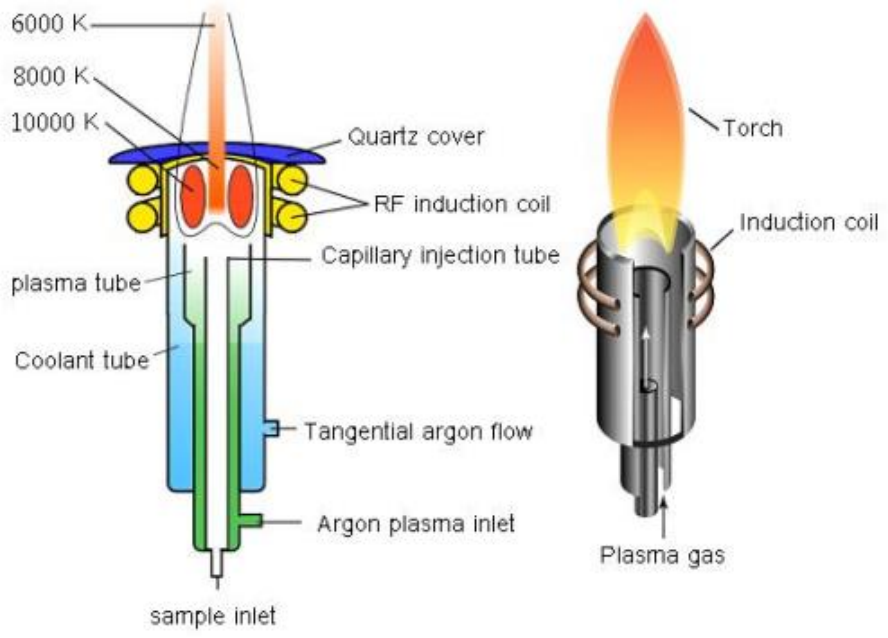
البلازما المتولدة بالحث (ICP)

وتتكون ال ICP من ثلاثة أنابيب من الكوارتز ، متحدة المركز (concentric) ، يبلغ قطر الأنبوبة الخارجية منها حوالي 2.5 cm ، وعلى نهايتها العلوى ملف حث كهربي يستخدم الترددات في مدي ترددات الراديو (عند شدة عالية للغاية) ، كما يتم ضخ غاز الأرجون من الأسفل ، بغرض توليد البلازما ، ومن الجانب بغرض تبريد سطح الأنبوبة الخارجية (في المنطقة العلوية بالتحديد). ومن المعلوم أن مرور تيار شديد في الملف يولد مجالاً مغناطيسياً قوياً عمودياً على اتجاه سريان التيار في الملف ، وفي حالة وجود أي شحنة في هذا المجال فإنها تدور في اتجاه عمودي على اتجاه المجال. والآن عند تقريب شرارة كهربية كافية لتأيين الأرجون ، فإن الأرجون المتأين يبدأ بالدوران عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي ، وأثناء دوران أيونات الأرجون تتولد حرارة هائلة (نتيجة للمقاومة التي تواجهها أيونات الأرجون المتسارعة) ، مما يرفع درجة الحرارة إلى حوالي 10000 درجة ، وتقل الحرارة كلما اتجهنا إلى أعلى. ونتيجة لهذه الحرارة الهائلة يتم إثارة ذرات وأيونات الأرجون ، فيتوهج كاللهب ، مكوناً ما يعرف بالبلازما (ICP).



خصائص الأداء لمصدر ال inductively coupled plasma (ICP)

تتميز ال ICP كمصدر حراري في أجهزة طيف الانبعاث الذري بخصائص هامة ، منها:

1. درجة حرارة هائلة (تصل إلى 6500 درجة في منطقة القياس (منطقة مرور الشعاع) ، وهي درجة عالية جداً وكافية لتحويل كافة المواد إلى ذرات ، وإثارة نسبة كبيرة منها.
2. أيضاً ، بسبب الحرارة العالية ، لا يتوقع وجود مركبات تستعصي على التكسر (refractory compounds) ، أو مواد صلبة ، أو مواد جزيئية غازية ، وبالتالي:
   a) التداخلات الكيميائية قليلة جداً (إن كانت موجودة) ، حتى التداخل الذي قد ينشأ نتيجة لتأين بعض الذرات يعتبر قليلاً جداً ، خاصة وأن تأين غاز الأرجون في البلازما ينتج عنه كميات هائلة من الالكترونات التي تعمل على تثبيط تأين ذرات العناصر (بالرغم من الحرارة الهائلة).
   b) التداخلات الطيفية لا تكاد تذكر ، إلا من تداخلات الخطوط المختلفة (spectral line interferences) التي تزداد بزيادة عدد الخطوط ، تلك الزيادة التي هي نتيجة مباشرة لرفع درجة الحرارة. لكن تعلمنا سابقاً أنه من السهل التخلص من هذا النوع من التداخلات الطيفية.
3. منحنى المدى الخطي واسع عادة ، ويفوق في مداه الاتساع الذي نحصل عليه من الطرق المعتمدة على اللهب.
4. الأرجون غاز خامل ، وبالتالي فإن التحليل يتم في بيئة خاملة ، مما يؤدي إلى استبعاد تكون مركبات الأكاسيد.
5. الأرجون يتميز بعدد قليل من خطوط الانبعاث الخاصة به ، وبالتالي يعتبر غازاً مثالياً لتقليل التداخلات الخطية.
6. عادة ، ال ICP لا تحتاج إلى صيانة متكررة ، وهي تشبه اللهب في شكلها (لهذا يطلق عليها plasma torch) ، وبالتالي فهي مألوفة للعاملين في هذا المجال.
7. أكثر سهولة في تطويعها لتحليل أكثر من عنصر في نفس الوقت (multichannel analysis) ، وذلك لعدم حاجتنا إلى مصدر إضاءة خاص بكل عنصر ، كما هو الحال في أجهزة طيف الامتصاص الذري.

8. للأسف ، يحتاج تشغيل ال ICP إلى كميات كبيرة من الأرجون (قد تصل إلى 17 لتر في الدقيقة) ، كما تحتاج إلى فترة تشغيل تحضيرية طويلة للحصول على plasma ثابتة الحرارة (من نصف ساعة إلى ساعتين) ، مما يزيد من الكلفة التشغيلية.
9. تستهلك كمية كبيرة من الطاقة قد تصل إلى 2 كيلو وات في الساعة.

مطــيافية الوميض الجزيئي

عند سقوط أشعة ذات طول موجي مناسب (في منطقة الضوء المرئي إلى فوق البنفسجية) على جزيئات كيميائية ، فإن تلك الجزيئات يمكنها امتصاص جزء من الشعاع الساقط ، وبذلك يمكن حساب الامتصاص ، الذي يعتمد على تركيز الجزيئات ، بحسب قانون Beer. لكن في نفس الوقت فإنه يمكن القول أن عدداً من الجزيئات قد امتصت طاقة كافية ، وبالتالي انتقلت إلى الحالة المثارة. وهنا لا بد لتلك الجزيئات من العودة إلى الحالة الأرضية المستقرة ، عن طريق التخلص من تلك الطاقة ، ويعتبر الوميض أحد طرق التخلص من فرق الطاقة للعودة من الحالة المثارة إلى الحالة الأرضية. وينقسم الوميض إلى عدة أقسام قد يكون أشهرها:

1. **ال fluorescence**
2. **ال phosphorescence**

وهما نوعان ينشآن عن انتقال الجزيئات من الحالة المثارة إلى الحالة الأرضية ، مع العلم أنه يتم إثارة الجزيئات نتيجة امتصاص أشعة في منطقتي الضوء المرئي أو الأشعة فوق البنفسجية (200–780 nm).

3. **ال chemiluminescence (أو الوميض الكيميائي)**

ينشأ عن انتقال الجزيئات من الحالة المثارة إلى الحالة الأرضية ، وفيه يتم انتقال الجزيئات من الحالة الأرضية إلى الحالة المثارة عن طريق اكتساب طاقة ناتجة عن تفاعل كيميائي ، وليس عن طريق أشعة ساقطة عليها.

4. ال electroluminescence (أو الوميض الكهربي)

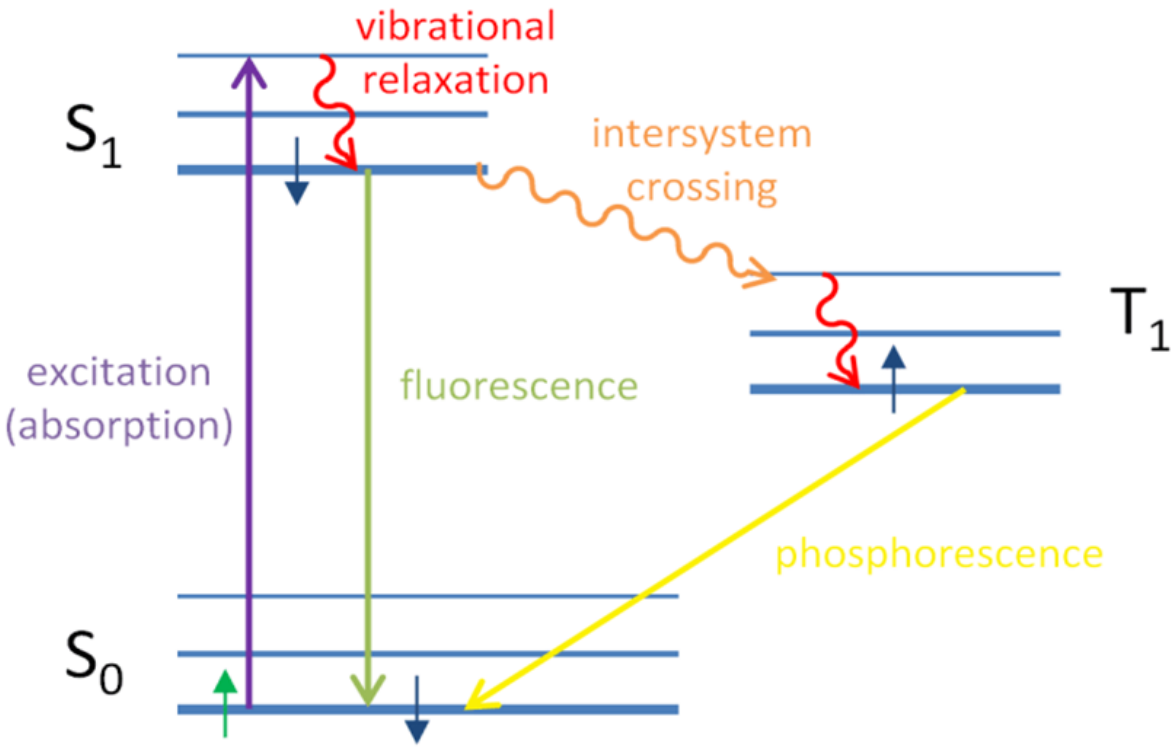
ينشأ عن انتقال الجزيئات من الحالة المثارة إلى الحالة الأرضية ، وفيه يتم انتقال الجزيئات من الحالة الأرضية إلى الحالة المثارة عن طريق تعريض الجزيئات إلى تيار أو جهد كهربي ، وليس عن طريق سقوط أشعة عليها. ويستخدم هذا النوع من الوميض في مصابيح ال LEDs وشاشات العرض التي تعتمد عليها ايضاً.

5. ال thermoluminescence (أو الوميض الحراري)

ينشأ عن انتقال الجزيئات من الحالة المثارة إلى الحالة الأرضية ، وفيه يتم امتصاص الأشعة عالية الطاقة من قبل العديد من المواد المتبلرة ، مما يؤدي إلى ظهور مستويات طاقة الكترونية فيها ، وفي بعض تلك المواد أو المعادن تكون تلك المستويات محجوزة أو محبوسة في مواضع (defects) داخل الشبكة البلورية لفترات زمنية طويلة للغاية ، وعند تعريض تلك المواد للحرارة فإن الأشعة المختزنة والتي تم امتصاصها سابقاً (خلال الأعوام والقرون الماضية) تتحرر وتعطي ضوءاً (وميضاً). ويستخدم هذا النوع من الوميض في تحديد أعمار المواد المختلفة كالأواني الخزفية والفخارية وغيرها.

الفلورة Fluorescence

الفلورة هي نوع من أنواع البريق الضوئي (Photo Luminescence) حيث تلازم أمتصاص الأشعة المرئية وفوق البنفسجية فعند تسليط حزمة من الاشعة الكهرومغناطيسية على جزيئات مادة في المحلول فأن هذهِ الجزيئات تمتص جزء من الطاقة وتصبح مثارة فتنتقل الالكترونات من مستوى الطاقة ألالكتروني الأدنى ألى مستوى الطاقة الالكتروني الأعلى (المثار) ,أذ ينتقل الجزيء الى المستوى الأرضي من خلال فقد فوتون تتناسب طاقته مع فرق الطاقة بين المستويين الأرضي والمثار فنحصل على هذا الألكترون عبر الانتقال من $S_1 - S_0$) وهذا ما يطلق عليه بالفلورة .



الفسفرة Phosphorescence

اما النوع الأخر من انواع التألق الفوتوني يدعى الفسفرة (Phosphorescence) فبعد أمتصاص الُجزْئ طاقة مناسبة ومن ثم حدوث التحول الداخلي للوصول الى الحالة الألكترونية المثارة الأولى فأنه ينتقل من الحالة الأحادية المثارة(S_1) الى الحالة الثلاثية المثارة(T_1).

المكونات الاساسية لجهاز الفلوروميتر Fluorometer

توجد تصاميم مختلفة من الأجهزة التجارية المتنوعة والمتطورة معظم هذه التصاميم يحتوي على الأجزاء الرئيسية الأتية :

المصدر الضوئي Light Source

إنّ جهاز الفلوروميتر يعتمد بشكل اساسي على المصدر الضوئي , لذلك لابد من البحث عن مصدر اضاءة عالي الشدة مثل مصباح الزينون , أو النيون , الديتيريوم , الليزر , او القوس الزئبقيLED .أنّ شدة الفلورة تتناسب مع شدة الشعاع الساقط على العينة ومن الناحية العملية إنْ اكثر مصادر الاضاءة استخداماً هو مصباح الزينون حيث يعُطي شعاعاً من الاطوال الموجية في المدى من (200-1000 nm) اي يغطي بشكل كل من منطقة الاشعة المرئية وفوق البنفسجية .

خلية النموذج Sample cell

تُصَنع خلية القياس عادة من الزجاج أو الكوارتز حيث إنَّ الزجاج ينفذ بشكل جيد في المجال المرئي وحتى (320nm) أما الكوارتز فهو نافذ جيد في المجال المرئي وفوق البنفسجي حتى (190nm) .

مرشح أو مفرق الاثارة (Excitation filter)

وهو مايعرف بالمرشح الأولي (Primary Filter) الذي يقوم بعزل ضوء ذي طول موجي (λ_{ex}) لأستعماله في اثارة المواد المتفلورة في المحلول.

مرشح او مفرق الانبعاث (Emission filter)

أو مايدعى بالمرشح الثانوي (Secondary filter) الذي يقوم بعزل ضوء التفلور عند طول موجي (λ_{em}) وازالة الاشعة المشتتة غير المرغوب بها.

الكاشف (The detector)

إنّ التفلور يبعث بشكل متساوٍ في جميع الاتجاهات لأنه ينتج داخل العينة ويمكن رؤية انبعاث التفلور في أي زاوية يُنظَر فيها وعملياً يكون أبسط وضع لمصدر الاثُارة عندما يكون بزاوية (90°) مع الكاشف حيث يمُنَع تقدير الاشعة المثارة أو المبعثرة.