عند إدارةِ الموادِّ الكيميائيةِ في المختبر لا يمكننا التخلصُ من كلِّ المخاطر، إلا أنّ السلامةَ والأمانَ المخبريَّين قد تحسّنا كثيراً عبر عملياتِ التقييمِ والإدارةِ الواعيةِ والمتأنّيةِ للمخاطر. إن الإدارةَ الواعيةَ لدورةِ حياةِ الموادِّ الكيميائيةِ لا تؤدي فقط إلى تقليلِ المخاطر المحتملةِ على الإنسانِ والبيئةِ وإنما تُنقص أيضاً من التكلفة.

الكيمياء الخضراء لكل مختبَر:
الكيمياء الخضراءُ هي فكرةٌ فلسفيةٌ تعبّر عن تصميم منتجاتٍ وعملياتٍ تُنقص من استخدامِ وتوليدِ الموادِّ الخطيرة. إليكم اثنا عشرَ مبدأً للكيمياء الخضراء:
1. منعُ الفضلات. أي تصميمُ عملياتِ اصطناعٍ لا تُخلّف فضلاتٍ تحتاج إلى معالجةٍ أو تنظيف.
2. تصميمُ منتجاتٍ وموادَّ كيميائيةٍ أكثر أماناً. تصميمُ منتجاتٍ كيميائيةٍ فعالةٍ بشكلٍ كامل، لكنها قليلةُ أو عديمةُ السمّية.
3. تصميمُ عملياتِ اصطناعٍ كيميائيةٍ أقلّ خطورةً: تصميمُ عملياتِ اصطناعٍ لاستخدامِ وتوليدِ موادَّ قليلةِ أو عديمةِ السمّيةِ على البشر والبيئة.

4. استخدامُ الموادِّ الأوّليةِ المتجدّدة. تجنُّبُ الموادِّ الخامِ والموادِّ الأوليةِ منتهيةِ الصلاحية. الموادُّ الأوليةُ المتجددةُ مصنوعةٌ من المنتجاتِ الزراعيةِ أو من الفضلاتِ الناتجةِ عن العملياتِ الأخرى. تُستخرَج الموادُّ الأوليةُ غيرُ المتجددةِ أو تُصنَع من الوقودِ الأحفوريِّ (أي الغاز الطبيعي والنفط والفحم).
5. استخدامُ الموادِّ المحفِّزةِ، وليس الكواشفِ المتكافئة. تُستخدم الموادُّ المحفِّزةُ (catalytes) بكمياتٍ قليلةٍ ويمكن أن تُستخدمَ في التفاعل الواحدِ عدةَ مرات. إنها مفضّلةٌ على الكواشفِ المتكافئةِ التي تُستخدم لمرةٍ واحدةٍ فقط في التفاعل.
6. تجنُّبُ المشتقاتِ الكيميائية. تَستهلك المشتقاتُ كواشفَ إضافيةً كما تُنتِج فضلات. تَجنبِ استخدامَ المجموعاتِ الحاميةَ أو الواقيةَ أو إدخالَ أيِّ تعديلاتٍ مؤقتة.
7. تحقيقُ أقصى قدرٍ من الاقتصاد، عن طريق تصميمِ عملياتِ الاصطناعِ التي تحقق منتجاً نهائياً يحتوي على أكبر نسبةٍ من الموادِّ الأولية. ينبغي أن تكون الفضلاتُ قليلةً إن وُجِدَت.
8. استخدامُ مذيباتٍ وشروطٍ للتفاعل أكثر أماناً. تجنب استخدامَ المذيباتِ والموادِّ العازلةِ أو غيرها من المواد الكيميائيةِ العازلة. إذا كان ذلك ضرورياً فيجب استخدامُ الموادِّ الكيميائيةِ الأقلِّ ضرراً.
9. زيادةُ كفاءةِ استخدامِ الطاقة، بإجراءِ التفاعلاتِ الكيميائيةِ في درجةِ الحرارةِ والضغطِ المحيطةِ بالتفاعلِ متى أمكن ذلك.
10. تصميمُ الموادِّ والمنتجاتِ الكيميائيةِ التي تتحلل بعد الاستخدام، أيْ المنتجاتِ الكيميائيةِ التي تتفكك إلى مركباتٍ أقلّ ضرراً بعد الاستخدامِ ولا تتراكمُ في البيئة.
11. التحليلُ بالوقت الحقيقيّ أو الحاضر لمنع التلوّث. وتشمل مراقبةَ الوقتِ الحقيقيِّ في أثناءِ العمل، والتحكم في أثناءِ الاصطناعِ للتقليل أو الحدِّ من تشكل كافةِ المنتجات.
12. الحدُّ من احتمال وقوع الحوادث. تصميمُ موادَّ كيميائيةٍ بأشكالها الصلبةِ والسائلةِ والغازيّة، للتقليل من أخطارها المحتمَلةِ كالانفجار والاشتعالِ والتسرّب إلى البيئة.شراء المواد الكيميائية:
تُعتبر دراسةُ دورةِ حياةِ المادةِ الكيميائيةِ وثمنِها جزءاً أساسياً من عملية الشراء. إنّ ثمنَ الشراءِ ما هو إلا بداية. يجب أن تؤخذَ تكاليفُ المداولاتِ البشريةِ والماليةِ وتكاليفُ التخلص من الفضلاتِ بعين الاعتبار. بدون هذه الدراسةِ قد يصبح تنظيمُ الموادِّ الكيميائيةِ معقداً وقد تشكل الموادُ الكيميائيةُ غيرُ المستخدمةِ جزءاً كبيراً من فضلات المختبر الخطرة.
هناك العديدُ من الأسباب من أجل تنظيمِ الموادِّ الكيميائيةِ وفقاً لحاجتها وفي عبوات صغيرة
1) العبواتُ صغيرةُ الحجمِ تُنقص من خطر الكسر والتحطم.
2) العبواتُ الصغيرةُ تقلل من خطر الحوادثِ والتعرضِ للمواد الخطرة
3) المخزوناتُ من حجم واحدٍ تقلل من المساحةِ المطلوبةِ للتخزين
4) العبواتُ الصغيرةُ يتم إفراغُها بسرعة أكبرَ، مما ينتج عنه إنقاصُ فرصةِ تلوّثِ الموادِّ الفعالة
5) العبواتُ الكبيرةُ غالباً ما تكون مجزّأة، وهذ يتطلب مُعَدّاتٍ أخرى كالعبواتِ الناقلةِ الصغيرةِ والمِضخّاتِ والأقماع والأنابيبِ، إضافةً إلى مُعَدّاتِ السلامةِ الشخصيةِ (Equipment Protective Personal :PPE) والمخبريةِ نظراً للمخاطرِ التي يتضمنها العملُ بهذه المواد.
6) تكلف العبواتُ الصغيرةُ التي تحوي الموادَّ الخطيرةَ غيرَ المستخدمةِ تكاليفَ أقلَّ عند التخلص منها.
ينبغي على المؤسسة أيضاً أن تقلصَ من كمية الموادِّ الكيميائيةِ التي تحصل عليها كهبَةٍ أو استناداً إلى عقود بحثية، وذلك لتقليل المصاريفِ التي تُفرَض من أجل حفظِ أو التخلص من الموادِّ الكيميائيةِ غير الضرورية.

تنظيم المواد الكيميائية:
يمكن للمؤسسةِ أن تركّزَ السلطةَ بحيث تَعْهَدُ بتنظيم المواد الكيميائيةِ إلى مكتبِ شراءٍ واحدٍ، أو أن توزعَ السلطةَ عبرَ المؤسسة. ينبغي على نظام الشراءِ المركزيِّ أن يتحكمَ بتنظيم أنماطٍ محددةٍ من المواد، كالمواد القابلةِ للاشتعال، في حاوياتٍ وضمنَ حجومٍ محددة.
قبل شراء الموادِ الكيميائيةِ ينبغي على طاقم العمالِ أن يسألَ بعضَ الأسئلة:
☐ هل المواد المطلوبةُ متوفرةٌ في مختبرٍ أخرَ للمؤسسةِ نفسِها أو في مخازنَ تحوي فائضاً من المواد الكيميائية؟
☐ ماهو الحدُّ الأدنى من الكميةِ المطلوبةِ من أجلِ التجربة؟
☐ ماهو الحجم الاكثرُ ملاءمةً للعبواتِ التي ستسخدم في مناطق العملِ أو التخزين؟

□ وهل يمكن إدارةُ الموادِّ الكيميائيةِ بشكلٍ آمنٍ لدى وصولِها؟ هل تحتاج إلى مخازنَ مخصصةٍ كالصناديقِ الجافةِ أو البرادِ او الثلاجة؟ هل يحتاج طاقمُ الموظفين المكلفِ بالاستلام إلى إعطائهم تعليماتٍ محددةٍ عند تسلُّمِ الطلبية؟هل ينبغي توفيرُ أيٍّ من المُعَدّاتِ الضروريةِ لتكونَ جاهزةً عند وصولِ الطلبية؟
□ هل من خطر حدوث سوء استخدام مقصود للمواد الكيميائية، وخصوصاً بالنسبة للمواد الكيميائية ذات الاستخدام المزدوج؟
□ هل المواد الكيميائية ضعيفة الثباتية؟ المواد الكيميائية ضعيفة الثباتية قد تمتلك فترة تخزين أقصر. ينبغي شراء هذه المواد مباشرة قبل الاستخدام وذلك لتجنب ضياع الوقت والمواد وتحولها إلى فضلات.
□ هل يمكن أن تنظم الفضلات بشكل ناجح؟ قبل طلب المواد الكيميائية ينبغي توفر نظام توصيف ملائم للفضلات وطريقة مناسبة للتخلص منها.
يمكن استخدام نظام محوسب لتنظيم المواد الكيميائية من أجل تعقب معلومات التسليم وتاريخ الشراء وتوزيع المواد الكيميائية عبر المؤسسة.

استلام المواد الكيميائية:
يجب حصر تسليم المواد الكيميائية إلى المناطق المجهزة لذلك، كرصيف التحميل وغرفة الاستقبال و المختبر. لايجب تسليم المواد الكيميائية إلى مكاتب الدوائر التي ليست مجهزة لهذا الغرض. ومع ذلك فإذا كان التسليم إلى مكتب محدد بذاته هو الخيار الوحيد، فإنه يجب اختيار مكان منفصل وهادئ كطاولة أو رف، من أجل وضع الطلبيات. كما يجب إعلام الشخص الذي طلب المواد الكيميائية فور وصولها مباشرة.
إليكم عدد من الخطوات للتأكد من الاستلام المناسب للمواد الكيميائية:
• تجهيزُ غرفةِ الاستلامِ، وطاقمِ العمالِ لتعريفِهم إلى المخاطرِ التي قد ترتبط بالموادِّ الكيميائيةِ الداخلةِ إلى المنشأة، كما يجب على طاقم العمالِ معرفةُ ما يجدر القيامُ به عند مواجهةِ بعضِ المشاكلِ كالتسرّبِ من الحاويات.
• تزويدُ غرفِ الاستقبالِ بالمُعَدّاتِ اللازمةِ لاستلام الموادِّ الكيميائية. وهذا يشمل سلاسلَ للإسطواناتِ الحاملةِ وعرباتٍ لنقل حاوياتِ الموادِّ الكيميائيةِ المختلفةِ بشكل آمن. تركيب الرفوف والطاولاتِ أو مناطقَ مسوَّرةٍ من أجل الطرودِ لتَجَنُّبِ التعرضِ للأذى من قبل آلياتِ غرفِ الاستقبال.
• فتحُ الطرودِ الواصلةِ على الفور وتفتيشُها للتأكد مما تم طلبُه والتأكدِ من أنّ الحاوياتِ مختومةٌ ضمن ظروفٍ جيدة. ينبغي على طاقم العمالِ أن يتحققَ من أنّ الحاوياتِ الواصلةَ تحمل أسماءً صحيحةً وأن تاريخَ الاستلامِ مختومٌ على الحاوياتِ بشكل جيد. تُترك اللُّصاقاتُ الموضوعةُ من قِبل المعملِ كما هي. وتدخل الموادُ الكيميائيةُ الجديدةُ مباشرةً إلى المخزن.
• تُحفظ الموادُّ الكيميائيةُ المفرَغةُ بشكل آمن. بوجهٍ خاص تُفرَّغُ وتُخزَّن الموادُّ الكيميائيةُ المتفاعلةُ المنقولةُ في حاوياتٍ معدنيةٍ مختومة ( على سبيلِ المثال، هيدريد الألمنيوم والليثيوم، بيروكسيد الصوديوم، والفوسفور). إن التخزينَ الملائمَ يمنع تفكّكَ وتآكلَ الموادِّ الكيميائيةِ كما يجعلها قابلةً للفحص الدوري.
• نقلُ الموادِّ الكيميائيةِ بشكل آمنٍ عبر المُنشأة. يمكن لطاقم العمال حملُ صناديقَ مفردةٍ من المواد الكيميائيةِ في طرودِهم. تُنقل مجموعاتُ الطرودِ أو الطرودُ الثقيلةُ عبر عربةٍ ثابتةٍ ذاتِ جوانبَ لتأمين الطرود، وتمتلك عجلاتٍ كبيرةَ الحجمِ بشكلٍ كافٍ لحمل السطوحِ غير المستويةِ بسهولة.
• في حال كانت الموادُّ الواصلةُ غيرَ مطابقةٍ لمواصفاتِ المنشأة، ينبغي طلبُ التصحيحِ من المُورِّدِ أو الاستعانةُ بمُوَرِّدَين آخرَين.

جَردُ وتتبُّع الموادِّ الكيميائية:
ينبغي على جميعِ المختبراتِ أن تتّبعَ نظامَ جردٍ مناسباً للموادِّ الكيميائية. إنّ الجردَ هو سجلٌّ، عادة ما يكون على شكل قاعدةِ بياناتٍ، للمواد الكيميائيةِ في المختبر ويتضمن المعلوماتِ الضروريةَ مرتّبةً بالشكلِ المناسب. يتضمّن الجردُ الجيدُ الموادَّ الكيميائيةَ المستوردةَ من المصادر التجاريةِ وتلك المصنّعةَ في المختبر، وكذلك موقعَ التخزينِ لكلِّ حاويةٍ تحوي مادةً كيميائية. يساعد الجردُ في ترتيب وتخزين والتعاملِ مع الموادِّ الكيميائيةِ وتوزيعِها، وكذلك في التخطيطِ للطوارئ.

المصدر:
Chemical Laboratory Safety and Security، a Guide to Prudent Chemical Management. Edited by

Lisa Moran and Tina Masciangioli. Copyright 2010 by the National Academy of Sciences (p. 91-97).

المساهمون في المقال :

إعداد: Mohammad Ghanem

تدقيق علمي: Ruba K. Khader

تدقيق لغوي: Ruba K. Khader

صوت: Susan Deeb

تصميم الصورة: Issam Ziani