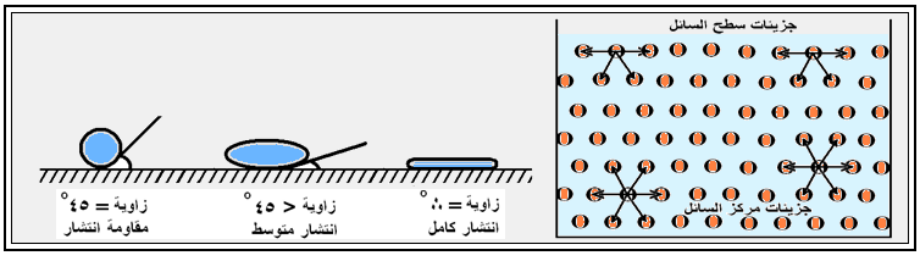
Chem. Bilal A. Al-Rifaii **الكيميائي بلال عبد الوهاب الرفاعي**
مدرب التقنيات الصباغية في الاتحاد العربي للصناعات النسيجية وغرفتي صناعة دمشق وحلب
مشرف على الجوانب التطبيقية بكلية علوم جامعة دمشق
دمشق: هاتف: 011 3440538 ، حلب: 021 2262139 ، جوال: 0944 584316، b.rifatex@hotmail.com

ميزان الألفة بين الطورين المائي والزيتي للمواد الفعالة سطحياً
HLB: Hydrophilic Lyophilic Balance

المراجعة العلمية : الدكتور مأمون البحرة

ألقيت بالتعاون بين جامعة دمشق والجمعية الكيميائية السورية في كلية العلوم بتاريخ 2010 /6/8 بإدارة الأستاذ الدكتور محمد علي المنجد
وفي الاتحاد العربي للصناعات النسيجية بتاريخ 2010/10/31 بإدارة : الأستاذ الدكتور عدنان شيخ الكار

1: العوامل الفعالة سطحياً: يتحرك كل جزيء في سائلٍ ما بتأثير الجزيئات المجاورة المحيطة به من جميع جوانبه، وبالتالي فإن قوى التجاذب أو التدافع ستتساوى في كل الاتجاهات، أما الجزيئات الموجودة على سطح السائل فإنها تعاني من انجذابٍ سفلي وجانبي فقط كما في الشكل 1، ما سيترتب عليه استقرارٌ أقل وانجذابٌ نحو الأسفل، لذا فإنها ولاستعادة استقرارها ستعمل على تصغير سطحها قدر الإمكان وهو ما يتحقق بتصغير مساحة سطح السائل لأصغر حدٍ ممكن بتحول شكل السطح من سطحٍ مستوٍ لشكلٍ كروي أي لشكل حبات المطر:



الشكل 1 : ظاهرة التوتر السطحي

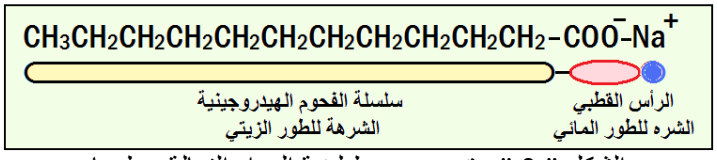
تعتمد كمية العمل اللازمة لمد سطح السائل على قواه الداخلية والتي تدعى بالتوتر السطحي للسائل، وتتناقص قيمة التوتر السطحي مع ارتفاع درجة حرارة السائل بسبب ازدياد الطاقة الحركية للجزيئات وبالتالي تناقص قوى التجاذب فيما بينها.

تحدث ظاهرة التوتر السطحي عموماً على السطح الفاصل بين السائل والهواء أو بين سائلين غير قابلين للامتزاج أو سائلٍ مع سطح صلب، وقد وضعت الجمعية الدولية للصابون تعريفاً للمواد الفعالة سطحياً على أنها مجموعة المركبات التي يمكنها الانتشار في محلول صناعي بحيث يكون تركيزها على سطحه أعلى منه في داخله مؤدياً لخفض التوتر السطحي.

2 – بنية المواد الفعالة سطحياً: تتمتع المواد الفعالة سطحيا ببنية خطية غير متناظرة كما في الشكل 2 وبحيث يمكننا تقسيمها إلى قسمين:

أ – رأس قطبي شغوف بالماء وكاره للطور الزيتي.

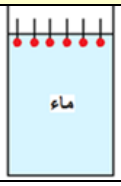
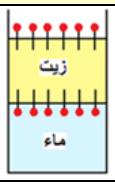
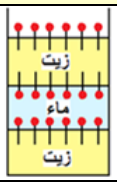
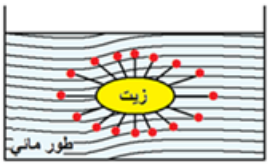
ب – ذيل أو سلسلة فحمية طويلة كارهة للماء وشغوفة للطور الزيتي.



الشكل " 2 " : ترسيم مبسط لبنية المواد الفعالة سطحيا

ويوحي لنا هذا الشكل أن فعالية العامل الفعال سطحياً ترتبط بدرجة قطبية الرأس ودرجة الشغف أو الارتباط التي يمكن أن يتبادلها مع الماء من جهة، وطول وشكل السلسلة ومتبادلاتها بما يعزز أو يخفض من درجة ألفتها للطور العضوي أو البقع الزيتية التي يمكنها أن تسبح في الطور المائي ونحاول استحلابها لعزل تأثيراتها السالبة الأثر على العملية الصناعية.

ويمكننا عموماً ترسيم توجهات المواد الفعالة سطحياً بين طورين زيتي ومائي وتمثيل ارتباطها ببقعة زيتية في وسط مائي على الشكل " 3 ".

توجهات المواد الفعالة سطحيا بين طورين زيتي ومائي				
				
ماء فقط	زيت فقط	زيت / ماء	زيت / ماء / زيت	ارتباط العامل الفعال سطحياً ببقعة زيت

الشكل " 3 "

3- آلية عمل المواد الخافضة للتوتر السطحي: تقوم آلية عمل المواد الخافضة للتوتر السطحي على تجمع جزيئاته على شكل طبقةٍ عازلة بين الطورين غير القابلين للامتزاج، أما عند انتشار العامل الفعال سطحياً داخل المحلول فإننا نجد أن هناك تجاذباً بين الأقسام الهيدروفوبية لجزيئات العامل فعال سطحياً مع البقعة الزيتية ما يؤدي لخفض مساحة التماس بينها وبين الماء إلى أن تتمكن جزيئات العامل الفعال سطحياً من تشكيل طبقة غروية معلقة تلعب دور الحاجز، ويُرمز لتركيز المادة الخافضة للتوتر السطحي الأدنى اللازم لتشكيل هذه الطبقة المعلقة بـِ *CMC*، والذي تتغير عنده خواص السائل مثل: التوتر السطحي، الناقلية الكهربائية، النفوذية الالكترونية، الضغط، الانحلال بالماء، والقابلية للغسيل، وتتراوح قيمة *CMC* عموماً بين 0.02 - 0.4% أي ما يعادل 0.001 – 0.02 مول/ليتر.

4- وظائف العوامل الخافضة للتوتر السطحي: يمكننا إجمال الوظائف التي يقوم بها العامل الفعال سطحياً بالمساعدة على: التبليل، التخريق، الاستحلاب، البعثرة، المساعدة على الانحلال، التنظيف.

4-1- التبليل والتخريق: يساعد العامل الفعال سطحياً على التبليل لكونه يقلل من توتر سطح السائل والتوتر السطحي الناشيء بين المواد الصلبة والماء ما يساعد الماء على التخلخل بين مكونات المواد الصلبة المراد تبليلها، أي أنه يعمل على رفع معدلات اختراق الماء للمواد المراد تبليلها.

4-2- الاستحلاب والبعثرة: يُعَرَف الاستحلاب على أنه توزع قطيرات سائل غير قابل للامتزاج في سائلٍ آخر، كما هو الحال عند مزج سائل عضوي كالزيت بالماء، ويمكننا وبإضافة العامل الفعال سطحياً المساعدة على تثبيت توزع القطيرات في السائل المائي بإحاطة كل قطيرة بما تستلزمه من خافض التوتر .

أما البعثرة فتُعَرَف على أنها توزع لدقائقٍ صلبة في وسط سائل، ولكن وكما ذكرنا عن التوتر السطحي الذي ينشأ بين هذه الدقائق الصلبة والسائل فإن العامل الخافض للتوتر السطحي يساعد على خفض هذا التوتر وبالتالي الإبقاء على حالة التعلق والبعثرة هذه.

وهكذا نجد أن وجود العامل الفعال سطحياً يؤدي لتشكل جملة جديدة من :

ماء / عامل فعال سطحيا / زيت

ويرتبط ثبات هذه الجملة بعدة عوامل من أهمها:

1 – ألفة الرأس القطبي تجاه الطور المائي.

2 – ألفة السلسلة الفحمية تجاه الطور الزيتي .

3 – درجة الحرارة والتحريك .

4 – التأثيرات السلبية والإيجابية للشوارد المنحلة في الطور المائي على فعالية الرأس القطبي وبخاصة التأثيرات السلبية التي تتسبب بها شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم على بعض أنواعها مثل أنماط الصابون القديمة، لذا فإنه كثيراً ما تصادفنا حالات نقض استحلاب بوصولنا لدرجات حرارة معينة في ظروف خاصة ترتبط بـِ :

- نوعية الزيت ودرجة أكسدته بالتقادم.
- نسبة الزيت للماء .
- نسبة المادة الفعالة سطحياً المضافة.

وتستخدم العوامل الفعالة سطحياً كعوامل مساعدة في مختلف المجالات الصناعية ومنها في مجالات الغزل والنسيج والصباغة كعوامل: تبليل، تنظيف، استحلاب، بعثرة، تسوية، تزليق وتطرية، مضادات تكسير، مضادات كهرباء ساكنة.

5 – الأنواع الرئيسة للمواد الفعالة سطحياً: عرفت ووزعت المنظمة الدولية للمقاييس أنواع المواد الفعالة سطحياً فيما بين :

سالبة – موجبة – لا شاردية – مذبذبة

5 -1 – المواد الفعالة سطحيا السالبة: إذ يحوي العامل الفعال سطحياً هنا مجموعة وظيفية أو أكثر تنتشر في المحاليل المائية لإعطاء شاردة عضوية سالبة الشحنة وتكون مسؤولة عن الفعالية السطحية للمادة ونجد من أهمها:

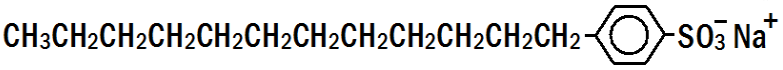
5-1-1– الملح الصوديومي للحموض الكربوكسيلية " الصابون العادي ":

$$R\text{-}COO^{-}\ Na^{+}$$

والذي لم يحقق نجاحاً في الصناعة النسيجية لـِ:

- ضعف خواصه الفعالة سطحياً.
- تشكيله مع شوارد القساوة وخاصة الكالسيوم أملاحاً غير منحلة تتسبب في مشاكل لاحقة.
- تخربه وتفككه بسهولة بتأثير الحموض الممددة.

5-1-2– الملح الصوديومي لسلفونات دودوتسيل البنزن " المنظفات الصنعية ":



وقد طغت هذه المجموعة بشكل كبير في عالم المنظفات بسبب كلف إنتاجها المعادلة للصابون العادي تقريباً وعدم تأثرها بالقساوة.

5-1-3- سلفونات الألكيل:

$$C_{17}H_{33}COOCHCH_2SO_3Na$$

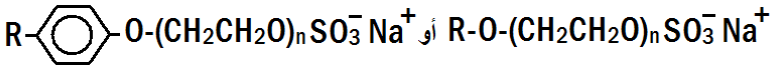
5-1-4- كبريتات الألكيل:

$$CH_3\text{-}(CH_2)_{16}\text{-}CH_2\text{-}OSO_3Na$$

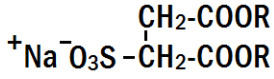
5-1-5 – منتجات تكاثف الحموض الدسمة مع حموض أوكسي ألكيل السلفونيك:

$$R\text{-}COO\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}SO_3^{-}\ Na^{+}$$

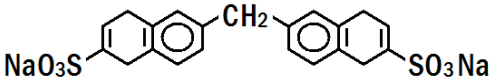
5-1-6 – مشتقات الكبريتات للبولي غليكول ايتر:



5-1-7 – أملاح استرات حموض ألكيل سلفو متعدد الكربوكسيليك:

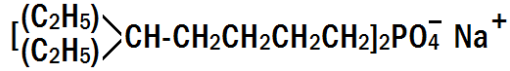


5-1-8 – سلفونات ألكيل النفتالين " السيتامول ":



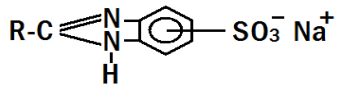
السيتامول *WS* : الملح الصوديومي لمنتج تكاثف حمض السلفونيك نفتالين مع الفورم ألدهيد

5-1-9 – أملاح استرات الفوسفات العضوية مثل ثنائي (ايتيل – بنتيل) فوسفات الصوديوم:



$$R\text{-}O\text{-}(C_2H_4O)\text{-}PO_3Na_2:\ \boldsymbol{R = Octyl\ or\ nonyl\ phenol\ or\ fatty\ alcohol}$$

5-1-10 – سلفونات أميدازول البنزن:



2-5 – المركبات الفعالة سطحياً الموجبة: وتحوي على مجموعةٍ وظيفيةٍ أو أكثر تتشرد في المحاليل المائية لتعطي شاردة عضوية موجبة الشحنة وفعالة سطحياً والتي من أهمها مجموعة الأمينات وزمرة البيريدين وبعض مركبات الإيميدازول.

ويطلق اسم الأمينات على المركبات المشتقة من النشادر باستبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بسلسلة فحمية، وبذلك تكون أولية، ثانوية، ثالثية، رابعية:

نشادر	أمين أولي	أمين ثانوي	أمين ثالثي	مركبات الأمونيوم الرابعية
NH_3	$R\text{-}NH_2$	$R_2{=}NH$	R_3N	$R_4N\text{-}Cl$

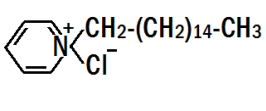
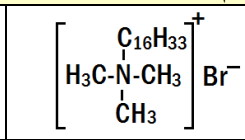
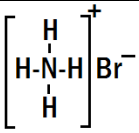
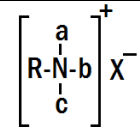
وفي حين أن مركبات الميتيل أمين غازات فإن ما يليها يكون سائلاً حتى نصل مع الأفراد العليا للحالة الصلبة مع ازدياد للكثافة وارتفاع لدرجات الغليان، وفي حين أن المركبات الأمينية حتى طول 8 - 10 ذوابة بالماء فإن الأفراد العليا لا تذوب إلا باتحادها مع الماء والحموض لتشكيل أملاح ذوابة مثل كلور ألكيل الأمونيوم، أي أن نكتب الصيغة على الشكل:

$$(R\text{-}NH_3)Cl \quad or \quad R\text{-}NH_2.HCl$$

وتتوزع المركبات الفعالة سطحياً فيما بين مرتبطة بالسلسلة مباشرة وغير مرتبطة، إذ تستخدم الأمينات الأولية والثانوية والثالثية ذوات السلسلة المرتبطة مباشرة في الصناعة النسيجية كمقويات وكمبيدات أو مزيلات للشحنات الكهربائية الساكنة في الخيوط التركيبية وكعوامل استحلاب، في حين تستخدم ذوات السلاسل المرتبطة بشكل غير مباشر كعوامل تقوية وتجهيز للخيوط السيليلوزية والتركيبية وكعوامل استحلاب.

وتعتبر مجموعة مركبات الأمونيوم الرابعية الأهم في مجموعة العوامل الفعالة سطحياً الموجبة، والتي تعتبر صورة عن هاليد الأمونيوم كما في الجدول 1:

الجدول 1

الصيغة العامة لمركبات الأمونيوم الرابعية			
			
كلوريد سيتيل البيريدينيوم	هكسا ديسيل، ثلاثي ميتيل، بروم الأمونيوم	بروم الأمونيوم	R: سلسلة فحمية a, b, c: ميتيل أو ايتيل أو بنزيل X: كلور أو بروم ، ميتو سلفيت أو ايتوسلفيت

ومن أهم التفاعلات الواجب التوقف عندها لمجموعة الأمينات هي تفاعلها مع القلويات إذ تنحل أملاح الأمينات بتأثير القلويات لينفصل الأمين:

$$R\text{-}NH_3\text{-}Cl + NaOH \longrightarrow R\text{-}NH_2 + Na\,Cl + H_2O$$

5 – 3 – العوامل الفعالة سطحيا اللا شاردية: وتحوي هذه المجموعة مجموعات وظيفية شديدة التوجه أو الاستقطاب والألفة لجزيئات الماء.

ونرى أنه وبتسخين محلول عامل فعال سطحياً لا شاردي وبالوصول لدرجة حرارة معينة ينقلب المحلول من محلولٍ شفاف لمحلولٍ أبيض اللون، وتدعى درجة حرارة انقلاب اللون بنقطة التعكر، وتُفَسَر هذه الظاهرة على أن ارتباط جزيئات العامل الفعال سطحياً بماء المحلول يتم مع ذرات أكسجين زمرة الايتر عبر ذرات الهيدروجين، ومع ارتفاع درجة الحرارة وازدياد مقدار الطاقة الحركية لهذه الجزيئات تبدأ بالانفصال عن الماء ما يؤدي لتجمعها على شكل طبقة حرة وبدء ترسبها على شكل مستحلب يعكر شفافية المحلول، لذا فإننا نجد أن مجموعة البولي غليكول ايتر حلولة بالماء دون درجة التعكر هذه فقط.

وتعتبر مجموعة الايتوكسيلات " البولي غليكول ايتر" أكثرها انتشاراً وتوظيفاً لإمكانياتها العالية وانخفاض تكاليف إنتاجها، إذ يتم تحضيرها بتفاعل أكسيد الايتيلين في وسط قلوي مع أي مركب حاوٍ على مجموعة هيدروكسيل أو كربوكسيل أو مجموعة أميدية أو أمينية مع هيدروجين حر مرتبط بذرة الآزوت:

$$R\text{-}XH + H_2C\text{-}CH_2 \longrightarrow R\text{-}O\text{-}CH_2CH_2\text{-}XH \xrightarrow[X:O,\,S,\,NH]{H_2C\text{-}CH_2} RXCH_2CH_2\text{-}O\text{-}CH_2CH_2OH \longrightarrow RX(CH_2CH_2O)_nH$$

ويؤدي ارتفاع طول سلسلة أكسيد الايتيلين n والتي قد تزيد عن 50 وحدة لازدياد الانحلال بالماء لازدياد نسبة أو عدد الجسور الأكسجينية، ولا يمكننا عملياً ضبط أو توحيد طول السلاسل المتشكلة أثناء التفاعل.

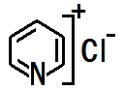
5 – 4- المواد الفعالة سطحيا المذبذبة: وهي مجموعة المواد الحاوية زمراً حمضية وأخرى قلوية في الآن عينه وبما يُمَكِنُها من التفاعل فيما بينها بالوسط المائي لتعطي ملحاً داخليا غير ناقل للكهرباء، أو حمضاً بالوسط القلوي وأساساً في الوسط الحمضي كما يبين الجدول 2:

الجدول 2

بعض العوامل الفعالة سطحياً المذبذبة		
الوسط	الشحنة	الصيغة
حمضي *Acidic*	موجب *Cationic*	$R\text{-}NH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COO^{\ominus}\ Na^{\oplus}$
نقطة التعادل الكهربائية : *Isoelectric range*	لا شاردي *Non-ionic*	$R\text{-}NH_2^{\oplus}\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COO^{\ominus}$
قلوي *Alkaline*	سالب *Anionic*	$R\text{-}NH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COO^{\ominus}\ Na^{\oplus}$

ويمكننا استعراض أهم الوظائف الأكثر انتشاراً باستعراض الجدول 3 :

الجدول 3

أهم وظائف الرأس القطبي للمركبات الفعالة سطحياً				
الزمر الحمضية				
الكربوكسيل	$-COO^-Na^+$	السلفون	$-OSO_2^-Na^+$	
استر الكبريتات	$-OSO_3^-Na^+$	أورتو الفوسفات	$-OPO_3^-(Na)_2^+$	
الزمر القلوية				
زمر الأمينو	أحادي الأمين	$-NH_2.HCl$	زمرة البيريدين	
	ثنائي الأمين	$=NH.HCl$		
	ثلاثي الأمين	$\equiv N.HCl$		
	رباعي الأمين	$\equiv N^+Cl^-$		
الزمر اللا شاردية				
الايتر	-O-	الكربوأمين	-CONH-	
الهيدروكسيل	-OH	السلفو أمين	$-SO_2NH-$	
الاستر الكربوكسيلي	-COO-	زمرة الرابطة المضاعفة	-CH=CH-	

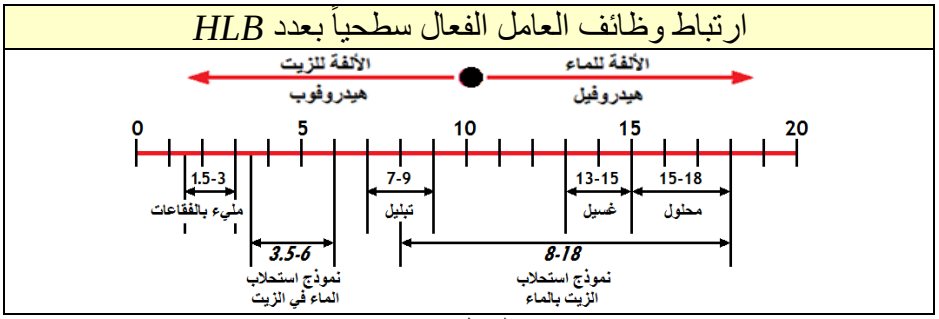
6: مفهوم ميزان الألفة بين الطورين المائي والزيتي *HLP*: يرمز للنسبة بين القسمين: الشغوف والكاره للماء بعدد:

HLB: Hydrophilic Lipophilic Balance

ويحسب رقم **HLB** للعوامل الفعالة سطحياً لزمرة البولي غليكول ايتر اللاشاردية والمتعددة التكافؤ بالمعادلة التالية:

عدد **HLP** للعوامل الفعالة سطحياً = (عدد الزمر الهيدروفيلية ÷ عدد الزمر الهيدروفيبية) × (100 ÷ 5)

فعدد HLB للالكانات يساوي الصفر لعدم احتوائها أي زمرة هيدروفيلية، أما في الإيتيلين غليكول فنجد زمرتي هيدروكسيل هيدروفيليتين ومجموعتي ميتيلين هيدروفوبتين وبالتالي يكون عدد *HLB* له مساوياً 20، لذا فإن قيم HLB للعوامل الفعالة سطحياً يتراوح عادةً بين الصفر والعشرين، وكلما كان عدد المركب أقرب للعشرين كان أكثر ميلاً للطور المائي كما يبين الشكل 5:



الشكل 4

لو أخذنا بمركبين كربوكسيليين R_5, R_{12} لوجدنا الفارق النظري لهما على الشكل:

$$R_5: CH_3CH_2CH_2CH_2COO^-Na^+$$

$$R_{12}: CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2COO^-Na^+$$

وبما أن رأسيهما واحد فإن ألفتهما تجاه الوسط المائي سيكون واحداً، ولكن الزيادة في طول سلسلة C_{12} يمنح المركب ألفةً أعلى تجاه الطور الزيتي على حساب ألفته تجاه الطور المائي، وهذا ما يرمي إليه مفهوم ميزان الألفة بين الطورين المائي والزيتي أي الـ HLB، علماً بأنه قد وجد أن الفعالية التنظيفية الأعلى تكون في طولٍ للسلسلة يقع بين C_{12}-C_{18}.

ولو قارنا بين مركبين فعالين سطحيا لا شارديين من نمط بولي غليكول ايتر للأغوال الدسمة اختلفا فيما بينهما بقيمة " ***n*** " أي:

1) $C_{18}H_{33}$-O-$(CH_2$-CH_2-O-$)_{35}$ H

2) $C_{18}H_{33}$-O-$(CH_2$-CH_2-O-$)_{75}$ H

لوجدنا أن المركب الأول حيث تأخذ n القيمة 35 سيكون أقل انحلالاً بالماء وأكثر قدرة على عمليتي الاستحلاب والبعثرة.

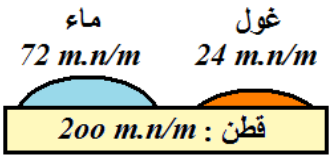
وقد أوردت شركة ***Pulera, S. A*** في نشرة علمية لها عن منتجاتها بعض قيم ***HLB*** فكانت بما يخص طائفة ايتوكسيلات نونيل فينول على الشكل في الجدول 4:

الجدول 4

منتجات شركة *Pulera, S.A* لطائفة النونيل فينول		
الخواص	***HLB***	***C.P***
عوامل فعالة سطحياً لزيادة للانحلال في الزيت، معززات رغوة، مساعدات استحلاب للعوامل الفعالة سطحياً اللا شاردية، مبعثرات لمشتقات الزيوت النفطية	4.6-5.7	~
مضادات رغوة، عوامل استحلاب متوسطة	6.6	~
منظفات وعوامل استحلاب متوسطة، عوامل فعالة سطحياً سائلة مضادة للرغوة تدخل في تركيب المنظفات الحاوية على مذيبات، تدخل في تركيبة مع الماء كعامل فعال سطحياً وكمنظف في إضافات المنتجات النفطية	8.9	45
عامل منظف جاف، مستحلب للمبيدات الحشرية	10	~
منظف، مبعثر، عامل استحلاب، مبلل، من مكونات المنظفات الحاوية على المذيبات، عامل استحلاب وتثبيت في صناعة الدهانات، مبعثر للمشتقات النفطية	10.9	61-65

7- قيم التوتر السطحي لبعض المواد: يبين لنا الجدول 5 بعضاً من قيم التوتر السطحي لبعض المواد الصلبة:

الجدول 5

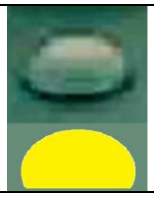
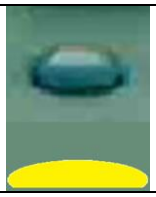
قيم التوتر السطحي لبعض المواد		
	19	بولي رباعي فلور الايتيلين
	37	البولي ايتيلين
	43	البولي استر
	46	النايلون

8- طريقة اختبار المواد المانعة للماء " الوتربروف " تجاه الزيت بحسب *AATCC-118*: اعتمدت الجمعية الأمريكية لكيماوي وصباغي النسيج مجموعة من السوائل الزيتية لوضع سلم خاص بتقييم فعالية المواد المانعة للماء والزيوت، ونرى في الجدول 6 مجموعة هذه السوائل القياسية:

الجدول 6

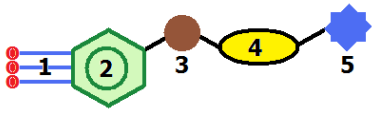
السوائل الزيتية القياسية بحسب ***AATCC***			
التركيب			الدرجة
None (Fail , Liquid paraffin)	لا اختراق : سائل برافيني		0
Liquid paraffin	سائل برافيني		1
65:35 by volume: *Liquid paraffin : n-hexadecane*	35:65 حجماً : سائل برافيني مع نظامي الهكساديكان		2
n-hexadecane	*C 16*	نظامي الهكساديكان	3
n-tetradecane	*C 14*	نظامي التتراديكان	4
n-dodecane	*C 12*	نظامي الدوديكان	5
n-decane	*C 10*	نظامي الديكان	6
n-octane	*C 8*	نظامي الأوكتان	7
n-heptane	*C 7*	نظامي الهبتان	8

وتتم عملية تقييم الاختبار كما هو واضح في الشكل 5:

أمثلة على التقييم				
التجربة				
العلامة	A	B	C	D
التقييم	قطرة كروية	تكور نسبي للقطرة مع اختراق جزئي	تبلل جزئي	تبلل كامل
	نجاح واضح	نجاح نسبي	فشل	فشل واضح

الشكل 5

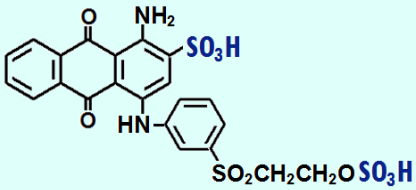
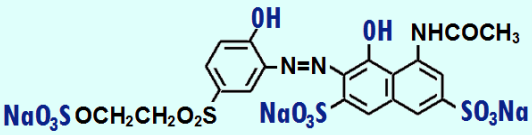
9- مثال تطبيقي لمفهوم الـ HLB في بناء الحوض الصباغي: يتم اصطناع الجزيئات الصباغية من بنى عضوية تجعل منها غير حلولةٍ بالماء، لذا يتم إدخال بعض زمر الأوكسوكروم التي تضمن لنا تمام انحلالها لنضمن لها رقم هجرة مناسب لتحقيق معدلات التسوية المطلوبة، ويبين لنا الشكل 6 البنية العامة للأصبغة الفعالة:

البنية العامة للأصبغة الفعالة		
	مجموعات الانحلال بالماء	1
	الكروموجين	2
	الجسر الرابط	3
	الزمرة الالكتروفيلية الفعالة	4
	مجموعة بقية النواة	5

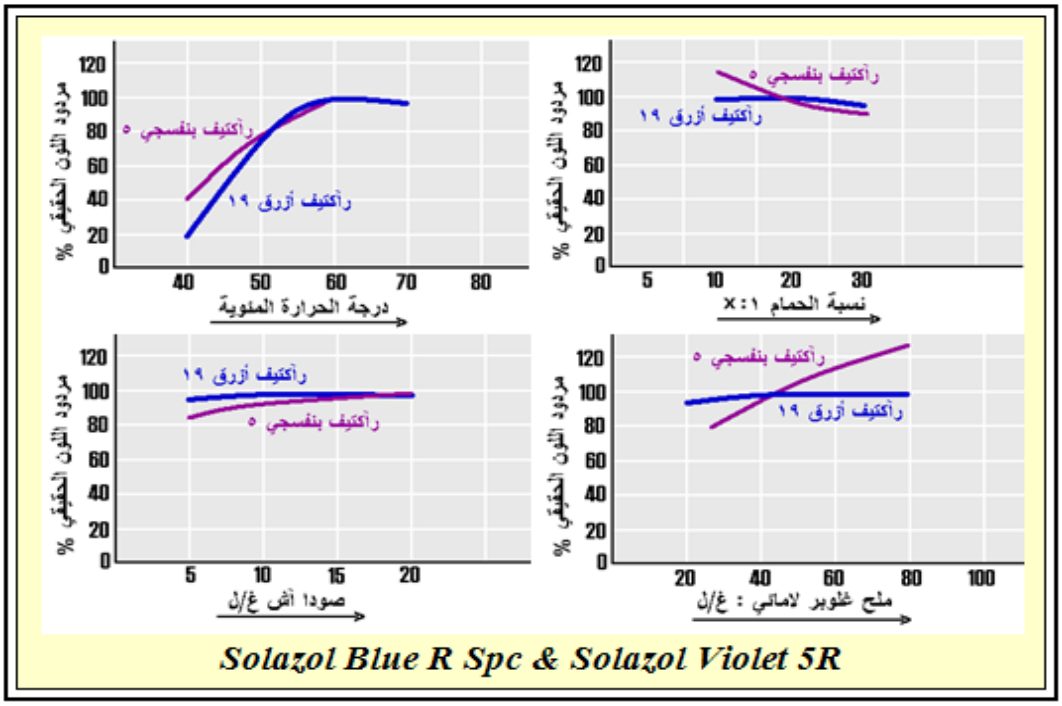
الشكل 6

وترتبط أرقام الهجرة وبالتالي معدلات التسوية بنسبة وعدد وفعالية الزمر الهيدروفيلية إلى الوزن الجزيئي لكامل الجزيء الصباغي كما تبين لنا المقارنة بين الصباغين الفعالين: البنفسجي 5 والأزرق 19 المنتميان لزمرة ڤينيل سلفون *VS* في الجدول 7:

الجدول 7

مقارنة منهجية بين صباغين فعالين في محتواهما من الزمر الهيدروفيلية						
 رآكتيف أزرق ١٩		 رآكتيف بنفسجي ٥				
الصباغ	الوزن الجزيئي	عدد الزمر الهيدروفيليية			حمولة الزمرة	ملاحظات
		سلفون	هيدروكسيل	المجموع		
رآكتيف بنفسجي 5	273	3	2	5	273 ÷ 5 = 75	قبل إضافة القلوي
رآكتيف أزرق 19	416	2	-	2	416 ÷ 2 = 208	

ونجد باستقراء نتائج الجدول 7 أن حمولة الزمرة الهيدروفيلية للصباغ البنفسجي 75 فالأزرق بحمولة 208، ويعني هذا أن الأزرق سيكون الأكثر ألفةً للقطن والأقل للماء، وبالتالي الأضعف تسوية لانخفاض قدرته على السباحة والهجرة بالماء، كما يعني قلة حاجتنا لكميات الملح الكبيرة معه وعدم تأثره بنسبة الحمام على العكس من الصباغ البنفسجي الأكثر رشاقة والذي يخالفه في هذا التقييم كما هو واضح في الشكل 7:



الشكل 7

قياس التوتر السطحي للحالة السائلة
Measurement of Surface Tension

هناك طرقاً عدة لقياس التوتر السطحي ، نجد منها :

1- طريقة ارتفاع السائل في الانبوب الشعري *Capillary Rise Method*
2- طريقة وزن النقطة *Drop Weight Method*
3- طريقة ميزان الفتل *The Torsion Balance Method*
4- طريقة ضغط الفقاعة *Pubble Pressure*
5- طريقة جهاز قياس التوتر *Tensiometer*

طريقة ارتفاع السائل في الأنبوبة الشعرية *Capillary Rise Method*

طريقة العمل :

1- نملأ السائل المراد تعيين توتره السطحي والمعلوم الكثافة في بيشر أو أرلينة.
2- نحضر انبوب شعري مفتوح الطرفين ومعلومة نصف القطر r ونغمسه من أحد طرفيه في السائل.
3- نراقب مدى ارتفاع السائل في الأنبوب الشعري ، إذ يرتبط ارتفاع السائل بتأثير قوى التوتر السطحي التي تعمل على خفض مساحة سطح السائل.
4- نحدد نقطة توقف ارتفاع السائل التي تتساوى عندها قوتان متعاكستان بالاتجاه : قوة التوتر السطحي التي تدفع للأعلى وقوة الجاذبية الأرضية التي تشد للأسفل.
5- نقيس ارتفاع السائل في الأنبوب الشعري وليكن h مقدراً بالسم

الحسابات :

قوة الجاذبية الأرضية = $\pi r^2 h d g$ = قوة التوتر السطحي = $2 \pi \bar{r} \gamma$

حيث : $\bar{r}$ نصف قطر التقعر ، وترتبط قيمته مع نصف قطر الأنبوب الشعري بالعلاقة :

$$\bar{r} = r \cos \theta$$

وبالتالي تساوي قوة التوتر السطحي :

$$2 \pi r \gamma \cos \theta$$

وكما ذكرنا أنه وعند توقف ارتفاع السائل في الأنبوبة الشعرية يكون :

قوة الجاذبية الأرضية = قوة التوتر السطحي

$$2\,\pi\,\bar{r}\,\gamma = \pi\,r^2\,h\,d\,g$$

$$\gamma = \frac{\pi\,r^2\,h\,d\,g}{2\,\pi\,\bar{r}} = \frac{\pi\,r^2\,h\,d\,g}{2\,\pi\,r\cos\theta} = \frac{r\,h\,d\,g}{2\cos\theta}$$

حيث :

γ : معامل قوة التوتر السطحي مقدراً بوحدة دينة / سم " dynes / c.m" أو نيوتن / متر " N/m "

r : نصف قطر الأنبوب الشعري مقدر بالسم " أو المتر عند استخدام وحدة N/m "

h : ارتفاع السائل في الأنبوب الشعري مقدراً بالسم " أو المتر عند استخدام وحدة N/m

d : كثافة السائل مقدراً بوحدة " $g/cm^3 = g/ml$ " ، وتقدر بوحدة kg/m^3 عند اعتماد وحدة N/m

g : تسارع الجاذبية الأرضية ويساوي $981\ cm/s^2$، ويمكننا استخدام $9.81\ m/s^2$ عند اعتماد وحدة N/m

θ : زاوية التبلل ، وتساوي الصفر تقريباً أي أن $\cos\theta = 0$ مع السوائل التي يمكنها تبليل السطوح كما هو حال الماء مع بعض السطوح والتي يصبح القانون عندها على الشكل :

$$\gamma = \frac{r\,h\,d\,g}{2\cos\theta} = \frac{r\,h\,d\,g}{2\cos 0} = \frac{r\,h\,d\,g}{2\times 1} = \boxed{\frac{1}{2}\,r\,h\,d\,g}$$

والذي يُحل عليه مسائل التوتر السطحي للسوائل المبللة للسطوح بزاوية تبلل تساوي الصفر

وعندما تكون r بالسم فإن وحدة d تكون g/cm^2 ، وارتفاع السائل h بوحدة cm وتسارع الجاذبية الأرضية cm/s^2 ووحدة التوتر السطحي dynes/cm.

مثال : ارتفع سائل كثافته $d = 0.866\ g/cm^3$ مسافة $h = 2.0\ cm$ في انبوب شعري بقطر $r = 0.335\ cm$ ، فإذا علمت بأن تسارع الجاذبية الأرضية $g = 981\ cm/s^2$ ، فاحسب التوتر السطحي لذلك السائل:

$$= ½\ h\,d\,g\,r = ½ \times 2 \times 0.866 \times 98$$

الجمعية الكيميائية السورية
للشرف بدعوتكم لحضور الندوة العلمية
التي تقيمها بعنوان:
الصناعات الكيميائية في
الصباغة
ميزان الألفة بين الطورين المائي والزيتي للمواد المعدلة سطحياً
يحاضر فيها
الكيميائي
بلال الرفاعي
مدرب التقنيات الصباغية في غرفتي صناعة دمشق وحلب
يدير الندوة
أ.د. محمد علي المنجد
أستاذ في كلية العلوم جامعة دمشق
يوم الثلاثاء ٨ حزيران ٢٠١٠ الساعة السادسة والنصف مساءً
جامعة دمشق - كلية العلوم - مدرج ثالث فيزياء