



# АММИАК

Авторы: А. И. Михайличенко, Л. Д. Кузнецов

---

АММИАК [сокр. от греч. ἄλς ἄμμωνιαχός; лат. sal ammoniacus; так назывался нашатырь (хлорид аммония), который получали путём сжигания верблюжьего навоза в оазисе Аммониум в Ливийской пустыне], простейшее химич. соединение азота с водородом,  $\text{NH}_3$ ; многотоннажный продукт химич. пром-сти.

## Свойства

Молекула  $\text{NH}_3$  имеет форму правильной пирамиды с атомом азота в вершине; связи NH полярны, энергия связи NH 389,4 кДж/моль. У атома N имеется неподелённая пара электронов, которая обуславливает способность А. к образованию донорно-акцепторной и водородной связей. Молекула  $\text{NH}_3$  способна к инверсии – «выворачиванию наизнанку» путём прохождения атома азота сквозь образованную атомами водорода плоскость основания пирамиды.

А. – бесцветный газ с резким запахом;  $t_{\text{пл}} -77,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{кип}} -33,35 \text{ }^\circ\text{C}$ ; плотность газообразного  $\text{NH}_3$  (при  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , 0,1 МПа)  $0,7714 \text{ кг/м}^3$ ; теплота образования А. из элементов  $\Delta H_{\text{обр}} -45,94 \text{ кДж/моль}$ . Сухая смесь А. с воздухом (15,5–28% по массе  $\text{NH}_3$ ) способна взрываться. Жидкий  $\text{NH}_3$  – бесцветная, сильно преломляющая свет жидкость, хороший растворитель для мн. органич. и неорганич. соединений. А. легко растворим в воде (33,1% по массе при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), несколько хуже в спирте, ацетоне, бензоле, хлороформе. Раствор А. в воде – аммиачная вода – бесцветная жидкость с запахом А.; раствор, содержащий 10% по массе  $\text{NH}_3$ , имеет торговое назв.

нашатырный спирт. В водном растворе А. частично ионизирован на N и  $\text{OH}^-$ , что обуславливает щелочную реакцию раствора ( $\text{pK } 9,247$ ).

Разложение А. на водород и азот становится заметным при темп-ре выше  $1200^{\circ}\text{C}$ , в присутствии катализаторов (Fe, Ni) – выше  $400^{\circ}\text{C}$ . А. весьма реакционноспособное соединение. Для него типичны реакции присоединения, в частности протона при взаимодействии с кислотами. В результате образуются соли аммония, которые по мн. свойствам подобны солям щелочных металлов. А. – основание Льюиса, присоединяет не только  $\text{H}^+$ , но и др. акцепторы электронов, напр.  $\text{BF}_3$  с образованием  $\text{BF}_3\cdot\text{NH}_3$ . Действием  $\text{NH}_3$  на простые или комплексные соли металлов получают аммиакаты, напр.  $\text{cis-}[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$ . Для А. характерны также реакции замещения. Щелочные и щёлочноземельные металлы образуют с  $\text{NH}_3$  амиды (напр.,  $\text{NaNH}_2$ ). При нагревании в атмосфере А. мн. металлы и неметаллы (Zn, Cd, Fe, Cr, B, Si и др.) образуют нитриды (напр., BN). При темп-ре ок.  $1000^{\circ}\text{C}$   $\text{NH}_3$  реагирует с углеродом, образуя циановодород HCN и частично разлагаясь на  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2$ . Образует с  $\text{CO}_2$  карбамат аммония  $\text{NH}_2\text{COONH}_4$ , который при темп-ре  $160\text{--}200^{\circ}\text{C}$  и давлении до 40 МПа распадается на воду и мочевины. Водород в А. может быть замещён галогенами. А. горит в атмосфере  $\text{O}_2$ , образуя воду и  $\text{N}_2$ . Каталитич. окислением А. (катализатор Pt) получают NO (реакцию используют в произ-ве азотной кислоты), окислением А. в смеси с метаном – HCN.

## Получение и применение

В природе А. образуется при разложении азотсодержащих соединений. В 1774 Дж. [Пристли](#) впервые собрал в ртутной ванне А., образующийся при действии извести на хлорид аммония. Старейший пром. способ получения  $\text{NH}_3$  – выделение А. из отходящих газов при коксовании угля.

Осн. совр. способ получения А. – синтез его из азота и водорода, предложенный в 1908 Ф. [Габером](#). Синтез А. в пром-сти осуществляют по реакции  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ .

Сдвигу равновесия вправо способствуют повышение давления и понижение темп-ры. Процесс проводят при давлении ок. 30 МПа и темп-ре  $450\text{--}500^{\circ}\text{C}$  в присутствии катализатора – Fe, активированного оксидами  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , CaO и др. При однократном прохождении через массу катализатора возможно превращение в А. лишь 20–25%

исходной газовой смеси; для полного превращения необходима многократная циркуляция. Осн. сырьё для получения  $H_2$  в произ-ве А. – природный горючий газ, перерабатываемый методом двухступенчатой парогазовой конверсии метана.

Произ-во А. включает следующие стадии: очистку природного газа от сернистых соединений каталитич. гидрированием их до  $H_2S$  с последующим поглощением А.  $ZnO$ ; паровую конверсию природного газа под давлением 3,8 МПа при темп-ре  $860\text{ }^\circ C$  на катализаторе  $Ni - Al$  в трубчатой печи (первичный риформинг); паровоздушную конверсию остаточного метана в шахтном конвертере (вторичный риформинг) при  $990-1000\text{ }^\circ C$  и 3,3 МПа на катализаторе  $Ni - Al$ ; на этом этапе водород обогащается азотом из атмосферного воздуха для получения смеси азота с водородом (соотношение по объёму 1:3), поступающей на синтез  $NH_3$ ; конверсию  $CO$  до  $CO_2$  и  $H_2$  сначала при  $450\text{ }^\circ C$  и 3,1 МПа на катализаторе  $Fe - Cr$ , затем при  $200-260\text{ }^\circ C$  и 3,0 МПа на катализаторе  $Zn - Cr - Cu$ ; очистку  $H_2$  от  $CO_2$  абсорбцией раствором моноэтаноламина или горячим раствором  $K_2CO_3$  при 2,8 МПа; очистку смеси  $H_2$  и  $N_2$  путём гидрирования от остаточных  $CO$  и  $CO_2$  в присутствии катализатора  $Ni - Al$  при  $280\text{ }^\circ C$  и 2,6 МПа; компримирование (сжатие) очищенного газа до 15–30 МПа и синтез А. на железном промотированном катализаторе при  $400-500\text{ }^\circ C$  в реакторе синтеза с насадкой с радиальным или аксиальным ходом газа. Поставляемый в пром-сть жидкий А. содержит не менее 99,96% по массе  $NH_3$ . В А., транспортируемый по трубопроводу, добавляется до 0,2–0,4%  $H_2O$  для ингибирования коррозии стали.

А. применяют в произ-ве азотной кислоты, мочевины, солей аммония, аммофоса, уротропина, соды (по аммиачному методу), как жидкое удобрение, в качестве хладагента и пр. Пучок молекул  $NH_3$  был использован в качестве рабочего вещества в первом квантовом генераторе – мазере (1954).

А. токсичен. При содержании в воздухе 0,02% А. по объёму раздражает слизистые оболочки. Жидкий А. вызывает сильные ожоги кожи.

Мировое произ-во А. (в пересчёте на  $N$ ) ок. 125,7 млн. т/год (2001), в т. ч. в РФ 11 млн. т/год.

# Литература

Лит.: Теплофизические свойства аммиака. М., 1978; Синтез аммиака. М., 1982.