التخلص من ملوثات المياه باستخدام ظاهرة الامتزاز

المقدمة

يعد التلوث من المشاكل الكبيرة التي تواجه االنسان والبيئة خاصة بعد التطور التكنولوجي المرافق للحياة المعاصرة، ويحدث التلوث باشكاله المختلفة سواء كان تلوث الهواء او الماء او التربة نتيجة وجود بعض المواد العضوية واللاعضوية الضارة او بسبب الازدياد او النقص في نسب بعض المكونات الأساسية في البيئة عن النسب الطبيعية لها، ويحصل ذلك من جراء تدخلات الانسان او بفعل بعض الظواهر الطبيعية.

و يعد خصيصا تلوث المياه من اهم مشاكل التلوث لما للماء من دور كبير في الحياة اليومية، اذ ان الماء يكمن فيه سر الحياة لكل من دب على الارض وما يخرج من نبات فضلا عن ان الماء يعد عنصراأساسيا في الصناعة ،اذ تحتاج الصناعات المختلفة كميات هائلة من المياه تتفاوت من حيث نوعيتها ودرجة نقاوتها لاعتبارات صناعية ومواصفات معينة تتطلبها كل صناعة .

وياخذ تلوث المياه صورا متعددة كالتسمم بالفضلات اللاعضوية او المبيدات او المنظفات او التلوث الناتج عند الاثراء الغذائي او التلوث الحراري او التلوث بالمواد النفطية او غيرها الناتج من الصناعات المختلفة التي لا مجال لحصرها هنا.

وتعد الاصباغ من بين المواد العضوية المتعددة الملوثة للمصادر المائية ويعود السبب في ذلك إلى اهميتها الكبيرة واستخدامها الواسع في الصناعات المتنوعة فهي تستخدم في الصناعات النسيجية وفي الطباعة وفي الوان التصوير الفوتوغرافي وكمضافات في الصناعات النفطية فضلا عن استخدامها في مجالات واسعة اخرى لا مجال لحصرها هنا.

وينتج من هذه الاصباغ سنوياً ما يقارب ٧×١٠ ٥ طن في انحاء العالم كافة. ويستعمل في تحضيرها العديد من المركبات المختلفة التي يعتبر سلوكها البيئي غير معروف بصورة كبيرة٠ ويفقد ما يقارب ١٠-١٥% من هذه الأصباغ كمخلفات في المياه الناتجة عن الصناعات المختلفة (٣،٢) والتي تطرح الى مصادر المياه او التربة مسببة مشاكل كبيرة للنبات والحيوان والانسان .

وقد بدأ الاهتمام في دراسة السلوك البيئي للاصباغ بصورة فعلية بعد توارد الانباء حول احتمالية سمية هذه المواد وخطورتها، وقد تزايد هذا الاهتمام بعد ادراك حقيقة ان الكثير من المواد الاولية المستخدمة في تحضير هذه الأصباغ هي اصلاً من العوامل المسببة للامراض السرطانية مثل البنزيدين والانلين وغيرها من المركبات الامينية والتلوينات التي يمكن ان يعاد تشكيلها كنتيجة لبعض التفاعلات الحيوية او نتيجة تحلل هذه الاصباغ (٥’٤) وبالتالي فان وجودها في مياه الصرف هو امر غير مرغوب فيه وغير مرخص لذلك يفضل ازالة هذه المواد

من المياه قبل دفعها الى البيئة ليس فقط لأسباب جمالية البيئة و انما لسمية هذه الأصباغ وتاثيراتها الطويلة الأمد على البيئة والانسان.

ان تصاعد مشكلة التلوث في العقود الأخيرة دفع العديد من الحكومات في مختلف انحاء العالم لاسيما المتقدمة منها الى تشكيل هيئات ووكالات لحماية البيئة والسيطرة على مصادر التلوث واصدار التشريعات التي تجبر المصانع المنتجة للمواد الكيميائية على الفحوصات والمعالجات اللازمة قبل طرح المخلفات المائية الى البيئة. هذا الأمر دفع عددا من الباحثين الى التفكير في ايجاد السبل الملائمة لازالة هذا النوع من المركبات والذي اصبح من المشاكل الحقيقية خاصة عند مستويات وتراكيز قليلة .

ومن اهم التقنيات التي استخدمت في معالجة هذه المشكلة هو الامتزاز على الرواسب الطينية فضلاً عن بعض تقنيات الكيمياء الفيزياوية كالتخثر Coagulation والاندماج Flocculation والتشبع بالاوزون (ازونه) Ozonation والتنافذ العكسي Osmosis Reverse وتقنيات الكروموتوغرافيا المتنوعه .

ويعد الامتزاز من اهم هذه التقنيات لكفاءته العالية في هذا المجال وبساطة التكنولوجيا المستخدمة لهذا الغرض مقارنة مع الطرائق الاخرى، فضلاً عن كلفته الاقتصادية الأقل .

وقد اتجه العديد من الباحثين حديثاً الى تطوير مواد مازه جديدة بالاستعانة ببعض المواد ذات المنشأ الطبيعي ولا تكاد تخلو أي صناعة في وقتنا الحاضر من وحدات معالجة مخلفات الحياة قبل طرحها الى البيئة.

تلوث المياه هو أي تغير فيزيائي أو كيميائي في نوعية المياه، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، يؤثر سلبياً على الكائنات الحية، أو يجعل المياه غير صالحة للاستخدامات المطلوبة. ويؤثر تلوث الماء تأثيرا كبيرا في حياة الفرد والأسرة والمجتمع، فالمياه مطلب حيوي للانسان وسائر الكائنات الحية، فالماء قد يكون سبباً رئيسياً في إنهاء الحياة على الأرض إذا كان ملوثا

ينقسم التلوث المائي إلى نوعين رئيسيين، االول هو التلوث الطبيعي، ويظهر في تغير درجة حرارة الماء، أو زيادة ملوحته، أو ازدياد المواد العالقة. والنوع الاخر هو التلوث الكيميائي، وتتعدد أشكاله كالتلوث بمياه الصرف والتسرب النفطي والتلوث بالمخلفات الزراعية كالمبيدات الحشرية والمخصبات الزراعية.

يأخذ التلوث المائي أشكالا مختلفة ويحدِث تداعيات مختلفة، وبالتالي تتعدد مفاهيم التلوث المائي. فيمكن تعريفه بأنه إحداث تلف أو فساد لنوعية المياه، مما يؤدي إلى حدوث خلل في نظامها البيئي، مما يقلل من قدر تها على أداء دورها الطبيعي ويجعلها مؤذية عند استعمالها، أو يفقدها الكثير من قيمتها الاقتصادية، وبصفة خاصة ما يتعلق بموارده السمكية وغيرها من الاحياء المائية.)وكذلك يعرف التلوث المائي بأنه تدنيس لمجاري الانهار والمحيطات والبحيرات، بالاضافة إلى مياه الامطار والابار والمياه الجوفية، مما يجعل مياهها غير معالجة وغير قابلة

للاستخدام، سواء للإنسان أو الحيوان أو النبات وسائر الكائنات المائية. ويعتبر نفوق الأسماك في المجاري المائية أحد نتائج التلوث المائي.

يعتبر المجرى المائي ملوثاً عندما يتغير تركيب أو حالة مياهه بشكل مباشر أو غير مباشر نتيجة عمل الانسان، وبالتالي تصبح مياهه أقل صلاحية للاستعمالات . والتلوث المائي أيضا هو كل تغيير في الصفات الطبيعية في الماء من خلال إضافة مواد غريبة تسبب تعكيره او تكسبه رائحة أو لون او طعم ، وقد تكون الميكروبات مصدرا للتلوث ، وتحتوي المياه الملوثه على مواد غريبه قد تكون صلبة ذائبة او عالقة ، مواد عضوية أو غير عضوية ذائبة أو مواد دقيقة مثل البكتيريا او الطحالب او الطفيليات مما يؤدي إلى تغيير خواصه الطبيعية أو الكيميائية أو الأحيائية، مما يجعل الماء غير مناسب للشرب أو الاستهالك البشري، كذلك لا يصلح استخدامه في الزراعة أو الصناعة.

أنواع التلوث المائي :

يمكن تصنيف التلوث المائي إلى

١- تلوث طبيعي :

ويقصد به التلوث الذي يغير من الخصائص الطبيعية للماء، فيجعله غير مستساغ للاستعمال البشري، وذلك عن طريق تغير درجة حرارته أو ملوحته، أو ازدياد المواد العالقة به، سواء كانت من أصل عضوي أو غير عضوي. وينتج ازدياد ملوحة الماء في الغالب لازدياد كمية التبخرلماء البحيرة أو النهر، خصوصاً في الأماكن الجافة دون تجديد لها، ويؤدي ذلك أيضاً لاكتسابه الرائحة الكريهة أو تغير لونه أو مذاقه.

٢- تلوث كيميائي

يعتبر التلوث الكيميائي للماء واحد من أهم وأخطر المشاكل التي تواجه الانسان المعاصرحيث يصبح للماء تأثير سام نتيجة وجود مواد كيميائية خطرة فيه، مثل مركبات الرصاص، والزئبق، والكادميوم، والزرنيخ، والمبيدات الحشرية. والتي يمكن تقسيمها إلى ّ نوع قابل للانحلال، ونوع آخر قابل للتراكم والتجمع في الكائنات الحية التي تعيش في الماء مما يمثل خطرا كبيرا عليها.

انواع الملوثات المائية:

١- الاصباغ

الاصباغ هي عبارة عن مواد ملونة تستطيع أن ترتبط بطريقة ما بالمواد المراد صبغها وتكسبها الواناً زاهية بحيث لا تتاثر بالغسل والضوء والاوكسجين والحوامض والقواعد . وتمتاز الاصباغ باعطائها امتصاصات شديدة في المنطقة المرئية بسبب توفر الأنظمة الأقترانية وعدم تمركز الكترونات باي في تركيبها .

وتعد اصباغ الأزو اكبر مجموعة من الأصباغ المحضرة صناعياً وتمتاز باحتوائها على المجموعة الكرموفورية -N=N- ، وتختلف اصباغ الأزو في الوانها باختالف تراكيبها من حيث

عدد مجاميع الأزو وطبيعة المجاميع المعوضة عليها إذ أن زيادة المجاميع الكروموفورية (الحاملة للون) أو زيادة الوزن الجزيئي تؤدي إلى زيادة شدة اللون.

وتؤثر المجاميع المعوضة على حلقة البنزين الحاملة للمجموعة الكرموفو رية على شدة اللون وهي مجاميع دافعة للالكترونات وترتب حسب قوة تاثيرها كما ياتي:

$-OR < -OH < -NH_2 < -NHR < -NR_2$

وتمنح هذه المجاميع جزيئة الصبغة صفات حامضية أو قاعدية وبذلك تزيد من قدرتها على الاتصال بالمواد المراد صبغها . وترتبط الأصباغ بالمواد المراد صباغتها أما مباشرة أو بمساعدة مواد تسمى المثبتات. وتتم عملية الارتباط بميكانيكيات مختلفة منها الامتزاز الفيزيائي أو الاحتفاظ الميكانيكي بالصبغة أو قد ترتبط معها بواسطة اواصر تساهمية أو تكوين معقدات مع الاملاح أو الفلزات. ويطلق عادة على الأصباغ مصطلحين هما (Dyes, Pigments) وتعرف كلمة (Pigments) بانها الصبغات التي تحتفظ بتركيبها البلوري أو الجزيئي خلال عملية استخدامها .أما كلمة(Dyes) فتطلق على الصبغات التي تفقد صفاتها التركيبية خلال عملية استخدامها .

ويستخدم مصطلح(Dye) على الأصباغ المستخدمة لتلوين المواد الغذائية والصناعات النسيجية أما Pigments فتطلق على الأصباغ المستخدمة في صناعة الحبر ومواد الطلاء ومستحضرات التجميل.

ويوجد نو عان من الأصباغ هما: الأصباغ الطبيعية والصناعية وتعرف الأصباغ الطبيعية على إنها مواد ملونة يتم الحصول عليها من مصادر طبيعية من اصل نباتي أو حيواني وتمتاز بضعف ارتباطها بالأنسجة وصعوبة فصلها واستخلاصها من مصادرها الطبيعية .

أما الأصباغ الصناعية فتحضر من مصدرين اساسين هما الفحم والبترول وتمتاز هذه الصبغات بثباتها وسهولة استعمالها وقابليتها الكبيرة على التلوين كما إنها ارخص ثمناً واكثرتنوعاً . وتنتج هذه الأصباغ سنوياً بكميات كبيرة وبانواع عديدة تقدر بـ ١٠٠٠٠نوع تختلف في تركيبها ومكوناتها، وهي تستخدم بشكل واسع في العمليات الصناعية المختلفة لذلك فان مياه الفضلات الصناعية تحتوي على تراكيز عالية من هذه الأصباغ.

تصنيف أصباغ الأزو

بسبب التوسع الهائل في تخليق الأصباغ وتنوع تركيبها الكيمياوي وطرق الحصول عليها ومجالات استخدامها فقد دفعت الحاجة إلى وجود نظام متفق عليه عالمياً لتصنيفها وتسميتها . وبذلك تم تصنيف هذه الأصباغ بالاعتماد على طريقين رئيسيين

الأول يعتمد على التركيب الكيميائي وهو يستخدم من قبل المصنعين للصبغة والثاني يعتمد على طبيعة استخدام الصبغة، وهذا النظام يستخدم من قبل المستهلك، وبذلك يصبح لكل صبغة نظام تصنيف رقمي يمثل الصيغة الكيميائية للصبغة ونظام اسمي يمثل استخدام الصبغة .

وكذلك تصنف اصباغ الأزو حسب عدد مجاميع الأزو كأن تكون احادية الأزو mono -azo أو متعددة الأزو poly- azo أو قد تصنف حسب طبيعة المجاميع الاكسوكرومية الموجودة فيها إلى اصباغ حامضية إذا احتوت على مجاميع حامضية مثل($-COOH,SO_3H,OH$) واصباغ قاعدية إذا احتوت على مجاميع قاعدية مثل($NH_2,NRH-NR_2$) أما في حالة احتواء الصبغة على كلا النوعين من المجاميع فيعتمد تصنيفها في هذه الحالة على عدد وقوة هذه المجاميع .

كما يمكن أن تصنف هذه الأصباغ حسب طريقة الاستعمال الى أصباغ مباشرة واصباغ مثبتة واصباغ مظهرة.

أهمية أصباغ الأزو

تشكل اصباغ الأزو اكثر من نصف الأصباغ المستعملة في الوقت الحاضر وهي تستخدم في مجالات عدة منها في مجال التخليق العضوي وككواشف في قياس الشدة الضوئية في عملية التحليل اللاعضوي. كذلك تستخدم بوصفها دلائل في عمليات التسحيح من نوع (حامض-قاعدة) مثل صبغة المثيل البرتقالي والمثيل االحمر. . . الخ. وفي صباغة الصوف والحرير ّ والخشب . وفي صبغ القطن أما مباشرة أو باستخدام مواد مثبة مثل (Tannine) وقد وجد أن لمعقدات الأصباغ دورا مهما في تكنولوجيا صناعة أصباغ الطلاء . وكذلك استخدمت بعض الأصباغ في الصناعات الغذائية . إلاّ أن استخدامها توقف بسبب مضارها الصحية .

وقد تم استخدام عدد من اصباغ الأزو حديثا من قبل عدد من الباحثين في تنقية وسحب ايونات المعادن الثقيلة من المياه الملوثة بواسطة امتزازها على سطح الفحم المنشط بعد تكوينها معقدات معها. وقد اثبتت هذه الدراسة فعالية اصباغ الازو وكفاءتها.

تحضير أصباغ الأزو

تحضر اصباغ الأزو عادة من خلال املاح الدايزونيوم والتي تعد من المواد المهمة لتحضير عدد كبير من المركبات والمواد العضوية بشكلها النقي والتي يكون تحضيرها بحالتها النقية امرا صعباً بالطرائق العضوية الأخرى.

ويحضر ملح الدايزونيوم حسب المعادلة التالية:

$$ArNH_2 + NaNO_2 + 2HX \longrightarrow ArN2^{+}X^{-} + NaX + 2H_2O$$

اذ أن :

$$X = Cl^{-} , Br^{-} , NO_3^{-} , HSO_4^{-}$$

يدعى تفاعل تكوين اصباغ الازو بتفاعل الاقتران Coupling ، ويجري الاقتران بين مركبين: احدهما ملح الدايزونيوم والاخر فينول أو امين اروماتي وتحدث عملية الاقتران بين الفينولات والامينات مع املاح الديازونيوم وفقاً لقواعد محددة. إذ أن التفاعل على الاغلب يحدث في الموقع بارا بالنسبة إلى مجموعة الامين او مجموعة الفينول وفي حالة كون هذا الموقع مشغولا فان مجموعة الازو تدخل الموقع اورثو وفي حالة كون هذا الموقع مشغولا ايضاً فلا يحدث التفاعل .

اما في حالة المركبات ثنائية الامين أو الهيدروكسيل فيكون الامتزاز اسهل ويحدث في الموقع اورثو لاحدى المجموعتين وبارا للمجمو عة الاخرى .

وفي حالة كون مجموعة الهيدروكسيل أو الامين في الموقع (١) في النفثالين فان مجموعة الازو تدخل في الموقع (٤) أما إذا كانت مجموعة الهيدروكسيل أو الامين في الموقع (٢) في النفثالين فان مجموعة الازو تدخل في الموقع (١)، وفي حالة كون هذا الموقع مشغولا فلا يحدث التفاعل.

المركبات الاورماتية المتعددة :

في الكيمياء كلمة العطرية أو الاروماتية، المقصود بها خاصية كيميائية يكون بها الجزئ جزيئا في شكل حلقة . الحلقة تكون عادة سداسية الشكل حيث تتكون من ستة ذرات من الكربون مرتبطة ببعضها البعض ؛ وفي نفس الوقت ترتبط كل ذرة كربون بذرة هيدروجين . أبسط الجزيئات العطرية هو البنزين وصيغته الكيميائية (C_6H_6) .

خصائص المركبات الاروماتية

معظم المركبات الاروماتية لها الخواص الاتية :

اولا : بها نظام إلكترونات باي غير متمركزة تتبادل فيما بينها الروابط الاحادية والثنائية .

ثانيا : تحتوى على حلقة واحدة على الاقل.

ثالثا : عدد االيكترونات باي غير المتمركزة يساوي 4n+2 وهذا ما يعرف بقاعدة هوكل.

وبالرغم من أن البنزين عطري، فإن البيوتاديين حلقي غير عطري، حيث أن عدد إلكترونات باي غير المتمركزة يساوى٤، وهذا لا ينتج أى رقم صحيح عند تطبيق قاعدة هوكل. ولكن أيون البيوتاديين الحلقي -٢ يكون عطري .

والجزيئات غير العطرية يقال عليها أليفاتية. وتمثل الجزيئات العطرية شكل محسن من الثبات الكيميائي، بمقارنتها بالجزيئات غير العطرية المماثلة. ويسبب دوران اليكترونات باي في الجزيء الاروماتي توليد مجال مغناطيسي موضعي، ويمكن التعرف عليه بواسطة الرنين النووي المغناطيسي.

امثلة للمركبات الاروماتية :

أكثر الهيدروكربونات الاروماتية التي لها أهمية إقتصادية هي البنزين، التولوين، أورثو و بارا زيلين .ويتم إنتاج ما يقرب من ٣٥ مليون طن من هذه المواد سنويا. ويتم الحصول عليهم من المخاليط الناتجة من تقطير قطران الفحم، ويتم استخدامهم لانتاج كثير من الكيماويات والبوليمرات، ومنها الستيرين، الفينول، الانيلين، البولي إستر، النايلون.

مركبات الفينول

الفينول هو مركب صلب بلوري عديم اللون ذو رائحة قارية لطيفة ، وغالبا ما يشار اليها برائحة المشافي. صيغته الكيميائية المجملة C6H6O ،والتي يمكن أن تكتب بالشكل المفصل C6H5OH . وبنيته عبارة عن زمرة الهيدروكسيل مرتبطة بحلقة فينيل، ف فهو مركب عطري .

تستخدم كلمة الفينول أيضا للاشارة إلى أي مركب يحتوي على حلقة عطرية ذات ست عناصر، مرتبطة مباشرة إلى زمرة الهيدروكسيل(-OH) في الواقع، تعتبر الفينولات فئة من المركبات العضوية التي تحتوي الفينول كعضو أساسي .

خواص الفينول

الفينول محدود الذوبان في الماء (٨،٣ غ/١٠٠مل). وهو حامضي بعض الشيء. ولجزيء الفينول ميل ضعيف لفقد شاردة H + من زمرة الهيدروكسيل ،معطيا شادرة الفينوكسيد العالية ً ، الذوبان في الماء C6H5O- بالمقارنة مع الكحول الأليفاتي، يظهر الفينول حموضة أعلى من الكحول بكثير، بل ويتفاعل مع محلول NaOH ليفقد H + ، في حين أن الكحول الأليفاتي لا يتفاعل. إحدى التفسيرات لزيادة الحموضة هي استقرار الرنين resonance stabilization لأنيون الفينوكسيد في الحلقة العطرية. وبهذه الطريقة، الشحنة السلبية على الأكسجين تتقاسمها ذرات الكربون الأرثو و النظيرة[. para] بتفسير آخر، زيادة الحموضة هي نتيجة لتداخل المدارات بين زوج الأكسجين الوحيد والنظام العطري. درجة الحرارة الحرجة الخاصة بمحلول الفينول والماء هي ٦٦،٨°م.

محاذير التعامل مع مركبات الفينول:

من أشهر خصائص الفينول أنه مادة سامه و أكالة ولذلك لابد من ارتداء اللباس الواقي أثناء الاستخدام والحرص الشديد على عدم اللمس و الاستشاق نظرا لخطورته الشديدة على الجلد و الجهاز التنفسي و العيون والتعرض لتركيز عالي منه يسبب حروقا خطيرة.كما تستخدم مادة الفينول فى الحد من انتشار نيماتو دا تعقد الجذور فى زراعات الموز

التلوث بمياه الصرف الصحي :

أصبحت قضية التخلص من مياه الصرف الصحي (المجاري) من أكبر المشكلات التي تواجه العالم بأسره، لما يترتب على ذلك من أخطار صحية واقتصادية جمة. فهذا النوع من المياه الملوثة يشتمل على العديد من الملوثات الخطرة، سواء كانت عضوية أو مواد كيماوية

(كالصابون والمنظفات الصناعية) ، وبعض أنواع البكتيريا والميكروبات الضارة، إضافة إلى المعادن الثقيلة السامة والمواد الكربوهيدراتية.

تحتوي مياه الصرف الصحي على بكتيريا كثيرة جدا تسبب أمراضاً عديدة، فمثالً في الجرام ً الواحد من مخرجات الجسم (عرق أو بول أو براز) يحتوي على ١٠ مليون فيروس، بالاضافة إلى مليون من البكتيريا ، مثال ذلك بكتيريا السالمونيلا التي تؤدي إلى الاصابة بمرض حمى التيفوئيد والنزلات المعوية. وتسبب بكتيريا الشيجلا أمراض الاسهال، كما تسبب بكتيريا الاسشيرشيا كولاي القيء والاسهال، وقد تؤدي إلى الجفاف خاصةً عند الأطفال. أما بكتيريا اللبتوسبيرا فيترتب عليها أمراض التهابات الكبد والكلى والجهاز العصبي المركزي، أما بكتيريا الفيبريو فتسبب مرض الكوليرا.

وتسبب تلك أنواع البكتيريا وغيرها الأمراض المختلفة نتيجة للتعامل مع المياه الملوثة بالصرف الصحي، سواء بالشرب أو الاستحمام أو حتى تناول الأسماك التي تم اصطيادها من هذه المياه، عوضاً عن الاقامة بالقرب من المسطحات المائية الملوثة، فإنه يمكن الاشارة إلى أمراض شلل الأطفال والحمى الصفر اء والجرب والملاريا.

الملوثات النفطية

تعتبر الملوثات النفطية من أكبر مصادر التلوث المائي انتشارا وتأثيراً رغم حداثتها، ويحدث التلوث بالنفط عندما تتسرب المواد النفطية إلى المسطحات المائية البحرية منها والتي لم تقتصر على المناطق الساحلية فقط، بل تمتد لتصل إلى سطح مياه المحيطات وطبقات المياه العميقة.

تتعدد أسباب التلوث النفطي للمياه، لتتضمن حوادث ناقلات النفط ومنتجاته، وحوادث استخراج النفط من الابار البحرية، خاصةً أثناء عملية فصل الماء عن الزيت فصلا كاملا ، أو نتيجة تسرب النفط من الابار المجاورة للشواطئ البحرية، أو بسبب تلف أنابيب نقل النفط من آباره البحرية للشواطئ، وأيضاً حوادث إلقاء النفايات والمخلفات النفطية في البحر من ناقلات النفط أثناء سيرها؛ خاصةً تلك المخلوطة بالمياه التي استخدمت في غسيل خزاناتها ، وخاصة تلك المصاحبة لتفريغ مياه توازن السفن.أو غرق الناقلات النفطية المحَّملة بالنفط أو اصطدامها بالسفن الأخرى. يحدث التلوث بالنفط كذلك عند التدمير العمدي لابار النفط البرية والبحرية، كما في حربي الخليج الأولى والثانية، مما أدى لتلوث مياه الخليج العربي بالبترول، وقد دلت دراسات أن التلوث بالنفط في الخليج يبلغ أكثر من ٤٧ مرة التلوث على المستوى العالمي بالنسبة إلى وحدة المساحة. ويأتي ٧٧ %من التلوث من عمليات الانتاج البحري والناقلات .

ومن أضرار التلوث النفطي نجد الاتي :

- للنفط تأثير سام على الكائنات البحرية عندما تمتصه، فتتجمع المواد الهيدروكربونية المكونة للنفط في الأنسجة الدهنية وكبد وبنكرياس الأسماك، والتي تقتل بدورها الانسان بعد إصابته بالسرطان. كما تؤثر سلباً على اللافقاريات والعوالق والمحار والثدييات والطيور البحرية والشعاب المرجانية.

- يمتد تأثير التلوث السلبي على المنتجات السياحية الشاطئية .

●تزداد كلفة الحد من التأثيرات السلبية للنفط، أو ما تدفعه الشركات الملاحية من تعويضات نتيجة للتلوث.

المخلفات الزراعية

المخلفات الزراعية هي الأسمدة والمبيدات التي يجري تصريفها إلى المجاري المائية إذا ما تركت دون تدوير، والتي تؤدي إلى تلويث المياه بالأحماض والقلويات والأصباغ والمركبات الهيدروكربونية، والأمالح السامة والدهون والدم والبكتيريا، وبالتالي يضم هذا النوع من المخلفات خليطاً من الملوثات الكيميائية والمبيدات الحشرية والمخصبات الزراعية.

تلوث الماء بالمبيدات

تستخدم المبيدات الحشرية في مجالات الزراعة والصحة العامة للقضاء على الأفات والحشرات، وبصفة عامة يؤدي استخدام المبيدات إلى اختلال التوازن البيئي من خلال تلويث عناصر البيئة المختلفة من تربة وماء ونبات وحيوان بشكل يصعب إعادة توازنها. وتشمل المواقع المعرضة للتلوث بالمبيدات، عن طريق المياه الجوفية والابار والينابيع والأنهار والبحيرات والخزانات المائية والبرك. وتتلوث مياه الشرب بالمبيدات بأكثر من وسيلة، منها الانتقال العرضي من المناطق المجاورة أثناء عملية الرش، أو من جراء التسرب من الأراضي التي تتعامل مع مبيدات بالتزامن مع حركة الماء، أو يحدث التلوث المباشر باستخدام المبيدات في القضاء على نبات ورد النيل مثالً الذي ينتشر على صفحة نهر النيل في مصر، وبالتالي تمثل مخلفات المبيدات مشكلة خطيرة سواء بالنسبة لصحة الانسان؛ من حيث تأثيره على الجهاز التنفسي والجلد والعين، أو باعتباره مهلك للأسماك وضار بالزراعات؛ خاصةً نبات القطن عند ريه بمياه تم التعامل معها بتلك المبيدات في حالة القضاء على ورد النيل مثلا. كما أنه ضار بالحيوانات المنتجة للبن عند شربها لمياه ملوثة.

هناك تأثيرات صحية ضارة للمبيدات المذابة في المياه التي قد تنتقل إلى التربة وينتج عنها زراعة نباتات ملوثة أو نتيجة تناول الحيوانات لنباتات تمت سقايتها بالماء الملوث أو شربها من الماء الملوث مباشرة ، وهي :

- ظهور أعراض مظاهر الحساسية الصدرية والربو وتصلب الشرايين، وظهور أعراض السرطان .

●تضخم الكبد، وظهور الأمراض الجلدية وأمراض العيون، وحدوث اضطرابات في المعدة .

●فقدان الذاكرة وبعد مظاهر التبلد والخمول.

● تدمير العناصر الوراثية في الخلايا، وتكوين أجنة مشوهة.

ورغم المآسي التي تحيط بالتعامل مع المبيدات، إلا أنه لا يمكن الاستغناء عنها كلية ، لان ذلك يعني انتشار الحشرات والافات بصورة مخيفة. ويمكن الامتناع عن استخدام بعض المبيدات

لأكثر من ١٠ سنوات في بعض الأراضي، إلا أن أي نبات يزرع في هذه الأراضي ما زال يحتوي علي بقايا هذه المبيدات.

التلوث المائي بالمخصبات الزراعية:

أما بالنسبة للتلوث المائي بالمخصبات الزراعية، سواء كانت آزوتية أو فوسفاتية أو بوتاسية ، والتي يتزايد استخدامها نظرا لمحدودية التربة الصالحة للزراعة ، والاتجاه نحو التوسع في الزراعة الكثيفة لزيادة إنتاجية الزراعة من الغذاء مع النمو المضطرد للسكان. فمثلاً ينشأ التلوث المائي بالمخصبات الزراعية في حال استخدامها بطريقة غير محسوبة، مما يؤدي إلى زيادتها عن حاجة النبات، فتذوب في مياه الري التي يتم التخلص منها في المصارف، أو تتراكم بمرور الزمن لتصل إلى المياه الجوفية التي ترتفع فيها نسبة مركبات النترات والفوسفات، كما تلعب الأمطار دورا في حمل ما تبقى منها في التربة ونقلها إلى المجاري المائية المجاورة.

تعد المركبات الفوسفاتية من أهم الملوثات المائية، حيث يترتب على زيادة نسبتها في المياه إلى الاضرار بحياة كثير من الكائنات الحية التي تعيش في المياه، وينجم عن الافراط في المركبات الفوسفاتية آثارا ضارة، منها:

١- يتصف هذا النوع من المخصبات بثباته الكيميائي، بحيث يجعله يستمر في التربة لفترة طويلة، فالنباتات والمحاصيل لا تستطيع أن تمتص كل ما يضاف منها إلى التربة . فضلا عما تتصف به من سمية يجعلها من المغالاة في استخدامها ضرارا على كل من يتعامل من المياه شرباً وز ارعة (الإنسان والحيوان)، مما يستوجب عدم زيادة مركبات الفوسفات في مياه الشرب عن حدود معينة تقررها السلطات المحلية المعنية بالأمر.
٢- . تعمل المركبات الفوسفاتية على النمو الزائد للطحالب وبعض النباتات المائية في المسطحات المائية المغلقة كالبحيرات، والتي تستقبل في أغلب الأحيان مياه الصرف الصحي، حتى تصل لحالة تشبع غذائي يؤدي بمرور الزمن إلى خلوها من الأكسجين، وبالتالي القضاء على ما بها من أسماك وكائنات بحرية أخرى .

تسهم مياه الصرف الزراعي ومياه الأمطار والمياه الجوفية بنسبة مركبات فوسفورية إلى المجاري المائية تفوق بكثير تلك التي تحمله مياه الصرف الصحي والملوثات الصناعية.

أما التلوث المائي بمركبات النترات يعتبر من أكبر وأخطر مشكلات التلوث في العالم، ويأخذ أحد عدة أشكال:

- يؤدي الاسراف في استخدام الحمضيات النيتروجينية في التربة إلى زيادة تركيزها في المجاري المائية لودود فائض عن حاجة النباتات، وتتسرب مع مرور الوقت إلى المياه الجوفية، أو تجرفها مياه ألمطار معها إلى المجاري المائية التي يستخدمها الانسان
- .وجود نسبة عالية من النترات في عديد من النباتات التي تستخدم في تحضير طعام الانسان .

- التوسع في استخدام مركبات النترات والنيتريت كمادة حافظة، سواء في المعلبات الغذائية، أو في بعض أنواع اللحوم المملحة والمحفوظة، انطلاقاً مما تتصف به من خواص مضادة للجراثيم واضافتها لوناً خاصاً ورائحة مميزة . •
- توجد مركبات النيترات بنسبة عالية في بعض أنواع المشروبات مثل الجعة، نتيجة شمول جزء كبير من أيون النترات المستخلص من الشعير إلى أيون النيتريت السام، أثناء تحضير الشراب عن طريق التخمر

التلوث المائي بالمخلفات الصناعية:

يقصد بالمخلفات الصناعية كافة المخلفات المتخلفة عن الأنشطة الصناعية، خاصةً الصناعات الكيميائية والتعدين والتصنيع الغذائي. وتمثل مخلفات الصناعة خطرا حقيقيا على كافة عناصر البيئة الذي يعد الماء أهم عناصره، وقد ظهر هذا النوع من التلوث بوضوح في سبعينات القرن العشرين. وتعتبر كل من الصناعات التحويلية والصناعات التعدينية المصدران الرئيسيان لملوثات المياه بالفلزات الثقيلة والكيماويات والمنظفات الصناعية. فالمياه تستخدم في الصناعة بصفة رئيسية في تبريد وتنظيف الالات ومعالجة المواد الخام أو الطعام وغيرها من العمليات التصنيعية المختلفة، مما ينجم عنه ذلك تلويث المياه بمستويات متباينة، ويتم تصريف كميات هائلة من المياه الصناعية يومياً.

يمثل التلوث بالصناعات التعدينية ذات العلاقة بإنتاج الفلزات الثقيلة -كالزئبق والرصاصً والكاديوم والزنك- مشكلة كبرى نظرا لقدرتها على التراكم في الأنسجة الحية ، خاصةً الزئبق الذي يعد أكثرها انتشاراً وأشدها سميه وقدرة على التراكم بالأنسجة ،فضلا عن دورها في استهلاك قدر كبير من الأكسجين يزيد ٤ أمثال ما تستهلكه مخلفات الصرف الصحي، وهذا بدوره يؤدي لمزيد من قتل الكائنات الحية بالمياه التي تلقى فيها هذه المخلفات.

أسوة بالفلزات الثقيلة، تسهم عديد من الصناعات التحويلية الأخرى في التلوث المائي، مثل الصناعات الكيميائية وعامل تكرير النفط، والصناعات الدوائية وصناعة الحديد والصلب، والصناعات الورقية والصناعات الغذائية، بجانب محطات توليد الكهرباء. وما يترتب على ذلك من الإضرار بسلسلة الغذاء، من خلال إصابة الأحياء المائية من الأسماك والثدييات المائية بالسرطان، الذي بدوره ينتقل إلى الأنسان، فضلاً عن التأثير السلبي لهذا التلوث على إنتاجية المسطحات المائية من الأسماك. وبصفة عامة تتضح سلبيات التلوث المائي بمخلفات الصناعات التحويلية في الدول المتقدمة أكثر من الدول النامية، وخاصةً الصناعات التعدينية، بالإضافة إلى المناطق المتقدمة صناعياً مثل دول شرق آسيا .

كذلك تؤدي إلقاء المواد بلاستيكية في المسطحات المائية إلى قتل الأسماك والطيور والثدييات البحرية، أو إلحاق ضرر بها. فصغار السلاحف البحرية -على سبيل المثال- تلتهم الأكياس البالستيكية العائمة ظناً منها إنها قناديل البحر التي تشكل وجبات لذيذة لها . ومن ثم تموت نتيجة انسداد أمعائها بهذه الأكياس التي لا تهضم. كما أن الطيور البحرية تصطدم -عن طريق الخطأ- بالخيوط البالستيكية المستعملة في أدوات صيد الأسماك، مما يتسبب في موتها شنقاً .

الفصل الثاني :الامـــــــتزاز

نبذه تاريخية :

ادى استمرار التعامل مع الكاربون واتساع مجالات استخدامه الى بروز الصفات الإمتزازية له مما زاد من اهميته بشكل كبير، وكانت اولى التطبيقات الصناعية لعملية الإمتزاز في بريطانيا نهاية القرن الثامن عشر وبالتحديد عام ١٧٩٤م ، إذ استخدم في قصر السكر وازالة الالوان منه .

وعند اندلاع الحرب العالمية الأولى وظهور الأسلحة الكيميائية واستخدام الالمان الغازات السامة في هذه الحرب، ظهرت الحاجة إلى مواد ذات صفات امتزازية عالية ، وهنا برزت اهمية الإمتزاز بواسطة الكاربون في هذا المجال .

وفي عام ١٩٦٧ درس امتزاز بعض اصباغ الازو الاحادية الانيونية وبعض معقدات الصبغة - فلز المحضر بنسبة (M:2L 1) باستخدام بعض المواد البوليمرية كمواد مازة .

واستخدم الكاربون المنشط والكاربون الخام في عام ١٩٧١ كمواد مازة لازالة بعض الاصباغ الحامضية والقاعدية من المحاليل المائية .

وقد وضح Hamoda أن مياه الفضلات الصناعية غالباً ما تكون مسرطنة ولها سمية عالية، لذلك فان ازالة المواد الملوثة منها اصبح ضرورة حتمية، وقد تم استخدام مواد مازة مختلفة لهذا الغرض.

وتستخدم اغلب انظمة الإمتزاز التقليدية الكاربون المنشط كمادة مازة. لقد اثبت Robert أن السبب في كفاءة استخدام الكاربون المنشط كمادة مازة لإزالة المواد المذابة في الماء يعود إلى الأعداد الكبيرة من المسامات السطحية التي تجعل المساحة السطحية المعرضة للامتزاز واسعة نسبة إلى الحجم الفعلي المؤثر فضلاً عن امكانية استعادته. إذ أن كفاءة الامتزاز تتناقص بمرور الزمن، وبذلك يتطلب استبدال الكاربون المنشط أو اعادة تنشيطه بواسطة الحرارة او التركيز وان سعة الامتزاز تتناقص مع زيادة درجة الحرارة.

وقد توسع الاهتمام بالامتزاز بالكاربون المنشط بشكل كبير حديثاً ففي دراسة جديدة تم تطوير نوع آخر من الكاربون المنشط يدعى الكاربون المغناطيسي، وحضر هذا النوع من الكاربون عن طريق تحميل جسيمات صغيرة من الكاربون المنشط على سطح كبريتات الحديد المائية كمادة ساندة. كان الهدف من تطوير هذه المادة المازة عزل المواد ذات الصفات المغناطيسية، اثبتت الدراسة أن لهذا النوع من الكاربون المنشط كفاءة عالية في امتزاز انواع مختلفة من المركبات العضوية الذائبة في المحاليل المائية. واستخدم الباحثون بعض اصباغ الازو الذائبة في الماء كنموذج للدراسة.

لقد دفعت الحاجة العديد من الباحثين إلى تحضير مواد مازة جديدة لإستخدامها في الأغراض البحثية المختلفة وكان الهدف من تحضير هذه المواد الحصول على مواد مازة يمكن استعمالها في تطبيقات خاصة أو مواد مازة من مصادر طبيعية رخيصة الثمن.

فقد قام مجموعة من الباحثين بتحضير مادة مازة جيدة عن طريق صهر أحد المركبات البوليمرية المعروفة بـ (بولي اوكسي ٦،٢-ثنائي المثيل-٤،١-فنلين) مع مركبn -كابروالكتام بوجود بعض الجسيمات المغناطيسية الدقيقة واستخدمت هذه المادة في امتزاز اصباغ الازو المحضرة من مركبات الثالثي فنيل ميثان وبعض المركبات الحلقية غير المتجانسة من المحاليل المائية. اثبت الدراسة أن هناك تفاوتاً كبيرا في امتزاز الصبغات المختارة، وقد اظهرت الصبغات ً في المحضرة من المركبات الحلقية غير المتجانسة امتزازا اقل.

وفي دراسة أخرى لجأ بعض الباحثين إلى تحوير الكاربون المنشط عن طريق تكوين مركبات اوكسجينية على سطوح انواع متعددة من الكاربون باستخدام عوامل مؤكسدة مختلفة تستخدم لهذا الغرض وقد استخدم الكاربون المحور بهذه الطريقة لازالة بعض ايونات الفلزات من مخلفات المياه الصناعية عن طريق الإمتزاز .

ودرس اخرون امتزاز بعض الاصباغ الفعالة على مواد مازة لاعضوية هي البوكاسيت المنشط وبعض الأطيان المحضرة ، اظهرت المواد المازة المستخدمة كفاءة امتزاز عالية فضلاً. عن امكانية استعادة للمادة المازة بكفاءة مقاربة لما يظهره الكاربون المنشط عند (pH= 5.5)

واستخدم باحثون اخرون نوع من الرماد الطائرFLY ash وبعض انواع الاطيان الرملية ذات المحتوى الواطئ من المواد العضوية في امتزاز مجموعة من الأصباغ التجارية العالقة في المحاليل المائية بطريقة الدفعة الواحد (Batch)

وقد انجز البحث في ظروف التوازن وفي مدى من التراكيز يتراوح بين (٥٠-٦٠)ملغم/لتر . اظهرت نتائج الدراسة أن سعة الإمتزاز تتناقص مع ازدياد تركيز المحلول، كما اعطت النتائج علاقات خطية جيدة عند تطبيق معادلة فرندلخ.

استخدم البنتونايت المنشط (Activated Bentonite) في دراسة امتزاز ايونات النحاس والنيكل من المحاليل المائية وباستخدام ظروف تجريبية مختلفة. وقد تضمنت الدراسة تأثير كل من التركيز والدالة الحامضية ودرجة الحرارة على سعة الامتزاز.

ولجأ اخرون إلى استخدام بعض الطحالب والحلزونات البحرية كمواد مازة حيوية لازالة أيونات العناصر الثقيلة . واشتمل البحث على دراسة تأثير كل من الدالة الحامضية والتركيز ودرجة الحرارة، فضلا عن دراسة حركية الامتزاز .

ودرس أخرون العوامل المؤثرة على امتزاز عدد من اصباغ الازو المحضرة مختبرياً وبعض معقداتها على الفحم المنشط .

الأمتزاز Adsorption

يعد الأمتزاز من أهم الحقول في كيمياء السطح Chemistry of Surface ،إذ أضحى الإمتزاز حالياً علم بالغ الأهمية، لا تكاد تخلو أية صناعة من الصناعات القائمة في عصرنا الحالي من الإستفادة منه، كما وان صناعات البترول والزيوت والألبان والأصباغ خير مثال على أهمية الإمتزاز في نموها وتطورها .

إن الإستفادة من تطبيقات الإمتزاز لا تقتصر على الجانب الصناعي وانما تتعدى الى جوانب أخرى من أهمها التلوث البيئي و المجالات الطبية وما يتعلق منها في معالجة حالات التسمم و تحضير العقاقير

وهو ظاهرة تجمع مادة بشكل جزيئات أو ذرات أو أيونات على سطح مادة أخرى. والأمثلة على الإمتزاز كثيرة نذكر منها امتزاز حامض الخليك على الفحم الحيواني وفيه تتجمع جزئيات الحامض على سطح دقائق الفحم، وأمتـزاز الهيدروجين على أسطح بعض الفلزات كالنيكل والحديد .

تسمى المادة التي تعاني الإمـتزاز على السطح بالمادة الممتزة Adsorbate، كما يدعى السطح الذي يتم عليه الإمتزاز بالسطح المازAdsorbent

قد يقتصر الإمتزاز على تكوين طبقة جزئية واحدة على السطح الماز، وتدعى عندئذ بالإمتزاز الأحادي الجزئيــة Unimolecular Adsorption ، ويشمل الأمتزازأحيانا على تكوين عدة طبقات جزيئية على السطح الماز وتسمى العملية عندئذ بالإمتزاز متعدد الجزئيات Multimolecular Adsorption

يصحب الإمتزاز عادة نقصان في الطاقة الحرة Free Energy (ΔG) للسطح الماز Adsorbent،كما يرافقة نقص في الأنتروبي Entropy (ΔS)لان الجزئيات التي تعاني الإمتزاز تصبح مقيدة بسبب ارتباطها بذرات السطح، وبذلك تفقد بعض من درجات حريتها قياساً بالحالة التــي كـانت عليها قبـل الإمتزاز. ويترتــب علـى تنــاقص الطاقــة الحـرةΔG واالنتـروبــي ΔS فــي وقـت واحـد تناقص المحتوى الحـراري Heat Content (ΔH) بموجب العلاقة الثرموديناميكية التي تربـط الكـميات الثلاث مـعاً في درجة حرارة معينة :-

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

اهمية الامتزاز:

على الرغم من أن الإمتزاز يعد من التقنيات القديمة فانه يمتلك من الأهمية ما يجعل أي صناعة في الوقت الحاضر لا تستغني عنه في تطبيقاتها واستخدامها، فهو يستخدم في صناعات البترول والأصباغ والصناعات الغذائية كالزيوت والألبان وغيرها من الصناعات التي لا مجال لحصرها . وتكفي الإشارة إلى انه تكاد لا توجد صناعة قائمة في الوقت الحاضر على الصعيدين المدني والعسكري خالية من عمليات الامتزاز.

وتستخدم عملية الإمتزاز لانجاز العديد من عمليات الفصل خاصة تلك التي يتعذر انجازها أو أن انجازها يكون غير عملي وغير مجد باستخدام الطرق التقليدية مثل عملية التقطير أو الإمتصاص أو حتى باستخدام النظم ذات الاساس الغشائي، وربما تكون اكثر التطبيقات المعروفة لعملية الإمتزاز شيوعاً هي عملية معالجة وتنقية المياه . خاصة تلك الناتجة من العمليات الصناعية المختلفة ومياه الصرف الصحي وذلك لازالة أي اثر للمواد الملوثة ذات

الخطورة السمية الكبيرة على البيئة والمجتمع فضلا عن معالجة اللون والطعم والرائحة الناتجة عن التلوث.

وقد توسعت عمليات تطبيق الامتزاز في الأونة الأخيرة في هذا المجال بسرعة كبيرة جدا بسبب الحاجة المتزايدة اليها وارتفاع المتطلبات البيئية بصورة واسعة كماً ونوعاً .وقد سهلت هذه التطبيقات التطور التكنولوجي الكبير في تحضير وتوفير العديد من المواد المازة المتنوعة وساعد هذا الامر بدوره على انجاز الكثير من التطبيقات المهمة في عمليات الامتزاز وللاغراض المختلفة.

وعلى مدى فترة طويلة من الزمن حاول العديد من الباحثين بناء مفهوم وتصور واضحين حول الميكانيكية التي تحصل بها عملية الإمتزاز، وفي الحقيقة قاد هذا التطور إلى تصميم وصياغة العديد من المعادلات الرياضية التي تصف عمليات الامتزاز للاستخدامات المختلفة بصورة شبه تجريبية .

واخيرا اصبح من الممكن حل هذه المعادالت الرياضية ذات العلاقة بالامتزاز باستخدام التحليل ً العددي، وقد مّكن تطور البرامجيات وتوفر الحاسبات المتطورة إلى تحديد ود راسة العوامل المؤثرة على الامتزاز مباشرة دون الخوض في مجالات مضللة.

أنواع الامتزاز Types of Adsorption

يصنف الامتزاز اعتماداً على نوع الارتباط بين الماز والممتز الى نوعين :-

١- الامتزاز الفيزيائي Physical Adsorption

تعد سطوح بعض المواد خاملة في عملية الامتزاز بسبب التشبع الالكتروني لذراتها ، وكذلك نتيجة للاواصر التي ترتبط بها تلك الذرات مع بعضها في المادة نفسها ، إذ يتم الامتزاز على هذه السطوح بوساطة قوى التجاذب الطبيعي ويدعى هذا النوع من الامتزاز بالامتزاز الطبيعي او الفيزيائي وفي بعض الاحيان يسمى بامتزاز فاندر فالز (Vander Waals Adsorption) .

٢- الامتزاز الكيميائي Chemical Adsorption

هنالك سطوح اخرى من المواد تعد نشطة في عملية الامتزاز بسبب عدم التشبع الالكتروني لذراتها ، وتبقى ذرات هذه السطوح غير مشبعة الكترونياً بالرغم من تكوّن الأواصر بينها وبين الذرات المجاورة لذلك تميل هذه السطوح الى تكوين أواصر كيميائية مع الذرات او الجزيئات التي يتم امتزازها على السطح ويدعى هذا النوع من الامتزاز بالامتزاز الكيميائي. ويحدث هذا النوع من الامتزاز على سطوح معينة في ظروف معينة وقد لا يحدث على سطوح اخرى عند توفير تلك الظروف او على السطح نفسه عند تغيير تلك الظروف المناسبة .

ويمكن اجمال الفروق بين الامتزاز الكيميائي والفيزيائي بالآتي :-

١. تعد حرارة الامتزاز الكيميائي عالية مقارنة بالامتزاز الفيزيائي، إذ تكون حرارة الامتزاز الكيميائي أعلى من ($80\ kJ.mol^{-1}$)، بينما تكون حرارة الامتزاز الفيزيائي اقل من ($20\ kJ.mol^{-1}$) .
٢. يعد الامتزاز الكيميائي الخطوة الاولى في التفاعل الكيميائي لذا فأنه يحتاج الى طاقة تنشيط لذلك يعد الامتزاز الكيميائي احياناً بأنه امتزاز منشط (Activated Adsorption) ، اما الامتزاز الفيزيائي فأنه لا يحتاج الى طاقة تنشيط .
٣. في الامتزاز الكيميائي تتكون طبقة واحدة من المادة الممتزة على السطح الماز حداً أقصى في عملية الامتزاز بينما تتكون طبقات عديدة من المادة الممتزة على السطح الماز في الامتزاز الفيزيائي.
٤. يحدث الامتزاز الكيميائي في درجات حرارية عالية تزيد عن درجة غليان المادة الممتزة بينما يحدث الامتزاز الفيزيائي في درجات حرارية تقل او تقترب من درجة غليان المادة الممتزة ، تؤدي درجة الحرارة دوراً مهماً في

عملية الامتزاز فقد يحدث امتزاز فيزيائي في درجات حرارية واطئة ويتحول الى امتزاز كيميائي عند رفع درجة الحرارة.

٥. يتميز الامتزاز الكيميائي بالخصوصية (Specifity)، إذ يحدث في ظروف معينة ولا يحدث عند تغيير هذه الظروف بينما لا يمتلك الامتزاز الفيزيائي مثل هذه الخصوصية.

٦. في الامتزاز الكيميائي يحدث انتقال اليكتروني او مشاركة اليكرونية بين الجزيئات الممتزة والسطح الماز بينما لايحدث مثل هذا الانتقال او المشاركة في الامتزاز الفيزيائي.

٧. يعد الامتزاز الكيميائي عملية غير عكسية قد تؤدي الى حصول تفاعل كيميائي بينما تكون العملية عكسية في الامتزاز الفيزيائي.

انواع المواد المازة Types of Adsorbent

الأطيان The Clays

يعرف الطين بأنهُ عبارة عن راسب يحدث بصورة طبيعية ويتكون من نوع واحد او أكثر من المعادن فضلاً عن مركبات أخرى .

وتعد المعادن الطينية من أكثر المعادن شيوعاً وقد تتكون المادة الطينية من معدن واحد او تحتوي على كميات متفاوتة من المعادن غير الطينية مثل الكوارتز وغيرها من المعادن ولقد اثبت التحليل الكيميائي لمختلف الأطيان انها عبارة عن سيليكات الألمنيوم المائية وتحتوي على كميات من الحديد والمغنسيوم وعناصر أخرى .

تحتوي الكثير من الأطيان على مواد عضوية وأملاح قابلة للذوبان في الماء وبهذا فأن المعادن الطينية المتبلورة تعد المكونات الأساسية للمواد الطينية و ان مكوناتها هي التي تحدد بشكل كبير الخواص الأساسية للمواد الطينية ، ان الكثير من

المواد الطينية تكون متشابهة في التراكيب الكيميائية ولكنها تختلف في التركيب البلوري ويتم الكشف عنها من خلال حيود الأشعة السينية أفضل طريقة تشخيصية . ويعدُ الماء من المكونات الرئيسة للأطيان إذ يقوم بدور المزيت (Lubricant) فهو يكسب الطين صفة اللدونة .

وبصورة عامة يمكن إعطاء فكرة عن طبيعة الطين وسلوكه داخل المحلول وحسب نظرية(Grouy-Chapnan)، إذ تفترض هذه النظرية وجود طبقتين تحيطان بدقائق الطين ، طبقة داخلية تتضمن الشحنات السالبة الناتجة من ايونات (OH^-) أو (O^{-2}) في شبكية الطين وطبقة خارجية تتضمن الايونات الموجبة

الزيوليت Zeolite

نوع من أحجار سيليكات الالومنيوم، وهي مجموعة من المركبات المتكونة أساسا من السيليكات والالومينات .

المعادن القلوية ومعادن الارض القلوية، هي اجسام صلبة تتواجد على شكل مسحوق أبيض ويمكن أن يتغير اللون إذا استبدل الايون الموجب باحد العناصر الانتقالية .

قام العلماء حتى عام ٢٠٠٨ بدراسة ١٧٥ نوع من أنواع الزيوليت، منها نحو ٤٠ توجد طبيعيا . والزيوليت عالي المسامية قادر على الاحتفاظ بالايونات الموجبة مثل Na^+ و K^+ و Ca^{2+} و Mg^{2+}وغيرها. وتتعلق الايونات الموجبة الشحنة في مسام هيكل الزيوليت وعلى سبيل المثال فالناترولیت وهو أحد مركبات الزيوليت له التركيب الكيميائي :

$Na_2Al_2Si_3O_{10}$-$2H_2O$

وينشأ الزيوليت الطبيعي عندما يتفاعل الرماد البركاني مع مياه قلوية. كما يتبلور الزيوليت عبر الزمن قد يبلغ عدة آلاف من السنين.

الالومينا Al_2O_3

أوكسيد الألمنيوم هو اكسيد أمفوتيري للألمنيوم ، صيغته الكيميائية Al_2O_3 . ويشيع الاشارة اليه بأسماء الألومينا أوالزفير أو الاوكسيت (aloxite5) في أوساط التعدين والسيراميك و علم المواد.

ويتم انتاجها عبر عملية باير من البوكسيت. أهم استخداماتها هو انتاج فلز الألومنيوم، إلا أنها تستخدم أيضاً ككاشط لصلادتها وكمادة حرارية لارتفاع نقطة انصهارها.

التيتانيا TiO2

ثاني أكسيد التيتانيوم (Titanium dioxide) أو أكسيد التيتانيوم الرباعي أو تيتانيا هو أكسيد يتكون طبيعياً للتيتانيوم، وله الصيغة الكيميائية TiO_2 وثاني أكسيد التيتانيوم مشهور بسبب استخداماته الكثيرة بدئاً من الدهان وواق من الشمس إلى استخدامه في تلوين الطعام.

زركونيا ZrO2

أوكسيد الزركونيوم الرباعي(أو ثنائي أكسيد الزركونيوم)والذي يعرف أيضاً باسم زركونياعبارة عن مركب كيميائي له الصيغة ZrO_2 ويكون على شكل مسحوق بلوري أبيض .تكون حالة أكسدة الزركونيوم في هذا المركب + ٤ إن الشكل البلوري المكعب من المركب يعرف باسم الزركون ويستخدم في مجال الأحجار الكريمة كبديل رخيص الثمن للألماس

السليكا جل

هلام السيليكا هي مادة حبيبية، لها بريق زجاجي ، مسامية وهي شكل من أشكال ثاني أكسيد السيليكون تخلق اصطناعيا من سيليكات الصوديوم. هلام السيليكا صعب وقاسي .وهو أكثر صلابة من هلام السيليكا المنزلية الشائعة ومن صورها الجيلاتينر. وهو معدن طبيعي حيث يتم تنقيته ومعالجته وتحويله إلى أي شكل سوى كان حبيبات أو خرز. ونتيجة لجفافه، فإنه لديه متوسط حجم المسام من 3,5 نانومتر ، ولها صلة قوية بجزيئات الماء. السيليكا جل يتكون من مادة السيليكا وهي مادة شديدة الامتصاص للرطوبة وذات درجة حموضة عالية ، الأمر الذي يبين لنا الغرض من وضعها في الأحذية،حقائب اليد، و كذلك داخل علب الأجهزة الإلكترونية و

ذلك للحفاظ على هذا النوع من السلع لمدة أطول لكونها معرضة للتلف من الرطوبة خاصة السلع الجلدية الالكترونية والغذائية ايضا، إذ يتم اضافته بنسب مدروسة الى بعض المواد الغذائية بحيث لا يسبب اي أمراض أو تسمم ،كما ان بعض حبوب الأدوية تحوي على كمية من جل السيليكا ليحميها من الرطوبه التي تؤثر عليها بشكل ضار، إلا أن هذه المادة تبقى سامة نوعا ما لذا وجب إبعادها عن متناول الأطفال .

الكاربون المنشط Activated Carbon (Charcoal)

هو مادة عضوية تنتج من تسخين الخشب او العظام او الخث او السيليلوز ومواد فحمية اخرى مع قليل من الهواء او بمعزل عنه.

يستعمل الجاركول وقوداً وكذلك تستعمل كميات قليلة منهُ في العمليات المعدنية ويستعمل مرشحاً ايضاً لازالة المركبات العضوية مثل الكازولين ومبيدات الحشرات ومواد كيميائية سامة من الماء والهواء. وكونه سطح ماز فأنهُ يستعمل في عمليات التصفية وفي صناعة الاقنعة الواقية من الغازات. والكاربون المنشط ترياقاً أيضاً ومضاداً لأنواع عديدة من السموم.

وللكاربون المنشط مرادفات عديدة هي الفحم ، والفحم الخشبي ، والفحم الفعال ، والفحم العظمي ، والفحم الحيواني وجميعها من اشكال الكاربون التي تمتلك خصائص امتزازية ملحوظة بسبب طبيعتها المسامية (Porosity) ، إذ تمتلك جميعها مساحة سطحية عالية.

ان السبب الرئيس في اختيار الكاربون المنشط سطح ماز هو احتواءه على عدد كبير من المسامات الذي يزودهُ بمساحة سطحية كبيرة نسبة الى حجم جزيئة الكاربون الفعلية (١ غم ≈١٠٠ م٢ مساحة سطحية).

ويعد الكاربون المنشط احد السطوح المهمة التي تساعد في معالجة المياه لانتاج ماء ذو نوعية جيدة يكون صالح للاستهلاك البشري وفقاً للمعايير الرسمية وبطرائق اقتصادية في الانتاج. ان الخصائص المهمة الواجب ملاحظتها ومراعاتها في انواع الكاربون المختلفة هي تركيب المسام ، حجم الجزيئة ، المساحة السطحية الكلية والفضاء الفارغ بين الجزيئات.

المخلفات الطبيعية

من الامثلة على المخلفات الطبيعية المستخدمة في الامتزاز اجزاء مختلفة من شجرة النخيل (السعف، الكرب، نوى التمر) وكذلك قشور الحنطة والشعير.... الخ من المخلفات الزراعية والتي اخذت ماجال واسع في هذا المجال بسبب الكلفة الاقتصادية الواطئة.

الامتزاز من المحلول Adsorption from Solution

يمتلك الصلب والسائل أسطحاً محددة في الفضاء وبذا فأن مجالات التماس السطحي المتوقعة هي انظمة (صلب – سائل) (صلب – غاز) (سائل – سائل) (سائل– غاز) (صلب – صلب) .

ان عملية الامتزاز في نظام (صلب – سائل) تتضمن تماس لسطحي الطورين الصلب والسائل مع بعضها ، الطور السائل اما ان يكون نقياً او يحوي مادة او اكثر مذابة فيه.ان العملية المعاكسة للامتزاز هي الابتزاز Desorption وهي عملية انفصال الدقيقة الملتصقة بالسطح الماز وعودتها الى الطور المنتشرة فيه، ويحدث الابتزاز عادة عند ارتفاع درجة الحرارة للحد الذي يكفي لكسر الاواصر بين الماز والممتز. اما عملية تغلغل الدقيقة الممتزة وانتشارها

داخل السطح الماز فيطلق عليها الامتصاص Absorption، وفي بعض الاحيان يحدث الامتزاز والامتصاص معا وفي هذه الحالة يطلق عليه مصطلح التشرب Sorption.

العوامل المؤثرة في عملية الامتزاز

Factors Affecting Adsorption Process

تأثير الدالة الحامضية pH Effect

ان لحامضية المحلول (pH) وتغيير قيمتها تأثيراً مهماً في عملية الامتزاز من المحلول وذلك بسبب تأثيرها في كل من السطح الماز والممتز والمذيب ، ويظهر هذا التأثير من خلال تنافس السطح الماز والمادة الممتزة والمذيب على ايونات (H^+) و (OH^-) وان نتيجة هذا الفعل تؤثر سلبياً او ايجابياً في عملية الامتزاز وتؤثر في سلوك ايزويثرمات الامتزاز أيضاً وفي سعة او كمية المادة الممتزة على السطح من مركب الى آخر.

طبيعة المادة المازة Nature of Adsorbent

تختلف المواد المازة بأختلاف طبيعة سطحها من ناحية التركيب الكيميائي (والبلوري احياناً والمسامي وهذا بدوره يؤثر في نوع عمليات الامتزاز (Adsorption) والتشرب (Sorption) . وان اهم ما يميز المادة المازة من حيث تأثيرها في عملية الامتزاز هو قطبية السطح، إذ إن السطوح التي تتضمن مجاميع قطبية تميل الى المكونات الاكثر قطبية في المحلول كما ان وفرة المسامات على السطح الماز يرفع من كمية وانتقائية العملية.

وتعد المساحة السطحية للسطح الماز (Surface Area of Adsorbent) من العوامل المهمة المؤثرة في الامتزاز إذ يزداد الامتزاز بزيادة المساحة السطحية بسبب زيادة عدد المواقع الفعالة على السطح الصلب وهذا بدوره يعمل على زيادة سعة الامتزاز.

طبيعة الممتز Nature of Adsorbate

تتأثر عملية الامتزاز بطبيعة المادة الممتزة من حيث خصائصها الفيزيائية إذ يزداد الامتزاز بزيادة الوزن الجزيئي للمادة الممتزة. كما تتأثر بخصائصها الكيميائية من حيث وجود المجاميع الفعالة في تركيب المادة الممتزة من عدم وجودها. وكذلك تزداد سعة الامتزاز بزيادة تركيز المادة الممتزة.

ويؤدي حجم الايون دوراً كبيراً في عملية الامتزاز، إذ يؤثر في سعة الامتزاز ففي ظروف معينة وبوجود اكثر من ايون مختلف في الحجم في المحلول يمتز الايون الاكبر حجماً بمقدار اكبر. فمثلاً يمتز ايون الرصاص بمقدار الضعف عما يمتز ايون الكادميوم بسبب كبر حجم ايون الرصاص.

ان طبيعة الممتز وتركيزه وخصائصه الفيزيائية والكيميائية عامل لا يقل في الاهمية عن عامل السطح الماز وفي هذا الجانب لا يمكن وضع قواعد محددة حول تأثير هذه العوامل مجتمعة في عملية الامتزاز ومخرجاتها وانما يتطلب ذلك الاجراءات التجريبية لمعرفة جودة السطح الماز من عدمه.

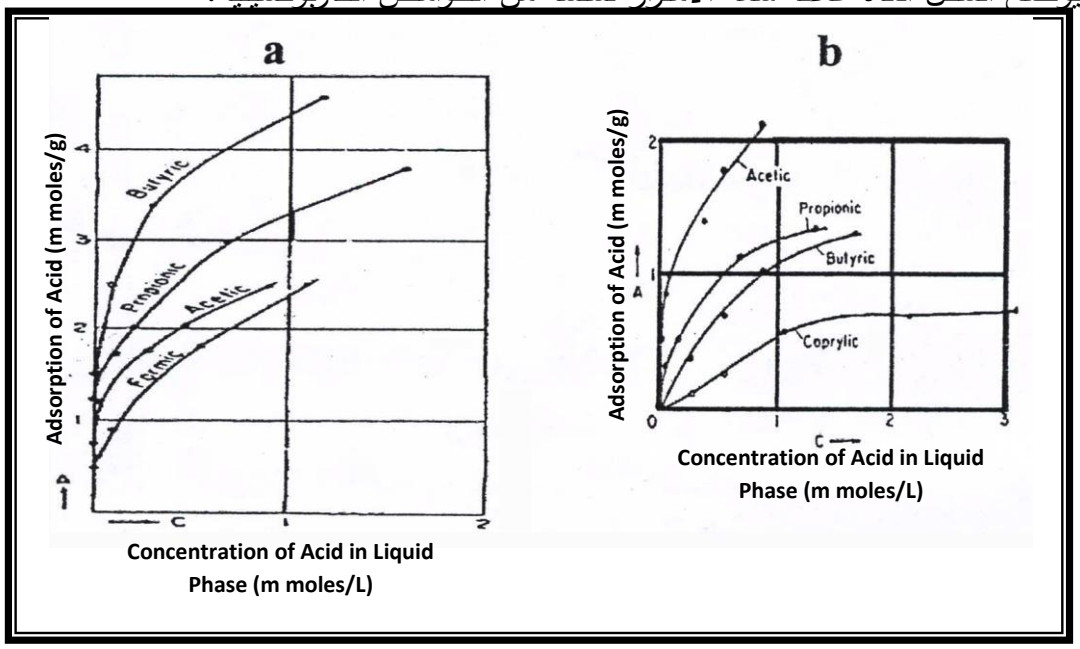
تأثير درجة الحرارة Temperature Effect

تأثير درجة الحرارة في سعة الامتزاز يعتمد على نوع الامتزاز وعلى طبيعة كل من الماز والممتز. تكون عملية الامتزاز في اغلب الاحيان عملية باعثة للحرارة Exothermic ما لم ترافقها عملية امتصاص او انتشار داخل مسامات الطور الصلب. بصورة عامة فأن زيادة درجة الحرارة تؤدي الى نقصان في كمية الامتزاز حسب قاعدة لي شاتليه (Le Chatelier). وذلك لان زيادة درجة الحرارة تؤدي الى زيادة الطاقة الحركية للجزيئات الممتزة على السطح الماز مما يزيد من احتمالية انفصالها عن السطح الماز ورجوعها الى المحلول. اما اذا كانت عملية الامتزاز من النوع الماص للحرارة (Endothermic) فأن الزيادة في درجة الحرارة تؤدي الى اختراق الجزيئات الممتزة الطور الصلب بنسبة اكبر وبذا تزداد سرعة انتشارها فيه ويتبعها زيادة في الامتزاز.

في الامتزاز الكيميائي (Chemisorption) كمية الامتزاز ممكن ان تقل او تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة بالاعتماد على نوع الارتباط والتداخل بين الماز والممتز بينما في الامتزاز الفيزيائي (Physisorption) فأن النقصان في درجات الحرارة يؤدي الى تحسين مستوى الامتزاز.

تأثير المذيب وقاعدة تروبي Solvent Effect and Traube's Rule

يؤثر المذيب في عملية الامتزاز من خلال قابليته على التداخل مع الممتز (المذاب). ان تداخل المذيب مع السطح الماز يعتمد على التركيب الكيميائي لكل منهما كما ان لتداخل المذيب مع الممتز (المذاب) في الطبقة الممتزة على السطح الماز تأثيراً في الامتزاز ايضاً. وبصورة عامة فأن الذوبانية الواطئة للممتز في المذيب تقود الى سعة امتزاز اكبر. ومن بين اهم التجارب الاولية التي اشارت الى تأثير نوعية المذيب فضلاً عن تأثير السطح الماز هي دراسة تروبي والقاعدة التي سميت بأسمه (Troube's rule) والتي تنص " تزداد كمية الامتزاز للمواد العضوية من محاليلها المائية زيادة منتظمة بزيادة طول السلسلة الهيدروكاربونية " ويوضح الشكل ادناه علاقة سعة الامتزاز لسلسة من الحوامض الكاربوكسيلية.



شكل يوضح قاعدة تروبي . (a) امتزاز احماض كاربوكسيلية من محاليلها المائية على الفحم الحيواني . (b) امتزاز احماض كاربوكسيلية على سطح هلام السيليكا (مادة قطبية) باستعمال التلوين مذيب غير قطبي.

تأثير الشدة الايونية Ionic Strength Effect

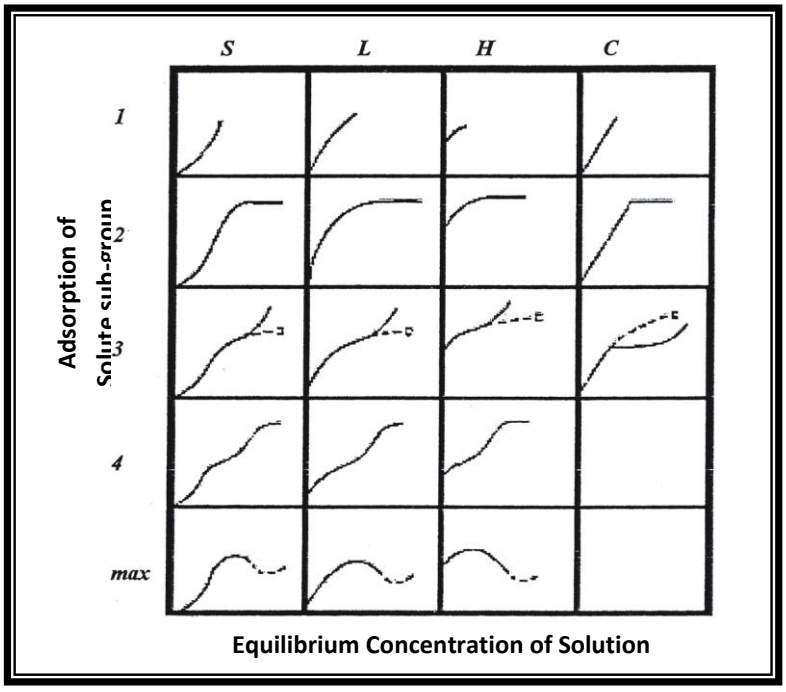
يعتمد تأثير الشدة الايونية في عملية الامتزاز على طبيعة السطح الماز والمادة الممتزة ، فالمادة الممتزة (Adsorbate) اذا كانت متأينة فإن زيادة الشدة الايونية للمادة المضافة يؤدي الى زيادة ذوبانية المادة الممتزة وهذا يقود الى تقليل سعة الامتزاز (قاعدة تروبي) ، كما ان وجود ايونات مشابهة لاحد ايونات المادة الممتزة يؤدي الى تكوين ايون مشترك وهذا يقلل من ذوبانية الممتز ويزيد من امتزازه.

اما اذا كانت المادة الممتزة غير متأينة فأن زيادة الشدة الايونية سوف يؤدي الى حصول عملية (Salting out) مما يقلل من ذوبانية الممتز ويزيد من عملية امتزازه. كذلك فأن تكوين معقد تناسقي بين المادة الممتزة وبين عدد من الايونات المضافة الى المحلول يؤثر في عملية الامتزاز ويعتمد هذا التأثير على ذوبانية وشحنة المعقد المتكون. اما بالنسبة إلى السطح الماز (Adsorbent) ففي حالة كون السطح غير قطبي ولا يحمل شحنات فلا تأثير للشدة الايونية فيه ولكن في حالة السطوح المستقطبة فمن المحتمل حصول تنافس بين الايونات المضافة و ايونات المادة الممتزة على مواقع الامتزاز الموجودة على السطح الماز. وفي حالة السطوح المازة المشحونة بشحنة مشابهة لشحنة دقائق الممتز فأن زيادة الشدة الايونية يؤدي الى تغطية السطح الماز بطبقة من الايونات المخالفة بالشحنة لشحنة المادة الممتزة مما يزيد من عملية الامتزاز والعكس صحيح.

آيزوثيرمات الامتزاز Adsorption Isotherms

هي العلاقة بين كمية المادة الممتزة على السطح الماز والتركيز (في حالة المحلول) او الضغط (في حالة الغاز) للمادة الممتزة عند حالة الاتزان وعند درجة حرارة ثابتة.

قام (Giles) بوضع تصنيف لايزوثيرمات الامتزاز للمساعدة في فهم عمليات الامتزاز في حينه وما زال استعماله لهذا الغرض يعتمد على المقاطع الابتدائية للايزوثيرمات واعطى هذا التصنيف الرموز S, L, H, C وتوجد ضمن الاصناف الرئيسة اصناف ثانوية يشار إليها بـ (1, 2, 3, 4, and max) وكما موضح في الشكل ادناه.



شكل يوضح تصنيف Giles للامتزاز.

١- الصنف S :- يتخذ فيه شكل الايزوثيرم الحرف S الذي يكون فيه توجيه الجزيئات الممتزة على السطح مائلاً او عمودياً كما ان المذيب قد يعاني امتزازاً شديداً على السطح الماز.

٢- الصنف L :- هذا النوع من الايزوثيرم يكون خاص بايزوثيرم الامتزاز من نوع لانكماير ويكون توجيه الجزيئات الممتزة بصورة افقية على السطح كما ان الامتزاز يكون أحادي الطبقة.

٣- الصنف H :- يخص الامتزاز ذو الانجذاب العالي (High Adsorption Affinity) ويلاحظ في المحاليل المخففة جداً وعند امتزاز الجزيئات الكبيرة مثل البوليمرات.

٤- الصنف C :- يشير هذا النوع من الايزوثيرم الى وجود حاجز ثابت (Constant partition) بين المادة الممتزة من جهة وبين المحلول مع السطح الماز من جهة اخرى كما انهُ يدل على احتمالية عالية لحدوث امتزاز كيميائي.

نظريات الامتزاز Theories of Adsorption

لوصف عملية الامتزاز وشكل الايزوثيرم الناتج اقترحت فرضيات عديدة .

آيزوثيرم ومعادلة لانكماير للامتزاز

Langmuir Adsorption Isotherm and it's Equation.

وضعت معادلة لانكماير (١٩١٦) لتفسير امتزاز الغازات على سطوح المواد الصلبة و يمكن تطبيقها أيضاً لامتزاز المواد المذابة في الطور السائل على سطوح المواد الصلبة.

تستند معادلة لانكماير الى عدد من الفرضيات الاساسية:-

١- يمتلك سطح الطور الصلب مواقعاً ذا عدد محدد تحدث عليها عملية الامتزاز ويكون السطح متجانس (Homogenous) حيث تكون مساحة أي موقع امتزاز على السطح من هذه المواقع ثابتة وتوزيع الطاقة على السطح يكون منتظم.

٢- يكون الامتزاز موضعياً يحدث بين الممتز والموقع الفارغ ولا تمتلك فيه الدقيقة الممتزة القابلية على التنقل ولا يمكن للموقع الفارغ امتزاز اكثر من دقيقة واحدة.

٣- من الفقرة ١ ، ٢ يتبين ان الامتزاز يكون احادي الطبقة ويصل الى قيمته القصوى عند تغطية كافة المواقع الفارغة على السطح الماز من قبل دقائق المادة الممتزة.

يمكن التوصل الى معادلة لانكماير التي تعبر عن عملية الامتزاز من المحاليل بالمعادلة

$$\underset{\text{(Solute in solution)}}{A}\ (N_2) + \underset{\text{(Adsorbed solvent)}}{B}\ (N_1^S) \rightleftharpoons \underset{\text{(Adsorbed solute)}}{A}\ (N_2^S) + \underset{\text{(Solvent in solution)}}{B}\ (N_1) \qquad (1\text{-}1)$$

إذ ان كل من N1 ، N2 يعبران عن الكسر المولي للمذيب والمذاب على التوالي ، اما N_1^S ، N_2^S فيعبران عن الكسر المولي للمذيب والمذاب الممتزة على سطح الطور الصلب عند الاتزان .

يمكن كتابة ثابت الاتزان (K) بالشكل الآتي :-

$$K = \frac{N_2^S \cdot N_1}{N_1^S \cdot N_2} \Rightarrow K = \frac{N_2^S \cdot a_1}{N_1^S \cdot a_2} \qquad (2\text{-}1)$$

إذ ان a1 , a2 يعبران عن فعالية المذيب والمذاب على التوالي كما انه في المحاليل المخففة يمكن التعويض عن a2 بالتركيز عند الاتزان (Ce) فتصبح المعادلة (١-٢) بالشكل الاتي:-

$$K = \frac{N_2^S \cdot a_1}{N_1^S \cdot C_e} \qquad (3\text{-}1)$$

كما يمكن عدّ (a1) مقدار ثابت وذلك لان الامتزاز يحصل في المحاليل المخففة واذا عد $b = \frac{k}{a_1}$ و $N_1^S + N_2^S = 1$ فأن تعويض هذه الكميات في المعادلة (١-٣) ينتج :-

$$N_2^S = \frac{b \cdot Ce}{1 + bCe} \qquad (4\text{-}1)$$

$$N_2^S = \frac{n_2^S}{n^S} = \theta \qquad (5\text{-}1)$$

إذ إن n^s يمثل عدد مولات مواقع الامتزاز للغرام الواحد وان Θ هي جزء السطح المشغول بوساطة الجزيئات الممتزة وعند تعويض (١-٥) في (١-٤) نحصل على :-

$$\theta = \frac{b\,Ce}{1+bCe} \qquad (6\text{-}1)$$

وبما ان كمية المادة الممتزة (Qe) تتناسب مع جزء السطح المشغول ، فأنه يمكن كتابة المعادلة (١-٦) بالشكل الاتي :-

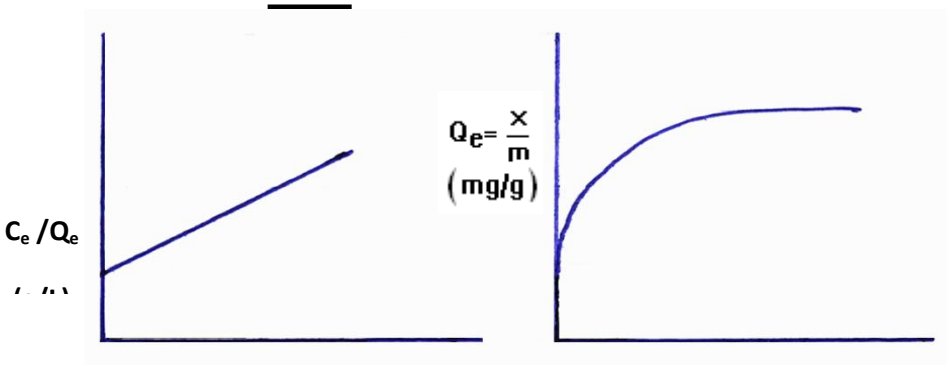
$$Qe = \frac{a\,b\,Ce}{1+bCe} \qquad (7\text{-}1)$$

تمثل المعادلة (١-٧) معادلة لانكماير للامتزاز من المحاليل إذ إن (a) , (b) ثوابت لانكماير التجريبية و Qe كمية المادة الممتزة (mg / g) , Ce تركيز المادة الممتزة عند الاتزان (mg/L) .

يمكن التعبير عن المعادلة الاخيرة بالصورة الخطية فتصبح بالشكل الاتي :-

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{ab} + \frac{C_e}{a} \qquad (8\text{-}1)$$

ويوضح الشكل ادناه رسم قيم $\frac{C_e}{Q_e}$ مقابل قيم Ce إذ نحصل على خط مستقيم لهُ ميل مقداره ($\frac{1}{a}$) وتقاطع مقداره ($\frac{1}{ab}$)



شكل يبين: (a) آيزوثيرم لانكماير (b) الصورة الخطية لايزوثيرم لانكماير .

آيزوثيرم ومعادلة فرندلش للامتزاز

Freundich Adsorption Isotherm and it's Equation

وفيها اقترح ان اغلب السطوح الصلبة غير متجانسة (Heterogeneous) وقد لا يتحدد الامتزاز بطبقة جزيئية واحدة وانما يكون متعدد الطبقات (Multilayer) لذلك تكون اكثر استجابة لمعادلة فرندلش في الامتزاز مقارنة بمعادلة لانكماير، ومعادلة فرندلش ، معادلة وضعية تأخذ الصيغة :-

$$Q_e = K_f \, C_e^{1/n} \qquad (9\text{-}1)$$

إذ ان Qe تمثل كمية المادة الممتزة على غرام واحد من المادة المازة عند التوازن .

Ce تمثل تركيز المادة الممتزة من المحلول عند الاتزان.

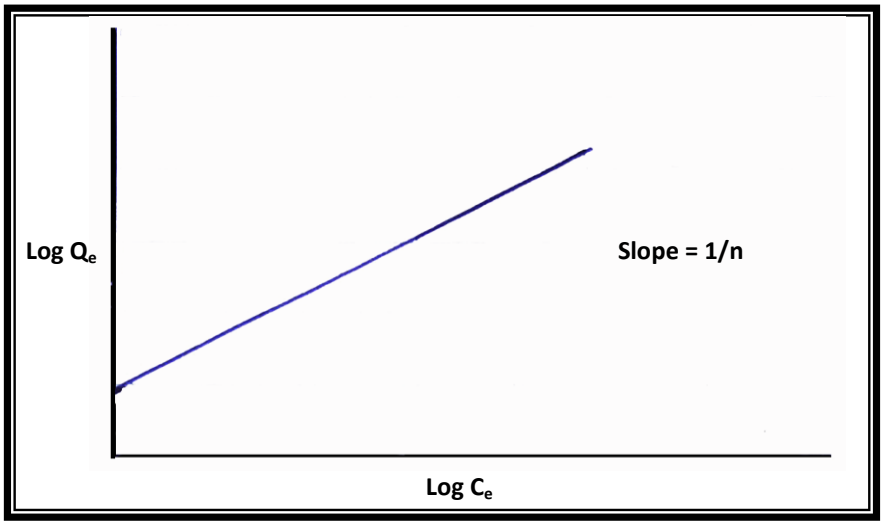
Kf , n ثوابت فرندلش .

ان ابرز عيوب هذه المعادلة هي عدم مقدرتها على وصف أقصى حد للامتزاز وان ثوابتها لا تمتلك معنى فيزيائياً بسيطاً.

وبأخذ لوغارتم المعادلة (١-٩) فأنها تأخذ الصيغة الخطية .

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \qquad (10\text{-}1)$$

وبرسم قيم (log Qe) مقابل قيم (log Ce) نحصل على خط مستقيم ميلهُ $\frac{1}{n}$ وتقاطعه (log Kf) وكما واضح في الشكل التالي.



شكل يبين الصورة الخطية لايزوثيرم فريندلش للامتزاز .

شكرا للجميع.... تمنياتي لكم بالموفقية

د. شيماء خلف غاطي