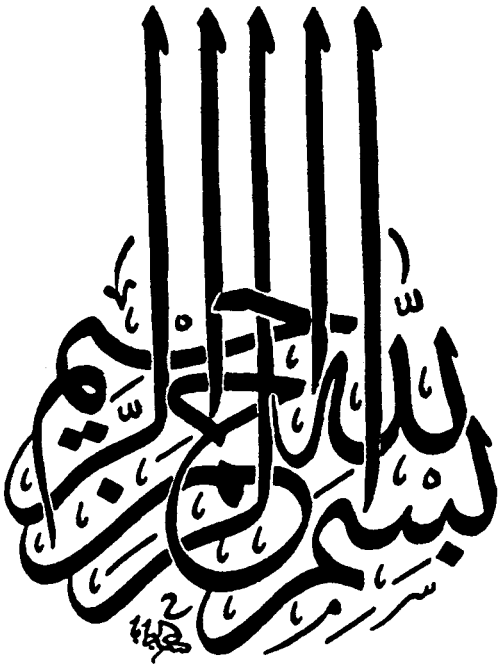

بسم الله الرحمن الرحيم

السلامة
في المختبرات والمصانع الكيميائية

د. ابراهيم بن صالح المعتاز
أستاذ الهندسة الكيميائية بجامعة الملك سعود

د. محمد بن ابراهيم الحسن
أستاذ الكيمياء بجامعة الملك سعود

الطبعة الثانية
١٤١٨هـ - ١٩٩٧م

ⓒ دار الخريجي للنشر والتوزيع ، ١٤١٨هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
الحسن ، محمد إبراهيم
السلامة في المختبرات والمصانع الكيميائية / محمد إبراهيم الحسن ، إبراهيم صالح المعتاز - الرياض.
... ص ؛ .. سم
ردمك ٦ - ٨٣ - ٦٥٩ - ٩٩٦٠
١ - الأمن الصناعي ٢ - المختبرات - إجراءات الأمن والسلامة ٣ - الصناعات الكيميائية - إجراءات الأمن والسلامة أ- المعتاز ، إبراهيم صالح (م. مشارك)
ب - العنوان
ديوي ٨٥٢ ، ٦١٤ ١٨/٠٩٦٦

رقم الإيداع : ١٨/٠٩٦٦
ردمك : ٦ - ٨٣ - ٦٥٩ - ٩٩٦٠

تحـــذير

حقوق الطبع محفوظة للناشر، ولا يجوز تصوير أو نشر أو اقتباس أي جزء من هذا الكتاب إلا بموافقة كتابية من الناشر، وكل من يخالف ذلك يتعرض للمساءلة القانونية من جانب الناشر.

الناشر
دار الخريجي للنشر والتوزيع

الرياض ـ العليا ـ طريق مكة المكرمة
ت ٤٦٤٦٢٥٨ ـ ٤٦٤٤٣٨٤ ـ فاكس ٤٦٤٩٩٢٨
ص.ب ١٧٧٣٢ ـ الرياض ١١٤٩٤
جدة ـ شارع الأمير ماجد
ت ٦٧٦٠٠٦٨ ـ فاكس ٦٧٦٠٠٥١
ص.ب ٥٠٦١٣ ـ جدة ٢١٥٣٣

إهداء..

نهدي هذا الكتاب إلى جميع العاملين في المختبرات والمصانع الكيميائية لعله يضيئ لهم الطريق في معرفة مخاطر المواد الكيميائية وطرق الوقاية منها..

المؤلفان

مقدمة

إن معظم المواد الكيميائية سامة وخطرة وتتفاوت سميتها وخطورتها حسب نوعها . وللمواد الكيميائية مخاطر عديدة، فهي قد تكون سامة أو حارقة أو مشتعلة أو متفجرة. وهي إمّا أن تكون على شكل غازات أو سوائل أو مواد صلبة. وتوجد في الهواء على شكل غازات أو أبخرة أو غبار. كما توجد في المنزل والعمل والمزرعة والشارع والمختبر والمصنع وفي كل مكان. إلا أن العاملين في المختبرات والمصانع الكيميائية يعانون منها بصورة أكبر إذ يجب أخذ احتياطات السلامة والأمان الكافية للوقاية من الكيميائيات الضارة.

لذلك فقد عقدنا العزم بتوفيق من الله على إعداد هذا الكتاب الموجز حول المخاطر والوقاية من المواد الكيميائية في المختبرات والمصانع الكيميائية .

وقد أوضحنا ذلك في خمسة فصول. يتضمن الفصل الأول أخطار المواد الكيميائية، كما يتضمن الفصل الثاني الوقاية من المواد الكيميائية، والفصل الثالث عن الحرائق والإنفجارات الناشئة عن المواد الكيميائية ووسائل مكافحتها، والفصل الرابع السلامة في المصانع الكيميائية ، وأخيرا يغطي الفصل الخامس أخطار المواد المشعة والوقاية منها .

ونحن لاندعي بأن هذا الكتاب فريد من نوعه ، إلاّ أننا رغبنا أن تكون معظم المعلومات الضرورية والتي يحتاجها طلاب المعرفة عن أخطار المواد الكيميائية والوقاية منها متوفرة فيه بصورة مختصرة وسلسة وشاملة وهذا في رأينا ما يتميز به هذا الكتاب.

ويسرنا الآن أن نقدم الطبعة الثانية من هذا الكتاب بعد تصحيح الأخطاء المطبعية الواردة في الطبعة الأولى (١٤٠٨) وإجراء بعض التعديلات والإضافات والأخذ بإقتراحات الزملاء.

وأخيراً نرجو من الله أن نكون قد وفقنا في إخراج هذا الكتاب بالصورة المنشودة، كما نتمنى أن يحوز على رضا القارئ، مع ترحيبنا بآراء ومقترحات الأخوة الزملاء التي تعمل على تطوير هذا الكتاب، مع الشكر سلفاً لأي انتقاد بناء. والله من وراء القصد.

المؤلفـان

١٤١٨هـ / ١٩٩٧م

المحتويات

الموضوع — الصفحة

مقدمة ٧

(١) الفصل الأول
أخطار المواد الكيميائية

١ ــ ١ مقدمة ١١

١ ــ ٢ الأضرار المختلفة للمواد الكيميائية ١١

المواد الكيميائية التي تحدث أضراراً بالجلد في الحال ١١

المواد السامة ١٤

السوائل والأبخرة سريعة الاشتعال ١٥

الغازات والأبخرة السامة والضارة ١٦

المواد المتفجرة ١٩

المواد المسببة للسرطان ٢١

١ ــ ٣ المواد الكيميائية الشائعة الاستعمال وأضرارها ٢٢

١ ــ ٤ الأسلحة الكيميائية ٢٧

(٢) الفصل الثاني
الوقاية من المواد الكيميائية

٢ ــ ١ مقدمة ٣٣

٢ ــ ٢ الحد الأقصى المسموح به لوجود المواد الكيميائية في الجو ٣٣

٢ ــ ٣ الشروط اللازم توفرها في المختبر الكيميائي ٤١

٢ ــ ٤ الاحتياطات الواجب اتباعها للسلامة من المواد الكيميائية المتداولة ٤٧

٢ ــ ٥ الإسعافات الأولية الواجب اتباعها بعد التعرض للمواد الكيميائية السامة والضارة ٥١

٢ ــ ٦ التخلص من النفايات الكيميائية ٦٠

(٣) الفصل الثالث
الوقاية من حرائق وانفجارات المواد الكيميائية

٣ – ١ مقدمة ٦١
٣ – ٢ الحرائق والإنفجارات وأنواعها ٦٢
٣ – ٣ طرق إطفاء الحرائق ٦٧
٣ – ٤ وسائل الوقاية من الحرائق والإنفجارات ٧٥

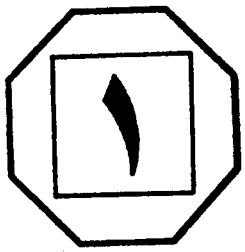
(٤) الفصل الرابع
السلامة في المصانع الكيميائية

٤ – ١ مقدمة ٨١
٤ – ٢ مصادر الأخطار الصناعية ٨١
٤ – ٣ ظروف العمل الآمنة ٩٢
٤ – ٤ التدريب كوسيلة لتحقيق السلامة الصناعية ١٠١

(٥) الفصل الخامس
أخطار المواد المشعة والوقاية منها

٥ – ١ مقدمة ١٠٧
٥ – ٢ تصنيف الأشعة ١٠٧
٥ – ٣ الأشعة النووية ١٠٨
٥ – ٤ الاشعاع النووي الطبيعي ١٠٩
٥ – ٥ النشاط الإشعاعي الصناعي ١١٢
٥ – ٦ مخاطر التلوث الإشعاعي والوقاية منه ١١٤

المراجع ١١٧
الجدول الدوري للعناصر ١٢٠



الفصل الأول
أخطار المواد الكيميائية

١ ــ ١ مقدمة :

تعتبر معظم المواد الكيميائية خطرة ولكن مدى خطورتها يختلف من مادة لأخرى. وللمواد الكيميائية مخاطر عديدة، فهي قد تكون مواداً سامة أو حارقة أو مشتعلة أو متفجرة. وقد تجمع المادة الكيميائية أكثر من ضرر، فقد تكون مشتعلة وسامة في نفس الوقت، أو مشتعلة ومتفجرة وهكذا.

والمواد الكيميائية توجد على شكل غازات أو سوائل أو مواد صلبة. هذا وقد توجد سوائل بعض المواد الكيميائية على شكل أبخرة عند درجات الحرارة العادية، كما أن المواد الصلبة قد توجد على شكل أتربة وغبار يتصاعد في جو المختبر أو المصنع.

١ ــ ٢ : الأضرار المختلفة للمواد الكيميائية.

أولاً : المواد الكيميائية التي تحدث أضراراً بالجلد في الحال:

(أ) **الأحماض القوية** : تشمل حمض الكبريتيك وحمض النيتريك وحمض الهيدروكلوريك وحمض الهيدروفلوريك وحمض الكروميك وحمض الهيدروايوديك وحمض الهيدروبروميك وحمض الخل الثلجي (المركز). تسبب الأحماض المركزة تآكل للجلد، كما أنها تدمر الورق والخشب والملابس وتتفاعل مع معظم المعادن. لذلك يجب وضع هذه الأحماض على مستوى الأرض تفادياً لسقوطها.

في حالة حمض الكبريتيك المركز فإنه عند تخفيفه بالماء ينتج حرارة عالية نسبياً، لذلك فإنه يضاف الحمض ببطء على الماء مع التحريك وليس الماء على الحمض.

أمَّا حمض النيتريك المركز المدخن فإنه يسبب حروق على الجلد لاتظهر بسرعة، وأبخرته سامة.

عند تعرض الجلد لهذه الأحماض يغسل بكمية وافرة من الماء ثم بمحلول مخفف من بيكربونات الصوديوم ثم يعامل الجلد بمرهم جلوكونيت الكالسيوم Calcium glu conate gel.

(ب) **القواعد (القلويات) القوية** : تشمل هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد البوتاسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم وهيدروكسيد الأمونيوم وبيروكسيد الصوديوم. تنتج حرارة عالية نسبياً عند إضافة الماء للقاعدة، لذلك فإنه من الأفضل إضافة القاعدة بالتدريج إلى الماء.

يجب الحذر من فتح وعاء هيدروكسيد الأمونيوم المركز (محلول الأمونيا) لأنه يولد ضغطاً في بعض الحالات عندما تكون درجة حرارة الغرفة مرتفعة.

عند تعرض الجلد لهذه القواعد فإنه يغسل حالاً بالماء والصابون. وتغسل العيون عند تعرضها للقواعد بكمية وافرة من الماء.

(جـ) **كيمياويات أخرى**: المواد الكيميائية التي تتفاعل بعنف مع الماء تعتبر ضارة جداً وتسبب حروقاً وأضراراً على الجلد والرئة. فمثلاً كلوريدات الألومنيوم والتيتينيوم، وكلوريد الثيونيل، وكلوريدات الفسفور جميعها تتفاعل مع الماء بعنف ويتصاعد ثاني أكسيد الكبريت أو/و كلوريد الهيدروجين واللذان يؤثران على الجلد والرئتين.

كما أن المعادن القلوية مثل الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم وأيضاً المركبات العضومعدنية للمعادن النشطة ذات الكهروإيجابية العالية جميعها تعتبر

حساسة للماء والهواء وفي معظم الحالات تسبب حروقاً في الجلد عند وصولها إليه. ويتم التخلص من نفايات هذه المركبات بمفاعلتها ببطء بالكحول الايثيلي أو الكحول الميثيلي لأنها تشتعل أو تنفجر عند ملامستها للماء. وعند ملامسة المعادن القلوية للجلد فإنه يجب إزالة بقايا المعدن الملتصقة بالجلد ثم غسل الجلد بكميات كبيرة من الماء بعد إزالة المعدن تماماً.

تتفاعل ألكيلات الألومنيوم بعنف مع الماء والكحولات والأحماض وأكسجين الهواء، كما أنها تؤثر على الجلد وتسبب له حروقاً مؤلمة. تعالج حروق الجلد حالاً بهيدروكربون مشبع ذي درجة غليان عالية (بارفين طبي). بالإضافة إلى ضرر ألكيلات الألومنيوم المباشر فإن الأبخرة البيضاء الناتجة من تفاعلها مع الهواء الرطب ضارة للرئتين لذلك يجب التعامل مع ألكيلات الألومنيوم في غرف سحب هواء جيدة كما يجب استخدام أوعية مغلقة في جو من النيتروجين. يمكن التخلص من الكميات القليلة من ألكيلات الألومنيوم بتخفيفها بالتولوين أو أي مذيب هيدروكربوني ثم تفكيكها بكحول ايزوبروبيلي، أو بتخفيفه بالأسيتون ثم معاملتها بالماء.

تتفاعل هيدريدات المعادن القلوية بعنف مع الماء مثل تفاعل المعادن القلوية نفسها مع الماء وتنتج كميات كبيرة من الهيدروجين والحرارة، ومعروف أن الهيدروجين سيزيد من الاشتعال.

يتفاعل هيدريد ليثوم ألومنيوم بعنف مع الماء وينتج حرارة وهيدروجين. وهو يستخدم لتجفيف بعض المركبات مثل الإيثرات ويجب أن لايضاف على الإيثرات الساخنة لأن ذلك يسبب الانفجار.

يسبب البروم حروقاً على الجلد وهو ضار جداً على العيون والأنف والرئتين. تغسل حروق الجلد بكميات كبيرة من الماء ثم بمحلول مخفف من الأمونيا أو ثيوسلفات الصوديوم.

يشتعل الفسفور الأصفر تلقائياً في الهواء ويجب التعامل معه فقط تحت الماء البارد ويجب أن لا يلامس الزيوت أو الشحوم. تعامل المناطق المتأثرة من الجلد بمحلول ٥٪ بيكربونات الصوديوم ثم بعد ذلك بمحلول ٥٪ سلفات النحاس.

يحدث تفكك تلقائي متبوعاً بإحتراق عند اتصال فوق أكسيد الهيدروجين المركز (أعلى من ٦٥٪) بمادة عضوية مثل الخشب والأوساخ، لذلك يجب تخفيف فوق أكسيد الهيدروجين بالماء في حالة حدوث أي مشكلة.

(د) **الكيميائيات التي تمتص عن طريق الجلد** : يحدث تسمم عن طريق دخول بعض الكيميائيات عن طريق الجلد وذلك بعد تركها فترة على الجلد بدون غسلها. ومن أمثلة هذه المواد كل من الميثانول والفينولات ومشتقات النيترو والأمينو الأروماتية مثل الأنيلين والنيتروبنزين. فمثلاً تسبب الفينولات حروقاً على الجلد ويمتصها الجلد مما يسبب التسمم. كما أن بعض المركبات غير العضوية تمتص عن طريق الجلد وتسبب التسمم ومن أمثلتها أكاسيد الرصاص وأملاحه ومركبات الزرنيخ والنحاس والسلينيوم والزئبق. لذلك يجب غسل اليدين والمناطق المتأثرة بالماء والصابون بعد استعمال مثل هذه المواد.

ثانياً : المواد السامة :

توجد بعض المواد التي تعتبر ضارة في حالة الاستمرار في استعمالها حيث يتمكن الجسم من امتصاص كميات قليلة منها تتراكم مع الزمن. وأكثر هذه المواد شيوعاً هي غبار وأبخرة المعادن الثقيلة ومركباتها مثل مركبات الرصاص والزرنيخ والزئبق والكادميوم والكروم، وأبخرة بعض المركبات العضوية مثل رباعي كلوريد الكربون والبنزين ورباعي كلوريد الإيثين ومشتقات الأمينات ومركبات النيترو الأروماتية، وكلها تعتبر خطرة إذا تم إستنشاقها باستمرار.

ولعل أكثر المعادن السامة شيوعاً هو أبخرة الزئبق حيث أن معدن الزئبق سام

ويحدث أبخرة عند درجة حرارة الغرفة، حتى عند ١٥°م فإن تركيز أبخرة الزئبق في الهواء تفوق النسبة المسموح بها بـ ٧٠٪. لذلك فإنه في حالة تناثر الزئبق على الأرض يجب إلتقاطه باستخدام أنابيب شعرية، وسحبها ميكانيكياً وليس بالفم، ثم تنشر على المنطقة الملوثة بالزئبق عجينة الكبريت والجير (الكلس). أو تغسل بحمض فولمينيك **Fulminic Acid** الذي ينتج من حمض النيتريك والإيثانول. هذا ويجب أن يغطي سطح الزئبق في أوعيته بالماء حتى لا يتبخر في الهواء.

كما أن البنزين ورابع كلوريد الكربون من أكثر المركبات العضوية السامة شيوعاً، وبالإضافة إلى سميتهما فإنهما يسببان السرطان، لذلك يستعاض عن الأول بالتولوين وعن الثاني بثنائي كلوروميثان.

ثالثاً : السوائل والأبخرة سريعة الاشتعال :

تعتبر معظم المذيبات العضوية سريعة الاشتعال مثل الهيدروكربونات والكحولات والكيتونات الخ... ومن أكثر المذيبات المتطايرة سريعة الاشتعال شيوعاً كل من ثنائي كبريتيد الكربون وثنائي إيثل إيثر وهما خطيران جداً لدرجة أن اللهب يجب أن يكون بعيداً عنهما بشكل كبير لانخفاض درجة غليانهما وسرعة اشتعالهما، هذا ويعتبر كل من البنزين وإيثر البترول والميثانول والإيثانول ومكونات البترول والأسيتون والتولوين والزايلين والإسترات الصغيرة كلها سوائل شائعة الاستعمال وسهلة الاشتعال وذات نقطة وميض منخفضة. ونقطة الوميض Flash Point لسائل هي أقل درجة حرارة يطلق عندها السائل كمية من الأبخرة بالقرب من سطح السائل لتكون خليط مع الهواء قابل للاشتعال في صورة وميض خاطف.

والجدول ١ ــ ١ يبين المذيبات الشائعة الاستعمال ونقطة الوميض لكل منها وكذلك درجة الحرارة التي يحدث عندها بدء الاشتعال Auto-Ignition Temperature

جدول ١ ــ ١ المذيبات العضوية سريعة الاشتعال

السائل	نقطة الوميض (درجة مئوية) وعاء السائل مفتوح	وعاء السائل مغلق	درجة الحرارة التي يحدث عندها بدء الاشتعال (درجة مئوية)
اسيتون	— ٩°م	— ١٧°م	٥٣٧°م
بنزين	٤٣	— ١١	٣٤٩
ثنائي كبريتيد الكربون	—	— ٣٠	١١٠
هكسان حلقي	—	— ١٧	٢٠٠
ثنائي إيثل إيثر	—	— ٢٩	١٨٠
إيثانول ١٠٠٪	—	١٢	٣٩٢
ميثانول	١٦	١٠	٤٦٤
أكتان عادي	—	١٣	٢٢٠
بيريدين	—	٢٠	٤٨٢
تولوين	—	٤	٥١٩
أرثوزايلين	٢٤	١٧	٤٦٤

رابعـاً : الغازات والأبخرة السامة والضارة :

تشمل الغازات الضارة Irritants كل من كلوريد الهيدروجين، وكلوريد الفلور والكلور وكبريتيد الهيدروجين والفوسجين وأول أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وغيرها، كما أنه توجد بعض السوائل التي ينتج عنها أبخرة ضارة عند درجة حرارة الغرفة مثل أبخرة الأحماض المختلفة والبروم وكلوريدات الكبريت ونيكل كربونيل والمذيبات العضوية وغيرها.

إن كلاً من الفوسيجين ونيكل كربونيل وأكاسيد النيتروجين له تأثير متأخر أي لايظهر بسرعة. وهي تؤثر على الرئتين حيث ينتج في البداية كحة وبعد ساعات

قليلة تظهر أعراض خطيرة. وحيث أن الفوسيجين ينتج من تفاعل الهيدروكربونات الكلورينية على السطح الحار لذلك ينصح بالحذر من تسخين هذه المواد.

أمَّا بالنسبة لأول أكسيد الكربون فإنه عديم الرائحة واللون ولايعطي تأثيراً مهيجاً وبالتالي فإنه لايوجد تحذير مسبق لوجوده. لذلك فإن التجارب التي تنتج أول أكسيد الكربون يجب أن تعمل في الهواء الطلق أو في غرفة سحب الغازات.

أمَّا غاز كبريتيد الهيدروجين فهو سام وله رائحة مميزة ولكن تنعدم حاسة الشم عند وجود تراكيز عالية من هذا الغاز.

هذا ويعتبر غاز سلينيد الهيدروجين ساماً جداً ويماثل الزرنيخ في تأثيره وسميته تعادل سمية سيانيد الهيدروجين.

أمَّا بالنسبة للمذيبات العضوية فإنه بالإضافة إلى أن معظمها سريعة الاشتعال فإنها تتميز أيضاً بقدرتها على إذابة كثير من المواد العضوية ومن بينها المواد الدهنية ــ وهي أحد مكونات الجسم ــ لذلك فإن لها تأثيراً ضاراً. كما تتميز المذيبات العضوية بتطايرها مما يسهل وصولها إلى الجسم عن طريق الجهاز التنفسي والجلد ومن ثم تصل إلى الدم الذي ينقلها إلى باقي الجسم. ولهذه المذيبات تأثير على الجهاز العصبي والتنفسي كما تسبب فقر الدم. ومن المذيبات العضوية الخطرة كل من البنزين وثنائي كبريتيد الكربون والكحول الميثيلي والايثر وكلوريدات الكربون والألكانات. والتعرض لهذه المذيبات يسبب الدوخة وفقدان الوعي، فإذا لم يبعد المصاب من مكان الحادث فإنه يموت مختنقاً نتيجة لشلل المركز الذي يسيطر على عملية التنفس بالمخ.

تتصاعد هذه الغازات والأبخرة عندما يكون هناك تسرب في الوعاء الذي يحتويها أو من التفاعلات الكيميائية.

هذا ويمكن الاستدلال على وجود بعض الغازات والأبخرة الضارة في جو المختبر وذلك من روائح هذه المواد كما هو موضح في الجدول ١ ــ ٢.

جدول ١ ــ ٢ الروائح المميزة لبعض الغازات والأبخرة

إســم المادة	الرائحــة
غازات الكبريت ومركبات الزرنيخ	الثوم
ثنائي كبريتيد الكربون	رائحة كريهة
كبريتيد الهيدروجين	البيض الفاسد
سيانيد الهيدروجين	اللوز
غازات الفسفور وبعض غازات الكبريت	السمك
ثلاثي ميثل أمين	السمك
أبخرة أسيتات الأميل	الكمثرى
أسيتالدهيد	الفاكهة
حمض الخل	الخل
أكريلونيتريل	البصل

هذا وتقسم الغازات والأبخرة حسب تأثيرها إلى أربعة أقسام :

١ ــ الغازات والأبخرة الخانقة : وهي لاتؤثر على الجسم تأثيراً يذكر ولكن وجودها بكثرة في الهواء يقلل من تركيز الأكسجين فيحدث الاختناق. ومن أمثلة هذه الغازات كل من ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين. حيث أنه عندما يزيد تركيز هذه الغازات وينقص الأكسجين إلى نسبة ١٠٪ يحدث شعور بالقيء مع ازدياد زرقة الوجه وفقدان الوعي. وعند ٧٪ لايستطيع الإنسان الحياة أكثر من ثمان دقائق، وعندما تنخفض إلى ٤٪ يفقد الشخص الوعي ويحدث التشنج العصبي، ثم يتوقف التنفس ويموت الشخص خلال أقل من دقيقة. هذا ويحدث فقدان الوعي بعد تنفس مرة واحدة من هواء خالٍ تماماً من الأكسجين.

٢ ــ الغازات والأبخرة الكاوية والمهيجة : وهي تسبب التهاباً لأجزاء الجسم الذي يتعرض لها مثل الجلد والعيون والأغشية المخاطية في الجهاز التنفسي حيث

تسبب كحة وعطاس وتؤثر على الرئتين والأوعية الدموية وتؤدي إلى الإلتهاب الرئوي والوفاة. ومن أمثلتها كل من الأمونيا والكلور وأكاسيد الكبريت وكلوريد الهيدروجين وكلوريد الفلور وأكاسيد النيتروجين وأبخرة الأحماض.

٣ ــ الغازات والأبخرة السامة : هي التي تؤثر نتيجة تفاعلات تحدث في الأنسجة والدم حيث تنتقل في الدورة الدموية عند استنشاقها فتؤدي إلى حدوث اضطرابات وظيفية في الدم وخلايا الجسم. ولايمكن اكتشافها إلا بعد ظهور أعراضها بعد أن يكون الجسم قد امتص كمية كبيرة منها. وتزداد خطورتها كلما كانت عديمة اللون والرائحة مثل أول أكسيد الكربون. هذا ومن الغازات الأخرى السامة والتي يمكن تمييز رائحتها كل من سيانيد الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين وسلينيد الهيدروجين. ومن الأبخرة السامة كل من ثنائي كبريتيد الكربون والبنزين وأبخرة الزئبق.

٤ ــ الغازات والأبخرة المخدرة : تؤدي عند استنشاقها إلى حدوث تخدير وإغماء وقد تكون في نفس الوقت سامة. ومن أمثلتها أبخرة المذيبات العضوية مثل أبخرة البنزين ورابع كلوريد الكربون وثالث كلوريد الايثلين وغيرها.

خامساً : المواد المتفجرة.

يوجد العديد من المواد الكيميائية التي تسبب انفجاراً عند تعرضها لصدمة أو عند سقوطها أو تعرضها للهب أو تسخينها. والانفجار بشكل عام ماهو إلّا تفاعل كيميائي تتم فيه أكسدة شديدة للنيتروجين والكربون والهيدروجين في الجزيء. والمواد المتفجرة في الغالب تحمل في داخل جزيئاتها العامل المؤكسد الضروري لعملية التفجير مثل مجموعة النيترو. والمتفجرات عبارة عن مركبات كيميائية تكونت نتيجة لعمليات كيميائية امتصت فيها الطاقة، وتتصاعد هذه الطاقة عند تأكسدها. فإذا رافق هذا التأكسد تكون كميات كبيرة من الغازات التي تتمدد بتأثير حرارة التأكسد فإنها يمكن أن تؤدي عملاً ميكانيكياً نتيجة لضغط الغازات الناتجة.

ـــه في
ـــرات و
الكيميائية

ومن أهم المواد المتفجرة التي قد تسبب مخاطر في المختبرات الكيميائية هي كل من :

(أ) **فوق أكاسيد الإيثرات** : تتحول الإيثرات إلى فوق أكاسيد الإيثرات في وجود الهواء والضوء ويحدث انفجار عند تبخير فوق الأكاسيد هذه إلى الجاف. لذلك فإنه يتم التخلص من البيرأكسيدات في الإيثرات بتقطيرها في وجود الصوديوم والبنزوفينون (يكونان كيتال الصوديوم وهو جذر أنيوني كاتيوني). ثم يجب حفظ الإيثر الجاف بعيداً عن الهواء والضوء حتى لايتحول جزء منه إلى فوق أكسيد.

وبشكل عام فإن فوق الأكاسيد مثل فوق أكاسيد الأحماض وغيرها تعتبر مواد متفجرة لذلك يجب الحذر أثناء استعمالها.

(ب) **حمض بيركلوريك** : يسبب هذا الحمض مع المركبات العضوية وغير العضوية سهلة الأكسدة الانفجار، لذلك يجب أن يستخدم هذا الحمض في المختبر بحذر بالغ. وفي حالة نزول هذا الحمض إلى الأرض يجب أن يعادل بواسطة كربونات الصوديوم ثم يغسل بالماء.

(جـ) **مركبات النيترو** : معظم مركبات النيترو الأروماتية ـــ وخاصة التي تحتوي على أكثر من مجموعة نيترو ـــ تعتبر مواد متفجرة. ومن أمثلتها كل من ثنائي نيتروبنزين وثلاثي نيتروفينول (حمض البكريك) وثلاثي نيتروتولوين (TNT). كما أن هناك مركبات نيترو عضوية وغير أروماتية تعتبر مواد متفجرة مثل نيتروجليسرين ونيتروجليكول ونيتروسليلوز. هذا بالإضافة إلى مركبات غير عضوية مثل نترات الأمونيوم.

هذا ويجب خزن مركبات النيترو المتفجرة بعيداً عن اللهب ويجب تفادي اصطدامها أو سقوط أي شيء عليها، كما يجب تفادي تعرضها لأشعة الشمس والحرارة الزائدة أو الشرارات الكهربائية، ويجب أن تخزن في أماكن خاصة.

(د) **متفجرات أخرى حساسة للصدمة أو اللهب أو الشرارة الكهربائية** : وتشمل غاز الأسيتلين والأستيليدات والأزيدات وأملاح الديازونيوم.

سادساً : المواد المسببة للسرطان :

توجد نظم معينة للتعامل مع المواد المسببة للسرطان Carcinogenic. فمثلاً يمنع استعمال المواد التالية وأملاحها فيما عدا استثناءات خطية وهذه المواد هي: بيتا ــ نفثايل أمين وبينزيدين و ٤ ــ أمينو ثنائي فينل و ٤ نيترو ثنائي ــ فينل. وهذه المواد السابقة قد تسبب السرطان لمجرد التعرض لها مرة واحدة أو مرتين وذلك يعتمد على مدى مقاومة الشخص. بينما هناك مواد تسبب السرطان ولكن بدرجة أقل لذلك يسمح إستعمالها تحت شروط محددة وهذه المواد هي: ألفا ــ نفثايل أمين وأرثو ــ تولويدين وثنائي أنيسيدين وثنائي كلورو بينزيدين وأورامين auramine وماجينتا magenta والإسبستوس. هذا ويقترح استعمال مواد بديلة لهذه المواد الخطرة كما يجب الكشف على مستعمليها كل ستة أشهر.

وفيما يلي قائمة بأهم المواد الكيميائية المسببة للسرطان :

(أ) الأمينات الأروماتية ومشتقاتها : تعتبر من أخطر المواد المسببة للسرطان حيث أن التعرض لها لمرة واحدة قد يسبب ورماً خبيثاً لذلك فإنها مواد تخضع لرقابة صارمة وأهمها :
أرثو ــ أمينو أزو تولوين و٢ ــ أسيتيل أمينوفلورين و ٤، ٤ ثنائي أمينو ثنائي فينل (بينزيدين) وأورامين و ٤، ٤ ثنائي أمينو ــ ٣، ٣ ثنائي كلوروثنائي فينل و ماجينتا و ٤، ٤ ثنائي أمينو ــ ٣، ٣ ثنائي ميثل ثنائي فينل (أرثو ــ تولويدين) و ٤ ــ أمينو ثنائي فينل و ٤، ٤ ثنائي أمينو ــ ٣، ٣ ثنائي ميثوكسي ثنائي فينل (أرثو ــ ثنائي أنيسيدين) و ٤ ــ نيتروثنائي فينل وثنائي ميثل أمينو أزوبنزين و ٢ ــ نفثايل أمين و ١ ــ نفثايل أمين و ٤ ــ أمينوستيلبين.

(ب) مركبات النيتروزو أمين والنيتروزو أميد معظمها مسبب للسرطان وأهمها :
ن ــ ميثل ــ ن ــ نيتروزوأنيلين و ن ــ نيتروزو ثنائي ميثل أنيلين.

(جـ) كواشف الألكلة : وأهمها ثنائي ميثل سلفات وثنائي أزوميثين و الهاليدات العضوية وخاصة ثنائي (كلوروميثل) إيثر وكلوروميثل إيثر وكلوريد فاينل وميثل أيوديد، كما أنه وجد أن كل من الكلوروفورم ورباعي كلوروكربون يسببان السرطان لذلك ينصح بإستخدام ثنائي كلوروميثان بدلاً منهما.

(د) المركبات الأروماتية عديدة الحلقة وأهمها : بنزبيرين و بنزأنثراسين و بنزكاربازول.

كما أنه وجد أن البنزين (مركب أروماتي وحيد الحلقة) يسبب السرطان لذلك ينصح أن يستخدم التولوين بدلاً منه.

(هـ) مركبات الكبريت وأهمها : ثيوأسيت أميد وثيويوريا.

(و) غبار الأسبستوس.

(ز) كيميائيات أخرى مثل أسيت أميد وثيوأسيت أميد وحمض الكروميك والكومارين وإيثل كربامات وخلات الرصاص والديوكسين.

١ ــ ٣ المواد الكيميائية الشائعة الاستعمال وأضرارها :

يوجد الكثير من المواد الكيميائية الضارة، إلّا أننا سنستعرض هنا أهم المواد الكيميائية الشائعة الاستعمال :

الكحولات : تعتبر معظم الكحولات سريعة الاشتعال وهي مواد مخدرة وسامة ومن أمثلتها الكحول الميثيلي والايثيلي والبروبيلي والبيوتيلي وغيرها. والكحول الايثيلي هو الذي يستخدم في المشروبات الكحولية وهو أقل سمية نسبياً من الكحول الميثيلي الذي يوجد في العطور وتسبب تراكيز قليلة منه العمى نتيجة التهاب العصب البصري وضموره وفي حالة تناول تراكيز عالية نسبياً منه فإنه يؤدي إلى الوفاة.

هاليدات الألكيل : وتشمل كل من فلوريدات وكلوريدات وبروميدات وأيودات الألكيل. تعتبر معظم هاليدات الألكيل مواداً مخدرة، وبعضها يسبب السرطان،

وجميعها سامة، وأخطرها سمية أيودات الألكيل حيث تسبب ألكلة لمكونات الخلايا وخاصة دي. إن. أي DNA كما أن رابع كلوريد الكربون يعتبر مادة سامة ويؤثر في الكبد والكلى. ومعظم هاليدات الألكيل لاتشتعل بسهولة. فمثلاً الكلوروفورم ورابع كلوريد الكربون من المذيبات الشائعة الاستعمال وهي سامة ومخدرة وغير قابلة للاشتعال. وتزيد قابلية الهاليدات للاشتعال كلما قل عدد ذرات الهالوجين فيه فمثلاً نجد أن قابلية اشتعال كلوريد الميثل أكثر من ثنائي كلوريد الميثان وهذا أكثر قابلية للاشتعال من الكلوروفورم. هذا ونجد أن قابلية اشتعال الكلوريدات أكثر من البروميدات.

هاليدات الأريل : تتميز بقابليتها للاشتعال وهي مواد مخدرة وسامة ومن أمثلتها كلوروبنزين.

كلوروبنزين : سريع الاشتعال وهو سام ومخدر.

السيانيدات : جميعها سامة حيث تسم الدم وأخطرها هو حمض الهيدروسيانيك (حمض البروسيك). وتؤدي السينايدات إلى شلل مركز التنفس في المخ.

الهيدروكربونات : وهي المركبات المكونة من كربون وهيدروجين وتشمل الألكانات والألكينات والألكاينات والهيدروكربونات الأروماتية. وتعتبر جميعها مواد سريعة الاشتعال، وهي مركبات سامة ومخدرة. إلّا أن الهيدروكربونات الأروماتية أكثر سمية، فمثلاً البنزين سام جداً وله صفة تراكمية بحيث أن استنشاق كميات قليلة منه بصورة مستمرة تتراكم في داخل الخلايا حتى تصل إلى تركيز معين بعد ذلك تظهر أعراضه ومنها فقر دم (أنيميا) ولوكيميا وإتلاف نخاع العظام وهو يؤثر على الكبد والكليتين والمخ والجهاز العصبي المركزي كما أنه من مسببات السرطان ، لذلك ينصح باستعمال التولوين بدلاً منه لأن التولوين له نفس خواص البنزين إلّا أنه لحسن الحظ أقل تطايراً وأقل ضرراً.

مركبات النيترو : معظمها مركبات متفجرة وسامة وبعضها يسبب السرطان. ومن أمثلتها نترات الأمونيوم ومركبات النيترو العضوية الأروماتية والأليفاتية.

الكلورات : معظمها مركبات متفجرة.

المعادن القلوية : وتشمل كل من الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم. تمتاز هذه المعادن بنشاطها الكيميائي الكبير تجاه الماء والعديد من الكواشف العضوية وخاصة المركبات التي تحتوي على ذرة هيدروجين حمضية مثل الأحماض والكحولات. تتفاعل هذه المعادن بعنف مع الماء وقد تسبب انفجاراً أو اشتعالاً شديداً.

المركبات العضومعدنية : تعتبر المركبات العضومعدنية للمعادن ذات الكهروإيجابية العالية مثل المركبات العضومعدنية للمعادن القلوية وللزنك والألومنيوم والكالسيوم وغيرها تعتبر نشيطة جداً وتتصرف مثل المعادن القلوية من ناحية حساسيتها للماء وللأكسجين ولكثير من المركبات العضوية مثل الكحولات ومركبات الكربونيل والهاليدات العضوية وغيرها. فهي خطرة قد تشتعل عند ملامستها للماء أو للهواء أو لهذه المواد العضوية. كما أن معظم المركبات العضومعدنية سامة وتؤثر على الجهاز التنفسي.

المعادن الثقيلة ومركباتها : تشمل المعادن الثقيلة المعادن التي لها وزن ذري مرتفع نسبياً ومن أمثلتها الكادميوم والرصاص والزئبق والمنجنيز والنحاس والزرنيخ والزنك والأنتيمون وغيرها. وتعتبر معظم المعادن الثقيلة ومركباتها العضوية وغير العضوية تعتبر مركبات سامة ولها صفة تراكمية أي أنها تتراكم في الخلايا ويظهر أثرها عندما يصل تركيزها في جسم الإنسان عند حد معين. وهي تلوث المختبرات على شكل أتربة وغبار وأحياناً أبخرة. فمثلاً تتصاعد ابخرة الزئبق عند درجة حرارة الغرفة. لذلك فإن وجود نقاط الزئبق في أوعية مفتوحة أو على الأرض يحدث تركيزات عالية من أبخرته في المختبر والتي تحدث أضراراً كبيرة في الجهاز التنفسي والهضمي. كما أن غبار الزرنيخ يسبب قروحاً جلدية ويؤثر على الجهاز العصبي المركزي والأغشية المخاطية وهكذا.

الأكسجين والمواد المؤكسدة : تساعد على الاشتعال وخطرة لأنها تتفاعل مع كثير من المواد. والمواد المؤكسدة غير العضوية مثل الكرومات والبرمنجانات وفوق أكسيد الهيدروجين غير قابلة للاشتعال ولكنها تساعد عليه، أمّا فوق

الاسيتون : سائل سريع التبخر والاشتعال وأبخرته سامة ويسبب دوخة وتخديراً.
الفينول : قابل للاشتعال وهو سام ويؤثر على الجلد والأغشية المخاطية.
البيريدين : سريع الاشتعال وهو سام جداً.
ثنائي إيثل إيثر : سريع الاشتعال جداً وهو سام ومخدر.
خلات الإيثل : سريعة الاشتعال وأبخرتها ذات تأثير مخدر.

ثاني أكسيد الكربون : غاز خانق لأن وجوده بتراكيز عالية في الجو يكون على حساب نسبة الأكسجين في الجو. وهو غاز لايشتعل ولا يساعد على الاشتعال.

أول أكسيد الكربون : غاز يشتعل وسام وترجع سميته إلى قدرته على الإتحاد مع الهيموجلوبين وتكوين مركب كاربوكسي هيموجلوبين الذي يحد من قدرة الدم على الإتحاد مع الأكسجين مما يؤدي إلى عدم وصول الأكسجين اللازم إلى خلايا الجسم. ولكن لحسن الحظ فإن انتزاع أول أكسيد الكربون من الهيموجلوبين عملية سريعة جداً إذا تم انتشال المصاب من مكان الحادث إلى الهواء النقي. لذلك فإن أول أكسيد الكربون على عكس الملوثات الأخرى، يعتبر من المواد الخطرة إذا تم التعرض له بكميات مركزة في وقت قصير.

أكاسيد النيتروجين : غازات لاتشتعل ولاتساعد على الاشتعال. ولها رائحة غير مريحة، وهي سامة حيث تؤثر على الجهاز التنفسي والأغشية المخاطية وتسبب آلاماً مبرحة ولكنها في الغالب لاتظهر إلا بعد عدة ساعات من التعرض لأكاسيد النيتروجين.

الفسفور : تؤثر أبخرة الفسفور على الجهاز الهضمي وعلى العظام وتؤدي إلى فقر الدم.

الكبريت ومركباته : يعتبر الكبريت قابل للاشتعال وهو سام وينشأ من استنشاق أبخرته أو غباره التهاب في الرئتين، كما أن معظم مركباته أيضاً قابلة للاشتعال وسامة ولها رائحة كريهة جداً.

ثاني كبريتيد الكربون : سائل رائحته كريهة، سريع الاشتعال وأبخرته سامة ويسبب اضطرابات عقلية وهلوسة، وهو يؤثر على الجهاز العصبي مما يؤدي إلى ضعف العصب البصري والتهابات الأعصاب الطرفية ويؤثر في ضعف الحالة

الجنسية عند الرجال، ويسبب فقر الدم، وعند زيادة التركيز يؤدي إلى فقدان الوعي والموت.

ثاني أكسيد الكبريت : لايشتعل ولكنه سام. حيث يؤثر على الأغشية المخاطية ويسبب إلتهاباً في الجهاز التنفسي كما يسبب الكحة وضيقاً في التنفس وعدم الراحة. وعندما تزيد نسبته في الهواء إلى حد معين فإنه يؤدي إلى تشنج الحبال الصوتية وإلى الاختناق.

كبريتيد الهيدروجين : يشتعل وسام. حيث يؤثر في الجهاز العصبي المركزي ويؤدي إلى التهاب الأغشية المخاطية في الجهاز التنفسي والعينين كما يؤثر على حاسة الشم.

المواد المشعة : يوجد كثير من النظائر المشعة في المختبرات، ومن أمثلتها كل من اليود والفسفور واليورانيوم وغيرها. ونظراً لماتطلق هذه المواد من أشعة ألفا وبيتا وجاما والنيترونات الضارة، فإنه يجب الحرص في التعامل مع هذه المواد المشعة واتخاذ التدابير اللازمة للوقاية من الاشعاع.

١ ــ ٤ الأسلحة الكيميائية :

الأسلحة الكيميائية Chemical Weapons هي عبارة عن استخدام المواد الكيميائية السامة في الحروب لغرض قتل أو تعطيل الإنسان أو الحيوان. ويتم ذلك عن طريق دخولها الجسم سواء باستنشاقها أو تناولها عن طريق الفم أو ملامستها للعيون أو الأغشية المخاطية.

وهذه المواد الكيميائية قد تكون غازية أو سائلة سريعة التبخر ونادراً ماتكون صلبة، تطلق في الفضاء أو تلقى على الأرض سواء بالرش مباشرة بواسطة الطائرات على ارتفاع منخفض أو وضعها في ذخائر Munition على شكل قنابل أو قذائف بحيث توضع الكيميائيات السامة في أوعية من الرصاص أو الخزف حتى لاتتفاعل مع مواد الانفجار أو مع جدار القذيفة وعند وصول القذيفة إلى الهدف وانفجارها تتصاعد الكيميائيات السامة على شكل أبخرة مسببة الموت الجماعي.

وعلى الرغم من أن الأسلحة الكيميائية ليست موضع نقاش في هذا الكتاب إلَّا أنه يجدر بنا معرفتها لإن كثيراً من المواد المستخدمة في المختبر سامة وقابلة بأن تستخدم كأسلحة كيميائية. فقد نشر الألمان عام ١٩١٥م سحاباً من غاز الكلور السام ضد الحلفاء في فرنسا، وبعد ذلك بفترة بدأ كل من الطرفين، الحلفاء والألمان، بإستخدام العديد من الأسلحة الكيميائية المختلفة مثل الفوسجين وسيانيد الهيدروجين وغيرها. ونحن نعرف أن كلاً من الكلور والفوسجين وسيانيد الهيدروجين مواد شائعة الإستخدام في المختبر وتتصاعد من كثير من التفاعلات الكيميائية. إلَّا أن هناك مواداً أخرى مثل غازات الأعصاب تستخدم في المعارك كأسلحة كيميائية ويندر وجودها في المختبرات الكيميائية المدنية.

هذا وتوجد عدة أنواع من الكيميائيات، مصنفة حسب تأثيرها الفيسيولوجي، تصلح بأن تستخدم كأسلحة كيميائية وهي كما يلي :

أولاً : الغازات المسيلة للدموع	**Tear Gases**
إثيل بروموأسيتيت	Ethyl bromoacetate
كلوروأسيتون	Chloroacetone
بروميد زايليل	Xylyl bromide
بروميد بنزيل	Benzyl bromide
بروموميثل إيثل كيتون	Bromomethyl ethyl ketone
بروموأسيتون	Bromoacetone
أيودوأسيتون	Iodoacetone
إثيل أيودوأسيتيت	Ethyl iodoacetate
أيوديد بنزيل	Benzyl iodide
أكرولين	Acrolein
بروموبنزيل سيناييد	Bromobenzyl cyanide
كلوروأسيتو فينون	Chloroaceto phenone
ثانياً : الغازات الخانقة	**Choking Gases**
كلور	Chloring
ميثل كلوريد سلفيوريل	Methyl Sulfuryl chloride
كلوروميثل كلوروفورميت	Choromethyl chloroformate

Ethyl sulfuryl chloride	إيثل كلوريد سلفيوريل
Dimethyl sulfate	ثنائي ميثل سلفات
Perchoromethylmercaptan	بيركلوروميثل مركبتان
Phosgene (CG)	فوسجين
Diphosgene	ثنائي فوسجين
Chloropicrin	كلوروبيكرين
Phenyl carbylamine chloride	فينل كاربيل أمين كلوريد
Phenyl dichloroarisine	فينل ثنائي كلوروأرسين
Dichloromethylether	ثنائي كلوروميثل إيثر
Ethyldichloroarsine	إيثل ثنائي كلوروأرسين
Phenyldibromoarsine	فينل ثنائي بروموأرسين
Dibromomethylether	ثنائي بروموميثل إيثر

ثالثاً : مسممات الدم

Blood Poisons

Hydrogen cyanide (AC)	سيانيد الهيدروجين
Cyanogen bromide	بروميد سيانوجين
Cyanogen chloride (CK)	كلوريد سيانوجين

رابعاً : مسببات القروح

Blister Agents

Chlorovinyl dichloroarsine	كلوروفاينل ثنائي كلوروأرسين
Methyl dichloroarsine	ميثل ثنائي كلوروأرسين
Dibromoethyl sulfide	ثنائي بروموثيل سلفيد
	غازات الخردل Mustard gases وتشمل :
Bis (β-Chloroethyl) sulfide (H)	ثنائي (بيتا ــ كلوروإيثل) سلفيد
1, 2-Bis (β-Chloroethyl thio) ethane (HQ)	١، ٢ ثنائي (بيتا ــ كلوروإيثل ثيو) إيثان
Bis (β-Chloroethyl thioethyl) ether (HT)	ثنائي (بيتا ــ كلوروإيثل ثيوإيثل) إيثر

Tris (β-Chloroethyl) amine (HN_3)	ثلاثي (بيتا ــ كلوروإيثل) أمين
Vomiting Gases	**خامساً : غازات التقيؤ :**
Diphenyl chloroarsine	ثنائي فينل كلوروأرسين
Diphenyl cyanoarsine	ثنائي فينل سيانوأرسين
Ethyl carbazole	إيثل كربزول
Phenarsazine chloride	كلوريد فينارسازين
Halluciogenic Agents	**سادساً : كيميائيات الهلوسة**
Mescaline	ميسكالين
Psilocin	بسيلوسين
Lysrgic acid diethyl diethyl amide (LSD-25)	حمض ليسرجيك ثنائي إيثل أميد
Nerve Gases	**سابعاً : غازات الأعصاب**
Tabun (GA)	تابون (جي أي)
Sarin (GB)	سارين (جي بي)
Soman (GD)	سومان (جي دي)
Agent (VX)	في إكس
Other Agents	**ثامناً : كيميائيات وسموم أخرى**
Methy-N-(β-Chloroethyl)-N-nitroso carbamate (KB-16)	ميثل ــ ن ــ (بيتا ــ كلوروإيثل) ــ ن ــ نيتروزوكربامايت
Methyl Fluoroacetate (M F A)	ميثل فلورو أسيتيت
Cadmium oxide	أكسيد كاديوم
Iron and Nickel carbonyls	كربونيلات نيكل وحديد
Recin-(Toxic protein of the castor bean)	رزين (بروتين سام في حبوب نبات الخروع).
Tetanus toxin (Bacterial toxin)	سم بكتريا تيتانوس
Botulinum toxin (Bacterial toxin)	سم بتولينيوم

لقد بدأ عمل أبحاث مكثفة حول استخدام الأسلحة الكيميائية في المعارك في وقت مبكر بلغ ذروته خلال الحرب العالمية الأولى ولكن الأبحاث لم تتوقف بعد نهاية الحربّ وإنما استمر الكيميائيون في اكتشاف العديد من الأسلحة المتطورة. حيث أنه خلال الحرب العالمية الثانية لم يعد يعتبر من الكيميائيات السابقة الذكر إلا غازات الخردل والفوسجين وسيانيد الهيدروجين.

ومن أعراض التسمم بغازات الخردل إلتهاب وتورم وألم في العينين مصحوبة بالعطاس الشديد والكحة المتواصلة ويشعر المصاب بحكة في الجلد والتهابه مع ظهور القرحات به وقد يؤدي ذلك إلى تسرب الميكروبات إلى الجلد المجروح. كما أن التسمم بغازات الخردل يؤدي إلى إلتهاب الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي فتحدث فيهما الالتهابات والتقرحات مما يسهل دخول الجراثيم ويسبب الأمراض المعدية. وقد تكون غازات الخردل مركبات عضوية كبريتية لها رائحة تشبه رائحة البصل أو الثوم، كما قد تكون مركبات عضوية نيتروجينية لها رائحة السمك أو رائحة الصابون.

أما غاز الفوسجين فيعتبر من الغازات الخانقة وهو يسبب التهاباً للرئة والعينين وكحة شديدة وضيقاً في التنفس ودموعاً غزيرة. وللفوسجين رائحة الدريس المتعفن.

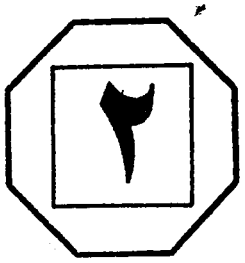
أما سيانيد الهيدروجين فإنه يوقف إنزيمات الأكسدة في الخلايا ولذلك فإنه يسبب الإختناق والحاجة إلى الهواء. ولغاز سيانيد الهيدروجين رائحة قوية ومميزة.

هذا وقد اكتشف الكيميائيون الألمان إبان نهاية الحرب العالمية الثانية، أسلحة كيميائية ذات فعالية قوية جداً تسمى «غازات الأعصاب». وهي عبارة عن استرات عضوية لحمض الفسفور مرتبط بمجاميع بديلة.

إن غازات الأعصاب تبطل نشاط الأعصاب وبالتالي تؤدي إلى الوفاة حيث أنها توقف عمل الكولينستريز (انزيم يتحكم في التحلل المائي لـ اسيتايل كولين، المادة التي تتدخل في توصيل ونقل إشارات الأعصاب في داخل الجسم وبالتالي يزيد في الجسم كميات أسيتال كولين)، حيث أن غازات الأعصاب تربط هذا الانزيم برابط إنزيمي فسفوري P-O-C. في حالة تعرض الإنسان لكميات غير مميتة فإنه ينتج

انقباض حدقة العين وانضغاط في الصدر وألم في الرأس ودوخة وتقيؤ، أما التعرض لمزيد من غازات الأعصاب فإنه يؤدي إلى الوفاة بعد دوخة وحصر نفسي (قلق) وعجز في التنفس وانقباض في الأعصاب وغير ذلك من الأعراض.

تتميز غازات الأعصاب عن غيرها بالسمية العالية وبأنها عديمة اللون والرائحة تقريباً، وبذلك يصعب اكتشافها على عكس الكيميائيات السابقة الذكر التي تتميز برائحة أو لون مميز أو مضايقات للشخص وبالتالي يمكن تفاديها قبل التعرض لها بكميات قاتلة.



الفصل الثاني
الوقاية من المواد الكيميائية

٢ ــ ١ مقدمة :

لاشك بأن جميع المواد الكيميائية سامة وخطرة وتتفاوت سميتها حسب نوعها. فهناك المواد السامة جداً مثل سيانيد الهيدروجين وسلينيد الهيدروجين والزرنيخات وغيرها، كما أن هناك المواد الكيميائية الأقل سمية مثل الكحول الإيثيلي وثنائي إيثل إيثر وغيرهما. بالإضافة إلى ذلك فهناك المواد الخطرة الأخرى التي قد تسبب الاشتعال مثل المذيبات العضوية، أو التي قد تشتعل بمجرد ملامستها للماء مثل المعادن القلوية وبعض المركبات العضومعدنية، أو قد تسبب الانفجار مثل مركبات النيتروالأروماتية، كما أن هناك مواداً قد تسبب حروقاً في الجلد مثل الأحماض والقلويات. لذلك فإنه عند التعامل مع المواد الكيميائية سواءً في المختبر أو المصنع أو حتى في المنزل يجب اتباع احتياطات معينة، فمثلاً يجب أن يكون مكان التعامل مع هذه الكيميائيات جيد التهوية ويحتوي على مرشحات ساحبة للأبخرة السامة. كما يجب لبس الملابس الواقية. هذا بالإضافة إلى ضرورة احتواء المختبر الكيميائي على المواد المضادة للتسمم ووسائل مكافحة الحريق.

٢ ــ ٢ الحد الأقصى المسموح به لوجود المواد الكيميائية في الجو :

لابد من معرفة الحد الأقصى المسموح به لوجود المواد الكيميائية في جو المختبر أو المصنع أو الجو العام، التي لو زادت عن مقدارها فإنها تسبب خطراً على الصحة. لذلك فإن معرفة هذه النسب وتطبيقها في المصانع والمختبرات يؤدي إلى حماية البيئة والصحة العامة.

ويبين الجدول ٢ ــ ١ الحد الأقصى المسموح به من المواد الكيميائية في الجو خلال فترة مدتها ثماني ساعات. إلّا أنه يجب التنويه هنا أنه كلما زادت فترة التعرض لهذه المواد فإن النسبة المسموح بها يجب أن تقل والعكس صحيح كما هو مبين في الجدولين ٢ ــ ٢، ٢ ــ ٣.

إلّا أن هناك مواداً خطرة يجب ألا يتعدى تركيزها حداً معيناً بغض النظر عن زمن التعرض لها سواء لحظياً أو خلال ثمان ساعات. ومن أمثلة هذه المواد الفورمالدهيد حيث أن التركيز المسموح به هو ٣ جزء في المليون (٤٫٥ مجم/م^{٣}) بغض النظر عن فترة التعرض.

هذا بالإضافة إلى أن الحساسية تختلف من شخص إلى آخر فهناك من لايستطيع تحمل هذه النسب كما أن هناك آخرين يستطيعون تحمل نسب أعلى نسبياً، إلّا أن هذه الأرقام ذات دلالة كافية لإعطاء إشارة الخطر لهذه المواد.

جدول ٢ ــ ١ : الحد الأقصى المسموح به لوجود المواد الكيميائية في الجو خلال فترة مدتها ثمان ساعات(*)

المادة الملوثة	جزء في مجم/م^{٣} المليون		المادة الملوثة	جزء في مجم/م^{٣} المليون	
ايثين ثيول	١٠	٢٥	إيثلين كلوروهيدرين	٥	١٦
إيثانول أمين	٣	٦	إيثلين ثنائي أمين	١٠	٢٥
إيثوكسي إيثانول	٢٠٠	٧٤٠	أكسيد الأيثلين	٥٠	٩٠
إيثل أمين	١٠	١٨	إيثل إيثر	٤٠٠	١٢٠٠
إيثل أمايل كيتون	٢٥	١٣٠	إيثل فورميت	١٠٠	٣٠٠
إيثل بنزين	١٠٠	٤٣٥	ايزوبروبيل أمين	٥	١٢

تابع جدول ٢ ــ ١.

المادة الملوثة	جزء في مجم/م٣ المليون	
ايزوبروبيل أسيتون	١٠٠	٤١٠
ايزوبروبيل إيثر	٥٠٠	٢١٠٠
أرسنات الرصاص	—	١٥ر
أكسيد المجنسيوم	—	١٥
أكريلات الإثيل	٢٥	١٠٠
أكريلات الميثل	١٠	٣٥
إيثل ميثل كيتون	٢٠٠	٥٩٠
إيوديد الميثل	٥	٢٨
أكتان	٥٠٠	٢٣٥٠
أكسيد أوزميوم	—	٠٠٢ر
أكسيد البروبيلين	١٠٠	٢٤٠
أحادي كلوريد الكبريت	١	٦
أكسيد الزنك	—	٥
أكسيد النيتريك	٢٥	٣٠
أول أكسيد الكربون	٥٠	٥٥
أوزون	١ر	٢ر
أرسنات الكالسيوم	—	١
أسيتلدهيد	٢٠٠	٣٦٠
أكسيد الكالسيوم	—	٥
أسيتون	١٠٠٠	٢٤٠٠
أسيتو نيتريل	٤٠	٧٠

المادة الملوثة	جزء في مجم/م٣ المليون	
أكرولين	١ر	٢٥ر
أكريل أميد	—	٣ر
أكريلونيتريل	٢٠	٤٥
اسبستوس	—	١٨٠
إسمنت	—	١٨٠٠
الدرين	—	٢٥ر
أمينوبيريدين	٢	٥٢ر
أمونيا	٥٠	٣٥
أمونيوم سلفميت	—	١٥
أنيلين	٥	١٩
أنيسيدين	—	٥ر
أنتيمون ومركباته	—	٥ر
أرسينيك ومركباته	—	٥ر
أرسين	٥٠٥ر	٢ر
إندرين	—	١ر
باريوم	—	٥ر
بيريدين	٥	١٥
بنزويل بيروكسيد	—	٥
بلاماء حمض البوريك	—	١٥
بلاماء حمض الخل	٥	٢٠
بلاماء حمض الماليك	٢٥ر	١
بلاماء حمض فثاليك	٢	١٢

تابع جدول ٢ ــ ١.

المادة الملوثة	جزء في المليون	مجم/م٣	المادة الملوثة	جزء في المليون	مجم/م٣
بروميد الهيدروجين	٣	١٠	تربنتين	١٠٠	٥٦٠
برومو إيثين	٢٠٠	٨٩٠	تتراهيدروفيران	٢٠٠	٥٩٠
بنتان	١٠٠٠	٢٩٥٠	ثنائي كلوروبنزين (أورثو)	٥٠	٣٠٠
برليوم	—	٠٫٠٠٢			
بروم	٠٫١	٠٫٧	ثنائي كلوروبنزين (بارا)	٧٥	٤٥٠
بنزين	١٠	—			
بروموفورم	٠٫٥	٥	ثنائي كلورو ثنائي فلورو ميثان	١٠٠٠	٤٩٥٠
بروموميثين	٢٠	٨٠			
بيوتادايئين	١٠٠٠	٢٢٠٠	ثنائي إيثل أمين	٢٥	٧٥
باراثيون	—	٠٫١١	ثنائي إيزوبروبيل أمين	٥	٢٠
بيوتل أمين	٥	١٥	ثنائي ميثل أسيتاميد	١٠	٣٥
بيوتل مركبتان	١٠	٣٥	ثنائي ميثل أمين	١٠	١٨
بيوتل فثلات	—	٥	ثنائي ميثل أنيلين	٥	٢٥
بترول (غاز)	١٠٠٠	١٨٠٠	ثنائي ميثل فورم أميد	١٠	٣٠
بترول (نفثا)	٥٠٠	٢٠٠٠	ثنائي ميثل هيدرازين	٠٫٥	١
بنتادايئين حلقي	٧٥	٢٠٠	ثنائي ميثل فثاليت	—	٥
بلاتين ومركباته	—	٠٫٠٠٢	ثنائي ميثل سلفيت	١	٥
بروبيل نيتريت	٢٥	١١٠	ثنائي نيتروبنزين	—	١
بروبان	١٠٠٠	١٨٠٠	ثنائي فينل	٠٫٢	١
تلريوم	—	٠٫١	إندرين	—	٠٫١
تولوين	٢٠٠	—	ثاني أكسيد النيتروجين	٥	٩
تولويدين	٥	٢٢			

تابع جدول ٢ ــ ١.

المادة الملوثة	جزء في المليون	مجم/م٣	المادة الملوثة	جزء في المليون	مجم/م٣
ثالث فلوريد			ثنائي كلورو اسيتلين	٢٠٠	٧٩٠
النيتروجين	١٠	٢٩	ثلاثي فلورو بورين	١	٣
ثالث كلوريد الفسفور	٥ر	٣	حمض الخل	١٠	٢٥
ثاني أكسيد الكبريت	٥	١٣	(حمض الأسيتيك)		
ثاني أكسيد الكربون	٥٠٠٠	٩٠٠٠	حمض كروميك	—	١ر٠
ثنائي أزوميثين	٢ر	٤ر	حمض الكبريتيك	—	١
ثنائي بورين	١ر	١ر	حمض فورميك	٥	٢٠
ثاليوم ومركباته	—	١ر	حمض ميثا أكرليك	١٠٠	٤١٠
ثاني أكسيد تايتينيوم	—	١٥	حمض نيتريك	٢	٥
١،١،١ ــ ثلاثي			حمض أكساليك	—	١
كلورو إيثان	٣٥٠	١٩٠٠	حمض فسفوريك	—	١
٢،١،١ ــ ثلاثي			حمض بيكريك	—	١ر٠
كلورو إيثان	١٠	٤٥	خلات بيتوتيل	١٥٠	٧١٠
ثلاثي كلورو			خلات إيثل	٤٠٠	١٤٠٠
فلوروميثان	١٠٠٠	٥٦٠٠	خامس أكسيد فناديوم	—	٣ر٠
ثلاثي إيثل أمين	٢٥	١٠٠	خلات إيزوبيوتل	١٥٠	٧٠٠
ثلاثي نيتروتولوين	—	١ر٥	خلات إيزوبروبيل	٢٥٠	٩٥٠
ثنائي كبريتيد الكربون	٢٠	—	خلات الميثل	٢٠٠	٦١٠
ثلاثي فينل فوسفات	—	٣	خلات البروبيل	٢٠٠	٨٤٠
ثنائي بروميد إيثلين	٢٠		خامس كلوريد		
ثنائي كلوريد إيثلين	٥٠		الفسفور	—	١
ثلاثي كلوريد إيثلين	١٠٠		خارصين	—	١ر

تابع جدول ٢ ــ ١

المادة الملوثة	جزء في مجم/م٣ المليون		المادة الملوثة	جزء في مجم/م٣ المليون	
دخان	—	١٥ر٠	سلنيد الهيدروجين	٠٥ر	٢
د د ت	—	١	فلور	ار	٢ر٠
دايوكسين	١٠٠	٣٦٠	فلوريد (أيون)	—	٢ر٥
روديوم	—	٠١ر	فلوريد الهيدروجين	٣	—
رصاص ومركباته	—	٢ر٠	فضة ومركباته	—	٠١ر
رباعي كلوريد إيثلين	١٠٠	—	فسفور	—	١ر٠
رباعي كلورو إيثان	٥	٣٥	فوسفين	٣ر	٤ر٠
رباعي خلات الرصاص	—	٠٧٥ر	فورمالدهيد	٣	٤ر٥
رابع كلوريد الكربون	١٠	—	فينول	٥	١٩
زئبق (عنصر)	—	١	فينل هيدرازين	٥	٢٢
زئبق (مركبات عضوية)	—	٠١ر	فوق أكسيد الهيدروجين	١	١ر٤
زايلين	١٠٠	٤٣٥	فورفيورال	٥	٢٠
زركونيوم ومركباته	—	٥	فوسجين	١ر٠	٤ر٠
زيوت معدنية	—	٥	فورمات إيثل	١٠٠	٣٠٠
سادس فلوريد سلينيوم	٠٥ر٠	٤ر٠	فينل إيثر	١	٧
سلينيوم ومركباته	—	٢ر٠	قطران الفحم	—	٢ر٠
سيانيد الهيدروجين	١٠	١١	كادميوم	—	١٥ر٠
ستايدين	١٠٠	—	كحولات	١٠٠٠	١٩٠٠
ستركنين	—	١٥ر٠	كحول اليلي	٢	٥
سيانيد	—	٥	كحول ميثيلي	٢٠٠	٢٦٠
سيكلونيت	—	١ر٥	كلوريد اليلي	١	٣

تابع جدول ٢ ــ ١

المادة الملوثة	جزء في المليون	مجم/م٣
كحول ايزوبروبيلي	٤٠٠	٩٨٠
كلوريد بنزيل	١	٥
كحول ايزوبيوتيلي	١٠٠	٣٠٠
كحول بيوتيلي عادي	١٠٠	٣٠٠
كحول بيوتيلي ثانوي	١٥٠	٤٥٠
كحول بيوتيلي ثالثي	١٠٠	٣٠٠
كحول ايزوبنتيلي	١٠٠	٣٦٠
كامفور	٢	ــ
كحول بروبارجيلي	١	ــ
كربون	ــ	٣٫٥
كحول بروبيلي عادي	٢٠٠	٥٠٠
كلور	١	٣
كلورو أسيتالدهيد	١	٣
كلوروبنزين	٧٥	٣٥٠
كلوروفورم	٥٠	٢٤٠
كروميوم ومركبات	ــ	٠٫٥
كوبالت	ــ	٠٫١
كريسول	٥	٢٢
كروتون الدهيد	٢	٦
كيومين	٥٠	٢٤٥
كلوريد الميثل	١٠٠	ــ
كلوريد ميثلين	٥٠٠	ــ

المادة الملوثة	جزء في المليون	مجم/م٣
كبريتيد الهيدروجين	٢٠	١٤٫٤
كلوريد الزنك	ــ	١
كلورو إيثين	١٠٠٠	٢٦٠٠
كلوريد إيثليدين	١٠٠	٤٠٠
كلوريد الهيدروجين	٥	٧
كينون	٠٫١	٠٫٤
منجنيز	ــ	٥
مالثيون	ــ	١٥
ميثين ثيول	١٠	٢٠
موليبدينيوم	ــ	١٠
ميثل أمين	١٠	١٢
نيتروتولوين	٥	٣٠
نيتروبنزين	١	٥
نيتروجليسرين	٠٫٢	٢
نيتروإيثين	١٠٠	٣١٠
نحاس	ــ	١
نيترو انيلين	١	٦
نيكوتين	ــ	٠٫٥
نيكل ومركباته	ــ	١
نيكل كاربونيل	٠٫٠٠١	٠٫٠٠٧
نفثالين	١٠	٥٠
هيدرازين	١	١٫٣

تابع جدول ٢ ــ ١.

المادة الملوثة	جزء في مجم/م٣ المليون		المادة الملوثة	جزء في مجم/م٣ المليون	
هيدروكينون	—	٢	هكسين حلقي	٣٠٠	١٠١٥
هكسان	٥٠٠	١٨٠٠	هيدريد ليثيوم	—	٠٫٢٥
هبتانون	١٠٠	٤٦٥	يريتريوم	—	١
هبتان	٥٠٠	٢٠٠٠	يورانيوم (مركبات ذائبة)	—	٠٫٥
هيدروكسيد الصوديوم	—	٢			
هكسان حلقي	٣٠٠	١٠٥٠	يورانيوم (مركبات غير ذائبة)	—	٠٫٢٥
هكسانول حلقي	٥٠	٢٠٠			
هكسانون حلقي	٥٠	٢٠٠			

(*) The Merck Index, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey, 1976.

جدول ٢ ــ ٢ الحد الأقصى المسموح به لوجود بعض المواد الكيميائية في الجو في فترات مختلفة.

المادة الكيميائية	الزمن المتوسط للتعرض لها	الحد الأقصى للتركيز المسموح به
ثاني أكسيد النيتروجين	معدَّل سنوي	٠٫٠٩مجم/م٣ (٠٫٠٥ جزء في المليون)
	٨ ساعات	٩مجم/م٣ (٥ جزء في المليون)
مركبات الرصاص	٣ أشهر	١٫٥ ميكروجرام/م٣
	٨ ساعات	٠٫٢ مجم/م٣

جدول ٢ ــ ٣: الحد الأقصى المسموح به لوجود بعض المواد الكيميائية في الجو خلال فترة مدتها ١٥ دقيقة مقارنة بفترة مدتها ٨ ساعات.

المادة الكيميائية	فترة مدتها ٨ ساعات		فترة مدتها ١٥ دقيقة	
	جزء في المليون	مجم/م٣	جزء في المليون	مجم/م٣
بروم	١ر٠	٧ر٠	٣ر٠	٢
كلور	١	٣	٣	٩
إيثانول أمين	٣	٦	٦	١٥
ثنائي ميثل أنيلين	٥	٢٥	١٠	٥٠

٢ ــ ٣ الشروط اللازم توفرها في المختبرات الكيميائية :

هناك عدة شروط يجب توفرها في مختبرات الكيمياء لكي تظهر بالصورة النموذجية في السلامة والأمان من المواد الكيميائية السامة والحارقة والمتفجرة والمشتعلة. وأهم هذه الشروط اللازم توفرها في المختبرات الكيميائية مايلي :

١ ــ يجب احتواء المختبر على وسائل سحب الغازات والأبخرة السامة والضارة. كما يجب أن يحتوي على غرفة لسحب الغازات يتم فيها إجراء التجارب التي تحتوي أو تعطي غازات وأبخرة سامة.

٢ ــ يجب أن يحتوي المختبر على مواقد كهربائية لإستخدامها بدل مواقد اللهب وذلك لتفادي اشتعال السوائل المتطايرة والقابلة للاشتعال.

٣ ــ يجب أن يحتوي المختبر على صيدلية للاسعاف السريع تحتوي على المواد الضرورية اللازمة لمعالجة الجروح والحروق ومعالجة التسمم بالمواد السامة. وأهم المواد المضادة للتسمم هي ما يلي :

(أ) بودرة الترياق antidote العام وتشمل :

فحم منشط وحليب المغنسيا (أكسيد المغنسيوم) وحمض التانيك

(شاي مركز). حيث تخلط مع بعضها البعض بنسبة ٢ : ١ : ١ على التوالي.

(ب) ٢٪ حمض الخل أو خل.

(جـ) أقراص هيدروكسيد الألومنيوم.

(د) ٣٪ محلول بيكربونات الصوديوم.

(هـ) امايل نيتريت.

(و) سلفات مغنسيوم (ملح إيبوسوم).

(ز) برمنجانات البوتاسيوم (أقراص ٢ر٠ جم).

(حـ) ثيوسلفات الصوديوم.

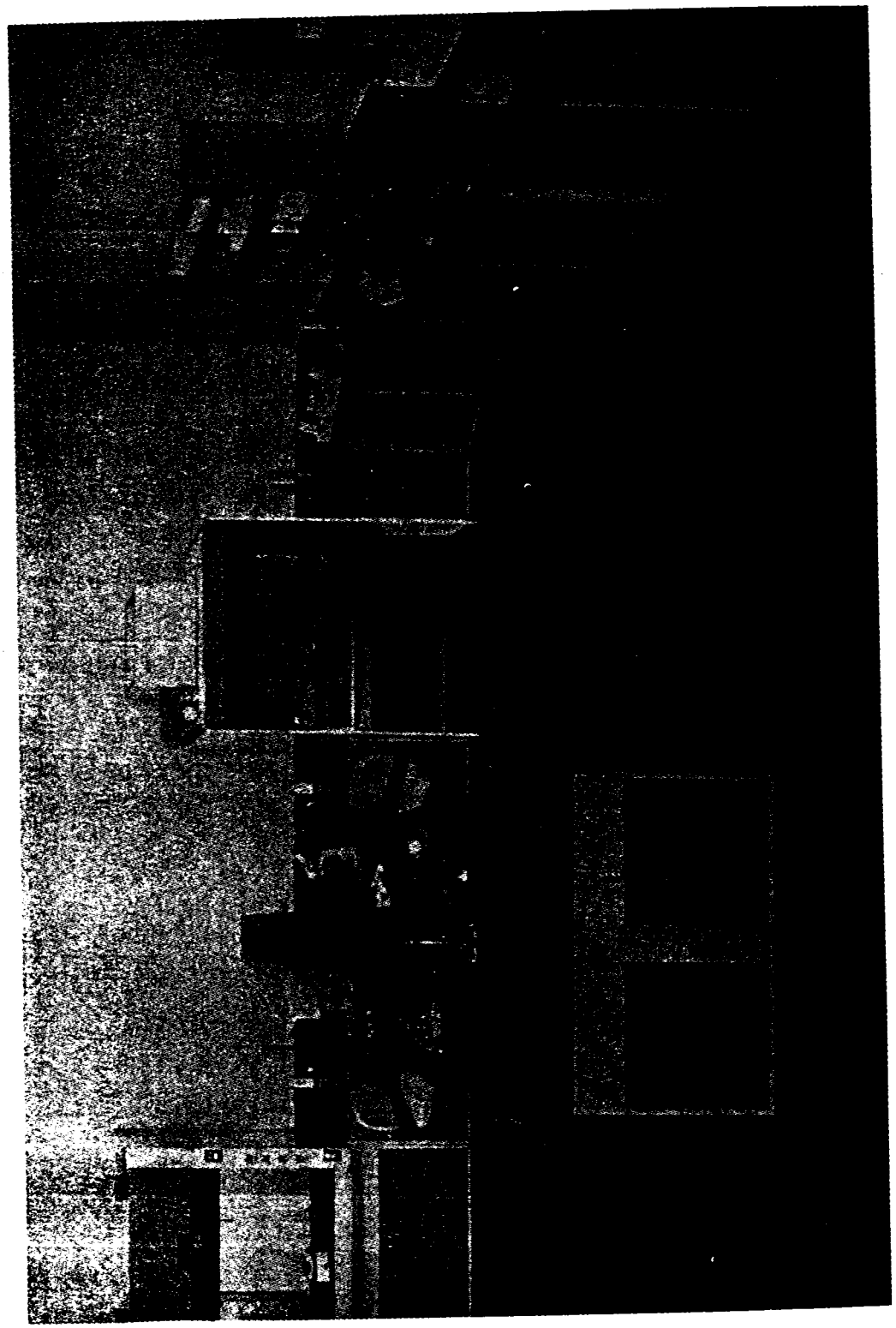
بالإضافة إلى ذلك فإنه لابد من توفر أرقام تليفونات الطواريء والعيادات.

٤ ــ يجب أن يحتوي المختبر على طفاية حريق وكذلك على وعاء يحوي رمل لإطفاء الحريق. كما يجب أن يحتوي على جهاز إنذار للحرائق. بالإضافة إلى ذلك فإنه لابد من توفر بطانية حريق وذلك لتغطية الجسم في حالة الاحتراق بغرض إطفاء الحريق.

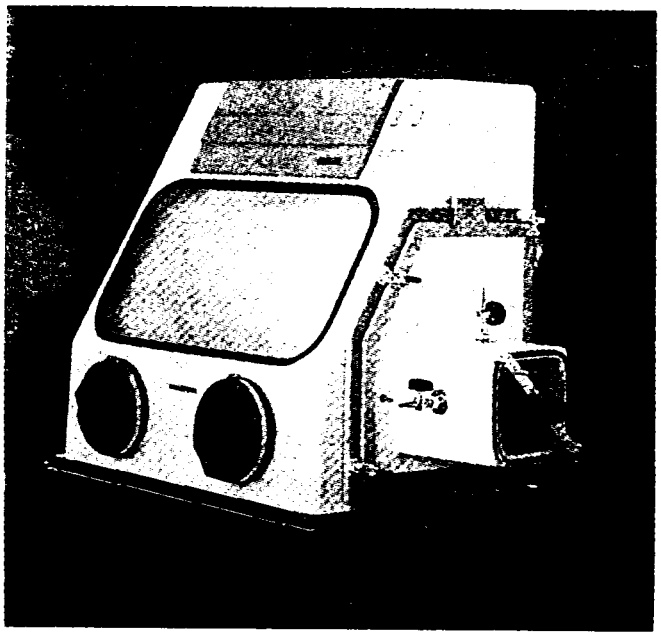
٥ ــ يجب أن يحتوي المختبر على رشاش ماء (دوش) ومغاسل للعيون لاستخدامها في حالة التعرض للمواد الكيميائية السامة أو الحارقة وكذلك في حالة الحرائق.

٤ ــ يجب أن تحتوي بعض المختبرات الخاصة على أقنعة حماية وعلى قناع ومصدر للأكسجين.

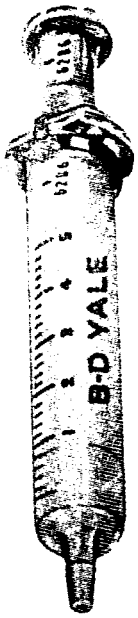
٥ ــ يجب أن يحتوي المختبر على غاز النيتروجين وأجهزة مغلقة وعلى جهاز الصندوق الجاف drybox وعلى محاقن وذلك لإجراء التفاعلات على المواد الكيميائية الحساسة للماء والهواء مثل المعادن القلوية والمركبات العضومعدنية للمعادن النشطة ذات الكهروإيجابية العالية.



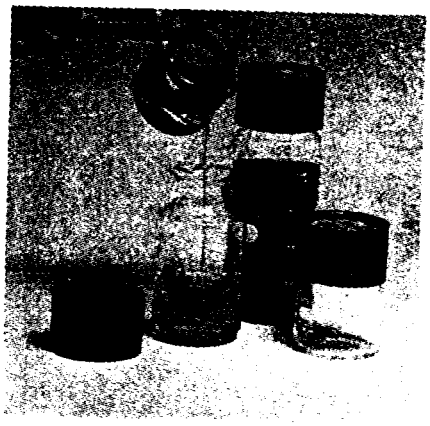
شكل ٢ — ١ شكل نموذجي لمختبر كيميائي



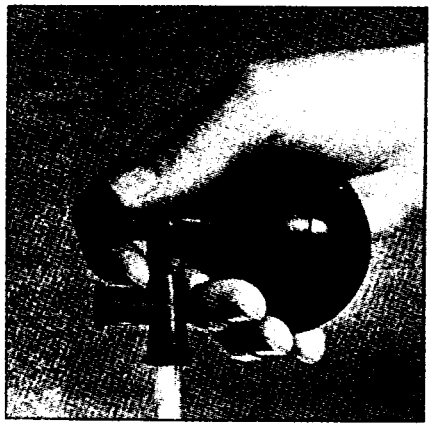
صندوق مغلق للتعامل مع المواد الكيميائية السامة والحساسة للهواء والماء.



محقنة تستعمل لنقل المواد الحساسة للهواء والماء



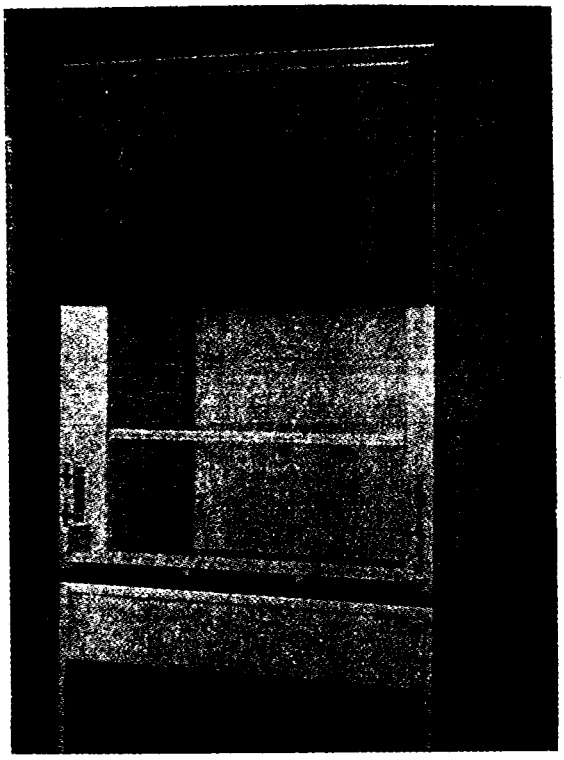
ماسك معدني بدلاً من مسك أوعية المواد الكيميائية باليد



ماصة يدوية بدلاً من سحب المواد الكيميائية باستخدام الفم

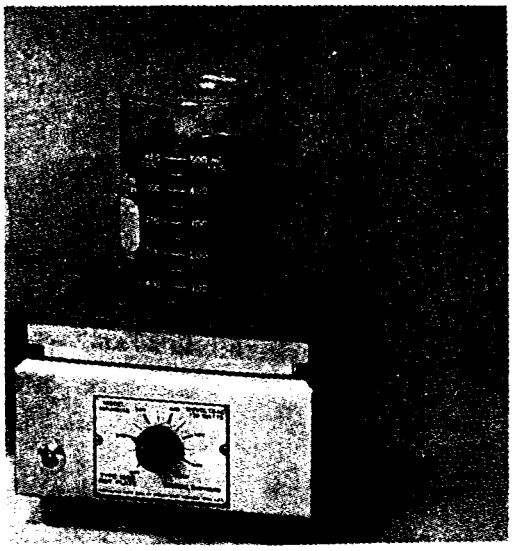
شكل ٢ ــ ٢ بعض أدوات الأمن والسلامة المستخدمة في المختبرات الكيميائية

قناع بمرشح لتنقية الهواء
في حالة تلوثه بالمواد الكيميائية السامة



غرفة لسحب الغازات السامة

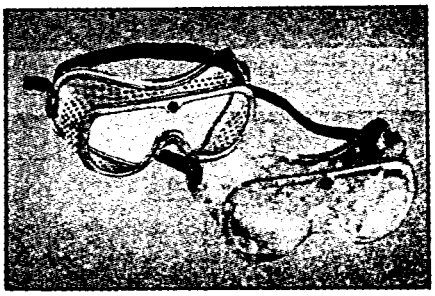
ماسك جداري لاسطوانات الغازات
لمنعها من السقوط على الأرض



موقد كهربائي يستخدم بدلاً من مواقد اللهب

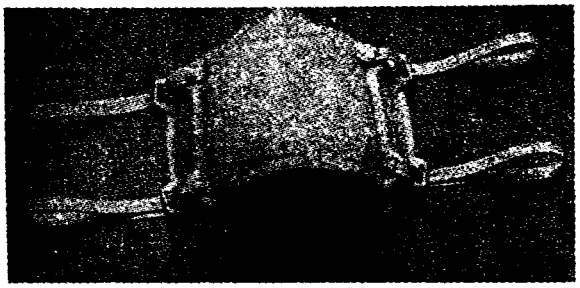
طفاية حريق

تابع شكل ٢ ــ ٢ بعض أدوات الأمن والسلامة المستخدمة في المختبرات الكيميائية

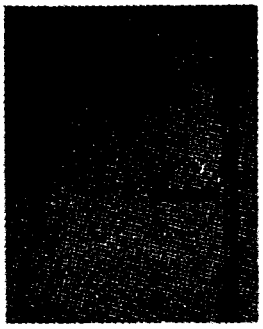


نظارات واقية

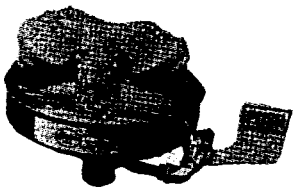
غطاء للوجه للحماية



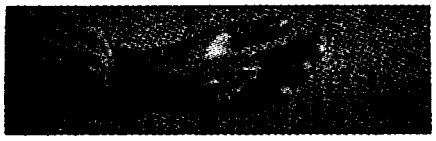
كمامة للوقاية من الجسيمات
والأتربة الكيميائية



دش لغسل الشخص المصاب
بالمواد الكيميائية أو في حالة الحريق



مغسلة للعيون في حالة إصابتها
بالمواد الكيميائية



قفاز بلاستيكي يتم رميه بعد انتهاء
العمل في المختبر

تابع شكل ٢ ــ ٢ بعض أدوات الأمن والسلامة المستخدمة فيّ المختبرات الكيميائية

٢ ــ ٤ الاحتياطات الواجب اتباعها للسلامة من المواد الكيميائية المتداولة.

نستطيع القول بأن معظم المواد الكيميائية سامة وخطرة ولكن درجة سميتها وخطورتها تختلف من مادة إلى أخرى، فمثلاً نجد أن الكمية المميتة من سيانيد الهيدروجين عبارة عن ٥٠مجم، بينما يستطيع الشخص تناول كميات كبيرة من مواد أخرى مثل الكحول الإيثيلي قبل أن يصل إلى الكمية المميتة (L_D).

والمواد السامة قد تكون موجودة أصلاً في المختبر وقد تتصاعد نتيجة التفاعلات الكيميائية التي تجرى في المختبر. فمثلاً ينتج غاز سيانيد الهيدروجين السام من اضافة الأحماض على السيانيدات. وينتج غاز ثاني أكسيد النيتروجين السام عندما تضاف النترات على حمض الكبريتيك، كما ينتج ثاني أكسيد النيتروجين أيضاً من اضافة حمض النيتريك على النحاس أو أي معدن ثقيل. هذا وينتج غاز كبريتيد الهيدروجين عند اضافة الأحماض على السلفيدات وهكذا. لذلك فإنه يجب الحذر من اضافة مواد كيميائية على مواد أخرى لأن تصاعد غازات سامة لايعرف ماهي أكثر خطورة من وجود مواد كيميائية سامة معروفة في المختبر. هذا وينتج غاز الفوسجين من تفاعل الهيدروكربونات الكلورينية على السطح الحار لذلك ينصح بعدم تسخين هذه المواد.

كما أن هناك مواداً يجب الحذر منها عندما تضاف على مواد أخرى حيث ينتج تفاعل قوي قد يؤدي إلى انفجار أو لهب. فمثلاً المعادن القلوية مثل الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم، والمركبات العضومعدنية للمعادن ذات الكهروايجابية العالية مثل المركبات العضومعدنية للصوديوم والبوتاسيوم والليثيوم والزنك والألومنيوم، جميع هذه العناصر والمركبات تشتعل في وجود الماء أو الهواء وتتفاعل بشدة مع كثير من المركبات العضوية مثل الهاليدات العضوية ومركبات الكربونيل والمركبات التي تحتوي على ذرة هيدروجين حمضية مثل الأحماض والكحولات والفينولات.

كما أن اضافة المواد المؤكسدة القوية على مواد سهلة الأكسدة قد يؤدي إلى انفجار أو لهب أو تطاير المواد ولاشك بأن وجود مواد تشتعل أو تنفجر بمجرد إضافة مواد أخرى تعتبر أكثر خطورة من مواد موجودة أصلاً في المختبر ومعروف أنها تشتعل أو تنفجر عند اقتراب لهب منها أو عندما تسقط على الأرض.

والمواد الكيميائية السامة والضارة توجد تقريباً في كل مكان فهي توجد في المنزل والشارع والمصنع والمكتب والمزرعة، إلّا أن وجودها في المختبرات الكيميائية يكون بنسبة أكبر. لذلك فإنه يجب مراعاة الشروط التالية للسلامة والأمان من المواد الكيميائية المتداولة :

١ — يجب معرفة مدى سمية المادة الكيميائية قبل استعمالها وإخبار الآخرين بذلك.

٢ — يجب تخزين المواد الكيميائية السامة والخطرة في أماكن معينة بعيداً عن متناول الأشخاص الذين ليس لديهم خبرة عن هذه المواد.

٣ — يجب التأكد من أن جميع المواد الكيميائية التي تستعمل عليها تعليمات عن طرق استعمالها ومدى خطورتها. فمثلاً معدن الصوديوم ومعدن البوتاسيوم وبعض المركبات العضومعدنية تشتعل عندما تلامس الماء.

٤ — يجب عدم تخزين المواد الكيميائية مع أواني الطعام أو الشراب.

٥ — يجب عدم استعمال أدوات التنظيف بدون وجود تهوية كافية.

٦ — يجب عدم التدخين أو تقريب المصادر المشتعلة مثل عود الثقاب من المواد الكيميائية سريعة الاشتعال.

٧ — يجب عدم تناول الأكل أو الشرب أثناء التعامل مع المواد الكيميائية.

٨ — يجب الحذر من إضافة مواد كيميائية على مواد أخرى في التفاعلات الكيميائية، كما يجب معرفة النواتج السامة والضارة قبل إجراء الإضافة لتفادي التسمم أو الاشتعال أو الانفجار. بالإضافة إلى ذلك فإنه يجب مراقبة أي تفاعل يتم تسخينه. وفي حالة تسخين أي مادة كيميائية في وعاء مفتوح فإنه يجب توجيه فوهته إلى الناحية المعاكسة للأشخاص الآخرين.

٩ — يجب ألا يحتوي المختبر على أكثر من التموين اليومي من السوائل سريعة الاشتعال، كما يجب عدم التعامل مع هذه السوائل بالقرب من اللهب هذا بالإضافة إلى عدم تسخينها باللهب المباشر وإنما الاستعاضة عن مواقد اللهب بمواقد كهربائية قماشية Electrical Mantle أو مواقد كهربائية يستخدم فيها حمامات زيتية للتسخين، وفي هذه الحالة يفضل

استخدام زيوت للحرارة لها نقطة وميض عالية مثل زيت السليكون أو عديد ألكين جليكول.

١٠ — يجب خزن المواد المتفجرة في أماكن خاصة بعيداً عن اللهب ويجب تفادي اصطدامها أو سقوط أي شيء عليها، كما يجب عدم تعرضها لأشعة الشمس أو الحرارة الزائدة أو الشرارة الكهربائية.

١١ — يجب لبس الملابس الواقية مثل البالطو أو سروال العمل المسمى بالأوفرول والقفازات المقاومة للمواد الكيميائية والنظارات الواقية علماً بأن النظارات الطبية لاتكفي بدلاً من النظارات الواقية، كما يجب ربط الشعر الطويل إلى الخلف وخاصة بالنسبة للنساء، وفي حالات خاصة يجب لبس أغطية الرأس والأحذية المطاطية وواقيات الوجه وأقنعة التنفس الإصطناعية مثل القناع ذي المرشح مع تجديد مادة المرشح كلما استهلكت، أو قناع تنفس الهواء النقي المتجدد وهو يتكون من قناع بخرطوم يوصل بمصدر للهواء النقي للتنفس بصفة مستمرة.

١٢ — يحتوي المختبر على حمامات (حنفيات) للغازات كما يحتوي على اسطوانات للغازات لذلك يجب التأكد من إغلاقها. كما يجب الاهتمام بوضع اسطوانات الغازات المضغوطة في المكان المناسب وتثبيتها بماسك والتأكد من صماماتها كما يجب استخدام وسائل نقل خاصة لها. ولوقاية صمام الاسطوانة من التلف فإنه يجب ربط الغطاء الواقي عندما لاتكون هناك حاجة لسحب الغاز.

١٣ — يجب عدم العمل في المختبر لوحدك لأن وجود شخص معك يستطيع إسعافك في حالة تعرضك لخطر لاسمح الله. كما أنه يجب في حالة التسمم أو الإصابة بمادة كيميائية عمل إسعاف أولي مثل غسل العينين لمدة خمسة عشر دقيقة بالماء مع عدم لمسها في حالة تعرضها لمادة كيميائية وأخذ العلاج المناسب حتى يصل الطبيب.

١٤ — يجب أن يكون لدى منظف المختبر خبرة عن مضار المواد الكيميائية.

١٥ — يجب الحذر من المواد المبردة مثل ثاني أكسيد الكربون الصلب dry ice أو سائل النيتروجين Liquid nitrogen حيث أنها تسبب أضراراً بالغة على

الجلد. كما أن سائل النيتروجين يؤدي إلى تجميد الأكسجين الجوي مما يؤدي إلى توفر تراكيز عالية من الأكسجين وبالتالي انفجار في حالة وصول مواد سهلة الأكسدة إلى الأكسجين المركز، كما أن هذه العملية تؤدي إلى نقص الأكسجين لذلك يجب أن تستخدم في أماكن جيدة التهوية بحيث ألا ينقص تركيز الأكسجين في الهواء عن ١٦٪.

١٦ ــ الاستعمال السليم للأجهزة والأوعية الزجاجية التي تستخدم لإجراء التجارب الكيميائية مثل أجهزة تجارب الضغط المرتفع والمنخفض والطرد المركزي. فقد يحدث جروح عند كسر الأوعية الزجاجية بسبب محاولة فتحها، كما أن جهاز التقطير الزجاجي ينفجر أثناء التقطير إذا كان النظام مغلقاً لذلك لابد أن يكون مفتوحاً. كذلك الأمر يجب الإستعمال السليم للأجهزة الأخرى التي تستعمل في المختبر مثل الأدوات الكهربائية وأجهزة التحليل التي يستخدم فيها الأشعة مثل جهاز الأشعة فوق البنفسجية. ومعروف أن هذه الأشعة تسبب حروقاً في الجلد ولها أضرار على العينين وهي تستخدم كثيراً في المختبر. لذلك يجب تفادي التعرض لها.

١٧ ــ في حالة التعامل مع غازات أو أبخرة سامة أو في حالة إجراء التجارب التي تنتج هذه الغازات والأبخرة فإنه يجب العمل في غرفة سحب الغازات وفي بعض الحالات يجب لبس الأقنعة الواقية. وفي حالة تسرب كميات من هذه الغازات أو الأبخرة تفوق الحد المسموح به فإنه يجب إخلاء المختبر وعدم العودة إليه إلّا بعد التأكد من زوال التراكيز العالية من هذه المواد وذلك بعد سحبها. ويتم التأكد من ذلك بواسطة الأجهزة الخاصة التي تقوم بقياس التركيز حيث يستعملها أشخاص مقنعين.

١٨ ــ تداول الكيميائيات السليم مثل استخدام أوعية مفرغة من أكسجين الهواء وذلك باستخدام غاز نيتروجين مضغوط واستخدام المحاقن وذلك في حالة المواد الحساسة للهواء والماء. كما يجب معرفة المواد السامة والطرق السليمة لتداولها. وحيث أن معظم المواد الكيميائية سامة ــ وخاصة مركبات النيتروجين العضوية ومركبات المعادن الثقيلة ــ لذلك

٢ ــ اعط المصاب بعد ذلك ١٥ جم من الترياق antidote العام في نصف كأس ماء.

وفي حالة التسمم بغازات سامة غير معروفة فإنه ينصح باتباع الآتي :

١ ــ ابعد المصاب إلى الهواء النقي مع جعله يتمدد على الأرض مستلقياً على ظهره ويحظر عليه المشي كما يجب تدفئته. وإذا كان فاقد الوعي فيجب أن يوضع في وضع مستقر على جنبه.

٢ ــ افتح ملابسه عند الرقبة والصدر.

٣ ــ اعطه أكسجين في حالة الضرورة مع عدم الإفراط في ذلك.

٤ ــ اعطه تنفساً اصطناعياً فقط في حالة توقف التنفس مع عدم الإفراط في ذلك. ويتم التنفس الاصطناعي بوضع المصاب على ظهره مع ثني الرأس إلى الخلف والتأكد من أن اللسان إلى الأمام ثم بعد ذلك يعطي المصاب الهواء عن طريق الفم إمَّا باستخدام جهاز معين أو بفم المسعف وذلك بعد غلق أنف المصاب. بعد امتلاء صدر المصاب بالهواء دعه يطلق هواء الزفير وكرر العملية ١٢ مرة في الدقيقة.

وفي حالة تلوث الجلد والملابس بالمواد الكيميائية فإنه ينصح بنزع الملابس الملوثة ومسح المواد الكيميائية من على الجلد ثم غسلها جيداً بالماء بأسرع وقت ممكن، كما يجب غسل العينين بالماء جيداً ولمدة خمسة عشر دقيقة مع عدم لمسها باليد في حالة وصول المواد الكيميائية إليها.

أما في حالة معرفة المادة السامة فإنه تتبع التعليمات التالية كما هو موضح في جدول ٢ ــ ٤.

جدول ٢ ــ ٤ الإسعافات الأولية الواجب إتباعها في حالة التعرض للمواد الكيميائية السامة والضارة

المادة السامة	التعليمات الواجب اتباعها
١ ــ الأحماض : (أ) حمض الخل وحمض النيتريك وحمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك وحمض بيركلوريك وحمض فسفوريك وحمض ثيوجليكوليك.	إذا كان التسمم عن طريق البلع فإنه يجب غسل الفم عدة مرات بكميات كبيرة من الماء أو ٥٪ محلول بيكربونات الصوديوم. ثم يعطى المصاب حليب المغنسيا (أكسيد المغنسيوم) وكميات كبيرة من الماء أو الحليب. وفي حالة تلوث الملابس والجسم بالأحماض فإنه يتم خلع الملابس وغسل الجسم بكميات كبيرة من الماء، ويستحسن استخدام ٥٪ محلول بيكربونات الصوديوم. وأحياناً يغسل الجلد والعينين بمحلول منظم من الفوسفات يسمى نيوترال سول لمعادلة القلويات والأحماض.
(ب) حمض الأكسالات.	في حالة إبتلاعه يعطى المصاب معلق الطباشير في الماء أو محلول لاكتات الكالسيوم.

المادة السامة	التعليمات الواجب اتباعها
٤ ــ أملاح الباريوم	في حالة ابتلاعها يعطى المصاب أملاح إيبسوم Epsom (سلفات المغنسيوم).
٥ ــ الزرنيخات	في حالة ابتلاعها يعطى المصاب أملاح إيبسوم ثم بياض البيض أو الحليب.
٦ ــ البروم	إذا كان التسمم عن طريق ابتلاعه، أغسل الفم بمحلول ٣٪ كربونات الصوديوم والمغنسيا في الماء. ثم أعط المصاب حليباً ومعلق ١٠جم من المغنسيوم في ١٥٠ مل ماء. امَّا إذا كان التسمم عن طريق الاستنشاق فاعط المصاب راحة تامة، ويمكن إعطائه الأكسجين ولكن لايعطي المصاب تنفساً إصطناعياً. وفي حالة إصابة الجلد اغسل بالماء ثم بمحلول مخفف من الأمونيا أو ثيوكبريتات الصوديوم، ويلف الجلد بقطعة شاش لحين وصول الطبيب المختص.

المادة السامة	التعليمات الواجب اتباعها
(د) حمض الهيدروفلوريك	في حالة ابتلاعه يعطى المصاب ماء الجير المخفف ثم ماء دافيء. أعد ثلاثة أو أربع مرات. ويعطى تنفس اصطناعي في حالة الضرورة. وفي حالة تكون حروق على الجلد، اغسل بالماء وأزل الملابس الملوثة بالحمض، وأغسل المنطقة المتأثرة بمحلول بيكربونات الصوديوم.
٢ ــ القلويات (القواعد): مثل هيدروكسيد الأمونيوم وهيدروكسيد البوتاسيوم وهيدروكسيد الصوديوم وبيروكسيد الصوديوم.	في حالة ابتلاعها يعطى المصاب حمض الخل المخفف أو عصير الفاكهة ثم يعطى حليب. وفي حالة تلوث الملابس والجسم بالقلويات فإنه يتم خلع الملابس وغسل الجسم بكميات كبيرة من الماء ويستحسن استخدام حمض الخل المخفف أو الخل. أو ١٪ حمض بوريك ثم يلف الجزء المصاب بقطعة قماش معقمة حتى وصول الطبيب.
٣ ــ أملاح الأنتيموني	في حالة ابتلاعها يعطى المصاب حمض التانيك أو شاي مركز.

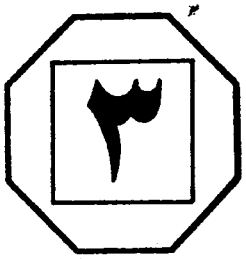
المادة السامة	التعليمات الواجب اتباعها
٧ ــ الكلور	إذا كان التسمم عن طريق الإستنشاق فابعد المصاب إلى الهواء الطلق، مع تدفئته واعطه راحة تامة. اعطه أكسجين إذا كان التنفس بطيئاً. إذا كان التسمم عن طريق الفم على شكل ماء الكلور، فإن الفم يغسل بمحلول ٣٪ كربونات الصوديوم والمغنسيا (أكسيد المغنسيوم) في الماء. ثم يعطى المصاب حليب ومعلق من ١٠ جم مغنسيا في ١٥٠ مل ماء.
٨ ــ أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون والأسيتلين وغاز الفحم.	أبعد المصاب إلى الهواء الطلق، مع تدفئته واعمل له تنفساً اصطناعياً. اعطه أكسجين إذا كان التنفس بطيئاً أو غير منتظم. أعط المصاب منشطاً.
٩ ــ ثنائي كبريتيد الكربون	يعطى المصاب تنفساً إصطناعياً وأكسجين.
١٠ ــ رابع كلوريد الكربون	اعط أملاح إيبسوم، لاتعطي زيوت أو دهون. اعط تنفساً إصطناعياً إذا كان ضرورياً.

المادة السامة	التعليمات الواجب اتباعها
١١ ــ كلوروفورم وايثر	إذا كان التسمم عن طريق الإستنشاق فإن المصاب يعطى تنفساً اصطناعياً وأكسجيناً في حالة الضرورة.
١٢ ــ مواد عضوية أخرى.	يتبع الإجراءات العامة للإسعاف في حالة استنشاق أو ابتلاع المواد غير المعروفة. أمَّا في حالة تعرض الجلد لها فإنه يغسل بالماء والصابون، وفي حالات معينة يغسل الجلد بمحلول مخفف من الكحول الايثيلي.
١٣ ــ فوق أكسيد الهيدروجين	إذا كان التسمم عن طريق البلع فإن المصاب يعطى أملاح إيبسوم.
١٤ ــ كبريتيد الهيدروجين وسيلينيد الهيدروجين.	أعط تنفساً اصطناعياً مكثفاً لعدة ساعات. كما يمكن إعطاء الأكسجين.
١٥ ــ أملاح الرصاص	اعط أملاح إيبسوم. اعط بياض البيض والحليب، ومنشط stimulant.

المادة السامة	التعليمات الواجب اتباعها
١٦ ــ أملاح الزئبق	اعط كمية كبيرة من الماء، وحليب ومنشط.
١٧ ــ أبخرة النيتروز (ربما يظهر تأثيرها متأخر)	اعط راحة تامة، واعط الأكسجين في حالة الضرورة.
١٨ ــ فوسجين (ربما يظهر تأثيره متأخر)	اعط راحة تامة، واعط الأكسجين في حالة الضرورة، ولا تستعمل التنفس الاصطناعي.
١٩ ــ برمنجانات البوتاسيوم	اعط فحم نباتي نقي، بياض البيض، وحليب ومنشط.
٢٠ ــ سلينيوم ومركبات الفانديوم	في حالة استنشاق أبخرة وغبار هذه المواد اعط راحة تامة ودفيء المصاب. أما إذا ابتلع إحدى هذه المواد، اغسل الفم جيداً بالماء.
٢١ ــ أملاح الفضة	استخدم كمية كبيرة من الماء ثم اعط المصاب بياض البيض والحليب.
٢٢ ــ غازات الأعصاب	اعطه حقنة أتروبين ــ الدوكسيم على فترات متقطعة.

٢ ــ ٦ التخلص من النفايات الكيميائية.

يجب عدم التخلص منها في مياه المجاري لأن بعضها يتفاعل مع الماء وقد يسبب حريقاً، والبعض الآخر يسبب التآكل في أنابيب المجاري والأغلبية العظمى تؤثر على نظام تنقية مياه المجاري Sewage، لذلك يمكن جمع النفايات الكيميائية في أوعية مختلفة، فمثلاً يجمع الاسيتون ــ الذي يستعمل في تنظيف وتجفيف الزجاجيات ــ في وعاء منفصل، وتجمع الهيدروكربونات ــ التي تستعمل بكثرة في عمليات الفصل الكروماتوجرافي ــ في وعاء آخر. وبالتالي يمكن إعادة تقطيرها واستعمالها من جديد في بعض العمليات الكيميائية غير الحساسة. كما يمكن التخلص من النفايات الكيميائية الأخرى بعد تجميعها وذلك بالحرق أو الدفن في مناطق عميقة بعيداً عن تلوث المياه الجوفية، أو تفكيك الضار منها وتحويلها إلى مركبات غير ضارة مثل تحويل الأحماض إلى أملاح وذلك بمعادلتها بالقواعد.



الفصل الثالث
الوقاية من حرائق وانفجارات المواد الكيميائية

٣ ــ ١ : المقدمــة :

انتشر في الوقت الراهن تداول واستخدام المواد الكيميائية، ليس فقط في المعامل والمختبرات والحقول الصناعية المختلفة، بل وفي كثير من الاستخدامات اليومية للأفراد وذلك نظراً للحاجة المتزايدة للمواد الكيميائية في الاستخدامات المنزلية أو الزراعية، أو في البناء والتعمير. وينشأ غالباً عن التداول غير السليم لهذه المواد الكيميائية أضرار صحية أو نشوب حرائق وانفجارات. ولقد سبق الحديث عن الأضرار الناجمة عن المواد الكيميائية وطرق الوقاية منها. وفي هذا الفصل ــ إن شاء الله ــ سنستعرض كيفية وقوع الحرائق والإنفجارات من المواد الكيميائية وطرق الإستشعار والإنذار المبكر عند حدوث مثل هذه الحرائق وطرق إطفاء الحريق ووسائل الوقاية منها، مع ذكر مخاطر الحرائق والإنفجارات، وسوف يقتصر الحديث على الحرائق والإنفجارات الناشئة من المواد الكيميائية في المختبرات والمصانع دون التعرض لأنواع الحرائق والإنفجارات الأخرى.

إن الوقاية من حرائق وانفجارات المواد الكيميائية أمر هام لكل العاملين في القطاع الصناعي، خاصة أفراد الأمان الصناعي، وليس هو فقط من اختصاص مكافحي الحرائق، ومعلوم أن الوقاية خير من العلاج، إذ يمكن بها تجنب وقوع العديد من الحوادث الخطيرة أو على أقل تقدير تقليل حدتها.

٣ ــ ٢ : الحرائق والإنفجارات وأنواعها :

تنشأ الحرائق عن ارتفاع درجة حرارة المادة إلى درجة الاشتعال مع توفر الأكسجين بين حدي قابلية الاشتعال. ولقابلية الاشتعال حدان: الحد الأدنى والحد الأعلى. فالحد الأدنى لقابلية الاشتعال هو تركيز بخار المادة في الهواء والذي يبدأ عنده الاشتعال. بينما تنتهي إمكانية اشتعال المادة عند تجاوزها للحد الأعلى لقابلية الاشتعال. وعادة ما يعبر عن هذين الحدين بنسبة مئوية من الحجم (أي حجم/م٣). والمواد التي لها حد أدنى منخفض ولها نطاق واسع بين حدي قابلية الاشتعال تعتبر مواد خطرة مثل الاسيتيلين والذي يمكن اشتعاله في تركيز بين ٢٫٣٪ إلى ٨٢٪ حجماً، بينما يكون اشتعال البروبان فيما بين ٢٫٢٪ وحتى ٩٫٥٪.

وتشكل الحرارة والأكسجين ووجود المادة القابلة للاشتعال أهم العوامل الثلاث الرئيسية لحدوث الحرائق. وبسبب الحرارة تصل المادة إلى درجة الاشتعال، والتي تعرف بأنها أدنى درجة حرارة يمكن أن تشتعل عندها المادة القابلة للإحتراق. وتعتبر المواد خطرة جداً إذا كان لها درجة اشتعال منخفضة. كما وأن لنقطة الوميض أهمية في تحديد إمكانية احتراق المواد. ونقطة الوميض هي أقل درجة حرارة ينشأ عندها بخار المادة القابلة للإحتراق بكمية تكون بين حدي قابلية الاشتعال. ولكثير من المواد الهيدروكربونية نقطة وميض منخفضة أقل من درجة الغرفة. ويبين الجدول ٣ ــ ١ حدود الاشتعال ونقطة الوميض لبعض المواد الكيميائية.

ولكثافة المواد المحترقة خاصة الغازات والأبخرة علاقة هامة في انتشار الحرائق على الأرض أو ارتفاعها وتوزيعها في الهواء، فالمواد ذات الكثافة العالية (مثل بخار البنزين كثافة ٢٫٧٧ جم/سم٣) أخطر وأكثر انتشاراً على الأرض واستمرارية في الاشتعال.

جدول ٣ ــ ١: حدود الاحتراق ونقطة الوميض ودرجة الاشتعال الذاتي لبعض المواد الكيميائية

المادة	نقطة الوميض (درجة مئوية)	درجة الاشتعال الذاتي (درجة مئوية)	حدود الاحتراق (نسبة مئوية حجمية)	
			الحد الادنى	الحد الأعلى
الاسيتيلين	— ١٧٫٧	٣٣٥	٢٫٣	٨٢٫٠
الاسيتون	— ١٧	٥٣٧	٢٫٦	١٢٫٨
البنزين	٤٣	٣٤٩	١٫٢	٩٫٠
البيوتينول	٢٩	٣٤٥	١٫٤	١١٫٢
الهكسان الحلقي	— ١٧	٢٠٠	١٫٣	٨٫٠
ثنائي إثيل إيثر	— ٢٩	١٨٠	١٫٨٥	٤٨٫٠
الإيثانول	١٢	٣٩٢	٣٫٣	١٩٫٠
الميثانول	١٠	٤٦٤	٧٫٣	٣٦٫٠
الاوكتان العادي	١٣	٢٢٠	١٫٠	٣٫٢
البيريدين	٢٠	٤٨٢	١٫٨	١٢٫٤
التلوين	٤	٥١٩	١٫٣	٧٫٠
أورثوزايلين	١٧	٤٦٤	١٫١	٦٫٤
بارازايلين	٢٥	٥٢٩	١٫١	٧٫٠
الجازولين	— ٣٨	—	١٫٤	٧٫٤
الهيدروجين	—	٥٨٥	٤٫٠	٧٥٫٠
أول أكسيد الكربون	—	٦٥٠	١٢٫٥	٧٤٫٠

وعموماً تصنف الحرائق على خمس مجموعات هي:

مجموعة (أ):

حرائق المواد العادية القابلة للإشتعال، كالخشب والفحم والقماش والورق وغيرها.

مجموعة (ب):

حرائق السوائل القابلة للإشتعال، مثل البترول، والزيوت والشحوم وغيرها.

مجموعة (جـ):

الحرائق في المعدات الكهربائية.

مجموعة (د):

حرائق المعادن القابلة للإشتعال، كالمنجنيز والليثيوم والصوديوم وغيرها.

مجموعة (هـ):

حرائق المواد المتفجرة.

تعتبر حرائق المواد المتفجرة (الانفجارات Explosion) أخطر أنواع الحرائق. والمواد المتفجرة هي تلك التي تتحول إلى كميات كبيرة من الغازات في درجة حرارة عالية وبسهولة، مما يؤدي إلى حدوث عملاً ميكانيكياً نتيجة لضغط الغازات المتكونة. ومن المركبات الكيميائية التي تدخل تحت مسمى المواد المتفجرة مايلي :

خليط النترات Nitrate Mixture ومركبات النيترو Nitro-compounds:

تضاف النترات مع المركبات العضوية وتخلط ميكانيكياً لتكوين خليط إلنترات، أما مركبات النيترو فهي التي تنتج عن تفاعل حامض النيتريك مع المركبات العضوية.

خليط الكلورات Chlorate Mixture:

وهي مواد متفجرة تحتوي على مجموعة الكلورات.

مجموعة السيانيدات (الفلمنات) Fulminate:

وهي مركبات غير ثابتة، ولها حساسية شديدة لبدء الانفجار خاصة عند خلطها بالفسفور، مثل سيانيد الزئبق.

ويمكن تقسيم المركبات القابلة للانفجار إلى مواد سريعة الانفجار، وأخرى بطيئة الانفجار. والمواد سريعة الانفجار أشد خطراً وذات حساسية عالية، وتحتاج إلى عناية كبيرة في تداولها، ومن أمثلتها النيتروجليسرين والنيتروسيلولوز (نترات السيلولوز) وثلاثي نيترو تولوين (ت ن ت ــ TNT). وتكون الانفجارات علي ثلاثة أنواع :

١ ــ انطلاق الطاقة الحرارية من جراء التأكسد السريع للمواد.

٢ ــ انطلاق الطاقة الحرارية من تحلل المواد.
٣ ــ انطلاق الطاقة الحرارية عند تخفيف الضغط عن السوائل المضغوطة.

وانطلاق الطاقة الحرارية أثناء الانفجارات هو مايجب إيقافه لإزالة آثار الانفجارات المستمرة، وماتولده من حرائق إلى جانب الحد من الآثار التخريبية والهدم الذي ينتج عند الانفجارات الشديدة. وفي حقيقة الأمر ليس هناك فارق كبير بين الانفجار والاحتراق، إذ أن الانفجارات الشديدة قد توصف بأنها حرائق وميضية Flash fires، كما أن اللهب ينتشر بسرعة في الانفجارات مقارنة بالحرائق الأخرى نتيجة لارتفاع الضغط، وتكون كميات كبيرة من الغازات كما في التفاعل التالي لتحلل النيتروجليسرين $C_3H_5(NO_3)_3$

$$C_3H_5(NO_3)_3 \longrightarrow 12\,CO_2 + 10\,H_2O + O_2 + 6\,N_2$$

والذي ينتج ما يعادل ٧٠٠ لتر من الغازات من كيلو جرام واحد من النيتروجليسرين.

وينتج الانفجار في بعض الأحيان نتيجة للصدمات الشديدة أو البسيطة وفقاً لنشاط المادة المتفجرة، كما وتنفجر بعض المواد بالتسخين ورفع درجة حرارتها. والبعض الآخر قد يحتاج إلى الصدمة وارتفاع درجة الحرارة. ويكون التأكسد أحياناً هو مصدر انطلاق الطاقة الحرارية، غير أن انتقال موجات الانفجار Detonation Waves هو مصدر طاقة التحطيم التي تسببها الانفجارات.

وهناك بعض المواد الكيميائية قد تحترق ذاتياً دون عامل خارجي، ذلك أن الاحتراق في الواقع ماهو إلا أكسدة للمواد القابلة للاشتعال. ففي هذه الحالة تتأكسد المواد ببطء حتى تصل إلى درجة الاحتراق. وتنقسم المواد وفقاً لقدرتها على الاحتراق الذاتي إلى المجاميع التالية :

١ ــ مواد غير قابلة للاشتعال ترتفع درجة حرارتها بوجود الماء لدرجة أن المواد المجاورة لها قد تحترق، ومثل ذلك: الجير الحي، إذ ينتج عن رطل واحد منه عند وجود الماء حوالي ٤٩٥ وحدة حرارية بريطانية.

٢ ــ مواد تحترق عند درجة حرارة أقل من درجة الحرارة العادية، وذلك عند تعرضها للهواء الجوي، مثال ذلك: الصوديوم، البوتاسيوم، والكالسيوم، والفسفور، لذا يجب أن تحفظ مغمورة في السوائل.

٣ ــ مواد قابلة للاحتراق تتحد بالأكسجين في درجات الحرارة العادية، كالزيوت النباتية والحيوانية، ومسحوق الفحم النباتي والأحماض الدهنية غير المشبعة، مثل : حمض الأوليك Oleic acid، وحمض اللينوليك Linoleic acid.

٤ ــ المواد العضوية التي تتوالد بها البكتيريا، كالألياف النباتية والحشائش الجافة.

٥ ــ بعض المواد الكيميائية تحترق عند اتصالها بمواد أخرى، وذلك مثل:

(أ) اتحاد الكلورات مع حمض الكبريتيك أو سيانيد البوتاسيوم.

(ب) تفاعل اليود مع أملاح النشادر.

(جـ) اتصال سبائك المغنسيوم باليود أو بأي مادة قلوية.

(د) اتحاد برمنجنات البوتاسيوم مع الكحول أو الجليسرين.

وتنقسم الغازات بالنسبة لقابلية احتراقها إلى ما يلي :

١ ــ غازات قابلة للاشتعال بالحرارة عند وجود الأكسجين مثل : الهيدروجين كبريتيد الهيدروجين، أول أكسيد الكربون، الميثان، الاسيتيلين وغيرها.

٢ ــ غازات لاتشتعل، ولكن تساعد على الاشتعال كالأكسجين، أي أنها عوامل مؤكسدة. ويدخل في هذه المجموعة أكاسيد النيتروجين، والكلورات وغيرها.

٣ ــ الغازات التي لا تشتعل ولا تساعد على الاشتعال، وهي الغازات الخاملة كالنيتروجين، والأرجون، والهيليوم.

٤ ــ غازات تعيق وتؤخر الاشتعال مثل رابع كلوريد الكربون، ثاني أكسيد الكربون، بروميد الميثيل، وكلوروبرومو الميثان.

٥ ــ غازات سامة تعيق عملية الإطفاء، غير أنها لاتشتعل ولا تساعد على الاشتعال، ولا تعيق الاشتعال، مثل أول أكسيد الكربون، كبريتات الهيدروجين، ثاني أكسيد الكبريت، الكلور، النشادر وغيرها.

كما وأن المواد الصلبة قد تكون قابلة للاحتراق مثل القماش والورق والكربون والكيماويات العضوية، والعناصر غير المعدنية كالكبريت والفسفور، وبعض المعادن ومركباتها كالكبريتيدات، والفوسفيدات، والكربيدات. وقد تكون المواد الصلبة مؤكسدة (أي مساعدة على الاشتعال) كالنترات، والكلورات، والكرومات، والبرمنجنات، والبيروكسيدات وغيرها. وهناك مواد صلبة خاملة لاتشتعل ولاتساعد على الاشتعال مثل السيليكا والكربونات والكلوريدات، والفوسفات ومعظم الكبريتات.

ويتم الإشعار عن الحرائق والانفجارات بطرق متنوعة باستخدام أجهزة آلية حساسة لها قدرة على استشعار الحرائق والانفجارات عن طريق ارتفاع درجة الحرارة أو بوجود وانتشار الدخان والأبخرة المختلفة. ولما كانت هذه الأجهزة هي وسيلة الكشف الأولي عن وجود الحرائق خاصة في حالة غياب العاملين، فيجب التأكد من صلاحيتها بشكل دوري وأنها تعمل كما ينبغي. هذا ويمكن التنبؤ بوقوع الحرائق بما يلي:

— مشاهدة الشرر.
— سماع أصوات غير عادية (سواء في الأجهزة أو من أواني تخزين الغازات).
— شم رائحة غير مألوفة كتسرب مواد كيميائية.
— ارتفاع درجة حرارة بعض الأجهزة أو أواني التخزين.

٣ — ٣: طرق إطفاء الحرائق :

عند اندلاع النيران يجب الإسراع بإطفائها لشراهتها وسرعة انتشارها. وفي حالة البدء في مكافحة الحريق يجب الوقوف في مكان بين موقع النار ومكان الخروج حتى يتسنى للمرء الانسحاب في حالة عجزه عن الاستمرار في المكافحة. إن ظروف الحريق ونوعية المواد المحترقة تحدد وسيلة المكافحة الملائمة. ويبين الجدول ٣ — ٢ والشكل ٣ — ١ أنواع الحرائق واختيار عامل الإطفاء الملائم.

جدول ٣ ــ ٢: عامل الإطفاء الملائم حسب نوع الحريق

أنواع الحرائق	عامل الإطفاء
النوع (أ):	مـــاء،
(خشب، ورق، قماش)	سائل مضاد للنار رغوة
النوع (ب):	ماء رذاذ،
(زيوت، كحول، مذيبات)	رغوة، ثاني أكسيد الكربون، بودرة، رمل.
النوع (جـ):	بودرة،
(غازات، معدات كهربية)	ثاني أكسيد الكربون

إن الماء يعتبر عامل إطفاء ملائم للحرائق من النوع (أ)، غير أنه لا ينبغي استعماله في حالة حرائق الغازات أو الحريق من النوع (جـ). كما أن ثاني أكسيد الكربون يعتبر ملائماً لإطفاء الحرائق من النوعين (ب، جـ) ولا يصلح أبداً استعمال الرغاوي في حالة الحرائق من النوع (جـ). بذا يتضح أن لكل نوع من الحرائق عامل إطفاء مناسب ينصح باستخدامه من أجل مكافحة أقوى للحرائق ومنع انتشار النيران.

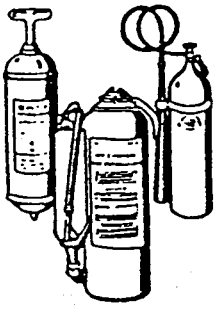
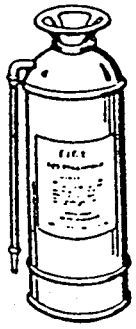
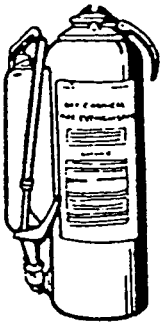
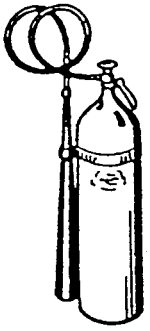
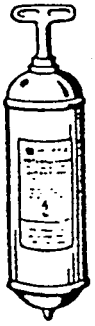
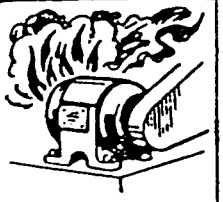
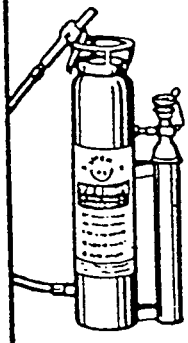
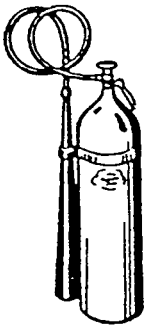
وهناك أنواع من طفايات الحريق كما هو موضح في الشكل ٣ ــ ١، أهمها :

١ ــ طفايات الماء :

وتحتوي على حمض الكبريتيك المركز ، ومحلول البيكربونات، وينتج الماء مندفعاً عن التقاء الحمض بالمحلول، وتستخدم هذه الطفايات (كما سبق ذكره) في الحرائق من النوع (أ). كما وتوجد بعض طفايات الماء والتي تعمل بدفع غاز ثاني أكسيد الكربون أو الهواء المضغوط.

٢ ــ طفايات المسحوق الجاف :

يندفع المسحوق الجاف Dry powder تحت ضغط من الهواء أو غاز ثاني

النوع (أ): * الخشب. * الورق. * الملابس.. الخ.	 أنواع مختلفة	طفاية الغاز	مضخة الماء	 طفاية الرغاوي
النوع (ب): * الزيوت. * الشحوم. * البويات.	 المواد الكيميائية الجافة.	 غاز ثاني أكسيد الكربون.	 السوائل المتبخرة.	الرغاوي.
 **النوع (جـ):** * الأجهزة. * والمعدات الكهربائية.	السوائل المتبخرة.	 المواد الكيميائية الجافة.	 غاز ثاني أكسيد الكربون.	

شكل ٣ ــ ١: أنواع الحرائق واختيار عامل الإطفاء الملائم

أكسيد الكربون لتحجب هذه البودرة (المسحوق) الهواء عن الحريق، فيتم إطفاؤه. وتستخدم هذه الطفايات مع النوعين (ب، جـ) من الحرائق.

٣ ــ طفايات الرغاوي :

تستخدم بعض الرغاوي Foams لإخماد حرائق النوع (ب) (حرائق السوائل القابلة للاشتعال) لسهولة إطفاء هذه المواد على سطوح السوائل. ويحبذ عدم توجيه الرغوة إلى السطح المشتعل مباشرة، بل تترك الرغاوي حتى تنساب على سطح السائل.

٤ ــ طفايات السوائل المتبخرة :

تستخدم هذه الطفايات لحرائق المعدات الكهربائية (النوع جـ) ويمكن استخدامها مع حرائق السوائل المشتعلة البسيطة. وعادة ما يستخدم رباعي كلوريد الكربون أو كلوروبروموميثان المندفع بالهواء المضغوط.

ويبين الجدول (٣ ــ ٣) مدى تأثير هذه الأجهزة ولونها المقترح من شركات التصنيع العالمية :

جدول ٣ ــ ٣: أنواع أجهزة الإطفاء ومدى تأثيرها وألوانها المقترحة

نوع الجهاز	لونه	مدى التأثير (قدم)	الوزن الكلي (رطل)
مائي (٢ جالون)	أحمر	٢٣	٣٣
رغاوي (٢ جالون)	كريم	٢٣	٣٣
ثاني أكسيد الكربون	أسود		
سعة ٧ رطل		٤	٣٣
سعة ١٠ رطل		٧	٤٠
سعة ١٥ رطل		١٠	٥٧
المسحوق الجاف	أزرق		
سعة ٤ رطل		١٠	١٠

تابع جدول ٣ ــ ٣.

نوع الجهاز	لونه	مدى التأثير (قدم)	الوزن الكلي (رطل)
سعة ٧ رطل	برتقالي	١٥	١٨
سعة ٢٠ رطل		٢٠	٤٠
أبخرة السوائل		٢٥	٦
(ربع جالون)			

وينصح دائماً باتباع تعليمات مكافحة وإطفاء الحرائق الموجودة في المختبرات والمصانع، مع ملاحظة أبواب الخروج ومنافذ الطواريء قبل الشروع بإطفاء أي حريق مهما كان حجمه، مع ضرورة إعطاء الإنذار اللازم للتنبيه على وقوع الحريق. كما يجب اتباع التعليمات المكتوبة على مطافيء الحريق واستعمالها بالطريقة السليمة. وفي حالة الانسحاب ينبغي التأكد من أن أجراس الإنذار وأبواب ومنافذ الطواريء عاملة ولم تتعطل بواسطة النيران أو الأدخنة المتصاعدة.

وترجع قدرة الماء كعامل جيد لإطفاء الحرائق لارتفاع حرارته الكامنة للتبخير، والتي تقدر بنحو ٩٧٠ بي تي يو Btu (وحدة حرارية بريطانية)، وبذلك يعمل على تبريد النيران ومن ثم إخمادها. ذلك أن الحرارة أحد العوامل الثلاث الهامة لاستمرار الحريق. كما وأن بخار الماء المتكون يساعد على استهلاك الأكسجين المحيط بمنطقة الاحتراق، وفي ذلك بلا شك إيقاف أيضاً للإحتراق. ويتكون من بخار الماء مايزيد على ١٦٥٠ ضعفاً من حجم الماء المستخدم. هذا بالإضافة إلى أن الماء أيضاً يعمل على تبريد النيران عند ارتفاع درجة حرارته من حرارة الجو العادي إلى درجة الغليان، ١٠٠°م. وكمية التبريد هذه قليلة مقارنة بالتبريد الناتج عن تحويل الماء من الحالة السائلة إلى حالة البخار، وهي التي يستهلك فيها الماء الحرارة الكامنة للتبخير.

كما ويمكن استخدام الماء على شكل رذاذ في أحجام تتراوح بين ٣ر٠ إلى ١ر٠ ملم، وبذا تزيد المساحة السطحية للماء ويزيد الفارق بين درجة حرارة الماء والهواء.

وهناك بعض المواد المختلفة التي تضاف للماء لتحسين بعض خواصه كعامل إطفاء جيد مثل :

١ ـــ زيادة معامل الترطيب والابتلال.
٢ ـــ زيادة كثافة الماء.
٣ ـــ زيادة معدل انسياب وتدفق الماء.

ومن مخاطر استخدام الماء في إطفاء الحرائق، أن بعض المواد مثل الكلوريدات، الكربيدات، القلويات، البروكسيدات ومعدن الصوديوم تتفاعل بشدة مع الماء لتولد غازات وأبخرة قابلة للاشتعال. كما وأنه يمنع استخدام المياه في مكافحة حرائق الأجهزة والمعدات الكهربائية (النوع جـ). ذلك أن الماء عند ارتفاع درجة حرارته ووجود التيار الكهربائي العادي يعمل كموصل كهربائي خاصة إذا كان محتوياً على نسبة عالية من الأملاح والمركبات الأخرى، ويسبب توصيل المياه للكهرباء انتقال الطاقة الكهربائية في سائر الأماكن التي يوجد فيها الماء، وقد تسهم بذلك بنشوب حرائق أخرى أو تصيب الأشخاص الموجودين بصدمات كهربائية.

ويسهم غاز ثاني أكسيد الكربون بتبريد النيران وحجب الأكسجين الجوي عنها، ذلك أنه غالباً ما يستخدم في الحالة السائلة (مضغوطاً في اسطوانات خاصة). وتقدر قيمة التبريد بنحو ٦٠ إلى ١١٠ وحدة حرارية بريطانية لكل رطل حسب الضغط المستخدم، وهي كمية تقل كثيراً عن الحرارة الكامنة لتبخير الماء (٩٧٠ وحدة حرارية لكل رطل). إلا أن غاز ثاني أكسيد الكربون بانتشاره وعدم توصيله للكهرباء يعتبر عاملاً جيداً لإطفاء الحرائق، وأفضل ما يستعمل في حرائق السوائل وبعض المعدات الكهربائية ولا يناسب حرائق النوع (أ) وبعض الأجهزة الألكترونية الحساسة. ولايصح استخدامه في حالة حرائق المواد التي تتفاعل معه مثل الهيدرات والمعادن أو المواد المحتوية على أكسجين كنترات السيلولوز.

ومن أهم مخاطر استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون في إطفاء الحريق أن كثرته تسبب في اختناق الأشخاص الموجودين، ذلك أن غاز ثاني أكسيد الكربون كما سبق ذكره في الفصل السابق غاز خانق ويسبب انعدام (أو خفض) في مجال الرؤية

إضافة إلى أنه يحدث ضجيجاً عند خروجه من طفايات الحريق قد يسبب الذعر والاضطراب.

وأهم أنواع الرغاوي المستخدمة هي رغوة الفلوروبروتين، والبتروسيل والكوسيل والتي يضاف إليها مواد لتقوية جدران الفقاعات الرغوية لتساعدها على تحمل الصدمات، كما وينبغي أن تكون هذه الرغاوي ذات سيولة وتدفق عالية لسهولة انتشارها على الأسطح المحترقة. وتعمل الرغاوي على تشكيل عازل جيد للسوائل المحترقة عن الهواء (الأكسجين). ويتطلب استخدام الرغاوي في عمليات الاطفاء الرفق في عملية الرش حتى لا تتكسر فقاعات الرغاوي وتتحلل وتساعد عندها على انتشار النار ذلك أن الرغاوي المنغمرة تحمل على سطوحها عند ارتفاعها السوائل القابلة للاحتراق، وبذا تسهم في مد الحريق بكمية إضافية من الوقود تساعد على استمراريته. فيلزم حينئذ الحذر والرفق عند استعمال الرغوة الكيميائية في إطفاء حرائق السوائل القابلة للاشتعال (النوع ب).

كما وتستخدم بعض المساحيق الجافة لإطفاء حرائق المعادن مثل البيرين (مسحوق G-1) ومسحوق MET-L-X (والذي يحتوي أساساً على كلوريد الصوديوم يضاف إليه فوسفات ثلاثي الكالسيوم والبلاستيك الحراري) ومسحوق تريموتوكس بروركسين TBM وغيرها. ومن المعادن التي تستخدم هذه المساحيق في إطفائها معدن المغنسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، تيتانيوم، ليثيوم، كالسيوم، زركونيوم، هافنيوم، ثوريوم، يورانيوم، والبلوتونيوم، وذلك عند تعرضها للاحتراق. وتضاف هذه المساحيق الجافة مباشرة على أسطح المعادن المحترقة أما يدوياً أو عن طريق طفايات الحرائق الخاصة المحتوية على هذه المساحيق. وقد تستخدم هذه الطفايات في حرائق المعدات الكهربائية نظراً لعدم توصيل كثير من المساحيق للكهرباء.

وهناك بعض الكيماويات الجافة ـــ مثل بيكربونات الصوديوم، بيكربونات البوتاسيوم، كلوريد البوتاسيوم، وفوسفات الأمونيا الأحادية ـــ تستخدم لإطفاء الحرائق من الأنواع (أ، ب، جـ) ولايحبذ استخدامها مع حرائق الأجهزة الكهربائية

لصعوبة تنظيفها بعد خمد النيران. وتعمل الكيماويات على وقف التفاعلات الكيميائية المتسلسلة نتيجة الاحتراق بتثبيط تكوين المشتقات الحرة Free radicals. ذلك أن الاحتراق في الواقع ماهو إلا سلسلة معقدة متتابعة من التفاعلات الكيميائية والتي تنتشر بسرعة عن طريق تكوين المشتقات الحرة ذات الطاقة العالية والتي تنقل تلك الطاقة للجزيئات غير المشتعلة ليتم انتشار الحريق. وبذا فإن وقف نشاط هذه المشتقات الحرة هو في الواقع وقف وإخماد للحريق ولانتشار النيران. ينبغي أن يفرق بين هذه الكيماويات الجافة والتي تستخدم مع معظم أنواع الحرائق، وبين المساحيق الجافة والتي تستخدم فقط لاطفاء حرائق المعادن.

ولقد شاع أيضاً استخدام المركبات الهالوجينية في عمليات الإطفاء (النظيف). تصلح لإطفاء حرائق الاجهزة الأكترونية الحساسة مثل: أجهزة الاتصالات أو أجهزة الحاسب الآلي وغيرها. والمركبات الهالوجينية هي عبارة عن هيدروكربونات تحتوي على ذرة أو أكثر من ذرات المواد الهالوجينية (الكلور، البروم، الفلور، اليود). ومن أشهر المركبات الهالوجينية استعمالاً رباعي كلوريد الكربون، بروموكلورو فلوروميثان وبرومو ثلاثي فلوروميثان، والمركبان الأخيران ازداد استخدامهما في الآونة الأخيرة وذلك لاحتوائهما على الفلور والذي يحد من تكون حمض الهيدروكلوريك ذي التأثير السيء على المعادن والأجهزة والمنشئات المختلفة. وينبغي أخذ الحيطة والحذر عند استخدام المركبات الهالوجينية لإطفاء الحرائق ذلك أن الكثير منها سام ومضر للصحة إذا وصل إلى الإنسان بتركيزات عالية.

وعلى أية حال، فإن أهم وسائل الإطفاء السليمة تكمن فيما يلي:

١ ــ وجود الطفايات العاملة بصورة جيدة.

٢ ــ وجود الأشخاص المدربين.

٣ ــ وجود أجهزة الإنذار الحساسة.

٤ ــ الاتصال السريع مع فرق الإطفاء في حالة البدء في استفحال الحرائق والعجز عن السيطرة الذاتية عليها.

٣ ــ ٤: وسائل الوقاية من الحرائق والانفجارات :

كما هو معلوم أن الاحتراق يتم بشكل أساسي عند توفر عوامله الرئيسية الثلاثة: المادة القابلة للاشتعال، المادة المساعدة على الاشتعال (الأكسجين)، والحرارة اللازمة لبدء الاحتراق. ذلك أن الاحتراق عندما يبدأ يعطي كمية كبيرة من الحرارة تساعد على استمراريته وانتشاره وشموله للمواد الأخرى المجاورة. وقد تكون بداية الاحتراق على شكل لهب أو سطح ساخن أو غازات أو سوائل ساخنة أو ارتفاع ضغط أو شرر كهربي أو احتكاك حاد أو غير ذلك من مولدات الحرارة. ولإزالة احتمال نشوب الحرائق والانفجارات يجب التأكد من عدم توفر عوامل الاحتراق الرئيسية وأن المواد القابلة للاحتراق بعيدة كل البعد عن الحصول على الطاقة الحرارية اللازمة للاشتعال.

إن الوقاية والحذر من حدوث النيران أمر مهم قد يزيد أهمية على تجنيد الامكانيات والطاقات لمكافحة الحريق. وبذا يجب أن تراعى شروط التخزين السليم للمواد الكيميائية وعوامل السلامة في تشغيل العمليات المختلفة وتصميم المختبرات والمعامل بما يضمن منع ارتفاع درجة حرارة المواد القابلة للاحتراق ومنع تكوين الأبخرة القابلة للاشتعال عند تراكيز وحدود الاحتراق أو الانفجار.

وللسلامة من وقع الانفجارات يلزم :

١ ــ حفظ المواد الخطرة وكذلك العمليات التي تحتوي على مواد خطرة بدائرة مغلقة لمنع تسربها.

٢ ــ توفير التهوية اللازمة.

٣ ــ التخلص من مصادر توليد الطاقة الحرارية.

إن التهوية Ventilation عامل هام لصحة وسلامة العاملين، كما أنها أيضاً عامل هام في الحد من إمكانية حدوث الحرائق والانفجارات إذ تساعد التهوية الصحيحة في تقليل نسبة تركيز المواد الصلبة والغازات الموجودة في الهواء حفاظاً على صحة الأفراد وضماناً لعدم وصول أبخرة المواد القابلة للاحتراق عند حدود الاشتعال. وتكون التهوية إما موضعية لإزالة الغازات من مكان محدد تتركز فيه هذه الغازات، وذلك مثل بعض العمليات الكيميائية التي تستخدم فيها المواد الخطرة بتركيز عال

أو عند فوهة أحد آلات الاحتراق. كما وقد تكون التهوية شاملة لجميع أجزاء المختبر أو المبنى. وهذه قد لاتغني عن التهوية الموضعية في حالة زيادة تركيز الغازات الناتجة من بعض الأنشطة المعملية، والتي يلزم حينئذ أن تكون في مكان خاص محاط بغطاء كبير Hood تزال من خلاله هذه الغازات.

كما أن لأجهزة استشعار الحرائق والانفجارات وأجهزة الإنذار المبكر أهمية بالغة في التحكم في إطفاء الحريق وخمده قبل انتشاره واستفحاله. وتقوم أجهزة الإنذار بالمقام الأول بإعلام الأشخاص الموجودين بوقوع الحريق لتفاديه والمغادرة للحفاظ على أرواحهم في حالة عدم استطاعتهم على مقاومة الحريق، ثم تشعر هذه الأجهزة سواء مباشرة أو عن طريق الأشخاص فرق الإنقاذ للحضور لمكافحة الحريق. وأجهزة استشعار الحريق تكون على نوعين في الغالب هما:

١ ــ أجهزة كشف واستشعار الحرارة Heat detectors.

٢ ــ أجهزة كشف واستشعار الدخان Smoke detectors.

وتوصل هذه الأجهزة بدائرة كهربائية لتشمل سائر المختبرات والمواقع الخطرة ويكون لها غرفة خاصة تبين مكان هذه الأجهزة في حالة وجود حريق. كما وأنها تعطي أصواتاً شديدة للإنذار، وقد توصل هذه الأجهزة بأقرب فرقة إطفاء للإنذار السريع. وتعتبر كاشفات الدخان أكثر حساسية من الكاشفات الحرارية وتستعمل بكثرة في أجهزة الكشف عن الحرائق. أما أجهزة الإنذار فإما أن تكون يدوية كالأجراس الميكانيكية البسيطة أو كهربائية تعمل بمفتاح كهربائي Push button system أو عن طريق شبكة تليفونية داخلية أو توصل كهربائياً بأجهزة الكشف عن الحريق. وعلى أية حال يجب أن تكون أجهزة الإنذار واضحة بارزة سهلة الاستعمال في متناول الجميع تخضع للفحص الدوري حتى يتم الاستفادة منها وقت الحاجة لها.

إن من وسائل الوقاية أيضاً من وقوع الحرائق استخدام المواد المؤخرة (المثبطة) للاشتعال Fire retardant materials. وهذه المواد لاتمنع الاحتراق نهائياً بل تقلل من كثافة الحريق وتحد من انتشاره. ومن المواد الكيميائية الشائع استخدامها لتأخير

احتراق الخشب ما يلي: أحادي أو ثنائي كربونات النشادر، حمض الكبريتيك، أحادي فوسفات المغنسيوم، حمض البوريك، أحادي كبريتات الزنك، بروميد النشادر، وكلوريد النشادر. وبشكل عام تكون طرق معالجة المواد القابلة للاحتراق لتأخير احتراقها على أحد الأوجه التالية :

١ ــ التغيير الكيميائي للمادة. وذلك في حالة تصنيع البلاستيك والألياف الصناعية.

٢ ــ إضافة مواد غير قابلة للاشتعال. وتستخدم في صناعة المنسوجات ومواد البناء والعزل، بأن تضاف ألياف الزجاج والاسبستس لها.

٣ ــ التغليف والتغطية Coating. وتعمل طبقة الطلاء على عزل الأسطح القابلة للاشتعال عن الهواء، ومن أشهر المواد المستخدمة الأسمنت والجص أو البويات Paints المختلفة كالبويات الزجاجية مثل سيليكات الصوديوم أو البويات المستحلبة Emulsion paints وذلك بإضافة ثلاثي كلوروفيل الفوسفات، أو أكسيد الأنتيمون، أو فوسفات الأمونيوم على البويات المستخدمة.

٤ ــ التشريب (النقع) Impregnation بالمواد الكيميائية. يعمل أول وثنائي فوسفات النشادر وكبريتات النشادر والبوراكس وحمض البوريك، وثنائي كرومات الصوديوم على التغلغل في مسام الألياف القابلة للاشتعال، وتأخير عملية احتراقها نظراً لأن هذه المواد لاتحترق، وينصح بتغطية المواد القابلة للاحتراق بعد تشريبها بالبوية Paint لحفظ المواد الكيميائية المشربة.

وفي حالة وقوع الانفجار، فإنه يلزم العناية بسبل مكافحته بالطريقة التي تضمن الحد من انتشاره، وتقليل الأضرار الناجمة عنه. فيلزم عزل المواد الخطرة القابلة للاحتراق أو الانفجار، ثم العمل على تخفيف الانفجار والسعي على إخماده وإيقافه برش الغازات المثبطة للانفجار، مثل النيتروجين وثاني أكسيد الكربون، والكلوروبروموميثان. إن توفر ضخ هذه الغازات آلياً في الأماكن التي يتوقع فيها وقوع الانفجارات يساعد كثيراً على خمد الانفجار وإيقافه قبل أن يلحق الضرر بالمباني والأدوات. كما وأن وجود التهوية الملائمة تعمل على تقليل ضغط الغازات الناتجة من الانفجار وتحد من أضراره.

ـــة في
ـــرات و
ع الكيميائية

ويسبب وجود اسطوانات الغازات المضغوطة خطراً كبيراً عند نشوب الحرائق.قد تؤدي إلى انفجارات شديدة تبعاً لنوع الغاز، على أنها تكون دائماً عرضة للتحطم نظراً لارتفاع درجة حرارة الغاز المضغوط وزيادة حجمه وضغطه. فيجب أن يكون مكان تخزين اسطوانات الغازات المضغوطة كما يلي:

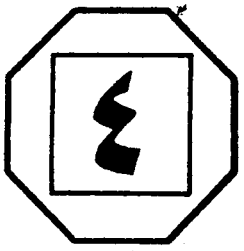
١ ــ في الطوابق الأرضية في مكان متطرف، له أكثر من باب.
٢ ــ جيد التهوية.
٣ ــ سهل الوصول إليه.
٤ ــ بعيد عن مصادر الحرارة.
٥ ــ جدران مكان التخزين مبنية من مواد غير قابلة للاحتراق.
٦ ــ يفضل أن يكون سقف وجدران مكان التخزين منفصلة عن المبنى.

كما ويجب أن تحفظ اسطوانات الغاز المضغوط عند الاستخدام بعيدة عن مصادر الحرارة وأن تكون جيدة التوصيل بعيدة عن الأجهزة الكهربائية وتخضع للصيانة والكشف المستمر.

ويسهم الدخان بما يحتويه من غازات بالإصابة بالاختناق. إن بعض غازات الاحتراق مثل أول أكسيد الكربون تعتبر سامة وخطرة على الصحة، كما وأن ثاني أكسيد الكربون إن لم يكن ساماً، فهو خانق، ويقلل من وجود الأكسجين ويسبب فقدان الوعي. ومن احتراق بعض المواد يتصاعد غاز سيانيد الهيدروجين، وغاز النشادر، وغاز كبريتيد الهيدروجين، وغاز ثاني أكسيد الكبريت، وغاز كلوريد الهيدروجين، وهذه غازات سامة وخطرة على الحياة. وغالباً ما يكون الدخان ساخناً، فتهدد حينئذ الحرارة المرتفعة الصحة وتسبب الوفاة. وللوقاية من أخطار الدخان وانتشار الغازات ينصح بما يلي :

١ ــ اختيار مواد البناء قليلة تصاعد الدخان عند الاحتراق.
٢ ــ منع انتشار الدخان في الممرات ومسالك الهروب.
٣ ــ إيجاد التهوية العلوية لتصريف الدخان أثناء تكونه.

وختاماً، فإنه غني عن البيان توضيح ما للإنفجارات والحرائق من أضرار وأخطار ذلك أن أخطارها وأضرارها ملموسة مشاهدة، فهي تلحق الأضرار بالأرواح والممتلكات، وتتلف كل ما يتعرض لها، لذا يجب تأصيل مبدأ الوقاية منها، ومنع وقوعها بكل السبل الممكنة، ومكافحتها عند وقوعها قبل أن تنتشر، وتوفير منافذ ومسالك الهروب حفاظاً على الأشخاص الموجودين. إن اختيار المواد العازلة، وغير القابلة للاحتراق في المباني وتوفير وسائل الإطفاء وأجهزة الإنذار يسهم في الحد من الخسائر والأضرار الناتجة عن الحريق، ويساعد في عملية إطفائها بالسرعة والكفاءة المطلوبة.



الفصل الرابع
السلامة في المصانع الكيميائية

٤ ــ ١: مقدمة :

تهدف برامج الأمن الصناعي المحافظة على المنشآت الصناعية والتعرف على المخاطر قبل وقوعها لتجنبها للمحافظة على الأرواح والممتلكات والتوجيه السليم للقوى العاملة واستغلال الإمكانيات المادية نحو تحقيق أعلى وأسمى الأهداف الوطنية.

إن تطبيق برامج السلامة في المصانع الكيميائية يتطلب التداخل المثمر بين الطبيب والمهندس وعالم الاجتماع وغيرهم للوصول إلى المواصفات الهندسية الملائمة للعمل والعمال وتحقيق التنظيم الأمثل لمسارات العمل والعاملين ومنع الحوادث والحد من الإصابات في حالة وقوع بعض الحوادث، وتدريب العمال على القيام بالعمل بكفاءة وإنتاجية عالية، مع المحافظة على أصول ومباديء السلامة والأمان، وتعريفهم بما ينبغي عمله عند وقوع الحوادث لاسمح الله.

وفي هذا الفصل سوف نستعرض بمشيئة الله مصادر الأخطار الصناعية وظروف العمل الآمنة، وسبل وقاية العاملين وأهمية التدريب كوسيلة نافعة لتحقيق الأمان والسلامة في المصانع الكيميائية.

٤ ــ ٢: مصادر الأخطار الصناعية :

في عام ١٩٨٠م اقترحت شركة داو الكيميائية Dow Chemical Company معاملاً لتصنيف المخاطر المحتملة في الصناعات الكيميائية، وسمي هذا المعامل باسم

معامل خطورة المواد Material Factor, MF. ولهذا المعامل قيم تتراوح بين صفر (للمواد غير القابلة للاحتراق كالماء ورابع كلوريد الكربون) وستين في الحالات المتوسطة. ويبين الجدول ٤ ــ ١ قيم هذا المعامل ودرجة الخطورة المقابلة لتلك القيم.

جدول ٤ ــ ١: قيم معامل شركة داو الكيميائية لتحديد مخاطر الصناعات الكيميائية

قيمة المعامل	درجة الخطورة المتوقعة
٠ ــ ٢٠	قليلة جداً
٢٠ ــ ٤٠	قليلة
٤٠ ــ ٦٠	متوسطة
٦٠ ــ ٧٥	مرتفعة نسبياً
٧٥ ــ ٩٠	عالية
أكبر من ٩٠	عالية جداً

وتحسب قيمة هذا المعامل للمواد القابلة للاحتراق كالتالي :

معامل داو = قيمة طاقة الاحتراق × ١٠$^{-٣}$

وذلك عندما يعبر عن قيمة طاقة الاحتراق بالوحدات الحرارية البريطانية لكل رطل (Btu/lb).

أو

$$\text{معامل داو} = \text{قيمة طاقة الاحتراق القياسية} \times \frac{٤٫٣ \times ١٠^{-٤}}{\text{الوزن الجزيئي}}$$

وذلك في حالة معرفة طاقة الاحتراق القياسية (عند ٢٥ درجة مئوية) بالوحدات العالمية: كيلوجول/كيلومول KJ/Kmol. فعلى سبيل المثال، فإن معامل داو لتصنيع الميثان الذي طاقة احتراقه القياسية هي ٨٠١٫٧ كيلوجول لكل كيلو مول عبارة عن ٢١٫٦، أي أن صناعة الميثان تصنف ضمن نطاق الصناعات القليلة الخطورة حسب جدول ٤ ــ ١. ويجب الإشارة إلى أن هذا المعامل يأخذ بالاعتبار فقط وحدة التصنيع الرئيسية للمادة ولايدخل في الحساب الوحدات الثانوية الأخرى الإضافية ولا وحدات التخزين والنقل ولا حتى سمية ومشاكل التآكل الناتجة من الصناعة، إنما يركز أساساً على مخاطر الاحتراق والانفجارات. ويستفاد من معرفة هذا المعامل في حساب درجة الوقاية والحماية اللازمة لتلك الصناعة كما هو موضح في جدول ٤ ــ ٢. ويبين الشكل ٤ ــ ١ مخططاً لصناعة حمض النيتريك في حالة استخدام أجهزة القياس الرئيسية والمقترحة من جدول ٤ ــ ٢، وذلك في شكل ٤ ــ ١ (أ)، وفي حالة استخدام كامل أجهزة القياس والسلامة شكل ٤ ــ ١ (ب). أن معامل داو لصناعة حمض النيتريك تم حسابه على اعتبار تفاعل غاز الأمونيا (النشادر) لأنه الغاز الرئيسي القابل للاحتراق.

$$NH_3 + 5/4\ O_2 \longrightarrow NO + 3/2\ H_2O \qquad \bar{\Delta}H = -226334\ KJ/Kmol$$

وبذا فإن معامل داو يساوي ٧٫٥.

جدول ٤ ــ ٢: درجة الوقاية اللازمة للصناعات الكيميائية حسب معامل شركة داو

الوقاية المطلوبة	معامل داو					
	٠ ــ ٢٠	٢٠ ــ ٤٠	٤٠ ــ ٦٠	٦٠ ــ ٧٥	٧٥ ــ ٩٠	أكبر من ٩٠
الوقاية من الحريق	١	٢	٢	٣	٤	٤
التبريد بالماء :						
ــ الموجه	١	٢	٣	٣	٤	٤
ــ الشامل	١	٢	٣	٣	٤	٤

تابع جدول ٤ ــ ٢:

الوقاية المطلوبة	معامل داو					
	٠ ــ ٢٠	٢٠ ــ ٤٠	٤٠ ــ ٦٠	٦٠ ــ ٧٥	٧٥ ــ ٩٠	أكبر من ٩٠
أجهزة القياس الخاصة:						
ــ لدرجة الحرارة	١	٢	٣	٣	٤	٤
ــ للضغط	١	٢	٣	٣	٣	٣
ــ لمعدل السريان	١	٢	٣	٤	٤	٤
التحكم بالمخلفات	١	١	٢	٣	٣	٤
الحماية من الانفجار الداخلي	١	٢	٣	٣	٤	٤
الكشف عن الغازات المحترقة :						
ــ بجهاز بسيط	١	١	٢	٣	٣	٤
ــ بشبكة متكاملة	١	١	٢	٢	٣	٤
التشغيل عن البعد	١	١	٢	٣	٣	٤
حجز الوحدات	١	٤	٤	٤	٤	٤
استخدام الجدران الفاصلة	١	١	٢	٣	٤	٤

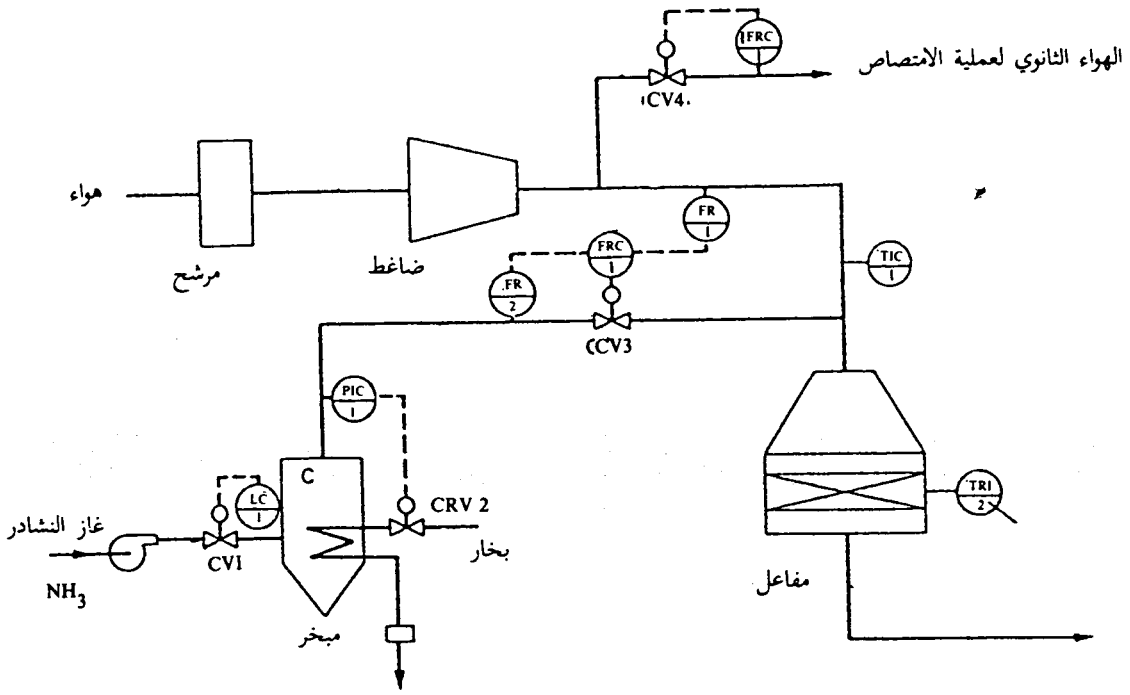
ملاحظة : الأرقام المستخدمة تعبر عن الدرجة اللازمة للوقاية:

١ = اختياري

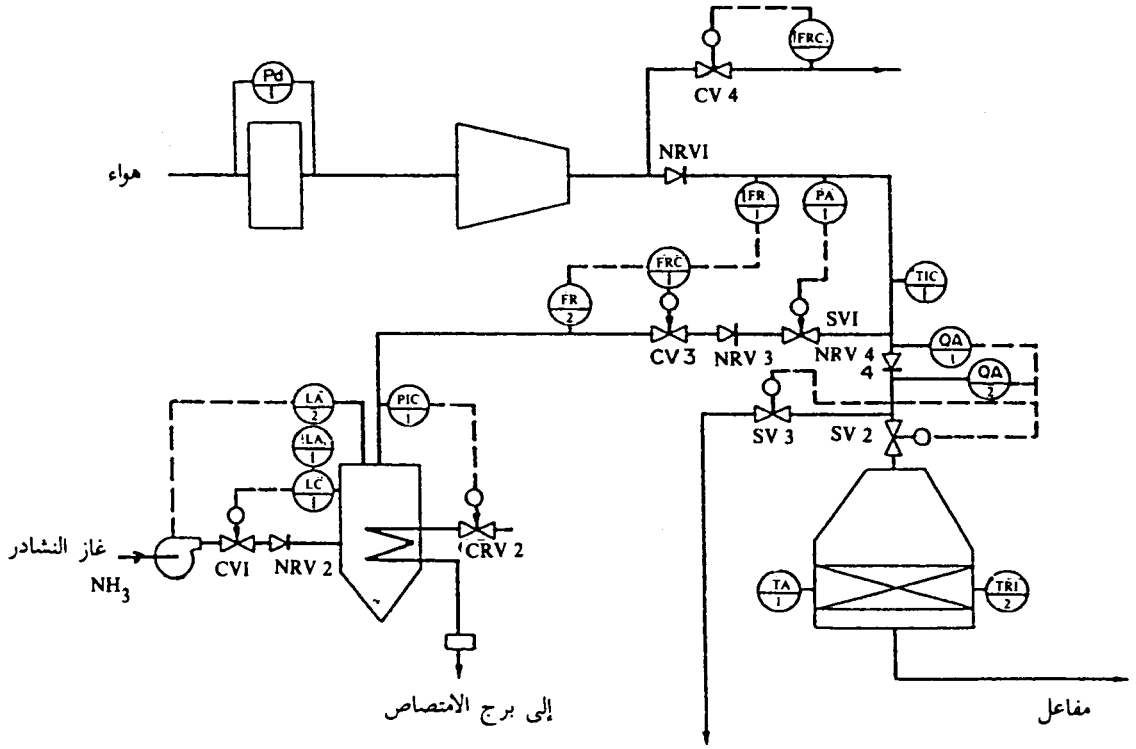
٢ = مقترح

٣ = ينصح به

٤ = إلزامي



(أ) أجهزة التحكم الرئيسية فقط.



(ب) أجهزة التحكم اللازمة.

شكل ٤ ــ ١: مخطط لعملية تصنيع حمض النيتريك

ـــة في
ـــرات و
ع الكيميائية

ويمكن تقسيم المواد الخطرة الداخلة في الصناعات الكيميائية على النحو التالي:

١ ــ المعادن :

بعض المعادن له خطورة إشعاعية مثل اليورانيوم، البلوتونيوم، والثوريوم. وتنتج كميات من اليورانيوم في صناعة الأسمدة الفوسفاتية كمنتج ثانوي. كما وأن بعض المعادن خطر ويكثر استعمالها في الصناعة مثل المغنسيوم والكالسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم وغيرها إذ يولد الصوديوم والبوتاسيوم حرارة كبيرة وانفجاراً أحياناً، وانبعاث غاز الهيدروجين عند تلامسه مع الماء. والبعض الآخر من المعادن سام كالزئبق والرصاص، والباريوم، والكادميوم.

٢ ــ المركبات غير العضوية :

مثل الهيدرات والكربيدات والسيانيدات ومركبات الكبريت والفسفور والنترات. إذ تسبب هيدرات الليثيوم والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم ارتفاعاً شديداً في درجة الحرارة عند وجود الماء. كما وينتج كربيد الكالسيوم غاز الاسيتيلين عند تفاعله مع الماء ويسبب أيضاً ارتفاعاً في درجة الحرارة قد تؤدي إلى اشتعال هذا الغاز الخطر. إن سيانيد الصوديوم وكذلك سيانيد البوتاسيوم تتفاعل مع الأحماض بوجود الماء وتكون غاز سيانيد الهيدروجين والذي يعرف باسم حمض البروسيك Prussic Acid، وهو غاز سام وضار للصحة. وينشأ عن صناعة حمض الكبريتيك ومصافي تكرير البترول كميات من غاز ثاني أكسيد الكبريت (وأحياناً غاز كبريتيد الهيدروجين) السام، كما وإن الكبريت نفسه مادة قابلة للاحتراق والتفجير. ويعتبر الفوسفور من المواد القابلة للاشتعال والانفجار عند درجات الحرارة العادية. كما وتعد النترات من المواد المساعدة على الاحتراق وبعضها يحترق مولداً حرارة كبيرة.

٣ ــ المواد العضوية :

المركبات العضوية الخطيرة كثيرة جداً يصعب حصرها، ولقد تم ذكر عدداً منها في الفصل الأول والثاني مع بيان أضرارها وسبل الوقاية منها. وأهم السوائل العضوية القابلة للاحتراق هي الكحولات، الكيتونات الخفيفة، الأحماض العضوية، الايثرات الفينول، ثاني كبريتيد الكربون، والمشتقات البترولية، إضافة إلى فوق الأكاسيد

العضوية والتي تستخدم كعوامل مساعدة (محفزات) Catalysts في كثير من الصناعات الكيميائية. ومن أمثلة هذه المواد فوق أكسيد البنزويل Benzoyl Peroxide فوق أكسيد الهكسانون الحلقي Cyclohexanone Peroxide وفوق أكسيد الميثل إيثل كيتون Methyl-Ethyl Ketone: Peroxide.. وغيرها. ويلزم العناية التامة عند استخدام مثل هذه المواد لخطورتها وسرعة تحللها. كما يجب العناية بالمواد البلاستيكية لسهولة ذوبان كثير منها عند درجات الحرارة العالية.

٤ ــ مواد أخرى :

ويدخل في ذلك مواد الإنشاء والمواد الأخرى الثانوية التي توجد في المنشأة الصناعية، فيلزم حينئذ أخذها في الاعتبار لسلامة المصنع والعاملين فيه.

إن المخاطر الصناعية يمكن أن تنتج عن أسباب طبيعية أو أخطاء ميكانيكية أو التماس كهربي، كما يمكن أن تكون سهلة يمكن تفاديها بسرعة أو تكون شديدة التأثير بحيث يتوقع منها إصابات وحوادث بالغة. وأيسر هذه المخاطر هي المخاطر الطبيعية والناتجة عن خلل في الظروف المحيطة كارتفاع درجة الحرارة أو زيادة في الرطوبة أو سوء تهوية وإضاءة أو شدة في الضوضاء والاهتزازات نتيجة لتحرك الأجهزة المختلفة في المصنع، وتؤثر الضوضاء كثيراً على صحة العاملين بزيادة الضغط وصعوبة التنفس، كما أن لها تأثيراً بالغاً في الحالة النفسية للعمال، وكذلك الاهتزازات الشديدة، لذا يجب ألا يزيد معدل الضوضاء عن ١٠٠ ديسيبل لكل ساعة عمل، كما ينبغي ألا تصل الاهتزازات إلى ٢٠٠٠ ذبذبة في الدقيقة.

ويسبب سوء عملية التشغيل والإهمال في الصيانة الدورية وانعدام أجهزة التحكم الملحقة في الصناعات الكيميائية إلى انبعاث كثير من المواد الكيميائية الخطرة والتي لها تأثير سيء على صحة العمال الموجودين في المصنع، وكذلك على السكان القريبين من المنشأة الصناعية فيما إذا كانت الصناعة داخل حدود الكثافة السكانية في المدينة. لذا فإنه ينصح دائماً أن تكون المجمعات الصناعية في منأ عن مراكز تجمع السكان وأن يلاحظ أن تكون في جهة من المدينة بحيث تحمل الرياح السائدة مخلفات الصناعة بعيداً عن السكان، مع ضرورة أن تخضع هذه

المخلفات للحدود المسموح بها خوفا من تراكم هذه الملوثات في الطبقة الحيوية من الغلاف الجوي.

ومن أهم آثار الملوثات الكيميائية على صحة العاملين ما يلي :

١ ــ التأثير التخديري Narcotic effect :

إن التعرض للمواد الهيدروكربونية الأروماتية والهيدروكربونات المعالجة بالكلور وكذلك الكحولات يسبب الدوار والصداع، وقد تسبب التركيزات العالية فيها فقدان الوعي والهلاك. فالبنزين مثلاً يتلف نخاع العظام ويسبب الأنيميا، وكذلك التلوين يسبب اضطرابات عقلية، وينتج عن استنشاق رابع كلوريد الكربون إصابة الكبد والكلى. أما كلوريد الميثل فيولد حالات عصبية عند التعرض له ويسبب الكحول الميثيلي الغثيان والدوار.

٢ ــ التأثيرات المهيجة Irritant effects :

تسبب بعض المواد الكيميائية ارتفاع حساسية الجلد والتهابه Dermatitis كما ويسبب بعضها التهابات داخلية قد ينتج عنها أورام سرطانية وتسمم، وتكون المهيجات الداخلية على شكل غبار أو غازات أو أبخرة تدخل إلى جسم الإنسان عن طريق التنفس. فالاسبستوس مثلاً يسبب الإصابة بسرطان الرئة، كما وأن جسيمات الرصاص والكادميوم والزئبق تعتبر سامة ويسبب الكروم قرحات مزمنة في الجهاز التنفسي.

٣ ــ التأثيرات على أجهزة الجسم Systemic effects :

تسبب بعض المواد الكيميائية كالبنزين والتولوين مثلاً تأثيرات في وظائف أعضاء الجسم، فتؤثر على الجهاز العصبي المركزي، وبعض الأعضاء الحساسة في الجسم كالقلب والمخ والكبد والكليتين والرئتين، وهذه التأثيرات تنتج عن التعرض المستمر للملوثات وقد لاتظهر أعراضها إلا بعد فترة زمنية طويلة.

إن بعض المواد الكيميائية تزداد خطورتها عند التقائها بمواد أخرى سواء أثناء التخزين أو النقل أو عند التصنيع أو الكشف. ويبين الجدول ٤ ــ ٣ بعضاً من هذه المواد، وكذلك المواد الأخرى المتنافرة معها والتي قد تنتج عند التقائها ببعض

التفاعلات الكيميائية السريعة والعنيفة والتي قد تحدث بعض الانفجارات والحرائق أو ارتفاعاً في درجة الحرارة وانبعاث الغازات الخطرة.

جدول ٤ ــ ٣: قائمة ببعض المواد الكيميائية المتنافرة

المادة	المواد المتنافرة معها
حمض الخل	حمض الكروميك، حمض النيتريك، المركبات الحاوية على الهيدروكسيل، الايثيلين جليكول، حمض فوق الكلور، فوق الأكاسيد، البرمنجانات.
الاسيتون	خلائط حمض النيتريك والكبريتيك المركزين.
الاسيتيلين	الكلور، البروم، النحاس، الفضة، الزئبق.
المعادن القلوية والقلوية الترابية مثل الصوديوم والبوتاسيوم والليثيوم والمنجنيز والكالسيوم ومسحوق الالومنيوم.	غاز الكربون، رباعي كلورو الكربون، والهيدروكربونات المكلورة الأخرى. (يمنع أيضاً استخدام الماء والرغوة والكيماويات الجافة في إطفاء حريق هذه المعادن ــ وينبغي توفر الرمل الجاف لاستخدامه).
غاز النشادر (اللامائي)	الزئبق، الكلور، تحت كلوريت الكالسيوم، اليود، البروم وفلوريد الهيدروجين.
نترات الامونيوم	الأحماض، مساحيق المعادن، السوائل اللهوبة، الكلورات، النتريت، الكبريت، المركبات العضوية أو المحروقات شديدة النعومة.
الانيلين	حمض النيتريك، فوق أكسيد الهيدروجين، غاز النشادر، الاسيتيلين، البيوتاديين.
البروم	البيوتان وغازات النفط الأخرى، كربيد الصوديوم، التربنتين، البنزين، والمعادن شديدة النعومة.

المادة	المواد المتنافرة معها
أكسيد الكالسيوم	الماء.
الكربون المنشط	تحت كلوريت الكالسيوم.
الكلورات	أملاح الأمونيوم، الأحماض، مساحيق المعادن، الكبريت، المركبات العضوية أو المحروقات شديدة النعومة.
حمض الكروميك وثلاثي أكسيد الكروم.	حمض الخل، النفثالين، الكافور، الجليسرين، التربنتين، الكحول والسوائل اللهوبة الأخرى.
الكلور	النشادر، الاسيتيلين، البيوتاديين، البيوتان وغازات النفط الأخرى، الهيدروجين، كربيد الصوديوم، التربنتين، البنزين، والمعادن شديدة النعومة.
ثنائي أكسيد الكلور	النشادر، الميثان، الفوسفين، كبريتيد الهيدروجين.
النحاس	الاسيتيلين، فوق أكسيد الهيدروجين.
الفلور	يعزل عن كل شيء.
الهيدرازين	فوق أكسيد الهيدروجين، حمض النيتريك، وأي مؤكسد آخر.
المواد الهيدروكربونية (البنزين، البيوتان، البروبان، الجازولين، التربنتين، الخ).	الفلور، الكلور، حمض الكروميك، فوق الأكسيد.
حمض الهيدروسيانيك	حمض النيتريك، القلويات.
فلوريد الهيدروجين	النشادر المائي أو اللامائي.
فوق أكسيد الهيدروجين	النحاس، الكروم، الحديد، أغلب المعادن أو أملاحها، أي سائل لهوب، المواد الحروقة، الانيلين، نيترو الميثان.
كبريتيد الهيدروجين	حمض النيتريك المدخن، الغازات المؤكسدة.
اليود	الاسيتيلين، النشادر (اللامائي أو المائي).
الزئبق	الاسيتيلين، حمض الفولمينيك، النشادر.
حمض النيتريك	حمض الخل، الاسيتون، الكحول، الانيلين، حمض الكروميك،

المادة	المواد المتنافرة معها
	حمض الهيدرو سيانيك، كبريتيد الهيدروجين، السوائل اللهوبة، الغازات اللهوبة والمواد القابلة للنترجة.
نيترو البرافينات	الأسس اللاعضوية، الأمينات.
حمض الأوكساليك	الفضة، الزئبق.
الأكسجين	الزيوت، الشحوم، الهيدروجين، السوائل اللهوبة، الأجسام الصلبة، الغازات.
حمض فوق الكلوريك	بلا ماء حمض الخل، البيزموث وخلائطه، الكحول، الورق، الخشب، الشحم، الزيوت.
فوق الأكاسيد العضوية	الحموض (العضوية أو المعدنية)، تجنب الاحتكاك، تخزن في مكان بارد.
الفسفور (الأبيض)	الهواء، الأكسجين.
فوق كلورات البوتاسيوم	الحموض (انظر أيضاً حمض فوق الكلوريك).
برمنجانات البوتاسيوم	الجليسرين، الايثيلين جليكول، البنزالدهيد، حمض الكبريتيك.
الفضة	الاسيتيلين، حمض الأرسينيك، حمض الطرطريك، حمض الفولمينيك، مركبات الأمونيوم.
الصوديوم	انظر المعادن القلوية.
نيتريت الصوديوم	نترات الأمونيوم، أملاح الأمونيوم الأخرى.
فوق أكسيد الصوديوم	أي مادة قابلة للأكسدة مثل الايثانول، الميثانول، حمض الخل الثلجي، بلاماء الخل، البنزالدهيد، ثنائي كبريتيد الكربون، الجليسرول، الايثيلين جليكول، خلات الإيثل، الفورفورال.
حمض الكبريتيك	الكلورات، فوق الكلورات، البرمنجانات.

* N.T. Freeman and J. Whitehead, "Introduction to Safety in the Chemical Laboratory", Academic Press, London, 1982.

٤ ــ ٣: ظروف العمل الآمنة :

إن كل حادثة في أي منشأة صناعية تنشأ في الغالب نتيجة للإهمال في مراعاة قواعد الأمان والسلامة، سواء أكانت الأسباب من عدم وضوح وصرامة تنفيذ هذه القواعد أو من العاملين. وتتحمل إدارة الأمن الصناعي مسئولية وقوع الحوادث الصناعية أحياناً في أحد الحالات التالية:

١ ــ في حالة عدم وضوح أو اكتمال تعليمات السلامة.

٢ ــ في حالة عدم إنفاذ قواعد وتعليمات السلامة.

٣ ــ في حالة عدم تدريب العاملين على الإجراءات الوقائية واحترام قواعد السلامة.

٤ ــ في حالة عدم اتخاذ التدابير اللازمة لمنع المخاطر المتوقعة.

٥ ــ في حالة إهمال تركيب أجهزة الأمان.

كما وأن للحالة النفسية والجسمية للعمال دوراً كبيراً في وقوع الحوادث، لذا يلزم القيام بالمراقبة المستمرة لظروف وأحوال العمل والعمال في أوقات مختلفة وتشجيع العمل الجماعي، إذ قد يؤدي إهمال الرقابة والحدة والعصبية وضعف الوازع الداخلي لدى بعض العمال إلى ارتكاب بعض الأخطاء الجسيمة والتي قد ينشأ عنها مخاطر كبيرة. كما وينشأ عن الإجهاد الجسماني والإرهاق وضعف النظر أو الحالات المرضية المفاجئة حوادث كثيرة تختلف في حدتها حسب نوع الخطأ المرتكب. كما وأن هناك بعض الأسباب تسرع في وقوع الحوادث منها :

١ ــ عدم استخدام وسائل الحماية والوقاية المتوفرة.

٢ ــ النقل بطريقة غير سليمة.

٣ ــ عدم استخدام المعدات والأجهزة الملائمة.

٤ ــ تحرك العمال بطرق عشوائية.

٥ ــ عدم وجود الإضاءة والتهوية اللازمة.

وتكون الحوادث الصناعية على أربعة أنواع هي :

١ ــ حوادث خطرة تسبب الوفاة أو العجز الدائم عن العمل سواء الكلي أو

الجزئي أو الإعاقة الكلية المؤقتة عن العمل.

٢ ــ حوادث بسيطة تستلزم العناية الأولية أو مراجعة الطبيب.

٣ ــ حوادث الآلات والمواد المختلفة.

٤ ــ حوادث طفيفة.

إن معدل تكرار الحوادث الخطرة Disabling-injury frequency rate يعطي فكرة جيدة عن مدى اتباع أساليب وقواعد الأمان والسلامة في المنشأة الصناعية. ويعرف معدل تكرار وقوع الحوادث الخطرة بعدد الإصابات أو الحوادث الخطرة لكل مليون ساعة عمل. فعلى سبيل المثال، فإن مصنعاً ما يعمل به ٧٥٠ عاملاً بمعدل ١ر٥٠٠ر٠٠٠ ساعة عمل لكل سنة، حدثت به ست حالات من الإصابات الخطرة، فإن معدل تكرار وقوع الحوادث الخطرة يساوي :

$$٤ = \frac{٦ \text{ إصابات} \times ١ر٠٠٠ر٠٠٠}{١ر٥٠٠ر٠٠٠ \text{ ساعة عمل}}$$

وعلى أية حال فإن المصانع الصغيرة والتي يعمل بها عمال قلائل لا يمكن الاعتماد على معدل تكرار وقوع الحوادث الخطرة للدلالة على سلامة وأمان تلك الصناعة، إذ أن إصابة واحدة خطرة في مصنع يعمل به ٢٥ عاملاً بمعدل ٥٠ر٠٠٠ ساعة عمل في السنة ترفع معدل تكرار وقوع الحوادث إلى ٢٠ وهو رقم كبير إذا ماقورن بالرقم السابق. لذا فإنه لايحسب معدل تكرار وقوع الحوادث الخطرة للمصانع التي تدار بأقل من ٧٥٠ر٠٠٠ ساعة عمل في السنة. ويبين الجدول ٤ ــ ٤ معدل تكرار وقوع الحوادث الخطرة ونسبة حدوث حالات الإصابة البسيطة إلى الحالات الخطرة في بعض الصناعات المختلفة. ومن هذا الجدول يظهر أن الصناعات الثقيلة لها معدل عالي لوقوع الحوادث الخطرة، بينما تكون حالات الإصابة البسيطة قليلة، وعلى العكس في الصناعات الخفيفة والتي يرتفع فيها عدد وقوع الحوادث البسيطة، ويقل معدل وقوع الحوادث الخطرة.

جدول ٤ ــ ٤ : معدل وقوع الحوادث الخطرة ونسبة الإصابات البسيطة إلى حالات الإصابة الخطرة في بعض الصناعات المختلفة*

نوع الصناعة	معدل وقوع الحوادث الخطرة	عدد حالات الإصابة البسيطة لكل إصابة خطرة
ورشة ميكانيكية بسيطة	٨ر٠٧	١٤
مسبك	٩ر١٥	٩٦
صناعة الأجهزة الثقيلة	٥ر٢٣	١٢١
صناعة محركات الطائرات	٢ر١٣	٢٢٦
صناعة الأدوات المنزلية	٢ر٣٣	٣١٢
صناعة المصابيح الكهربائية	٢ر١٨	٥٤٠
المنتجات الذرية	٠ر٣٥	٨٨٠
الأجهزة الالكترونية	١ر١٣	١١٦٠
تحضير المواد الكيميائية	٠ر٧٧	١٨٥٠

* R. De Reamer, "Modern Safety Practices", John Wiley & Sons, New York, 1964.

وللتفرقة بين حالات الإصابة الخطرة المختلفة ومدى شدتها وتأثيرها على سير العمل، يعرف معدل شدة وقوع الحوادث الخطرة Disabiling-injury Serverity rate بأنه عدد أيام تعطل العامل عن العمل بسبب الحادث لكل مليون ساعة عمل. فالمصنع الذي يعمل به ٧٥٠ عاملاً بمعدل ١ر٥٠٠ر٠٠٠ ساعة عمل في السنة ووقعت فيه ست حوادث خطيرة استلزمت تعطيل العمال ٢٢٥٠ ساعة عمل، فإن معدل شدة وقوع الحوادث يكون :

$$\frac{٢٢٥٠ \times ١ر٠٠٠ر٠٠٠}{١ر٥٠٠ر٠٠٠} = ١٥٠٠$$

ويتراوح معدل شدة وقوع الحوادث بين ١٠٠ يوم لكل مليون ساعة عمل في صناعة أجهزة الاتصالات، وبين ٦٠٠٠ يوم في مناجم الفحم. ويجب التنبيه هنا إلى أن معدل شدة وقوع الحوادث يبين تأثير الحوادث الخطيرة على سير العمل ولا يعكس بطبيعة الحال مدى شدة الحوادث نفسها كما قد يفهم من تسميته. إذ أن وقوع ١٠ حوادث خطرة في مصنع ما تسببت في تعطيل العمل لمدة يوم واحد لها نفس المعدل تماماً مثل حادث واحد خطر وقع في مصنع آخر عطل العامل المصاب لمدة عشرة أيام خاصة إذا ما كانت ساعات العمل الكلية متساوية في الحالتين. ومعلوم أن الحادث الذي يستلزم الانقطاع عن العمل عشرة أيام أشد من الحادث الذي يقعد العامل لمدة يوم واحد.

إن تغيب العمال بسبب الحوادث وتوقف العمل يسبب بلا شك تكاليف إضافية على الإنتاج تختلف حسب نوع الحادث وشدته ومدى تأثر العمال وانقطاعهم عن العمل وتلف الأجهزة أو المواد المختلفة في حالة شمول الحادث لها. ويمكن تقدير تكاليف الحوادث الصناعية بمعرفة تكاليف التأخير والأعطال الناتجة عن هذه الحوادث والتي تشمل في الغالب ما يلي :

١ ــ تكاليف تأخير العمال المصابين عن العمل.

٢ ــ تكاليف تعطل العمال الآخرين بسبب الحادث إما لمساعدة المصاب أو لمواساته أو لمشاهدة الحادث.

٣ ــ تكاليف التحقيق في الحادث وانشغال الرؤساء والمشرفين.

٤ ــ تكاليف تعطل العمل وتدبير أو تدريب عمال آخرين.

٥ ــ تكاليف معالجة العمال المصابين.

٦ ــ تكاليف إصلاح الأجهزة والمعدات التالفة أو المواد المفقودة بسبب الحادث.

٧ ــ تكاليف أخرى تابعة.

إن تهيئة ظروف العمل الملائمة وتدريب العمال على احتياطات الأمان والسلامة يقلل من وقوع الحوادث ويحد من شدتها في حالة وقوعها، إذ يمكن تلاشيها وإيقافها حال تكونها لأي سبب من الأسباب. إن توفير المكان الملائم للعمل

وتخطيط المنشأة الصناعية لتنظيم حركة العمال له دور كبير في إعطاء العمال الحرية الكافية في التحرك الآمن إلى جانب توفير الجو الصحي الخالي من الملوثات بجميع أنواعها والذي تتوفر فيه الإضاءة والتهوية الكافية والبعيد عن الضوضاء وصخب الآلات العاملة. إن وجود هذه العوامل يساعد على رفع إنتاجية العمال ويضمن لهم الوقاية الكافية من وقوع الحوادث نتيجة لتوفر الجو الصحي السليم والمكان الآمن.

إن شروط السلامة والأمان أثناء العمل تقتضي أن تكون ملابس العمال ملائمة للعمل الذي يقومون به وألا تكون طويلة أو سائبة، وأن تحتوي على جيوب كافية لوضع العدة اللازمة، كما يلزم أيضاً لبس الأحذية الواقية، وقفازات لليدين في حالة تناول المواد والمعدات الحادة أو الزيوت والأوساخ المختلفة، ويختلف نوع القفاز حسب نوع الوقاية المطلوبة، إذ تكفي قفازات المطاط أو البلاستيك للوقاية من الزيوت، وضمان العزل ضد التوصيلات الكهربائية، وفي حالة التعامل مع المواد الحادة الأطراف يلزم استخدام قفازات من الجلد تحمي أطراف الأصابع شبكة من المعدن. أما قفازات الجلد أو الأسبستوس فتستخدم في حالة مناولة المواد الحاره. ويستحسن استخدام كريمات الأيدي بعد الانتهاء من العمل بصفة دائمة لوقاية الأيدي من التشققات والإصابات البسيطة المتكررة.

كما يلزم أيضاً حماية الرأس بلبس القبعات (الخوذات) الواقية Helmets والتي تقي الرأس في حالة سقوط المواد الصلبة أو الاصطدام بالعوائق. ويحتاج العاملون في بعض الصناعات إلى وقاية أعينهم باستخدام النظارات الواقية، وذلك في الصناعات التي تتناثر فيها أتربة أو شظايا دقيقة أو ينتج منها أشعة فوق بنفسجية أو أشعة مرئية عالية التوهج. إن توفير الملابس الواقية واستعمال القفازات والخوذات والنظارات الواقية يحد من إصابة العمال ويقلل من وقوع الحوادث بشكل كبير، لذا فيعتبر التقيد بهذه الملابس من أهم إجراءات السلامة الأولية اللازم اتباعها أثناء العمل، كما وينبغي أن يتوفر في المنشأة الصناعية ما يلي :

١ ــ المداخل والمخارج الآمنة ووضوح أبواب الطواريء وسهولة استخدامها.

٢ ــ الأرضية المناسبة لطبيعة العمل، مع توفر الأمان في تنقل العمال بين الأماكن المختلفة للمصنع.

٣ ــ وسائل التخزين السليمة.
٤ ــ طرق النقل الآمنة من رافعات أو عربات أو سيور.
٥ ــ سلامة التمديدات الكهربائية.
٦ ــ التهوية والإنارة الضرورية: يفضل أن يستخدم معدل ٣٠متر مكعب لكل ساعة، لتجديد الهواء لكل عامل. وأن تكون الإضاءة حوالي ١٠٠ ــ ٣٠٠ لوكس أي ما يعادل ١٠ ــ ٣٠ شمعة لكل قدم.
٧ ــ طرق مكافحة الحريق والانفجارات.
٨ ــ الخدمات العامة كمواقف السيارات وأماكن التغذية والترفيه.
٩ ــ الخدمات الصحية الأولية.
١٠ ــ وسائل آمنة لتصريف المخلفات السائلة والصلبة والغازية.

إن اختيار موقع ومخطط المنشأة الصناعية قبل الإنشاء يحتاج إلى كثير من التأني، ذلك أن الاختيار غير السليم للمكان قد يسبب سوء البناء عند توسع المصنع مما قد يضطر إلى إهمال بعض جوانب السلامة والأمان لتقع بذلك كثير من الحوادث، ناهيك عما يسببه الاختيار غير السليم لموقع المصنع من خسائر مادية. ويفترض في الموقع الملائم أن يتوفر فيه بعض الشروط أهمها :

١ ــ قربه من المواد الخام المستخدمة للحد من المخاطر الناجمة عن نقل المواد الخام.
٢ ــ توفر الأيدي العاملة المدربة بالقرب من الجامعات والمعاهد الفنية.
٣ ــ وجود السوق المستهلكة حسب نوعية المنتج ويكون ذلك ــ غالباً ــ في المدن الرئيسية.
٤ ــ مراعاة موقع المنشأة الصناعية بالنسبة للمدينة والسكان، ويؤخذ بالاعتبار خطر المخلفات الصناعية وسهولة انتشارها بعيداً عن السكان.

كما ويلزم الكشف المستمر عن مواطن الخطر واتخاذ وسائل الوقاية اللازمة وفحص الآلات والوسائل التي يؤدى بها العمل وطريقة أداء العمل وحالة العمال.

بالإضافة إلى ذلك فإن تهيئة درجة الحرارة والرطوبة الملائمة للعمل تساعد على

رفع الروح المعنوية والجسدية للعمال، وتقلل بذلك من نسبة وقوع الحوادث. فالحرارة العالية لها تأثير واضح على أداء العامل وعلى صحته، إذ تتسبب في فقدان كميات كبيرة من السوائل الموجودة في الجسم عن طريق العرق، كما يؤدي التعرض المستمر للجو الحار إلى الإجهاد الحراري أو الصدمات الحرارية التي قد تؤدي إلى الوفاة في حالة ارتفاع درجة حرارة الجسم عن ٤٢°م لفترة طويلة.

إن كفاءة أجهزة الوقاية وتوفير الاحتياطات الأمنية اللازمة والوسائل السليمة للتخلص من المخلفات الصناعية الخطرة واتباع طرق العمل السليمة كل ذلك يساعد على خفض نسبة وقوع الحوادث الصناعية. إن أداء العمل السليم يستلزم ما يلي :

١ — وجود تعليمات واضحة للعمليات المختلفة.
٢ — بيان أوجه الخطورة واحتياطات السلامة في كل عملية.
٣ — إلزام العمال باتباع الطرق السليمة للعمل.
٤ — عدم استعمال الأدوات التالفة.
٥ — اتباع أساليب النقل والتحرك السليمة.
٦ — استخدام أجهزة وملابس الوقاية.

إن توفير بيئة العمل الآمنة يتطلب إلى جانب اتخاذ وسائل الوقاية اللازمة وتطبيق طرق العمل السليمة يتطلب أيضاً تفادي المخاطر الناشئة عن العمل عن طريق عزل العلميات الضارة سواء بجعلها في مباني وأقسام مختلفة بعيدة عن سائر العمليات الأخرى أو بميكنتها وجعلها تعمل ذاتياً (أتوماتيكاً)، كما يستلزم أيضاً منع انبعاث المواد الضارة كلية أو تخفيف انبعاثها ومنع انتشارها ووصولها للعاملين أو تراكمها في منطقة العمل.

ويمكن معرفة مخاطر العمل عن طريق أجهزة القياس الخاصة والتي يمكن تقسيمها إلى نوعين :

النوع الأول : قياس مخاطر العمل الطبيعية :

وتشمل قياس درجة الحرارة سواء بالترمومتر أو بأجهزة الازدواج الحراري Thermocouple. بالإضافة إلى قياس الحرارة المشعة في حالة وجود عمليات تنطلق منها حرارة عالية. وكذلك قياس اتجاه الريح وسرعة الهواء ورطوبة الجو والضغط وذلك بأجهزة القياس المعتادة من مانومتر وانيمومتر وهيدرومتر، كما وتشمل أيضاً

قياس الضوضاء والاهتزازات وقياس شدة الصوت.

ويجب التأكيد على دور ظروف العمل المناخية في ارتفاع نسبة وقوع الحوادث والإصابات إلى جانب إهمال العاملين، ففي دراسة ميدانية قام بها محمد شاهين في مناطق مختلفة من مواقع الإنشاء تبين أن الفترة من جمادي الآخرة حتى نهاية رمضان هي أعلى الفترات في حوادث العمل، وهي فترة صيف عام ١٤٠٤هـ التي أجريت فيها الدراسة والتي تزداد فيها حرارة الجو والرطوبة ويكون للإجهاد الحراري دور كبير في رفع معدل الإصابات. ويبين الجدول ٤ ــ ٥ نتائج تلك الدراسة.

جدول ٤ ــ ٥: العلاقة بين عدد الإصابات وشهور السنة لعينة عشوائية مكونة من ١٠٠٠ إصابة.

الشهر	عدد الإصابات	النسبة المئوية
محرم	٥٢	٥٫٢
صفر	٥٨	٥٫٨
ربيع أول	٦٢	٦٫٢
ربيع ثاني	٧٢	٧٫٢
جماد أول	٩٧	٩٫٢
جماد آخر	١٢١	١٢٫١
رجب	١٣٣	١٣٫٣
شعبان	١١٩	١١٫٩
رمضان	١٠١	١٠٫١
شوال	٨٣	٨٫٣
ذو القعدة	٦٢	٦٫٢
ذو الحجة	٤٠	٤٫٠
المجموع	**١٠٠٠**	**٪١٠٠**

(*) محمد شاهين، «بحث تطبيقي عن السلامة في مواقع الإنشاء»، ندوة أساليب السلامة وتطبيقاتها، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، الرياض، ٥ ــ ٧ ربيع أول ١٤٠٥هـ.

النوع الثاني : قياس مخاطر العمل الكيميائية :

وهي المواد الكيميائية الضارة من غازات أو أبخرة أو جسيمات صلبة دقيقة والتي تنتشر في الهواء المحيط بالمنشأة الصناعية لتنتقل إلى العاملين عن طريق التنفس، وقد بينا في الفصل الأول أنواع هذه المواد الضارة ومدى خطورتها على الصحة. وتعمل أجهزة قياس الغازات أو الأبخرة معتمدة على ظاهرة الامتصاص أو التكثيف، ويمكن قياس تركيز الجسيمات الصلبة الدقيقة المعلقة في الهواء الجوي أو التخلص منها بعد ترسيبها بطرق مختلفة حسب حجم هذه الجسيمات، ويبين الجدول ٤ ــ ٦ بعض هذه الطرق. وأخطر هذه الجسيمات تلك ذات الحجوم أقل من ١٠ ميكرون إذ تظل هذه الجسيمات معلقة في الهواء مدة طويلة ويتم استنشاقها بسهولة.

جدول ٤ ــ ٦: طرق فصل الجسيمات الصلبة

حجم الجسيم بالميكرون	طرق الفصل
١٠٠ ــ ٢٠٠	الجاذبية
٥٠ ــ ٢٠٠	القصور الذاتي Inertia
١٠ ــ ٦٠	السيكلونات Cyclones
١٥ ــ ٣٠	المرسبات الحركية
٥ر٠ ــ ٢٠	المرشحات النسيجية
١ر٠ ــ ١٠	المرسبات الكهربائية الساكنة

ويبين الجدول ٤ ــ ٧ مقارنة بين حوادث العمل في بعض المنشآت الصناعية حسب بنود سلامة بيئة العمل، والتي تشير إلى أن لسلامة بيئة العمل ووسائل الوقاية دوراً بارزاً في حفظ معدل تكرار وقوع الإصابات، وأن أكثر هذه العوامل أهمية هو استخدام الملابس الواقية وبث وسائل التوعية بين العمال وخلو الممرات من العوائق وانخفاض الضوضاء.

جدول ٤ ــ ٧: مقارنة المنشآت حسب بنود سلامة بيئة العمل ووسائل الوقاية

العامل	المنشآت ذات معدل تكرار الإصابات الأقل	المنشآت ذات معدل تكرار الإصابات الأعلى	الفارق
عدم إعاقة الممرات	٣٩	٣٢	٧
تحديد الممرات	٣٣	٣٠	٣
تخطيط المبنى	٣٩	٣٦	٣
أماكن العدد	٣٦	٣٣	٣
تسييج الماكينات	٣٦	٣٥	١
سلامة الأرضيات وأسطح التشغيل	٣٩	٣٩	—
الإضاءة الكلية	٤٠	٣٧	٣
الحرارة	٣٦	٣٦	—
التهوية	٣٥	٣٥	—
الإضاءة	٣٤	٢٧	٧
ملابس الوقاية الشخصية	٣٩	٢٨	١١
التخلص من المخلفات	٣٨	٣٨	—
وسائل توعية العمال	٣٣	٢٢	١١
المجموع	**٤٧٨**	**٤٢٨**	**٥٠**

(*) أحمد بيومي، «العوامل المؤثرة في معدلات تكرار إصابات العمل» ندوة أساليب السلامة وتطبيقاتها، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، الرياض ٥ ــ ٧ ربيع أول ١٤٠٥هـ.

٤ ــ ٤: التدريب كوسيلة لتحقيق السلامة الصناعية :

يقصد بالتدريب تأهيل العاملين وصقل مواهبهم للتأقلم السليم مع ظروف العمل، ويؤدي الاختيار السليم لبرنامج التدريب إلى أهداف كثيرة أهمها.

١ ــ فهم العمال لعملهم.
٢ ــ معرفة العامل بطبيعة وأهداف المنشأة الصناعية مما يرفع من عائدها الاقتصادي.
٣ ــ اتباع الأساليب السليمة في العمل.
٤ ــ معرفة المواد والعمليات الخطرة وأسباب تكونها وطرق منعها.
٥ ــ تقليل نسبة وقوع الحوادث.
٦ ــ تدريب العمال على أساليب التعامل الصحيحة لبث روح التعاون والمودة.
٧ ــ اكتشاف المهارات الفنية وتوجيهها الوجهة الصحيحة خلال العمل.

ويكون للتدريب في الغالب برامج مفصلة سواء عند الالتحاق بالمنشأة الصناعية أو للعاملين القدامى، كما وأحياناً يكون بطريق غير مباشر وذلك بمتابعة ومراقبة المسؤولين عن الأمان والسلامة الصناعية لسير العمل وإصدارهم للتعليمات الملائمة. ويجب الإشارة إلى أن التدريب وإن كان له دور هام وفعال في إعداد العاملين إلا أنه لايوجد الكفاءات العالية ولا يكون العمال الأذكياء المهرة، بل هذه صفات ينبغي أن يكون لدى العامل شيئاً منها عند الانخراط في العمل حتى يمكن أن تصقل ويرفع منها. وهذا يؤكد لنا دور الاختيار الملائم للعمال قبل قبولهم في المنشأة الصناعية، إذ يتحتم أن تكون هناك بعض الشروط الضرورية في العامل لقبوله.

إن التدريب يشمل نواحي كثيرة منها :
١ ــ تحسين طرق وأساليب العمل للوصول إلى الإنتاج الجيد كماً ونوعاً.
٢ ــ المحافظة على سير العمل والآلات والمعدات الموجودة فيه.
٣ ــ تدريب العامل على الشؤون الإدارية من كتابة التقارير وطرق حفظ المعلومات واسترجاعها.
٤ ــ فهم قوانين المنشأة الصناعية وتطبيقها.
٥ ــ التدريب على قواعد السلامة.
٦ ــ التعامل بين العمال وبث روح التعاون.

إلى غير ذلك من أمور كثيرة، غير أن ما يهمنا هنا هو برنامج السلامة الذي يحتويه البرنامج العام لتدريب العمال. إن السلامة ترتكز على ثلاث عوامل رئيسية هي :

١ ــ معرفة مصادر الحوادث والأخطار.

٢ ــ منع هذه المصادر.

٣ ــ تدريب العمال على أساليب العمل السليمة التي تتفادى وقوع المخاطر بعد معرفتها ومعرفة طرق منعها وإزالتها.

وأهم ما تشمله برامج التدريب التعريف بالحوادث الممكن وقوعها ومعنى مفهوم السلامة ومتطلباته وكيفية إرتباط وقوع الحوادث بالنشاطات المختلفة داخل المنشأة الصناعية، مع التركيز على تدريب المشرفين الفنين Supervisors إذ أنهم يشكلون حلقة هامة بين المسئولين في المصنع وبين العاملين في مختلف الدوائر الفنية. لذا يجب أن يتدرب هؤلاء المشرفون على ما يلي كحد أدنى :

١ ــ أسس السلامة :

ويشمل أهداف برامج السلامة، والتعريف بالحوادث ومفهوم السلامة الصناعية والدور الذي يقوم به المشرف الفني وطرق تعامله مع مهندس الأمن والسلامة وما إلى ذلك من مفاهيم أساسية أخرى.

٢ ــ طرق العمل الآمنة :

وذلك بعرض خطوات التغلب على الحوادث عن طريق توفير ظروف العمل الآمنة وأهمية التدريب كعامل مخفض لإمكانية وقوع الحوادث، ووجوب مساهمة العاملين في مقاومة الانفجارات والنيران والحوادث الخطيرة وحتمية تطبيق قواعد وأسس السلامة. كما ويشمل هذا البرنامج أيضاً كيفية تحقيق طرق العمل الآمنة وعلاقة ذلك بجهود العاملين ومساهمتهم وجودة الآلات وحسن تركيبها وأدائها واستعمالها، ثم معرفة أسباب وقوع الحوادث والتي قد تنشأ عن ظروف العمل غير الصحيحة أو عن التصرف الخاطيء من العمال وكيفية التحقيق في كل من هذه الحوادث.

٣ ــ التدريب الشخصي :

ويكون بحضور دروس السلامة الصناعية ومشاهدة العروض والأفلام المختلفة عن الأمن والسلامة ومتابعة أخبار السلامة في المنشأة الصناعية. ويشمل أيضاً التدريب على رأس العمل وتدريب العمال المستجدين أو المنقولين.

٤ ــ لقاءات السلامة الدورية :

يستلزم برنامج التدريب عقد حلقات وندوات دورية يشترك فيها المتدرب حضوراً أو مشاركة لرفع مستواه الفني وذلك بلقاءه بالمتخصصين سواء في المنشأة الصناعية نفسها أو من خارجها. كما ويشمل أيضاً مشاهدة برامج الأمن والسلامة وطرق كتابة الملاحظات الفنية واللقاء الفردي مع المسؤولين.

٥ ــ سبل تطبيق قواعد السلامة :

يتدرب المشرف الفني خلال هذا البرنامج التدريبي على السبل الكفيلة بتطبيق قواعد السلامة والعمل بها من جميع العاملين ومعرفة مدى توفر سبل السلامة الفنية اللازمة بين العمال سواء في طرق عملهم وتحركاتهم المختلفة أو في طرق سير العمل وفق المعايير المطلوبة وعمل الأجهزة تبعاً لشروط التشغيل الصحيحة. ويشمل هذا البرنامج أيضاً فحص لوائح السلامة من خلال متابعة أثرها ودورها الإيجابي أو السلبي (إن وجد) على العمل والعمال لتقويمها. كما يشمل منح الجوائز والمكافآت المالية والعينية لأفضل الدوائر الصناعية استجابة وتطبيقاً لقواعد السلامة وللأفراد الملتزمين بتلك القواعد.

إن على الناظر الفني Observer أن يصرف ما يقارب ساعتين أسبوعياً لمساعدة المشرف الفني على قضايا الأمن والسلامة كما ويستحسن أن يصطحب الناظر المشرف لزيارة حقلية كل أسبوع لملاحظة مواقع الخطر في المنشأة الصناعية إن وجدت. ومما يجدر الإشارة إليه أن برامج التدريب السابقة ينبغي أن يقوم بأدائها وحده الأمن والسلامة والتي يجب أن تكون جزءً فعالاً ونشطاً في المصنع.

كما وينبغي التأكيد على ألا تكون برامج التدريب على الأمن والسلامة عملاً روتينياً، بل يجب متابعة المتدربين أثناء التدريب وبعده حتى تتحقق الفائدة المرجوة

من مثل هذه البرامج الهامة والتي ينبغي أن تكون خطوات التدريب فيها مبنية على ما يلي :

١ ـ اخبر المتدرب.
٢ ـ قم بالعمل أمامه بصورة صحيحة.
٣ ـ اجعله يقوم به بنفسه.
٤ ـ صححه وتابعه حتى يتم العمل بنجاح.
٥ ـ تابعه حتى يكون قيامه بالعمل بصورة صحيحة عادة له.

إن من أهم ما ينبغي التركيز عليه أثناء دورات التدريب هو استعمال ملابس الوقاية الشخصية من ملابس وأقنعه وقفازات وأحذية إلى جانب استعمال أجهزة السلامة الرئيسية واتباع خطوات العمل السليمة وطرق التشغيل الصحيحة ووسائل التحرك الآمنة والسبل اللازمة أثناء وقوع الحوادث وإمكانية تفادي وقوعها أو التخفيف من حدتها، مع التدريب على أجهزة الكشف عن وقوع الحوادث، وأجهزة السلامة الملحقة بالمعدات الصناعية والأجهزة المختلفة في المنشأة الصناعية، وعمليات التفتيش الدوري وطرق كتابة التقارير الفنية وسجلات السلامة.

إن توفر العمال الفنيين والمدربين على برامج السلامة الآنفة له دور كبير في الحد من وقوع الحوادث ورفع إنتاجية العمل، ويعمل التدريب جنباً إلى جنب مع كفاءة أجهزة مكافحة الحريق والانفجارات ووسائل الكشف عن الحوادث المختلفة لتوفير الجو الصناعي الآمن وإعطاء العمال وسائر من في المنشأة الصناعية ثقة وعزماً يرفعان من الروح المعنوية لدى الجميع ويسهمان في تحقيق الأهداف المنشودة وتحقيق أعلى الأرباح.

وينبغي ألا تهمل أيضاً برامج السلامة الصناعية طرق وسبل الإسعافات الأولية First aids ووسائل الانقاذ، بأن يتدرب العمال على أهم طرق الإسعاف وكيفية المحافظة على المصاب حتى حضور الطبيب، وعلى طرق نقل المصاب إلى وحدات المعالجة الطبية وطرق مد يد المساعدة السليمة عند وقوع الحوادث والحيلولة دون وقوع خسائر جسيمة في الأرواح والممتلكات.

الفصل الخامس
أخطار المواد المشعة والوقاية منها

٥ ــ ١ مقدمة :

توجد العديد من المواد الكيميائية المشعة في المختبرات والمصانع الكيميائية ومن أمثلتها كل من نظائر اليود والفسفور واليورانيوم وغيرها. ونظراً لما تطلقه هذه المواد الكيميائية من أشعة ألفا وبيتا وجاما والنيترونات الضارة فإنه يتضح أن أخطار التعامل مع المواد الكيميائية المشعة لا يقل بل يزيد عن أخطار المواد الكيميائية الأخرى غير المشعة وبالتالي فإنه يجب الحرص في التعامل مع هذه المواد المشعة وإتخاذ التدابير اللازمة للوقاية من الإشعاع.

٥ ــ ٢ تصنيف الأشعة :

يمكن تصنيف الأشعة حسب خواصها إلى أشعة مؤينة لذرات الوسط الموجودة فيه ــ أي تعطي طاقة تكفي بأن تفقد هذه الذرات بعض ألكتروناتها وتصبح أيونات موجبة ــ وإلى أشعة غير مؤينة. وتشمل الأشعة المؤينة كل من أشعة ألفا وبيتا وجاما وأشعة إكس (الأشعة السينية)، بينما تشمل الأشعة غير المؤينة أشعة الموجات القصيرة (ميكروويف) والأشعة تحت الحمراء وأشعة الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية.

كما يمكن تصنيف الأشعة حسب مصدرها إلى أشعة ذات مصدر طبيعي مثل أشعة الضوء المرئي وغير المرئي (تشمل الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية القادمة من الشمس) والأشعة النووية الصادرة عن العناصر الطبيعية المشعة. وإلى أشعة ذات مصدر صناعي مثل أشعة الموجات القصيرة وأشعة ليزر وأشعة إكس والأشعة النووية الصادرة من الإنفجارات النووية المتحكم فيها كما هو في المفاعلات النووية وغير المتحكم فيها كما هو في القنابل النووية.

ويمكن أيضاً تصنيفها إلى أشعة على شكل موجات كهرومغناطيسية مرئية وغير مرئية وأشعة على شكل جسيمات. وتشمل الموجات الكهرومغناطيسية المرئية كل

من أشعة الطيف القادمة من الشمس وأشعة ليزر. بينما تشمل الموجات الكهرومغناطيسية غير المرئية كل من الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية (القادمة من الشمس) وأشعة الموجات القصيرة وأشعة إكس وأشعة جاما.

يتغير طول الموجة في الأشعة الكهرومغناطيسية من ٣ كم في موجات الراديو الطويلة، إلى المليمترات في الموجات القصيرة (ميكروويف)، إلى الميكرون في الأشعة تحت الحمراء، إلى الأنجستروم في أشعة إكس. وتشمل الأشعة التي على شكل جسيمات ولها أوزان محددة كل من أشعة ألفا وبيتا والنيترونات.

٥ ــ ٣ الأشعة النووية :

تعتبر الأشعة النووية من أخطر أنواع الأشعة وكما عرفنا سابقاً فقد تكون ذات مصدر طبيعي مثل الأشعة النووية الصادرة عن العناصر الطبيعية المشعة. أو ذات مصدر صناعي مثل الأشعة النووية الصادرة من الإنفجارات النووية. وتشمل الأشعة النووية كل من أشعة ألفا وبيتا وجاما والنيترونات.

تتألف أشعة ألفا من جسيمات لها شحنة موجبة مقدارها + ٢ وكتلتها تساوي ٤ وهي عبارة عن أيونات الهليوم $_4He^{+2}$. ونظراً لثقل هذه الجسيمات وانخفاض سرعتها النسبية (يبلغ متوسط سرعتها عشر سرعة الضوء) فإنها لا تخترق الأجسام بسهولة. فهي تخترق مسافة ٥ إلى ١٠ سم من الهواء أو ١ر٠ مليمتر من أنسجة الجسم. لذلك فإن هذه الأشعة إذا كان مصدرها خارج الجسم فليس لها ضرر على الصحة. أمَّا إذا كانت آتية من مادة مشعة داخل الجسم، أخذت عن طريق الجهاز التنفسي أو الجهاز الهضمي من الهواء أو المأكولات والمشروبات الملوثة بالإشعاع الناتج عن الانفجار، فإنها تسبب أضراراً كبيرة للأنسجة الداخلية التي تلامس هذه المواد المشعة.

أمَّا أشعة بيتا فهي عبارة عن إلكترونات تسير بسرعة عالية قد تصل إلى سرعة الضوء ولها قدرة اختراق أعلى من أشعة ألفا. تخترق أشعة بيتا من واحد إلى خمسة عشر سنتي متراً في الهواء أو من واحد إلى ثلاثة سنتي مترات في أنسجة الجسم، ولها قدرة بسيطة على اختراق الأجسام الصلبة ولكنها لا تنفذ خلال طبقة من

الرصاص سمكها ٢ مليمتر. ونظراً لأنها تخترق جزءاً من طبقة الجلد فإنها تسبب ضرراً شديداً في الطبقات الجلدية العليا إذا مرت بقرب الجلد. أمَّا إذا دخلت هذه الأشعة للجسم عن طريق الأكل أو التنفس فإنها تسبب خطورة كبيرة.

أمَّا أشعة جاما فهي عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية تسير بسرعة الضوء العادي ولا تتأثر بالمجال الكهربي أو المغناطيسي، أي أنها لا تحمل شحنة. وهي تشبه الأشعة السينية (أشعة إكس) إلَّا أن طول موجتها أقصر بكثير لذا فإن طاقتها أكبر وقوة اختراقها أعظم وبذلك فإنها تحدث أضراراً بالغة في الجلد وفي داخل الجسم. والنيترونات عبارة عن جسيمات موجبة وتعمل على اختراق المواد وتحويلها إلى عناصر مشعة شديدة الخطورة على الكائنات الحية.

وعندما تتعرض الأجسام البشرية بصورة كبيرة إلى الإشعاعات النووية تصاب بحروق وأمراض سرطانية مختلفة، كما تؤدي إلى اختلال بناء الجسم وإلى فقر الدم. وفي حالة تعرض الجسم لكمية عالية جداً من الإشعاع النووي فإنه يؤدي إلى الموت.

٥ ــ ٤ الإشعاع النووي الطبيعي :

تنقسم الإشعاعات حسب مصدرها إلى نوعين رئيسين هما الإشعاعات الطبيعية والإشعاعات الصناعية، ولقد اكتشف النشاط الإشعاعي الطبيعي للمواد منذ عام ١٨٨٦م إذ وجد أن نويات بعض العناصر التي لديها خاصية النشاط الإشعاعي غير مستقره وحتى تصل إلى حالة الاستقرار يلزمها إطلاق أشعة وفقاً للمعادلة التالية

$$\text{Atom A} \longrightarrow \text{Atom B} + \text{radiation}$$

ذرة (أ) ذرة (ب) + إشعاع

حيث أن ذرة (أ) Atom A هي النواة الأم وهي نواة غير مستقرة، ذرة (ب) Atom B هي النواة المولدة وهي نواة قد تكون مستقرة أو غير مستقره. ويتم التحلل الإشعاعي حسب العلاقة التالية:

$$N = N_o e^{-\lambda t}$$

بحيث أن N_0 هي عدد النويات المشعة عند بداية الإشعاع

N هي عدد النويات المشعة المتبقية بعد زمن t

λ ثابت التحلل وهو عبارة عن الجزء من النويات المشعة التي تتحلل في وحدة الزمن.

وتصنف المواد المشعة وفقاً للزمن اللازم لتحلل نصف عدد ذراتها المشعة ويحسب هذا الزمن عند التعويض في المعادلة السابقة بما يلي $N = 1/2\, N_0$ ليكون زمن النصف إذاً:

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$$

ويعبر عن مستوى الإشعاعية للمادة بشدة الإشعاع A والتي تعرف بانها عدد النويات التي تتفكك في الثانية الواحدة من عينة مشعة والوحدة العيارية الدولية للشدة الإشعاعية هي البيكريل وتساوى تفكك واحد في الثانية، وقد يحصل عن تفكك النواة الأم (ذرة أ) أن تتكون نواة أخرى غير مستقرة تتحلل بدورها إلى نواه جديدة قد تكون غير مستقرة لتستمر بذلك سلسلة من التفكك الإشعاعي المتتابع حيث تتفتت العناصر الثقيلة الطبيعية ابتداء من عنصر البولونيوم لتعطي بشكل تلقائي أشعة ألفا وبيتا وجاما ونيوترونات وتنتج ذرات عناصر جديدة قد تكون ذات نشاط إشعاعي أيضاً وبذلك تتكرر العملية حتى تصل إلى عنصر مستقر غير مشع. فمثلاً اليورانيوم ٢٣٨ (U) يعطي إشعاع (جسيم) ألفا ويتحول بشكل تلقائي إلى الثوريوم ٢٣٤ (Th) الذي يعطي إشعاع بيتا ويتحول إلى عنصر البروتاكتينيوم ٢٣٤ (Pa). هذا الأخير يعطي جسيم بيتا ليتحول إلى يورانيوم ٢٣٤ ثم تنبعث خمسة جسيمات من ألفا لتعطي الرصاص المشع ٢١٤ (Pb) الذي يتحول إلى نظير الرصاص المستقر ٢٠٦. وكل عنصر مشع له نصف حياة خاصة. ونصف الحياة هي الفترة اللازمة لكي يتحلل نصف عدد ذرات العنصر المشع من خطوة إلى أخرى. فمثلاً نصف الحياة لليورانيوم ٢٣٨ هي ٤٫٤٦٨ × ١٠^{٩} سنة.

لذلك فلابد من أخذ الإحتياطات اللازمة عند التعامل مع المواد المشعة حيث يتم التعامل معها خلف حواجز واقية من الرصاص أو حوائط سميكة من الخرسانة

المسلحة. كما أنه لابد من إرتداء ملابس وأقنعة واقية لمن يتعامل مع المواد المشعة.

ويتعرض الإنسان من الإشعاعات الطبيعية إلى ما يعادل ١ر٢٥ ميلي سيفرت سنوياً وذلك من المصادر الطبيعية التالية:

الأشعة الكونية	٠ر٥٠ ميلي سيفرت
أشعة جاما	٠ر٥٠ ميلي سيفرت
الكربون ١٤	٠ر٠١ ميلي سيفرت
غاز الاوزون	٠ر٠٤ ميلي سيفرت
البوتاسيوم ٤٠	٠ر٢٠ ميلي سيفرت

ويختلف معدل التعرض الإشعاعي الطبيعي من منطقة إلى أخرى وفقاً لطبيعة هذه المناطق من ارتفاع أو انخفاض عن سطح البحر وكذلك بناء على التركيب الجيولوجي لطبقات الأرض في تلك المناطق، كما أن هناك بعض المواد المشعة طبيعياً في داخل جسم الإنسان أهمها مبيَّن في الجدول التالي (جدول ٥ ــ ١).

جدول ٥ ــ ١ : أهم المواد المشعة طبيعياً في داخل جسم الإنسان.

المواد المشعة	بيكريل /ثانية	ميلي ريم /سنة
بوتاسيوم ٤٠	٤٨٠	٢٠
كربون ١٤	٣٢١٠	١
راديوم ٢٢٦	٤ ــ ٥	٠ر٥ ــ ٥
بولونيوم ٢١٠	٨	٠ر١ ــ ١ر٤
سترونشيوم ٩٠	٢٥ ــ ٣٠٠	٠ر٤ ــ ٤ر٥

٥ ــ ٥ النشاط الإشعاعي الصناعي :

تمكن العلماء من إنتاج مايزيد على ألف وثلاثمائة نظير نشط إشعاعياً وذلك بعملية التشعيع وتوضح المعادلات التالية هذه العملية في حالة قذف الألمونيوم بجسميات ألفا والتي ينطلق عنها نيوترونات وفسفور مشع يمكن أن يتحلل إلى سليكون مع انطلاق بوزترونات:

$$_{2}He^{4} + {}_{13}Al^{27} \longrightarrow {}_{15}P^{31} \longrightarrow ({}_{15}P^{30})^{*} + n_{o}$$

نظير الفسفور فسفور الومنيوم + هيليوم (جسيمات ألفا)

$$({}_{15}P^{30})^{*} \longrightarrow {}_{14}Si^{30} + B^{+}$$

بوزترون + سليكون فسفور مشع

والعناصر المشعة صناعياً هي نظائر لعناصر طبيعية غير مشعة لها نفس العدد الذري ولكنها تختلف في أوزانها الذرية، أي أنها تختلف في عدد النيوترونات. ويمكن تحضير مثل هذه العناصر المشعة صناعياً، بإدخال كميات من العنصر الطبيعي المطلوب في المفاعلات النووية لتتعرض لقذائف النيوترونات. فيمكن تحويل كوبالت ٥٩ غير المشع إلى النظير المشع كوبالت ٦٠ أي بزيادة نيوترون مما يجعل النواة غير مستقرة. وعلى الرغم من أن العناصر المشعة الطبيعية والصناعية تساهم في التلوث الإشعاعي للبيئة وفي تكوين الغبار الذري مما يؤثر على صحة الإنسان والحيوان والنبات، ألَّا أن لها استخدامات في مجال الطب. مثل استخدامها في علاج الخلايا السرطانية لقدرتها على قتل الخلايا السرطانية بصورة أسرع من السليمة، بالإضافة إلى استخداماتها الأخرى في تشخيص بعض الأمراض، وفي الزراعة، والأبحاث العلمية، هذا وتستخدم بعض المواد المشعة في الساعات التي تضيء في الظلام، وفي بعض المجوهرات، وبعض السلع الأخرى.

وتشمل الإشعاعات الصناعية المستخدمة حالياً كل من: مصادر الأشعة التشخيصية، أشعة العلاج، النظائر المشعة والعلاج، النفايات المشعة، الغبار الذري، التعرض السكاني الناتج عن بناء المفاعلات النووية والمعجلات، مصانع الوقود النووي المحترق ومناجم إنتاج المواد المشعة، ويبين الجدول التالي (جدول ٥ ــ ٢) الجرعات المكافئة السنوية الناتجة عن هذه المصادر.

جدول ٥ ــ ٢: الجرعات المكافئة السنوية الناتجة عن الإشعاعات الصناعية.

المصدر	متوسط الجرعة المكافئة السنوية (ميليي سيفرت)
الأشعة السينية التشخيصية	,٧٠
أشعة العلاج	,٣٠
استخدام النظائر المشعة (في الطب)	,٠٢
النفايات المشعة	,٠٢
تساقط الغبار	,٠٧
السكن في حدود منطقة محطة نووية	,٠٥
مصادر أخرى	,٠٤

وتؤثر هذه المصادر الصناعية للإشعاعات على الإنسان من عدة منافذ أهمها:

١ ــ التنفس المباشر.
٢ ــ الأكل الذي يتم عن طريق الفم.
٣ ــ عن طريق الجروح في الجلد.
٤ ــ التعرض المباشر.

لذلك يجب الإهتمام بهذه المصادر الصناعية للإشعاعات مع إدراك أن إهمال انبعاثها إلى الهواء دون رقابه أو نظام يسبب خطراً كبيراً على صحة الإنسان وسائر الكائنات الحية، لذا ينبغي وضع القواعد والمعايير والمقاييس الخاصة ومراقبة الأجواء باستمرار باستخدام أجهزة الكشف عن الأشعة مثل عداد جيجر، كما يجب الحد من استخدامات المواد المشعة والبحث عن البدائل من طرق أخرى تقوم بدورها التشخيصي أو العلاجي، وفي حقيقة الأمر فإن المواد المشعة لها دور ايجابي كبير في نواحي تطبيقية مثل الزراعة والصناعة وغيرها.

٥ ــ ٦ مخاطر التلوث الإشعاعي والوقاية منه :

تحدث الإشعاعات والمواد المشعة تلفاً للأنسجة البشرية يعتمد مدى هذا التلف على الجرعة المتعرض لها الإنسان وعلى ما تمتصه الأنسجة من إشعاع، وعادة ما يعبر عن جرعة التعرض الإشعاعي بالرونتجن وهو عبارة عن ٢٫٥٨ × ١٠ $^{-١٤}$ كولوم/ كجم من الهواء وتكافيء طاقة قدرها ٠٫٠٠٨٧٦ جول/ كجم من الهواء (٠٫٠٠٩٦ جول/ كجم من جسم الإنسان) كما تستخدم وحده الراد للتعبير عن الجرعة الممتصة، والراد هو عبارة عن انتقال كمية من الطاقة مقدارها ١٠٠ ارج لكل جرام من المادة الممتصة. ونظراً لصغر هذه الوحدة فعادة ما يستخدم الجرى والذي يعادل ١٠٠ راد. وللتعبير عن الضرر المكافيء للأنواع المختلفة من الإشعاعات تستخدم وحدة السيفرت للدلالة عن الأثر المتعادل للإصابة، والسيفرت يساوي ١ جول/ كجم.

يكمن ضرر الإشعاعات على خلايا الجسم بسبب تأيين الإشعاعات لجزيئات الخلايا وإثارتها مما يؤدي إلى ظهور تغييرات بيولوجية في الخلايا وتسمى هذه الأعراض بالآثار الذاتية، كما وقد تؤثر الأشعة المؤينة على الخلايا التناسلية فلا يظهر أثرها على الشخص المتعرض بل على نسله.

هذا وتوجد أجهزة لقياس كمية الإشعاع الذي يتعرض له الشخص وكذلك توجد العديد من الأجهزة لقياس كمية الإشعاع في المنطقة الملوثة وكمثال على ذلك عداد جيجر، لذلك فلابد من توفر هذه الأجهزة لمعرفة مدى التلوث الإشعاعي في المنطقة ومدى كمية الإشعاع التي يتعرض لها الشخص المصاب لكي يتم بعد ذلك إخلاء المنطقة وكذلك عمل التدابير اللازمة للوقاية من الإشعاع سواء بتطهير المنطقة الملوثة أو بعلاج المصابين.

وبزيادة تطور برامج الطاقة النووية وتقنيتها أصبح احتمال تعرض الإنسان للأشعة في ازدياد، إذ ارتفع حجم المخلفات المشعة من ٥ مليون جالون في عام ١٩٦٥م إلى ٣٠٠ مليون جالون في عام ١٩٨٠م ويتوقع أن تصبح في عام ٢٠٠٠م أكثر من ٣٠٠٠ مليون جالون، وهذه الزيادة المخيفة في المخلفات المشعة نتيجة للزيادة في استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء، وللحد من مخاطر المخلفات

النووية والوقاية من أضرارها تأسست اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية في عام ١٩٢٨م لتتولى وضع الحدود القصوى من الجرعات الإشعاعية التي يسمح بالتعرض لها وإصدار التوصيات الخاصة بالعمل في الصناعات النووية، ومن أهم توصيات هذه اللجنة بشأن فترات التعرض للعاملين في المجال الإشعاعي:

١ ــ يجب ألا تزيد ساعات العمل في المختبرات أو الأماكن التي تحتوي على الإشعاعات أو المصادر المشعة عن ٧ ساعات في اليوم.

٢ ــ يجب ألا تزيد أيام العمل عن خمسة أيام في الأسبوع.

٣ ــ يجب ألا تقل الأجازة عن شهر في السنة.

٤ ــ يجب قضاء أيام العطلات بعيداً عن تلك المختبرات أو أماكن العمل.

وللوقاية من مضار التلوث الإشعاعي ينبغي مراعاة ما يلي:

١ ــ لا يسمح بالعمل إلا إذا كان ذا فائدة.

٢ ــ يجب أن يبقى التعرض للإشعاع والمواد المشعة في أقل حد ممكن.

٣ ــ يجب ألا تزيد الجرعة المكافئة لأي شخص عن الحدود الموصى بها حسب ظروف العمل.

أمَّا الإجراءات المتبعة للوقاية من الإشعاعات الناتجة عن التفجيرات النووية فهي اللجوء إلى الملاجيء والخنادق المغطاة والمجهزة بوسائل سحب وترشيح الهواء أثناء التعرض لهجوم نووي. كما يجب أن تحتوي هذه الملاجيء والخنادق على كميات من الأغذية والمياه تكفي للمدة الضرورية لبقاء الأشخاص فيها. أمَّا إذا كان الشخص في أرض مكشوفة فأفضل ما يستطيع عمله هو الإستتار بأقرب حفرة والإنبطاح على الأرض مع تغطية العينين والجسم بعيداً عن اتجاه الإنفجار. وفي حالة توفر أقنعة فإنه يفضل لبسها حيث أنها تقي من الأضرار الناجمة عن الغبار النووي.

هذا وتوجد بعض الأدوية مثل حبوب اليود (يوديد البوتاسيوم) وغيرها، التي يمكن تعاطيها لتخفيف آثار الإشعاع في داخل الجسم. وقد برز استخدام مثل هذه الأدوية في أوروبا بسبب الآثار الإشعاعية الناتجة عن انفجار المفاعل النووي السوفيتي الواقع في بلدة تشرنوبل قرب مدينة كييف السوفيتية وذلك عام ١٤٠٦هـ.

المراجـــع

أولاً : العربية .

١ ــ محمد الحسن، **الصناعات الكيميائية ومستقبلها في المملكة العربية السعودية**، الخريجي، الرياض، ١٤٠٥هـ.

٢ ــ محمد الحسن و إبراهيم المعتاز، **ملوثات البيئة**، مكتبة الخريجي، الرياض، ١٤٠٨هـ.

٣ ــ كمال عبد المقصود، **الحرائق في المصانع والكيمياويات**، دار نهضة مصر للطبع والنشر، القاهـرة، ١٩٧٢م.

٤ ــ أحمد ضياء الدين فراج، **الأمان الصناعي**، سلسلة تدريب الفنيين، الهيئة المصرية للكتاب، القاهرة، ١٩٧٨.

٥ ــ جمال عزب كريم، **العلم يقهر النار**، مكتبة القاهرة الحديثة، القاهرة، ١٩٦٧.

٦ ــ س. بسر و أ. كوبكيه، **الأمان الصناعي : الوقاية من الحوادث الصناعية**، ترجمة محمد عبد المجيد نصار، سلسلة الأسس التكنولوجية، مؤسسة الأهرام ــ القاهرة (تاريخ النشر لم يحدد).

٧ ــ علي أورفلي، **الوقاية من الحريق في مؤسسات التعليم**، مؤسسة الرسالة، بيروت، (تاريخ النشر غير محدد).

٨ ــ مارك جونز وناصر السبيعي، **الماء كعامل لإطفاء الحريق**، الندوة الثالثة للأمن الصناعي، الهيئة العليا للأمن الصناعي، وزارة الداخلية، جدة، رجب ١٤٠٤هـ.

٩ ــ محمد الظواهري، **أصول الوقاية من الحريق**، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ١٩٧٠.

١٠ ــ ناصر السبيعي، **عوامل الإطفاء، استعمالها ومجالات تطبيقها وأخطارها**، ندوة أساليب السلامة وتطبيقاتها، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، الرياض، ٥ ــ ٧ ربيع أول، ١٤٠٥هـ.

١١ ــ محمد مصطفى عاشور، **ظروف العمل ومدى تأثيرها على العاملين**، الندوة الرابعة للأمن الصناعي، الهيئة العليا للأمن الصناعي، وزارة الداخلية الظهران، محرم ١٤٠٥هـ.

١٢ ــ عبد المحسن أبو الليف، **التنظيم والتدريب والتطبيق لأساليب السلامة الصناعية**، ندوة أساليب السلامة وتطبيقاتها، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، الرياض ٥ ــ ٧ ربيع أول ١٤٠٥هـ.

١٣ ــ صلاح يحياوي ومعتز العجلاني، **الأمان من أخطار السموم والنيران**، مؤسسة الرسالة، بيروت، ١٤٠٢هـ.

١٤ ــ محمد شاهين، **بحث تطبيقي عن السلامة في مواقع الإنشاء**، ندوة أساليب السلامة وتطبيقاتها، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، الرياض، ٥ ــ ٧ ربيع أول ١٤٠٥هـ.

١٥ ــ ناصر السبيعي وأحمد كدسه، **مواد الإطفاء**، الندوة الرابعة للأمن الصناعي، الهيئة العليا للأمن الصناعي، وزارة الداخلية، الظهران، محرم، ١٤٠٥هـ.

١٦ ــ أحمد بيومي، **العوامل المؤثرة في معدلات تكرار إصابات العمل**، ندوة أساليب السلامة وتطبيقاتها، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، الرياض ٥ ــ ٧ ربيع أول ١٤٠٥هـ.

ثانيـاً : الأجنبيـة :

1 - The Merck Index, Merck & CO. Inc., N.J., USA, 1976.

2 - Freeman, N.T. and Whitehead, J., Introduction to Safety in the Chemical Laboratory, Academic Press Inc., New York, 1982.

3 - Vogel, A., Practical Organic Chemistry, Longman Group Limited, London, 1978.

4 - Bennett, G. F., Feates, F.S. and Wilder, I., Hazardous Materials Spills Hand Book, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1982.

5 - Tuve, R. L., Principles of Fire Protection Chemistry, National Fire Protection Association, Boston, 1976.

6 - Fawcett, H. H. and Wood, W. S., Safety and Accident Prevention in Chemical Operations, Interscience, New York, 1965.

7 - Green, M. E. and Turk, A., Safety in Working with Chemicals, McMillan, New York, 1972.

8 - De Reamer, R., Modern Safety Practices, John Wiley & Sons, New York, 1964.

9 - Blake, R. P., Industrial Safety, Prentic Hall, New Jersey, 1963.

الجـــدول

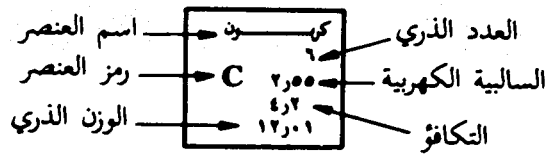
١ب	٢ب	٣أ	٤أ	٥أ	٦أ	٧أ	٨أ
							هيليـــوم ٢ He — — ٤ر٠
		* بـــورون ٥ B ٢ر٠٤ ٣ ١٠ر٨	كربـــون ٦ C ٢ر٠٥ ٤،٢ ١٢ر٠١	نيتـــروجين ٧ N ٣ر٠٤ ٥،٤،٣،٢ ١٤ر٠١	أكـــسجين ٨ O ٣ر٤٤ ٢ ١٦ر٠	فلـــور ٩ F ٣ر٩٨ ١ ١٩ر٠	نيـــون ١٠ Ne — — ٢٠ر٢
		ألومنيـــوم ١٣ Al ١ر٦١ ٣ ٢٦ر٩٨	سيليكـــون ١٤ Si ١ر٩٠ ٤ ٢٨ر١	فوسفـــور ١٥ P ٢ر١٩ ٥،٤،٣ ٣١ر٠	كبـــريت ١٦ S ٢ر٥٨ ٦،٤،٢ ٣٢ر١	كلـــور ١٧ Cl ٣ر١٦ ٧،٥،٣،١ ٣٥ر٥	أرجـــون ١٨ Ar — — ٣٩ر٩٥
نيكـــل ٢٨ Ni ١ر٩١ ٣،٢ ٥٨ر٧	نحـــاس ٢٩ Cu ١ر٩٠ ٢،١ ٦٣ر٥	خـــارصين ٣٠ Zn ١ر٦٥ ٢ ٦٥ر٤	جاليـــوم ٣١ Ga ١ر٨١ ٣ ٦٩ر٧	جرمانيـــون ٣٢ Ge ٢ر٠١ ٤ ٧٢ر٦	زرنيـــخ ٣٣ As ٢ر١٨ ٥،٣ ٧٤ر٩٢	سيلينيـــوم ٣٤ Se ٢ر٥٥ ٦،٤،٢ ٧٩ر٠	بـــروم ٣٥ Br ٢ر٩٦ ٥،١ ٧٩ر٩	كريبتـــون ٣٦ Kr — — ٨٣ر٨
بلاديـــوم ٤٦ Pd ٢ر٢٠ ٤،٢ ١٠٦ر٤	فضـــة ٤٧ Ag ١ر٩٣ ١ ١٠٧ر٩	كادميـــوم ٤٨ Cd ١ر٦٩ ٢ ١١٢ر٤	إنديـــوم ٤٩ In ١ر٧٨ ٣ ١١٤ر٨	قصديـــر ٥٠ Sn ١ر٩٦ ٤،٢ ١١٨ر٧	أنتيمـــون ٥١ Sb ٢ر٠٥ ٥،٣ ١٢١ر٧٥	تيلوريـــوم ٥٢ Te ٢ر١ ٦،٤،٢ ١٢٧ر٦	يـــود ٥٣ I ٢ر٦٦ ٧،٥،١ ١٢٦ر٩	زينـــون ٥٤ Xe — — ١٣١ر٣
بـــلاتين ٧٨ Pt ٢ر٢٨ ٤،٢ ١٩٥ر١	ذهـــب ٧٩ Au ٢ر٥٤ ٣،١ ١٩٧ر٠	زئبـــق ٨٠ Hg ٢ر٠٠ ٢،١ ٢٠٠ر٦	ثاليـــوم ٨١ Tl ٢ر٠٤ ٣،١ ٢٠٤ر٤	رصـــاص ٨٢ Pb ٢ر٣٣ ٤،٢ ٢٠٧ر٢	بزمـــوث ٨٣ Bi ٢ر٠٢ ٥،٣ ٢٠٩ر٠	بولونيـــوم ٨٤ Po ٢ر٠ ٤،٢ (٢٠٩)	استـــاتين ٨٥ At ٢ر٢ ٧،٥،٣،١ (٢١٠)	رادون ٨٦ Rn — — (٢٢٢)
١١٠	١١١	١١٢						

جادولينيـــوم ٦٤ Gd ١ر٢٠ ٣ ١٥٧ر٣	تربيـــوم ٦٥ Tb ١ر٢ ٤،٣ ١٥٨ر٩	دسبروزيـــوم ٦٦ Dy ١ر٢٢ ٣ ١٦٢ر٥	هوليـــوم ٦٧ Ho ١ر٢٣ ٣ ١٦٤ر٩	اربـــوم ٦٨ Er ١ر٢٤ ٣ ١٦٧ر٣	ثوليـــوم ٦٩ Tm ١ر٢٥ ٣،٢ ١٦٨ر٩	يتربيـــوم ٧٠ Yb ١ر١ ٣،٢ ١٧٣ر٠	لوتيتيـــوم ٧١ Lu ١ر٢٧ ٣ ١٧٥ر٠
كوريـــوم ٩٦ Cm ١ر٣ ٣ (٢٤٧)	بركليـــوم ٩٧ Bk ١ر٣ ٤،٣ (٢٤٧)	كاليفورنيـــوم ٩٨ Cf ١ر٣ ٣ (٢٥١)	اينشتانيـــوم ٩٩ Es ١ر٣ — (٢٥٤)	فرميـــوم ١٠٠ Fm ١ر٣ — (٢٥٧)	منديليفيـــوم ١٠١ Md ١ر٣ — (٢٥٨)	نوبليـــوم ١٠٢ No ١ر٣ — (٢٥٩)	لورنسيـــوم ١٠٣ Lr — — (٢٦٠)

* العناصر التي تقع على يمين الخط السميك تصنف على أنها لامعادن والتي تقع على اليسار تصنف على أنها معادن.

الـــدورى للعنـــاصر

** الأرقام التي بين قوسين تشير إلى الوزن الذري للنظير الأكثر استقراراً من العناصر المشعة.



دورة	مجموعة أ١	أ٢								ب٨
١	هيدروجين ١ H ٢٫٢٠ ١ ١٫٠٠٨									
٢	ليثيوم ٣ Li ٠٫٩٨ ١ ٦٫٩٤	بريليوم ٤ Be ١٫٥٧ ٢ ٩٫٠١								
٣	صوديوم ١١ Na ٠٫٩٣ ١ ٢٣٫٠	مجنيسيوم ١٢ Mg ١٫٣١ ٢ ٢٤٫٣	ب٣	ب٤	ب٥	ب٦	ب٧			
٤	بوتاسيوم ١٩ K ٠٫٨٢ ١ ٣٩٫١	كالسيوم ٢٠ Ca ١٫٠٠ ٢ ٤٠٫١	سكانديوم ٢١ Sc ١٫٣٦ ٣ ٤٥٫٠	تيتانيوم ٢٢ Ti ١٫٥٤ ٤٫٣ ٤٧٫٩	فانيديوم ٢٣ V ١٫٦٣ ٥،٤،٣،٢ ٥٠٫٩	كروم ٢٤ Cr ١٫٦٦ ٦،٣،٢ ٥٢٫٠	منجنيز ٢٥ Mn ١٫٥٥ ٧،٦،٤،٣،٢ ٥٤٫٩	حديد ٢٦ Fe ١٫٨٣ ٣،٢ ٥٥٫٨	كوبالت ٢٧ Co ١٫٨٨ ٣،٢ ٥٨٫٩	
٥	روبيديوم ٣٧ Rb ٠٫٨٢ ١ ٨٥٫٥	سترونشيوم ٣٨ Sr ٠٫٩٥ ٢ ٨٧٫٦	يتريوم ٣٩ Y ١٫٢٢ ٣ ٨٨٫٩	زركونيوم ٤٠ Zr ١٫٣٣ ٤ ٩١٫٢	نيوبيوم ٤١ Nb ١٫٦ ٥،٣ ٩٢٫٩	مولبيدن ٤٢ Mo ٢٫١٦ ٦،٥،٤،٣،٢ ٩٥٫٩	تكنيتيوم ٤٣ Tc ١٫٩ ٧ (٩٨)	روثينيوم ٤٤ Ru ٢٫٢ ٨،٦،٤،٣،٢ ١٠١٫١	روديوم ٤٥ Rh ٢٫٢٨ ٤،٣،٢ ١٠٢٫٩	
٦	سيزيوم ٥٥ Cs ٠٫٧٩ ١ ١٣٢٫٩	باريوم ٥٦ Ba ٠٫٨٩ ٢ ١٣٧٫٣٣	لانثانوم ٥٧ La ١٫١٠ ٣ ١٣٨٫٩	هافنيوم ٧٢ Hf ١٫٣ ٤ ١٧٨٫٥	تانتالم ٧٣ Ta ١٫٥ ٥ ١٨٠٫٩	تنجستن ٧٤ W ٢٫٣٦ ٦،٥،٤،٣،٢ ١٨٣٫٩	رنيوم ٧٥ Re ١٫٩ ٧،٦،٤،٢،١ ١٨٦٫٢	أوزميوم ٧٦ Os ٢٫٢ ٨،٦،٤،٣،٢ ١٩٠٫٢	إريديوم ٧٧ Ir ٢٫٢٠ ٦،٤،٣،٢ ١٩٢٫٢	
٧	فرانشيوم ٨٧ Fr ٠٫٧ ١ (٢٢٣)	راديوم ٨٨ Ra ٠٫٩ ٢ ٢٢٦	اكتينيوم ٨٩ Ac ١٫١ ٣ ٢٢٧	يونيلكوديوم ١٠٤ Unq — — (٢٦١)	يونيلينتيوم ١٠٥ Unp — — (٢٦٢)	يونيلهكسيوم ١٠٦ Unh — — (٢٦٣)	١٠٧	١٠٨	١٠٩	

العناصر الانتقالية

٦ اللانثانيدات	سيريوم ٥٨ Ce ١٫١٢ ٤،٣ ١٤٠٫١	براسيوديميوم ٥٩ Pr ١٫١٣ ٤،٣ ١٤٠٫٩	نيوديميوم ٦٠ Nd ١٫١٤ ٣ ١٤٤٫٢	بروميثيوم ٦١ Pm ١٫١٣ ٣ (١٤٥)	ساماريوم ٦٢ Sm ١٫١٧ ٣،٢ ١٥٠٫٤	يوروبيوم ٦٣ Eu ١٫٢ ٣،٢ ١٥٢٫٠
٧ الاكتينيدات	ثوريوم ٩٠ Th ١٫٣ ٤ ٢٣٢٫٠	بروتكتينيوم ٩١ Pa ١٫٥ ٥،٤ ٢٣١	يورانيوم ٩٢ U ١٫٣٨ ٦،٥،٤،٣ ٢٣٨٫٠	نبتونيوم ٩٣ Np ١٫٣٦ ٦،٥،٤،٣ ٢٣٧	بلوتونيوم ٩٤ Pu ١٫٢٨ ٦،٥،٤،٣ (٢٤٤)	امريكيوم ٩٥ Am ١٫٣ ٦،٥،٤،٣ (٢٤٣)