

الباب السابع
حجم الدقائق ونموها

الباب السابع

حجم الدقائق ونموها

تكون و خواص الرواسب :Formation and properties of precipitates

تتطلب معرفة تفاعل ترسيب معين و مدى قابلية استعماله في التحليل الكيميائي أن تؤخذ عوامل متعددة بنظر الاعتبار، منها قابلية ذوبان الراسب و نقاوته و استقراره و خواصه الطبيعية التي تؤثر على أسلوب تكوينه و طبيعة المركب الناتج عن هذا التكوين. و بوجه عام فإن طبيعة و خواص الراسب تعتمد بصورة مباشرة أو غير مباشرة على عملية تكوين النويات (Nucleation) و على عملية نمو البلورات (Crystal Growth) و عملية التعتيق أو التعمير (Aging).

عملية تكوين النويات:

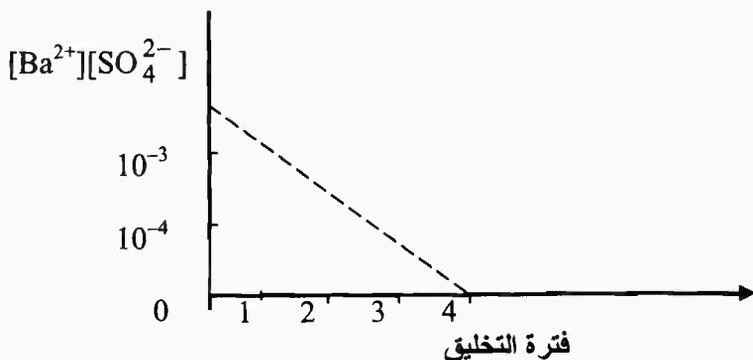
تبدأ عملية تكوين النويات في المحاليل فوق المشبعة (Supersaturated solutions) و ينتج عنها تكوين جسيمات صغيرة لها القابلية على النمو إلى جسيمات أكبر. و تتحكم عملية تكوين النويات لدرجة كبيرة في الخواص الطبيعية للراسب، كما أن لها دورها المحدد في السيطرة على التركيب الكيميائي و لذلك فإن لهذه العملية أهمية كبرى في علوم المعادن و الفسيولوجي و الكيمياء، و تلاقى اهتماما خاصا من الكيميائيين التحليليين لتحكمها في الخواص الطبيعية للراسب.

و قد ثبتت صعوبة دراسة عملية تكوين النويات عن طريق التجارب المعملية و هي صعوبة ناتجة من الظاهرة المرحلية (Transient Phenomenon) لهذه العملية. ففي الأنظمة الديناميكية لم تلاحظ أية تغييرات تسبق عملية تكوين النويات، و لكن هذه العملية تنتهي بعد وقت قصير جداً، تبدأ بعدها مباشرة عمليات النمو البلوري و عملية التعتيق.

و قبل أن نتناول بالشرح ميكانيكية تكون النويات و أهميتها، لا بد لنا من أن نأخذ بنظر الاعتبار بعض الملاحظات العملية و أهمها:

أولاً: تسبق عملية ظهور الراسب فترة معينة تسمى فترة التخليق (Induction Period) و التي تقاس من نقطة مزج المحاليل إلى ظهور الراسب المرئي. و يعتمد طول هذه المدة على طبيعة الراسب و تراكيز المواد المتفاعلة. و بصورة عامة فإن هذه المدة الطويلة بالنسبة لكبريتات الباريوم و قصيرة بالنسبة لكلوريد الفضة. و قد وجد تجريبياً أن فترة التخليق لكلوريد الفضة تتناسب عكسياً مع القوة الخامسة للتركيز الابتدائي بعد عملية المزج. أما طول هذه الفترة بالنسبة لكرومات الفضة و فلوريد الكالسيوم و أوكزالات الكالسيوم و بيركلورات البوتاسيوم فتتناسب عكسياً مع القوى 4.7, 9.0, 3.3, 2.6 لتراكيزها الابتدائية على التوالي.

و يوضح الشكل التالي علاقة فترة تخليق كبريتات الباريوم بحاصل تراكيز أيوناته الابتدائية. و تعتمد طول فترة التخليق كذلك على التقنية التجريبية (Experimental Technique) حيث وجد تجريبياً أن تحضير أيونات الكبريتات بطريقة متجانسة (Homogeneous) بوجود أيونات الباريوم فإن للمحلول الفوق مشبع من أيونات Ba^{2+} و SO_4^{2-} الناتج القابلية على البقاء مستقراً لمدة أطول و بدون تكوين أي راسب مقارنة بالمحلول الفوق مشبع الناتج من مزج نفس التراكيز للأيونات.

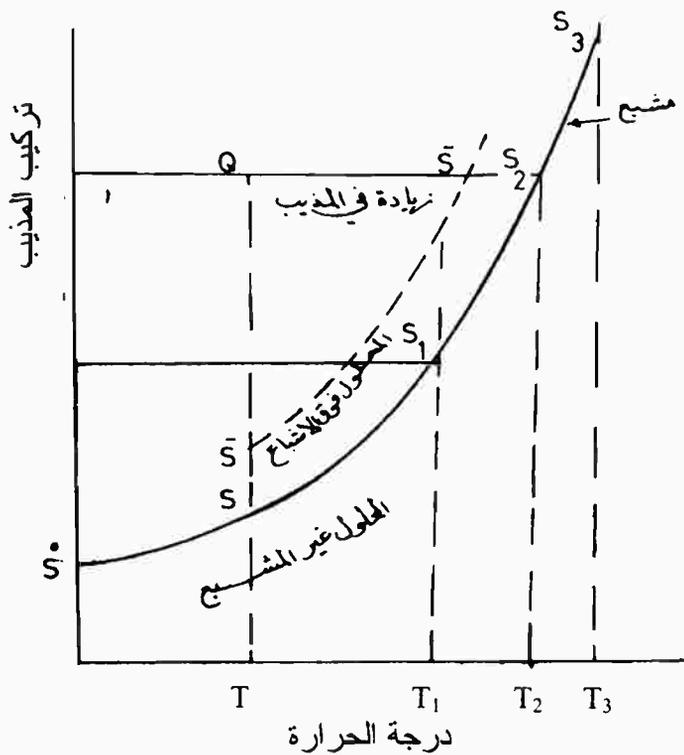


و في حالة الترسيب في المحاليل المتجانسة لكبريتات الباريوم فإن الترسيب يحدث عندما تكون النسبة الحرجة لحالة فوق الإشباع كما يلي:

$$(a_{Ba^{2+}} \cdot a_{SO_4^{2-}}) / K_{sp} \cong 22$$

غير أن القيم العددية لهذه النسبة تعتمد على نقاوة المحاليل المستعملة و نظافة و انتظام الجدار الداخلي لوعاء الترسيب.

ثانياً: لاحظ العالم فون فايمرن (Von Weimarn)، بناء على دراسته لكبريتات الأتربة القلوية و كبريتات و خلات الفضة، بأن هناك علاقة بين حجم جسيمات الراسب و تراكيز المواد المرسبة و قد افترض وجود نقطة عظمة على منحني العلاقة بين حجم جسيمات الراسب و تراكيز المواد المتفاعلة. كما أن معدل حجم الجسيمات يزداد مع الوقت. و قد أخفق فون فايمرن في التمييز بين عمليتي تكوين جسيمات الراسب و التعتيق. أما الشكل التالي فيوضح العلاقة بين عمليتي تكوين النويات و قابلية ذوبان الراسب و درجة حرارة المحلول كما لاحظها العالم أوستفالد (Oswald).



ميكانيكية تكوين النويات :The mechanism of Nucleation

يتم تكون دقائق الراسب في المحاليل فوق المشبعة و تؤلف النوى Nuclei أو دقائق الراسب الصغيرة جدا (الأقل جدا من الميكروسكوبية في الحجم) المراكز التي يحدث عندها النمو اللاحق للدقائق. و يمكن تمييز نوعين من عمليات تكوين النويات.

أ - التكوين المتجانس أو التلقائي للنويات

Homogeneous (or spontaneous) Nucleation

تتكون النوى في هذه الحالة عندما تكون المحاليل على درجات عالية من فوق الإشباع نتيجة الاقتراب صدفية ينتج عنه تجمع مجموعة من الأيونات أو الجسيمات مساوية للنواة في المحاليل فوق المشبعة. إن هذا النوع من تكوين الخلايا قلما يحدث في مجال الإشباع النسبية عالية جدا و إن معظم الفرضيات و النظريات العلمية المتوفرة مبنية على أساس هذا التفسير لتكوين النويات.

ب- التكوين غير المتجانس (أو المستحدث) للنويات:

Heterogenous (or induced) Nucleation:

تنشأ النوى في هذه الحالة نتيجة تجمع مجموعة حرجة Critical Cluster من الأيونات على مراكز تتضمن مواد غريبة دقيقة أي بمساعدة جسيم آخر و من طور مختلف- مثل جسيمة غبار في المحلول أو على النتوءات المحتمل وجودها على الجدران الداخلية لإناء الترسيب- في المحاليل التي تكون على درجات منخفضة من فوق الإشباع و يتأثر عدد النوى قليلا بدرجة فوق الإشباع.

و في كل الأحوال فإن عملية التتوي Nucleation تسمى بالمتجانسة عندما تكون هناك احتمالية أقوى بوجود زيادة في عدد القوى المتكونة بازدياد درجات فوق الإشباع و ذلك في المحاليل ذات الدرجات العالية نسبياً لفوق الإشباع. و في المحاليل ذات الدرجات العالية لفوق الإشباع من الممكن أن نتصور حدوث عمليات

التنوي المتجانسة و غير المتجانسة.

و لقد درس أوستفالد بالبحث موضوع الإذابة و درجة الحرارة نسبة إلى الصلب في المذيب كما يشير الشكل السابق إلى الوضعية العامة و منه يتبين لنا أنه كلما ازدادت منطقة فوق الإشباع فإن المحلول في هذه المنطقة يصبح غير مستقرا و labile و معرضا لتنوي تلقائي و ترسيب. أما المنطقة الواسعة تحت المنحنى S_0-S_3 فتمثل حالة تحت الإشباع أي ذوبانية الصلب مع درجات الحرارة. و بصورة عامة فإن حدود هذه المناطق تعتمد على درجة حرارة المحلول.

و يمكن تصور التغييرات التي تحدث في المحلول بإضافة محلول مخفف لمادة مرسبة (Precipitating Agent) و ببطء. و من المتوقع عدم حدوث أي ترسيب تلقائي في منطقة تحت الإشباع أو حتى في المنطقة المحصورة بين جزء المنحنى S_0-S_3 و $S-S_1$ و المسماة بالمنطقة المستقرة و بزيادة التركيز يبدأ تكوين النويات تلقائيا عند الوصول إلى المنطقة القابلة غير المستقرة. ثم يبدأ التركيز بالانخفاض بسبب تكوين النويات إلى المنطقة المقابلة على المنحنى $S-S_3$ و التي تمثل حالة التوازن الديناميكي.

فإذا رمزنا لقابلية الذوبان (S)، و لتركيز المادة المضافة قبل الترسيب الابتدائي (Q) و التي تمثل درجة فوق الإشباع، فيمكن التعبير عن العلاقة بين معدل سرعة الترسيب الابتدائي (معدل سرعة تكوين النويات) و درجة فوق الإشباع بمعادلة فون فيمرن التالية:

$$\text{عدد النويات} = K_x(Q - S)/S = \text{سرعة الترسيب الابتدائي}$$

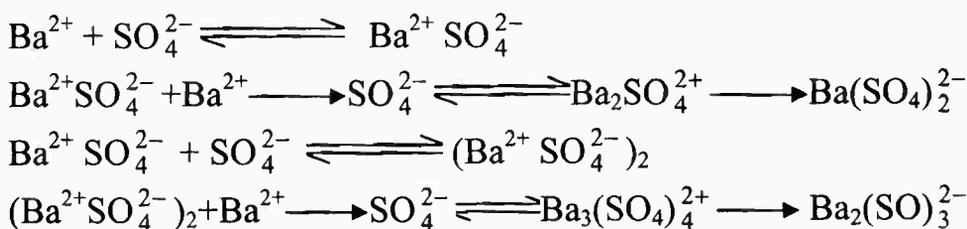
و يتضح من المعادلة أن عدد النويات المتكونة يعتمد على حالة فوق الإشباع و التي تعتمد بدورها على درجة حرارة المحلول. و كلما ازدادت درجة حرارة المحلول كلما انخفضت درجة فوق الإشباع و قلت عدد النويات المتكونة. و إضافة لهذا فإن عدد النويات المتكونة تتأثر بعوامل أخرى منها طبيعة المذيب و طبيعة

إناء الترسيب و كذلك عدد المراكز الصالحة لتكوين النويات داخل المحلول و التي توفرها المواد الكيميائية. و إن التأثير الفعال لمراكز المواد الصلبة أكثر فعالية من المراكز السائلة و الأخيرة أكثر فاعلية من المراكز الغازية. كما يعتمد هذا التأثير على التركيب الكيميائي لمراكز النويات. و بوجه عام يمكن الاستنتاج بأن عدد النويات يتناسب طرديا مع زيادة حالة فوق الإشباع إذا كان تأثير عدد مراكز تكوين النويات ثابتا.

و بعد استكمال النويات تنخفض كمية المادة في المحلول إلى ما يساويها على المنحنى SS_3 و الذي يمثل قابلية الذوبان في حالة التوازن. و لا تسبب إضافة زيادة من المواد المتفاعلة أي زيادة ملحوظة في عدد النويات المتكونة و ذلك لوجود مادة صلبة لها نفس تركيب المادة المضافة، كما أن هذه الإضافة لا تنتج عنها أية زيادة في التركيز.

و يمكن اعتبار علاقة "فون فايمرن" علاقة تقريبية لاعتمادها على قابلية الذوبان (S) للبلورات الكبيرة. أما في حالات البلورات الابتدائية الصغيرة الحجم فإن قابلية ذوبانها تزداد بسرعة إذا ما قل حجمها عن 2 ميكرون (2×10^{-4} سم) غير أن هذا لا يمنع من الاستفادة من هذه المعادلة كدليل على معرفة الظروف التي يجب تهيئتها في عملية الترسيب.

تتم عملية ترسيب كبريتات الباريوم من المحاليل المشبعة بطرق غير متجانسة تبدأ بسلسلة من الإضافات على مركز تكوين النواة و يمكن تمثيلها بالآتي:



و تستمر هذه الإضافات على سطح مراكز تكوين النواة أثناء فترة التخليق (Induction period) إلى أن تتكون المجموعة الحرجة (Critical Cluster) و بعدها تبدأ عملية نمو البلورة (Crystal growth).

و يعتمد عدد الأيونات اللازمة لبدء عملية تكوين النويات على طبيعة المادة المترسبة و طرق الترسيب و ميكانيكية تكوين النويات. فعدد الأيونات اللازمة لتكوين المجموعة الحرجة كبريتات الباريوم حسب نظرية كريستيانسين و نلسن (Christiansen and Neilson) مثلا هو (8) أو بعبارة أخرى $(Ba^{2+}SO_4^{2-})_2$ و لهذا تتسبب إضافة الأيون التاسع لمجموعة الأيونات الحرجة في تكوين النواة. أما عدد الأيونات اللازمة لتكوين نواة السترونتيوم في الترسيب المتجانس فتقدر بحوالي 52 أيون أي معدل سرعة تكوين نويات كبريتات السترونتيوم تتناسب تقريبا مع القوة 27 للتراكيز.

و بصورة عامة يعتبر حجم النواة الأولية من الصغر بحيث يتعذر رؤيتها بالعين المجردة. أما الخلية الابتدائية فيعتمد على أساسين:

الأول: مستنتج من قواعد الديناميك الحراري الذي ينص على أن عدد الأيونات اللازمة لتكوين النواة الابتدائية لمعظم أنواع الراسب هو بحدود مائة أيون و هذا يمثل أساس Becker-Doring.

أما الثاني: فيعتبر بأن النواة الابتدائية تتكون من 6-10 أيونات و هذا يمثل أساس نظرية كريستيانسين و نلسن.

و في كلتا الحالتين يجب التأكيد على صغر النواة الابتدائية. خاصة إذا علمنا أن مولا واحدا من المادة يحتوي على 6.02×10^{23} وحدة تركيبية و هذا يؤدي إلى تكوين عدد 10^9-10^{12} نواة ابتدائية.

النمو البلوري:

بعد استكمال تكوين النويات (الجسيمات الدقيقة) بطريقة أو أخرى تبدأ مرحلة

نموها إلى بلورات كبيرة يسهل ترشيحها. إن الأيونات الموجبة و السالبة في المحلول تصطدم مع الجسيمات الصغيرة و تتجمع على سطحها عن طريق ارتباطها بواسطة روابط كيميائية و هذا يؤدي إلى نمو البلورة باتجاهات ثلاث على الشبكة البلورية (Crystal lattice) و بعد تكوين الراسب تتعرض جسيماته إلى ما يسمى بعملية الامتزاز (Adsorption) و فيها تنجذب الأيونات السالبة أو الموجبة المتواجدة في المحلول بكميات كبيرة فتتعلق بسطح الجسيمات.

ففي عملية ترسيب كلوريد الفضة بإضافة نترات الفضة إلى زيادة من كلوريد الصوديوم، فإن أيون الكلوريد يكون الأيون الممتز الابتدائي. و هناك احتمال امتزاز بعض الأيونات الأخرى مثل Na^{2+} أو NO_3^- المتواجدة في المحلول إلا أن قابلية الامتزاز لأيون تعتمد على تركيزه و كلما ازداد تركيز الأيون يزداد احتمال امتزازه.

و إن نتيجة امتزاز الأيون الابتدائي على سطح جسيمات الراسب هو إحاطة السطح الخارجي للجسيمات بشحنات موجبة أو سالبة حسب طبيعة الأيون الممتز و قد يؤدي هذا إلى جذب أيونات معاكسة في الشحنة نحو المحيط المجاور للراسب لموازنة الشحنة و تسمى هذه الأيونات بالأيونات المعاكسة (Counter Ions) و تكون الأيونات المعاكسة بصورة عامة أقل تماسكا بالراسب من الأيونات الممتزة الابتدائية و تكون ما يسمى بطبقة الأيونات المعاكسة (Counter Ions layer) و تنمو هذه الطبقة باحتوائها لأيونات أخرى موجبة و سالبة بالإضافة إلى الأيونات المعاكسة. و يمكن التمييز بين الأيونات الممتزة الابتدائية و المعاكسة كما يلي:

الأيون الممتز الابتدائي	الأيون المعاكس
أ- تمثل الأيون المكون للبلورة و المتواجد في المحلول بتركيز عالية.	أ- يمثل الأيون المختلف الشحنة للأيون الممتز الابتدائي و يفضل الأيون الأكثر تركيزا
ب- تكون الأيونات مرتبطة بروابط كيميائية بلورية	يكون الأيون مرتبط بالأيون الممتز بقوى الكروستاتيكية.

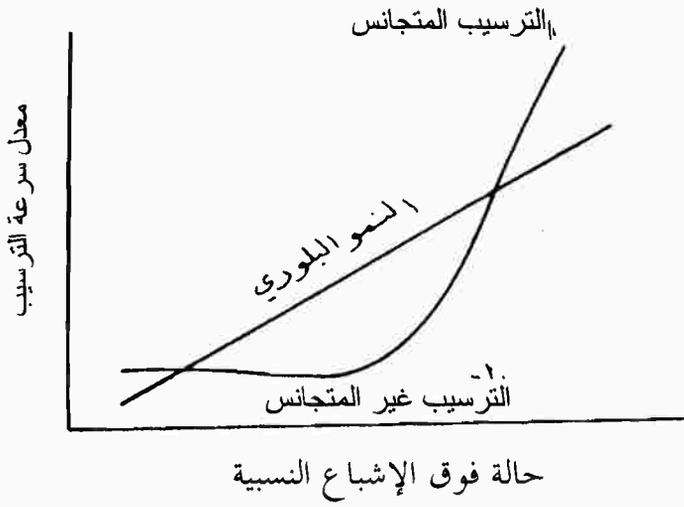
و وجد أن العوامل التي تحدد طبيعة الأيون الممتز المعاكس تتضمن تركيز الأيون و شحنة الأيون و طبيعة المركبات التي يدخل في تكوينها. فكلما ازداد تركيز الأيون و شحنته تزداد قابلية امتزازه. و في حالة تساوي الشحن و التراكيز للأيونات فإن الأيون الأكثر امتزازا هو الأيون الذي له القابلية على تكوين مركب قليل الذوبان مع الأيون الممتز الابتدائي.

فمثلا في عملية ترسيب أيون الكبريتات بإضافة زيادة من كلوريد الباريوم يكون أيون الباريوم هو الأيون الممتز الابتدائي و في حالة وجود أيون النترات و البركلورات و الكلوريدات فإن أيون النترات يكون الأيون المعاكس لتكوينه مع الباريوم مركبا أقل ذوبانا من بقية الأيونات:



و يمكن الاستفادة من قاعدة فون فايمرن لتحديد الظروف التي يجب استعمالها لتقليل عدد النويات و ذلك لغرض زيادة حجم البلورات المتكونة. و يمكن تقليل عدد النويات في عملية الترسيب من محاليل ساخنة لزيادة قابلية الذوبان و تقليل المقدار (Q-S)/S أو بإضافة المحاليل المرسبة بحالة مخففة و ببطء مع التحريك المستمر.

إن توفر هذه الظروف يحول دون الوصول إلى حالة فوق الإشباع الموضعية (Local Supersaturation) عند نقطة تماس المادة المرسبة مع المحلول. و يوضح الشكل التالي العلاقة بين عدد النويات المتكونة و مدى النمو البلوري.



و تمثل خطوات زيادة حجم البلورة بما يلي:

أيونات في محلول في حالة فوق الإشباع (10^{-8})

عملية تكوين الخلايا

الخلايا الابتدائية ($10^{-7}-10^{-8}$)

النمو في عملية التكثيف

بلورات غروية ($10^{-5}-10^{-7}$)

النمو في عملية التكثيف

بلورات دقيقة $BaSO_4$
 بلورات كبيرة $AgCl$
 (أكبر من 10^{-4} سم)

بلورات غروية مستقرة

التثبيت

مجاميع غروية
 $AgCl, Al_2O_3 \times H_2O$

التجميع

و من هذه الخطوات يمكن الاستنتاج بأن جميع أنواع الرواسب أثناء تكوينها من أيوناتها تمر بالحالة الغروية (Colloidal state) و من ثم تنمو إلى بلورات صغيرة أو كبير معتمدة على طبيعة المادة المترسبة.

الحالة الغروية Colloidal state:

يحدث احيانا في عمليات الترسيب عدم ظهور الراسب بالرغم من موجود المواد المتفاعلة بتركيز أعلى من حاصل إذابة المادة الناتجة من التفاعل. غير أننا لو أمرنا حزمة ضوئية إلى داخل المحلول و نظرنا إليه بصورة عمودية على اتجاه سير الأشعة لشاهدنا تبعثر خطوط الأشعة الضوئية بسبب انعكاسها على كتل أو جسيمات عائمة بالمحلول. و تسمى هذه الظاهرة بتأثير تندال (Tyndell effect). و يعلل ذلك بوجود جسيمات دقيقة في المحلول من الخفة بحيث تبقى معلقة بين جزيئات المذيب فلا تستقر في قاع الإناء و يسمى هذا بالعالق الغروي Colloidal suspension و أهم خواصه ما يلي:

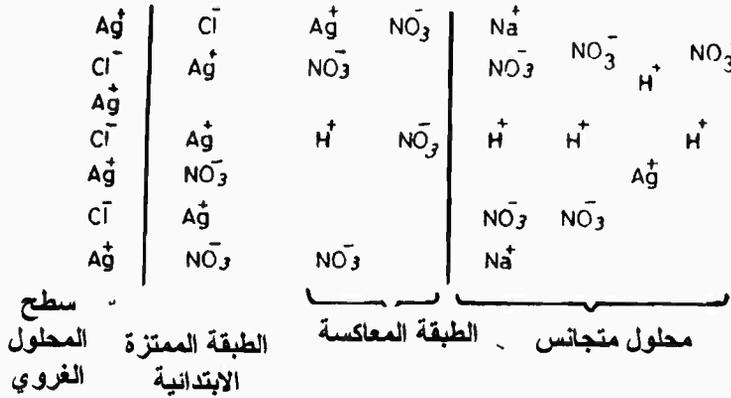
١- أن جسيمات العالق الغروي صغيرة جدا يتراوح نصف قطرها بين 10^{-5} إلى 10^{-7} سم.

٢- يتصف بتأثير تندال.

٣- يتصف بالحركة البراونية Brownian motion و ينتج هذا النوع من الحركة عن اصطدامات بقوى غير متساوية و سريعة و مستمرة بين جزيئات المذيب و المذاب.

٤- جميع جسيمات العالق الغروي تمتلك مساحة سطحية كبيرة مقارنة بكتلتها. وكما بينا أن الأيونات في شبكة الجسيمات تجذب نحوها أيونات من المحلول بقوى تعتمد على طبيعة الأيونات و شحنتها و تركيزها. و أن للأيونات القدرة على الدخول و الاحلال في الشبكة البلورية للجسيمات العالقة لأنها تتجذب بقوى أكثر من غيرها.

فالأيونات التي تحمل شحنة أكبر كالألمنيوم Al^{3+} و الفوسفات PO_4^{3-} مثلاً تتجذب بقوة أكبر من الأيونات الحاملة لشحنة أصغر. و الأيونات التي لها القابلية على تغيير شكلها تتجذب بقوة أكبر من الأيونات غير القابلة على تغيير شكلها. و يمكن توضيح ذلك بالشكل التالي الذي يبين الطبقتين المتميزة الابتدائية و المعاكسة و اللتين تسميان بالطبقة الكهربائية المزدوجة .Electrical Double layers



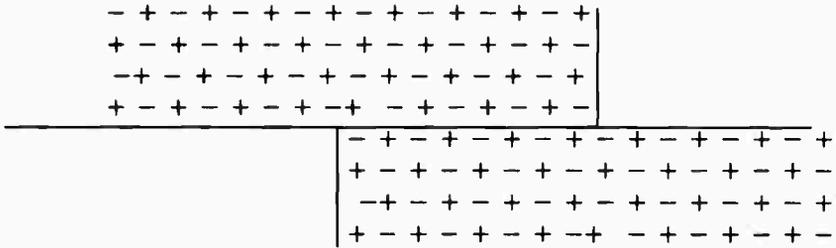
و إن أهم خاصية من خواص الجسيمات الغروية هو قابليتها على التخثر بشكل مجاميع يسهل تشریحها، و تتم هذه العملية بمساعدة التسخين أو بإضافة مادة الكتروليتية و كذلك بواسطة الرج و التحريك.

أي أن الجسيمات المتخثرة تكون (أ) متصلة مع بعضها بغير انتظام معين (ب) أن طور الصلب يكون غير بلوري (ج) كثافتها أقل من الراسب البلوري (د) ذات طبيعة مسامية تعطيه القابلية على احتوائه كمية كبيرة من المذيب داخله. و ينتج استقرار العالق الغروي عن قوى التنافر الناجمة عن وجود الشحنات التي تحيط بالجسيمات و تجعلها دائماً على مسافات بعيدة عن بعضها في المحلول

يمنع اقترابها بقدر المسافة اللازمة للتجاذب و بذلك تبقى الجسيمات الصلبة متناثرة في الحالة الغروية.

تخثر العالق الغروي Coaulation of colloids

يتخثر العالق الغروي عند تقليل قوى التنافر الموجودة بين جسيماته و عندها تقترب هذه الجسيمات من بعضها إلى مسافة تسمح لها بالالتصاق. و هكذا فإن الأيونات الموجبة لأحد السطحين المستويين للجسيمتين المتماسيتين المتماستين ستقترب بحيث يكون موقعها معاكس للشحنات المخالفة لها و بالعكس بما يؤدي لنشوء قوة رابطة بين الجسيمتين كما يتضح ذلك من الشكل التالي. على الرغم من احتواء المحلول الغروي في واقع الحال على جسيمات غير منتظمة الشكل بما يشير إلى أن الترابط بين الجسيمات تتم عند نقاط التلامس فقط.



التلاصق بين لدفتين المتماثلة لشكل مثلي لتلمس المسطح

و قوى التنافر بين جسيمات العالق الغروي يمكن أن تقل و أن يتم ذلك عن طريق:

أولاً: زيادة درجة حرارة المحلول التي يتسبب عنها نقصان عدد الأيونات الكلية الممتزة و كذلك شحنة الطبقة المزدوجة. و قد أثبتت التجارب أن التسخين لفترة قصيرة مع الرج المستمر للمحلول يكفي لتخثر أنواع عديدة من جسيمات العالق الغروي.

ثانياً: إضافة مادة الكتروليتية: إن إضافة الالكتروليتات و امتزاز أيوناتها تجعل الطبقة العاكسة تضغط بقوة باتجاه الأيونات الممتزة الابتدائية و تسبب تقليل

الشحنة الفعالة في الطبقة المزدوجة مما يساعد على التصاق الجسيمات ببعضها. إن الالكتروليتات المختلفة لها تأثيرات مختلفة على عملية تخثر جسيمات العالق الغروي و لكن بصورة عامة كلما ازدادت أيون الالكتروليت كلما ازدادت فعاليته.

و وجد أن علمية إزالة أو تقليل الشحنة من جسيمات الراسب الغروي و نموها إلى حجم أكبر تسمى بعملية التخثر أو التجميع Coagulation و الراسب المتكون بهذه الطريقة يكون على نوعين:

أولاً: راسب يحتوي كمية كبيرة من الماء و ينتج هذا النوع من الراسب من المحاليل الغروية المسماة المستحلبات lypholic و في حالة وجود الماء كمذيب فتعرف المحاليل بالمستحلبات المائية Hydrophilic و يسمى الراسب جل gel. و أمثلة ذلك كثيرة و منها هيدروكسيد الحديدك $Fe(OH)_3$ و هيدروكسيد الألمنيوم $Al(OH)_3$ و من خواص الجل عدم فقدانه جزيئات الماء إلا عند درجات حرارة عالية. و المواد الناتجة بعد عملية التسخين تكون عادة قابلة للتميؤ و يجب تبريدها في مجففات خاصة (Desiccators).

ثانياً: راسب يحتوي كمية قليلة من المذيب و يسمى العالق و في المحاليل المائية يسمى العالق المائي lyphobic و يسمى هذا النوع من الراسب "صل" Sol و أمثلة ذلك كثيرة منها كلوريد الفضة AgCl و كبريتيد النحاس CuS و من خواص هذا الراسب قابليته على فقدان الماء بسهولة و ذلك بتجفيفه عند $110^{\circ}C$ و المواد الناتجة عن التسخين تكون غير قابلة للتميؤ.

و توجد مجموعة من الرواسب تتميز بخواص تقع بين "الجل" و "الصل". و في عملية تجميع الراسب باستعمال الالكتروليتات يعرف أقل تركيز من الالكتروليت اللازم لعملية التجميع بقيمة التخثر Flocculation Value و تعتمد هذه القيمة على طبيعة الراسب و شحنات أيونات الالكتروليتات المستعملة.

الأسئلة

- ١- اكتب مذكرات وافية عن كل مما يأتي:
(أ) تكون و خواص الراسب.
(ب) عملية تكوين النويات.
- ٢- بين بالشرح و التحليل مع الرسم علاقة فترة التخليق و حاصل تراكيز أيونات المحلول الابتدائية. و كذلك العلاقة بين عمليتي تكوين النويات و قابلية نوبان الراسب و درجة حرارة المحلول.
- ٣- تكلم عن ميكانيكية تكوين النويات المتجانسة و غير المتجانسة.
- ٤- "لقد درس أوستفالد العلاقة بين الإذابة و درجة الحرارة نسبة إلى الصلب الموجود في المذيب". اشرح هذه العبارة شرحاً وافياً.
- ٥- وضح بالمعادلات فقط كيف يتم ترسيب كبريتات الباريوم من المحاليل المشبعة بطرق غير متجانسة.
- ٦- اشرح بالتفصيل عملية النمو البلوري موضعاً ذلك في عملية ترسيب كلوريد الفضة بإضافة نترات الفضة إلى زيادة من كلوريد الصوديوم.
- ٧- اذكر أهم خصائص العالق الغروي، و ما هي ظاهرة تندال؟
- ٨- بين بالتفصيل عملية تخثر العالق الغروي و طرق تكوين الراسب.