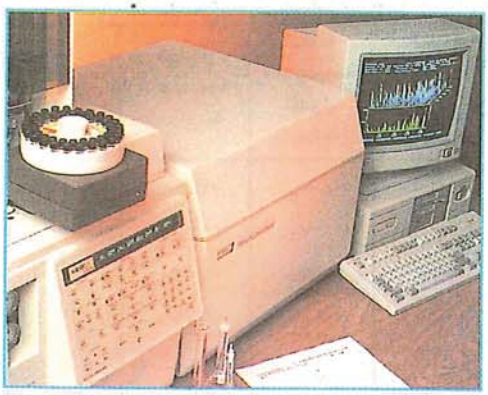
كيف تعمل الأشياء

جهاز الكروماتوجرافيا الغازية المقترن مع طيف الكتلة

إعداد : د . عدلي فضل العطار



حققت الكيمياء التحليلية بوساطة جهاز الكروماتوجرافيا الغازية المقترن مع طيف الكتلة (Gas Chromatograph - Mass Spectrometer - "GC - MS") قفزة هائلة في عالم التحاليل . ويعد هذا الجهاز من أحدث الأجهزة الكيميائية وأفضلها ، لدقته العالية جداً وسرعته الفائقة ، لذا فإنه يحتل مكاناً مرموقاً في جميع مجالات التحاليل ، حيث لا تخلو منه معظم مراكز البحوث في الجامعات العالمية والمستشفيات التخصصية إضافة إلى العديد من المختبرات المتخصصة .

يجمع جهاز (GC - MS) بين مزايا جهازي الكروماتوجرافيا الغازية(GC) وطيف الكتلة (MS) ، ورغم أن هذين الجهازين يعملان تحت ضغطين مختلفين فقد أمكن التغلب على مشكلات هذا الاختلاف بإضافة وصلة مشتركة (Interface) ـ تسمى أحياناً خط النقل (Transfer-Line) ـ تصل بين الجهازين .

تطبيقات الجهاز

يعد جهاز الـ GC- MS من أهم الأجهزة الحديثة المستخدمة في التعرف وتقدير المركبات العضوية والعضو معدنية المتطايرة ، القطبية وغير القطبية التي يتراوح وزنها الجزئي بين ٤ إلى ١٠٠٠ وحدة وزنية ذرية ، وبحساسية ودقة عالية جداً تصل من حدود النانوجرام (10^{-9}جم) إلى البيكوجرام (10^{-12}جم).

يستخدم الجهاز في جميع أنواع التحليل الكيفي والنوعي للمواد العضوية وغير العضوية .... والكيمياء الصيدلانية ، وفي البحث الجنائي وتحليل المياه في المقاييس والمواصفات والجودة النوعية لمعرفة الغش في البضائع ، وفي بحوث التطوير الصناعي .

أجزاء الجهاز

يتألف الـ (GC-MS) ، شكل (١) ، من الأجزاء التالية :ـ

١ـ جهاز الـ GC

يعمل هذا الجهاز عند الضغط الجوي العادي (٧٦٠ ملم زئبق) ، ويشترط في هذه الحالة استخدام غاز الهيليوم كغاز حامل لسهولة حركته وعدم تفاعله مع المواد المراد تحليلها .

ويستخدم هذا الجهاز العمود المعبأ (Packed Column) أو العمود الشعري (Capillary Column) . إلا إنه يفضل العمود الشعري لمميزاته الحسنة ، التي من أهمها أن كمية المادة المستخدمة فيه قليلة جداً . كذلك لايشترط في هذا الجهاز وجود مقدر (Detector) لأن جهاز الـ (MS) يعد هو المقدر في الجهاز الجديد (GC-MS) .

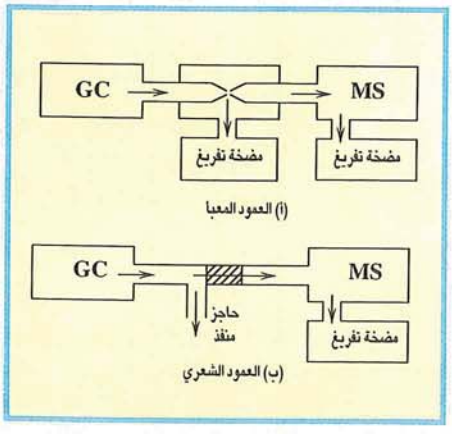
٢ـ جهاز الـ MS

يعمل هذا الجهاز بمحلل من النوع الرباعي الأقطاب (Quadrupole) .

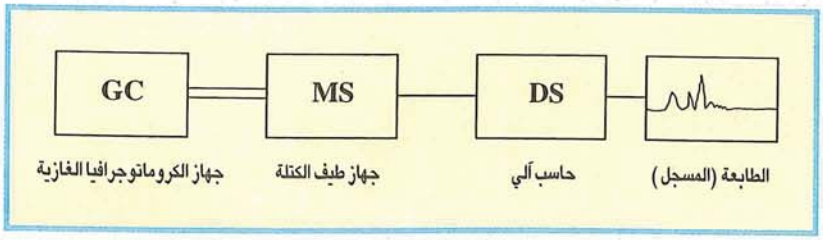
٣ـ الوصلة المشتركة

يعد هذا الجزء هو الجديد والمهم في ربط الجهازين معاً . تصل الوصلة ـ وطولها ١٠ إلى ١٥ سم ـ جهاز الـ GC بجهاز الـ MS ، وهي تبدأ عند نهاية العمود الموجود في الـ GC وتتصل بغرفة التأين في جهاز الـ MS .

تعمل الوصلة في درجة حرارة عالية تصل إلى ٣٥٠°م ، ويتم التحكم فيها عن طريق الحاسب الآلي لتكون ثابتة وتسمح بانتقال المادة المراد تحليلها من العمود إلى



● شكل (٢) .



● شكل (١) .

غرفة التأين الغازية . وتغلف الوصلة من الخارج بعازل كي لا تنتقل الحرارة إلى مستخدم الجهاز .

يعتمد نوع الوصلة على العمود المستخدم ، ففي جهاز الـ GC المستخدم فيه العمود المعبأ فإن الوصلة يجب أن ترتبط بمضخة إضافية لخفض الضغط ، بينما لا يشترط وجود المضخة في حالة استخدام العمود الشعري ، شكل (٢) ، بل وجود حاجز منفذ للعينات (Barrier Permeable).

٤ ـ الحاسب الآلي (Data System-DS)

يتكون هذا الجزء من حاسب آلي ضخم يتضمن مكتبة مسجلة تحتوي على مخططات طيفية من عشرة آلاف إلى ثلاثين ألف مركب معلوم . ولأهمية هذا الجزء يطلق على جهاز الـ GC-MS أحياناً اسم آخر يتضمن وجود الحاسب الآلي مثل جهاز الـ (GC/MS/DS) . ويساعد الـ DS في التحكم ، بالجهاز ، واختيار طريقة العمل ، ودرجات الحرارة المطلوبة لكل تجربة ، ومقارنة العينة قيد الدراسة بالعينات المحتملة الموجودة ضمن مكتبة الـ DS .

٥ ـ الطابعة أو الراسمة (Printer - Plotter)

يشترط في الطابعة القدرة على رسم النتائج من جهازي الـ GC والـ MS وطباعتها .

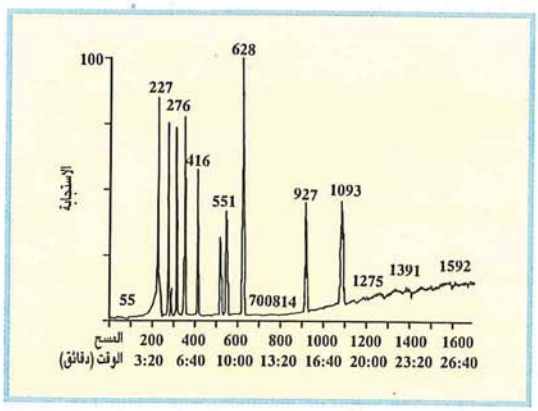
كيفية عمل الجهاز

يتم حقن المركب أو خليط المركبات بوساطة إبرة الحقن (Syringe) في جهاز الـ GC حيث تخرج منه الأيونات عبر الوصلة إلى جهاز الـ MS ليتم تحويلها ومن ثم تمر على المضخم الإلكتروني (Electron Multiplier) والحاسب الآلي لرسمها ، شكل (٣) ، وبعد حوالي نصف ساعة يمكن الحصول على كروماتوجرام ، شكل (٤) ، يتم بوساطة الحاسب الآلي حيث يظهر مسح سريع قابل للإعادة مقداره ألف وستمائة مسح (1600 MS scans) .

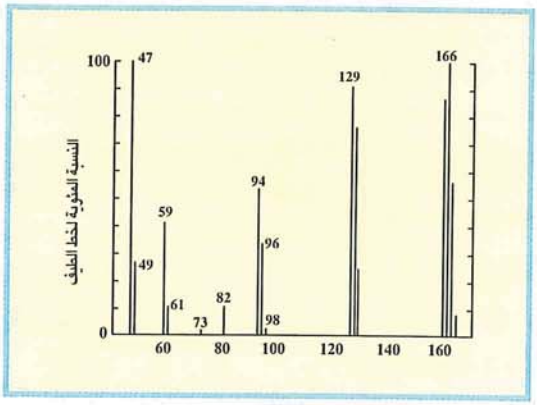
تمثل كل سن (Peak) في الشكل (٤) مركباً منفصلاً من الخليط المستخدم ، فعلى سبيل المثال يمكن تكبير السن للمركب ٩٢٧ للحصول على معلومات مفصلة عن طيف كتلته ، شكل(٥) ، وبمقارنة هذه المعلومات مع المخططات الطبيعية الموجودة بالحاسب الآلي ، يمكن القول إن المركب للسن (٩٢٧) هو رابع كلور الإيثيلين (Tetrachloroethylene) ذو الوزن الجزيئي ١٦٤ الذي يمكن كتابته ($^{12}C_2{}^{35}Cl_4$) حسب نظير الكلور ٣٥ أو ($^{12}C_2{}^{37}Cl_4$) حسب نظير الكلور ٣٧ .

يوضح الشكل (٥) أن نسبة نظير الكلور ٣٥ تبلغ ثلاثة أضعاف نسبة النظير ٣٧ . وبهذا يمكن فصل خليط المركبات والتعرف عليها بدقة متناهية .

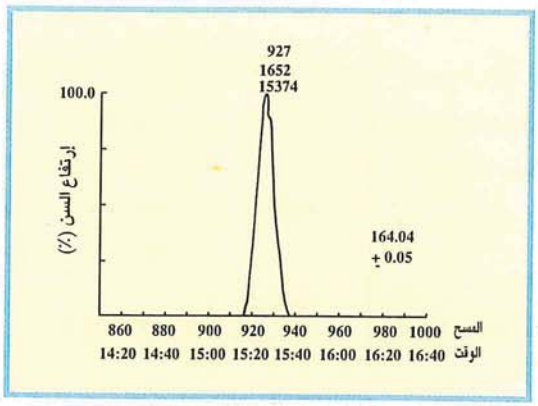
ويمكن تقدير تركيز كل مركب على حدة بوساطة الحاسب الآلي حيث يمكن اختيار الأيون المراد تعيين تركيزه (مثلاً الأيون ١٦٤) برسم منحنى الأيون ، شكل (٦) ، وذلك بإيجاد مساحته ومن ثم تحويل هذه المساحة بوساطة الحاسب الآلي إلى تركيز في العينة الرئيسة التي تم حقنها في الجهاز .



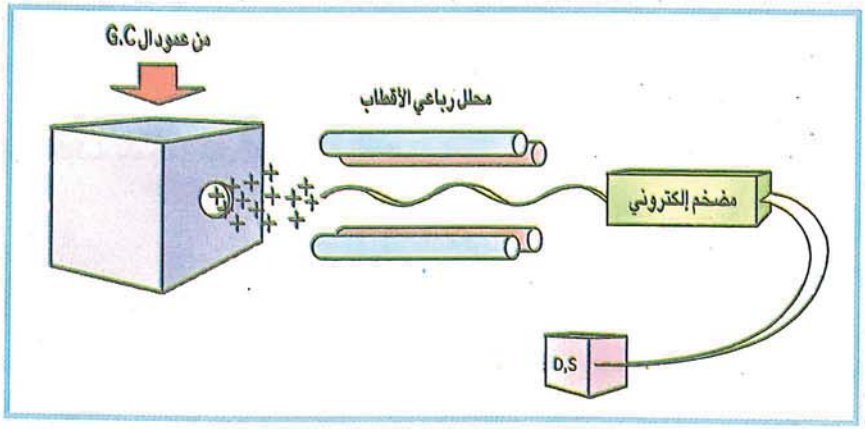
● شكل (٤) .



● شكل (٥) .



● شكل (٦) .



● شكل (٣) .