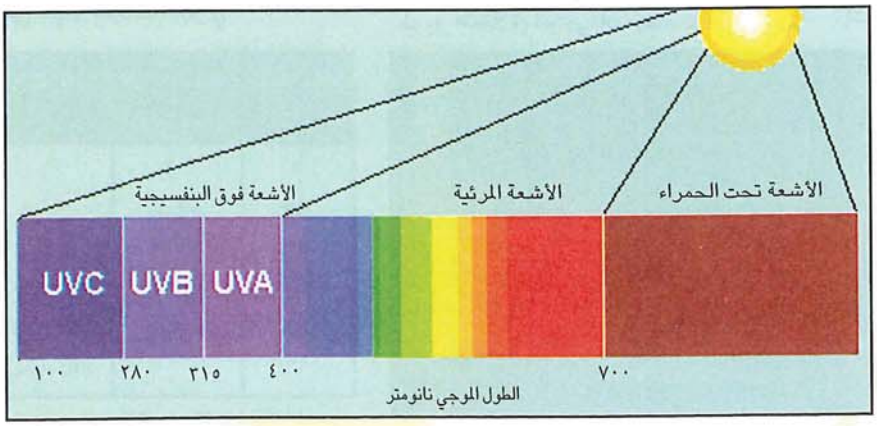
تعد الشمس مصدراً طبيعياً ورئيساً للأشعة فوق البنفسجية (Ultra violet Radiation-UV) التي يمكن تقسيمها حسب نطاقات تردداتها الموجية إلى: أشعة (UVA) ذات الطول الموجي ٤٠٠ إلى ٣١٥ نانومتر (النانومتر= 10^{-9}متر)، وأشعة (UVB) ذات الطول الموجي ٣١٥ إلى ٢٨٠ نانومتر، وأشعة (UVC) ذات الطول الموجي ٢٨٠ إلى ١٠٠ نانومتر. وتعد نطاقات الأشعة فوق البنفسجية ضيقة مقارنة بنطاقات الأشعة تحت الحمراء (Infra Red-IR) التي تمتد من الأطوال الموجية واحد مليمتر حتى ٧٦٠ نانومتر.

إضافة لذلك توجد مصادر صناعية مختلفة لإنتاج أشعة (UV)، والتي لها تطبيقات واسعة من حيث آثارها وفوائدها وأضرارها. وقد تم إعداد دراسات متعددة في هذه المجالات تخص بحوث فيزياء الأشعة فوق البنفسجية في قطاعات الصحة والبيئة والصناعة والزراعة.

يزداد معدل التعرض لأشعة (UV) خاصة بالقرب من المناطق الاستوائية للأرض، أي بنقصان خطوط العرض على الكرة الأرضية، إضافة لذلك فإن تقلص سمك طبقة غاز الأوزون (O_3) الجوي التي تحمي الكرة الارضية من الأشعة فوق البنفسجية سوف يؤدي إلى زيادة الكمية الساقطة منها على الأرض، حيث تشير الحسابات والتوقعات الأولية أن ازدياد النشاط الصناعي والزراعي سيؤدي إلى تدمير أكثر من ٤٠٪ من طبقة الأوزون في عام ٢٠٧٥م، إذا لم تتخذ الإجراءات والضوابط الوقائية، ويعني ذلك أن كل نقص في طبقة الأوزون بمقدار ١٪ سيرافقه ازدياد في مستوى أو شدة أشعة (UV) التي تخترق الغلاف الجوي بما يعادل ٢٪، وهذا بدوره سيؤدي إلى ازدياد معدلات الإصابة بأمراض خبيثة ـ سرطان الجلد مثلاً ـ وإلى كوارث بيئية شديدة في كافة أنحاء العالم. يوضح الشكل (١) التغيرات المسجلة لتركيز طبقة الأوزون وتوزعها، حيث يلاحظ انخفاض سمكها بالقرب من منطقة القطب الجنوبي للأرض. هذا وقد أكدت دراسات علوم الطقس والرصد الجوي مؤخراً أن درجة حرارة الأرض تزداد تدريجياً بسبب التغيرات البنيوية للغلاف الجوي، فقد ارتفعت نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بمعدل ٣٠٪، ووصلت نسبة الميثان وأكسيد النيتروجين إلى ١٥٪، ولاشك أن هذه الغازات المتزايدة ستؤدي ـ كما هو معلوم ـ إلى ظاهرة الانحباس الحراري ـ تراكم الحرارة أو الأشعة تحت الحمراء (IR) داخل الغلاف الجوي ـ والتي بدأت تتفاقم عالمياً على كافة المستويات السياسية والبيئية والعلمية.



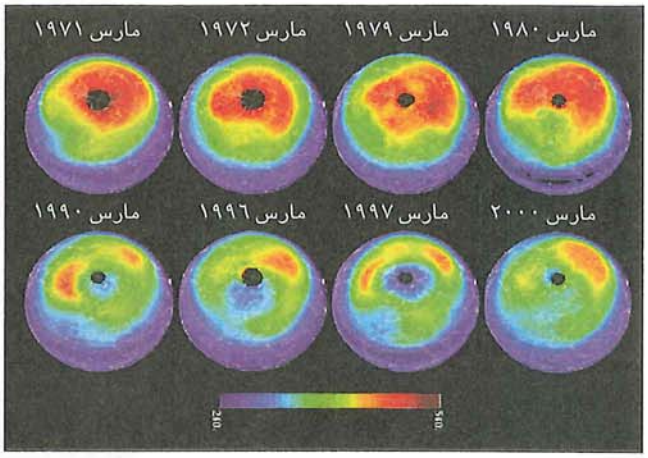
● جزء من الطيف الكهرومغناطيسي يظهر الأشعة المرئية وتحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية .

مصادر الأشعة فوق البنفسجية

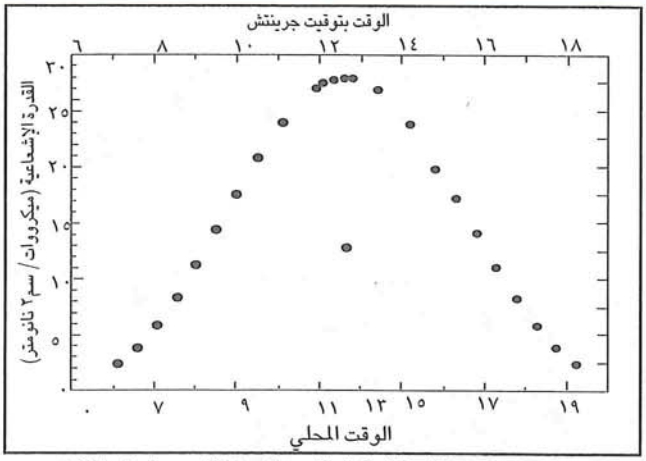
تأتي الأشعة فوق البنفسجية ـ أساساً ـ من مصدرين هامين هما:-

● المصادر الطبيعية

تتولد الأشعة فوق البنفسجية من مصادر طبيعية كالشمس والبرق والنجوم وغيرها. وتعد الشمس المصدر الأساسي لأشعة (UV) الموجودة في الطبيعة، ونسبة لإرتفاع درجة حرارة سطح الشمس وكبر حجمها ـ مقارنة بالأرض ـ فإن أشعة (UV) تمتد على نطاق موجي عريض نسبياً، كما أن شدتها تعد مرتفعة مقارنة مع بقية أجزاء الطيف من الأشعة الكهرومغناطيسية. وعند اقتراب أشعة (UV) الشمسية من الأرض فإنها تمتص وتنتشر بواسطة غازي الأكسجين (O_2) والأوزون (O_3) حيث تمتص طبقة الأكسجين لوحدها أكثر من ٩٠٪ من الطاقة الإجمالية لأشعة (UV) في نطاق الطول الموجي ٣١٥ إلى ٢٩٠ نانومتر لتمنعها من الوصول إلى الأرض مما يؤدي إلى حمايتها. ويوضح الجدول (١) التوزيع الطيفي لشدة الإشعاع الشمسي الكهرومغناطيسي ونطاقاته الموجية ـ أطواله ـ قبل دخوله طبقة الغلاف الجوي لسطح الأرض.



● شكل (١) تركيز طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي من عام ١٩٧١م إلى ٢٠٠٠م.



● شكل (٢) توزيع الأشعة فوق البنفسجية بمنطقة محددة عام ١٩٩١م.

وتؤثر طبقة الغلاف الجوي بصورة كبيرة على تغير شدة الإشعاع الشمسي، وبالتالي على شدة الأشعة فوق البنفسجية الواصلة إلى الأرض. ففي فصل الشتاء - كانون الثاني (يناير) في نصف الكرة الشمالي للأرض وتموز (يوليو) في نصف الكرة الجنوبي للأرض - تكون الشمس منخفضة ومائلة، لذلك فإن أشعة (UV) تعبر مسافة أطول خلال الغلاف الجوي، وبالتالي يحدث لها انتشاراً أكبر في مختلف الإتجاهات. أما في فصل الصيف فإن شدة أشعة (UV) المباشرة تكون أكبر من شدة أشعة (UV) غير المباشرة بسبب قلة الغيوم والعواصف وغيرها من العوامل الجوية.وهناك عوامل عدة تؤثر على شدة الأشعة فوق البنفسجية أهمها:-

١- طول الموجة

٢- زاوية السقوط (خط العرض، اليوم، الساعة ...)

٣- طبيعة الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يصل إلى طبقة الغلاف الجوي.

٤- سمك طبقة الأوزون.

٥- امتصاص وانتشار الجزيئات الموجودة في الغلاف الجوي وبالقرب من سطح الأرض.

٦- الغيوم بأنواعها.

٧- الارتفاع عن سطح البحر.

٨- التلوث والغبار الجوي وبخار الماء.

يوضح الشكل (٢) توزع أشعة (UV) المسجلة عند توقيت محدد في منطقة محددة على سطح الأرض في عام ١٩٩١م.

● المصادر الصناعية

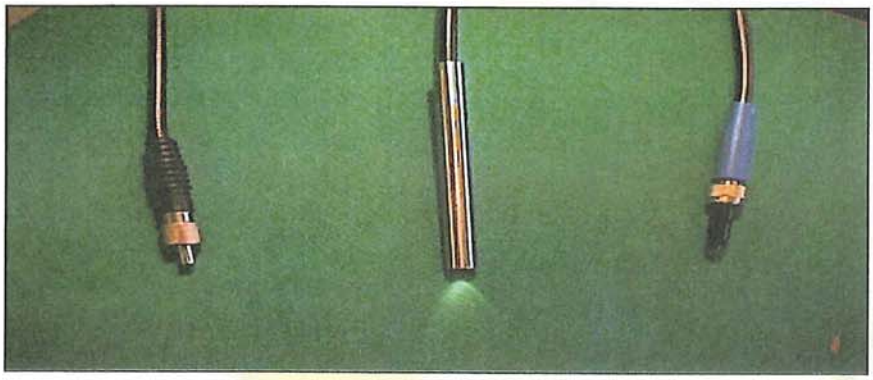
تصنف مصادر أشعة (UV) الصناعية بصورة عامة حسب طبيعة المواد المستخدمة، وطريقة تشغيل الأجهزة والكواشف الإشعاعية، وفي كل الأحوال فإن اهتزاز الجزيئات داخل المادة يؤدي إلى انتقال الإشعاع الساقط إلى مستويات طاقة أدنى أو أعلى، وذلك بسبب انتقال الإلكترونات من وإلى الجزئيات المشحونة في المادة حيث يتم الإصدار الإشعاعي عن طريق انطلاق فوتونات تحت تردد معين، وعلى هذا الأساس تتوزع المصادر الإشعاعية الاصطناعية لأشعة (UV) على النحو الآتي:

* **مصادر حرارية:** أذ عند تسخين مادة ما إلى درجة حرارة تفوق ٢٥٠٠ كلفن، فإن الإصدار الإشعاعي يحدث عند أطوال موجية توافق أشعة (UV) حسب قانون ستيفان، وعلى هذا فإن لون المادة التي يتم تسخينها سينتقل في هذه الحالة من الأحمر إلى الأبيض أو الأزرق، ومن أهم هذه المصادر مصابيح التنجستن.

* **مصادر التفريغ الكهربائي للغازات:** حيث يحدث إصدار أشعة (UV) في هذه الآلية عن طريق مرور التيار الكهربائي خلال غاز أو بخار تحت ضغط منخفض، ليحدث تأين سريع للغاز ويستثار حتى ترتفع الطاقة الإجمالية للإلكترونات إلى مستوياتها الذرية، وعند عودة هذه الإلكترونات المثارة إلى مستويات الطاقة الأساسية (المنخفضة) فإنها تصدر إشعاعات أو فوتونات تحت طول موجة

النطاق الموجي	القدرة الإشعاعية (وات/م٢)	النسبة المئوية (٪)
UVC	٦,٤	.٥
UVB	٢١,١	١,٥
UVA	٨٥,٧	٦,٣
المجموع	١١٣,٢	٨,٣
الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء (IR)	١٢٥٤,٠	٩١,٧

* جدول (١): شدة الأشعاع الكهرومغناطيسي الشمسي وتوزعه الطيفي.



● مصادر ليزرية للأشعة فوق البنفسجية.

معين حسب نوع الغاز المستخدم. ومن مصادر الأشعة فوق البنفسجية المُعْتَمدَة على مبدأ التفريغ الكهربائي: التفريغ الزئبقي، أو الزينوني، أو الهيدروجيني، أو الكربوني وغيرها.

كذلك فإن مصابيح الفلورسانت المشهورة تعتمد على مبدأ مصابيح التفريغ الكهربائي القوسي فتصدر أشعة فوق بنفسجية.

* **المنابع الليزرية:** ويمكنها إصدار أشعة (UV) اعتماداً على مبدأ توليد الليزر وضخه، لاستخدامها في التعرض الإشعاعي والمعالجة الإشعاعية (UV-Radiation Exposure).

وهناك عدد من منابع أشعة (UV) الاصطناعية المتوفرة تجارياً، والتي تزيد شدتها الإشعاعية عن شدة أشعة (UV) الشمسية. كما أن هنالك منابع أخرى لأشعة (UV) تستخدم في الصناعة، ويحاط هذا النوع عادة بوسائل حماية وضوابط محددة حتى لاتحدث مخاطر كبيرة للمتعاملين معها. ويوضح الشكلان (٣)،(٤) مثالاً نموذجياً لمنبع ليزري يصدر أشعة (UV) مع طيف الإصدار الخاص به، والتي تعرف تجارياً تحت مسمى مصابيح الليزر. كما يوضح الجدول (٢) القدرة الإشعاعية النموذجية لمصادر أشعة (UV) الصناعية تحت درجات حرارة مختلفة. أما الجدول (٣) فيوضح المواصفات الفنية لبعض مصابيح أشعة (UV) الإصطناعية ـ التجارية.

درجة الحرارة كلفن (K)	القدرة الاشعاعية (وات/م٢) (UVB/C) *٢٠٠-٣١٥	(UVA) *٣١٥-٣٤٠	(UVA) *٣٤٠-٤٠٠
١٥٠٠	$٨,٦ \times ١٠^{-٥}$	$٥,٦ \times ١٠^{-٤}$	$٢,٧ \times ١٠^{-٢}$
٢٠٠٠	$٢,٤ \times ١٠^{-٤}$	$٧,٩ \times ١٠^{-١}$	١٤,٢
٢٥٠٠	٢٩	٦٢	٦٣٤,٠
٣٠٠٠	٧٦٠	١١٤٧	٨٠٩٥,٠
٣٥٠٠	٨٠٥٠	٩٢٢٠	٥×١٠^{٤}
٤٠٠٠	$٤,٨ \times ١٠^{٤}$	$٩,٤ \times ١٠^{-٤}$	٢×١٠^{٥}
٦٠٠٠	$٣,٦ \times ١٠^{٦}$	$١,٧ \times ١٠^{٦}$	٥×١٠^{٦}
١٠,٠٠٠	١٠٤×١٠^{٨}	$٣,٢ \times ١٠^{٧}$	$٩,٩ \times ١٠^{٧}$

* الطول الموجي (نانومتر)

* جدول (٢): القدرة الإشعاعية لمنابع أشعة (UV) حسب درجات الحرارة.

عدد مراكز رصد هذه الأشعة حوالي خمسة مراصد في نهاية الثمانينات، بينما وصل حالياً إلى أكثر من ٢٥ مركز رصد موزعة في مختلف أرجاء العالم. هذا وقد أخذت عدة جهات ـ حكومية ومعاهد علمية وجامعات وبعض الهيئات الأهلية ـ على عاتقها التسجيل المستمر لبيانات أشعة (UV)، من أجل إنشاء قواعد معلومات على المدى البعيد.

وقد نشأ عن ذلك بناء شبكة دولية ـ من خلال منظمة الأرصاد العالمية (WMO) ـ تقوم بتجميع وتحليل أشعة (UV)، للإستفادة من هذه الشبكة في عدة أوجه على المستوى العالمي منها ما يلي:

ـ توفير المعلومات إلى السكان من خلال تحديد تغيرات مستوى أشعة (UV) بصورة آنية ويومية وشهرية وسنوية.

ـ إيجاد العلاقة بين أشعة (UV) وتغيرات الطقس.

ـ دراسة انتقال أشعة (UV) عبر الغلاف الجوي ومراقبة طبقة الأوزون.

ـ دراسة وتجميع تغيرات مستوى أشعة (UV) خلال فترات زمنية تصل إلى خمسين سنة.

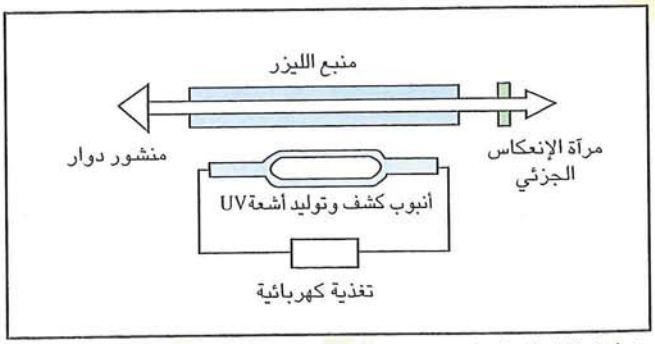
هذا وقد قام قسم الفيزياء ـ كلية العلوم بجامعة الملك سعود بالرياض بنشر بحوث عدة تتعلق بتحليل بيانات مسجلة لأشعة (UV) في منطقة الرياض، حيث تمت دراسة تأثيراتها على ازدياد نقص فيتامين (D) عند الأطفال والنساء، كما تم مؤخراً إعداد نموذج رياضي تحليلي يربط مستوى الأشعة فوق البنفسجية (UV) مع مستوى الأشعة تحت الحمراء (IR) لمنطقة الرياض، وما يزال العمل جارياً في تطوير هذه البحوث نظراً لأهميتها وارتباطها المباشر

المقدار	المصدر 782L-30	782-20	782H-10	793
القدرة الإسمية (وات)	١٧	١٤	١٢	٣,٥
الطول الكلي (سم)	٨٥	٦٠	٣٥	٢٠
الجهد المطبق (AC)	٧٥٠	٥٧٥	٤٠٠	٢٠٠
جهد التشغيل (AC)	٤١٠	٣٢٥	٢٤٠	٩٠
تيار التشغيل (A)	.٠٥	٠,٠٠٥	٠,٠٦	٠,٠٤
أشعة UV (٢٥٣,٧ نانومتر)	٥,٢	٢,٠	٠,٢	٠,١٣

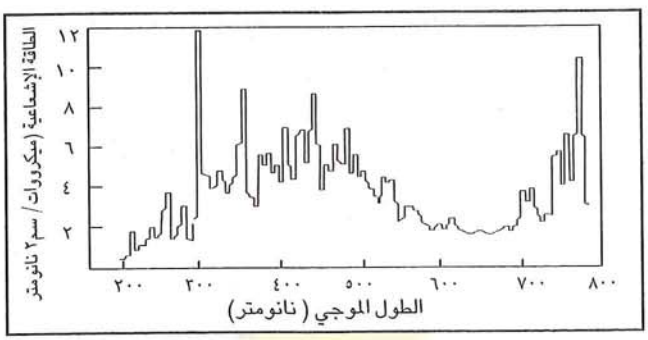
*جدول (٣): المميزات الكهربائية والفنية لبعض مصابيح أشعة (UV) التجارية.

الأشعة فوق البنفسجية والبيئة

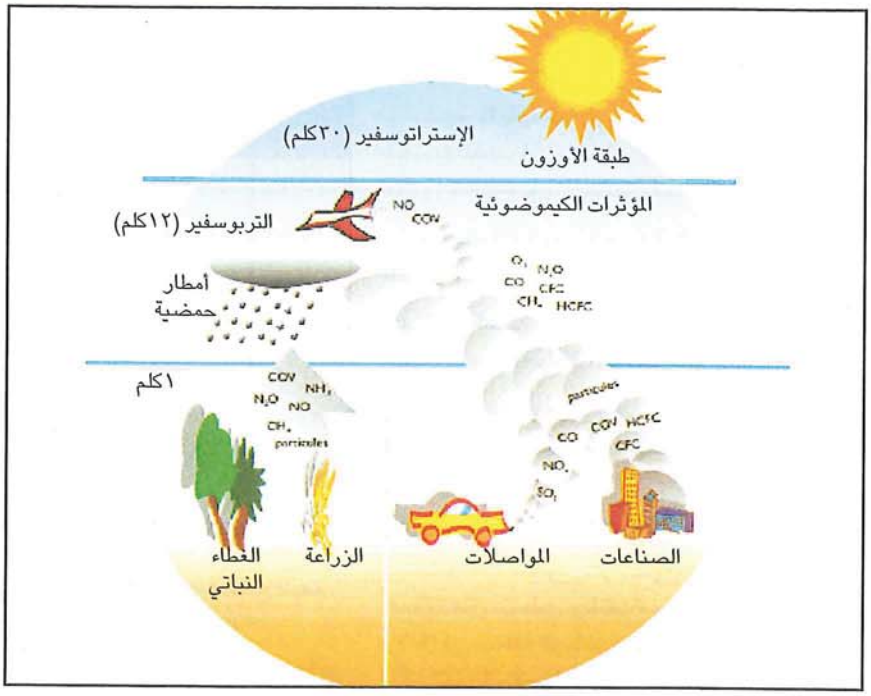
نظراً للتغيرات البيئية الملحوظة فقد ازداد اهتمام المراكز البحثية بأهمية تسجيل وقياس أشعة (UV) ومراقبتها، فعلى سبيل المثال بلغ



● شكل (٣) مثال نموذجي لمنبع الليزر الخاص بتوليد الأشعة فوق البنفسيجية.



● شكل (٤) طيف الإشعاع الصادر من المنبع الليزري لإنتاج الأشعة فوق البنفسيجية.



● العوامل البيئية المؤثرة على طبقة الأوزون.

بالوضع البيئي العام لمنطقة الرياض. وفي هذا السياق يجب التنويه إلى أهمية تسجيل بيانات الأشعة فوق البنفسجية ومراقبتها بشكل مستمر من خلال محطات الرصد والقياس الجوية المنتشرة في المملكة.

أجهزة قياس أشعة (UV)

عند دخول أشعة (UV) الغلاف الجوي فإنها تواجه عدة عوامل ـ تختلف باختلاف الوسط الذي تمر فيه ـ أهمها الامتصاص والانتشار والانعكاس والانكسار والحيود، حيث تحدث تبادلات وتفاعلات بينها وبين تلك الأوساط أو المواد من خلال تغير أتجاهها وشدتها حسب أطوالها الموجية.

وتتشابه عملية تبادل الطاقة بين أشعة (UV) والوسط المادي مع تبادلها في بنية الجوامد (الجسم الصلب) أو أشباه الموصلات. لذا كان لابد من تطوير أجهزة خاصة لكشف وقياس أشعة (UV) تعتمد على تقنيات مختلفة أهمها:

ـ أجهزة القياس المباشر الراديومترات (Radiameters).

ـ أجهزة قياس الطيف الإشعاعي (Spectroradiometers).

ـ أجهزة قياس الجرعة الإشعاعية (Dosimeters).

ويعتمد مبدأ القياس في معظم التقنيات السابقة على تحويل الإشعاع الملتقط إلى إشارة كهربائية بواسطة الكواشف الإشعاعية (أدوات الكترونية مصنوعة من أشباه الموصلات)، حيث يتم التحليل والمعالجة والقياس لحظياً أو خلال فترة زمنية محددة، ومن أهم الكواشف المعروفة في التقاط وتسجيل أشعة (UV) ما يلي:

١ـ الثنائيات الضوئية، ويعتمد معظمها على مواد السليكون يبلغ تجاوبها الطيفي بين ١١٠٠ إلى ١٩٠ نانومتر.

٢ـ الجاليوم ـ زرنيخ ـ وفوسفور (GAs P)، ويبلغ تجاوبه الطيفي بين ٦٧٠ إلى ١٩٠ نانومتر.

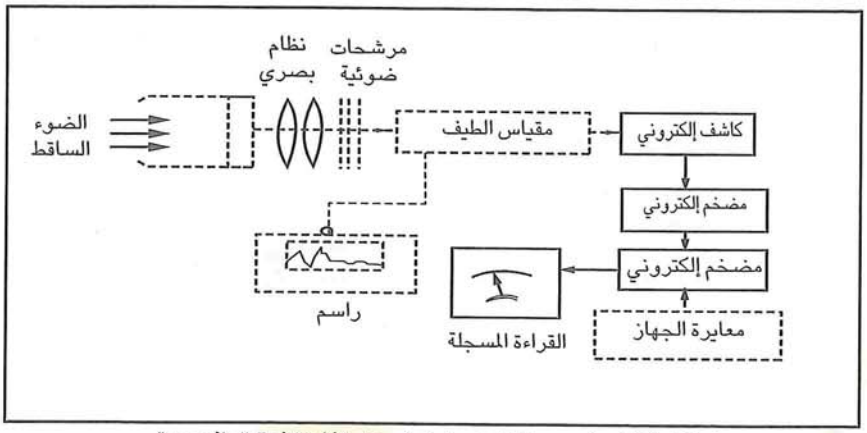
٣ـ الجاليوم فوسفور (Ga P)، ويبلغ تجاوبه الطيفي بين الأطوال ٥٢٠ إلى ١٩٠ نانومتر.

إضافة لذلك هنالك الكواشف الكيميائية الحساسة والبوليمرية المعروفة تحت مسمى (CR-39) والتي تتحسس وتلتقط بسهولة الإشعاع الساقط. إضافة إلى الكواشف الحيوية التي تستخدم تطبيقات أشعة (UV) في النظم البيولوجية المختلفة.

الجدير بالذكر إن معظم الأجهزة والكواشف السابقة تحتاج إلى معايرة دورية بين فترة وأخرى، وهذا يتطلب إجراءات قياسية يجب إتباعها قبل إعادة الأجهزة إلى طور التشغيل مرة أخرى، ويوضح الشكل (٥) نموذجاً مبسطاً لإحدى طرق تسجيل الأشعة فوق البنفسجية.

تطبيقات الأشعة فوق البنفسجية

تستخدم الأشعة فوق البنفسجية ـ إضافة إلى البحوث العلمية ـ في العديد من



● شكل (٥) نموذج مبسط لإحدى طرق تسجيل الأشعة فوق البنفسجية.

● أجهزة قياس الطيف الإشعاعي (Spectroradiometers).

● الأضرار الناتجة عن الأشعة فوق البنفسجية على الجلد.

التطبيقات الصناعية، ومن أهمها ما يلي:-

١- المعالجة الضوئية في الصناعة باستخدام مصابيح أشعة (UV) من رتبة كيلووات) ذات الضغوط المرتفعة خاصة في الصناعة الإلكترونية الدقيقة مثل تصنيع شرائح السليكون والدوائر المتكاملة المصغرة.

٢- التعقيم الطبي الجرثومي بإستخدام مصدر من مصادر أشعة (UVC) عند الأطوال الموجية من ٢٦٥ إلى ٢٦٠ نانومتر - مثل مصابيح الزئبق تحت الضغط المنخفض - لقتل البكتيرياء والجراثيم.

٣- اللحام الغازي والكهربائي القوسي بإستخدام تيار شعاع (UVA) تبلغ شدته حوالي ٤٠٠ إلى ١٥٠ أمبير للحصول على قدرة إشعاعية يتراوح مقدارها ٧٠ إلى ٣ وات/م٢.

٤- أجهزة اسمرار الجلد وتعقيمه بإستخدام مصابيح أو منابع على هيئة فلورسانت (UVA) مع مرشحاتها عند ضغط منخفض.

٥- كشف التلوث في المنتجات الزراعية بإستخدام مصابيح أو منابع (UVA) الفلورسنت (أصفر أو اخضر).

٦- أجهزة التخلص من الحشرات بإستخدام مصابيح (UVA) عند طول موجي يبلغ ٣٥٠ نانومتر.

٧- تطبيقات أخرى في الطب البشري وطب الأسنان.

الأضرار

بالرغم من التطبيقات الواسعة لمصادر الأشعة فوق البنفسجية الصناعية سواء كان في الطب أوالصناعة أوالبحث العلمي والتعليم، إلا أنها لا تخلو من وجود بعض الأضرار الصحية التي يجب التنبيه إليها، ومن أهم إجزاء الإنسان والحيوان التي يمكن أن تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية ما يلي:-

١- البشرة وجلد الإنسان.

٢- أشعة الخلايا الداخلية للإنسان خاصة سلاسل الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) والحموض الأمينية وغيرها، حيث يلاحظ النشاط الزائد والسريع للخلايا الجينية والفيروسية عند التعرض لأشعة (UV) خاصة النوعين (UVB)، (UVC)، حيث تؤدي في النهاية إلى أمراض وبائية كسرطان الجلد.

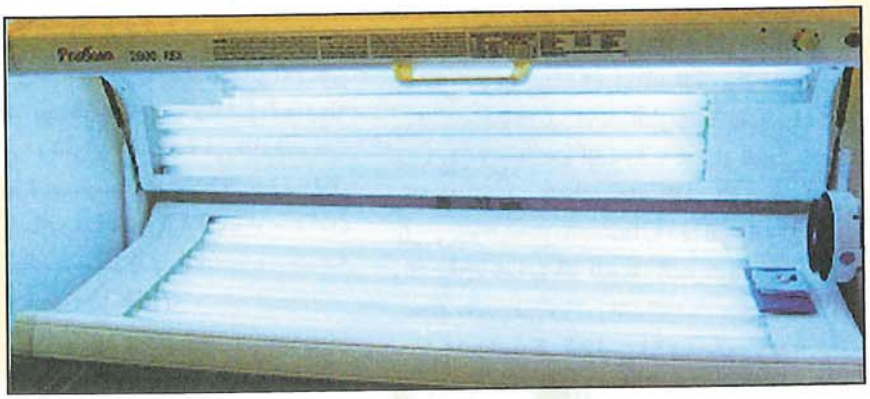
٣- خلايا الحيوانات حيث أنها تتأثر بصفة خاصة بأشعة (UVB).

تقاس شدة أشعة (UV) بوحدة الوات/م٢ نانو متر، كما أن هنالك وحدة قياس أخرى في الفيزياء الحيوية تعرف بالجرعة الإشعاعية لأقل إحمرار جلدي، (Minimun Erythemal Dose MED) حيث أن وحدة واحدة من (MED) تقابل أصغر جرعة إشعاعية من أشعة (UV) مقاسة بالجول/م٢ (J/m2) والتي تسبب تأثيراً مباشراً على العين أو الجلد أو نظام المناعة لدى الإنسان، وتتراوح تلك الجرعة بين ١٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ جول/م٢، ويوضح الجدول (٤) الجرعات الإشعاعية لأقل إحمرار جلدي (MED) لفئات سكانية مختلفة، وذلك حسب طبيعة أو نوع الجلد المعرض لهذه الأشعة.

ويوجد دليل إرشادي يحدد المستويات الاشعاعية لأشعة (UV) اليومية المسموح التعرض لها، والتي تعرف تحت مسمى (Exposure limits-ELs)، كما أن هنالك مقياساً آخر يدعى معامل الوقاية أو الحماية الشمسية (Sun Protection- spf)، وعلى هذا الأساس يتبين بأن هناك معايير زمنية مختلفة يجب عدم تجاوزها عند التعرض لأشعة (UV).

الفئة	الجرعة السنوية MED'S
عمال الطرق والمباني والمطارات	٢٧٠
عمال داخل المباني	٩٠
اسمرار الجلد في العطل الصيفية	١٠٠-٥٠
السرير الإشعاعي UVA (٣٠ دقيقة)	٢٠

● جدول (٤): الجرعات الإشعاعية (UV) لفئات سكانية مختلفة.



● جهاز أشعة فوق البنفسجية يستخدم بغرض العلاج.