الغرويات Colloids

إكتشاف الغرويات

اكتشف الصيدلي الاسكتلندي توماس جراهام عام 1860م أن بعض المواد مثل الصمغ و الجيلاتين و النشأ لا تمر عبر الغشاء شبه المنفذ ، بعكس المحاليل الحقيقية .... و بالرغم من أن دقائق الغروي أكبر من دقائق المحلول الحقيقي ، مع ذلك فلا يمكن ملاحظتها بالعين المجردة.

تتميز الغرويات بأنها لا تستقر تبعاً للجاذبية الأرضية ، فتبقى موزعة في وسط الانتشار كما أنها تشتت الشعاع الضوئي المار خلالها.

الحالة الغروية (أو الغروانية) The Colloidal State

إذا رج مسحوق الطباشير مع الماء ، فإن الخليط الناتج يُعرف بالمعلق (suspension). ولمثل هذا المعلق بعض الخواص المميزة ، يعزي بعضها لحجم جسيمات مثل جسيمات الرمل. وهذه الجسيمات إما كبيرة لدرجة يمكن معها رؤيتها بالعين المجردة ، أو بمساعدة ميكروسكوب لدقتها.ومن الواضح أن الخليط غير متجانس، وبسبب حجمها، فإنه يمكن فصلها من الماء، إما بتركها لكي تستقر وتترسب تدريجيا بتأثير الجاذبية الأرضية، أو بواسطة الترشيح.

ومن ناحية أخرى ، فإنه عندما يرج السكر في الماء ، فإن الخليط الناتج يعرف بالمحلول الحقيقي ، ويمكن أن تعزي بعض خواص المحلول إلى حجم جسيمات المذاب . وحجم هذه الجسيمات في حجم الجزئيات الصغيرة ، أو الأيونات ، وهي صغيرة لدرجة لا يمكن معها رؤيتها بأية وسيلة يمكننا تدبيرها ، ولذلك فإن الخليط يبدو متجانساً، ولا يمكن فصل المذاب بواسطة الترسيب التدريجي أو بواسطة الترشيح.

وإذا بدأنا بجسيمات حجمها مثل جسيمات المعلق ، وواصلنا تجزئتها باستمرار حتى يصبح حجمها مثل حجم جسيمات المحلول الحقيقي ، فإننا نجد أن خواص الخليط من الجسيمات والماء سوف تتغير بإستمرار بدءاً من خواص المعلق إلى خواص المحلول . وفي سياق هذا التحول من معلق إلى محلول ، فإن الخليط يمر بحالات وسط يشارك فيها خواص كل من المعلق والمحلول ، وتعرف هذه بالحالة الغروية (colloidal state).ويمكن أن تعزي كثير من خواص الحالة الغروية إلى حجم الجسيمات بها .

الحالة الغروية : هو إنتشار غير متجانس لطورين عديمي الإمتزاج، وهو باق أو دائم إلى حد ما ، وله بعض الخواص المميزة .

ومن المحتمل أنه يمكن اعتبار **جميع الموائع في جسم الإنسان أنها أمثلة للحالة الغروية، فالدم غروي ، وكثير من الأطعمة مثل اللبن عبارة عن غرويات**

تنقسم المحاليل من حيث حجم حبيباتها إلى ثلاث أقسام:

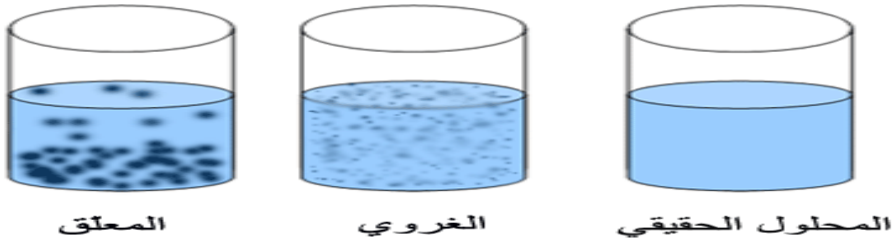
المحاليل الحقيقية:تتكون من مذاب و مذيب بحيث يصعب التمييز بينهما ويكون حجم دقائق المادة المذابة أقل من 10 أنجستروم ، و تتميز هذه الأنواع من المواد بقدرتها على المرور خلال الأغشية شبه المنفذة .

المعلق: Suspension:

خليط غير متجانس حجم دقائقه أكبر من 10000 أنجستروم ، إذ يمكن ملاحظة تلك الدقائق بالعين المجردة ، كمايمكن ملاحظة ترسبها في الأسفل.

الغرويات Colloids :

مواد تتميز بأن دقائقها أكبر من جسيمات المحاليل الحقيقية و أصغر من المعلق ، فحجم دقائقها بين: 10 – 10000 أنجستروم ، و تكون منتشرة داخل وسط انتشار ؛ فنحصل على الغرويات بعملية نشر ـ و ليس إذابة ـ أي أنها غير ذائبة أو مترسبة في وسط الانتشار .



جدول (1) الخواص التي تميز الغرويات من المعلقات ، والمحاليل.

الخاصية	المعلق	الغروي	المحلول الحقيقي
حجم الجسيم	>0.1µ	0.1µ- 1mµ	< 0.1µ
الترشيح : العادي	يمكن فصله	لا يمكن فصله	لا يمكن فصله
فوق الترشيح	يمكن فصله	يمكن فصله	لا يمكن فصله
الترسيب ببطء:-			
بتأثير الجاذبية	يرسب ببطء	لا يرسب ببطء	لا يرسب ببطء
بتأثير القوة الطاردة المركزية	يرسب ببطء	يرسب ببطء	لا يرسب ببطء
المظهر	معتم.	رائق ؟	رائق.
ظاهرة تندال	يظهرها	يظهرها؟	لا يظهرها
الانتشار	لا ينتشر.	ببطء جدا.	بسرعة.
الحركة البراونية	قد يظهرها .	يظهرها .	لا تلاحظ.

(1µ= 1micron = $1x10^{-3}$mm= $1x10^{-4}$cm)

.(1 mμ =1milimicron = 1 x 10^{-4}mm= 1x10^{-2}m)

علامة الاستفهام (؟) تعني أن الخاصية المعينة يمكن أن تظهر أو لا تظهر إعتماداً على تركيب الخليط والميكانيكية ، أو التقنية المستخدمة في ملاحظتها.

الأطوار التي توجد في الغروي The Phases Of a Colloid

بينما يتكون المحلول الحقيقي من طور واحد ، فإن المحاليل الغروية تعتبر أنظمة ذات طورين .إذ ان هناك حدا فاصلا بين كل دقيقة من دقائق الغروي وبين الوسط الذي توجد فيه . أي أن أحد الطورين يكون مشتتا أو منتشرا في الآخر ، ويطلق على الطور المشتت (يتكون من الدقائق) بالطور المنتشر (dispersed phase) أو الطور الداخلي أو الطور غير المستمر (discontinuous phase). وغالباً ما يكون هذا الطور الجزء أو الكسر البسيط من الغروي . والطور الذي يحدث فيه عملية التشتيت يعرف بطور الإنتشار (dispersion medium) ، أو الطور الخارجي أو الطور المستمر (continuous phase). وغالباً ما يكون هذا الطور الجزء أو الكسر الأكبر من الغروي.

وفي الحقيقة فإن **الحالة الغروية شائعة الانتشار لدرجة أن دراستها تمثل فرعاً كبيراً وحيوياً في الكيمياء**

تصنيف الغرويات حسب الطور المنتشر ووسط الانتشار :

وتختلف تسمية المحلول الغروي بإختلاف الطور المنتشر ووسط الإنتشار كما يظهر من الجدول التالي:

جدول (2) الأنواع المختلفة من المنتشرات الغروية

الطور المنتشر	الطور الناشر	أمثلة (نوع المحلول الغروي)
صلب (مثل الذهب) صلب (مثل الذهب) صلب (مثل الرماد الدقيق)	صلب (مثل الزجاج) سائل (مثل الماء) غاز (مثل الهواء)	الزجاج الياقوتي. صول الذهب الدخان (ايروسول)
سائل (مثل الماء) سائل (مثل الدهن) سائل (مثل الماء)	صلب (مثل السيليكا) سائل (مثل الماء) غاز(مثل الهواء)	الأوبال (حجر كريم تتغير ألوانه تغيراً جميلاً) وهناك مثال آخروهو الجل أو الجيلاتين اللبن الضباب (ايروسول).
غاز (مثل الهواء) غاز (مثل الهواء)	صلب (مثل السيليكات) سائل (مثل الماء)	زجاج بركاني يستعمل في الصقل رغوة.

ويمكن اختيار الطور الذي يكون فيه أي غروي عبارة عن أي من الحالات الثلاث للمادة ، وهي الصلبة ، السائلة ،أو الغازية ، مع الأخذ في الاعتبار الإستثناء الوحيد وهو **أنه لا يمكن أن يكون الطوران غازين ، إذ أن الغازين يكونان تامي الإمتزاج ، وغالباً ما يكونان محلولا حقيقياً.**

تصنيف الغرويات حسب صعوبة أو سهولة انتشار المادة في وسط الانتشار ، على هذا الاساس تنقسم الغرويات إلى قسمين :

غرويات كارهة لوسط الانتشار LYOPHOPIC COLLOIDS

غرويات فيها الصنف المنتشر لا يميل إلى وسط الانتشار

غرويات محبة لوسط الانتشار Lyophilic COLLOIDS

غرويات يميل فيها الصنف المنتشرإلى وسط الانتشار فإذا كان وسط الانتشار هو الماء فإن الغرويات الكارهة للماء تسمى

غرويات هيدروفوبية ، أما الغرويات المحبة للماء فهي غرويات هيدروفيلية

مميزات الغرويات الليوفيلية

1-الدقائق الغروية في هذه المحاليل مصدرها مواد تذوب بطبيعتها في وسط الانتشار إلاّ أن حجم دقائقها من الكبر بحيث تقع في النطاق الغروي مثل محاليل الصمغ و الجيلاتين و النشا في الماء

2- قد تحمل دقائقها شحنات كهربية و لكنها غالباً غير مشحونة ،في حالة ما إذا كانت مشحونة لا تترسب بسهولة لوجود هذه الشحنات ، و لأن من طبيعة وسط الانتشار أن يحيط بكل دقيقة.

3- تتوقف نوع الشحنة الكهربية الموجودة على دقائق هذا النوع على الوسط المحيط بها لا على طبيعة الدقائق نفسها ، و تكون الشحنات من نوع واحد على جميع دقائق الغروي

4- تظهر ظاهرة تندال ضعيفة لأن معامل انكسار الدقائق االمنتشرة لا تختلف كثيراً عن معامل انكسار وسط الانتشار

5- .اللزوجة والكثافة والتوتر السطحي تكون كبيرةلان الدقائق تحيط نفسها بطبقة كبيرة من وسط الانتشار (الاستذواب) فتتغير خواص وسط الانتشار الطبيعية

6-الغرويات الليوفيلية انعكاسية ... بمعنى أن المادة الصلبة الناتجة بعد تبخير وسط الانتشار يمكن إعادتها للحالة الغروية بسهولة فيعطي عند تبريده هلام فمحلول الجيلاتين في الماء الدافئ يعطي عند تبريده هلاماً شفافاً يتحول إلى محلول مرة أخرى بالتسخين.

مميزات الغرويات الليوفوبية

1- مصدر الدقائق الغروية مواد لا تذوب بطبيعتها في وسط الانتشار مثل المحاليل الغروية للفلزات و الكبريت.

2- دقائقها مشحونة كهربائياً ، و تكون الشحنة على جميع الدقائق من نوع واحد

3- يتوقف امتزاز أي نوع من هذه الشحنات على طبيعة المادة التي تتكون منها الدقائق

لأن جميع الدقائق تحمل نفس الشحنة سواء كانت سالبة أو موجبة مما يسبب تنافرها مع بعضها البعض لا يمكن وجود مجموعة غروية كارهة بدون وجود الشحنات الكهربية

4- لزوجة هذه المحاليل لا تختلف كثيراً عن لزوجة وسط الخواص الطبيعية)(الانتشار وكذلك الكثافة والتوتر السطحي...
5- تظهر فيها ظاهرة تندال بوضوح ؛ لأن معامل انكسار وسط الانتشاريختلف كثيراً عن معامل انكسار الصنف المنتشر
6- غير انعكاسية ، بمعنى أن جامد الغروي أو الجسم الصلب الناتج من تبخير وسط الانتشار لا يمكن إعادته للحالة الغروية بالطرق البسيطة

الصول والجل Sols and Gels

عندما يظهر الغروي المظهر المائع لمحلول ، فإنه يعرف بالصول ، وغالباً ما تسمى الصولات طبقاً لطبيعة الوسط الناشر . فالهيدروسول (أو الهيدروصول) hydrosol هو الذي يكون فيه الصنف الخارجي الماء ، والذي يكون صنفه الخارجي كحول يعرف بالالكوسول (alcosol). والدخان عبارة عن أيروسول . والغرويات التي يكون تركيبها الدائم في حالته الجامدة من الصول تعرف بالجل (Gells) .

وقد تتغير درجة الحالة الجامدة من تلك الخاصة بالجيلاتين إلى تلك التركيبات الخاصة بالقرون (horn).

فبعض الغرويات مثل الجيلاتين في الماء ، قد توجد إما على هيئة صول أو جل .فعند درجات حرارة عالية وتركيزات منخفضة من الجيلاتين ، فإن الخليط يكون هيدروسول حيث يكون الجيلاتين هو الصنف المنتشر .وكلما ازداد تركيز الجيلاتين ، مع تبريد الخليط فإن الغروي يأخذ شكل الجل (صلب في سائل). ويعتقد أن هذا التحول هو نتيجة لانعكاسية الأطوار، فجسيمات الجيلاتين تتشرب الماء ، وتنتفخ حتي تلامس بعضها البعض ، وحينئذ يكون الجيلاتين الطور المستمر، مكونا شكلا متشابكاً ، تحتوي المسافات البينية فيما بينهما على الماء ويكون الطور الداخلي ، وتؤدي عملية التسخين أو إضافة زيادة من الماء إلى عكس الأصناف مرة أخرى ، وتعيد الجل إلى شكل الصول (أو الهيدروسول).

أنواع الجل

هناك بعض المواد ذات التركيز العالي للصلب المنتشر ، وتتغير تلقائيا إلى شكل نصف صلب يعرف بالجل .
فالجيلاتين مثلا يذوب في الماء الدافئ مكونا محلولا غرويا ، والذي عند تبريده يتحول إلى جيلي .
ويتكون الجيل من تشابك الجسيمات المنتشرة على هيئة شبكة غير ثابتة ، يوجد داخلها الوسط الناشر .
ويمكن تقسيم الجيل إلى ثلاثة أنواع طبقا لخواصها الميكانيكية.

1. الجل المطاطي Elastic gel

يتميز بالخاصية المطاطة – أي يتغير شكله بتأثير قوة خارجية بسيطة ، ثم يستعيد شكله الأصلي بزوالها . وأمثلته النشا ، الجيلاتين ، مربى الفواكه ، والجيلي ، وتكون الجزئيات ممسوكة بواسطة قوى كهروستاتيكية من المجاميع المتأينة أو القطبية .

2. الجل الجاسيء Rigid gel

ومن أمثلته حمض السيليسيك والذي يعرف بالسيليكا جيل، والذي يكسبه التركيب الجاسيء، هو شبكة من روابط كيميائية.

3. جل نصف صلب وهو ساكن

يصبح سائلا بالرج الشديد. إذ تكون بودرة التلك (kieselguhr) والماء عجينة رقيقة عندما يسمح لها بالانحدار ببطء.

وبالرغم من أن الخليط لا يسيل ، إلا أنه يسيل بسهولة عند الرج وتبدي بعض محاليل البلمرات العالية مثل هذه الخاصية ، وهي تكون ممسوكة بواسطة قوى تجاذب ضعيفة

السبنسويد والإيمالسويد Suspensoid , and Emulsoid

الصول الذي يكون للطور المنتشر فيه قابلية قليلة للوسط الناشر يعرف **بالسبنسويد** .

و**الصول** الذي يكون للطور المنتشر فيه قابلية كبيرة للوسط الناشر يعرف **بالإيمالسويد**.

فيعتبر هيدروسول الذهب مثالاً للسبنسويد ، حيث يكون للذهب قابلية يمكن إهمالها للماء ، ويعرف الغروي بأنه كاره للماء hydrophobic sol. . ومن ناحية أخرى فإن للجيلاتين قابلية كبيرة جداً للماء ،

ويماه إلى درجة عالية جداً.وبذلك فإن الجيلاتين والماء يكونان إيمالسويد .ويعرف المحلول الغروي أيضاً بأنه محب للماء hydrophilic sol. . ويوضح الجدول التالي بعض الخصائص التي تفيد في التمييز بين السبنسويد ، والإيمالسويد

وقد يشير تعبير الإنعكاسية الذي ذكر من قبل إلى ظاهرتين مختلفتين :

1.قد يشير إلى قابلية الغروي في حالة الجل إلى عكس أطواره ويصبح صول (الصول هو انتشار صلب في صلب ، أو في غاز ، أو في سائل). ولقد رأينا أن الجيلاتين قادر على إجراء ذلك ولذلك فإنه يعتبر إنعكاسياً.

2.يمكن لحمض السيليسيك الغروي أن يتحول بسهولة من حالة الصول إلى حالة الجل ، ولكن حينما يتكون الجل ،

فإنه لا يمكن إعادة تحويله مرة ثانية إلى حالة صول .ولذلك فإن حمض السيليسيك غير انعكاسي.

3.يمكن أن يشير تعبير الإنعكاسية أيضا إلى القابلية إلى إستعادة المادة للحالة الغروية ، وذلك بخلط الطورين

مرة ثانية بعد فصلهما عن بعضهما ، فمثلا بعد فصل طوري هيدروسول الجيلاتين عن بعضهما ، فمثلا بعد فصل طوري هيدروسول الجيلاتين ، ويعرف ذلك الغروي بأنه إنعكاسي ، ومن ناحية أخرى ، فإنه بعد فصل طوري هيدروسول الذهب عن بعضهما ، فإن الحالة الغروية لا يمكن إستعادتها ببساطة عند مزج الذهب بالماء ، ويعرف ذلك الغروي بأنه غير إنعكاسي . وبالنسبة لأي معنى للتعريف ، ف إنه بصفة عامة يقال إن **الغروي المحب للماء إنعكاسي ، بينما يكون الغروي الكاره للماء غير إنعكاسي.**

الصفات المميزة للسبنسويد والأيمالسويد

	الهيدروسول	
	السبنسويد **الكاره للماء**	**الايمالسويد** **المحب للماء**
الصنف المنتشر	مواد غير عضوية مثل : الفلزات . الكبريتيدات الأكاسيد مصدرها مواد لا تذوب بطبيعتها في وسط الانتشار .	مواد عضوية مثل : النشا . البروتين . زلال البيض . الجيلاتين .
أقصى تركيز للصنف المنتشر اللزوجة	منخفض هي تقريباً نفس لزوجة الماء	عالي أكبر من لزوجة الماء
التوتر السطحي التحضير	هي تقريباً نفس التوتر السطحي للماء صعب	أقل من التوتر السطحي للماء سهل
الترسيب الانعكاسية	سهل غير انعكاسي	صعب انعكاسي

خواص المحاليل الغروية

1.خواص طبيعية Physical Properties

بالنسبة لغرويات الليوفوبية (الكارهة للمذيب): فإن خواصها الطبيعية كالكثافة ، التوتر السطحي ، واللزوجة ، لا تختلف عن نظيراتها لوسط الانتشار النقي ، ويرجع ذلك إلى أن محاليلها تكون في العادة مخففة جداً ، كما أن دقائق الصنف المنتشر لا تظهر أي ميل للارتباط بوسط الانتشار.

أما الغرويات الليوفيلية(المحبة للمذيب) :

تتغير خواص وسط الانتشار تغيراً ملحوظاً فتزداد الكثافة ، اللزوجة ويقل التوتر السطحي بسبب أن دقائقها تحيط نفسها بطبقة كبيرة من وسط الانتشار ، ترتبط بها ارتباطا وثيقاً (وتسمى هذه الظاهرة بالاستذواب.

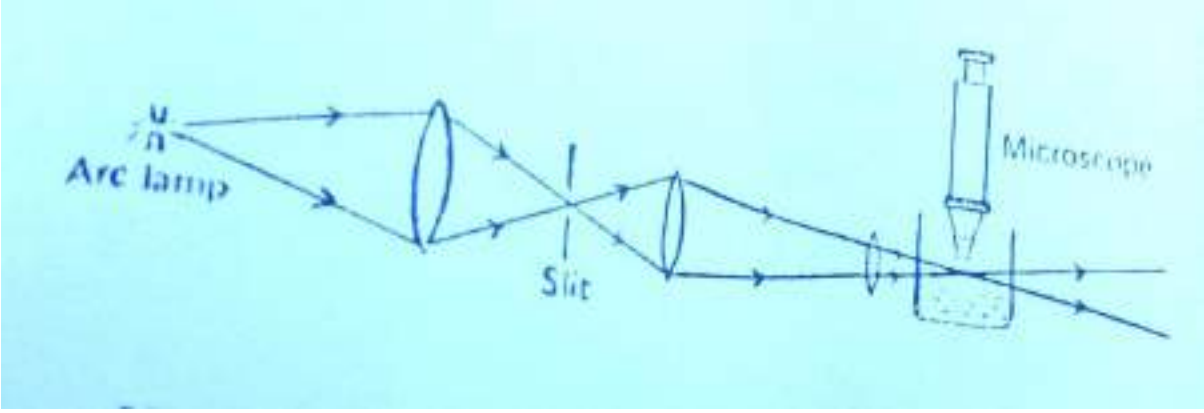
2.خواص جامعة يمكن الربط بينها Colligative Properties

للغرويات ، وكذلك المحاليل الحقيقية خواص عامة ، ولكن قيم هذه الخواص في حالة الغرويات أقل بكثير من نظيراتها في حالة المحاليل الحقيقية . ويرجع ذلك إلى الإختلاف الكبير بين حجم الدقائق في كل منها . فالوزن المعين من مادة ما ينتج في المحلول الغروي عدداً من الدقائق أقل بكثير من عدد الجزئيات أو الأيونات التي ينتجها نفس الوزن في محلول حقيقي. ومن المعروف أن الخواص العامة للمحاليل تعتمد على عدد دقائق المادة الموجودة في المحلول ، لا على طبيعتها.

3. خواص ضوئية Optical Properties

إذا مر شعاع ضوئي في محلول حقيقي مثل كلوريد الصوديوم في الماء ، فإن هذا الشعاع لا يمكن رؤيته في المحلول إذا نظر إليه في اتجاه عمودي مع إتجاه مساره ، وذلك لأن جزءاً من الضوء يمتصه المحلول ، وينفذ الباقي . أما إذا أمر الشعاع خلال محلول غروي ، فإنه يظهر بوضوح على هيئة ضوء مشتت ، ويعزي ذلك إلى دقائق الغروي (نظراً لكبر حجمها بالنسبة لدقائق المحلول الحقيقي) لها القدرة على تشتيت الضوء، وتعرف هذه الظاهرة بتأثير تندال (Tyndall effect) ، وقد لاحظ تندال أن منطقة الضوء المشتت أكبر من حجم الجسيم نفسه ، وأحيانا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، وتكون بعض أنواع الصول ملونة ، موضحة أنها تمتص بعض الأطوال الموجية ، فقد يبدو صول الذهب أحمر ، وأزرق ، اعتماد على حجم الجسيم ، فإذا مر شعاع ضوئي شديد خلال الصول سوف نلاحظ الضوء المشتت خلال الميكروسكوب عند النظر عمودياً على اتجاه الشعاع ، ويمكن إدراك عدد الدقائق أو الجسيمات المعلقة في الوسط الناشر وتحديد أشكالها بصفة تقريبية ، وحيث أن مدى التشتت الضوئي يعتمد على مدى الاختلاف بين معاملي انكسار

المادة المنتشرة ووسط الانتشار ، فإن ظاهرة تندال هذه تكون أكثر وضوحاً في حالة الغرويات الليوفوبية ، عنها في حالة الغرويات الليوفيلية ، وذلك لأن ارتباط جزئيات وسط الانتشار بالدقيقة الغروية الليوفيلية يلاشي إلى حد كبير الفرق بين معاملي انكسار المادة المنتشرة ووسط الانتشار. والجهاز المستعمل لرؤية هذه الظاهرة يعرف بفوق الميكروسكوب ، وبواسطته تظهر الدقائق كنقط مضيئة في وسط معتم.



شكل (1) ترتيب فوق الميكروسكوب Utramicroscope

4. خواص حركية Kinetic Properties

اكتشف العالم النباتي براون (منذ 100 عام تقريباً) أن حبوب اللقاح المعلقة في الماء تكون في حركة مستمرة وغير منتظمة ، وقد سميت هذه الحركة بالحركة البراونية (Brownian movement) نسبة إليه . وقد لوحظ أن هذه الحركة تظهر بوضوح في المحاليل الغروية عند رؤيتها بفوق الميكروسكوب ، كما أنها لا تعتمد على المؤثرات الخارجية.
ويمكن القول بأن الحركة البراونية ما هي إلا نتيجة طبيعية لمحصلة الصدمات المتتالية التي تتأثر بها الدقائق الغروية نتيجة لحركة جزئيات السائل الدائمة المستمرة . ومن الطبيعي أنه كلما ازداد حجم الدقيقة الغروية ، كلما كانت حركتها البراونية ضعيفة نتيجة لصدمات جزئيات السائل معها، وتبعاً لذلك فإن هذه الظاهرة تبدو أكثر وضوحاً في حالة الغرويات الليوفوبية عنها في الغرويات الليوفيلية ، نظراً لكبر حجم الدقائق في النوع الأخير.

5. خواص كهربية Electrical properties

نشأة الشحنة على السطح :

كما أوضحنا من قبل في هذا الباب ، فإن احدى الخواص المميزة للأجسام الغروية هي وجود شحنة على سطحها ، فإذا وضع صول هيدروفوبي تحت تأثير مجال كهربي ، فإن الجسيمات سوف تتحرك نحو أحد القطبين ، فيما يوضح أن الجسيمات الغروية مشحونة كهربياً بالنسبة للوسط الناشر . فبعض الجسيمات الغروية ، مثل جسيمات هيدروسول أكسيد الحديديك تكون موجبة الشحنة ، في حين أن غيرها مثل هيدروسول كبريتيد الزرنيخوز تكون سالبة الشحنة.وتكون

البروتينات وغيرها من الأنواع المماثلة مترددة (amphoteric) ، وقد تكون إما سالبة أو موجبة الشحنة ، اعتماداً على الأس الهيدروجيني (pH) للمحلول وبعض العوامل الاخرى.

وهناك طريقتان أساسيتان يمكن بواسطتهما أن يكتسب السطح شحنة:

<u>في العملية الأولى</u>

يكتسب الغروي شحنة عن طريق الامتزاز (adsorption) الاختياري للأيونات من المحلول التى تكون فيه الجسيمات معلقة .فمثلاً يفضل صول يوديد الفضة امتزاز أيونات اليوديد عن الأيونات الموجبة التي يكون أيون اليوديد مرتبطاً بها في المحلول.

<u>وفي العملية الثانية</u>

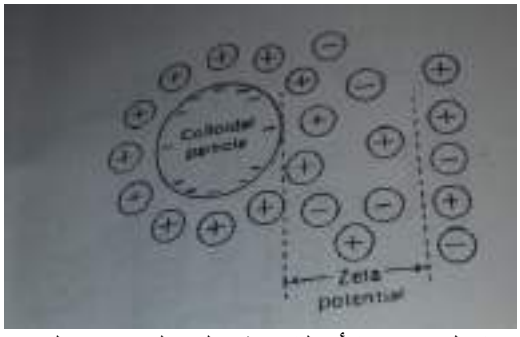
تنتج الشحنة من التأين المباشر للمجموعات السطحية على سطح الجسيمات ، وهذه حقيقة بالنسبة للبروتينات التي تعزي شحناتها إلى المدى الكبير لتأين الجزئيات عند سطح الجسيم الغروي ، فأحمر الكنجو (Congo Red) ومثله عديد من المواد الملونة الأخرى تكتسب شحنة عبر عملية من هذا النوع .

أولاً <u>: خاصية الامتزاز</u> Adsorption

تظهر خاصية الامتزاز بوضوح بالنسبة للغرويات ، نظراً للسطح الكبير الذي تتميز به ، فإذا كان لدينا مكعب طول ضلعه 1cm ، ومساحة سطحه $6cm^2$ ، فإنه إذا قسم هذا المكعب إلى مكعبات صغيرة طول ضلع كل منها 10 ميللي ميكرون ، فإن مساحة السطح سوف تقفز إلى $6x10^6\ cm^2$. وحينئذ سوف يكون الامتزاز كبيراً جداً بالنسبة للغرويات نظراً لكبر مساحة سطحها.

وقد لوحظ غالبا أن كميات صغيرة من الكتروليتات تكون ضرورية لثبات الأنظمة الغروية. وبذلك فإنه يبدو أن آثاراً من أيونات موجودة في الصول ،تكون مسئولة عن كل من الشحنة ، وثبات النظام الغروي. ويؤدي ذلك إلى الاقتراح بأت الشحنة تعزي إلى امتزاز أيونات من المحلول، ويصبح سطح الجسيمات مغطى بطبقة من الأيونات الممتزة، فمثلاً بالنسبة لصول هيدروكسيد الحديديك ، إذا وجدت زيادة من أيونات الحديديك Fe^{3+} في المحلول ، فإنها تمتز وتعطي جسيمات موجبة الشحنة. ولكن إذا فرض عند ظروف مناسبة ووجدت زيادة من أيونات OH^- فإنها تمتز ويصبح الصول سالب الكهربية .

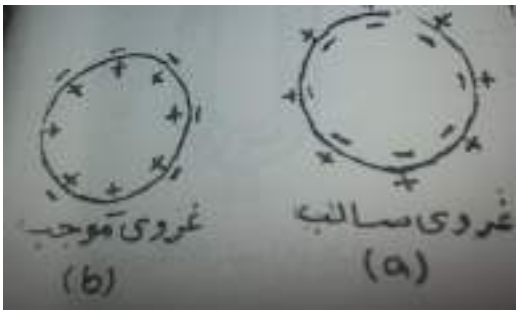
وبالرغم من أن نشأة الشحنة على جسيم الغروي لازال موضع بعض الشك ، إلا أنه يعتقد كخطوة أولى أن جسيمات الصول تكون مماهة بنوع ما نت غلاف كامل من جزئيات الماء وإن الأيونات ذات الشحنة المضادة والموجودة في المحلول سوف تجذب بواسطة الجسم الغروي ، وتنشأ طبقة كهربية مزدوجة كما هو موضح بالشكل (2) ويعتبرذلك مشابها للطبقة التي تحدث عندما يكون فلز في تلامس مع محلول أيوناته حيث ينشأ فرق في الجهد بين سطح الجسيم والمحلول



شكل (2) نشأة الشحنة على الجسيم الغروي

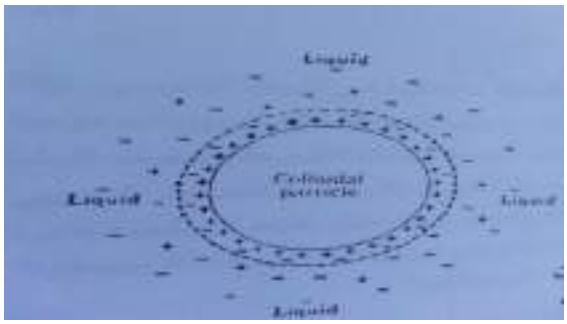
وتعرف بجهد زيتا (Zeta potential) وهو ذلك الجهد الذي يحدد سرعة الجسيمات كما أن وجود الطبقة الكهربية المزدوجة يهيئ الثبات لجسيمات الصول. وإذا احتوى محلول على أيونات يوديد ، وأيونات نترات ، وهما سالبان فإن أيون الفضة يمتز أيون اليوديد على سطحه ، مفصلا عن أيون النترات ، وذلك لأن يوديد الفضة أقل ذوبانية من نترات الفضة،والأيونات الممتزة على سطح الجسيم الغروي هي التي تكسبه تلك الشحنة الكهربية المتماثلة ، كما يعتمد نوع الشحنة على الإلكتروليت الموجود في المحلول بكمية زائدة.

فيوديد الفضة المحضر باضافة نترات الفضة إلى زيادة من يوديد البوتاسيوم سوف يحدث على سطحه امتزاز لأيونات I^- ، ويصبح سالب الشحنة . وحيث أن المحلول الغروي كوحدة يجب أن يكون متعادلا ، فإن أيون K^+ الموجب سوف يكيف نفسه في المحلول في مواجهة الأيون السالب الذي امتز على سطح الجسيم الغروي ويصبح وسط الانتشار موجب الشحنة ، ويمكن تمثيل الدقيقة الغروية بالصيغة



شكل (3)

$[AgI]I^-]K^+$ كما هو موضح بالشكل (3- a).أما إذا حضر يوديد الفضة بإضافة يوديد البوتاسيوم إلى زيادة من نترات الفضة ، فإن دقائقه الناتجة تكون موجبة الشحنة نظراً لإمتزاز أيونات الفضة على السطح ، بينما يصبح المحلول سالب الشحنة ، وتصبح الصورة النهائية للمحلول الغروي كما في شكل (3- b)ويمكن تمثيل الدقيقة في هذه الحالة هكذا $[AgI]Ag^+]NO_3^-$. وكما ذكر من قبل فإن وجود زيادة بسيطة من الالكتروليت يكون ضرورياً للحصول على محلول غروي ثابت ، فلو كانت كمية يوديد البوتاسيوم ، وكمية نترات الفضة في المحلول متكافئتين لترسب الغروي الناتج وتجلط وذلك لعدم وجود شحنة عليه (كما سوف نرى فيما بعد).



شكل (4) للطبقة الكهربية المزدوجة حول جسيم غروي

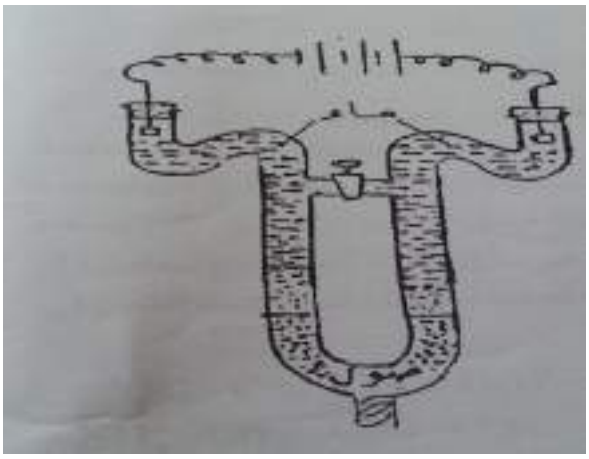
ويوضح شكل (4) مثالا لشحنة غروية مشحونة (انظر أيضا شكل 2) حيث تفسر الشحنة أساسا بحدوث امتزاز اختياري للأيونات الموجبة من المحلول ، ويوجد حول الجسيم تجمع من الأيونات السالبة وذلك بسبب التجاذب الكهروستاتيكي بين الطبقة المكونة من الأيونات الموجبة والأيونات السالبة في المحلول ويميل جزء من هذه الأيونات السالبة كما يوضحه الخط المتقطع ، إلى تكوين طبقة ثانية تبقى مثبته الى الجسيم الغروي ، وتكون هذه الطبقة منتشرة بطبيعتها إلى حد ما ، وهي تكون مع الطبقة الموجبة ما يعرف بالطبقة المزدوجة لهيلمهولتز (Helmholtz Double Layer) أما خارج الخط المتقطع فإن جميع الأيونات السالبة تكون

حرة الحركة وتكون غلافاً أيونياً مماثلاً لذلك الذي اقترحه " ديباي وهوكل" لكي يوجد حول الأيونات في المحلول الحقيقي.

وبسبب الشحنة السطحية فإنه يوجد فرق في الجهد بين الجسيم الغروي والمحلول ، والجزء من الجهد الذي يوجد بين الطبقة السالبة الثابتة والموضحة بالخط المتقطع والمحلول ككل تعرف بالجهد الالكتروكيناتيكي أو جهد زيتا (ξ Zeta Potential) ويكون هذا الجهد مسئولا إلى حد كبير عن الخواص الكهربية للأنظمة الغروية.

الا لكتروفوريز (Electrophoresis)

نظراً لأن الجسيمات الغروية تكون عادة مشحونة كهربياً ، فإنها تتحرك تحت تأثير مجال كهربي ،مثل ما تقوم به الأيونات بالضبط ، إذ تتحرك الجسيمات الغروية سالبة الشحنة نحو الآنود ، بينما تتحرك الجسيمات موجبة الشحنة نحو الكاثود وتعرف حركة الجسيمات الغروية تحت تأثير مجال كهربي بالالكتروفوريز ويمكن ملاحظة التحرك بواسطة الميكروسكوب أو بتحرك الحدود الغروية ، ويوضح الشكل (5) نموذجا للجهاز المستخدم لهذا الغرض ، وهو يركب من أنبوبة ذات شعبتين يوضع في الجزء الأسفل منها المحلول الغروي ويوضع فوقه باحتراس محلول الكتروليتي (أقل كثافة من المحلول الغروي وله تقريبا نفس درجة التوصيل) بشرط أن يكون الحد الفاصل بين المحلولين واضحاً.



شكل (5) جهاز الالكتروفوريز

وعند غلق الدائرة يلاحظ أن سطح الانفصال في احدى الشعبتين يرتفع ، بينما ينخفض في الاخرى دلالة على أن دقائق الغروي تتحرك كوحدة واحدة نحو أحد القطبين، دون الآخرى أي أنها مشحونة بشحنة كهربية موحدة .ويمكن حساب التناقص في الجهد بالفولت لكل سم من معرفة قيمة emf المؤثرة ، وأبعاد الجهاز .

وباجراء دراسة على الغرويات الليوفوبية ، وجد أن الغالبية العظمى لأنواع الصول المختلفة ، تكون سالبة الشحنة مثل الفلزات ، الكبريتيدات الفلزية ،الكبريت ، وطمي الكبريت ، فقد وجد مثلا أن الكبريت يتجه نحو القطب الموجب دلالة على أنه مشحون بشحنات سالبة .

أما صول أكسيد الحديديك وكذلك بعض الأصباغ (في الماء) فإنها تكون موجبة الشحنة ، حيث أنها تتجه نحو القطب السالب وتعرف سرعة الجسيمات تحت تأثي فرق في الجهد قدره 1 volt لكل سم بالحركة الالكتروفوريتية electrophoretic mobility وتقع قيمتها بالنسبة لغرويات الصول في الماء في المدى $2-4 \times 10^{-4}$ cm /sce .

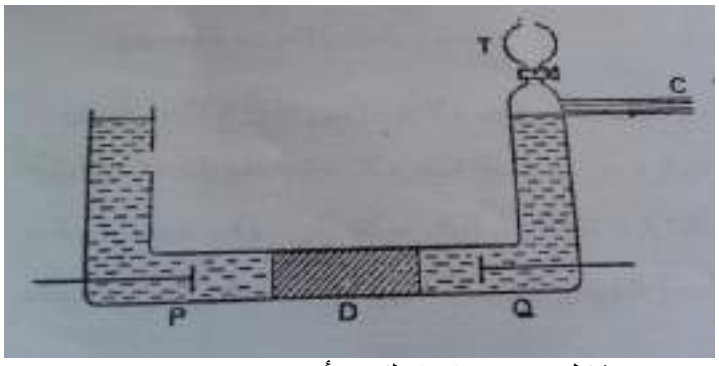
أما الغرويات الليوفوبية (المحبة للمذيب) فقد وجد أنها تسلك مسلك الغرويات الليوفوبية من حيث أنها تكون مشحونة بشحنة كهربية موحدة ، إلا أنه لوحظ أن شحنة بعض الغرويات مثل البروتينات تعتمد على الرقم الهيدروجيني للمحلول

.فهى عند رقم هيدروجيني معين تكون عديمة الشحنة ، ولا تتحرك دقائقها في المجال الكهربي ، وإذا أصبح الرقم الهيدروجيني أقل من ذلك الرقم المعين ، سوف تصبح دقائق البروتينات موجبة الشحنة، أما عند رقم هيدروجيني أعلى فإنها تصبح سالبة الشحنة ، ويعرف الرقم الهيدروجيني الذي تفقد عنده الغرويات شحنتها الكهربية بنقطة التعادل الكهربي (isoelectric point) وغالبا ما تستخدم الالكتروفورنر في تحليل خليط البروتينات ، أحماض النيوكلييك ...الخ . ومن سرعة الجسيم الغروي في مجال معلوم الشدة وبمعرفة شحنة الجسيم فإنه يمكن حساب كتلة الجسيم الغروي منفرداً.

الالكتروأسموز Electro-Osmosis

عند دراسة الالكتروفوريز ، إذا سمح لجسيمات الغروي بأن تبقى ساكنة في حين يسمح للوسط الناشر فقط بالتحرك ، فإن هذه الظاهرة تعرف بالالكترواسموز فبالاضافة إلى أن دقائق الغروي (الوسط المنتشر) تكون مشحونة كهربيا ، فإن الوسط الناشر في المحلول الغروي يكون أيضا مشحوناً كهربياً ويوضح الشكل (6) الجهاز المستخدم لهذا الغرض.

وهو يتكون من أنبوبة على شكل حرف U أحد أفرعها يمكن غلقه بصنبور ، كما أنه مزود بأنبوبة شعرية C ملحومة به ، D عبارة عن حاجز مسامي (Porous diaphragm) يقسم الغرفة الأساسية إلى قسمين ، ويوضع الكترود في كل قسم وكذلك كميات من الطور السائل . وعند تطبيق جهد كهربي على القطبين فإن الطور الصلب سوف لا يمكنه أن يتحرك ولكن يلاحظ انخفاض سطح السائل في أحد الفرعين الجانبيين ، وارتفاعه في الآخر T دلالة على تحرك الطور الناشر ، وكذلك على أنه مشحون بشحنة كهربية موحدة، كما يدل إتجاه تحرك الوسط الناشر على أن شحنته تخالف (تضاد) شحنة الطور المنتشر.



شكل (6) جهاز الالكتروأسموز

فالغرويات موجبة الشحنة يتحرك وسطها الناشر نحو القطب الموجب، دلالة على أنه سالب الشحنة والعكس صحيح.ويمكن قياس معدل تحرك الوسط الناشر بمعرفة معدل تحرك السائل في الأنبوبة الشعرية C.

ثانياً:تفكك المجموعات الحمضية أو القاعدية (المجموعات السطحية)

Dissociation Of Surface Groups

من المعلوم أن البروتينات تنتمي إلى تلك المجموعة من المواد المعروفة بالأمفوليتات ، وهذه المواد في الحالة غير المتفككة توجد على هيئة هجين أيونات، والتي قد تقوم بعملية التأين لتنتج إما أنيونات ، أو كاتيونات اعتمادا على ما إذا كانت تتعامل مع بروتون ، أو أيون هيدروكسيل . وتوضح المعادلات التالية كيف تحدث مثل هذه الحالات من التأين في محلول الجلايسين وهو حمض أميني بسيط.

$$NH_3^+\text{-}CH_2COO^- + H_3O^+ \leftrightharpoons NH_3^+\text{-}CH_2\text{-}COOH + H_2O \qquad (1)$$

$$NH_3^+\text{-}CH_2COO^- + OH^- \leftrightharpoons NH_2\text{-}CH_2\text{-}COO^- + H_2O \qquad (2)$$

ويمكن أن يحدث مثل هذا النوع من التفاعلات بالنسبة للبروتينات.

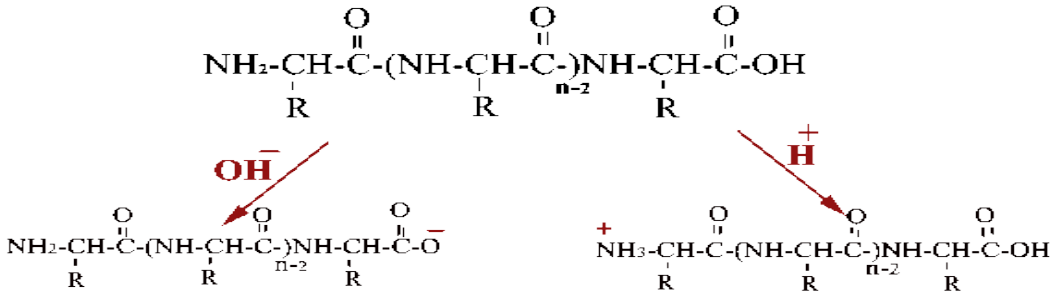
ففي المعادلة (1) يترك أيون الهيدروجين السطح إلى الماء ليصبح الماء موجب الشحنة .

والجزء المتبقي من الغروي يكون سالب الشحنة ولكن لا يبتعد أيون الهيدروجين كثيراً عن الجسم المتبقي بل يبقى قريبا منه ، نظرا للتجاذب الكهروستاتيكي بينه وبين المجموعة ($-COO^-$) الموجودة على السطح ، وبذلك تتكون طبقة هيلمهولتز الثنائية ، حيث تكون الدقيقة الغروية سالبة الشحنة ووسط الانتشار موجب الشحنة.

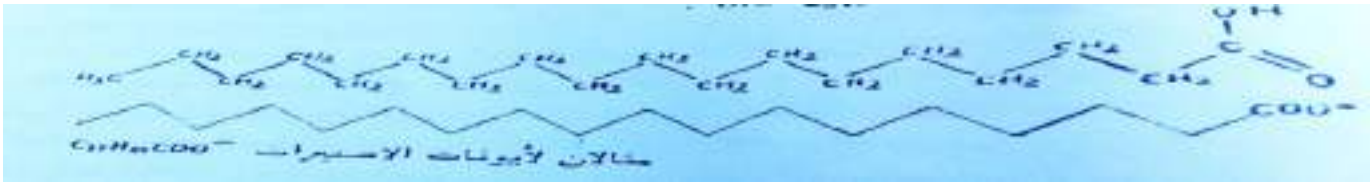
وفي المعادلة (2) تتفاعل المجموعة ($-NH_2$) مع الماء لتنتزع منه أيون الهيدروجين ، وتصبح دقيقة الغروي موجبة الشحنة والوسط الناشئ سالب الشحنة . واذا كان المحلول حمضياً أي كان الرقم الهيدروجيني للمحلول منخفضاً ، فإن دقائق البروتينات التي يشتمل سطحها على المجموعتين المذكورتين معا ، سوف تتأين طبقا للمعادلة (1) تأيناً قليلا ويزداد التأين طبقا للمعادلة (2) (بتأثير الأيون المشترك) وتصبح دقيقة البروتين موجبة الشحنة.

أما إذا كان المحلول قاعدياً (حيث يكون الرقم الهيدروجيني للمحلول عاليا) فإن العكس سوف يحدث ، وتصبح دقيقة البروتين سالبة الشحنة.

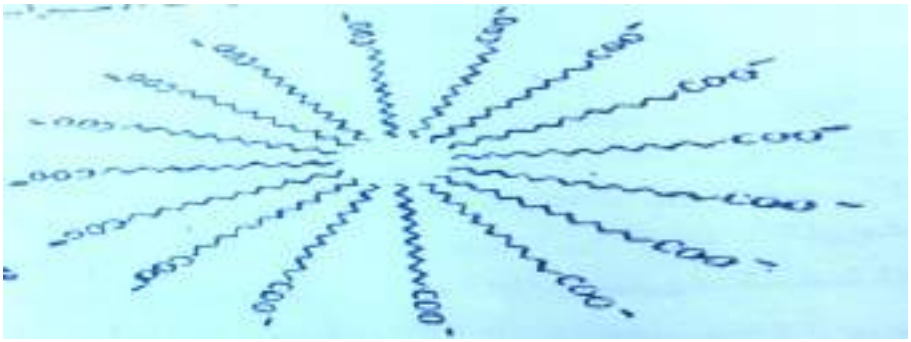
وعند رقم هيدروجيني معين يكون التأين الأول مساويا للتأين الثاني ويصبح البروتين غير مشحون ، ويحدث هذا الوضع عند نقطة التعادل الكهربي ، وتعتبر قيمة نقطة التعادل الكهربي ذات أهمية بالغة في كيمياء البروتينات ، حيث تكون البروتينات في أدنى حالات الثبات . وحينئذ فإنها تتجمع بسهولة عند هذا الرقم الهيدروجيني وقيمته بالنسبة لصفار البيض 4.8 ، وللهيموجلوبين 6.8 .مثال أخر كالتالي:



وتعتبر محاليل الصابون ، والمنظفات الصناعية صولات . ومن أنواع الصابون : استيارات الصوديوم ، وأيون الاستيارات عبارة عن سلسلة هيدروكربونية طويلة ، ومتأينة عند أحد طرفيها . ويعرف الطرف المتأين $-COO^-$ بالطرف الكاربوكسيلي وهو محب للماء وبذلك فإنها تطرد جزئيات الماء القطبية



وحينما تمزج استيارات الصوديوم بالماء ، فإن أيون الاستيارات يكون على هيئة أجسام صغيرة طرفها الكاربوكسيلي متجه نحو الخارج في حين يتجه الطرف الهيدروكربوني نحو المركز ، كما هو موضح بالشكل (7).وقد يتجمع 100 جزيء في هذا التجمع الذي يعرف بالجزيء الغروي (micelle) ، وعموما فإ المنظفات الصناعية الحديثة مثل كبريتات لوريل الصوديوم مثلها مثل الصابون لها سلسلة هيدروكربونية غير قطبية ، متصلة فيما بينها بجزء أيوني أوقطبي يميل إلى تكوين تجمعات



شكل (7) تجمع كروي لأيونات الأستيرات يعرف بالجزيء الغروي (الميسيل).

والناتج هو انتشار غروي .

طرق تحضير المحاليل الغروية

بعض المواد تكون محاليل غروية مجرد تسخينها في وسط إنتشار مناسب . ومن أمثلة هذه المواد الجيلاتين ، والنشا في الماء ، والكاوتشوك في البنزين . ويلاحظ أن هذه المواد تكون غرويا ليوفيليا (أي محب للمذيب أيا كان ذلك المذيب) ولكن لا يمكن تحضير محاليل الغرويات الليوفوبية (الكارهة للمذيب) إلا بطرق خاصة وحيث أن أحجام الدقائق الغروية تقع وسطا بين أحجام جزئيات المحاليل الحقيقية ودقائق المعلقات ، فإن هناك طريقتين لتحضير الغرويات .

1.طرق تعتمد على تفتيت المادة حتى تصبح حجم دقائقها في النطاق الغروي ، وتسمى بطرق الانتشار .

2.طرق تعتمد على تجميع جزئيات المحاليل الحقيقية ، حتى تكبر ويصبح حجمها في النطاق الغروي (وذلك من الأيونات والجزئيات)، وتعرف بطريقة التجميع أو التكثيف.

وسوف تناقش فيما يلي بعض الطرق الخاصة بكل نوع .

أولاً: طرق الإنتشار Dispersion Methods

1. الطريقة الميكانيكية :

في هذه الحالة تطحن المادة حتى يصل حجم جسيماتها إلى الحجم الخاص بالغروي ، وذلك في آلات خاصة تعرف بالمطاحن الغروية (colloid mill). وهي تستخدم في تحضير عديد من المنتجات المستخدمة في الصناعة ، وفي المعامل ، مثل الصبغات المستخدمة في تلوين البويات بالألوان المختلفة حيث تكون معلقاً من الغروي في مادة ناشرة مثل زيت بذر الكتان.

2. الطريقة الكهربية:

تجرى هذه العملية في خلية تحليل كهربي ، حيث يكون الكاثود من نفس نوع الفلز المراد إنتشاره ، والالكتروليت عبارة عن محلول هيدروكسيد الصوديوم ، ويمرر في المحلول تيار كهربي عالي الشدة . وفي مثل هذه الخلية يتحرر الصوديوم عند الكاثود ويكون مملغماً مع الفلز .ويتفاعل الصوديوم في هذا المملغم مع الماء بسرعة في المحلول وبذلك سوف ينتشر الفلز في الحالة الغروية في المحلول الالكتروليتي.

3. الببتنه Peptization (أو التجزئ) :

وهي عملية يمكن بواستها تحويل المادة من حالة غير غروية إلى حالة غروية ، ويكون هذ ا التعريف محددا إلى عملية تتفتت فيها المادة إلى جسيمات ذات حجم غروي بتأثير مذيب أو أي مادة مضافة ، تعرف بالعامل المجزئ.(**Peptizing agent**) وتعتمد الببتنه بصفة عامة على إمتزاز الوسط الناشر بواسطة الصنف المنتشر ، وهذا ممكن الحدوث في حالة المواد التي تكون صولا محبا للمذيب (lyophilic sol). فالنشا ، والدكسترين ، والآجار والصابون تمتز بسهولة بواسطة الماء ، فحيث أنها محبة للماء ، فإنها سوف تمتز الماء بسهولة .

ونترات السيليلوز ليوفيلي أي محب للمذيب بالنسبة لعدد من المذيبات العضوية ، مثل خلات الأميل ، والأسيتون ، وفي هذه الأمثلة يكون المذيب نفسه هو عامل الإمتزاز .

ويحضر مصل الدم المخفف (أو البلازما) بازالة كرات الدم ،وبعض مواد أخرى معينة من الدم ككل ، ثم يجهز لعملية النقل من شخص لآخر بعد عملية الببتنه بواسطة الماء.

وهناك بعض المواد مثل كلوريد الفضة ، وكثير من الأملاح والأكاسيد والتي تجرى لها عملية الببتنه بواسطة أيونات ممتزة ، والطريقة العامة لتحضير الصولات بهذه العملية تتلخص في ترسيبها في حالة تكون فيها غرويه إلى حد ما ، ثم يغسل الراسب ويعامل بالالكتروليت الملائم (مثل رج راسب كلوريد الفضة المحضر حديثاً مع محلول مخفف جداً من حمض الهيدروكلوريك). وبصفة عامة لوحظ أن وجود أيون مشترك يشجع تكوين الغرويات ، فهيدروكسيدات الأقلاء تساعد على تكوين غرويات من هيدروكسيدات الفلزات ، ويساعد كبريتيد الهيدروجين على تكوين غرويات الكبريتيدات .

ويرتبط فعل الأيون المشترك بخاصية الإمتزاز ، وسوف يرد ذكرها فيما بعد ، ويعرف الأيون المشترك في هذه الحالة بعامل الببتنة (أو العامل المجزئ)، واعتماداً على نوع الأيون الذي يمتز إختيارياً ، فإن الغروي الناتج سوف يكون إما موجب أو سالب الشحنة.

4.الموجات فوق السمعية Ultrasonic Waves

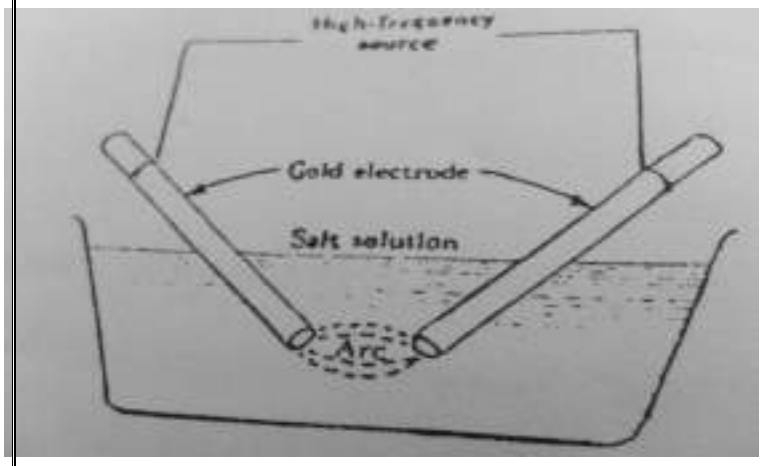
وهي موجات صوتية ذات ذبذبة عالية لا يمكن للأذن الإحساس بها ، ولها طاقة ميكانيكية عالية تمكنها من تفتيت المادة إلى دقائق يقع حجمها في النطاق الغروي.

ثانياً : طرق التكثيف :

1.طريقة القوس الكهربى Arc Process

وفي هذه العملية يمر تيار عالي التردد بين قطبين فلزين في مذيب مناسب ، ويوضح الشكل (8)

طريقة تحضير صول الذهب في الماء ، وتؤدي الحرارة العالية للقوس إلى تبخر الفلز الذي يتكثف في المحلول إلى جسيمات ذات حجم غروي، ويعتبر وجود آثار من هيدروكسيد الصوديوم أو كربونات البوتاسيوم ضرورياً ، بالنسبة لثبات الغروي المنتشر ، ويبرد الوعاء في الثلج .



شكل (8)انتاج غروي الذهب بطريقة القوس الكهربي.

2. تكوين الغروي عن طريق التفاعلات فى محاليل.

يمكن استخدام العديد من التفاعلات في محاليل لإنتاج معلقات غروية ، ويمكن توضيح الطريقة العامة بمناقشة

بعض الأمثلة :

1-الاختزال :

يجب أن يكون عامل الاختزال ، لا إلكتروليتاً، مثل الهيدروجين ، وأول أكسيد الكربون ، والفورمالدهيد ، والهيدرازين ....الخ ، فقد أمكن تحضير بعض المحاليل الغروية للفلزات بإختزال محاليل أملاحها أو أكاسيدها القابلة للذوبان ، وهي

تستخدم في تحضير الذهب ، الفضة ، والبلاتين ، كما وجد أن كمية صغيرة من الصمغ العربي في المحلول تساعد على ثبات المحلول الغروي وعدم تجلطه.

2- الأكسدة:

إذ يتعكر محلول كبريتيد الهيدروجين ،نتيجة لانفصال الكبريت في الحالة الغروية ، عند تعريض محلول كبريتيد الهيدروجين للهواء الجوي لفترة طويلة ، وذلك لتأكسده بأكسجين الجو ، وعند إمرار كبريتيد الهيدروجين في محلول ثاني أكسيد الكبريت في الماء ، حتى تزول رائحة ثاني أكسيد الكبريت ، يترسب صول الكبريت طبقاً للتفاعل: $2\ H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$

3- التحلل المائي Hydrolysis :

تستخدم هذه الطريقة في تحضير صول الأكسيد ، أو هيدروكسيد .إذ يمكن تحضير صول أكسيد الحديد (III) بصب محلول كلوريد الحديد (III) في حجم كبير من الماء المغلي (أو يغلي المحلول لمدة طويلة)، ويتغير لون كلوريد الحديد (III) من الأصفر الفاتح ، إلى البني المشوب بحمرة ، وذلك لتكون محلول غروي من هيدروكسيد الحديد (III)

طبقاً للتفاعل : $3\ FeCl_3 + 3H_2O = Fe_2O_3.3H_2O + 6\ HCl$

4-التبادل المزدوج: (double decomposition) :

إذا أمر غاز كبريتيد الهيدروجين في محلول محمض لملح الزرنيخوز، يتكون راسب كبريتيد الزرنيخوز .أما إذا أمر غاز H_2S في محلول بارد غير محمض ، فإننا نحصل على محلول غروي مائل للصفره من صول كبريتيد الزرنيخوز في الماء ، ولا تحجزه ورقة الترشيح العادية.

كما يتكون صول كبريتيد الزرنيخوز إذا خلط محلول H_2S مع أكسيد زرنيخوز.

$$2As^{3+} + 3S^{2-} = As_2S_3\ (s)$$

وإذا أضيف محلول نترات الفضة إلى محلول مخفف جدا لكلوريد ، سوف يصبح اً لمحلول مغيما دون أن يحدث راسب

$$Ag^+I + Cl^- = AgCl_{(s)}$$

كما أنه إذا أضيف محلول مخفف جداً من حمض الهيدروكلوريك إلى محلول مخفف جداً من ثيوكبريتات الصوديوم ينتج محلول غروي من الكبريت .

ومن الجدير بالذكر أنه يجب أن يكون المحلول الآخر الناتج الكتروليتا ضعيفا ، وذلك لأن الإلكتروليتات القوية تعمل على تجلط المحلول الغروي .

4-تبادل المذيب :

إذا كانت مادة A قابلة للذوبان في مذيب B، ولكنها غير قابلة للذوبان في مذيب آخر C ، فإن محلولاً غروياً للمادة A سوف يتكون إذا أضيف محلول A في B، إلى كمية زائدة من C، بحيث يكون B ، C تامي الإمتزاج ، وحينئذ يتكثف A إلى جسيمات ذات حجم غروي. وقد تتكون جسيمات ذات حجم غروي من المذاب عندما ينفصل ذلك المذاب بتأثير إضافة ملح قابل للذوبان في المذيب (salting out). فإذا أضيف الإيثانول إلى محلول أسيتات الكالسيوم في الماء ، سوف يتكون جيلي جامد إلى حد ما . وهذا الجيلي يشتمل على الكحول المضاف الذي يستخدم كوقود، وتستخدم هذه الطريقة صناعياً في إنتاج الكحول الجاف، أو الحرارة المعبأة. وكذلك الحال نجد أن الفوسفور أو الكبريت مثلاً قابل للذوبان في الكحول ولكنه لا يذوب في الماء، فإذا أضيف محلول حقيقي من الكبريت في الكحول إلى كمية كبيرة من الماء ، سوف يحدث تبادل للمذيب ونحصل على محلول غروي من الكبريت في الماء.

تنقية المحاليل الغروية Purification of Colloidal Solutions

كما هو موضح في آخر هذا الجزء ، فإن وجود إلكتروليتات في المعلق الغروي يميل إلى ترسيب الغروي ، ولكي يمكن الحصول على صول ثابت ، فإنه من الضروري إزالة الأيونات كلما أمكن ذلك . ويمكن تحقيق تنقية الصول من الأيونات الموجودة بطريقتين أساسيتين هما فوق الترشيح (ultrafiltration) والديناليز(dialysis)، وتعرف بطريقة الفصل الغشائي .

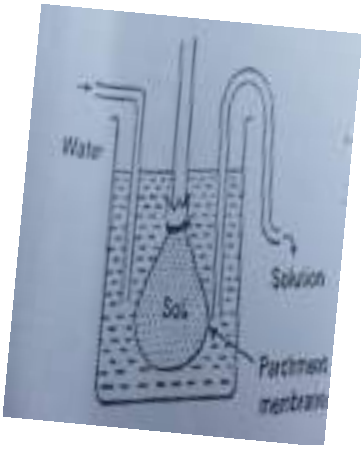
(أ)طريقة فوق الترشيح (Ultrafiltration)

بالرغم من أنه لا يمكن فصل الجسيمات الغروية بالطرق العادية ، إلا أنه يمكن فصلها بطريقة فوق الترشيح .وعملية فوق الترشيح هي عملية فصل الجسيمات الغروية من المذيب والمواد الأخرى المذابة الموجودة بإستخدام مرشحات محضرة بطرق خاصة، والتي لها القدرة على إنفاذ جميع المواد الموجودة ماعدا الجسيمات الغروية ، وتعرف بفوق المرشحات (ultrafilters) ويوجد منها أنواع عديدة .

فمرشحات باستير المحضرة من البورسيلين غير اللامع يمكن إستعمالها في فصل البكتريا، وتستخدم مرشحات بتشهولد (Bechhold filters) على نطاق واسع في الأغراض البيولوجية ، وهي تحضر من غمر ألواح القماش أو الورق في النيترو سيليلوز، ويستخدم الضغط أو الشفط (suction) غالباً في إسراع عملية فوق الترشيح ، والمثل البيولوجي لفوق الترشيح هو فصل الماء وكذلك المواد الأخرى من الدم.

(ب) طريقة الفصل الغشائي (Dialysis)

نظراً لحجمها الكبير نسبياً ، فإن جسيمات الغروي تكون قليلة الحركة من نفسها ، بينما يكون لجسيمات المواد الذائبة في محلول (وهي جزئيات أو أيونات أصغر في الحجم) قابلية للحركة من نفسها وبذلك فإن جسيمات المذاب سوف تنتشر بسرعة أكبر ، بينما يكون معدل انتشار الجسيمات الغروية مهملاً.



والديالیز هي عملية إزالة مادة ذائبة من نظام غروي بواسطة الانتشار عبر غشاء مناسب

ويوضح الشكل (9) أحد أنواع الأجهزة البسيطة المستخدمة لإجراء عملية الديالیز ،

الذي يشتمل على غشاء أو كيس يوضع به النظام الغروي ، ويتكون الغشاء من الكلوديون

أو بعض أنواع الأغشية الحيوانية ، أو السيلوفان أو النيتروسيليلوز ، شكل (9) جهاز ديالیز بسيط

أو أي مادة أخرى مشابهة .وهذا الغشاء منفذ للأيونات ، وبعض المواد الأخرى الذائبة والموجودة في المحلول ، ولكنه غير منفذ للجسيمات الغروية.

ويمرر الماء النقي باستمرار في الوعاء المعلق فيه الكيس ، وذلك لأن معدل انتشار الالكتروليت خلال الغشاء ، سوف يعتمد على الفرق في تركيزي الأيونات على جانبي الغشاء، ويمكنه إسراع تلك العملية بالتسخين الملائم للمحلول .

ويمكن أيضاً إسراع عملية الديالیز ، وتطويرها. بتطبيق مجال كهربي وتعرف العملية حينئذ

بالإلكتروديالیز (Electrodialysis) كماهو موضح بالشكل (10) حيث يوضع المحلول الغروي

ومعه الالكتروليت الغير مرغوب فيه بين غشائي الديالیز (في المنطقة الوسطى)، ويوضع ماء نقي

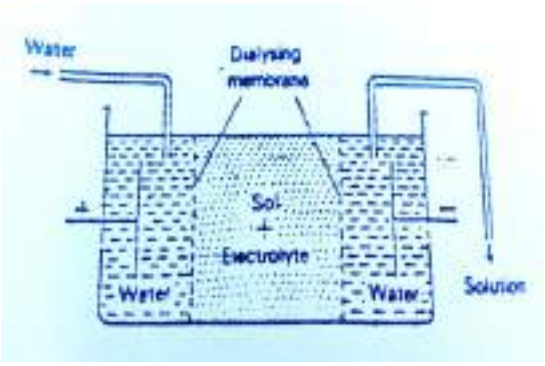
في الغرفتين الموجودتين على الجانبين ، ويفصل

المنطقة الوسطى عنهما غشاءا الديالیز ، وعند تطبيق جهد عالي ، فإن التيار الكهربي المار

القطبين ، سوف يعمل على توجيه أيونات الإلكتروليت الموجودة مع

الغروي إلى منطقتي المهبط والمصعد داخل الغرف الموجودة بها الماء

تاركة الغروي في حالة نقية .



شكل (10) جهاز الالكتروديالیز

ثبات المحاليل الغروية وتجلطها Stability and Coagulation

المحلول الغروي الثابت هو الذي يبقى حجم دقائقه في النطاق الغروي أطول وقت ممكن .أما الغروي غير الثابت فهو الذي تتجمع دقائقه في وقت قصير إلى دقائق أكبر تخرجه عن نطاق الغرويات إلى نطاق المعلقات الخشنة (coarse suspensions).

ويعزي ثبات المحاليل الغروية الليوفوبية إلى وجود الشحنات الكهربية المتماثلة حول دقائقها مما يؤدي إلى تنافرها ووجود كل منها على حده.

أما الغرويات الليوفيلية ، فإنه بالاضافة إلى شحنتها تحيط الدقائق نفسها بطبقة من المذيب تعمل كحائل كبير يمنع ارتطامها ببعضها ويجعلها أكثر ثباتاً من الغرويات الليوفوبية ، ويمكن أن تتجلط الغرويات الليوفوبية بفقدها لشحنتها ، وذلك بإضافة زيادة من المحاليل الالكتروليتية إليها . فبالرغم من أن وجود الالكتروليتات بكميات صغيرة ضروري للحصول على دقائق غروية مشحونة (أي ثابتة) ، إلا أن وجودها بنسبة كبيرة يؤدي الي تعادل شحنة الدقائق بواسطة الأيونات المخالفة لها في الشحنة.

وقد توصل هاردي وشولز (Hard and Schulz) إلى أن الأيون الفعال بالنسبة لترسيب الغروي أو تجلطه ، هو ذلك الأيون ذو الشحنة المضادة لشحنة الدقيقة الغروية .كما أن الأيونات عديدة التكافؤ ، تكون أكثر فعالية في احداث تجلط الغرويات ، بالمقارنة بالغرويات أحادية التكافؤ ومن الأمثلة العملية ، استعمال الشب أو كلوريد الحديديك في إيقاف نزيف الدم ، فالدم غروي سالب الشحنة في حين تكون أيونات الألومنيوم الموجودة في الشب وكذلك أيونات الحديديك في $FeCl_3$ موجبة الشحنة وهي لذلك مجلطة للدم .

وهكذا رأينا أنه يمكن ترسيب غروي من محلول بإضافة محلول غروي آخر مضاد له في الشحنة ، فعند إضافة غروي كبريتيد الزرنيخوز السالب إلى غروي هيدروكسيد الحديديك الموجب ، سوف يترسب الأخير ، كما أنه عند خلط نوعين مختلفين من حبر الكتابة (وهي عادة غرويات هيدروفوبية) ، سوف يحدث ترسيب . وأحيانا يحدث ترسيب معلق غروي بطرق فيزيائية ، مثل تحريك الصول ، أو رجه أو غليانه أو تبريده إلى نقطة التجمد .

وإذا أضيف غروي عضوي ثابت ليوفيلي مثل الجيلاتين إلى صول فلز، فإن الأخير ليوفوبي فإن الأخير سوف لا يترسب عند إضافة إلكتروليت إليه وينتج عن إضافة مادة ليوفيلية إلى صول ليوفوبي أن يصبح الأخير أقل حساسية بالنسبة للتأثير الترسيبي لالكتروليت ، وتشتمل المواد التي تستعمل عادة كغرويات واقية على الجيلاتين ، الالبيومين ، الآجار ، والكازين ، والصمغ العربي ، والغراء والنشا ويتلخص فعلها **كغرويات واقية (protective colloids)** في أنها تحيط بالغروي الليوفوبي على هيئة سياج يمنعه من التجلط السريع ، وبذلك يصبح صول الذهب وغيره لفلزات أخرى ، وكذلك الأصباغ والأحبار ثابتة جدا في وجود بعض المواد التي تعرف **بالمثبتات** (stabilizers) ومن المحتمل بالنسبة لبعض المكونات في الدم شحيحة الذوبان مثل فوسفات الكالسيوم ، أن تبقى عالقة على هيئة معلق نتيجة للتأثير الواقي للبروتينات في الدم .

وقد أدخل زيجموندي (Zsigmondy) تعبير **العدد الذهبي (gold number)** لقياس الفعل الواقي للغرويات . وان عدد الميللجرامات من الغروي الواقي ، الذي يمنع بالكاد تغير اللون ، عندما يضاف 1ml من محلول قياسي لملح إلى 10 ml من محلول غروي ، يعرف بالعدد الذهبي .كما استخدم أيضا مقلوب العدد الذهبي للتعبير المباشر عما يعرف بالنسبة الواقية ، وتعتبر ظاهرة الفعل الوقائي هامة جدا فهي تساعد على إمكانية حفظ الغرويات لمدة طويلة ، دون أن تحدث تغيرات تلقائية . وقد أمكن كاري لي (Carey Lea) تحضير صول الفضة باختزال نترات الفضة بواسطة مخاليط من كبريتات الحديدوز وسترات الصوديوم وهو يحتوي 99% فضة ويستخدم في الطب .

كما أنه عند تحضير الكريم الثلجي (ice cream) يضاف قليل من الجيلاتين الغروي كعامل واقي يكسب الكريم نعومة القوام .وبجانب العدد الذهبي يستخدم أيضا العدد الحديدي (Iron number) وغيره.

ولكن بالنسبة لتجلط الغرويات الليوفيلية فإنه لا بد من التخلص من شحنتها ، وكذلك من طبقة السائل المتصقة بها ، إذا أن إزالة الشحنة فقط لا يؤدي إلي حدوث تجلط للغروي الليوفيلي . ويمكن أن يحدث تجلط الغروي الليوفيلي بإضافة كميات كبيرة من الكتروليت (أكبر بكثير من تلك اللازمة لترسيب الغروي الهيدروفوبي). ويكون لأيونات الالكتروليت حينئذ فعل مزدوج ، فنظرا لميلها للهيدره (hydration) ، فإنها تنتزع الماء من حول الغروي ثم يحدث ترسيبه ، ويمكن كذلك ترسيبها على خطوتين وذلك بأن يضاف إليها أولا مذيب عضوي تام الامتزاج مع الماء مثل الكحول ، الذي ينتزع الماء الملاصق للدقائق الغروية ، ويتركها عارية شبيهة بغروي ليوفوبي مشحون والذي يمكن ترسيبه بازالة شحنته عن طريق إضافة كمية صغيرة من إلكتروليت إليه.

المستحلبات Emulsions

المستحلب عبارة عن معلق سائل في آخر - أو عبارة عن قطرات صغيرة لسائل متناثرة داخل آخر لا يمتزج معه . والمستحلبات شائعة في الطبيعة – ومن أمثلتها اللبن والمايونيز . وفي معظم المستحلبات يكون أحد السائلين هو الماء والآخر – سائل آخر عديم الامتزاج بالماء مثل الزيت أو الدهن . وفي أغلب الأحيان إذا كان تركيز السائل المنتشر أكثر من 1.0% فإن المستحلب لا يكون ثابتا حيث تلتصق القطرات الصغيرة لتكون قطرات أكبر – وهذه تتجمع إلى أكبر منها ، حتى ينفصل المستحلب إلى طريقتين .

ولكي يمكن الحصول على مستحلب ثابت ،لابد من وجود جسم ثالث يكون غشاء حول القطيرات الصغيرة ، بحيث يمنع التصاقها ببعضها البعض ويعرف هذا الجسم الثالث **بعامل الاستحلاب** (emulsifying agent) . وفي أغلب المستحلبات يكون قطر القطيرات الصغيرة أكبر من 10^{-5}cm والذي يعتبر الحد الأعلى بالنسبة للمحلول الغروي.

وعلى الرغم من ذلك ، فإنه يمكن اعتبار أن المستحلبات – محاليل غروية وذلك لأن عامل الاستحلاب يقلل التوتر بين السطحي . ومعظم عوامل الاستحلاب الشائعة هي الصابون ، مركبات حمض السلفونيك طويلة السلسلة وكبريتاتها وهي تميز كمنظفات (detergents) ويعزي الفعل التنظيفي للصابون الى تكوينه مستحلبا مع الزيوت ، والشحوم والماء ،

وعادة ما تكون المستحلبات قاتمة اللون نظرا لإختلاف معامل الانكسار بين السائلين كما أن قطيرات المستحلبات غالبا ما تكون سالبة الشحنة.

كما يمكن تكسير المستحلبات إلى طبقتين لسائلين منفصلين بعملية تعرف بإزالة الاستحلاب (demulsification) ، مثل عملية تحويل الكريم إلى زبدة بالرج ، ومن تعريف **المستحلب يمكن القول بأن هناك نوعين منها :**

- الماء منتشرا في سائل غير مائي water in oil
- وسائل غير مائي منتشرا في الماء oil in water .

تحضير المستحلبات بطريقتين

الطريقة الأمريكية: فيها يتشرب عامل الاستحلاب بالماء ثم يمزج بالسائل غير المائي.

أما **الطريقة الأوروبية** : فيطحن الصمغ الصلب مع السائل غير المائي ثم يضاف الماء بكمية تكفي لعمل المستحلب دفعة واحدة ، وللحصول على صنف منتشر دقيق في الصنف الآخر ينقل الخليط إلى زجاجة بصفة غير منتظمة مع الرج المستمر مما يسبب تفتيت الوسط المنتشر إلى نقط صغيرة لا تعوق عملية الاستحلاب ، وعلى العموم فإن عامل الاستحلاب 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 ، فمثلا يكون الصابون القلوي (الصوديومي) مستحلبات ثابتة من سائل غير مائي في الماء ولكنه لا يكون مستحلبا مائيا في سائل غير مائي ، بينما يكون الصابون الأرضي (كالسيومي) مستحلبا ثابتا من الماء في سائل غير مائي ، ومستحلب غير ثابت من سائل غير مائي في الماء .

نظرية الاستحلاب

نظرية التوتر المزدوج للسطح الداخلي: افترض " كونيك ودونان" أن عامل الاستحلاب يخفض توتر السطح الداخلي بين السائلين وذلك عن طريق تركيزه عند هذا السطح.

وقد طور" با نكروفت " هذا الرأي لتفسير تكوين نوعين من المستحلبات . فطبقا لنظرية التوتر المزدوج للسطح الداخلي يكون عامل الاستحلاب غشاء يبلغ سمكه 3 جزئيات على الأقل : جزئ من الماء ، وجزئ من عامل الاستحلاب ، وجزئ من سائل غير مائي . ولهذا الغشاء سطحان واحد ناحية الماء ، الثاني ناحية السائل الأخر ، فإذا كان التوتر بين السطحي عند خط الانفصال بين الماء ، وعامل الاستحلاب أقل منه عند خط الانفصال بين السائل غير المائي ، وعامل الاستحلاب ، فإن الغشاء ينحني بحيث يكون محدبا ناحية الماء ويتكون المستحلب من السائل غير المائي في الماء .

وبالعكس فإنه إذا كان التوتر السطحي عند خط الانفصال بين الماء وعامل الاستحلاب أكبر منه بين السائل غير المائي وعامل الاستحلاب ، فإن الغشاء يكون مقعرا ناحية الماء ، ويتكون المستحلب من الماء في السائل غير المائي.

وتطبيقا لهذه النظرية فإنه عند إضافة نقطة من زيت الزيتون فوق محلول صابون صوديومي فإنها تقف رأسيا ، لأن الزيت يميل لتكوين المستحلب ، بينما إذا أضيفت نفس النقطة فوق محلول صابون كالسيومي فإنها تنتشر على السطح وتستحلب الماء.

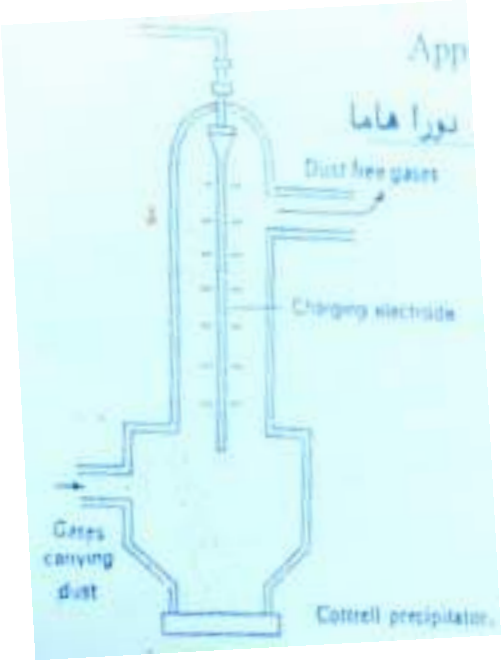
أمثلة للمستحلبات :

1. اللبن مستحلب من دهن الزبد في الماء ، ويقوم الكازين بدور عامل الاستحلاب ، فعندما يتخمر اللبن يتكون حمض اللبنيك الذي يجلط الكازين ، ويتجمع دهن في كتل كبيرة.
2. تحضر أغلب المواد المطهرة من الكريزول المستحلب في الماء ، وذلك بإضافة نسبة معينة من الصابون كعامل استحلاب.

تطبيقات الغرويات Application Of Colloids

هناك عدد من العمليات الهامة التي تلعب فيها الغرويات دورا هاما

(أ)وأحد التطبيقات المفيدة جدا هي **ترسيب كوتريل** (Cotrell precipitation) كعملية تنقية للدخان الصناعي . فالهواء الموجود قرب المصانع يكون غالبا ملوثا بالدخان ، والغازات الناتجة من العمليات الصناعية. ويكون الدخان محملا بجسيمات غروية مثل غبار الأسمنت ، مركبات الزرنيخ ،بودرة فلزية وهي تتسبب في حجب الرؤية . وغالبا تكون سامة وتؤدي إلى حدوث تلوث في المدن



كما أنها مسئولة عن حدوث خسائر إقتصادية

بالنسبة للإنتاج النباتي والحيواني، وصحة الانسان

نظرا لتأثيرها على العمليات البيولوجية والكيميائية.

فائدة مرسب كوتريل هي إزاحة الجسيمات الغروية من تيار الهواء ، والغازات عن طريق الترسيب الكهربي

حيث تمرر الغازات فوق أسلاك مزودة بجهد عالي ،

وتكتسب الجسيمات المعلقة شحنة كهربية وتنجذب الجسيمات

شكل (11) مرسب كوتريل

المشحونة نحو الأقطاب ويجرى فصلها بالطرق الميكانيكية (شكل (11) مما يقلل تلوث الهواء إلى حد كبير.

(2) يستفاد في **عملية دباغة الجلود من الخواص الغروية** ، فالجلود الخام تشتمل على جزيئات عملاقة مرتبة على هيئة الياف طويلة ملتفةعلى بعضها وتشتمل مواد الدباغة على التانين ، ومركبات الكروم والالومنيوم وجميعها تكون في حالة غروية . وإن جزئيات الأنسجة البروتينية موجبة الشحنة تمتص الشحنات السالبة من المكونات الفلزية.

(3) في **عمليات تلوين المنسوجات** ، تستخدم غرويات تعرف بمرشحات الألوان (mordants) لتثبيت الألوان .

(4) في **عمليات تنقية المياه** ، تضاف كبريتات الألومنيوم والجير على هيئة راسب متلبد flucculant (precipitate) من هيدروكسيد الألومنيوم . ويقوم هذا الراسب بامتزاز جسيمات دقيقة جدا من الطمي ، أو أي جسيمات أخرى معلقة، ويحملها معها إلى صهاريج الترسيب ،أو الأحواض ويمكن تمثيل التفاعل بالمعادلة التالية

$$Al_2(SO_4)_3 + 2\ Ca(OH)_2 = 2Al(OH)_3 \downarrow + 3CaSO_4$$

(5) **تتكون دلتا الأنهارمن رواسب هائلة من الطمي عند مصب النهر** ، بتأثير الفعل الغروي .

(6) يعزي **الفعل التنظيفي للمنظفات** إلى خواص المستحلبات ، فالمنظفات تكون مستحلبات مع الزيوت وجسيمات القازورات في الماء كما سبق شرحه.

(7)يحتوي مياه الصرف (sewage water) عادة على كميات كبيرة من موانع التلبد (deflocculating agents) مثل الصابون ، ومواد عضوية وغيرها التي تجعلها محملة بجسيمات غروية منتشرة . وتتلخص **المعالجة الناجحة لمياه الصرف والمياه المسترجعة ومياه صرف المصانع ، على فصلها عن الغرويات باستخدام عمليات التجميع والامتزاز والترشيح أو تحطيم الأجسام الغروية بتأثير البكتيريا في صهاريج خاصة .**

(8) **تتكون ستائر الدخان من جسيما ت ثاني أكسيد التيتانيوم مشتتة في الهواء** وهي تستخدم في الحروب بغرض التعمية والتمويه.

(9) **رغاوي الحريق** عبارة عن رغاوي ثاني أكسيد الكربون وهي تحضر بخلط محلول بيكربونات الصوديوم والشب ، كما يضاف غروي واقي مثل الغراء ، والدكسترين أو السابونين لتثبت الرغاوي وتبقى على الزبد على هيئة رغاوي دقيقة الانتشار.

(10) تعتبر الغرويات ذات أهمية فائقة **بالنسبة للأنظمة الحية** ، إذا أن البروتوبلازم نفسه عبارة عن جل يشتمل على مقادير محسوسة من البروتين ، الجليكوجين ، والفسفوليبد ، وجميعها مواد ليوفيلية . وتقوم جزئيات تلك المواد بعمليات تشرب أي إنها تجذب الماء بقوة وإحكام ، لدرجة يمكن معها أن يقال بأن الماء مرتبط (bound water). ولا يمكن لهذا الماء حتى أن يتجمد . وعندما تقوم جسيمات تلك الغرويات بعملية إعادة الترتيب (rearrangement) ، وتدفع بعضا من الماء المرتبط إلى الخارج ، فإنه يقال أنه قد حدث انقباض للخلية (syneresis).

وفي القناة الهضمية تعمل الأملاح الموجودة في الصفراء ، كعوامل تحول مستحلبات الزيوت الوقتية في الماء إلى حالة مستديمة . وإن كثيرا من الأدوية المستعملة يكون في الحالة الغروية ، ومثبتة بواسطة عوامل استحلاب وتستعمل غرويات عديدة للذهب ، والكالسيوم والفضة في الطب كمراهم .

أسئلة وتمارين

1- اختاري أمثلة ترادف كل من الغروي الموضح

أ.كلوريد الأمونيوم في جو المعمل ب.الجيلاتين ج.سلاطة متجانسة متبلة.

د.رشاش مزيل للرائحة في المنزل هـ. غروي فلز في ماء ساخن . و.غبار بركاني

ز. صابون الحلاقة .

i. ضباب إيروصول
ii. دخان إيروصول
iii. رغاوي سائل
iv. رغاوي صلب
v. مستحلب
vi. جل
vii. صول

2-صنف الأنظمة الغروية التالية

أ. حبوب اللقاح الميكروسكوبية. ب. سلطة من زيت وخل متبلة ومتجانسة.

ج. محلول مائي لمعلق منظف صلب . د. كريم مخفق (whipped cream)

الاجابة1 :

i . د. ii . أ. iii. ز . iv. و . v .ج . vi . ب . vii . هـ

الاجابة2 :

أ. ايروسول ب. مستحلب ج. صول (سائل) د. رغاوي .

3-وضح العامل الأساسي (شحنة السطح ، الجسائة (rigidity)، أو أي عوامل أخرى) التي تساهم في ثبات كل من الأنظمة التالية . يتضمن تعبير بعض العوامل الاخرى : الحركة البروانية ، معدلات الترسب البطيئة ، حمل تيارات الحرارة.

(أ)مستحلب زيت في ماء صابون (ب) ماس أسود (ج) لبن متجانس

(د) كبريتيد الأنتيمون محضر بطريقة الترسيب في وسط قلوي .

(هـ) حلوى من سكر ودهون وزلال البيض .

الاجابة :

(أ)شحنة السطح . (ب) الجسائة (ج) عوامل أخرى (د) شحنة السطح (هـ) الجسائة.

4-ما هي الطرق المختلفة لتحضير غروي ؟ كيف تحضر محلولا غرويا من

(أ)الذهب (ب) كبريتيد الزرنيخوز (ج) الكبريت