

المفضل السابع والعشرون

المحاليل السكرية والملحية

الكثافة . طرق تقدير الوزن النوعي للمحاليل . طريقة قنينة الكثافة .
طريقة الإحلال والطفو . ميزان وستفال . الإيدرومترات . تصحيح قراءة
الإيدرومتر . طريقة الرفراكتومترات . معامل الانكسار . الانعكاس الكلي .
انتساب معامل الانكسار . ثوابت الانكسار . استخدام الرفراكتومتر ؛
رفراكتومتر آبي . رفاكتومتر زايس . البولاريومتر . السكراريمتر . السكريات
الطبيعية والصناعية . الملح . تحضير المحاليل السكرية والملحية .

لضخامة كميات المحاليل السكرية والملحية التي تحضر في مصانع حفظ الأغذية لا تستعمل الطرق الكيميائية في التحضير بل تستخدم الموازين العادية في وزن كميات السكر والملح المحسوبة . ويعتمد في معرفة تركيزات هذه المحاليل على تقدير كثافتها ، إذ المعروف أن كثافة المحاليل تمشي طردياً تقريباً مع تركيزاتها . وتكون النتائج دقيقة كلما كان التفكير في الحجم عند تحضير المحاليل صغيراً . وتستخدم في مصانع الأغذية طرق بسيطة وسريعة لتقدير الكثافة ، وبالتالي تقدير تركيزات المحاليل ، وهذه الطرق تعطى نتائج تعتبر مؤدية للغرض في التصنيع الغذائي . وإذا كان السكر والملح مادتين غذائيتين غير سامتين للإنسان إلا أنه لا يجوز التهاون في تقدير التركيز اعتماداً على ذلك ، إذ أن التهاون قد يلحق بالصانع خسارة مالية لا يستهان بها .

وطرق تقدير الكثافة المعروفة هي باستخدام قنينة الكثافة أو ميزان وستفال أو الإيدرومترات أو الرفراكتومتر . وأول هذه الطرق ، أي قنينة الكثافة ، تعطى نتائج دقيقة للغاية . غير أن هذه الطريقة بطيئة وتستلزم جهداً ووقتاً لا يتماشيان مع طبيعة العمل في مصانع الأغذية . لذلك تستخدم عادة الطرق السريعة في مصانع الحفظ ، وهي في هذه الحالة طريقتا الإيدرومترات والرفراكتومترات .

الكثافة :

يعبر عن الكثافة density بأنها كتلة وحدة الحجم أو نسبة الوزن إلى الحجم . وترجع الصعوبة في تقدير الكثافة إلى صعوبة تحديد الحجم ، خصوصاً في حالة المواد الصلبة والغازية . لذلك يفضل الاستعاضة عن تقدير الكثافة بتقدير الوزن النوعي specific gravity أو الكثافة النسبية relative density وهي نسبة كثافة المادة إلى كثافة مادة أخرى معينة وهي الماء عادة . فالوزن النوعي هو دائماً النسبة بين وزن حجم معين من المادة

إلى وزن حجم معين مماثل من الماء عند درجة حرارة محددة . ولا يجوز إغفال درجة الحرارة التي عندها قدر وزن كل من المادة والحجم المماثل من الماء لأن التقديرات تتأثر بدرجة الحرارة إلى حد كبير ، خصوصاً في حالة السوائل والغازات التي تتصف بـكبير معامل تمددها . وقدرت كثافة الماء عند درجة أربعة مئوية فوجدت مساوية الواحد الصحيح . وفي كثير من الدول ، عدا إنجلترا ، تعتبر كثافة الماء النقي أو وزنه النوعي عند درجات حرارة تتراوح بين الصفر والعشرين مئوية مساوية للواحد الصحيح نظراً لعدم اختلاف القيمة الحقيقية كثيراً عن الوحدة في هذا النطاق من درجات الحرارة فالقيمة الواقعية لكثافة الماء عند درجات صفر ، ٤ ، ١٥ ، ٢٠° مئوية هي ٠,٩٩٩٨٧ ، ١,٠٠٠٠٠ ، ٠,٩٩٩١٣ ، ٠,٩٩٨٢٣ على التوالي .
 أى أن القيم المذكورة عبارة عن وزن الستيمتر المكعب الواحد من الماء عند درجات الحرارة المشار إليها .

وتعتبر تقديرات التركيز عن طريق تقديرات الكثافة دقيقة ومؤدية للغرض المطلوب عندما يكون كل محلول مكوناً من مادة واحدة مذابة في الماء . مثال ذلك محاليل الكحول في الماء ومحاليل السكر في الماء التي يمكن تقدير تركيزاتها عن طريق الكثافة فتكون النتائج دقيقة في حدود ٠,١ في المائة فقط . ولإيضاح ذلك بالأرقام تستعرض مقادير الخطأ في تقدير كثافات المحاليل التالية عند درجة حرارة ٦٠° فهرنهايت للمحاليل الكحولية ، ٢٠° مئوية للمحاليل السكرية :

٠,٠٠٠٤٢٠٤ ±	١٠٠,٠٠٠١٣٧ ±	١٠ - ١٥ % سكروز
٠,٠٠٠٥١٣٤ ±	٠,٠٠٠١٠٩ ±	٣٥ - ٤٠
٠,٠٠٠٥٥٩٤ ±	٠,٠٠٠٠٩٨ ±	٥٠ - ٥٥ % سكروز
٠,٠٠٠٦١٦٨ ±		٦٥ - ٧٠

ونظراً لعدم وجود علاقة ثابتة بين كثافة المحاليل السكرية والملحية وتركيزاتها بسبب عدم الانتظام في تغير الحجم مع ازدياد التركيز نتيجة لاتحاد

الجزيئات association ولأسباب أخرى ، فلا مفر إذن من إيجاد العلاقة بين تركيزات المحاليل وكثافتها عملياً . وقد تضمنت المراجع جداول لهذه العلاقة معترف بها عملياً ، خصوصاً بالنسبة لمحاليل السكر أو الملح أو الحامض أو القلوي . والجداول المذكورة تحدد العلاقة بين التركيز والوزن النوعي عند درجات حرارة محددة ، لذلك عند استخدامها يلزم تعديل القراءة تبعاً لاختلاف درجة الحرارة ، أو تقرأ الكثافة عند درجة الحرارة المحددة في الجداول . وبالنسبة للزيوت فقد درج الباحثون على تقدير أوزانها النوعية عند درجة ٢٥° مئوية ، وفي حالة التقدير على درجة حرارة مخالفة (٤°) يمكن تصحيح القراءة لحد ما بتطبيق المعادلة التالية لمعرفة الوزن النوعي عند درجة ٢٥° (و ٢٥°) .

$$و ٢٥° = ٢٥٥ + ٠,٠٠٠٧ (٤ - ٢٥) .$$

ولا يجوز تطبيق جداول السكروز على عصير الفاكهة والشراب والمحاليل الأخرى ، نظراً لأن هذه المحاليل تحتوي على مواد أخرى بخلاف السكر وهي تؤثر في الوزن النوعي للمحلول تأثيراً غير متطابق مع تأثير السكروز . لذلك وضعت جداول خاصة ببعض المنتجات الأخرى مثل عصير الطماطم وعسل الجلوكون وسكر الذرة والمولاس والسكر الخام وغيرها .

ولتقدير الكثافة فوائد أخرى متعددة ، فهي من ثوابت الزيوت إذ أنها تتوقف على طول سلسلة المركب الدهني ودرجة تشبع هذه السلسلة ، وهي تعطى فكرة عن نضج البسلة والبكان وجودة القراصيا وجفاف الزبيب وغير ذلك .

طرق تقدير الوزن النوعي للمحاليل :

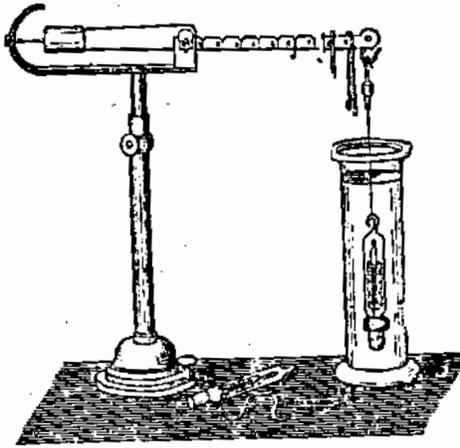
١ - طريقة قنينة الكثافة Pycnometer أو أنبوبة أستوالد Ostwald Sprengel tube وفيها يقدر وزن حجم معين من كل من السائل المجهول والماء باستخدام قنينة ثابتة الحجم . والخطأ في التقدير بهذه الطريقة لا يتجاوز ٠,٠٠٠١ ، متوقفاً

على الدقة في الوزن وملأ القنينة وعلى مناسبة حجم القنينة المستعملة . ومن الاحتياطات التي تتخذ عند التقدير بهذه الطريقة ضرورة ترك القنينة في جو الغرفة العادى حتى تتساوى درجة حرارة القنينة بمحتوياتها مع درجة حرارة المعمل منعاً لتكثف الرطوبة على سطح القنينة . كما يجب إحكام قفل الغطاء منعاً لتسرب السائل من القنينة عند التمدد بتأثير الحرارة . ولذلك تفضل القنينات المزودة بترموتر في غطاؤها والتي بها أنبوبة جانبية..

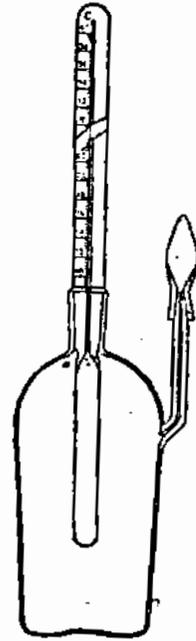
وتتلخص طريقة التقدير في تنظيف القنينة وتجيئفها بالماء المقطر المغلى بعد تبريده إلى درجة حرارة الغرفة أو إلى درجة تقل بمقدار درجة واحدة مئوية . وترك القنينة في جو المعمل حتى يصل الترمومتر إلى الدرجة المطلوبة فتجفف القنينة ويثبت غطاؤها في موضعه وتوزن القنينة بالماء ويحسب وزن الماء . وبلى ذلك تكرار العمل بالسائل المجهول مع مراعاة غسل القنينة عدة مرات بالسائل قبل ملئها وبقسمة السائل على وزن الماء يتحصل على الوزن النوعى الظاهرى . ويمكن تصحيح هذه النتيجة للحصول على الوزن النوعى الحقيقى S بتطبيق المعادلة :

$$S = d \frac{C - A}{B - A} + s \frac{B - C}{B - A}$$

باعتبار A الوزن الظاهرى لقنينة الكثافة ، B الوزن الظاهرى لقنينة الكثافة ممتلئة بالماء عند درجة حرارة مئوية محددة ، C الوزن الظاهرى لقنينة الكثافة ممتلئة بالسائل المجهول عند نفس درجة الحرارة، d كثافة الماء عند نفس درجة الحرارة ، s كثافة الهواء عند نفس درجة الحرارة . وهذا التصحيح ليس مطلوباً في معامل حفظ الأغذية لأن الفرق بين الوزن النوعى الحقيقى والظاهرى ضئيل للغاية لا يؤثر في تركيزات المحاليل السكرية والملحية المراد تحضيرها . مثال ذلك محلول سكر قصب بتركيز ٥٠ في المائة يكون وزنه النوعى الحقيقى ١,٢٢٩٥٧ والظاهرى ١,٢٢٩٦٢ عند درجة ٢٠°/٤° ، ومحلول



(شكل ١٤٧) ميزان وستفال



(شكل ١٤٦) قنينة الكثافة

سكروز تركيزة ٧٠ في المائة يكون وزنه النوعى الحقيقى ١,٣٤٧١٧ والظاهرى ١,٣٤٧٢٣ ، ومحلول كحول تركيزه ٥٠ في المائة يكون وزنه النوعى الحقيقى ٠,٩١٣٨٣ ، والظاهرى ٠,٩١٣٨٢

٢ - طريقة الإحلال والطفو Displacement and Flotation وفيها يعتمد

على قاعدة أرشميدس Principle of Archimedes أو قانون الطفو law of buoyancy .
فالقانون الأخير ينص على أنه عند غمر جسم فى سائل ، سواء غمرأ كلياً أو جزئياً ، فإن هذا الجسم يكون مدفوعاً من أسفل إلى أعلى بقوة تساوى وزن السائل الذى يزيحه هذا الجسم المغمور . ويستفاد من هذا القانون فى تصميم أجهزة الوزن النوعى التى يستخدم فيها غاطس Sinker مثل ميزان وستفال Westphal Balance .
أو جسم طاف floating body ، مثل الأيدرومترات Hydrometers

ميزان وستفال :

لتقدير كثافة السائل بطريقة جديدة يوزن الغاطس فى الفراغ ثم يعاد

الأيديرومترات :

ينى عمل الأيديرومترات hydrometry على أساس القاعدة التي تشير إلى تساوى أوزان السوائل التي يزيحها الجسم الواحد عندما يطفو في هذه السوائل . فإذا طفا إيديرومتر في عدة سوائل فإن حاصل ضرب حجم السائل المزاغ في كثافته يكون ثابتاً تماماً ؛ أى أن $ح_١ \times ث_١ = ح_٢ \times ث_٢ = ح_٣ \times ث_٣$. ويتبع ذلك أن حجوم السوائل التي يزيحها نفس الإيديرومتر الطافي تتناسب عكسياً مع كثافات هذه السوائل . وإذا كان هذا الجسم الطافي عبارة عن جسم أسطوانى طويل يتدلى في السائل رأسياً فإن حجوم السوائل المزاعة تتناسب

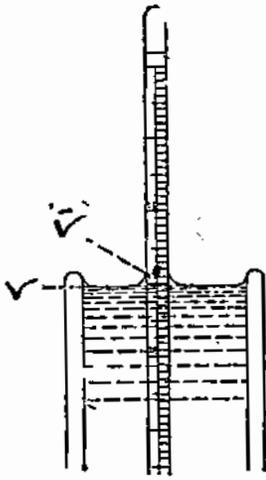
طردياً مع عمق (ع) انغمار الجسم ، ويكون $\frac{ث_١}{ح_١} = \frac{ث_٢}{ح_٢}$ ولذلك فالإيديرومتر

الذى صمم على أساس هذه الحقيقة عبارة عن أنبوبة زجاجية مقفلة ذات تجويف سفلى به زئبق أو مادة ثقيلة تحفظ الإيديرومتر في وضع رأسى وتجويف آخر يعلو السابق وظيفته المساعدة على إزاحة قدر كبير من السائل . وتتوقف حساسية الإيديرومتر على النسبة بين حجم السائل المزاغ كاملاً وحجم السائل الذى تزيحه وحدة القياس على ساق الإيديرومتر وهى النسبة المعروفة باسم modulus of the hydrometer . كما تتأثر حساسية الإيديرومتر أيضاً ، وقراءته بالوزن المستخدم فى ضبط التدريج .

وعموماً تعتبر الأيديرومترات وسائل لتقدير الوزن النوعى بسرعة ولكن بقليل من الدقة ، ولتقليل الخطأ فى قراءات الإيديرومترات يسترشد بالنصائح التالية :

١ - يجب أن يكون الإيديرومتر نظيفاً وجافاً عند القياس به ، وتكون درجة حرارة الإيديرومتر متساوية مع درجة حرارة السائل المراد اختباره .

٢ - يجب أن يوضع السائل أثناء اختباره فى مخبر زجاجى نظيف ذى شكل وحجم مناسبين ، ويكون المخبر أطول من الإيديرومتر ليسمح بقراءة تدرج الإيديرومتر بأكمله .



٣ - يجب أن يكون السائل المراد اختباره متجانساً تماماً ، ولذا يقلب جيداً بمقلب يصل إلى قاع المخبر ، ويساعد على ذلك تجانس درجة الحرارة في جميع أجزاء السائل أيضاً . ويلزم التخلص من فقاعات الهواء إن وجدت في السائل .

٤ - يدفع الإيدرومتر في السائل ببطء إلى عمق أبعد مما ينتظر الوصول إليه عند ترك الإيدرومتر ليطفو . ولا تؤخذ قراءة الإيدرومتر إلا بعد أن يسكن تماماً .

(شكل ١٤٨) قراءة الإيدرومتر (القراءة الصحيحة)

٥ - يقرأ الإيدرومتر في مستوى أفقي تماماً ، ويهمل الارتفاع المتسبب عن الجذب السطحي .

٦ - تقرأ درجة حرارة السائل قبل وبعد التقدير ، وتصحح القراءة تبعاً لاختلاف درجة الحرارة .

وتدرج الإيدرومترات لتقرأ الوزن النوعي مباشرة . وقد تدرج لتقرأ تركيز المحلول مباشرة مثل إيدرومترات جاى لوساك Gay-Lussac وبالنج Balling وبركس Brix وبوميه Baume . ويحسب الوزن النوعي من قراءة البوميه بتطبيق المعادلة التالية على السوائل الأكثر كثافة من الماء .

$$\text{درجات البوميه} = 145 - \frac{145}{\text{الوزن النوعي } 60/60}$$

والمعادلة التالية للسوائل الأقل كثافة من الماء :

$$\text{درجات البوميه} = \frac{140}{\text{الوزن النوعي } 60/60} - 130$$

وهناك أنواع متعددة من الإيدرومترات ، منها إيدرومتر Twaddle الذى تمثل الوحدة من تدريجه خمس وحدات من الوزن النوعى فى الرقم العشرى الثالثة أى أن ٥° درجات تعادل ١,٠٢٥ وزن نوعى ، وإيدرومتر Wechsle الذى يعطى الوزن النوعى مضروباً فى ألف أى أن قراءة ١٨° درجة أوشترق تعادل ١,٠١٨ وزن نوعى . وعموماً فإن أكثر الإيدرومترات استعمالاً فى مصانع الأغذية هي ما يلى :

(١) إيدرومترات الكحول Alcoholometers : وهي مدرجة لتقرأ تركيز كحول الإيثانيل مباشرة بالحجم أو بالوزن . ومن أمثلتها إيدرومتر ترالز Tralles .

(ب) إيدرومترات السكر Saccharometers وهي تقرأ نسبة السكروز مباشرة بالوزن ، وأقدمها إيدرومتر بالنج الذى عدله بركس عام ١٨٦٤ . ويدرج البركس حالياً على درجة حرارة ٢٠° مئوية . وعند استعمال هذه الإيدرومترات فى اختبار عصير الفاكهة والسوائل الأخرى فإن القراءة تعنى أنها تركيز محلول السكروز النقي الذى يتماثل وزنه النوعى مع الوزن النوعى للسائل أو المحلول الجارى اختباره . لذلك يلزم فى مثل هذه الحالات تعديل القراءة بما يتمشى مع نسبة المواد الصلبة فى السائل المختبر .

(ج) إيدرومترات البومييه Baumé hydrometers : وهي تقرأ نسبة ملح الطعام فى المحلول مباشرة . أما إيدرومترات السالوميتر Salometers أو Salinometers فتقرأ درجة التشبع بالملح ، والتدريج مقسم إلى مائة قسم تقابل تركيزاً من الملح قدره ٢٥ فى المائة فيكون كل أربع درجات بالسالوميتر تقابل واحد فى المائة ملح . إلا أن المحلول يتشبع بملح الطعام عند تركيز ٢٦ فى المائة على درجة ٢٠° مئوية ، وهذا التركيز يقابل ١,١٩٧٢ وزن نوعى عند ٢٠°/٤° ويقابل ٢٣,٩ درجة بومييه فى التدريج الحديث modulus 145 ويقابل ٣٩,٤٤° درجة توادل .

(د) إيدرومترات الوزن النوعى Specific gravity or density hydrometers وهي تقرأ الوزن النوعى أو الكثافة للسوائل .

تصحيح قراءة الإيدرومتر :

يتأثر الوزن النوعي للسوائل بدرجة حرارتها إذ يسبب ارتفاع الحرارة زيادة في الحجم فينخفض وزن وحدة الحجم . لذلك يزداد انغمار الإيدرومتر في المحاليل السكرية والملحية بارتفاع درجة حرارتها ؛ ويصحب ذلك انخفاض قراءة الإيدرومتر لأنه مدرج من أعلى إلى أسفل . فمن اللازم تعديل قراءة الإيدرومتر تبعاً لاختلاف درجة الحرارة ، ورقم التعديل المصطلح عليه هو ٠,٣ درجة بالنج لكل عشر درجات فهرنهايتية . فيضاف رقم التصحيح إلى قراءة الإيدرومتر إذا كانت درجة حرارة السائل المختبر تزيد على درجة الحرارة المدرج عليها الإيدرومتر ، بينما يطرح رقم التصحيح إذا كانت درجة حرارة السائل أقل من درجة حرارة تدريج الإيدرومتر . وفي حالة استخدام إيدرومتر البوميه يكون رقم التصحيح ٠,٣ × ٠,٥٥ أى ٠,١٦٥ درجة بوميه ، وهذه تقابل ٠,٦٦٠ درجة سالوميتر تقريباً .

وواضح أنه يمكن اختبار المحاليل السكرية بواسطة إيدرومتر بوميه أو سالوميتر ، كما يمكن اختبار المحاليل السكرية بواسطة إيدرومتر بالنج . فقط يجب تحويل القراءة إلى ما يقابلها من تركيز ، وذلك باستخدام العلاقة بين قراءات الإيدرومترات التي تلخص فيما يلي :

١ درجة بالنج تقابل ٠,٥٥ درجة بوميه تقابل ٢,٢٠ درجة سالوميتر تقريباً .

١ درجة بوميه تقابل ١,٨١٨ درجة بالنج تقابل ٤ درجات سالوميتر تقريباً .

ويمكن استخدام إيدرومترات الكثافة في معرفة تركيز المحاليل الملحية والسكرية بالرجوع إلى جداول خاصة توضح هذه العلاقة . فمثلاً كثافة المحلول للسكرى تكون ١,٠٣٨ عندما يبلغ تركيز المحلول عشرة في المائة ، وكثافة المحلول الملحي بنفس التركيز السابق تكون ١,٠٩١٢ . ويتضح من هذه الأرقام أن كثافة الملح أعلى من السكر . ويختلف الحد الأقصى في تدريج إيدرومترات الوزن النوعي فبعضها مدرج إلى الواحد الصحيح فقط والبعض مدرج ليقراً الأوزان النوعية التي تزيد على الواحد الصحيح .

٣ - طريقة الرفراكتومترات Refractometric method : وفيها يستخدم الرفراكتومتر لتقدير معامل الانكسار refractive index ، ومنه يقدر الوزن وتركيز المحلول السكرى .

معامل الانكسار :

يتعرض الشعاع الضوئى للانكسار بمروره فى وسطين مختلفين ، وتعرف الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المايط على سطح الاتصال عند نقطة السقوط بزاوية السقوط angle of incidence ، والزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود الرأسى عند نقطة السقوط بزاوية الانكسار angle of refraction . وتعرف نسبة جيب sine زاوية السقوط إلى جيب زاوية الانكسار بمعامل الانكسار refractive index . ويكون معامل الانكسار ثابتاً دائماً لكل وسطين معينين عند درجة حرارة معينة وطول موجة ضوئية معين . ويعرف معامل الانكسار أيضاً بأنه النسبة بين مرعئى الشعاع الضوئى فى الوسطين المختلفين . وفى حالة الانكسار يقرب الشعاع المنكسر من العمود إذا كان الوسط الذى حدث فيه الانكسار أعلى فى كثافته الضوئية optical density من الوسط الذى سقط منه الشعاع .

ويتأثر معامل الانكسار بالموجات الضوئية فيزداد مقداره تدريجياً بالاتجاه من الأشعة الحمراء فى الطيف إلى البنفسجية ، أى أنه يزداد كلما قصر طول الموجة الضوئية ، وبما أن الضوء ينقسم إلى ألوان متعددة عند انكساره فإن الموجات الضوئية الناتجة تتفاوت فى أطوالها وبالتالي فى مدى انكسارها ، وهذا ما يعرف باسم dispersion .

ويستخدم ضوء الصوديوم monochromatic sodium light عند ٥٨٩ ملليميكرون μ ودرجة حرارة ٢٠° مئوية ، ويوضح معامل الانكسار فى هذه الحالة بالرمز $n_{D_1}^{20}$ ، لأفضلية ضوء الصوديوم فى التجارب على الضوء العادى white light الذى يعطى ألواناً متعددة بمروره خلال منشورات الأجهزة العلمية والمواد المختبرة .

ويتأثر معامل الانكسار بدرجة الحرارة فهو يقل بالنسبة للسوائل والمواد الصلبة كلما ارتفعت درجة الحرارة ؛ ويكون الانخفاض شديداً في حالة السوائل . فعلى سبيل المثال يكون معامل الانخفاض في معامل الانكسار لكل ارتفاع في درجة الحرارة قدره درجة واحدة مئوية هو $0,0001$ للماء ، $0,0006$ للبنزين ، $0,0004$ لزيت بذر الكتان ، $0,0008$ لثاني كبريتيد الكريون ، $0,0038$ للزيوت والدهون . وهذا العامل في المواد الصلبة ضئيل للغاية بحيث يمكن إهماله ، فهو على سبيل المثال $0,000002$ للزجاج الخفيف ، $0,000014$ للزجاج السميك .

وتصحح قراءة معامل الانكسار لازيوت (م) بتطبيق المعادلة التالية باعتبار (د) درجة الحرارة .

م الصحيحة = م المقطرة + $0,00038$ (د - د القياسية) . وبالنسبة للمحاليل السكرية يلاحظ انخفاض معامل انكسارها بارتفاع درجة الحرارة ويتمشى مقدار هذا الانخفاض لحد ما مع التغير في الوزن النوعي . ويمكن تحويل قراءة معامل الانكسار على درجة حرارة الغرفة إلى تركيز للسكر ثم تصحيح التركيز المحسوب تبعاً لاختلاف درجة الحرارة بتطبيق التصحيح المستخدم مع ليدرومتر البركس وبنفس الطريقة : والأفضل هو ضبط حرارة السائل أو المحلول المختبر عند الدرجة القياسية وهي 20° أو 25° مئوية ، وتكون النتيجة دقيقة إلى الرقم العشري الرابع بضبط درجة الحرارة جيداً بحيث لا تختلف بأكثر من جزء من الدرجة .

الانعكاس الكلي :

بازدياد زاوية السقوط تدريجياً تزداد زاوية الانكسار تدريجياً حتى تصبح 90° درجة ، أي حتى ينطبق الشعاع المنكسر على سطح الانفصال بين الوسطين . وتعرف زاوية السقوط عند هذا الحد بالزاوية الحرجة critical angle . ولا يتعرض الشعاع الساقط بزاوية تزيد على ذلك لأي انكسار بل إنه يرتد ثانية totally reflected .

انتساب معامل الانكسار :

ينسب معامل الانكسار للهواء عادة ، إذ أن معامل الانكسار في الفراغ يساوى الواحد الصحيح ومعامل انكسار الهواء لا يتجاوز ٠,٠٠٠٢٩٤ ، ويمكن تصحيح القراءة إذا كانت زاوية السقوط المستخدمة ليست في الهواء بالحساب كما يلي :

$$\begin{aligned} ١م &= \text{معامل الانكسار من الهواء للزجاج} . \\ ٢م &= \text{معامل الانكسار من الزجاج للسائل} . \\ \therefore \text{معامل الانكسار من الهواء للسائل} &= ١م \times ٢م . \end{aligned}$$

ثوابت الانكسار :

لكل مادة علاقة ثابتة لا تتأثر بدرجة الحرارة وهي $(م^٢ - ١) \div (٢ + م^٢) \times \frac{١}{ث}$ ؛ وهي العلاقة المعروفة باسم Lorentz - Lorenz relation . وبضرب هذه العلاقة المتعلقة بمعامل الانكسار والكثافة في الوزن الجزيئي للسائل العضوي ينتج ما يعرف باسم Molecular refractivity وهي إحدى خواص المرات في السائل العضوي المعين .

وتوضح مثل هذه الثوابت العلاقة الطردية بين معامل الانكسار والوزن النوعي . ويبلغ ثابت لورنز لمخول السكروز ٠,٢٠٦١٤ ، ومن هذه العلاقة يمكن حساب كثافة المخول (ث) من معامل انكساره (م) بتطبيق المعادلة .

$$\text{ث} = \frac{١ - م^٢}{٠,٢٠٦١٤ \times (٢ + م^٢)}$$

ويمكن وضع العلاقة بين الوزن النوعي (و °٢٠/°٤) لمحاليل السكروز ومعامل انكسارها (م د°٢٠) في صورة معادلة أبسط من سابقتها وهي :

$$\text{م} \text{ د}^{\circ ٢٠} = ٠,٩٥٠٩ + ٠,٣٨١٨ \cdot \text{و} \text{ °} \frac{٢٠}{٤}$$

استخدام الرفراكتومتر :

لكل مادة نقية معامل انكسار ثابت ، فمعامل الانكسار من الخواص الطبيعية الثابتة لكثير من المواد . مثال ذلك الماء النقي معامل انكساره $1,3330$. باستعمال ضوء الصوديوم على درجة 20° مئوية . ويزداد معامل الانكسار عن هذا الحد لجميع المحاليل المائية فيما عدا محلول كحول الميثايل . ويزداد معامل الانكسار بازدياد العدد اليودي للزيت ، ولذا فالشائع في هدرجة الزيت هو الاستدلال على مدى حدوث الهدرجة بتقدير معامل الانكسار ، ويمكن حساب العدد اليودي للزيت من معامل انكسارها . ويمكن أيضاً حساب تركيز المحلول السكري من معامل انكساره بالرجوع إلى جداول توضح العلاقة بين معامل الانكسار والتركيز . ولا يختلف معامل الانكسار كثيراً لمحاليل سكريات مختلفة ذات تركيز متساو ، مثل محاليل السكروز أو الملتوز أو الجلوكوز التجاري أو اللكتوز التي تعطي معامل انكسار قدره $1,3477$ عند درجة 20° مئوية عندما تكون بتركيزات $10,00$ ، $10,07$ ، $10,07$ ، $10,13$ على التوالي .

لذلك يفضل استخدام الرفراكتومتر في تقدير نسبة المواد الصلبة الذائبة في المحاليل والعصير والبيض والحل والكحول ومحاليل البروتين ومنتجات الطماطم والألبان بدلا من طريقة الكثافة نظراً للسهولة والسرعة وصغر كمية العينة المطلوبة . ويمكن تقدير نسبة الزيت في البذور الزيتية بتقدير التغير في معامل انكسار المذيب بعد استخلاص الزيت من وزن معين من البذور .

أجهزة الرفراكتومترات :

أشهر الرفراكتومترات استخداماً هي :

١ - رفراكتومتر أبي Abbe ونطاق التقدير به هو من $1,3000$ إلى $1,7000$ ، وتبلغ دقته $0,0001$. وهو يحتوي على منشورين زجاجيين مثبتين

في إطار معدني . ويحدث انكسار الأشعة الضوئية بمرورها من الزجاج إلى السائل الذي يوضع بين المنشورين لاختباره. وفي الجهاز مجمع للضوء Compensator لتصحيح أثر تحلل الضوء .

٢ - رفراكتومتر زايس Zeiss butyro-refractometer ونطاق قياس معامل الانكسار به هو ١,٤١٨ إلى ١,٤٩٢ . والجزء الحساس به هو منشوران يحيطهما غلاف لإمرار الماء على درجة حرارة ثابتة ، والعلوي منها مثبت في التلسكوب المثبت في قاعدة الجهاز . ولا يحتوي هذا الجهاز على مجمع للضوء ، وهو مدرج ليستخدم في اختبار الزبد النقي فقط .

٣ - رفراكتومتر بولفریش Pulfrich ونطاقه يحدده المنشور الزجاجي المستخدم ودقته تبلغ ٠,٠٠٠١ .

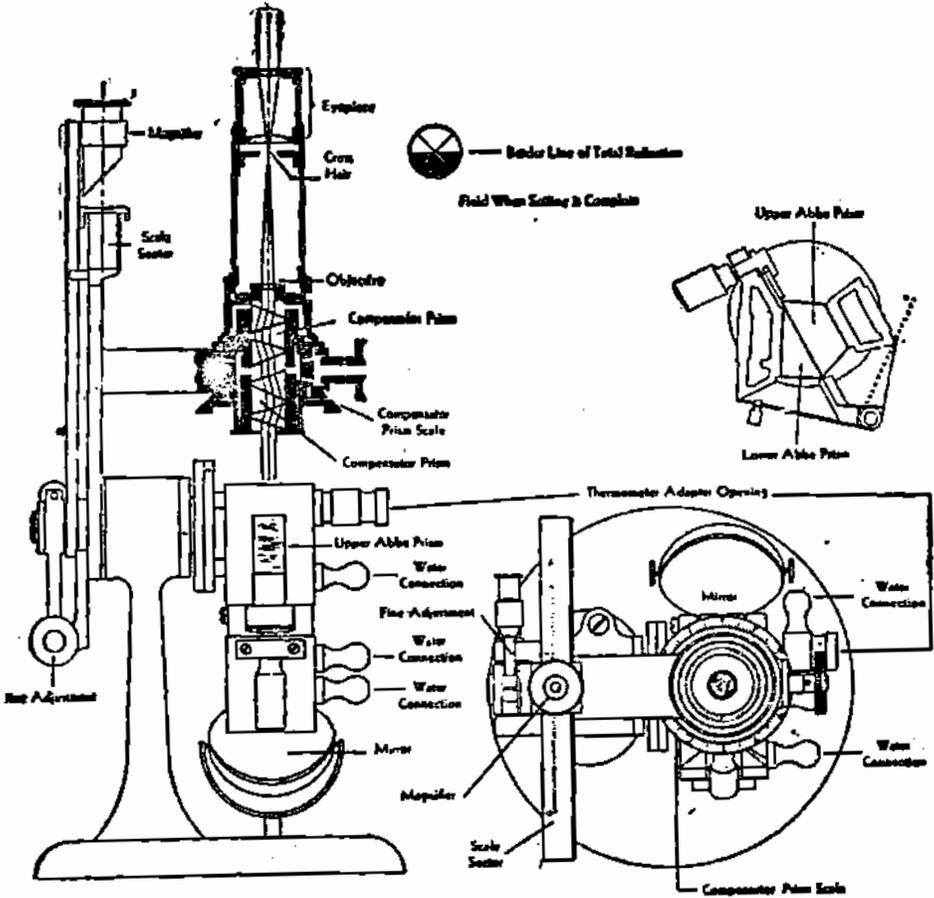
٤ - الرفراكتومتر الغاطس Dipping refractometer ونطاقه ١,٣٢٥٤ إلى ١,٣٦٦٤ ودقته تبلغ ٠,٠٠٠٠١ أو ٠,٠٠٠٠٣٥ وهو يستخدم في اختيار المحاليل الخفيفة . ويتكون الجهاز من تلسكوب به منشور زجاجي صلب ، وفي الجهاز مجمع للضوء وميكرومتر وتدرج مقسم من - ٥ إلى + ١٠٥ . وفي حالة حدوث خطأ في قراءة التدرج قدره ٠,١ يقابل ذلك خطأ قدره ٣,٧ وحدة في الرقم العشري الخامس لمعامل الانكسار .

وتوجد حالياً رفراكتومترات تربط بين رفراكتومتر آبي والرفراكتومتر الغاطس .
رفراكتومتر آبي :

يعتبر رفراكتومتر آبي هو أكثر أنواع الرفراكتومترات انتشاراً . ويعزى الإقبال عليه إلى سهولة العمل به ، وبساطته وإمكان استخدامه في اختبارات السوائل وبعض الأجسام الصلبة والبلاستيك . وتقدر حساسيته بحوالي واحد أو اثنين في الرقم العشري الرابع ، وهذه الحساسية مناسبة للتقديرات التي تجرى في مصانع حفظ الأعذية . فخطأ القراءة بمقدار ٠,٠٠٠٢ في معامل الانكسار يقابله انحراف قدره واحد في المائة فقط في تركيز محلول السكروز أو ٠,٣ في المائة في تركيز الكحول . ولا يحتاج التقدير لأكثر من بضع نقط من السائل

المراد اختباره ، ولذا فالجهاز يفيد في حالة صغر العينات المراد اختبارها . ومن أهم مزايا هذا الجهاز إمكانية استخدامه في اختبار السوائل القاتمة اللون أو العكرة التي تمتص الضوء بشدة مما يجعل اختبارها بالأجهزة الأخرى متعذراً .

ويتوقف العمل بهذا الجهاز على أساس قياس الزاوية الحرجة ، أى زاوية السقوط التي يقابها زاوية انكسار قدرها تسعون درجة ، للانعكاس الكلي للمادة المختبرة . ويقرأ معامل الانكسار على تدريج الجهاز مباشرة دون حاجة إلى الحساب . ويجدد الانعكاس الكامل بالنظر خلال التلسكوب . وللحصول على الانعكاس الكلي يحرك المشور الزجاجي حول محوره المتعامد مع محور التلسكوب . ويساعد على ضبط حد الانعكاس الكلي استخدام شعرتين متعامدتين ،



(شكل ١٤٩) مرور الشعاع الضوئي في زفرا كيموتر آبي

الأفقية منهما. تنطبق على الحد الفاصل بين المنطقة المضيفة والأخرى المظلمة . ويتصل بالذ شور المتحرك مؤثر يستخدم في تحديد قراءة الانكسار على التدرج .

والمشور الزجاجي الثاني يستخدم في ضغط السائل المختبر إلى سمك ضئيل إذ أنه ينطبق على المشور الأول تاركاً فراغاً لا يتجاوز سمكه عشر مليمتر . وهذا المشور الثاني يصبح مصدراً للأشعة الضوئية التي تمر إلى التلسكوب .

ويجب أن يكون معامل انكسار المواد المختبرة أصغر من معامل انكسار منشور آبي الزجاجي ، وعادة يكون معامل انكسار المنشور الزجاجي مساوياً ١,٧٥ ، وهو خارج قسمة جيب زاوية السقوط من الهواء على جيب زاوية الانكسار في زجاج المنشور السفلي . فبما أن الانعكاس الكلي يحدث عند مرور الأشعة الضوئية من وسط أكثف إلى وسط أقل في كثافته الضوئية فليس ممكناً تقدير معامل انكسار المواد إلا إذا كان معامل انكسارها يقل عن معامل انكسار المنشور الزجاجي وهو ١,٧٥ . فعامل الانكسار من زجاج المنشور إلى السائل يساوي خارج قسمة جيب زاوية السقوط في الزجاج على السطح العاوي للمنشور الزجاجي السفلي على جيب زاوية الانكسار في السائل وهي ٩٠° عند بدء الانعكاس الكلي .

ولجعل الخط الفاصل بين النقطتين المضيئة والمظلمة عند الانعكاس الكلي واضحاً ومحددأ بدلاً من كونه على هيئة حزمة ضوئية متعددة الألوان ، يوضع في الجهاز مجمع للضوء عبارة عن منشورين زجاجيين صغيرين يدوران في اتجاهين متضادين حول محور التلسكوب . وهذين يسمحان بمرور ضوء الصوديوم (٥٨٩ مليميكرون) بدون انحراف . فيحرك هذان المنشوران الصغيران حتى يتحصل على dispersion مساو لما يحدثه منشورا آبي ولكن في اتجاه مضاد .

ويجب دائماً اختيار حساسية الجهاز قبل استخدامه بالماء المقطر مـ ٢٠ ١,٣٣٣٠٢٠ والأورثويروو نفتالين مـ ٢٠ ١,٦٥٨ ، وبعض المواد القياسية ، وبعد انتهاء الاختبار يجب تنظيف المنشورين جيداً بالقطن والمذيب المناسب مع مراعاة عدم خدش المنشور خصوصاً العاوي .

رفراكتومتر زايس :

يستعمل رفرراكتومتر زايس بكثرة في مصانع السكر، ولذا فهو غالباً ما يدرج ليقراً نسبة السكر مباشرة .

ويمكن استخدام الرفراكتومترات في تقدير نسبة المواد الصلبة الذائبة في عصير الفاكهة عموماً ، لكنه يجب مراعاة إجراء التصحيح اللازم بسبب احتواء العصير على أحماض عضوية وسكر محوّل وجليكوزيدات . وتوجد جداول في بعض المراجع لتصحيح القراءة . كما يستخدم الجهاز في تقدير نسبة المواد الصلبة في عصير الطماطم ، ويفيد هذا التقدير في تتبع عملية تركيز العصير . وتوجد معادلات خاصة بحساب نسبة المواد الصلبة في عصير الطماطم من معامل الانكسار .

ومن استعمالات الرفراكتومترات الرئيسية تقدير معامل انكسار الزيوت على درجة ٢٠ أو ٢٥° مئوية والدهون على درجة ٤٠° مئوية باستخدام بيوتيرور رفرراكتومتر أو جهاز آبي ؛ وذلك للتعرف على نقاوة هذه المواد . فمعامل انكسار بعض الزيوت والدهون النقية موضح فيما يلي :

زيت جوز الهند	١,٤٥٣
زيت بذرة القطن	١,٤٧٤٣ - ١,٤٧٥٢
زيت زيتون	١,٤٦٥٧ - ١,٤٦٦٧
زيت فول سوداني	١,٤٦٢٠ - ١,٤٦٥٣
زيت فول الصويا	١,٤٧٢٣ - ١,٤٧٥٦
زيت اللدرة	١,٤٧٣٣
زيت بذرة الكتان	١,٤٧٩٧ - ١,٤٨٠٢
زيت نخيل	١,٤٦٠٣ - ١,٤٦٣٩
زيت سمسم	١,٤٧٠٤ - ١,٤٧١٧
زيت عين الجمل	١,٤٧٧٠

وتستعمل الرفراكتومترات في تقدير نسبة الزيت . فيقدر الانخفاض في

معامل انكسار المذيب نتيجة لإذابة الزيت فيه . وهذا الانخفاض يتمشى بمقداره طردياً مع نسبة الزيت المذابة . ويجب أن يكون المذيب المستخدم ذا معامل انكسار أعلى من معامل انكسار الزيت . وألا يتأثر معامل انكساره بظروف الاستخلاص ، وأن يكون التغيير في معامل الانكسار بإذابة الزيت كبيراً ، وأن يذيب الزيت كلية . ومن المذيبات المستخدمة في هذا التقدير مخلوط الأثير والكحول وفسفات ثلاثي الصوديوم / ، كذلك يستخدم الكلوروفيثالين المعروف تجارياً باسم Halowax oil نسبة إلى الشركة المنتجة له ، وأحد صوره المعروفة بالرقم ١٠٠٧ يتكون أساساً من ألفا نفتالين أحادي الكلور ، ومعامل انكساره ١,٦٣٤٤ عند درجة ٢٠° مئوية .

البولاريمتر والسكراريمتر :

تعتبر القدرة على تحويل الضوء إحدى الخواص الثابتة للمواد ، ولذا فهي تستعمل في تمييز وتقدير نقاوة بعض المركبات وخصوصاً الزيوت العطرية والسكر الحام والسكر المكرر . ويمكن تقدير نسبة السكروز في المحلول بتقدير القدرة على تحويل الضوء ، حتى في وجود سكريات أخرى . وحالياً يميز عسل النحل والشراب وعصير الفاكهة والحل ، وتقدر نقاوتها أيضاً ، بتقدير القدرة على تحويل الضوء . إلا أن استخدام البولاريمتر Polarimetry في مصانع الأغذية فيكاد يكون مقصوراً على تحليل السكر .

ويتوقف مدى تحويل المادة لاتجاه الضوء المستقطب Polarized light على طول الموجات الضوئية المستخدمة فيزداد مقدار التحويل كلما قصرت الموجات الضوئية ، وعلى طول طبقة المحلول التي يخترقها الضوء فيزداد مقدار التحول بازدياد طول طبقة السائل ، وعلى طبيعة المادة المختبرة وتركيز محالها فيزداد مقدار التحول لكل مادة بازدياد تركيزها في المحلول ولكن بشكل غير منتظم ، وعلى درجة الحرارة . ويطلق اصطلاح Specific rotary power أو Specific rotation على مقدار زاوية التحويل التي تنتج باستخدام محلول تركيزه جرام واحد من المادة في كل مليلتر من المحلول الذي طول طبقته المستعملة في التقدير ديسيمتر واحد .

$$[a] \frac{t^{\circ}}{x} = \frac{100a}{C.l} = \frac{100a}{p.b.l}$$

باعتبار a مقدار زاوية التحويل بالدرجات ، I طول أنبوبة الاختبار بالديسمتر ، C التركيز بالجرام في مائة مليلتر (ت) ، P النسبة المئوية بالوزن (ن) ، d الكثافة بالجرام للملليتر . وتتأثر هذه القيمة النوعية بطول الموجة الضوئية للضوء المستخدم (\times) ودرجة الحرارة وتركيز المحلول وطبيعة المذيب المستعمل ، كما هو واضح من المعادلات التالية :

(١) تأثير التركيز باستخدام ضوء الصوديوم على درجة ٢٠° مئوية للسكريات جميعها عدا الفركتوز المختبر على درجة ٢٥° مئوية ،

$$CC \text{ للسكروز} = + ٦٦,٤٦٢ + ٥,٠٠٨٧٠ ت - ٠,٠٠٠٢٣٥ ن$$

(عند تركيز صفر إلى ٦٥)

$$D = + ٦٦,٤١٢ + ٠,٠١٢٦٧٣ ن - ٠,٠٠٠٣٧٦٦ ن^2$$

(عند نسبة مئوية صفر إلى ٥٠)

$$CC \text{ للجلاوكوز} = + ٥٢,٥٠ + ٠,٠١٨٨ ن + ٠,٠٠٠٥١٧ ن^2$$

(عند نسبة مئوية صفر إلى ٣٥)

$$D = + ٦٢,٠٣٢ + ٤٢٥٧ ت$$

(عند تركيز ٦ إلى ٣٢)

$$CC \text{ للفركتوز} = - (٠,١٤٥ + ٨٨,٥٠ ن)$$

(عند نسبة مئوية ٢,٦ إلى ١٨)

$$D = - (٠,١٥٠ + ٨٨,٥٠ ن) - ٠,٠٠٠٨٦ ن^2$$

(عند تركيز ٢,٦ إلى ٢٠)

$$D = - ١١٣,٩٦ + (٠,٢٥٨ \times \text{النسبة المئوية للماء})$$

$$CC \text{ للسكر المحول} = - ١٩,٤١٥ - ٠,٠٧٠٦٥ ت + ٠,٠٠٠٥٤١ ن^2$$

(عند تركيز ٩ إلى ٦٨)

$$CC \text{ للملتوز} = 138,475 - 0,1837$$

(عند نسبة مئوية ٥ إلى ٣٥)

(ب) تأثير درجة الحرارة باستخدام ضوء الصوديوم على درجة حرارة

معينة (د) :

$$CC \text{ للسكروز} = \text{القيمة النوعية على درجة } 20^{\circ} \text{ م} - 0,144 \text{ د} - 20$$

(عند درجة حرارة بين 12 و 20 ° مئوية)

$$CC \text{ للفركتوز} = 103,92 - (S \times 0,671)$$

(عند درجة حرارة بين 13 و 40 ° مئوية)

$$= 107,65 - (S \times 0,692)$$

(عند درجة حرارة بين 9 و 45 ° مئوية)

$$CC \text{ للسكر المحول} = \text{القيمة النوعية عند } 25^{\circ} \text{ م} + (0,566 +$$

$$0,0028 \times T) - (25 - S)$$

(عند درجة حرارة بين 5 و 35 ° مئوية)

$$= 27,9 - (S \times 0,32)$$

$$CC \text{ للكتوز} = 52,42 + 0,072 (S - 20)$$

(ح) تأثير طول الموجات الضوئية :

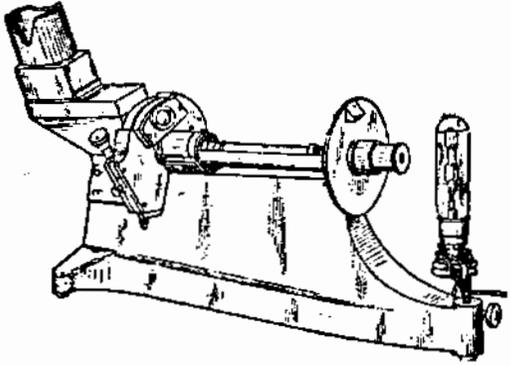
القيمة النوعية	طول الموجة بالمليميكرون	الموجة الضوئية
٥٠,٥١	٦٧٠,٨	ليثيوم
٥٥,٠٤	٦٤٣,٨	كاديوم
٥٦,٥١	٦٣٦,٢	نارصين
٦٦,٤٥	٥٨٩,٣	صوديوم
٦٩,٢٢	٥٧٨,٠	زئبق
٧١,٢٤	٥٧٠,٠	كالسيوم

وقيمة التحويل للمحلول السكر العادي هي ٤٠,٧٦٣ درجة باستخدام موجة

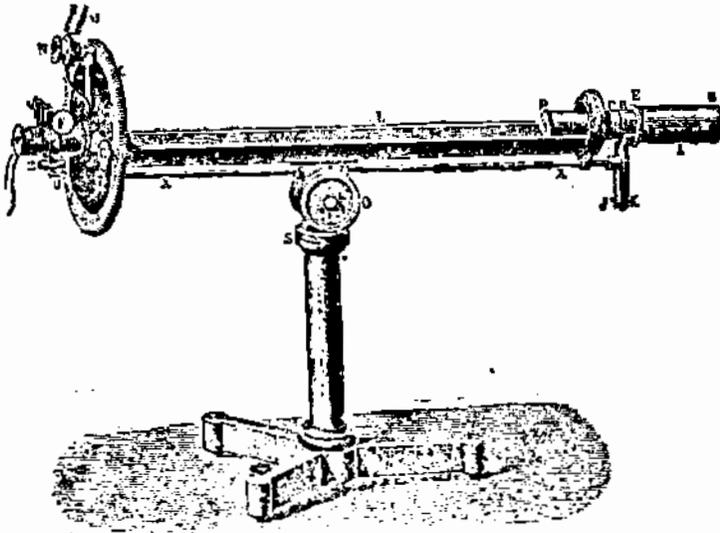
طولها ٥٤٦١ أنجسترون . أو ٥٣٤,٦١٧ باستخدام موجة طولها ٥٨٩٢,٤

أنجسترون .

ويجب عند قياس مدى تحويل المحلول السكرى للضوء المستقطب أن يترك المحلول المحضّر حديثاً بعض الوقت حتى يصل إلى نقطة الاتزان قبل إجراء التقدير ، إذ أن قدرة المحلول حديث التحضير على تحويل اتجاه الضوء تتغير



(شكل ١٥٠) السكريمتر



(شكل ١٥١) البولاريمتر

بيطاء حتى تصل إلى مقدار محدد تثبت عنده . وهذه الظاهرة المعروفة باسم :

Mutarotation ترجع إلى وجود مشابهن ضوئيين Stereoisomers يختلفان عن بعضهما في القيمة النوعية Specific rotation ، فبإذابة إحدى هاتين الصورتين في الماء يبدأ جزء منها في التحول تدريجياً إلى الصورة الأخرى حتى يصل المحلول إلى درجة الاتزان بين الصورتين . ويفضل ترك المحاليل السكرية المركزة لليوم التالي حتى تصل إلى درجة الاتزان . وفي حالة السرعة يمكن غليان المحلول السكري المحضّر لمدة بضع دقائق أو يضاف للمحلول أثناء تحضيره بضع نقط من إيدروكسيد الأمونيوم أو يضاف للمحلول بعد تحضيره نهائياً كمية من مسحوق كربونات الصوديوم الجاف لجعل المحلول قلويًا لعباد الشمس . فهذه المعاملات الأخيرة تسرع من حدوث تحول إحدى صورتي السكر إلى الأخرى فيصل المحلول إلى درجة الاتزان بسرعة .

البولاريمتر :

يستخدم البولاريمتر Polarimeter في تقدير قدرة المركبات المذابة في المحاليل على تحويل الضوء المستقطب . ويتكون هذا الجهاز من مصدر للضوء ، ومستقطب Polarizer لتحويل الموجات الضوئية في الشعاع الضوئي المتذبذب في كل الاتجاهات إلى شعاع ضوئي مستقطب Plane Polarized Light يتذبذب في اتجاه واحد ، وأنبوبة ذات طول محدد وجدران متوازية يوضع بها المحلول المراد اختباره ، وجزء خاص بقياس مدى انحراف الضوء المستقطب Analyzer assembly .

ويجب أن يكون الضوء المستخدم قويًا بحيث يتيسر مشاهدته بالعين بسهولة بعد مروره من مصدره خلال مرشحات الضوء والمستقطب والمحلول والمحلل . وأكثر مصادر الضوء استخداماً في البولاريمتر هو مصباح بخار الصوديوم الكهربائي Sodium Vapor lamp أو الضوء الأصفر للصوديوم الذي ينبعث بحرق أملاح الصوديوم على درجة حرارة مرتفعة . ويمكن تنقية الضوء المنبعث بإمراره خلال منشور زجاجي محلل للطيف أو خلال مرشحات مناسبة كمرشح ثاني الكرومات ، فيتحصل على شعاع نقي عند ٥٨٩.٣ مليميكرون . ويستعمل مصباح بخار الزئبق في كثير من الأجهزة . وبإمرار الأشعة الضوئية خلال منشور زجاجي أو مرشحات

خاصة يتحصل على الشعاع الأصفر المخضر ذى الموجة بطول ٥٤٦ ملليميكرون . ويمكن استعمال مصباح الهليوم أو الليثيوم أو الكاديوم إلا أنه في التقديرات الدقيقة يستعمل حالياً مصباح بخار الزئبق والكوارتز Quartz Mercury Vapor lamps .

ويتحصل على الضوء المستقطب بطريق الانعكاس reflection أو الانكسار refraction . فتضبط زاوية السقوط angle of incidence حتى ينعكس الشعاع ، ويطلق على زاوية السقوط التي عندها يستقطب الشعاع المنعكس تماماً اسم زاوية الاستقطاب polarizing angle . وعادة يجرى الانعكاس عدة مرات متتالية بقصد تنقية الضوء ، ونظراً لأن جزءاً كبيراً من كثافة الضوء يفقد بالامتصاص والتوصيل أثناء تكرار الانعكاس فإن الضوء المستقطب يكون باهتاً للغاية .

ويستخدم منشور الكالسيت Calcite Prism في إجراء الاستقطاب بالانعكاس وباستعمال المادة المعدنية الشفافة Calcium Spar في شكل معين Rhombohedron تتعرض أشعة الضوء المارة خلالها إلى الانعكاس مرتين فيما عدا الأشعة المارة في اتجاه موازى للقطر الواصل بين الزاويتين المتقابلتين المعروفتين باسم Optical Centers . وكلا الشعاعين المنبعثين من البلورة يستقطبان ويكون الشعاعان المستقطبان متعامدين .

ويتخلص من أحد الشعاعين بتعديل المستقطب . ففي المنشور المعروف باسم Nicol Prism تعدل الزوايا الحادة إلى ٦٨° درجة بدلاً من ٧١° بإزالة القطاعات الإسفينية الشكل ويقسم المنشور إلى نصفين بخط عمودى على السطحين المعدلين ويلصق Polished السطحان الناتجان عن قطع المنشور ويعاد لحام جزأى المنشور بيلصق كندا Canada balsam وتدهن جوانب المنشور بعد ذلك باللون الأسود .

فيمرور الشعاع لضوئى داخل منشور نيكول في اتجاه مواز لسطح المنشور الطويلين ينقسم هذا الشعاع إلى قسمين ، أحدهما عادى ordinary يقابل

البلمس بزاوية تؤدي إلى انعكاسه كلية تجاه جانب المنشور حيث يمتصه الطلاء الداكن ، والآخر غير عادي يتذبذب في مستوى القسم الرئيسي ينعكس بقلة ويعر خلال البلمس ويخرج من طرف المنشور في حالة استقطاب .

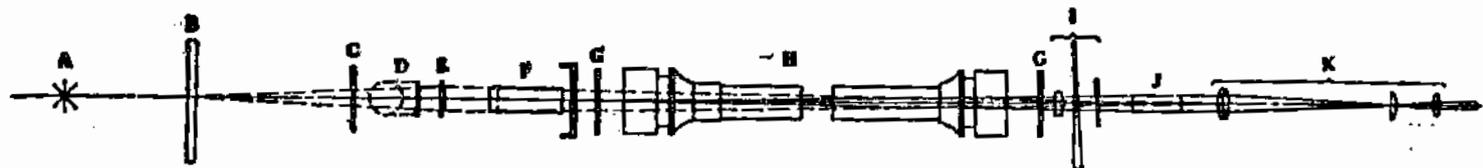
ويستعمل منشوران نيكول في البولاريسكوب Polariscope يعرف أحدهما باسم المستقطب والآخر المحلل ، وأولهما ثابت في مكانه بينما الآخر يدور حول محوره الطويل ليخفض من كثافة الضوء المنبعث منه تدريجياً حتى يختفي هذا الشعاع تماماً ببلوغ المحلل ربع دورته . ويحتوى البولاريسكوب على تدريج دائرى تتحرك عليه ورؤية للقراءة .

السكراميتر :

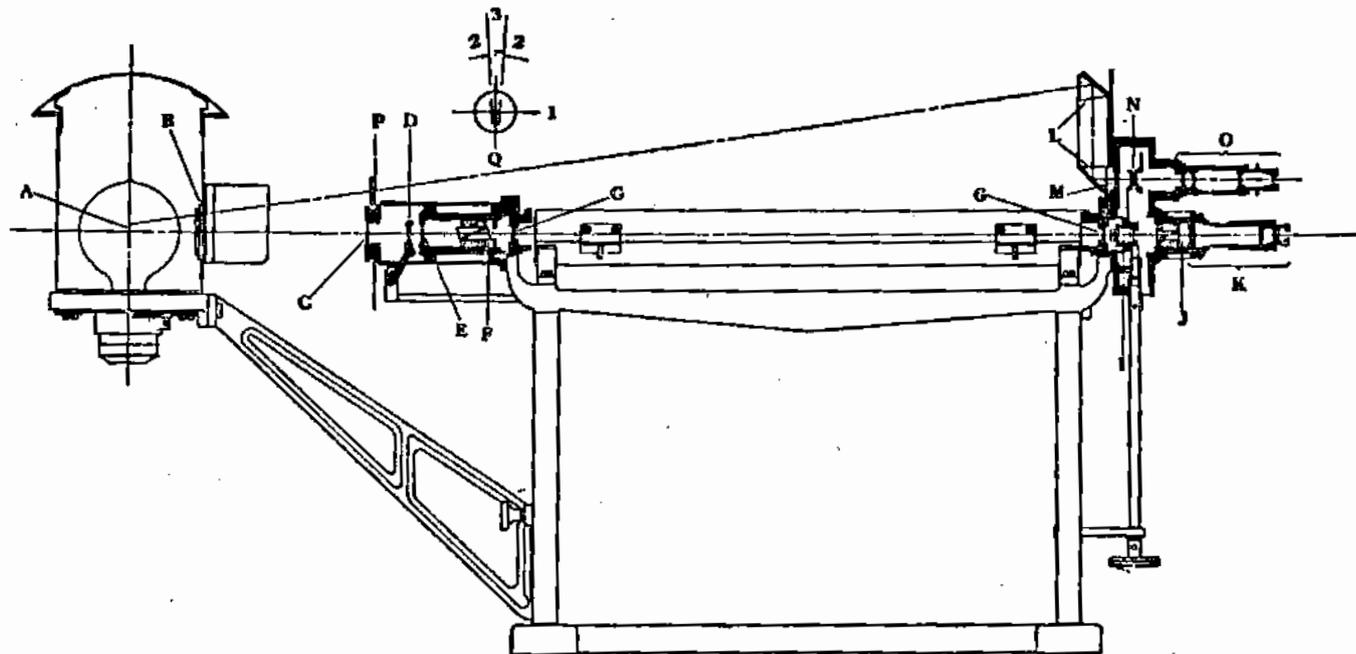
يستعمل السكراميتر في مصانع السكر ، وترجع أفضلية هذا الجهاز إلى إمكانية استخدام الضوء العادي فيه بدلاً من الضوء وحيد اللون المستخدم في البولاريميتر . وتصبح قراءة السكراميتر أكثر دقة إذا امتصت الأشعة البنفسجية من الطيف باستعمال كرومات البوتاسيوم أو مرشح الزجاج . وعادة يدرج السكراميتر ليقراً نسبة السكر مباشرة . وفي هذا الجهاز يستعمل منشوران هما المستقطب والمحلل وكلاهما ثابت في موضعه ، لذلك يقاس تحريك المحلول السكرى للضوء المستقطب بتحريك باللوزة من الكوارتز بين المحلول السكرى والمحلل حتى يتعادل مقدار التحويل الذى يحدثه الكوارتز مع التحويل الذى يحدثه المحلول السكرى .

ولتقدير نسبة السكروز في المحلول باستخدام السكراميتر يذاب في الماء الوزن العادى وهو ٢٦ جراماً موزونة في الهواء للحصول على مائة مليمتر محلول سكرى عند درجة ٢٠° مئوية ، وتتملأ أنبوبة الجهاز التى طولها ديسمتر واحد بالمحلول السكرى على درجة الحرارة العادية أو في غرفة درجة حرارتها ٢٠° مئوية ويقرأ التركيز بالسكراميتر . ويجب اختبار حساسية ودقة السكراميتر على فترات .

ولتقدير نسبة السكروز في وجود سكريات أخرى يجرى ذلك بقراءة التركيز



PLAN VIEW OF PATH OF LIGHT & OBSERVATION TUBE BROWN TWICE SIZE OF VIEW BELOW .



(شكل ١٥٢) مرور الشعاع الضوئي في السكاريمتر

- ١ - مستوى الاستقطاب في المحال ٢ - مستويان آخران للاستقطاب ٣ - زاوية - A - مصدر الضوء - B - فتحة الضوء
 G - غطاء زجاجي - D - مرشح زجاجي - E - عدسات تكثيف - F - مستقطب - G - زجاج - H - أنبوبة الاختبار
 I - بلورة الكوارتز - J - محال - K - تلسكوب - M - منشور إضاءة التدريج - عدسات مجمعة - O - التدريج والورنية
 N - عينية لقراءة التدريج - P - مرشح زجاجي لجهاز إضاءة التدريج - Q - مجال النظر بالعينية .

في السكاريمتر مباشرة وتعاد القراءة بعد تحليل السكريات مائياً بإضافة حامض الكلوورجريك أو إنزيم الانفرتيز. ويفضل الإنزيم لتحاشي تأثير الحامض على النشاط الضوئي للسكريات .

للسكريات الطبيعية والصناعية :

السكر المستخدم في مصانع الأغذية هو السكر الطبيعي ، مثل سكر القصب وسكر البنجر والجلوكوز التجاري ، أما السكريات الصناعية ، مثل السكارين والدولسين والجلوسين ، فتحرم التشريعات الغذائية في معظم الدول استخدامها في تحضير وحفظ الأغذية نظراً لانعدام قيمتها الغذائية ، وتعتبر إضافة هذه للسكريات الصناعية إلى جزء من السكريات الطبيعية في تصنيع الأغذية إحدى وسائل الغش التجاري . وهناك اتجاه في بعض الدول الأجنبية إلى السماح بإضافة قدر من السكريات الصناعية في تحضير بعض المواد الغذائية مثل الجيلاتين للاستفادة من حلوة السكريات الصناعية المفرطة التي تفوق حلوة سكر اللقصب بحوالى خمسمائة مرة في حالة السكارين وأربعمائة مرة للدولسين وثلاثمائة مرة للجلوسين .

ويستعمل عسل الذرة corn syrup بكثرة في مصانع الأغذية حالياً لرخص ثمنه مقارنة بالسكروز . ونظراً لانخفاض درجة حلوته فإنه يخلط عادة بالسكروز . ويتميز سكر الجلوكوز المضاف للأغذية بقلة قابليته للتبلور مقارنة بالسكروز ، وهذا يفسر ما سبق ذكره عن تحويل السكروز في بعض المنتجات الغذائية إلى سكر محول أثناء التسخين بتأثير الحرارة والحامض المضاف فتصبح المنتجات أقل عرضة لحدوث التسكر . وتؤدي عملية التحول المذكورة إلى زيادة حلوة المنتجات نظراً لتكون السكر المحول الذي تقدر حلوته بنسبة ١٣٠ مقارنة بحلوة السكروز وهي ١٠٠ ، وهذا السكر المحول عبارة عن جلووكوز نسبة حلوته ٧٤.٣ وفركتوز نسبة حلوته ١٧٣ . وعلى سبيل المقارنة ذكر أن نسبة حلوة سكر اللبن ١٦ والجلالكتوز

واستعمالات السكر في التصنيع الغذائي متعددة ، منها استعماله في صناعة الشراب والمرين والمرملاد والحلى والمياه الغازية والفاكهة المسكرة والحلوى الجافة والحلوى الطحينية والكحول والحل والفاكهة المعلبة . والسكر المضاف في صناعة هذه المنتجات فضلاً عن إكسابه الحلاوة المرغوبة للمنتجات فهو يساعد في حفظ المنتجات التي ترتفع نسبته فيها إلى حوالي ٦٥ في المائة بسبب امتناع نمو ونشاط الأحياء الدقيقة في المنتجات الغذائية عند هذا التركيز ، وهو يساعد في إظهار الطعم الطبيعي للفاكهة ومعادلة الطعم الحمضي لحد ما ، ويساعد على احتفاظ الفاكهة المصنعة بلونها وصلابة أنسجتها .

الملح :

يستخدم ملح الطعام في الصناعات الغذائية كما في صناعة المحللات وحفظ اللحوم والأسماك المملحة والمجففة وتعليب الخضروات . وقد يستعمل المحلول الملحي في التعقيم للحصول على درجة حرارة أعلى من ١٠٠° مئوية تصل إلى ١٠٨,٩ عندما يتشبع المحلول بالملح ، وكذلك في نقل البرودة داخل أجهزة التبريد المصممة باستخدام سائل التبريد في صورة محلول ملحي . وكثيراً ما تبرد الأسماك بإضافة مخلوط الثلج والملح إليها بقصد الحفظ المؤقت .

والملاح المستخدم في مصانع الأغذية هو ملح الطعام ، أي كلوريد الصوديوم ، المستخرج من البحار بالتبخير في ملاحات أو بالطرق الحديثة ، ومن بعض الصخور الملحية المنتشرة في بعض الجهات . وتنتج جمهورية مصر العربية كميات كبيرة من الملح يصدر معظمها للخارج ، وفي الإمكان زيادة الإنتاج المحلي من الملح بدرجة كبيرة . وتنتج المصانع المحلية الملح بدرجات متفاوتة هي ملح الألبان النقي وملح المائدة الناعم والملح الصخري الخشن .

ويجب أن يكون ملح الطعام المستخدم في تصنيع الأغذية نقياً لا تزيد

نسبة الشوائب به على واحد في المائة ، ولا تتضمن هذه الشوائب حديداً يكسب المواد الغذائية لوناً أسوداً بتفاعله مع تانينات الأغذية ، أو يوداً يكسب الأغذية النشوية لوناً أزرقاً ، أو كالمسيوماً يترسب في هيئة بقع بيضاء على سطوح المواد الغذائية في الوسط المرتفع الحموضة الذي تنخفض حموضته إثر هذا التفاعل فتتاح الفرصة للأحياء الدقيقة المسببة للفساد بالنمو والنشاط على الأغذية ، أو مغنسيومياً يكسب الأغذية طعماً قابضاً . ويجب أن يكون الملح ذو تأثير مائل للحموضة .

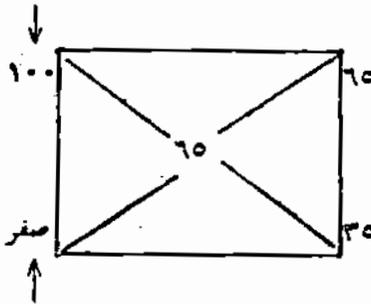
ويختلف الطعم الملحي في الأغذية والطعم السكري السابق شرحه يعرف نوعان آخران من الطعم هما الحمضي ، الذي مصدره الأحماض العضوية في الأغذية ، كأحماض النريك والطرطريك والماليك والخلليك والأكساليك ، سواء أكانت هذه الأحماض موجودة طبيعياً في الأغذية كالموالح والعنب والتفاح والخل والسبانخ ، أم كانت مضافة كما في صناعة الشراب والغازوزة والمخللات ، والطعم القابض أو المر الذي ينشأ عن وجود القلويات والجليكوزيدات كأملح الكالسيوم والأمونيوم والمغنسيوم ووركب الكينين . وعادة يتدخل أكثر من نوع واحد من أنواع الطعم في إظهار نكهة المادة الغذائية .

تحضير المحاليل السكرية والملحية :

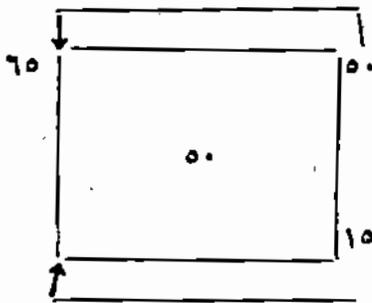
أبسط الطرق لتحضير المحاليل وتعديل تركيزاتها هي باستخدام مربع بيرسون . فلتحضير محلول بتركيز معين من مكوناته الأصليين ، وهما السكر أو الملح والماء ، أو لرفع تركيز المحلول بإضافة المادة الصلبة إليه ، أو لخفض تركيز المحلول بإضافة الماء إليه : أو لمزج محلولين مختلفي التركيز بعضهما ببعض للحصول على محلول متوسط التركيز ، يوضع التركيز المطلوب داخل مربع ويوضع تركيزا المكونين اللذين سيضافان بعضهما لبعض في أحد جوانب المربع ، وتطرح الأرقام الحاتبية من الرقم الداخلي أو العكس للحصول على ناتج طرح موجب يوضع في نهاية القطر الواصل بين الزاويتين

مارةً بالرقم الأوسط . فيكون الرقمان الجديدان الناتجان من عمليتي الطرح يمثلان نسبة الجزئين بالوزن من المكونين المقابلين اللازم مزجهما بعضهما ببعض للحصول على محلول بالتركيز المحدد داخل المربع بالوزن .

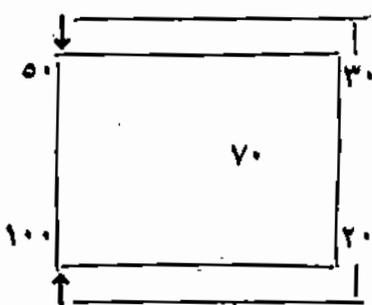
مثال ذلك تحضير محلول سكري تركيزه



٦٥ في المائة من السكر والماء ، فيتضح من المربع المجاور أن ٦٥ جزءاً بالوزن من السكر الذي تركيزه ١٠٠ في المائة سكر تذاب في ٣٥ جزءاً بالوزن من الماء الذي تركيزه صفر في المائة سكر للحصول على المحلول المطلوب بتركيز ٦٥ في المائة .



ولتخفيف المحلول السابق تحضيره إلى تركيز ٥٠ . في المائة يتضح من المربع أن ٥ جزءاً من المحلول السكري الذي تركيزه ٦٥ في المائة تخفف بمقدار ١٥ جزءاً من الماء الذي تركيزه صفر في المائة سكر للحصول على المحلول المطلوب بتركيز ٥٠ في المائة .



ولرفع تركيز المحلول السكري الأخير؛ أي الذي تركيزه ٥٠ في المائة إلى ٧٠ في المائة يتضح من المربع أن ٣٠ جزءاً بالوزن من المحلول السابق يضاف إليها ٢٠ جزءاً بالوزن من السكر للحصول على محلول تركيزه ٧٠ في المائة .

وتحويل الحجم إلى وزن لأن مربع بيرسون يعطى نتائج بالوزن دائماً . مثال ذلك إذا أريد تحضير لتر من المحلول السكرى الذى تركيزه ٦٥ فى المائة . يجرى الحساب كما يلى :

$$\text{كثافة المحلول السكرى المطلوب} = \frac{145}{145 - \text{قراءة البوميه}}$$

$$1,33 = \frac{145}{(0,55 \times 65) - 145}$$

أى أن تركيز السكر فى المحلول المطلوب ، وهو ٦٥ فى المائة ، يحول إلى درجات بالنج ، وهى ٦٥ درجة ، وتحويل قراءة بالنج إلى درجات بوميه بضرها فى ٠,٥٥ ، وتطبق المعادلة للحصول على كثافة المحلول من قراءة البوميه .

ويكون وزن المحلول المطلوب تحضيره = حجمه × كثافته

$$= 1,33 \times 1000 = 1330 \text{ جراماً}$$

ويحسب وزن كل من السكر والماء اللازمين للتحضير كما فى المثال السابق باعتبار أن المطلوب هو ١٣٣٠ جراماً وليس ١٠٠٠ جرام .

ويمكن تحديد الكميات اللازمة حجماً من الخاليل المستعملة فى التحضير بنفس الطريقة السابقة ، أى بتحويل التركيز إلى قراءة بوميه وحساب كثافة المحلول من قراءة البوميه وقسمة وزن المحلول على كثافته لمعرفة الحجم اللازم استعماله . مثال ذلك إذا أريد معرفة حجم كل من المحلولين اللذين تركيزهما ٥٠ ، ٧٠ فى المائة اللازم لتحضير محلول تركيزه ٦٥ فى المائة سكر فواضح من إجابة هذا المثال السابق أن خمسة جرامات من المحلول تركيزه ٥٠ فى المائة تضاف إلى ١٥ جراماً من المحلول تركيزه ٧٠ فى المائة ، ولذلك تحول هذه المقادير المحسوبة بالوزن إلى مقادير حجمية بقسمتها على كثافة المحلول المستعمل وهى

$145 \div (145 - 50 \times 0,55)$ للمحلول تركيز ٥٠ في المائة سكر ،
 $145 \div (145 - 70 \times 0,55)$ للمحلول تركيز ٧٠ في المائة . فتكون نسبة
 الإضافة بين المحلولين هي $\frac{5}{1,32}$ جزء بالحجم من المحلول ٥٠ في المائة إلى
 $\frac{15}{1,36}$ جزء بالحجم من المحلول ٧٠ في المائة للحصول على $4,07 + 11,03$
 $= 15,10$ جزءاً بالحجم محلول سكري تركيزه ٦٥ في المائة .

ولا تختلف طرق تحضير المحاليل الملحية عما سبق شرحه بالنسبة للمحاليل
 السكرية .