

## الباب الحادي عشر

### باب الغرويات

**الغروى** : هو نظام يحتوى على مركبتين، تسمى إحداهما الصنف المنتشر، والأخرى وسط الإنتشار. ويتراوح حجم الدقيقة الغروية بين 200-5 ميللى ميكرون (1 ميكرون =  $10^{-4}$  سم) وهذا الحجم أكبر من حجم الدقائق المذابة، وأقل من حجم الدقائق المترسبة (المعلقات). وترجع الخواص الغروية إلى كبر مساحة سطح الدقائق الغروية، وأن المنتشرات الغروية غير مستقرة وتميل إلى الترسيب أو التجمع عند تركها لمدة طويلة. وتبعاً لطبيعة كل من الصنف المنتشر ووسط الإنتشار، توجد عدة أنواع من الغرويات كما هو مبين بجدول (1).

جدول (1) أنواع الغرويات

الأمثلة	الإسم	الصنف المنتشر	وسط الإنتشار
غير معروف ضباب - ندى - سحب الدخان	- إيروصول إيروصول	غاز سائل صلب	غاز
الكريمة الزيت في الماء والماء في الزيت AgCl, Au, As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , Sn H <sub>2</sub> O	رغوة مستحلب صول	غاز سائل صلب	سائل
رغوة صلبة جيلى زجاجيات ملونة بالعناصر الملونة القياسية	- جيلى -	غاز سائل صلب	صلب

وتسمى الغرويات عموماً صول. وإذا كان وسط الإنتشار هو الماء سميت هيدروصول أو أكواصول. وتنقسم الغرويات إلى قسمين من حيث ميل الصنف المنتشر إلى وسط الإنتشار:

1- محب لوسط الإنتشار (ليوفيلك)، هناك ميل طبيعى بين الصنف المنتشر ووسط الإنتشار والأمثلة هي: النشا، الجيلاتين، البروتين.

2- كاره لوسط الإنتشار (ليوفوبيك): لا يوجد ميل بين وسط الإنتشار والصنف المنتشر، والأمثلة هي: صول المعادن، والأكاسيد، والهيدروكسيدات.

وإذا كان وسط الإنتشار هو الماء سمي الغروى هيدروفيلك، أو هيدروفوبيك تبعاً لحبه أو كرهه للماء - أنظر الجدول.

جدول (2): مقارنة بين الغرويات الليوفيلية والليوفوبية

ليوفوبيك	ليوفيك	وجه المقارنة
غير ثابتة وتتجمع بسهولة عند إضافة إلكتروليت إليها	ثابتة جداً ولا تتجمع بسهولة بالإلكتروليت	درجة الثبات
غير عكسية	عكسية	الانعكاسية
تحضر بطرق غير مباشرة	يمكن تحضيرها بطرق إذابة سهلة	تحضيرها
لزوجة الغروي هي لزوجة المذيب نفسها	هي أنظمة عالية اللزوجة	اللزوجة
هي مواد غير عضوية معادن – كبريتيدات وأكاسيد	معظمها مواد عضوية مثل النشا – البروتين – الصمغ	الأمثلة
تحمل شحنة كهربية – ويعتمد ثباتها على مقدار جهد زيتا	تحمل شحنة بسيطة أو لا تحمل شحنة	الشحنة الكهربائية

تتميز الغرويات بأن مساحة سطح دقائقها كبير جداً: مما يسهل إمتزاز الشحنات على سطوحها، ولذا فإن الغروي يحمل شحنة كهربية. طرق تحضير الغرويات :

توجد طريقتان لتحضير الغروي إحداها هي طريقة التفتيت، والثانية هي طريقة التجميع أو التكتيف.

(a) طرق التفتيت : وتشتمل على عدة طرق منها :

(1) طريقة بريدج للفوس الكهربى :

وفيها تحدث شرارة كهربية بين سلكين من البلاتين أو الذهب أو الفضة المغمورين في الماء. فعند درجة الحرارة العالية يتم تبخير المعدن، ويتكثف البخار في الماء البارد معطياً دقائق غروية، يضاف محلول هيدروكسيد الصوديوم أو كربونات البوتاسيوم لثبات الغروي ويبرد الوعاء في الثلج، وتستخدم هذه الطريقة لتحضير صول الذهب والبلاتين شكل (1).

شكل (1) : طريقة بريدج

(2) الطريقة الميكانيكية (طاحونة الغروي) :

وفيها تتفتت المواد الصلبة إلى الحجم الغروي، ويوضح كل من وسط الانتشار والصلب بين سطحين طاحنين يدوران بسرعة كبيرة (7 آلاف لفة/دقيقة) وتسمى طاحونة الغروي.

(3) الببتنة :

وتعتمد هذه الطريقة على ظاهرة ميل بعض الأيونات الصلبة للتفتت في وجود إلكتروليت يكون بينهما أيون مشترك، فمثلاً يميل يوديد الفضة Ag I إلى التفتت عند إضافة يوديد البوتاسيوم أو نترات الفضة إلى الراسب.

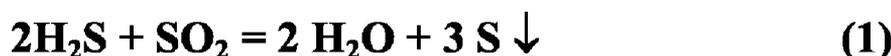
(b) طرق التجميع أو التكتيف : والطرق المستخدمة هنا عديدة منها :

(1) طريقة الإختزال :

يحضر بها صول معادن الذهب والفضة والبلاتين، وتعتمد على إختزال محاليل ذائبة من أكاسيدها أو أملاحها باستخدام عوامل مختزلة مثل: الفورمالدهيد – الهيدروجين – أول أكسيد الكربون – الهيدرازين – الهيدروكسلايين: وقد تمكن أوستفالد من تحضير غروي الذهب بإختزال كلوريد الذهب، وذلك بإضافة قطرات من 0-1% من محلول كلوريد الذهب، ثم معادلة محلول الذهب بكمية محسوبة من كربونات البوتاسيوم وإضافة قطرات من 0-1% من التانين ويدفاً المحلول الناتج بعد ذلك نحصل على صول من الذهب، ويستخدم التانين كمادة حافظة للغروي.

(2) طريقة الأكسدة :

يحضر الكبريت الغروي بأكسدة كبريتيد الهيدروجين، يمرر كبريتيد الهيدروجين في محلول من ثاني أكسيد الكبريت في الماء إلى أن تختفي رائحة ثاني أكسيد الكبريت، وينتج صول الكبريت تبعاً للتفاعل التالي:



(3) طريقة الإتران الأيوني :

عندما يضاف محلول مخفف من نترات الفضة إلى محلول مخفف جداً من الكلوريد ينتج محلول معكر بدرجة خفيفة، ولا يتكون راسب ويتم التفاعل كالتالي:



ويتكون صول من كبريتيد الزرنيخوز يخلط كبريتيد الهيدروجين مع أكسيد الزرنيخوز.



(4) طريقة التميؤ :

تستخدم هذه الطريقة في تحضير صول من الأكسيد أو الهيدروكسيد. يحضر صول أكسيد الحديد، وذلك بإضافة محلول كلوريد الحديد إلى كمية كبيرة من الماء المغلي تبعاً للتفاعل التالي:



(5) طريقة تبادل المذيب :

إذا كانت هناك مادة A تذوب في مادة B ولا تذوب في المادة C، فإنه يمكن تحضير محلول غروي من A إذا أضيف إلى زيادة من C مخلوط من A,B. يمتزج المذيبان مع بعضهما ويذوب الكبريت بقلّة في الكحول، ولكن لا يذوب في الماء، وعليه يمكن تحضير صول من الكبريت بإضافة محلول مشبع من الكبريت في الكحول إلى الماء.

## تنقية المحاليل الغروية :

يحتوى الغروى المحضر بإحدى الطرق السابقة على مواد أخرى بجانب الدقائق الغروية. ومن الضروري التخلص من هذه الشوائب، خصوصاً إذا كانت إلكترونية، لأن وجودها بكميات كبيرة يقلل من درجة ثبات المحلول الغروى (الصول).

والطرق المستخدمة في تنقية المحلول الغروى هي :

(1) الديليزة: تعتمد هذه الطريقة على الفرق الكبير في الحجم بين الدقائق الغروية والجزينات أو الأيونات المذابة. يوضع الصول بداخل الوعاء الخاص بعملية الديليزة، وهو وعاء مفتوح من نهايته، وإحدى النهايتين مغطاة بغشاء البارتشمنت أو السيلوفان، ويملاً الجهاز تقريباً بالمحلول الغروى، ويعلق في وعاء يحتوى على ماء مقطر، فتخرج البلورات وتبقى الدقائق الغروية بالداخل، الماء الموجود في الوعاء الخارجى يتغير باستمرار، والجهاز المستخدم في هذه الطريقة يسمى جهاز "جراهام"، وهو مبين في الشكل (2).

### شكل (2): جهاز جراهام للديليزة العادية

ويمكن إسراع عملية الديليزة، وذلك باستخدام مجال كهربى، وهذه الطريقة تسمى الديليزة الكهربائية، والجهاز المستخدم في هذه الطريقة موضح في الشكل رقم (3). ويوضع في هذه الطريقة المحلول الغروى المحتوى على الإلكتروليت غير المرغوب فيه بين غشائى ديليزة، ويوضع الماء النقى في غرفة على جانبى الغشاء.

### شكل (3): الديلزة الكهربائية

وعند استخدام فرق جهد عال، تهاجر الأيونات إلى الماء تاركة خلفها المحلول الغروي النقي، وتعتمد هذه الطريقة على خواص السوائل الموجودة، وعلى نصف النفاذية للأغشية المستخدمة، والأغشية المستخدمة في الغالب هي أغشية نترات السيلولوز وخلات السيلولوز.

(2) فوق الترشيح : هي طريقة شبيهة بطريقة الترشيح العادية، إلا أن الغشاء المستخدم هنا مصمم بطريقة تسمح بنفاذ الإلكتروليت والوسط ولا تسمح بمرور الدقائق الغروية. وهكذا يمكن للدقائق الغروية أن تنفصل على هيئة مزيج من الوسط المحتوى على الإلكتروليت والدقائق، وهذا الغشاء يحضر بتطعيم ورقة الترشيح العادية بالكولوديون أو السيلولوز المجدد مثل: السيلوفان، وتوجد أغشية أخرى مثل البورسلين غير المزجج والزجاج المجزأ تجزئاً دقيقاً، وحيث إن أغشية الفوق الترشيح ذات تركيب ضعيف ويمكن أن تتحطم بسهولة، فيمكن أن توضع على دعامة عبارة عن شبكة سلكية، خصوصاً إذا كان السائل يمرر خلالها تحت ضغط معين، وفوق الترشيح هي عملية بطيئة يمكن أن تسرع باستخدام ضغط أو شفط.

### خواص الغرويات:

#### (1) خواص طبيعية Physical properties :

لا تختلف الخواص الطبيعية كالكتافة والتوتر السطحي والزوجة للغرويات الليوفوبية عن نظيرتها لوسط الانتشار النقي، ويرجع ذلك إلى أن محاليلها تكون في العادة مخففة جداً، كما أن دقائق الصنف المنتشر لا تظهر أى ميل للإرتباط بوسط

الإنتشار، أما الغرويات الليوفييلية فيمكن الحصول على محاليل مركزة منها، كما أن دقائقها تحاط بطبقة كبيرة من وسط الإنتشار ترتبط بها إرتباطاً وثيقاً، ويؤدى ذلك إلى تغير واضح في خواص وسط الإنتشار، فتزداد الكثافة واللزوجة ويقل التوتر السطحي.

#### (2) خواص تجمعية Colligative properties :

للغرويات كما المحاليل الحقيقية خواص تجمعية، ولكن قيم هذه الخواص في الغرويات تقل كثيراً عن نظيرتها في حالة المحاليل الحقيقية، ويرجع ذلك إلى الإختلاف الكبير في حجم الدقائق في كل منهما، فالوزن المعين من مادة ما ينتج في المحلول الغروي عدداً من الدقائق أقل بكثير من عدد الجزيئات أو الأيونات التي ينتجها الوزن نفسه في محلول حقيقى. ومن المعروف أن الخواص التجمعية للمحاليل تعتمد على عدد دقائق المادة الموجودة في المحلول لا على طبيعتها.

#### (3) الخواص الضوئية :

لوحظ قديماً أن مسار الشعاع الضوئى المار عبر محلول غروى من الذهب يصبح مرئياً إذا نظرنا إليه من الجانب في مجال مظلم، ولقد سميت هذه الظاهرة بظاهرة تندال، وهى تتجم عن تشتيت الضوء بواسطة الجسيمات الغروية، ومثل هذه الظاهرة معروفة لكل من راقب الشعاع الضوئى المار على شكل حزمة رفيعة خلال حجرة مظلمة (في السينما مثلاً)، أو شعاع الكشاف في سماء مظلمة. ولا يشاهد الشعاع من الجانب إلا عندما يوجد في مساره عدد من جسيمات الغبار أو الضباب الدقيقة والمشتتة للضوء ويمكن حساب تركيز الجسيمات الغروية لصول ما، إنطلاقاً من كمية الضوء الذى تشتته هذه الجسيمات.

#### (4) الحركة البراونية Brownian movement :

تطلق هذه التسمية على حركة الجسيمات المعلقة، وتنجم هذه الحركة عن الصدمات العشوائية لجزيئات الوسط المحيط الموجودة في حركة حرارية. فإذا كان الجسم كبيراً تعرض من جميع الجهات لعدة ملايين من الصدمات في الثانية، حيث تتعادل هذه الصدمات فيما بينها. وعندما يكون الجسم صغيراً فإن عدد الصدمات التي

يتلقاها تقل كثيراً عن الحالة الأولى، ويصبح حينئذ التعادل الكلي لهذه الصدمات أمراً بعيد الاحتمال، ولهذا فإن الجسم الغروي بإعتباره جسيماً صغيراً جداً لا يتعرض إلى صدمات متساوية الشدة والتردد من جميع الجهات، وإنما تكون النبضات الواردة من جهة واحدة في لحظة معينة هي السائدة في تلك اللحظة، وتظهر في اللحظة التالية أن الصدمات الأقوى هي الصدمات الواردة من جهة أخرى، والنتيجة هي أن إتجاه حركة الجسيمات يتعرض إلى تغير مستمر وغير منتظم أيضاً. وتظهر في الشكل (4) الطرق التي تسلكها الجسيمات عند مراقبتها خلال فترات زمنية متساوية، فالحركة البروانية هي الحركة الحرارية لجسيمات صغيرة جداً ولكنها أضخم بكثير من الجزيئات العادية، وكان من نتيجة الحركة البروانية التأكد من أن المحاليل الغروية لا تختلف عن المحاليل الحقيقية من حيث الخواص الجزيئية الحركية.

شكل (4) : شكل يبين الحركة البروانية

(5) خواص كهربية Electric properties :

وجد أن دقائق المحاليل الغروية مشحونة بشحنة كهربائية، ويمكن التحقق من ذلك بجهاز كالمبين في الشكل (5) وهو يتركب من أنبوبة ذات شعبتين، يوضع في الجزء الأسفل منها المحلول الغروي، ويوضع بإحتراس فوقه محلول إلكتروليتي (أقل كثافة من المحلول الغروي، وله تقريباً درجة التوصيل نفسها) بشرط أن يكون الحد الفاصل بين المحلولين واضحاً، وعند غلق الدائرة الكهربائية يلاحظ أن سطح الإنفصال يرتفع في إحدى الشعبتين وينخفض في الأخرى، دلالة على أن دقائق الغروي تتحرك كوحدة واحدة نحو أحد القطبين دون الآخر، أي أنها مشحونة بشحنة كهربية موحدة.

### شكل (5) جهاز الإلكتروليتيز

وتسمى هذه الظاهرة الإلكتروليتيز electrophoresis. وبإجراء هذه التجارب على الغرويات الليوغوبية، وجد أنها جميعها مشحونة، فغروى الكبريت يتجه نحو القطب الموجب، دلالة على أنه يحمل شحنة سالبة، أما غروى أكسيد الحديد فيتجه نحو القطب السالب دليلاً على شحنته الموجبة، وقد وجد أن الغرويات الليوغوبية تسلك مسلك الغرويات الليوغوبية في أنها مشحونة بشحنة كهربية موحدة، إلا أنه وجد أن بعض الغرويات (كالبروتينات) تعتمد في شحنتها على الرقم الهيدروجيني pH للمحلول، فهي عند رقم هيدروجيني معين تكون عديمة الشحنة فلا تتحرك دقائقها في المجال الكهربى، فإذا قل ذلك الرقم الهيدروجيني فإن دقائق البروتينات تكون مشحونة بشحنة كهربية موجبة. وعند رقم هيدروجيني أعلى تكون شحنتها سالبة، ويسمى الرقم الهيدروجيني الذى تفقد عنده هذه الغرويات شحنتها الكهربية بنقطة التعادل الكهربى isoelectric point.

مصدر الشحنة الكهربية للغرويات :

تعزى الشحنة الكهربية التى على الدقائق الغروية إما إلى خاصية الإمتزاز، أو إلى تفكك المجموعات الحمضية والقاعدية الموجودة على سطح الدقيقة. وفيما يلى دراسة عن هذين المصدرين:

أولاً - خاصية الإمتزاز :

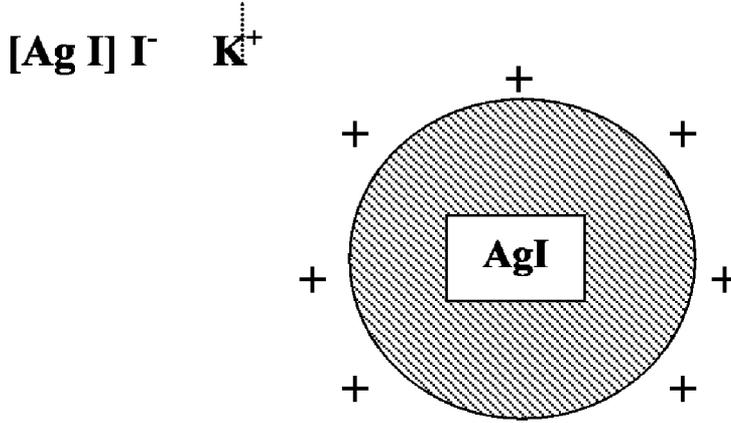
هذه خاصية عامة لكل الأجسام الصلبة ولكنها تظهر بوضوح في حالة الغرويات، نظراً للسطح الكبير الذى تتميز به، فلو أخذنا كتلة من مادة ما على هيئة مكعب طول ضلعه 1 سم، فإن مساحة سطح هذا المكعب يساوى  $6 \text{ cm}^2$ . فإذا قسم هذا

المكعب إلى مكعبات صغيرة طول كل منها 10 ميللي ميكرون، فإن مساحة السطح تففز إلى  $6 \times 10^{22} \text{ cm}^2$ . وبما أن الإمتزاز يحدث على السطح فإنه يكون كبيراً جداً في حالة الغرويات. ونفهم طبيعة الإمتزاز، نعتبر الشكل (6) والذي يمثل قطعاً لدقيقة غروية من يوديد الفضة، وفيها علامة (+) تمثل أيون الفضة، وعلامة (-) تمثل أيون اليوديد، أيون الفضة الموجب (S) يكون محاطاً بالأيونات A, B, C, D، أما الأيون MI الموجود على السطح فإنه يكون محاطاً بثلاثة أيونات سالبة فقط، وعلى ذلك تكون له طاقة كهربية زائدة يستطيع إستغلالها في جذب أيون سالب من المحلول يمتزه على السطح مباشرة، والأيونات التي يمتزها على السطح هي الأيونات المشتركة مع السطح، أو التي تكون معه ملحاً أقل ذوباناً، فإذا كان في المحلول أيونات يوديد وأيونات نترات وهما سالبان. فإن أيون الفضة على السطح يمتز أيونات اليوديد وليس النترات، لأن يوديد الفضة أقل ذوباناً من نترات الفضة، والأيونات الممتزة على سطح الدقائق الغروية هي التي تكسبها الشحنة الكهربائية المتماثلة.

#### شكل (6): طبيعة الإمتزاز

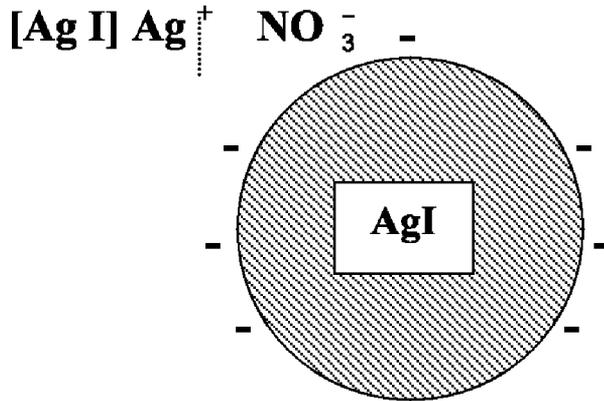
وتعتمد طبيعة هذه الشحنة على نوع الزيادة من الإلكتروليت الموجود في المحلول، فيوديد الفضة المحضر بإضافة نترات الفضة إلى زيادة من يوديد البوتاسيوم يحدث على سطح دقائقه إمتزاز لأيونات اليوديد ويصبح سالب الشحنة. وحيث إن المحلول الغروي كوحدة يجب أن يكون متعادلاً من الوجهة الكهربائية، فإن أيون البوتاسيوم الموجب يكيف نفسه في المحلول في مواجهة الأيون السالب الذي أمتز

على السطح فيصبح وسط الإنتشار موجب الشحنة، وتصبح الصورة النهائية للمحلول الغروي كما في الشكل (7)، ويمكن تمثيل الدقيقة الغروية في هذه الحالة كما يلي :



شكل (7) : غروي سالب

أما إذا حضر يوديد الفضة بإضافة يوديد البوتاسيوم إلى زيادة من نترات الفضة فإن دقائقه الناتجة تكون موجبة الشحنة لإمتزاز أيونات الفضة على السطح، ويكون المحلول سالب الشحنة، وتصبح الصورة النهائية للمحلول الغروي كما في الشكل (8) ويمكن تمثيل الدقيقة في هذه الحالة هكذا:



شكل (8) : غروي موجب

ويسمى التركيب الكهربى حول الدقيقة بطبقة هلمهولتز الثانية، ويتضح مما سبق أن زيادة بسببية من الإلكتروليت لازمة للحصول على محلول غروي ثابت، فلو كانت كميات يوديد البوتاسيوم ونترات الفضة متكافئة لترسب أو تجلط الغروي الناتج بسرعة نتيجة لعدم وجود شحنة عليه.

ثانياً - تفكك المجموعات الحمضية أو القاعدية الموجودة على السطح :

قد يكون مصدر الشحنة الموجودة على الدقيقة الغروية هو تفكك أو تأين المجموعات الحمضية أو القاعدية الموجودة على السطح، فإذا اعتبرنا جسماً صلباً يحتوى سطحه على مجموعات حمضية هي (COOH)، كما هو واضح في الشكل رقم (9).

### شكل (9)

فإنه عند وضع هذا الجسم في الماء يصبح الجسم الصلب سالب الشحنة، ولكن أيون الهيدروجين لا يبتعد كثيراً عن الجسم الصلب بل ويبقى قريباً منه، نظراً للتجاذب الإلكتروني بينه وبين المجموعة (-COO<sup>-</sup>) الموجودة على السطح. وبذلك تتكون طبقة هلمهولتز الثنائية وتصبح الدقيقة الغروية سالبة الشحنة، ووسط الانتشار موجب الشحنة طبقاً للمعادلة التالية:



أما إذا كان الجسم الصلب يحتوى على مجموعات قاعدية مثل (-NH<sub>2</sub>)، فإنها تتفاعل مع الماء طبقاً للمعادلة :



أى إنها تنتزع أيون الهيدروجين من الماء وتصبح دقيقة لغروي موجبة الشحنة ووسط الانتشار سالب الشحنة، ودقائق البروتين يحتوى سطحها على المجموعتين المذكورتين معاً. فإذا كان المحلول حمضياً أى أن الرقم الهيدروجيني ..

صغيراً، فإن التآين طبقاً للمعادلة (5) يقل، أما التآين طبقاً للمعادلة (6) فإنه يزداد (تأثير الأيون المشترك)، وتصبح دقيقة البروتين موجبة الشحنة.

أما إذا كان المحلول قاعدياً أى أن الرقم الهيدروجيني عالٍ فإنه يحدث العكس وتصبح دقيقة البروتين سالبة الشحنة، وعند رقم هيدروجيني معين يكون التآين طبقاً للمعادلتين (5)، (6) متواجداً وتصبح الدقيقة الغروية غير مشحونة، وتسمى هذه النقطة نقطة التعادل الكهربى **isoelectric point**.

**نبات المحاليل الغروية وتجلطها :**

المحلول الغروى الثابت هو الذى يبقى دقائقه فى النطاق الغروى أطول مدة ممكنة، أما الغروى غير الثابت فهو الذى تتجمع دقائقه فى وقت قصير إلى دقائق أكبر تخرجه من نطاق الغرويات إلى نطاق المعلقة الخشنة، ويرجع ثبات المحاليل الغروية الليوغوبية إلى وجود الشحنة الكهربائية المتماثلة حول دقائقها مما يؤدي إلى تنافرها ووجود كل منها على حدة، أما الغرويات الليوغيلية- فإنه بالإضافة إلى شحنتها - تحاط الدقيقة نفسها بطبقة من المذيب، تقوم كحائل كبير يمنع إرتطامها ببعضها البعض ويجعلها أكثر ثباتاً من الغرويات الليوغوبية.

ويمكن للغرويات الليوغوبية أن تتجلط بفقدانها للشحنة التى تحملها وذلك بإضافة زيادة من المحاليل الإلكتروليتية إليها، فعلى الرغم من أن وجود الإلكتروليتات بكميات صغيرة لازمة للحصول على دقائق غروية مشحونة (أى ثابتة)، إلا أن وجودها بكميات كبيرة يؤدي إلى تعادل شحنة الدقائق بواسطة الأيونات المخالفة لها فى الشحنة، وقد توصل هاردى وشولز إلى أن الأيون الفعال فى ترسيب أو تجلط الغرويات هو الأيون ذو الشحنة المخالفة لشحنة الدقيقة الغروية، كما أن الأيونات متعددة التكافؤ أكثر أثراً فى تجلط الغرويات من الأيونات أحادية الشحنة.

ومن الأمثلة المعروفة استخدام الشب أو كلوريد الحديدك لإيقاف النزيف، فالدم غروى سالب الشحنة، وأيون الألومنيوم، وكذا أيونات الحديدك الموجودة موجبة، فهى مجلطة قوية للدم.

ومن الممكن ترسيب أى محلول غروى بأن يضاف إليه محلول غروى آخر مخالف له فى الشحنة كما يحدث عند إضافة غروى كبريتيد الزرنيخوز السالب إلى

غروى هيدروكسيد الحديدك الموجب، أو عند خلط نوعين مختلفين من أحبار الكتابة وهى هيدروفوبية.

أما تجلط الغرويات الليوفيلية فيستلزم التخلص من شحنتها ومن طبقة السائل الملتصقة بها، إذ أن إزالة الشحنة فقط لا تؤدي إلى تجلط الغروى الليوفيلى، وذلك واضح في حالة البروتينات عند نقطة التعادل الكهربى، إذ إنها تبقى في حالتها الغروية على الرغم من عدم وجود شحنة كهربية عليها. وترسيب الغروى الليوفيلى، تضاف كميات كبيرة من الإلكتروليت (أكبر من تلك اللازمة لترسيب الغروى الليوفيوبرى). ويكون لأيونات الإلكتروليت عندئذ فعل مزدوج، إذ أنها نتيجة ميلها للتهرد، تنتزع الماء من حول الدقيقة الغروية ثم ترسبها بعد ذلك.

ومن الممكن أن يتم الترسيب على خطوتين بأن يضاف إليها أولاً مذيب عضوى تام الذوبان في الماء مثل الكحول، حيث ينتزع الكحول الماء الملاصق للدقائق الغروية ويتركها مكشوفة شبيهة بغروى ليوفوبى مشحون، وهذه يمكن ترسيبها بإزالة شحنتها عن طريق إضافة كمية من الإلكتروليت إليها. ويبين الشكل (10) الظروف التى يجب توفيرها لترسيب الغرويات الليوفيلية والليوفوبية.

شكل (10): الظروف التي يجب توفيرها لترسيب الغرويات

وقد استغل ثبات الغرويات الليوغرافية الكبير لحفظ الغرويات الليوغرافية بأن تضاف إليها كمية من غروى ليوفيلى، تحيط دقائقها بسياج يحفظها من التجلط السريع. ويسمى الغروى الليوغفىلى المستخدم فى هذه الحالة بالغروى الحافظ **Protective colloid**.

وهذا التأثير الحافظ يعبر عنه كمياً بعدد الذهب (Gold number)، ويعرف عدد الذهب بأنه كمية الغروى الحافظ، التى لو أضيفت إلى كمية معلومة من محلول غروى من الذهب، فإنها تحفظه من التجلط.

## الضغط الأسموزى :

يتناسب الضغط الأسموزى للمحاليل الغروية تناسباً طردياً مع عدد جسيمات المادة الغروية فى وحدة الحجم، وحيث إن حجم وكتلة الجسيمات الغروية يفوقان بكثير حجم وكتلة الجزيئات العادية، فإنه من الطبيعى أن يفوق عدد جزيئات المادة المذابة فى محلول مشتمت جزيئى تركيزه 1% مثلاً بعدد مناظر من المرات عدد جسيمات المادة الغروية الموجودة فى حجم مماثل من محلول غروى تركيزه 1%، ولهذا فإن الضغط الأسموزى فى المحاليل الغروية أقل بكثير من الضغط الأسموزى فى المحاليل الحقيقية، فالضغط الأسموزى لمحلول من السكر تركيزه 1% (الوزن الجزيئى للسكر  $M=34$ ) عند درجة الغرفة هو 0.725 جو أى 743 سم من عمود مائى، فى حين نرى الجيلاتين الذى يساوى وزنه الجزيئى حوالى 2000، أى أكبر من وزن السكر بستين مرة، ويعطى ضغطاً أسموزياً قدره 10 سم عمود مائى عند تركيز 1%.

وسنرى تبايناً أكثر عجباً فى قيمة الضغط الأسموزى إذا حسبناه إستناداً إلى النظرية الحركية الجزيئية، ماذا يجب أن يساوى الضغط الأسموزى لمادة صول كصول ثانى كبيرتيد الزرنيخوز مثلاً؟ فإذا إعتبرنا أن قطر الجسيمات يساوى  $200\text{\AA}$  فإن الحساب لمحلول تركيزه 1% عند درجة الغرفة يودى فى هذه الحالة إلى القيمة 0.035cm من عمود مائى أى 0.026 cm من عمود الزئبق. ومن الصعب جداً قياس مثل هذه القيم الصغيرة بالتجربة خاصة وأن تأثير حتى الشوائب القليلة جداً فى المواد المذابة قد يعطى هذه القيمة.

وعموماً فإن الخواص التجمعية مثل: الإنخفاض فى الضغط البخارى والإرتفاع فى نقطة الغليان والإنخفاض فى نقطة التجمد لا تتغير كثيراً فى حالة المحاليل الغروية.

## المستحلبات :

فى دراستنا للمحاليل الغروية السابقة إقتصرنا على نظام واحد هو الجسم الصلب فى سائل، وسنتكلم الآن عن نظام آخر، هو سائل فى سائل.

تتكون المستحلبات من نقاط صغيرة من سائل متناثرة داخل سائل آخر لا يمتزج بالسائل الأول، وفى أغلب الأحيان إذا كانت درجة تركيز السائل أكثر من 1%

فإن المستحلب لا يكون ثابتاً فتلتصق النقاط الصغيرة لتكون نقاطاً كبيرة، وهذه تتجمع إلى أكبر منها حتى ينفصل المستحلب إلى طبقتين، وللحصول على مستحلب ثابت لا بد من وجود جسم ثالث يكون غشاء حول النقاط الصغيرة ليمنع التصاقها مع بعضها البعض، وهذا الجسم الثالث هو عامل الإستحلاب، وفي أغلب المستحلبات يكون قطر النقاط الصغيرة أكبر من  $10^{-5}$  سم، والذي يعتبر الحد الأعلى للمحلول الغروي. وعلى الرغم من ذلك فإن المستحلبات يمكن إعتبارها من المحاليل الغروية لأن عامل الإستحلاب إما أن يكون مادة غروية أو مادة لها صفات غروية.

ومن تعريف المستحلب يمكن القول بأن هناك نوعين من المستحلبات هما: الماء منتشر في سائل غير مائي، وسائل غير مائي منتشر في الماء.

وتحضر المستحلبات بطريقتين: الطريقة الأمريكية، وفيها يتشرب عامل الإستحلاب بالماء ثم يمزج بالسائل غير المائي، أما في الطريقة الأوروبية وعلى سبيل المثال، يطحن الصمغ الصلب مع السائل غير المائي، ثم يضاف الماء بالطريقة التي تكفي لعمل المستحلب دفعة واحدة، وللحصول على صنف منتشر – ذا دقائق صغيرة – في الصنف الآخر، ينقل الخليط إلى زجاجة بصفة غير منتظمة، مع الرج المستمر مما يسبب تفتت الوسط المنتشر إلى نقاط صغيرة تعيق حركة عملية الإستحلاب.

وعلى ذلك فإن عامل الإستحلاب الذي يدخل في تكوين المستحلب الثابت من السائل غير المائي في الماء قد ينجح أو يفشل في تكوين مستحلب ثابت من الماء في سائل غير مائي، فمثلاً نجد أن الصابون القلوي (صوديومي) يكون مستحلباً ثابتاً من السائل غير المائي في الماء، ولكن لا يكون مستحلباً ثابتاً في سائل غير مائي، بينما الصابون الأرضي (كالمسيومي) يكون مستحلباً ثابتاً من الماء في سائل غير مائي، ومستحلباً غير ثابت من سائل غير مائي في الماء.

**نظرية الإستحلاب – نظرية التوتر المزدوج للسطح الداخلي :**

إفترض كونيك ودونان أن عامل الإستحلاب يخفض توتر السطح الداخلي بين السائلين عن طريق تركيزه عند السطح. وقد طور باتكروفت هذا الرأي لتفسير تكوين نوعين من المستحلبات. فطبقاً لنظرية التوتر المزدوج للسطح الداخلي يكون عامل

الإستحلاب غشاءً يبلغ سمكه 3 جزيئات على الأقل: جزئ مائي، وجزئ من عامل الإستحلاب، وجزئ من سائل غير مائي. ولهذا الغشاء سطحان: واحد ناحية الماء والثاني ناحية السائل الآخر. فإذا كان التوتر السطحي عند خط الإنفصال بين الماء وعامل الإستحلاب أقل منه عند خط الإنفصال بين السائل غير المائي وعامل الإستحلاب، فإن الغشاء ينحني بحيث يكون محدباً ناحية الماء، ويتكون المستحلب من السائل غير المائي في الماء. وعلى العكس إذا كان التوتر السطحي عند خط الإنفصال بين الماء وعامل الإستحلاب أكبر منه عند خط الإنفصال بين السائل غير المائي وعامل الإستحلاب، فإن الغشاء يكون مقعراً ناحية الماء، ويتكون المستحلب من الماء في السائل غير المائي، كما هو موضح في الشكل (11).

شكل (11): تكون مستحلب سائل غير مائي في الماء،  
ومستحلب الماء في سائل غير مائي

### أمثلة على المستحلبات :

- (1) اللبن مستحلب من دهن الزبد في الماء، ويقوم الكازيين بدور عامل الإستحلاب، فعندما يتخمر اللبن يتخلف حامض اللبنيك الذي يجلط الكازيين، ويتجمع دهن الزبد في كتل كبيرة.
- (2) أغلب المواد المطهرة يتكون من الكريزول المستحلب في الماء، بإضافة نسبة معينة من الصابون كعامل إستحلاب.