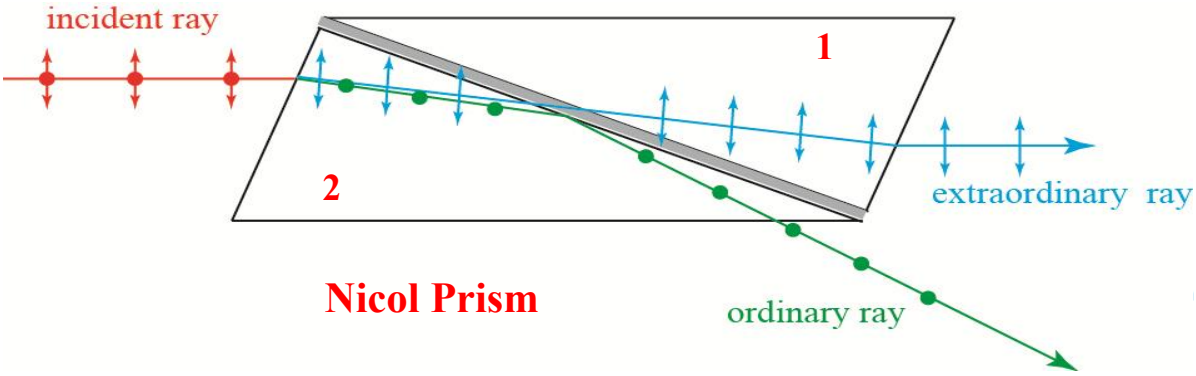
المحاضرة السابعة – استدارة الضوء المستقطب Rotation of Plane Polarized Light

استدارة الضوء المستقطب (Rotation of Plane Polarized Iight)

تتكون الحزمة الضوئية الاعتيادية من خليط من موجات ضوئية مختلفة الاطوال ... وان اهنزازات كل موجة تكون في مستوى معين يختلف عن مستوى الموجات الاخرى ضمن الحزمة الضوئية الواحدة... واذا مررنا هذا الضوء في موشور من نوع نيكول Nicol Prism فأن الضوء المار من خلال الموشور ستكون ذبذباته كلها في مستوى واحد ويسمى الضوء الناتج بالضوء المستقطب (Plane Polarized Iight), اما الموجات التي يكون مستوى ذبذباتها مختلفا فتحجب من المرور. يعرف موشور نيكول بأنه عبارة عن بلورة من كاربونات الكالسيوم النقية تدعى Iceland spar وتقطع هذه البلورة الى جزئين بأتجاه الخط الواصل بين الرأسين المتقابلين ثم تلحم ببعضها بواسطة مادة لاصقة شفافة لها معامل انكسار مشابه وعند مرور الضوء فأن قسما منه يمر بحرية ويظهر على شكل ضوء مستقطب اما الجزء الاخر فأنه ينكسر بأتجاه اخر.



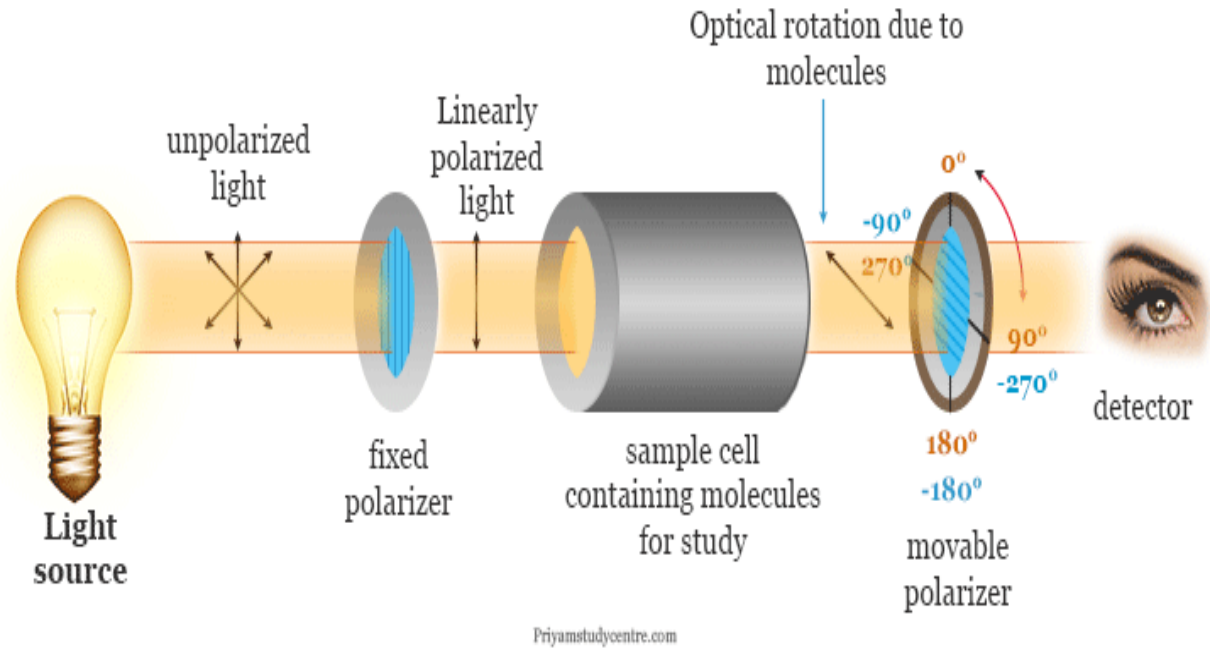
Nicol Prism

واذا مر الضوء المستقطب في احد المواد فأن هذا الضوء المستقطب أما ان يمر بحرية وبدون تغير او ان مستوى الاهتزازات (ذبذبات الضوء) يتغير بأتجاه اليمين أو اليسار وتدعى المركبات التي تتمكن من ان تغير مستوى هذه الاهتزازات بالمركبات النشطة بصريا(Opticaliy active) مثل السكر وحامض التارتريك.

ويمكن ان يقاس مقدار التغير في مستوى الاهتزازات بوضع موشور نيكول اخر بعد المادة الفعالة كما في جهاز قياس الاستقطاب (Polarimeter) ويمكن ان يدار الموشور الثاني الى اليمين او الى اليسار حتى يلائم مرور الضوء المستقطب القادم من الموشور الاول. اذا كانت المادة الموضوعة بين الموشورين غير فعالة بصريا فأن الضوء المستقطب القادم من الموشور الاول يمر بحرية خلال الموشور الثاني ويقرأ الجهاز صفراً أما اذا كانت المادة فعالة بصريا فانها ستغير اتجاه مستوى ذبذبات الضوء وبذلك يظهر المحلول معتما. وتقرأ درجة استدارة موجبة (+) اذا

كانت استدارة الضوء لليمين وعلامة (-) سالبة اذا كانت الاستدارة لليسار يمكن ان يدار الموشور دورة كاملة لليمين ولليسار حسب طبيعة المركب المستعمل .

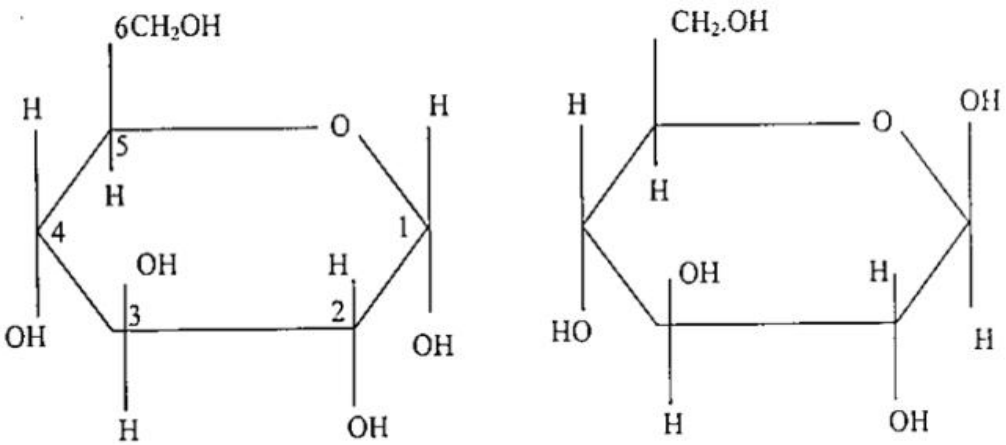
Instrumentation of polarimetry



آلية عمل جهاز قياس الضوء المستقطب (Polarimeter) المستخدم في دراسة الاستدارة الضوئية (Optical Rotation) للمواد ذات النشاط الضوئي من سكريات وأحماض أمينية.

جهازي بولارميتر Polarimeter مرئي وآخر الكتروني لقياس دوران الضوء المستقطب

وكمثال على تدوير الضوء المستقطب في المحاليل السكرية : يوجد جزيئاً (20%) من سكر الفركتوز بصـــورة حلقة خماســـية ، تتكون من الهجوم النيوكليوفيلي لهيدروكســـيل ذرة الكربون (C5) على مجموعة الكربونيل لذرة الكربون رقم (C2) ، وينسب الشكل الحلقي الخماسي الناتج لسكر الفركتوز الى الأيثر الحلقي المسمى بالفيوران ، وكما موضح بالشكل :



α - D – Glucose (36%)
$[\alpha]_D = +11.2°$
كلوكوز - D- α

β - D – Glucose (64%)
$[\alpha]_D = +18.7°$
كلوكوز - D- β

ملاحظة : معنى عبارة نيوكليوفيلي (Nucleophilically) مشتقة من كلمتين
Nucleo = نواة (أي مركز موجب الشحنة في الذرة) ، philic = محبّ أو منجذب.

الفوائد والتطبيقات لاستدارة الضوء المستقطب في الصناعات الغذائية :

1. **تقدير تركيز السكريات :**
يُستخدم البولاريميتر لتحديد تركيز السكروز ، الكلوكوز ، والفركتوز في العصائر والعسل ومنتجات الألبان بدقة دون الحاجة إلى تفاعلات كيميائية.
مثال: قياس درجة استدارة محلول السكر لتحديد نسبة السكر في العصير.
2. **التحقق من نقاوة المواد الغذائية :**
المواد النشطة ضوئياً تمتلك زاوية استدارة مميزة ، وأي انحراف عن القيمة القياسية يشير إلى وجود شوائب أو غش تجاري في المنتج الغذائي.
3. **مراقبة العمليات الصناعية :**
أثناء عمليات التحلل المائي أو التخمر ، يتغير نوع السكر (مثلاً : من سكروز إلى كلوكوز وفركتوز) ويمكن تتبع هذه التغيرات بقياس الاستدارة الضوئية بشكل دوري.
4. **ضبط الجودة وضمان المطابقة للمواصفات :**
يُعتمد قياس الاستدارة كاختبار نوعي وكمي ضمن اختبارات مراقبة الجودة في مصانع الأغذية والمشروبات ، خاصة في منتجات العصائر والعسل والمحاليل السكرية.

قانون قياس الاستدارة النوعية للضوء المستقطب :

$$\propto_Q = \frac{\propto_S}{L\ C}$$

α_Q : Qualitative Rotation الاستدارة النوعية للضوء المستقطب

α_S : Specific Rotation درجة الاستدارة (يتم تعديلها حسب درجة الحرارة)

L : طول الانبوب بالديسيمتر (كل 1 ديسيمتر = 10 سم)

C : تركيز المادة غم/مل

ملاحظة :- تختلف القراءة بنسبة (0.02) لكل درجة مئوية وتضاف اذا كانت درجة حرارة المختبر اكبر من 20مْ وتطرح في حالة العكس (اي اذا كانت اقل من 20مْ).

مثال/: في محلول يحتوي على السكر الاعتيادي وجد ان درجة الاستدارة هي +12.60م° عند استعمال انبوبة طولها 10 سم وفي ضوء الاصفر للصوديوم وحرارة 20مْ. فما هو تركيز السكر في لتر من المحلول ؟ اذا علمت ان استدارته النوعية $^{+}66.41$ تحت هذه الظروف.

الخطوة الأولى : تعويض القانون لاستخراج التركيز

$$C = \frac{\alpha_S}{\alpha_Q \times L}$$

$$C = \frac{12.60}{66.41 \times 1} = 0.1896\,\mathrm{g/mL}$$

الخطوة الثانية : ان الناتج هو مقدر بوحدة غم لكل مل ولتحويله الى لتر فان كل 1 لتر = 1000 مل

$$0.1896\,\mathrm{g/mL} \times 1000\,\mathrm{mL/L} = 189.6\,\mathrm{g/L}$$

مثال واجب / في محلول سكري وجد ان درجة الاستدارة هي +13.33^{O} عند استعمال انبوبة طولها 30 سم وفي الضوء الأصفر للصوديوم عند حرارة 21 ^{O}م وكان تركيز السكر 0.5 غم/مل احسب الاستدارة النوعية للضوء المستقطب ؟