وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة المستنصرية
مكتب مساعد رئيس الجامعة للشؤون العلمية

دليل السلامة وتقييم المخاطر المختبرية للطلبة والعاملين في المختبرات التعليمية

شعبة السيطرة على تداول المواد الكيمياوية والبايولوجية الخطرة و السامة

٢٠٢٣

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة المستنصريـــة
مكتب مساعد رئيس الجامعة للشؤون العلمية
شعبة السيطرة على تـداول المـواد الكيمياوية والبايولوجية الخطرة و السامة

دليل السلامة وتقييم المخاطر المختبرية للطلبة والعاملين في المختبرات التعليمية

لجنة إعداد الدليل

أ.م.د. فائق حسن جبار	رئيساً
أ.د. بيداء حميد عبد الله	عضواً
أ.م.د. أحمد عبد الحسين عبد اللطيف	عضواً
أ.م.د. زيد شاكر ناهي	عضواً
م.د. ميادة حسن رهيف	عضواً
م.د. امال محمد علي	عضواً

إشـــــراف

أ.م.د. مصطفى ضياء توفيق الحسني
مساعد رئيس الجامعة للشؤون العلمية

٢٠٢٣

كلمة السيد رئيس الجامعة المستنصرية المحترم

يضج عالمنا اليوم بالعديد من الملوثات الكيميائية والبايولوجية والإشعاعية الناجمة عن نشاط الأنسان ومخلفات الحروب والتي يذهب ضحيتها الأبرياء من البشر والكائنات الحية، لذا شمر الخيرون من العلماء عن سواعدهم للعمل على تقنين تداول هكذا مواد.

تسعى الجامعة المستنصرية تحت مظلة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي الى اعداد دليل السلامة والامان في المختبرات التعليمية وتشكيل فرق مدربة على مستوى عالٍ من الخبرة والتدريب والحرفية في التعامل مع المواد الخطرة والتي يتم تداولها في كليات ومراكز الجامعة ذات العلاقة، ويتم التنسيق والعمل المشترك وبمنهجية علمية مستقاة من اعرق الجامعات العالمية ليتم معالجة المواد ذات الفعالية الكيميائية والبايولوجية، فيما وجهت الجامعة باستيفاء جميع متطلبات السلامة المختبرية في مختبرات الجامعة فضلا عن وضع العلامات التحذيرية والإرشادية في المختبرات وتوفير متطلبات الخزن الآمن ومعالجة النفايات وتدريب العاملين على التعامل مع الإصابات والعمل على إدامة الأجهزة المختبرية خلال فترة العطلة لتهيئتها للاستخدام خلال العام الدراسي لتكون صالحة وآمنة .

تشكل الجامعة المستنصرية بكافة كلياتها رقماً صعبا في مجال السلامة والامن الكيميائي والبايولوجي والإشعاعي من خلال ثلة من اساتذتها وموظفيها الأكفاء الذين يحدوهم هدف واحد الا وهو دفع عجلة التعليم والبحث العلمي في عراقنا العزيز.

الأستاذ الدكتور

حميد فاضل حسن التميمي

كلمة السيد مساعد رئيس الجامعة للشؤون العلمية المحترم

يعتمد النجاح العلمي للأبحاث والتعليم في المجال الكيميائي والبايولوجي والإشعاعي على الأمن والسلامة في إدارة المواد المستخدمة في المختبرات، حيث إن هذا الدليل يوفر إرشادات مفصلة حول أفضل الممارسات المتبعة للتعامل والتخزين والتخلص من المواد في المختبرات التعليمية الجامعية.

يخضع العمل المختبري في الدول المتقدمة الى قوانين السلامة والأمن، وفي الجامعة المستنصرية وبرعاية السيد رئيس الجامعة ووزارة التعليم العالي والبحث العلمي تم تحقيق تقدماً ملموساً في تطبيق مفاهيم السلامة المختبرية لما لها أهمية في حماية الطلبة والعاملين في المختبرات.

يعمل هذا الدليل على تحقيق أهداف علمية تواكب التطور العلمي للتعامل مع المواد الخطرة والسامة والإجراءات المتخذة في حالة حدوث فشل فيها لغرض التخلص منها بالطرق السليمة المتبعة عالمياً.

الأستاذ المساعد الدكتور

مصطفى ضياء توفيق الحسني

المحتويات (Contents)

التسلسل	الموضوع	الصفحة
١	المقدمة (Introduction)	١
٢	تعزيز ثقافة السلامة في المختبرات التعليمية (Promoting a Culture of Safety in Education Laboratories)	١
٣	احتياجات ومتطلبات السلامة (Safety Requirements and Necessitates)	٢
٤	إرشادات وشروط السلامة العامة (General Safety Guidelines and Rules)	٣
٥	معدات الحماية والسلامة (Safety and Protection Equipment)	٥
٦	أنظمة السلامة (Safety Systems)	٥
١-٦	أنظمة الانذار المبكر (Early Warning Systems)	٥
٢-٦	منظومة الحرائق (Fire System)	٦
٧	السلامة في المختبرات الكيميائية والبايولوجية والإشعاعية (Safety in Chemical Biological and Radiological Laboratories)	٦
١-٧	السلامة في المختبرات الكيميائية (Safety in Chemical Laboratories)	٦
١-١-٧	تصنيف المواد الكيميائية (Chemicals Classification)	٧
٢-١-٧	العلامات التحذيرية في المختبرات الكيميائية وأوراق السلامة (Warning Signs in Chemical Laboratories and Safety Data Sheets)	٩
٣-١-٧	متطلبات السلامة في المختبرات الكيميائية (Safety Requirements in Chemical Laboratories)	١٥
٤-١-٧	المخاطر في المختبرات الكيميائية واجراءات السيطرة (Hazards in Chemical Laboratories and Control Procedures)	١٦
٥-١-٧	التعامل مع الإصابات في المختبرات الكيميائية (Dealing with Injuries in Chemical Laboratories)	١٨

٧-١-٦	التخزين الآمن في المختبرات الكيميائية (Safe Storage in Chemical Laboratories)	١٩
٧-١-٧	التخلص من المخلفات الكيميائية(Chemical Waste Disposal)	٢٣
٧-٢	السلامة في المختبرات البايولوجية (Safety in Biological Laboratories)	٢٥
٧-٢-١	تصنيف المخاطر البايولوجية (Biological Hazards Classification)	٢٥
٧-٢-٢	متطلبات السلامة في المختبرات البايولوجية (Safety Requirements in Biological Laboratories)	٢٧
٧-٢-٣	متطلبات السلامة في البيت الحيواني (Safety Requirements in the Animal House)	٢٩
٧-٢-٤	التخلص من النفايات البايولوجية (Biological Waste Disposal)	٣٠
٧-٣	متطلبات السلامة في المختبرات الإشعاعية (Safety Requirements in Radiological Laboratories)	٣٣
٧-٣-١	تصنيف المصادر المشعة (Radioactive Sources Classification)	٣٣
٧-٣-٢	العلامات التحذيرية والارشادية في مختبرات الاشعاعية (Warning and Guidance Signs in Radiation Laboratories)	٣٥
٧-٣-٣	مخاطر التعامل مع الإشعاع(Hazards of Radiation Exposure)	٣٦
٧-٣-٤	الوقاية من تأثير المواد الإشعاعية (Protection Against Radioactive Materials)	٣٧
٧-٣-٥	التخلص من النفايات المشعة (Radioactive Waste Disposal)	٣٨
	الخاتمة	٣٩

دليل السلامة وتقييم المخاطر المختبرية للطلبة والعاملين في المختبرات التعليمية

١. المقدمة (Introduction)

نظراً للتقدم العلمي في المجال المختبري من خلال استخدام المواد الكيميائية والبايولوجية والإشعاعية وفضلاً عن الجهود المبذولة في الجامعة المستنصرية من قبل لجنة اعداد دليل السلامة وتقييم المخاطر المختبرية للطلبة والعاملين في المختبرات التعليمية والمتمثلة في شعبة السيطرة على تداول المواد الكيميائية والبايولوجية الخطرة والسامة وبعض الوحدات التابعة لها وبتوجيه من السيد رئيس الجامعة المحترم واشراف ودعم من السيد مساعد رئيس الجامعة للشؤون العلمية المحترم تم اعداد هذا الدليل واعتباره نافذاً وواجباً للتطبيق في سبيل تأمين بيئة أكاديمية تزدهر بالسلامة المهنية داخل مختبرات الجامعة بما يضمن سلامة وأمن الطلبة والعاملين فيها عن طريق منع أو تقليل المخاطر داخل هذه المؤسسة والارتقاء بمستوى جميع العاملين في المختبرات التعليمية في الجامعة من طلبة وعاملين لمواكبة الإجراءات المتخذة في الجامعات المناظرة في العالم.

إن هذا الدليل يتضمن معظم اساسيات التعامل في المختبرات وفق إرشادات ملزمة لجميع العاملين وكذلك توضيح المحاور الثلاثة الرئيسية للسلامة وهو محور السلامة الكيمياوي والبايولوجي والإشعاعي وحيث ان مسؤولية تطبيق إجراءات السلامة تقع على عاتق جميع العاملين في المختبرات وعليه يجب ان يكون الجميع على قدر كبير من المعرفة في جميع قواعد السلامة لحمايتهم وحماية الممتلكات وحفاظاً على سير العمل المختبري بالشكل الصحيح.

٢. تعزيز ثقافة السلامة في المختبرات التعليمية

(Promoting a Culture of Safety in Educational Laboratories)

يستند إرساء ثقافة الأمن والسلامة على الاعتراف بأن رفاهية وسلامة كل شخص تعتمد على العمل الجماعي والمسؤولية الفردية على حد سواء. ويقع على عاتق المختبرات الاكاديمية مسؤولية فريدة في غرس سلوك دائم من الوعي بالسلامة والأمان والممارسة المختبرية الحكيمة، إذ يجب أن يكون تدريس الممارسات الأمنة على رأس الأولويات في المختبرات الأكاديمية.

إن تعزيز السلامة في سنوات الدراسة الجامعية والدراسات العليا التي يقوم بها أعضاء الهيئة التدريسية لن يكون له الأثر الإيجابي على طلابهم فحسب، بل على كل شخص في بيئات العمل في المستقبل. ويتطلب برنامج الأمان والسلامة الناجحة الالتزام اليومي من الجميع في المؤسسة كما يمتلك مديرون المختبرات القوة والسلطة، لذلك تقع على عاتقهم المسؤولية الأكثر في غرس ثقافة الأمان والسلامة للطلبة والعاملين ولغرض تطبيق السلامة المختبرية تتطلب الممارسة الآمنة من العاملين اهتماماً وتعليماً متواصلاً، وهذا يجب أن يكون إلزامياً. يمكن لبرنامج تفتيش دوريَ للمختبر أن يساعدَ في الحفاظ على المعدات والتجهيزات والأفرادِ بحالة آمنة. ومن شأن نظام إدارةِ المؤسسةِ أن يسهم في تصميم برنامجِ التفتيش وتحديدِ أنواعِ عمليات التفتيش المطلوبةِ وتواترِها والموظفين الذين سيشرفون عليها.

ويمكن إعداد برنامج فحص شامل ويتضمن بعضَ أو كل الأنواعِ التالية من عمليات التفتيش:

- عمليات التفتيش الروتينية للمعدات وتجهيزات المختبر التي يجريها في كثير من الأحيان جميع العاملين في المختبر.

- مراجعة حسابات البرنامج التي يجريها فريق قد يشمل المشرف على المختبر وآخرين، وتفتيش الصحة والسلامة البيئية، يجرى على أساس منتظم.
- التقييم الذاتي للمعدات والممارسات وعمليات التفتيش الذي تقوم به جهات خارجية كالهيئات التنظيمية ووحدات الطوارئ.

٣. احتياجات ومتطلبات السلامة (Safety Requirements and Necessitates)

إجراءات السلامة هي واحدة من أهم النظم التي لا غنى عنها في أي مكان، وعندما نتحدث عن هذه النظم فلا يمكن أن نهمل الحديث عن إجراءات السلامة في المختبر، هذا المكان الذي تجري داخله العديد من التجارب والأبحاث العلمية لذا فهو لابد أن يكون متبعاً لأقصى قواعد الأمن والسلامة. ويضم المختبر العديد من الأشخاص الذين يتعاملون مباشرة مع الأدوات الموجودة فيه، من أساتذة وباحثين وفنيين وطلبة الدراسات الأولية، فضلاً عن المختبرات والمعامل الخاصة بالعينات المرضية والتي يتم تحليلها. كل هذه الوظائف الخاصة بالمختبر تجعل منه مكاناً مؤهلاً لحدوث أي خلل في حالة عدم الالتزام بالإجراءات الخاصة بالسلامة والتي وضعتها التصنيفات العالمية والدولية، وعليه فأن الضمانات الخاصة بتطبيق إجراءات السلامة داخل المختبر تشمل:

- إعداد كادر رقابي وإداري يشرف على المختبرات ويكون مؤهل وذو خبرات عالية بإدارة المختبرات.
- يجب أن يشرف على المختبر جهاز رقابي وجهاز إداري متميز ذو خبرات عالية بإدارة المختبرات.
- يجب أن يتم اختيار الأماكن التي توجد فيها المختبرات بعناية على أن يقوم هذا الاختيار على أسس معينة، أولها أن يكون بعيداً عن التجمعات السكانية.
- من الضروري ان يلتزم العاملون داخل المختبر بإجراءات السلامة، وأن يكون هذا الالتزام نابعاً من احساسهم الشخصي بالمسؤولية وتحقيق عوامل الأمان لهم، ولمن يعملون معهم.
- يتم تأسيس المختبرات وتزويدها بأنظمة أمنية متطورة مثل أنظمة إنذار الحريق السريعة وأنظمة التحكم الإلكترونية وكل الأنظمة المتطورة التي تسهم في منع الحوادث والتقليل من الآثار الناتجة عنها.
- التأكيد على إجراءات السلامة الشخصية في المختبرات والتي تشمل:

❖ توفير واقيات العيون والأقنعة الخاصة بها أو النظارات الواقية لأن العامل في المختبر يتعرض لمجموعة مختلفة من المواد الكيميائية والإشعاعية والغازات المختلفة وهذه المواد لها بالطبع تأثير سلبي على العين وعلى سلامتها لذا لابد من الاهتمام بهذا الأمر.

❖ وجود البدل الخاصة الواقية من المواد الكيميائية والإشعاعية خاصة إذا كان هناك تعامل مباشر مع هذه المواد، فهذه البدل مخصصة لوقاية الجسم بأكمله من تأثير الإشعاع والمواد الكيميائية.

❖ يجب توفر المواد المضادة لأشعة الليزر وتشمل هنا النظارات الواقية فضلاً عن الملابس الواقية من التعرض لأشعة الليزر.

❖ من أهم إجراءات السلامة في المختبر عدم لمس المواد التي لا يعرف ماهيتها وعدم تعريضها للجلد أو العين، ولابد من التعامل مع كل المواد المختلفة بحذر بالغ.

بالإضافة إلى إجراءات الوقاية الشخصية، فإن هناك أنظمة أمنية يجب تزويد المختبرات بها ومنها:

- توفير الأنظمة الأمنية المزودة بأجهزة الاستشعار الحديثة.
- توجد أنظمة حديثة لإطفاء الحريق بالإضافة الى وجود مصادر المياه التي تستخدم في مثل هذه الأمور.
- أن يحتوي المختبر على مجموعة من أنظمة طرد الغازات وأنظمة تهوية متطورة.
- أن يزود المختبر بأنظمة حديثة للتخلص من المواد التي يتم التعامل بها.

بالإضافة الى الأنظمة الأمنية، فإن هنالك إجراءات الأمان الخاصة بسلوك العاملين ومنها:

- يجب أن يقوم العاملون في المختبر باستخدام الأجهزة والأدوات في الاغراض المخصصة لها فقط، ولا يتم استخدامها في أغراض أخرى.
- يجب الالتزام بالجدية في أثناء العمل.
- الحرص كل الحرص على عدم وجود الأطفال داخل المختبر لضمان سلامتهم وعدم تعرضهم لأي من المواد الخطرة.
- الاهتمام بتزويد المختبر بكل اللوحات الإرشادية التي توضح نوعية المواد المستخدمة والخطر منها وإجراءات السلامة المتبعة للتعامل معها.

٤. ارشادات وشروط السلامة العامة (General Safety Guidelines and Rules)

إن إدراك وفهم العلامات أو الإرشادات الموجودة في المختبر أمر حيوي لصيانة المختبر الجيد والسلامة اليومية، إذ تمتلئ البيئة التي تعمل فيها كل يوم بالمواد القابلة للاشتعال والمواد الكيميائية الخطرة والأدوات الدقيقة والمواد التي يجب التعامل معها بعناية خاصة، ولحماية الموظفين لابد من وضع إشارات إرشادية مناسبة لتحذير الموظفين والزائرين في المختبرات وتنويههم بشأن المخاطر المحتملة كما في الشكل رقم (١,٢,٣), ومن اهمها:

أ. **إشارات المنع:** عادة تكون هذه الإشارات بلون أحمر، وهي إشارات تحذيرية غاية في الأهمية.

شكل رقم ١: إشارات المنع الإرشادية

ب. **الإشارات الإجبارية:** تدل هذه الإشارات على الاحتياطات الواجب اتخاذها قبل البدء بالعمل المخبري وهي ذات لون أزرق.

شكل رقم ٢: الإشارات الاجبارية الارشادية

ج. **إشارات الاستدلال والمعلومات :** هي إشارات توجيهية لما يجب إتباعه في الحالات الطارئة، وهي ذات لون أخضر.

شكل رقم ٣: إشارات الاستدلال والمعلومات الارشادية

لغرض توفر شروط السلامة في المختبر والتي تعد مصدر قلق للجميع، والهدف هو ضمان عدم إصابة أي شخص لذا تحدد تدابير التحكم التالية بإيجاز لطرق منع الحوادث:

- عدم الدخول الى المختبر أو استخدام المعدات دون استئذان المسؤول عن المختبر.
- الالتزام بإرشادات السلامة
- يمنع تناول الطعام والشراب في المختبرات.
- الانتباه إلى مواقع معدات اطفاء الحرائق وصندوق الإسعافات الأولية ومحطة غسيل العيون.
- ارتداء معدات السلامة الشخصية
- يجب ربط الشعر الطويل للخلف وتأمين المجوهرات والملابس الفضفاضة وغيرها.
- يجب غسل اليدين بعد العمل في المختبر.
- التخلص من النفايات حسب التعليمات.
- تطهير المقعد قبل وبعد العمل عند التعامل مع الكائنات الحية الدقيقة.
- في حالة وقوع حادث، قم بإبلاغ العاملين على الفور.

٥.معدات الحماية والسلامة (Safety and Protection Equipment)

معدات الوقاية الشخصية أو معدات الحماية الشخصية تشمل ملابس وخوذ ونظارات واقية، أو غيرها من الملابس أو المعدات المصممة لحماية جسم مرتديها من الإصابة أو العدوى. تشمل المخاطر التي تعالجها معدات الحماية الفيزيائية والكهربائية والحرارية والمواد الكيميائية والمخاطر الحيوية والجسيمات المحمولة جواً. يمكن ارتداء معدات الحماية لأغراض السلامة والصحة المهنية ذات الصلة بالعمل، وكذلك لأغراض الرياضة وغيرها من الأنشطة الترفيهية. يتم تطبيق "الملابس الواقية" على الفئات التقليدية للملابس، وتنطبق "الملابس الواقية" على عناصر مثل الدروع أو الأقنعة وغيرها. يمكن أن تكون بدلات معدات الوقاية الشخصية متشابهة في المظهر مع بدلة غرف الأبحاث.

إن الغرض من معدات الحماية الشخصية هو تقليل تعرض الموظف للمخاطر إلى مستويات مقبولة عندما تكون الضوابط الهندسية والضوابط الإدارية غير مجدية أو فعالة للحد من هذه المخاطر. إن معدات الوقاية الشخصية لها قيود خطرة، أو أنها لا تقضي على الخطر من المصدر ولكن قد تؤدي إلى تعرض الموظفين للخطر في حال تعطلت المعدات. وللمعدات وأدوات الوقاية الشخصية في المختبرات أهمية بالغة، إذ تُستخدم معدات الوقاية الشخصية للحد من أو تقليل التعرض لبعض المخاطر التي قد تواجهها عند العمل في المختبرات، فمعدات الوقاية الشخصية تشمل عناصر مُصمَّمة لحماية مناطق معينة من الجسم، مثل العينين واليدين، وعادة تشمل معدات الوقاية الشخصية القفازات، وواقيات العينين، ومعاطف المختبر، ومع ذلك لا تعتمد فقط على معدات الوقاية الشخصية لحمايتك من أي حادث، لأنها على الأغلب تكون هي الحاجز النهائي بينك وبين تعرضك للخطر.

أما بالنسبة الى صندوق الإسعافات الأولية المجهزة جيدا فهو يساعدك في التعامل مع الإصابات الشائعة وحالات الطوارئ بنجاح. يجب الاحتفاظ بحقيبة إسعافات أولية واحدة على الأقل في المختبر. يمكن أن تحتوي حقيبة الإسعافات الأولية على مجموعة اللوازم الأساسية المعتادة ومجموعة الأدوية الضرورية.

٦.أنظمة السلامة (Safety Systems)

يتصف العمل في المختبرات بالخطورة ويتطلب وعي كامل بالمواد والاجهزة المستخدمة خاصة ان بعض المواد تكون قابلة للاشتعال وتولد حرائق كبيرة لذلك يجب الوعي بأنظمة السلامة الخاصة بالحرائق، حيث يستعرض هذا الجزء انظمة السلامة الخاصة بالحرائق بما فيها انظمة الكشف المبكر عن الحرائق ومنظومة الحرائق كما يأتي:

٦-١ أنظمة الانذار المبكر (Early Warning Systems)

ان الكشف المبكر عن الحرائق يعد من أهم وأكثر الأمور التي تشغل المهندسين ومصممي ومطوري المباني والسلطات الأمنية. لما تشكله الحرائق من أخطار كبيرة ووفيات عالية بين من يقع فريسة هذه الحرائق وخاصة ساكني البنايات العالية أو المناطق العشوائية.

أن أنظمة الكشف والإنذار عن الحريق تنقسم على ثلاثة انواع رئيسية هي:

أ. الأنظمة التقليدية (Conventional Systems)

هي أنظمه يتم توصيل كل مجموعة من أجهزة الكواشف بدائرة كهربائية واحدة لمراقبة منطقة إنذار في مبنى بحيث يعطى أي كاشف أو جهاز بالمجموعة إشارة للوحة الإنذار الرئيسة بوجود حريق في منطقة الإنذار ككل بدون تحديد الرقم أو عنوان الكاشف.

ب. الأنظمة المعنونة (Addressable Systems)

في هذه الحالة يكون لكل كاشف رقم محدد وعنوان محدد يظهر في لوحة الإنذار، ومن مميزات هذا النظام أنه يمكن التحكم في كل كاشف على حده ويمكن عزله عن طريق البرنامج وتشغيل باقي الدائرة لحين الإصلاح.

ج. أنظمة المقارنة التحليلية (Analytical Comparison Systems)

في هذا النظام يتم تبادل الإشارات بين لوحة التحكم والكواشف لبيان درجات تغير الحالة في المنطقة المحمية، ويقوم البرنامج بتحليل هذه البيانات بصفة مستمرة لتحديد ما إذا كان الوضع طبيعياً أم أن هناك أمراً غير عادي، وهذا النظام يعتمد على الكواشف المعنونة.

وتنقسم كواشف الحريق إلى ما يأتي:

-كواشف حرارة

-كواشف دخان

-كواشف لهب

-كواشف مزدوجة (تجمع بين وظيفتين)

٦-٢ منظومة الحرائق (Fire System)

إن تركيب المختبرات يكون عادة معقداً، إذ توجد فيها المواد القابلة للاشتعال والمواد السامة والمواد التي يتطلب في عملية خزنها أو التعامل معها خلال العمل في المختبر إلى الحذر والدقة. هنالك مواد حارقة أيضاً بالإضافة إلى تنوع وتعدد الأجهزة المختبرية التي يصل بعضها من الحداثة في التطور العلمي في تصنيعها واستخداماتها. وان أي اختلال في هذه المواد عند استخدامها يؤدي إلى حوادث حرائق، هناك مجموعة أسس للوقاية من الحرائق في المختبرات هي:

- ضرورة تطبيق هندسة منع الحرائق.
- تفعيل الاكتشاف المبكر والمبادرة بالإطفاء.
- التحكم في التلفيات، وذلك بحصر النار بأضيق الحدود وباستعمال طرق الإطفاء الملائمة لتقليل الخسائر.

٧. السلامة في المختبرات الكيميائية والبايولوجية والإشعاعية

(Safety in Chemical, Biological and Radiological Laboratories)

يستعرض هذا الجزء قواعد واجراءات السلامة في المختبرات الكيميائية والبايولوجية والاشعاعية وتوضيح العلامات الارشادية الخاصة بكل مختبر كما يأتي:

٧-١ السلامة في المختبرات الكيميائية (Safety in Chemical Laboratories)

يستعرض هذا المحور احتياطات السلامة الواجب اتخاذها في المختبرات الكيميائية والمواد الكيميائية الخطرة الشائعة الاستخدام والسوائل القابلة للاشتعال المعتاد استخدامها في المختبرات الكيميائية، والمواد المؤكسدة والبيروكسيدات العضوية والمواد السامة والمعدية والمواد المسببة للتآكل (Corrosive Materials)، من بعد ذلك، يتم شرح العلامات التحذيرية والارشادية الخاصة بالمواد الكيميائية وكيفية تصنيفها بشكل تفصيلي. اضافة الى ذلك سيتم مناقشة متطلبات السلامة في المختبرات الكيميائية والأخطار الداخلية والخارجية واحتياطيات السلامة عند

تخزين وحفظ المواد الكيميائية. في ختام هذا المحور، سوف يتم استعراض طرق التخلص من بقايا المواد الكيميائية والنفايات الكيميائية التي لم يعد لها ضرورة في المختبرات، لغرض تمتع العاملين بالعمل الآمن داخل المختبرات أثناء التعامل مع المواد الكيميائية.

١-١-٧ تصنيف المـــواد الكيميائية (Classifying Chemicals)

يعد النظام العالمي البحري للمواد الخطرة (IMDGC) من أفضل الطرق المتبعة لتصنيف المواد الكيميائية الخطرة، إذ يقسم هذا التصنيف المواد الخطرة الى تسعة مراتب للخطورة، وتشترك المرتبة الواحدة، في سمات معينة تكون مميزة لها، ونظراً لتفاوت شدة الخطورة وطبيعتها داخل المرتبة الواحدة فقد تم إجراء تقسيم داخلي في هذا النظام لبعض من المراتب الخطرة إلى فروع ثانوية، تشترك الفروع فيما بينها مع مرتبة الخطورة المتفرعة منها، وتتفق خواص المواد الخطرة في الفرع بسمات مشتركة بينهما. نستعرض هنا مراتب الخطورة بحسب النظام أعلاه والفروع المتفرعة منها مع تعريف بخواص المواد الكيميائية بكل مرتبة:

أ. المـواد الكيميائيـة المتفجرة (مرتبة الخطورة ١) (Explosive Chemicals)

يمكن تقسيمها بحسب شدة الخطورة على ستة فروع، وهـي كما يأتي:

- فـرع الخطـورة الاول: مواد متفجرة ذات آثار تدميرية كبيرة جدًا (massive explosion).
- فـرع الخطـورة الثاني: مواد متفجرة لها خاصية الانفجار عند الارتطام (projection explosion).
- فـرع الخطـورة الثالث: مواد متفجرة يصاحب انفجارها حدوث حرائـق (fire hazard)
- فـرع الخطـورة الرابع: مواد متفجرة يصاحب انفجارها انبعاث حراري ضئيل ولها اثر تدميري ضئيل.
- فـرع الخطـورة الخامس: مـواد متفجرة غيـر حساسة تماما للانفجار، ولكن عند انفجارها لها اثر تدميري كبير.
- فـرع الخطـورة السادس: مواد متفجرة غير حساسة بدرجـة قصوى للانفجار، وليس لها أثر تدميري ذو شأن.

ب. الغازات المضغوطة أو المسالة أو المذابـة تحـت الضغـــط (مرتبة الخطورة ٢) (Gases Under Pressure Hazards)

يمكن تقسيمها حسب شدة الخطورة الى ثلاثة فروع، وهي كما يأتي:

- فرع الخطورة الاول: الغازات القابلة للاشتعال (Flammable Gases).
- فرع الخطورة الثاني: الغازات غير القابلة للاشتعال وغير السامة (Nonflammable and Nontoxic Gases)
- فرع الخطورة الثالث: الغازات السامة (Toxic Gases).

ج. السوائل القابلة للاشتعال (مرتبة الخطورة ٣) (Flammable Liquids)

هي درجـة الحرارة التي يطلق عندها السائل بخارًا لأول مرة عنـد أختباره بحسب الطرق القياسية وبكمية تكفي لحدوث اشتعالاً لحظيًا علـى هيئـة وميض بواسطة شعلة ألاختبار المحددة في

هذه الطريقة يطلق عليها نقطة الوميض Flash Point، و تختلف نقطة الوميض عن نقطة الحريق Fire Point، إذ تعني نقطة الحريق لأي سائل قابل للاحتراق درجة الحرارة التي يطلق عندها السائل بخارًا لأول مرة عند أختباره حسب الطرق القياسية بكمية تكفي لبقاء الاحتراق لمدة ٥ ثوان على الأقل عند استخدام شعلة ألاختبار المحددة في هذه الطريقة .

وهذه السوائل القابلة للاشتعال تقسم على فروع، وذلك حسب شدة خطورتها كما يأتي:

- فرع الخطورة الاول: وهي السوائل ذات نقطة الوميض المنخفضةLow Flash Point ، إذ تكون نقطة الوميض أقل من – ١٨ درجة مئوية.
- فرع الخطورة الثاني: وهي السوائل ذات نقطة الوميض المتوسطة Intermediate Flash Point وهي السوائل ذات نقطة الوميض من – ١٨ درجة مئوية وحتى ٢٣ درجة مئوية.
- فرع الخطورة الثالث: وهي السوائل ذات نقطة الوميض العالية High Flash Point وهي السوائل ذات نقطة الوميض من ٢٣ درجة مئوية وحتى ٦١ درجة مئوية. ومما هو جدير بالذكر أن نقاط الوميض المذكورة في هذا التصنيف هي نقاط الوميض للكوب المغلق.

د. الصلب القابل للاشتعال (مرتبة الخطورة ٤) (Flammable Solids)

تصنف المواد الصلبة في مرتبة الخطورة رقم (٤) عندما تكون هذه المواد قابلة للاشتعال أو المشاركة فيه أو المحدثة لـــــه. ولا تندرج في هذه المرتبة من الخطورة المواد المتفجرة. وتنقسم المواد المندرجة تحت هذه المرتبة على ثلاثة فروع، وهي كما يأتي:

- المواد الصلبة القابلة للاشتعال (Readily Combustible Solids)
- المواد ذاتية الاشتعال (Substances Liable to Spontaneous Combustion)
- المواد التي تطلق غازات قابلة للاشتعال عند ملامستها الماء (Substances Emit Flammable Gases When They are In Contact with Water)

هـ. المـــواد المؤكســـــدة والبيروكسيدات العضوية (مرتبة الخطورة رقم ٥) (Organic Peroxide)

تضم مرتبة الخطورة رقم (٥) المواد الكيميائية التي ينتج الأوكسجين عند تحللها أو تفاعلها و تصنف هذه المواد في فرعين هما ما يأتي:

- فرع الخطورة الاول: ويشمل المواد المؤكسدة Substances Oxidizing Agents ويضم المواد التي مع كونها غير قابلة للاحتراق بالضرورة إلا أنها تطلق الأوكسجين أو تقوم بعمليات الأكسدة التي من شأنها أن تبدأ أو تحفز الحريق في المواد الأخرى المحيطة بها.
- فرع الخطورة الثاني: ويشمل البيروكسيدات العضوية (Organic peroxides) و تعد هذه المواد مشتقات لبيروكسيد الهيدروجين بإحلال مجموعة أو مجموعتين عضويتين محل ذرات الهيدروجين.

و. المواد السامة والمعدية (مرتبة الخطورة رقم٦)(Toxic and infectious) substances

ويشمل المواد السامة (Toxic Substances) وهي المواد التي تسبب الموت أو الضرر الشديد للبشر عند ابتلاعها أو استنشاقها أو ملامستها للجلد وهذه المواد تكون صلبة أو سائلة.

ز. المـــواد المسببـــة للعدوى (مرتبة الخطورة ٧) (Infectious Substances)

هي التي تحتوي كائنات دقيقة حية مثل البكتريا والفيروسات والركتيزيات والطفيليات والفطريات والكائنات الدقيقة المهندسة جينياً والمهجنة والمتحورة والتي يعرف عنها أو يعتقد بصـورة مقبولـة أنها تسبب الأمراض للبشر أو الحيوانات.

ح. المواد الآكلة (مرتبة الخطورة رقم ٨) (Corrosives substances)

المـواد التي تصنف في هذه المرتبة من الخطورة بسبب نشاطها الكيميائي تسبب تلفاً شديداً عند ملامستها للأنسجة الحية أو تسبب عند تسربها للحاويات المحيطة بها والبضائع الأخرى ووسائل النقل تؤدي تلفاً شديداً، وينشأ في كثير مـن الحالات عـن ذلك تصاعد غازات بعضها سام وبعضها الآخر قد يسبب خليطه مع الهواء الجوي الانفجار والاشتعال.

ط. مـواد خطـرة متفرقـــة (مرتبة الخطورة ٩)

Miscellaneous Dangerous (Substances)

وتضم هذه المرتبة من الخطورة المواد التي تشكل خطراً خلال النقل أو خطراً علـى البيئـة ولا تندرج ضمن تصنيف المرتبات الأخرى للخطورة تشمل ما يأتي:

- الحوامض: هي إما أحماض معدنية مثل أحماض الكبريتيك والهيدروكلوريك والنيتريك أو أحماض عضوية مثل أحماض الأسيتيك (الخليك) والفينيك والأكساليك والبوريك.
- القلويات: مثل هيدروكسيد الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم.
- بعض الأملاح: مثل ثلاثي كلوريد الأنتيمون وكلوريد الباريوم وبرمنكانات البوتاسيوم وكلوريد الزئبق. هذا بالإضافة إلى أملاح الهيدروسيانيك (السيانيدات) ونترات الفضه وأملاح الكروم.

٧-١-٢ العلامات التحذيرية في المختبرات الكيميائية وأوراق السلامة

(Warning Signs in Chemical Laboratories and Safety Data Sheets)

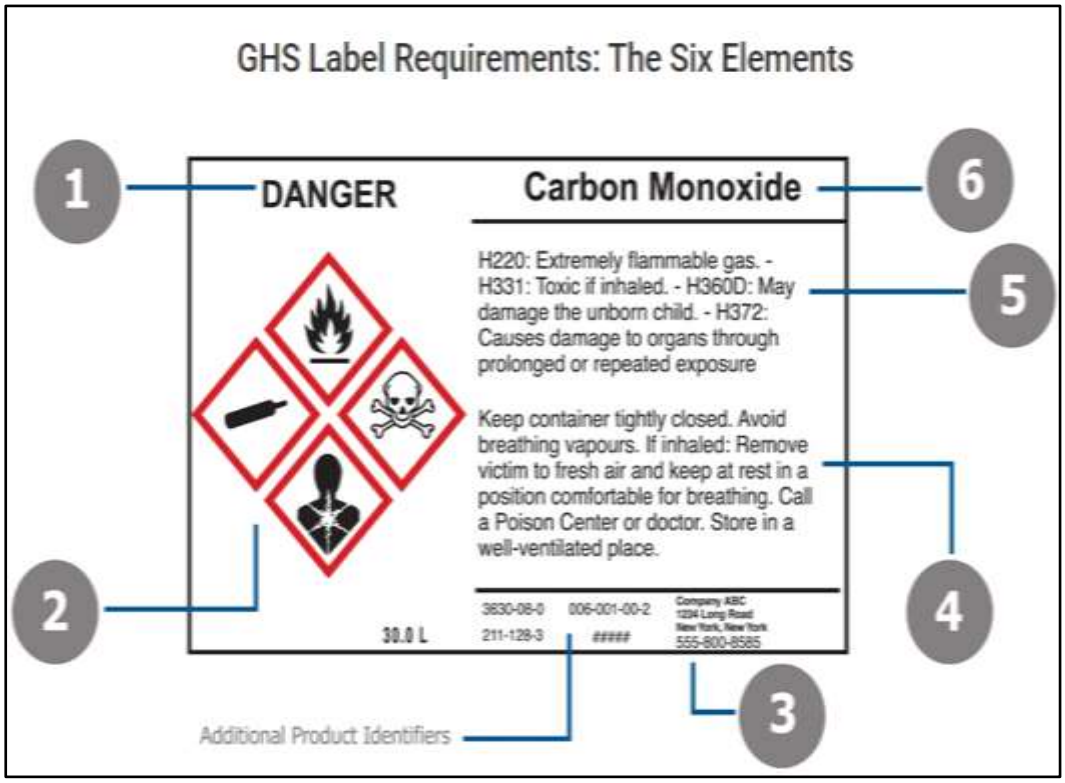
أ. العلامات (Signs)

يمتلئ المختبر بالمواد الكيميائية الخطرة والأدوات الحادة والأواني الزجاجية القابلة للكسر والأشياء القابلة للاشتعال، ولذا يجب أن يكون العاملون في المختبرات على دراية تامة بالأخطار الكثيرة المرتبطة بهذه العناصر، ومن أجل الحفاظ على مكان آمن للعمل وتجنب الحوادث، يتم نشر رموز وعلامات سلامة المختبر، ويجب على الباحثين والموظفين والزوار ملاحظة وفهم المعلومات على هذه العلامات. هناك عدة انظمة لتصنيف وترميز المواد الكيميائية. لعل اهم هذه الانظمة هو النظام العالمي المتوافق لتصنيف وترميز المواد الكيميائية (يرمز له اختصاراً GHS من Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals). هو نظام ترميز متفق عليه عالمياً وأنشأته الأمم المتحدة، من أجل ترميز المواد الكيميائية. تم تصميم هذا النظام من أجل ان يحل محل أنظمة الترميز المختلفة في دول العالم، وخاصة في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية، وذلك باتباع ضوابط ثابتة لتصنيف وترميز المواد الكيميائية. بدأ تنظيم العمل على هذا النظام منذ قمة ريو سنة ١٩٩٢، وذلك بمشاركة من منظمة العمل الدولية ومنظمة التنمية والتعاون الاقتصادي، بالإضافة إلى العديد من الحكومات. هنا، سنتحدث عن أهم الملصقات الكيميائية التحذيرية في المختبر ومعانيها في الجدول رقم (١) ادناه بحسب نظام GHS.

الجدول رقم ١: الملصقات الكيميائية التحذيرية وفق نظام GHS.

نوع الخطر	الرسم التوضيحي	المعنى
قابل للاشتعال		هذه واحدة من العلامات التي تشرح نفسها بنفسها، فهناك بعض المواد الكيميائية التي تحمل علامات عليها قابلة للاشتعال ويجب عليك تخزينها وفقًا لذلك في مرافق تخزين منفصلة خاصة لمثل هذه المواد الكيميائية، وعند استخدام هذه المواد الكيميائية، تأكد من إبعادها عن أي مواد مؤكسدة أو النيران أو الشرر، ويجب عليك أيضًا ارتداء حاميا للعين عند العمل بمواد شديدة الاشتعال، ومن بعض الأمثلة على المواد الكيميائية القابلة للاشتعال التي نستخدمها بانتظام هي الإيثانول والأيزوبروبانول.
العوامل المؤكسدة		هذه المواد يجب أن تكون حريصًا للغاية على إشراكها في التفاعلات الكيميائية (مثل مزجها بمادة كيميائية أخرى) أثناء إعداد المحلول، فالعوامل المؤكسدة تعطي عادة الأكسجين، وبهذه الطريقة يمكن أن توفر الأكسجين للمواد القابلة للاشتعال لحرقها عند استخدامها في المختبر ، لذا يجب دائمًا تخزينها بشكل منفصل عن المواد القابلة للاشتعال! ويمكن للعوامل المؤكسدة أن تتسبب في حريق إذا لم تكن حذراً – لذلك لا تنسى قفازاتك وحماية العينين واستخدام معطف المختبر كاحتياطات أمان .
العوامل المسببة للتآكل		إنها مواد كيميائية قوية، وهناك العديد من المواد الكيميائية في حياتنا اليومية المختبرية التي تنتمي إلى هذه الفئة، كالمحاليل الحمضية القوية (حمض الكبريتيك وما إلى ذلك) والقلويات القوية (هيدروكسيد الصوديوم وما إلى ذلك) كلها عوامل قابلة للتآكل، فنقطة واحدة من هذه المواد المسببة للتآكل يمكن أن تسبب لك أضرارا خطرة! وعند العمل مع هذه المواد المسببة للتآكل، يجب عليك استخدام الاحتياطات اللازمة كالقفازات غير المسببة للتآكل وحماية العين ومعاطف المختبر.
السموم		هذه مواد ضارة للغاية، وفي الحالات القصوى يمكن أن تتسبب في الوفاة في حالة ابتلاعها أو استنشاقها أو امتصاصها من خلال بشرتك، ومن أمثلة المواد الكيميائية السامةHCL ، يجب عليك دائمًا استخدام حامي العين والقفازات وقناع الوجه لمنع الاستنشاق عند العمل بها.

مواد مهيجة		هذه المواد يمكن أن تهيج عينيك وبشرتك مما يتسبب في الحكة والألم والاحمرار والتقرحات، وقد يتسببون أيضًا في حدوث تسمم إذا تم استنشاقها أو ابتلاعها، وعلى سبيل المثال لهذه المواد كلوريد الكالسيوم، لذا يجب أن تكون حذراً في أثناء استخدام هذه المهيجات وتأكد من حماية نفسك بشكل صحيح
مواد خطيرة		يمكن أن تسبب لك هذه المواد الكيميائية أضرارًا صحية خطرة، بما في ذلك السمية التناسلية، ومشاكل في الجهاز التنفسي، وطفرات الخلايا الجرثومية، والتسبب في السرطان،،،، إلخ، وكثير من المواد الكيميائية التي تستخدمها تحمل مثل هذه المخاطر الصحية الخطرة، على سبيل المثال بروميد الإيثيديوم والفينول فبخاره يؤدي إلى تآكل العينين والجلد والمسار التنفسي، والأكريلاميد مادة مسرطنة وسامة للأعصاب أيضًا! لذا تأكد من استخدام معدات الوقاية الشخصية المناسبة وحماية العين، ومعطف للمختبر وقناع للوجه، فهذا كله ضروري عند العمل مع هذه المواد.
خطرة على البيئة		هذه المواد الكيميائية يمكن أن تكون خطرة على البيئة، إذا لم يتم التخلص منها بشكل صحيح، فإنها يمكن أن تلوث التربة والمياه، ويمكن أن تكون قاتلة للحيوانات والأشجار، لذا يجب أن تكون حذرا للغاية أثناء التخلص من هذه المواد!
قابل للانفجار		هذه مواد قابلة للانفجار وحتى في بعض الاحيان يمكن ان تتفاعل ذاتياً. تكون عادةً على هيئة خليط و يمكن أحداث الضرر اما عند الارتطام اما الاحتكاك اما التسخين اما الحرق اما عن أية طريقة اشتعال أخرى حتى بدون وجود الأوكسجين الجوي. الانفجار ينتج بواسطة تفاعل كيميائي شديد للمادة، وقد يصاحب الانفجار انبعاث طاقة كبيرة يسب الضرر و الدمار لما حولها .
ضغط عالي		انها غازات مضغوطة يجب معالجتها بحذر، مثل ضغط الأرجون والأكسجين والأسيتيلين والغازات تحت ضغط عالٍ، ويمكن تخزينها داخل الأسطوانة لسهولة النقل والتخزين في موقع العمل.



الشكل رقم ٤: ملصق لمادة أول أوكسيد الكاربون.

الشكل رقم (٤) يوضح مثال لملصق مادة أول أوكسيد الكاربون مبين فيه انواع المخاطر وفقاً للجدول أعلاه حيث من السهولة تميز اربعة مخاطر رئيسية وهي: ١. قابل للاشتعال , ٢. تسبب أضرارًا صحية خطرة , ٣. تتسبب في الوفاة في حالة استنشاقها, ٤. الغاز تحت ضغط عال.

هناك تصنيفات أخرى للعلامات التحذيرية لمخاطر المواد الكيميائية ومنها العلامة التحذيرية ذات الألوان الأربع كما هو مبين بالشكل (٢) والتي اتبعتها الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق الامريكية (NFPA)، الحروف والأرقام والرموز والخطوط والأشكال باللون الأسود والموجودة على هيئة معين على أغلفة المواد الكيميائية وكما هو واضح في الشكل (٥) حيث تشير الالوان بالشكل الى:

- الأحمر: أخطار الحريق.
- الأصفر: النشاط الكيميائي.
- الأزرق: المخاطر الصحية.
- الأبيض: أخطار أخرى.

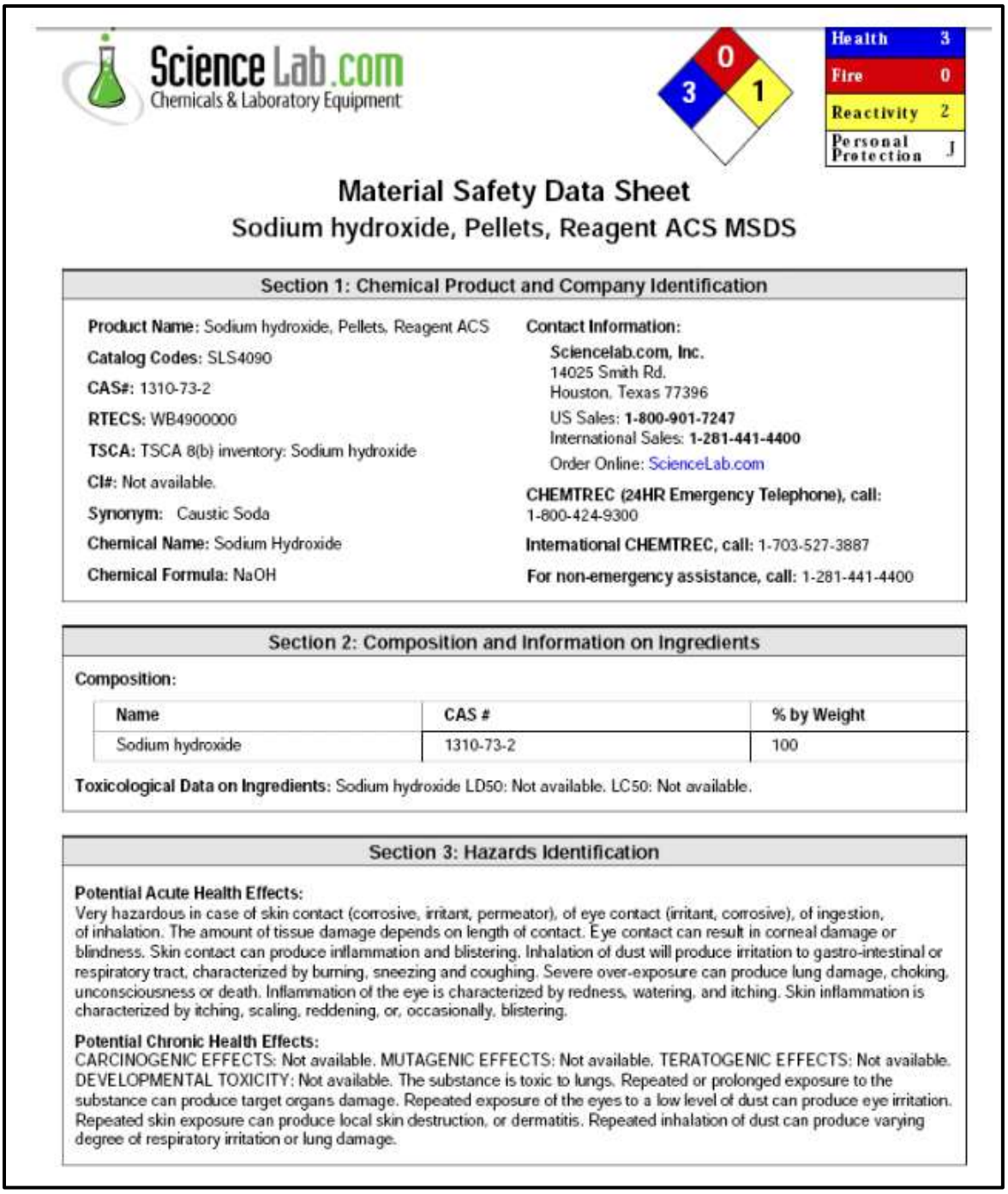
الشكل رقم ٥: للعلامات التحذيرية لمخاطر المواد الكيميائية وفقاً للرابطة الوطنية للحماية من الحرائق الامريكية (NFPA)

ب. أوراق السلامة للمواد الكيميائية (Material Safety Data Sheets)

ان أوراق السلامة للمواد الكيميائية (MSDS) تعد مرجعا أساسياً للمواد الكيميائية فيما يخص السلامة والورقة تكون مقسمة على ما يأتي:

- تعريف المنتج.
- التركيب الكيميائي للمادة
- وصف الأخطار المتوقعة من استعمال المادة.
- الإسعافات الأولية الواجب اتخاذها إذا ما وقع حادث عند العمل بهذه المادة.
- طرق إطفاء الحرائق الناجمة عن المادة.
- الإجراءات الواجب إتباعها في حالة التسرب.
- استخدام الطريقة الصحيحة لحفظ المادة والتعامل معها.
- الحماية الشخصية في حالة التعرض لمخاطر من هذه المادة.
- خواص المادة الكيميائية والفيزيائية.
- ظروف ثبات المادة وتفاعلاتها.
- معلومات عن مدى سمية المادة.
- مدى تأثير المادة على البيئة في حالة التسرب.
- الطريقة الصحيحة للتخلص من المادة.
- الطريقة الصحيحة لنقل المادة.

يوضح الشكل (٦) نموذج من ورقة سلامة لمادة هيدروكسيد الصوديوم من شركة Science lab. Com:



ScienceLab.com
Chemicals & Laboratory Equipment

Health	3
Fire	0
Reactivity	2
Personal Protection	J

Material Safety Data Sheet

Sodium hydroxide, Pellets, Reagent ACS MSDS

Section 1: Chemical Product and Company Identification

Product Name: Sodium hydroxide, Pellets, Reagent ACS

Catalog Codes: SLS4090

CAS#: 1310-73-2

RTECS: WB4900000

TSCA: TSCA 8(b) inventory: Sodium hydroxide

CI#: Not available.

Synonym: Caustic Soda

Chemical Name: Sodium Hydroxide

Chemical Formula: NaOH

Contact Information:

Sciencelab.com, Inc.
14025 Smith Rd.
Houston, Texas 77396

US Sales: **1-800-901-7247**
International Sales: **1-281-441-4400**
Order Online: ScienceLab.com

CHEMTREC (24HR Emergency Telephone), call: 1-800-424-9300

International CHEMTREC, call: 1-703-527-3887

For non-emergency assistance, call: 1-281-441-4400

Section 2: Composition and Information on Ingredients

Composition:

Name	CAS #	% by Weight
Sodium hydroxide	1310-73-2	100

Toxicological Data on Ingredients: Sodium hydroxide LD50: Not available. LC50: Not available.

Section 3: Hazards Identification

Potential Acute Health Effects:
Very hazardous in case of skin contact (corrosive, irritant, permeator), of eye contact (irritant, corrosive), of ingestion, of inhalation. The amount of tissue damage depends on length of contact. Eye contact can result in corneal damage or blindness. Skin contact can produce inflammation and blistering. Inhalation of dust will produce irritation to gastro-intestinal or respiratory tract, characterized by burning, sneezing and coughing. Severe over-exposure can produce lung damage, choking, unconsciousness or death. Inflammation of the eye is characterized by redness, watering, and itching. Skin inflammation is characterized by itching, scaling, reddening, or, occasionally, blistering.

Potential Chronic Health Effects:
CARCINOGENIC EFFECTS: Not available. MUTAGENIC EFFECTS: Not available. TERATOGENIC EFFECTS: Not available. DEVELOPMENTAL TOXICITY: Not available. The substance is toxic to lungs. Repeated or prolonged exposure to the substance can produce target organs damage. Repeated exposure of the eyes to a low level of dust can produce eye irritation. Repeated skin exposure can produce local skin destruction, or dermatitis. Repeated inhalation of dust can produce varying degree of respiratory irritation or lung damage.

الشكل رقم٦: نموذج ورقة سلامة لمادة هيدروكسيد الصوديوم من شركة Science lab. Com

٧-١-٣ متطلبات السلامة في المختبرات الكيميائية

(Safety Requirements in Chemical Laboratories)

هناك عدة قواعد يجب أن يتبعها العاملون في المختبرات الكيميائية لتجنب حدوث الحوادث وهذه يمكن ايجازها هنا كالاتي:

- لا تخاطر بإضافة مادة كيميائية على أخرى إلا إذا كنت تعرف تمام المعرفة تفاعلات المواد المضافة بعضها على بعض حتى لا يحدث انفجار أو اشتعال أو إطلاق أبخرة سامة.
- اخبر الآخرين عن مدى سمية المواد الكيميائية المستعملة في المختبرات.
- خزن المواد الكيميائية السامة والخطرة في أماكن معينة بعيداً عن متناول الأشخاص الذين ليس لديهم خبرة كافية بمدى خطورة هذه المواد.
- وفر على عبوات المواد الكيميائية التعليمات الضرورية اللازمة لاستعمالها، ووضح مدى خطورتها، فمثلاً يكتب على عبوة معدن الصوديوم، وعبوة معدن البوتاسيوم، وغيرها من المركبات العضو معدنية أنها تشتعل عند ملامستها للماء.
- لا تستخدم أدوات التنظيف بدون وجود تهوية كافية.
- لا تقرّب المصادر المشتعلة مثل عود الثقاب من المواد الكيميائية سريعة الاشتعال.
- لا تأكل، ولا تشرب، ولا تدخن في أثناء التعامل مع المواد الكيميائية.
- راقب أي تفاعل يتم تسخينه، وفي حالة تسخين أي مادة كيميائية في وعاء مفتوح، فإنه يجب توجيه فوهته إلى الناحية المعاكسة للأشخاص الآخرين.
- ارتداء الملابس الواقية مثل (البالطو) والقفازات المقاومة للمواد الكيميائية والنظارات الواقية في أثناء العمل في المختبر خاصة عند إجراء التجارب.
- استخدم الحاقن في حالة نقل المواد الحساسة للهواء والماء مثل معدن الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والفسفور.
- استخدم الماصّة اليدوية بدلاً من استخدام المواد الكيميائية باستخدام الفم.
- استخدم مواقد الكهرباء بدلاً من مواقد الغاز في المختبرات.
- اغسل يديك بالماء والصابون بعد الانتهاء من التجربة.
- علق في المختبر لوحات ارشادية تحتوي على التعليمات الخاصة بالإسعافات الأولية الواجب إتباعها بعد التعرض للمواد الكيميائية السامة والضارة بحيث يذكر اسم المادة السامة وبمحاذاتها التعليمات الواجب إتباعها من أجل إسعاف المصاب.
- لا تتخلص من النفايات الكيميائية في مياه الصرف الصحي لأن بعضها يتفاعل مع الماء وقد يسبب حريقاً وبعضها يسبب تآكلاً في أنابيب الصرف الصحي والأغلبية العظمى تؤثر في نظام تنقية مياه الصرف الصحي بل ينبغي تجميعها في أوعية خاصة.
- احرص على تهوية المبنى وغرف المختبرات وغرف العاملين.
- اكتب جدولاً بالمادة والمواد المتنافرة معها والتي قد تنتج عند التقائها ببعض تفاعلات كيميائية سريعة وعنيفة وقد يحدث انفجار أو حرائق أو ارتفاع في درجة الحرارة أو انبعاث لغازات خطرة.

- انقل المواد الكيميائية بحذر وبطريقة سليمة.
- بعد الانتهاء من إجراء التجارب يجب تنظيف وترتيب مكان العمل وغسل الزجاجيات وإرجاع المواد الكيميائية إلى أماكنها.
- تعرّف على أسس السلامة وطريقة العمل الآمنة وكيفية تطبيقها.
- اكتب أرقام هواتف الجهات المسؤولة عن السلامة والإسعاف والإنقاذ في لوحات كبيرة في غرف الإداريين.
- بلّغ العاملين بهذه التعليمات وتابع تنفيذها للأمن والسلامة.

٧-١-٤ المخاطر في المختبرات الكيميائية واجراءات السيطرة عليها

(Hazards in Chemical Laboratories and Control Procedures)

أ. المخاطر في المختبرات الكيميائية (Hazards in Chemical Laboratories)

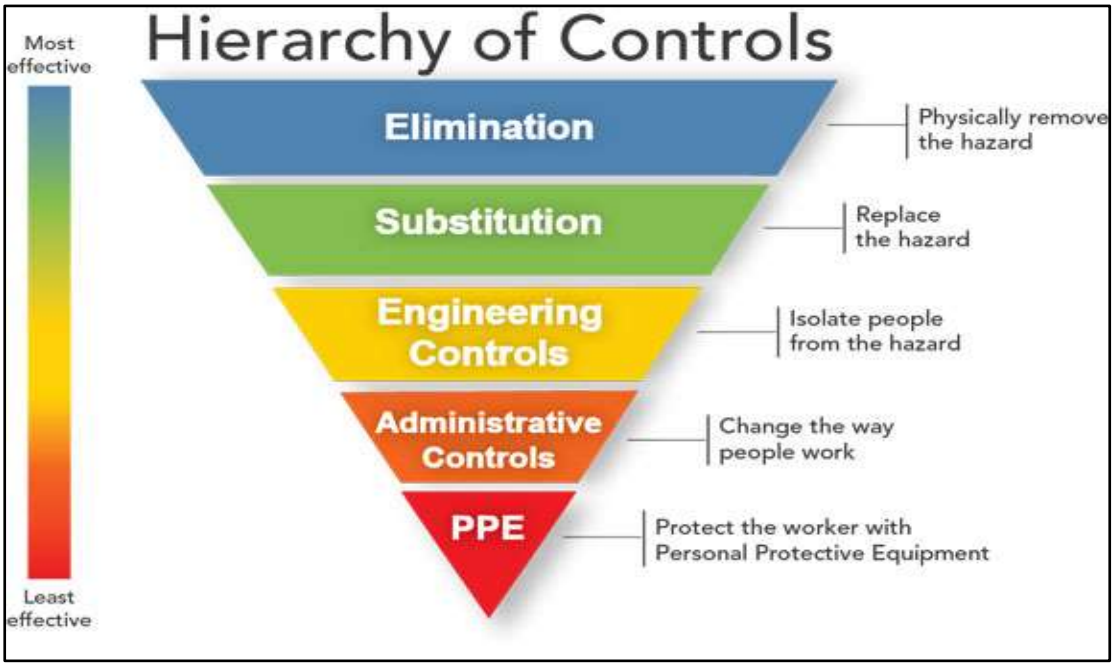
هناك أنواع مختلفة من المخاطر في المختبرات الكيميائية ويفضل التعامل مع كل حالة وفقاً لتعليمات السلامة حيث ان المخاطر يمكن ان تقسم الى ما يأتي:

- حدوث انفجار لعدم الاهتمام بالتعامل بطريقة صحيحة مع المواد الكيميائية.
- نشوب الحرائق، بسبب ما يلي:
- تسرب الغازات السامة.
- تسرب سوائل كيميائية.
- انتثار إحدى المواد الكيميائية الصلبة.
- ملامسة التيار الكهربائي.
- ملامسة المواد الكيميائية الضارة.
- ملامسة الأجسام الساخنة.
- سقوط القوارير المحتوية على مواد كيميائية.
- اصطدام الأواني المحتوية على مواد كيميائية بالأجسام الصلبة.
- انزلاق الأواني المحتوية على مواد كيميائية.
- انفجار أدوات زجاجية عند تفريغ الهواء Under Vacuum أو عند ضغط منخفض Reduced Pressure

ب. اجراءات السيطرة على المخاطر في المختبرات الكيميائية

(Control Measures in Chemical Laboratories)

تهدف اجراءات السيطرة إلى القضاء على الخطر أو على الأقل تقليل المخاطر وبالتالي التعرض إلى مستوى مقبول. يعطي التسلسل الهرمي (المبين في الشكل ٧) عناصر التحكم الأولوية لتدابير التحكم بناءً على فرضية أنه إذا كان الخطر الذي حددته لا يمكن القضاء عليه، فاتبع التسلسل الهرمي لعناصر التحكم لتحديد أفضل عنصر لتقليل مخاطر وقوع حادث أو إصابة في المختبر.



الشكل رقم ٧: شكل هرمي يوضح اجراءات السيطرة على المخاطر في المختبرات الكيميائية

وفقاً للشكل (٧) يمكن اعتبار الإزالة والاستبدال (Elimination and substitution) أكثر تدابير المراقبة فعالية ويمكن اتخاذ هذه الاجراءات كالاتي:

- تخلص تمامًا من المواد الكيميائية والمعدات غير الضرورية لتجربة معينة في المختبر. ويجب التحقق مما إذا كانت أجهزتك في حالة جيدة (تحقق من التواريخ ومراجعة توصيات الشركة المصنعة).
- استبدل المعدات أو المواد أو المكونات الأخرى، عند الاقتضاء. فكر في كمية المواد الكيميائية أو المواد الخطرة المحتملة التي تستخدمها. هل يمكنك تقليل الكمية وتحقيق النتيجة المرجوة؟ تجنب تستخدم الأواني الزجاجية أو المعدات التالفة.

اما فيما يخص السيطرة الهندسية (Engineering Control) فهي وسائل مادية لإنشاء حاجز وقائي بينك وبين الخطر (أو بين المخاطر غير المتوافقة المحتملة). ويتم ذلك عن طريق عزل وتقليل أو إزالة المخاطر عن طريق الفصل في الزمان أو المكان. قد يكون هذا مفيدًا بشكل خاص في مساحة المختبر المشتركة حيث يتم استخدام أنواع مختلفة من المواد الكيميائية. كذلك، يفضل وضع المادة أو العملية أو التجربة المراد اجراءها في نظام مغلق كذلك يفضل تركيب واقيات لتوفير الحماية من الأجزاء المتحركة أو التوصيلات الكهربائية. يوفر الحماية من الانشقاقات المحتملة والأجسام الطائرة والانفجارات وما إلى ذلك. ويجب ايضاً استخدم أغطية الدخان، وأنابيب العادم، وخزائن السلامة الكيميائية لتقليل مخاطر التعرض المفرط.

بينما تسعى الضوابط الهندسية إلى إنشاء حاجز مادي أمام المخاطر، تهـــدف الضوابط الإدارية (Administrative Control)إلى تقليل تعرض عامل المختبر للمخاطر من خلال التأكد من أن الفرد يتبع بروتوكولات المختبر الآمنة.

فيما يلي أمثلة على الضوابط الإدارية:

- اتبع جميع إجراءات التشغيل القياسية وقائمة مراجعة التدبير المنزلي للمختبر.
- توفير التدريب والمعلومات المناسبة.
- قم بإجراء تحليل مخاطر الوظائف قبل بدء الإجراء.
- حدود التعرض. يتم تحقيقه من خلال مراقبة كل من التركيز والوقت الذي يتعرض فيه لعامل كيميائي أو فيزيائي ضار.

على الرغم من أن التسلسل الهرمي لإجراءات السيطرة يشير إلى أن معدات الحماية الشخصية (PPE)هي أقل تدابير السيطرة فعالية، إلا أنه يجب استخدامها بشكل مطلق في حالة فشل تدابير التحكم الأخرى. يعتمد نجاح معدات الوقاية الشخصية جزئيًا على ما إذا كان عمال المختبر يستخدمونها بشكل صحيح أم لا. يجب على جميع موظفي المختبر (الطلاب والموظفين) ارتداء الملابس الشخصية المناسبة ومعدات الوقاية الشخصية عند العمل في المختبر.

٧-١-٥ التعامل مع الاصابات في المختبرات الكيميائية

(Dealing with Injuries in Chemical Laboratories)

تحدث في المختبرات الكيميائية نوعين من الاصابات المهمة هي الحروق الكيميائية واصابات العين:

أ. الاصابة بالحـروق الكيميائية Chemical Burns

تصيب المواد الكيمياوية جسم الإنسان بحروق نتيجة تأثيرها المباشر، وليس نتيجة للحرارة، وهذه المواد قد تكـون في إحدى الصور الأتية:

- الحوامض: حامض الكبريتيك - حمض الكلوريك - حمض النتريك - حمض الخليك ... الخ
- القلويات: الصودا الكاوية - محلول البوتاسيوم، الأمونيا، والكلس، والنشادر.
- الاملاح: أملاح بعض العناصر مثل الزئبق - الفسفور - الأنتيمون - بروماید السلينيوم.
- الغازات: غاز الكلور - غاز النشادر.

تتطلب الحروق بالمـواد الكيميائية الاسعـاف الفوري، وذلك لأن مرور الوقت ليس فى مصلحة المصاب، لأن ذلك يؤدي الى ضرر للإنسان، ويعتبر المـاء من أفضل الوسائل لمعالجـة الحـروق الكيميائية بشرط ان يسكب على الجزء المصاب بكميات كبيرة وبأسرع وقت ممكن ومن خلال تعاملنا مع المواد الكيمياوية بالمختبرات سواء فى عمليات التداول و التخزين أو التحضير لإجراء التجارب أو اثناء أجراء التجارب فقد يصاب أى فرد نتيجة عدم أتباع اجراءات السلامة والصحة المهنية مما ينتج عنه حروق كيمياوية تحدث هذه الحروق نتيجة تلامس مباشر لجسم الانسان أو التعرض للمواد الكيميائية سالفة الذكر والتي من أهمها الاحماض والقلويات. حيث ان الخطوات المتبعة للإسعافات الأولية عند الاصابة بالحروق الكيميائية كما يلي:

- ازالة المسبب للحرق فوراً، وذلك بغسل الجزء المصاب بماء جـار بأسـرع ما يمكن، ويجب أن تستمر عملية غسل الجزء المصاب بالماء مدة لا تقل عن عشر دقائق.
- تجنب استعمال مياه تحت ضغط حتى لا تضر جلد المصاب ولكن يجب سكب الماء بهدوء.
- خلع ملابس المصاب في حالة تعرضها للمواد الكيمياوية إذا أمكن ذلك وإلا فيجب سكب كمية من الماء أو المضاد للمادة الكيميائية على الملابس.

- معادلة المادة الكيميائية للتخفيف من تأثيرها على الجزء المصاب بالحروق الناتجة عن التعرض للأحماض تعادل بوضع قلويات ضعيفة مثل بيكربونات الصـــودا على الجزء المصاب أي الحروق الناتجة عن التعرض للقلويات تعادل بوضع احماض ضعيفة مثل الخل الخفيف أو حامض الليمون أو عصير الليمون (ما عـدا اصـابة العين فلا يستعمل في العين تعادل)، ويستخـدم ايضـاً محلول يسمى محلول الفوسفيت المتعادل الذي له قدرة في تعادل الاحماض والقلويات.
- بعد الانتهاء من معادلة المادة الكيميائية المسببة للحرق يتم غسل الجزء المصاب بالماء مرة اخـرى وينشف ويربط باستعمال شاش معقم مع مراعاة عدم فتح الفقاقيع الجلدية حتى تقلل من مساحة الجزء المعـــرض للميكـــروبات.
- اسعاف المصاب في حالة تعرضه لمضاعفات أخرى مثل الألم أو الصدمة العصبية.
- نقل المصاب بعد اجراء عمليات الاسعافات الأولية الى المستشفى إذا لزم الأمر لمعالجة المصاب.

ب. إصابات العين بالمواد الكيميائية (Eye Injury by Chemicals)

تسبب المواد الكيميائية تأثيراً كبيراً على العين في حالة الإصـــابة بها، لذلك فإن عملية الاسعاف بشكل صحيح وبسرعة أمر مهم جداً للحفاظ على العين وانقاذها من تلف محقق وخاصـــة في حالة الاصـــابة بالمواد القلـــوية نظراً لقدرتها على اختراق انسجة العين وأحداث الحروق العميقة والضرر الشديد بها. حيث ان الخطوات المتبعة للإسعافات الأولية للعين في حالة الاصابة بالمواد الكيميائية كما يلي

- يجب غسل العين المصابة بالماء النقي، وذلك بوضع رأس المصاب تحت صنبور الماء مباشـــرة أو غمر رأس المصاب بالمـــاء.
- يجب أن يقوم المصاب بفتح وغلق عينه داخل الماء بقـوة، وقد لا يستطيع نتيجة الألم، فيجب على المسعف القيام بفتحها لإجراء عملية الغسيل.
- يجب عدم استعمال أي مواد كيميائية للمعادلة داخل العين إلا محلـــول الفوسفيت المتعادل (إن وجد)، ولا يجوز وضع أي نوع من القطران أو المراهم، ولكن يتم وضـــع غيار معقم على عين المصاب ونقله إلى المستشفى للعلاج.

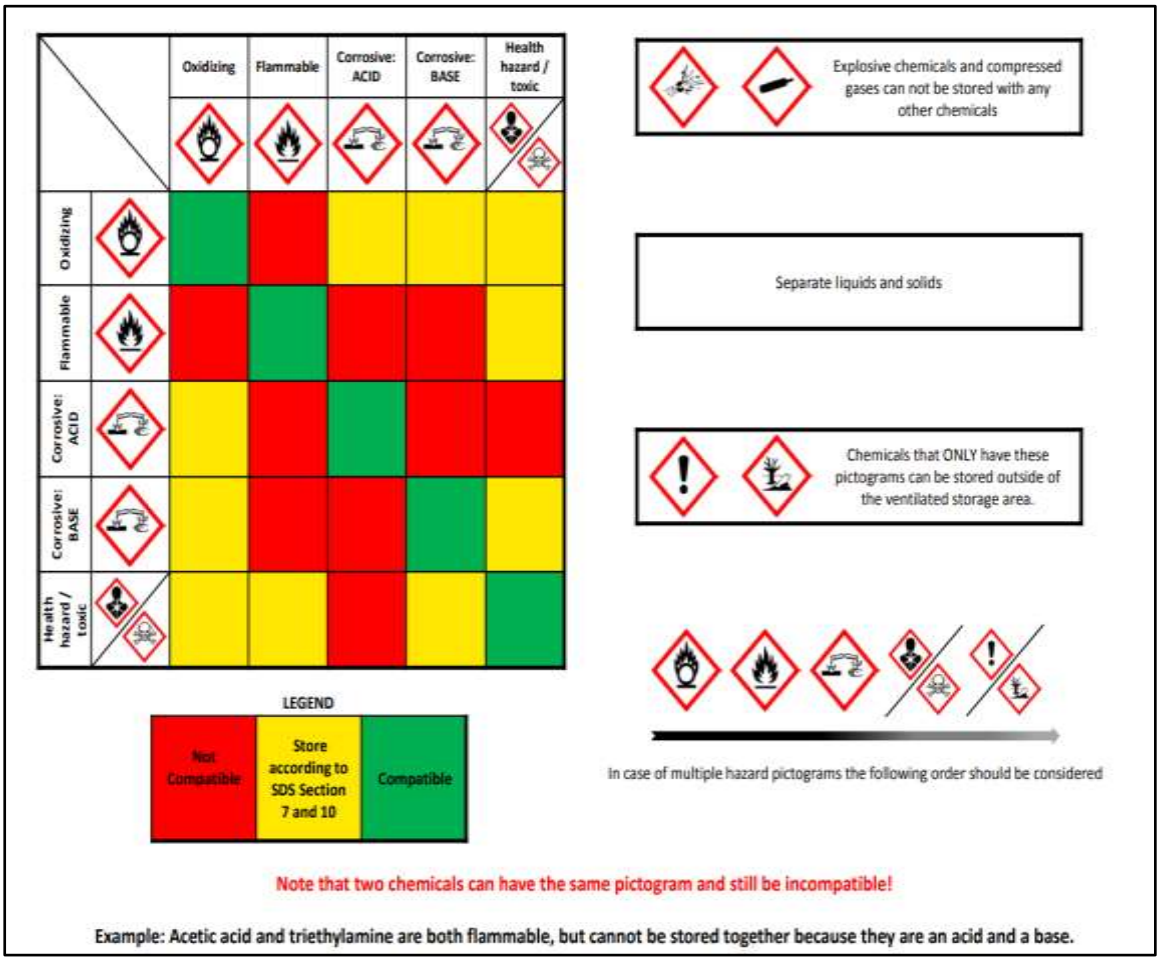
٦-١-٧ التخزين الآمن في المختبرات الكيميائية

(Safe Storage in Chemical Laboratories)

يعد تخزين المواد الخطرة بأمان جزءًا مهمًا من حمايتك وحماية العاملين لديك. لتخزين امن يمكن اتباع ما يأتي:

- تخزين ما تحتاجه فقط.
- تخزين المواد في المكان الصحيح من المخزن ووضع ملصقات عليها بشكل صحيح.
- الرجوع دائماً الى ورقة بيانات سلامة المواد (MSDS) حيث هي المكان الأول الذي يجب أن تبحث فيه عن معلومات حول كيفية تخزين والمواد الأخرى التي يجب الاحتفاظ بها بعيدًا عنها. تتضمن هذه المعلومات تصنيف البضائع الخطرة والمخاطر الفرعية ومجموعات التعبئة كما تم توضيحه في الشكل (٦).

- هناك بعض المواد الكيميائية التي لا يجب تخزينها معًا، إذ يجب فصل بين جميع المواد الكيميائية غير المتوافقة للتخزين المناسب وحسب فئة الخطر. بشكل عام، يجب القيام بتخزين المواد الكيميائية معًا والابتعاد عن مجموعات المواد الكيميائية الأخرى التي قد تسبب تفاعلات إذا اختلطت، ويمكن الاستفادة من الشكل رقم (٨) لمعرفة المواد غير متوافقة بشكل عام.



الشكل رقم ٨: المواد غير المتوافقة اعتمادا على فعاليتها الكيميائية

إن الشكل رقم (٨) يمكن اعتماده في خزن المواد وفقاً للألوان الموضحة بالشكل، فإن اللون الأخضر هو دلالة على التوافق الكيميائي بين أي مادتين وسلامة خزنها معاً. اللون الأصفر يؤكد على ضرورة الرجوع الى النشرة الفنية وغالباً ما تكون ضمن الفقرة السابعة الى الفقرة العاشرة في النشرة، وأما اللون الأحمر، فهو إشارة لعدم توافقية المواد، ويمنع خزنها معاً. للتوضيح اكثر، مثلا تقاطع العمود الأول مع الصف الأول يبين سلامة خزن (اللون أخضر) المواد المؤكسدة مع مواد مؤكسدة. لمزيد من المعلومات يمكن ايضاً اعتماد الجدول رقم (٢) للخزن الامن:

الجدول رقم ٢: المواد غير المتوافقة اعتمادا على فعالياتها الكيميائية

المادة الكيميائية	غير متوافقة مع
الأزيدات	الاحماض
أستيلين	الكلور، البروم، النحاس، الفلور، الفضة، الزئبق.
أسيتون	حامض النتريك، حامض الكبريتيك، أي عوامل مؤكسدة اخرى.
الأوكسجين	الزيوت، الشحوم، الهيدروجين، واي عوامل مختزلة أخرى، بما في ذلك السوائل القابلة للأشتعال، المواد الصلبة القابلة للأشتعال والغازات القابلة للأشتعال.
أوكسيد الكالسيوم	الماء.
أمونيا (نقي، لا نقي)	الزئبق (مثال: الموجود في المانوميتر)، الكلور، هيبوكلوريت الكالسيوم، اليود، البروم، حامض الهيدروفلوريك.
أنيلين	حمض النتريك, فوق أوكسيد الهيدروجين.
برمنغنات البوتاسيوم	الجيليسرين، جلايكول الإثيلين، بنزالدهيد، أي عوامل مختزلة أخرى، حمض الكبريتيك.
البروم	نظائر الكلور.
البوتاسيوم	رباعي كلوريد الكاربون، ثنائي أكسيد الكاربون، الماء.
ثلاثي أوكسيد الكروم (حامض الكروميك)	حمض الخليك، النفثالين، كافور، جليسرين، الكحولات، السوائل القابلة للأشتعال.
ثنائي أوكسيد الكلور	أمونيا، الميثان، الفوسفين، كبريتيد الهيدروجين.
حامض الخليك	العوامل المؤكسدة، مثل حامض الكروميك، حامض النتريك، مركبات الهيدروكسيل، جلايكول الإيثيلين، حامض البيروكلوريك، فوق الأكاسيد، البرمنغنات.
حامض الأوكساليك	الفضة، الكلوريتات، اليوريا.
حامض البيروكلوريك	العوامل المختزلة مثل أسيتيك إنهيدرايد، البزموث وسبائكه، الكحولات، الورق، الخشب، الشحوم، الزيوت.
حامض الكبريتيك	برمنغنات الماء، الماء، العوامل المختزلة، الكلورات، فوق الكلورات، حامض النتريك.
حامض النتريك	حامض الخليك، الأنيلين، حامض الكبريتيك، حامض الكروميك، حامض الهيدروسيانيد، كبريتيد الهيدروجين، السوائل القابلة للأشتعال/للأحتراق، الغازات القابلة للأشتعال/للأحتراق، النحاس، الفلزات الثقيلة، القلويات.
حامض الهيدروسيانيد (لا مائي)	القلويات.
حامض الهيدروفلوريك	برمنغنات البوتاسيوم، حامض الكبريتيك.
الزئبق	أسيتلين، حامض الفولمينيك، أمونيا.

السوائل القابلة للأشتعال	نترات الأمونيوم، حامض الكروميك، فوق أوكسيد الهيدروجين، حامض النتريك، فوق أوكسيد الصوديوم، الهالوجينات.
السيانيد	الاحماض.
الصوديوم	رباعي كلوريد الكاربون، ثنائي أوكسيد الكاربون، الماء.
الفلزات القلوية والقلوية الترابية	الماء، رباعي كلوريد الكاربون، أي مركبات هيدروكاربونية مكلورة، ثنائي أوكسيد الكاربون، الهالوجينيات.
الفسفور الأبيض	الهواء، الأوكسيجين, القلويات، الهالوجينيات، أكاسيد الهالوجينات، العوامل المؤكسدة.
فوق أوكسيد الصوديوم	ميثانول، إيثانول، حامض الخليك، أسيتيك إنهيدرايد، بنزالدهيد، ثنائي كبرتيد الكاربون، جيليسرين، جلايكول الإثيلين، خلات الإثيل، خلات الميثيل، فورفورال.
فوق الكلورات	أنظر الكلورات.
الكبريتيدات	الاحماض.
كبريتيد الهيدروجين	أكاسيد الفلزات، مسحوق النحاس، الغازات المؤكسدة.
الكربون(النشط)	هيبوكلوريت الكالسيوم، العوامل المؤكسدة الأخرى.
الكلور	أمونيا، أسيتلين، بيوتادين، بيوتان، ميثان، بروبان (أو أي غازات بترولية أخرى)، هيدروجين، كربيد الصوديوم، بنزين، مسحوق الفلزات، تربنتين.
الكلورات	أملاح الأمونيوم، الحوامض، مسحوق الفلزات، الكبريت، المواد العضوية المسحوقة جيداً، المواد القابلة للأشتعال جيداً.
المواد الزرنيخية	العوامل المختزلة.
النيتراتات	مساحيق الفلزات، مساحيق اللافلزات، كبريتيدات الفلزات، السوائل القابلة للأشتعال/للأحتراق.
نيترات الأمونيوم	الحوامض، بودرة (مساحيق) الفلزات، السوائل القابلة للأشتعال، الكلورات، النتريت، الكبريت، المواد العضوية المسحوقة جيداً، المواد القابلة للأشتعال المسحوقة جيداً.
النحاس	الأسيتيلين، فوق أوكسيد الهيدروجين.
النيتروبارافينات	الحوامض، القواعد، الأمينات، الهاليدات.
الهيبوكلوريتات	الحوامض، الكاربون النشط، أمونيا.
الهيدروكارونات (مثال:بيوتان، بروبان، بنزين)	الفلور، الكلور، البروم، حامض الكروميك، فوق أوكسيد الصوديوم، العوامل المؤكسدة الأخرى.
اليوم	أسيتيلين، أمونيا (مائي ولا مائي)، هيدروجين.

٧-١-٧ التخلص من المخلفات الكيميائية (Chemical Waste Disposal)

التخلص من المخلفات الكيميائية يتطلب توافر المعلومات بشأن خصائص هذه المخلفات وتحديد كافة المواد الكيميائية المستخدمة في تحضيرها في المختبر. وبصورة عامة، فإن ذلك يتطلب أولا جمع المخلفات الكيميائية وعزلها داخل حاويات حيث يمكن تميزها باستخدام قارورات مميزة أو إشارات محدده.

الكميات الصغيرة والكميات الكبيرة من المخلفات الكيمائية يجب معاملتها بنفس القدر من الأهمية اذ لابد (بشكل عام) من أن تكون هوية المواد معروفة وفي الحالات التي يتعذر فيها تحديد هوية النفايات الكيميائية، يمكن استخدام بعض الاختبارات البسيطة لتحديد هويتها والمخاطر المحتملة. في البداية يتم جمع المخلفات الكيميائية وتخزينها بصفة مؤقتة داخل المختبرات أو بالقرب من مصادرها بشكل محكم، ويتم نقلها بعد ذلك في الاماكن المخصصة لأجراء عملية التخلص منها من قبل اشخاص متدربين ومتمرسين ووفقاً للقوانين المحلية والعالمية البيئية، ويجب أن تكون اعتبارات السلامة ضمن الأولويات عند إعداد نظام لجمع وتخزين المخلفات بصفة مؤقتة داخل المختبر.

يمكن جمع أنواع مختلفة من النفايات داخل حاوية واحدة على ان تكون مشتركة بالتوافق الكيميائي للتأكد من عدم حدوث أي تفاعل آخر. على سبيل المثال، يمكن مزج مواد النفايات المذابة بهدف التخلص منها، مع مراعاة توافقية المكونات. ومع ذلك، فإنه يجب فصل الحاويات التي تحتوي على مواد غير متوافقة أو تخزينها بطريقة وقائية أخرى كما يجب توصيف الحاويات كافة التي تحتوي على النفايات الخطرة مع تحديد هوية كل مادة، ومخاطرها مثل قابلية الاشتعال وقابلية التآكل بحيث تتم كتابة عبارة "نفايات خطيرة" على الحاوية. عند جمع النفايات المتوافقة في حاوية مشتركة، ويجب إعداد قائمة بالمكونات للمساعدة فيما بعد عند اتخاذ القرارات بشأن التخلص منها. يجب أن يكون التوصيف واضحاً ودائماً كما يجب ان تكون حاويات جمع النفايات مستقلة وتتوافق مع ما بداخلها من محتويات.

يتم جمع النفايات الكيميائية حسب نوعها كما يأتي:

- **المخلفات الكيميائية السائلة:** يجب جمع النفايات المائية وفصلها عن النفايات العضوية المذابة ويتم استخدام حاويات السلامة المصنعة من اللدائن مثل البولي إيثلين أو المعدن مثل الصلب المغلون أو غير القابل للصدأ لجمع النفايات السائلة، خاصة بالنسبة للسوائل القابلة للاشتعال. وفيما يخص الحاويات الزجاجية تمتاز بكونها غير منفذة للمواد الكيميائية إلا أنها عرضة لخطر الكسر، لذا لا يتم استخدامها. ويجب جمع المخلفات المائية التي ليس من المفترض التخلص منها بالوعات الصرف، داخل حاوية مقاومة للتآكل.
- **المخلفات الكيميائية الصلبة:** يتم وضع النفايات الكيميائية الصلبة، للتخلص منها داخل حاوية مع توصيفها بطريقة واضحة ومناسبة انتظارا للتخلص منها وعدم الاحتفاظ بكميات كبيرة من النفايات الكيميائية الصلبة داخل المختبر أو تخزينها لفترة زمنية طويله.

إن المناطق المركزية لتجميع النفايات هي المكان الامثل لخزن الكميات الكبيرة من النفايات. ويجب غسل حاويات النفايات الفارغة الزجاجية والمعدنية الملوثة بالمواد العضوية، وذلك باستخدام

المذيبات كالأسيتون والميثانول للتنظيف ثم غسلها بالماء وأضافه مواد الغسل إلى حاوية النفايات الكيميائية.

هناك خمسة طرق للمعالجة أو للتخلص من المخلفات الكيميائية الخطرة وهي:

- المعالجة الكيميائية
- المعالجة الحرارية
- المعالجة الفيزيائية
- الحرق
- الدفن

حيث ان الطرق الثلاثة الأولى للمعالجة (الكيميائية والحرارية والفيزيائية) يتم من خلالها تحويل النفايات على المستوى الجزيئي، يوضح الجدول (٣) نوع المعالجة والامثلة على طرق استخدامها.

الجدول رقم ٣: طرق معالجة المخلفات الكيميائية

نوع المعالجة	امثلـــــة
المعالجة الكيميائية Chemical treatment	Neutralization, precipitation, ion exchange, reduction, or oxidation
المعالجة الحرارية Thermal treatment	Incineration
الطمر Landfill	Land farming
المعالجة الفيزيائية Physical treatment	Solidification, flotation, sedimentation, evaporation, or filtration.

تؤدي طريقة الحرق إلى تصلب النفايات أو تركيزها أو تقليل حجمها. لتدمير بعض النفايات العضوية، وكذلك إزالة السموم منها، يمكنك استخدام الحرق بدرجة حرارة عالية. المعدات المستخدمة لهذا الغرض تشمل:

- محارق حقن السوائل
- أفران متعددة الشعلات
- المحارق ذات القاعدة المميعة
- الأفران الدوارة

إحدى الطرق الشائعة للتخلص من النفايات المختبرية، وعادة ما يتم تنفيذ حرق النفايات في أفران دوارة في درجات حرارة مرتفعة بين ٦٥٠-٨٠٠ درجة مئوية. هذه التقنية تقضي تماماً على معظم المواد العضوية وتقلل حجم المواد المتبقية التي يجب دفنها في مواقع دفن النفايات. مع ذلك، فإنها من الخيارات المكلفة التي تتطلب استهلاك كميات كبيرة من الوقود للوصول إلى درجات الحرارة المطلوبة. فضلا عن ذلك، فأن بعض المواد، مثل الزئبق ومركباته ربما يتعذر حرقها نظرا للقوانين المفروضة والقيود الخاصة بالقدرات الاتلافية.

تستخدم طريقة الدفن للتخلص من المخلفات التي لها خطورة محدودة يمكن أن يتم ذلك عن طريق الدفن بطريقة علمية Landfill هناك نوعان من الدفن بطريقة علمية باستخدام عازل واحد

(One Liner) أو عازلين اثنين(Two Liner) ، ويمكن التخلص من الكثير من المواد الكيميائية الصلبة ذات الخطر المحدود بهذه الطريقة وهي كما يأتي:

النوع الأول: أنظمة ذات بطانة مفردة

عادة ما يتم وضع هذه الأنظمة داخل مدافن النفايات التي تحتوي في الغالب على أنقاض البناء، لا تهدف مدافن النفايات هذه إلى التخلص من النفايات السائلة الضارة مثل الطلاء أو القطران أو أي نوع آخر من القمامة السائلة التي يمكن أن تتسرب بسهولة من خلال نظام بطانة واحدة.

النوع الثاني: أنظمة ذات بطانة مزدوجة

توجد هذه الأنظمة عادة في مدافن النفايات الصلبة وكذلك جميع مدافن النفايات الخطرة حيث تم إنشاء الجزء الأول لجمع المادة المترشحة بينما تم تصميم الطبقة الثانية لتكون نظامًا لاكتشاف التسرب لضمان عدم تسرب أي ملوثات إلى الأرض.

٧-٢ السلامة في المختبرات البايولوجية (Safety in Biological Laboratories)

تعد السلامة في المختبرات البايولوجية الجامعية أولوية يجب الاهتمام بها من قبل المؤسسات التعليمية التي تعنى بالتخصصات الطبية والعلمية، إذ أن هذا العمل محفوف بالمخاطر والحوادث التي قد تكون قاتلة في حال لم يتم اتخاذ التدابير الصحيحة. ومن العوامل الأساسية التي تؤثر وبشكل مباشر على موضوع الأمن والسلامة الطريقة المستخدمة في ترتيب المواد وتصنيفها، اذ ينبغي أن نركز وبشكل واضح على ضرورة تفادي الخطأ قبل حدوثه لذلك يجب التركيز على طريقة التصنيف للمواد المختبرية.

٧-٢-١ تصنيف المخاطر البايولوجية (Biological Hazards classification)

ان المواد البايولوجية الخطرة عديدة وممكن ان تشمل العوامل المعدية ومسببات الأمراض مثل البكتيريا والطفيليات والفطريات والفيروسات وغيرها من الكائنات الدقيقة الممرضة، وكذلك تشمل الحمض النووي والسموم المشتقة بايولوجياً التي تشكل خطراً محتملاً على صحة البشر أو الحيوانات أو النباتات بشكل مباشر من خلال العدوى أو بشكل غير مباشر من خلال الأضرار التي تلحق بالبيئة. وعادة يرمز الى الأخطار البايولوجية عالمياً بالرمز الموضح في الشكل رقم (٩).

الشكل رقم ٩: رمز الخطر البايولوجي عالمياً.

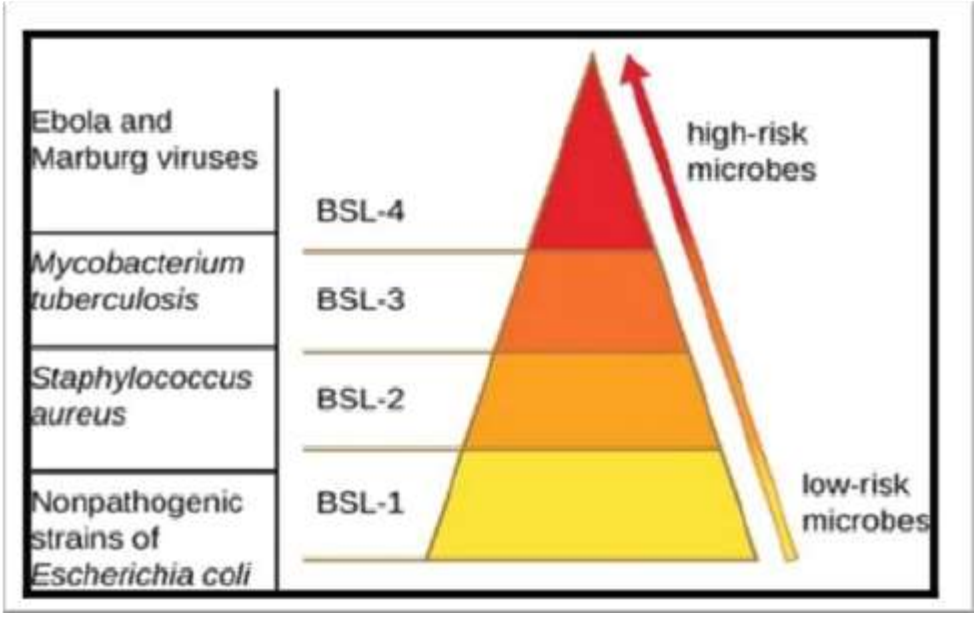
وتصنف مراكز مكافحة الأمراض والوقاية من الأمراض المختلفة الى أربعة مستويات من الأخطار البايولوجية (Biosafety Level) كما موضح في الشكل رقم (١٠) وهي كالتالي:

أ. **مرتبة الخطورة ١:** تضم مجموعة الخطر الأولى كائنات حية دقيقة لديها احتمالية منخفضة للتسبب بأمراض للبشر أو الحيوانات مثل بعض المستعمرات الغير مَرضية لبكتريا E.coli، لذا لا توجد خطورة عالية على الافراد والعاملين في المختبر وعلى الأرجح تنطوي اجراءات السلامة على ارتداء القفازات وبعض المعدات لحماية الوجه.

ب. **مرتبة الخطورة ٢:** تضم مجموعة الخطر الثانية كائنات حية دقيقة ممكن ان تسبب امراضاً بشرية وتشكل خطرا على الافراد والعاملين في المختبر، لكنه من غير المرجح ان تنتشر في المجتمع وغالباً ما تتوفر اجراءات وقائية فعالة للوقاية منها أو لعلاجها، مثل السالمونيلا وفيروسات التهاب الكبد A,B,C وفايروس نقص المناعة البشري HIV.

ج. **مرتبة الخطورة ٣:** تضم مجموعة الخطر الثالثة كائنات حية دقيقة يمكن أن تسبب مرضا قاتلاً للبشر أو تشكل خطورة شديدة على الافراد والعاملين في المختبر، ويحتمل انتشارها في المجتمع، ولكن تتوفر لها علاجات أو لقاحات مثل الجمرة الخبيثة وفيروس السارس والسل والحمى الصفراء والملاريا.

د. **مرتبة الخطورة ٤:** تضم مجموعة الخطر الرابعة كائنات حية دقيقة لا يتوفر لها علاج أو لقاح لذا تمثل خطر شديد على الافراد والمجتمع لاحتمالية انتشارها وعدم السيطرة عليها، مثل فايروس الحمى النزفية وفايروس ماربوغ وفايروس ايبولا.



الشكل رقم ١٠: مستويات الأخطار البايولوجية

٧-٢-٢ متطلبات السلامة في المختبرات البايولوجية
(Safety Requirements in Biological Laboratories)

ان من متطلبات السلامة في المختبرات ان يحتوي كل مختبر على تعليمات بأهم الإجراءات المختبرية التي توصف بأنها التقنيات المكروبيولوجية الجيدة (Good microbiological techniques) GMT، وان يكون لديه دليل سلامة موضح فيه المخاطر الهامة ويشرح الإجراءات اللازمة لمنع أو الحد من المخاطر المحتملة. وفيما يلي أهم المفاهيم التي يجب أن توضع في قوائم المختبر:

أ. دخول المختبر (Entering the laboratory)

يراعى فيها الاتي:

- علامات وإشارات التحذير العالمية الخاصة بالخطر الحيوي يجب أن توضع في مكان مناسب على أبواب الحجرات التي تشتمل على أو تتداول فيها ميكروبات من المجموعات الثانية والثالثة والرابعة من مجموعات الخطر.
- يدخل فقط الأفراد المصرح أو المسموح لهم بدخول مناطق العمل بالمختبر.
- أبواب المختبر يجب الإبقاء عليها مغلقة.
- الأفراد تحت سن ١٦ سنة يجب ان لا يسمح لهم بالدخول لمناطق العمل بالمختبر.
- دخول بيت الحيوان يكون بتصريح خاص.
- الحيوانات الغير مطلوبة للعمل لا يجب السماح بتواجدها في المختبر.
- يجب وضع لافتات داخل وخارج المختبر تشير إلى عدم التدخين أو الأكل أو الشرب في المختبر.

ب. حماية الأفراد (Persons Protection)

يراعى فيها الاتي:

- ملابس المختبر الخاصة يجب أن يتم ارتداؤها طوال وقت العمل بالمختبر.
- يجب لبس قفازات خاصة عند التعامل بشكل مباشر أو إجباري مع عينات الدم أو المواد المعدية أو الحيوانات المصابة ويجب غسل اليدين بعد ذلك مباشرة.
- يجب أن يغسل الأفراد أيديهم قبل أن يغادروا منطقة العمل بالمختبر.
- النظارات الواقية وأقنعة الوجه وغيرها من الوسائل الواقية يجب أن يتم ارتداؤها لحماية العيون والوجه من كل من لمبات الأشعة فوق البنفسجية وكذلك من أي رذاذ يتطاير أثناء العمل.
- يجب منع لبس الملابس الواقية الخاصة بالمختبر خارج المختبر (على سبيل المثال في حجرات الاستراحة أو المكاتب أو المكتبات أو دورات المياه أو حجرات الأفراد).
- الأحذية المفتوحة لا يجب لبسها في المختبر.
- يمنع الأكل والشرب واستعمال العدسات اللاصقة في منطقة العمل بالمختبر.
- يمنع تخزين أي أغذية أو مشروبات خاصة بالأفراد في منطقة العمل بالمختبر.
- ملابس الوقاية المختبرية لا يجب وضعها في نفس الدواليب التي يتم فيها وضع الملابس العادية.

ج. بعض التعليمات الخاصة بالإجراءات المختبرية (Laboratory Procedures Instructions)

يراعى فيها الاتي:

- يمنع تماماً استخدام الماصات بواسطة الفم.
- يمنع استخدام الفم في أي عمل بالمختبر.
- يراعى أن تكون الطرق المختبرية أو التقنيات الفنية بالمختبر مصممة بحيث ينتج عنها أقل قدر من الانبعاث أو الأدخنة أو الضباب أو ما شابه ذلك وفي حالة وجود خطورة من ذلك فيجب استخدام كابينات الأمان الحيوي BSC .
- يجب الحد من استخدام المحاقن أو السرنجات ولا يجب استخدامها كبديل للماصات أو لأي غرض آخر بخلاف عملية الحقن تحت الجلد أو سحب سوائل مثلاً وذلك من حيوانات التجارب المختبرية.
- في حالات انسكاب مواد كيميائية أو عينات أو حوادث معينة بالمختبر أو حالات تعرض للإصابة أو العدوى قد تحدث بالمختبر يجب عمل تقرير بها لمشرف المختبر ويجب حفظ مستندات بهذه الوقائع في سجلات المختبر.

د. منطقة العمل بالمختبر (Working Area)

يراعى فيها الآتي:

- مناطق العمل بالمختبر يجب أن تكون ملساء ونظيفة وخالية من أي مواد ليس لها صلة بالعمل المطلوب.
- كل الأسطح المستخدمة في المختبر يجب تنظيفها وإزالة التلوث الذي حدث بها نتيجة انسكاب مواد عليها أو استعمال مواد خطرة عليها وذلك بعد انتهاء العمل اليومي.
- كل المواد الملوثة والعينات والمزارع الميكروبية يجب عمل تعقيم لها قبل التخلص منها أو تنظيفها لإعادة استخدامها إذا كان ذلك ممكنا.
- التعبئة والنقل لأي مواد يجب أن يكون مطبقاً عليها القواعد الدولية والمحلية الخاصة بذلك.
- عندما يتم فتح الشبابيك يجب أن يكون هناك حواجز مفصلية (ستائر).

هـ. إدارة الأمان الحيوي بالمختبر (Laboratory Biosafety Management)

- من المسؤوليات الخاصة بمسؤول المختبر أن يضمن وجود خطة لإدارة الأمان الحيوي بالمختبر وكذلك يضمن وجود دليل للأمان والتشغيل الآمن.
- المشرف على المختبر (المسؤول الثاني بعد المدير) يجب أن يضمن تنفيذ التدريب المستمر والدوري الخاص بأمان المختبر.
- يجب عمل تنبيه وتوعيه للأفراد من المخاطر وإلزامهم بقراءة واستيعاب وتنفيذ دليل الأمان أو دليل التشغيل الأمن وإتباع الممارسات الجيدة والإجراءات القياسية بالمختبر. ويجب على مشرف المختبر أن يضمن أن كل الأفراد يتفهمون كل ما سبق، كذلك يجب أن يكون متاحاً بالمختبر نسخة من هذه الوثائق الهامة.

- يجب أن يكون متوفراً للمختبر برنامج للتحكم والسيطرة على الحشرات والقوارض وما شابه
- يجب عمل تقييم طبي من فحص دوري وعمل العلاج اللازم ويجب الاحتفاظ بسجلات للأفراد بهذا الشأن .يجب تجميع عينات بلازما الدم (Serum) من أفراد المختبر أو أي أفراد آخرين لهم علاقة بهذا الخطر وهذه العينات يتم تخزينها.
- طبقاً للقواعد المعمول بها دولياً ومحلياً، يجب تجميع عينات إضافية دورياً من هؤلاء الأفراد حسب نوع الميكروبات التي يتم تداولها وحسب التحاليل التي يقوم بها المختبر وذلك بغرض الوقوف على مدى حدوث عدوى أو مشاكل صحية لهؤلاء الأفراد العاملين بالمختبر.

٧-٢-٣ متطلبات السلامة في البيت الحيواني

(Safety Requirements in Animal House)

تتنوع الاحتياطات الواجب اتخاذها في بيت الحيوان الخاص بحيوانات التجارب حسب مستوى الخطر وتزداد شدة هذه الاحتياطات كلما زاد مستوى الخطر والمعروف أن مستويات الأمان الحيوي تتدرج في شدتها أو شدة الإجراءات المتبعة حيالها من المستوى الاول إلى المستوى الرابع كما سبق أن أشرنا إليه من قبل ويمكن أن يضاف إلى ما سبق ما يلي:

- ضرورة تواجد خزان التعقيم (Autoclave) في مكان قريب من بيت الحيوان لغرض التعقيم.
- فرشة الحيوان يجب إزالتها بدون إحداث غبار أو إثارة للأتربة ويجب إزالة تلوثها (تعقيمها) قبل التخلص منها.
- المعدات الحادة كالسكاكين والمشارط وغيرها يراعى في التخلص منها ما ذكر سابقاً.
- المواد التي تنقل للأوتوكلاف أو المحرقة يجب نقلها بحذر وفى أوعية محكمة القفل.
- أقفاص الحيوانات يجب تطهيرها وإزالة التلوث منها
- استخدام كابينات الأمان الحيوي أو استخدام أقفاص منفصلة لكل حيوان على حدة وتزويدها بمرشحات هوائية للتخلص من الهواء الناتج عن التجارب والذي قد يتسبب في توليد غبار أو تراب أو روائح بعد الاستخدام.
- جثث الحيوانات النافقة أو التي تم استعمالها في التجارب يتم إرسالها بطريقة آمنة إلى المحرقة.
- يجب ارتداء ملابس واقية وتجهيزات لحماية ووقاية الأفراد المتعاملين مع حيوانات التجارب ويجب التخلص منها بعد انتهاء العمل كذلك يجب توفر قفازات خاصة للحماية من الحيوانات وعدم التعرض للقضم القرم أو الإصابة أو التلوث وأيضاً يجب على العاملين غسل أيديهم جيداً قبل مغادرة بيت الحيوان.
- أي أضرار أو جروح أو خلافه يجب تسجليها مهما كانت صغيرة في سجلات المختبر.
- الأفراد العاملون يجب أن يحصلوا على تدريب كاف ومناسب لطبيعة العمل في بيت الحيوان.
- يمنع الأكل والشراب واستخدام مساحيق التجميل وخلافه خلال العمل.

٧-٢-٤ التخلص من النفايات البايولوجية (Biological Waste Disposal)

تضم النفايات البايولوجية النفايات الطبية والنفايات الناتجة عن الأبحاث البايولوجية، بعض هذه النفايات قد تكون سامة، وبعضها الآخر تشكل خطراً على الصحة نتيجة التلوث الجرثومي، لذلك يجب التعامل معها بعناية كافية لضمان عدم تأثيرها على الصحة العامة، وخاصة لدى الأشخاص الذين يتعاملون معها سواء في جمعها أو نقلها أو تصريفها، ويمكن تجميعها داخل أكياس ورقية مبطنة بمادة شمعية، أو في أكياس بلاستكية، ووضعها داخل أوعية معدنية مبطنة. وتضم اجراءات العمل القياسية ثلاثة مراحل وهي:

أ. المرحلة الأولى / جمع وفرز النفايات البايولوجية (Collecting and Sorting of Biological Waste)

- يجب جمع النفايات يوميا من المختبر والاقسام الطبية ونقلها إلى مكان الجمع المؤقت.
- يجب جمع النفايات في أكياس وحاويات بلاستيكية يسهل التعرف عليها وفقاً للتوصية المتعلقة برموز الالوان وأنواع الاكياس والحاويات البلاستيكية كما موضح في الشكل رقم (١١).
- التأكد من أن عمال النظافة لا يشاركون في عملية فرز النفايات الطبية، وأن مهمتهم هي فقط جمع ونقل النفايات لتقليل الحوادث التي قد تنجم عن عدم معرفتهم الكاملة بأنواع هذه النفايات.
- لا يجوز نقل أي نوع من الاكياس دون أن تحمل علامات الخطر البايولوجي الدولية التي توضح نوع النفايات ومكان إنتاجها.
- بعد الانتهاء من جمع النفايات الطبية، يجب حفظها في منطقة التخزين المؤقتة إلى أن يتم نقلها لغرض المعالجة والتخلص النهائي.
- يجب تخزين النفايات في أماكن مبردة بشرط أن تتراوح درجة الحرارة بين ٢-٨ درجات مئوية، مع مراعاة وضع العلامات التحذيرية على الاماكن بشرط أن تكون فترات التخزين على النحو التالي:
  - ٧٢ ساعة كحد أقصى في الشتاء.
  - ٤٨ ساعة كحد أقصى في الصيف.

الشكل رقم ١١: يوضح انواع النفايات الطبية البايولوجية وأكياس النفايات الخاصة بها

ب. نقل النفايات البايولوجية خارج المختبر
(Transporting Biological Waste Outside the Laboratory)

- يجب على العاملين في المختبر الذين يتعاملون مع النفايات استخدام معدات الحماية الشخصية.
- يجب أن تكون الاكياس ممتلئة بنسبة ثالثة أرباع على الاكثر.
- يجب أن يكون كيس النفايات مربوطاً ويمكن وضعه في كيس أكبر من نفس اللون مع الملصق المناسب.
- يجب أن يحتوي الملصق على المعلومات التالية: تاريخ الجمع، اسم المختبر، القسم، الكلية.
- في حالة حدوث تمزق في أي كيس، فتأكد من تغليفه بشكل مزدوج قبل نقله.
- يجب حمل الاكياس البلاستيكية الفارغة والملابس الواقية المناسبة ومعدات التنظيف والادوات والمطهرات، للتعامل مع الانسكابات السائلة أو تمزق الاكياس.

ج. معالجة النفايات البايولوجية والتخلص منها
(Treatment and Disposal of Biological Waste)

إن معالجة كميات كبيرة من النفايات الخطرة بايولوجياً داخل الموقع عادة ما تتطلب استخدام معدات باهظة الثمن نسبياً، وهي عموماً فعالة من حيث التكلفة فقط للمستشفيات والجامعات الكبيرة جدا والتي لديها المساحة والعمالة والميزانية لتشغيل هذه المعدات. يجب على منتج النفايات الاحتفاظ بسجلات مناسبة للتخلص من النفايات لمدة ثلاث سنوات على الاقل، عموماً هناك عدة خيارات لمعالجة النفايات الطبية، واهم هذه المعالجات هي:

اولاً: المعالجة الحرارية الرطبة (التعقيم بالبخار / الأوتوكلاف) (Autoclaving)

في المعالجة الحرارية الرطبة يتم تثبيط معظم أنواع الكائنات الحية الدقيقة عن طريق التطهير الحراري الرطب (على سبيل المثال للبكتيريا تكون درجة الحرارة الدنيا اللازمة هي ١٢١ درجة مئوية). ومن أجل زيادة كفاءة التطهير، يجب سحق الأدوات الحادة أو طحنها. هذا الحل غير مناسب لمعالجة النفايات التشريحية وجثث الحيوانات وهو غير فعال عند معالجة النفايات الكيميائية أو الصيدلانية التي لا تسمح بسهولة باختراق البخار. ويجب الانتباه انه لا يجوز على الاطلاق أن يوضع في الأوتوكلاف المواد التي تحتوي على عوامل سامة أو مواد مسببة للتآكل مثل الاحماض أو القواعد أو المبيض (القاصر) أو الفينول (أو المذيبات أو المواد المتطايرة) مثل الايثانول أو الميثانول أو الاسيتون أو الكلوروفورم أو المواد المشعة.

ثانياً: المعالجة بالحرق (Incineration)

كان الحرق سابقا الأسلوب الأكثر شعبية للتخلص من غالبية النفايات الخطرة. على الرغم من أنه لا يزال يمثل الحل المستخدم على نطاق واسع، ولكن هناك طرق بديلة تكتسب شعبية متزايدة. عند اختيار الحل، يجب أن تؤخذ عدة عوامل في نظر الإعتبار، وكثير من هذه العوامل تعتمد على الظروف المحلية، مثل متطلبات الصحة والسلامة، والخيارات المتاحة للتخلص النهائي من النفايات. ومن عيوب المحارق انها تحتاج تكاليف استثمارية وتشغيلية مرتفعة، ولا يتم القضاء على الخلايا السامة تماما، فضلاً عن الانبعاثات الملوثة للغلاف الجوي مثل الدخان الأسود والرماد المتطاير

وغازات المداخن السامة وانبعاث الروائح الكريهة. لذا يجب تزويد مشغل المحرقة بمعدات الحماية الشخصية الكافية والموصى بها في جميع الأوقات، مثل أقنعة الحماية من الدخان.

ثالثاً: المعالجة بالتطهير الكيميائي (Chemicals Disinfection Treatment)

التطهير الكيميائي له دور كبير في مجال الرعاية الصحية، ويستخدم للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة الموجودة على المعدات الطبية، وعلى الجدران والأرضيات. في الوقت الحاضر يستخدم التطهير الكيميائي أيضا لمعالجة النفايات الطبية. إضافة المواد الكيميائية للنفايات يدمر أو يعطل مسببات الأمراض المتواجدة فيها، على الرغم من أن النتيجة أقرب لأن تكون تطهيراً وليس تعقيماً. ومن عيوب هذا العملية ان النفايات الصلبة السليمة سيتم تطهير السطح فقط. العوامل الأخرى المستخدمة في المعالجة الكيميائية للنفايات الطبية هي القلويات، إما تلك شديدة التآكل (هيدروكسيد الصوديوم أو الغسول)، أو في أشكال أكثر اعتدالاً (أكسيد الكالسيوم أو الجيرمي). من بين التأثيرات الأخرى، يكون للقلويات ميل إلى تحلل البروتينات. إذا تم تجاهل حساب الكواشف، فإن العيب الرئيسي لهذه الطريقة هو خطر التلامس، لأن المحاليل القلوية تكون ضارة على الجلد والرئتين.

٧-٣ متطلبات السلامة في المختبرات الإشعاعية

(Safety Requirements in Radiological Laboratories)

الإشعاع هو طاقة تطلق على شكل موجات أو جسيمات صغيرة من مادة ما وله اشكال عديدة مثل اشعة الشمس واشعة الضوء والأشعة السينية واشعة غاما وغيرها. يستخدم الإشعاع في مختلف أنواع الأنشطة الطبية والتجارية والصناعية. ففي التطبيقات الطبية يتم استخدام الإشعاع في التصوير وقياس وظائف الأيض وعلاج السرطان. بينما في التطبيقات الصناعية يستخدم التصوير الإشعاعي لأغراض فحص اللحام والأنابيب والمواد المصنَّعة الأخرى. اما التطبيقات التجارية فتشتمل على أجهزة التعقيم لقتل البكتيريا ومُسبِّبات الأمراض، ومحطات الطاقة النووية لتوليد الطاقة الكهربائية وكواشف الدخان. ان الأمان مسؤولية وطنية ، فإن وضع معايير ونظم للأمان يساعد على توكيد استخدام الطرق الحديثة المتصلة بتدابير الصحة والسلامة الواجب توفرها في المختبرات التعليمية المتخصصة بالتعامل مع المواد المشعة وتحديد خطورتها على صحة الإنسان والبيئة , ولغرض توفير بيئة امنه من التلوث الإشعاعي ، سوف نستعرض في هذا المحور الجوانب الإشعاعية و مخاطرها على البيئة .

٧-٣-١ تصنيف المصادر المشعة(Radioactive Sources Classification)

أ. الإشعاع غير المؤين (Non-Ionizing Radiation)

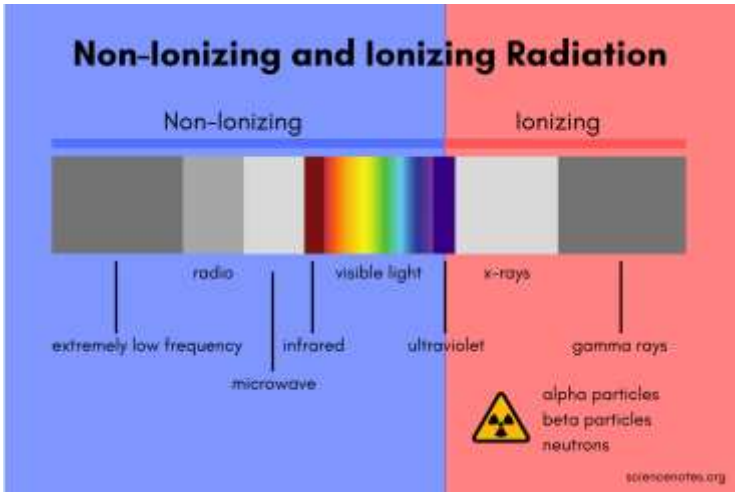
هو عبارة عن إشعاع يحمل طاقة كافية لتحريك الذرات في الجزيئة أو يتسبب في اهتزازها، ولكن ليس بقدر يكفي لإزالة الإلكترونات. من أمثلة هذا النوع من الإشعاع الضوء المرئي والموجات الكهرومغناطيسية الصغيرة كما موضح في شكل (١٢).

ب. الإشعاع المؤين (Ionizing Radiation)

هو عبارة عن إشعاع ذو طاقة عالية يعمل على تأيين الوسط الذي يمر فيه بسبب اصطدام الشعاع بالوسط مما يؤدي الى ازالة الإلكترونات الملتصقة بإحكام من الذرات، مُكَوِّن بذلك الأيونات. من أمثلة الإشعاع المؤيَّن الأشعة السينية وأشعة غاما. ويعد النوعين ضارين عند التعرض لهما بكميات

كبيرة. ويحتوي الإشعاع المؤيَّن الصادر من المواد المشعة وأجهزة توليد الإشعاع على جسيمات الفا وبيتا وفوتونات كاما وفوتونات الأشعة السينية والنيوترونات كما يأتي:

- **أشعة ألفا:** تتألف من جسيمات موجبة الشحنة يتألف كل منها من بروتونين ونيوترونين تطلقهما نويدات مشعة لعناصر ثقيلة كاليورانيوم والراديوم والرادون والبلوتونيوم. تنتقل أشعة ألفا إلى مسافة سنتميترات فقط في الهواء.
- **أشعة بيتا:** تتألف من إلكترونات تنبعث من نواة الذرة، وهي أصغر من جسيمات ألفا ولديها قدرة على نفاذ أكثر عمقاً.
- **أشعة غاما:** هي عبارة عن موجات طاقة كهرومغناطيسية وهي تنتشر في الهواء ولديها قدرة كبيرة على الاختراق. وتُعد المواد ذات الكثافة العالية، مثل الرصاص والخرسانة، من الحواجب الجيدة لأشعة غاما.
- **الأشعة السينية:** هي عبارة عن فوتونات ذات طاقة عالية (كأشعة غاما) يتم انتاجها اصطناعيا من خلال إبطاء شعاع الإلكترون. لدى الأشعة السينية قوة اختراق، وفي حال عدم وجود وقاية (تدريع) باستخدام مواد ذات كثافة عالية يمكن للأشعة السينية إطلاق طاقة هائلة للأعضاء الداخلية.
- **إشعاع النيوترون:** يتألف من نيوترونات ولا يعد في حد ذاته إشعاعاً مؤيَّناً. ولكن في حال اصطدام النيوترون بنواة الذرة، يمكن أن تنشط أو أن تتسبب في إطلاق أشعة غاما أو أجسام مشحونة، وإذا ترفع مستوى الإشعاع المؤيَّن بصورة غير مباشرة. لدى النيوترونات قدرة أكبر على النفاذ مقارنة بأشعة غاما، ويمكن إيقافها فقط باستخدام حواجز سميكة مثل الخرسانة أو المياه أو البرافين.



شكل رقم ١٢: انواع الإشعاع في الطيف الكهرومغناطيسي.

لقياس الاشعاع المؤين تستخدم وحدة السيفرت (Sv) وهي وحدة لقياس جرعة الإشعاع المؤين من حيث مستوى الضرر الذي يلحقه بمن يتعرض له، والتي تُعْرَف أيضاً بالجرعة المؤثرة. ويأخذ السيفرت (Sv)في الحسبان نوع الإشعاع ودرجة حساسية الأنسجة والأعضاء. ونظراً لضخامة وحدة السيفرت يكون من الأجدى استخدام وحدات أصغر مثل الملي سفرت (mSv). وبالإضافة إلى أهمية قياس كمية الإشعاع (الجرعة) يكون من المفيد في أغلب الأحيان قياس معدل تعرض الشخص لهذه الجرعة (معدل الجرعة)، مثل الميكروسيفرت/ الساعة أو الملي سيفرت/ السنة.

٧-٣-٢ العلامات التحذيرية والارشادية في مختبرات الإشعاعية
(Warning and Guidance Signs in Radiation Laboratories)

إن إدراك وفهم العلامات الموجودة في المختبرات التي تتعامل مع المواد المشعة أمر ضروري لحماية المختبر والعاملين والبيئة الخارجية من خطر تسريب الإشعاع الذي يؤدي الى تلوث بيئي يشكل خطر على السلامة وصحة الأنسان. لحماية الموظفين، من الضروري وضع لافتات مناسبة لتحذير العاملين وتنويرهم بشأن المخاطر المحتملة. يوضح جدول رقم (٤) مجموعة من العلامات المهمة والتي توجد في المختبرات التي تتعامل مع المواد المشعة.

جدول رقم ٤: العلامات التحذيرية في المختبرات التي تتعامل مع المواد المشعة

نوع الخطر	الرسم التوضيحي	المعنى
إشعاع غير مؤين		ستجد هذا الرمز في المناطق التي يوجد بها إشعاع غير مؤين، يتضمن ذلك الطيف الكامل للأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء والميكروويف وترددات الراديو والترددات المنخفضة للغاية.
الإشعاع المؤين		يشير هذا الرمز إلى وجود الإشعاع المؤين حيث ممكن أن ترى هذا الرمز حيث توجد معدات الأشعة السينية ومدافع الحزمة الطبية ومسرعات الجسيمات. يجب ارتداء الملابس الواقية، ويجب تجنب المنطقة من قبل الجميع باستثناء الموظفين الضروريين.
درجة حرارة منخفضة		يشير الرمز إلى درجات الحرارة المنخفضة أو المخاطر المبردة، غالبًا ما تكون هذه المواد أقل من نقطة التجمد ويتم تخزينها مع مواد كيميائية مثل النيتروجين السائل.وللمحافظة على السلامة عند التعامل مع معدات مثل هذه، من الضروري ارتداء معدات الحماية الشخصية، وهذا يشمل على سبيل المثال لا الحصر القفازات المطاطية السميكة التي تصل إلى المرفقين، والأحذية ذات الأصابع المغلقة، والمآزر المطاطية ودروع الوجه
خطر الأشعة فوق البنفسجية		تشير هذه العلامة إلى المناطق التي يوجد بها ضوء فوق بنفسجي، أن يترأوح التعرض للأشعة فوق البنفسجية من تقرحات على الجلد إلى سرطان الجلد تأكد من ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة وتجنب المنطقة قدر الإمكان.

خطر شعاع الليزر		تشير هذه العلامة إلى وجود أشعة الليزر، وقد يؤدي التعرض المباشر لأشعة الليزر إلى إتلاف العينين والجلد، يجب أن يرتدي طاقم المختبر ملابس واقية مناسبة غير قابلة للاشتعال للحماية من مخاطر الحريق المحتملة.
خطر الإشعاع البصري		يشير هذا الرمز إلى وجود إشعاع ضوئي، ويشمل ذلك الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء. وللبقاء أمن يجب ارتداء الملابس والمعدات الواقية ضرورية عند التعامل مع الإشعاع البصري، على وجه الخصوص يجب أن يكون مسار الحزمة لنظام الليزر مغلقًا في الليزر المنتج للإشعاع، ويجب على المستخدمين التحقق مرة أخرى للتأكد من عدم وجود انعكاسات غير مرغوب فيها قبل استخدام الليزر.

٧-٣-٣ مخاطر التعرض للإشعاع (Hazards of Radiation Exposure)

يمكن للجرعات العالية من الأشعة المؤينة أن تُسبب امراضا حاده عن طريق التقليل من إنتاج كريات الدم الحمراء وإلحاق الضرر بالجهاز الهضمي. اما الجرعات العالية جدا قد تلحق الضرر بالقلب والأوعية الدموية والدماغ بالإضافة الى خطر السرطان، إذ يشار الى الاصابات الناجمة من الجرعات العالية والعالية جدا على انها ردت فعل نسيجية تعتمد التأثيرات الضارة للأشعة (شدة ردت الفعل النسيجية) على عدة عوامل:

- مقدار الأشعة (الجرعة)
- الوقت والمسافة والتدريع شكل رقم ١٣
- سرعة تلقي جرعة الأشعة
- مساحة الجسم المُتعرض للأشعة
- حساسية النسيج المُتعرض للأشعة
- وجود شذوذات جينية تُعيق عمليات الإصلاح الطبيعية للحمض النووي DNA
- عمر الشخص في وقت التعرض للأشعة
- الحالة الصحية العامة للشخص قبل التعرض للأشعة

شكل رقم ١٣: تأثير الوقت والمسافة والتدريع على ردة الفعل النسيجية

تكون بعض أجزاء الجسم أكثر حساسية للأشعة من الأجزاء الأخرى، إذ إن الأعضاء والنسج التي تحدث الانقسامات الخلوية فيها بوتيرة سريعة، مثل الأمعاء ونقي العظم، تتضرر بالأشعة بشكل أكبر مقارنةً مع الأعضاء والنسج التي تحدث الانقسامات الخلوية فيها بوتيرة أبطأ، مثل خلايا العضلات والدماغ. تكون الغدة الدرقية عُرضة للإصابة بالسرطان بعد التعرض لليود المشع، لأن اليود المُشع يتركز في الغدة الدرقية.

٧-٣-٤ الوقاية من تأثير المواد الإشعاعية

(Protection Against Radioactive Materials)

لما كان التعرض للإشعاعات والتلوث الإشعاعي يمثل خطورة بالغة على صحة الإنسان وسلامته، فإنه ينبغي أن تتخذ إجراءات وقائية محكمة للحد من التلوث الإشعاعي ومنع أو تقليل تعرض جسم الإنسان للإشعاعات ومنع تسرب المادة المشعة الى داخل الجسم، وتشمل اجراءات الوقاية ما يأتي:

- حضور دورات تدريبية في استخدامات المواد المشعة واجهزة الأشعة والوقاية من أخطارها للعاملين في هذه المجلات
- إجراء الفحوصات الطبية والتحاليل اللازمة للعاملين في هذا المجال قبل بدء العمل ثم بصفة دورية
- استعمال أدوات قياس الإشعاعات (مثل شارة الفيلم الحساس – قلم قياس الجرعات الجيبي – المقياس الضوئي الحراري)

قبل البدء في اي تجربة يجب التأكد من أو مراعاة مايلي:

- المعرفة التامة للخواص الكيميائية والفيزيائية والبايولوجية للمواد المشعة المستخدمة
- اتخاذ جميع الإجراءات الوقائية اللازمة لتجنب التعرض الإشعاعي في اثناء اجراء التجربة كارتداء القفازات المطاطية واستخدام حواجز واقية من الإشعاع تختلف باختلاف نوع المصدر
- وضع التحذيرات في اماكن الإشعاع.
- توفر أحد اجهزة قياس الإشعاع المعايرة مع المعرفة التامة بتشغيله.
- استعمال المناشف الورقية فقط وتوضع المناشف المستعملة في اماكن خاصة بها لفحصها قبل التخلص منها.
- يمنع الأكل والشرب والتدخين أو وضع اي مادة في الفم
- عند وجود جرح في الجسم يوقف التعامل مع المواد المشعة الى ان يتم تضميدة
- معرفة الطريقة المثلى لمواجهة اي حادث اشعاعي في اثناء العمل
- تقع المسؤولية مباشرة على كل من يعمل بأجهزة الأشعة أو المواد المشعة إذا تعرض شخص أو تعرض غيره لجرعات اشعاعية مرتفعة نتيجة التجارب التي يقوم بها
- يجب وضع لافتات تحذيرية على جميع المناطق والمختبرات التي تحتوي على اجهزة اشعة أو مواد مشعة مع ايضاح الجرعة الإشعاعية الصادرة ونوع الجهاز أو المادة المشعة المستخدمة والنشاط الإشعاعي وتأريخ انتاج المادة المشعة

- يجب ان تكون سطوح الطاولات المستخدمة في المختبرات ملساء غير قابله لامتصاص السوائل أو المساحيق
- يجب ان تتم التجارب على أوعية من الصلب غير القابل للصدأ عند استخدام مواد مشعة مفتوحة لالتقاط اي مواد متساقطة منها
- يجب استخدام الصندوق ذي القفازات الخاصة عند استخدام مواد باعثة لجسيمات الفا وبيتا والمواد المشعة الخطرة
- كل مختبر يجب ان يحتوي على مخزن لحفظ المواد المشعة وأوعية خاصة للنفايات المشعة.

٧-٣-٥ التخلص من النفايات المشعة (Radioactive Waste Disposal)

التخلص من النفايات هو الخطوة النهائية في التصرف مع النفايات المشعة. والهدف منه هو توفير الأمان من خلال وضع النفايات في مرافق مصممة لمستويات ملائمة من الاحتواء والعزل. وتُصمَّم هذه المرافق ويحافظ عليها لتشمل حواجز طبيعية وهندسية على حد سواء لتوفير الحماية الكافية من الإشعاع للأشخاص والبيئة على مدى فترات طويلة من الزمن. ولذلك يجب عدم إلقاء النفايات الإشعاعية ضمن النفايات التي تطرح في البيئة، لأنّ اختلاط المواد المشعة مع البيئة يسبب الكثير من الأضرار التي تلحق الضرر بالحيوانات والنبات. وقد وُضع عدد من خيارات التخلص من النفايات من أجل التصرف النهائي في النفايات المشعة. وتجسِّد الخيارات الاختلافات في كمية وخصائص أنواع النفايات المختلفة، وخصائص التشريعات الوطنية والاختلافات الجيولوجية. يتم معالجة جميع النفايات المشعة أولاً لتصبح غير فعّالة (خاملة) ولا تتسرب إلى المناطق المجاورة. يتم القيام بهذه العملية من خلال صهر النفايات مع بعضها ومع الزجاج المكسور وتصبح عوازل للمياه والهواء، ويتم سكبها ضمن علب معدنية سميكة محاطة بأسطوانات اسمنتية وتختم هذه العلبة ويتم تصنيف النفايات المشعة إلى مستوى منخفض ومستوى مرتفع ومستوى ما بعد اليورانيوم. غالباً ما تتكون نفايات النظائر منخفضة المستوى التي يتم التخلص منها في المختبرات التعليمية والمستشفيات كما موضحة في شكل رقم (١٤).

شكل رقم ١٤: طرق التخلص من نفايات النظائر منخفضة المستوى في المختبرات التعليمية.

الخاتمة

بتوفيق من الله عزوجل تم إنجاز هذا الدليل العلمي من قبل لجنة إعداد الدليل في الجامعة المستنصرية للارتقاء بمستوى المختبرات في المؤسسات التعليمية لوزارة التعليم العالي والبحث ليكون عمل ومسار لخارطة طريق في مجال العمل المختبري للاختصاصات الكيمياوية والبايولوجية والإشعاعية استنادا الى توجيهات الوزارة ورئاسة الجامعة المتمثلة بالأستاذ الدكتور حميد فاضل حسن التميمي المحترم والسيد مساعد رئيس الجامعة للشؤون العلمية الأستاذ المساعد الدكتور مصطفى ضياء توفيق الحسني المحترم ليكون مرجعاً علمياً لدى العاملين في المختبرات وكما هو معمول به في الجامعات العالمية، ومن الله التوفيق.

لجنة إعداد الدليل