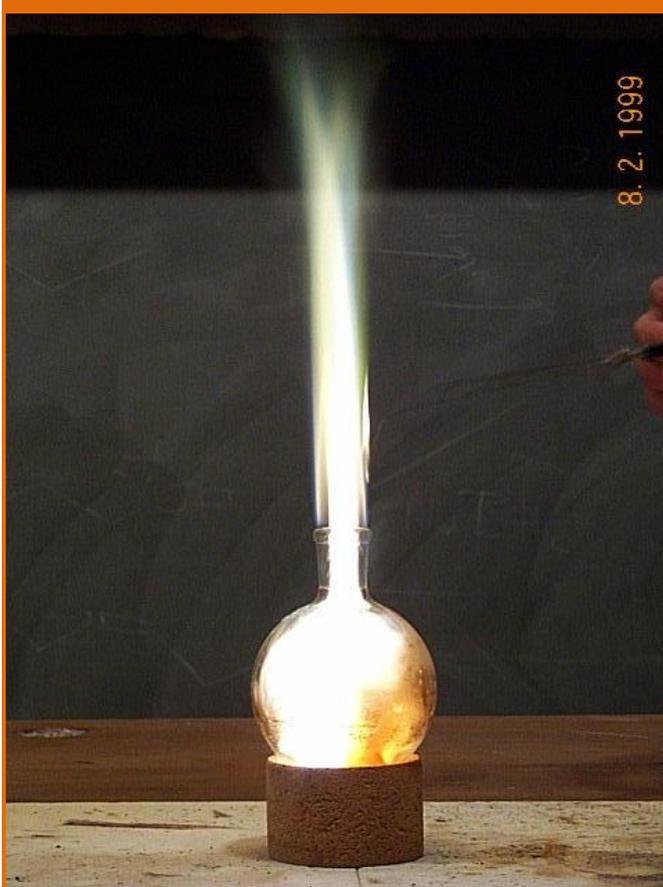
Горение водорода в диоксиде азота

Водород горит в среде диоксида азота. В этом легко убедиться, если поджечь водород, выходящий из отверстия газоотводной трубки и опустить трубку в колбу или стакан с NO_2 . Водород горит почти невидимым пламенем, поэтому для увеличения наглядности эксперимента мы использовали водород, полученный с помощью реакции алюминия с едким натром. Небольшое количество аэрозоля раствора, содержащего натрий, поступало в пламя и окрашивало его в желтый цвет.



Модель ракеты на жидком топливе

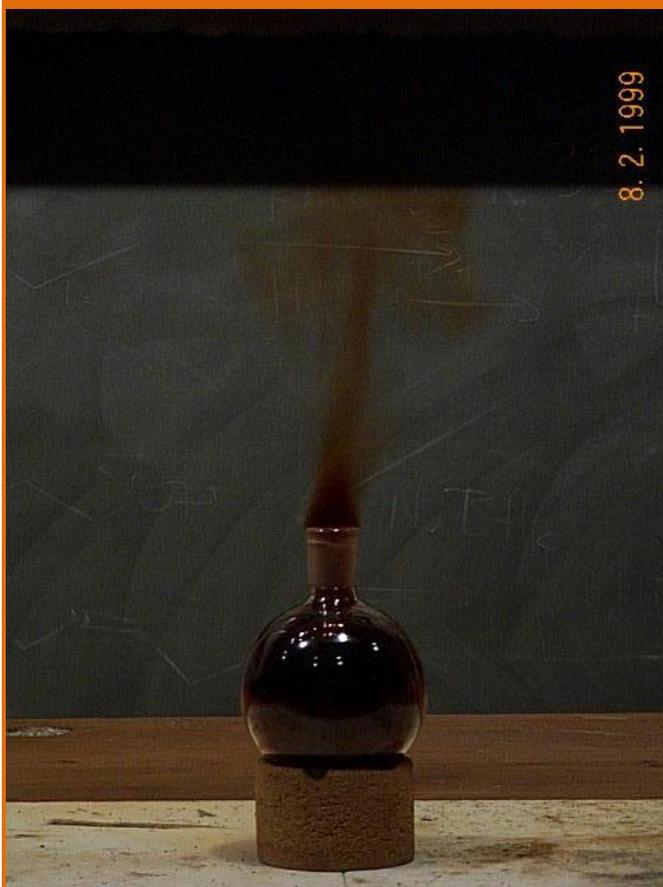
Как известно, в качестве ракетного топлива широко используют несимметричный диметилгидразин: $(\text{CH}_3)_2\text{N-NH}_2$, а окислителем служит дымящая азотная кислота, которая богата оксидами азота. Топливо и окислитель подаются в камеру сгорания, где при их контакте происходит воспламенение. Если в колбу с несимметричным диметилгидразином направить поток NO_2 , то вещество загорится ярким пламенем. Учитывая, то обстоятельство, что $(\text{CH}_3)_2\text{N-NH}_2$ малодоступен, вместо него можно использовать анилин. Анилин также воспламеняется и ярко сгорает под действием диоксида азота, однако, в колбе остается некоторое количество сажи – горение происходит не полностью. В случае диметилгидразина образование сажи практически не наблюдается.



8. 2. 1999



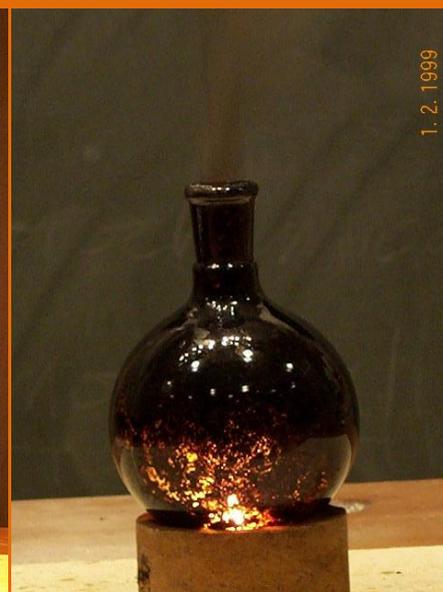
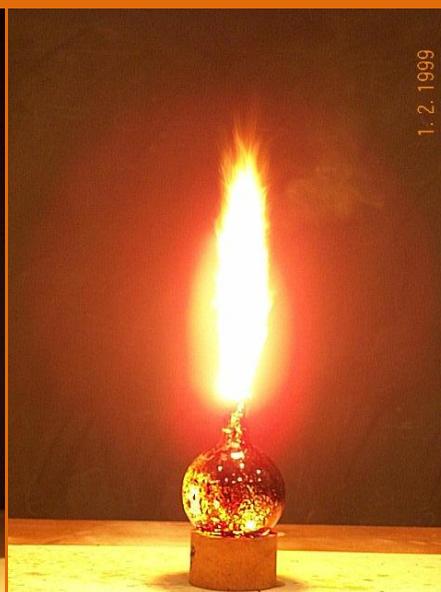
8. 2. 1999



8. 2. 1999

Самовоспламенение и горение
несимметричного диметилгидразина
(CH_3)₂N-NH₂ в диоксиде азота

фото chem.leeds.ac.uk



Горение анилина в NO_2 фото chem.leeds.ac.uk