



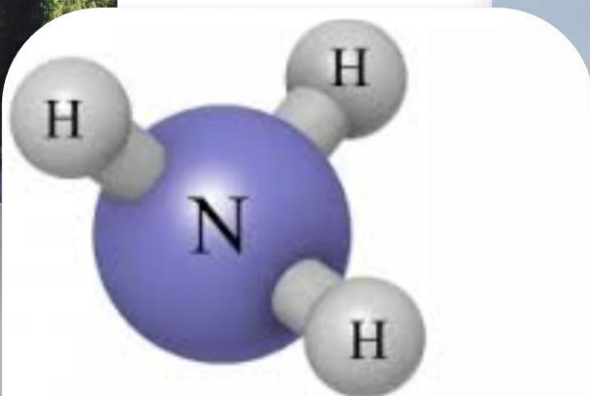
سازمان پراکنده‌های محیط زیست

بسمه تعالی

قرارگاه پدافند شیمیایی

جزوه آموزشی

مواجهه با گاز آمونیاک



آمونیاک



فهرست مطالب

Contents

۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آمونیاک	۵
۱-۱- معرفی	۵
۱-۲- خواص فیزیکی	۶
۱-۳- ویژگی‌های شیمیایی و واکنش‌پذیری	۷
۱-۴- پایداری و شرایط نگهداری	۷
۱-۵- منابع تولید گاز آمونیاک	۸
۱-۵-۱- منابع طبیعی	۸
۱-۵-۱- منابع صنعتی	۸
۲- لوزی خطر	۹
۳- برگه ایمنی مواد (MSDS) گاز آمونیاک	۱۱
۴- عوامل تاثیر گذار گاز آمونیاک بر روی بدن انسان	۱۲
۵- اثرات مدت زمان تاثیر گذاری گاز آمونیاک	۱۴
۶- اشتعال آمونیاک	۱۴
۶-۱- روش‌های اطفاء	۱۵
۶-۲- اقدامات ایمنی در حریق	۱۶
۶-۳- پیشگیری از انفجار	۱۶
۷- سمیت آمونیاک	۱۷
۷-۱- آستانه بو (OT)	۱۷
۷-۲- حد خطرناک غلظت برای سلامتی (I.D.L.H)	۱۷

- ۳-۷-آستانه حد تماس- میانگین وزنی زمانی (TWA_TLV)..... ۱۷
- ۴-۷- حد تماس کوتاه (STEL)..... ۱۸
- ۵-۷- اثرات حاد..... ۱۸
- ۶-۷- اثرات مزمن..... ۱۹
- ۷-۷- پارامتر **ERPG**..... ۲۰
- ۸-موارد اجتناب از کار با گاز آمونیاک..... ۲۱
- ۹-۱-روش دستگاهی..... ۲۳
- ۹-۱-۱-تجهیزات ثابت شناسایی گاز:..... ۲۳
- ۹-۱-۲-تجهیزات متحرک (قابل حمل):..... ۲۴
- ۹-۲-تجهیزات آزمایشگاهی:..... ۲۵
- ۹-۳-روش فردی..... ۲۵
- ۹-۳-۱-احساس بویایی..... ۲۵
- ۱۰-تجهیزات حفاظت فردی مقابله با آمونیاک..... ۲۶
- ۱۱-رفع آلودگی در مواجهه با آمونیاک..... ۲۷
- ۱۱-۲-رفع آلودگی تجهیزات..... ۲۹
- ۱۲-پسمانداری پس از رفع آلودگی..... ۲۹
- ۱۳-علائم غلظت بر حسب قسمت در میلیون (ppm):..... ۳۰
- ۱۴-عملیات کمک‌های اولیه برای افراد مسموم شده با گاز آمونیاک:..... ۳۱
- ۱۵-اقدامات بیمارستانی و درمانی:..... ۳۳

مقدمه:

آمونیاک (NH_3) یکی از ترکیبات شیمیایی اساسی و پرکاربرد در صنایع مختلف است که نقش کلیدی در تولید محصولات شیمیایی و پیشبرد فناوری‌های نوین ایفا می‌کند. این ماده شیمیایی با ویژگی‌های خاص خود در تولید کودهای شیمیایی، مواد منفجره، داروسازی، صنایع برودتی، و همچنین به‌عنوان یک حامل هیدروژن در حوزه انرژی‌های پاک و پایدار استفاده می‌شود. آمونیاک نه تنها در صنعت شیمیایی بلکه در توسعه فناوری‌های پایدار نیز تأثیرگذار است و باتوجه به خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد خود، به یک ماده استراتژیک در فرایندهای صنعتی و کشاورزی تبدیل شده است.

باتوجه به افزایش تقاضا برای مواد اولیه کشاورزی و ضرورت حرکت به سوی اقتصادی کم‌کربن، آمونیاک به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی در این فرایندها شناخته می‌شود. تولید و مصرف بهینه آمونیاک در حال حاضر یکی از حوزه‌های استراتژیک صنعتی است و مطالعات علمی، فنی و اقتصادی در این زمینه اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. این مطالعات می‌توانند به سرمایه‌گذاران کمک کنند تا با تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر، به بهینه‌سازی تولید و استفاده از آمونیاک در صنایع مختلف پرداخته و از مزایای آن بهره‌مند شوند.

باوجود مزایای فراوان آمونیاک در صنایع مختلف، نشت این گاز می‌تواند تهدیدات جدی برای سلامت انسان و محیط‌زیست ایجاد کند. آمونیاک گازی است که می‌تواند باعث مشکلات تنفسی، سوختگی‌های شیمیایی و حتی مسمومیت کشنده شود. این گاز به‌سرعت در جو پخش شده و موجب آلودگی هوا و اسیدیته آب‌ها می‌شود. از این رو، تشخیص به‌موقع نشت آمونیاک و اقدامات ایمنی برای جلوگیری از آسیب‌ها و خسارات احتمالی امری حیاتی است. در نهایت، آمونیاک باتوجه به کاربردهای وسیع خود در صنایع کشاورزی، شیمیایی، برودتی و انرژی، به یکی از اجزای اصلی و حیاتی در فرایندهای صنعتی و فناوری‌های نوین تبدیل شده است. اما در کنار این مزایا، نیاز به تدابیر ایمنی دقیق برای جلوگیری از نشت و خسارات ناشی از آن احساس می‌شود. باتوجه به جایگاه ویژه

آمونیاک در پدافند شیمیایی و تهدیداتی که در شرایط بحرانی می‌تواند ایجاد کند، توجه به شیوه‌های تولید، ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل ایمن این ماده شیمیایی ضروری است.

۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آمونیاک

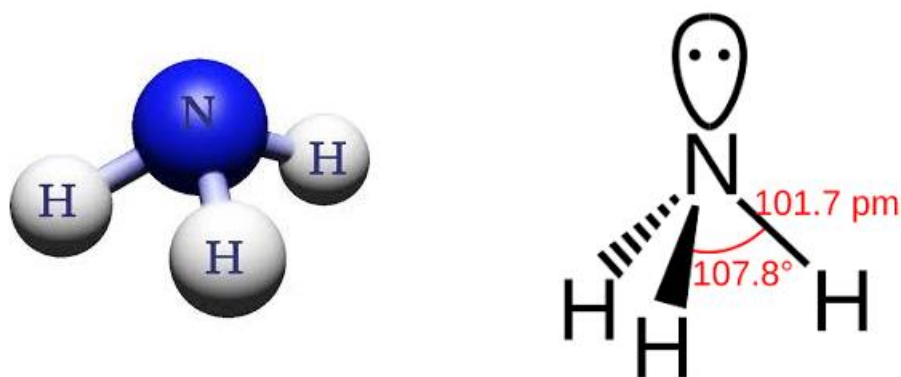
۱-۱- معرفی

گاز آمونیاک به‌عنوان یکی از پایه‌ای‌ترین ترکیبات حاوی نیتروژن (شکل ۱)، نقش کلیدی در تأمین نیازهای کشاورزی، صنایع شیمیایی و سامانه‌های برودتی ایفا می‌کند. با این حال، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فرد آن از جمله نقطه جوش بسیار پایین، قطبیت قوی و قابلیت ایجاد محلول‌های قلیایی پر قدرت این ماده را در ردیف عوامل با ریسک بالا قرار می‌دهد. در حوزه پدافند شیمیایی، شناسایی دقیق پارامترهای رفتاری و ایمنی آمونیاک، پیش‌نیازی برای مدل‌سازی سناریوهای نشت، طراحی سیستم‌های هشدار و تدوین پروتکل‌های واکنش سریع است. گاز آمونیاک ترکیبی قطبی است که در دمای اتاق به‌صورت گاز وجود دارد؛ اما به دلیل نقطه جوش پایین (حدود ۳۳- درجه سانتی‌گراد) به راحتی مایع می‌شود. این گاز دارای جرم مولی ۱۷/۰۳ گرم بر مول و چگالی نسبی حدود ۰/۵۹۷ در مقایسه با هواست که نشان می‌دهد سبک‌تر از هوا بوده و در محیط‌های باز به سمت بالا صعود می‌کند. با این حال، در فضاهای بسته مانند کانال‌ها یا مخازن سرپوشیده، امکان تجمع آن وجود دارد که این امر می‌تواند خطر خفگی یا انفجار در صورت وجود منبع جرقه را به دنبال داشته باشد.

آمونیاک از نظر فیزیکی دارای فشار بخار بالایی در دمای محیط است، به‌طوری‌که در صورت آسیب دیدن لوله‌ها یا مخازن تحت فشار، این گاز می‌تواند با سرعت زیاد نشت کند و موجب آلودگی شدید و فوری محیط گردد. همچنین، در سیستم‌های صنعتی که آمونیاک به‌صورت مایع نگهداری می‌شود، توجه به دمای محیط اهمیت فراوان دارد زیرا با افزایش دما، فشار داخلی مخازن به‌سرعت بالا می‌رود و احتمال ترکیدگی یا نشت گاز افزایش می‌یابد. در دماهای پایین، مایع آمونیاک به دلیل نرخ بالای تبخیر، بسیار سردکننده و خورنده است و تماس مستقیم آن با

پوست یا بافت‌های زنده می‌تواند منجر به یخ‌زدگی، سوختگی سرد و آسیب شدید بافتی شود. این ویژگی در طراحی تجهیزات ایزوله، لباس‌های حفاظتی و سیستم‌های اضطراری تخلیه باید به‌دقت مدنظر قرار گیرد.

قابلیت اشتعال و انفجار گاز آمونیاک نیز از دیگر ویژگی‌های مهم آن است. این گاز در بازه‌ای از غلظت بین ۱۵ تا ۲۸ درصد در هوا قابلیت اشتعال دارد و در صورت وجود منبع گرما یا شعله، ممکن است واکنش انفجاری رخ دهد. به همین دلیل، نگهداری، انتقال، و استفاده از آمونیاک در صنایع نیازمند رعایت استلنداردهای سخت‌گیرانه ایمنی و تهویه مؤثر است.



شکل ۱- ساختار NH_3

۲-۱- خواص فیزیکی

NH_3	فرمول شیمیایی
۱۷/۰۳۱ g/mol	جرم مولکولی
گاز بی‌رنگ	حالت در شرایط نرمال
تند، نافذ و خفه‌کننده	بو
$-33/34\text{ }^{\circ}\text{C}$	نقطه جوش
$-77/ 73\text{ }^{\circ}\text{C}$	نقطه ذوب
$0/771\text{ kg/m}^3$ (سبک‌تر از هوا)	چگالی (در $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ و ۱ atm)

بسیار محلول $\approx (700 \text{ g/L در } 20^\circ \text{C})$	انحلال پذیری در آب
قلیایی $\approx (11/6 \text{ در غلظت } 1 \text{ مولار})$	pH محلول آبی
زرد - سبز کم رنگ	رنگ شعله در احتراق

۳-۱- ویژگی های شیمیایی و واکنش پذیری

- ماهیت خطرناک: گاز سمی، خورنده و محرک شدید سیستم تنفسی، چشم و پوست
- قلیائیت بالا: محلول آمونیاکی با $\text{pH} \approx 11$ باعث سوختگی شیمیایی پوست و چشم می شود
- نشت و انتشار: گاز سبک تر از هوا؛ به سرعت در فضا پخش می شود و نیازمند تهویه فوری است
- قابلیت اشتعال: در حضور شعله یا جرقه اشتعال پذیر است؛ در غلظت بالا خطر انفجار دارد
- واکنش با اکسندها: واکنش شدید و خطرناک با موادی مانند کلر، پرمنگنات و اکسیژن داغ
- ممنوعیت اختلاط: اختلاط با ترکیبات کلردار (مانند آب ژاول) بسیار خطرناک و ممنوع
- واکنش با اسیدها: واکنش شدید گرمازا و تولید نمک های آمونیومی خورنده
- خطرات حرارتی: در دماهای بالا تجزیه شده و گازهای قابل اشتعال آزاد می کند
- واکنش با فلزات فعال: احتمال تولید آمیدهای فلزی ناپایدار و واکنش های ناخواسته
- آثار زیست محیطی: نشت به آب های سطحی باعث سمیت حاد برای آبزیان می شود

۴-۱- پایداری و شرایط نگهداری

- پایداری در دمای معمول: در شرایط عادی دما و فشار پایدار است و به صورت خودبه خود تجزیه نمی شود
- پایداری حرارتی: در دماهای بالا (بالتر از حدود 500°C) ناپایدار شده و به H_2 و N_2 تجزیه می شود
- پایداری در حضور هوا: در دمای محیط نسبتاً پایدار است، اما در دمای بالا یا در حضور جرقه/کاتالیز است اکسید می شود
- حساسیت به اکسندها: در تماس با اکسندهای قوی (کلر، پرمنگنات، ازن) ناپایدار و واکنش پذیر می شود
- پایداری در محلول آبی: در آب پایدار بوده و تعادل $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ برقرار است؛ تجزیه شیمیایی سریع رخ نمی دهد
- اثر کاتالیزها: حضور فلزات خاص (مانند نیکل، پلاتین) باعث کاهش پایداری و تسریع تجزیه می شود

۵-۱- منابع تولید گاز آمونیاک

۱-۵-۱- منابع طبیعی

آمونیاک به طور طبیعی از طریق فرآیندهای بیولوژیکی و شیمیایی در طبیعت تولید می‌شود. مهم‌ترین منابع طبیعی آن عبارتند از:

۱. فرآیندهای بیولوژیکی:

- نیتریفیکاسیون: تبدیل آمونیاک به نیترات توسط میکروارگانیسم‌ها در خاک.
- نیتروژن‌زدایی: تبدیل نیتروژن جو به آمونیاک توسط باکتری‌ها.
- تجزیه مواد آلی: میکروارگانیسم‌ها آمونیاک را از تجزیه بقایای گیاهی و جانوری تولید می‌کنند.

۲. آمونیاک در جو:

- رعد و برق: تولید آمونیاک از نیتروژن و آب در هنگام رعد و برق.

۳. منابع آبی:

- آمونیاک از تجزیه مواد آلی در آب‌های شیرین و شور تولید می‌شود.

۴. منابع زیستی:

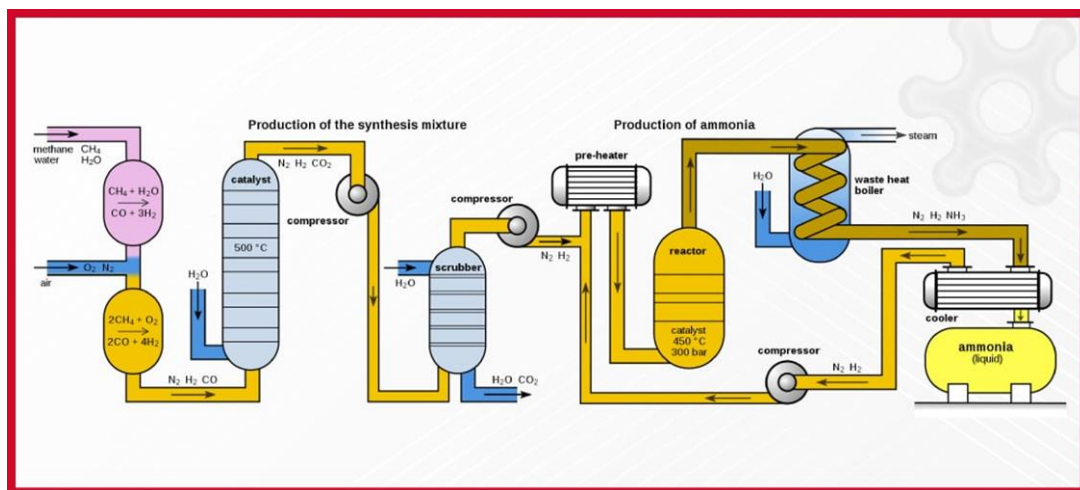
- در اکوسیستم‌های طبیعی مانند مزارع و جنگل‌ها، آمونیاک از تجزیه مواد آلی تولید می‌شود.

۱-۵-۱- منابع صنعتی

در صنعت، آمونیاک عمدتاً از طریق دو روش تولید می‌شود:

۱. روش هابر-بوش: در این روش، گاز نیتروژن (N_2) و هیدروژن (H_2) تحت فشار بالا (۱۵۰ تا ۳۰۰ اتمسفر) و دمای بالا (۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد) واکنش می‌دهند و آمونیاک تولید می‌شود. این فرآیند نیاز به کاتالیزورهایی مانند آهن دارد و عمدتاً برای تولید آمونیاک به کار می‌رود. این روش در صنایع شیمیایی و کشاورزی (تولید کود شیمیایی) کاربرد دارد.

۲. گاز سنتز: در این روش، هیدروژن و مونوکسید کربن (CO) به عنوان گاز سنتز تولید می‌شوند. هیدروژن از منابعی مانند گاز طبیعی یا زغال‌سنگ استخراج می‌شود و مونوکسید کربن از طریق فرآیند گازی‌سازی تولید می‌شود. این گاز سنتز برای تولید آمونیاک به کار می‌رود. این روش به‌طور غیرمستقیم برای تولید آمونیاک و سایر ترکیبات شیمیایی نیز استفاده می‌شود.



شکل ۲: فرایند تولید صنعتی آمونیاک

در هر دو روش، هیدروژن نقش کلیدی در تولید آمونیاک دارد و هرکدام به روش‌های مختلفی از منابع انرژی برای تأمین هیدروژن تکیه دارند. سایر روش‌های تولید آمونیاک از قبیل آمونیاک سبز، سنتز الکتروشیمیایی آمونیاک، روش پلاسما-کاتالیزوری، تبدیل نیتراکها به آمونیاک، فتوکاتالیزوری و روش‌های هیبریدی نیز در مقیاس‌های آزمایشگاهی و نیمه صنعتی برای تولید آمونیاک بعضاً بکار گرفته می‌شوند.

۲-لوزی خطر

در سیستم طبقه‌بندی خطرات مواد شیمیایی NFPA ۷۰۴، ترکیبات براساس لوزی خطر طبقه‌بندی می‌شوند. این سیستم برای تسهیل شناسایی نوع و شدت خطرات در شرایط اضطراری استفاده می‌شود. طبقه‌بندی خطرات آمونیاک به شرح زیر است:

- بخش آبی (خطر بهداشتی): سطح ۳ - تماس با آمونیاک می تواند موجب آسیب های شدید یا دائمی به سلامت شود.

- بخش قرمز (خطر اشتعال پذیری): سطح ۱ - آمونیاک به راحتی مشتعل نمی شود و برای اشتعال نیاز به پیش گرمایش دارد.

- بخش زرد (ناپایداری): سطح ۰ - آمونیاک پایدار است و واکنش پذیری شدید ندارد.

- بخش سفید (خطرات خاص): بدون علامت خاص، مگر در شرایط صنعتی خاص که ممکن است هشدارهایی اضافه درج شود.

این طبقه بندی برای تسهیل عملیات امدادی در مواجهه با آمونیاک در شرایط اضطراری طراحی شده است. شکل ۳ لوزی خطر برای آمونیاک را نشان می دهد. در بیشتر علائم NFPA ۷۰۴ برای آمونیاک خشک (Anhydrous Ammonia) معمولاً کد ۰-۱-۳ درج می شود.



خطر مرتبط با سلامت	خطر حریق (آتش سوزی)
۴ - کشنده	خطر اشتعال: ۴ - کمتر از ۷۳۰ فارنهایت
۳ - بی نهایت خطرناک	۳ - کمتر از ۱۰۰۰
۲ - خطرناک	۲ - بیشتر از ۱۰۰۰ و کمتر از ۳۰۰۰ فارنهایت
۱ - کمی خطرناک	۱ - بالاتر از ۳۰۰۰ فارنهایت
	۰ - غیر اشتعال
خطرات ویژه	واکنش پذیری
OX- اکسیدکننده	۴ - احتمال منفجر شدن
ACID- اسید	۳ - احتمال انفجار در صورت ضربه یا حرارت
ALK- قلیا	۲ - تغییرات شیمیایی شدید
COR- خوردنده	۱ - ناپایدار در صورت حرارت دادن
Use No Water - از آب استفاده نشود	۰ - پایدار
Radioactive- رادیواکتیو	

شکل ۳- لوزی خطر آمونیاک

۳- برگه ایمنی مواد (MSDS) گاز آمونیاک

به منظور آشنایی با مشخصات فیزیکی، برگه داده های ایمنی (MSDS) گاز آمونیاک در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۲- برگه ایمنی مواد گاز آمونیاک

عنوان	شرح
نام شیمیایی	آمونیاک (Ammonia)
فرمول شیمیایی	NH ₃
CAS Number	۷-۴۱-۷۶۶۴
نام های دیگر	گاز آمونیاک، نیتروژن سه هیدروژن، آمونیاک فشرده
کاربردها	تولید کودهای شیمیایی، تولید مواد منفجره، صنایع دارویی، تصفیه آب، استفاده در صنایع سردخانه ها، تولید اسید نیتریک
خطرات اصلی	سوزش، آسیب به پوست و چشم، تحریک دستگاه تنفسی، خطر انفجار در غلظت های بالا
طبقه بندی خطرات	طبق سیستم NFPA ۷۰۴
خطر بهداشتی (بخش آبی)	سطح ۳ - تماس با آمونیاک می تواند موجب آسیب های شدید یا دائمی به سلامت شود.
خطر اشتعال پذیری (بخش قرمز)	سطح ۱ - آمونیاک به راحتی اشتعال نمی شود، ولی نیاز به پیش گرمایش دارد.
پایداری واکنش پذیری (بخش زرد)	سطح ۰ - آمونیاک در شرایط معمول پایدار است و به واکنش های شدید شیمیایی نمی پردازد.
خطرات ویژه (بخش سفید)	بدون علامت خاص، ولی در شرایط خاص صنعتی هشدارهای ویژه ممکن است درج شود.
نقطه جوش	-۳۳.۳۴°C
نقطه ذوب	-۷۷.۷۳°C
چگالی	۰.۶۸۲ گرم بر لیتر (در دمای ۰ درجه سانتی گراد و فشار ۱ اتمسفر)
حداقل غلظت اشتعال (LEL)	۱۵٪
حداکثر غلظت اشتعال (UEL)	۲۸٪
خطرات برای محیط زیست	می تواند در مقادیر زیاد برای آبیاری خاک و منابع آبی مضر باشد.
اقدامات ایمنی	- استفاده از تهویه مناسب در محیط های بسته. - استفاده از دستکش و عینک محافظ. - در صورت تماس با پوست، با آب فراوان شستشو دهید. - از تماس با چشم ها خودداری کنید.
اقدامات در صورت نشت یا انتشار	- استفاده از تجهیزات حفاظتی. - منطقه را ترک کرده و از دستگاه تنفسی استفاده کنید. - برای جمع آوری نشت از سیستم های تهویه و تجهیزات جذب استفاده کنید.
اقدامات در صورت تماس با پوست	پوست را با آب و صابون شستشو دهید. در صورت سوزش یا آسیب شدید، به بیمارستان مراجعه کنید.
اقدامات در صورت تماس با چشم ها	فوراً با آب فراوان شستشو دهید و از مراقبت پزشکی سریع استفاده کنید.
اقدامات در صورت استنشاق	فرد را به هوای تازه منتقل کنید، در صورت بروز علائم شدید تنفسی، به بیمارستان مراجعه کنید.
حمل و نقل	- حمل در مخازن مناسب و مطابق با مقررات حمل مواد خطرناک. - باید در شرایط تهویه مناسب و با رعایت ایمنی حمل شود.

شرایط ذخیره سازی	-ذخیره در مکان های خشک و خنک، به دور از منابع گرما و مواد قابل اشتعال. - در مخازن تحت فشار ذخیره سازی شود.
------------------	--

مواجهه با آمونیاک به دلیل خاصیت سمی و خوردندگی بالا نیازمند اقدام فوری و هدفمند است. جدول زیر، اقدامات اولیه توصیه شده در شرایط اضطراری را به صورت خلاصه و کاربردی ارائه می دهد.

جدول ۳: کمکهای اولیه

نوع تماس	اقدامات پیشنهادی
تنفسی	انتقال به هوای تازه، تماس با مراکز مسمومیت
پوستی	شست و شو با آب گرم، عدم مالش
چشمی	شست و شوی فراوان با آب تمیز به مدت ۱۰ دقیقه
بلعیدن	عدم تحریک به استفراغ، شست و شوی دهان

۴- عوامل تاثیر گذار گاز آمونیاک بر روی بدن انسان

گاز آمونیاک می تواند تأثیرات مختلفی بر بدن انسان داشته باشد که بسته به غلظت و مدت زمان تماس متفاوت است:

۱. تماس با چشم ها: موجب سوزش، قرمزی، و آسیب به قرنیه و در غلظت های بالا می تواند منجر به کوری دائمی شود.

۲. تماس با پوست: باعث تحریک و سوختگی شیمیایی می شود.

۳. تنفس:

- غلظت های پایین: تحریک گلو و سرفه.
- غلظت های متوسط: تنگی نفس و اختلالات تنفسی.
- غلظت های بالا: التهاب ریه، آسیب به بافت ریه ها و حتی مرگ.

۴. بلع: تحریک و آسیب به دهان، گلو و معده.

۵. اثر بر سیستم عصبی: گیجی، سردرد، و در غلظت‌های بالا، کما و مرگ.

۶. اثرات طولانی‌مدت: آسیب‌های تنفسی دائمی و کاهش عملکرد ریه‌ها.

✓ عوامل مؤثر: غلظت آمونیاک، مدت زمان تماس، و شرایط فردی مانند سن و بیماری‌های تنفسی.

بیماری‌هایی که باعث حساسیت بیشتر در برابر گاز آمونیاک می‌شوند عبارتند از:

۱. آسم

۲. برونشیت مزمن

۳. COPD (بیماری مزمن انسدادی ریه)

۴. بیماری‌های قلبی

۵. نارسایی کلیه

۶. بیماری‌های عصبی (مثل پارکینسون و آلزایمر)

۷. بیماری‌های خودایمنی (مثل لوپوس و آرتریت روماتوئید)

۸. زنان باردار

۹. کودکان و سالمندان

جدول ۴- اثرات بیولوژیکی آمونیاک در غلظت‌های مختلف

سطح غلظت آمونیاک (ppm)	اثر بر سلامت	توصیه‌های ایمنی
۰-۲۵ ppm	تحریک خفیف گلو و بینی، ممکن است در افراد حساس باعث سرفه شود.	استفاده از تهویه مناسب در محیط‌های بسته.
۲۵-۵۰ ppm	تحریک بیشتر گلو، سرفه و تنگی نفس.	استفاده از ماسک یا دستگاه تنفسی در محیط‌های با غلظت بالا.
۵۰-۱۰۰ ppm	تحریک شدید مجاری تنفسی، سرفه و احساس سوزش در گلو و بینی.	اجتناب از قرارگیری طولانی‌مدت در این غلظت.
۱۰۰-۳۰۰ ppm	اختلالات تنفسی شدید، التهاب گلو و ریه، احساس تنگی نفس.	استفاده فوری از تجهیزات حفاظت فردی و انتقال به هوای تازه.
۳۰۰-۵۰۰ ppm	آسیب‌های جدی به ریه‌ها، خونریزی بینی، و التهاب شدید مجاری تنفسی.	مراجعه فوری به مراکز درمانی.
بیش از ۵۰۰ ppm	آسیب شدید به دستگاه تنفسی، خطر مرگ ناشی از نارسایی تنفسی.	اقدامات پزشکی فوری ضروری است.

۵- اثرات مدت زمان تأثیر گذاری گاز آمونیاک

اثرات مدت زمان تأثیر گذاری گاز آمونیاک بر بدن انسان به طور مستقیم به غلظت گاز و مدت زمانی که فرد در معرض آن قرار دارد، بستگی دارد. این تأثیرات می تواند از تحریک خفیف تا آسیب های جدی و حتی مرگ متغیر باشد. در جدول ۵ اثرات مدت زمان تأثیر گذاری گاز آمونیاک بر بدن آورده شده است:

جدول ۵- اثرات گاز آمونیاک

مدت زمان تماس	غلظت آمونیاک (ppm)	اثرات بر بدن	توصیه ها
تماس کوتاه مدت (چند دقیقه تا ۱ ساعت)	۰-۲۵ ppm	تحریک خفیف گلو، بینی و دستگاه تنفسی، سرفه و احساس سوزش.	استفاده از تهویه مناسب، احتیاط در تماس.
	۲۵-۵۰ ppm	تحریک شدیدتر گلو و دستگاه تنفسی، سرفه و تنگی نفس.	استفاده از ماسک یا دستگاه تنفسی.
	۵۰-۱۰۰ ppm	احساس سوزش شدید، التهاب گلو و ریه ها، مشکلات تنفسی.	استفاده از تجهیزات حفاظتی، اجتناب از تماس طولانی.
تماس متوسط مدت (چند ساعت)	۱۰۰-۳۰۰ ppm	التهاب شدید گلو و ریه ها، تنگی نفس، مشکلات تنفسی مزمن در صورت عدم درمان.	استفاده از دستگاه تنفسی و مراجعه به مراکز درمانی در صورت نیاز.
	۳۰۰-۵۰۰ ppm	آسیب های جدی به ریه ها، خونریزی بینی، التهاب شدید مجاری تنفسی، اختلالات تنفسی شدید.	مراجعه فوری به مراکز درمانی.
تماس طولانی مدت (چند روز یا بیشتر)	بیش از ۵۰۰ ppm	آسیب های دائمی به دستگاه تنفسی، نارسایی تنفسی، آسیب های برگشتناپذیر به ریه ها و مرگ در صورت عدم درمان.	اقدامات فوری پزشکی، اجتناب از تماس طولانی مدت.
افراد با بیماری های زمینه ای	هر غلظت	تشدید علائم آسم، برونشیت مزمن، بیماری های قلبی و کلیوی، نارسایی تنفسی.	افراد باید از تماس با آمونیاک اجتناب کنند و از تجهیزات حفاظتی استفاده کنند.

۶- اشتعال آمونیاک

- ویژگی های اشتعال پذیری: آمونیاک به راحتی مشتعل نمی شود و نیاز به پیش گرمایش دارد. برای اشتعال باید دمای بالایی (حدود ۶۵۱ °F یا ۳۴۳ °C) داشته باشد.
- محدوده اشتعال: آمونیاک در غلظت های بین ۱۵٪ تا ۲۸٪ با هوا ترکیب می شود و می تواند اشتعال یابد.
- خطر انفجار: در صورت ترکیب با هوا در غلظت های بالا، آمونیاک می تواند منجر به انفجار شود.

۴. پیشگیری از اشتعال: باید از تهویه مناسب و جلوگیری از منابع جرقه یا شعله در محیط‌های حاوی آمونیاک استفاده شود.

۶-۱- روش‌های اطفاء

جدول ۶: روشهای اطفاء حریق ناشی از آمونیاک

روش اطفاء	توضیحات	ملاحظات
استفاده از آب	برای خنک‌سازی نواحی آلوده به آمونیاک و جلوگیری از گسترش آتش استفاده می‌شود.	نباید آب را مستقیماً روی گاز آمونیاک فشرده بپاشید زیرا ممکن است موجب پخش گاز و خطرات بیشتر شود.
پودر شیمیایی خشک	استفاده از پودرهای شیمیایی خشک (مانند ABC) برای خاموش کردن آتش‌های ناشی از آمونیاک.	پودرهای خشک سریعاً آتش را متوقف می‌کنند و برای آتش‌های ناشی از آمونیاک مناسب هستند.
گاز CO ₂	کاهش غلظت اکسیژن در منطقه آتش برای خاموش کردن آتش و جلوگیری از گسترش آن.	باید در محیط‌های بسته با احتیاط استفاده شود، زیرا غلظت‌های بالا از CO ₂ می‌تواند موجب خطرات تنفسی شود.
سیستم‌های اسپری آب اتوماتیک	سیستم‌های خودکار اسپری آب برای کنترل آتش‌های ناشی از آمونیاک در تاسیسات صنعتی.	باید مخصوص شرایط آمونیاک طراحی شوند تا از تشدید خطرات جلوگیری شود.
تهویه مناسب	استفاده از سیستم‌های تهویه برای تخلیه سریع گاز آمونیاک از فضا و کاهش خطرات ناشی از نشت گاز.	تهویه مناسب کمک می‌کند تا گاز آمونیاک به‌سرعت از محیط تخلیه شود و خطرات ناشی از انفجار یا شعله‌ور شدن کاهش یابد.
اقدامات ویژه در آتش‌های بزرگ	در صورت گسترش آتش، تخلیه سریع ناحیه و استفاده از خودروهای آتش‌نشانی با مخازن بزرگ آب و پمپ‌های قدرتمند برای خاموش کردن آتش‌های وسیع.	از آتش‌نشانی حرفه‌ای و تجهیزات سنگین برای مهار آتش استفاده کنید.
جلوگیری از تماس با مواد قابل اشتعال	در صورت نشت آمونیاک، از تماس آن با مواد قابل اشتعال مانند هیدروژن یا متان جلوگیری کنید.	آمونیاک به خودی خود اشتعال‌پذیر نیست، اما در ترکیب با برخی گازهای دیگر ممکن است خطر انفجار ایجاد کند.

۶-۲- اقدامات ایمنی در حریق

۱. ایمنی فردی: استفاده از دستگاه تنفسی مستقل (SCBA) و لباس‌های مقاوم در برابر مواد شیمیایی برای حفاظت از کارکنان.

۲. خنک‌سازی حریق: استفاده از آب برای خنک‌سازی نواحی آلوده، پودر خشک برای مهار آتش و CO_2 برای آتش‌های کوچک.

۳. نشت آمونیاک: استفاده از سیستم تهویه برای تخلیه گاز، اجتناب از تماس آب با آمونیاک و آمادگی برای انفجارهای احتمالی.

۴. اقدامات اضطراری: اعلام وضعیت اضطراری به واحدهای آتش‌نشانی و تخلیه سریع منطقه.

۵. آموزش و تجهیزات: آموزش منظم کارکنان و نگهداری از تجهیزات ایمنی مانند کپسول‌های CO_2 و دستگاه‌های تنفسی.

۶. مراقبت پس از حادثه: ارزیابی آسیب‌ها و پاکسازی محیط از گاز آمونیاک.

این اقدامات برای کاهش خطرات ناشی از حریق آمونیاک و حفاظت از افراد و محیط ضروری هستند.

۶-۳- پیشگیری از انفجار

- اجتناب از تماس آمونیاک با اکسندها (مثل کلر، نیترات، و پرمنگنات) که می‌تواند خطرات انفجاری ایجاد کند.

- استفاده از کنترل‌های مهندسی مانند تهویه مناسب، نظارت بر فشار و دما در مخازن و خطوط انتقال، و ایجاد سیستم‌های ایزولاسیون برای جلوگیری از اختلاط آمونیاک با مواد خطرناک دیگر.

- طراحی مقاوم در برابر انفجار و استفاده از سیستم‌های پایش مستمر نشت برای پیشگیری از نشت یا انفجار.

۷- سمیت آمونیاک

۷-۱- آستانه بو (OT)

آستانه بوی آمونیاک در حدود ۲۵ ppm است. این غلظت گاز به طور معمول بلافاصله احساس می شود و باعث تحریک بینی و گلو می شود.

۷-۲- حد خطرناک غلظت برای سلامتی (I.D.L.H)

^۱IDLH برای آمونیاک برابر با ۳۰۰ ppm تعیین شده است. این میزان غلظت می تواند به طور فوری خطرانی جدی برای زندگی و سلامت فرد ایجاد کند، از جمله آسیب های برگشتناپذیر به دستگاه تنفسی و خطر مرگ.

۷-۳- آستانه حد تماس- میانگین وزنی زمانی^۲ (TWA_TLV)

۱. آستانه حد تماس (PEL) :

○ ۲۵ ppm برای ۸ ساعت در روز (حد مجاز تماس شغلی).

○ ۱۰۰ ppm برای ۴ ساعت (حد قابل تحمل کوتاه مدت).

۲. میانگین وزنی زمانی (TWA_TLV) :

○ ۲۵ ppm به طور میانگین برای ۸ ساعت.

○ ۳۵ ppm برای ۱۵ دقیقه (حد قابل تحمل کوتاه مدت).

این مقادیر نشان دهنده غلظت های مجاز آمونیاک برای تماس در محیط های کاری است.

^۱ Immediate Danger to Life or Health

^۲ Threshold Limit Value-Time Weighted Average

۷-۴- حد تماس کوتاه^۱ (STEL)

حد تماس کوتاه برای آمونیاک برابر با ۳۵ ppm برای مدت زمان ۱۵ دقیقه تعیین شده است. این مقدار نشان‌دهنده حداکثر غلظت آمونیاک است که یک فرد می‌تواند به‌طور موقت و برای مدت ۱۵ دقیقه در آن محیط حضور داشته باشد بدون آن که تأثیرات جدی بر سلامت فرد ایجاد کند.

۷-۵- اثرات حاد

۱. تحریک تنفسی:

- غلظت‌های بالا از آمونیاک، به‌ویژه در حدود ۳۰۰ ppm یا بیشتر، می‌توانند سیستم تنفسی را به شدت تحت تأثیر قرار دهند. آمونیاک به سرعت به مجاری تنفسی فوقانی (از جمله بینی، حلق و حنجره) و ریه‌ها حمله می‌کند.
- تماس با غلظت‌های بالای آمونیاک می‌تواند موجب التهاب حاد در دستگاه تنفسی، فیبروز ریه‌ها و حتی اختلالات تنفسی شدید شود که به طور مستقیم منجر به نارسایی تنفسی می‌گردد.
- این اثرات می‌توانند در صورت عدم درمان به سرعت پیشرفت کرده و منجر به کاهش ظرفیت ریه، نارسایی قلبی و حتی مرگ شوند.

۲. آسیب به پوست و چشم‌ها:

- آمونیاک به‌طور خاص در مقدار مایع یا غلظت‌های بالا می‌تواند موجب سوختگی شیمیایی در پوست و چشم‌ها شود.
- تماس با چشم‌ها می‌تواند موجب آسیب‌های شدید و دائمی به قرنیه و سایر بافت‌های حساس چشم گردد. این آسیب‌ها می‌توانند شامل التهاب، عفونت‌های قرنیه و حتی منجر به کوری دائمی شوند.

^۱ Short Term Exposure Levels

- در صورت تماس با پوست، آمونیاک می‌تواند سوختگی‌های شیمیایی درجه یک تا سه ایجاد کند که منجر به زخم‌های عمیق و آسیب‌های برگشت‌ناپذیر شود.

۳. سمیت حاد:

- در صورتی که فرد در معرض غلظت‌های بالای ۵۰۰ ppm قرار گیرد، آمونیاک می‌تواند به عنوان یک گاز سمی وارد جریان خون شود و سمیت حاد ایجاد کند.
- این نوع تماس می‌تواند منجر به آسیب‌های سریع و برگشت‌ناپذیر به دستگاه تنفسی و حتی سایر ارگان‌ها مانند کلیه‌ها و کبد شود.
- اگر این غلظت‌ها برای مدت طولانی ادامه یابند، می‌تواند منجر به مرگ شود، چرا که آمونیاک به‌شدت بر سیستم عصبی، قلب و ریه‌ها اثر می‌گذارد و در برخی موارد باعث ایست تنفسی و نارسایی قلبی می‌شود.

۷-۶- اثرات مزمن

۱. آسیب‌های تنفسی مزمن:

- قرارگیری طولانی‌مدت در معرض آمونیاک به غلظت‌های حتی پایین‌تر از حد مجاز (حدود ۲۰-۵۰ ppm) می‌تواند به آسیب‌های دائمی در سیستم تنفسی منجر شود. یکی از عوارض رایج در این نوع قرارگیری مزمن، بیماری انسدادی مزمن ریه (COPD) است که به دلیل تحریک مداوم دستگاه تنفسی، فرد دچار مشکلات تنفسی مزمن می‌شود.
- فیروز ریه نیز می‌تواند در اثر تماس مکرر با آمونیاک ایجاد شود، که در این شرایط، بافت ریه به تدریج از حالت الاستیک خود خارج می‌شود و ظرفیت تنفسی فرد کاهش می‌یابد. این آسیب‌ها ممکن است با گذشت زمان و در غلظت‌های بالا به نارسایی تنفسی ختم شوند.

۲. تحریک مداوم چشم‌ها و پوست:

- تماس مزمن با بخارات آمونیاک یا آمونیاک رقیق می‌تواند به‌طور پیوسته باعث تحریک چشم‌ها و به‌ویژه قرنیه شود. این تحریکات ممکن است منجر به خشکی چشم‌ها، سوزش و در موارد شدیدتر، به کاهش بینایی منتهی شود.
- برای پوست، آمونیاک می‌تواند موجب التهاب مزمن و آسیب‌های پوستی مانند درماتیت گردد. این آسیب‌ها ممکن است در طول زمان به زخم‌های مزمن یا آسیب‌های دیفیوژنی (نفوذ در لایه‌های عمیق‌تر پوست) تبدیل شوند.

۳. آسیب‌های سیستم عصبی:

- قرارگیری طولانی‌مدت در معرض غلظت‌های پایین آمونیاک همچنین می‌تواند بر سیستم عصبی مرکزی تأثیر بگذارد. افرادی که به‌طور مزمن در معرض آمونیاک قرار دارند ممکن است دچار کاهش توانایی تمرکز، افسردگی و مشکلات حافظه شوند.
- این تأثیرات بر سیستم عصبی می‌تواند عملکرد شناختی فرد را تحت تأثیر قرار دهد و مشکلات روانی ناشی از آن را تشدید کند.

۷-۷- پارامتر ERPG

استاندارد ERPG در ۳ سطح مورد بررسی قرار می‌گیرد. این سه سطح عبارتند از:

جدول ۷: تعریف سه سطح استاندارد ERPG

پارامتر ERPG	شرح	اثر بر سلامت
ERPG-۱	غلظتی که در آن افراد ممکن است دچار تحریک موقت گلو، بینی و دستگاه تنفسی شوند.	مشکلات تنفسی موقتی، سوزش و ناراحتی جزئی.
ERPG-۲	غلظتی که در آن افراد ممکن است دچار آسیب‌های جدی‌تر تنفسی یا مشکلات سلامتی شوند.	آسیب‌های جدی‌تر به دستگاه تنفسی، تنگی نفس و مشکلات ریه.
ERPG-۳	غلظتی که در آن اثرات بلندمدت و برگشت‌ناپذیر به سلامت ایجاد می‌شود.	آسیب‌های شدید و دائمی به دستگاه تنفسی و سایر ارگان‌ها، خطر مرگ.

➤ مقادیر میزان سمیت آمونیاک بر اساس استاندارد ERPG

جدول ۸: میزان سمیت آمونیاک بر اساس استاندارد ERPG

مقدار غلظت آمونیاک (ppm)	ERPG-۱ (میزان تحریک موقت)	ERPG-۲ (میزان خطرناک برای سلامتی)	ERPG-۳ (میزان خطر مرگ‌آور)
۰-۲۵ ppm	تحریک جزئی و موقت سیستم تنفسی	آسیب‌های کم یا بدون اثرات جدی	بدون اثرات خطرناک
۲۵-۵۰ ppm	تحریک مداوم تنفسی و گلو	خطرات جدی‌تر برای تنفس و سلامت	احتمال آسیب‌های جزئی به سیستم تنفسی
۵۰-۱۰۰ ppm	تحریک شدید گلو و ریه‌ها	نیاز به مداخله سریع پزشکی	آسیب‌های جدی به سیستم تنفسی
۱۰۰-۳۰۰ ppm	اختلالات تنفسی شدید	نارسایی تنفسی و مشکلات جدی	نارسایی تنفسی شدید و مرگ در صورت عدم درمان
بیش از ۳۰۰ ppm	خطر مرگ‌بار و نارسایی شدید	نارسایی سیستماتیک و آسیب‌های برگشت‌ناپذیر	احتمال مرگ فوری در اثر اختناق یا آسیب تنفسی

۸- موارد اجتناب از کار با گاز آمونیاک

۱. ورود به نواحی آلوده بدون تجهیزات مناسب

ورود به فضاهای آلوده به بخار آمونیاک بدون استفاده از تجهیزات حفاظتی کامل مانند دستگاه تنفس مستقل (SCBA) و لباس‌های محافظ شیمیایی بسیار خطرناک است. هرگونه حضور در نواحی آلوده باید تنها با استفاده از تجهیزات ایمنی استاندارد و بر اساس ارزیابی خطرات انجام شود.

۲. کنترل و مهار نشت

در صورت نشت گاز آمونیاک، باید به سرعت منبع نشت شناسایی و مهار شود. این کار باید با دقت و از طریق استفاده از تجهیزات ایمنی مناسب انجام شود. در چنین شرایطی باید از سیستم‌های ایزوله‌سازی برای قطع جریان گاز و جلوگیری از انتشار آن استفاده کرد.

۳. اجتناب از تماس با آب یا فاضلاب

تماس آمونیاک با آب یا فاضلاب باید به شدت اجتناب شود، زیرا ممکن است باعث تولید گاز آمونیاک سمی یا واکنش‌های خطرناک شود. پاشیدن آب بر روی گاز آمونیاک ممکن است گاز سمی را گسترش دهد، بنابراین باید از استفاده بی‌مورد آب در چنین شرایطی خودداری کرد.

۴. تهویه مناسب در محیط‌های بسته

در محیط‌های کاری بسته یا محدود که آمونیاک در آن‌ها استفاده می‌شود، باید سیستم‌های تهویه مناسب و موثر مانند سیستم‌های تهویه موضعی با جریان مثبت برای تخلیه بخارات به کار گرفته شود. عدم تهویه مناسب می‌تواند به انباشته شدن بخارات آمونیاک و افزایش غلظت گاز منجر شود که خطرات جدی به دنبال خواهد داشت.

۵. پیشگیری از خطرات انفجار یا آتش‌سوزی

در صورت بروز آتش‌سوزی یا احتمال وقوع انفجار ناشی از آمونیاک، باید فوراً منطقه را تخلیه کرده و از تجهیزات مناسب برای اطفای حریق استفاده کرد. خنک‌سازی نواحی آلوده به آمونیاک باید از راه دور و با استفاده از افشانک‌ها صورت گیرد، زیرا نزدیک شدن به نواحی با آمونیاک مشتعل می‌تواند خطرات جدی ایجاد کند.

۶. آماده‌سازی و آموزش کارکنان

تمامی کارکنان باید به‌طور منظم آموزش‌های ایمنی و پاسخ اضطراری به حوادث آمونیاک ببینند. این آموزش‌ها شامل نحوه استفاده صحیح از تجهیزات حفاظت فردی و روش‌های مدیریت نشت و آتش‌سوزی است.

۹-۱-روش دستگاهی

۹-۱-۱-تجهیزات ثابت شناسایی گاز:

۱. دتکتور گاز چندگانه:

این دستگاه‌ها برای شناسایی سریع گازهای مختلف از جمله آمونیاک، H_2S ، و VOCها به کار می‌روند. این دستگاه‌ها معمولاً برای شناسایی و پیشگیری از خطرات در محیط‌های صنعتی و شیمیایی استفاده می‌شوند.

۲. سیستم‌های پایش مداوم غلظت گاز:

استفاده از سیستم‌های پایش دائمی مانند FTIR Spectroscopy برای پایش غلظت آمونیاک در خطوط فرآیندی. این سیستم‌ها به‌طور پیوسته غلظت گاز را اندازه‌گیری کرده و در صورت بروز نشت، هشدار لازم را می‌دهند.

۳. دستگاه‌های PID و FTIR :

PID Detectors برای شناسایی نشت‌های موضعی و FTIR Spectroscopy برای پایش مداوم غلظت گاز در خطوط فرآیندی و تأسیسات.

۴. سیستم‌های هشدار داخلی:

سیستم‌های هشدار ترکیبی که شامل آژیرهای فرکانس دوگانه، چراغ‌های LED و پیامک‌های هشدار به منظور اطلاع‌رسانی فوری در مورد نشت گاز آمونیاک می‌باشد.



شکل ۳: دستگاه شناسایی گاز آمونیاک مدل ثابت

۹-۱-۲- تجهیزات متحرک (قابل حمل):

▪ دتکتور گاز چندگانه:

این دستگاه‌ها قابلیت شناسایی چندین گاز از جمله آمونیاک، H_2S و VOCها را دارند و برای شناسایی سریع گاز در محیط‌های کاری استفاده می‌شوند.



شکل ۴: دتکتور گاز آمونیاک قابل حمل

▪ دوش سیار اضطراری:

برای دفع آلودگی شیمیایی اولیه و شست‌وشوی سریع افراد آلوده به گاز آمونیاک، از دوش‌های سیار استفاده می‌شود.



شکل ۵: دوش و چشم شوی اضطراری

▪ کیف احیای شیمیایی:

این کیسه‌ها شامل داروهای اولیه برای درمان تحریک تنفسی و شوک ناشی از تماس با گاز آمونیاک هستند.

۹-۲- تجهیزات آزمایشگاهی:

۱. دستگاه‌های PID که از فناوری یونیزه‌سازی فوتونی برای شناسایی گازها در غلظت‌های بسیار پایین استفاده می‌کنند.
۲. روش‌های رنگ‌سنجی که در آن تغییر رنگ محلول شیمیایی در پاسخ به گاز آمونیاک اندازه‌گیری می‌شود.
۳. دستگاه‌های FTIR که با استفاده از تحلیل طیف مادون قرمز، غلظت گاز آمونیاک را به طور پیوسته اندازه‌گیری می‌کنند.
۴. دستگاه‌های NDIR که با استفاده از فناوری مادون قرمز غیرپراکنده برای اندازه‌گیری گازهای خاص، مانند آمونیاک، کاربرد دارند.
۵. روش‌های جذب سطحی که در آن گاز بر روی یک ماده جذب‌کننده جذب شده و سپس غلظت آن با کروماتوگرافی گازی اندازه‌گیری می‌شود.
۶. کروماتوگرافی گازی (GC) که یکی از دقیق‌ترین روش‌ها برای تفکیک و اندازه‌گیری غلظت‌های کم آمونیاک در نمونه‌های پیچیده است.

۹-۳- روش فردی

۹-۳-۱- احساس بویایی

احساس بویایی به عنوان یک روش فردی برای شناسایی آمونیاک، از حس بویایی انسان برای شناسایی بوی تند و نافذ آمونیاک در غلظت‌های پایین استفاده می‌شود. این روش برای هشدار اولیه مناسب است، اما برای شناسایی غلظت‌های خطرناک، نیاز به استفاده از دتکتورهای گاز دقیق‌تر است.

۱۰-تجهیزات حفاظت فردی مقابله با آمونیاک

پیشگیری از آسیب‌های شیمیایی و حفاظت فردی کارکنان و نیروهای پاسخ‌دهنده در هنگام مواجهه با آمونیاک ضروری است. این تجهیزات مطابق با استانداردهای NFPA ۱۹۹۴ و NIOSH طراحی و توصیه شده‌اند که به شرح جدول زیر است:

جدول ۹: تجهیزات توصیه شده برای مقابله با آمونیاک

سطح	تجهیزات اصلی	کاربرد
سطح ۱	سیستم‌های تنفسی مستقل (SCBA)	حفاظت از سیستم تنفسی در مواجهه با غلظت‌های بالا و خطرناک آمونیاک.
سطح ۲	لباس‌های حفاظتی سطح B یا C	محافظت از بدن در برابر تماس مستقیم با گاز یا مایعات آمونیاک.
سطح ۳	دستکش شیمیایی، عینک ایمنی	محافظت از پوست و چشم‌ها در برابر آسیب‌های ناشی از آمونیاک.
سطح ۴	ماسک‌های تنفسی مناسب	استفاده در محیط‌های با تهویه ضعیف یا نشت گاز آمونیاک.

۱. سیستم‌های تنفسی مستقل (SCBA): از فایبرگلاس یا کامپوزیت برای سیلندر و پلاستیک مقاوم برای

ماسک‌ها استفاده می‌شود. برای غلیظت‌های بالا و مناطق بسته ضروری است.



شکل ۶: سیستم تنفسی مستقل (SCBA)

۲. لباس‌های حفاظتی سطح B یا C: از پلی‌استر یا نایلون با پوشش پلاستیکی ساخته شده‌اند. برای

جلوگیری از تماس مستقیم با گاز یا مایعات آمونیاک استفاده می‌شوند.

۳. دستکش شیمیایی و عینک ایمنی: دستکش‌ها از نیتریل یا PVC ساخته شده و عینک‌ها از پلی‌کربنات

مقاوم به بخارات آمونیاک هستند. برای محافظت از پوست و چشم‌ها استفاده می‌شوند.



شکل ۷: عینک ایمنی

۴. ماسک‌های تنفسی: فیلترها از کربن فعال ساخته شده‌اند و برای محافظت از دستگاه تنفسی در

محیط‌های با تهویه ضعیف کاربرد دارند.



شکل ۸: ماسک تنفسی

۱۱- رفع آلودگی^۱ در مواجهه با آمونیاک

۱. خلع لباس:

جنس لباس: باید سریعاً لباس‌های آلوده به گاز آمونیاک خارج شوند. این عمل تا ۸۰ درصد از آلودگی سطحی را کاهش می‌دهد. لباس‌ها باید بدون تماس با سر خارج شده و در کیسه‌های دولایه مخصوص HAZMAT بسته‌بندی شوند.

۲. رفع آلودگی بدوی (شست‌وشو با آب):

روش: برای آمونیاک که یک ماده قلیایی است، آب فراوان با فشار کم برای حداقل ۱۵ دقیقه شست‌وشو باید استفاده شود. شست‌وشو باید از صورت و سر شروع شده و به سمت بدن و اندام‌ها ادامه یابد. استفاده از روش‌های خشک ممکن است باعث فعال شدن مجدد گاز شود.

۳. تجهیزات جمع‌آوری رواناب و پسماندها:

آب آلوده از شست‌وشو باید با سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب مدیریت شود تا از آلودگی محیط زیست جلوگیری شود.

۴. مراقبت‌های پزشکی:

در صورت تماس با پوست، باید شست‌وشو ادامه یابد تا pH پوست به محدوده طبیعی (۴/۵-۶) برسد. در صورت تماس چشمی، باید فوراً با سرم شست‌وشوی ایزوتونیک (نرمال سالین) چشم‌ها را برای حداقل ۱۵ دقیقه شست‌وشو داد.

^۱ Decontamination

۱۱-۲- رفع آلودگی تجهیزات^۱

۱. رفع آلودگی بدوی:

- استفاده از آب فراوان با فشار کم برای شست‌وشوی تجهیزات آلوده به آمونیاک به مدت حداقل ۱۵ دقیقه توصیه می‌شود.
- تجهیزات آلوده باید با سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب کنترل شوند تا از انتشار آلودگی به محیط جلوگیری گردد.

۲. رفع آلودگی با استفاده از مواد خنثی‌کننده:

- برای خنثی‌سازی آمونیاک، از مواد مناسب و خنثی‌کننده‌های قلیایی استفاده شده و سپس عملیات شست‌وشو ادامه می‌یابد.

۳. استفاده از تجهیزات مقاوم به قلیا:

- تجهیزات و پسماندهای آلوده به آمونیاک باید در ظروف مقاوم به قلیا نگهداری و از انتقال آن‌ها به محیط‌های حساس جلوگیری شود.

۱۲- پسمانداری پس از رفع آلودگی

۱. محل نگهداری موقت پسماندها:

- پسماندهای آلوده به آمونیاک باید در منطقه‌ای سرد و خارج از مسیر باد ذخیره شوند.
- ظروف مقاوم به قلیا (مانند HDPE یا پلی‌پروپیلن تقویت‌شده) برای نگهداری پسماندها باید استفاده شود.

۲. تفکیک پسماند:

- پسماندهای آمونیاک نباید با پسماندهای اسیدی یا اکسیدکننده مخلوط شوند.

^۱ Equipment Decon

- آب آلوده به آمونیاک باید در ظروف جداگانه از جامدات جذب کننده ذخیره شود.

۳. حمل و انتقال پسماند:

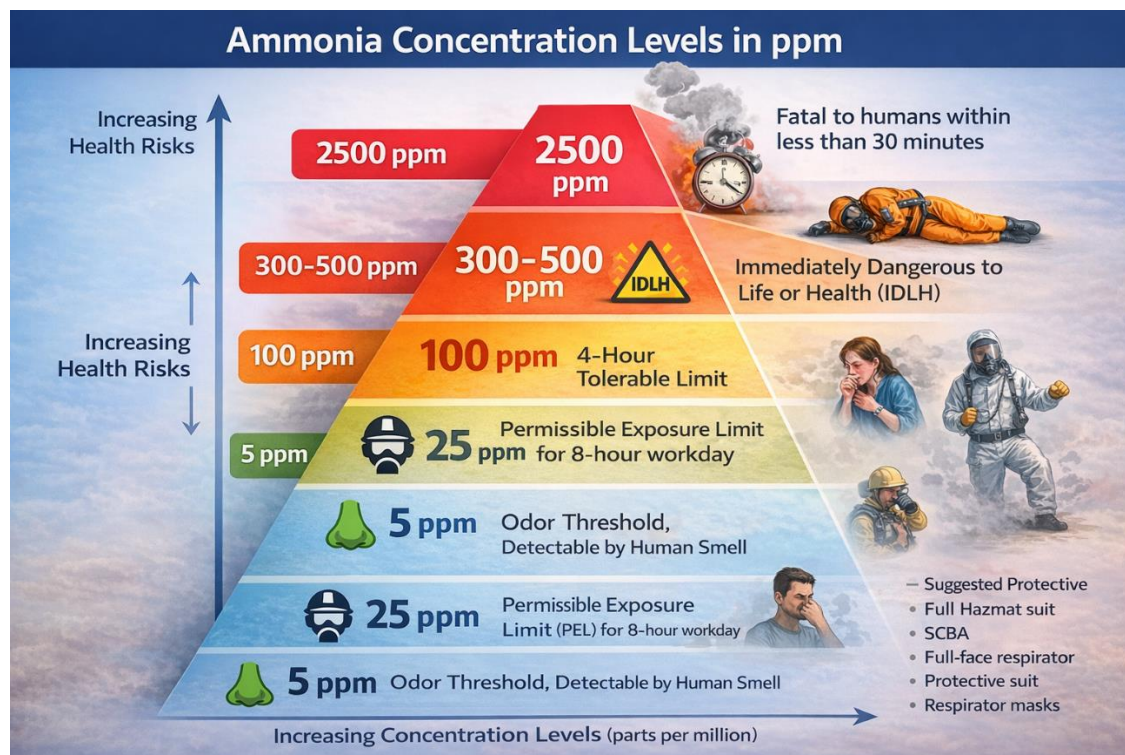
- حمل پسماندهای آمونیاکی باید توسط ناوگان مجاز برای حمل مواد خطرناک انجام شود.
- تمامی مراحل حمل باید با سند Manifests of Hazardous Waste همراه باشد.

۴. ملاحظات زیست محیطی و حقوقی:

- تخلیه آب آلوده حاوی آمونیاک به فاضلاب یا آب های سطحی فقط در صورتی مجاز است که غلظت آمونیاک به کمتر از ۰.۵ ppm کاهش یافته باشد.

۱۳- علائم غلظت بر حسب قسمت در میلیون (ppm):

- ۵ ppm : آستانه بویایی، قابل شناسایی توسط بوی انسان.
- ۲۵ ppm : حد مجاز تماس شغلی (PEL) برای ۸ ساعت در روز.
- ۱۰۰ ppm : حدود قابل تحمل ۴ ساعته.
- ۳۰۰-۵۰۰ ppm : حد خطرناک فوری (IDLH)، غلظت های که می تواند برای سلامتی خطر جدی ایجاد کند و نیاز به اقدامات فوری دارد.
- ۲۵۰۰ ppm : غلظت مرگبار برای انسان ظرف کمتر از ۳۰ دقیقه.



شکل ۹: اینفوگرافیک حدود غلظت آمونیاک و عوارش ناشی از آن

۱۴- عملیات کمک‌های اولیه برای افراد مسموم شده با گاز آمونیاک:

➤ تشخیص خطر و شناسایی وضعیت محیطی

- شناسایی نشت گاز: اولین اقدام این است که نشت گاز آمونیاک شناسایی شده و وضعیت خطرناک به سرعت اعلام شود. استفاده از دستگاه‌های تشخیص گاز (مانند گازسنج‌ها) در محل کار برای شناسایی میزان غلظت آمونیاک در هوا ضروری است.

- ارزیابی محیط: بررسی شرایط محیطی، از جمله تهویه، جهت باد و احتمال آتش‌سوزی یا انفجار در صورت تماس با مواد دیگر.

➤ اقدام فوری برای کاهش تماس فرد با گاز

- خروج فوری از منطقه خطر: با توجه به اینکه گاز آمونیاک سمی است، افراد مسموم باید فوراً از منطقه آلوده خارج شوند. در صورتی که فرد قادر به حرکت نباشد، تیم امدادی باید آن را با رعایت اصول ایمنی جابجا کند.

- استفاده از تجهیزات حفاظتی: کارکنان و امدادگران باید از تجهیزات حفاظت شخصی (PPE) مناسب، شامل ماسک‌های تنفسی با فیلترهای مناسب برای گاز آمونیاک، دستکش، و لباس‌های ضد شیمیایی استفاده کنند.

➤ اولین اقدامات کمک‌های اولیه

- مراقبت از مجاری تنفسی: در صورت وجود علائم مسمومیت (سرفه، تنگی نفس، گلو درد، سرگیجه یا بی‌هوشی)، باید سریعاً فرد مسموم به هوای آزاد منتقل شده و از تنفس مصنوعی استفاده شود در صورتی که تنفس فرد قطع شده باشد.
- احیای قلبی-ریوی (CPR): در صورت توقف تنفس یا ایست قلبی، باید بلافاصله CPR آغاز شود. این موضوع باید توسط کارکنان آموزش دیده و با استفاده از دستگاه‌های کمک تنفسی انجام شود.
- شستشوی بدن و چشم‌ها: در صورت تماس مستقیم با پوست یا چشم‌ها، شستشو با مقادیر زیاد آب (حداقل ۱۵ دقیقه) فوراً انجام شود. استفاده از ایستگاه‌های شستشوی چشم در محیط‌های صنعتی برای چنین مواردی ضروری است.

➤ اطلاع‌رسانی و درخواست کمک پزشکی

- تماس با خدمات اورژانس: فوراً با شماره اضطراری تماس بگیرید و اطلاعات دقیق در مورد نشت گاز، تعداد افراد مسموم، وضعیت آن‌ها و هر گونه اقدامات انجام شده را ارائه دهید.
- موافقت برای درمان تخصصی: با توجه به شدت مسمومیت و خطرات بالقوه آمونیاک، بیمار باید به سریع‌ترین زمان ممکن به مرکز درمانی منتقل شود تا درمان‌های تخصصی (مانند استفاده از آنتی‌دوت‌ها یا داروهای خاص) انجام گیرد.

➤ ارزیابی مجدد و پیگیری در محل

- بررسی مجدد شرایط خطر: پس از انجام اقدامات اولیه، باید اطمینان حاصل شود که خطر نشت گاز به طور کامل برطرف شده است. اگر نشت ادامه دارد، اقدامات اصلاحی باید انجام شود.

- کنترل محیطی: بررسی تهویه مناسب در محل و استفاده از سیستم‌های تهویه اضطراری در محل برای پیشگیری از مسمومیت‌های بیشتر.
- آماده‌سازی برای تخلیه اضطراری: در صورتی که وضعیت بحرانی باشد، ممکن است نیاز به تخلیه سریع کارکنان از منطقه باشد. باید برنامه‌های تخلیه و اطلاع‌رسانی برای چنین موقعیت‌هایی از قبل در نظر گرفته شود.

➤ آموزش، تمرین و آماده‌سازی در طول سال

- برگزاری تمرینات شبیه‌سازی: به‌طور دوره‌ای تمرینات شبیه‌سازی برای مدیریت نشت‌های گاز آمونیاک و مسمومیت‌ها باید برگزار شود تا اطمینان حاصل شود که تمام کارکنان و تیم‌های امدادی به خوبی آماده هستند.
- آموزش مداوم: همه کارکنان باید در زمینه شناسایی علائم مسمومیت و اقدامات اولیه ایمنی آموزش دیده باشند. همچنین تیم‌های HSE باید از تغییرات قوانین و استانداردهای ایمنی مطلع باشند.

➤ گزارش‌دهی و تحلیل پس از حادثه

- ثبت و گزارش‌نویسی: پس از وقوع حادثه، باید گزارش دقیق و جامعی از جزئیات حادثه، اقدامات انجام شده و وضعیت مصدومان تهیه شود.
- تحلیل علت وقوع حادثه: بررسی ریشه‌های وقوع نشت گاز و اصلاح اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از تکرار چنین حوادثی در آینده.

۱۵- اقدامات بیمارستانی و درمانی:

برای مسمومیت با گاز آمونیاک، اقدامات بیمارستانی و درمانی تخصصی باید بر اساس شدت مسمومیت و آسیب به دستگاه‌های تنفسی، چشم، و پوست انجام شود. در ادامه موارد سطح پایین و عمومی حذف شده‌اند و فقط اقدامات تخصصی و علمی آورده شده است:

۱. تثبیت وضعیت حیاتی بیمار (ABC):

- بررسی و پایش علائم حیاتی: فشار خون، ضربان قلب، اکسیژن‌اشباع خون (SpO_2).

- در صورت اختلال تنفسی شدید، اکسیژن درمانی با جریان بالا یا تهویه مکانیکی (Intubation Mechanical Ventilation) انجام می‌شود.

۲. حمایت تنفسی و درمان آسیب ریوی:

- استفاده از اکسیژن با غلظت بالا در صورت هیپوکسی.
- در موارد آسیب شدید ریه یا سندرم دیسترس تنفسی حاد (ARDS)، تهویه مکانیکی با تنظیمات مناسب فشار مثبت (PEEP) و مانیتورینگ دقیق.
- درمان دارویی: ممکن است شامل برونکودیلاتورها (برای اسپاسم برونشی) یا کورتیکواستروئیدها در صورت التهاب شدید ریه باشد، البته با نظر پزشک متخصص ریه.

۳. درمان چشم و آسیب مخاطی:

- شستشوی شدید و مداوم چشم‌ها با محلول سالین استریل حداقل ۱۵-۳۰ دقیقه.
- بررسی تخصصی چشم توسط چشم‌پزشک و درمان با قطره‌های ضد التهاب، آنتی‌بیوتیک موضعی و در موارد شدید، پیگیری آسیب قرنیه.
- بررسی و درمان سوختگی‌های مخاط بینی و دهان.

۴. حمایت سیستمیک و کنترل درد:

- تجویز مایعات داخل وریدی (IV fluids) برای جلوگیری از دهیدراتاسیون و حفظ فشار خون.
- کنترل درد با داروهای مناسب (analgesics) و داروهای ضد التهاب در صورت نیاز.

۵. پایش و درمان اختلالات متابولیک یا سیستمیک:

- بررسی تعادل الکترولیت‌ها و عملکرد کلیه/کبد.
- پایش قند خون و اسید-باز، به ویژه در موارد شدید.

۶. پیشگیری و درمان عفونت ثانویه:

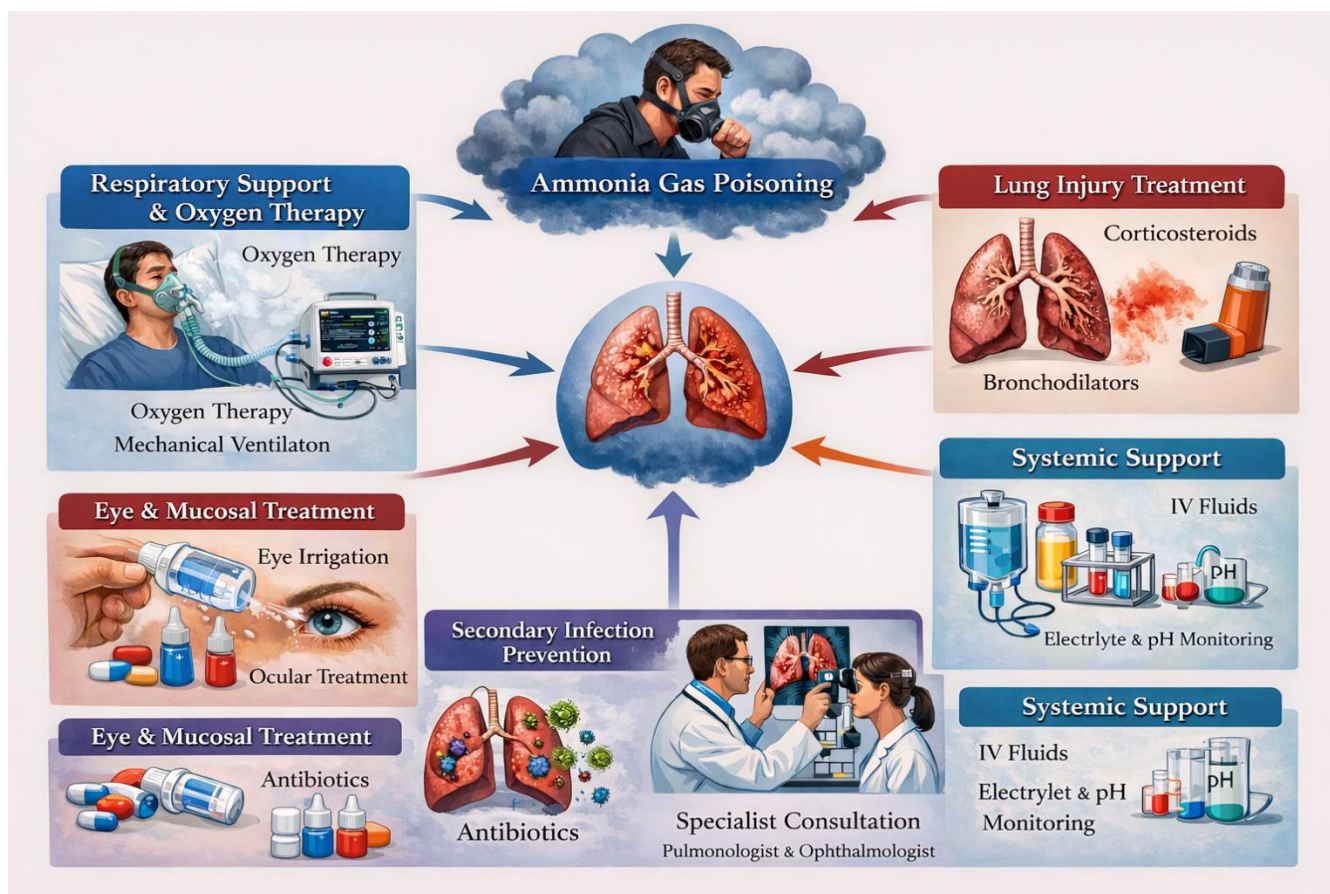
- در صورت آسیب شدید ریه یا سوختگی مخاط، ممکن است آنتی‌بیوتیک سیستمیک برای پیشگیری از پنومونی یا عفونت‌های ثانویه تجویز شود.

۷. مشاوره تخصصی و پیگیری طولانی‌مدت:

- مشاوره ریه، چشم و پوست برای بررسی آسیب‌های طولانی‌مدت.
 - پیگیری عملکرد ریوی، بینایی و کیفیت زندگی در هفته‌ها و ماه‌های بعد.
- در مجموع، درمان به حمایت تنفسی، درمان آسیب‌های ریوی و مخاطی، و پیشگیری از عوارض ثانویه متمرکز است



شکل ۱۰: شماتیک اقدامات درمانی تخصصی در مواجهه با آمونیاک



شکل ۱۱: اینفوگرافیک اقدامات درمانی در مهار آسیبهای آمونیاک

منابع:

۱. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Toxicological Profiles. ۲۰۰۹. <https://www.epa.gov/iris>: National library of medicine.
۲. Agency for Toxic, Substances, and Registry Disease. ۲۰۰۴a. *Toxicological Profile for Ammonia*. U.S. Department of Health and Human Services.
۳. *Toxicological Profile for Ammonia (Draft)*. U.S. Department of Health and Human Services. ۲۰۰۴.
۴. Agency, U. K. Health Security. ۲۰۲۴a. *Compendium of Chemical Hazards – Ammonia*. UKHSA. <https://www.gov.uk/government/publications/ammonia-incident-management>.

- Δ. "Compendium of Chemical Hazards: Ammonia." UK Government. ٢٠٢٤, <https://www.gov.uk/government/publications/ammonia-incident-management>.
- Ε. *Compendium of Chemical Hazards: Ammonia*. UK Government. ٢٠٢٤.
- Υ. Agency, U. S .Environmental Protection. ٢٠١٦a. *Risk Management Program Guidance for Ammonia Refrigeration*. US EPA.
- Λ. *Toxicological Review of Ammonia – Noncancer Inhalation*. United States Environmental Protection Agency. ٢٠١٦. <https://iris.epa.gov/static/pdfs/٠٤٢٢tr.pdf>.
- ϣ. ALOHA User Manual for Modeling Toxic Gas Releases. ٢٠٢٠.
١٠. *Risk Management Program (RMP) Guidance*. EPA. ٢٠٢١. <https://www.epa.gov/rmp>.
١١. *AEGLs for Ammonia*. EPA. ٢٠٢٤.