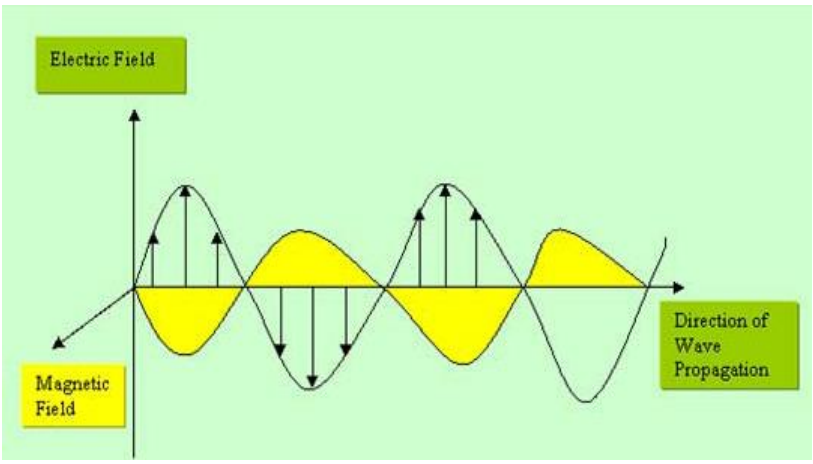
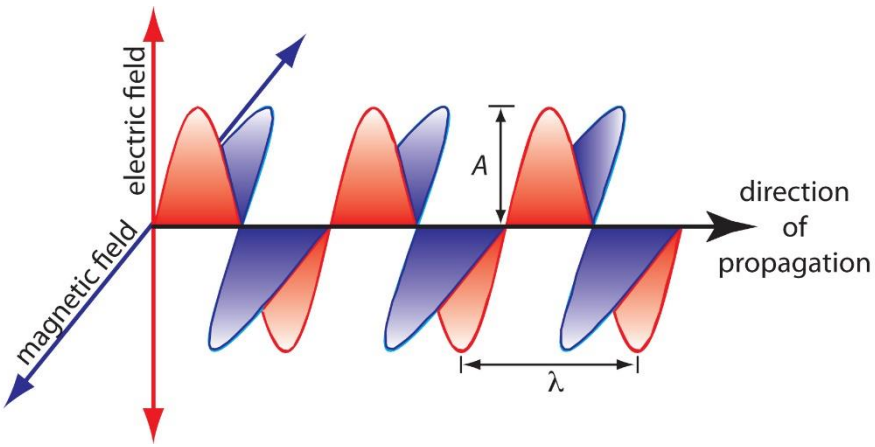
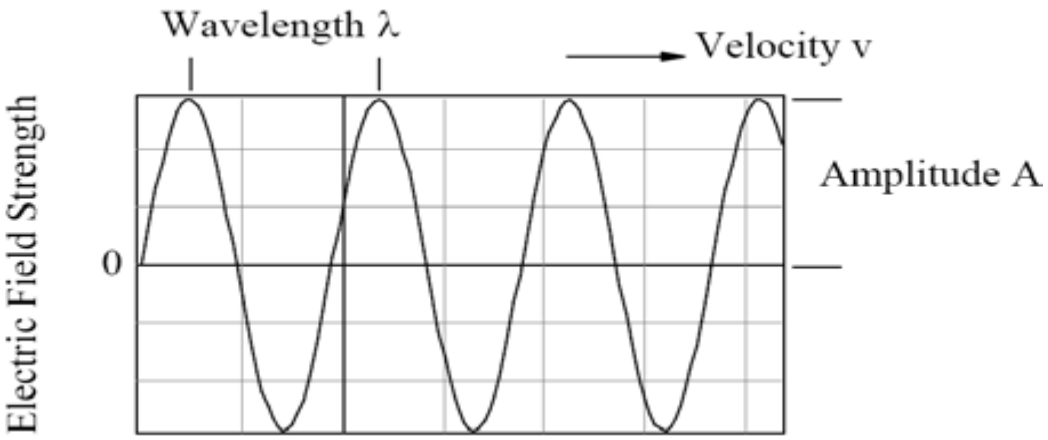
وللإشعاع الكهرومغناطيسي خصائص موجية وجسيمية:

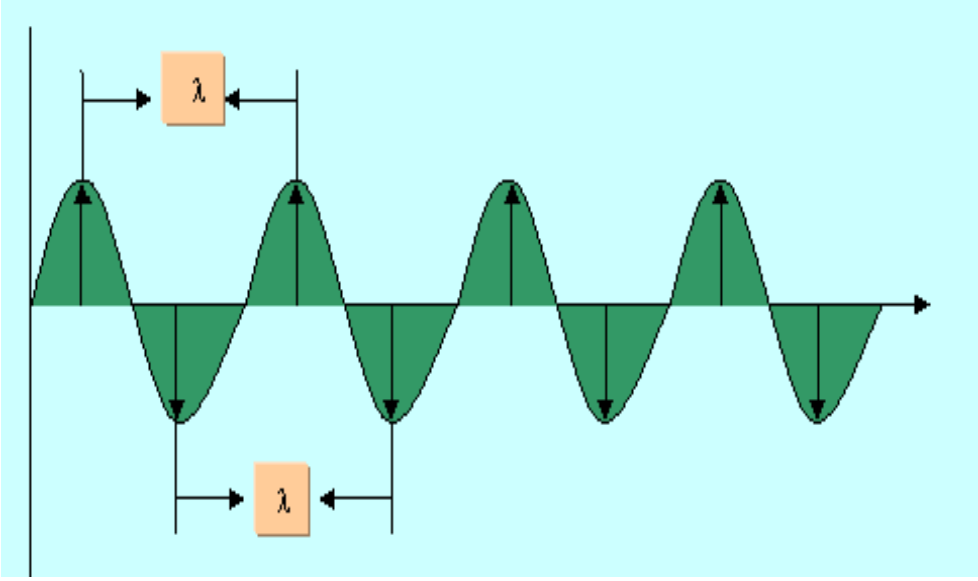
أ- الخصائص الموجية: افترض كل من هاكين وماكسويل أن الاشعاع ينتشر على هيئة موجات مركزها مصدر الاشعاع وتسير بجميع الاتجاهات بسرعة تبلغ ($2.99 \times 10^{10} \frac{cm}{sec}$) خلال الفراغ. للإشعاع مركبتين أحدهما كهربائية والأخرى مغناطيسية تتذبذبان في مستويين متعادلين وعموديتان على اتجاه تولد الاشعاع الرأسي بالإشعاع الكهرومغناطيسي.







الطول الموجي (λ): المسافة بين قيمتين متتاليتين أو قرارين متتاليين ووحداته هي وحدات طول (m) (cm) و (mm) ..... (nm) و(A°).



التردد (υ): يمثل عدد موجات (عدد وحدات الطول الموجي) التي تمر بنقطة ثابتة في مدة ثانية واحدة، والوحدة المستعملة في التعبير عن التردد هي الهرتز (HZ) يساوي عدد ا لدورات بالثانية.

$$\upsilon = \frac{C}{\eta\,\lambda}$$

η = معامل انكسار الوسط

C = سرعة الشعاع بالفراغ

υ = التردد للإشعاع معين ثابت لا يتغير بتغير الوسط والذي يتغير هو سرعة الشعاع وطولها من وسط لأخر.

العدد الموجي ($\bar{\upsilon}$): هو عدد الموجات في السنتيمتر الواحد وحدة القياس هي (cm^{-1}) وتسمى كايزر. ويعبر عنه

$$\bar{\upsilon} = \frac{1}{\lambda}$$

قوة الاشعاع أو الطاقة ويصطلح عليها شدة الأشعة (I) **intensity**

ب- الخصائص الجسيمية: ويفهم فيه الاشعاع الكهرومغناطيسي كأنه جسيمات أو حزم متميزة تسمى الفوتونات أو الكمات لها طاقات محددة مكنتمه وتنتقل بالفراغ بسرعة الضوء.

إن موضوع التفاعل بين طاقة الاشعاع والمادة في تفسير ظاهرة التأثير الكهروضوئي وانبعاث خطوط الطيف وعبر بلانك عن طاقة الفوتون:

$$E = h.\upsilon$$

الفوتون ذو تردد عالي ← طاقة عالية ← طول موجي قصير.

فوتونات الاشعة السينية ($\lambda = 10^{-8}$cm) ← طاقة عالية

فوتونات سلك التنكستن ($\lambda = 10^{-4}$cm) ← طاقة أقل

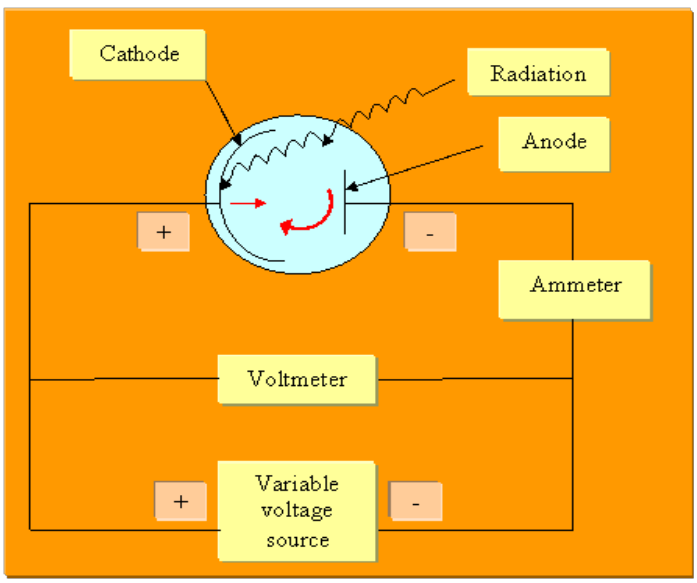
شدة الحزمة تتناسب مع عدد الفوتونات وتكون غير معتمدة على طاقة كل فوتون.

وقد يعبر عن الطاقة **بالإلكترون فولت (ev)**: يمثل الطاقة المكثفة من قبل الإلكترون عندما يكون خلال جهد مقدار فولت واحد. كل جول يساوي 1.602×10^{-19} الكترون فولت واحد.

التعبير عن الطاقة لكل مول يتطلب ضرب القيمة العددية للطاقة بعدد أفوكادرو من الفوتونات (6.02×10^{23}). ويعبر عن ثابت بلانك (**h**).

$$h = 6.63 \times 10^{-27} \text{ erg / sec}$$
$$= 6.03 \times 10^{-34} \text{ J / sec}$$

التأثير الكهروضوئي: ظاهرة التأثير الكهروضوئي تفسيرها يصف سلوك الاشعاع الكهرومغناطيسي.



ويقصد بها: انبعاث الالكترونات من سطوح بعض المعادن الحساسة عند ملامسة اشعاع له الطاقة الكافية لتحريرها، كانبعاث الالكترونات من سطوح بعض الفلزات القلوية عند سقوط اشعاع من المنطقة المرئية أو ما تحت البنفسجية عليها. ووجد أن طاقة الالكترونات المنبعثة (E) ترتبط بتردد الإشعاع الساقط.

$$k_E = h\upsilon - W_o$$

حيث أن W_o هي دالة الشغل: **وهي الشغل (الطاقة) اللازمة لتحرير الالكترون من المعدن إلى الفراغ، وهذا مقدار مميز ومحدد بالمعدن ذاته.** فمثلاً دالة شغل واطئة بحيث تكفي الأشعة المرئية لتحرير الالكترونات من سطحها. أما الفلزات الثقيلة كالكادميوم، فلها دالة شغل عالية تتطلب سقوط اشعاع ذي طاقة عالية، كالأشعة ما فوق البنفسجية لتظهر التأثير الكهروضوئي.

مطلوب مخطط جهاز لدراسة ظاهرة التأثير الكهروضوئي

لقد فسر آينشتاين ظاهرة التأثير الكهروضوئي مع اعتبار أن الفوتون الساقط يصرف جزءاً من طاقته ($h\upsilon$) لتحرير الالكترون من سطح المعدن مقداره (W_o)، اما الجزء المتبقي من طاقة الفوتون فيكون بشكل طاقة حركية للإلكترونات الضوئية.

الفلزات القلوية ← دالة شغل واطئة لتحرير الإلكترون ← أشعة مرئية كافية للتحرير

الفلزات الثقيلة ← دالة الشغل عالية ← الأشعة ما فوق البنفسجية كافية.

قادت الدراسات المتعلقة باستخدام ترددات مختلفة الاشعاع شدته (I):

أ- أن الالكترونات الضوئية المنبعثة من سطح المعدن تتناسب طرديا مع تردد الاشعاع الساقط (υ) ولا تعتمد على شدته.

ب- أن الالكترونات الضوئية لا يمكن أن تنطلق من سطوح المعادن مالم يكن للإشعاع الساقط تردد لا يقل عن حد ثابت يمثل الحد الأدنى الذي يجب أن يكون عليه أو ما يسمى

بالتردد الحرج (υ_o) ويعرف بأنه التردد اللازم لقلع الالكترون من سطح المعدن وتحريره فقط دون إكسابه أية طاقة حركية.

بينت الدراسات عدم استطاعة الالكترون المفرد أن يحرر طاقة كافية للمغادرة إذا توزع الشعاع الساقط على سطح المعدن بصورة متجانسة، كما لا يستطيع أي الكترون أن يجمع طاقة لغرض المغادرة في زمن معقول، لذا فإن الطاقة لا تتوزع بصورة متجانسة على جبهة الموجة وإنما تتركز على نقاط معينة أو على شكل دقائق او جسيمات من الطاقة.

فسر آينشتاين أن الفوتون الساقط يصرف جزءاً من طاقته ($h\upsilon$) لتحرير الالكترون من سطح المعدن مقداره (W_o)، أما الجزء المتبقي من طاقة الفوتون يكون على شكل طاقة حركية للإلكترونات الضوئية.

W_o = يمثل طاقة الالكترون من التردد الحرج (υ_o)

$$k_E = h\upsilon - W_o$$

$$\frac{1}{2} mU^2_{max} = h\upsilon - W_o$$

$$= h\upsilon - n\upsilon_o$$

$$= h(\upsilon - \upsilon_o)$$

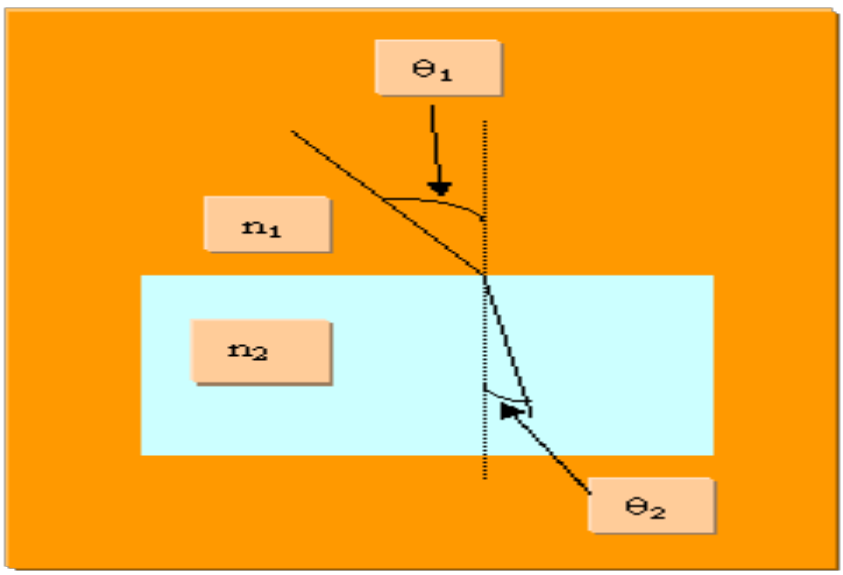
تأثر الاشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة:

عند مفاعلة الاشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة، سيؤثر المجال الكهربائي للأشعة على ذرات ودقائق الوسط، وتعتمد طبيعة ونوعية التأثير على خصائص الوسط، وربما تؤدي المفاعلة إلى الامتصاص أو الانبعاث أو الاستطارة أو الانعكاس أو أن يعاني الإشعاع من تبدلات في اتجاهه واستقطابه.

الانكسار: وهي ظاهرة تحدث عند مرور حزمة أشعة ضوئية من وسط إلى وسط آخر ذي كثافة فيزيائية مختلفة، فسوف يلاحظ تغير في اتجاه الحزمة عند السطح الفاصل بين الوسطين.

سبب حدوث الانكسار / أن هذا التغير في اتجاه الحزمة سببه تداخل المجال الكهربائي للإشعاع مع الكترونات الوسط، مما ينتج عنه نقص سرعة الموجة، وربما يحدث التغير في الطول الموجي.

انكسار حزمة الاشعاع المار من وسط أقل كثافة إلى أكثر كثافة



يبين الشكل عملية انكسار الضوء عند مروره من وسط أقل كثافة (كالهواء) إلى وسط أكثر كثافة (كالزجاج)، تسمى الزاوية المحصورة بين مسار القطاع في الوسط الأول والعمود النازل على السطح الفاصل بزاوية السقوط (θ_1)، أما الزاوية التي تناظرها في الوسط الثاني فتسمى بزاوية الانحراف (θ_2). وكحسابات هندسية فإن سرعة الاشعاع سوف تتناسب طردياً مع ($Sin\theta_1$) و($Sin\theta_2$) في كل من الوسطين على التوالي، وعليه فإن معامل الانكسار يساوي النسبة بين الجيبين:

$$\eta_{med} = \frac{Sin\ \theta 1}{Sin\ \theta 2}$$

تمثل Θ_1: زاوية السقوط وتكون محصورة بين مسار القطاع في الوسط الأول والعمود النازل على السطح الفاصل.

Θ_2: زاوية الانحراف وتناظر زاوية السقوط في الوسط الثاني.

ولهذا معامل الانكسار يساوي النسبة بين الجيبين للزاويتين على حساب أن السرعة الشعاع تتناسب مع جيب الزاوية.

معامل الانكسار لأي وسط بصري: يعرف بأنه النسبة بين سرعة الأشعة لتردد ما في الفراغ إلى سرعتها في الوسط.

$$\eta_{med} = \frac{V_{vac.}}{V_{med.}}$$

علماً أن معامل انكسار الهواء (**1.0027**).

$\eta_{med.}$ = معامل الانكسار للوسط.

$V_{vac.}$ = سرعة الاشعاع في الفراغ.

$V_{med.}$ = سرعته في الوسط.

س/ ماذا نعني بقانون سنيل (Snell's Law)؟

هو العلاقة بين عاملي الانكسار في أي وسطين لا يشترط أن يكون أحدهما الهواء أو الفراغ تعرف بقانون سنيل **Snell's Law**.

$$\frac{Sin\theta 1}{Sin\theta 2} = \frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

س/ ما هو مدى قيم معامل الانكسار؟

الشائع أن قيمة معامل الانكسار أكبر من الواحد الصحيح، لأن الحزمة الشعاعية تسير من الهواء إلى وسط أكثر كثافة، حيث أن زاوية السقوط تكون في الوسط الأقل كثافة مما هو للوسط المراد قياس معامل انكساره، وبالتالي إن الاشعاع في الوسط الأكثر كثافة سوف

ينحرف أقرب إلى العمود النازل على السطح الذي يفصل بين الوسطين، وإذا حدث العكس فإن قيمة معامل الانكسار تكون أقل من الواحد الصحيح. تتراوح قيم معامل الانكسار للمواد العضوية السائلة بين (1.8 – 1.2) وللعضوية الصلبة (2.5 – 1.3)، ولابد من ذكر درجة الحرارة والتردد عند ذكر معامل الانكسار للأشعة في أي وسط (عدا الفراغ).

س/ هل تعتمد قيمة معامل الانكسار على درجة الحرارة والضغط والتردد؟

من المعروف أن عند قياس معامل الانكسار يكون اعتماداً على ذكر درجة الحرارة والتردد، وتتغير قيمة معامل الانكسار بتغيير الضغط ودرجة الحرارة بسبب التغير في عدد الجزيئات التي تعترض طريق الأشعة.

س/ ما هو الانكسار النوعي؟

ويقصد به معامل الانكسار الذي لا يتغير بتغير الضغط ودرجات الحرارة، وكما أوضح لورنتز ولورنز بأن الانكسار النوعي لمادة يرتبط مع معامل انكسارها استناداً للطبيعة المغناطيسية.

قانون لورنتز ولورنز: ينص على أن استناداً للطبيعة الكهرومغناطيسية للإشعاع بأن الانكسار النوعي لمادة يرتبط مع معامل انكسارها، حيث أن قيمته لا تتغير بتغير الضغط ودرجات الحرارة.

$$r_D = \frac{\eta^2 - 1}{\eta^2 + 2} \cdot \frac{1}{\rho}$$

r_D = الانكسار النوعي

ρ = الكثافة

س/ ما هو الانكسار المولي؟

هو ناتج حاصل ضرب الانكسار النوعي لمادة في وزنها الجزيئي، وتمثل قيمته حاصل جمع الانكسار للذرات والمجاميع المكونة للجزيئة.

$$Mr_D = \frac{\eta^2-1}{\eta^2+2} \cdot \frac{M.wt}{\rho}$$

كما أن الانكسار المولي هو خاصية جزيئية فيزيائية مستقلة عن التغيير في درجة الحرارة والضغط في حالتي السائل والغاز.

سؤال إذا كان معامل انكسار الاسيتون (η_D^{20}) يساوي 1.3591 وكثافته 0.791 gm/cm³ عند هذه الدرجة. فما الانكسار المولي للأسيتون إذا كان وزنه الجزيئي 50.08؟

$$Mr_D = \frac{\eta^2-1}{\eta^2+2} \cdot \frac{M.wt}{\rho}$$

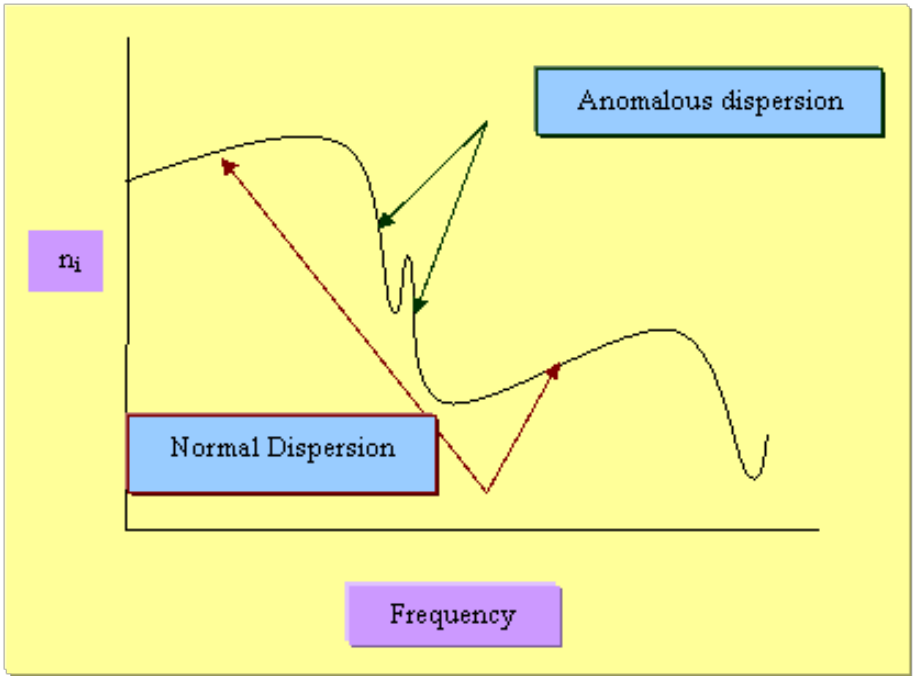
$$Mr_D = \frac{(1.3591)2-1}{(1.3591)2+2} \cdot \frac{58.08}{0.791}$$

$$Mr_D = 16.17 \ \frac{cm^3}{mol}$$

التشتت أو التقزح: ويدعى أحياناً بالتشتت الانكساري، ويطلق على تغير معامل الانكسار بتغير الطول الموجي أو (التردد). حيث أن معامل الانكسار وسرعة الأشعة تتغير بتغير درجة الحرارة وتردد الأشعة.

س/ ما تأثير شكل منحني التشتت؟

إن تشتت المادة في مناطق الطيف يتعلق بدرجة امتصاص الأشعة فيقل معامل الانكسار في المناطق الأكثر شفافية بزيادة الطول الموجي، ويزداد معامل الانكسار بشدة مع زيادة الطول الموجي في المناطق ذات الامتصاص العالي. وتسمى المنطقة الأولى بـ (التشتت الاعتيادي) والمنطقة الأخرى بـ (التشتت الشاذ).



ويستفاد من هذه الحقائق في اختيار الأجزاء البصرية للأجهزة كالعدسات والمواشير، ويفضل استخدام الزجاج في المنطقة المرئية لكنه يمتص بقوة في الطول الموجي (350 nm) أو دونه لذا غير صالح للاستخدام في منطقة الفوق البنفسجية، لذلك يفضل استخدام الكوارتز في هذه المنطقة.

س/ كيف تصنع العدسات والمواشير؟

إن المادة التي تظهر تشتتاً اعتيادياً ضمن مناطق الطول الموجي المطلوبة تكون ملائمة لصنع العدسات (معامل الانكسار عالي)، وأما المادة التي لها معامل انكسار عالي ولكنها تعتمد على التردد بشكل كبير فإنها تُختار للمواشير.