كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثالثة**

المادة : غرويات وجزيئات ضخمة

المحاضرة : الخامسة/نظري/ د.مروة

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

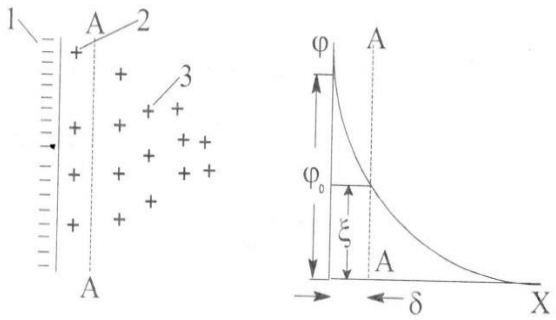
يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

المحاضرة الخامسة	الغرويات والجزيئات الضخمة (قسم الغرويات)	السنة الثالثة
قســـم الكيمياء الفصل الدراسي الأول *2026 - 2025*	الفصل الرابع **الطبقة الثنائية الكهربائية والظواهر الكهرحركية، وثبات الجمل المشتتة.**	د. مروة رباح

مقدمة:

تنشأ على سطح الصلب عند حصول تماس بينه وبين السائل تلقائياً، شحنة كهربائية زائدة، وتعدلها شوارد معاكسة لها بالإشارة، تتشكل نتيجة ذلك على الحد الفاصل بين الطورين الصلب والسائل، طبقة ثنائية كهربائية، يتم تشكل الطبقة الثنائية الكهربائية تلقائياً نتيجة لميل الجملة لإنقاص طاقتها السطحية.

بما أن السطح النوعي لدقائق الطور المشتت في الجمل المشتتة كبير جداً ينجمع على سطحها شحنة كبيرة جداً، مما يؤدي إلى نشوء ظواهر كهرحركية مثل انتقال الطور المشتت أو وسط التشتت تحت تأثير حقل كهربائي خارجي، أو نشوء كمون كهربائي عند حركة دقائق الطور المشتت.



الشكل (IV-1) 1 طبقة الشوارد المولدة للكمون، 2، و 3 الشوارد المعاكسة في الطبقة الامتزازية، والانتشارية على الترتيب. δ سماكة الطبقة الامتزازية، AA مستوي الانزلاق، X المسافة من سطح الصلب باتجاه أعماق السائل

الطبقة الثنائية الكهربائية:

يؤدي تشكل طبقة الشوارد المولدة للكمون إلى جذب الشوارد المعاكسة لها بالإشارة من السائل إلى سطح الصلب فينشأ بذلك طبقة ثنائية كهربائية.

يمكن تصورها كمكثف صفيحته الداخلية ذات كمون φ_0 مؤلفة من طبقة الشوارد المولدة للكمون (1) وصفيحته الخارجية مؤلفة من الشوارد المعاكسة (2)

غير أن نظرية شيرن تؤكد أنّ الشوارد المعاكسة واقعة في موضعين، حيث يشكل جزء منها طبقة امتزازية (2) تدعى أيضاً طبقة هيمهولتز، ويشكل الجزء الآخر طبقة انتشارية (3).

الشوارد في الطبقة المولدة للكمون تكون ذات مواقع ثابتة.

الشوارد المعاكسة في الطبقة الانتشارية لا تكون مواقعها ثابتة حيث تنتقل الشوارد ضمن هذه الطبقة من مكان لآخر.

- **كيف تتولد الطبقة الانتشارية ذات الشوارد المعاكسة؟**

1) نتيجة الفعل المتبادل الكهرساكن مع الشوارد المولدة للكمون.

2) نتيجة الحركة الحرارية لجزيئات الوسط، وهذا ما يفسر عدم اتخاذ هذه الشوارد مواقع ثابتة وتنتقل من موقع إلى آخر في حدود الطبقة الانتشارية في أعماق السائل.

سماكة الطبقة الامتزازية δ تساوي قياس الشاردة المعاكسة المميهة وهي لا تتجاوز عادة 10 Å

سماكة الطبقة الانتشارية λ غير محددة تماماً نظراً لخضوع شواردها للحركة الحرارية.

تمتد الطبقة الامتزازية ذات السماكة δ من سطح الجسم الصلب حتى الخط AA يدعى الكمون الموافق لسطح الانزلاق كمون حركي أو الكمون زيتا ويرمز له ζ ، يتناقص الكمون φ للطبقة الثنائية الكهربائية بالابتعاد عن سطح الجسم الصلب حيث يلاحظ هبوط خطي حاد نسبياً للكمون، وعند الخط AA يحدث انحراف عن الخطية ويكون الهبوط للكمون أسي وغير حاد في الطبقة الانتشارية.

إن نقطة تقاطع الخط المعبر عن علاقة الكمون بالمسافة x مع مستوي الانزلاق تحدد قيمة الكمون زيتا.

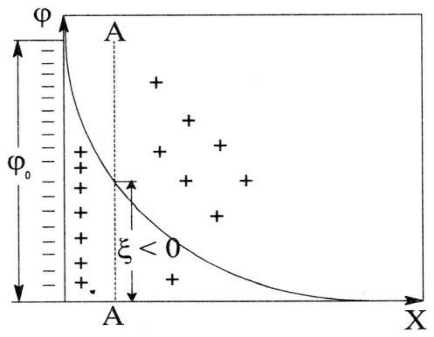
ما أهمية الكمون ζ؟

تحدد قيمة ζ إمكانية انتقال الطور المشتت بالنسبة إلى وسط التشتت وسرعة هذا الانتقال، كما يحدد شدة الظواهر الكهرحركية ومدى استقرار المحلول الغروي وإمكانية تخرب الجملة المشتتة بالكهرليتات.

كيف تحدد قيمة الكمون ζ؟

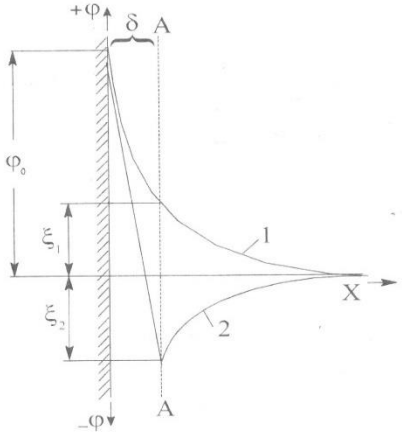
تتطابق إشارة الكمون زيتا مع إشارة الشوارد المولدة للكمون، فإذا كانت الشوارد المولدة للكمون مؤلفة من الاينونات يكون الكمون ζ سالب وإذا الشوارد المولدة للكمون مؤلفة من الكايتونات يكون الكمون ζ موجب.

- بين كيف يؤثر إضافة كهرليتات حيادية ذات شورد عالية التكافؤ (شديدة الامتزاز) في كل من الكمون الكلي والكمون الكهرحركي مستعيناً بالرسم.



الشكل (IV-2)

تغير الكمون φ بالابتعاد عن سطح الصلب



الشكل (IV-3) قلب شحنة سطح الدقيقة بامتزاز شوارد شديدة الامتزاز

1 المنحني قبل الإضافة 2 المنحني بعد الإضافة

© إن إضافة الكاتيونات المتعددة التكافؤ مثل Fe^{+3} أو الشوارد السالبة شديدة الامتزاز يؤدي إلى امتزازها كشوارد معاكسة، بكمية أكبر مما يلزم لتعديل طبقة الشوارد المولد للكمون مما يؤدي إلى قلب شحنة الدقيقة، وذلك كما في الشكل:

1) منحني قبل إضافة الشوارد

2) منحني بعد إضافة الشوارد

وهكذا نجد أن φ_0 الكمون الكلي تبقى قيمته ثابتة لأن الشوارد المضافة حيادية غير قادرة على إتمام البنية البلورية للجسم الصلب.

أما ζ_1 و ζ_2 فتكونان متعاكستان بالإشارة.

◈ **بين كيف تؤثر إضافة الكهرليتات تحوي شاردة معاكسة حيادية على الكمون؟**

إنّ إضافة شوارد حيادية أي لا تكمل البنية البلورية يؤدي إلى حدوث إنضغاط للطبقة الانتشارية ومن ثم تناقص الكمون ζ وذلك بسبب أفضلية انتقال الشوارد المعاكسة إلى الطبقة الامتزازية معدلة بذلك شحنة طبقة الشوارد هذه جزيئياً، ويهبط الكمون ζ وعند تراكيز كافية من الشوارد المعاكسة تتعدل بالكامل طبقة الشوارد المولدة للكمون وتنضغط الطبقة الانتشارية بشكل كبير ويغدو الكمون ζ مساوياً للصفر.

يمثل المنحني (1) الحالة قبل الإضافة.

يمثل المنحني (2) الحالة بعد الإضافة.

الظواهر الكهرحركية: تنشأ تحت تأثير الحقل الكهربائي على الجمل المشتتة، وما ينجم عن ذلك من انتقال لدقائق الطور المشتت، أو وسط التشتت.

الرحلان الكهربائي: هو انتقال دقائق الطور المشتت بالنسبة لوسط التشت تحت تأثير حقل كهربائي. حيث تنتقل دقائق الطور المشتت إلى القطب ذي الشحنة المعاكسة بالإشارة لإشارة الكمون الكهرحركي.

يستخدم الرحلان الكهربائي لتحضير مواد جديدة، ولتنقية المواد من الشوائب وطلي المواد ويستخدم في المجال المطبق لإدخال الدواء عبر الجلد.

تطبيقات الرحلان:

1) تحضير مواد جديدة

2) تنقية المواد من الشوائب

3) طلي المواد

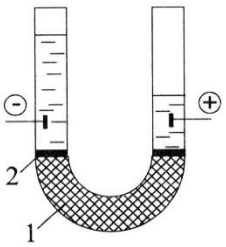
التناضح الكهربائي: يدعى انتقال وسط التشتت تحت تأثير حقل كهربائي تناضحاً كهربائياً، يستخدم لتجفيف الخشب ومواد البناء والمواد الأولية الغذائية حيث يوضع الجسم الرطب بين القطبين، ويطبق فرق كمون فيتحرك الماء باتجاه أحد القطبين وفقاً لطبيعة الجسم الرطب.

تطبيقات التناضح:

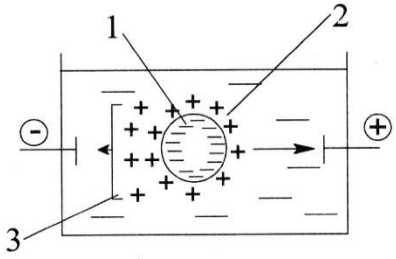
1) يستخدم لتجفيف الخشب

2) تجفيف مواد البناء

3) تجفيف المواد الأولية



الشكل (IV-5)
مخطط للتناضح الكهربائي
1- الجملة المشتتة، 2- حاجز



الشكل (IV-4)
مخطط للرحلان الكهربائي
1- شوارد مولدة للكمون، 2- شوارد معاكسة ممتزة،
3- شوارد معاكسة في الطبقة الإنتشارية.

◈ **ثبات الجمل المشتتة:** يقصد بثبات الجملة عدم تكتلها وانفصالها إلى أطوار.

◈ **عرف المسيلا واذكر أقسامها مع شرح ذلك على مسيلا AgI بوجود فائض من $AgNO_3$ تارة أو بوجود فائض من KI؟**

المسيلا: هي دقيقة غروية معتدلة كهربائياً تتشكل نتيجة للفعل المتبادل بين مواد منحلة.

مثال: $$KI + AgNO_3 \rightarrow AgI + KNO_3$$

يتألف الطور المشتت في هذه الحالة من تجمعات من جزيئات AgI وفي حالة وجود فائض من KI في المحلول تمتز شوارد I^- على سطوح التجمعات، مشكلة طبقة الشوارد المولدة للكمون وتكون لها أفضلية لهذه الشوارد لأنها

قادرة على إتمام البنية البلورية للتجمعات أما الشوارد K^+ فتشكل الشوارد المعاكسة في الطبقتين الامتزازية والانتشارية، ويمكن التعبير عن صيغة المسيلا بالصيغة التالية:

$$[(m\,AgI)n\,I^-(n-x)K^+]xK^+$$

- $(m\,AgI)$: تجمع جزيئات AgI البلورية وتعبر عن الطور المشتت
- nI^-: الشوارد المولدة للكمون التي تحدد الكمون الكلي.
- $(n-x)K^+$: الشوارد المعاكسة في الطبقة الامتزازية.
- xK^+: الشوارد المعاكسة في الطبقة الانتشارية.

الصيغة المكتوبة داخل القوس المتوسط تعبر عن الدقيقة، وهي ذات شحنة سالبة هنا.

وفي حالة وجود فائض من $AgNO_3$ في المحلول تمتز شوارد Ag^+ على سطوح التجمعات وتكون شوارد NO_3^- هي الشوارد المعاكسة، ونحصل على مسيلا صيغتها على النحو التالي:

$$[(m\,AgI)n\,Ag^+(n-x)NO_3^-]x\,NO_3^-$$

- $n\,Ag^+$: الشوارد المولدة للكمون وهي تحدد الكمون الكلي.
- $(n-x)NO_3^-$: الشوارد المعاكسة في الطبقة الامتزازية.
- xNO_3^-: الشوارد المعاكسة في الطبقة الانتشارية.

تعريف كمون الجريان: ينشأ كمون الجريان عن حركة السائل بالنسبة للطور المشتت، وذلك بسبب حمله لشحنة كهربائية.

<u>ثبات الجمل المشتتة:</u>

يحدد ثبات الجمل المشتتة:

1) خواص الطور المشتت (نعومته وهيدروفيليته)

2) وسط التشتت، ووجود الشوائب.

يقصد بثبات الجملة المشتت: عدم تكتلها وانفصالها إلى أطوار وهناك نوعان من الثبات:

1) الثبات الترسبي:

هو القدرة على منع ترسب الدقائق، حيث إن الترسب يؤدي إلى تخرب الجملة المشتتة، ويحصل عادة تحت تأثير حقل الجاذبية الأرضية، وقوى الاحتكاك تبطئ سرعة ترسب الدقائق الكبيرة نسبياً، وعملية الانتشار

تعرقل ترسب الدقائق الصغيرة وهكذا ما تلبث الدقائق الكبيرة نسبياً أن تترسب، وتعتبر الجمل المكونة منها غير ثابتة ترسبياً، بينما يحصل توازن ترسبي – انتشاري في حالة الدقائق الصغيرة.

عند حدوث ترسيب في جملة ما يغدو تركيز الدقائق في الطبقة العليا أصغر من التركيز في الطبقة الواقعة تحتها.

عند تساوي تدفقين الانتشاري وترسبي تحل حالة توازن ترسبي – انتشاري ، عند ذلك يكون الكمون الكيميائي μ_i وكمون الجاذبية E_i في حالة ثبات لكل طبقة من الطبقات، أي:

$$\mu_i + E_i = \text{const}$$

حيث يعطى هذان الكمونان بالنسبة طول من الطور المشتت بالعلاقة:

$$E_i = M \cdot g \cdot H_i$$

$$\mu_i = \mu_0 + R \cdot T \cdot ln\, v_i$$

μ_0: الكمون الكيميائي القياسي للطور المشتت

- v_i: تركيز الطور المشتت في الطبقة i
- M: الكتلة المولية للطور المشتت.
- H_i: ارتفاع الطبقة ذات التركيز v_i

2) الثبات التكتلي:

قدرة الجمل المشتتة على منع التصاق الدقائق، ومن ثم المحافظة على السطح الفاصل بين الطور المشتت، ووسط التشتت.

يؤدي الفعل المتبادل بين الدقائق الصلبة والتصاقها إلى تجمعات (كتل) مما يؤدي إلى تضخم الدقائق وترسبها (أو طوفانها) ويدعى تكتل والتصاق الدقائق الصلبة تخثراً.

- **ما هي الظواهر الكهرحرارية وما هو سببها وما هي تطبيقاتها؟**

إنّ ظهور الشحنة الكبيرة على سطح الدقائق هو السبب في نشوء الظواهر الكهرحركية المميزة للجمل المشتتة. تدعى الظواهر الكهرحركية لأنها تنشأ تحت تأثير حقل كهربائي على الجمل المشتتة، وينجم عنها انتقال الطور المشتت أو وسط التشتت، ومن الظواهر الكهرحركية.

- **ما هي العوامل التي تزيد من استقرار الجمل المشتتة؟**

1) **عامل الثبات الأول هو:** تشكل طبقة امتزازية تحوي جزيئات مواد فعالة سطحياً عند تداخل الطبقات الامتزازية تتشكل بنية تتميز بمرونة ومتانة محددتين وينشأ حاجز بنيوي ميكانيكي يمثل عامل ثبات للجمل المشتتة.
2) **عامل الثبات الثاني هو:** تشكل طبقات استحلالية مؤلفة من جزيئات المحل (وسط التشتت) القطبية المتراصفة بشكل محدود حول الطبقات الامتزازية فيتشكل بذلك طبقة امتزازية استحلالية يمكن أن تكون ذات متانة عالية تحسن من ثبات الجملة، وعليه فإن الطبقة الاستحلالية إذا كانت من الداخل تنقص من ثبات الجملة، وإذا كانت الطبقة الاستحلالية من الخارج تزيد من ثبات الجملة.
3) **عامل الثبات الثالث هو:** التوتر السطحي، فكلما كان التوتر السطحي أقل كانت الجمل أكثر ثباتاً.

العوامل التي تؤدي لحدوث التخثر هي:

1) التخثر بالكهرليتات
2) التخثر بالتأثير الميكانيكي
3) التخثر بالتبريد والتسخين.
4) التخثر بتأثير الحقل الكهربائي
5) الاحتفاظ الطويل بالجملة المشتتة

- **اشرح كيف يؤدي التسخين والتبريد لحدوث التخثر للجمل المشتتة.**

© عند تسخين الجمل المشتتة يؤدي ذلك لزيادة نشاط الحركة البروانية ومن ثم تخطي الحاجز الكموني، أما تبريد الجملة فيؤدي إلى تجمد المحل مما يؤدي على تخثر الجملة بسبب زيادة تركيز الطور المشتت نتيجة تجمد المحل.

- **اشرح كيف يؤثر الحقل الكهربائي لحدوث تخثر الجمل المشتتة.**

© يؤدي الحقل الكهربائي إلى تشوه الطبقة الثنائية الكهربائية فستقطب الجزيئات وتتجاذب مع بعضها البعض فتتخرب الجملة.

- **اشرح كيف يؤثر الحفظ الطويل للجمل المشتتة إلى تخربها.**

© إن مدة الحفظ الطويلة تؤدي إلى زيادة عدد التصادمات ذات الطاقة الكافية لتخطي الحاجز الكموني وحصول التخثر.

- **اشرح كيف يؤثر التأثير الميكانيكي على ثبات الجمل المشتتة.**

© يؤدي التأثير الميكانيكي (الخلط) إلى ابتعاد مؤقت للمادة المقرة عن سطوح دقائق الجملة المشتتة، مما يسمح باقترابها من بعضها البعض وترابطها بتأثير القوى الجزيئية.

تمتز المواد الفعالة سطحياً في حال إضافتها على السطح الفاصل بين الطورين مشكلة طبقات امتزازية تعرقل التحام الدقائق ببعضها، فتنفصل عن بعضها البعض.

المستحلبات: هي جمل مشتتة طورها المشتت ووسط تشتتها سائلان لا يتمازجان، أو تمازجهما محدود، وتقرها عادة مادة فعالة سطحياً.

<u>أنواع المستحلبات:</u>

وهي نوعان:

1) **مستحلبات مباشرة:** زيت في الماء حيث يكون الطور المشتت هو السائل العضوي، ووسط التشتت هو الماء. مثال: الحليب مستحلب مباشر.
2) **مستحلبات عكسية:** ماء في زيت، حيث يكون الطور المشتت هو الماء، ووسط التشتت السائل العضوي. مثال: النفط مستحلب عكسي.

تحديد نوع المستحلب:

1) **الطريقة الأولى:** تتم بإضافة الماء المستحلب، فإن امتزج به بسهولة فالمستحلب مباشر، أي أن وسط التشتت هو الماء، وإن لم يمتزج فالمستحلب عكسي.
2) **الطريقة الثانية:** حيث يلون أحد الطورين ويحدد الطور المتلون بمراقبة قطرة من المستحلب بالمجهر، فإذا كانت المادة الصباغية من النوع الذي ينحل في الماء مثلاً، وكان الطور المشتت هو الملون دلّ ذلك على أن المستحلب عكسي، أما إذا كان وسط التشتت هو الملون، فالمستحلب مباشر.
3) **الطريقة الثالثة:** عن طريق قياس الناقلية الكهربائية، حيث تكون الناقلية للمستحلب المباشر أكبر بشكل واضح من ناقلية المستحلب العكسي.

أنواع المستحلبات وفقاً للتركيز الحجمي:

1) مستحلب ممدد: تركيزه الحجمي أقل من 0.1%

2) مستحلب مركز: تركيزه الحجمي بين 74% – 0.1

3) مستحلب عالي التركيز: تركيزه الحجمي أكبر من 74%

<u>استقرار (ثبات) المستحلبات:</u>

يحدد استقرار ثبات المستحلب مدة عمره ويمكن أن يكون المستحلب محب للمحل، أي مستقر ترموديناميكياً، ويتشكل تلقائياً بتحول السائل إلى قطيرات ذات قياسات محددة وهذه مستحلبات نادرة نذكر من المستحلبات المحبة للمحل سوائل التشحيم والمستحلبات الحدية.

تعريف المستحلبات الحدية: وهي مستحلبات يغدو طوراها في شروط محددة (درجة حرارة – ضغط – تركيب)، متطابقين من حيث الخواص ويتشكل بالتالي المستحلب تلقائياً.

أو أن تكون المستحلبات كارهة للمحل، أي غير مستقرة ترموديناميكياً، وبالتالي لا يمكن أن تتشكل تلقائياً، ويتعين لبقائها مدة أطول إضافة مادة مقرة.

مراحل تخرب المستحلب وفقدانه لاستقراره التكتلي:

1) المرحلة الأولى: تتم بتماس القطيرات فيما بينها، وهذه العملية تكون بطيئة جداً في المستحلبات الممددة والتي تعتبر مستقرة تكتلياً نسبياً.

2) المرحلة الثانية: تشكل تجمع في القطيرات.

3) المرحلة الثالثة: اندماج القطيرات في قطرة كبيرة.

إنّ المستحلبات المركزة وعالية التراكيز تنسب للجمل الكارهة للمحل غير المستقرة تكتلياً.

بين العالم رينبدر أنه كي يتشكل المستحلب تلقائياً يتعين أن تنخفض قيمة التوتر السطحي بين السائلين إلى قيمة حدية صغيرة جداً تعطى بالعلاقة:

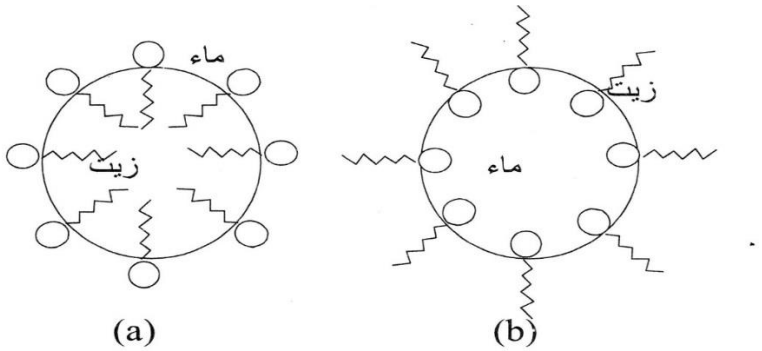
$$\sigma_{\ell\ell} \leq \gamma \cdot k \cdot \frac{T}{a^2}$$

- γ: معامل رقمي قيمته حوالي 10^{-7}
- k: ثابت بولتزمان
- a: قطر الدقيقة.

من الواضح أنّ القوة المحركة لعملية تشكل المستحلب في هذه الحالة هي الحركة الدائرية.

المستحلبات الكارهة للمحل تحتاج إلى زيادة استقرارها التكتلي ويتم هذا بإضافة مواد تدعى مشكلات المستحلب.

مشكلات المستحلب هي مواد فعالة سطحياً، والمادة الفعالة سطحياً تتألف عادة من جزأين أحدهما قطبي زمرة وظيفية، والآخر غير قطبي (جذر فحموهيدروجيني) تتوضع جزيئات المادة الفعالة سطحياً على السطح الفاصل بين الطورين وفقاً لقاعدة مقاربة القطبية بحيث يكون الجزء القطبي مغموراً في الطور المائي، والجزء غير القطبي مغموراً بمعظمه في الطور الزيتي.



الشكل (VI-1) امتزاز جزيئات المادة الفعالة سطحياً

مستحلبات عكسية ماء في زيت **مستحلبات مباشرة زيت في ماء**

وفي الحالتين يرتبط الجزء الكائن خارج القطرة بجزيئات وسط التشتت، فتتشكل طبقة استحلالية تمنع التحام القطرات ببعضها البعض، ويكون المستحلب مستقراً.

وفقاً للفعل المتبادل بين مشكل المستحلب وكل من الماء والطور العضوي تقسم مشكلات المستحلب إلى محبة للماء: منتشرة بشكل واسع، وهي أملاح الحموض الدسمة مع المعادن القلوية، مثل: زيتات الصوديوم، فهذه الأملاح تنحل في الماء بشكل أفضل من انحلالها في الفحوم الهيدروجينية، لذلك تتوضع جزيئات المادة الفعالة سطحياً بمعظمها عند تشكل المستحلبات المباشرة (زيت في ماء) من الجهة الأخرى لقطرة الزيت في الطور المائي مشكلة طبقة واقية سميكة نسبياً، تمنع التحام قطرة الزيت بمثيلاتها، فيكون المستحلب مستقراً، بينما تتوضع بمعظمها عند تشكل المستحلبات العكسية (ماء في زيت) في الطور المائي لذلك تكون الطبقة الواقية المتشكلة دقيقة وضعيفة ويكون المستحلب ضعيف الاستقرار لذلك يتعين لإقرار المستحلبات العكسية استخدام مشكلات مستحلب كارهة للماء كبريتات الكالسيوم.

تتحدد الفعالية السطحية بين جزأي جزيء المادة الفعالة سطحياً المحب للمحل والكاره للمحل، ففي حالة المواد الفعالة سطحياً ذات السلاسل الفحموهيدروجينية القصيرة، يتفوق الفعل المتبادل المحب للماء، لذلك تنشر جزيئات المادة الفعالة سطحياً إلى الماء.

مثال:

إذا علمت أن الكمون الكهرحركي لدقائق المحلول الغروي لعصير البرتقال، يساوي $50\ mV$، احسب سرعة الرحلان الكهربائي، وتحركية الرحلان الكهربائي، لدقائق المحلول الغروي الكروية، مع العلم أن ثابت العزل الكهربائي للوسط، يساوي 54.8، والقوة المحركة الكهربائية الخارجية تساوي $120\ V$، والمسافة بين القطبين، تساوي $l = 40\ cm$، ومعامل لزوجة الوسط، يساوي $\eta = 4.5 \times 10^{-3}\ pa.s$.

الحل:

وفقاً للمعادلات *(IV-12)* و *(IV-18)* و *(IV-19)* يمكن كتابة:

$$v_c = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \zeta \cdot E_1}{\psi \cdot \eta \cdot l} = \frac{54.8 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 50 \times 10^{-3} \times 120}{0.66 \times 4.5 \times 10^{-3} \times 0.4} = 2.45 \times 10^{-6}\ m.s^{-1}$$

$$v_E = \frac{v_C}{E} = \frac{2.45 \times 10^{-6} \times 0.4}{120} = 8.17 \times 10^{-9}\ m^2.S^{-1}V^{-1}$$

مثال:

حُدد الكمون الكهرحركي لمحلول السكروز ذي التركيز 20% الغروي، إذا علمت أن تدرج كمون الحقل الخارجي، يساوي $400\ V.m^{-1}$ ، وأن ثابت العزل الكهربائي للوسط يساوي 69.4، ومعامل اللزوجة يساوي $2.5 \times 10^{-3}\ pa.s$ وسرعة الرحلان الكهربائي تساوي $13.5\ \mu S^{-1}$.

الحل:

وفقاً للمعادلة $(IV-18)$ يمكن كتابة:

$$\zeta = \frac{\eta \cdot v_c \cdot \psi}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E} = \frac{2.5 \times 10^{-3} \times 13.5 \times 10^{-6} \times 0.66}{8.85 \times 10^{-12} \times 69.4 \times 400} = 0.09v$$

مثال:

احسب سرعة ترسب دقائق، نصف قطرها 10 ميكرونات متشكلة بعد طحن بذور البن في الماء ($\eta = 1.0 \times 10^{-7}\ pa.s$) وفي الهواء ($\eta = 1.81 \times 10^{-7}\ pa.s$) مع العلم أن الكتلة الحجمية للبن $\rho = 1.1 \times 10^{3}\ kg.m^{-3}$ وللماء والهواء $\rho = 1 \times 10^{3}\ kg.m^{-3}$ و $\rho = 1.205\ kg.m^{-3}$ على الترتيب.

الحل:

يمكن وفقاً للمعادلة *(IV-28)* بيان أن:

$$V_c = \frac{2\pi \cdot r^2(\rho - \rho)g}{9\eta}$$

بالتعويض نجد في حالة الوسط المائي:

$$V_c = \frac{2 \times 3.14(10 \times 10^{-6})^2(1.1 - 1.0) \times 10^3 \times 9.8}{9 \times 1.0 \times 10^{-7}} = 6.5 \times 10^{-5}\ m.s^{-1}$$

وفي حالة الوسط الهوائي، بإهمال الكتلة الحجمية للهواء نجد:

$$V_c = \frac{2 \times 3.14(10 \times 10^{-6})^2 \times 1.1 \times 10^3 \times 9.8}{9 \times 1.81 \times 10^{-7}} = 4.16\ m.s^{-1}$$

مثال:

احسب عمر النصف لمعلق الكاؤولين، مع العلم أن التركيز العددي الابتدائي، كان مساوياً $5.0 \times 10^{14}\ m^{-3}$ والتركيز العددي بعد مرور $105\ s$ يساوي $3.90 \times 10^{14}\ m^{-3}$

الحل:

يمكن وفقاً للمعادلة *(IV-34)* كتابة:

$$\theta = \frac{\nu_\tau \tau}{\nu - \nu_\tau}$$

بالتعويض نجد:

$$\theta = \frac{3.9 \times 10^{14} \times 105}{(5.0 - 3.9) \times 10^{14}} = 372\ S$$

انتهت المحاضرة الخامسة

د. مروة رباح