



NOOR NEDA System Co.
Fire & Security Solutions

Introduction of Gas Detection Systems



Documentation Issue : 02.2

Documentation Code : NNS-BD-043

Date : 2012-07-08

Introduction of Gas Detection Systems

مقدمه‌ای بر سیستم‌های کشف گاز

(ISSUE No: 02.2)



NOOR NEDA System co.

Fire & Security Solutions

تهیه و تنظیم توسط : علی چراغی

کارشناس الکترونیک

(Last Issue : 2012-07-08)



مقدمه

همت را بر آن نهاده‌ام تا در این جزوه با بیان تعاریف پایه ای ، دسته بندی انواع گازها ، روش‌های کشف گاز (GAS Detection) و همچنین با ارائه مشفصات ، خصوصیات و اصول کلی کاربرد انواع سنسورهای گازياب (Gas Sensors) ، یکی از مهم ترین بخش های سیستم‌های ایمنی یعنی سیستم‌های کشف گاز (GAS Detection Systems) را جهت علاقه مندان به اقتصار توضیح دهم.

با آگاهی از ناکافی بودن اطلاعات موجود در این اوراق ، از تمامی دوستان ، اساتید و کارشناسان محترم تقاضا دارم تا پس از مطالعه جزوه ، با ارائه پیشنهادات و راهنمایی های خود اینجانب را در برطرف نمودن ایرادات موجود و ارتقاء این جزوه یاری نمایند.

در پایان از تمام ایرانیانی که همچون این مقیر عاشق ایران ، ایرانی و زبان زیبا و شیرین فارسی هستند ، بعلت استفاده از کلمات و اصطلاحات انگلیسی ، پوزش می طلبم. انجام این امر ، بر فلاف میل شخصی ام و فقط در جهت بیان کامل و جامع مطالب و مفاهیم می باشد.

شاد زی ، مهر افزون

علی چراغی

نور ندا سیستم

(تهران ، تابستان ۱۳۸۶)

TEL : +98 (21) 66 51 9367

+98 (21) 66 51 9368

FAX : +98 (21) 66 51 7481

Website: www.noorneda.com

E-mail : ali@noorneda.com
ali_cheraghi@yahoo.com



1. سیستم‌های کشف گاز GAS Detection Systems

1.1. مقدمه

سیستم‌های کشف گاز (Gas Detection) بخش اصلی و مهم سیستم‌های حفاظتی ایمنی می‌باشند و جهت افطار زود هنگام در

مورد آزاد سازی مجم فطرناکی از گاز در محیط‌های صنعتی بکار می‌روند.

طراحی مناسب و آرایش دقیق نقش بسیار فطیر و مهمی در کیفیت و کارائی سیستم بازی می‌کنند.

سیستم‌های کشف گاز (Gas Detection System) جهت کشف و نمایش میزان گازهای قابل اشتعال و یا سمی مورد استفاده

قرار می‌گیرند. در این سیستم‌ها ، سنسورهای فاصی (Gas Sensors) جهت بررسی وجود و میزان غلظت (Concentration) گازها

یا بخارات فاص مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این سنسورها جهت محافظت در محافظه‌های فاصی ، با توجه به شرایط محیطی ، قرار داده می‌شوند.



۱.۲. تعاریف

● گاز GAS

موادی که بطور عادی به حالت گاز ، تحت درجه حرارت و فشار عادی (1 bar , 20 °C) ، یافت می شوند ، گاز نامیده می شوند.
NFPA 30A – موادی که دارای فشار بخار (vapor pressure) بیشتر از 3 bar (43.5 psi) در درجه حرارت 50 °C هستند و یا در درجه حرارت 20 °C در فشار استاندارد 1 bar (14.7 psi) دارای حالت کاملاً گازی می باشند را گاز می نامند.

● بخار Vapour

شکل گازی از یک ماده که در درجه حرارت و فشار عادی به حالت مایع و یا جامد یافت می شوند ، را بخار نامند.

● FUME

مواد انتشار یافته در هوا ، که شامل ذرات کویکی ناشی از گرم شدن یک جسم جامد می باشد.
(غالباً مواد اکسید شده در نتیجه واکنش شیمیائی مابین ذرات و اکسیژن)

● دود Smoke :

دود ، Smoke ، عبارتست از ذرات گازی که در اثر سوختن ناقص ، ایجاد مقدار زیادی کربن و سایر مواد قابل امتزاق را می نماید.
دود در اثر سوختن مواد آلی مانند چوب ، کاه ، تنباکو ، روغن و غیره تولید می شود.

● اکسید شدن Oxidation :

واکنش شیمیائی ، که در نتیجه آن یک عنصر و یا یک جسم مرکب با اکسیژن ترکیب می شود را اکسید شدن می نامند .
بعنوان مثال سیاه شدن نقره و یا زنگ زدن آهن نمونه هائی از اکسید شدن می باشند.

● آتش Fire :

آتش (Fire) انرژی گرمایی و نور است که هنگام واکنش شیمیایی آزاد می شود و حاصل سوختن یا امتزاق (combustion) یک شئی می باشد. آتش دارای زبانه و گرما و روشناییست. کوچکترین شکل آتش، شعله نام دارد.



● سوختن (Burn) :

فعل و انفعال شیمیائی ساده بین اتمهائی مانند کربن و هیدروژن (ماده سوختی) با اکسیژن ، که در آن اکسیژن موجود در هوا به سرعت با ماده سوختی ترکیب می‌شود و در نتیجه آن انرژی حرارتی و معمولاً شعله آزاد می‌گردد ، را سوختن یا امتراق (Combustion) می‌نامند. (فرآیند اکسید شدن سریع ماده سوختی (ترکیب با اکسیژن) که همراه با تولید انرژی حرارتی و شعله می باشد).

در نتیجه سوختن مواد جامد ، مایع و یا گاز انرژی حرارتی و یا گرما آزاد می‌گردد.

هنگامی که سه ضلع مثلث آتش (ماده سوختی ، اکسیژن و منبع آتش زا (حرارت) به میزان مناسب و بطور همزمان در یک محل جمع شوند آتش و یا انفجار بوجود می‌آید.



✓ سوخت‌های فسیلی مانند متان ، نفت و بنزین

✓ فلزهای فعال شامل فلزهای قلیائی و قلیائی خاکی

✓ نافلزها مانند گوگرد ف کربن و فسفر

● انفجار (Explosion)

انفجار عبارتست از واکنش سریع شیمیائی مواد قابل اشتعال با اکسیژن (اکسید شدن ناگهانی و بسیار سریع) همراه با آزاد سازی حجم بالای انرژی.

مواد قابل اشتعال می‌توانند به فرم گاز ، بخار و یا ذرات کوچک (Dust) موجود باشند.

همانند فرآیند سوختن ، باید سه عامل ماده سوختی ، اکسیژن و منبع آتش زا (حرارت) به میزان مناسب و بطور همزمان در یک محل جمع شوند تا انفجار بوجود می‌آید. یعنی وقوع انفجار نیاز به وجود حجم کافی گازها یا بخارات قابل اشتعال بصورت مخلوط با هوا در یک محیط بسته (ترکیب گاز و هوا ، اکسیژن) و همچنین وجود یک منبع امتراق (جرقه ، شعله ، حرارت بالا و ...) دارد. این بدین معنیست که غلظت گاز یا بخار در هوا (concentration) باید به میزانی باشد که سوخت و اکسیژن بتوانند بسرعت واکنش شیمیائی انجام دهند.

هنگامی که گازها یا بخارات قابل اشتعال در حجم کافی بصورت مخلوط با هوا در یک محیط بسته جمع شوند فقط یک منبع آتش زا نیاز دارند تا انفجار رخ دهد. (جرقه ، حرارت زیاد ، آتش ، الکتریسیته ساکن و ...) پس همانطور که عنوان شد جهت انفجار یک مخلوط قابل اشتعال از گاز ها یا بخارات قابل اشتعال با هوا نیاز به فراهم شدن شرایط زیر در یک مکان و بصورت همزمان می‌باشد :

۱. مخلوط هوا با گاز یا بخار قابل اشتعال به میزان کافی

۱.۱. منبع مؤثر مشتعل کننده

شدت انفجار وابسته به سوخت و غلظت آن در اتمسفر دارد.



همچنین افزایش فشار داخلی یک ممیط بسته و یا یک کپسول بر اثر امتزاق مواد داخلی آن موجب انفجار خواهد گردید.

• (Parts per Million) PPM

یک در میلیون (یک واحد از غلظت ، 10.000 بخش از میلیون برابر یک درصد است.)

• (Lower Explosive Limit) LEL

پائین ترین حد قابل انفجار (LEL) عبارتست از کمترین ترین غلظت (تراکم) از یک گاز یا بخار قابل اشتعال (Flammable Gas/Vapor) در هوا

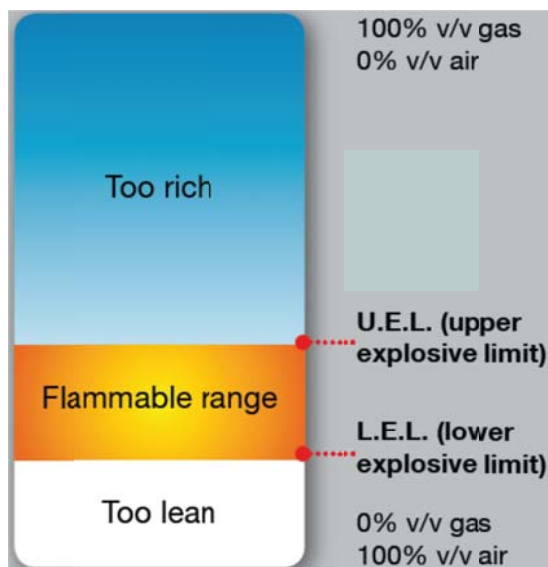
که در آن غلظت انفجار رخ می‌دهد. (برای بیشتر گاز ها و بخارات کمتر از 5% میم می‌باشد.)

غلظت کمتر از LEL برای ایجاد انفجار ناکافی می‌باشد.

• (Upper Explosive Limit) UEL

بالاترین حد قابل اشتعال عبارتست از بیشترین غلظت از ماده قابل اشتعال در یک ممیط که در آن غلظت انفجار رخ می‌دهد. غلظت‌های بالاتر از

UEL انفجار رخ نخواهد داد زیرا اکسیژن موجود در اتمسفر ممیط جهت سوختن کافی نمی‌باشد.



یک گاز قابل اشتعال فقط در غلظتی بین LEL تا UEL می‌تواند بسوزد. (هر غلظتی از گاز در ممیط باید مورد توجه قرار گیرد.)

• Vapour Density: سنجش چگالی یک گاز یا بخار نسبت به هوا می‌باشد و عبارتست از چگالی نسبی یک بخار در مقایسه

با هوا

Vapor Density کمتر از 1 ، نمایش دهنده مواد سبکتر از هوا و برعکس Vapor Density بیش‌تر از 1 نمایش دهنده مواد سنگین‌تر از هوا

می‌باشد. چگالی گاز (Vapour Density) در تعیین محل نصب دتکتور کشف گاز داری اهمیت می‌باشد.



(Threshold Limit Value) *TLV* ●

این تعریف عبارتست از غلظتی از یک ماده که بوسیله هوا انتقال می‌یابد و نمایش دهنده شرایطی است که تمت آن تقریباً تمام کارگران هر روز ممکن است بطور مکرر در معرض آن قرار گرفته ، بدون آنکه اثرات مضر بر سلامتی آنها داشته باشد.

مد آستانه مجاز یا مداکثر تراکم مجاز ، TLV ، مربوط به غلظت و یا مقادیر موجود در هواست و نمایانگر شرایطی است که در آن شرایط تقریباً کلیه کارکنان بدفعات متعدد و متوالی با اینگونه مواد هر روزه در تماس باشند و اثرات و عوارض در آنها مشاهده نشود.

$$P.P.M = \frac{24.45 \times mg/m^3}{Mol. wt}$$

TLV در سه گروه دسته بندی می‌شود :

(Time Weighted Average) *TLV - TWA* ●

این تعریف عبارتست از غلظت گاز بر اساس متوسط زمانی ، برای روز کاری 8 ساعته در 40 ساعت کار هفتگی ، که در آن اغلب کارگران بطور مکرر در معرض آن قرار گرفته ، بدون آنکه اثرات مضر بر سلامتی آنها داشته باشد.

این سنجهش ، مداکثر ppm غلظت گاز که یک شفاف می‌تواند در معرض آن بطور امن (بدون ایجاد صدمات و اثرات مضر بر سلامتی) در مدت زمان 8 ساعت قرار بگیرد ، را نمایش می‌دهد. (با فرض 40 ساعت کار در هفته)

(Short Time Exposure Limit) *TLV - STEL* ●

این تعریف عبارتست از غلظت گاز که بیشتر کارگران می‌توانند بطور پیوسته برای یک بازه زمانی کوتاه در معرض آن قرار بگیرند ، بدون درد و نارامتی ناشی از سوزش ، آسیب مزمن و یا برگشت ناپذیر بافتها و یا حالت فوای آلودگی و بیمسی به درجه‌ای که زیان به بازه کاری (سازنده یا مومب سوانع گردد. (غلظت از STEL نباید تجاوز نماید.)

همچنین STEL بعنوان ، 15 دقیقه در معرض TWA تعریف می‌گردد ، که در هیچ زمانی در مدت کار روزانه نباید تجاوز نماید ، حتی اگر کارگر در ممدوده 8 ساعت TWA است.

در معرض بیش از TWA تا STEL نباید بیش از 15 دقیقه تجاوز نماید و از 4 بار در روز تجاوز ننماید.

(Ceiling) *TLV - C* ●

این تعریف عبارتست از غلظتی از گاز که نباید در مدت تماس کاری از آن تجاوز نمود.



۱.۳. انواع گازها و بخارات

گازها می‌توان در هفت دسته کلی تقسیم بندی می‌گردند :

۱. گازهای فله کننده Asphyxiant Gas

این گروه از گازها بواسطه جایجا کردن اکسیژن O_2 (H_2 , Co) یا بواسطه تداخل در توانائی فون در ممل اکسیژن O_2 موجب فگی می‌گردند. (

Co)



۱.۱. گازهای تریک کننده و فورنده Irritant / Corrosive Gas

این گروه از گازها بواسطه اثرات شیمیائی ، موجب تأثیرات مفری ، سوزش آور و فورنده بر بافتها و نسج می‌گردند. NH_3 , CL_2 , O_3 , SO_2

۱.۱.۱. گازهای سمی Toxic Gas

گازهای سمی یا مسموم کننده گاز هائی هستند که نتایجی سمی و زهر دار بر یک یا چند عضو دارند. CS_2 , AsH_3 , CCL_4

ازمهم ترین گازهای سمی می‌توان از (H_2S) Hydrogen Sulfide و (CO) Carbon Monoxide را نام برد.



NFPA 306 – هر ماده‌ای که فواص آن دارای توانائی ذاتی جهت ایجاد صدمات به سیستم بیولوژیکی بدن باشد ، سمی (Toxic) نامیده

میشود.

که این آسیب‌ها به تراکم (غلظت) ، میزان ، روش و ممل جذب آن ماده بستگی دارد.

Parts per Million : PPM یک در میلیون (یک واحد از غلظت ، 10.000 بفش از میلیون برابر یک درصد است).

Parts per Billion : PPB

۱.۱.۱.۱. گازهای سرطان زا Carcinogen Gas

این گازها موجب ایجاد سرطان می‌گردند. Vinyl Chloride

۱.۱.۱.۱.۱. گازهای مفل کننده دستگاه عصبی Central Nervous System Depressant Gas

این خانواده گازها موجب ایجاد افتلالات در سیستم عصبی می‌شوند. Benzene, Acetone



VI. گازهای قابل سوختن Combustible Gas

این گروه مایعات دارای درجه اشتعال (Flashpoint) مایین 37.78°C تا 93.3°C می‌باشند. (NFPA 30)
مایعاتی که دارای دارای نقطه اشتعال (Flash Point) برابر یا بالاتر از 37.8°C (100°F) می‌باشد ، را قابل سوختن (Combustible Liquids) می‌نامند.

بفارت ناشی از مایعات قابل سوختن فیلی از ممل نشستی دور نمی‌شوند ، مگر آنکه درجه حرارت محیط بالاتر از نقطه اشتعال مایع باشد. این مایعات هنگامی که گرم می‌شوند فصوصیات مایعات قابل اشتعال (Flammable) را پیدا می‌کنند.

VII. گازهای قابل اشتعال Flammable Gas

گازهایی که در هوا می‌سوزند این گاز ها در برافورد با حرارت و یا شعله فواهند سوخت.
NFPA 55 – Chapter 1 – گازهایی که در درجه حرارت و فشار محیط و بصورت ترکیب 13% و یا کمتر با هوا قابل اشتعال هستند را قابل اشتعال (Flammable) می‌نامند.

مایعاتی که دارای نقطه اشتعال (Flash Point) زیر 37.8°C (100°F) می‌باشند ، را قابل اشتعال (Flammable) می‌نامند ، که بفارت ناشی از این مایعات در ترکیب با هوا به شکل قابل اشتعال در می‌آیند. (در 13% حجم یا کمتر) (NFPA 30)
این مایعات در طبیعت فرار بوده و دائماً بفارات سنگین‌تر از هوا ساطع می‌نمایند که با پیشم غیر مسلح قابل دیدن نیست این بفارات از هوا سنگین‌تر بوده و مانند مایع رفتار می‌نمایند و در سطوح پائین جمع می‌شوند.



- هیدروکربن‌ها اصلی ترین مواد سوختی می‌باشند که از ترکیب کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند. موادی هستند که در ساختار مولکولی آنها تنها عناصر کربن و هیدروژن شرکت دارند. (عنصر کربن علاقمند است از طریق به اشتراک گذاشتن چهار الکترون لایه ظرفیتی با فود یا اتم عنصرهای دیگر پیوندهای کووالانسی تشکیل دهد. پیوندهایی که طی آن کربن به آرایش هشتتایی دست می‌یابد.)

ساده‌ترین هیدروکربن متان (CH_4) می‌باشد ، هر ملکول متان از یک اتم کربن و چهار اتم هیدروژن تشکیل شده است و اولین جزء از خانواده آلکانها (Alkanes) است.



ساده‌ترین هیدروکربن متان (CH_4) می‌باشد ، هر ملکول متان از یک اتم کربن و چهار اتم هیدروژن تشکیل شده است و اولین جزء از خانواده آلکانها (Alkanes) است.

گاز متان (CH_4) سبک‌ترین مولکول کربن‌دار و یکی از مهم‌ترین ملکول‌های زمین است. این هیدروکربن گازی بی‌رنگ (Colorless) ، بی‌بو

(Odorless) و قابل اشتعال (Flammable) می‌باشد. حدود 95% گاز طبیعی را متان تشکیل می‌دهد و به آن گاز مرداب هم می‌گویند.

• آلکان (Alkanes) اول عبارتند از :

Gas	Formula	State
Methane	CH_4	Gas
Ethane	C_2H_6	Gas
Propane	C_3H_8	Gas
Butane	C_4H_{10}	Gas
Pentane	C_5H_{12}	Liquid
Hexane	C_6H_{14}	Liquid
Heptane	C_7H_{16}	Liquid
Octane	C_8H_{18}	Liquid
Nonane	C_9H_{20}	Liquid
Decane	$C_{10}H_{22}$	Liquid

• نقطه اشتعال (Flashpoint): پائین‌ترین درجه حرارتی است که در آن درجه حرارت از مایع ، از سطح مایع ، بخارات به

فرم ترکیب قابل اشتعال با هوا به میزان کافی متصاعد می‌شود.

بسیاری از مایعات پر فطر دارای Flashpoint برابر و یا پائین‌تر از درجه حرارت عادی محیط هستند و توسط لایه‌ای از بخارات قابل اشتعال پوشیده می‌شوند که اگر در معرض منبع اشتعال زا قرار بگیرند ، بسرعت مشتعل خواهند شد.

مایعات با نقطه اشتعال (Flashpoint) پائین‌تر از درجه حرارت عادی محیط ، بصورت فودکار بخار در حجم کافی جهت ایجاد ترکیب قابل

اشتعال آزاد می‌نمایند ، بنابراین نشستی این گونه مایعات همانند نشستی گازهای قابل اشتعال بالقوه فطرات می‌باشد.

تبخیر در اثر افزایش درجه حرارت افزایش می‌یابد و به تبع آن آنها در درجه حرارت بالاتر پر فطر تر هستند.



گازهای قابل اشتعال صنعتی

a. استیلین (C₂H₂) Acetylene

استیلین بصورت فاصلص آن گازی بی رنگ و بی بو ، سبکتر از هوا و بشدت قابل اشتعال می باشد.
LEL پائین و ممدوده اشتعال وسیع آن باعث گردیده که برامتی مشتعل گردد. در مضمور رطوبت ، استیلین می تواند با مس ، نقره و جیوه واکنش انجام داده و بفرم metallic acetylide در آمده که بشوک مساس بوده و ترکیبی قابل انفجار می باشد.

b. آمونیاک (NH₃) Ammonia

آمونیاک در بسیار از مصارف تجاری مورد استفاده قرار می گیرد. آمونیاک گاز بی رنگ ، قلیائی ، سمی و سبکتر از هوا می باشد.
دارای LEL بالا و بازه اشتعال ممدودی می باشد و بنابراین نشتی های کم بطور ممتدل به شکل قابل اشتعال با هوا نخواهند بود.

c. هیدروژن (H₂) Hydrogen

هیدروژن بسیار قابل اشتعال ، گاز بسیار سبک تک عنصری با رنج وسیع اشتعال و انفجار.
هیدروژن همچنین دارای درجه اشتعال پائین می باشد. الکتروسیته ساکن می تواند نشتی و یا هیدروژن آزاد شده در هوا را مشتعل سازد.

d. LPG (Liquefied Petroleum Gas)

LPG اسم عمومی تعدادی از گازهای هیدروکربن دار مایع شده فشار پائین می باشد. عمومی ترین آنها butane و Propane می باشند.
آنها توسط افزایش فشار در درجه حرارت محیط به آسانی مایع شده و بصورت گازی بعنوان سوخت با هوا یا اکسیژن مورد استفاده قرار می گیرند.



e. متان (CH₄) Methane

گاز طبیعی که بیشتر از گاز متان (CH₄) تشکیل می‌شود مانند هر ماده دیگر دارای ده‌ها خصوصیت فیزیکی و شیمیایی است اما از آنجا که بمث ما در زمینه ایمنی است لذا در اینجا فقط به آن دسته از خواص گاز طبیعی می‌پردازیم که از نظر ایمنی اهمیت بیشتری دارند. سایر اجزاء تشکیل دهنده گاز طبیعی، شامل گازهای اتان، پروپان، بوتان و نیدرو کربورهای سنگین‌تر می‌باشند. در این میان گاز اتان برفی از میدانها در صد قابل ملاحظه‌ای (تا حدود ۱۰٪ یا کمی بالاتر) را تشکیل می‌دهد. مال آنکه گازهای سنگین‌تر اجزای بسیار کوچکی را در ترکیب گاز طبیعی شامل می‌شوند همچنین عناصری از قبیل N₂, Co₂, H₂S نیز همراه گاز طبیعی یافت می‌شوند و بلافاصله آب که همیشه با گاز طبیعی استخراج شده از مخازن همراه است. در پالایشگاه و واحدهای نم زدائی، ترکیبهای مزاحم که سبب پائین آوردن ارزش حرارتی گاز شده و مشکلاتی در انتقال و مصرف گاز بوجود می‌آورند. از گاز طبیعی تفکیک و سپس به خطوط انتقال تمویل می‌شود.

چگالی گاز متان 0.55 است، ولی با توجه به ترکیبات سنگین‌تر همراه گاز طبیعی، چگالی آن می‌تواند به حدود 0.65 نیز برسد. بنابراین گاز طبیعی از هوا سبکتر بوده و در صورت نشت از خطوط لوله و یا سایر اجزاء شبکه گاز و یا لوله کشی وسائل گاز سوز در منازل بسمت بالا حرکت می‌کند و در مکانهای مسقف قسمت زیادی از گاز نشت شده در زیر سقف تجمع می‌کند.

اما سبکتر بودن گاز طبیعی با عث نمیشود که همه گاز نشت یافته از یک محل بسمت بالا برود بلکه بخشی از گاز نیز، بویژه در صورتی که عناصر تشکیل دهنده هوا با آن افتلاط کامل پیدا کنند، به‌همراه هوا به اطراف نیز پراکنده می‌شود و چون غلظتهای پائین گاز در هوا فطرناکتر است قابلیت انفجار در اطراف محل نشت نیز وجود دارد.

گاز طبیعی در صورتی که بطور کامل فشتک و فاقد مواد زائد باشد و هوای کافی به آن برسد، با شعله آبی می‌سوزد و در غیر اینصورت شعله‌های قرمز، نارنجی، زرد یا سبز مائل فواهد شد.



۱،۴. انواع دتکتورهای کشف گاز GAS Detectors

سیستم‌های کشف گاز ، جهت کشف و نمایش مداوم گازهای قابل اشتعال (Flammable Gas) و بخارات سمی (Toxic Vapour) از چند مؤلفه کلیدی استفاده می‌نمایند. سنسورهای گاز (دتکتورها) جهت بررسی مضر و غلظت گازها یا بخارات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

(روش‌های متعددی جهت کشف مؤلفه‌های مختلف گاز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بطور کلی ، روشهایی که عمومیت بیشتری دارند عبارتند از:

- [Electrochemical](#) ●
- [Solid State Instruments](#) ●
- [Catalytic Bead](#) ●
- [Infrared](#) ●
- [Papertape](#) ●



۱. الکترو شیمیائی Electrochemical

سنسورهای الکترو شیمیائی گاز ، شامل بفضلهای مختلفی میباشند که جهت واکنش نشان به گازهای سمی **Toxic** مشخصی ، طراحی شده اند. سنسورهای الکتروشیمیائی عموماً شامل ۳ بخش اصلی میباشند :

۱. الکترودها (Electrodes)
۲. الکترولیت (Electrolyte)
۳. غشاء (Membrane)

گاز منتشر شده از طریق غشاء عبور کرده و به سلول وارد شده و در داخل سلول واکنش شیمیائی صورت می دهد.

واکنش شیمیائی برروی الکتروود آند (Working or Anode Electrode) رخ می دهد که در نتیجه آن الکترون آزاد شده و به سمت الکتروود کاتد (Counter or Cathode Electrode) جریان می یابد و با آن واکنش نشان می دهد.

این واکنش شیمیائی تولید جریان الکتریکی می نماید که این جریان توسط مدارات دقیق الکترونیکی اندازه گیری شده و به مجم تراکم گاز ترجمه می گردد. (PPM یا PPB)

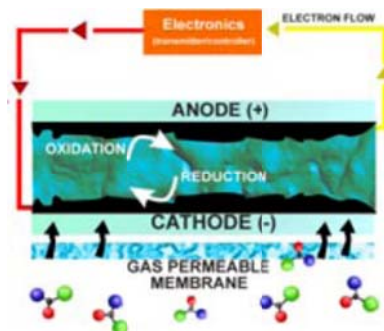
طول عمر این نوع سنسورها بین ۳ تا ۴ سال می باشد.

سنسورهای الکترو شیمیائی جهت واکنش به یک گاز خاص کالیبره می گردند اما در نقاطی خاص ممکن است بعلت نزدیکی گازها بهم تبادل در مساسیت به گاز بوجهود آید و سنسور به گاز های با فواص مشابه در محدوده نزدیک واکنش نشان دهد. (Cross Sensitivity)
این سنسورها باید در وضعیت عمودی نصب شده و نوک سنسور بسمت پائین قرار بگیرد.

Parts per Million : PPM (یک در میلیون) یک واحد از غلظت ، 10.000 بخش از میلیون برابر یک درصد است.)

Parts per Billion : PPB

Figure 1 – Electrochemical Sensor





ii. Solid State Instruments

این سنسورها از اکسید فلز (metal oxide) ، (اکسید فلزات ناپایدار یا فلزات سنگین ، عموماً اکسید قلع) ، ساخته می‌شوند که بر روی برشی از سیلیکون گذاشته شده‌اند.

مذب نمونه‌ای از گاز بر روی سطح اکسید و به تبع آن catalytic oxidation ، موجب تغییر مقاومت الکتریکی مواد اکسید شده به نسبت

غلظت مهبم گاز می‌گردد. (مدارات دقیق الکترونیکی این تغییر مقاومت را مس کرده و به غلظت گاز ترجمه می نماید).

iii. دانه‌های ترمیک شونده Catalytic Bead

سنسورهای electro catalytic را اصطلاحاً Passive می‌نامند. این سنسورها شامل دانه بسیار کوچک مساسی که Bead و Pellister و یا Siegestor نامیده میشود ، می باشند.

اساس عملکرد دکتورهای کشف گاز با سنسور Electro Catalytic ، بر پایه اکسید شدن گاز قابل اشتعال (Flammable Gas) در سطح یک المان ترمیک پذیر (Electrically Heated Catalytic Bead) می‌باشد.

در حالت عمومی این سنسورها از دو المان ترمیک پذیر کاملاً یکسان (2 سیم پیچ Platinum که هر کدام در یک دانه catalyst قرار داده شده- اند) استفاده می‌کنند. یکی هر گاز قابل اشتعال موجود را که از سطح catalyst گرم عبور نموده را اکسید نموده ، که المان ترمیک پذیر فعال (Active Bead) ، و دیگری دارای روکش شیشه‌ای است که بعنوان مرجع بکار می‌رود و المان ترمیک پذیر مرجع (Glass Coated) نامیده می‌شوند.

عمل اکسید شدن المان دوم ، المان ترمیک پذیر فعال (Active Bead) ، موجب می‌شود دمای المان بصورت تابعی از غلظت گاز مورد نظر تغییر یابد.

در اثر این عمل (تغییر درجه حرارت) مقاومت الکتریکی المان فعال (Active Bead) تغییر خواهد نمود، که این تغییر مقاومت در یک مدار بریج (Wheatstone Bridge) تعیین می‌گردد و بترتیب تجهیزات جانبی جهت نمایش غلظت گاز و اعلام آلارم طراحی و تنظیم گردیده‌اند.

از آنجائی که اکسید شدن به وجود اکسیژن وابسته است ، تجهیزات کشف گازی که از این نوع سنسور استفاده می‌نمایند باید فقط جهت غلظت گاز / هوا تا سطح LEL مورد استفاده قرار بگیرند.

بطور خلاصه می‌توان گفت سنسورهای Catalytic گازهای قابل اشتعال (Combustible) را در دانه‌های ریز می‌سوزانند و مدارات دقیق الکترونیکی افزایش مقاومت الکتریکی را اندازه‌گیری کرده و آن را به درصد LEL (Lower Explosive Level) ترجمه می‌نمایند.



مساسیت دتکتورهای Catalytic تمت تأثیر دوعامل قرار می‌گیرد : کثیفی (Contamination) یا مسمومیت (Poisoning) عنصر فعال (Active Bead) و یا انسداد gas arrester که گاز از طریق آن انتقال داده شده و به عنصر می‌رسد.

کثیفی (Contamination) سنسور در اثر عوامل مختلفی ممکن است رخ دهد که اصلی ترین آن شرایط محیطی که دتکتور در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد ، می‌باشد.

اگر سنسور در معرض گرد و خاک و سایر مواد ذره ای قرار بگیرد ، ذرات ممکن است در داخل flame arrester گیر کرده و یا بر روی عنصر (-bead) نشست نماید.

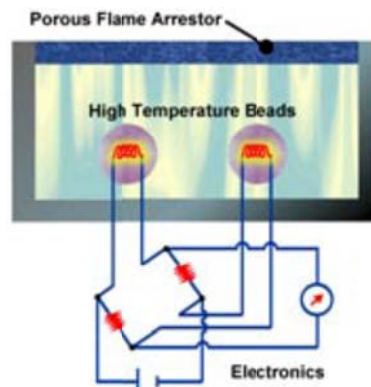
در شرایط دریائی (Marine) ، سنسور ممکن است تمت تأثیر نمک و یا سایر رسوبات قرار بگیرد. اگر سنسور در معرض نفت سنگین ، روغن و یا سایر مشتقات آن قرار بگیرد نیز کاهش مساسیت سنسور را نتیجه فواید داد.

مسمومیت (Poisoning) المان تمریک‌پذیر فعال در اثر جذب شدید مواد سمی (poison) بر روی ممل المان تمریک‌پذیر فعال رخ می‌دهد.

این عامل موجب جلوگیری از رسیدن مواد واکنش دهنده به این بخش سنسور و در نتیجه کاهش فروچی سنسور در پاسخ به وجود گاز قابل اشتعال می‌باشد. که این می‌تواند تأثیر عمده و قابل توجهی ای بر عملکرد سنسور داشته باشد.

قرار گرفتن این دتکتورهای در معرض گاز با غلظت بیش از *UEL* برای مدت زیادی موجب کاهش مساسیت آنها می‌گردد.

Figure 2 – Catalytic Bead Sensor





۱.۴. مادون قرمز Infrared

اساس عملکرد دتکتورهای کشف گاز با سنسور IR ، بر پایه جذب اشعه مادون قرمز توسط گاز می‌باشد. این تکنولوژی بعلاوه وجود یک منبع تولید کننده IR بعنوان یک تکنولوژی Active مطرح شده است.

همانند دتکتورهای catalytic غلظت گاز از تفاضل نسبی بین دو سیگنال تعیین می‌گردد.

این روش بسیار دقیق با مساسیت فوب و بدور از آلازم‌های اشتباه می‌باشد.

چند مزیت مهم این دتکتورها عبارتست از :

مصونیت از تمام مسمومیت‌های شیمیائی

عدم نیاز به اکسیژن یا هوا جهت کشف گاز

توانائی عملکرد در محیط‌هایی که بطور مداوم در معرض گاز قرار دارند

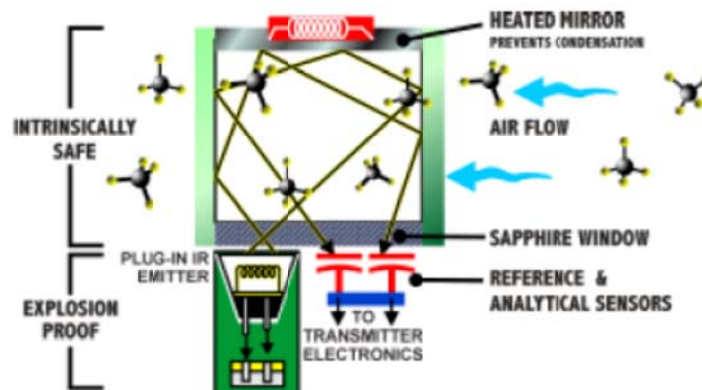
تکنولوژی *Fail to Safe*

میران داخلی

هرگونه فرایه در منبع مادون قرمز ، کشف کننده‌ها و یا ممانعت از اشعه در اثر کثیفی بسرعت بعنوان یک فرایه مشخص می‌گردد. بهمین دلیل دتکتورهای IR را بعنوان تجهیزات *Fail to Safe* مورد توجه قرار می‌دهند.

این نوع تجهیزات بطور معمول گران‌تر هستند اما دارای طول عمر بیشتر ، سرعت پاسخگویی سریع ، عدم نیاز به کالیبره نمودن ، عدم نیاز به اکسیژن جهت عملکرد ، و عملیات سرویس و نگهداری کمتری می‌باشند. در این روش طول عمر دتکتور در اثر قرار گیری در معرض گاز کاهش نمی‌یابد. این سنسور ها مخصوصاً جهت محیط‌های غیر قابل دسترسی و یا محیط‌هایی که امکان کالیبره نمودن دوره وجود ندارد ، بسیار مطلوب می‌باشند. نگهداری این سنسور ها غالباً شامل تمییز نمودن دوره‌های سطح شیشه‌ای دتکتور و reflector می‌باشد.

Figure 3 – Infrared Sensor





۷. Papertape

تمهیزات Papertape از نوارهای فاصی که بطور شیمیائی ترکیب شده‌اند ، جهت کشف بسیار دقیق و فاص گازهای سمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مانند یک تکه کاغذ تورنسل (Litmus Paper) که هنگامی که در معرض نوع فاصی گاز قرار می‌گیرد واکنش نشان داده و تغییر رنگ می‌دهد ، تغییر رنگ توسط یک سنسور نوری (Photocell) تشخیص داده شده ، آنالیز شده و غلظت گاز ترجمه می‌گردد.

۱.۵. فرضیات و اصول

برای هر دو گروه گازهای قابل اشتعال (Flammable Gas) یا گازهای سمی (Toxic Gas) غلظت فاصی مشخص می‌گردد که افزایش گاز در یک ممیط در آن غلظت ایماذ فطر می‌نماید.

در مکانهائی که در بر گیرنده گاز های قابل اشتعال (Flammable Gas) می‌باشند ، سنمیش بر اساس درصد میزان گاز موجود

سنمیده می‌شود.

LEL (Lower Explosive Limit) : پائین‌ترین مد قابل انفجار (*LEL*) عبارتست از پائین‌ترین غلظت (تراکم) از یک گاز یا بخار قابل اشتعال (Flammable Gas / Vapor) در هوا که در آن غلظت انفجار رخ میدهد.

LFL (Lower Flammable Limit) : پائین‌ترین مد قابل اشتعال (*LFL*) عبارتست از پائین‌ترین غلظت از ماده قابل اشتعال در یک ممیط (ممتوی اکسیژن) که شعله را منتشر فواهد نمود. (NFPA 69)

UFL (Upper Flammable Limit) : بالاترین مد قابل اشتعال عبارتست از بالاترین غلظت از ماده قابل اشتعال در یک ممیط اکسید شونده که شعله را منتشر فواهد نمود. (گاز با غلظت بالاتر از *UFL* در هوا امکان مشتعل شدن ندارند زیرا اکسیژن کافی جهت ایماذ فرآیند سوختن امکان ندارد)

بعنوان مثال *LFL* هیدروژن (*Hydrogen*) 4% مجم می‌باشد ، بر طبق شواهد هنگامی که کمتر از 4 % اتمسفر یک ممیط بسته مشخص شامل H_2 باشد ، آن مجم قابلیت مشتعل شدن را ندارد.

در غلظت‌های برابر و یا بالاتر از 4 % تا *UFL* (Upper Flammable Limit) ، 75% برای H_2 ، می‌تواند مریق و یا انفجار رخ دهد.

جهت دستیابی به افطار سریع‌تر و مطمئن‌تر نشتی ، مساسیت دتکتور باید در بالاترین سطح متناسب با میزان آلارهای اشتباه (False Alarm) قابل قبول تنظیم گردد.

برای قطعات Pellistor طول عمر در مشخصات ذکر شده است ، همینطور افزایش در بهره (gain) (Calibration Factor) فقط در بالاتر از سطح تنظیم واقعی ، برای کشف پروپان (Propane) ، با تمهیزات قوی‌تر گین‌های بالاتر امکان پذیر است.



دکتوره‌های Beam نمی‌توانند غلظت گاز در یک نقطه را تعیین نمایند و فقط می‌توانند وجود گاز در مسیر دکتور را تشخیص دهند. اطلاعات ارائه شده توسط سازندگان در ارتباط با مساسیت دکتوره‌های گازهای قابل اشتعال (Catalytic Bead) بسیار به مقادیر تئوری ارائه شده نزدیک می‌باشد :

Hydrocarbon	Methane	Ethane	Propane	Butane	Pentane
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂
Relative Sensitivity	1.0	0.5	0.45	0.45	0.35

پاسخ دکتور به غلظت مشخص از یک گاز به ترکیب گاز وابسته می‌باشد.

عموماً دکتورها با استفاده از گاز متان کالیبره می‌شوند (از 0 تا 100% LEL گاز متان) و سطح بالائی آلام (Upper Alarm Level)، مابین 30% تا 60% از LEL متان (Methane) تنظیم می‌گردد. (جهت استفاده ESD، Emergency Shut Down) در مورد گازهای ترکیبی یک گاز معمولاً بعنوان گاز غالب انتخاب می‌گردد. (کالیبره با آن صورت می‌گیرد). در هنگام رخ شدن گاز، بر فلاف انتظار، گازهای سبکتر آزاد می‌شوند بدون گاز غالب. این یک استدلال برای کالیبره کردن دکتوره‌های نصب شده بالا و پائین برای گازهای مختلف می‌باشد.

عموماً آلام اولیه (Low Level Alarm) در 20% LEL، آلام ثانویه (Second Level Alarm) در 40% LEL تنظیم می‌گردد و در صورت نیاز می‌توان پیش آلام (PreAlarm) در 10% LEL تنظیم نمود.

گازهای سمی (Toxic) در یک ممیط نباید از، MEL (Maximum Exposure Limit) تجاوز نمایند. غلظت این گازها با PPM (Parts per Million)، یک در میلیون، و یا mg/m^3 (هنگامی که قرار گرفتن افراد در معرض گازهای سمی فقط برای یک لحظه کوتاه نمی‌باشد و اغلب در طول مدت زمان طولانی اتفاق می‌افتد) بیان می‌گردد.

10 PPM گاز در هوا عبارتست از 10 قسمت از حجم گاز در یک میلیون بخش از حجم هوا

در این وضعیت (Time Weighted Average) TWA، غلظت گاز بر اساس متوسط زمانی، مدود قرار گرفتن در معرض گاز را تعیین می‌نماید. این سنجش، حداکثر ppm غلظت گاز که یک شخص می‌تواند در معرض آن بطور امن (بدون ایجاد صدمات) در مدت زمان 8 ساعت قرار بگیرد، را نمایش می‌دهد. (با فرض 40 ساعت کار در هفته)

بعنوان مثال MEL-TWA برای بنزن، Benzene، 5 ppm می‌باشد.

بفارات سمی اغلب بصورت (Short Term Exposure Level) STEL بیان می‌گردند که عبارتست از میانگین غلظت گاز که شخص در معرض آن قرار گرفته است در طول مدت زمان 10 دقیقه.



بعنوان مثال متانول (methanol) دارای STEL در حدود 250 ppm می‌باشد. (که این مقدار کمتر از 6% LEL می‌باشد).

در مکانهایی که نشستی این گاز موجب قرار گرفتن افراد در معرض آن باشد باید این گاز را مقدماً بعنوان گاز سمی ارزیابی نمود و پس از آن بعنوان یک فطر قابل انفجار.

Parts per Million : PPM یک در میلیون (یک واحد از غلظت ، 10.000 بخش از میلیون برابر یک درصد است).

Parts per Billion : PPB

- صرف نظر از واحد اندازه گیری ، سیستم کشف گاز باید قابلیت نمایش موزه تخییرات گاز از 0 تا نقطه بحرانی را داشته باشد و سیستم باید بگونه‌ای طراحی و پیکر بندی گردد تا پیش از رسیدن به این نقطه سیگنال اعلام فطر (Alarm) را فعال سازد. غلظت گاز می‌تواند به ppm یا % LEL بیان گردد. بعنوان مثال اگر غلظت بخارات بنزین (Gasoline) در نقطه نمونه گیری 25 ppm باشد سیستم نمایش دهنده باید عدد 25 را نمایش دهد.

در سیستم‌های LEL واحدهای خطی از 0 - 100 ، بصورت یک اصل ، بعنوان میزان سطح گاز مورد استفاده قرار می‌گیرند ، بطوریکه 100% بیان کننده LEL (Lower Explosive Limit) می‌باشد.

در مثال قبل ، هیدروژن ، غلظت 4% هیدروژن (LFL) می‌بایست با واحد 100% نمایش داده شود و غلظت 2% هیدروژن با واحد 50% نمایش داده شود.

با توجه به کاربرد و شرایط کاری و ممیطی ، سیستم کشف گاز می‌تواند عمل خاصی را هنگام رسیدن به غلظت گاز به یک سطح خاص انجام دهد. بطور عمومی آلارم اولیه (Low Level Alarm) در 20% از مقیاس تعیین شده و آلارم سطح بالا (High Level Alarm) در 60% از مقیاس تعیین شده ، تنظیم می‌گردند.

قبل از انتخاب سنسور کشف گاز باید 3 فاکتور اصلی تعیین گردیده و مورد توجه قرار بگیرد:

- i. مشخصات گاز خاصی که باید کشف گردد. (مشخصات گاز Specificity)
- ii. ممدوده و طریقه سنمیش (مساسیت Sensitivity)
- iii. ممیط در هر نقطه کشف

مشخصات گاز جهت تعیین توانائی سنسور در پاسخ و یا عدم پاسخ به گاز مشخصی تعیین می‌گردد.



سنسورهای فاص بسیار قوی فقط به یک گاز فاص عکس العمل نشان می‌دهند ، در این سنسورهای پیشرفته وجود و یا عدم وجود گازهای دیگر نمی‌تواند اثر قابل توجهی بر مقدار قرائت شده از سنسور بگذارد.

سنسورهای الکتروشیمیایی ([Electrochemical Sensors](#)) دارای مشخصات خاصی می‌باشند. این سنسورها ایده آل جهت مکانهایی می‌باشند که فقط یک ماده پر خطر باید کشف گردد.

کاربردهای بارز این نوع شامل کشف مونوکسید کربن (Carbon Monoxide) در پارکینگ‌ها و تونل‌ها ، کلر (Chlorine) در تصفیه خانه‌های آب ، اکسیژن (Oxygen) در اتاق مراقبت های ویژه بیمارستان ها (Intensive Care Unite) ICU و در بسیاری از صنایع و فرآیندها که کشف وجود یا سطح یک گاز مساسیت دارد ، می‌باشد.

از طرف دیگر ، سنسورهای با محدوده کارکرد فاص موجود می‌باشند که به تعدادی محدود از گازها که در محدوده اشتعالی (Flammable Range) ، یا محدوده سمی بودن (Toxicity Range) ، ppm ، فاص قرار دارند ، عکس العمل نشان می‌دهند. در عمل این سنسورها جهت عکس العمل به یک گاز فاص تنظیم (Calibrate) می‌گردند ، اما نمی‌توانند بین آن گاز و سایر گازهای با محدوده LEL مشابه تفاوت قائل شوند.

بعنوان مثال ، سنسورهای [Catalytic](#) بطور مؤثر در مراقبت منطقه‌ای (area monitoring) مورد استفاده قرار بگیرند ، زیرا آنها قادر به واکنش به گازهای قابل اشتعال متفاوت ، که دارای LEL های نسبتاً نزدیک هستند ، می‌باشند. در این وضعیت نگرانی عمده در جلوگیری از تجمع غلظت فطرناک از گاز می‌باشد. (از هر نوعی که ممکن باشد.)

دربعضی کاربردها ، تنظیم دقیق (Calibration) دارای اهمیت بسیاری می‌باشد و نه تنها سنسور باید قادر به کشف انواع مختلفی از گازها با LEL های متفاوت باشد ، باید همچنین مقدار % LEL هر کدام را بطور دقیق قرائت نماید.

دکتورهای [Catalytic](#) جهت کنترل آلودگی پیشنهاد می‌گردند. مانند فاضلاب (Wastewater) و پس آب (Sewage) کارخانجات و سیستم‌های بازیافت ملال‌ها و امثال آن در محیط‌های صنعتی و تولیدی که شامل عملیات فرآیند بر روی مواد مختلف بر روی یک خط می‌باشند.

در ابتدای کار گاز یا گاز هائی که باید کشف شوند مشخص می‌گردند و ضروری است محدوده سنجش و یا مساسیت مورد نیاز تعیین گردد. مخصوصاً برای کاربردهای PPM که شامل سنسور های الکتروشیمیایی و Solid State می‌باشند بسیار اهمیت دارد.

بعنوان یک قانون کلی کمترین رنج مساسیت ممکن کشف فطر باید انتخاب گردد. در عین حال نقطه آلازم یا فطر باید در و یا زیر نقطه میانی تعیین گردد.



بعنوان مثال اگر یک سیستم جهت کشف یک بخار سمی با TWA-TLV ، 300 ppm طرایی شده است ، سنسوری با محدوده کارکرد 0 - 1000 ppm باید انتخاب گردد. از طرف دیگر اگر گاز مشابهی در فضا تولید وجود دارد و نیاز است غلظت آن زیر 45 ppm مفا گردد باید سنسوری که توانائی سنمیش رنج 0 - 100 ppm را دارد ، انتخاب گردد.
بعضی از مشفصه های مهم سیستم های کشف گاز عبارتند از :

i. محیط پوشش داده شده (Coverage) Area Covered

ii. زمان پاسفگویی Response Time

iii. قابلیت اطمینان به سیستم Reliability

i Fault ها ، فرابی های منجر به شرایط فطرناک

ii Fault ها ، فرابی های امن (آلاره های اشتباه)

iv. هزینه

برای دستیابی به افطار سریع و قابل اطمینان در اثر نشتی ، مساسیت دتکتورها باید در بالاترین سطح متناسب با میزان آلاره های اشتباه (False Alarm) قابل قبول تنظیم گردد.



1.4. کشف گاز در کاربرد های دافل و فارچ Indoor & Outdoor Application

اگر چه نشتی گاز در دافل ممیطهای بسته بسیار فطرناک تر از نشتی در ممیطهای باز می باشد ، (بعلت بسته بودن یا ممدود بودن مهم موهود جهت انتشار گاز) ، اما رفتار آنها قابل پیش بینی می باشد.

مطالعات نشان می دهد که در اتاق های بدون منافذ فرومی و سیستم مکش (Exhausted) ، گاز به سرعت بسمت رسیدن به غلظت یکسان و یکنواخت در بالای (یا زیر) ممل نشتی میل می کند. بواسطه جابجائی (Convection) آمیختن بیشتر رخ می دهد ، (در اثر تهویه و مانند آن) ، و با سرعت بیشتری گاز جهت رسیدن به غلظت یکسان میل فواهد کرد. (سیستم تهویه باعث انتشار و پراکنده شدن سریع تر گاز در ممیط می گردد.)

در این کاربردها ، نوعاً ممل های سنسور (آنهائی که اصولاً بر پایه چگالی گاز (Vapor Density) و نموه تغلیه (Release Mode) می باشند.) می تواند مورد استفاده قرار بگیرد. تویه شود که هنگامی که هوای بسیار گرم در ممیط وجود دارد (در نزدیکی سقف) ، لایه بندی دمائی (طبقه بندی) رخ می دهد.

بعنوان مثال ، هوای گرم تر و چگالی کم تر هوا ، می تواند آهسته تر گاز را به سمت سقف عبور دهد.

نظر به اینکه اغلب فرآیند ها انجام شده در ممیط های بسته (Indoor) دارای سیستم مکنده هوا می باشند بهمین دلیل فرومی سیستم تهویه باید مورد تویه قرار گیرد.

مکان هائی که نرخ تهویه هوا سریع است ، سنسور ها اغلب بهترین آثار از شرایط هوا در اتاق ، قفسه یا کابینت را نمایش می دهند. تویه گردد که در بعضی موارد ، سنسور ها باید در چندین لوله هوا (duct) نصب گردند ، چون دستور العمل های مورد نیاز دارند سیستم تهویه جهت چگالی گاز در میزان ثابت طرامی گردیده اند.

بعنوان مثال جاهائی که ترکیبی از گاز های سبک و سنگین در ممیط وجود دارد ، سیستم تهویه باید در هر دو نقطه بالا و پائین گاز را تغلیه نماید.

در موقعیت مکان هائی که نرخ تهویه هوا آهسته تر است جهت تأیید کشف گاز توسط سنسور باید بررسی دود نیز انجام پذیرد. در چنین مواردی ممیی از دود یا بعضی دیگر از بفارات قابل دید آزاد می شوند و رفتار آنها در جریان هوای غالب باید مد نظر قرار گیرد.



اگر کانالها تهویه هومو موجود می باشند و نقطه بالقوه تخلیه در جهت جریان قرار گرفته است و یا هوا از بیرون و از نزدیکی منبع بالقوه تخلیه کشیده می شود ، بسیار منطقی می باشد تا یک سنسور در نزدیکی کانال ورودی هوا نصب گردد.

یکی از موارد مسلم آنکه هنگامی که گاز های بشدت سمی ممل می شوند ، برای افزایش ایمنی ، ممل های ممل های تنفس (ممل های مضور افراد) مورد نظارت قرار گیرند.

کشف و نمایش (ها) شدن گاز در محیط های آزاد (Outdoor) بسیار پیچیده تر می باشد ، زیرا رفتار گاز در محیط های آزاد تمت تأثیر متخیر های زیادی می باشد. شرایط هواشناسی باید مورد توجه قرار بگیرد زیرا انتشار گاز در عصر های آفتابی با باد ملایم با بیشترین سرعت و در شبهای صاف با باد ملایم با کمترین سرعت انجام می پذیرد.

نکته مهم قابل توجه آن است که پیش بینی رفتار گاز تخلیه شده توسط مشفصه های مکانی و عوارض زمین بطور قابل ملاحظه ای دچار دگرگونی می گردد (سافتمانها ، ظروف ممل انجام فرآیند ، آرایش لوله ها و امثال آن) در نتیجه بیشترین مدل سازی تفرق در سطح صاف فرض می گردد.



۷,۱. دتکتورهای مناسب مناطق پر فطر

جهت جلوگیری از فطر انفجار ، تجهیزات بکار برده شده در محیطهای پر فطر (azardous Area) ، از جمله دتکتورهای کشف گاز ، میبایست از ایجاد امتزاق تمت شرایط عادی فعالیت ، یا شرایط خاصی که سیستم دچار نقص میشود ، ناتوان باشند (تبدیل شدن به ignition source) و دارای تأییدیه‌های لازم جهت استفاده در این محیطها باشند و با توجه به کلاس حفاظتی هر محیط تجهیزات مناسب انتخاب گردد.

● تجهیزات ضد انفجار Explosionproof Apparatus :

5 Chapter NFPA70 - تجهیزات و لوازمی که در محیطهای قرار دارند ، که آن محیط قادر است در برابر انفجار گاز یا بخار (از پیش تعیین شده) که ممکن است در داخل آن محیط رخ دهد ، مقاومت نماید و از امتزاق گاز یا بخارات اطراف محیط ، ممانعت نماید (امتزاق گاز اطراف وسیله در نتیجه جرقه ، تشعشع یا انفجار گاز یا بخار در داخل دستگاه) و همچنین در هنگام کارکرد دارای پتان درجه حرارت خارجی باشد که اتمسفر قابل اشتعال اطرافش در اثر آن درجه حرارت مشتعل نشود را ضد انفجار یا **Explosion proof** می‌نامند.

این تجهیزات جهت استفاده در محیطهای **Zone 1** یا **Zone 2** مناسب می باشند.

Ex d – Explosion Proof

● ذاتاً بی فطر Intrinsically Safe :

مدارات و تجهیزاتی که انرژی الکتریکی موجود در آنها کمتر از میزان انرژی مورد نیاز جهت ایجاد امتزاق در محیط های پر فطر (که مخلوط قابل انفجار موجود است) می باشد ، را ذاتاً امن یا **Intrinsically Safe** نامند.

مقدار انرژی که توسط مدارهای الکترونیکی و کابل ها در داخل آنها ذخیره می شود و در محیط پر فطر (Hazardous Area) آزاد می شود با استفاده از تمیزات ذاتاً بی فطر یا **IS** و استفاده کردن از کابل هائی با پارامترهای خاص ، محدود می شود . اگر انرژی الکتریکی در یک مدار از مقدار انرژی لازم جهت ایجاد مریق (آتش زدن) در یک ترکیب منفجر شونده (Explosive Mixture) کمتر باشد ، در اینصورت آن مدار ذاتاً بی فطر یا **IS** (Intrinsically Safe) نامیده می شود.

در این روش (Intrinsically Safe) بوسیله یک قطعه مانع (Intrinsically Safe Barrier) ، انرژی الکتریکی داخل تجهیزات محدود می شود ، بگونه ای که تمت هیچ شرایطی تجهیزات قادر به تولید و ایجاد حرارت یا جرقه ، به میزان کافی جهت اشتعال گازهای قابل اشتعال ، نمی باشند.

این تجهیزات جهت استفاده در محیطهای **Zone 0** ، **Zone 1** یا **Zone 2** مناسب می باشند.

Ex ia – Intrinsically Safe



۸.۱. طبقه بندی محیط های پر خطر Classification of Hazardous Area

۱. Zone 0

محیطهائی که غلظت قابل اشتعالی از گازها ، بخارات یا مایعات قابل اشتعال (Flammable Gases , Vapors or Liquids) بطور مداوم (Continuously) و یا برای مدت زمان طولانی (Long Term) در شرایط عادی کارکرد (normal operation) در آن محیطها موجود می باشد ، در طبقه مکانهای Zone 0 قرار می گیرند.

تجهیزات ذاتاً امن (Intrinsically Safe) ، Ex ia ، جهت استفاده در Zone 0 مناسب می باشند مشروط به آنکه توسط Zener Barrier و یا Galvanic Isolator مناسب متصل شده باشند.

۲. Zone 1

محیطهائی که غلظت قابل اشتعالی از گازها ، بخارات یا مایعات قابل اشتعال (Flammable Gases , Vapors or Liquids) بطور ممتل (Likely) گاهگاهی (Occasionally) در شرایط عادی کارکرد (normal operation) در آن محیطها وجود می آید ، در طبقه مکانهای Zone 1 قرار می گیرند.

تجهیزات ضد آتش (Flameproof) ، Ex d ، جهت استفاده در Zone 1 مناسب می باشند.

۳. Zone 2

محیطهائی که غلظت قابل اشتعالی از گازها ، بخارات یا مایعات قابل اشتعال (Flammable Gases , Vapors or Liquids) بطور ممتل (Likely) شرایط عادی کارکرد (normal operation) در آن محیطها وجود نمی آید ، و اگر بوجود آید فقط برای مدت زمان کوتاه و ممدود (Briefly) فواهد بود ، در طبقه مکانهای Zone 2 قرار می گیرند.

تجهیزات ضد آتش (Flameproof) ، Ex d ، و n ، Increased Safe ، جهت استفاده در Zone 2 مناسب می باشند.



گروه بندی گاز ها Gas Groups ۱,۳.

NFPA 70 - تجهیزات الکتریکی جهت استفاده در اتمسفر هائی که قابلیت بالقوه انفجار دارند (Flammable Atmosphere) در ۲ گروه

تقسیم بندی می شوند:

۱. Group I

Group I جهت بیان اتمسفر هائی که شامل گاز های قابل امتزاق معدنی ، متان (Methane) (CH_4) مورد استفاده قرار می گیرد.

(ترکیبی از گاز ها که بخش عمدهای از آن شامل متان می شود و معمولاً در زیر زمین و در معادن موجود می باشد.)

۱.۱. Group II

گروه Group II به زیر گروه های IIA ، IIB و IIC بر اساس ماهیت (نوع و فواص) گاز یا بخاری که تجهیزات جهت استفاده در آن مجاز شده اند

تقسیم بندی می شود.

a. گروه IIC Group IIC

گروه Group IIC شامل گازهایی می باشد که بسیار به آسانی مشتعل می شوند.

اتمسفر هائی شامل استیلن (Acetylene) ، هیدروژن (Hydrogen) ، یا گاز های قابل اشتعال (Flammable Gas) ، مایعات قابل

اشتعال و یا قابل سوختن تولید کننده بخار (Combustible or Flammable Liquid – produced Vapour) که با هوا مخلوط شده اند و

میتوانند بسوزند (Burn) و یا منفجر (Explode) شوند.

b. گروه IIB Group IIB

اتمسفر هائی شامل Acetaldehyde ، Ethylene ، یا گاز های قابل اشتعال (Flammable Gas) ، مایعات قابل اشتعال و یا سوختن

تولید کننده بخار (Combustible or Flammable Liquid – produced Vapour) که با هوا مخلوط شده اند ، که میتوانند بسوزند (

Burn) و یا منفجر (Explode) شوند.

c. گروه IIA Group IIA

اتمسفر هائی شامل آستون (Acetone) ، آمونیاک (Ammonia) ، اتیل الکل (Ethyl Alcohol) ، متان (Methane) ، پروپان (

propane) ، Ethane ، Ethylacetate ، Benzene (pure) ، Ethanoic acid ، Carbon monoxide ، Carbon oxide ، Methanol ،

Toluol یا گاز های قابل اشتعال (Flammable Gas) ، مایعات قابل اشتعال و یا سوختن تولید کننده بخار (Combustible or

Flammable Liquid – produced Vapour) که با هوا مخلوط شده اند ، که میتوانند بسوزند (Burn) و یا منفجر (Explode) شوند.



جدول گروه بندی بر طبق استاندارد های اروپائی

Material Groups		
Class I		Methane (CH₄)
Class II	II	All Gases
	II A	Propane , Ammonia, Acetone, Ethane, Ethylacetate, Methanol, Ethyl Alcohol, Benzene, Co, ...
	II B	Ethylene
	II C	Hydrogen , Acetylene



مشخصات گازها .۳،۲

گازهای سمی Toxic Gas .i

GAS	Formula	Rel. Density (Air = 1)	ACGIH TLV-TWA (PPM)	ACGIH TLV-STEL (PPM)	OSHA PEL (PPM)	OSHA Threshold Qty.	EPA Threshold Qty.
Ammonia	NH 3	0.6	25	35	50	10,000 lbs	10,000 lbs
Arsine	AsH 3	2.7a	0.05	-	0.05	100 lbs	1,000 lbs
Boron Trichloride	BCl 3	4.1b	-	-	-	2,500 lbs	5,000 lbs
Bromine	Br 2	-	0.1	0.2	0.1	1,500 lbs	10,000 lbs
Carbon Monoxide	CO	1.0b	25	-	50	none	none
Chlorine	Cl 2	2.5a	0.5	1	1 [C]	1,500 lbs	2,500 lbs
Chlorine Dioxide	ClO2	-	0.1	0.3	0.1	1,000 lbs	1,000 lbs
Diborane	B 2 H 6	1.0b	0.1	-	0.1	100 lbs	2,500 lbs
Dichlorosilane	SiH 4 Cl 2	3.5	-	-	-	-	-
Fluorine	F 2	1.3	1	2	0.1	1,000 lbs	1,000 lbs
Germane	GeH 4	2.6b	0.2	-	-	none	none
Hydrogen	H 2	0.1	asphyxiant	asphyxiant	asphyxiant	none	none
Hydrogen Chloride	HCl	1.3	-	5 [C]	5 [C]	5,000 lbs	5,000 lbs
Hydrogen Cyanide	HCN	0.9c	-	4.7 [C]	10	1,000 lbs	none
Hydrogen Fluoride	HF	0.691	-	3 [C]	3	1,000 lbs	1,000 lbs
Hydrogen Selenide	H 2 Se	2.8	0.05	-	0.05	150 lbs	500 lbs
Hydrogen sulphide	H 2 S	1.2	10	15	20 [C]	1,500 lbs	10,000 lbs
Methanol	CH 3 OH	-	200	250	-	-	-
Methylene Chloride	CH 2 Cl 2	-	50	-	25	-	-
Methyl Iodide	CH 3 I	-	2	-	5	7,500 lbs	-
Nitric Oxide	NO	1	25	-	25	250 lbs	10,000 lbs
Nitrogen Dioxide	NO2	2.6d	3	5	5 [C]	250 lbs	none
Nitrogen Trifluoride	NF 3	2.5a	10	-	10	5000	none
Oxygen	O 2	1.1	n/a	n/a	n/a	none	none
Ozone	O 3	1.7	-	0.1 [C]	0.1	100 lbs	none
Phosphine	PH 3	1.2	0.3	1	0.3	100 lbs	5,000 lbs
Silane	SiH 4	1.1a	5	-	-	none	none
Sulfur Dioxide	SO 2	2.3	2	5	5	1,000 lbs	5,000 lbs

گازهای قابل سوختن Combustible Gas .ii

Gas	Formula	Rel. Density (Air = 1)	Flash Point	LEL (% by vol.)	UEL (% by vol.)	K Factor	ACGIH TLV-TWA	ACGIH TLV-STEL	OSHA PEL	OSHA Threshold Qty.	EPA Threshold Qty.
Acetone	CH ₃ COCH ₃	2	-20°C	2.50%	12.80%	58	750 ppm	1,000 ppm	1,000 ppm	-	-
Ammonia	NH ₃	0.6*	gas	15.00%	28.00%	142	25 ppm	35 ppm	50 ppm	10,000 lbs	10,000 lbs
Benzene	C ₆ H ₆	2.8	-11°C	1.20%	7.80%	46	10 ppm	-	10 ppm	-	-
Butane	C ₄ H ₁₀	2	-60°C	1.50%	8.50%	66	800 ppm	-	-	-	-
Carbon Monoxide	CO	1	gas	12.50%	74.00%	105	25 ppm	-	50 ppm	-	-
Ethane	C ₂ H ₆	1	gas	3.00%	12.50%	76	asphyxiant	asphyxiant	-	-	-
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	1.6	13°C	3.30%	19.00%	82	1,000 ppm	-	1,000 ppm	-	-
Ethylene	CH ₂ =CH ₂	1	gas	2.70%	3.60%	79	asphyxiant	asphyxiant	-	-	-
Ethylene Oxide	C ₂ H ₄ O	1.5	-29°C	3.00%	100.00%	58	1 ppm	-	1 ppm	5,000 lbs	10,000 lbs
Gas, Blast Furnace		n/a	gas	35.00%	74.00%	n/a	-	-	-	-	-
Gas, Coke Oven		n/a	gas	4.40%	34.00%	n/a	-	-	-	-	-
Heptane	C ₇ H ₁₆	3.5	-4°C	1.10%	6.70%	43	400 ppm	500 ppm	500 ppm	-	-
n-Hexane	C ₆ H ₁₄	3	-22°C	1.10%	7.50%	41	50 ppm	-	500 ppm	-	-
Hydrogen	H ₂	0.1	gas	4.00%	75.00%	86	asphyxiant	asphyxiant	-	-	-
Hydrogen Sulfide	H ₂ S	1.2	gas	4.00%	44.00%	46	10 ppm	15 ppm	20 ppm [C]	1,500 lbs	10,000 lbs
Isobutylene	CH ₂ =C(CH ₃) ₂	1.9	gas	1.80%	9.60%	n/a	-	-	-	-	-
Isopropyl Alcohol	(CH ₃) ₂ CHOH	2.1	12°C	2.00%	12.70%	n/a	400 ppm	500 ppm	400 ppm	-	-
Jet Fuel	JP-4	n/a	-23°C to -1°C	1.30%	8.00%	n/a	-	-	-	-	-
Jet Fuel	JP-6	<1.0	-38°C	0.60%	3.70%	n/a	-	-	-	-	-
Methane	CH ₄	0.6	gas	5.00%	15.00%	112	asphyxiant	asphyxiant	-	-	-
Methanol	CH ₃ OH	1.1	11°C	6.00%	36.00%	96	200 ppm	250 ppm	200 ppm	-	-
Methyl Ethyl Ketone	C ₂ H ₅ COCH ₃	2.5	-9°C	1.40%	11.40%	46	200 ppm	300 ppm	200 ppm	-	-
Methyl Mercaptan	CH ₃ SH	1.7	n/a	3.90%	21.80%	68	0.5 ppm	-	10 ppm [C]	5,000 lbs	10,000 lbs
Octane	C ₈ H ₁₈	3.9	13°C	1.00%	6.50%	42	300 ppm	375 ppm	500 ppm	-	-
Pentane	C ₅ H ₁₂	2.5	<-40°C	1.50%	7.80%	51	600 ppm	750 ppm	1,000 ppm	-	-
Propane	C ₃ H ₈	1.6	gas	2.10%	9.50%	62	asphyxiant	asphyxiant	-	-	-
Propylene (Propene)	CH ₃ CH=CH ₂	1.5	gas	2.00%	11.10%	58	asphyxiant	asphyxiant	-	-	-
Toluene	C ₆ H ₅ CH ₃	3.1	4°C	1.10%	7.10%	45	50 ppm	188 ppm	200 ppm	-	-
o-Xylene	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	3.7	32°C	0.90%	6.70%	40	100 ppm	150 ppm	5 ppm	-	-

.iii گازهای قابل اشتعال Flammable Gas

Gas	Formula	Rel. Density (Air = 1)	Molecular Weight	LEL (% by vol.)	UEL (% by vol.)	K Factor	ACGIH TLV-TWA	ACGIH TLV-STEL	Flash Point
Butane	C ₄ H ₁₀	2	58	1.9%	8.50%	66	800 ppm	-	-60°C
Carbon Monoxide	CO	0.97	28	12.50%	74.00%	105	25 ppm	-	gas
Hydrogen	H ₂	0.07	2	4.00%	74.20%	86	asphyxiant	asphyxiant	gas
Natural gas (high Btu type)		0.64	18.6	4.60%	14.5%				
Natural gas high methane) (type		0.56	16.2	4.00%	15%				
Natural gas high inert) (type		0.70	20.3	3.90%	14%				
Propane	C ₃ H ₈	1.57	44	2.10%	9.50%	62	asphyxiant	asphyxiant	gas

مشخصات انواع گازها .۳،۳

Name	Formula	Ionisation Potential	Molecular Weight	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm
		(eV)	Weight	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3
1,2-Dibromoethane	C2H4Br2	10.37	188	25	10	n/a	n/a	195.4	78.2	n/a	n/a
1,4-Dioxane	C4H8O2	9.19	86	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Acetaldehyde	C2H4O	10.23	44	25	10	50	20	45.7	18.3	91.5	36.6
Acetic Acid	C2H4O2	10.66	60	15	10	15	10	37.4	24.9	37.4	24.9
Acetic Anyhydride	C4H6O3	10.14	102	M	M	2	0.5	M	M	8.5	2.1
Acetone	C3H6O	9.71	94	500	250	1500	750	1953.8	976.9	5861.5	2930.8
Acetylene	C2H2	11.40	26	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Acrolein	C3H4O	10.10	56	5	2	n/a	n/a	11.6	4.7	n/a	n/a
Acrylic Acid	C3H4O2	10.60	72	M	M	20	10	M	M	59.9	29.9
Acrylonitrile	C2H3N	12.19	41	5	2	n/a	2	8.5	3.4	n/a	3.4
Allyl alcohol	C3H6O	9.67	58	4	2	4	2	9.6	4.8	9.6	4.8
Allyl chloride	C3H5Cl	9.90	76	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Ammonia	H3N	10.16	17	50	25	35	25	35.3	17.7	24.7	17.7
Amyl acetate	C7H14O2	9.90	130	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Amyl alcohol	C5H12O	10.00	88	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Aniline	C7H7N	7.72	105	5	2	n/a	n/a	21.8	8.7	n/a	n/a
Anisole	C7H8O	8.21	108	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Benzaldehyde	C7H6O	9.49	106	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Benzene	C6H6	9.25	78	5	2	n/a	5	16.2	6.5	n/a	16.2
Benzonitrile	C7H5N	9.62	103	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Benzyl alcohol	C7H8O	8.26	108	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Benzyl chloride	C7H7Cl	9.14	126	M	M	n/a	0.5	M	M	n/a	2.6
Bromine	Br2	10.51	160	M	M	0.3	0.1	M	M	2	0.7
Bromobenzene	C6H5Br	8.98	157	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Bromoform	CHBr3	10.48	253	5	2	n/a	0.5	52.6	21	n/a	5.3
Bromopropane, 1-	C3H7Br	10.18	123	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a

Name	Formula	Ionisation Potential (eV)	Molecular Weight Weight	High Alarm ppm	Low Alarm ppm	STEL Alarm ppm	TWA Alarm ppm	High Alarm mg/m3	Low Alarm mg/m3	STEL Alarm mg/m3	TWA Alarm mg/m3
Butadiene	C4H6	9.07	54	10	5	n/a	n/a	22.4	11.2	n/a	n/a
Butadiene diepoxide, 1,3-	C4H6O2	10.00	86	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Butene, 1-	C4H8	9.58	56	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Butoxyethanol, 2-	C6H14O2	10.00	118	M	M	n/a	25	M	M	n/a	122.6
Butyl cellosolve	C6H14O2	10.00	118	50	25	n/a	n/a	245.3	122.6	n/a	n/a
Butyl mercaptan	C4H10S	9.14	90	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Butylamine, n-	C4H11N	8.71	73	M	M	5	n/a	M	M	15.2	n/a
Carbon dioxide	CO2		44	M	M	15000	5000	M	M	28000	9145.6
Carbon disulphide	CS2	10.07	44	50	20	n/a	10	91.5	36.6	n/a	18.3
Carbon monoxide	CO		28	M	M	200	30	M	M	232.8	34.9
Carbon tetrachloride	CCl4	11.47	152	20	10	n/a	2	126.4	63.2	n/a	12.6
Chlorine	Cl2	11.48	70	5	2	1	0.5	14.5	5.8	2.9	1.5
Chlorine dioxide	ClO2	10.57	67	M	M	0.3	0.1	M	M	0.8	0.3
Chloro-1,1-difluoroethane, 1-	C2H3ClF2	12.00	100	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Chloro-1,3-butadiene, 2-	C4H5Cl		96	M	M	n/a	10	M	M	n/a	39.9
Chlorobenzene	C6H5Cl	9.06	112	20	10	n/a	50	93.1	46.6	n/a	232.8
Chlorodifluoromethane	CHClF2	12.20	86	M	M	n/a	1000	M	M	n/a	3575.1
Chloroethane	C2H5Cl	10.97	64	M	M	1250	1000	M	M	3325.7	2660.5
Chloroethanol	C2H5ClO	10.52	80	M	M	1	n/a	M	M	3.3	n/a
Chloroethyl methyl ether, 2-	C2H7ClO		82	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Chloroform	CHCl3	11.37	118	20	10	n/a	2	98.1	49.1	n/a	9.8
Chlorotoluene, o-	C7H7Cl	8.83	126	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Chlorotoluene, p-	C7H7Cl	8.69	126	M	M	n/a	50	M	M	n/a	261.9
Crotonaldehyde	C4H6O	9.73	70	5	2	n/a	n/a	14.5	5.8	n/a	n/a
Cumene	C9H12	8.73	120	100	50	75	25	498.9	249.4	374.1	124.7

Name	Formula	Ionisation Potential	Molecular Weight	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm
		(eV)	Weight	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3
Cyanogen bromide	CNBr	11.84	106	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Cyanogen chloride	CNCl	12.34	61	M	M	0.3	n/a	M	M	0.8	n/a
Cyclohexane	C6H12	9.86	84	500	300	300	100	1746	1047.6	1047.6	349.2
Cyclohexanol	C6H12O	9.75	100	M	M	n/a	50	M	M	n/a	207.9
Cyclohexanone	C6H10O	9.14	98	50	25	100	25	203.7	101.8	407.4	101.8
Cyclohexene	C6H10	8.95	82	M	M	n/a	300	M	M	n/a	1022.6
Cyclohexylamine	C6H13N	8.62	99	M	M	n/a	10	M	M	n/a	41.2
Cyclopentane	C5H10	10.51	70	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Decane	C10H22	9.65	142	500	300	n/a	n/a	2951.5	1770.9	n/a	n/a
Diacetone alcohol	C6H12O2		116	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Dibromochloromethane	CHBr2Cl	10.59	208	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Dichloro-1,1,1-	C2HCl2F3	11.50	152	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Dichloro-1-fluoroethane, 1,1-	C2H3Cl2F		116	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Dichloro-1-propene, 2,3-	C3H4Cl2	10.00	110	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Dichlorodifluoromethane	CCl2F2	11.75	120	M	M	1250	1000	M	M	6235.6	4988.5
Dichloroethane, 1,1-	C2H4Cl2	11.06	98	M	M	400	200	M	M	1629.6	814.8
Dichloroethane, 1,2-	C2H4Cl2	11.04	98	25	10	n/a	5	101.8	40.7	n/a	20.4
Dichloroethene, 1,1-	C2H2Cl2	9.79	96	400	200	n/a	n/a	1596.3	798.2	n/a	n/a
Dichloroethene, c-1,2-	C2H2Cl2	9.66	96	M	M	250	200	M	M	997.7	798.2
Dichloroethene, t-1,2-	C2H2Cl2	9.65	96	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Dichloromethane	CH2Cl2	11.32	84	50	25	300	100	174.6	87.3	1047.6	349.2
Dichloropropane, 1,2-	C3H6Cl2	10.87	112	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Diesel Fuel	m.w. 216		216	30	11	n/a	n/a	269.4	98.8	n/a	n/a
Diesel Fuel	m.w. 216		216	30	11	n/a	n/a	269.4	98.8	n/a	n/a

Name	Formula	Ionisation Potential	Molecular Weight	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm
		(eV)	Weight	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3
Diesel Fuel	m.w. 226		226	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Diethyl sulphide	C4H10S	8.43	90	M	M	n/a	0.05	M	M	n/a	0.2
Diethylamine	C4H11N	8.01	73	15	10	25	10	45.5	30.3	75.9	30.3
Diethylaminopropylamine, 3-	C7H13N2		125	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Diethylmaleate	C8H12O4		172	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Diisopropylamine	C6H15N	7.73	101	15	10	n/a	5	63	42	n/a	21
Diketene	C4H4O2	9.60	84	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Dimethyl disulphide	C2H6S2	7.40	94	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Dimethyl sulphate	C2H6O4S		126	M	M	n/a	0.05	M	M	n/a	0.3
Dimethyl sulphide	C2H6S	8.69	62	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Dimethylamine	C2H7N	8.23	45	M	M	6	2	M	M	11.2	3.7
Dimethylethylamine	C4H11N	7.74	73	M	M	15	10	M	M	45.5	30.3
Dimethylformamine, N,N-	C3H7NO	9.13	73	M	M	15	10	M	M	45.5	30.3
Dimethylhydrazine,1,1-	C2H8N2	7.28	60	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Epichlorohydrin	C2H5ClO	10.20	80	50	2	1.5	0.5	166.3	6.7	5	1.7
Ethane	C2H6	11.52	30	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Ethanol	C2H6O	10.47	46	2000	1000	n/a	1000	3824.5	1912.3	n/a	1912.3
Ethyl (S)-(-)-lactate	C5H10O3	10.00	118	125	100	n/a	n/a	613.2	490.5	n/a	n/a
Ethyl acetate	C4H10O2	10.01	90	1000	400	n/a	400	3741.4	1496.6	n/a	1496.6
Ethyl acrylate	C5H8O2		100	M	M	15	5	M	M	62.4	20.8
Ethyl benzene	C8H10	8.77	106	125	100	125	100	550.8	440.7	550.8	440.7
Ethyl ether	C8H10O	10.61	122	500	400	500	400	2535.8	2028.7	2535.8	2028.7
Ethyl formate	C3H6O2		74	M	M	150	100	M	M	461.4	307.6
Ethyl sulphide	C4H10S	8.43	90	100	50	n/a	n/a	374.1	187.1	n/a	n/a
Ethylene	C2H4	10.51	28	2000	1000	n/a	n/a	2328	1164	n/a	n/a
Ethylene dichloride	C2H4Cl2	11.04	98	M	M	n/a	5	M	M	n/a	20.4

Name	Formula	Ionisation Potential	Molecular Weight	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm
		(eV)	Weight	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3
Formaldehyde	CH2O		30	M	M	2	2	M	M	2.5	2.5
Formic acid	CH2O2		46	M	M	n/a	5	M	M	n/a	9.6
Furfural	C5H4O2	9.21	96	5	2	5	2	20	8	20	8
Gasoline vapors	m.w. 72		72	500	300	1250	1000	1496.6	897.9	3741.4	2993.1
Gasoline vapors 92 octane	m.w. 93		93	500	300	n/a	n/a	1933	1159.8	n/a	n/a
Heptane n-	C7H16	9.92	100	500	400	100	50	2078.5	1662.8	415.7	207.9
Hexane n-	C6H14	10.13	86	75	50	n/a	20	268.1	178.8	n/a	71.5
Hydrazine	H4N2	8.10	32	M	M	0.1	0.02	M	M	0.1	n/a
Hydrogen	H2	15.43	2	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Hydrogen cyanide	HCN	13.60	27	M	M	10	n/a	M	M	11.2	n/a
Hydrogen sulphide	H2S	10.45	34	M	M	15	10	M	M	21.2	14.1
Iodine	I2	9.40	254	M	M	0.1	n/a	M	M	1.1	n/a
Iodomethane	CH3I	9.54	142	M	M	n/a	2	M	M	n/a	11.8
Isoamyl acetate	C7H14O2		130	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Isobutane	C4H10	10.57	58	M	M	750	600	M	M	1808.3	1446.7
Isobutanol	C4H10O	10.02	74	100	50	n/a	n/a	307.6	153.8	n/a	n/a
Isobutene	C4H8	9.24	56	100	50	n/a	n/a	232.8	116.4	n/a	n/a
Isobutyl acetate	C6H12O2		116	M	M	187	150	M	M	901.8	723.3
Isobutyl acrylate	C7H12O2		128	250	100	n/a	n/a	1330.3	532.1	n/a	n/a
Isobutyraldehyde	C4H8O		72	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Isoflurane	C3H2ClF5O		184	M	M	n/a	50	M	M	n/a	382.5
Isooctane	C8H18	9.86	114	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Isopentane	C5H12		72	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Isophorone	C9H14O	9.07	138	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Isoprene	C5H8	8.85	68	250	100	n/a	n/a	706.7	282.7	n/a	n/a
Isopropanol	C3H8O	10.12	60	500	400	n/a	n/a	1247.1	997.7	n/a	n/a

Name	Formula	Ionisation Potential	Molecular Weight	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm
		(eV)	Weight	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3
Isopropyl acetate	C5H10O2	9.99	102	M	M	200	n/a	M	M	848	n/a
Isopropyl ether	C6H14O	9.20	102	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Jet fuel JP-4	m.w. 115		115	50	30	n/a	n/a	239	143.4	n/a	n/a
Jet Fuel JP-5	m.w. 167		167	30	15	n/a	n/a	208.3	104.1	n/a	n/a
Jet Fuel JP-8	m.w. 165		165	30	15	n/a	n/a	205.8	102.9	n/a	n/a
Kerosene			n/a	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Mesitylene	C9H12	8.41	120	250	100	n/a	n/a	1247.1	498.9	n/a	n/a
Methane	CH4	12.51	16	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Methanol	CH4O	10.85	32	250	200	250	200	332.6	266.1	332.6	266.1
Methoxyethanol,2-	C3H8O2	10.10	76	M	M	n/a	5	M	M	n/a	15.8
Methoxyethoxyethanol, 2-	C7H16O3	10.00	148	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Methyl acetate	C3H6O2	10.27	74	M	M	250	200	M	M	769.1	615.3
Methyl acrylate	C4H6O2	9.90	86	M	M	n/a	10	M	M	n/a	35.8
Methyl bromide	CH3Br	10.54	95	5	2	n/a	n/a	19.7	7.9	n/a	n/a
Methyl cellosolve	C3H8O2	10.10	76	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Methyl chloride	CH3Cl	11.22	50	100	50	n/a	n/a	207.9	103.9	n/a	n/a
Methyl ether	C6H6O	10.03	94	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Methyl ethyl ketone	C4H8O	9.51	72	300	200	n/a	n/a	897.9	598.6	n/a	n/a
Methyl isobutyl ketone	C6H12O	9.30	100	75	50	n/a	n/a	311.8	207.9	n/a	n/a
Methyl isocyanate	C2H3NO	10.67	57	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Methyl isothiocyanate	C2H3NS	9.25	73	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Methyl mercaptan	CH4S	9.44	48	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Methyl methacrylate	C5H8O2	9.70	100	250	100	100	50	1039.3	415.7	415.7	207.9
Methyl propyl ketone	C5H12O	9.38	88	250	100	n/a	n/a	914.6	365.8	n/a	n/a
Methyl salicylate	C8H8O3		152	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Methyl sulphide	C2H6S	8.69	62	100	50	n/a	n/a	257.7	128.9	n/a	n/a
Methyl t-butyl ether	C5H12O	9.24	88	100	400	n/a	n/a	365.8	1463.3	n/a	n/a

Name	Formula	Ionisation Potential	Molecular Weight	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm
		(eV)	Weight	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3
Methyl-2-pyrrolidinone, N-	C5H9NO	9.17	99	100	50	75	25	411.6	205.8	308.7	102.9
Methylamine	CH5N	8.97	31	M	M	n/a	10	M	M	n/a	12.9
Methylcyclohexane	C7H14	9.64	98	500	400	n/a	n/a	2037	1629.6	n/a	n/a
Methylene chloride	CH2Cl2	11.32	84	50	25	n/a	n/a	174.6	87.3	n/a	n/a
Methylhydrazine	C2H6N2	7.70	58	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Methylstyrene	C9H10	8.18	118	M	M	150	100	M	M	735.8	490.5
Mineral spirits	m.w. 142		142	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Mineral spirits	m.w. 144		144	250	100	n/a	n/a	1496.6	598.6	n/a	n/a
N,N-Dimethylacetamide	C4H9NO	8.81	87	50	25	20	10	180.8	90.4	72.3	36.2
Naphthalene	C10H8	8.13	128	150	100	15	10	798.2	532.1	79.8	53.2
n-Butane	C4H10	10.53	58	2000	800	750	600	4822.2	1928.9	1808.3	1446.7
N-Butanol	C4H10O	9.99	74	50	30	150	100	153.8	92.3	461.4	307.6
n-Butyl acetate	C6H12O2	10.00	116	500	20	200	150	2411.1	96.4	964.4	723.3
n-Butyl acrylate	C7H12O2		128	M	M	n/a	10	M	M	n/a	53.2
Nitric oxide	NO	9.26	30	50	25	n/a	n/a	62.4	31.2	n/a	n/a
Nitrobenzene	C6H5NO2	9.81	123	10	5	2	1	51.1	25.6	10.2	5.1
Nitroethane	C2H5NO2	10.88	75	M	M	n/a	100	M	M	n/a	311.8
Nitrogen dioxide	NO2	9.75	46	M	M	5	3	M	M	9.6	5.7
Nitromethane	CH3NO2	11.02	61	M	M	150	100	M	M	380.4	253.6
Nitropropane,2-	C3H7NO2	10.71	89	M	M	n/a	5	M	M	n/a	18.5
Nonane	C9H20	9.72	128	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Octane, n-	C8H18	9.82	114	375	300	n/a	n/a	1777.2	1421.7	n/a	n/a
o-Dichlorobenzene	C6H4Cl2	9.08	146	50	25	50	25	303.5	151.7	303.5	151.7
Pentane, n-	C5H12	10.35	72	750	600	n/a	n/a	2244.8	1795.9	n/a	n/a
Peracetic acid	C2H4O3		76	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Perchloroethene	C2Cl4	9.32	164	100	25	n/a	n/a	681.8	170.4	n/a	n/a
PGME acetate	C6H12O3		132	100	50	n/a	n/a	548.7	274.4	n/a	n/a

Name	Formula	Ionisation Potential	Molecular Weight	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm
		(eV)	Weight	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3
Phenol	C6H6O	8.51	94	10	5	10	5	39.1	19.5	39.1	19.5
Phospine	PH3	9.87	34	M	M	0.3	n/a	M	M	0.4	n/a
Photocopier			n/a	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Picoline, 3-	C6H7N	9.04	93	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Pinene, alpha	C10H16	8.07	136	250	100	n/a	n/a	1413.4	565.4	n/a	n/a
Pinene, beta	C10H16	8	136	250	100	n/a	n/a	1413.4	565.4	n/a	n/a
Piperylene	C5H8	8.6	68	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Propane	C3H8	10.95	44	5000	2500	n/a	n/a	9145.6	4572.8	n/a	n/a
Propanol, n-	C3H8O	10.22	60	M	M	250	200	M	M	623.6	498.9
Propene	C3H6	9.73	42	5000	2500	n/a	n/a	8729.9	4364.9	n/a	n/a
Propionaldehyde	C3H6O	9.95	58	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Propyl acetate, n-	C5H10O2	10.04	102	M	M	250	200	M	M	1060.1	848
Propylene glycol methyl ether	C6H12O3		132	150	100	n/a	n/a	823.1	548.7	n/a	n/a
Propylene oxide	C3H6O	10.22	58	M	M	n/a	5	M	M	n/a	12.1
Propyleneimine	C3H7N	9	57	10	5	n/a	n/a	23.7	11.8	n/a	n/a
Pyridine	C5H5N	9.25	79	10	5	10	5	32.8	16.4	32.8	16.4
Styrene	C8H8	8.43	104	40	20	250	100	172.9	86.5	1080.8	432.3
Sulphur dioxide	SO2	12.32	64	M	M	5	2	M	M	13.3	5.3
Tetrachloroethane, 1,1,1,2-	C2H2Cl4	11.1	166	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Tetrachloroethane, 1,1,2,2-	C2H2Cl4	11.1	166	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Tetraethyl orthosilicate	C8H20O4Si	9.8	208	M	M	30	10	M	M	259.4	86.5
Tetraethyllead	C8H20Pb	11.1	324	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Tetrafluoroethane	C2H2F4		102	M	M	n/a	1000	M	M	n/a	4240.2
Tetrafluoromethane	CF4	15.3	88	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Tetrahydrofuran	C4H8O	9.41	72	250	200	200	100	748.3	598.6	598.6	299.3

Name	Formula	Ionisation Potential	Molecular Weight	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm	High Alarm	Low Alarm	STEL Alarm	TWA Alarm
		(eV)	Weight	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3
Therminol			n/a	5	2	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Toluene	C7H8	8.82	92	100	50	150	50	382.5	191.2	573.7	191.2
Tolylene-2,4-diisocyanate	C9H6N2O2		174	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Trichloroethane, 1,1,1-	C2H3Cl3	11	132	450	350	400	200	2469.3	1920.6	2194.9	1097.5
Trichloroethane, 1,1,2-	C2H3Cl3	11	132	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Trichloroethene	C2HCl3	9.47	130	100	50	n/a	n/a	540.4	270.2	n/a	n/a
Trichlorotrifluoroethane, 1,1,2-	C2Cl3F3	11.99	186	M	M	1250	1000	M	M	9665.2	7732.2
Triethylamine	C6H15N	7.3	101	M	M	15	10	M	M	63	42
Trifluoroethanol, 2,2,2-	C2H3F3O		100	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Trifluoroethane, 1,1,2-	C2H3F3	12.9	84	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Trimethylamine	C6H9N	7.82	95	M	M	15	10	M	M	59.2	39.5
Trimethylbenzene, 1,3,5-	C9H12	8.41	120	M	M	n/a	25	M	M	n/a	124.7
Turpentine	C10H16	8	136	M	M	150	100	M	M	848	565.4
Undecane	C11H24	9.56	156	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Vinyl acetate	C4H6O2	9.19	86	M	M	20	10	M	M	71.5	35.8
Vinyl bromide	C2H3Br	9.8	107	M	M	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Vinyl chloride	C2H3Cl	9.99	62	10	5	n/a	7	25.8	12.9	n/a	18
Vinyl-2-pyrrolidinone, 1-	C6H9NO		111	100	50	n/a	n/a	461.4	230.7	n/a	n/a
Vinylidene chloride	C2H2Cl2	9.79	96	M	M	n/a	10	M	M	n/a	39.9
VOC			n/a	100	50	n/a	n/a	M	M	n/a	n/a
Xylene, m-	C8H10	8.56	106	150	100	150	100	661	440.7	661	440.7
Xylene, o-	C8H10	8.56	106	150	100	150	100	661	440.7	661	440.7
Xylene, p-	C8H10	8.44	106	150	100	150	100	661	440.7	661	440.7

This Page is Blank