



جامعة الانبار/كلية العلوم/ قسم الكيمياء

اسم المادة:- طرائق الفصل

عنوان المحاضرة :- أنظمة الاستخلاص

اسم التدريسي :- وهران منعم سعود

أنظمة الاستخلاص

١- استخلاص جزيئات بسيطة

أن نظام الاستخلاص يعتمد على توزيع الجزيئات البسيطة مثل اليود بين طورين احدهما مائي والاخر عضوي غير قطبي لا يمتزج مع الطور المائي من جهة ولا يوجد تاثير متبادل بين الطورين ان اختلاف ذوبانية الجزيئية في الطورين هو الذي يحدد نسبة توزيعها وبما أن جزيئات اليود تساهمية فتكون ذوبانيتها في الطور العضوي عادة أن التأثير المتبادل بين جزيئات المذيب العضوي هو اقل من التأثير الموجود بين جزيئات الماء مما يؤدي الى جعل الطور العضوي مهيا لاستقبال تلك الجزيئات اكثر من الطور المائي عند عدم نشوء توازنات كيميائية فان توزعهما بين الطورين سيجري حسب قانون توزيع الثرموداينميكي ان الجزيئات العضوية عديمة الشحنة تذوب في المذيبات العضوية بينما الأيونات المتأينة تبقى في الطبقة المائية اما الغازات فلا تميل للإذابة في الطبقة العضوية حيث تشرك الفلز بطريقة ما في جزيئة كبيرة ثم يمتد مع ايون اخر بشحنة معاكسة لتكوين مزدوج متعادل كما في استخلاص الحديد في محيط حامضي HCl إلى عضوي ثنائي اثير حيث يتأكسد معقد كلوريد الحديد مع ذرة الاوكسجين في المذيب

٢ - تكوين عضائد مع الكواشف العضوية

الأملاح اللاعضوية المتميئة لها قابلية ذوبان في الماء أكبر من قابلية ذوبانها في المذيبات العضوية بينما المركبات العضوية تكون العكس ما لم تكن حاوية على مجاميع محبة للماء مثل OH , SO_3 بصورة كافية . وان قابلية ذوبان الأملاح اللاعضوية يمكن تخفيفها الى الحد الأدنى عن طريق تفاعل هذه الكاتيونات مع الكواشف العضوية وان عمل هذه الكواشف هو جزيئات الماء المتحررة مع الأيونات الفلزية والتي هي السبب في ذوبانية هذه الأيونات الفلزية . ان تكوين جزيئة مخلبية مع كاشف عضوي هي الطريق الأكثر استخداما الاستخلاص الفلزات وان هذه المركبات (المعقدات الكليئية) غالبا ما تكون ملونة وذائبة في الطبقة العضوية و مترسبة في الطبقة المائية

تكوين المعقدات التي تم شرحها أعلاه يتم بطريقتين

١- اتحاد ايوني

عن هذا الطريق تتكون المعقدات من اتحاد مجموعة ايونية تقسم الايونات اللاعضوية مع مجموعة ايونية معاكسة لها بالشحنة تضم الكاشف العضوي والمعقدات المتكونة تكون غير مشحونة وسهلة الذوبان في المذيبات العضوية ، تسمى المعقدات الناتجة عن هذا الاتحاد با لأزواج الأيونية هنالك نوعان مهمان من هذه المعقدات بالنسبة للاستخلاص بالمذيب

النوع الاول يكون فيه الفلز في مجموعة الأنيون والكاشف العضوى ف مجموعة الكاتيون

النوع الثاني يقع الفلز في المجموعة الموجهة للزوج الايوني

٢-المعتقدات الناتجة عن طريق تكوين او اصر تناسقية بين الكاشف العضوي وايون الفلز • وهذا الطريق يقود الى تكوين معقدات مذببية • وفي هذه المعقدات يتعاقد الأيون الفلزي المركزي مع كاشف عضوي متعدد القاعدة لتكوين معقد حلقي (مذببي) مستقر • يسمى الكاشف العضوي الذي يساهم في تكوين المعقدات بالعضيدة وهناك الكثير من الكواشف العضوية التي تعمل كمضاد لتكوين معقدات حلقيه ومن الأمثلة على ذلك : اسيتونات الأسيثيل Acetylacetonate تكون مع كثير من الفلزات معقدات حلقيه. ان المعقدات المذببية او الحلقيه تكون عادة عالية الاستقرار في الطور المائي الامر ال اي سهل عملية الاستخلاص

العوامل المؤثرة في استقراره المعقد المتكون

١- الكاشف العضوي الذي سوف يتناسق او يتعاقد مع الايون الفلزي من حيث قاعدية والسالبية الكهربائية للذرات الواهبة للالكترونات التي تمتلكها هذه الليكاندات

٢- الايون الفلزي وقابليته لاستقبال تلك الايونات وبتالي ميله للاتحاد مع اليكاند الواهب ونوع الاوربيتالات التي تستقبل هذه الالكترونات

٣- الترتيب الفراغي للمعقد وعدد وحجم الحلقات المتكونة . . ان قابلية استخلاص هذه المعقدات في مذيب عضوي مناسب تتوقف على استقرارية هذه المعقدات فكلما كان المعقد أكثر استقرار (أقل تفكك في الطور المائي كلما كانت دوابنيته اكبر في الطور العضوي غير القطبي ٤- pH المحلول حيث تلعب دورا هاما في تغيير صيغة المعقد

تكون النسبة المئوية للاستخلاص المادة مذابة في الطور المائي بعد استخلاصها لمرة واحدة شرط استخدام كمية متساوية في الطورين أي $V_o = V_w$ وهي تساوي :

$$\%D = 100D/D+1$$

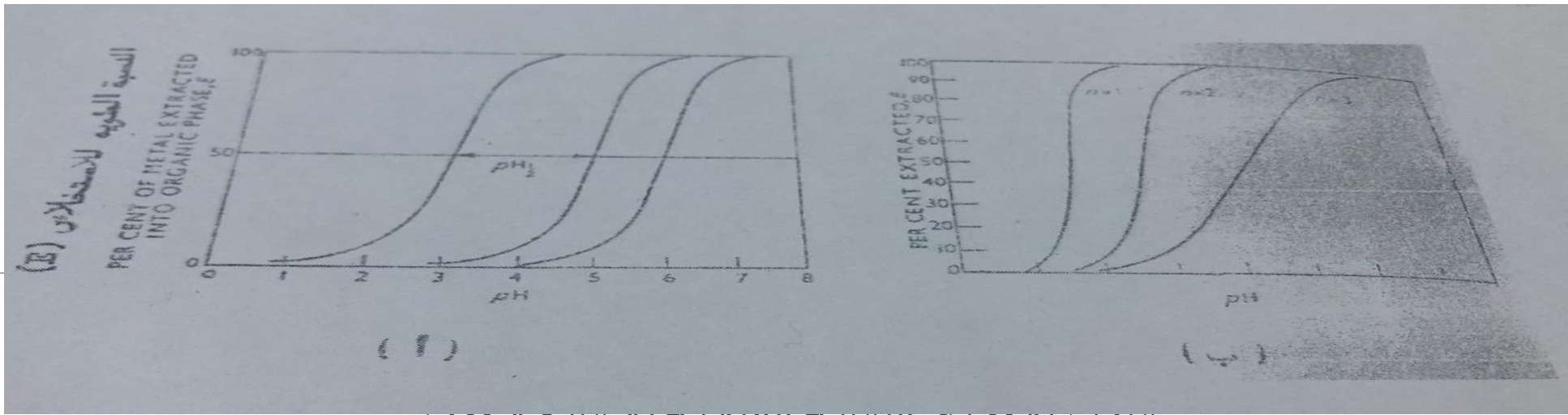
في حالة استخلاص لمرة واحدة اما علاقتها بالدالة الحامضية PH فهي

$$\text{Log } k^* + n\text{pH} = \log E - \log (100 - E)$$

حيث : : K: تمثل ثوابت تفكك المعقد mRn والكاشف HR

E : نسبة الاستخلاص السنوية لايون الفلز المذاب الذي تكافؤه n -

ومن هذه المعادلة يتضح أن توزيع الفلز في نظام معين هو دالة لل pH ومن منحنيات سيكمويد وهي منحنيات على شكل حرف S المبينة أدناه يتبين أن كل منحنى على المحور الذي يمثل pH يعتمد على قيمة K *



سلس يوضح السبب المتوي-تدرجنا

كما ان السيطرة على Ph المحلول تتيح استخلاص لايونات التي تقع ضمن هذه المنطقة من Ph مضافا لها ايونات الفلزات التي يمكن ان تستخلص بمحلول له PH واطيء فمثلا يكون PH-1-2 يمكن فصل النحاس والزنابق والفضة و عند PH=7-11 الكوبلت والنيكل والزنك

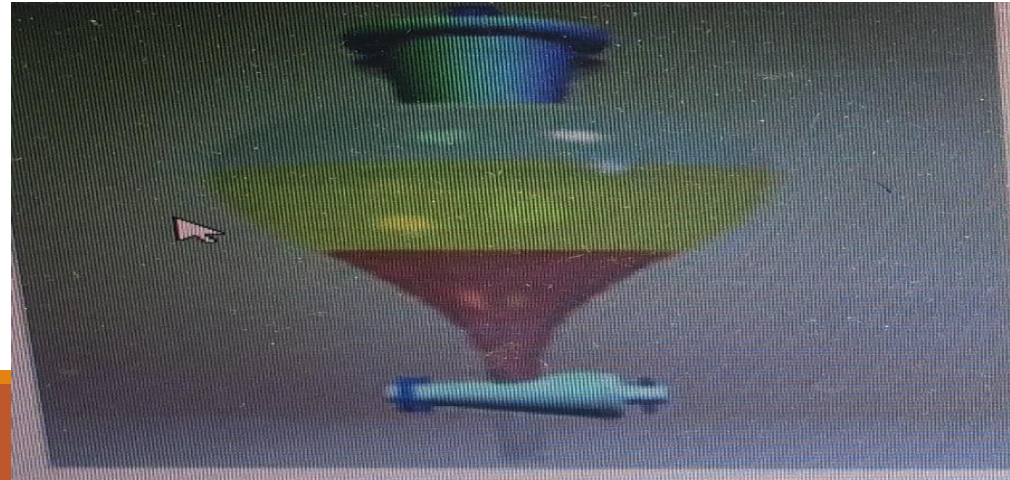
تقنيات الاستخلاص

تستخدم في الاستخلاص طريقتان

١- الطريقة البسيطة التي تعتمد على استخدام كميات او دافعات صغيرة

٢- طريقة الاستخلاص المستمر

يستخدم استخلاص الدفعات المتقطعة عندما يكون المرغوب فيه البساطة. توزيع عالية بالنسبة للطورين الملائمين . عندئذ تكون عدد قليل من خطوات التوازن كافية لاستخلاص المادة المرغوب فيها بشكل كامل . مثال على ذلك عندما تكون نسبة التوزيع اكبر من الأربعة ، فتكون ثلاث مرات استخلاص كافية لإزالة ٩٩ % من المادة المرغوب فيها. ان الفصل بالاستخلاص يمكن أن يكون عملية بسيطة بشرط ان احد المكونات لها معامل توزيع جيد (بترتيب ١٠ أو اكثر) والآخر غير جيد . وغالباً ما يكون الفصل جيداً وممكناً اذا كان معامل توزيع المكونة الثانية في مدي ٠ . ١ إلى ٠ . ٠٠١ . أو اقل . تحت هذه الظروف يمكن أن يتم الاستخلاص في قمع فصل حيث يلامس المحلول الأصلي بصورة متعاقبة اربع او خمس مرات بأجزاء صغيرة من المذيب المستخلص . ان الجهاز المستعمل هو قمع فصل ويفضل الشكل الكمثري _ حيث يمزج الطوران كلياً في قمع الفصل ثم يسمح للطورين بالانفصال ثم تسحب الطبقة السفلية من خلال حنفية وقف التدفق اما الوقت اللازم للحصول على حالة التوازن فيمكن معرفته من تجارب اولية .



طرائق الاستخلاص المستمرة

توجد طريقتان في هذا النوع

الطريقة الأولى وهي الطريقة البسيطة والتي تشترط عند فصل مكونين بعضها عن الآخر مثلا فصل المكون A عن المكون B. ان المكون A هو الوحيد الذي يجب ان يستخلص اما B فلا يستخلص لأنه لا يذوب في المذيب العضوي. او ان نسبة توزيعه صغيرة جدا حتى عند إعادة الاستخلاص عدة مرات.

اما الطريقة الثانية تستخدم عندما يكون معامل توزيع المكونين متقاربين جدا.

١- طريقة الاستخلاص المستمر البسيطة

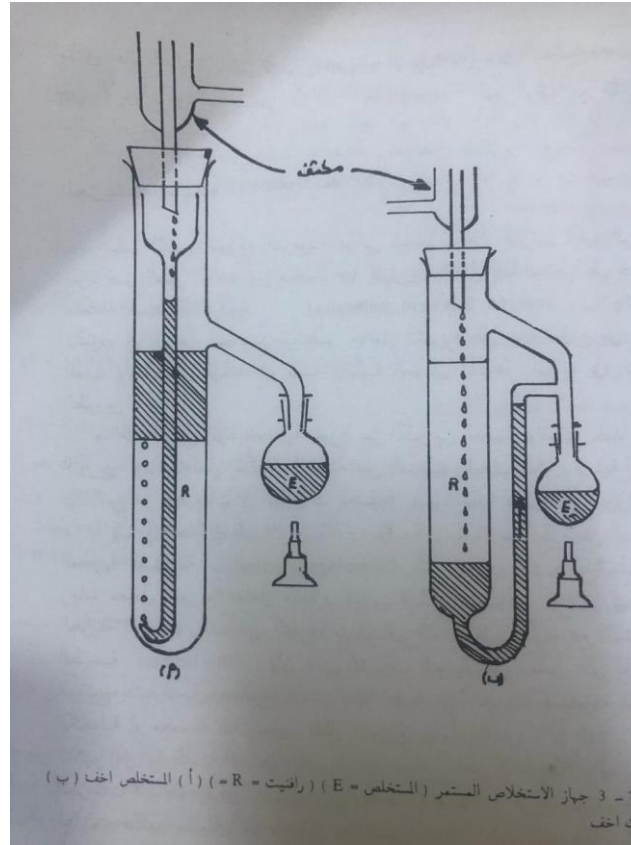
تستخدم هذه الطريقة في الاستخلاص بصورة عامة لفرض استخلاص المواد التي لها نسبة توزيع (أو معامل توزيع) واطئة ، حيث تنجز طرائق الدفعات الصغيرة المتقطعة من تحقيق هذا الغرض بسبب فقدان كميات لا يستهان بها من المادة المطلوبة نتيجة لاعادة الاستخلاص هل لعشرات أو مئات المرات و هذا من ناحية صعوبة العملية وعدم واقعيته ، ويستعان عن ذلك عادة باستخدام طرائق الاستخلاص المستمرة

حيث يوضع المذيب العضوي في الدوري هو الذي يمكن تسخينه من الخارج بواسطة مصباح او حمام مائي مثلا . يعمل هذا الدورق بطريقة مقابلة بإناء الاستخلاص C الذي يوضع فيه المحلول المائي الحاوي على المادة المذابة و ويجهز هذا الاناء C بالمكثف A

ويستخدم الجهاز في الشكل (اللاحق) عندما يكون الطور العضوي(المذيب) في الدورق B فيتبخر ويدخل الى اناء الفصل C عن طريق المكثف A ، حيث يتكثف وينزل على شكل سائل الى قعر الاناء C. ولكون المذيب هو الطور الخفيف فسيصعد الى اعلى الطور المائي بعد امتزاجه معه، ويخرج عن طريق انبوب الوصل عائدا مرة اخرى الى الدورق B حاملا معه جزءا من المادة المذابة. وتستمر العملية : تبخر للمذيب ثم تكثف B واختلاط مع الطور المائي وعوده الم الدورق B.

اما اذا كان المذيب العضوي هو الطور الثقيل ، فيسمح له بالنزول . من المكثف على سطح الطور المائي ، حيث يختلط به وينزل الى القعر مشكلا الطبقة السفلي والطور المائي يصبح طبقة عليا • وعن طريق الأنبوب الموصل في القعر يعود الى الدورق B حاملا معه جزءا من المادة المذابة وهكذا في دورة مستمرة * (الشكل الاتي)

ان هذه الطريقة تتطلب شرطا أساسيا و هو عدم استخلاص المكونات الأخرى بالمذيب العضوي و كما أن هذه الطريقة تشبه طرائق الكروماتوغرافيا من حيث وجود طور متحرك هو الطور العضوي و طور ساكن ثابت هو الطور المائي • (١) ٤٠٢



طريقة التوزيع المتعدد

:انا كانت نسبة توزيع المكونات المطلوب فصلها عن بعضها البعض متقاربة فيصبح من المتعذر استخدام أية نقيه من التقنيات السابقة في الاستخلاص وتستخدم عادة لهذا الغرض طريقة التوزيع المتعدد او ما تسمى بطريقة التجزئة أيضا ومن حيث المبدأ فالطريقة تخضع لنفس قوانين التوزيع ، ولكنها تكتسب كفاءتها العالية من طريقتين : ا

لطريق الأول هو ان التوزيع بين الطورين أو بتعبير أدق عدد مرات التوزيع بين الطورين هو عدد كبير جداه

وثانيا تستخدم عادة في هذه الطريقة اجهزة بصمة بحيث ان التوزي المذكور سابقا ، يجري في كل مرة مع دفعات طازجة (جديدة غير الدفعة السابقة لها من المذيب العضوي والطور المائي * وبهذا فهي تختلف عن الطريقة المشروحة في (١) ، حيث كانت الدفعة الطازجة هي لطور واحد فقط ، بينما في هذه الطريقة فيجري التوزيع مع دفعات جديدة من الطورين العضوي والمائي

والطريقة الأكثر شيوعا طريقة التيار المعاكس

استخلاص المستمر بالتيار المعاكس

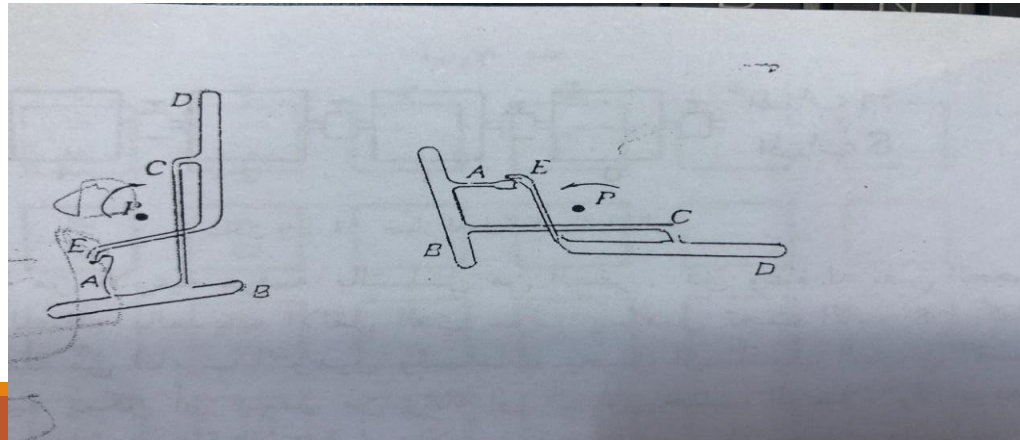
يتميز المستخلص باستخلاص مستمر حقيقي بالتيار المعاكس. وتتم تغذية المواد الصلبة عن طريق الجاذبية أو قياسها بواسطة حجم في الطرف الأدنى من وعاء العملية ثم نقلها لأعلى من خلال المستخلص بواسطة اثنين من البراغي شبه الحلزونية التي تدور في اتجاه معاكس مع الدورانية مسامير مزلق مع انحدار خاضع للتحكم. وتمر المواد الصلبة بين اثنين من الأسطوانات المتداخلة، التي تدور بمعدل نصف سرعة البراغي.

يدخل سائل الاستخلاص الطازج من الطرف العلوي، ويتدفق بفعل الجاذبية التي تتم السيطرة عليها، كما يتدفق للأسفل إلى النصف السفلي من منطقة ال الجزء الجانبي العرضي ومن خلال المواد الصلبة التي تدور ببطء في عملية الاستخلاص الخاضعة للتحكم الحقيقي الجيد بالتيار معاكس على مقربة من تدفق المكونات المثالي في كلتا المرحلتين. يتم تعديل سرعة البراغي لتوفير وقت المكوث اللازم للمواد الصلبة. يتم تعديل تدفق السائل بشكل مستقل لإعطاء التركيز الأمثل للمستخلص.

وفي الطرف السفلي، يخرج المستخلص من خلال مرشحات التنظيف الذاتي الخاصة وخزان التحكم في المستوى. وسيتم تقليل المادة الصلبة المستخلصة قليلاً في الطرف العلوي وتفريغها باستمرار. يتراوح وقت المكوث في المستخلص تقريباً ٥,٥ ساعة إلى ساعتين، اعتماداً على المنتج

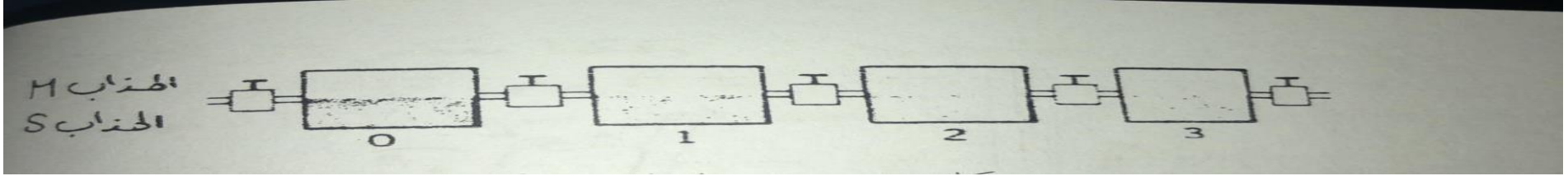
جهاز كريك وبعض تطبيقاته

يتألف جهاز كريك من سلسلة من اوعية الفصل متصلة بطريقة ما بحيث ان مخرج الوعاء الواحد ينساب في مدخل الوعاء الثاني . ويتضمن الوعاء الواحد غرفتين متصلتين مع بعضهما . تبدأ العملية بإدخال كمية من المذيب الأثقل خلال المدخل A بحيث تم الغرفة B إلى مقدار اقل من نصف حجمها ، وبنفس الأسلوب تملأ بقية الأوعية ضمن المجموعة . فيدخل النموذج المراد فصله مذابا في المذيب الأخف إلى الغرفة B ، من الوعاء الأول ، ثم تحرك المجموعة بكاملها إلى الأمام والخلف بزاوية مقدارها ٣٥ حول المركز P . وبعد الوصول إلى حالة التوازن وانفصال المذيبين إلى طبقتين ، تدور المجموعة بزاوية مقدارها ٩٠ باتجاه عقرب الساعة ، فينساب المذيب الأخف خلال انبواب الاتصالات C الى غرفة D بينما يبقى المذيب الأثقل في القسم الأسفل من الغرفة B وعندما يدور المجمع مرجعيا الى موقعه الاصلي ينساب المذيب الأخف والذي الان في الغرفة D خلال المخرج E الى الغرفة B ، من المرحلة الثانية . ويمكن ربط مئات من هذه المجاميع واحد بجانب الاخر او في جسور بحيث تتحرك وتدور في آن واحد بواسطة محرك مؤقت

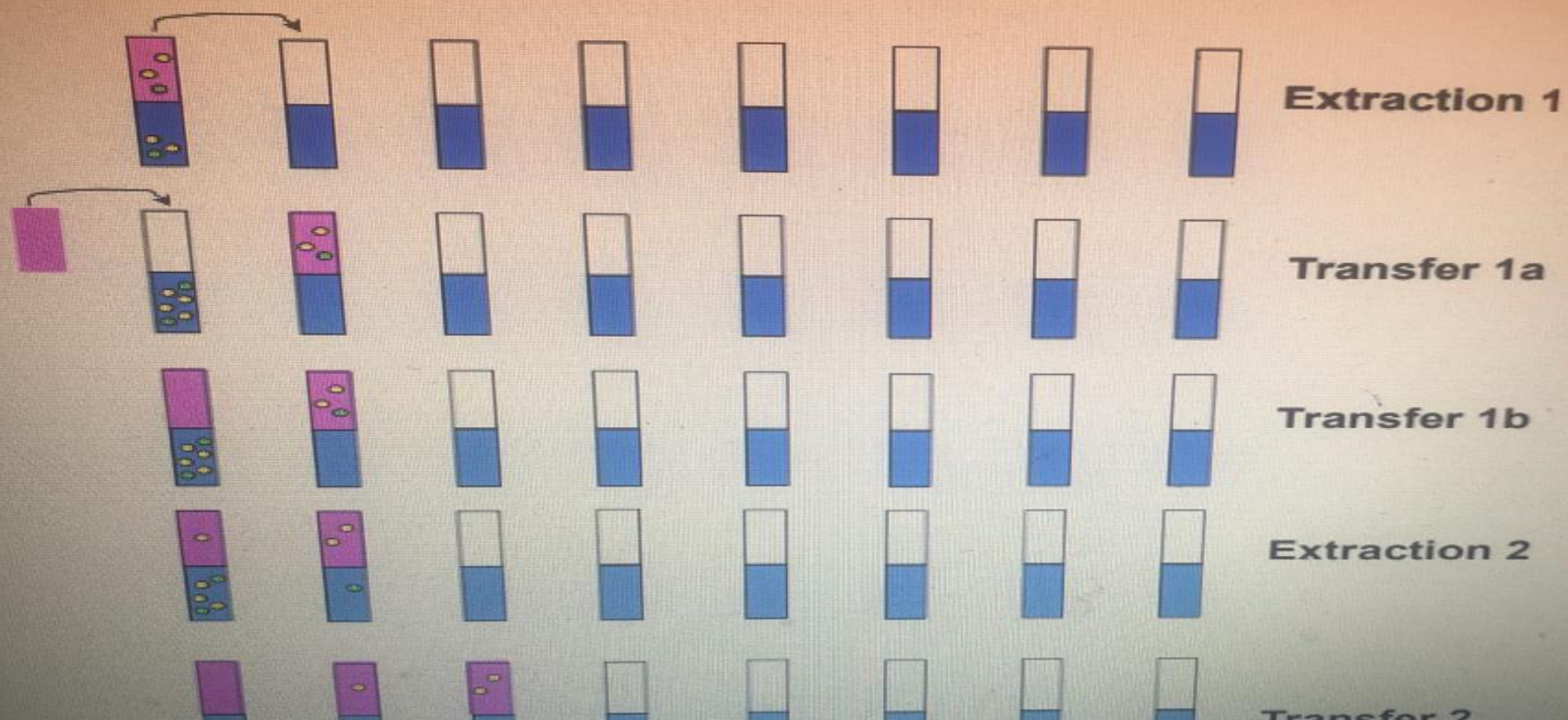


عملية كريك

يعتبر جهاز كريك من أحسن الأجهزة وأكثرها عملياً في فصل الكيمياء الحياتية الفصل المواد المتشابهة كيميائياً والتي يعتبر فصلها من العمليات الصعبة للغاية ولأجل وصف المعنى حسابياً كما بالشكل اللاحق



اعتبر سلسلة من الأوعية مرقمة بالتسلسل من الصفر . كل وعاء له نفس الوقد مليء إلى النصف بالمذيب الأثقل الذي سوف يستعمل تحت الاسم و يوجد أيضاً سلسلة من انابيب التوصيل وصمامات بحيث أن المذيب الذي في التق الأعلى من الأوعية يمكن أن ينتقل من وعاء إلى المجاور حسب الرغبة . ولا يوجد أي مجال للمزج خلال عملية الانتقال . والآن سوف نتبع مسلك مذاب واحد سواء كان بمفرده أو ضمن المزيج لأن كل مذاب يتصرف بصورة مستقلة عن الآخر ولأجل تبسيط الحسابات سوف نفترض ان كل طور يحتل نصف حجم الوعاء وان معامل توزيع المذاب يساوي وحدة واحدة . ولبدء العملية سوف ندخل النموذج الذي قد أذيب في الجزء الأول من المذيب الأخف M إلى الوعاء المرقم ٠ وبعد التوازن (الرج والاستقرار) يكون نصف المذاب في الطور العلوي والنصف الآخر في الطور السفلي S بعد ذلك تنتقل الطبقة العليا أي المذيب M إلى الوعاء المرقم ١ وجزء جديد من المذيب M يضاف إلى الأعلى . وبعد التوازن يصبح من المذاب في كل طور من الأوعية ١,٠ . بعد ذلك ينتقل المذيب M الذي فيه الأوعية ١ . ٠ إلى الأوعية أو ٢ . ١ على التوالي مع إضافة جزء جديد من المذيب M إلى الوعاء ٠ . بعد هذا الوصف أصبح مخطط العملية واضحاً وظهر توزيع المذاب . حيث رقت عدد الأوعية من الأعلى وعدد الانتقالات أو التحولات من الجانب . ولاستمرار العملية من السهل أن ترقم اجزاء المذاب التي توجد في كل وعاء متضمنة الطبقتين) بعدد من الانتقالات والتوازنات



START OF CYCLE

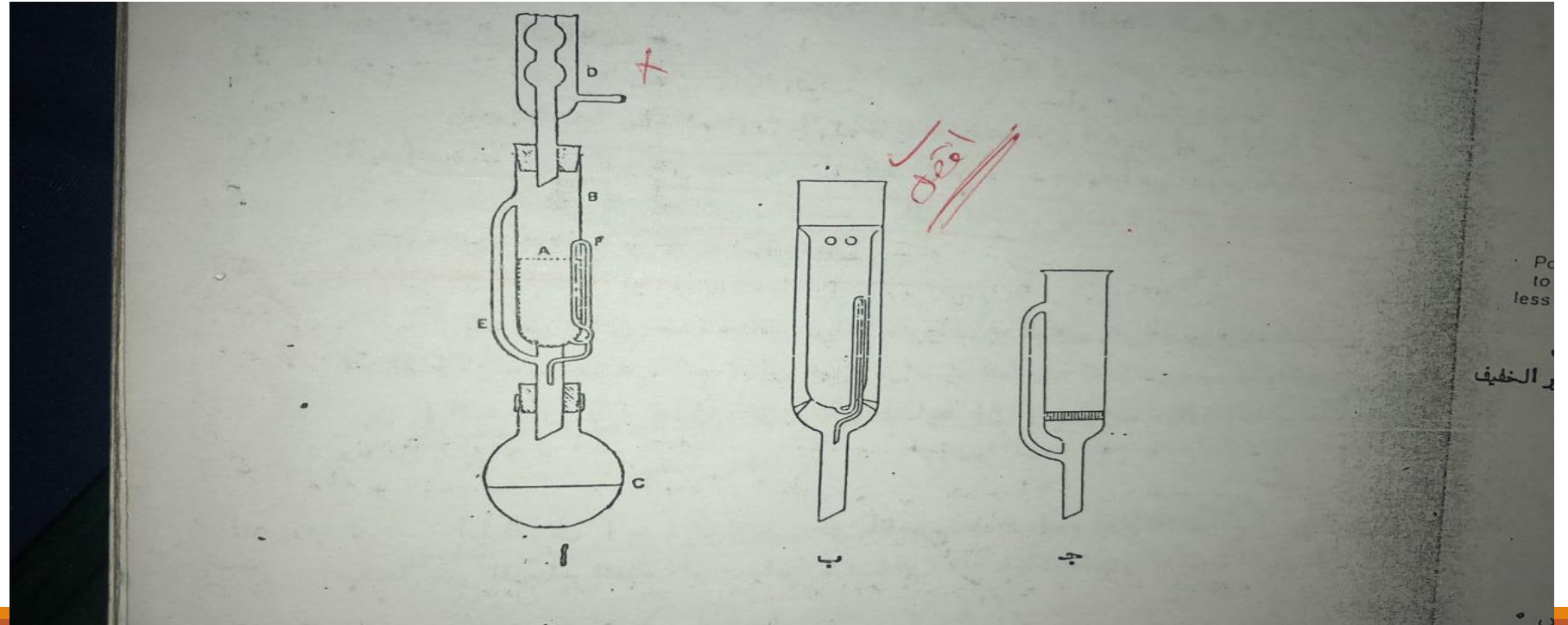


تطبيقات طريقة كريك

قد استخدمت طريقة كريك Craig هذه الحل كثير من المشاكل الصحية في الاستخلاص ، وخصوصا في حقل الكيمياء الحياتية لغرض فصل المركبات المتشابهة • كمثل على ذلك هو استخدام كريك لهذه الطريقة في فصل عشرة حوامض أمينية مخلوطة مع بعضها البعض ، وتستطيع ان نتصور مدى أهمية هذا الانجاز اذا عرفنا ان معاملات توزيع بعض هذه الحوار تختلف عن بعضها البعض بأقل من ٠.١ كما يمكن تطبيق الطريقة لغرض استخلاص المزائج المعقدة للحوامض الشحمية والامينات الاروماتية والمضادات الحيوية وكثير غيرها من المركبات والمواد العضوية التي كان فصلها ، بطرائق الاستخلاص السائلي ، مستحيلا . الا أن تطبيقات الطريقة ف الانظمة اللاعضوية محدود ، على الرغم من عدم وجود سبب ، من الناحي المبدائية على الاقل

استخلاص سائل - صلب

ان عملية فصل مكون من النموذج الصلب باستخدام مذيب ونائب (على الأغلب مذيب عضوي) هي في الواقع عملية اذابة انتقائية يمكن أن تدرج ضمن طرق الاستخلاص السائلي (سائل - صلي) ه والعملية هذه تكون عادة بطيئة وتتطلب اعادة الاستخلاص لمرات عدي والفصل بهذه الطرائق يكون على الأغلب غير كمي بسبب الارتباط القوي للمكون الذائب بمحتويات الانموذج الأخرى.



في الشكل السابق يسمى جهاز Soxhlet يضع الانموذج العلب في حاوية على شكل أصبع مصنوع من ورق ، ترشيح سب ك و كشتان يثبت في الأنبوبية الداخلية العريضة للجهاز . ويثبت أسفل هذه الأنبوبية ، الدورق (C) ، حيث يوضع المذيب ويسخن كما تتصل هذه الانبوبة من الأعلى بالمكثف

يوضع المذيب في الدورق C ويسخن حتى الغليان و بخار المذيب يذهب الى المكثف D عن طريق الانبوبة E ، حيث يتكثف هناك وينزل على شكل سائل على الأنموذج الموجود في الاصبع A وبما أن الاصعب مصنوع من مادة مسامية فسوف لا يعيق خروج المذيب (مذاب فيه المكون المطلوب) وعند وصول المذيب إلى المستوى P سيعود الى الدورق C ، حيث يغلى ويتبخر ثانية ولكن دون المدة المذابة) وبأخذ نفس الدورة السابقة

و ان واحدا من المساوي الرئيسية لهذا الجهاز (الميّن في الشكل أ) هو إن درجة حرارة المذيب في A منخفضة و بعيدة جدا عن درجة غليانه (الامر الذي يجعل الاستخلاص بطيئا و اقل كفاية ، وذلك لان الذوبانية تزداد عموما بازدياد درجة حرارة المذيب

ولغرض تلاقي هذا النقص من الممكن استخدام الجهاز الميّن ف الشكل (٤ - راب) ، حيث أن جزءاً من بخار المذيب الساخن سيحيط بالأصبع (A) الكشتان يساعد على رفع درجة حرارة المذيب داخل A

أما الشكل (ج) فيستغنى عن الاصبع (A) ، ويوضع النموذج مسنودا على صفحة من الزجاج المثقب المثبتة في النهاية الداخلية للأنبوبة العريضة.

تطبيقات الطريقة

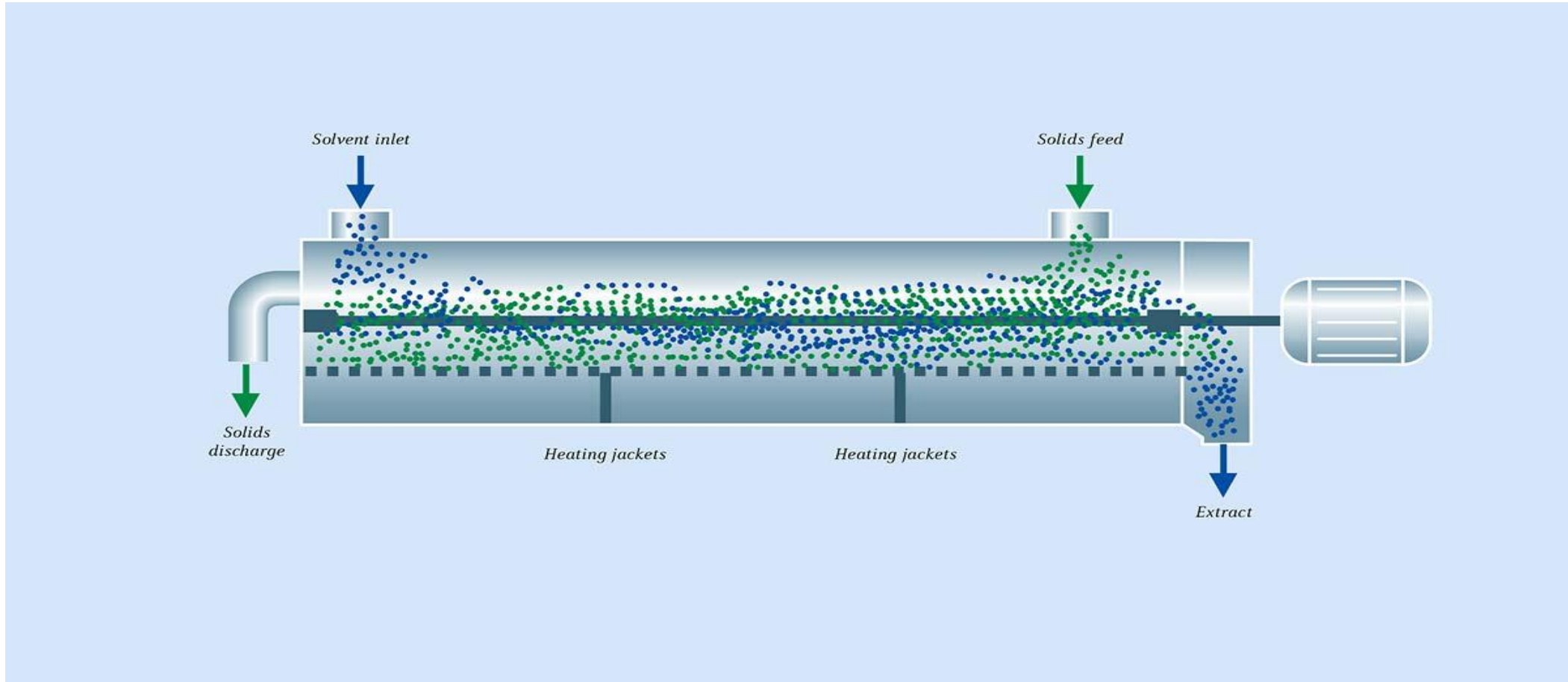
تستخدم الطريقة في التحليل الكمي ، وهي بطيئة وكفايتها غير عالية ومن الأمثلة

١- فصل الكالسيوم والسترونتيوم والباريوم :تحول هذه الفلزات الثلاثة الى النترات غير المائية ، ويستفاد من حقيقة كون نضترات الكالسيوم فقط هي التي تذوب في الايثانول لغرض استخلاصها وفصلها عن نترات السترونتيوم والباريوم التي لا تذوب في الايثانول وبعد استخلاص الكالسيوم ، يحول المتبقي من النموذج (نترات السترونتيوم والباريوم) الى كلوريدات ، حيث يمكن استخلاص كلوريد السترونتيوم بواسطة الايثانول ، دون كلوريد الباريوم الذي لا يذوب في هذا المذيب ه ولن زيادة كفاية الاستخلاص يجب اعادة عمليات الاستخلاص مبررات عديدة ، ويفضل الاستخلاص المستمر

٢ - فصل كلوريد الليثيوم ع كلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم ، كلوريد الليثيوم

٣- فصل بركلورات البوتاسيوم عن بركلورات الليثيوم والصوديوم والمغنيسيوم

٤-تستخدم الطريقة اينا باستخلاص الزيوت من النماذج الحاوية له باستخدام مذيب مناسب



CONTEX™ نظام

الاستخلاص المستمر

إن الاستخلاص يبقى ممكنا حتى عندما يمتلك المستخلص المكون المدروس معامل تجزئة غير مناسب شريطة أن تتمتع جميع المكونات الأخرى في العينة بمعامل تجزئة أصغر بصورة ملحوظة، وبسبب كون معامل التجزئة غير مناسب فإن الاستخلاص البسيط ال يكون كميا، بل يستكمل الاستخلاص بالأمرار المستمر للطور المستخلص خلال العينة حتى بلوغ الاستخلاص الكمي. إن العديد من عمليات الاستخلاص المستمر المتضمنة عينات صلبة تتم مع جهاز استخلاص سوksيلية

أنظمة الاستخلاص

• أهم الشروط الواجب توافرها في المذاب حتى يمكن استخلائه من المحلول المائي أن يكون متعادلا حتى تقل قوى التجاذب بينه وبين الماء. • هناك ثلاث أنظمة لاستخلاص المواد المذابة من الوسط المائي: ١

١- النظام الأول: استخلاص الجزئيات المتعادلة التساهمية

٢- النظام الثاني: استخلاص المركبات الفلزية المعقدة المخالطة المتعادلة.

٣- النظام الثالث: استخلاص المعقدات

استخلاص الفلزات

• من أهم تطبيقات الاستخلاص فصل كاتيونات الفلزات. • جزئيات المركبات العضوية المتعادلة تميل الى الذوبان في المذيبات العضوية المتعادلة وال تذوب في الماء بينما الايونات تبقى في الماء لذا عند استخلاص الايونات بالمذيب العضوي لا بد من معادلة شحنتها بإضافة مادة تتفاعل مع الأون الفلزي لتكون مركب متعادل شبه عضوي مثل المركب المعقد الفلزي المخلب المتعادل أو المركب المعقد الفلزي المشترك.

المصادر

- ١- الاسس العامة للتحليل الكيميائي والوزني د.صفاء رزوقي المرعب .الجزء الثاني .
- ٢- طرق الفصل في التحليل الكيميائي ،البرتين حبوش، جامعة بغداد .
- ٣- التطبيقات العملية في التحاليل الكيميائية الآلية وطرائق الفصل – اسماعيل خليل الهيتي