الباب الخامس

التعامل مع المواد الكيماوية

obeikandl.com

obeikandl.com

إدارة المعامل

هناك علاقة محددة بين النظام فى المعامل ومستوى الأمان فيها بالإضافة إلى أن المعمل غير المنظم يعوق الأفراد عن التعامل مع حالات الطوارئ لذا يجب مراعاة القواعد الآتية فى إدارة المعامل:

- عدم وجود إعاقة فى الوصول إلى مخارج المعامل وكذلك الوصول إلى أجهزة الطوارئ وكذلك معدات إطفاء الحرائق والحمامات الآمنة.

- يجب المحافظة على نظافة المعامل بما فيها الأرضيات بشكل منتظم فالتراب المتراكم وكذلك المواد الماصة كروماتوجرافيا ومواد كيميائية أخرى تسبب خطورة عند استنشاقها.

- يجب تأمين اسطوانات الغازات المضغوطة وذلك بربطها وتثبيتها فى الحوائط أو إلى جدار طاولة العمل.

- يجب عدم تخزين الحاويات الكيميائية على الأرض.

- لا تستخدم الأرضيات أو السلالم أو الطرقات فى تخزين المواد الكيميائية.

تخزين المواد الكيميائية

- يجب استعمال المواد الكيميائية فى المعامل بالكميات المطلوبة للعمل فقط أما باقى الكميات فيجب تخزينها ويجب أن يكون هناك بطاقة بها كل المعلومات عن المواد الكيميائية فأى خطورة خاصة بالمادة

الكيميائية يجب أن تكون مدونة على البطاقة الملصقة بالوعاء الحاوى لها فى بعض الحالات المعينة ولمجموعة معينة من المواد الكيميائية فعلى سبيل المثال الإيثيرات والمواد المكونة لفوق الأكاسيد يجب كتابة تاريخ فتح الأوعية المحتوية على هذه المواد على البطاقة ويجب أيضاً كتابة التاريخ الذى يجب التخلص فيه من هذه المواد المكونة لفوق الأكاسيد بعد فتحها على البطاقة.

- يجب عدم الاحتفاظ بأكثر من واحد لتر من السوائل القابلة للاشتعال على رفوف المعامل فالكميات الأكبر من ذلك يجب تخزينها فى أوعية من المعدن أو أوعية غير قابلة للكسر أما الكميات الأكثر من واحد لتر فى المعمل فيجب أن تكون على مستوى أقل ارتفاعاً من العين ووضعها على الرفوف السفلى فى المعمل ويجب عدم تخزين المواد الكيميائية ولا نفاياتها على الأرض فى المعمل.

- والثلاجات المستخدمة لحفظ المواد الكيميائية القابلة للاشتعال يجب أن تكون مقاومة للانفجارات والمواد الموضوعة فى الثلاجات يجب أن تكون عليها بطاقات مقاومة للماء مدون عليها كل المعلومات عن المواد الموجودة بها.

- استخدام أوعية ثانوية لتقليل تناثر المواد عند حدوث تسريب أو كسر للوعاء الأساسى يكون مفيد جداً فيجب أن يراعى عند تخزين المواد الكيميائية أن تعزل المواد القابلة للتفاعل مع بعضها البعض عند حدوث

حادثة وبالتالى نتجنب تفاعلاتها التى قد تحدث بطريقة عنيفة مؤدية إلى حدوث انفجارات.

تخزين المواد شديدة السمية:

وهي المواد التي تترك آثاراً حادة أو مزمنة عند استنشاقها أو ابتلاعها أو ملامستها فيجب عدم تخزينها أو حفظها بالقرب من المواد المشتعلة وبعض المواد تتحول إلى مواد سامة عند اتصالها بالأحماض أو الحرارة أو الرطوبة ، لذا يجب معرفتها وعزلها ومعرفة أعراض التسمم بها وتزويد الشخص الذي يتعامل معها بوسائل الوقاية المناسبة كما يجب معرفة خصائص كل مادة يتم التعامل معها ، ومدة التعرض المسموح بها ، وتركيزها ، وأثرها على الجسم ، وطريقة دخول المادة السامة حيث أنها قد تدخل عن طريق الفم أو العين أو مسام الجلد ...الخ ومن الأمثلة عليها بخار الزئبق .

تخزين المواد المتفجرة:

وهي المواد التي تنفجر عندما تلامس اللهب ، وبعض هذه المواد تنفجر إذا تعرضت للاحتكاك أو السقوط وهذه المواد شديدة الحساسية للاهتزاز والصدمات والحرارة ، ومن ضمنها : فوق الأكاسيد والنترات ، حيث أنها تطلق طاقة مفاجئة بشكل هائل ، لهذا يجب حفظها في أماكن مغلقة مزودة بجميع الاحتياطات وأجهزة الأمن والسلامة ويجب عند

تخزينها ، اتباع التعليمات والتحذيرات المسجلة على العبوات ، وأن تكون الكمية المخزنة منها أقل ما يمكن ، ومنفصلة عن غيرها من المواد .

تخزين المواد المؤكسدة:

وهي المواد التي تنتج طاقة حرارية عند تفاعلها مع مواد أخرى أو عند ملامستها مادة قابلة للاشتعال أو سريعة الاشتعال لذا يجب عدم تخزينها مع المواد القابلة للاشتعال ،وأن يكون مكانها مقاوم للاحتراق والحرارة وذات تهوية ويفضل أن تحفظ في زجاجات قاتمة اللون ،حيث يزداد نشاط تفاعلها بتوافر الأكسجين والحرارة والضوء ومن الأمثلة عليها : الأكاسيد ،فوق الأكاسيد والبيرمنجنات..الخ.

تخزين المواد القارضة:

وهي المواد التي تسبب أذى عند ملامستها للأنسجة الحّية لذا تحفظ في مكان بارد تحت درجة حراره أعلى من درجة تجمدها بقليل ، بحيث يكون المكان جافاً وذو تهوية جيدة ، ومزودة بأجهزة الوقاية الضرورية لأن الكثير من الأحماض والقواعد تعمل على تآكل الأوعية ، وتتفاعل مع كثير من المعادن محررة غاز الهيدروجين الذي يكون مع الهواء مخلوطاً متفجراً ويفضل عدم حفظ المواد القارضة من الأحماض بالقرب من القواعد ، لتفاعل أبخرتها مع بعضها البعض تاركة ملح

مترسب حول وعاء حفظها وفي أماكن وجودها .

تخزين المواد الضارة :

وهي المواد التي تسبب آثاراً بسيطة أو محددة عند استنشاقها أو ابتلاعها أو ملامستها .

تخزين المواد المهيجة:

وهي المواد التي تسبب حساسية لبعض أجهزة التنفس والعيون أو سطح الجلد ، نتيجة استخدامها الطويل أو المتكرر.

التخلص من المواد الكيميائية

فى الواقع فإن كل التجارب التى تجرى فى معمل ما تؤدى إلى وجود نفايات مثل محاليل المواد الكيميائية ومواد كيميائية خطرة وأوراق ترشيح وغيرها والمبدأ الأساسى فى التعامل مع النفايات أنه يجب ألا يمارس أى نشاط فى المعامل ما لم تكن هناك خطة للتخلص من النفايات الخطرة وغير الخطرة وتطبيق هذا المبدأ سيؤكد على سلامة الإجراءات اللازمة للتعامل مع النفايات ويجنب وجود صعوبات غير متوقعة مثل احتمال تكوين صورة من النفايات (مواد كيميائية – مواد إشعاعية – مواد بيولوجية) لا تكون المؤسسة التى بها المعامل غير جاهزة للتعامل معها ولكل نوع من النفايات طرق خاصة للتعامل معها وللاختيار بين الطرق المتاحة يجب تطبيق عدة مبادئ ولكن الاعتبارات المحلية قد تؤثر بشكل قوى على هذه القواعد فمثلاً:

- النفايات الخطرة أو القابلة للاشتعال كالمذيبات يجب جمعها فى أوعية والانتظار لحين نقلها وفقاً لإمكانيات المؤسسة بواسطة وكالة متخصصة فى هذا العمل.

- فى بعض الأحيان تخلط النفايات الخاصة بالمذيبات المختلفة المراد التخلص منها عندما يكون الاختلاط ممكناً فى بعض الأحيان فالنفايات المهجنة وغير المهجنة يجب أن تفصل عن بعضها البعض عند التداول.

- الوعاء المستخدم لجمع النفايات السائلة يجب أن يكون مناسباً للاستعمال فكثيراً ما تستخدم أوعية زجاجية لهذا الغرض ولكن يجب الحرص على أن تكون هذه الأوعية رقبتها غير ضيقة وتكون مؤمنة ضد الكسر حتى لا تمثل صعوبة عند تفريغها ويستحسن استعمال أوعية مصنوعة من البلاستيك مثلاً من بولى ايثيلين أو من المعدن المجلفن أو من الحديد الصلب لجمع النفايات السائلة وهى أكثر أماناً خصوصاً فى حالة السوائل القابلة للاشتعال.

- يجب عدم استعمال أوعية من الحديد الصلب المجلفن لجمع النفايات التى تمثل مذيبات مهجنة لأن هذه المذيبات تسبب تآكل المعدن وبالتالى يحدث لها تسريب.

- يجب وضع بطاقات بيانات على كل الأوعية تشتمل على بيانات محتويات الوعاء ويجب أن تؤمن تغطيتها فى حالة عدم استخدامها.

- النفايات السائلة يجب جمعها بطريقة منفصلة عن نفايات المذيبات العضوية ويجب عدم إلقاء المحاليل المحتوية على نفايات قابلة للاشتعال أو بها مواد خطرة فى حوض الصرف الصحى ويجب عدم استخدام الزجاج فى حفظ النفايات المائية لخطورة تجمدها.

- النفايات الصلبة مثل نواتج التفاعلات الجانبية أو المرشحات الموجود بها بعض المواد الكيميائية أو المواد المستخدمة فى الأوساط الكروماتوجرافية يجب وضعها جميعاً فى أوعية لحين نقلها للتخلص منها ويجب بذل كل جهد لاستعمال أو إعادة تدوير المواد غير المرغوب فيها وإعادة استعمالها بدلاً من التخلص منها.

- المواد غير الخطرة الصلبة يمكن التخلص منها وذلك بإلقائها فى سلة مهملات المعامل أو إعادة تدويرها وهذا يلعب دوراً فى سياسة المؤسسة التعليمية.

<u>استعمال المعدات والزجاجيات</u>

صيانة الأجهزة والمعدات المستخدمة فى المعامل تمثل دوراً هاماً فى أمان وكفاءة العمليات ويجب الكشف الدورى على المعدات وصيانتها وعملية الصيانة يجب أن نتأكد فيها من عدم حدوث أى خلل حتى لو حدث إضراب عن العمل.

عملية تداول وتخزين الزجاجيات يجب أن تتم بحرص بحيث لا تؤدى إلى تدمير الأدوات الزجاجية وفى حالة حدوث تكسير للأدوات الزجاجية يجب التخلص منها أو إصلاحها أما الأدوات الزجاجية المحاطة بغلاف تفريغ فيجب تداولها بمنتهى الحرص لمنع حدوث مخاطر كثيرة فالمعدات الزجاجية المفرغة مثل أوعية ديوار أو الجفنات المفرغة فيجب وضع صمامات بها أو إحاطتها بعوازل(دروع) ويجب استخدام هذه الأدوات المصممة للاستخدام فى حالة التفريغ لهذا الغرض فقط ويجب حماية اليد عند جمع الزجاج المكسور فالقطع الصغيرة يجب جمعها بواسطة مكنسة.

يجب عدم إجراء عمليات صهر ونفخ الزجاج فى حالة وجود إمكانيات خاصة كما يجب حماية اليد عند إدخال أنابيب فى مخارج زجاجية فالجروح الناتجة من إدخال أنابيب فى مداخل زجاجية تمثل أكثر نسبة فى حوادث المعامل فيجب أن تكون المداخل الزجاجية معالجة حرارياً بحيث تكون ناعمة أو تشحيمها ويجب المحافظة على اليدين باستخدام منشفة وذلك لتحجيم حركة الزجاج أثناء إدخال الأنابيب فيها.

تداول المواد القابلة للاشتعال

المواد المشتعلة تمثل أحد أكثر الأشياء خطورة فى المعامل ونظراً لأن المواد القابلة للاشتعال كثيراً ما تستخدم فى عمليات المعامل فإن الخبرة

المعملية الحذرة تفترض دائماً أن هناك احتمال لحدوث حرائق ما لم يتم اتخاذ كل الاحتياطات الخاصة بمراجعة المواد المستخدمة وكذلك طريقة إجراء العمليات فمثلاً عمليات المعمل البسيطة بالمحاليل المائية حيث لا تستخدم سوائل عضوية قابلة للاشتعال لا تمثل خطورة لحدوث حرائق فى الحالات الأخرى لذا يجب التعرف على إمكانية حدوث حرائق ومحاولة الحفاظ على الاحتمال الأدنى لحدوثها.

ولحدوث الحرائق يجب أن يكون هناك مصدر إشعال ووقود وكذلك وجود عامل مؤكسد ففى المعامل التى لها خبرة وحذرة تتجنب وجود النار وذلك بتجنب وجود أحد العوامل المذكورة وعموماً يجب على العاملين أن يكونوا على دراية بالخطوات التى يجب اتخاذها عند حدوث الحرائق ويجب أن يكون بالمعامل معدات إنذار للنيران، أجهزة إطفاء، حمامات أمان ومعدات طوارئ أخرى ويكون كل هذا موجود فى مكان واضح وأن يكون كل العاملين مدربين على استخدامها ويجب مراعاة وجود مخارج واسعة وسهلة عند حدوث الحرائق كما يجب استخدام أجهزة إطفاء مناسبة عند حدوث الحرائق وأن تكون هناك لوحة بأرقام التليفونات الخاصة بمركز إطفاء الحرائق حتى يتم استدعاؤهم على الفور.

التعامل مع المواد الكيميائية القابلة للاشتعال

على كل العاملين مع المواد القابلة للاشتعال معرفة بعض المعلومات الخاصة بضغط البخار،نقطة الاشتعال Flash point، وإمكانية الانفجار فى الهواء وطبعاً لتقليل الخطورة فى التعامل مع هذه المواد يجب استعمال كميات صغيرة منها والعمل على حفظها بشكل مناسب، وجود طفايات حرائق مناسبة، وفصل هذه المواد عن مصادر الاشتعال، العمل على أن تكون مصادر الاشتعال موصلة بالأرض كما يمكن استخدام البدائل الأقل خطراً.

لانستعمل اللهب المباشر عند استخدام مواد كيميائية قابلة للاشتعال مثل موقد بنون أو الكبريت أو التدخين أو أى مصادر أخرى للاشتعال ولا نستخدم مواقد الغاز كمصدر للتسخين فى المعمل المستخدم به مواد قابلة للاشتعال ولكن بدلاً منها نستخدم معدات تسخين بالمياه تستخدم أجهزة كهربية للتقليب، الموتورات، فواصل الكهرباء وكل هذه الأجهزة قد تكون مصدر للإشعال خصوصاً لأبخرة هذه المواد فيجب عدم استخدامها ونظراً لأن موقع الأجهزة المذكورة يكون ثابتاً فى المعمل ففى هذه الحالة يكون أكثر أماناً إجراء العمليات الموجودة بها المواد القابلة للاشتعال فى مكان آخر بعيداً عنهم.

obeikandl.com

حتى مصادر الإشعال المنخفضة قد تمثل مصدر طاقة كافى لإشعال كثير من المواد التى لها قابلية كبيرة للاشتعال والموجودة بالمعامل مثل داى إيثيل إيثر وثنائى كبريتيد الكربون أما المواد القابلة للاشتعال عند درجات الحرارة المنخفضة فيجب حفظها فى ثلاجات مصممة لهذا الغرض والثلاجات العادية يجب عدم استخدامها نظراً لوجود مصادر إشعال بها مثل مروحة الموتور ومفاتيح وفواصل الكهرباء.

وعند نقل المواد القابلة للاشتعال فى أوعية معدنية يجب أن تكون قد وصلت بالأرض حتى يتم التخلص من الشحنات الاستاتيكية التى بها فقد تسبب شرارة تؤدى إلى الاشتعال.

ويجب عدم تسخين المواد القابلة للاشتعال بلهب مفتوح Open flame ويستحسن استخدام مصادر حرارة تشتمل على حمامات مائية أو حمامات بخار، حمامات من الزيوت أو الشمع، حمامات من الرمل والأملاح،سخانات مانتيل وكذلك حمامات من الهواء الساخن أو النيتروجين.

- يجب الحرص على تقليل البخار الناتج من المواد القابلة للاشتعال وذلك بتخفيفها عن طريق التهوية وبذلك تقل فرص تكوين مخلوط قابل للاشتعال.

-عند تخفيف المواد القابلة للاشتعال يجب استخدام المراوح لمنع تكوين مخلوط قابل للانفجار.

- فى حالة عدم استخدام المواد القابلة للاشتعال يجب حفظها فى أوعية محكمة الغلق.

السوائل القابلة للاشتعال

تشتعل هذه السوائل عندما تختلط أبخرتها مع الهواء بتركيز مناسب لذلك يجب تداول هذه السوائل بطريقة لا تسمح بالوصول إلى هذا التركيز ومن أهم هذه الوسائل التهوية لمنع الوصول إلى التركيز القابل لانفجار الأبخرة وعند أخذ كميات من هذه الأوعية يجب أن يتم النقل فى خزانة التجارب Fume hoods أو فى المكان جيد التهوية وفى حالة حدوث تسرب أو كسر للأوعية الحاوية عليها فإن كمية كبيرة من أبخرتها ستنطلق وقد تؤدى إلى اشتعالها.

الغازات القابلة للاشتعال

عند تسرب الغازات القابلة للاشتعال قد يحدث انفجار فى جو المعمل ومن الغازات الخطرة الأسيتيلين ، الهيدروجين ، الأمونيا ، أول أكسيد الكربون أما الأستلين والميثان والهيدروجين فلهم قابلية كبيرة للاشتعال وكذلك الانفجار ويجب استعمال موانع الشرر Flash arresters على اسطوانات الهيدروجين وقبل إدخال الغازات القابلة للاشتعال فى وعاء

التفاعل يجب أن يفرغ هذا الوعاء أو يمرر فيه غاز خامل وتتم هذه الدورة ثلاثة مرات لكى يصير تركيز الأكسجين فى الوعاء أقل من 1%.

اشتعال المواد عن طريق الإشعال المستحث

يجب فصل البالاديوم والبلاتين عن الكربون، أكسيد البلاتين، النيكل المجزأ والعوامل المساعدة فى عملية الهدرجة عن طريق الترشيح من المخاليط والعوامل المساعدة المفصولة غالباً ما تكون مشبعة بغاز الهيدروجين الذى يكون نشطاً جداً ويشتعل بشكل تلقائى عند تعرضه للهواء وعندما تكون كمية المحفز المرشحة كبيرة فلا يسمح للمخلوط مع المرشح أن يترك حتى يجف فيجب وضع القمع المحتوى على ورقة الترشيح بما فيها مباشرة فى حمام مائى بعد إتمام الترشيح ويجب استعمال غاز خامل مثل الأرجون أو النيتروجين للتقليب فى عمليات الهدرجة وبالتالى يمكن ترشيح المحفز والتعامل معه فى هذا الجو الخامل0

وعند تداول مركبات فوق الأكسيد يجب مراعاة الآتى:

- استخدم أقل كمية ممكنة من مركبات فوق الأكاسيد.
- بتجفيف مركبات فوق الأكاسيد بالمذيبات الخاملة تقل حساسية هذه المركبات للحرارة – الصدمات (نستخدم مذيبات الهيدروكربون الأليفاتية

كمذيب خامل ولا نستخدم المذيبات العطرية مثل طولوين) لأنه ينشط تفاعل تكسير داى أسيل فوق أكسيد.

- **لا نستخدم محلول مركبات فوق الأكاسيد فى المذيبات سهلة التطاير لأن تطاير هذه المذيبات يؤدى إلى زيادة تركيز فوق الأكسيد فى المحلول.**
- **لانسمح بالتدخين أو وجود لهب مكسوف أو أى مصدر من مصادر الأكسيد فى المعامل.**
- **نتجنب الاحتكاك أو الطحن بجوار مركبات فوق الأكسيد ولانستخدم أدوات زجاجية لها غطاء زجاجى أيضاً فى حفظ هذه المركبات ولكن يجب استخدام زجاجات من البولى إيثيلين.**
- **نتجنب تحلل مركبات الفوق أكسيد ويجب حفظها عند درجات حرارة منخفضة بالقرب من درجة التجمد فالحفظ عند درجات حرارة منخفضة جداً قد يؤدى إلى تكون صورة من الصور الحساسة جداً للصدمات أو الحرارة.**

<u>إجراء التفاعلات بكميات معينة</u>

الاحتياطات اللازم اتخاذها عند إجراء أى تفاعل لا تعتمد على الكميات المستخدمة فى التفاعل فكل الاختلاف يكون فى عملية نقل الحرارة،عملية التقليب، الزمن اللازم للذوبان وكذلك تأثير التركيز كما

أن إضافة كمية من المواد المتفاعلة تحتاج إلى خاصة Vigilance للعمل على نظام Scaled up وفى حالة تطبيق التفاعل على كميات كبيرة فيجب استشارة المتخصصين للتجهيز لعدم حدوث أى مشكلة.

ويجب اتخاذ الاحتياطات فى الحالات الآتية:

- المواد المتفاعلة أوالنواتج البينية تحتوى على مجموعات لها صفات تفجيرية مثل N-N ، N-O ، N-Halogen ، O-O ، O-halogen فهذه قد تنفجر وتزيد الضغط بشكل كبير جداً.

- المواد المتفاعلة أو الناتجة تكون غير مستقرة عند درجة حرارة التفاعل وهنا يجب إجراء تفاعل مبدئى بتسخين كمية صغيرة منها فى أنبوبة انصهار.

- تأخر حدوث التفاعل أى يلزم له فترة زمنية لبدء حدوثه.

- فى حالة تكون غازات كناتج فرعى مرافق للتفاعل.

- التفاعل يكون طارد للحرارة وهنا يلزم وجود نظام تبريد.

- التفاعل يلزم له فترة طويلة لعمل Reflux تصور ماذا سيحدث للمذيب لو كان مكان نظام التبريد والتكييف ضعيفاً؟

- لو كان التفاعل يتم عند درجة حرارة أقل من الصفر المئوى تصور ماذا سيحدث لو حدث تسخين لمحتوى التفاعل حتى درجة حرارة الغرفة؟

- المسئولية فى حالة التجارب التى تجرى فى حالة عدم وجود الكيميائى وكذلك العمل مفرداً فى المعامل.

فى حالة وجود العاملين منفردين وذلك بعد أوقات العمل الرسمية يجب أن يتعاونوا فيما بينهم وذلك بالمرور على بعضهم البعض وفى حالة وجود فرد واحد بالمؤسسة يعمل بالمعمل فيجب أن ينبه على أمن المؤسسة بالمرور عليه من وقت لآخر للاطمئنان عليه.

أحياناً تجرى عمليات باستخدام مواد كيميائية خطرة وتستمر هذه العمليات لمدة طويلة وتترك ليلاً دون وجود مصمم التجربة ومن هنا تقع المسئولية كاملة على صاحب التجربة فيجب عليه أن يصمم التجربة ويتخذ كل الاحتياطات ومنها توقع حدوث خلل فى الكهرباء أو ماء التبريد المستخدم أو الغازات الخاملة المستخدمة فى التجربة عند ترك هذه التجارب تستمر ويجب عدم ترك الإنارة مضاءة وترك ورقة تحتوى على وصف لطبيعة التجربة التى تجرى وكذلك ذكر المواد الخطرة المستخدمة ويجب أن يكون هناك مروراً على هذا المعمل من قبل رجال الأمن مثلاً ويجب ترك التعليمات الواجب اتخاذها فى حالة الطوارئ وحدوث حالات خطر.

<u>التخلص من فوق الأكاسيد</u>

فوق الأكاسيد النقية يجب عدم التخلص منها مباشرة ولكن يجب تخفيفها قبل التخلص منها والكميات الصغيرة منها (25 جم أو أقل) يتم التخلص منها بواسطة التخفيف بالماء للحصول على محلول تركيزه حوالى 2% ثم تنقل إلى زجاجة من البولى إيثيلين تحتوى على عامل مختزل مثل كبريتات الحديدوز أو كبريتات الصوديوم الهيدروجينية ويمكن التعامل مع المحلول الناتج كنفايات.

- فى حالة تسرب محلول فوق الأكسيد فيجب امتصاصه بسرعة بواسطة vermiculite ثم يعالج المخلوط بواسطة مذيب مناسب والعجينة الناتجة يتم التخلص منها.
- لا نلقى المركبات العضوية لفوق الأكسيد فى الأحواض (فى الصرف).
- تتكون مركبات فوق الأكسيد عند تخزين بعض المواد معرضة للهواء فمثلاً بعض فوق الأكسيد الموجود بكيمات صغيرة جداً فى مذيب مثل الديوكسان يكون خطير جداً وقد يغير من مسار التفاعل عند استخدام هذا المذيب.
- يجب حفظ مركبات فوق الأكسيد فى جو خامل (فى وجود النيتروجين أو الأرجون) فهذه هى الوسيلة الآمنة لحفظ مركبات فوق الأكسيد لمدة

طويلة وأحياناً يضاف إلى محاليلها بعض المركبات المثبطة مثل مركبات صائدة الجذور الحرة.

الغازات القابلة للانفجار والغازات المسالة

المادة تكون أكثر تركيزاً فى حالة الغازات المسالة من كونها فى الحالة البخارية لذلك فإن السائل قد يتبخر بسرعة والهواء المسال يكون خطراً مثل الأوكسجين المسال لأن النتروجين يغلى تاركاً تركيز أكبر من الأوكسجين وبعض السوائل التى تستخدم فى التبريد مثل النيتروجين والهيليوم لو تركت معرضة للهواء فقد يتكثف ويمثل الأكسجين المحتوى من الجو أيضاً خطورة كبيرة.

- فى حالة استخدام الغازات المسالة فى حيز مغلق يجب أن يحتوى التصميم على بعض الصمامات التى تسمح بتسريب الضغط الزائد الناتج من تبخير هذه الغازات.
- فى حالة السائل المستخدم كالهيدروجين مثلاً فمن الممكن أن يكون مخلوط مع الهواء ويؤدى إلى حدوث انفجار.

مواد نشطة أو قابلة للانفجار تتطلب عناية خاصة

المركبات الآتية مركبات نشطة وبعضها ينسب إلى المتفجرات:

- مركبات الأستلين: تكون مواد قابلة للانفجار فى مخلوط مع الهواء بنسبة 25-80% والأستيلين عند ضغط 2 جوى والمعرض إلى تفريغ كهربى أو درجة حرارة عالية يتحلل محدثاً انفجاراً عنيفاً وبعض مركبات الأستيلينات تنفجر عند حدوث تأثير ميكانيكى خفيف عليها ويجب حفظ الأستيلين فى محلول أسيتون ولا يحفظ مستقلاً فى اسطوانات.
- كلوريد الألمونيوم: فى حالة وجود رطوبة به يتحلل مكوناً كلوريد الهيدروجين وينتج عن ذلك ضغط عالى وعند فتح الوعاء المحتوى عليه بعد تخزينه لمدة طويلة فيجب الحرص وذلك بإحاطتها بفوطة سميكة.
- النشادر: يتفاعل مع اليود وينتج منه ثلاثى أيوديد النتروجين الذى ينفجر باللمس كما يتفاعل النشادر مع الهيبوكلوريت منتجاً الكلور مخلوط مع النشادر والهاليدات العضوية يتفاعل أحياناً بعنف عند تسخينهما تحت الضغط والأمونيا قابلة للاحتراق واستنشاق كمية كبيرة منها قد تؤدى إلى الموت.
- الأزيدات: حساسة جداً للحرارة والصدمات يستطيع أزيد الصوديوم أن يطلق الهاليدات من الهيدروكربونات المكلورة مثل ثنائى كلوروميثان لتكوين مركب بولى أزيد العضوى وهى من المتفجرات

الشديدة وهذا التفاعل الإحلالى يسهل حدوثه فى مذيب مثل ثنائى ميثيل سلفوأكسيد.

- ثنائى كبريتيد الكربون : مركب عالى السمية وقابل للاشتعال.
- الكلور:عالى السمية ويتفاعل بشكل عنيف مع الهيدروجين ومع المركبات الهيدروكربونية فى الضوء.
- مركب أكسيد الكروم مع البيريدين: CrO_3-C_5H_5N يمكن أن ينفجر فى حالة زيادة تركيز CrO_3 العالية ويجب أن يحضر المركب بإضافة CrO_3 إلى كمية كبيرة من البيريدين.
- ديازوميثان Diazomethane (CH_2N_2): وكذلك كثير من مركبات الديازو يجب التعامل معها جميعاً بحرص شديد نظراً لسميتها الشديدة وهذه الغازات أو سوائلها تنفجر بشدة حتى عند تلامسها مع أطراف الزجاج الحادة. ولكن محاليل هذه المركبات تكون آمنة فى وجود الإيثير.
- داى إيثيل ، داى أيزوبروبيل وإيثيرات أخرى تشتمل على الهيدروفيوران و4،1ديوكسان وكل الإيثيرات المتفرعة Branched يحدث لكل هذه المركبات انفجار عند تسخينها نظراً لاحتوائها على مركبات فوق الأكسيد الناتج من تعرضهم للهواء وللتخلص من فوق الأكسيد فى هذه المركبات يجب إضافة كبريتات الحديدوز أو كبريتات الصوديوم الهيدروجينية إلى محاليلها ثم تمرر على الألومينا القاعدية

المنشطة وهذه العملية تزيل أغلب الكمية المحتواة فيها من مركبات فوق الأكسيد.

- داى ميثيل سلفو أكسيد DMSO $(CH_3)_2SO$: يتحلل بعنف عند تلامسه مع كثير من مركبات الهالوجين النشطة مثل كلوريد الأسيل. كما سجلت حالات إنفجار عند تلامسه مع هيدريد الفلزات النشطة. داى ميثيل سلفو أكسيد يخترق الجلد حاملاً معه المواد المذابة.
- فوق أكسيد البنزويل الجاف $(C_6H_5\text{-}CO_2)_2$: يشتعل بسهولة وينفجر عند خبطه Shock يتحلل بشكل تلقائى عند درجة حرارة أعلى من 50°م ولكن هذا المركب يفقد حساسيته بإضافة 20% ماء.
- الثلج الجاف Dry ice: يجب أن يخزن فى وعاء قادر على تحمل الضغط العالى.
- العوامل المجففة Drying agents: مثل الأسكاريت (هيدروكسيد الصوديوم المغلف بالسيليكا) لا يخلط مع خامس أكسيد الفوسفور (P_2O_5) لأن هذا المخلوط مخلوط ينفجر عند تدفئته مع قليل من الماء.
- الأتربة Dusts: وهى معلقات تحتوى على بعض الجسيمات القابلة للأكسدة مثل مسحوق الماغنسيوم والخارصين والكربون وكذلك زهر الكبريت فكل هذه المساحيق فى الهواء يمكن أن تكون مخاليط

شديدة الانفجار ويجب استخدام هذه المساحيق مع تهوية جيدة وعدم تعرضها لأى عامل من عوامل الاشتعال.

- أكسيد الإيثيلين (C_2H_4O): ينفجر عند تسخينه فى وعاء مغلق والتجارب التى يستخدم فيها هذا المركب يجب أن تجرى خلف حواجز مناسبة.
- المركبات المهلجنة مثل الكلوروفورم ($CHCl_3$) ورابع كلوريد الكربون (CCl_4) ومحاليل أخرى لمركبات مهلجنة لا يتم تجفيفها باستخدام الصوديوم أو البوتاسيوم أو أى فلزات نشطة نظراً لحدوث انفجار شديد فى هذه الحالة وهذه المركبات لها سمية عالية وبعض مركبات الكلورات ، كلوريت ، البرومات ، الأيودات وفوق أكاسيدها تنفجر عند تسخينها عند درجات حرارة عالية.
- فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2): عند تركيز أعلى من 3% يكون خطراً فعند تلامسها مع الجلد تحدث حروق شديدة ومحلول تركيزه 30% يتحلل بسرعة خصوصاً فى وجود الحديد، النحاس ، الكروم أو أملاحها وعند استخدام تقليب بذراع معدنى قد يشكل هذا خطراً يجب الحرص معه.
- مصايد التبريد Cooled traps باستخدام النتروجين السائل والمعرض للهواء قد يحدث تكثيف للهواء وعند تبخير المادة المبردة

قد يحدث انفجار فى هذه الحالة يجب استخدام التبريد فى المعدات المفرغة أو محكمة الغلق.

- هيدريد ليثيوم- الألومنيوم Lithium-aluminum hydride: وهو عامل مجفف يجب عدم استخدامه لتجفيف إيثيرات الميثيل أو التتراهيدروفيوران فعادة يلاحظ حدوث حرائق فى هذه الحالات وتفاعل $LiAlH_4$ مع ثانى أكسيد الكربون ينتج عنه مركبات قابلة للانفجار ويجب عدم استخدام طفايات من ثانى أكسيد الكربون أو طفايات تحتوى على بيكربونات الصوديوم لإطفاء الحرائق الناجمة من $LiAlH_4$ فمثل هذه الحرائق يتم إخمادها بواسطة الرمل أو أى مواد خاملة أخرى.
- مركبات النترات ، النيترو ، النيتروزو: هى مركبات قابلة للانفجار خصوصاً فى حالة احتواء المركب على أكثر من مجموعة نيترو والكحولات والبولى أولات تكون استرات للنترات (نيتروجلسرين) تكون متفجرات قوية.
- خزانات الأوكسجين: يجب تداولها بحرص لأنها تكون مع بعض الزيوت فى حالة الضغط العالى للأوكسجين شديدة الانفجار فيجب عدم استخدام الزيوت أو الشحوم بالتلامس مع اسطوانة الأوكسجين.

- **الأوزون O_3: مركب نشط جداً وعالى السمية ويتكون نتيجة تعرض الأكسجين (فى الهواء) للأشعة فوق البنفسجية لذلك فإن مصادر الأشعة فوق البنفسجية تتطلب تهوية مركبات الأوزونايد Ozonides تشكل مواد متفجرة.**
- **البالاديوم (Pd) أو البلاتين (Pt): المحملين على الكربون وكذلك أكسيد البلاتين والنيكل المجزأ وعوامل مساعدة أخرى تمثل خطورة لحدوث انفجارات عند إضافة العامل المساعد إلى وعاء يحتوى على مخلوط أبخرة قابلة للاشتعال أو فى حالة وجود الهيدروجين يجب عدم استعمال معهم مرشحات قابلة للاشتعال.**
- **فوق الكلورات: يجب تجنب استعمالها فأملاح الفوق كلورات العضوية أو مع مركبات فلزية عضوية وكذلك الأيونات غير العضوية تمثل مادة متفجرة ومحلول من حمض البيركلوريك يمكن تسخينه بأمان حتى 200°م عندما يكون تركيزه 70% ولكن تلامس الحامض غير المخفف الذى يوجد عند درجة الغليان أو أبخرته الساخنة مع المواد العضوية أو أى مركبات غير عضوية مؤكسدة قد يشكل مخلوطاً انفجارياً شديداً.**

- **البرمنجانات تكون مواد متفجرة عند معالجتها بحمض الكبريتيك وعند استخدامها مع حمض الكبريتيك المركز فى خط للتجفيف فيجب وضع مصيدة لأبخرة الحامض بينهما.**

- **فوق الأكاسيد Peroxides غير العضوية: عند خلطها مع مواد قابلة للاحتراق مثل الباريوم، الصوديوم، فوق أكسيد البوتاسيوم تشكل مخلوط انفجارى يشتعل بسهولة.**
- **الفوسفور (P) (الأحمر والأبيض): يكون الفوسفور مع المواد المؤكسدة مخلوطاً انفجارياً ويجب حفظ الفوسفور الأبيض تحت الماء لأنه يشتعل عند تعرضه للهواء ويتفاعل الفوسفور مع محاليل الهيدروكسيدات ليعطى الفوسفين الذى قد يشتعل أو ينفجر فى الهواء.**
- **ثلاثى كلوريد الفوسفور PCl_3: يتفاعل مع الماء ليعطى حمض الفوسفوروز وينطلق غاز كلوريد الهيدروجين وحمض الفوسفوروز يتحلل بالتسخين منتجاً غاز الفوسفين ويجب فتح الأوعية المحتويه على ثلاثى كلوريد الفوسفور بحرص وكذلك ثلاثى كلوريد الفوسفور الذى تعرض للرطوبة يجب عدم تعريضها للتسخين دون وجود حاجز واقى.**
- **البوتاسيوم (K): هو أكثر نشاطاً من عنصر الصوديوم فهو يشتعل بسرعة عند التعرض للهواء الرطب ولذلك يجب حفظه بمذيب هيدروكربونى مثل الزيوت المعدنية أو الطولوين وعند تعرضه للهواء قد يتكون فوق أكسيد البوتاسيوم وفى حالة تقطيع هذا العنصر بسكين معدنى قد يحدث ذلك انفجار شديد.**

- **الصوديوم (Na): يجب حفظه فى وعاء مغلق تحت سطح الكيروسين أو الطولوين أو الزيوت المعدنية أى قطع صغيرة من الصوديوم أو البوتاسيوم يجب التخلص منها بالتفاعل مع الكحول البيوتيلى العادى n-butyl alcohol يجب تجنب ملامسة الصوديوم للماء لأنه يتفاعل معه بشكل عنيف لتكوين غاز الهيدروجين (H_2) وانطلاق كمية كبيرة من الحرارة تسبب الاشتعال ويجب عدم استخدام طفايات ثانى أكسيد الكربون، بيكربونات وكذلك رابع كلوريد الكربون فى حالة الحرائق الناتجة من العناصر القلوية ويستحسن استعمال القطع الكبيرة من الصوديوم على شكل كرات عند استخدامه لتجفيف المذيبات (السطح يكون صغيراً ويكون الفلز أقل نشاطاً).**
- **أميد الصوديوم ($NaNH_2$): قد يحدث له عملية أكسدة عند التعرض للهواء منتجاً نتريت الصوديوم الذى يكون مع الأميد مخلوطاً قابلاً للانفجار.**
- **حمض الكبريتيك (H_2SO_4): يجب تجنب استعماله كعامل مجفف فى أوعية المجففات وفى حالة الضرورة لاستخدامه يجب وضع كرات من الزجاج لمنع تناثر الحامض عند تحريك المجفف وعند تخفيف الحامض يجب إضافته ببطء إلى الماء البارد أما العكس قد يحدث أن يغلى الحامض وقد يؤدى إلى كثير من الحوادث.**

- ثلاثى كلورو استلين (Cl_2CCHCl): يتفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم أوالبوتاسيوم ليعطى ثنائى كلورو استلين الذى يشتعل تلقائياً فى الهواء منفجراً بعد ذلك حتى عند درجة حرارة الثلج الجاف. المركب نفسه له سمية كبيرة ويجب الحرص عند تداوله.

بعض الغازات الخطرة

- كلوريد البورون: هى أحماض القوة وتنتج أحماض بروتونية قوية ويتفاعل كلوريد البورون $BaCl_3$ مع الماء منتجاً HCl وأبخرة هذا الغاز BCl_3 لها تأثير تآكلى Corrosive وتسبب تهيج العيون وكذلك الأغشية المخاطية.
- ثلاثى فلوريد الكلور (ClF_3): فى الحالة السائلة له تأثير تآكلى كبير وكذلك سمية كبيرة وهذا المركب من المتفجرات القوية يسبب حروق عند تلامسه مع الجلد ويكون ثلاثى فلوريد الكربون مخلوط انفجارى مع بخار الماء، الأمونيا ، الهيدروجين وأغلب الأبخرة العضوية.
- هيدريد السيلينيوم (H_2Se): هو غاز لا لون له ولكن له رائحة مميزة وهذا الغاز قابل للاشتعال والانفجار أيضاً ويتفاعل بعنف مع المواد المؤكسدة وهو مهيج للعيون والأغشية المخاطية وللجهاز التنفسى للإنسان ويسبب ضرراً شديداً للجهاز الهضمى وعدم اتزان وإجهاد كبير وكذلك الإحساس بالطعم الفلزى فى الفم.

- **الفوسفين (PH_3): هو مركب يشتعل تلقائياً، قابل للانفجار، سام، عديم اللون له رائحة السمك المتحلل وهو مركب خطر جداً يشتعل فى وجود الهواء والمؤكسدات يتفاعل مع الماء والأحماض والهالوجين فى حالة تسخين الفوسفين يتكون هيدريد الفوسفور وهو من المتفجرات وله سمية كبيرة.**
- **السيلان (SiH_4): مركب قابل للاشتعال عديم اللون يشتعل تلقائياً فى الهواء الغاز له رائحة منفرة.**

<u>التعامل مع المواد الكيميائية ذات السمية العالية</u>

- **عند التعامل مع المواد ذات السمية يجب عدم التواجد فى المعمل منفرداً ويجب أن يكون هناك مجموعة من الأفراد الذين لديهم المعرفة بالمخاطر التى قد تحدث ويكون لديهم رد الفعل المناسب فى حالة الطوارئ يجب أن يلبس العاملون ملابس واقية لحماية الأيدى والوجه من التعرض لهذه المواد كما أن المحافظة على نظافة المعمل تمثل عامل مهم لتوفير بيئة آمنة للعمل ويجب الحفاظ عليها فى الأماكن التى يتداول بها المواد ذات السمية.**
- **يجب أن يجرى تخطيط جيد لإجراء التجارب التى يدخل فيها مركبات ذات سمية عالية ومن حسن التخطيط أن يقوم الشخص الذى سيستعمل مواد سامة بالتشاور وأخذ النصيحة من الزملاء الذين لهم**

خبرة فى تداول هذه المواد وكذلك فى التعرف على بروتوكول استخدامهم كما أن الخبراء فى مجال الصحة البيئية وكذلك فى البرامج الآمنة يمثلون مصدراً مهماً من مصادر المعلومات لكيفية التعامل مع السميات.

- كما يجب دائماً أن يكون العاملين على دراية بالخصائص الطبيعية والسمية للمواد الكيميائية المستخدمة، تركيز والكميات المتداولة فى التجربة، زمن التعرض وكذلك التأثيرات السامة الناجمة عن التعامل معها ويجب كذلك معرفة خطة إدارة هذه المواد خلال دورة حياتها من طلبها وتخزينها إلى أن يتم إعدامها أو التخلص الآمن منها.
- عند التخطيط لإجراء تجارب يستخدم فيها مواد ذات سمية عالية يجب أن يكون هناك مراقبة قوية للتأكد من سلامة وأمن العاملين بالمعمل.
- يجب اتخاذ احتياطات خاصة فى المكان الذى تجرى فيه التفاعلات التى تدخل فيها المواد ذات السمية العالية من لحظة إحضار هذه المواد وتفريغها للاستخدام ووضعها فى خزانة التجارب أو الصناديق المحتوية على قفازات ويجب على كل العاملين بالمعمل أن يعلموا عن إجراء هذه التجارب ويكون الكل مدرباً على حالات الطوارئ ويستحسن وضع بطاقة إرشادات عن السلامة والأمان عند إجراء التجارب بالمواد ذات السمية العالية على الباب الخارجى للمعمل.

- **يسمح فقط للعاملين الحاصلين على تدريب فى الاحتياطات بالعمل مع المواد ذات السمية العالية بإجراء تجارب بها ويجب أن يكون هناك تعلميات إدارية بمنع دخول الأفراد غير الحاصلين على تدريب لدخول منطقة إجراء التجارب المستخدم فيها مواد ذات سمية عالية وقد يستخدم فى هذه الحالة أقفال أو حواجز مناسبة لهذا الغرض لكن استخدام الأقفال يجب أن لا يعيق الوصول إلى المخارج فى حالة الطوارئ أو يعيق دخول المعاونة فى حالة الطوارئ.**

onelkandl.com