بسم الله الرحمن الرحيم

الأمن والسلامة في المعامل الكيميائية

مقدمة

لقد صار المعمل الكيميائى هو مركز الحصول على المعرفة وتطوير مواد جديدة تستخدم فى المستقبل وكذلك لملاحظة والتحكم فى هذه المواد والتى تستخدم فى آلاف من العمليات التجارية.

إن كثيراً من هذه المركبات مفيدة ولكن كثيراً منها أيضاً قد يسبب ضرراً لصحة الإنسان وكذلك للبيئة ومن هنا ظهرت الحاجة إلى كيفية التعامل الآمن معها. وحتى وقت قريب لم يؤخذ فى الاعتبار المخاطر التى يتعرض لها العاملون فى هذه المعامل ولم توضع معايير للأمان للعمل بها Safety first.

ومن الطريف أن نذكر أن العالم العظيم أوجست كيكولى August Kekule ذكر فى عام 1890 أن أستاذه ليبج Liebeg قال له "لو أردت أن تكون كيميائياً فيجب أن تخرب صحتك وأن الذى لا يضحى بصحته لن يذهب بعيداً فى الكيمياء".

ولكن الآن فإن الضغط المجتمعى أرغم المؤسسات التى بها معامل أن تكون مسئولة عن توفير الأمان والبيئة الآمنة للذين يعملون بها وأن تؤخذ الحيطة عند نقل المواد الكيميائية وكذلك التخلص من النفايات الكيميائية.

لقد انتهى زمن التعامل بإهمال تجاه أمن المعامل ولقد أصبحت المعامل الآن أماكن آمنة تماماً للعمل بها.

المجموعة الهندسية للأبحاث البيئية
Exclusive
Environmental Engineering Group

الثقافة الجديدة لأمن المعامل

لقد ظهرت وتطورت الآن ثقافة جديدة للأمن والمسئولية والتعليم فى المعامل فى الصناعات الكيميائية وكذلك فى المؤسسات الأكاديمية. وتم تدريب كثير من الأفراد المتعاملين مع المعامل على مراقبة وتداول المواد الكيميائية من لحظة استلامها وحتى التخلص من نفاياتها أو معالجتها.

ولقد طور العاملون فى الميادين الخطرة (مثل البحارة وعمال البناء) تقاليد لحماية بعضهم البعض وصيانة المعايير المهنية الصحيحة. ولذلك تيقن كثير من العاملين بالمعامل أن الأمن والسلامة لكل فرد من العاملين بها لن يتحقق إلا إذا ارتقى لديهم القناعة بالعمل الجماعى Team work وأن أمنهم وسلامتهم هى مسئولية جماعية.

وأحد أهداف هذا الكتاب هو غرس المشاركة ونشر ثقافة أمن المعامل للعاملين بها.

➢ **وتعتمد درجة الأمان فى المعامل على:**

١ - عادات العمل للكيميائيين وإحساسهم بالعمل الجماعى لحماية أنفسهم.

٢ - طبيعة الأماكن المجاورة للمعامل والبيئة المحيطة بها.

٣ - وجود جهاز إدارى متطور بالمؤسسة.

وحماية الصحة العامة والحفاظ على الأمان هى عملية أخلاقية من الدرجة الأولى تتطلب من الدولة أن تسن القوانين المنظمة لوجود الأمان بالمعامل لما لها أيضاً من فائدة اقتصادية.

ويجب أن يكون هناك مكاتب للحفاظ على الصحة والأمان بالمعامل تكون وظيفتها إعطاء الاستشارات الفنية، كيفية إدارة المخلفات الخطرة ، التحذير من وقوع حوادث وكذلك مراقبة العمل بالمعامل وتنظيم التدريب للعاملين والاستجابة الفورية للحوادث بها.

والعنصر الأساسى لوجود أمن بالمعمل هو إدراك المخاطر التى توجد به من خلال التجارب والخبرة. ولذلك يجب أن يمتلك العاملون بالمعامل المهارات اللازمة للتعامل مع هذه المخاطر. فيجب على العاملين أن يكون لديهم القدرة على التعامل مع الخواص الخطرة للمواد الكيميائية مثل قابليتها للاشتعال، قدرتها على التفاعل، خاصة قدرتها على إحداث التآكل وكذلك سميتها. كل هذا يمثل مدخل لأمن المعامل كما يجب الحرص عند التعامل مع معالجة المخلفات الكيميائية والتخلص منها.

والتدريب على الحفاظ على أمن المعامل هى عملية مستمرة ويجب أن تكون جزءاً من الأنشطة التى يمارسها العاملون بالمعامل والمسئولون عنها. ويجب أن يتلقى العاملون بالمعامل تدريباً مباشراً على كيفية الحفاظ على أمن المعامل وكذلك تشجيع التعلم الجماعى المتبادل كوسيلة من وسائل معلومات الأمان وكذلك وجود إرشادات ذات مغزى معين وكذلك تشجيع وجود جو عام بين الزملاء لكى يكتسبوا عادات طيبة لسلوكهم فى داخل المعامل.

➢ **ومن العوامل التى ساعدت على تغيير ثقافة الأمان:**

١ - **التقدم التكنولوجى:** إن التقدم فى التكنولوجيا قد غير من متطلبات الأمان فى المعامل فمثلاً نظراً لغلاء الكثير من المواد الكيميائية سواء للاستخدام فى أغراض معينة أو التخلص من نفاياتها ظهرت الحاجة إلى إجراء عمليات كيميائية سواء فى التدريس أو فى معامل الأبحاث تستخدم كميات صغيرة جداً من المواد الكيميائية. طبعاً هذا يؤثر على تصميم المعامل كما أنها تقلل من تكلفة شراء هذه المواد وكذلك على تداولها والتخلص من نفاياتها.

كما أن التقدم التكنولوجى قد أعطى الفرصة لإجراء تجارب باستخدام الحاسوب. وهذه التجارب تمثل إثراء للتدريب المعملى ولكنها لا تكون بديلاً للتجارب المعملية.

٢ - **ثقافة منع التلوث Culture of pollution prevention:**
وتتلخص هذه الثقافة فى أنه فى حالة وجود نفايات أقل فإن التخلص منها يكون أسهل وبالتالى يكون هناك تأثير أقل على البيئة.

تعليمات عامة للعمل مع المواد الكيميائية الخطرة

1- السلوك الشخصى

- يجب على العاملين بالمعامل مراعاة المعايير الآتية فى سلوكهم:
  - تجنب الكلام المضحك أو النكات فى المعمل.
  - استخدام الأجهزة المعملية فى الغرض المخصص لها فقط.
  - لا يسمح بدخول الأطفال فى المعامل حيث تحفظ مواد خطرة أو يجرى بها أنشطة خطرة.
  - فى حالة السماح للأطفال بدخول المعامل بغرض التعلم فيجب أن يكونوا تحت رقابة مباشرة من الكبار المدربين.
  - يجب أن يكون هناك إعلانات "لوح" فى المعامل توضح وسائل الأمان اللازمة للعمل بالمعمل وخصوصاً نظارات الوقاية للعيون.

2- تقليل التعرض للمواد الكيميائية

أى أخذ الاحتياطات اللازمة لتقليل تعرض الجلد والعيون للمواد الكيميائية وكذلك استنشاقها أو دخولها إلى الدم عن طريق الجروح أو دخولها الجهاز الهضمى.

3- تجنب إصابة العين

- يجب ارتداء نظارات الوقاية للعين والتى بها حواجز لمنع تعرض العين للمواد الكيميائية أو التعرض للزجاج المتناثر فى حالة كسر أى أدوات زجاجية أما فى حالة إجراء عمليات كيميائية خطرة فيجب لبس واقى للرأس والرقبة (قناع مصنوع من البلاستيك) وبالنسبة للأشخاص الذين يستعملون عدسات لاصقة فيجب عدم استعمالها فى المعامل وخصوصاً عند التعامل مع الأبخرة

والغازات لأن هذه العدسات قد تزيد من الضرر وتمنع من المعالجة بواسطة الإسعافات الأولية. فى حالة العمل مع الليزر والأشعة فوق البنفسجية وكذلك مع اللهب لتشكيل الزجاج فيجب استعمال نظارات من مادة خاصة.

- تجنب دخول المواد الكيميائية الخطرة إلى الدم أو الجهاز الهضمى.
- إن تناول الطعام، الشرب، التدخين، العلكة، استخدام مستحضرات التجميل وتناول الأدوية فى المعامل حيث توجد المواد الكيميائية الخطرة يجب أن تمنع تماماً.
- لا يجب استخدام الزجاجيات المستخدمة فى العمليات الكيميائية لتحضير أى نوع من الأطعمة. كما أن الثلاجات ومكعبات الثلج والأفران وغيرها من الأدوات بالمعمل يمنع استخدامها تماما لحفظ الأطعمة والمشروبات ولا يجب استخدام مصادر المياه أو المياه المنقاة من الأيونات لغرض الشرب.
- لا تتذوق طعم المواد الكيميائية ويجب استخدام الماصة عند تداول المحاليل ولا يجب استخدام الماصة بالفم فهناك المضخات اليدوية التى تستعمل معها.
- تجنب استنشاق المواد الخطرة.
- المواد الكيميائية السامة غير المعروف درجة سميتها لا يجب شمها على الإطلاق. والمواد الكيميائية المتطايرة والسامة أو المواد الصلبة والسائلة السامة يجب التعامل معها فى خزانة التجارب Laboratory hood. ولا يجب استخدام خزانة التجارب فى التخلص من النفايات السامة المتطايرة وذلك

بتبخيرها ولكن يجب التعامل مع هذه المواد كنفايات كيميائية ويتخلص منها فى حاويات خاصة وفقاً لتعليمات المؤسسة.

➢ **فى حالة استخدام خزانة التجارب يراعى الآتى:**

- فى حالة العمل مع المواد الخطرة استخدم فقط خزانات التجارب المعدة لإجراء تجارب معينة كما يجب التفتيش على صلاحيتها من وقت لآخر.
- ضع المواد المتفاعلة الخطرة على مسافة 15 سم على الأقل من جدار الخزانة الخارجى.
- لا تدخل رأسك أبداً داخل الخزانة أثناء إجراء التجربة.
- بالنسبة للخزانات التى لها باب عمودى يجب استعمال الخزانة بفتح الباب بأقل ارتفاع ممكن.
- حافظ على نظافة الخزانة ونظافة زجاجها ولا تزحمها بالزجاجيات.

* **تجنب الحقن بالمواد الكيميائية الخطرة**:

يتم نقل محاليل المواد الكيميائية أحياناً فى حقن Syringes والتى تزود للاستخدامات الكثيرة بإبر حادة. وقد يحدث بدون قصد أن يتم الحقن للمستخدم ولذلك يتطلب الأمر حرصاً لتجنب هذا الحادث. فيجب وضع الإبر المستخدمة فى وعاء خاص بها بشكل مرتب.

* **التقليل إلى الحد الأدنى لملامسة الجلد**:

- يجب لبس قفازات عند تداول المواد الكيميائية بحيث لا يمر من خلالها المادة المستعملة. أحياناً يكون استعمال قفازات غير مناسبة أكثر ضرراً من عدم استخدامها لأن هذه القفازات قد تسرب خلالها المواد الكيميائية وبالتالى يكون زمن التلامس بالجلد أطول مسبباً ضرراً أكبر.
- يجب التأكد من عدم وجود قطع أو ثقوب فى القفازات المستخدمة.
- يجب غسل القفازات قبل خلعها من اليد.
- ولمنع انتشار المواد الكيميائية الخطرة يجب خلع القفازات قبل ممارسة عمليات مختلفة مثل استعمال التليفون أو استعمال الأقلام وكذلك مفاتيح الكمبيوتر.
- يجب استعمال القفازات لفترة معينة والحرص على استبدالها.

المظهر والملابس الواقية

– إن طول شعر العاملين بالمعامل وكذلك ثيابهم الفضفاضة أو استعمالهم للحلى يجب أن يكون محدوداً عند العمل فى المعامل. فإن الشعر الطويل والملابس الفضفاضة أو الملابس الممزقة أو الحلى قد تغمس فى محاليل المواد الكيميائية أو قد تعلق بالأجهزة أو الماكينات الدوارة. الشعر والملابس قد تمسك بهم النيران. كذلك لبس الصنادل أو الأحذية المفتوحة لا يجب لبسهم فى المعامل التى يستخدم فيها مواد كيميائية خطرة نظراً لاحتمال سقوط هذه المواد على الجلد مباشرة.

- الملابس الواقية فى المعمل يجب ألا تسمح باختراقها المواد الكيميائية الخطرة تعطى حماية للعاملين.
- لا يجب استعمال ملابس مصنوعة من ألياف صناعية نظراً لأنها قابلة للاشتعال وتلتصق بالجلد وبذلك تزيد من حدة الإصابة بالحروق. ولذلك فإن الملابس القطنية هى المفضلة عند العمل فى المعامل.

إدارة المعامل

هناك علاقة محددة بين النظام فى المعامل ومستوى الأمان فيه. بالإضافة أن المعمل غير المنظم يعيق الأفرا د من التعامل مع حالات الطوارئ. ويجب 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. فإن التراب 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.
- لا يجب تخزين الحاويات الكيميائية على الأرض.
- لا تستخدم الأرضيات أو السلالم أو الطرقات فى تخزين المواد الكيميائية.

نقل المواد الكيميائية:

عند نقل المواد الكيميائية بين المخازن المختلفة أو خارج المعمل يجب أن يتم نقلها فى أوعية ثنائية مقاومة للكسر. الأوعية الثنائية قد تكون مصنوعة من المعدن أو المطاط أو البلاستيك وبها يد لحملها وتكون كبيرة لدرجة أن تتحمل محتويات الوعاء الرئيسى فى حالة حدوث كسر فيه.

أما عند نقل الغازات المضغوطة فيجب استعمال الحوامل المناسبة لها وحماية صماماتها بواسطة غطاء. أما فى حالة نقلها بين الأدوار المختلفة فلا يجب أن يكون هناك أفراد فى المصعد عندئذ.

تخزين المواد الكيميائية

يجب استعمال المواد الكيميائية فى المعامل بالكميات المطلوبة للعمل فقط أما باقى الكميات فيجب تخزينها. يجب أن يكون هناك بطاقة بها كل المعلومات عن المواد الكيميائية. أى خطورة خاصة للمادة الكيميائية يجب أن تكون مدونة على البطاقة الملصقة بالوعاء الحاوى لها. فى بعض الحالات المعينة ولمجموعة معينة من المواد الكيميائية (على سبيل المثال الإيثيرات والمواد المكونة لفوق الأكاسيد) يجب كتابة تاريخ فتح الأوعية المحتوية على هذه المواد على البطاقة. يجب أيضا كتابة التاريخ الذى يجب التخلص فيه من هذه المواد المكونة لفوق الأكاسيد بعد فتحها على البطاقة.

لا يجب الاحتفاظ بأكثر من واحد لتر من السوائل القابلة للاشتعال على رفوف المعامل. الكميات 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. لا يجب تخزين المواد الكيميائية ولا نفاياتها على الأرض فى المعمل.

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

استخدام أوعية ثانوية لتقليل تناثر المواد عند حدوث تسريب أو كسر للوعاء الأساسى يكون مفيد جداً.

يجب 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.

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 لا يجب ممارسة 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 الطرق الخاصة 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 والمراد التخلص منها عندما يكون الاختلاط ممكناً. فى بعض الأحيان النفايات 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 من ناحية الكسر حتى لا تمثل صعوبة عند

تفريغها. ويستحسن استعمال أوعية مصنوعة من البلاستيك (مثلا من بولى ايثيلين) أو من المعدن (المجلفن أو من الحديد الصلب) لجمع النفايات السائلة وهى أكثر أماناً وخصوصاً فى حالة السوائل القابلة للاشتعال.

- لا يجب استعمال أوعية من الحديد الصلب المجلفن لجمع النفايات التى تمثل مذيبات مهلجنة لأن هذه المذيبات تسبب التآكل للمعدن وبالتالى يحدث لها تسريب.
- يجب وضع بطاقات بيانات على كل الأوعية مشتملة محتويات الوعاء ويجب أن تؤمن تغطيتها فى حالة عدم استخدامها.
- النفايات السائلة يجب جمعها بطريقة منفصلة عن نفايات المذيبات العضوية ولا يجب إلقاء المحاليل المحتوية على نفايات قابلة للاشتعال أو بها مواد خطرة فى حوض الصرف الصحى. ولا يجب استخدام الزجاج فى حفظ النفايات المائية لخطورة تجمدها.
- النفايات الصلبة مثل نواتج التفاعلات الجانبية Byproducts أو المرشحات الموجود بها بعض الكميات من المواد الكيميائية أو المواد المستخدمة فى الأوساط الكروماتوجرافية يجب وضعها جميعاً فى أوعية لحين نقلها للتخلص منها. ويجب بذل كل الجهد 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.

استعمال والحفاظ على المعدات والزجاجيات

صيانة الأجهزة والمعدات المستخدمة فى المعامل تمثل دوراً هاماً فى أمان وكفاءة العمليات. ويجب الكشف الدورى على المعدات وصيانتها. وعملية الصيانة يجب أن تتأكد 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. فى حالة حدوث تكسير للأدوات الزجاجية فيجب 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 يجب إحاطتها بعوازل (دروع). وجيب استخدام هذه الأدوات المصممة للاستخدام فى حالة التفريغ لهذا الغرض فقط.

ويجب حماية اليد عند جمع الزجاج المكسور. القطع الصغيرة يجب جمعها بواسطة مكنسة.

لا يجب إجراءات عمليات صهر ونفخ الزجاج فى حالة وجود إمكانيات خاصة. كما يجب حماية اليد عند إدخال أنابيب فى مخارج زجاجية. والجروح الناتجة من إدخال أنابيب فى مداخل زجاجية تمثل أكثر الحوادث المعملية فيجب أن تكون المداخل الزجاجية معالجة حرارياً بحيث تكون ناعمة أو يجب 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 العمليات المعملية فإن الخبرة الحذرة المعملية تفترض دائماً أن هناك احتمال لحدوث حرائق ما لم يتم اتخاذ كل الاحتياطات الخاصة بمراجعة المواد المستخدمة وكذلك طريقة إجراء العمليات. فمثلاً العمليات المعملية البسيطة بالمحاليل المائية حيث لا تستخدم سوائل عضوية قابلة للاشتعال لا تمثل خطورة لحدوث حرائق. فى الحالات الأخرى 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 حدوث 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 إنذارات للنيران، أجهزة إطفاء، حمامات أمان ومعدات طوارئ أخرى ويكون كل هذا موجود فى مكان واضح وأن يكون كل العاملين مدربين على استخدامها. يجب مراعاة وجود مخارج واسعة وسهلة عند حدوث الحرائق. يجب استخدام أجهزة إطفاء مناسبة عند حدوث

الحرائق. يجب أن تكون هنالك لوحة بأرقام التليفونات الخاصة بمركز إطفاء الحرائق حتى يتم استدعائهم على الفور.

إجراء التفاعلات بكميات معينة Scaled up reaction

الاحتياطات اللازم اتخاذها عند إجراء أى تفاعل لا تعتمد على كميات 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 لحدوث أى مشكلة.

➢ **ويجب اتخاذ الاحتياطات فى الحالات الآتية:**

- المواد المتفاعلة أو النواتج البينية تحتوى على مجموعات لها صفات انفجارية 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 ليلاً يجب 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 حادث.

الاستجابة للحوادث والطوارئ

- **الاستعدادات العامة فى حالة الطوارئ:** يجب على كل العاملين بالمعامل أن يعرفوا كيفية التصرف فى حالة الطوارئ وتتلخص هذه المعرفة فى الآتى:
  - موضع أدوات الحريق وأدوات التحكم فى التسرب.
  - معرفة كل أماكن الخروج لتفريغ المبنى من العاملين.
  - معرفة كيفية البلاغ عن الحرائق، الإصابات ، تسرب المواد الكيميائية وخلافه.

- وهذه المعلومات السابقة يجب أن تكون موجودة فى شكل كتاب فيه التعليمات الخاصة بالمعهد والتى توصف فيها الإجراءات الواجب اتخاذها فى حالات الطوارئ. طبعاً يجب أن يكون كل العاملين بالمعامل على درجة عالية من معرفة كيفية استخدام أدوات الإطفاء ومعدات الطوارئ والتعامل مع التسرب الكيميائى وكذلك الإصابات. كما يجب أن توضع على أبواب المعامل رقم تليفونات الأشخاص المسئولين.

التعامل مع تحرر (انطلاق) المواد الكيميائية الخطرة

يجب دائماً تصميم التجارب بحيث تقلل من إمكانية انطلاق مواد خطرة فى المعامل إلى الحد الأدنى. ويجب استخدام الكميات الدنيا من المواد الخطرة فى التجارب ويراعى عند نقلها وتداولها الطرق السليمة الآمنة من ناحية احتوائها فى قنينات مقاومة للكسر أو تحتوى على وعاء ثانوى. ويجب أن يكون العاملين على دراية

بخصائص هذه المركبات من ناحية الخواص الطبيعية والكيميائية وكذلك سميتها وذلك قبل التعامل معها. ومن أهم الاحتياجات اللازمة عند انطلاق المواد الكيميائية الخطرة هو وجود معدات الأمان، الملابس الواقية، والمعدات التى تتحكم فى التسرب.

- فى حالة حدوث تسريب فى المعمل فيجب إتباع التعليمات الآتية بالتسلسل الوارد:
  - يجب إعلام العاملين فى المعامل الأخرى بوجود حادثة تسريب وإن أمكن فيجب إخلاء المعهد من العاملين.
  - محاولة مساعدة المصابين وفى حالة الضرورة سرعة الاتصال بالإسعاف.
  - محاولة محاصرة التسرب ولكن بدون مخاطرة للتعرض للإصابة أو التلوث.
  - ينظف المكان الذى حدث به تسرب وذلك باستخدام الطرق المناسبة كما يجب التخلص من المواد التى تلوث بالطرق المعروفة والتى سنوردها فيما بعد.

معالجة الأفراد المصابين والذين حدث لهم تلوث:

إذا حدث إصابة أو تلوث لأحد العاملين بمادة كيميائية خطرة فيكون له الأولوية فى التعامل معه وليس تطبيق معايير التحكم فى التسرب. ويجب أن يلاقى المصاب عناية طبية بأسرع ما يمكن وذلك بالاتصال برقم تليفون الإسعافات الطبية.

← عند حدوث تسرب أصاب منطقة صغيرة من الجلد

فيجب اتباع الخطوات الآتية:

- اغسل المنطقة المصابة وذلك بوضعها تحت تيار الماء لمدة لا تقل عن 15 دقيقة.
- عند عدم ملاحظة حرق واضح اغسل هذه المنطقة بالماء الدافئ والصابون مع خلع أى مجوهرات أو حلى للزينة لكى يسهل تنظيف الجلد من المواد الخطرة.
- أنظر إلى لائحة أمان المواد Material Safety Data Sheet لكى تتعرف على إمكانية حدوث تأثير من هذه المادة فى وقت لاحق.
- ابحث عن رعاية طبية حتى إن كانت الحروق الكيميائية صغيرة.
- لا تستخدم أى كريمات أو دهانات.

← إذا حدث تسريب على الملابس فيجب:

- عدم تنفيض الملابس
- اخلع كل الملابس الملوثة وكذلك الأحذية والمجوهرات وذلك قبل استعمال حمام (دش) الأمان.
- الثوانى مهمة فى مواجهة هذا الموقف ولذلك بادر بعمل اللازم.
- احذر من انتشار المواد المتسربة على الجلد وخصوصاً فى العيون.

- كن حذرا عند خلع البلوفر أو الفانلات لكى لا تصيب العيون ومن الأحسن تمزيق الملابس وليس خلعها من خلال الرأس.
- مباشرة أغمر الجسم المتأثر بالماء الدافئ لمدة لا تقل عن 15 دقيقة.
- يجب الحصول على رعاية طبية على وجه السرعة.
- تخلص من الملابس الملوثة أو أرسلهم إلى المغسلة ويتم غسلهم بشكل منفصل عن الملابس الأخرى

فى حالة حدوث إصابة للعيون فيجب إتباع الآتى:

١ - اغسل عينيك بالماء مباشرة من مياه جارية لمدة 15 دقيقة على الأقل.

٢ - ابعد الجفون عن جسم العين للشخص المصاب واطلب من المصاب أن يحرك عينه إلى أعلى واسفل وكذلك إلى الجنب حتى يمكن غسل العين خلف الجفون.

٣ - استخدم غسول للعيون وفى حالة عدم وجوده ضع الشخص المصاب راقداً على ظهره وقم بصب الماء بلطف فى عينيه لمدة لا تقل عن 15 دقيقة.

٤ - اتبع الإسعافات الأولية على يد شخص متخصص متدرب على التعامل مع الإصابات الكيميائية.

أدوات التحكم فى التسرب

كل معمل يحتوى على مركبات خطرة يجب أن يكون فيه مجموعات Kits للتحكم فى التسرب والجاهزة للتعامل مع المخاطر

الناجمة عن استعمال المواد فى المعامل. وهذه المجموعات تعمل على جعل المخاطر الناجمة عن التسرب يكون لها تأثيرا محدودا. ويجب وضع مجموعات التحكم فى التسرب بالقرب من مخارج المعمل لكى يسهل التعامل بها. وتحتوى مجموعات التحكم فى التسرب على الآتي:

- وسائد تحكم فى التسرب. وهذه الوسائد متاحة فى المتاجر وتستخدم لامتصاص المذيبات، الأحماض، القلويات الكاوية ولكن لا تستخدم مع حمض الهيدروفلوريك.
- بعض المواد الماصة الخاملة كالرمل أو المواد الصلصالية. للعلم الورق ليس مادة ماصة خاملة ولا تستخدم لتنظيف المواد المؤكسدة مثل حمض النيتريك.
- مواد معادلة Neutralizing للأحماض المتسربة مثل كربونات الصوديوم وبيكربونات الصوديوم.
- مواد معادلة للقويات المتسربة مثل كبريتات الصوديوم وحمض الستريك.
- أكياس بلاستيك كبيرة ومكانس بيد طويلة وكذلك جامع التراب Dust pumps.
- معدات واقية للأشخاص مناسبة ووسائل إنذار ووسائل حماية ضد السقوط أو الانزلاق على الأرضيات المبللة.

تنظيف المعمل من الانسكابات

تعتمد طرق التخلص من الانسكابات عن طريق التنظيف على موقع الحادث وكذلك الكمية وخواص المواد المنسكبة وكذا

درجة سميتها ونوع السمية وكذلك على مدى التدريب الذى حصل عليه العاملون فى هذا الموضوع.

➢ سنورد الآن بعض التعليمات العامة مع بعض الانسكابات الشائعة:

- بالنسبة للمواد غير القابلة للاشتعال وليست قابلة للتطاير ولها سمية ضئيلة تشمل هذا النوع من المواد الخطرة الأحماض غير العضوية (حمض الكبريتيك والنيتريك .. إلخ) والقواعد الكاوية (مثل هيدروكسيد الصوديوم والبوتاسيوم). فى هذه الحالة للتخلص منها يجب أن يكون لدينا قفازات ومناظير وفى حالة الضرورة أغطية للأحذية. ويوصى باستعمال مواد ماصة محايدة لامتصاص المواد المنسكبة. ومن الممكن معادلة المواد المنسكبة بمواد مثل كبريتات الصوديوم الهيدروجينية فى حالة (القواعد) وكذلك كربونات الصوديوم فى حالة انسكاب الأحماض.
- بالنسبة للمذيبات القابلة للاشتعال. يجب اتخاذ إجراء سريع فى هذه الحالة الخطرة عند انسكاب مذيب قابل للاشتعال وله سمية منخفضة نسبياً. ومن هذه المذيبات: إثير ، بنتان ، ثنائى إيثيل إيثر ، داى ميثوكسى إيثان ، وتتراهيدروفيوران. فى هذه الحالة يجب إخماد أى لهب فى المعمل وكذلك فصل الأجهزة التى ينتج عنها شرارة كهربائية. كما يلزم فصل مصدر الطاقة الكهربية عن المعمل ويجب امتصاص المذيب المنسكب بواسطة وسادة امتصاص الانسكابات على وجه السرعة يتم وضع المواد

الممتصة نتيجة الانسكابات فى حاويات خاصة تمهيداً للتخلص منها بطريقة مناسبة.

- بالنسبة للمواد المنسكبة ولها سمية كبيرة. لا يجب التعرف فى هذه الحالة بشكل منفرد. فيجب أن يتم التخلص من الانسكابات في وجود عدة أشخاص كما يجب أن يكون فى الصورة أيضاً مكتب المسئول الصناعى الصحى وذلك للحصول على المساعدة اللازمة لتقدير المخاطر فى هذه الحالة. وهؤلاء المحترفون سيعرفون كيف يتخلصون من هذه المواد وسيقومون بهذه المهمة.

التعامل مع اسطوانات الغاز التى بها تسريب

فى بعض حالات التسريب من اسطوانات الغاز قد يشكل هذا خطورة كبيرة وجادة تستلزم مساعدة مباشرة من خارج المؤسسة. فيجب العمل على غلق صمام هذه الاسطوانات دون توتر أو قلق. ويجب ارتداء بعض المعدات الواقية.

➲ بعض التعليمات المعاونة فى حالات تسريب الغازات

- **غازات قابلة للاشتعال، خاملة أو غازات مؤكسدة.**

– يجب نقل الاسطوانة فى هذه الحالة إلى مكان معزول بعيداً عن المواد القابلة للاشتعال فى حالة الغاز القابل للاشتعال أو بمثل مادة مؤكسدة. وعند نقل الاسطوانة المحتواة على غازات قابلة للاشتعال أو بها مواد مؤكسدة نحرص على عدم

تعرض الاسطوانة لأى شكل إشعال. من الممكن أيضاً وضع الاسطوانة التى بها تسريب فى خزانة التجارب بالمعمل حتى يستهلك كل محتوى الاسطوانة.

- **الغازات التى تعمل على التآكل Corrosive gases:**

– الغازات التى تعمل على التآكل قد تزيد حجم التسريب المنطلق وبعض هذه الغازات تكون عوامل مساعدة أو قابلة للاشتعال وقد يكون لها سمية. وفى هذه الحالة تنقل الاسطوانة التى بها تسرب إلى مكان معزول وبه تهوية جيدة ثم يوجه الغاز المتسرب إلى مادة كيميائية معادلة مناسبة. فى حالة ما إذا كان هناك تفاعل بين الغاز والمادة المعادلة قد يؤدى إلى شفط إلى الاسطوانة Suck back من خلال الصمام فيجب فى هذه الحالة وضع مصيدة Trap فى الخط قبل بداية التعادل.

- **الغازات السامة:**

– نفس الاحتياطات يجب اتخاذها فى هذه الحالة كما فى حالة الغازات المسببة للتآكل ولكن لحماية الأفراد فى المعمل يجب عمل تحذيرات خاصة لخطورة التعرض لها.

- يجب أن يكون على الاسطوانة بطاقة تصف الأخطار وعليها التحذيرات والتعليمات التى يجب إتباعها فى حالة حدوث تسريب.

- **كيفية التعامل مع الزئبق عند تسربه**

- أغلب التسريبات الناتجة عن الزئبق ليس لها خطورة كبيرة. وعند حدوث التسريب تعزل المنطقة ونبدأ عملية التخلص منه. ويجب على العاملين للتخلص منه ارتداء قفازات. وتبدأ العملية بالتقاط قطرات الزئبق الصغيرة أما الكبيرة فتجمع بواسطة شريحة من الورق على شكل بقعة Pool من الزئبق ثم تزاح بواسطة الشفط Pump أو أى وسيلة أخرى مناسبة. لا تستخدم المكنسة الكهربائية لهذا الغرض. لو لزم المر استخدم مكنسة كهربائية منزلية فيجب وضع مرشح Filter كمصيدة. عند جمع القطرات الصغيرة من الزئبق يمكن استخدام منشفة مبلولة والتى تعمل على تجميع هذه القطرات الصغيرة إلى قطرات أكبر.
- وعلى العموم يجب حفظ الزئبق فى زجاجات مصنوعة من البولى إيثيلين ذات كثافة عالية وتكون الجدران سميكة.

التعامل مع الحرائق Responding to fires

الحرائق من الحوادث الشائعة فى المعامل، ولذلك يجب على كل طاقم المعمل أن يكون على علم بالإرشادات العامة لمنع وتقليل

الإصابة والتلف الناتج من الحرائق. ويجب أن يجيدوا استخدام أدوات الإطفاء ويحسن اختبار طفايات الحريق.

- الاستعداد لمواجهة الحرائق مهم جداً. يجب التأكد أن كل من يعمل فى المعامل يعرف موقع طفايات الحريق وأى نوع من الحرائق تستخدم لهم وكيفية التعامل مع هذه الطفايات بشكل صحيح. كما يجب عليهم أن يعرفوا موقع أقرب إنذار للحرائق وأين توجد حمامات الأمان وكذلك بطانيات الطوارئ.
- يجب التعامل مع الحرائق الصغيرة بسرعة والعمل على إطفائها ويجب الحرص أن يكون موقعك قريب من باب الخروج حتى لا تقع فى مصيدة النار إن امتدت لا تخطئ تقدير المخاطر الناجمة عن الحرائق وتذكر أن الغازات السامة والدخان قد تمثل خطراً إضافياً ويجب إخطار فنيى إطفاء الحرائق بسرعة.
- عند حدوث حرائق فى أوعية صغيرة يكفى تغطيتها بشكل غير محكم. ولا تلتقط أى وعاء يحتوى على مادة مشتعلة.
- يجب إطفاء الحرائق الناجمة عن الفلزات النشطة مثل الصوديوم والماغنسيوم وكذلك هيدريد الفلزات فتطفأ بواسطة طفايات الحرائق Me-L-X أو Met-L-Kyl أو نغطى هذه الفلزات بالرمل. ونظراً لصعوبة إطفاء الحرائق الناجمة منعا فيجب إطلاق أصوات الإنذار قبل محاولة إطفائها.
- فى حالة الحرائق الأكثر خطورة يجب إخلاء المعمل وتشغيل أقرب إنذار حريق وعند وصول رجال الإطفاء أخطر قسم

الحرائق والطوارئ بالمعهد بالمواد الخطرة الموجودة بالمعمل.

- فى حالة ما إذا أمسكت النيران بملابس أحد فيجب أن يوقع على الأرض ودحرجته. كما يمكن إلقاء الماء عليه من دش الأمان. آخر ما يستعمل هو البطانيات لكونها تحتفظ بالحرارة ولأنها تزيد من حدة الحرائق. بعد ذلك اخلع الملابس المحترقة ثم يلقى بالماء على الشخص ثم يلبس ملابس نظيفة وباردة على المنطقة المحروقة فى جسده. الشخص المصاب يلف فى بطانية لتجنب حدوث صدمة ويجب نقله للحصول على الرعاية الطبية المناسبة.

التعامل مع المواد الكيميائية القابلة للاشتعال

على كل العاملين مع المواد القابلة للاشتعال معرفة بعض المعلومات الخاصة بالضغط البخارى، 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، فصل هذه المواد عن مصادر الاشتعال، العمل على أن تكون مصادر الاشتعال موصلة بالأرض كما يمكن استخدام البدائل الأقل خطراً.

لا تستعمل اللهب المباشر –عند استخدام مواد كيميائية قابلة للاشتعال- مثل موقد بنون أو الكبريت أو التدخين أو أى مصادر أخرى للاشتعال. ولا تستخدم مواقد الغاز كمصدر للتسخين فى

المعمل المستخدم به مواد قابلة للاشتعال ولكن كذلك بدلاً منها معدات تسخين بالمياه تستخدم أجهزة كهربية للتقليب، الموتورات، فواصل الكهرباء Relays وكل هذه الأجهزة قد تكون مصدر للإشعال وخصوصاً لأبخرة هذه المواد فلا يجب استخدامها. ونظراً لأن موقع الأجهزة المذكورة يكون ثابتاً فى المعمل ففى هذه الحالة يكون أكثر أمانا إجراء العمليات الموجودة بها المواد القابلة للاشتعال فى مكان آخر بعيداً عنهم.

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. الثلاجات العادية لا يجب استخدامها نظراً لوجود مصادر إشعال بها مثل مروحة الموتور ومفاتيح وفواصل الكهرباء relays.

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

- لا يجب تسخين المواد القابلة للاشتعال بلهب مفتوح Open flame ويستحسن استخدام مصادر حرارية تشتمل على حمامات مائية أو حمامات بخارية، 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 المخاليط القابلة 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. ولذلك يجب تداول هذه السوائل بالطريقة التى لا تسمح للوصول 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. قبل 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

Catalyst ignition of flammable materials

يجب فصل البالاديوم والبلاتين على الكربون، أكسيد البلاتين، النيكل المجزأ والعوامل المساعدة فى عملية الهدرجة –عن طريق الترشيح من المخاليط. والعوامل المساعدة المفصولة غالباً ما تكون مشبعة بغاز الهيدروجين و 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 يجب وضعها 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 الخامل.

العمل مع المواد النشطة جداً أو المتفجرات

ينجم الانفجار من التفاعلات السريعة جداً والتى ترافق بانطلاق كمية كبيرة من الطاقة وهذه التفاعلات قد تكون تلقائية أو يمكن حفزها وينتج عنها زيادة فى الضغط، غازات، دخان وكل هذه النواتج تمثل خطورة. وسوف نناقش فى هذا الجزء طرق التعرف وتداول المتفجرات.

فالضوء والصدمات الميكانيكية والحرارة وبعض العوامل المساعدة يمكن أن تعمل على تنشيط التفاعلات الانفجارية فالهيدروجين يتفاعل مع الكلور ويحدث انفجار إن تم هذا التفاعل فى الضوء. أما إحداث تفاعل انفجارى بفعل الصدمات الميكانيكية فمنها تفاعل الأسيتاليدات ، الأزيدات ، نترات المركبات العضوية ، الفوق كلورات وكثير من فوق الأكاسيد. الأحماض والقواعد أيضاً يمكن أن تكون عوامل مساعدة لحدوث عمليات البلمرة المرافقة بانفجار. كثير من أيونات الفلزات كذلك تكون عوامل مساعدة فى تفاعل التحلل العنيف لفوق أكسيد الهيدروجين.

- عند إجراء تفاعلات تستخدم فيها المواد النشطة يجب أن تكون معدات الطوارئ فى متناول اليد.
- عند إجراء التفاعلات التى ترافق بانفجار يجب أن نبعد عنها أى مصادر حرارية أن يكون ليدنا طرق لتبريد الوعاء الذى يتم فيه التفاعل كما يجب أن يتم التفاعل فى خزانة التجارب مع قفل بابه. كما يجب أن يوضع درع من البلاستيك الشفاف لمزيد من الحماية بجانب باب 0شباك) خزانة التجارب.

- فى حالة الزيادة الكبيرة لسرعات التفاعلات الكيميائية وعدم وجود تبادل حرارى بين التفاعل والوسط المحيط قد يؤدى لحدوث الانفجار ولذلك فاستعمال كميات صغيرة ووجود تبريد كاف وسطوح للتبادل الحرارى قد يؤدى إلى التحكم فى التفاعل. فى حالة وجود Induction time للتفاعل فيجب الحرص عند إضافة المتفاعلات.

➢ والتعامل مع المواد القابلة للانفجار أو التفاعلات الانفجارية تتطلب:

- أن يلبس العاملون نظارات لها حواجز جانبية صلبة.
- لبس واقى لكل الوجه مثلا التعامل مع ديازوميثان.
- يجب لبس قفازات جلدية سميكة فى حالة التعامل مع هذه المركبات الخطرة فى خزانة التجارب أو عند تناول مخلوط التفاعلات. وطبعاً التخطيطي الجيد للتجارب يقلل الحاجة لكثير من الاحتياطات.
- فى المعامل التى يجرى بها تجارب انفجارية يجب لبس بالطو المعمل كل الوقت. وهذا البالطو يجب أن يكون مصنوعاً من مادة مقاومة للاشتعال ويكون من الممكن وبسهولة خلعها. وهذا البالطو يقوم بالحماية من الجروح المحتملة من الزجاج المتطاير.

➢ **والتصميمات الواقية فى حالة إجراء التجارب الانفجارية تكون:**

- حواجز كالدروع لحماية الأفراد والمعدات. الحواجز أيضاً تستخدم لهذا الغرض ويجب أن تحيط كل المساحة التى تجرى بها التجارب.
- خزانة التجارب تمثل عامل أمان كدرع فقط ضد تناثر المواد الكيميائية والحرائق والانفجارات الصغيرة.
- الصناديق الجافة Dry boxes يجب أن تزود بشباك زجاجى عندما يوضع بها مواد قابلة للانفجار فى جو خامل. كما يجب أن نزود هذه الصناديق بقفازات مطاطية لإعطاء مزيد من الحماية. من المهم أيضاً أن يتم توصيل هذه الصناديق بالأرض لكى لا تحتوى هذه الصناديق على شحنات كهربية قد تؤدى إلى انفجار المواد الموجودة بها.

فوق أكسيد المركبات العضوية Organic peroxides

فوق أكسيد المركبات العضوية تمثل مركبات منخفضة الثبات وتمثل مركبات خطرة وتستعمل عادة فى إجراء التفاعلات المكونة للجذور Free radical reactions وهذه المركبات فى منتهى الخطورة نظراً لأنها لحساسيتها للصدمات أكثر من كثير من المتفجرات مثل TNT كما أن مركب مثل أكسيد البنزويل Benzoyl peroxide حساس جداً للحرارة- الاحتكاك ، الضغط ، الضوء وكذلك للمواد المؤكسدة والعوامل المختزلة.

➢ 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 (استخدم مذيبات الهيدروكربون الأليفاتية كمذيب خامل) ولا تستخدم المذيبات العطرية مثل طولوين) لأنه ينشط تفاعل تكسير داى أسيل فوق أكسيد.
- لا تستخدم محلول مركبات فوق الأكاسيد فى المذيبات سهلة التطاير لأن تطاير هذه المذيبات يؤدى إلى زيادة تركيز فوق الأكسيد فى المحلول.
- لا تسمح بالتدخين أو وجود لهب مكسوف أو أى مصدر من المصادر الحرارية. ويجب أن توضع العلامات التى تدل على وجود مركبات فوق الأكسيد فى المعامل.
- تجنب الاحتكاك أو الطحن بجوار مركبات فوق الأكسيد. لا تستخدم أدوات زجاجية لها غطاء زجاجى أيضاً فى حفظ هذه المركبات ولكن يجب استخدام زجاجات من البولى إيثيلين.
- ولكى تتجنب تحلل مركبات الفوق أكسيد يجب حفظها عند درجات حرارة منخفضة بالقرب من درجة التجمد. الحفظ عند درجات حرارة منخفضة جداً قد يؤدى إلى تكون صورة من الصور الحساسة جداً للصدمات أو الحرارة.

إختبار وجود مركبات فوق الأكسيد:

أضف 3 مل من المحلول المراد اختباره إلى حجم مساو من حمض الخليك ثم أضف قطرات قليلة من محلول 5% من يوديد

البوتاسيوم ورج محتويات الأنبوبة. ظهور اللون الصفر أو البنى يشير إلى وجود مركب فوق الأكسيد. كما أن إضافة 1 مل من محلول 10% يوديد بوتاسيوم المحضر حديثاً إلى 10 مل من السائل العضوى فى مخبار زجاجى حجم 25 مل سينتج عن ذلك ظهور لون أصفر فى حالة وجود فوق الأكسيد.

كما أنه يباع تجارياً شرائط فوق الأكسيد والتى تشير مباشرة عند غمسها فى المحلول العضوى إلى وجود فوق الأكسيد. لاحظ أن هذه الشرائط يجب أن تترك فى الهواء لتجف حتى يتطاير المذيب ثم تستخدم بعد ذلك.

التخلص من فوق الأكاسيد

فوف الأكاسيد النقية لا يجب التخلص منها مباشرة ولكن يجب تخفيفها قبل التخلص منها. الكميات الصغيرة منها (25 جم أو اقل) 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 امتصاصها بسرعة بواسطة vermiculite ثم يعالج المخلوط بواسطة مذيب مناسب والعجينة الناتجة يتم التخلص منها.
- لا تلقى المركبات العضوية لفوق الأكسيد فى الأحواض (فى الصرف).

- يتكون 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 ولذلك فإن السائل قد يتبخر بسرعة جداً. الهواء المسال يكون خطراً مثل الأكسجين المسال لأن النتروجين يغلى تاركاً تركيز أكبر من الأكسجين. بعض السوائل التى تستخدم فى التبريد مثل النيتروجين والهيليوم لو تركت معرضة للهواء فقد يتكثف ويكون الأكسجين المحتوى من الجو أيضاً يمثل خطورة كبيرة.

- فى حالة استخدام الغازات المسالة فى حيز مغلق يجب أن يحتوى التصميم لبعض الصمامات التى تسمح بتسريب الضغط الزائد الناتج من تبخير هذه الغازات.
- فى حالة السائل المستخدم (الهيدروجين مثلاً) فمن الممكن أن تكون مخلوط مع الهواء يؤدى إلى حدوث انفجار.

المواد النشطة أو القابلة للانفجار والتى تتطلب عناية خاصة

➢ المركبات الآتية مركبات نشطة وبعضها ينسب إلى المتفجرات:

- **مركبات الأستلين** : تكون مواد قابلة للانفجار فى مخلوط مع الهواء بنسبة 25-80%. الأستيلين عند ضغط 2 جوى والمعرض إلى تفريغ كهربى أو درجة حرارة عالية يتحلل محدثاً انفجارا عنيفاً. بعض مركبات الأستيلينات تنفجر عند حدوث تأثير ميكانيكى خفيف عليها. يجب حفظ الأستيلين فى محلول أسيتون ولا يحفظ مستقلاً فى اسطوانات.
- **كلوريد الألمونيوم:** في 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 (منشفة) سميكة.
- **النشادر (NH_3):** يتفاعل مع اليود وينتج منه ثلاثى أيوديد النتروجين الذى ينفجر باللمس. كما يتفاعل النشادر مع الهيبوكلوريت منتجاً الكلور مخلوط من النشادر والهاليدات العضوية يتفاعل أحياناً بعنف عند تسخينهما تحت الضغط. الأمونيا قابلة للاحتراق. واستنشاق كمية كبيرة منها قد تؤدى إلى الموت.
- **الأزيدات Azides:** 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 (DMSO).

- **ثنائى كبريتيد الكربون CS_2:** مركب عالى السمية وقابل للاشتعال.
- **الكلور Cl_2:** عالى السمية ويتفاعل بشكل عنيف مع الهيدروجين ومع المركبات الهيدروكربونية ى الضوء.
- **متراكب أكسيد الكروم مع البيريدين: CrO_3-C_5H_5N** يمكن أن ينفجر فى حالة زيادة تركيز CrO_3 العالية. ويجب أن يحضر المتراكب 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 يكون آمناً فى وجود الإيثير.
- **داى إيثيل ، داى أيزوبروبيل وإيثيرات أخرى** تشتمل على الهيدروفيوران و 1، 4 ديوكسان وكل الإيثيرات المتفرعة Branched يحدث لكل هذه المركبات انفجار عند تسخينها نظراً لاحتوائهم 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 المحتواه 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. كل هذه المساحيق فى الهواء يمكن أن تكون مخاليط شديدة الانفجار. يجب استخدام هذه المساحيق مع تهوية جيدة ولا يجب تعرضها لأى عامل من عوامل الاشتعال.
- **أكسيد الإيثيلين (C_2H_4O):** ينفجر عند تسخينه فى وعاء مغلق. التجارب 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. بعض 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. عند تلامسها مع الجلد تحدث حروق شديدة. محلول تركيزه 30% يتحلل بسرعة وخصوصاً 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 ولا يجب 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. لا يجب استخدام طفايات من ثانى أكسيد الكربون أو طفايات تحتوى 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 وخصوصاً فى حالة احتواء المركب على أكثر من مجموعة نيترو. الكحولات والبولى أولات تكون استرات للنترات (نيتروجلسرين) تكون متفجرات قوية.
- **خزانات الأكسجين:** يجب تداولها بحرص لأنها تكون مع بعض الزيوت فى حالة الضغط العالى للأكسجين شديدة الانفجار. لا يجب استخدام الزيوت أو الشحوم grease بالتلامس إلى اسطوانة الأكسجين.
- **الأوزون O_3:** مركب نشط جداً وعالى السمية. ويتكون نتيجة تعرض الأكسجين (فى الهواء) للأشعة فوق البنفسجية ولذلك فإن مصادر الأشع ة 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 لا يجب استعمال معهم مرشحات قابلة للاشتعال.
- **فوق الكلورات Perchlorides:** يجب تجنب استعمالها فأملاح الفوق كلورات العضوية أو مع مركبات الفلزية العضوية وكذلك الأيونات غير العضوية تمثل مادة متفجرة. محلول من حمض

البيركلوريك $HClO_4$ يمكن تسخينه بأمان حتى 200°م عندما يكون تركيزه 70% ولكن تلامس الحامض غير المخفف والذى يوجد عند درجة الغليان أو أبخرته الساخنة مع المواد العضوية أو أى مركبات غير عضوية مؤكسدة قد يشكل مخلوطاً انفجارياً شديداً.

- **البرمنجانات Permanganate:** تكون مواد متفجرة عند معالجتها بحمض الكبريتيك عند 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. يجب حفظ الفوسفور الأبيض تحت الماء لأنه يشتعل عند تعرضه للهواء. ويتفاعل الفوسفور مع محاليل الهيدروكسيدات ليعطى الفوسفين والذى قد يشتعل أو ينفجر فى الهواء.
- **ثلاثى كلوريد الفوسفور PCl_3:** يتفاعل مع الماء ليعطى حمض الفوسفوروز وينطلق غاز كلوريد الهيدروجين. حمض الفوسفوروز يتحلل بالتسخين منتجاً غاز الفوسفين. ويجب فتح الأوعية المحتواه على ثلاثى كلوريد الفوسفور بحرص وكذلك ثلاثى كلوريد الفوسفور الذى تعرض للرطوبة لا يجب 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 يتزامن ذلك بانفجار 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 والتى تسبب الاشتعال.

ولا يجب 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 balls 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 desiccators. وفى حالة الضرورة لاستخدامه يجب وضع كرات من الزجاج لمنع تناثر Splashing الحامض عند تحريك المجفف. وعند تخفيف الحامض يجب إضافته ببطء إلى الماء البارد. أما العكس قد يحدث أن يغلى الحامض وقد يؤدى هذا إلى كثير من الحوادث.
- **ثلاثى كلورو استلين (Cl_2CCHCl):** يتفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم 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 لويس القوة ويحدث لها تميؤ منتجة أحماض بروتونية قوية. يتفاعل كلوريد البورون $BaCl_3$ مع الماء منتجاً HCl وأبخرة هذا الغاز BCl_3 لها تأثير تآكلى Corrosive وتسبب تهيج العيون وكذلك الأغشية المخاطية Mucous membranes.
- **ثلاثى فلوريد الكلور (ClF_3):** فى الحالة السائلة له تأثير ت آكلى كبير وكذلك سمية كبيرة. وهذا المركب من المتفجرات القوية

يسبب حروق عند تلامسه مع الجلد. يكون ثلاثى فلوريد الكربون مخلوط انفجارى مع بخار الماء، الأمونيا ، الهيدروجين وأغلب البخرة العضوية.

- **هيدريد السيلينيوم (H_2Se):** هو غاز لا لون له ولكن له رائحة مميزة Offensive وهذا الغاز قابل للاشتعال والانفجار أيضاً ويتفاعل بعنف مع المواد المؤكسدة. وهذا الغاز مهيج للعيون والأغشية المخاطية وللجهاز التنفسى للإنسان ويسبب ضرراً شديداً على الجهاز الهضمى ويسبب عدم 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 والهالوجينات. 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.

التعامل مع المواد الكيميائية ذات السمية العالية

– 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 لها سمية 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.

وهناك عاملان مهمان عند إجراء التخطيط الفعال:

- استبدال المواد الكيميائية ذات السمية العالية بمواد أخرى أقل سمية كلما أمكن
- استخدام أقل كمية ممكنة لإجراء التجارب.

- 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 طيبة للتأكد من سلامة وأمن العاملين بالمعمل.
- يجب وجود احتياطات خاصة فى المكان الذى يجرى فيه التفاعلات التى يدخل فيها المواد ذات السمية العالية من لحظة إحضار هذه المواد وتفريغها للاستخدام ووضعها فى خزانة التجارب أو الصناديق المحتواة على قفازات. ويجب على كل العاملين بالمعمل أن يعلموا عن إجراء هذه التجارب ويكون الكل متدرباً 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 تعليمات إدارية بمنع دخول الأفراد غير الحاصلين على تدريب لدخول منطقة إجراء التجارب المستخدم فيها مواد ذات سمية عالية. قد يستخدم فى هذه الحالة أقفال أو حواجز مناسبة لهذا الغرض. ولكن استخدام الأقفال لا يجب أن يعيق الوصول إلى المخارج فى حالة الطوارئ أو يعيق دخول المعاونة فى حالة الطوارئ.

بعض الاحتياطات لتقليل التعرض للمواد الكيميائية الخطرة ذات السمية العالية:

- يجب إجراء العمليات التى يتولد عنها أتربة، أبخرة، ايروسول فى خزانة التجارب أو فى الصندوق ذو القفازات. ويجب فحص خزانة التجارب قبل إجراء عمليات بها تحتوى على مواد ذات سمية عالية. فى حالة استخدام خزانة التجارب بشكل مستمر وعلى فترة ومنية كبيرة فيجب تجهيز هذه الخزانة بأجهزة استشعار على أن الشفط فيها يسير بشكل طبيعى. لا يجب استعمال خزانة التجارب فى التخلص من النفايات الكيميائية وخصوصاً فى حالات المواد ذات السمية. وعلى العموم يجب استخدام خزائن التجارب بغلق أبوابها عند التجربة كما يجب استخدام دروع واقية إضافية فى حالة استعمال مواد ذات سمية أو قابلية للاشتعال أو الانفجار.
- عند العمل بالسوائل السامة أو المواد الصلبة يجب ارتداء القفازات الحامية للأيدى. ويجب انتقاء نوع القفازات المستعملة للتأكد من عدم نفاذية المواد السامة من خلالها إلى الجلد. واستعمال القفازات المزدوجة تعطى حماية أكبر فى حالة التعامل مع المواد ذات السمية العالية. القفازات التى يعاد استخدامها يجب غسلها جيداً وتفحص قبل وبعد استخدامها. القفازات التى حدث لها تلوث بمواد سامة لا يجب استعمالها عند التعامل مع أكر الأبواب، أزرار المصعد، فتح وغلق المعدات الكهربية.
- إن حماية العيون والوجه هى عملية مهمة للغاية لمنع دخول المواد السامة إلى الجهاز الهضمى أو استنشاقها أو تعريض الجلد لهذه المواد السامة. فارتداء النظارات ذات الجوانب

الحاجزة هى أقل خطوة للأمان. فى حالة تكوين أتربة، أبخرة، ايروسول من المركبات ذات السمية العالية يجب ارتداء واقى كامل للوجه وكذلك جهاز واقى للتنفس Respirator. كما أن وجود دروع واقية ضد الانفجار وتكون شفافة تعطى حماية إضافية من أى تناثرات محتملة.

- يجب عزل المعدات المستخدمة لتداول المواد ذات السمية العالية عن باقى أجواء المعمل.
- يجب العمل دائماً على نظافة المعامل حيث يتم تداول المواد ذات السمية العالية.
- يجب التخطيط مسبقاً لعملية نقل المواد ذات السمية العالية من مكان إلى مكان آخر وذلك بأن يقوم العاملون بارتداء الملابس الواقية ونقل هذه المواد فى أوعية غير قابلة للكسر.

Exclusive Environmental Engineering Group