قسم تقنيات الأدلة الجنائية
المرحلة الثانية
المتفجرات والحرائق

المتفجرات

تعريف المتفجرات:
هي مركبات كيميائية غير ثابتة التركيب لها القدرة على أن تتحول بمؤثر خارجي مثل (الطرق - الحرارة - اللهب) الى كمية ضخمة من الغازات ذات ضغط كبير مصحوبة عادة بحرارة عالية وضوء ولهب وصوت، وحتى يمكن توضيح الاستخدامات المختلفة للمتفجرات، فيجب التعرف على خواصها من ناحية القوة المؤثرة الناتجة عنها، وتنقسم المتفجرات من حيث سرعة التحول إلى قسمين:

أ - المتفجرات البطيئة(Low explosives)

هي أنواع من المتفجرات عند احتراقها تتحول تدريجيا وبيطء نسبي مما يكسب الغازات الناتجة عنها ضغطا منتظما له خاصية الدفع بسرعة متزايدة، وهي لا تعطي انفجارا وإلا فقدت الغرض الأساسي منها، ولذلك تستخدم في تعبئة خراطيش المقذوفات ومن امثلتها البارود الأسود.

خواصها:
1. يتم تحولها إلى غازات يصحبها صوت وضوء ولهب.
2. سرعة الاحتراق من صفر- 400 متر/ ثانية.
3. الغرض منها إعطاء قوة دفع.
4. تستعمل في دفع المقذوفات ولذلك سميت بالمواد القاذفة.

ب - المتفجرات السريعة (High explosives)

هي أنواع المتفجرات التي تتحول تحت تأثير المؤثر الخارجي إلى انفجار بسرعة كبيرة وينتج عنها غازات ذات ضغط كبير لها قوة تدميرية هائلة.

خواصها:
1. يتم تحولها الى غازات بسرعة كبيرة مصحوبة بحرارة وصوت وضوء ولهب.
2. سرعة التحول الى انفجار بين 3000 - أكثر من 8500 متر/ثانية.

السرعة الانفجارية:

هي السرعة التي تنتقل بها موجة الانفجار داخل جزيئات المادة والتي تراوح عادة من 3000 إلى اكثر من 8500 م/ث.

قوة الانفجار:

هي كمية الغازات الناتجة عن كمية معينة من مادة شديدة الانفجار أي إنها تتوقف مباشرة على حجم الغازات الناتجة عن الانفجار.

الشراسة:

هي مقياس لمدى قوة على تحطيم الأغراض وإذا كانت قوة الانفجار تقاس بحجم الغازات الناتجة فان الشراسة تقاس بسرعة تولد هذه الغازات.

الحساسية:

هي مدى قابلية المادة للانفجار تحت تأثير العوامل المؤثرة الخارجية التي تسبب التفجير مثل الحرارة و الصدمة.

الاستخدامات المختلفة للمتفجرات:

تنقسم المتفجرات من ناحية الاستخدام إلى:

1. **مواد قاذفة:** تستخدم في تعبئة خراطيش المقذوفات ولها خاصية الدفع مثل البارود الأسود.
2. **مواد بادئة:** هي مواد حساسة جدا للمؤثر الخارجي وتستعمل بكميات قليلة جدا وبكثافة عالية وتستخدم في صناعة الصواعق والكبسولات(تستخدم لقدح الجوة النارية).
3. **مواد شديدة الانفجار:** تستخدم في الأغراض العسكرية كما تستخدم في الأغراض المدنية في أعمال هدم المباني وإنشاء الطرق وشق الأنفاق وأعمال المناجم وتكسير الصخور وخلافه.
4. **مواد متنوعة:** وهي مركبات لإنتاج الدخان (Smoke) والمركبات الحرارية (Pyrotechnics) وتشمل المركبات المضيئة والإشارة والحارقة والكاشفة التي تستخدم في الأغراض العسكرية والألعاب النارية وإشارات الاستغاثة.

المتفجرات المستخدمة في الأغراض المدنية:

يقصد بتلك المتفجرات التي تستخدم فقط في الأغراض المدنية، وغالبا ما تكون على هيئة مسحوق أو عجينة حتى يمكن تعبئتها في حفر التفجير، وعادة لا تزيد سرعتها الانفجارية عن 5000 متر / ثانية. أما المتفجرات العسكرية فيمكن استخدامها في الأغراض العسكرية والمدنية. وتستخدم المتفجرات المدنية في تنفيذ إقامة الطرق وشق الأنفاق وأعمال المناجم وتكسير الصخور وأعمال التفجير تحت الماء. ويتم استخدام الفتايل والصواعق (الكبسولات) في تفجير عبوات المتفجرات.

المتفجرات البلاستيكية

أما أنواع المتفجرات البلاستيكية والتي ظل الإرهابيون يستخدمونها كثيراً طيلة المسيرة التاريخية لحركاتهم فهي كالآتي:

سيمتكس:(Semtex)

قد تكون هذه المادة الخيار المفضل لدى الجماعات الدولية الإرهابية لعدة أسباب أهمها هو توفرها ورخص ثمنها. ويعتبرها الكثيرون من أفضل المتفجرات البلاستيكية وأقواها.

مادة السيمتكس مكونه من مواد بلورية شديدة التفجير وتخلط هذه المادة مع معجون مطاطي المظهر والنتيجة عجينة عديمة الرائحة يسهل تشكيلها ووضعها في أي مكان وهي في نفس الوقت فعالة جدا وقوية كمادة متفجرة.

مادة السيمتكس تتميز بأن اكتشافها صعب جدا من قبل أجهزة المراقبة الأمنية في المطارات حتى وقت قريب. وقد تم تجاوز هذه النقطة بفضل تطور أجهزة المراقبة بالإضافة إلى أن الشركات المصنعة لهذه المادة قامت بوضع عناصر معدنية ضمن مكونات السيمتكس لتسهل على أجهزة المراقبة الإلكترونية رؤيتها مما يعني إحباط عمليات تهريب هذه المادة.

عجينة السيماكس تحتفظ بخصائصها كاملة رغم فترات التخزين الطويلة وهي أقوى بكثير من المتفجرات التقليدية المعروفة كمادة تي.إن.تي شديدة الإنفجار.

مركبات سي:(Composition C)

مركبات سي هي عبارة عن متفجرات بلاستيكية مصنوعة من خليط من مادة (آر.دي.إكس) وعدد من المواد شديدة الإنفجار والمذيبات بهدف جعل الناتج سهل التشكيل باليد ليسهل وضع القطعة في أي مكان وربطها بصاعق صغير.
تستخدم هذه المادة عسكريا بشكل كبير لخفة وزنها وسهولة تركيبها في أي مكان مستهدف.
يرمز لهذا النوع من المتفجرات بالرمز «C» وهناك عدة أشكال منها «C1-C2- C3-C4» والنوعيات التي تستخدم حاليا هي C3 و C4 لكن ليس من المستحيل مضادفة الأنواع الأخرى.

تي.إن.تي:(TNT)

ثالث نترات التولوين (Trinitrotoluene) أو ما يعرف اختصارا باسم التي.إن.تي. هي المادة شديدة الانفجار الأكثر انتشارا من بين كل المركبات الأخرى.
يدخل في تركيبها العديد من المواد الخطرة والمتفجرة . ولتميز هذه المادة بأنها مستقرة ولا تتأثر بالصدمات ويسهل التعامل معها وتظل رغم ذلك من أشد المواد المتفجرة فتكا وهي الخيار المفضل لصانعي الأسلحة الحربية فهي جزء لا يتجزأ من القذائف والقنابل اليدوية.

مادة آر.دي.إكس:(RDX)

من أخطر أنواع المتفجرات وأقواها، تعرف باسم السيكلونايت أو النيتروجين. وهي مادة بيضاء بلورية تدخل في صنع العديد من الأسلحة والمواد المتفجرة الأخرى.
تتميز بثباتها واستقرارها كمادة خطرة ويسهل تخزينها وتحتفظ بخصائصها لفترات طويلة دون أدنى تأثير وتستخدم عسكريا نظرا لأنها من أقوى المواد المتفجرة خصوصا إذا ما تم خلطها مع مركبات متفجرة أخرى مثل مركبات «سي أو تي.»

وزن المتفجرات بالكيلوجرام /مسافة الأمن بالمتر
الى 15 /320
من 16-30 /400
من 21-60 /500
من 61-90 /850
من 91-130 /650
من 131-160 /700
من 161-200 /750
أكثر من ذلك 1000

قسم تقنيات الأدلة الجنائية
المرحلة الثانية
المتفجرات والحرائق

الانفجار و دلالته

الإنفجار، هو تزايد سريع في حجم أو توليد الطاقة الميكانيكية أو الكيميائية أو النووية من بقعة محصورة. وبخاصة حين يولد هذا الانفجار موجة صدمية shock wave مصحوبة بدوي هائل وشظايا متطايرة، وحرارة ، وضوء، وغاز. يتم ذلك من طريق التفكك أو الاحتراق العاجل لأحد السوائل أو الغازات أو الجوامد. وعادة ما يرافقه زيادة هائلة في درجة الحرارة ويتولد عنه كمية من الغازات

فعل الانفجار

تحدث الغازات التي ينشرها الانفجار أو يحررها في زمن قصير مهما كانت طبيعة هذا الانفجار تأثيراً ميكانيكياً فورياً على الوسط الذي يحيط بها. ويحتمل أن يكون الانفجار عنيفاً جداً فيسبب في هذه الحالة أفعالاً تخريبية ناتجة لموجة الصدمة التي تنتشر في الوسط المحيط وناتجة لتأثر الشظايا الصلبة التي تُقذف بعيداً. كما في الانفجار الغازي لمرجل، والانفجار الكيميائي لقنبلة أو قذيفة متفجرة. ويمكن الاستفادة من أفعال الانفجارات المتعمدة في استخراج الفلزات وفي تصديع الصخور وإزالتها وقلع الأشجار وتعميق الترع الزراعية وتمهيد الأرض وإعداد حفر للغرس وتصريف المياه. كما تستعمل في الإنشاءات في أعمال التسوية والهدم ورفع الأنقاض وحفر الأنفاق الكبيرة المقطع وحفر الخنادق والدهاليز والآبار وإعداد الحفر لوضع الأعمدة، وفي الأعمال البحرية، وفي إنتاج الموجات الزلزالية لأعمال التنقيب (التنقيب الزلزالي) وفي تشكيل المعادن وتصفيحها وقطعها وتقسيتها وتزجيجها الأولي. كما تستعمل في رفع حطام السفن الغارقة وفي الأغراض العسكرية في دفع القذائف والصواريخ ومختلف أعمال التدمير.

مسرح الانفجار

يسود معظم مسارح انفجار السيارات المفخخة أو العبوات الناسفة أو الانتحاريين ،حالة من الإرباك والفوضى ، وبثم العبث في مسرح الجريمة ،واجبتا يتم حتى منع الخبراء وأصحاب الاختصاص من الدخول ، وذلك يعود أحيانا لتعدد الجهات المختصة بمكافحة الإرهاب أو الجهات الأمنية ،وعدم تحديد مهام واختصاصات كل منها . ومن اجل التعريف بالإجراءات التحقيقية الصحيحة في مسرح الجريمة لوضع في ادناه الكيفية المطلوبة لتلك الإجراءات التي واجبت اتخاذها في مسرح انفجار سيارة مفخخة أو عبوة ناسفة أو موقع سقوط صاروخ أو عند كل حادث انفجار يقوم بتنفيذها فريق لإدارة مسرح الجريمة بقيادة المحقق. ولكن عند تأخر وصول هذا الفريق لأي سبب فان اقدم ضابط من الشرطة يصل إلى مسرح الجريمة أولاً يكون المسؤول عن اتخاذ الإجراءات الأمنية لحين وصول الضابط المحقق من مكافحة الإرهاب، عندها يقوم بتسليمه مسرح الانفجار.

وبالتأكيد فان وصول قاضي التحقيق أو المحقق العدلي الواقع الانفجار ضمن مسؤوليتهم إلى مسرح الانفجار سيباشر الجميع التحقيق تحت إشرافهم وتوجيههم يتكون فريق الكشف على محل حادث الانفجار برئاسة المحقق من مديرية شرطة مكافحة الإرهاب، يساعده خبراء: المتفجرات، بصمات الأصابع، الأسلحة النارية، الطبيب، المصور الجنائي

ولا بد أن يكون هنالك تفاهما وتعاونا بين الخبراء والمحقق، وتكون قيادة فريق مسرح الجريمة من قبل الضابط المسؤول (المحقق) من مديرية مكافحة الإرهاب على اعتبار إنه ممثل الجهة المعنية بالتحقيق في الجرائم الإرهابية بكل نوعها (جرائم التفجير أو الاغتيال أو الخطف الإرهابي...).

وعلى هذه الجهة مسؤولية كشف الجرائم الإرهابية ومعرفة هوية الإرهابيين والقبض عليهم والتحقيق معهم وتقديمهم للعدالة. وان الخبراء يعملون بمثابة أعوان للمحقق فكل خبير يختص بجانب واحد هو مجال اختصاصه، ولا بد لكل الأدلة ومن عدة جهات أن تصب في ملف الدعوى الذي يكون لدى المحقق، والمحقق يعمل بإشراف وتوجيه قاضي التحقيق الجهة القضائية المخولة بالتحقيق، لذلك لا يجوز للخبير أن يعمل خارج إدارة رئيس مسرح الجريمة الذي هو المحقق وعليه أن يتعاون معه ويقدم له الإجابات وعن كل الأسئلة المطلوب الإجابة عنها.

***الإجراءات الصحيحة الواجب اتخاذها لإدارة مسرح الانفجار كالآتي:**

أ- إغلاق مداخل ومخارج الطرق للمنطقة التي حصل فيها الانفجـــــار بسيارات النجدة أو الشرطـــة المحلية من الجهات الأربع، بان تقف عرضا في الشارع ويترجل الملتزمون ليأخذوا مواضع على جانبي الطرقات وهم متهيئين لأي طارئ وأصابعهم على الزناد، وان لا يتجمعوا في مكان واحد لكيلا يكونوا هدفا لتفجير سيارة ملغومة ثانية، وتكون نقطة غلق الشارع لا تقل عن (00 5) متراً على الأقل عن مكان الانفجار. ولا بد من تحديد مكان الانفجار، من خلال وضع شريط فسفوري حوله، حيث يتم تحديد المكان ولا يسمح باجتيازه إلا من أماكن محددة وللمختصين فقط من محققي مكافحة الإرهاب والخبراء. ويكون موقع وقوف الشرطة القائمين بحراسة الموقع خارج الشريط.

ب- منع سير المركبات ضمن المنطقة المغلقة ومنع دخول أي سيارة إليها، حتى لو اضطر رجال الشرطة إلى إطلاق النار وإعطاب السيارة التي تحاول اقتحام مسرح الجريمة وان اضطروا لقتل صاحبها إذا كانت وضعيتها تدعو إلى الريبة والشك كأن يأتي مسرعا ولا يمتثل لإشارة الشرطة بالرجوع أو التوقف، على أن تكون الإشارة واضحة ومرئية وبواسطة إشارات مرورية (التوقف) وممنوع الدخول.

ج- أول من يدخل مسرح الانفجار المحقق من مديرية مكافحة الإرهاب ومعه مجموعة الخبراء وقوة من الشرطة، وذلك يستوجب أن يكون محققي مكافحة الإرهاب على أهبّـــة الاستعـــداد والجاهزية عند تلقي أي نداء حيث يتوجهوا إلى موقع الانفجار فور حدوث الانفجار، إذ لا يمكن قبول المحافظة على مسرح الانفجار من العبث.

د- إخلاء مسرح الانفجار من تجمعات المواطنين كافة، وعدم فتحه إلا بعد الانتهاء من إجراءات الكشف عليه وتدوين أسماء المتواجدين فيه أو على مقربة منه بعد الانفجار مباشرة، والتحقيق معهم حول بيان سبب تواجدهم وخاصة إذا كانوا من الغرباء عن المنطقة أو من جنسيات أخرى ومدى علاقتهم بذلك المكان والانفجار. ومعرفة الأشخاص المشتبه بهم من بينهم، على أن يتم إخلاءهم من مسرح الجريمة على الفور.

ح- يقوم خبير المتفجرات في (مديرية مكافحة المتفجرات أو مديرية تحقيق الأدلة الجنائية)بفحص مسرح الانفجار والتأكد من عدم وجود (سيارات مفخخة أو عبوات ناسفة أخرى) في مسرح الجريمة أو بالقرب منه أو على مقترباته . ولابد أن يحضر مسرح الانفجار فريق من خبراء المتفجـــرات من (3-4) خبراء لينتشروا في مسرح الجريمة ويقوموا بتفتيشه قبل دخول عجلات الإسعاف أو الإطفاء ، وذلك لان حوادث التفجيرات الإرهابية في السنين الأخيرة أثبتت قيام الإرهابيين بتفجير الكثير من التفجيرات المركبة أو المتسلسلة التي يلغمون في زرعها بمسرح الانفجار ، إذ يتم الانفجار الأول وعند تجمع المواطنين ورجال الأمن والإسعاف والإطفاء ، يتم بعده بدقائق تفجير سيارة مفخخة

ثانية أو عبوة موقوتة ثانية والتي تذهب بأرواح العشرات من خبراء ومحققي ورجال الإسعاف والأمن ومن الخبرات الأساسية وباقي الحضور، وهذا موضوع لا يصح التهاون فيه . وأصبح تفتيش مسرح الانفجار والتأكد من خلوه من المفخخات قبل السماح بدخول باقي وسائل الإنقاذ والإخلاء والإسعاف أمر أساسي حفاظا لحياة الناس.

ح- في حالة حصول حرائق في مسرح الانفجار، يجري قطع التيار الكهربائي عنه وكذلك بعد التأكد من خلو مسرح الجريمة من المفخخات يتم السماح لسيارات الإطفاء (بعد التأكد من هوية سائقيها وصحة عائدية السيارات للجهات الرسمية) بالدخول لمسرح الانفجار، لغرض إطفاء الحريق الموجود فيه، على أن تكون عملية إطفاء الحرائق بالقدر الكافي، وتمرر عجلات الإطفاء قدر الإمكان من طريق لا يؤدي إلى تدمير الآثار في مسرح الجريمة. وتكون عملية الإطفاء بحضور وإشراف خبير الحرائق الذي من المفترض أن يكون موجودا في مسرح الجريمة، لكي يحدد وبدون نقطة ابتداء الحريق وأسبابه. إن معظم المواد المتخلفة بعد حادث الانفجار يمكنها أن تذوب في الماء لذلك لا بد من حماية مسرح الانفجار من التعرض للمياه والرغوية ولابد من الاستخدام الأمثل للمياه والمواد المذيبة للإطفاء وبالقدر الكافي من دون الهدر المبالغ فيه وتحت سيطرة المختصين ومسؤول مسرح الانفجار بعد التأكد من خلو مسرح الانفجار من أي سيارات مفخخة مركونة في أحد جوانبه. وكذلك التأكد من عدم وجود سيارات مفخخة مركونة على جانبي الشارع الذي يوصل الجرحى لأقرب مستشفى ينقل الجرحى إليها . ويسمح لسيارات الإسعاف المعروفة من قبل الشرطة في مركز المدينة أو القضاء أو الناحية بالدخول إلى مسرح الجريمة على أن يجري الطلب من هذه السيارات التوقف قبل دخولها مسرح الجريمة وبعيد عن تجمع فريق مسرح الجريمة والقوة الأمنية المساندة له ويسأل كل سائق ويتأكد من هويته ولا يسمح لأي سيارة غير معرفة سواء كانت سيارات شرطة أو إسعاف أو إطفاء من الدخول ، إذ ربما تستغل مثل تلك السيارات لقيام بتفجيرات ثانية. وفي الحقيقة جرى تفجير أكثر من سيارة إسعاف مفخخة من قبل الإرهابيين في بغداد.

خ- حال التأكد من عدم وجود مفخخات في مسرح الانفجار (ويكون ذلك بالتأكيد بعد إنهاء فحص موقع الانفجار من قبل خبير المتفجرات)، تتم المباشرة بعملية نقل الجرحى إلى أقرب مستشفى في المنطقة على أن يتم تدوين أسمائهم وعناوين سكنهم وأرقام هواتفهم في محضر التحقيق. لكل أحد منهم له علاقة بالانفجار الحاصل على أن يقوم المحقق بأخذ معلومات أولية منهم ،من خلال توجيه عدد من الأسئلة لكل واحد عن سبب تواجده في مسرح الانفجار وعلاقته بالمكان ومعلوماته عن كيفية حصول الانفجار وذلك أثناء إخلائهم من مسرح الانفجار ، لغرض تكوين فكرة أولية عن سبب الانفجار وكيفية حصوله ، على أن يوجد عدد من ضباط تحقيق مكافحة الإرهاب في المستشفى الذي يتم نقل الجرحى إليه، ليباشروا بعملية تدوين أقوال الشهود ممن تسمح حالتهم الصحية بذلك، وتشديد الحراسة على الأشخاص الجرحى الذين يشتبه بأن لهم يداً في تنفيذ عملية الانفجار، وفقا لأسباب مقبولة.

د- يتم تزويد الجهات المختصة بالمعلومات الأولية عن الحادث ونتائجه، وتسجيل الدعوى في سجل الأسامي لمكتب مكافحة الإرهاب، والاستمرار بالتحقيق تحت إشراف القاضي المختص لحين تشخيص هوية الفاعلين والقبض عليهم وتقديمهم الجزاء العادل.

العينات بمسرح الانفجار

وهي مخلفات وآثار المواد المتفجرة عقب حدوث الانفجار والتي يمكن أن تجري عليها التحاليل والفحوصات العلمية، وانفجار المواد المتفجرة تتلاشى فيه المتفجرات والأبخرة في الجو وتوجد صعوبة في أخذ العينات منها ويمكن فقط أخذها في حالة وجود خليط خارج حدود الانفجار ولم ينفجر بعد أو متبقي من المادة المتجرة أو الغلاف المتفسخ.

يوجد نوعان من المخلفات على الأجسام المحيطة بمركز الانفجار:

1. **مخلفات غير منفجرة**: وهي الناتجة من الانفجار بدفع جزء من المادة المتفجرة (الجزء الخارجي) دون أن تنفجر مع بقية المادة ولصقها على الأجسام التي تحيط بمركز الانفجار. قد يحدث انفجار جزئي للمادة نتيجة لوجود شوائب أو عدم كفاية المؤثر.

2. **مواد صلبة**: تكون داخلة في تركيبة المادة المتفجرة مثل كبريتات البوتاسيوم من البارود وتوجد ملتصقة على الأجسام حول المركز.

وتوجد عدة عوامل تؤثر على عملية جمع العينات وهي:

1. تركيز العينة: تزداد كمية العينة كلما زاد وزن المادة المتفجرة وتقل كلما زادت مسافة العينة من مركز الانفجار.

2. الحرارة المتولدة من الانفجار: يولد الانفجار مقدار كبير من الحرارة في قلب الحيز الذي يؤثر فيه ويعرف هذه المنطقة بكرة اللهب، فإن المخلفات في هذا الحيز تحترق، تقدر هذه المسافة بتحديد حجم كرة اللهب.

3. وزن المادة المتفجرة.

4. طبيعة الأسطح حول المادة المتفجرة: يمكن توقع التصاق مثل هذه العينات على كل الأسطح مع اختلاف قابليتها في الاحتفاظ بتلك المخلفات مثل (الأخشاب المصقول من المعادن والأقمشة أفضل من الأخشاب) تؤخذ العينة من الأسطح الغير قابلة للنقل عن طريق قطعة من القطن المبللة بالأسيتون أو أي محلول مناسب أما في المواد التي تمتص كالتربة الإسمنتية تكشط العينة وتؤخذ المواد للمختبر لإجراء التحليلات اللازمة.

كبسولة التفجير

كبسولة التفجير(Blasting cap) : هي أداة صغيرة حساسة من متفجر أولي تستخدم لتفجير مادة متفجرة ثانوية أكثر حجما وأقوى انفجارا وأقل حساسية للاتفجار كالتي أن تي والديناميت والمتفجرات البلاستيكية) الدانتية. وتعد فلمينات الزئبق من المتفجرات المستعملة عادة في صنع كبسولات التفجير.

أسباب الانصعاق

أسباب انصعاق المواد المتفجرة متعددة، منها أسباب حرارية (لهب، إشعاع، تسخين) أو أسباب ميكانيكية (صدم ، احتكاك، موجة صدم) أو كهربائية (شرارة كهربائية). فعندما تكتسب هذه المواد طاقة تنشيطية محدّدة تزيد على الطاقة اللازمة لتحريض تفاعلاتها الانفجارية، تبدأ التفاعلات بالتسارع، وتنتج كمية كبيرة من الغازات الساخنة تنتشر في الوسط المحيط. وتتزايد سرعة الانصعاق في البداية، ثم تستقر بعد زمن محدّد على سرعة ثابتة إلى أن تنصعق المواد المتفجرة بكاملها.

المواد المتفجرة القابلة للانصعاق

1. متفجرات أولية

هي مواد متفجرة حساسة جداً للصدم والاحتكاك والحرارة والكهرباء الساكنة، وتنصعق مباشرةً من جراء تعرضها لكمية ضئيلة من الطاقة التنشيطية. تُستخدم هذه المواد في صناعة المشعلات والصواعق والصمامات التفجيرية، حيث إن كمية ضئيلة منها كافية لتفجير شحنات متفجرة كبيرة جداً. من هذه المتفجرات: فلمينات الزئبق وأزيد الرصاص وستيفنات الرصاص والتترازين وتترو غليسرين وغيرها.

2. متفجرات ثانوية

هي مواد متفجرة حساسيتها أقل من حساسية المتفجرات الأولية، وتتطلب عملية صعقها طاقة تنشيطية أكبر من تلك الضرورية للمتفجرات الأولية. ويمكن تداولها ونقلها وتخزينها، وتُصعق بكمية طفيفة من المتفجرات الأولية. تُستخدم هذه المتفجرات في تعبئة معظم الذخائر الحربية (قنابل، ألغام، رؤوس حربية ، قذائف مدفعية وغيرها). من هذه المواد: TNT و RDX إضافة إلى العديد من المواد الأخرى. ويمكن لهذه المواد أن تكون خلائط بمواصفات ونسب مختلفة للحصول على مركّبات شديدة الفعالية وقابلة للتشكيل والانصعاق.

ولكبسولات التفجير أنواع متعددة منها الكبسولات الكهربائية والكبسولات ذات الفتيل، وتستخدم في الأعمال التجارية كالمناجم والتنقيب والتهديم. تنطلق الأنواع الكهربائية عن طريق التفجير فمبر للتيار يرسل عبر جهاز تفجير بوساطة سلك طويل موصول إلى الكبسولة لضمان الأمان. أما كبسولات الفتيل التقليدية فيتم إشارتها عن طريق مصدر لهب كعود ثقاب أو ولاعة.

الحاجة للصواعق

تأتي الحاجة للصواعق ككبسولة التفجير من خلال تطور المتفجرات الأكثر أمنا. تتطلب أنواع مختلفة من المتفجرات كميات مختلفة من الطاقة (طاقة تنشيطها) لكي تنفجر. ومعظم المواد المتفجرة التجارية تصلح بطاقة تنشيط عالية لجعلها مستقرة وليكون التعامل معها آمن بحيث لا تنفجر إذا وقعت دون قصد أو أخطئ بالتعامل معها أو تعرضت للنار. وتسمى هذه المواد المتفجرة الثانوية. وبالتالي من الصعب تفجيرها عمدا، وتحتاج تفجيرا بادئا صغيرا، وعادة هذا ما يوفره الصواعق. تخزن كبسولات التفجير وبعض الصواعق بشكل منفصل ولا تدخل إلى المتفجرة الرئيسية إلا قبل الاستعمال، للحفاظ على الشحنة الرئيسية آمنة، وقد استخدمت الكبسولات الأولى فلمنات الفضة، لكنها استبدلت بمواد متفجرة كهربية أرخص وأكثر أمنا، وما يزال أزيد الفضة مستعملا أحيانا لكن نادرا نظرا لتكلفته العالية.

الأنواع

1. الصواعق العادية

تأخذ الصواعق العادية عادة شكل مواد متفجرة تعتمد على الإشعال، وفي حين أنها تستخدم في عمليات التفجير التجارية، مازالت تستخدم في العمليات العسكرية. وهذا النوع من الصواعق عادة ما يتم قدحه عن طريق فتيل آمن ويستخدم في التفجيرات التي لا يكون فيها الوقت حاسما كعمليات التخلص من الذخائر، ومن الصواعق الشائعة أزيد الرصاص $Pb(N3)2$ وأزيد الفضة $AgN3$ وفلمنات الزئبق $Hg(ONC)2$

2. الصواعق الكهربائية

يتم استخدام صواعق ذات سلك لتوصيل تفجيري، تنشأ موجة الصدمة البادئة عن طريق تذويب جزء من سلك رفيع عن طريق شحنة كهربائية.

3. الصواعق غير الكهربائية

الصاعق غير الكهربائي هو صاعق أنبوب صدمي مصمم لبدء الانفجار، وعموما بهدف تهديم المباني والتفجير الصخور في المناجم ومقالع الحجارة. تستخدم بدلا من الأسلاك الكهربائية أنابيب بلاستيكية مفرغة لإيصال الدفعة الذرية للصاعق، ما يجعلها منيعة ضد معظم الأخطار المترافقة مع الفلتانات التيار الكهربائي. تتألف من أنبوب بلاستيكي ذو قطر صغير من ثلاث طبقات جداره الداخلي مطلي بمادة متفجرة متفاعلة، توّلد عند إشعالها إشارة منخفضة الطاقة مشابهة لانفجار عداري، وينتقل هذا التفاعل بسرعة تساوي تقريبا 2000 متر في الثانية على طول تجويف الأنبوب مع أقل اضطراب خارجي للأنبوب.

إ. الصواعق اللاسلكية

بدأت الصواعق الإلكترونية اللاسلكية بالتوفر في سوق المنتجات المدنية، وتستخدم إشارات راديوية مشفرة لإيصال إشارة الانفجار إلى الصاعق في الوقت المناسب. وفي حين هي مكلفة الآن، يمكن للصواعق اللاسلكية أن تمكن من تقنيات جديدة في المنتجات حيث يمكن تفجير انفجارات متعددة وتفجيرها بشكل متعاقب دون تعريض البشر إلى أي خطر.

العبوة الناسفة improvised explosive device :

ومعناها بالعربية (عبوة ناسفة مرتجلة أو أداة تفجير مرتجلة)) وتسمى أيضاً **متفجرات الطريق** هي قنبلة محلية الصنع، وتعد من الوسائل غير التقليدية في العمل العسكري، وتصنع من المتفجرات العسكرية التقليدية مثل قذائف الهاون، للتحق بعد ذلك بآلية تفجير كهربائية أو ميكانيكية بغرض التحفيز على الانفجار. تتميز هذه العبوات ببساطة تركيبها، حيث تتكون من عدة عناصر أولها مفتاح التشغيل للعبوة، ثم الصمام وهو عبارة عن بادئ الإشعال، كما تكون هناك شحنة متفجرة وبطارية تشغيل يوضعون جميعهم في حاوية. الشحنات شديدة الانفجار قد تتضمن أجزاء وقطع معدنية للأفراد مثل المسامير أو الكرات الفولاذية، وذلك لكي تتسبب في إحداث جروح خطيرة عند المسافات الأكثر مقارنة بتأثيرات موجات الضغط والمصفف فقط.

الحزام الناسف

منذ انتشار التنظيمات الإرهابية في الشرق الأوسط، عادت إلى الساحة العمليات الانتحارية، سواء في المناطق الساخنة أو الآمنة، لتستهدف في أغلب الأحيان أرواح المدنيين العزل.
تتسبب التفجيرات الناتجة عن الحزام الناسف بـ 90% من مجموع الإصابات
يتراوح وزن السترة الناسفة المحشوة بين 5 إلى 20 كلغ

وتسابقت هذه التنظيمات التي كان أبرزها تنظيم داعش وفروعه وتنظيم القاعدة وفروعه، على إرسال انتحاريها بأحزمتهم الناسفة لاستهداف أعدائها بصورة مباشرة نارة، أو استهداف "جمهور" أولئك الأعداء في محاولة لبث الفتنة الطائفية في المنطقة.

فما هو الحزام الناسف ولماذا يشكل أداة مفضلة للقتل والدمار عند التنظيمات الإرهابية؟

السترة

يتكون الحزام الناسف من حامل يحوي عدة جيوب تحشى فيها المواد المتفجرة، إضافة إلى قنوات شبكة التوزيع الكهربي التي تصل بين الطرفين الأيمن والأيسر .ويوجد على جانبي الحامل لقطتا تجميع، الأولى يطلق عليها اسم "لقطة الأمان" والثانية "لقطة التشغيل" لتفجير الحزام وتصمم المتفجرات على شكل أسطوانات من أكياس شفافة يداخلها المواد المتفجرة، وتوضع هذه الأسطوانات بعد أن تثبت على "لوحة التشظية" داخل جيوب السترة.

المتفجرات

يتراوح وزن السترة الناسفة المحشوة بين 5 إلى 20 كلغ، ويخفيها الانتحاريون عادة تحت الملابس السميكة أو المعاطف، فإن تأثير المواد المتفجرة قد يصل إلى مسافة 15 متراً، حيث تعزل الجهات الأمنية المشتبه بهم من تلك المسافة وتأمرهم بخلع ملابسهم العلوية للكشف عنهم.
ويدخل في تكوين الحزام العديد من أنواع المتفجرات إلا أن النوع الشائع والأكثر تأثيراً هو "C4" ويصنف ضمن المتفجرات البلاستيكية، إلا أن صعوبة الحصول عليه، دفعت بالإرهابيين إلى الاعتماد على أنواع أخرى مثل "TNT" إلا أنه غير ثابت وغالباً ما ينفجر بالانتحاري بعيداً عن الموقع المستهدف، ونيتروكسيد الأسيتون ويشاع استخدامه بين الإرهابيين نظراً لسهولة الحصول على المواد الأولية اللازمة لتصنيعه ولرخص ثمنها.

وحسب الخبراء العسكريين فإن الحبة التي تزن كيلو غرامين من مادة C4 تعادل في حال انفجارها قوة 10 كلغ، من مادة تي إن تي شديدة الانفجار.

الشظايا

تتسبب الشظايا الناتجة عن الحزام الناسف بـ 90% من مجموع الإصابات، وتعد "كرات الصلب" أخطرها وأكثرها استخداماً حيث يتراوح قطرها بين 3 إلى 7 ملم.

ويلجأ الإرهابيون عادة إلى وضع أي مواد مؤذية كصلح من حيث حجمها وصلابتها لأن تكون "شظايا"، مثل المسامير والبراغي.

وبحسب التقديرات، فإن الشظايا قد تنتشر أحياناً إلى مسافة مئة متر، حيث تنتشر حوالي 40 شظية في المتر المربع الواحد على بعد 5 أمتار من موقع التفجير، وعلى بعد 10 أمتار قد تنتشر 30 شظية، لتتقلص إلى حوالي 20 شظية على بعد 15 متراً.

تجدر الإشارة إلى أن عملية التصنيع تحتاج لأكثر من يد إرهابية، إذ يتولى "الخياط" تفصيل الحامل والحبوب وعمل قنوات الشبكة الكهربائية، ويأخذ الموصفات من "الكهربائي" الذي يعمل على توزيع الأسلاك الكهربية الخارجة من الصواعق وتجميعها في نقطة أمان ونقطة التشغيل.

السيارة المفخخة

السيارة مفخخة أو **السيارة ملغمة**، تعرف أيضا باسم **جهاز متفجر مرتجل محمول على مركبة**، سيارة بها جهاز مخصص للانفجار. قد تكون السيارة تحتوي على الشحنة أو قد يتم تفجيرها عن بُعد. هي سلاح معروف في عمليات الاغتيال وفي العمليات الإرهابية وحرب العصابات إما لقتل الشخص أو الأشخاص في العجلة المستهدفة أو الأشخاص حول موقع الانفجار أو تدمير المباني المجاورة لموقع الانفجار.

الاستعمالات

1.الاغتيال

السيارات المفخخة تستخدم في عمليات الاغتيال إما بزرع مادة متفجرة في عجلة الشخصية المستهدفة أو بتفجير سيارة أخرى قرب عجلة أو موكب الشخص المستهدف.

2.الهجمات الانتحارية

تستخدم السيارة المفخخة في هجمات لأهداف معينة وقد يكون السائق هو الانتحاري أو قد يتم تفجيرها عن بُعد في سبيل إحداث أضرار مادية وبشرية بمبنى أو منطقة مستهدفة.

أحجام السيارات المفخخة

حجم العجلة المفخخة قد يحدد مدى كمية المتفجرات التي يمكن حملها وليست بالضرورة أن تكون العجلة المفخخة سيارة فقد تكون شاحنة أو حافلة أو غيرها من العجلات.

تاريخ السيارات الملغمة

أول محاولة تفجير عجلة مفخخة لتنفيذ مراد سياسي كانت محاولة اغتيال السلطان العثماني عبد الحميد الثاني عام 1905 على يد الانفصاليين الأرمن .و بعدها توالت العديد من عمليات الاستهداف بالعجلات المفخخة مثل:

- منظمة الجيش السري الفرنسية.
- مافيا صقلية خلال بدايات الستينيات.
- جماعة الفيت كونغ (VC) خلال حرب فيتنام.
- عمليات الجيش الجمهوري الإيرلندي الانفصالي عن بريطانيا.
- خلال عمليات جماعات طالبان خلال الحرب السوفياتية الأفغانية في أفغانستان.
- خلال الحرب الأهلية السورية
- الفصائيو ثمور التاميل في سريلانكا.
- تنظيم القاعدة في العديد من المواقع حول العالم.

التعرف على المناطق الخطرة

لا تختلف عادة المناطق المزروعة بالألغام من ناحية المظهر عن المناطق الخالية من الألغام ، نظرا لأنها قد لا تحمل أية علامات تحذير معينة كقاعدة . يستحيل عادة رؤية الألغام - فهي غالبا ما تدفن أو تخفى بين الأسلحة الشجيرات المتشابكة . " والمناطق الملوثة بمخلفات الحرب من المتفجرات القاتلة الأخرى قد تكون واضحة ، نظرا لاحتمال وجود طلقات فارغة على الخامس الأرض ، أو دخائر لم تنفجر وما إلى ذلك . وعادة ما تكون الفخاخ المتفجرة والألغام مخفية . ولكن سلوك السكان والتعرف على العلامات الموجودة المناطق على الأرض يمكن أن يساعد على تجنب المناطق التي يحتمل أن تكون عليها خطيرة . يهدف هذا القسم إلى مساعدة القارئ على التعرف على علامات ومعلومات التحذير - وسوف تساعدك اليقظة الدائمة على التعرف على المناطق التي يمكن أن تكون خطيرة وتجنبها

علامات التحذير

في العادة ، لا يضع الأشخاص الذين يزرعون الألغام علامات واضحة للدلالة على وجود الألغام ، ولكن يمكن أن يترك شخص آخر علامة مؤقتة لتحذير الآخرين ، أو قد تضع وكالات إزالة الألغام لوحات رسمية .

و يجب أن تكون على علم بمعظم أنواع علامات التحذير الشائعة المستخدمة في المناطق التي تعيش وتعمل فيها ، وأن تنتبه دوما لهذه العلامات . ولكن لاحظ ، إن عدم وجود علامات تحذير واضحة لا يعني أن المنطقة آمنة من الألغام ، أو الذخائر التي لم تنفجر أو مخلفات الحرب من المتفجرات أو الفخاخ المتفجرة أو العبوات الناسفة بداية الصلح . يقوم الأشخاص في بعض الأحيان بإزالة علامات التحذير وقد تكون العلامات مؤقتة ، وقد لا تتم صيانتها أو ربما لم يتم وضعها إطلاقا

علامات التحذير الرسمية

في بعض الأحيان ، سوف تجد علامات رسمية ، وضعتها إحدى الحكومات ، صورة أو منظمة غير حكومية ، أو وكالة من وكالات الأمم المتحدة ، أو أي منظمة أخرى ، للتحذيرك من مخاطر بعض الألغام أو المتفجرات الأخرى الموجودة في المنطقة ، وقد تختلف علامات التحذير هذه من بلد إلى آخر ولكنها عادة ما تكون حمراء ساطعة ومربعة أو مثلثة الشكل ، ومصنوعة من المعدن أو الخرسانة أو الخشب أو البلاستيك ، وأكثر الطرق شيوعا لوضع العلامات على منطقة مزروعة بالألغام أو متضررة من مخلفات الحرب من المتفجرات باستخدام العلامات الرسمية

١_ علامة الجمجمة والعظام المتقاطعة باللونين الأحمر والأبيض ، ونادرا ما تكون باللونين الأصفر والأسود - وعادة ما يكتب عليها عبارة " خطر الغام " (DANGER MINES) باللغة الإنجليزية و / أو باللغة المحلية

٢_ كلمة لغم أو متفجرات باللغة الإنجليزية و / أو باللغة المحلية

٣_ حبل أو شريط - عادة ما يكون ملونا باللون الأصفر أو الأحمر أو الأزرق .

٤_ مثلث أحمر وفي بعض الأحيان يحتوي على نقطة سوداء او على هي كلمة لغم في المنتصف

٥_ عمود من الخرسانة أو الخشب مطلي باللون الأحمر على أحد الجانبين ، وباللون الأبيض على الجانب الآخر - ويشير الجانب الأحمر إلى الجانب الخطر

وفي بعض الأحيان ، تستخدم الجيوش التقليدية الأسلاك الشائكة أو الأسوار العالية لعزل المنطقة ذات الأهمية العسكرية ، وبخاصة حول النقاط الاستراتيجية الدائمة ، مثل المطارات أو مستودعات الذخيرة ، وبالإضافة إلى ذلك ، قد تتم حماية هذه الأسوار باستخدام الألغام

كما أن برامج مكافحة الألغام ينبغي أن تستخدم الأسلاك الشائكة أو الأسوار للتحذير ولمنع السكان المحليين من دخول المناطق الخطرة

وفي غياب المادة المذكورة ، يمكن أن تبدو علامات التحذير الرسمية مرتجلة الصنع ، كما أن الأحجار المطلية باللون الأحمر أو الأزرق قد تكون بمثابة تحذير جاد :

. وتتعرض جميع علامات التحذير للتآكل مع الوقت ، مما يعني ضرورة أن تكون متينة ، وقد تكون العلامات قد سقطت أو أصابها الصدأ أو أصبحت مغطاة بالنباتات أو (بحسب الفصل) بالثلوج ، وتؤدي مواد البناء الرديئة مع انخفاض جودة الطلاء عادة إلى زوال العلامات من موضعها أو كسرها أو إزالة معالمها إلى حد كبير .

علامات التحذير الغير الرسمية (المرتجلة)

بالإضافة إلى العلامات الرسمية المصممة لتحذير الأشخاص ، قد يستخدم الجيش النظامي أو غيره من الأشخاص المسؤولين علامات للدلالة على المناطق التي تم مسحها ووجد أنها خطيرة ، والتي سوف يتم تطهيرها أو ستخضع لعملية إزالة الألغام في الوقت الحالي وفي أفغانستان ، توضع على مثل هذه المناطق احجار مطلية باللون الأحمر للدلالة على المناطق التي لم تزح منها الألغام واللون الأبيض للدلالة على المناطق التي تم تطهيرها ، كما قد يتم طلاء المباني والطرق والأشجار باللون الأحمر أو الصورة الأبيض مع وضع إحداثيات الخرائط وأرقام حقول الألغام ، مما يشير إلى أن العسكرية وهذا المنطقة قد تكون خطيرة وقد تم مسحهاوفي غياب العلامات الرسمية ، عادة ما يطور السكان المحليون أساليبهم وعلاماتهم الخاصة لتحديد المناطق الخطرة ، وتتفاوت مثل هذه الأساليب من بلد إلى آخر ، وقد تتفاوت حتى بين المناطق المختلفة من نفس البلد . ولا توجد قواعد محددة وسريعة للعلامات المحلية وغالبا ما تكون واضحة

بالنسبة للأشخاص المحليين فقط ، إلا أن مثل هذه العلامات لها بعض الخصائص المشتركة التي تعبر عن الخطر الموجود أمامك ، وقد تشمل ما يلي : -

١_ ربط قطعة من القماش أو حقيبة من البلاستيك في سور أو شجرة

٢_ وضع علبة معدنية على عمود

٣- أكوام صغيرة أو دوائر من الأحجار

٤_ أحجار موضوعة على طول طريق معين

٥_ مجموعة من الأعشاب المربوطة من المنتصف

٦_ عصي مربوطة بحيث تمثل علامة الصليب ، ثم موضوعة على طريق أو موضوعة على الأرض بجوار الطريق

٧- علامات منحوتة في جذع شجرة –

٨_ فرع شجرة مقطوع الطرف

نظرا لطبيعتها الارتجالية ، فإن العلامات المحلية لا تعطي أي دليل عن الموقع المحدد للتهديد أو طبيعته ، وتخيل أن تكون سائرا عبر طريق المناطق أو ممرا حيث تواجه عائقا كيف ستعرف إذا كنت تقف أمام المنطقة يوجد الخطرة ، أم أنك بالفعل أصبحت داخلها ؟ انظر إلى مؤشرات أخرى واسئل أو بالسكان المحليين . عادة ، يمكن استخدام هذه العلامات أيضا لتوضيح أنواع أخرى من الخطر ، مثل جسر متمر ، أو حفرة في الطريق ، إلى ذلك ، إذا كان المعنى توضح هذه العلامات المحلية وجود خطر ويجب توخي الحذر

الادلة التحذيرية

قد توجد الألغام ومخلفات الحرب من المتفجرات والعبوات الناسفة بداية الصنع في أنواع عديدة من المناطق التي شهدت قتالا أو ذات الأهمية الاستراتيجية للمقاتلين ، ونظرا لأن معظم المناطق الخطرة لا توضع عليها علامات تحذير رسمية ، فسوف تضطر في الغالب إلى البحث عن أدلة أخرى للدلالة على أن المنطقة قد تكون خطرة . وفيما يلي بعض العلامات المنذرة التعرف على منطقة خطرة

١_ الغام ومخلفات حرب من المتفجرات و عبوات ناسفة بداية الصنع (مرتجلة) مرئية

٢_ آثار قتال أو نشاط عسكري

٣_ آثار في البيئة وحيوانات نافقة وأجسام غير مألوفة

٤_ السلوك المحلي

الالغام مخلفات الحرب من المتفجرات و العبوات الناسفة بدائية الصنع المرتية

اولا: حافة لغم مدفون و المعدن البارز والاوتاد الخشبية

بالإضافة إلى الصعوبة البالغة لرؤية الألغام (أو استحالتها) ، فإن الألغام في الغالب تكون مموهة عن قصد ، ولزيادة المشكلة تعقيدا يكون موقعها دائما مدفون ومختفي بأعشاب طويلة أو شجيرات كثيفة ، ولكن ، بعض الألغام الأرضية التي توضع فوق الأرض قد تكون مرئية بعد تفحص المنطقة بدقة ، كما ان التآكل أو العوامل الطبيعية تكشف أحيانا الألغام الأرضية أو قد تكشفها جزئيا ، والتلوح التي تخفي حتى الألغام التي تم وضعها على السطح تعقيدات واضحة ، وكذلك الحال بالنسبة لدوبان الثلوج ، ولكن كن حذرا من أن التآكل والعوامل الطبيعية يمكن أيضا أن يتسببا في دمن اللحم الأرضي ، وإذا كنت في منطقة تشك بأنها قد تكون الصورة ملوثة ويمكنك رؤية أي جزء من جسم يبدو مصنوعا من البلاستيك أو علامات

المعدن ، ولا يمكن التأكد من أنه آمن ، عليك الافتراض بأن المنطقة ملوثة بالألغام أو بالذخائر التي لم تنفجر وقد تشير الأوتاد الخشبية أو المعدنية بطول حوالي 30 سم أيضا إلى إمكانية وجود أنواع معينة من الألغام التي توضع فوق الأرض

نادرا ما توضع الألغام فوق الأرض منفردة ، لذلك فإن الدليل على وجود لغم واحد يمكن أن يشير إلى احتمال وجود ألغام أخرى في المنطقة

ثانيا : الذخائر التي لم تنفجر أو المتروكة

وقد تكون المناطق الملوثة بالذخائر المهجورة والتي لم تنفجر أكثر وضوحا من تلك التي تحتوي على ألغام، ولكن وجود مثل هذه الأجسام سوف يشير عادة إلى وجود الألغام أيضا ، وقد ترى طلقات الذخيرة الفارغة على الأرض وقذائف الهاون أو الصفيحة التي لم تنفجر والقنابل اليدوية والصناديق التي تحتوي على ذخائر وأسلحة غير مستخدمة وتشير هذه العلامات إلى وقوع قتال ، وهي مؤشر على احتمال وجود الألغام ومخلفات الحرب من المتفجرات في هذه المنطقة

ثالثا: قطع من الاسلاك أو الشرائط المبعثرة

تتطلب بعض أنواع الألغام وأيضا بعض أنواع العبوات الناسفة بدائية الصنع والفخاخ المتفجرة استخدام أسلاك لتمرير أو أسلاك كهربائية ، إذا رأيت قطعا من الأسلاك ملقاة في منطقة معروف أنها شهدت أعمالا قتالية ، فإن هذا يشير إلى احتمال استخدام الألغام أو العبوات الناسفة بدائية الصنع أو الفخاخ المتفجرة . عادة ما تكون أسلاك التفجير مربوطة عبر المسارات أو آثار السير أو الطرق أو الحقول أو غيرها من المناطق التي يتوقع فيها السير على الأقدام ، تذكر أن رؤية أسلاك التفجير صعبة للغاية وأن عدم القدرة على رؤيتها لا يعني بالضرورة عدم وجودها

رابعا : قضبان التفجير المائلة و الصواعق

في بعض الأحيان ، سوف ترى قضبان تفجير مائلة أو صواعق فوق الأرض ويشير هذا عادة إلى وجود ألغام مضادة للمركبات ، ولكنه قد يشير أيضا إلى وجود ألغام مضادة للأفراد في المنطقة

ويمكن فصل الصواعق عن العبوة المتفجرة أو الدخيرة ، أو تركها ببساطة ملقاة على الأرض دون تثبيت على المتفجرات ، و قد يكون الصاعق صغيرا للغاية ، ولكنه قد يكون خطيرا كذلك ، بل ويمكن أن يكون مميتا ، ويشير وجوده إلى وقوع قتال ، ووجود الألغام ومخلفات الحرب من المتفجرات.

خامسا: العبوات والاغلفة الملقاة و المخلفات العسكرية

بين الحين والأخر ، تقوم القوات بزرع الألغام على عجل ، وتترك العبوات وبكرات أسلاك التفجير ومسامير الأمان الخاصة بالألغام ، فإذا رأيت حاويات خشبية أو بلاستيكية أو معدنية مبعثرة وعليها علامات عسكرية ، يجب أن ترتاب دائما في وجود الغام في المنطقة ، وأيضا يجب أن تنظر إلى وجود أي حلقات معدنية صغيرة ذات مسمار معدني متصل بها كعلامة محتملة على وجود نشاط الغام في هذه المنطقة ، كما أن حاويات القنابل العنقودية التي يحثر عليها في مناطق الصراعات تشير إلى وجود الخطر .

قسم تقنيات الأمنة الصناعية
المرحلة الثانية
المتفجرات والحرائق

الحرائق

حريق بالإنجليزية Fire ، هو الحرارة والضوء والطاقة المنطلقين خلال تفاعل كيميائي يسمى الإحتراق .وتتغير لون وشدة اللهب كمية الطاقة و الضوء حسب نوع المواد المسببة للحريق وكذلك على قدر ما تحتويه من شوائب وعلى إختلاف الظروف البيئية المؤثرة.

عملية الاحتراق

هي تلك الظاهرة الكيميائية التي تحدث نتيجة اتحاد المادة المشتعلة بأكسجين الهواء بعامل تأثير درجة حرارة معينة لكل مادة من المواد وتختلف درجة هذه الحرارة بالنسبة لكل مادة وتسمى (نقطة الاشتعال) . ويتضح من ذلك أنه لكي يحدث حريق يجب أن تتوافر ثلاثة عناصر هي الوقود والحرارة والأكسجين وهو ما يطلق عليه مثلث الاشتعال:

1. الوقود :ويوجد في صورة صلبة مثل (الخشب و الورق و القماش....الخ) والحالة السائلة وتشبه سائل (مثل الشحوم بجميع أنواعها و الزيوت و البنزين و الكحول...الخ) والحالة الغازية مثل (غاز البوتان و الأسيتلين و الميثان..الخ).
2. الحرارة : أي بلوغ درجة الحرارة إلى الدرجة اللازمة للاشتعال ومصدرها الشرر، اللهب، الاحتكاك ، أشعة الشمس ، التفاعلات الكيميائية ... الخ.
3. الأكسجين : يتوافر الأكسجين في الهواء الجوي بنسبة (19-21%).

أسباب الحرائق

من أهم الأسباب التي تؤدي إلى حدوث الحرائق وخاصة في المواقع الصناعية ما يلي:

1. الجهل والإهمال واللامبالاة والتخريب.
2. التخزين السيئ والخطر للمواد القابلة للاشتعال أو الانفجار.
3. تشبع مكان العمل بالأبخرة والغازات والأتربة القابلة للاشتعال في وجود سوء التهوية.
4. حدوث شرر أو ارتفاع غير عادي في درجة الحرارة نتيجة الاحتكاك في الأجزاء الميكانيكية.
5. الأعطال الكهربائية أو وجود مواد سهلة الاشتعال بالقرب من أجهزة كهربائية تستخدم لأغراض التسخين.
6. العبث وإشعال النار بالقرب من الأماكن الخطرة أو بحسن النية أو رمي بقايا السجائر.
7. ترك المهملات والفضلات القابلة للاشتعال بمنطقة التصنيع والتي تشتعل ذاتياً بوجود الحرارة.
8. وجود النفايات السائلة والزيوت القابلة للاشتعال على أرضيات منطقة التصنيع.

تصنيف الحريق

حرائق النوع الأول(A)

وهي التي تنشأ في المواد الصلبة التي تكون غالباً ذات طبيعة عضوية (مركبات الكربون) كالورق والخشب والأقمشة وغيرها من الألياف النباتية وهي عادة تحترق على هيئة جمرات متوهجة . وتتميز بأن هذه غالبية هذه المواد مسامية ويسهل عليها أن تتشرب الماء بما يؤثر على تبريدها من الداخل لذلك يعتبر الماء أكثر الوسائل ملائمة لإطفاء هذا النوع من الحرائق.

حرائق النوع الثاني(B)

وهي الحرائق التي تحدث بالسوائل أو المواد المتصهرة القابلة للاشتعال ولأجل تحديد أنسب مواد لإطفاء هذه الحرائق يمكن تقسيم السوائل القابلة للالتهاب أي نوعين:

1. سوائل قابلة للذوبان أو الامتزاج في الماء.

2. سوائل غير قابلة للذوبان مع الماء.

وعلى ضوء ذلك يمكن تحديد نوعية الوسيط الإطفائي المناسب ويتضمن ذلك رشاشات الماء أو الرغاوي أو أبخرة الهالوجينات أو ثاني أكسيد الكربون أو المساحيق الكيماوية الجافة.

حرائق النوع الثالث(C)

وهي حرائق الغازات القابلة للاشتعال وتشمل الغازات البترولية المسالة كالبر وبان والبيوتان ويستخدم الرغاوي والمساحيق الكيماوية الجافة لمواجهة حرائق الغازات في حالة السيولة عند تسربها على الأرض وتستخدم أيضا رشاشات الماء لأغراض تبريد عبوات الغاز.

حرائق النوع الرابع(D)

وهي الحرائق التي تحدث بالمعادن ، ولا تستخدم الماء لعدم فاعليتها كما وان استخدامها له مخاطرة ، كذلك الحال عند استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون أو المساحيق الكيماوية الجافة على البيكربونات ويستخدم عادة مسحوق الجرافيت أو بودرة التلك أو الرمل الجاف أو أنواع أخرى من المساحيق الكيماوية الجافة لإطفاء هذا النوع من الحرائق.

حرائق التجهيزات الكهربائية

طبقاً للتصانيف الحديث لأنواع الحرائق لم يخصص نوع مستقل لحرائق الكهرباء ويعزى ذلك إلى أن الحرائق التي تبدأ بسبب التجهيزات الكهربائية فأنها في الواقع تنشأ بمواد تعتبر حرائقها من النوع الأول أو الثاني . ويجب لمواجهة حرائق التجهيزات الكهربائية اتباع ما يلي:

-فصل التيار الكهربائي قبل إجراء عملية الإطفاء.

-استخدام وسائل الإطفاء التي تتناسب مع نوعية المواد المشتعلة فيها النار.

-في حالة تعذر فصل التيار الكهربائي أو عدم التيقن من ذلك فتستخدم مواد الإطفاء التي ليست لها خاصية التوصيل الكهربائي وأيضاً عدم التأثير الضار على التجهيزات وهذه المواد تتضمن أبخرة الهالوجينات والمساحيق الكيماوية الجافة وثاني أكسيد الكربون.

أخطار الحريق

أ) الخطر الشخصي

وهي المخاطر التي تعرض حياة الأفراد للإصابات مما يستوجب توفير تدابير للنجاة من الأخطار عند حدوث الحريق.

ب) الخطر التدميري

المقصود بالخطر التدميري هو ما يحدث من دمار في المبنى والمنشآت نتيجة للحريق وتختلف شدة هذا التدمير باختلاف ما يحويه المبنى نفسه من مواد قابلة للانتشار ، فالخطر الناتج في المبنى المخصص للتخزين يكون غير المنتظر في حالة المباني المستخدمة كمكاتب أو للسكن . هذا بالإضافة إلى أن المباني المخصصة لغرض معين يختلف درجة تأثير الحريق فيها نتيجة عوامل كثيرة منها نوع المواد الموجودة بها ومدى قابليتها للاحتراق وطريقة توزيعها في داخل المبنى إلى جانب قيمتها الاقتصادية . هذا كله يعني أن كمية وطبيعة مكونات المبنى هي التي تتحكم في مدى خطورة الحريق واستمراره والأثر التدميري الذي ينتج عنه.

ج) الخطر التعرضي

وهي المخاطر التي تهدد المواقع القريبة لمكان الحريق ولذلك يطلق عليه الخطر الخارجي، ولا يشترط أن يكون هناك اتصال مباشر بين الحريق والمبنى المعرض للخطر. هذا وتنشأ هذه الخطورة عادة نتيجة لتعرض المواد القابلة للاحتراق التي يكون منها أو التي يحويها المبنى لحرارة ولهب الحريق الخارجي . لذلك فعند التخطيط لإنشاء محطة للتزود بالوقود فمن المراعي عند إنشائها أن تكون في منطقة غير سكنية أو يراعى أن تكون المباني السكنية على بعد مسافة معينة حيث يفترض تعرض هذه المباني لخطر كبير في حالة ما إذا ما وقع حريق ما بهذه المحطة وهذا هو ما يطلق عليه الخطر التعرضي.

الإستعمالات

استخدم الإنسان النار من قديم العصور للتدفئة والإضاءة والطبخ ومعالجة الأمراض وغيرها . واستخدمت في التعدين في صهر المعادن والجادة ولحومها . ويعتقد علماء الآثار أن الإنسان قد استخدم النار قبل مليون سنة . في الوقت الحاضر للعديد الاستخدامات في المركبات و وسائل النقل ومحطات الطاقة و الأسلحة كالقنابل التي استخدمته أمريكا في حرب فيتنام ، والاستخدامات الشخصية لمواد التلاب والولاعة وفي المخيمات وجلسات الأصدقاء.

قسم تقنيات الأدلة الجنائية
المرحلة الثانية
المتفجرات والحرائق

كيفية انتقال الحرارة

الأجسام تتبادل الحرارة مع ما حولها ، أي أن درجة حرارتها في الظروف المعتادة غير ثابتة أي أن الحرارة تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم الذي يقل عنه في درجة الحرارة ويحدث ذلك بإحدى الوسائل التالية:

1. الملامسة ـ التوصيل : انتقال الحرارة بالتوصيل يتم بالملامسة المباشرة أو من خلال موصل مثلما يحدث في حالة ملامس اليد لوعاء ساخن إذ تنتقل الحرارة من الوعاء إلى اليد خلال الموصل وتختلف المعادن في درجة قابليتها للتوصيل فبعضها موصل جيد للحرارة والبعض الأخر غير موصل للحرارة كما أن الحرارة تنتقل في السوائل والغازات تتغير الكثافة وتبعاً لتغير درجة الحرارة.

2. تيارات الحمل : تنتقل الحرارة في السوائل والغازات نظراً لتغير الكثافة تبعاً لتغير درجة الحرارة وهي تنتقل بواسطة تيارات الحمل ويتم الانتقال من أسفل إلى أعلى ويمكن ملاحظة انتقال الحرارة بالحمل كما في شبكة أنابيب المياه الساخنة بالمباني ومداخن الأفران والدفايات وانتشار النار في حرائق المباني من الطوابق السفلية إلى العلوية.

3. الإشعاع : الأشعة الحرارية تمتصها بعض الأجسام ويعكسها البعض الأخر فالأجسام السوداء أو المعتمة تمتص حرارة أكبر من الأجسام اللامعة أو ذات السطح المصقول البراق ويكون انتقال الحرارة في الهواء على شكل موجات بالإشعاع الحراري كالأشعة الضوئية والهواء لا يمتص الحرارة بل ينقلها من مصدرها إلى أن تصطدم بجسم ما فإذا كان معتماً يمتصها فترتفع درجة الحرارة أما اذا كان لامعاً أو سطح مصقول فانه يعكس الحرارة إلى الهواء.

طرق إطفاء الحرائق

تعتمد نظرية إطفاء الحريق على الحد من تعاصر عامل أو أكثر من العـوامل الثلاثة السابق ذكرها المحدثة للحريق ، أي إن نظرية الإطفاء تعتمد على كسر مثلث الاشتعال بإزالة أحد أضلاعه أو كل أضلاعه و لذلك تخضع عمليات الإطفاء لثلاث وسائل هي:

تبريد الحريق

ويقصد به تخفيض درجة حرارة المادة المشتعلة وذلك باستخدام المياه والتي يتم قذفها على الحريق وتعتمد هذه الوسيلة أساساً على قدرة امتصاص الماء لحرارة المادة المشتعلة فيها النار ، ويلاقي الماء عند استخدامه لأغراض التبريد نوعين من التغيرات فانه ترتفع درجة حرارته إلى أن تصل إلى درجة غليانه وتحوله إلى بخار يطو سطح الحريق ، ويفيد ذلك في عمليات كتم النيران بإقصاء نسبة أكسجين الهواء.

خنق الحريق

يتم خنق الحريق بتغطيته بحاجز يمنع وصول أكسجين الهواء إليه وذلك بالوسائل التالية:

-غلق منافذ وفتحات التهوية بمكان الحريق للتقليل من نسبة الأكسجين في الهواء إلى النسبة التي لا تسمح باستمرار الاشتعال.

-تغطية المادة المشتعلة بالرغاوى الكيماوية.

-إحلال الأكسجين ببخار الماء أو ثاني أكسيد الكربون أو المساحيق الكيماوية الجافة أو أبخرة الهالوجينات.

-يمكن إطفاء الحريق بفصل اللهب عن المادة المشتعلة فيها النيران وذلك عن طريق نسف مكان الحريق باستخدام مواد نسفة كالديناميت ، وهذه الطريقة المتبعة عادة لإطفاء حرائق آبار البترول.

تجويع الحريق

يتم تجويع الحريق بالحد من كمية المواد القابلة للاشتعال بالوسائل التالية:

-نقل البضائع والمواد المتوفرة بمكان الحريق بعيداً عن تأثير الحرارة واللهب مثل سحب السوائل القابلة للاشتعال من الصهاريج الموجود بها الحريق ، أو نقل البضائع من داخل المخازن المعرضة لخطر وحرارة الحريق ، أو إزالة النباتات والأشجار بالأراضي الزراعية لوقف سريان والتشار الحريق.

-إزاحة وإزالة المواد المشتعلة فيها النيران بعيداً عن المجاورات القابلة للاشتعال لخطر الحرارة واللهب كسحب دالات الأقطان المشتعلة فيها الحريق من داخل مكان التخزين إلى مكان آخر لا يعرض المجاورات للأخطار.

-عزل مجابس الغازات القابلة للاشتعال.

-تقسيم المواد المحترقة إلى أجزاء صغيرة لتصبح مجموعة حرائق صغيرة يمكن السيطرة عليها مثل الطرق على الأخشاب المشتعلة لتفتيتها إلى أجزاء صغيرة أو مزج جزئيات الماء بسطح السوائل القابلة للالتهاب.

<u>الحرائق من منظور جنائي</u>

من الضروري أن يفهم ويمارس المحقق الجنائي علم الأدلة الجنائية بخصوص آثار الحريق حيث تتزايد جرائم الحريق العمد على مستوى البلد وخصوصا في موسم الصيف ومع ازدياد أعدادها تتعقد أساليبها وتتنوع دوافعها وأبرز هذه الدوافع هو الحصول على التعويض من شركات التأمين وقد تكون جرائم الحريق العمد انتقامية أو لإخفاء معالم جرائم أخرى فلذلك تعد هذه الجرائم من أخطر أنواع الجرائم وأشدها ضرراً ويعود السبب لعدم القدرة على التحكم في نتائجها وإلى سهولة ارتكابها وصعوبة تتبع الآثار المادية التي يتركها الجاني في مسرح الحادث، حيث تأتي النار على الأدلة أو الآثار الموجودة في مكان الحريق كما أن استخدام الماء ومواد الإطفاء ودخول رجال الإطفاء والإنقاذ يساعد على إتلاف جميع الآثار المادية التي يمكن أن تساعد المحقق الجنائي في أداء واجبه وأهم تلك الآثار المادية في جرائم الحريق العمد، المواد البترولية المستخدمة عادة في المساعدة وإحداث الاشتعال والمواد الصلبة مثل مسحوق الكبريت أو الفسفور وعيدان الثقاب المستعمل في المكان دون مبرر طبيعي لوجودها قطع القماش المبللة بالمواد البترولية أو لوعية نقل المواد البترولية إضافة إلى وجود آثار تدل على اقتحام المكان قبل الحريق بطريقة غير مشروعة وبقايا الأوراق التي يستخدمها الجاني أحياناً لإشعال الحريق والأدوات المعدنية الغريبة الموجودة في مكان الحادث. كما أن هناك وجود آثار خاصة ترتبط بجريمة أخرى معاصرة لوقوع الحريق ومرتبطة به من أجل إخفاء معالمها وطمس آثارها. وآثار الإصابات على الجاني نفسه مثل الحروق أو الإصابات العرضية. لذلك لابد من التعامل مع آثار الحريق جنائيا لأن هذه الآثار كغيرها من الآثار تتطلب أسلوبا علميا سليما في جمعها ونقلها إلى المختبرات وقد يؤدي عدم استخدام الأساليب العلمية إلى إتلاف الأثر وعدم الاستفادة منه. ومن أهم الإجراءات الواجب مراعاتها عند التعامل مع آثار الحرائق ما يلي:

1- يجب جمع الآثار المحتمل أن تحتوي على مادة مساعدة للحريق ووضعها في وعاء معدني لا يتسرب عبره الهواء.
2- يجب أن تشمل العينات التي تؤخذ من مسرح الجريمة عينات من الأثاث، بقايا الثياب، الجبس، الرماد، الحطام، السناج الأسود، عينة من التربة.
3- جمع عينات من السوائل التي يعثر عليها من مكان الحريق في زجاجات محكمة الإغلاق.
4- يجب جمع أي آثار أخرى مثل الأدوات والأوعية الموجودة في مكان الحادث والتي يحتمل أن تكون قد استخدمت في نقل المواد البترولية، الملابس، قطع الزجاج، رقائق الطلاء، المكونات البلاستيكية المنصهرة، الأسلاك وغيرها.
5- توضع العينات في أوعية نظيفة وجافة وذات حجم مناسب.

6- إغلاق جميع الأوعية بإحكام مع كتابة جميع البيانات المتعلقة بالأثر، ونوعه، والمكان الذي أخذ منه، والتاريخ، ورقم القضية واسم الشخص الذي رفع الأثر.
7- أن تتم عملية نقل الآثار بالسرعة الممكنة إلى المعامل الجنائية لإنهاء إجراء الفحص والتحليل.

ونظرا لأن الإنسان معرض لحمل الأتربة والغبار على جسمه وملابسه والأدوات التي يحملها معه، وهذه الأتربة عبارة عن ذرات دقيقة من تربة المكان الذي يوجد فيه الجاني او المجني عليه يقوم فيه او يتم التواجد فيه، لذا للأتربة من الأهمية كونها تعد من الآثار الواجب الاهتمام بها من قبل المحقق لذا يتم جمع عينات التربة وطرق جمع هذه العينات وأهم الطرق المستخدمة في فحص عينات التربة، باعتبارها من الآثار الفنية لما لها من دلالة جنائية ومن خلالها يمكن:

1. التعرف على الأماكن التي يأتي منها الجناة.
2. تعقب الجناة.
3. ربط المجرم بالجريمة أو الحادث.

آثار الانفجارات الجنائية.

أما في حالات التفجيرات التي تحدث فان من الضروري ان نفهم ان المتفجرات عبارة عن مركبات كيميائية أو مخلوط من عدة مركبات من خصائصها الاحتراق السريع تحت مؤثرات معينة لتعطي كميات هائلة من النواتج في لحظة قياسية قد تصل إلى أجزاء من المليون من الثانية، ويكون لها قوة ضغط عالية مصحوبة بدرجة حرارة عالية جداً تؤثر فيما حولها تأثيراً تدميرياً تختلف شدته حسب نوع المادة المتفجرة المستخدمة.

وعليه فان معاينة حوادث الانفجارات يستوجب:

1. سرعة الانتقال إلى مكان الحادث والتحفظ على الموقع.
2. أخذ الحذر الشديد عند الاقتراب من منطقة الانفجار.
3. إنقاذ المصابين إن وجدوا.
4. تحديد مواقع المصابين والمتوفين وأماكن العثور عليهم بدقة لفائدة ذلك في التحقيق.
5. حصر كافة السيارات والمركبات الموجودة حول الموقع أو داخله وإثبات حالة كل منها مع تمييز السيارات الغريبة عن المكان.
6. الاهتمام بالسيارات التي يُحتمل أن تكون مصدر الانفجار أو يظهر من خلال المعاينة الأولية الاشتباه بها وهي السيارات الأشد تدميراً وإتلافاً.
7. العمل على دفع المخلفات الخرسانية بالإسمنتية بروافع خاصة وذلك من أجل إنقاذ المصابين أولاً، وكشف أرضية مسرح الحادث تماماً لدراسة الآثار والعلامات الموجودة على سطح الأرض، وجمع بقايا المكونات الموجودة الخشبية والبلاستيكية والمعدنية وغيرها.
8. يراعى نقل العينات والشظايا المختلفة والأجزاء التي تم العثور عليها (سواء من جهاز التفجير أو العينات الأخرى ذات العلاقة) إلى المعامل الجنائية لإجراء الفحص والتحليل داخل أكياس نظيفة، ويوضع عليها من الخارج بيانات العينة، وأوصافها، ومكان العثور عليها.

اما أهم الظواهر والصفات المميزة للانفجارات الجنائية ومن ذلك شدة الآثار التدميرية للانفجار وتناثر المخلفات والمحتويات ووجود إصابات بليغة ووجود أثار موضعية تتمثل في وجود حفرة أرضية في مركز الانفجار وتمثل هذه الحفرة أهمية قصوى في البحث عن الشظايا الأولية المنطلقة من الانفجار، ويتوقف شكل هذه الحفرة وعمقها على ثلاثة عوامل هي: (شدة الانفجار، موضع الشحنة المتفجرة بالنسبة لسطح الأرض، طبيعة الأرض ودرجة مقاومتها لتأثير الموجة الانفجارية) ومن الآثار المتخلفة من الانفجارات الشظايا الأولية والثانوية.

المحاضرة التاسعة

عقوبة جريمة الحريق المفتعل

أولا/ جريمة الحريق العمدي في القانون العراقي

الحريق ظاهرة طبيعية قبل ان تكون جريمة يعاقب عليها القانون حيث لازمت الانسان منذ بداية الخليقة و حياة البشر كونها ضرورية لحياة البشر فالاحتراق ظاهره كيميائية قد تكون سلبية تنجم عنها إضرار مادية أو معنوية و يؤدي إلى إتلاف الكثير من الأموال و قد تؤدي إلى إزهاق حياة الانسان أو الحيوانات في بعض الحالات بالرغم من الاستفادة من الحرائق في بعض الصناعات و التعدين في مجال المعادن و الذهب و الفضة و قد ازدادت في الأونة الأخيرة ظاهرة حرق المزارع ومحاصيل الحنطة و الشعير والحريق في الدوائر الرسمية و المخازن و الأسواق الكبرى كسوق الشورجة وان الحرائق قد تحدث نتيجة العوامل الطبيعية كارتفاع درجات الحرارة و العواصف الرعدية تؤدي إلى حرائق في الغابات ولكن في بعض الحالات يكون الحريق متعمدا أو مفتعلا بسبب تصرفات بعض الناس قد تكون عمدية أو بسبب تماس كهربائي في أماكن مختلفة كالبيوت و المصانع و المحال التجارية نتيجة سوء التخزين أو نتيجة الجهل و الإهمال و عدم وجود التهوية و ارتفاع درجات الحرارة أو نتيجة رمي اعقاب السجائر أو إشعال النار بالقرب من المنشآت النفطية و ان مكافحة الحرائق هو من واجبات الدفاع المدني حيث نص قانون الدفاع المدني العراقي رقم (44) لسنة 2013 الذي صدر بغية تعزيز الإجراءات و التدابير الوقائية لجميع شرائح المجتمع و أثرها في تقليل احتمالات حصول الحوادث و تحجيم أثارها في حالة حدوثها و لغرض تنفيذ مراجع التدريب و تامين وسائل و مستلزمات و أجهزة التدخل و المعالجة في الحالات الطارئة و توسيع دائرة الجهد المنظم في دوائر الدولة و جميع القطاعات ضمن ضوابط قانونية ملزمه في إطار مهام واجبات الدفاع المدني و انسجامها مع هذا التطور و المخاطر المحتملة و الأصل ان جميع الجرائم قد تقع بشكل مباشر و لكن استثناء تقع الجريمة بشكل غير مباشر و عليه يعتبر الجاني في جريمة الحريق مسؤولا جزائيا حتى لو تضافرت أسباب أخرى و ان جريمة الحريق سواء كانت عمدية او غير

عمدية أي بشكل خطأ توجب قيام الجاني بفعل فلا يمكن ان تقع هذه الجريمة بطريقة الامتناع او الترك و لا يعتد القانون العقابي في كثير من الحالات بكيفية قيام الجاني بفعل الحريق أي لا يشترط طرق محددة و ذلك لاختلاف الطرق و الوسائل في احداث الحريق .

فقد يكون بالقاء مادة حارقة او كبريت مشتعل او سيكارة مشتعلة او بتسليط تيار كهربائي ويمكن القول بان الحريق يقع باي مادة يمكن من شانها الاشتعال كما ان المشرع العراقي في قانون العقوبات العراقي رقم 111 لسنة 1969 المعدل قد نص في المادة 360 منه على ان (يعاقب بالحبس مدة لا تزيد على سنتين و بغرامة او باحدى هاتين العقوبتين من عطل عمدا باية صورة من الصور او اخفى او غير مكان أي جهاز او اله او غير ذلك مما هو معد لاطفاء الحرائق . . .) و ان المشرع العراقي قد عاقب على جريمة الحريق العمدي في المادة (342) من قانون العقوبات العراقي رقم 111 لسنة 1969 المعدل والتي نصت على :

1. يعاقب بالسجن مدة لا تزيد على خمس عشرة سنة كل من اشعل نارا عمدا في مال منقول او غير منقول و لو كان مملوكا له اذا كان من شان ذلك تعريض حياة الناس او أموالهم للخطر .
2. و تكون العقوبة السجن المؤبد او المؤقت اذا كان اشعال النار في احدى المحال التالية :

أ . مصنع او مستودع للذخائر او الأسلحة او ملحقاته او في مخزن عسكري او معدات عسكريه .

ب. منجم او بئر للنفط

ج . مستودع للوقود او المواد القابلة للالتهاب او المفرقعات .

د . محطة للقوة الكهربائية او المائية او الذرية .

هـ . محطة للسكك الحديد او ماكنة قطار او في عربة فيها شخص او في عربة من ضمن قطار فيه اشخاص او في مطار او في حوض للسفن او في سفينة او مبنى مسكون او محل اهل بجماعة من الناس.

ز . مبنى مشغول من دائرة رسمية او شبة رسمية او مؤسسة عامة او ذات نفع عام .

3 . وتكون العقوبة السجن المؤبد اذا كان الغرض من الجريمة تيسير ارتكاب جناية او جنحة او طمس اثارها او اذا عطل الفاعل الات الإطفاء او وسائلة او افضى الحريق الى عاهة مستديمة او كان اشعال النار باستعمال مفرقعات او متفجرات .

4 . و تكون العقوبة الإعدام او السجن المؤبد اذا افضى الحريق الى موت انسان و نجد ان المشرع العراقي لم يستعمل مصطلحا واحدا في كل من أنواع الحريق فهو يستخدم (كل من اشعل النار عمدا) عند قيام جريمة الحريق العمد و لكنه لم يستخدم نفس المصطلح عند بيانه لاحكام جريمة الحريق الخطا فقد نص على انه (كل من تسبب بخطئه في احداث الحريق ...) و ان القصد الجنائي في جريمة الحريق العمدي هو قصد خاص لدى الفاعل باعتبار ان جريمة الحريق عمدا من جرائم الخطر العام و تحميل الفاعل كافة النتائج التي يترتب عليها فعله الجرمي المتوقعة و غير المتوقعة وفي قانون العقوبات العراقي يسال الجاني بعقوبة مشددة في الجرائم ذات الخطر العام .

و قد تصل العقوبة إلى الإعدام في حالة موت الانسان كما جاء في المادة 342 / رابعا من قانون العقوبات حيث يعاقب عن موت الانسان و ان لم يكن يتوقع حدوث الموت و أشار المشرع العراقي إلى نوعين من الظروف المشددة في جريمة الحريق عمدا و علة التشديد ترجع إلى بعض الأمكنة مثل المصانع والمطارات و محطات السكك الحديدية و دوائر الدولة و التشديد الراجع إلى اتخاذ جريمة الحريق وسيلة لارتكاب جريمة أخرى أو طمس أثارها و التشديد الراجع إلى الوسيلة أي استعمال وسائل أخرى لارتكاب الجريمة مثل استعمال المفرقعات أو المتفجرات أو التشديد الراجع إلى النتيجة أو تعطيل المرفق العام و ان المشرع العراقي لم ينص على تخفيف العقوبة في جرائم الحريق و مع ازدياد جرائم الحريق عمدا فمن الضروري تعديل قانون العقوبات العراقي رقم 111 لسنة 1969 المعدل و تشديد العقوبة في حالة استهداف المزارع ذلك لان ذلك الحريق يستهدف الاقتصاد الوطني و اعتبارها من جرائم التخريب الاقتصادي و كذلك الحال بالنسبة لحرق المحال التجارية والأسواق فلابد من

تشديد العقوبة و تعديل نص المادة 342 من قانون العقوبات العراقي رقم 111 لسنة 1969 بالنسبة لحرق دوائر الدولة و التعمق بالتحقيق في جرائم الحريق من قبل السلطات الأمنية و عدم اعتبارها نتيجة تماس كهربائي أو قضاء أو قدر لكونها تكلف الدولة مبالغ كبيرة و ان العقوبة المنصوص عليها في المادة (342) من قانون العقوبات العراقي رقم 111 لسنة 1969 المعدل .

ماذا نعني بالحريق العمدي وماهي دوافعه:

الحريق العمدي هو الحريق الذي ينتج عن فعل فاعل ويوجد فيه عامل الاصرار والترصد بقصد اتمام الفعل أي فعل الحريق , والحريق العمد غالباً ما تكون دوافعه إما الرغبة في تحقيق منافع غير مشروعة، كما في السعي للحصول على التأمين أو أن يكون مضرم النار مدبوناً ولحقد وكراهية أو دوافع إنتقامية وأحياناً تكون الإصابة بالأمراض النفسية أو العقلية سبباً في تعمد اشعال الحرائق.

تمهيد

تم اكتشاف البارود gunpowder والبارود الأسود black powder من قبل الصينيين في عام ٨٠٠ قبل الميلاد، وكانا هما المتفجرين الوحيدين المستخدمين حتى القرن التاسع عشر الميلادي، حيث ظهر ما يعرف بمتفجر النيتروجلسرين Nitroglycerin ويرمز له بـ NG، ويعد تكوين هذا المتفجر هو أول ظهور للمتفجرات القوية حيث استخدم في عمليات التعدين وحفر المناجم . ولكن بعد إجراء عدة تجارب له اكتشف أنه غير مستقر وأن التعامل معه محفوف بالمخاطر فقام العالم السويدي ألفريد نوبل Alfred Nobel في عام ١٨٦٧م - الذي أنشأ جائزة نوبل للسلام - بالربط بين المواد الزيتية والنيتروجلسرين، وأدى ذلك إلى الحصول على منتج جديد أكثر أمناً من النيتروجلسرين يعرف بالديناميت. ومما يشار إليه أن للمتفجرات استخدامات مهمة في الجانب السلمي بالإضافة للجانب العسكري، فيمكن استخدامها والاستفادة منها في شق الأنفاق وحفر الآبار في المناطق الجبلية، وفي المناجم، وفي صنع الألعاب النارية. إضافةً إلى هدم المباني في المدن لإعادة بنائها، أو تعبيد طرق بدلاً منها.

أولا / تعريف المتفجرات

تعرف المتفجرات بأنها مواد كيميائية أو خلائط فيزيائية لديها القدرة على التحول السريع واللحظي من الحالة التي عليها إلى غازات ساخنة ملتهبة ضغطاً وحرارة بعد تعرضها لمحرض خارجي (ضغط – طرق - حرارة - تيار كهربائي - احتكاك - صدمة). تقوم ميكانيكية الانفجار على أساس تحول الطاقة الكامنة للمواد المتفجرة والمحجوزة في حيز مغلق إلى طاقة حركية وحرارية عالية بعد تعرضها لعامل خارجي، حيث تنطلق هذه المواد وتتمدد بشكل مفاجئ وسريع لتؤثر على المنطقة المحيطة بها

ثانيا / تصنيف المتفجرات Classification of Explosives

أ- من حيث طريقة الانفجار

يوجد ثلاثة أنواع رئيسة من الانفجارات هي : الانفجارات الكيميائية Chemical Explosions ، والانفجارات الميكانيكية Mechanical Explosions والانفجارات النووية Explosions Nuclear.

١. **الانفجارات الكيميائية:** تتميز بحدوث تحول وتمدد للمواد المكونة لها بشكل سريع ومفاجئ إلى غازات ساخنة كما يتضاعف حجمها إلى عدة آلاف حجم المادة الأساسية، وذلك في زمن قصير جداً لا يتجاوز أجزاء من الثانية، مثل متفجر TNT، ومتفجر NG.

٢. **الانفجارات الميكانيكية:** تحدث نتيجة ازدياد الضغط في حيز مغلق مما يحول الطاقة الكامنة للجزيئات الموجودة فيه إلى طاقة حركية فتعمل على زيادة التصادمات بين هذه الجزيئات، مما يؤدي إلى انفجارها، ومثال على ذلك فرن الضغط المستخدمة في الأكل وسخانات المياه وانفجار إطارات السيارات.

٣. **الانفجارات النووية:** تحدث نتيجة لتفاعل نووي مستمر وبسرعة ثابتة فيتحرر في أثناءه قدر هائل من الطاقة كما هو موضح في الشكل (١). تجرى في الوقت الحاضر تجارب لاستخدام هذا النوع من الانفجارات في المجال السلمي بغرض استخراج النفط.

شكل (١) عملية انفجار نووي

ب- من حيث القوة

معظم المتفجرات عبارة عن خليط من الوقود Fuel ، والمؤكسدات Oxida-tive متحدة مع بعضها بعضا، ومضافاً إليها ما يعرف بالبادئات أو المحسسات Sensitizers ، والتي تتميز بأنها ذات حساسية عالية وقوة تفجير منخفضة. ويمكن تصنيف المتفجرات من حيث القوة إلى نوعين رئيسين :

A. المتفجرات المنخفضة Low Explosive

يتميز هذا النوع بأنه يحترق أكثر من أن ينفجر، والأضرار الناتجة عن هذا النوع تكون حرارة ولهب أكثر من أن تكوّن موجة انفجارية. ويعد كلاً من البارود، والبارود عديم الدخان من أكثر المتفجرات شهرة في هذا الصنف حيث تتراوح سرعة انفجارها في مدى ٤٠٠م / ث . ويغلب استخدامها كدافع propellant للطلقات، كما تستخدم في الألعاب النارية، وتفجير الصخور بالإضافة إلى استخدامها كبادئات لتفجير المتفجرات العالية High Explosive، لذا يطلق عليها بالمتفجرات البادئة Initiation Explosive، حيث تستطيع البدء بعملية التفجير عن طريق إحدى العمليات التالية:

- توليد الحرارة
- إكمال دائرة كهربائية
- إحداث صدمة أو صعقة shock تكفي للمتفجر

إضافة إلى ذلك، يتميز هذا النوع من المتفجرات بأنه محصور دائما في حيز مغلق Confined، لذا فعند احتجازه يكون عازلا ذات حرارة وضغط عاليين، مما ينتج عن ذلك حدوث عملية الانفجار. ويكمن السبب في حصرها في حيز مغلق لأنه عند تعرضها للهواء الجوي فإنها تحترق بدلا من أن تنفجر، لأن الضغط لا يكون عالي.

B. المتفجرات العالية High Explosive

يتميز هذا النوع من المتفجرات بسرعة انفجاره ككتلة واحدة، حيث يكتمل التفاعل والانفجار في أجزاء من الثانية بعد إشعاله. ويتميز بأنه ينتج موجات اصطدامية ذات ضغط عال، مما يكون قوة تحطيم يمكنها أن تزيح الأجسام المختلفة إلى مسافات بعيدة. وتنقسم المتفجرات العالية إلى قسمين رئيسين هما: المتفجرات الأولية Primary explosive والمتفجرات الثانوية Secondary explosive .

١. المتفجرات الأولية Primary explosive

تتسم بأنها مركبات غير ثابتة unstable وذات حساسية عالية يمكن أن تنفجر بسهولة عند تعرضها لصدمة أو حرارة أو شرارة، وتتراوح سرعة انفجارها بين ١٠٠٠-٥٥٠٠ م / ث ، ومن الأمثلة عليها : فلمنات الزئبق، وأزيد الرصاص، ومستفينات الرصاص، كما في جدول (١)

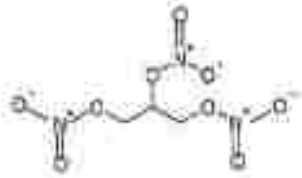
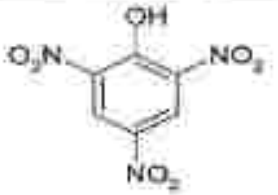
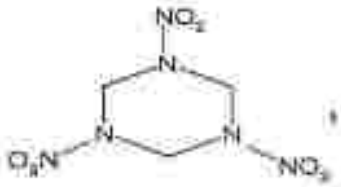
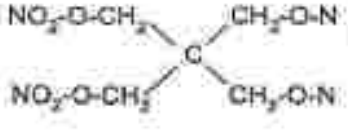
جدول (١) خصائص بعض من المتفجرات الأولية

المتفجر Explosives	التركيب الكيميائي Chemical structure	الكثافة (جم/سم³) Density (g/cm³)	سرعة الانفجار Speed	مؤشر القوة Power Index
فلمنات الزئبق Mercury fulminate	$(C{\equiv}NO)_2Hg$	٤,٤٢	٢٣٠٠	١٤
ستفينات الرصاص Lead styphnate		٣,٠٧	٣٩٢٥	٢٤
أزيد الرصاص Lead azide		٤,٨	٥٢٠٠	٢٣

٢. المتفجرات الثانوية Secondary explosive

يتصف هذا النوع من المتفجرات بالثبات Stable مقارنة بالنوع السابق كما أنه أقل حساسية من المتفجرات الأولية ويحتاج (في الغالب) إلى مفجر أولي كبادئ لتفجيره. ومن الأمثلة على هذا النوع متفجر RDX حيث تصل سرعة انفجاره إلى ٨٤٤٠ م/ث كذلك متفجر النيتروجلسرين التي تصل سرعة انفجاره إلى ٧٧٥٠ م/ث ، ويوضح الجدول (٢) بعض خواص المتفجرات الثانوية.

جدول (٢) خصائص عدد من المتفجرات الثانوية

المتفجر Explosive	التركيب الكيميائي Chemical structure	الكثافة (جم/سم٣) (Density (g/cm3	سرعة الانفجار Speed	مؤشر القوة Power Index
نيترو جلسرين Nitroglycerin $C_3H_5N_3O_9$		١,٦٠	٧٧٥٠	١٧١
حمض البيكريك Picric acid		١,٦٠	٧٩٠٠	١٠٠
TNT ٢،٤،٦-ثلاثي نيترو تولوين 2,4,6-Trinitrotoluene $C_7H_5N_3O_6$		١,٥٥	٦٨٥٠	٣٣١,٢
RDX هكسوجين: ثلاثي المثيلين الحلقي – ثلاثي نيترامين HexogenCyclotrimethylene-trinitramine $C_3H_6N_6O_6$		١,٧٠	٨٤٤٠	٤٥٧
PETN بنتا ايرثريتول – رباعي النيترات Pentaerythitol-tetranitrate		١,٦٠	٧٩٢٠	٤٩٢

ج- من حيث الحساسية

عند مقارنة درجة الحساسية بين المتفجرات الأولية والثانوية نجد ما يلي:

1. أن المتفجرات الثانوية أقل حساسية للاحتكاك friction بنسبة تتراوح ما بين ١٠ - ١٠٠ مرة مقارنة بالمتفجرات الأولية.
2. أن المتفجرات الثانوية أقل حساسية للاصطدام impact بـ ١٠ مرات من المتفجرات الأولية.

أيضاً لبدء عملية التفجير لابد من إضافة مواد وأدوات لكل من المتفجرات الأولية والثانوية مثل الأسلاك والصواعق وبعض الأنظمة الأخرى وذلك لكي تسبب موجة صاعقة اصطدامية قادرة على تفجير المتفجر.

ثالثاً / تأثيرات الانفجارات

١- التسقف والتدمير

يترافق هذا الأثر مع أي انفجار، وذلك نتيجة لصدمة تمدد الغازات بسرعة كبيرة جداً، وفي زمن قصير يعادل أجزاء من الثانية فينتج ضغوط هائلة بسبب تراكم الغازات وتكون موجة انفجارية تعمل على تدمير أي شيء يقع في طريقها.

٢- الضغط

نظراً لتحول الطاقة الكامنة للمواد المتفجرة إلى طاقة حركية وفي أجزاء قليلة جداً من الثانية، فإنه ينتج عن تلك العملية كمية كبيرة جداً من الغازات وبتضاعف حجمها إلى الاف المرات وتصل سرعتها إلى ١٠٠٠٠ كم / ث تقريباً، مما ينتج ضغطاً ضخماً جداً يعمل على تحطيم وتدمير أي شيء يقع أمامه من أجسام ومواد. وبشكل عام يكون الضغط الناتج من الانفجار طورين رئيسين هما:

- الطور الإيجابي Positive Phase

هذا الطور هو الذي ينتج عنه معظم التدمير وهو عبارة عن موجة تتكون بشكل كروي فتضغط الجو المحيط بها وتقرغه من الهواء، وتنتشر بشكل سريع فتدمر الأجسام التي تقع في مجالها.

- الطور السلبي Negative Phase

هو أقل تدميراً من الطور الإيجابي، ويتكون بعد انتهائه كردة فعل له، حيث يعود الهواء ويملأ الفراغ الذي خلفه الطور الإيجابي السابق.

٣- الحرارة

وجد أن المواد بطيئة الانفجار تستغرق وقتاً أطول في عملية الاحتراق وتنتج كمية حرارة أعلى مقارنة بالمواد سريعة الانفجار التي تستغرق وقتاً أقل وتعد بحرارة أقل ونتيجة لكمية الحرارة الناتجة تتسبب المواد بطيئة الانفجار في إحراق مساحة أكبر من المواد سريعة الانفجار.

رابعاً / ميكانيكية الانفجار

تحدث الانفجارات عندما تكون سرعة الاحتراق للمواد المتفجرة أسرع من سرعة الصوت، لذا فإن عملية الانفجار هي عملية احتراق ولكن بسرعة أعلى من سرعة الصوت. تتكون المتفجرات (في الغالب) من الكربون C، والأكسجين O_2 والهيدروجين H_2 والنتروجين N_2 ونواتج هذه العملية (في الغالب) هي: ثاني أكسيد الكربون CO_2 والماء H_2O، مع بعض المواد المتطايرة الأخرى مثل غاز النيتروجين N_2.

ومع أن التركيب النموذجي للوقود هو الكربون والهيدروجين، فإن وقود المتفجرات يتميز باحتوائه على الأكسجين. وتختلف وفرة الأكسجين من متفجر لآخر فمثلا يحتوي متفجر NG على نسبة كافية من الأكسجين، بينما يحتوي متفجر TNT على الأكسجين، لكن بنسبة منخفضة.

من جانب آخر فإن بعض المركبات قد لا تحتوي على أكسجين، ومع ذلك تكون قوتها التفجيرية عالية مثل أزيد الرصاص المصنف كمتفجر أولي، والتعويض نقص الأكسجين في بعض المتفجرات يستعان بمصادر مؤكسدة خارجية تخلط مع المتفجر، مثل الكلورات ClO_3 والبيركلورات ClO_4 ، وذلك للعمل على زيادة القوة الانفجارية لها. وجدير بالذكر إن سرعة التفجير للتراوح في المدى بين ١٥٠٠ - ٩٠٠٠ متر / ثانية مع العلم أن هذه السرعة تعتمد على الضغط ودرجة الحرارة حيث تؤثر درجة الحرارة في كثافة المتفجر وسرعة انفجاره حسب المعادلة التالية:

$$V = (331.4 + 0.6T)\ ms^{-1}$$

حيث إن :

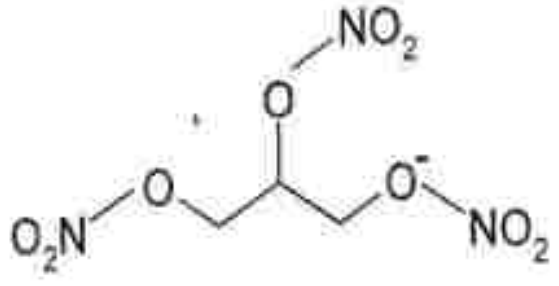
V : هي سرعة الصوت

T : درجة الحرارة بالمئوي م°

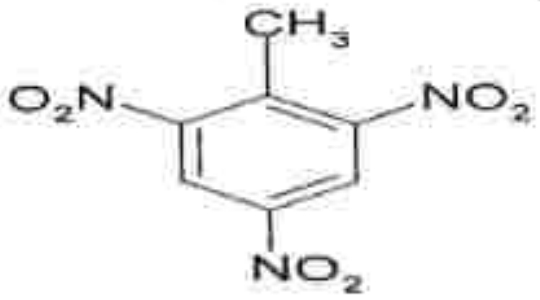
وعند ٢٥°م فإن سرعة الصوت هي ٣٤٧ م / ث . ونتيجة لذلك فإنه أثناء عملية التفجير تتكاثر الموجة الانفجارية بسبب خليط التفاعل، بحيث تصبح كثافة مواد الموجة الانفجارية أكثر من كثافة الهواء، أي إنه كلما زادت كثافة الموجة الناتجة فإن سرعة الانفجار ستزداد وبالتالي ستزداد قوة انتشار الموجات الانفجارية. ويجب ملاحظة أن السرعة الانفجارية لا تعتمد على نسبة الأكسجين الموجود في المتفجر فقط (مع أن هذا العامل له دور مهم في ذلك) فبعض المتفجرات تكون غنية بالأكسجين ومع ذلك بطيئة في الانفجار.

بينما متفجرات أخرى تتصف بأنها فقيرة بالأكسجين مثل مركبات النيترو العطرية (RDX,TNT) ومع ذلك فإنها تتميز بسرعات عالية في الانفجار أي إن السرعة الانفجارية للمتفجرات تعتمد على كل من: التركيب الكيميائي للمتفجر، وعلى وضع الأكسجين في المركب. من جانب آخر توجد أنواع من المتفجرات لا تحتوي على الأكسجين مثل الإزيدات (-N=N-) ومع ذلك تتميز بالقوة والسرعة العالية بسبب تفاعلات الأكسدة والاختزال بين الذرات الموجودة في المركب (أي ذرات تتأكسد وتفقد إلكترونات، وذرات أخرى تختزل وتكتسب هذه الإلكترونات) وينتج عن هذه العملية تفاعلات كيميائية طاردة للحرارة ذات سرعة انفجار عالية.

من المفاهيم الهامة في علم المتفجرات مفهوم ميزان الأكسجين oxygen balance حيث يستفاد من هذا الميزان في معرفة ما إذا كان المتفجر يحتاج إلى إضافة أكسجين أم أنه مكتف بذاته، كذلك معرفة فيما إذا كان مصدر الأكسجين كيميائي أم لا. ومن الأمثلة على ذلك متفجري TNT و NG :



متفجر النيتروجلسيرينNG



متفجر ثلاثي نيترو تولوين TNT

(أولاً) النيتروجلسرين NG وصيغته الجزيئية هي $C_3H_5N_3O_9$ نجد أن :

$$C_3H_5N_3O_9 \longrightarrow 3CO_2 + 5/2H_2O + 3/2N_2$$

9 Oxygen ⟶ 6+2.5=8.5

$$C_3H_5N_3O_9 \longrightarrow 3CO_2 + 5/2H_2O + 3/2N_2 + 1/2O_2$$

في هذا المثال نجد أن ميزان الأكسجين إيجابي، حيث تبقى أكسجين حر من ضمن النواتج، وذلك لأن ما تم استهلاكه في التفاعل أقل مما تم البدء به، حيث تم بدء التفاعل بتسع ذرات من الأكسجين كما هو واضح في المعادلة الكيميائية السابقة، وبعد حدوث التفاعل، تبقى من ضمن النواتج أكسجين حر لم يستهلك.

(ثانياً) ثلاثي نترات التولوين TNT وصيغته الجزيئية هي $C_7H_5N_3O_6$ نجد أن :

$$C_7H_5N_3O_6 \longrightarrow 7CO_2 + 5/2H_2O + 3/2N_2$$

6 Oxygen ⟶ 14+2.5=16.5

$$C_7H_5N_3O_6 \longrightarrow 7CO_2 + 5/2H_2O + 3/2N_2 - 10.5\ O_2$$

يلاحظ هنا أن ميزان الأكسجين سلبي حيث لم يتبق أكسجين حر من ضمن النواتج، وذلك لأن كمية الأكسجين التي بدأ بها التفاعل قليلة، ويحتاج التفاعل إلى كمية إضافية من الأكسجين لإتمام التفاعل.

في المثالين السابقين وجد أن ميزان الأكسجين في GN يعطي قيمة إيجابية، وهذا يعني إنه عند انفجار المادة وتحولها إلى نواتج غازية، فإن جزء من المتفجر يقوم بتوفير كمية من الأكسجين من المتفجر نفسه، وهذا بدوره يساعد على زيادة الانفجار واستمرار الحريق، أما في حالة TNT فوجد أن ميزان الأكسجين لديه سلبي، وهذا يعني إنه يحتاج أكسجين من الهواء الجوي، أو مصدر كيميائي للأكسجين لتقوم بعملية الانفجار.

ويمكن حساب النسبة المئوية لموازنة الأكسجين من العلاقة التالية:

$$\text{ميزان الأكسجين } \%100 = \frac{(\text{الوزن الجزيئي للذرة عدد المولات من النواتج والمتفاعلات})}{\text{الوزن الجزيئي للمركب كامل}}$$

ومثال على ذلك تحسب ميزان الأكسجين لل TNT

$$\frac{(10.5 \times 16)}{227} = X100 - 74\%$$

كما يلاحظ فإن ميزان الأكسجين سلبي، وهذا يجعل النظام ضعيفاً، وبالتالي يحتاج لمقدار إضافي من الأكسجين من مصدر خارجي، ويوضح الجدول (٣) مجموعة لأهم المتفجرات وميزان الأكسجين لها.

جدول (٣) يوضح لمجموعة من أهم المتفجرات وميزان الأكسجين لها

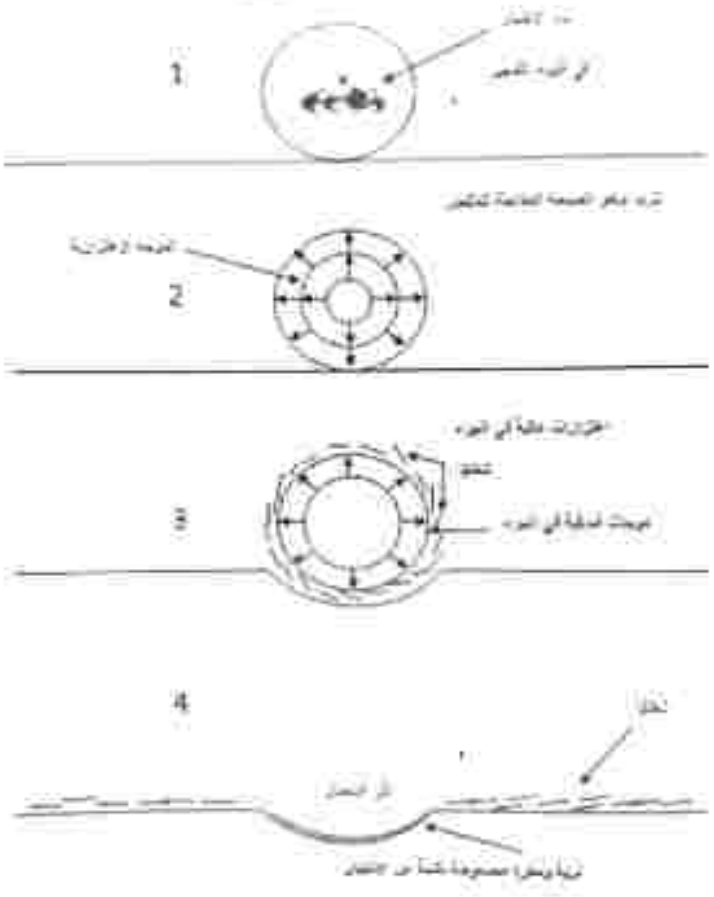
المتفجر	ميزان الأكسجين ٪
نترات الامونيوم	٢٠٠
نيتروجلسرين (NG)	٤٠
حمض البكريك Picric acid	٤٥
(TNT)	٧٤٠

خامساً / قياس قوة الانفجار

إن التدمير المرتبط بالمتفجرات يعتمد على الضغط والسرعة التي تتحرك بها موجة الانفجار blast wave ، فالمتفجرات الثانوية لديها قوة اهتزاز عالية shat-tering power مقارنة بالمتفجرات الأولية، حيث إن المتفجرات الأولية تنتج ما يعرف بالقوة الدافعة push power. فلو أخذنا مثلا قنبلة على شكل أنبوب تحتوي على مواد متفجرة محجوزة بداخلها، وكانت هذه المواد من المتفجرات الأولية فسينتج عنها شظايا قليلة fragments ، وموجة انفجار ضعيفة تنقل الأشياء المجاورة لها لأماكن قريبه فقط، وفي المقابل إذا احتوت الأنبوبة على مواد من المتفجرات الثانوية، فإنها سوف تنفجر منتجة شظايا حادة sharp shrapnel، وموجة انفجارية قوية وتعتمد قوة اهتزاز القنبلة على الضغط الناتج من الموجة المفاجئة الناتجة عن الانفجار، والتي ينتج منها موجة اهتزازية من الحرارة والغازات المضغوطة الناتجة عن الاحتراق

ويوضح الشكل (٢) التأثيرات المختلفة الناتجة من الموجة المفاجئة التي تهز الموقع المحيط بالمتفجر، وتنطلق منه الشظايا بعيدا عن موقع التفجير، كما تقوم الغازات الحارة المتمددة في أحداث فتحة في الأرض .

شكل (٢) رسم تخطيطي لمراحل الانفجار والتأثيرات الناتجة عنه



إن قوة التفجير للقابل تعتمد في الأساس على كل من: الحرارة الناتجة Q ، وحجم الغازات V المتكونة من انفجار المتفجر. ويمكن مقارنة متفجر بأخر اعتماداً على معامل القوة Power Index ويرمز له بالرمز (PI) ، والعلاقة التالية توضح ذلك:

$$PI = \frac{QV\ explosive}{QV\ picric\ acid} \times 100$$

حيث إن Q كمية الحرارة، و V حجم الغازات الناتجة، وقد تم اختيار متفجر حمض البيكريك picric acid كمقياس لمعامل قوة المتفجرات، وذلك لجعل الحسابات أكثر سهولة، كما في المعادلة السابقة حيث إن قيمة معامل القوة لديه = ١٠٠

وتم إجراء الحسابات لمعامل القوة للمتفجرات PI على افتراض أن وزن المادة المدروسة هو ١جم، وبالتعجيل يمكن الحصول على كمية الحرارة Q ، وحجم الغازات الناتجة باستخدام المعادلات التالية:

$$Q = m\ X\ CvXT\Delta$$

حيث إن :

$T\Delta$: الفرق في درجة الحرارة

Cv: الحرارة النوعية specific heat

m : الكتلة mass

ويمكن الحصول على الفارق في درجة الحرارة من العلاقة التالية :

$$\Delta T = \frac{Q}{m \times Cv} = T_f - T_i$$

ونظراً لافتراض أن الكتلة هي ١جم فإنه يمكن الحصول على درجة الحرارة النهائية بالعلاقة التالية:

$$\Delta T = \frac{Q}{Cv} = T_i$$

كما يمكن الحصول على كمية الحرارة بمعرفة كل من الكتلة m ، والحرارة النوعية Cv عن طريق الاستفادة من المعادلات السابقة

سادسا / جمع عينات مخلفات الانفجارات

يعد مسرح حادث الانفجار من أعقد وأخطر أنواع مسارح الحوادث نظراً لاحتمالية وجود مواد متفجرة لم تنفجر بعد، والتي قد تعرض حياتي رفع الآثار إلى الخطر، لذا يجب توخي الحذر والحيطة عند رفع العينات في هذا النوع من المسارح. إن الهدف الرئيس من رفع عينات بقايا المتفجرات هو التعرف على المكونات الأساسية المستخدمة في تكوينها.

أهم الآثار المطلوب رفعها من مسرح حادث التفجير :

١. العينات الصلبة ذات القدرة على امتزاز أو امتصاص نواتج التفجير مثل السجاد والأوراق والقطن وغيرها
٢. بقايا المواد التي لم تنفجر من موقع التفجير.
٣. الحاويات والسيارات المستخدمة في التفجير لاحتمال وجود بقايا لمواد متفجرة فيها
٤. تربة من المواقع القريبة من مواقع التفجير لاحتمال وجود بقايا لبعض مكونات المواد المتفجرة مختلطة معها.
٥. لا يفضل رفع المواد الصلبة غير القابلة للامتصاص كالبلاستيك، والزجاج والمواد الإسمنتية

بعد تحديد العينات المطلوب رفعها يتم تحريز كل عينة على حده في أكياس بلاستيكية خاصة، وتوضع في علب معدنية منفصلة، وذلك لتلافي التلوث بين العينات. كما تحفظ هذه العينات في جو معتدل أو بارد نسبياً.

سابعاً / التحليل المعملي للمتفجرات

من المعروف أن بقايا المواد المتفجرة تحتوي على بعض الأيونات والكاتيونات مثل النترات، والفوسفات و الصوديوم، والكربوهيدرات التي يمكن استخدامها كمواد مؤكسدة ؛ لذا يهدف الكشف عن هذه المواد إلى معرفة ما إذا كانت هذه المواد موجودة عند المستوى الطبيعي لها أم لا، حيث إن وجود مثل هذه المواد فوق المستوى الطبيعي في بعض الأماكن قد يثير الاشتباه والشك، لذا فعند جمع العينات المشتبه باحتوائها على مواد متفجرة من مسرح الحادث تبدأ المرحلة الثانية المتعلقة بتحليلها وكشف مكوناتها الرئيسة والطرق المستخدمة لتحضيرها.

طرق تحليل المتفجرات

تقسم طرق تحليل المتفجرات إلى طريقتين:

١. طرق فحص المتفجرات في المواقع والأماكن الحساسة :

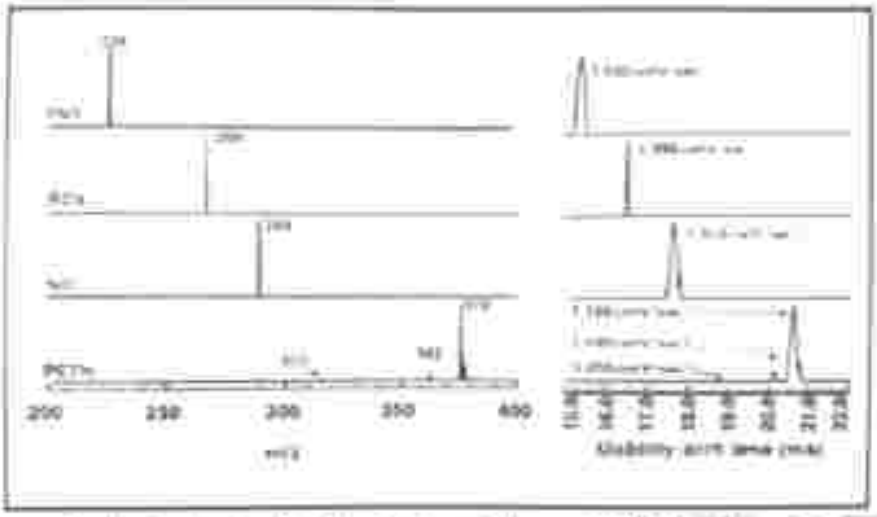
شكل (٣) يوضح جهاز المسح الأيوني

يعد جهاز مطياف الانتقال الأيوني Ion Mobility (IMS Spectrometry) من أكثر الأجهزة استخداما في فحص الأماكن والمواقع الحساسة، حيث يستخدم في المطارات لفحص الأجهزة المختلفة مثل أجهزة الكمبيوتر المحمول، والأحذية وغيرها كما هو موضح في شكل (٣)

حيث تؤخذ مسحة من العينة المراد فحصها وتمرر على مطياف الجهاز السابق المزود بحساس للتعرف والكشف عن المتفجرات، فعند سماع صوت إنذار فإنه يدل على الاشتباه بوجود مادة متفجرة والعكس صحيح. لهذا فإنه عند ظهور هذا الصوت يجب إرسال العينة للكشف في معمل التحليل الجنائي من جهة أخرى يمكن ربط هذا الجهاز في المعمل بجهاز كروماتوجرافيا الغاز، وذلك ليتم فحص مكونات العينة المحللة بدقة. ويعمل هذا الجهاز عن طريق فصل الأيونات الجزيئية بحسب نسبة الكتلة إلى الشحنة كما إن الجهاز يستطيع الكشف عن الأيونات الموجبة والسالبة، مع العلم أن أغلب المتفجرات تحتوي على أيونات سالبة (أنيونات) كالنترات NO_3^- والنيتريت NO_2^- والكلوريد. يتم في هذا الجهاز استخدام ثلوريد المثيلين كعامل منشط، حيث يعمل كمصدر منشط Doping للأيونات الداخلة إلى الجهاز، وهذا يعمل على زيادة نسبة الانتقالية ويقلل من نسبة التداخل بين الأيونات.

عند إدخال العينة في الجهاز السابق يحدث لها تأين بسيط عن طريق التفاعل مع جسيمات بيتا β المنبعثة من مصدر النيكل ^{63}Ni ، فتكون الجزيئات في الجو المحيط معقدات من الأيونات والجزيئات، وفي حالة الأيونات السالبة مثل أيونات الأكسجين $O_2^-(H_2O)n$ حيث n هي عدد جزيئات الماء المرافقة والتي تعتمد على الرطوبة وعوامل أخرى، وهذه الأيونات تعود إلى المواد المتناثرة لأنها في العادة موجودة في الجو المحيط، ويمكن بالتالي لهذه الأيونات الارتباط والتفاعل مع أيونات أو جزيئات العينة المدخلة إلى الجهاز والتي في الغالب تكون أيونات سالبة (أنيونات) كما ذكر سابقاً، مثل النترات، والنتريت والكلوريد وغيرها، فمثلاً عند تواجد متفجر TNT فقد يكون المركب الناتج هو $C_7H_5(ON_2)_3IC^-$ أو (TNT)IC⁻ فعند دخول الأيون إلى الجهاز يتم الفصل بين الأيونات على حسب زمن المكوث ، بعد ذلك تنتقل إلى المعدر ، ويتم الكشف عنها وتمييز المعدر بأنه مهيأ للكشف عن الأيونات السالبة كما نشاهد في الشكل (٤) الذي يظهر الأطياف الناتجة لعدد من المتفجرات.

شكل (٤) الطيف الأيوني لعدد من المتفجرات



ويلاحظ ازدياد الاهتمام بتطوير أجهزة الكشف عن المتفجرات في المواقع الحساسة والبحث عن الأجهزة التي تتميز بالحساسية العالية، كما تم الاستعانة أيضاً بكلاب بوليسية مدربة قادرة على شم المتفجرات والكشف عنها.

٢. طرق فحص المتفجرات في المعمل

إلى وقت قريب اعتمد تحليل المتفجرات على طرق التحليل التقليدية مثل: الاختبارات اللونية والتحليل بواسطة كروماتوجرافيا الطبقة الرقيقة (الفصل اللوني TLC)، بالإضافة إلى المجهر الصولي وذلك قبل اكتشاف الأجهزة الحديثة مثل طرق الفصل الكروماتوجرافي الغازي GC وكروماتوجرافيا السائل ذي الكفاءة العالية HPLC، وجهاز المسح الأيوني Ion Scan. كما تم استخدام المجهر الصولي المستقطب للكشف عن المتفجرات بناء على تركيبها البلوري وتمت الاستفادة من جهاز المجهر الإلكتروني الماسح SEM لتحليل بقايا العناصر الكيميائية المتواجدة ضمن بقايا المواد المتفجرة. ويمكن إجراء الكشف والتحليل الأولي لعينات المواد المتفجرة بواسطة الاختبارات اللونية كما يلي:

يوجد عدد من الاختبارات اللونية لتحليل عينات المواد المتفجرة سواء كانت عضوية أو غير عضوية، حيث يستخدم عدد من الكواشف التي تعطي ألواناً مميزة لكل مادة من المواد المتفجرة كما هو موضح في الجدول (٤)، ومن أهم هذه الكواشف

a) كاشف جريس Griess Reagent

ويتكون من جزئيين: جريس ١ (١) **Griess** و جريس٢ (٢)**Griess** ويحضر هذا الكاشف بالطريقة التالية:

أ- جريس١:

يذاب ١ جم من حمض السلفانيليك Sulfanilic acid في حمض الخل Acetic acid ذي النسبة ٣٠%

ب- جريس ٢:

يذاب ٥ جرام من N-(1-napthyl) ethylene di amine في ١٠٠ مل من الكحول الميثيلي.

يستخدم هذا الكاشف بإضافة كميتين متساويتين من جريس ١ وجريس ٢ إلى المادة المطلوب الكشف عنها. وتسريع التفاعل يضاف مسحوق الخارصين كمحفز ومسرع للتفاعل.

b) كاشف ثنائي فينيل الأمين Diphenylamine Reagent

يحضر هذا الكاشف بإذابة ١جم منه في ١٠٠مل من حمض الكبريتيك المركز.

c) محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH

يحضر هذا الكاشف بإذابة ١٠جم من المادة الصلبة في ١٠٠ مل من الكحول الأيثيلي.

d) كاشف نسلر Nessler Reagent

ويحضر بإذابة ٥٠ جراماً من يوديد البوتاسيوم KI في ٥٠ مل من الماء المقطر، ثم يضاف إليه تدريجياً محلول مشبع من كلوريد المغنيسيوم $MgCl_2$ (٦ جرام في ١٠٠ مل ماء مقطر) حتى يظهر راسب ثابت من يوديد المغنيسيوم MgI_2 بعد ذلك يضاف ٣٠٠ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه العياري يساوي ٦ ، ثم يضاف ماء مقطر حتى يصبح الحجم الكلي ٥٠٠ مل.

يوضح الجدول التالي نتائج الاختبارات اللونية لبعض المتفجرات الشائعة باستخدام الكواشف الثلاثة الأولى:

جدول (٤) نتائج الاختبارات اللونية لبعض المتفجرات

المادة	اختبار جريس	اختبار مارلي قبل الأمين	هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي
الكلورات	بني	أزرق	بني
النترات	وردي إلى أحمر	أزرق	بني
البيركلورات	وردي	أزرق غامق	بني
النيترو جلسرين	وردي إلى أحمر	أزرق	بني
PETN	وردي إلى أحمر	أزرق	بني
RDX	وردي إلى أحمر	أزرق	بني
TNT	بني	بني	أحمر
التترايل Tetryl	وردي إلى أحمر	أزرق	أحمر دموي

اختبار محلول نسلر للكشف عن أيون الأمونيوم NH_4^+

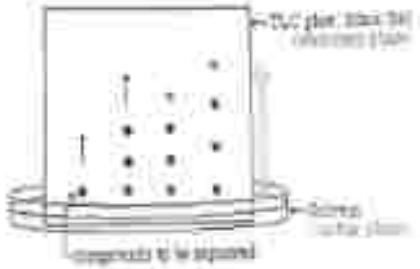
خطوات العمل:

١- توضع كمية قليلة من العينة المدروسة في حزفية أو أنبوبة اختبار
٢- يضاف إلى العينة قطرات من كاشف نسلر
٣- عند ظهور لون أحمر ترابي، فإنه دلالة على وجود أيون الأمونيوم في العينة.

ثامناً / تقنيات الفصل الكروماتوجرافي

تعد تقنية الفصل الكروماتوجرافي من أهم التقنيات المستخدمة للكشف عن المتفجرات وتحليلها . ويوجد عدة أنواع من هذه التقنية تعتمد طريقة الفصل فيها على أساس الاختلاف بين طوري الفصل المتحرك والثابت:

أ- **كروماتوجرافيا الطبقة الرقيقة TLC**

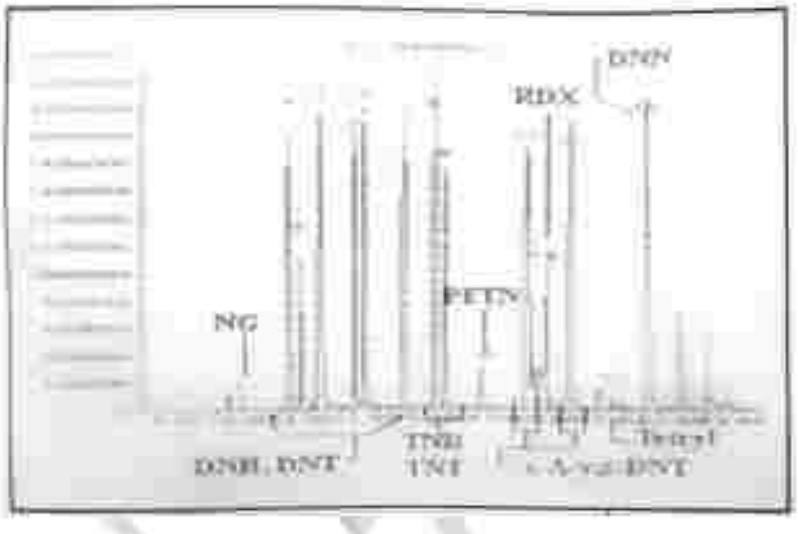


وهي عبارة عن طريقة أولية للفصل اللوني بين المواد الكيميائية المختلفة بناء على معدل السريان وزمن المكوث لكل مادة، ويستخدم فيها طورين أحدهما ثابت ويحتوي على مادة جل السيليكا مثبتة على لوح زجاجي، وطور متحرك مغمور في مذيب عضوي مناسب للفصل .

شكل (٥) التحليل بطريقة كروماتوجرافيا الطبقة الرقيقة

ب- كروماتوجرافيا الغاز GC المرتبط بعدد من المقدرات.

وهي تقنية للفصل الآني بين المواد المختلفة عن طريق استخدام طور متحرك غازي وطور ثابت على هيئة أنابيب فصل ذات قطر وأطوال متفاوتة لمواد مختلفة الفطبية يتم استخدامها اعتماداً على طبيعة العينات المدروسة. ويوضح الشكل (٧) القمم الكروماتوجرافية لعدد من المتفجرات العضوية التي تم فصلها باستخدام الكروماتوجرافيا الغازية.



شكل (٧) شكل كروماتوجرافي لعدد من المتفجرات

شكل (٨) جهاز كروماتوجرافيا الغاز بمطياف الكتلة GC-M

ت- كروماتوجرافيا السائل ذو الأداء العالي HPLC

تعد كروماتوجرافيا الغاز GC من أفضل طرق الفصل وأسهلها ، إلا أن بعض المتفجرات لا يمكن فصلها بهذه الطريقة وبالتالي لا يمكن التعرف على العينات المجهولة فيها، لذا يلجأ الخبراء في العادة إلى استخدام تقنيات أخرى للفصل والكشف عن هذه المواد مثل كروماتوجرافيا السائل ذي الأداء العالي High Performance Liquid Chromatography (HPLC)، وهي تقنية تعتمد على استخدام محاليل سائلة كطور متحرك (متنيلات) ، وأعمدة فصل كطور ثابت مختلفة الأطوال والقطر والفطبية

شكل (٨) جهاز كروماتوجرافيا السائل ذو الأداء العالي HPLC

ويمكن تجهيز العينات المختلفة لتحليلها بالطرق الكروماتوجرافية بنفس الطرق التي ذكرت سابقاً في ٢-١٠ من هذا الكتاب.

وكما سبق ذكره آنفاً، فإن تقنية كروماتوجرافيا الغاز تعد واحدة من أفضل التقنيات المستخدمة لتحليل المتفجرات، ويستخدم مع هذه التقنية عدد من المقدرات التي تتميز بالانتقائية والحساسية لكل من مجاميع النترات، والنتريت كمقدر محلل الطاقة الحرارية Thermal Energy Analyzer (TEAs) ، وأيضا مقدر التأين اللهبي Flame Ionization Detector (FID) الذي يستخدم للتأكد ولمعرفة المكونات الجزيئية للمتفجرات.

بالإضافة إلى مقدر مطياف الكتلة Mass Spectrometry Detector (MSD). كما يمكن استخدام تقنية كروماتوجرافيا السائل ذي الأداء العالي في تحليل عينات المتفجرات عن طريق استخدام مقدرين رئيسين هما مقدر الأشعة فوق البنفسجية UV، ومقدر الضوء المرئي visible والتي يمكنها الكشف عن عينات المتفجرات في المجال المرئي وفوق البنفسجي.

كما يمكن الاستفادة من تقنية الكروماتوجرافيا الأيونية Ion Chroma tography (IC) في تحليل عينات المتفجرات، وذلك لقدرتها في الكشف على كل من الأيونات التالية:

النترات NO_3^-، والنيتريت NO_2^-، والأمونيوم NH_4^+، والسولفات SO_3H وأحادي ميثيل الأمين N^-CH_3 ، وفوق الكلورات ClO_4^- ، والبوتاسيوم K^+ والكلورين Cl^-.

إلا أن هذه التقنية قليلة الانتشار في المعامل والمختبرات الجنائية في الوقت الحالي، حيث حلت طرق الانتقال الكهربي الشعيري محلها للكشف عن الأيونات في بقايا المتفجرات، والتي تتميز بأنها لا تحتاج إلى أجهزة معقدة عند الكشف عن المتفجرات.

موفقين ان شاء الله ..

تمهيد

يعرف الحريق بأنه عبارة عن تفاعل كيميائي طارد للحرارة (Exother-mic) يتكون من: تفاعل مواد قابلة للاحتراق (combustible) أو ما يسمى بالوقود Fuel، مع أكسجين الهواء الجوي، أو غيره من المصادر، في وجود طاقة كافية (مصدر للحرارة). وينتج عن هذا التفاعل ضوء وحرارة، كما يمكن أن يكون من ضمن النواتج أبخرة، أو غازات، أو مواد صلبة مثل الرماد Ash.

يوجد عدد كبير من النظريات المستخدمة لوصف ميكانيكية حدوث الحريق مثل نظرية مثلث الحريق Fire Triangle ونظرية الحريق رباعي الأوجه Fire Tetrahedron، ونظرية الحريق الخماسي Fire Pentagon. وتعد نظريتا مثلث الحريق والحريق رباعي الأوجه من أكثر النظريات شهرة ودقة.

أولا / نظرية مثلث الحريق Fire triangle

تعتبر هذه النظرية من النظريات القديمة والمعروفة بشكل واسع والتي تشترط لحدوث هذا النوع من الحريق توافر ثلاثة عناصر رئيسة هي:

1. المواد القابلة للاحتراق Combustibles
2. المواد المؤكسدة Oxidizers
3. الطاقة الحرارية Thermal Energy

حيث تتحد هذه العناصر مع بعضها بعضاً، ويوضح الشكل (٢-١) مفهوم هذا النوع من الحريق، كما يجب ملاحظة إن غياب أحد هذه العناصر يحقق عملية حدوث الحريق

شكل (٢-١) مثلث الحريق

ثانيا / نظرية الحريق رباعي الأوجه Fire Tetrahedron

يكمن الاختلاف بين هذه النظرية والنظرية السابقة في وجود ضلع رابع يضاف إلى الأضلاع الثلاثة وهو ما يسمى بالتفاعل المتسلسل، أو سلسلة التفاعل الكيميائية Chemical chain reaction ومعنى ذلك أنه لكي يستمر الحريق في الانتشار يجب دخول جميع الأضلاع في التفاعل وبنسب متكافئة، ويوضح شكل (٢-٢) هذا النموذج

شكل (٢-٢) رباعي أضلاع الحريق

أضلاع الحريق رباعي الأوجه:

1. المواد القابلة للاحتراق Combustibles
2. المواد المؤكسدة Oxidizers
3. الطاقة الحرارية Thermal Energy
4. سلسلة التفاعلات الكيميائية Chemical Chain of Reaction

ويمكن توضيح عناصر الحريق بالشرح التالي:

1- المواد القابلة للاحتراق (الوقود) Combustibles Fuel

هي مواد كيميائية لها القدرة على التفاعل مع المواد المؤكسدة عند توفر مصدر مناسب للاشتعال وهي إما مواد عضوية كالمواد البترولية (جازولين أو كيروسين أو ديزل والخشب والصوف، أو مواد غير عضوية مثل الفسفور والكبريت. كما يمكن أن تتواجد المواد القابلة للاحتراق في جميع حالات المادة الثلاث (الصلبة -السائلة الغازية).

ويوضح الجدول (١-٢) أمثلة على بعض أنواعها وأثر الحرارة والاشتعال عليها:

الوقود	أمثلة	أثر الحرارة والاشتعال عليها
صلب	١-الأثاث والتركيبات. ٢-المواد الطبيعية مثل الخشب أو الورق أو الصوف. ٣-مواد صناعية مثل البلاستيك أو الرغوة PU أو الاكريليك.	١-التحلل الحراري pyrolyse لها بفعل التسخين فتتكون غازات سريعة الاشتعال. ٢-انصهارها melt وتحولها إلى سوائل. ٣-احتراقها بدون لهب smolders عن طريق التفاعل على سطح المادة مباشرة.
سائل	جميع مسرعات الاشتعال المحتوية على مواد هيدروكربونية مثل منتجات المواد البترولية (كيروسين، ديزل، جازولين)، المواد الكحولية وغيرها.	تبخرها وتحولها إلى غازات وأبخرة.
غاز	اسطوانات الغازات المعبأة بالغازات الطبيعية مثل الميثان، الهيدروجين، البيوتان، البروبان.	احتراقها بشكل فجائي deflagrate أو اشتعالها Flare مما يجعلها قابلة للانفجار Explode.

جدول (١-٢) أنواع الوقود وبعض الأمثلة عليها

2- المواد المؤكسدة (مصدر الأكسجين) Oxidizers (Source of Oxygen

يعد الأكسجين الداعم الرئيس لحدوث عملية الاحتراق، ويمكن وجوده بعدة صور منها:

أ- الهواء Air: حيث يتوفر الأكسجين في الهواء الجوي بنسبة ١٩-٢١%.

ب- المؤكسدات Oxidants: يوجد الأكسجين ضمن مكونات بعض المواد الكيميائية ويطلق عليها اسم المؤكسدات وهي مواد تساعد على حدوث عملية الاحتراق. ومن أكثر المواد المؤكسدة شيوعاً: نترات الصوديوم $NaNO_3$، ونترات البوتاسيوم KNO_3 وكلورات الصوديوم $NaClO_3$، وغيرها من المركبات، حيث تتفكك عند تسخينها، مما يسهم في تصاعد غاز الأكسجين، وإمداد الحريق بكمية وافرة من الأكسجين مما يؤدي إلى استمراره.

وتعتمد نسبة الأكسجين اللازمة في التفاعل على حالة المادة المتفاعلة كما يلي:

a) التفاعلات المتجانسة مثل: غاز مع غاز فتحتاج إلى نسبة لا تقل عن ١٠% من الأكسجين لبدء واستمرار الحريق
b) التفاعلات غير المتجانسة مثل: غاز مع صلب أو غاز مع سائل. فتحتاج إلى نسبة تكون أقل من ١٠% لبدء واستمرار التفاعل.

3- الطاقة الحرارية (مصدر الاشتعال) Ignition Source (Thermal Energy)

عند توفر الحرارة بنسبة ملائمة، فإن ذلك يوفر بيئة مساعدة للاشتعال وكما أشير سابقاً، فإن الحرارة أحد أضلاع مثلث الحريق الرئيسة، وبدونها لا يمكن أن يحدث الحريق. وينبغي أن تكون درجة الحرارة كافية لحدوث الاشتعال وتختلف

درجة حرارة الاشتعال باختلاف المواد وقد تختلف درجة الاشتعال للمادة نفسها حسب قوة تماسكها ، ومدى مساحة سطح التلامس بينها وبين المواد المؤكسدة، فمثلا لا تحتاج نشارة الخشب لنفس كمية الحرارة المطلوبة لإشعال قطعة من الخشب حتى لو كان لهما نفس الوزن، ويرجع ذلك إلى قدرة الأحجام الصغيرة من المادة على امتصاص الحرارة في وقت قصير، مما يساعد على سرعة تحلل المادة بالحرارة ويزيد من سرعة تبخرها، وبالتالي الوصول لمرحلة الاشتعال بشكل سريع.

تجدر الإشارة إلى أن وجود مصدر الاشتعال فقط دون وجود الجو الملائم له لا يؤدي إلى حدوث الاحتراق، فدون مصدر الاشتعال يقوم على توفير ونقل الطاقة الكافية إلى المواد القابلة للاحتراق لتكون قادرة على الاشتعال، والطاقة الحرارية مصادر عدة، هي:

1. طاقة الحرارة الكيميائية Chemical Heat Energy
2. طاقة الحرارة الكهربائية Electric Heat Energy
3. طاقة الحرارة الحركية (الميكانيكية) Mechanical Heat Energy
4. طاقة الحرارة الذرية (النووية) Nuclear Heat Energy
5. الطاقة الحرارية للشمس (الطاقة الشمسية) Solar Heat Energy

وتنتقل الحرارة بعدة طرق هي:

1. التوصيل Conduction
2. تيارات الحمل Convection
3. الإشعاع Radiation

4- سلسلة التفاعلات الكيميائية Chemical Chain of Reaction

وهي تعني - بإيجاز- حركة الجزئيات النشطة (الجذور الحرة Free radi-cals) المكونة للهب بوصفها عنصراً من عناصر الحريق، وليست ناتجاً من نواتجه.

ثالثا / مسرعات الاشتعال وأدوات الاحتراق Accelerants and Incendiary Devises

تعرف مسرعات الاشتعال بأنها أي مادة يمكن وضعها بشكل متعمد في أماكن محددة لإحداث حريق واستمراره، وقد تكون مواد صلبة كالخشب أو الورق أو السجاد، أو تكون سائلة مثل البنزين (الجازولين) الكيروسين أو مواد غازية مثل الغاز الطبيعي، والبروبان والبيوتان، ومن المعروف أن مثلث الحريق يتطلب وجود ثلاث مكونات رئيسة هي الوقود، والعامل المؤكسد ، ومصدر إشعال الحريق حيث يهتم الخبير الكيميائي بعاملين من هذه العوامل، هما الوقود ومصدر الإشعال (أداة الحرق) ، ويمكن أن تكون أداة الحرق من أشياء بسيطة مثل: الكبريت، أو الشمعة، أو أعقاب السجائر، كما يمكن أن تكون من أدوات أكثر تعقيداً

إن مصدر معظم المواد المستخدمة كمسرعات اشتعال يكون من منتجات المواد النفطية السائلة مثل الجازولين الكيروسين والديزل. وتصنف هذه المنتجات إلى عدة أصناف بناءً على درجة التطاير من جهة، وعلى طول السلسلة الهيدروكربونية من جهة أخرى، وذلك بناءً على تصنيف ASTM والموضح في جدول (٢-٢). حيث تستخدم هذه المواد لبدء الحريق وزيادة معدل الانتشار ونموه.

الصنف	ضعيفة C_1-C_4	متوسطة C_5-C_{10}	ثقيلة C_{11}+
البنزين (الجازولين)	بدأ من C_4-C_{12}	-	-
المواد البترولية المقطرة	الإيثر السوائل الخفيفة (بيوتان)	السوائل الفحمية Charcoal starter fluids	كيروسين، زيت الديزل
البارافين	غازات متطايرة	مخففات الدهان مساحيق الأحبار	المذيبات
المواد العطرية	مواد إزالة الشحوم (تولوين – زايلين)	مواد التشحيم ، مواد التنظيف ، مضافات الوقود	مذيبات التنظيف الصناعية
بارافينات النفثالين	مذيبات الهكسان الحلقي	زيوت المصابيح	زيوت المصابيح والمذيبات الصناعية
الألكانات	مذيبات الهبتان	زيت الشمع	مساحيق الأحبار
السوائل العطرية قليلة التطاير	زيوت المواقد	بعض مخففات الدهان	كيروسين عديم الرائحة
المذيبات المحتوية على الأكسجين	كيتون ، ليكر	منظفات المعادن	-
متفرقات Miscellaneous	خليط	زيت التوربين	المنتجات المخصصة

جدول (٢-٢) يوضح تصنيف مشتقات الاشتعال القابلة

ولفهم آلية الاحتراق وكيفية نشوء الحريق، فإن خبراء الحرائق بينوا بعض الخواص الفيزيائية الخاصة بمواد الحريق، ومن هذه الخواص التالي:

1- درجة الوميض Flash point

هي أقل درجة حرارة يمكن أن تنتج فيها المادة السائلة كمية كافية من بخارها لتكون خليط منه مع الهواء، مما يسمح باشتعالها لفترة محدودة عند اتصالها بمصدر الاشتعال.

2- درجة الاحتراق Fire Point

هي أقل درجة حرارة يمكن أن تنتج فيها المادة المحترقة كمية من الحرارة تعمل على انتاج أبخرة إضافية لاستمرار احتراق المادة بعد اشتعالها، كما تجدر الإشارة إلى أن درجة الاحتراق تكون أعلى من درجة الوميض بقيم قليلة.

3- درجة الاشتعال الذاتي Point

هي أقل درجة حرارة يمكن أن تشتعل فيها المادة بدون الحاجة إلى مصدر خارجي مثل الشرارة أو اللهب.

يعد مفهوم درجة الوميض من المفاهيم المهمة عند تفسير كل من السوائل القابلة للاشتعال والسوائل القابلة للاحتراق. ففي الولايات المتحدة الأمريكية تصنف السوائل المشتعلة Ignitable حسب نقطة الوميض إلى:

أ- مواد قابلة للاشتعال Flammable

وهي عبارة عن المواد التي تكون نقطة الوميض لها أقل من (١٠٠ فهرنهايت = ٣٧,٨م).

ب- مواد قابلة للاحتراق Combustible

وهي عبارة عن المواد التي تكون نقطة الوميض لها تساوي أو أعلى من (١٠٠ فهرنهايت = ٣٧,٨م).

كما يمكن إطلاق مصطلح السوائل المشتعلة Ignitable liquids على كل من المفهومين السابقين عند عدم توفر معلومات كافية عن نقطة الوميض للمادة المدروسة

رابعاً: حدود الاشتعال: Flammability Limits

لكي يحدث الحريق لابد من توفر جميع أضلاع مثلث الحريق وهي الوقود، والأكسجين (المؤكسد) ، والحرارة (مصدر الاشتعال)، ولكن لا يعني توافرهم حدوث الحريق؛ إذ لابد من توافر شروط أخرى، فمثلاً يجب أن تكون نسبة الأكسجين في الهواء في حدود أعلى من 10% للتفاعلات المتجانسة وأقل من ١٠% للتفاعلات غير المتجانسة كذلك إن وجود المواد القابلة للاشتعال في الحالة البخارية (الغازية) لا يكفي لحدوث الحريق بل لابد أن تتوفر عند مدى معين لا تقل عنه ولا تتجاوزه، وبصورة عامة يوجد لكل مادة مدى معين يحدد مدى إمكانية أو عدم إمكانية دخولها في عملية الاحتراق:

1- أقل مدى للاشتعال Lower Flammability Levels (LFL)
2- أعلى مدى للاشتعال Upper Flammability Levels (UFL)

ومن أبسط الأمثلة على ذلك البنزين حيث إن أقل نسبة لاشتعاله هي ١,٥% وأعلى نسبة لاشتعاله هي ٧,٦%، وهذا يعني أنه عند اتحاد ١,٥% من بخار البنزين مع الهواء الجوي، وعند وجود مصدر للاشتعال، فإنه سيشتعل أيضاً عند اتحاد 7,6% من بخار البنزين مع الهواء الجوي، وعند وجود مصدر للاشتعال، فإنه سيشتعل

من جهة أخرى لوحظ أنه كلما كان الفرق بين أقل وأعلى مدى لاشتعال المادة الداخلة في التفاعل كبيراً، كانت المادة أكثر خطورة، ومن الأمثلة على ذلك بخار الاستيلين (HC≡CH)، حيث يتراوح LFL وUFL بين ٢,٥% و٨٠% على التوالي، لذا يصنف بأنه من أشد المواد خطورة، نظراً للفارق الكبير بين المستويين، وبالتالي سهولة اشتعاله عند توفر الأكسجين المناسب ومصدر للاشتعال، ويوضح الجدول (٣-٢) حدود الاشتعال لعدد من المواد:

الوقود	الحد الأدنى LFL%	الحد الأعلى UFL%
بخار البنزين(الجازولين)	١,٥	٧,٦
الميثان (الغاز الطبيعي)	٥,٣	١٤
البروبان	٢,٢	٩,٥
الهيدروجين	٤,٠	٧٥
الاستيلين	٢,٥	٨١

جدول (٣-٢) يوضح حدود الاشتعال لبعض أنواع الوقود.

خامساً / أسباب الحرائق Causes of Fire

يستخدم الإنسان النار كضرورة لحياته لكن عند إفلاتها عن سيطرته فإنها تسبب له الكثير من المآسي. وبشكل عام لا يمكن حصر أسباب الحرائق فلكل حريق سببه الخاص. وقد تتشابه بعض الحرائق في بعض الجوانب، لكنها تكون مختلفة في التفاصيل، والأسباب. ويوجد ثلاثة أنواع رئيسة من الحرائق هي:

1. الحرائق العرضية Accidental Fire
2. الحرائق الطبيعية Natural Fire
3. الحرائق المتعمدة Arson Fire

(أولا) الحرائق العرضية Accidental Fire

تحدث الحرائق العرضية (في الغالب) بسبب الإهمال في الواقع لا يوجد للإهمال تعريف محدد، إلا إنه يمكن تعريفه بالسلوك غير المقصود في حدوث الحريق، وذلك بالفعل أو بالترك. إجمالاً لا يمكن حصر الأسباب الناجمة عن الإهمال لكثرتها، لكن سوف نضرب الأمثلة عليها، مثل:

- إلقاء أعقاب السجائر من النوافذ والشرفات.
- التدخين في الأماكن المحظورة كمحطات الوقود.
- الإلمام المتعمد بالمحافظات القابلة للاشتعال.
- التداول السيئ للسوائل والمذيبات البترولية.
- عدم القيام بالصيانة الدورية للمواقد والمداخن.
- عدم الالتزام بتعليمات الوقاية من الحريق بصفة عامة.
- زيادة الأحمال على الأسلاك الكهربائية وعدم تحديد التوصيلات المتهالكة، وخاصة المركبة في العراء.

(ثانياً) الحرائق الطبيعية Natural Fire

تتسبب بعض الظواهر الطبيعية في إشعال الحرائق وتعد الزلازل والبراكين من أهم أسباب الحرائق المدمرة، أيضاً إن تجمع وتركز موجات الأشعة على الزجاج المحدب أو المقعر يمدها بطاقة تكفي لإحداث الحريق، كما تؤدي الصواعق بما تحمله من شحنات كهربائية كبيرة إلى إشعال الحرائق، وكذلك قد يتسبب سقوط النيازك في إشعال بعض الحرائق

(ثالثاً) الحرائق المتعمدة Arson fire

يقصد بالحريق العمد إشعال النار بقصد إحداث إيذاء بالأرواح أو الأموال أو بهما معاً، وقد قامت مجموعة من الباحثين بالهيئة القومية لمكافحة الحريق بالولايات المتحدة الأمريكية بدراسة دوافع الحريق العمد، وانتهت إلى تحديد عدد من الدوافع هي:

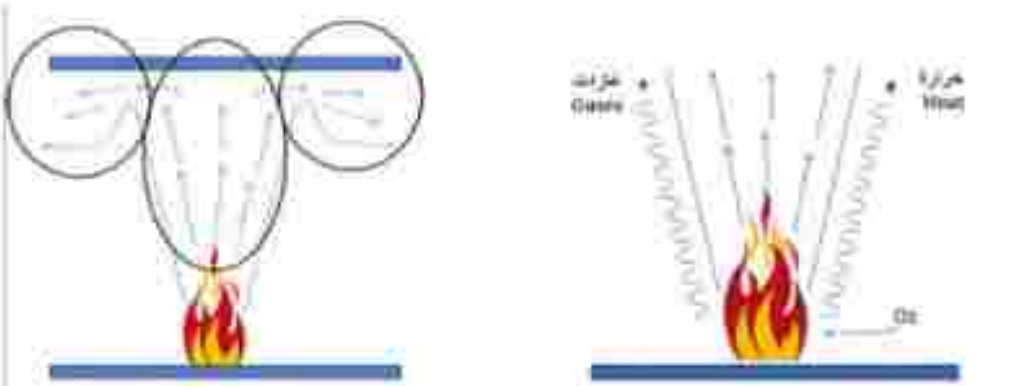
1. الحرائق التي تشعل للتدليس على شركات التأمين (بقصد تعويض الخسائر).
2. الحرائق بدافع الانتقام أو التخلص من منافسة تجارية.
3. الحرائق التي يشعلها الأطفال ويفشلون في السيطرة عليها.
4. الحرائق بدافع التخريب أو لإخفاء آثار جرائم أخرى كالاختلاس والقتل وغيرها.

تتسم الحرائق المتعمدة بآثارها التخريبية الكبيرة، ومع ذلك فقد أحدثت الحرائق في الانحسار بشكل كبير بسبب تقدم الأساليب العلمية في كشفها وتحديد العقوبات في ردع مرتكبي تلك الجرائم وإحجامهم عن التورط فيها.

ويمكن توقع ما إذا كان الحريق متعمداً أم لا بعدة وسائل، فمثلاً في حالة الحريق العمد Arson fire يوجد أكثر من منطقة لبداية الحريق Point of ori-gin ، وهذا بالتأكيد دليل واضح على أنه حريق عمد. بعكس الحوادث العرضية التي تنشأ من مصدر واحد مثل حرائق التماس الكهربائي.

كيف يتكون حرف V في الحرائق المتعمدة؟

يغلب في الحرائق الجنائية استخدام مواد مسرعة للاشتعال، فعند حدوث الاحتراق تتصاعد الغازات الساخنة والسنة اللهب إلى الأعلى، وإلى خارج منطقة الاحتراق، ومن المعروف انه كلما ارتفعت درجة الحرارة، قلت الكثافة لذا تتميز الغازات الساخنة بأنها أقل كثافة من الغازات الباردة، فتطفو للأعلى لذلك يلاحظ أن السنة اللهب تحترق، ويتكون شكل مشابه لشكل الرغيف، وهذا يترك أثراً ودليلاً مادياً وكيميائياً، كما في الشكل (٢-٣-أ) و (٢-٣-ب)



شكل (٢-٣-أ) انتشار الدخان في جو مفتوح شكل (٢-٣-ب) انتشار الدخان في جو مغلق

حيث يلاحظ انه في الأماكن المفتوحة كما في الشكل (٢-٣-أ) تنتج حرارة وغازات ساخنة حيث ترتفع إلى الأعلى وإلى خارج منطقة الاحتراق بسبب انخفاض كثافتها مع ارتفاع درجة الحرارة - كما ذكر سابقا - مما يؤدي إلى إنتاج شكلاً مشابهاً لحرف (V)، كما يلاحظ أن شعلة اللهب في هذا النوع تكون كبيرة مقارنة بما يحدث في الغرف المغلقة، نظراً لأن إمدادها بالأكسجين الهواء الجوي يكون مباشر وبشكل متواصل.

من جانب آخر، يلاحظ في الغرف المغلقة أن شعلة اللهب تكون اقل حجماً لقلة إمدادها بأكسجين الهواء الجوي، ومع ذلك تنطلق الغازات الحارة بشكل مباشر للأعلى، لكنها تصطدم بالسقف، وتنتشر على مستوى السقف، كما هو موضح في الشكل (٢-٣-ب).

كما يمكن أن يظهر في حالة الغرف المغلقة ما يسمى بالانفجار الومضي Flashover، وتنشأ هذه الحالة عند تحول الوقود الناتج من الأثاث والمفروشات والأرضيات إلى غازات وأبخرة حارة قابلة للاشتعال، مما يوفر ضلعين رئيسين من أضلاع مثلث الحريق هما (الحرارة، والوقود. ويتقص هنين الضلعين الأكسجين لحدوث توفر بشكل كافٍ، ويسمح دخول الأكسجين إلى هذا الحيز المغلق بأي طريقة تشتعل الغرفة مباشرة، وبشكل كامل. ويمكن أن يصاحب ذلك بعض الانفجارات المفاجئة. ويعد هذا النوع من الحرائق من أخطر الأنواع بالنسبة لرجال الإطفاء لاحتمال تعرضهم -لا قدر الله- إلى هذه الانفجارات.

سادساً: آلية الاحتراق Concept of combustion

ترتبط عملية الاحتراق بعدد من المفاهيم، وفيما يلي شرح موجز لأهم هذه المفاهيم:

1- انتقال الحرارة heat transfer

لكي يبقى التفاعل مستمراً لابد من توفر طاقة كافية للمواد المتفاعلة، مساوية أو أكبر من طاقة التنشيط Ea

2- الأكسجين Oxygen

يعد الأكسجين من العوامل الضرورية والمهمة لفهم ميكانيكية الحريق حيث إن نسبة وجوده ومعدل سرعته له أكبر الأثر في عملية الاحتراق.

3- الحركية الكيميائية للتفاعلات Kinetic

يقوم هذا المفهوم على أساس معرفة مدى سرعة تفاعل المواد المتفاعلة أي الوقود والأكسجين وكذلك تحديد نوع الميكانيكيات المتوقعة له، وكمية الجذور الحرة free radical الناتجة من هذه العملية.

4- الثيرموديناميك الكيميائي Thermodynamic chemistry

يرتبط هذا المفهوم بمفاهيم الطاقة الأساسية مثل الانثالبي H، والانتروبي S، والطاقة الحرة G، والمعادلات التي تربط بينهم، وعلاقة ذلك بعملية الاحتراق من حيث كون التفاعل ماصاً أو طارداً للحرارة، وكونه تلقائياً أو عكسياً.

5- انتقال الكتلة Mass transferee

وهو ما يعرف بمدى انتقال الأكسجين أو النيتروجين الهواء الجوي إلى منطقة الاحتراق، وينتج عنه رفع درجة حرارة الغازات.

سابعا / التحليل الجنائي لمخلفات الحرائق الجنائية Forensic analysis for fire debris

لا يختلف مسرح الحريق عن أي مسرح جريمة أو حادث آخر من حيث أهمية المحافظة عليه من العبث والتغيير، حيث إن أي تغيير فيه قد يؤدي إلى حدوث خطأ في تتبع أطوار الحريق، لذا يجب منع أي شخص من الدخول إلى مواقع الحريق ما لم يكن دخوله ضروريا، إما لإطفاء، أو إنقاذ، أو تحرير. وتتميز حوادث الحريق بإمكانية متابعة تطورها وتسلسلها أثناء حدوث الحريق، مما يمكن من الحصول على معلومات تكون في الغالب بالغة الأهمية للخبراء والمحققين. تتمثل الصعوبات التي يواجهها الخبراء في مسرح الحادث بشكل رئيسي في الأضرار التي تلحقها النار بالممتلكات ومكان الحريق، فإذا تم إخماد الحريق بسرعة فإن العثور على أدلة مادية يمكن أن يكون مسألة سهلة نسبياً، أما إذا لم تتم السيطرة على الحريق وتحولت أجزاء كبيرة من الممتلكات إلى رماد وبقايا حريق، فإنه من الصعوبة بمكان الحصول على أدلة مادية ذات قيمة كبيرة أثناء عملية المسح. ومع ذلك، فإن المسح بدقة وتأن من قبل المحققين سيؤدي في الغالب إلى نتائج هامة تتعلق بطريقة تنفيذ ووقوع الحريق، وسيسمح بإعادة بناء سلسلة الأحداث التي أدت إلى حدوث الحريق.

توجد عدة طرق لتحليل العينات الناتجة من مخلفات الحرائق بناء على الطريقة المستخدمة للتحليل ويوضح الجدول (٢-٤) الطرق النظامية العالمية المتبعة لاستخلاص وتحليل العينات المشتبه باحتوائها على مواد تكرولية بناءً على رقم التصنيف العالمي للمعايير المطبقة وفقاً لجمعية ASTM.

الرمز	العنوان والموضوع
E-1385	فصل واستخلاص هذا النوع السائل المشتعل للاشتعال باستخدام تقطير البخار Steam distillation
E-1386	فصل واستخلاص هذا النوع السائل المشتعل للاشتعال باستخدام المذيبات Solvent extraction
E-1387	فصل واستخلاص هذا النوع السائل المشتعل للاشتعال باستخدام كروماتوجرافيا الغاز GC
E-1388	فصل واستخلاص الأبخرة المتصاعدة من هذا النوع المشتعل للاشتعال باستخدام قنية حقن الغازات فوق العينات Headspace .
E-1389	تحليل عينات مخلفات الحرائق المستخلصة عن طريق النزع الحمضي (Acid stripping) عينات الهيدروجين والأكسجين من المادة المستخلصة Acid stripping .

E-1412	فصل واستخلاص هذا المواد السائلة المسرعة للاشتعال من العينات المأخوذة عن طريق الفحم المنشط Activated charcoal باستخدام Headspace .
E-1413	فصل وزيادة تركيز السوائل القابلة للاشتعال بواسطة التركيز الديناميكي للحيز.
E-1618	الكشف عن هذا مخلفات الحرائق للمواد السائلة المسرعة للاشتعال بواسطة جهاز كروماتوجرافيا الغاز بمطياف الكتلة GC-MS.
E-1254	فصل واستخلاص المواد المسرعة للاشتعال من مخلفات الحرائق بواسطة الاستخلاص الدقيق على الطور الصلب SPME.

جدول (٣-٤) الطرق النظامية العالمية المتبعة لاستخلاص وتحليل العينات

سابعا /: جمع عينات مخلفات الحرائق

يجب على الكيميائي المسئول عن رفع العينات في مسرح حادث الحريق لبس القفازات النظيفة، واستخدام أدوات رفع نظيفة، مع ملاحظة أن أدوات الرفع تختلف باختلاف العينة المطلوب رفعها، كما يجب عليه القيام بأهم خطوة في هذا النوع من المسارح وهي تحديد نقطة بداية الحريق قبل البدء في رفع العينات، ويمكن التعرف عليها بإحدى الوسائل التالية:

1. **الظواهر الفيزيائية ومنها:**
   - تشكل حرف V وهي دلالة على نقطة بداية الحريق.
   - وجود أعواد ثقاب.
   - وجود حاويات تحتوي على وقود قابل للاشتعال
2. **استخدام المقدر الهيدروكربوني Hydrocarbon detector**

وهو عبارة عن جهاز متنقل، سهل الحمل يمكن الاستفادة منه في التعرف على المواقع المحتملة لبقايا المواد البترولية المستخدمة كمسرعات للاشتعال مثل البنزين والديزل، والكيروسين في مسرح الحادث، كما في شكل (٣-٢) ويقوم هذا الجهاز بإعطاء قراءات عند وجود مواد هيدروكربونية. ويوجد من هذا الجهاز عدة أنواع، أفضلها الذي يحتوي على المقدرين التاليين:

- مقدر التأين اللهبي Flame Ionization Detector (FID)
- مقدر التأين الضوئي Photo Ionization Detector (PID)

ويتميز هذا الجهاز بأن حدود الكشف عن المركبات العضوية فيه يصل إلى تراكيز منخفضة، حيث يصل إلى ٣٠٠ جزء من المليار ppb في مقدر FID، وإلى ١٠٠ جزء من المليون ppm في مقدر PID.

ويساعد هذا الجهاز خبراء مسرح الحادث في جمع العينات عن طريق تحديد نقطة بداية الحريق، ومواقع بقايا المواد البترولية دون الحاجة إلى أخذ عينات ليست ذات فائدة. وبعد تحديد نقطة بداية الحريق يتم رفع العينات حسب حالتها الفيزيائية، وفيما يلي توضيح لطريقة الرفع:

شكل (٣-٢) المقدر الهيدروكربوني

أ- العينات الصلبة:

عند وجود عينات صلبة محترقة في حادث الحريق، يجب رفع مسرح العينات الممتصة للسوائل كالسجاد والورق، والقماش. ويفضل أن تكون هذه العينات محترقة جزئيا لاحتمالية وجود بقايا المسرع الاشتعال متشبعة بالجزء غير المحترق فيها. بعد ذلك يتم رفعه وتحريزه في أكياس بلاستيكية عديمة المسامات كأكياس النايلون، أو النوايلي استر، ثم تربط بأحكام وتوضع في علب معدنية محكمة الإغلاق، نظافا للظاير مكونات مسرع الاشتعال

شكل (٢-١) أدوات تحريز محتويات الحرائق

ب- العينات السائلة:

عند وجود عينات سائلة في مسرح حادث الحريق، ترفع العينات باستخدام أنابيب ماصة pipette، أو بعض الأدوات ذات القدرة على الامتصاص. ويفضل أخذ كمية قليلة تتراوح ما بين ٢٠-٢٠ ملليتر من المادة السائلة، ووضعها في هذه الأنابيب. كما يفضل أن يكون غطاء هذه المادة مصنوعاً من التيفلون teflon حتى لا تتفاعل مع المواد السائلة المزفوعة، ويتم تقدير هذه المواد مباشرة في أجهزة التحليل الكروماتوجرافي.

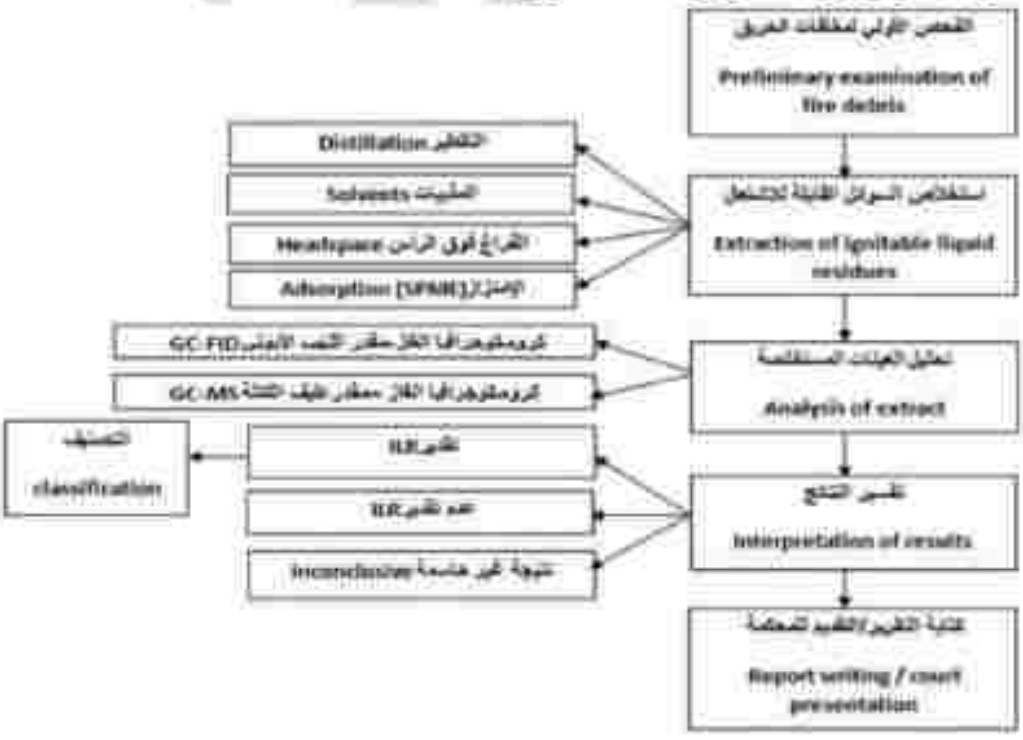
ت- العينات الغازية:

في الوقت الحاضر يمكن استخدام نوعاً من الكلاب البوليسية المدربة، والتي يكون لديها القدرة على كشف رائحة المواد البترولية في مسرح الحادث. كما يمكن الكشف عنها باستخدام المقبر البيتروكربوني المتنقل في مسرح الحادث، وذلك لمعرفة ما إذا كانت هذه المادة الغازية من المواد المسرعة للاشتعال أم لا.

سابعا /: تجهيز وتحضير العينة للتحليل Preparation of Sample

يقصد بتجهيز وتحضير العينة (استخلاص واستعادة المواد المسرعة للاشتعال القابلة للتطاير من عينات بقايا الحريق تمهيداً لحقنها في جهاز التحليل). حيث يوجد العديد من الطرق التحليلية لهذه العينات من أهمها: الطرق الكروماتوجرافية والطرق الطبيعية كما يمكن استخدام العديد من طرق الاستخلاص التقليدية والحديثة مثل الاستخلاص بالتقطير والاستخلاص بالمذيبات، والتي بدأ استخدامها منذ مطلع القرن الماضي وتطورت إلى أن وصلت إلى طرق حديثة تعتمد على استخلاص مكونات العينة الغازية بالقراغ فوق السطح، وكذلك الاستزال.

إن عملية فحص وتحليل محتويات الحرائق خصوصا بقايا المواد المسرعة للاشتعال القابلة للتطاير Ignitable Liquid Residues (ILR) يتم -في الغالب- في خمس خطوات موضحة باختصار في الشكل التوضيحي التالي (2-5)، والذي يحتوي على أهم خطوات تحليل عينات الحرائق بواسطة السوائل القابلة للاشتعال.

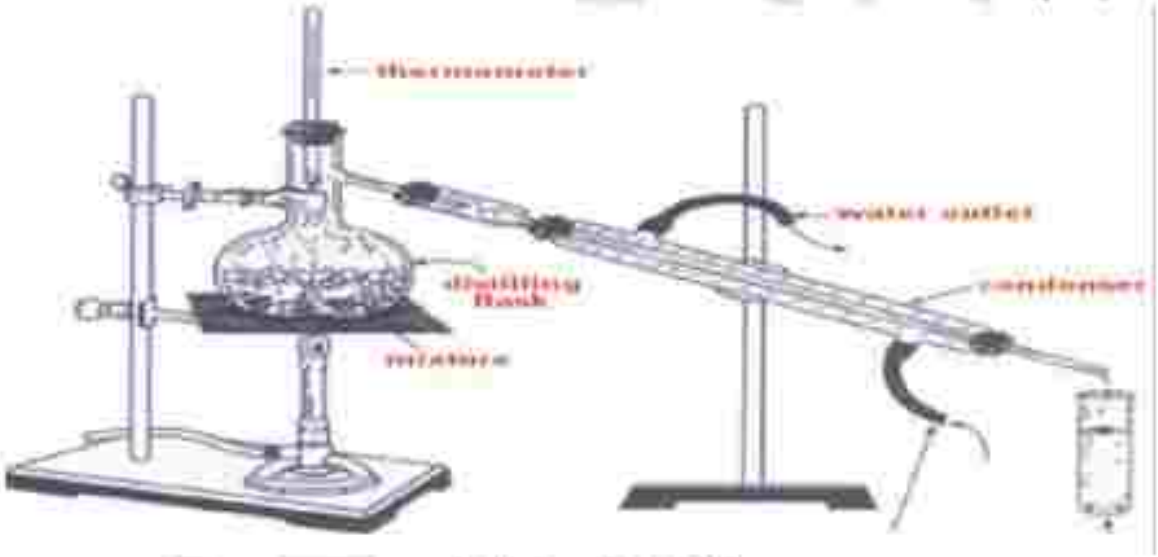


شكل (٢-٥) خطوات فحص وتحليل عينات مخلفات الحرائق الناتجة من السوائل القابلة للاشتعال

ثانيا / أهم الطرق المستخدمة في تجهيز العينات

1- التقطير Distillation

وهي طريقة مستخدمة على نطاق واسع لفصل المخاليط (فصلاً فيزيائياً) على أساس الاختلاف في تبخر مكونات الخليط السائل، ويمكن تسخين السائل الذي يحتوي على العديد من المركبات التي تختلف في نقطة الغليان ليتحول إلى غاز، ثم يتكثف مرة أخرى ويعود إلى الشكل السائل بعد ذلك، تجمع كل عينة على حده. ويمكن تكرار هذه العملية على جميع مكونات عينة السائل للحصول نقاء المنتج. ويسمى التقطير المزدوج، وينقسم إلى نوعين هما: التقطير البخاري والتقطير تحت الضغط حيث يستخدم الماء في التقطير البخاري كمحلول ناقل ويستخدم لاستخلاص المواد القابلة للتطاير إذا كانت كمية العينة متوفرة بشكل كاف. ويمكن أن يستخدم الإيثلين جلايكول كبديل للماء، كمحلول ناقل في المركبات ذات درجة الغليان المرتفعة مثل البيرال، وكذلك يمكن استخدام خليط من الماء والإيثانول في التقطير البخاري، لكن وجد إن نتائجه غير دقيقة مع مسرعات الاشتعال السائلة وتعتبر تقانة التقطير من أول التقنيات المستخدمة في استخلاص مخلفات الحرائق كما في الشكل (٢-٦).



شكل (٢-٦) جهاز التقطير

2- الاستخلاص بالمذيب Solvent Extraction

تتضمن طريقة الاستخلاص بالمذيبات إضافة كمية من المذيب وتغمر العينة بالكامل بهذا المذيب. ومن ثم شطفه وترشيحه للحصول على المادة المراد استخلاصها مركزة في جزء من المذيب، أو تكثيفه باستخدام نظام السوكسيليت (soxhlet system) لكن هذه الطريقة مستهلكة للوقت، ويمكن أن تتسبب في فقد جزء من العينة أثناء خطوات تركيزها.

3- الفراغ المباشر أعلى السطح Headspace

تعتمد هذه الفكرة على تبخر جزء من العينة المرفوعة من مسرح الحادث بعد وضعها في حيز مغلق للحفاظ عليها من الانتشار بحيث يتم سحب جزء منها باستخدام إبرة وحقنها مباشرة في جهاز الكروماتوجرافيا الغازي. وتكون النتائج أفضل كلما زاد الوزن الجزيئي لمكونات العينة المستخلصة بهذه الطريقة وهي من طرق الاستخلاص المفضلة للعينات ذات الطبيعة الطيارة.

4- الامتزاز (الامتصاص) Adsorption

تعتمد هذه الطريقة على تطاير المواد من العينة المرفوعة من مسرح الحادث وترحيلها على سطح مهيأ لامتزاز العينات العضوية المتطايرة سيتم ترحيله حيث توضع العينة بعد ورودها من مسرح الحادث في عبوة بلاستيكية مفرغ أو أكياس من الدايلون، ثم تسخن لنحو ٤٠ م ثم يعرض سطح الإبرة الذي يحتوي على ألياف لها القدرة على الامتزاز -للعينة، وتترك لمدة عشرين دقيقة تقريبا بعد ذلك تغلق الإبرة، ويغلق كيس العينة وتحقن مباشرة في جهاز الكروماتوجرافيا الغازي

1-4 الاستخلاص الدقيق على الطور الصلب Solid Phase Micro-Extraction (SPME)

شكل (٢-٧) SPME

اكتشفت هذه الطريقة على يد باولسين J. Pawlisyn عام ١٩٩٠م، وهي إحدى الطرق المستخدمة لإستخلاص وامتزاز العينات على الطور الصلب، حيث يتم تسخين العينة المراد استخلاصها والتي تحتوي في الغالب على مركبات متطايرة Vol-atile. فتتطاير المكونات أثناء التسخين. ونظراً لأن هذا الجهاز مزود بإبرة بها قطعة من ألياف كما في شكل (٢-٧) يتم امتزاز المواد المتطايرة على سطحها Adsorption فتترسب المكونات المتطايرة على سطح الليف، وبذلك يتم تجميع وتركيز العينة مع استبعاد شوائب المواد الثقيلة والمعدنية في العينة التي لا تتطاير أثناء التسخين، ولا تترسب (تعلق) على سطح الليف، ثم تحقن يدويا في جهاز الفصل الكروماتوجرافي.

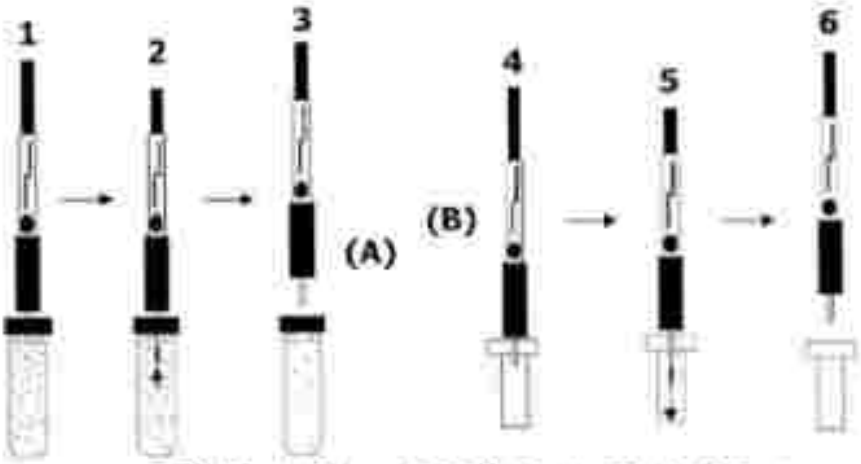
1-4-أ فوائد الـ SPME:

إن إحدى الفوائد الرئيسة لـ SPME هو بساطتها في الاستخلاص، يمكن استخلاص العينات بالطرق التقليدية التي يحتاج إلى إجراء العديد من الخطوات المستهلكة للوقت، كما إنها أي الطرق التقليدية – قد تؤثر على العينة ومكوناتها، ويمكن بسببها أن يفقد جزء مهم من مكونات العينة محل الدراسة بالإضافة إلى إمكانية تلوث contamination العينة من جهة أخرى يقل حد الكشف Detection Limit في هذه التقنية مقارنة بالطرق الأخرى بقيم كبيرة وهذا يعطيها ميزة عالية عن غيرها من الطرق.

1-4-ب طريقة أخذ العينة:

يتكون ليف fiber الـ SPME من السيليكا، ويبلغ طوله اسم ويكسو رأسه بوليمر Polymer محمي بداخل إبرة مجوفة وهو مرتبط بمكبس من الحديد المقاوم للصدأ، وعند ضغط المكبس العلوي يخرج الليف ويلتصق الرأس المكسو بالبوليمر، ثم لتجمع العينة عليه بالامتصاص أو الامتزاز اعتماداً على نوع الغطاء coating لمدة معينة من الزمن (ثواني دقائق، ساعات) حسب نوع العينة ونوع التطبيق المطلوب. ثم يعاد الليف إلى الداخل مرة أخرى بعد ذلك يتم نقل الإبرة للجهاز ليتم حقنها فيه، ويتم ضغط المكبس لإخراج الليف المحتوي على العينة الممتزة والمطلوب دراستها . وعند حقن العينة، فإن حرارة الحاقن في الجهاز تقوم بتحرير المحتويات الممتزة على سطح ليف البوليمر، فتنتقل من منفذ الحاقن إلى عمود الفصل بعد ذلك يجرى لها في الجهاز تحليل كيفي (نوعي) qualitative، وتحليل كمي quantitative

ويوضح الشكل (٢-٨) طريقة جمع العينة وتجهيزها للحقن في جهاز التحليل. جدير بالذكر إنه يتم تنظيف ليف الـ SPME من الشوائب عن طريق التسخين، وبذلك يعد جاهزا للعمل على استخلاص وحقن عينة أخرى.



شكل (١-٢) طريقة الاستخلاص باستخدام SPME

نلاحظ في الجزء A للشكل (١-٢) طريقة تجميع العينة باستخدام ليف SPME، أما الجزء B من نفس الشكل فيوضح خطوات إدخال العينة إلى الجهاز الكروماتوجرافي.

٤-٢-ت خواص الليف المستخدم في SPME

إن كمية العينات التي تتجمع على ليف SPME تعتمد على عدد من العوامل كما هو الحال مع أعمدة الفصل في جهاز الكروماتوجرافيا الغازي GC-MS ومنها:

a) يتم استخدام غطاء بوليمر قطبي ذي حساسية للمركبات القطبية المراد تحليلها، بينما لتحليل المواد غير القطبية فيستخدم غطاء من البوليمر غير قطبي.
b) يفضل استخدام غطاء بوليمر ذي سمك عال لجميع المركبات المتطايرة
c) تعتبر درجة الحرارة من العوامل المهمة أثناء جمع العينة سواء من حيث الزيادة أو النقصان حيث إن لها تأثير كبيرا على النتائج.
d) تتأثر العينات السائلة بكل من الحموضة pH، والأملاح، ومعدل سرعان الهواء. ولهذه العوامل أثر واضح على طريقة الاستخلاص

من المهم جداً معرفة أن استقرار المكونات على الليف في هذه الطريقة يعتمد على درجة حرارة الحقن في جهاز GC-MS، وعلى معدل السريان وعمق الليف المدخل إلى ملف العينات port.

تاسعا / تقنيات تحليل بقايا الحريق Fire Debris Analysis Techniques

بعد التجهيز واستخلاص العينات تأتي مرحلة اختيار أفضل طريقة آلية لتحليل بقايا مخلفات الحرائق لأجل أن يتم التعرف على المكونات الموجودة في مسرح الحادث وما إذا كانت من البنزين (الجازولين)، أو الديزل، أو الكيروسين أو من مركبات هيدروكربونية أخرى ثقيلة كانت أو متطايرة. وتحديداً مدى ارتباط ذلك مع نتائج التحقيق الفني في مسرح الحادث.

ويمكن إجراء الكشف الآلي للعينات باستخدام عدد من الأجهزة التحليلية نوجزها فيما يلي:

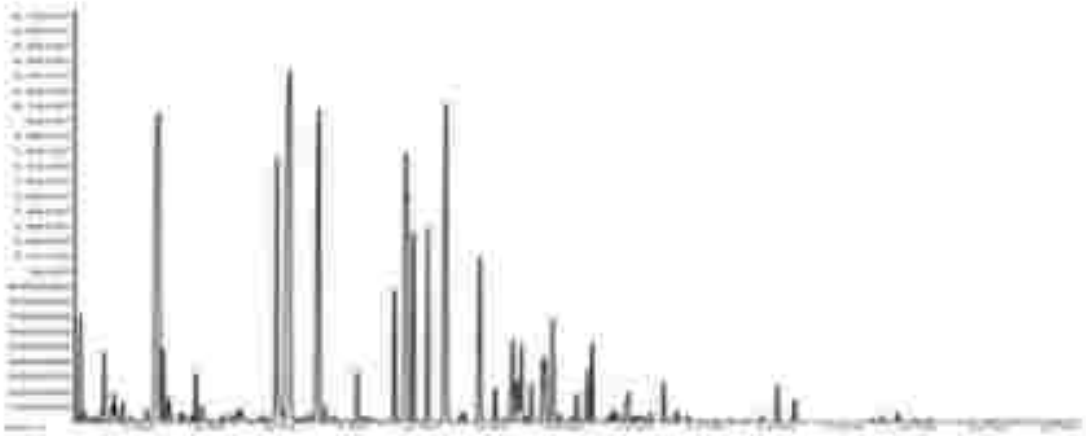
a) أجهزة الفصل الكيميائي التي تقوم بفصل مكونات العينة عن بعضها بعضاً، فصلاً فيزيائياً بناءً على زمن مكوث كل مكون من مكونات العينة في عمود الفصل في الجهاز، ومنها:
- الكروماتوجرافيا الغازية Gas Chromatography (GC)
- الكروماتوجرافيا الغازية -المرتبطة بمطياف الكتلة

Gas Chroma-tography Mass Spectrometry (GC-MS)

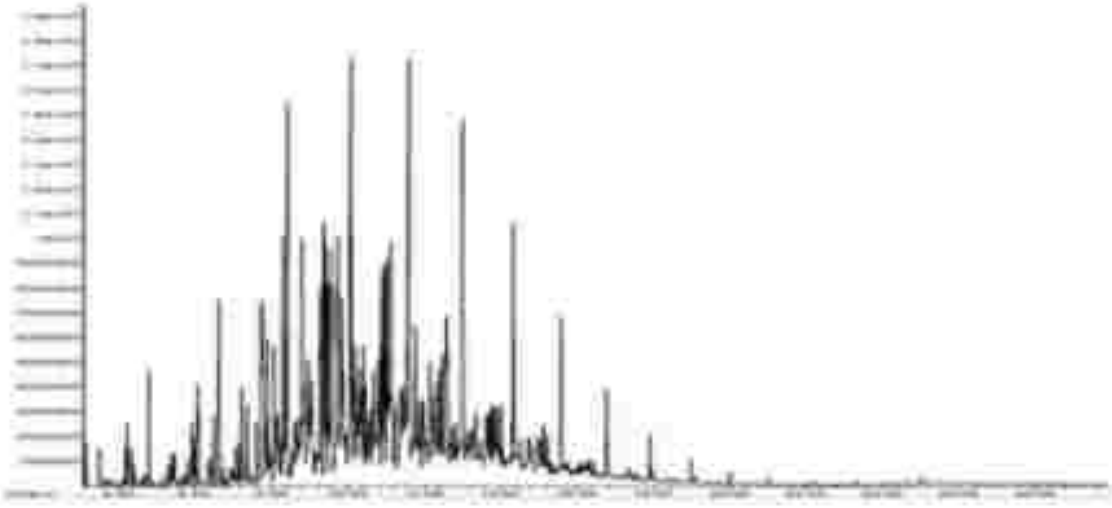
- الكروماتوجرافيا الغازية المرتبطة بمقدر التأين اللهبي
Gas Chro-matography Flame Ionization Detector (GC-FID)
- كروماتوجرافيا السائل ذو الأداء العالي
High Performance Liq-uid Chromatography (HPLC)

وتعد هذه الأنواع من أفضل التقنيات المستخدمة في تحليل مخلفات حرائق المواد البترولية، وتظهر نتائج التحليل باستخدام تقنيات الكروماتوجرافيا على هيئة قمم Peaks تسمى بالكروماتوجرامات Chromatograms كما هو موضح في شكل (٢-٩) و (٢-١٠)

b) مطياف الامتصاص الذري Atomic absorption spectrometry (AA)
c) مطياف الأشعة تحت الحمراء Infrared Spectrophotometer (IR)
d) مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية UV-Visible Spectrophotometer
e) جهاز الوميض Device Flash Point



شكل(٢-٩) القمم الكروماتوجرافية للجازولين (وقود البنزين)



شكل(٢-١٠) القمم الكروماتوجرافية للكيروسين

تدعيلي
تابعني على الانستا