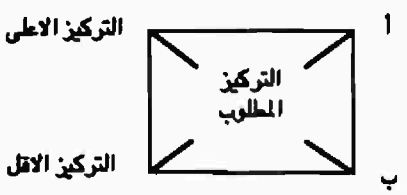
الفصل الثانى

تحضير وخلط المحاليل

يمكن تحضير أو خلط المحاليل سواء السكرية أو الملحية عن طريق استخدام احدى الطرق الاتية :

أولا :الطريقة البيانية Graphical method:

وتعتبر من الطرق السهلة فى الحساب وقد ذكرها العالم Pearson فى عام ١٩٠٤ ويمكن تلخيصها فى الاتى :-



من الرسم السابق نجد ان مكونات المحلول المراد تحضيره يتم توزيعها على الجانب الايسر من المربع بحيث يكون المكون ذو التركيز الاعلى فى الركن العلوى ويكتب تركيزه والمكون ذو التركيز الاقل فى الركن السفلى ويكتب تركيزه بينما يكتب تركيز المحلول المراد تحضيره فى وسط المربع . بعد ذلك تتم عملية طرح ما بين التركيز الاقل والتركيز المطلوب ويوضع ناتج الطرح فى الركن الاعلى من الجانب الايمن (أ) وعملية طرح ما بين التركيز الاعلى والتركيز المطلوب ويوضع ناتج الطرح فى الركن الاسفل من الجانب الايمن (ب) - يلى ذلك استخدام العلاقة الاتية :

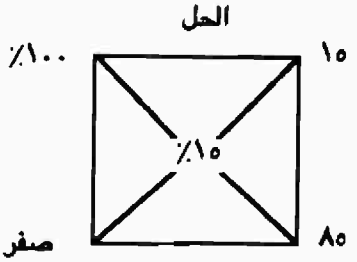
" وحدة وزنية من المحلول الاعلى تركيزا مع وحدة وزنية من المحلول الاقل تركيزا تعطى وحدة وزنية من المحلول ذو التركيز المطلوب " .

أ - تحضير محلول بتركيز معلوم :

مثال :

احسب المكونات اللازمة لتحضير ١٠ كيلو جرام محلول ملحى بتركيز ١٥٪

الحل



كل ١٥ كجم ملح مع ٨٥ كجم ماء ← ١٠٠ كجم محلول ملحى ١٥٪

س مع ص ← ١٠ كجم

$$\text{س (كمية الملح اللازمة)} = \frac{١٠ \times ١٥}{١٠٠} = ١٫٥ \text{ كجم}$$

$$\text{ص (كمية الماء اللازمة)} = \frac{١٠ \times ٨٥}{١٠٠} = ٨٫٥ \text{ كجم}$$

أو ص = ١٠ - ١٫٥ = ٨٫٥ كجم .

∴ باذابة ١٫٥ كجم ملح نقى فى ٨٫٥ كجم ماء والخلط جيدا نحصل على ١٠ كجم محلول ملحى بتركيز ١٠٪

ب - رفع تركيز محلول :

يمكن رفع أو زيادة تركيز محلول (سكرى أو ملحى) عن طريق اضافة مادة صلبة (سكر أو ملح) أو خلطة بمحلول اعلى تركيزا منه .

مثال :

احسب كمية المادة الصلبة اللازمة لرفع تركيز ١٥ لتر محلول من ٢٠٪ الى ٣٥ ٪ مع حساب وزن المحلول النهائى .

الحل

نظرا لان المحلول الجديد تركيزة ٣٥٪ فيعتبر ذلك محلول سكرى ولمعرفة وزنة لا بد من معرفة الكثافة .

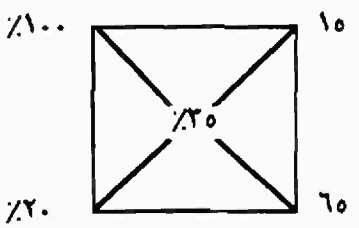
∵ ١ درجة بالنج = ٥٥ر٠ درجة بومية

∴ ٢٠ درجة بالنج = بومية

$$\text{بومية} = \frac{٢٠ \times ٥٥}{١ \times ١٠٠} = ١١ر٠٠$$

$$\text{ث} = \frac{١٤٥}{١٤٥ - ١١} = ١ر٠٨٢ \text{ جرام / سم٣}$$

وزن المحلول الابتدائى = ١٥ × ١ر٠٨٢ = ١٦ر٢٣ كيلو جرام



كل ١٥ كجم سكر مع ٦٥ كجم محلول سكرى ٢٠٪ = ٨٠ كجم محلول سكرى ٣٥٪

س مع ١٦ر٢٣ ـــــــ ع

$$\text{س (كمية المادة الصلبة)} = \frac{١٥ \times ١٦ر٢٣}{٦٥} = ٣ر٧٥ \text{ كجم سكر .}$$

∴ ع (وزن المحلول النهائى) = ١٦ر٢٣ + ٣ر٧٥ = ١٩ر٩٨ كجم محلول سكرى .

∴ باضافة ٣ر٧٥ كجم سكر نقى الى المحلول الابتدائى والاذابة جيدا نحصل على ١٩ر٩٨ كجم محلول سكرى بتركيز ٣٥٪

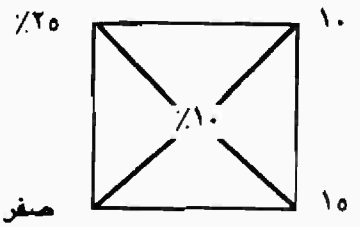
جـ - خفض تركيز محلول :

يمكن خفض تركيز محلول (سكرى أو ملحى) عن طريق إضافة ماء أو خلطة بمحلول أقل منه فى التركيز .

مثال :

أحسب كمية الماء اللازمة لخفض تركيز ٥٠ كيلوجرام محلول ملحى من ٢٥٪ الى ١٠٪

الحل



كل ١٠ كجم محلول ملحى ٢٥٪ مع ١٥ كجم ماء = ٢٥ كجم محلول ملحى ١٠٪

٥٠ مع ص ـــــــ ع

$$\text{ص (كمية الماء)} = \frac{٥٠ \times ١٥}{١٠} = ٧٥ \text{ كجم ماء .}$$

∴ بإضافة ٧٥ كجم ماء الى ٥٠ كجم محلول ملحى بتركيز ٢٥٪ والخلط الجيد نحصل على محلول بتركيز ١٠٪

د - خلط محلولين :

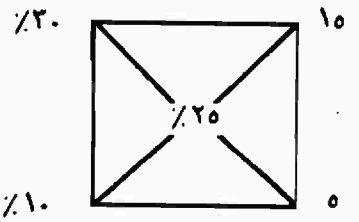
توجد حالتين لخلط المحاليل الاولى خلط محلولين للحصول على محلول جديد بتركيز معلوم والثانية خلط محلولين والمطلوب معرفة التركيز النهائى الناتج من عملية الخلط ، ويمكن ايضاح ذلك بالاتى :

(١) خلط محلولين للحصول على محلول جديد معلوم التركيز :-

مثال :

أحسب الكمية اللازم خلطها من محلولين تركيزهما ١٠٪ ، ٣٠٪ لتحضير ١٥ كيلو جرام محلول بتركيز ٢٥ ٪ .

الحل



كل ١٥ كجم محلول ٣٠ ٪ مع ٥ كجم محلول ١٠ ٪ ← ٢٠ كجم محلول ٢٥ ٪

س مع ص ـــــ ١٥

$$\text{س (كمية المحلول بتركيز ٣٠٪)} = \frac{١٥ \times ١٥}{٢٠} = ١١٫٢٥ \text{ كجم محلول}$$

$$\text{ص (كمية المحلول بتركيز ١٠٪)} = \frac{١٥ \times ٥}{٢٠} = ٣٫٧٥ \text{ كجم محلول}$$

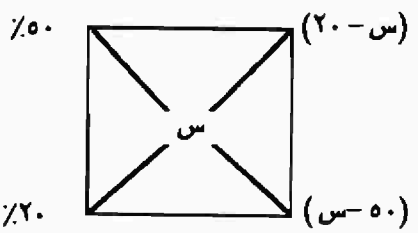
∴ بخلط ١١٫٢٥ كجم من محلول ٣٠ ٪ مع ٣٫٧٥ كجم من محلول ١٠ ٪ والمزج الجيد نحصل على ١٥ كجم محلول ٢٥ ٪

(٢) خلط محلولين ويراد معرفة التركيز النهائى :

مثال :

إحسب التركيز النهائى للمحلول السكرى الناتج من خلط ٥٠٠ كيلو جرام بتركيز ٢٠٪ مع ١٠٠٠ كيلو جرام محلول بتركيز ٥٠٪ .

الحل



كل (س - ٢٠) كجم محلول ٥٠٪ مع (٥٠ - س) كجم محلول ٢٠٪

(س – ٢٠) + (٥٠ – س) كجم محلول س ٪

١٠٠٠ مع ٥٠٠ ـــ ١٥٠٠ كجم محلول س٪

$$١٠٠٠ = \frac{٥٠٠ \times (س - ٢٠)}{(٥٠ - س)} =$$

(س – ٢٠) × ٥٠٠ = ١٠٠٠ (٥٠ – س)

∴ س = ٤٠٪

∴ بخلط ٥٠٠ كيلو جرام محلول بتركيز ٢٠٪ مع ١٠٠٠ كيلو جرام محلول بتركيز ٥٠٪ نحصل على ١٥٠٠ كيلو جرام محلول بتركيز ٤٠٪

ثانياً : الطريقة الجبرية : Algebraic Method

فى هذه الطريقة تستخدم المعادلات الرياضية فى حساب ومعرفة المواد اللازمة لتحضير أو خلط المحاليل سواء باستخدام الأوزان أو الاحجام . ويمكن ايضاح ذلك فى الحالات الاتية :

أ - رفع تركيز محلول :

١ - رفع التركيز باستخدام الوزن :

يمكن معرفة وزن المادة الصلبة (سكر أو ملح) الواجب اضافتها الى وزن محلول معلوم التركيز لرفع تركيزه بواسطة تلك المعادلة .

$$و = و_{١} \frac{(أ - ب)}{(ب - ١٠٠)}$$

حيث أن :

و = وزن المادة الصلبة بالكيلو جرام الواجب اضافتها الى المحلول الابتدائى للوصول الى التركيز النهائى .

$و_{١}$ = وزن المحلول الابتدائى بالكيلو جرام

أ = التركيز الابتدائى للمحلول

ب = التركيز النهائى للمحلول

مثال :

احسب كمية السكر الواجب اضافتها الى ١٠٠ كيلو جرام محلول سكرى بتركيز ٢٥٪ لرفع تركيزه الى ٧٠٪

الحل

$$و = \frac{١٠٠ (٧٠ - ٢٥)}{(١٠٠ - ٧٠)} = ١٥٠٫٠٠ \text{ كيلو جرام}$$

٢ – رفع التركيز باستخدام الحجم :

يمكن حساب كمية المادة الصلبة (سكر أو ملح) الواجب اضافتها الى حجم محلول معلوم التركيز عن طريق استخدام المعادلة الاتية :

$$و = ح\ ث \frac{(أ - ب)}{(ب - ١٠٠)}$$

حيث أن:

و = وزن المادة الصلبة بالكيلوجرام اللازم اضافتها الى المحلول الابتدائى للوصول الى التركيز النهائى .

ح = حجم المحلول الابتدائى باللتر .

ث = كثافة المحلول الابتدائى جرام / سم^{٣} .

أ = التركيز الابتدائى للمحلول .

ب = التركيز النهائى للمحلول .

مثال :

احسب كمية الملح الواجب اضافتها الى ٤٠ لتر محلول ملحى بتركيز ١٥٪ وكثافتة ١ر٠٧٤٠ جرام / سم^{٣} للوصول الى تركيز ٢٥٪

الحل

$$و = \frac{٤٠ \times ١ر٠٧٤ (١٥ - ٢٥)}{(٢٥ - ١٠٠)} = ٧٣ر٥ \text{ كيلو جرام .}$$

ب – خفض تركيز محلول :

١ – خفض التركيز باستخدام الوزن :

يمكن حساب كمية الماء اللازم اضافتها لاجراء عملية تخفيف المحاليل باستخدام تلك المعادلة .

$$و = و_{١} \frac{(أ - ب)}{(ب)}$$

حيث أن :

و = وزن الماء بالكيلو جرام اللازم اضافته الى المحلول الابتدائى للوصول الى التركيز النهائى

$و_{١}$ = وزن المحلول الابتدائى بالكيلوجرام .

أ = التركيز الابتدائى للمحلول .

ب = التتركيز النهائى للمحلول .

مثال :

احسب كمية الماء اللازم اضافتها الى ٢٠ كيلو جرام محلول ملحى بتركيز ١٥٪ للوصول الى تركيز ١٠٪

الحل

$$و = ٢٠ \frac{(١٥ - ١٠)}{١٠} = ١٠ \text{ كيلو جرام}$$

٢ – خفض التركيز باستخدام الحجم :

يمكن حساب حجم الماء اللازم اضافتة لإجراء عملية تخفيف المحاليل باستخدام تلك المعادلة .

$$ح_{١} = ح ث \frac{(أ - ب)}{(ب)}$$

حيث أن :

$ح_{١}$ = حجم الماء باللتر اللازم اضافته الى المحلول الابتدائى للوصول الى التركيز النهائى

ح = حجم المحلول الابتدائى باللتر

ث = كثافة المحلول الابتدائى جرام/سم٣

أ = التركيز الابتدائى للمحلول .

ب = التركيز النهائى للمحلول .

مثال :

احسب حجم الماء اللازم اضافته الى ٥٠ لتر محلول سكرى بتركيز ٢٥٪ كثافته ١٫٠٤٧ جرام/سم٣ للوصول الى تركيز ١٥٪

الحل

$$ح_{١} = \frac{٥٠ \times ١٫٠٤٧ (٢٥ - ١٥)}{١٥} = ٣٦٫٨ \text{ لتر}$$

جـ - خلط محلولين :

١ - خلط محلولين للحصول على محلول جديد معلوم التركيز :

عندما يراد معرفة وزن كل محلول من المحلولين المستخدمين فى عملية الخلط ويكون لدينا الوزن والتركيز النهائى للخليط كذلك تركيز كل محلول نستخدم الاتى :

س + ص = ع

$$س = \frac{ع \times (جـ - ب)}{(أ - ب)}$$

حيث أن :

س = وزن المحلول الاول .

ص = وزن المحلول الثانى .

ع = وزن الخليط (المحلول الاول + المحلول الثانى)

أ = تركيز المحلول الاول .

ب = تركيز المحلول الثانى .

جـ = تركيز الخليط .

مثال :

اذا كان لديك محلول بتركيز ٢٠٪ ومحلول آخر بتركيز ٥٠٪ ويراد تحضير ٤٠٠ كيلو جرام محلول بتركيز ٣٠٪ فاحسب الكمية من المحلول الاول والثانى اللازمه لاتمام عملية الخلط .

الحل

$$\text{س} = \frac{(٥٠ - ٣٠)}{(٥٠ - ٢٠)} \times ٤٠٠ = ٢٦٦٫٦٦ \text{ كيلو جرام}$$

ص = ٤٠٠ - ٢٦٦٫٦٦ = ١٣٣٫٣٣ كيلو جرام .

٢ - خلط محلولين ويراد معرفة التركيز النهائى :

ويمكن معرفة التركيز النهائى الناتج من عملية خلط محلولين معلومى التركيز عن طريق هذه المعادلة .

$$\frac{\text{س} \times \text{أ}}{١٠٠} + \frac{\text{ص} \times \text{ب}}{١٠٠} = \frac{\text{ع} \times \text{جـ}}{١٠٠}$$

حيث أن :

س = وزن المحلول الاول

أ = تركيز المحلول الاول

ص = وزن المحلول الثانى

ب = تركيز المحلول الثانى

ع = وزن الخليط

جـ = تركيز الخليط

مثال :

أحسب التركيز النهائى الناتج من خلط ٥٠٠ كيلو جرام محلول ٤٥٪ مع ٨٠٠ كيلو جرام محلول ٣٠ ٪ .

الحل

$$\frac{٥٠٠ \times ٤٥}{١٠٠} + \frac{٨٠٠ \times ٣٠}{١٠٠} = \frac{١٣٠٠ \times \text{جـ}}{١٠٠}$$

∴ جـ = ٣٥ر٧٧٪

وعند الرغبة فى معرفة نسبة الخلط من كل محلول للوصول الى المحلول النهائى يمكن استخدام هذه المعادلة .

$$\frac{\text{س}}{\text{ص}} = \frac{(\text{جـ} - \text{ب})}{(\text{جـ} - \text{أ})}$$

ومن المثال السابق يمكن معرفة نسبة المخلوط كما يلى :

$$\frac{\text{س}}{\text{ص}} = \frac{(٣٥ر٧٧ - ٣٠)}{(٤٥ - ٣٥ر٧٧)} = \frac{٧٧ر٥}{٩ر٢٣}$$

أى تتم عملية الخلط باستخدام ٧٧ر٥ جزء من المحلول الأول مع ٩ر٢٣ جزء من المحلول الثانى .

ثالثا : طريقة الرسومات البيانية : Alignment charts method

يطلق على هذه الطريقة اسم النوموجرامات nomograms وهى طريقة سهلة وتتلخص فى حساب كمية المادة الصلبة أو كمية الماء اللازمة لإجراء عمليات التحضير أو التخفيف أو التركيز من الرسم مباشرة دون الحاجة الى اجراء عمليات حسابية ويمكن ذكر الحالات الاتيه على سبيبل المثال وليس الحصر .

أ - تحضير محلول بتركيز معلوم :

يوضح الشكل (١٨) كميات السكر وحجم الماء اللازمين لتحضير المحاليل السكرية بتركيزات مختلفة حتى ٦٥٪ .

مثال :

احسب كمية السكر والماء اللازمة لتحضير ١٠٠ جالون محلول سكرى بتركيز ١٠٪

الحل

يتضح من الشكل (١٨) اننا نحتاج الى ٨٧ رطل سكر مع ٩٣ر٥ جالون ماء ثم الخلط جيدا للحصول على ١٠٠ جالون محلول سكرى بتركيز ١٠٪

ب - تخفيف تركيز محلول :

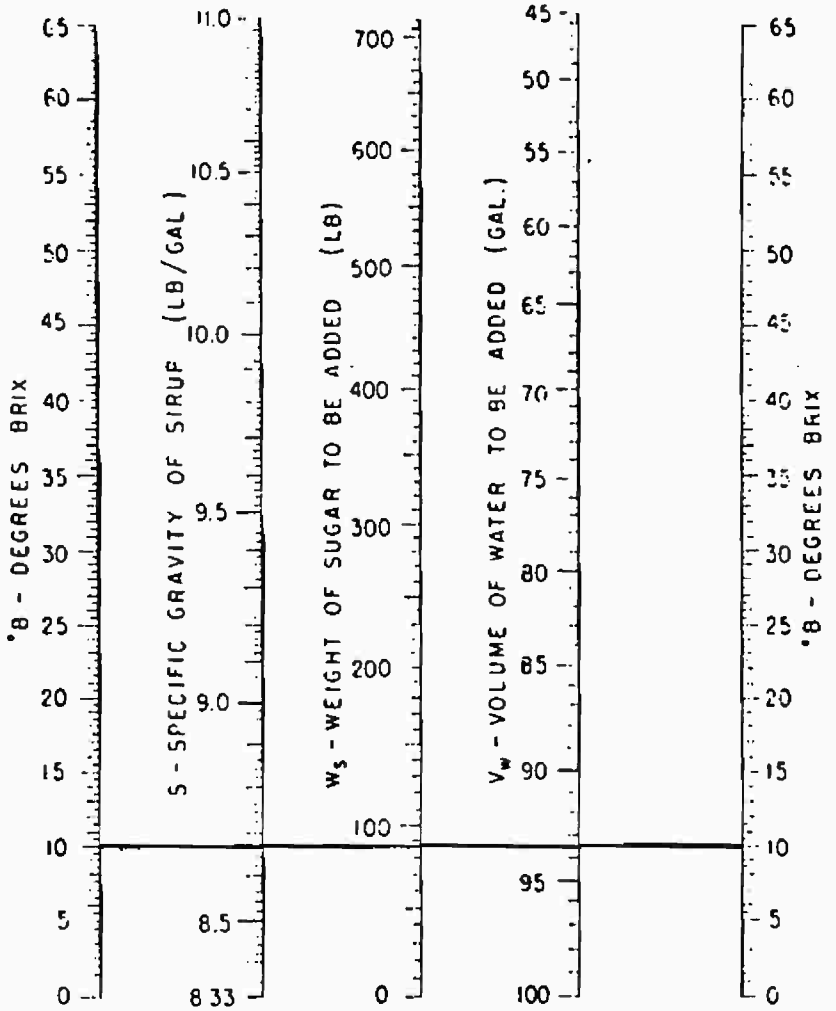
عند الرغبة فى اجراء عملية تخفيف للمحاليل المركزة باستخدام الماء يمكن الاستعانة بشكل (١٩) حيث يظهر كميات الماء التى تضاف الى المحاليل المركزة حتى ٧٠٪ لتخفيفها الى التركيز النهائى المطلوب .

مثال :

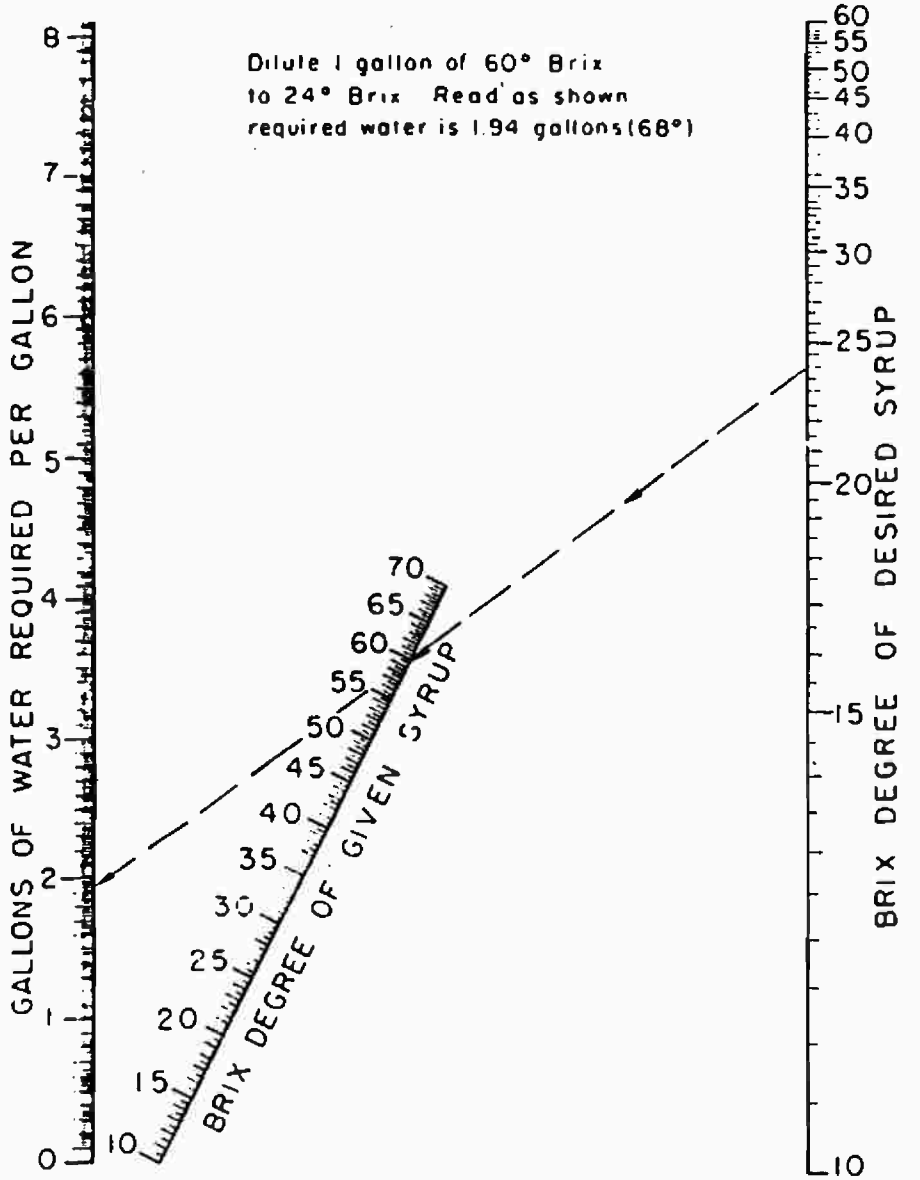
إحسب كمية الماء الواجب اضافتها الى واحد جالون محلول سكرى بتركيز ٦٠٪ لتخفيفه الى ٢٤٪

الحل

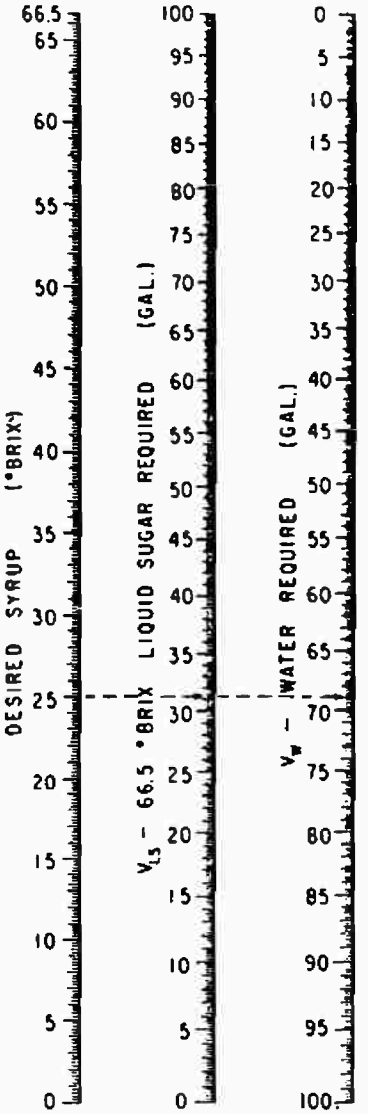
من الشكل (١٩) يتضح اننا نحتاج ١٫٩٤ جالون ماء واضافتة الى واحد جالون محلول سكرى بتركيز ٦٠٪ مع الرج الجيد للحصول على محلول بتركيز ٢٤٪



شكل (١٨) نوموجرام لوزن السكر وحجم الماء اللازمين لتحضير ١٠٠ جالون محلول سكرى بالتركيز المطلوب



شكل (١٩) نوموجرام لحجم الماء المضاف الى واحد جالون محلول سكرى لتحضير محلول سكرى بالتركيز المطلوب



Gallons of 66.5 °B liquid sugar and gallons of water required to yield 100 gallons of syrup (At 68°F)

شكل (٢٠) نوموجرام لحجمى الماء والمحلول السكرى اللازمين

لتحضير ١٠٠ جالون محلول سكرى بالتركيز المطلوب

جـ - تحضير محلول بتركيز معلوم باستخدام محلول ثابت التركيز :

في هذه الحالة يوجد لدينا محلول سكرى ثابت التركيز حيث تستخدم كميات منه فى تحضير المحاليل تبعا للتركيزات المطلوبة ويمكن اجراء هذه العملية عن طريق استخدام شكل (٢٠) حيث نجد أن المحلول الذى يستخدم فى التحضيرات هو محلول سكرى بتركيز ٥ر٦٦٪ .

مثال :

احسب الكمية اللازم استخدامها من محلول سكرى بتركيز ٥ر٦٦٪ لتحضير ١٠٠ جالون محلول سكرى بتركيز ٢٥ ٪ مع حساب كمية الماء اللازمة لذلك .

الحل

من الشكل (٢٠) يتضح لنا لتحضير ١٠٠ جالون محلول سكرى بتركيز ٢٥٪ يلزم اضافة ٦٩ جالون ماء الى ٢٥ر٣١ جالون محلول سكرى بتركيز ٥ر٦٦٪ مع الرج الجيد للحصول على المحلول الجديد .

رابعا : الطريقة المباشرة : Direct method

ذكر العالمان Zapsalis and Beek عام (١٩٨٥) أن هناك طريقة مباشرة يمكن استخدامها في تحضير المحاليل وذلك للحصول علي ١٠٠ وحدة وزنية من المحلول النهائي بالتركيز المطلوب دون الحاجة الي اجراء عمليات حسابية . ويستخدم في هذه الطريقة ورق الرسم البياني العادي حيث يتم رسم احداثيان رأسيان الايمن منهما يمثل المكون الاقل تركيزا أو المذيب بينما الاحداثي الايسر يمثل المكون الاعلي تركيزا أو المادة المذابة ويصل بينهما احداثي يستخدم في معرفة مكونات المحلول النهائي المطلوبة ويبدء صفر تدريجة عند التقائه بالاحداثي الايمن . ويمكن ايضاح ذلك بالامثلة التالية :

أ - خفض تركيز محلول :

مثال :

احسب كمية الماء اللازم اضافتها الي محلول تركيزه ٦٠٪ لتحضير ١٠٠ وحدة وزنية من محلول ٣٥٪ .

الحل

يتم الحل باتباع الخطوات الاتية :

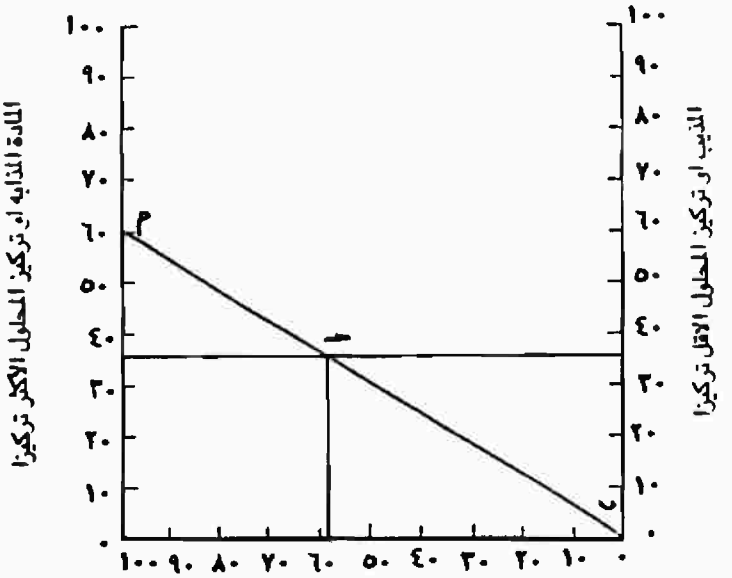
١ - نرسم خط افقي بين الاحداثيين الرأسيين عند التركيز النهائي المطلوب وهو ٣٥ ٪

٢ - يحدد علي الاحداثي الرأسي الايسر نقطة (أ) وهي تركيز المحلول المركز (٦٠٪) .

٣ - يحدد علي الاحداثي الرأسي الايمن نقطة (ب) وهي تركيز المذيب (صفر٪) .

٤ - نصل ما بين النقطتين (أ، ب) بخط مستقيم حيث يقطع الخط الذي يمثل التركيز المطلوب في المحلول النهائي في النقطة (جـ) .

٥ - نسقط من نقطة التقاطع (جـ) عمود رأسي يقابل الاحداثي الافقي في نقطة يمكن منها معرفة نسب المكونات اللازمة لتحضير ١٠٠ وحدة وزنية من المحلول النهائي بالتركيز المطلوب حيث يمثل الجانب الايمن من الخط نسبة المكون الاكبر تركيزا اما الجانب الايسر منه يمثل نسبة المكون الاقل تركيزا ويتضح لنا من الشكل (٢١) انه يلزم ٥٨ وحدة وزنية من المحلول ٦٠٪ مع ٤٢ وحدة من الماء لنحصل علي ١٠٠ وحدة وزنية من محلول تركيزه ٣٥ ٪



شكل (٢١) خفض تركيز محلول باستخدام الطريقه المباشرة .

ب - رفع تركيز محلول :

مثال :

احسب كمية المادة الصلبة اللازم اضافتها لمحلول تركيزه ٤٠٪ لتحضير ١٠٠ وحدة وزنية من محلول تركيزه ٦٠٪

الحل

يتم الحل باتباع الخطوات الاتية

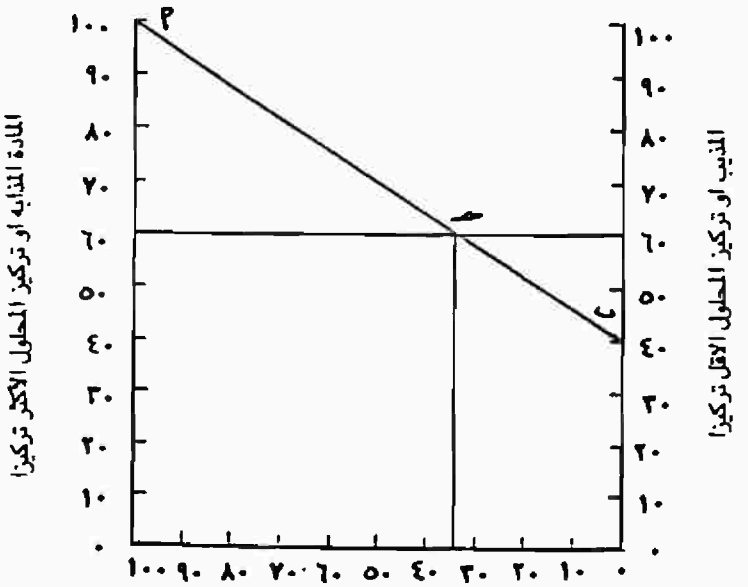
١ - نرسم خط أفقى يصل بين الاحداثيين الرأسيين عند تركيز ٦٠٪ وهو التركيز المطلوب النهائي .

٢ - يحدد علي الاحداثي الرأسى الايسر نقطة (أ) وهي تركيز المادة الصلبة (١٠٠٪)

٣ - يحدد علي الاحداثى الرأسى الايمن نقطة (ب) وهي تركيز المحلول (٤٠٪)

٤ - نصل ما بين النقطتين (أ ، ب) بخط مستقيم فيقطع الخط الذي يمثل التركيز المطلوب في المحلول النهائي في النقطة (جـ) .

٥ - نسقط من نقطة التقاطع (جـ) عمود رأسي يقابل الاحداثي الافقي في نقطة يمكن عندها معرفة المكونات اللازمة لتحضير ١٠٠ وحدة وزنية من المحلول النهائي بالتركيز المطلوب حيث يمثل الجانب الايمن من الخط نسبة المكون الاكبر تركيزاً اما الجانب الايسر منه يمثل نسبة المكون الاقل تركيزاً . حيث نجد انه لتحضير ١٠٠ وحدة وزنية من المحلول نو التركيز ٦٠٪ نحتاج الي ٣٣ وحدة وزنية من المادة الصلبة (سكر) مع ٦٧ وحدة وزنية من المحلول ٤٠٪ ويظهر ما سبق في شكل (٢٢)



شكل (٢٢) رفع تركيز محلول باستخدام الطريقه المباشرة .

جـ - خلط محلولين :

مثال :

احسب الكمية اللازمة من كل من المحلولين ٢٠٪ ، ٥٠٪ لتحضير ١٠٠ وحدة وزنية من محلول ٣٥٪ .

الحل

يتم الحل باتباع الخطوات الآتية :

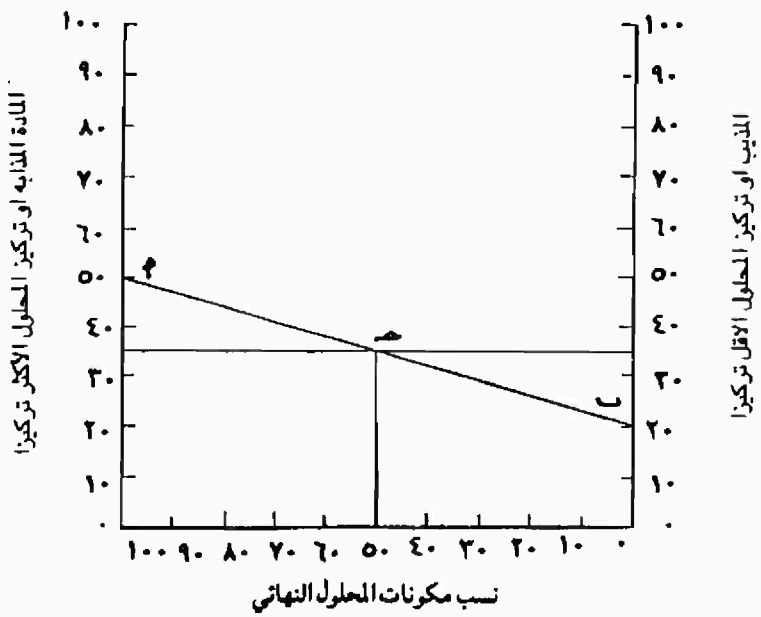
١ – نرسم خط أفقى يصل بين الاحداثيين الرأسيين عند تركيز ٣٥٪ وهو التركيز النهائى المطلوب .

٢ – يحدد علي الاحداثى الرأسى الايسر نقطة (أ) وهي تركيز المحلول المركز ٥٠٪

٣ – يحدد علي الاحداثى الرأسى الايمن نقطة (ب) وهي تركيز المحلول المخفف ٢٠٪

٤ – نمد خط بين الاحداثيين الرأسيين يصل بين النقطتين (أ ب) حيث يقابل الخط الذي يمثل التركيز المطلوب للمحلول النهائى في النقطة (جـ) .

٥ – نسقط من النقطة (جـ) خط عمودى علي الاحداثى الافقى في نقطة يمكن منها معرفة نسب المكونات اللازمة لتحضير ١٠٠ وحدة وزنية من المحلول النهائى بالتركيز المطلوب حيث يمثل الجانب الايمن من الخط نسبة المكون الاكبر تركيزا اما الجانب الايسر منه فيمثل المكون الاقل تركيزا حيث يتضح اننا نحتاج الي مزج ٥٠ وحدة وزنية من المحلول ٥٠٪ مع ٥٠ وحدة وزنية من المحلول ٢٠٪ لنحصل علي ١٠٠ وحدة وزنية من المحلول ٣٥٪ ويمكن ايضاح ما سبق في شكل (٢٣) .



شكل (٢٣) خلط محلولين باستخدام الطريقة المباشرة .