



**15 сентября 2011 года**

# Самостоятельная работа

## Вариант 1

1. Что такое индекс загрязнения воздуха? Как он рассчитывается?
2. Чему равен объем пробы газа, приведенный к нормальным условиям, если при температуре  $31^{\circ}\text{C}$  и давлении  $0,5$  атм объем составляет  $45$  литров?
3. Каково содержание частиц сажи в атмосферном воздухе, если отбор пробы производили в течение суток при температуре  $26^{\circ}\text{C}$  и давлении  $761$  мм рт ст со скоростью  $1,4$  л/мин через бумажный фильтр. После измерения адсорбции установлено, что масса сажи составляет  $15$  мкг на  $1$  см<sup>2</sup> и площадь фильтра  $5$  см<sup>2</sup>.

## Вариант 2

1. На какие группы делятся все загрязнители атмосферного воздуха и их характеристики? Что входит в каждую группу?
2. Чему равен объем пробы газа, при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  и давлении  $99$  кПа, если объем приведенный к нормальным условиям составляет  $45$  литров?
3. Каково содержание диоксида серы в атмосферном воздухе, если отбор пробы производили в течение  $60$  минут при температуре  $18^{\circ}\text{C}$  и давлении  $769$  мм рт ст со скоростью  $1$  л/мин через абсорбер. Затем поглотительный раствор переносят в мерную колбу объемом  $25$  мл, добавляют необходимые реактивы и после измерения абсорбционности установлено, что масса диоксида серы составляет  $2,5$  мкг на  $1$  см<sup>3</sup> поглотительного раствора.



Загрязнение  
атмосферного воздуха  
оксидами азота и  
методы их определения



# Источники оксида азота

## Естественные

(770 млн.т в год)

- Лесные пожары
- Микробиологическая денитрификация в почве
- Сжигание биомассы
- Использование азотных удобрений

## Антропогенные

(60 млн.т в год)

- Высокотемпературное сжигание топлива
- Химическая промышленность
- Ядерные взрывы
- Процессы нитрования
- Очистки металлов азотной кислотой



При высокотемпературном сгорании ископаемых видов топлива происходят реакции двух типов, в результате которых образуются оксиды азота.

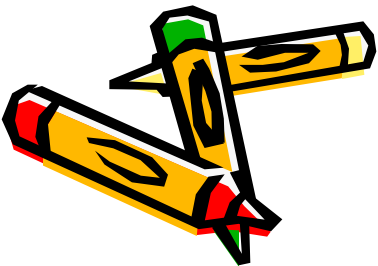
К первому типу реакций относятся реакции между кислородом воздуха и азотом, содержащемся в этом топливе; при этом образуются оксиды азота. В угле содержание азота обычно составляет около 1%, в нефти и газе - 0,2-0,3% и именно этот азот окисляется кислородом воздуха.

Ко второму типу реакций относятся реакции между кислородом и азотом воздуха, при этом также образуются оксиды азота.





Приблизительно 95% годового выброса оксидов азота в атмосферу - это результат сжигания ископаемого топлива. Из них 40% - автомобильное топливо, 30% - природный газ, нефть, уголь на электростанциях, 29% - сжигание топлива для различных технологических процессов. Примерно 90% оксидов азота образуется в форме оксида азота (II). Оставшиеся 10% приходится на оксид азота (IV). Однако, в ходе сложной последовательности химических реакций в воздухе значительная часть NO превращается в NO<sub>2</sub> - гораздо более опасное соединение.

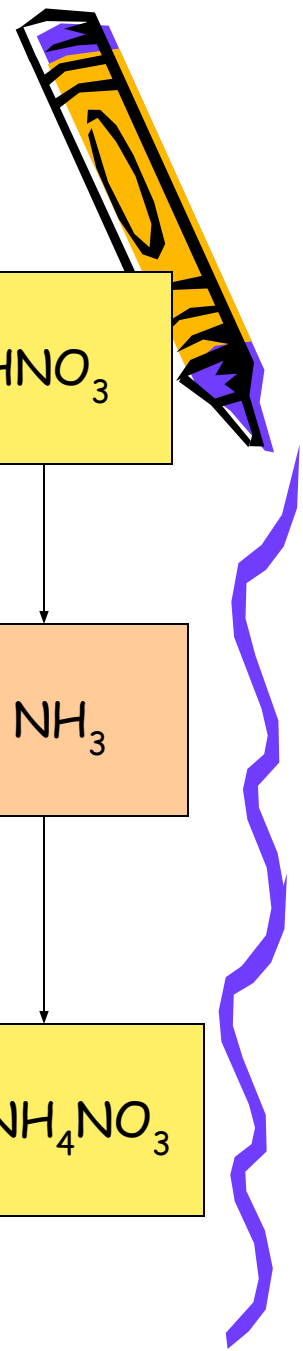
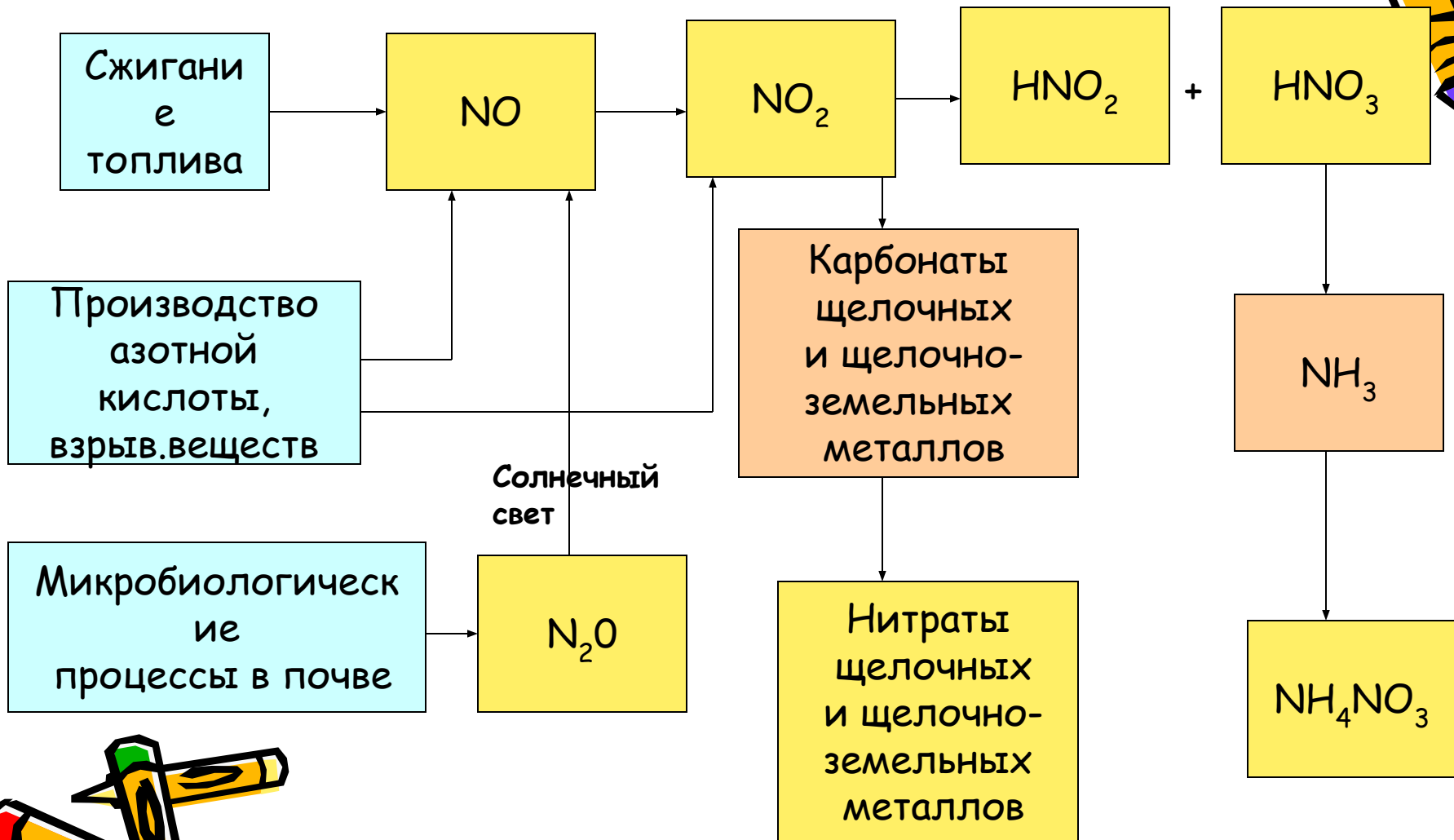


## Поведение и реакции в атмосфере

- $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$
- $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$
- $\text{NO}_2 \rightarrow (\text{СВЕТ}) \text{NO} + \text{O}$
- $2\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{CO}_2$
- $4\text{NO}_2 + 2\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{CO}_2$
- $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$
- $2\text{N}_2\text{O} \rightarrow (\text{СВЕТ}) 2\text{NO} + \text{N}_2$
- $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$



# Химические превращения оксидов азота в атмосфере



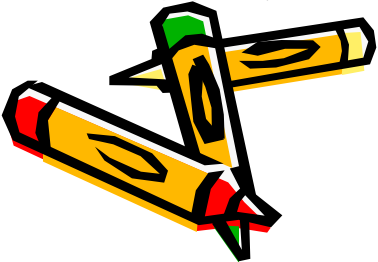


# Воздействие оксидов азота на человека



Оксид азота (IV) – газ с неприятным запахом. Даже при малых концентрациях, составляющих всего  $230 \text{ мкг/м}^3$  ощущается его присутствие. После 10 минут способность обнаруживать этот газ исчезает, остается чувство сухости и “першения” в горле. И эти ощущения исчезают при продолжительном воздействии газа в концентрации в 15 раз превышающей порог обнаружения ( $230 \text{ мкг/м}^3$ ). Она ослабляет ночное зрение – способность глаз адаптироваться к темноте. Этот эффект наблюдается при концентрациях всего  $0,14 \text{ мг/м}^3$ . Здоровые люди при концентрациях  $\text{NO}_2$  всего  $0,056 \text{ мг/м}^3$ , а люди с хроническими заболеваниями легких при  $0,038 \text{ мг/м}^3$  испытывают затрудненность в дыхании.

$\text{NO}_2$  является причиной многих легочных заболеваний: катар верхних дыхательных путей, бронхита, крупа, воспаления легких и др.



# Действие оксидов азота на растения



- Прямое воздействие  $\text{NO}_x$  на растения определяется визуально по пожелтению или побурению листьев и игл, происходящему в результате окисления хлорофилла. Окисление жирных кислот в растениях, происходящее одновременно с окислением хлорофилла, кроме того, приводит к разрушению мембран и некрозу. Образующаяся при этом в клетках азотистая кислота оказывает мутагенное действие. Отрицательное биологическое воздействие  $\text{NO}_x$  на растения проявляется в обесцвечивании листьев, увядании цветков, прекращении плодоношения и роста. Такое действие объясняется образованием кислот при растворении оксидов азота в межклеточной и внутриклеточной жидкостях. Нарушения роста растений при воздействии  $\text{NO}_2$  наблюдаются при концентрациях  $0,35 \text{ мг/м}^3$  и выше. Это значение является предельной концентрацией. Опасность повреждения растительности диоксидом азота существует только в больших городах и промышленных районах, где средняя концентрация  $\text{NO}_2$  составляет  $0,2 - 0,3 \text{ мг/м}^3$ .



# Экологические стандарты на содержание оксидов азота



$\text{NO}_2$ :

- Максимальная разовая ПДК **0,085** мг/м<sup>3</sup>
- Среднесуточная ПДК **0,040** мг/м<sup>3</sup>

$\text{NO}$ :

- Максимальная разовая ПДК **0,400** мг/м<sup>3</sup>
- Среднесуточная ПДК **0,060** мг/м<sup>3</sup>

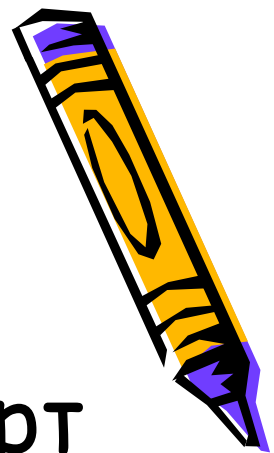




Методы определения  
ОКСИДОВ АЗОТА В  
АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

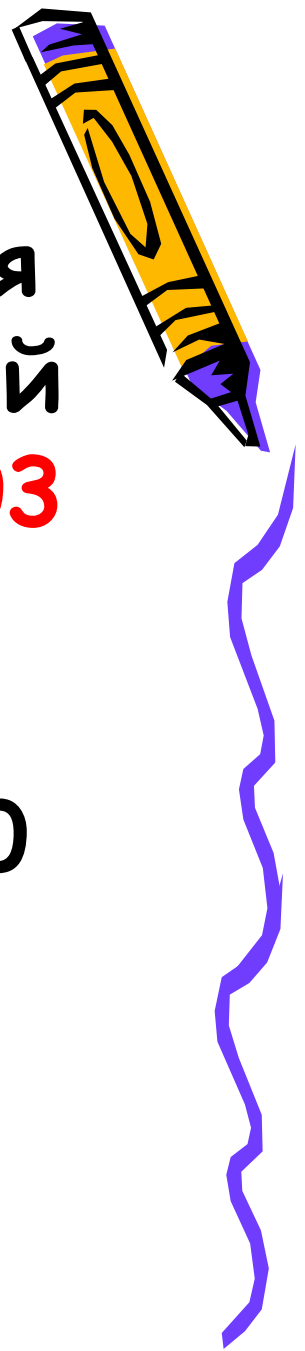
# Спектрофотометрический метод

Международный стандарт  
ИСО 6768 устанавливает  
модифицированный метод  
Грисса-Зальцмана  
для определения массового  
содержания диоксида азота в  
окружающем воздухе

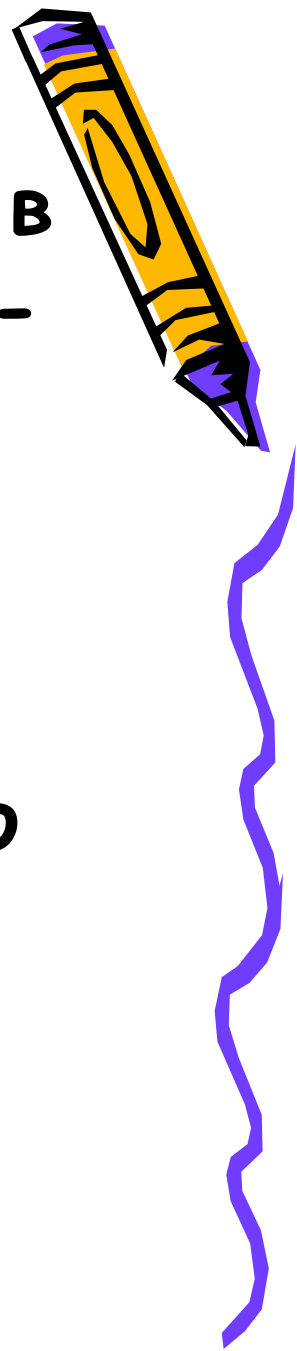


Данный метод применим для определения содержания  $\text{NO}_2$  вне и внутри помещений при его содержании от **0,003** до примерно **2 мг/м<sup>3</sup>**.

Продолжительность отбора проб может составлять от 10 минут до 2 часов.





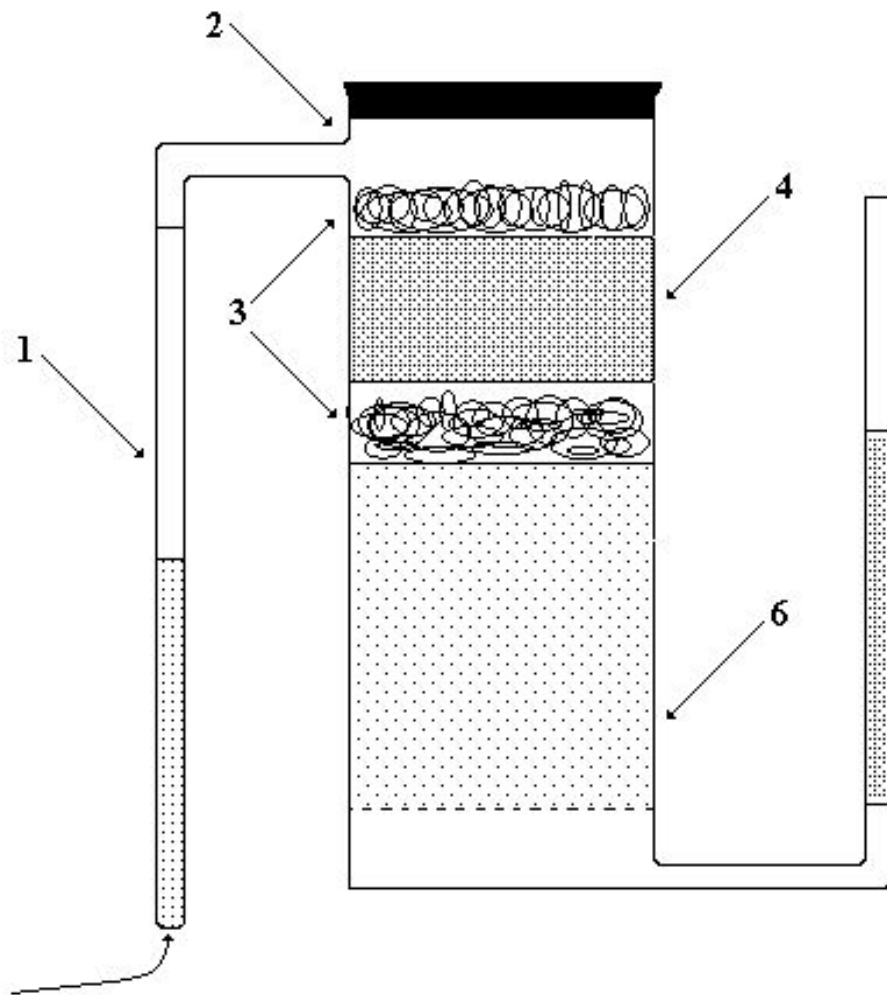


Сущность метода заключается в поглощении диоксида азота раствором азокрасителя (сульфаниловая кислота) с образованием розовой окраски. Интенсивность которой определяют спектрофотометрически, а концентрацию диоксида азота находят по калибровочному графику.



При определении концентрации  
NO и NO<sub>2</sub> из одной пробы  
исследуемый воздух аспирируют в  
течение 20 минут со скоростью  
0,25 л/мин через систему  
изображенную на рисунке

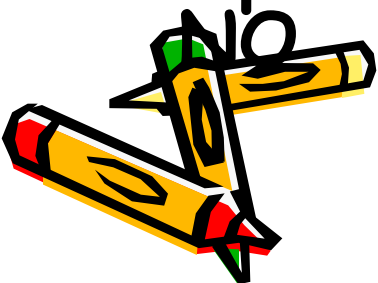


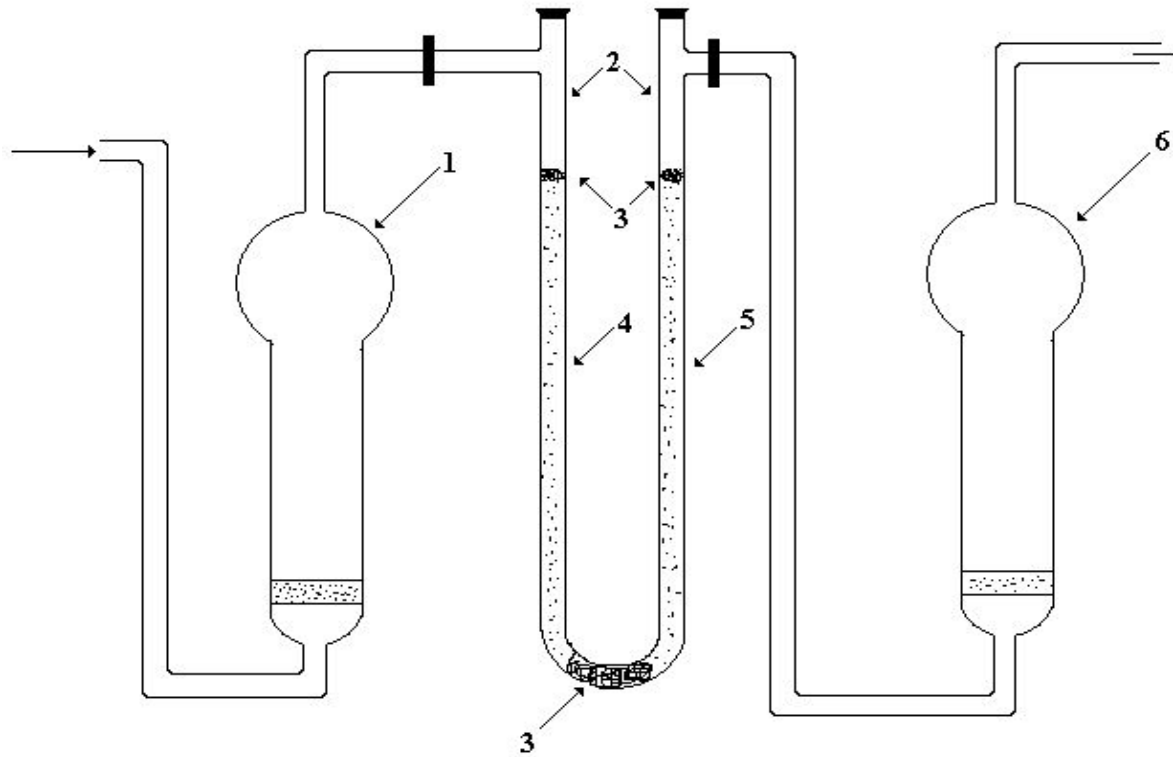


1. Сорбционная трубка для улавливания  $\text{NO}_2$
2. Сорбционная колонка
3. Стекловата
4. Стабилизатор влажности
5. Сорбционная трубка для улавливания  $\text{NO}_2$ , образовавшегося в результате окисления  $\text{NO}$
6. Окислитель



При отборе пробы в барботеры воздух аспирируют через систему, состоящую из двух последовательно соединенных поглотительных приборов с пористой пластинкой, содержащих по 6 мл 8%-ного раствора KI и расположенной между ними стеклянной трубки. Трубка заполняется 15 см<sup>3</sup> стабилизатором влажности (гранулированная уксусная кислота) и 10 см<sup>3</sup> окислителя (оксида хрома VI), разделенными тампоном из стекловаты. Первый поглотительный прибор служит для поглощения NO<sub>2</sub> из воздуха, а второй для поглощения NO<sub>2</sub> образовавшегося в результате окисления





**Схема прибора для отбора пробы атмосферного воздуха в барботер для определения оксидов азота из одной пробы:**

- 1. поглотительный прибор для улавливания  $\text{NO}_2$  из воздуха,**
- 2. U-образная трубка,**
- 3. стекловата,**
- 4. стабилизатор влажности,**
- 5. окислитель,**
- 6. поглотительный прибор для улавливания  $\text{NO}_2$  образовавшегося в результате окисления  $\text{NO}$ .**

# Хемилюминесцентный метод определения

Международный стандарт  
ИСО 7996 устанавливает  
хемилюминесцентный метод  
для определения массового  
содержания оксидов азота в  
окружающем воздухе





Метод применим для определения содержания **NO** при его содержании до **12,5** мг/м<sup>3</sup>, а **NO<sub>2</sub>** при ее содержании до **19** мг/м<sup>3</sup> при 25°С и 101,3 кПа



Сущность метода заключается в определении оксида азота (диоксид азота перед определением восстанавливается в оксид азота) при хемилюминесценции пробы после ее обработки озоном:

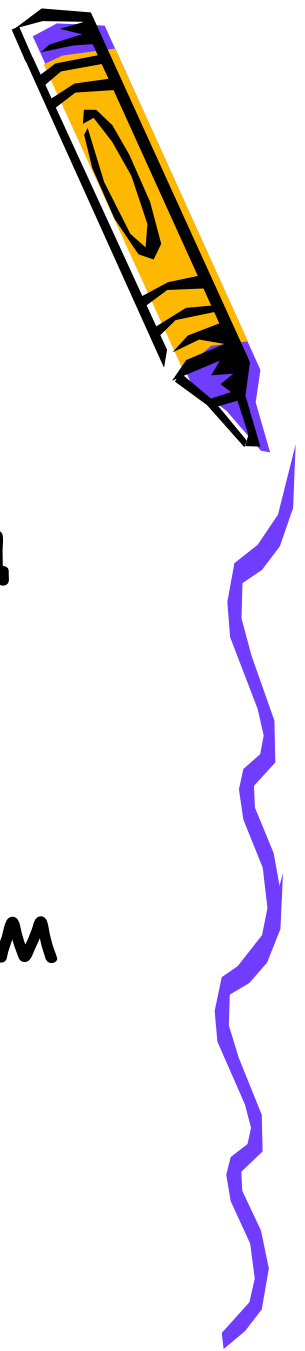


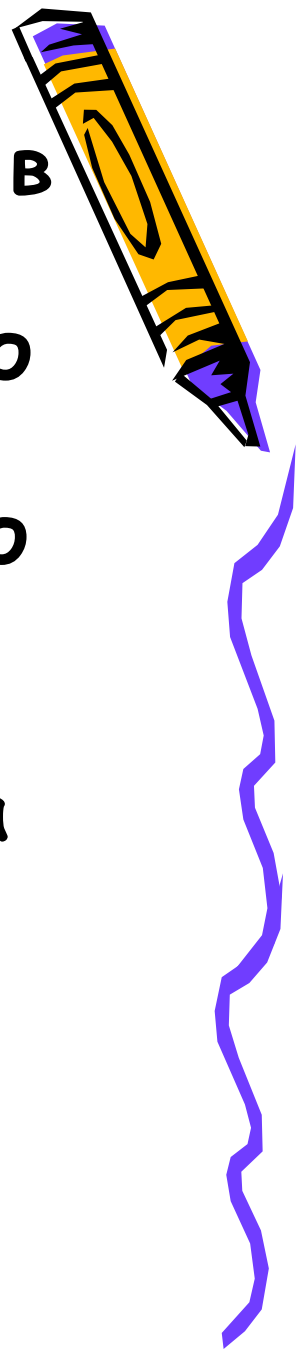
Интенсивность выделяемого света пропорциональна концентрации оксида азота в пробе воздуха.



# Определения с помощью индикаторных трубок

**Международный стандарт ИСО 8761 устанавливает метод определения массового содержания диоксидов азота, присутствующего в воздухе рабочих мест, непосредственным измерением с помощью индикаторных трубок**

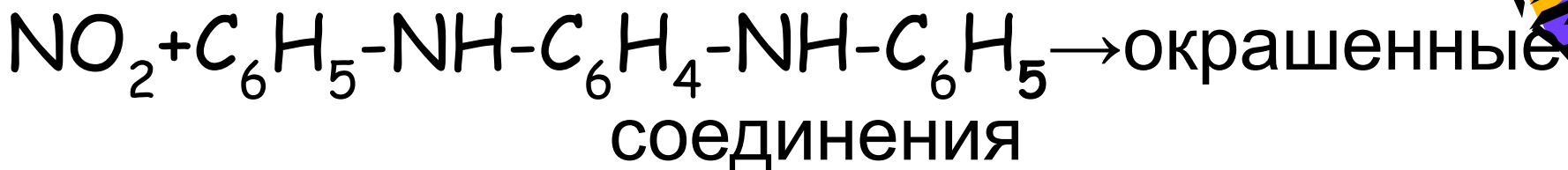




Сущность метода заключается в образовании цветной реакции диоксида азота, присутствующего в пробе воздуха, при его прохождении через индикаторную трубку с реагентами на твердом носителе. Данный стандарт рекомендует применять трубки на основе следующих цветных реакций:



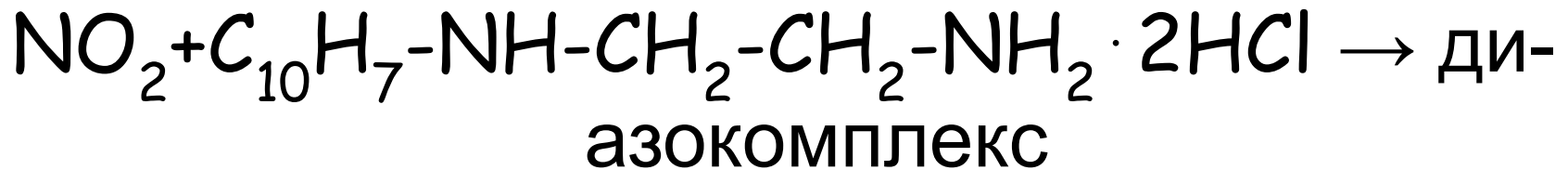
# Реакции с использованием $N_1N'$ -дифенилбинзида



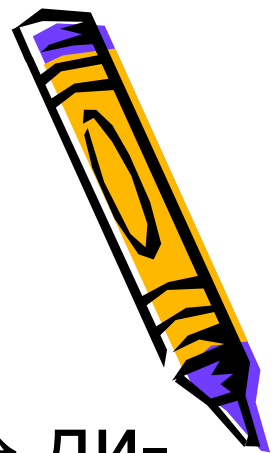
**Окраска изменяется от серого до серо-голубого в зависимости от концентрации газа. Хлор и озон могут мешать определению, образуя сходное окрашивание**



Реакции с использованием  
N-(1-нафтил)-  
этилендиаминдихлорида

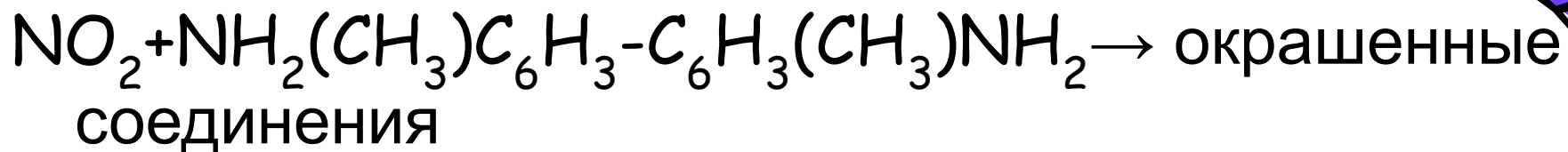


**Окраска изменяется от белого до красного. Помехи при определении могут создавать хлор и озон.**





# Реакции с использованием о-толуидина



**Интенсивность окрашивания меняется от белого до желто-оранжевого. Помехи из-за сходного окрашивания вызывают галогены, диоксид хлора и другие окислители, диоксид серы при концентрации более 100 мг/м<sup>3</sup> обесцвечивает окрашивание, образованное диоксидом азота.**

