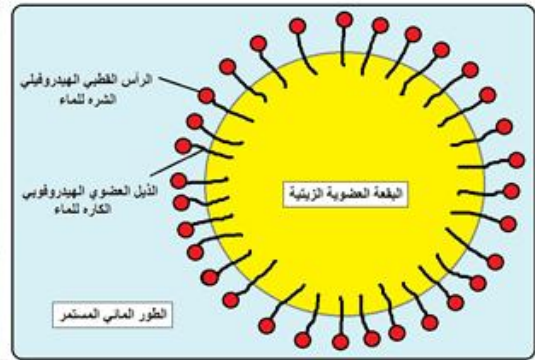
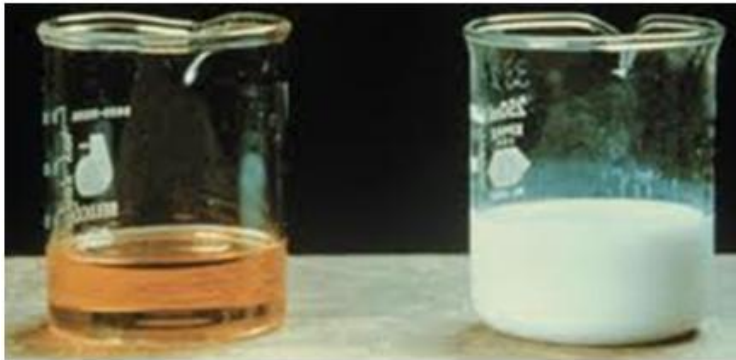


المستحلبات وعوامل الاستحلاب

1- المقدمة: المستحلبات *Emulsions* جمل غير متجانسة لسائلين غير قابلين للمزج، تتكون من طورين يتم توزيع أحدهما في الآخر بوجود عامل فعال سطحياً يسمى عامل الاستحلاب *Emulsifying*، يسمى السائل المعلق بشكل قطيرات بالطور المبعثر أو الداخلي *Dispersed or Internal phase*، أما السائل الذي تتبعثر فيه القطيرات الدقيقة فيسمى بالطور المستمر أو المبعثر *Continues or Dispersing phase*، أو الطور الخارجي *External phase*، ما يجعلها جملاً ضعيفة الثبات، وغالباً ما يتم بناءها من طور مائي مع طور عضوي (كالزيت).



2- العوامل الفعالة سطحياً: وهي مواد تخفض من قيمة التوتر السطحي للسوائل التي تضاف إليها بنتيجة امتزاز جزيئاتها الإيجابي على سطح السائل، وتستخدم كمعوامل استحلاب وكمنظفات وكمعوامل مبللة أو مبعثرة.

1-2-1- امتزاز العوامل الفعالة سطحياً: تؤدي الزيادة في سطح الفصل لزيادة التوتر السطحي للجملة، وتنقص إضافة مادة قابلة للانتشار على السطح الفاصل من التوتر فتتقصر بالتالي القدرة السطحية (انعدام التماس بين جزيئات الطورين).

2-2-1- تصنيف العوامل الفعالة سطحياً:

1-2-2- العوامل الفعالة سطحياً السالبة الشحنة:

أ- مجموعة المركبات الكربوكسيلية $R-COONa$ ، ومنها:

أمثلة عن مجموعة المركبات الكربوكسيلية $R-COONa$

الصوابين القلوية: $C_{17}H_{33}COONa, K, NH_4$

الصوابين المعدنية: $(C_{17}H_{33}COO)_2Ca, Mg$

الصوابين العضوية: $C_{17}H_{35}COONa-NH(CH_2-CH_2-OH)_3$

ب- مجموعة الكبريتات (السلفات) $R-SO_4M$ ومنها:

سيتيل سلفات الصوديوم $CH_3(CH_2)_{14}-CH_2-OSO_3Na$

ج- مجموعة السلفونات $R-SO_3M$:

دي أوكثيل سلفوسوكسينات الصوديوم $C_{20}H_{37}-SO_3Na$

د- مجموعة الفوسفات: ويتم تحضيرها كاسترات فوسفورية من أحوال دسمة.

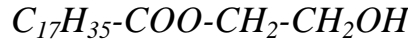
$R-OPOOROH$ & $R-OPO(OH)_2$

2-2-2- العوامل الفعالة سطحياً الموجبة: ومن أكثرها استخداماً أملاح الأمونيوم الرباعية ذوات عدد ذرات الكربون يتراوح بين (C₁₀-C₁₈).

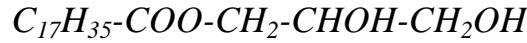
2-2-3- العوامل الفعالة سطحياً المذبذبة: تحوي هذه المجموعة على مجموعات حمضية وقلوية، وبالتالي تتصرف كعوامل استحلابية سالبة أو موجبة بحسب درجة حموضة الوسط (pH)، كالفوسفوليبيدات والبيتائينات.

2-2-4- العوامل الفعالة سطحياً اللاشاردية:

1- استرات الغليكول مع الحموض الدسمة، ومنها مركبات الإيتيلين غليكول الدسمة أو البروبيلين غليكول:

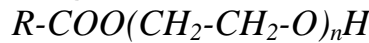


2- استرات الغليسرول مع الحموض الدسمة، ومنها مركبات شحومات الغليسرول الدسمة:

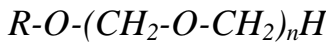


3- مشتقات الايتوكسيالات: وتصنف في عدة زمر:

أ- استرات الايتوكسيالات مع الحموض الدسمة: وتسمى تجارياً ميرج Myrj:



ب- اثيرات الايتوكسيالات مع الأغوال الدسمة: وتسمى تجارياً بريج Brij:



ج- استرات السوربيتان مع الحموض الدسمة: وتسمى تجارياً سبان أو آرلاسيل، وعند تثبيت مجموعات الايتوكسيالات ينتج التوين.

2-3- التوازن المائي الزيتي في العوامل الفعالة سطحياً HLP: تتناسب قيمة HLB طرداً مع مدى فعالية أو قوة الزمرة الهيدروفيلية الشغوفة بالماء، ويمكننا تحديدها بعدة طرق، منها:
- استرات الحموض الدسمة مع كثيرات الأغوال:

$$HLB = 20[1-(E/A)]$$

حيث: E: عدد تصبين الاستر، A: عدد حموضة الأحماض الدسمة الحرة
- الاسترات الصعبة التصبن كالشموع ومشتقات اللانولين مع أكسيد الإيتيلين:

$$HLB = [(N+W)/5]$$

حيث: N: النسبة المئوية لوزن مجموعات أكسيد الإيتيلين في الجزيئة، W: النسبة المئوية لوزن كثير الغول.
تحسب قيمة HLB للعوامل الفعالة سطحياً الشاردية بحسب قاعدة دافيس، إذ حدد لكل مجموعة وظيفية رقم يعبر عن حبها للماء أو الزيت (المحبة للماء موجبة) بحسب الجدول التالي:

مضادة للرغوة	مبيلات	عوامل استحلاب م/ز	عوامل استحلاب ز/م	منظفات	مضادة للرغوة																																																												
1.5-3	3-6	1-7	7-20	13-15	15-18																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">عوامل استحلاب زيت / ماء</td> <td colspan="10" style="text-align: center;">عوامل استحلاب ماء / زيت</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">8</td><td style="text-align: center;">9</td><td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">11</td><td style="text-align: center;">12</td><td style="text-align: center;">13</td><td style="text-align: center;">14</td><td style="text-align: center;">15</td><td style="text-align: center;">16</td><td style="text-align: center;">17</td><td style="text-align: center;">18</td><td style="text-align: center;">19</td><td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">مضادة للرغوة</td> <td colspan="10" style="text-align: center;">منظفات</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">مضادة للرغوة</td> </tr> </table>						عوامل استحلاب زيت / ماء										عوامل استحلاب ماء / زيت										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	مضادة للرغوة					منظفات										مضادة للرغوة				
عوامل استحلاب زيت / ماء										عوامل استحلاب ماء / زيت																																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																														
مضادة للرغوة					منظفات										مضادة للرغوة																																																		
HLB	المركب	HLB	المركب	HLB	المركب																																																												
4.7	أحاديات وثنائيات الغليسريد	2.2	سوربيتان أحادي ستيرات	2.2	بولي سوربات (65)																																																												
11	أحاديات ستيرات بروبيلين غليكول	2.4	بولي سوربات (60)	4	بولي سوربات (80)																																																												
14.9	غليسريول لاكتو بالميتات																																																																
15	أحاديات غليسريد مؤسلة، ليستين عادي																																																																

2-4- نظرية ثبات المستحلبات: يرتبط ثبات المستحلبات بعدد من العوامل، من أهمها:

- أ- الطبقة الكهربائية المضاعفة للقسيمات: تحمل القسيمات المبعثرة في وسط سائل شحنة كهربائية تكون ناتجة إما: من التشرّد، أو الامتزاز أو الاحتكاك فيما بينها أو مع الطور المستمر.
- ب- يمكن أن تتلاقى أو تتدافع القسيمات في حركتها البروانية ضمن وسط انتشارها بالجملة المستحلبة بحسب قوى التنافر الكهربائي وقوى تجاذب فأندر فالس على أساس:
تنافر أكبر ← عدم تجمع، تنافر مساوي للقدرة الحركية ← تأخير التجمع، تنافر أصغر ← تجمع يؤدي التجمع لاندماج القسيمات ونقض المستحلب دون أن يؤدي بالضرورة لتحقيق الاندماج بين القسيمات.
- ج- شكل و طبيعة الطبقة الرقيقة (الفيلم) التي تتشكل في السطح الفاصل.
- د- لزوجة وسط الانتشار.
- هـ- نوعية عامل الاستحلاب.

2-5- تثبيت المستحلبات باستعمال المواد الفعالة سطحياً اللاشاردية: لا يمكن للعوامل السابقة أن تفسر ثبات المستحلبات بشكل واضح جلي، فازدياد عدد جزيئات أكسيد الإيتيلين في مجموعة الايتوكسيلاط مثلاً يخفف من الكمون الكهرحركي للقسيمات أو القطيرات المشحونة سلباً، ومع ذلك نرى ازدياد ثبات المستحلب، وهذا ما يعود للتثبيت الفراغي الذي لا يحدث إلا في حال اقتراب القسيمات المبعثرة من بعضها البعض، والذي يؤدي بدوره لتنافر ملحوظ بسبب:

- الحجم الضيق الذي سيتاح للسلاسل البوليميرية لأكسيد الإيتيلين.
- التقارب والتداخل وازدياد التركيز الموضعي لسلاسل أكسيد الإيتيلين مما يزيد الضغط الحلولي، وبالتالي حدوث تنافر حلولي، لذلك فإن لخواص هذه السلاسل من درجة بلمرة ومدى ارتباطها بالماء وتركيز وطبيعة الكهرليات ودرجة الحرارة تأثيرها الكبير على ثبات جملة المستحلب ككل، فالبنية المتماسكة لجزيئات عوامل الاستحلاب حول القطيرات المبعثرة هي السبب في الثبات.

وتزداد فعالية هذه عوامل الاستحلاب باستعمال مزيج عاملين استحلابيين أحدهما أكثر حياً للماء والآخر أكثر حياً للزيت، الروابط الهيدروجينية مع جزيئات الماء.

2-6- تثبيت المستحلبات بوساطة الجزيئات الضخمة: يؤدي استعمال الجزيئات الضخمة في تثبيت المستحلبات لتشكيل غلاف (0,15 ميكرومتر) متعدد الطبقات (لا يمكن غسل الطبقة الأولى منه) ذو خصائص لزجة ومرنة من نمط ز/م (امتزاز بطيء غير عكوس)، ويتعلق مدى ثبات المستحلب حينها بتماسك الغلاف وصلابته ومرونته من جهة، ولزوجة وسط الانتشار، ومدى امتزاز الجزيئات الضخمة على سطوح القسيمات المجاورة.

2-7- التثبيت بوساطة المواد الصلبة الناعمة: تستعمل بعض المواد الصلبة في تثبيت المستحلبات شرط نعومتها، وعدم قابليتها للانحلال في أي من الطورين، وأن تتمتع بالخصائص التي تجعلها تتوضع في سطح الفصل، إذ أن توضع المادة الصلبة في سطح الفاصل يخفض من التوتر السطحي، ويتعلق النمط الناتج بمعدل تبلل المادة في كل من طوري المستحلب، نمط ز/م أو م/ز، والسطح النوعي.

3- لزوجة المستحلبات: تشكل اللزوجة عاملاً مهماً في ثبات المستحلبات، وفي إمكانية استعمالها (وخاصةً في الصناعات الدوائية من حيث: سهولة إعطائها عن طريق الحقن، تساوي المقادير الدوائية، سهولة وانتظام تعبئتها وإخراجها من الأوعية وسهولة مدها على الجلد).

3-1- العوامل المؤثرة في لزوجة المستحلبات:

3-1- عوامل داخلية: نسبة الطور المبعثر، التأثير المتبادل بين القسيمات والتجمعات، أبعاد الأجزاء المبعثرة وتجانسها، اللزوجة التي تتعلق بطبيعة مكونات جملة المستحلب الكيميائية.

3-2- طبيعة وسط الانتشار: لزوجته ووجود معززات لزوجة، تركيبه الكيميائي وقطبيته ودرجة حموضته، تركيز الكهرليات إن كان الوسط قطبياً.

3-3- عامل الاستحلاب: طبيعته الكيميائية، تركيزه ودرجة انحلاله في كل من الطورين ونمط المستحلب، ثخانة الطبقة وخواصها الانسيابية.

3-4- تزداد اللزوجة بازدياد نسبة الطور المتبعثر إلى حد ما، في حين تلعب النعومة والتجانس دوراً في نقض الاستحلاب.

5- أشكال عدم ثبات المستحلبات:

1-5- نقص المستحلب: يتم نقض الاستحلاب سريعاً كحالة غير قابلة للعكس باندماج أو تكتل القسيمات على مرحلتين:

• مرحلة سريعة: تتعلق بطبيعة المستحلب.

• مرحلة بطيئة: تتعلق بدرجة النعومة.

أي بسبب الانتشار الجزيئي أو تشكل تكتل قطيرات كبيرة على حساب القطيرات الصغيرة دون أن يكون هناك تماس بينهما (تنقص ثباتية ز/م بازدياد قطبية الطور الزيتي، وتزداد بزيادة عدد ذرات الكربون).

2-5- التكتل: لا يسبب التكتل بالضرورة نقض المستحلب (نظرية الغرويات)، ولا يمكننا تفسير بعض حالات التجمع بهذه النظرية، وإنما يتشكل طبقة ثنائية الجزيئات من عامل الاستحلاب ما يسبب زوال الروابط المحبة للزيت.

3-5- التقشد أو الترسيب: وهو نزوح الأجزاء المبعثرة نحو الأعلى أو الأسفل، حيث يتشكل مستحلباً مركزاً نتيجة نقص المسافة بين القسيمات، وتتميز المستحلبات المتقشدة أو المترسبة بتشكيل طبقة رقيقة من الطور المستمر:

• تقشد: كثافة أقل للطور المبعثر.

• ترسب: كثافة أكبر للطور المبعثر.

ويؤدي الرج لتسهيل عملية اندماج القسيمات بسبب قصر المسافة بينها، ما يزيد من سرعة الترسيب أو التقشد الذي يتناسب مع مربع نصف قطر القسيمات.

كمت يمكن أن يحدث تقشد أو ترسب، وتجمع واندماج في نفس الوقت، ويمكننا تجاوز هذه الحالة برفع اللزوجة، أو بتشكيل حاجز مناسب من جزيئات عامل الاستحلاب.

4-5- تغير نمط المستحلب أو نقض المستحلب: يحدث نقض المستحلب لعدة أسباب، من أهمها:

1-4-5- بنية عامل الاستحلاب الكيميائية والذي يصبح ذا خواص توجه إلى النمط المعاكس، وتحدث بخاصة في مستحلبات ز/م المحضرة باستعمال صابون قلوي عندما يضاف لها شوارد الكالسيوم أو المغنيزيوم أو الزنك، ويمكننا حل هذه المشكلة برفع نسبة عامل الاستحلاب المضاف.

2-4-5- استعمال كمية كبيرة من الطور المبعثر لا يمكن استيعابه (حجم قطيرات واحد وغير قابلة للانضغاط) 3-4-5- ينقص ارتفاع الحرارة من تمييه المجموعات المحبة للماء في جزيئات العامل الفعال سطحياً اللاشاردي.

6- تحديد تركيب المستحلب: يميل المستحلب للتقشد عندما تكون *HLB* للعامل الفعال سطحياً أعلى من *HLB* المناسبة لجملة المستحلب المطلوب، أما إن كانت أقل فستميل الجملة لارتفاع لزوجتها وبالتالي لاندماج القسيمات بسرعة بتأثير الحرارة.

7- اختيار عوامل الاستحلاب: ينصح عادة بمزج عاملي استحلاب مع بعضهما ، ز/م سبان وتوين 60 ، م/ز سبان وتوين 80، أما للكريمات فعامل واحد مع معزز للقوام كأن يكون غول دسم أو مزيج أغوال دسمة تشارك في تشكيل الغلاف على السطح الفاصل بين الطورين.

8- تحديد كمية عامل الاستحلاب: تتعلق كمية عامل الاستحلاب اللازمة بعدد من العوامل، منها: كمية الطور المبعثر، نعومة الأجزاء الناتجة أثناء التحضير العملي (نمط ز/م نستعمل نسبة 10% من كمية الطور الزيتي أما م/ز فمن الضروري استخدام كمية أكبر من عامل الاستحلاب).

9- أنواع المستحلبات: تصنف المستحلبات حسب محتوى طورها من السوائل إلى نوعين:

1-9- مستحلبات زيت في ماء (ز/م): حيث يكون الطور الخارجي الماء والطور الداخلي الزيت مثل الحليب، ولتحضير مثل هذا النوع يستعمل عوامل استحلاب محبة للماء مثل الصمغ العربي وصمغ الكثيراء وغيرها.

2-9- مستحلبات ماء في زيت (م/ز): حيث يكون الطور الخارجي الزيت والطور الداخلي هو الماء كالزبدة، ولتحضير مثل هذا النوع يستعمل عوامل استحلاب محبة للزيت مثل دهن الصوف *Wool Fat* وشمع العسل *Beeswax* وغيرها.

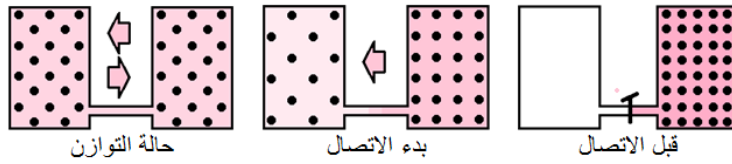
$\begin{array}{l} \text{CH}_2\text{-O-COR} \\ \\ \text{CH}_2\text{-O-COR} \\ \\ \text{CH}_2\text{-OH} \end{array}$	أحاديات الغليسريد المؤسّرة بحمض عضوي	$\begin{array}{l} \text{CH}_2\text{-O-COR} \\ \\ \text{CH-OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{-OH} \end{array}$	أحادي الغليسريد
R: حمض (الليمون، اللبن، خليط الطرطر والخل، الطرطر ثنائي الأستيل)		R: حمض (الشمع، النخيل، الزيت، الكتان)	

الانتشار

الانتشار Diffusion: يعرف الانتشار على أنه عملية توزع جزيئات أو ذرات أو حبيبات بشكل متساوٍ في فراغ أو في حيزٍ متاح أو تخللها خلال حاجز غشائي، ويتم الانتشار بانتقال الجزيئات أو الذرات من منطقة عالية التركيز إلى منطقة ذات تركيز أقل حتى يتساوى التركيز في المنطقتين.

تنشأ ظاهرة الانتشار بسبب الحركة البروانية العشوائية لجزيئات المادة التي تتصادم وتتبادل لتتغلغل كامل الحيز المتاح لها.

فلنفترض وجود غاز في صندوق مغلق وموصول بصندوق آخر مفرغ من الهواء، فلو فتحنا الصنوبر بين الصندوقين سنجد أن الغاز ينتشر من الصندوق المملوء إلى الصندوق الفارغ حتى يتعادل ضغط الغاز في الصندوقين، ودون أن يتوقف الانتشار عند تساوي الضغط لأن جزيئات الغاز تستمر في الانتشار في الاتجاهين بسبب حركتها الدائمة. ويحدث الانتشار التفاضلي في حالة الضغط الأسموزي.



ولتوضيح عملية الانتشار يمكننا مراقبة عملية تلون أو انتشار صباغ حول في سائل شفاف كما يبين الشكل التالي:



يتحدد معدل انتشار مادة معينة بالعوامل التي تؤثر على انتشارها، ففي محاليل الأملاح تنتشر شوارد الملح الواحد مستقلة عن بعضها، ويتأثر معدل وسرعة انتشار المواد المختلفة بعدة عوامل منها:

- 1- حجم وكتلة القسيمات: يتناسب ضغط الانتشار عكساً مع ازدياد حجم الجزيئات.
- 2- التركيز: تتناسب سرعة الانتشار طردياً مع ازدياد فرق التركيز بين نقاط المحلول.
- 3- درجة الحرارة: يتناسب ضغط الانتشار طردياً مع ارتفاع درجة الحرارة، إذ ترتفع الطاقة الحركية مع ارتفاع درجة حرارة جزيئات المادة، وبالتالي يزداد عدد الاصطدامات في الثانية.
- 4- طبيعة وسط الانتشار: تتناقص سرعة انتشار المادة من الغازات للسوائل للأجسام الصلبة لضعف ارتباط الجزيئات مع بعضها البعض في الحالة الغازية، ولحركتها العشوائية، والتي تقل في السوائل وشبه معدومة في الحالة الصلبة. فعلى سبيل المثال نجد أنه يكون انتشار مادة على الشكل:

سرعة الانتشار في حالات وسط الانتشار الثلاث			
الحالة	الغازات	السوائل	الأجسام الصلبة
المسافة المقطوعة في الدقيقة	100 ملم	0.5 ملم	0.0001 ملم

ويمكن ربط العوامل المؤثرة في تدفق الانتشار عن طريق قانون فيك للانتشار.

قانونا فيك للانتشار *Fick's laws of diffusion*: اكتشف العالم فيك في منتصف القرن التاسع عشر بأن: معدل انتشار الجزيئات عبر مقطع من وحدة المساحة (ds/dx) يتناسب مع تدرج تركيز الجزيئات الصبغية بالتوازي مع اتجاه الانتشار.

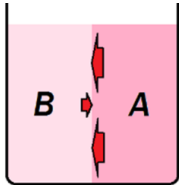
ويسمى هذا القانون بقانون فيك للانتشار وفيه معامل الانتشار D كعامل تناسب يوصف طبيعة حيثيات القسيمات ولمواد الداخلة في بناء وسط الانتشار، كما هي الحال مع الأصبغة والمواد المساعدة في الحمام الصباغي، إذ أنه لا يمثل أكثر من تعريف لمعامل الانتشار في حالة الاستقرار:

$$Ds/dt = D(dc/dx)$$

بينما يعبر قانون فيك الثاني للانتشار عن شروط الحالة غير المستقرة، أي تحت ظروف يكون فيها تدرج التركيز متغيراً مع الزمن، يعبر الطرف اليساري من القانون عن كمية الصباغ المنتشرة داخل أو خارج سطحي حدود التلامس لوحدة الحجم في وحدة الزمن، بينما يعبر الطرف اليميني من القانون عن كمية الصباغ المتراكمة في وحدة الحجم، فقانون فيك الثاني لا يمثل أكثر من توازن انتقال الكتلة، ونحصل على ثابت الانتشار D من عملية انتشار خاصة.

$$D (d^2c/dx^2) = dc/dt$$

آلية الانتشار: يعتمد الانتشار على الحركة البراونية العشوائية للجزيئات في وسط الانتشار، والتي تسبب تصادم وتباعدها الجزيئات مع وعن بعضها البعض لملء أي حيز متاح، وتعتمد هذه الحركة على الطاقة الحرارية الكامنة في المادة، وتعتبر هذه الحركة من خواص المادة ولا تحتاج إلى طاقة خارجية طالما أن درجة حرارتها أعلى من الصفر المطلق.



تتسبب كثرة الجزيئات في جهة التركيز العالي بتحريك عدد أكبر من الجزيئات لجهة التركيز المنخفض، أي أن محصلة حركة الجزيئات يكون من المنطقة ذات التركيز العالي إلى منطقة التركيز المنخفض حتى يتساوى التركيزان فيحصل التوازن، ما يعني تساوي الحركة في الاتجاهين. لهذا فإن الانتشار يمكن أن يُنظر إليه على أنه القوة التي تؤدي إلى انتقال المادة من A إلى B.

الانتشار وأنواع المحاليل:

الانتشار والمحاليل الحقيقية: توجد هذه المحاليل على هيئة جمل متبعثرة جزيئية أو شاردية، وغالباً ما تحتوي على جزيئات أو شوارد أبعادها دون (1) ميلي ميكرون، وينعدم فيها التمييز بين الطورين السائل والصلب.

وقد تزيد أبعاد الجزيئات عن (1) ميلي ميكرون كما هي حال محاليل البوليميرات، ومع ذلك تعتبر محاليلاً حقيقية، إذ لا نجد سطحاً فاصلاً بين وسطي الجملة.

الانتشار والجمل المبعثرة: وهي الجمل التي يتراوح قياس أبعادها بين (1-100) ميلي ميكرون، ولا ترسب هذه القسيمات بتأثير قوة الثقالة كونها مستقرة من الناحية الحركية، وغالباً ما تكون هذه الجمل شفافة لصغر قياس قسيماتها، ويمكننا تمييزها بالمجهر الإلكتروني، وتتصف بنثرها للضوء (فعل تندال)، ويمر جميعها من ورق الترشيح.

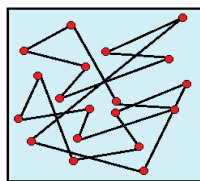
الانتشار والجمل الغروية: تزيد أبعاد قسيمات الطور المتبعثر هنا عن (100) ميلي ميكرون، وتعتبر جملاً غير شفافة إذ تلاحظ بالعين المجردة، وترسب قسيماتها بفعل قوى الثقالة.

ولا تتميز الغرويات بالقيمة المطلقة لأبعاد قسيمات الطور المتبعثر بل تتعين بدرجة التبعثر Δ التي هي مقلوب قياس المقطع العرضي للقسيمة d :

$$\Delta = 1/d$$

ونستنتج من هذه العلاقة أن درجة التبعثر تبين مقدار نعومة الطور المتبعثر.

تتصف القسيمات الغروية بحركة فوضوية مستمرة تدعى الحركة البراونية، وتنتج عن تصادم جزيئات السائل مع القسيمات الغروية، ويمكننا ملاحظتها بالمجاهر الدقيقة على الشكل التالي:

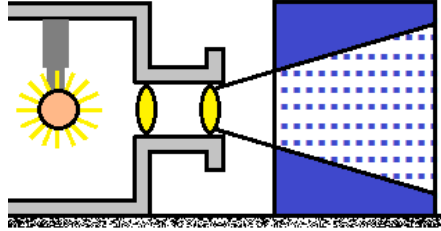


الحركة البراونية

وبما أن هذه القسيمات كبيرة نسبياً، فإن سرعة نفوذ المحاليل الغروية أقل بكثير من سرعة النفوذ في المحاليل الحقيقية.

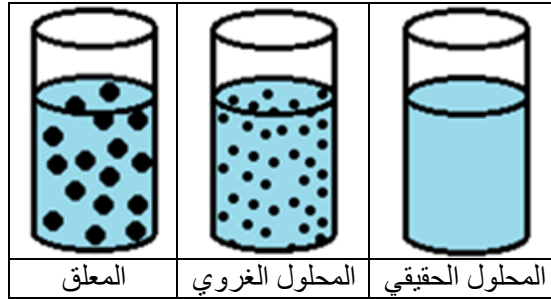
ومن أهم ما يميز المحاليل الغروية الخواص الضوئية، إذ تتلألأ القسيمات الغروية بمرور الأشعة الضوئية، وهو الأمر الذي لا يمكننا ملاحظته في المحاليل الحقيقية، ويمكننا توصيف التجربة التي تبين لنا الخواص الضوئية على الشكل:

يوضع وعاء مليء بالمحلول الغروي في غرفة مظلمة، وتسقط عليه حزمة ضوئية مخروطية، فيلاحظ التلألؤ ضمن مخروط الأشعة الضوئية:

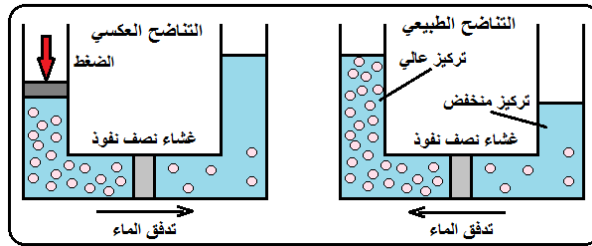


مفعول تندال

ويسمى ظهور المخروط المتلألئ بسبب انتشار الأشعة بتأثير القسيمات الغروية بفعل تندال، ويُمكننا فعل تندال من تمييز المحاليل الغروية عن المحاليل الحقيقية الذي يكون فيها انتشار الضوء قليلاً بحيث لا تلاحظه العين المجردة. وبصورة عامة تزداد شدة انتشار الضوء بازدياد درجة التبعثر، وتبلغ نهاية عظمى ثم تتناقص:



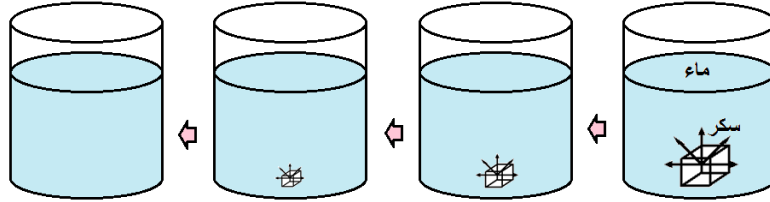
التناضح أو الانتشار عبر غشاء نفوذ: من الحالات الخاصة للانتشار الانتشار عبر غشاء نفوذ *Permeable*، ونجد في هذه الحالة أن محصلة انتقال جزيئات المادة المُذابة يكون باتجاه الجانب ذي التركيز الأقل كما هو موضح في الشكل التالي، فمن شروط الانتشار أن يكون " الحاجز " الفاصل نفوذاً للمادة المُذابة، أما إذا ما كان الغشاء الفاصل نصف نفوذ *Semipermeable* فإن جزيئات المادة المُذابة تكون غير قادرة على الانتقال إلى الجانب الآخر، وهنا ينشأ ضغط يسمى بالضغط التناضحي.



تطبيقات الانتشار: من خلال تحليل سرعات الانتشار في جدول سرعة الانتشار بين الأوساط الثلاث الذي سبق واستعرضناه، نلاحظ أن عملية الانتشار تلعب دوراً أكبر في الحالة الغازية، وأقل في السوائل، بينما تعتبر مهمة في المواد الصلبة.

ففي الحالة الغازية نلاحظ أن تسرب غاز ما في مكان مغلق يؤدي - حتى مع انعدام التيارات الهوائية - لتوزيع الغاز في كامل الحيز المغلق، وفي نفس الوقت يساهم فتح النافذة بغرض التهوية لتجدد الهواء حتى ولو انعدم تيار الهواء، وذلك لأن الهواء والروائح في الغرفة تتحرك باتجاه الخارج حيث يكون تركيزها بالخارج أقل منه في الغرفة.

أما في السوائل فإن انتشار المواد يكون أكثر بطئاً، فلو تمت إذابة مكعب سكر في كأس ماء، فإن الوقت الذي يحتاجه السكر للذوبان والتوزع في الكأس يكون طويلاً نسبياً، لذا يُستعان بأساليب لتسريع العملية من خلال تحريك الكأس أو خضها.



انحلال قطعة سكر بالماء تلقائياً

الانتشار عبر مسافات قصيرة يكون فعالاً، فلو نظرنا إلى المسافات التي لا بد أن تقطعها المواد في الخلايا فإننا سنجدتها تجسر مسافات بالميكرومترات، فعلى مستوى الكائنات وحيدة الخلية فإن حصول هذه الكائنات على الغذاء وعمليات الإفراز تتم بطريق الانتشار البسيط عبر الغشاء الخلوي، في حين أن الكائنات متعددة الخلايا كالإنسان فإن الدورة الدموية تتكفل بنقل المواد من منطقة لأخرى، أما على مستوى الأنسجة الحيوية فإن التبادل الحيوي وعمليات نقل الغذاء والإفرازات يعتمد على خواص مثل الانتشار والتناضح والنقل الحيوي.

تسمح قنوات الشوارد في جدران الخلايا بانتشار اختياري للمواد، فحينما تفتح هذه القنوات فإن الشوارد تعبر القناة بناءً على فرق التركيز على جانبي الجدار الخلوي.

يكون الجدار الخلوي نفوذاً لمواد، وغير نفوذ أو نصف نفوذ لأخرى بحسب نوع الخلية ونوع المادة، كما يمكن للخلايا أن تقوم بفتح قنوات خاصة مثل القنوات الشاردية لفترات محدودة للسماح بدخول أو خروج بعض المواد، ويتم انتقال المواد هنا بصورة تلقائية عن طريق الانتشار دون صرف أي طاقة أو نقل نشط يستهلك الطاقة.

وهناك أيضاً أساليب أخرى لانتقال الجزيئات والسوائل ما بين الخلايا والسائل البيئي، فإلى جانب الانتشار هناك التناضح والنقل النشط وكلاهما يستهلك الطاقة لتحقيق النقل.