

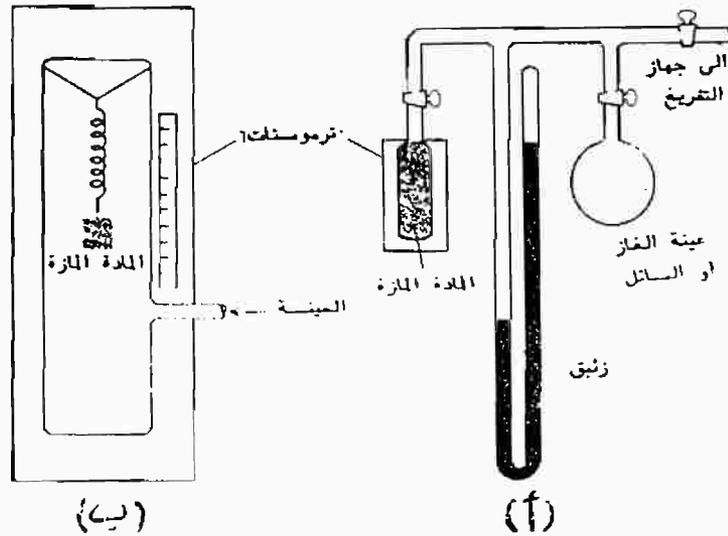
الفصل الثالث

أيسوثرمات الامتزاز

- الامتزاز الأيسوثرمي
- معادلة فرنديخ
- أيسوثرم لانجمير للامتزاز
- العملية الأولى: التكثيف أو الالتصاق
- العملية الثانية: عملية التبخير للجزيئات من السطح إلى الفراغ فوق السطح
- نظرية برونر- إيميت- تيلر
- الامتزاز في المحاليل
- تطبيقات على عمليات الامتزاز
- الكروماتوجرافى
- الأدلة الممتزة
- الامتزاز بالتبادل:
- أ- تنقية الرواسب
- ب- تحلية المياه
- المواد المبللة للأسطح والمنظفات الصناعية
- صمد المياه
- تعويم الخامات
- أسئلة ومسائل عامة

الامتزاز الأيسوثيرمى

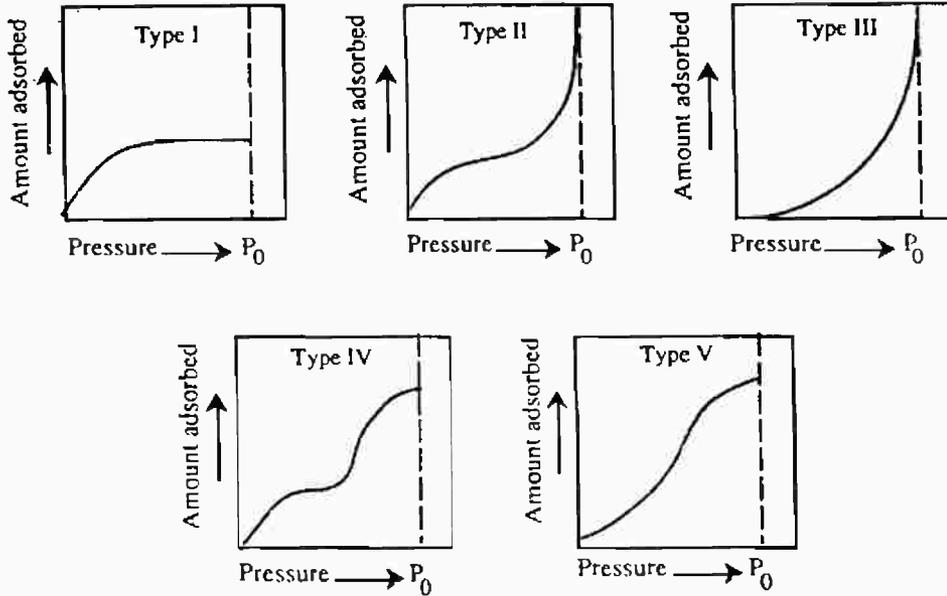
تجربة الامتزاز الأكثر انتشارا هي قياس العلاقة بين كمية الغاز الممتز بواسطة كمية معلومة من المادة المازة وضغط الغاز. وتجرى - عادة - مثل هذه القياسات عند درجة حرارة ثابتة، حيث يتم عرض النتائج على هيئة رسم بياني يعرف بـ "منحنى الامتزاز الأيسوثيرمى". وعمليا، إما ان يقاس حجم الغاز المأخوذ بكمية معلومة من المادة المازة أو بالتغير في وزن المادة المازة عند تعرضها للغاز عند ضغط معلوم. ويوضح الشكل (1-3) الجهاز الذى يمكن استخدامه لهذا الغرض.



شكل (1-3): جهاز مقياس ايسوثيرم الامتزاز : (أ) فى حالة التقدير الزمنى، (ب) فى حالة التقدير الحجمى.

وقد وجدت أنواع كثيرة مختلفة من أشكال الامتزاز الأيسوثيرمى، والموضحة فى الشكل (2-3). ويكون الامتزاز الكيمائى عادة مصحوبا بمنحنى يرتفع بانحدار شديد فى الابتدء ثم يقل الانحدار تدريجيا حتى يصبح فى النهاية أفقيا. ويؤخذ الارتقاع الابتدائى على أنه مقابل للقابلية القوية لسطح الجامد لربط جزيئات الغاز، أما الجزء المنبسط الأفقى (عند النهاية)، فيعزى إلى تشبع هذه القوى ربما بواسطة واحد أو أكثر

من الميكانيكيات الثلاث المذكورة سابقا تحت عنوان (حرارة الامتزاز). وفي حالة الامتزاز الكيميائي، فإنه يمكن التعبير عن الامتزاز الحادث بالأيسوثيرم رقم (1). ومن ناحية أخرى، يكون الامتزاز الفيزيائي مصحوبا عادة بامتزاز أيسوثيرمي له ميل متزايد موجب بزيادة ضغط الغاز. أي إن لكل مدى زيادة محددة في ضغط الغاز تتيح له زيادة أكبر في كمية الغاز الممتز حتى تصل إلى الحد الأعلى للضغط، والذي يساوي الضغط البخاري للمادة الممتزة. وعند هذا الضغط يرتفع منحنى الامتزاز رأسيا حيث يحدث التكثيف. وفي حالة الامتزاز الفيزيائي، فإنه يمكن أن تحدث الخمسة أنواع الموضحة في الشكل (2-3).



(2-3): أيسوثيرمات الامتزاز.

معادلة فرنديخ

وتبعاً للأيسوثيرم الأول، يكون التغير في كمية الغاز الممتز (x) لكل جرام من السطح الماز، بتغير الضغط، يعطى بالعلاقة المسماة "أيسوثيرم" فرنديخ".

$$\frac{x}{m} = KP^{1/n} \quad (3-1)$$

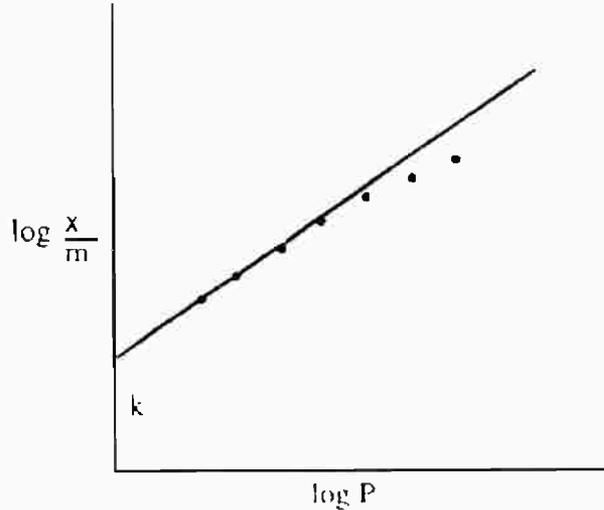
حيث P تمثل ضغط الاتزان

n و k ثوابت تعتمد على طبيعة كل من الصلب والغاز، وعلى درجة الحرارة.

وبأخذ اللوغاريتم للعلاقة السابقة، نحصل على :

$$\log \frac{x}{m} = \frac{1}{n} \log P + \log K \quad (3-2)$$

والمعادلة السابقة تمثل علاقة خط مستقيم. فإذا رسمنا العلاقة بين $\log x/m$ و $\log P$ ، كما هو موضح بالشكل (3-3)، نحصل على خط مستقيم، يكون ميله (slope) مساوياً $1/n$ ، ويكون الجزء المقطوع (Intercept) من المحور الرأسى هو $(\log K)$.



شكل (3-3): العلاقة بين $\log x/m$ و $\log P$.

وكما هو واضح من الشكل (3-3)، تنطبق معادلة "فرنديليخ" عند الضغوط المنخفضة. ولكن، عند الضغوط المرتفعة يحدث حيود، وتكون معادلة لانجمير أكثر ملاءمة في هذه الحالة.

أيسوثرم لانجمير للامتزاز

وضع لانجمير في عام (1916)، نموذجاً لعملية الامتزاز، وخاصة في حالة عملية الامتزاز الكيميائي، والتي أدت إلى الاستنتاج النظري البسيط والهام لأيسوثرم الامتزاز.

فقد أوضح لانجمير أن الغازات الممتزة على سطح صلب عند ضغوط منخفضة لا تكون أكثر من طبقة واحدة، واعتبر أن الطبقة الممتزة تعمل كأنها امتداد للشبكة البلورية للصلب، والتي فيها تحل جزيئات الغاز الممتز محل ذرات البلورة، وإذا قدر لهذه البلورة أن تستمر في نموها؛ فالجزيئات الممتزة تتجه إلى فراغات امتزازية ثابتة. وترجع نظرية لانجمير إلى ما يسمى نظرية الفراغات الموضعية. وقد اعتبرت عملية الامتزاز كأنها حالة اتزان ديناميكي تحتوي على عمليتين متعاكستين، وهما:

العملية الأولى: التكتيف أو الالتصاق

وتتم هذه العملية بنزول جزيئات الغاز من الوسط الغازي على سطح الصلب باصطدامها بالأماكن الفارغة من السطح. وعند بداية عملية الامتزاز، فكل جزيء من جزيئات الغاز يصطدم بالسطح، يمكن له أن يلتصق أو يمر على سطح الصلب. وأثناء عملية الامتزاز تكون جزيئات الغاز التي من المتوقع لها أن تمتاز على السطح، هي التي تصطدم مع جزء من السطح غير المغطى بالغاز (العارى من الغاز). وبناء عليه، تبدأ عملية الامتزاز سريعة، وتبدأ في (البطء) كلما قلت المساحة المتاحة من السطح.

فإذا كانت "θ" تمثل الكسر من السطح الكلى المغطى بالجزيئات الممتزة عند زمن معين، فيكون الكسر من السطح الذى ما زال عاريا من الغاز والمتاح للمزيد من عملية الامتزاز هو (1-θ).

وتبعا للنظرية الحركية للغازات، تتناسب السرعة التى تصطدم بها الجزيئات على وحدة المساحات من السطح مع ضغط الغاز. وبناء على ذلك، فإن معدل التكاثر يتناسب مع كل من ضغط الغاز ومساحة السطح الحر المتاح. أى إن:

$$(3-3) \quad P(1 - \theta) \propto \alpha \text{ معدل الامتزاز}$$

$$(3-4) \quad P(1 - \theta) = K_1 \text{ معدل الامتزاز}$$

حيث P هى ضغط الغاز

K₁ ثابت التناسب

العملية الثانية: عملية التبخير للجزيئات من السطح إلى الفراغ فوق السطح

يكون معدل التبخير أو معدل نزع الغاز صغيرا فى أول الأمر، ثم ما يلبث أن يزداد كلما أصبح السطح مشبعا، ويكون متناسبا مع الكسر المغطى من السطح، أى أن:

$$\theta \propto \alpha \text{ معدل نزع الغاز}$$

$$(3-5) \quad \theta = K_2 \text{ معدل نزع الغاز}$$

حيث K₂ ثابت التناسب

وعند الاتزان يتساوى المعدلان معدل الامتزاز ومعدل النزع، أى إن:

$$(3-6) \quad K_1(1 - \theta) P = K_2 \theta$$

وبإعادة ترتيب هذه المعادلة، نحصل على :

$$(3-7) \quad \theta = \frac{K_1 P}{K_2 + K_1 P}$$

وبقسمة كل من البسط والمقام فى الطرف الأيمن للمعادلة على المقدار K₂،

نحصل على :

$$\theta = \frac{K_1 P / K_2}{K_2 / K_2 + K_1 P / K_2} \quad (3-8)$$

وبفرض أن:

$$b = \frac{K_1}{K_2} \quad (3-9)$$

فإن:

$$\theta = \frac{bP}{1 + bP} \quad (3-10)$$

وتكون كمية الغاز (x) الممتزة على كتلة (m) من السطح الماز متناسبة مع الكسر المغطى من السطح (θ)، أي إن:

$$\frac{x}{m} \propto \theta \quad (3-11)$$

$$\frac{x}{m} = K \theta \quad (3-12)$$

حيث K هي ثابت التناسب

وبالتعويض عن قيمة θ من المعادلة (10) في المعادلة (12)، نحصل على:

$$\frac{x}{m} = \frac{KbP}{1 + bP} \quad (3-13)$$

وبفرض أن:

$$a = KP \quad (3-14)$$

فإنه يمكن وضع المعادلة السابقة على الصورة:

$$\frac{x}{m} = \frac{aP}{1 + bP} \quad (3-15)$$

والمعادلة السابقة، هي "أيسوثيرم لانجمير" للامتزاز، حيث a و b ثوابت تعتمد على صفات النظام المدروس، وتعتمد قيمتها على درجة الحرارة.

وعند رسم العلاقة x/m ضد P، فإنها تعطى منحنيًا من نوع الأيسوثيرم رقم

(1).

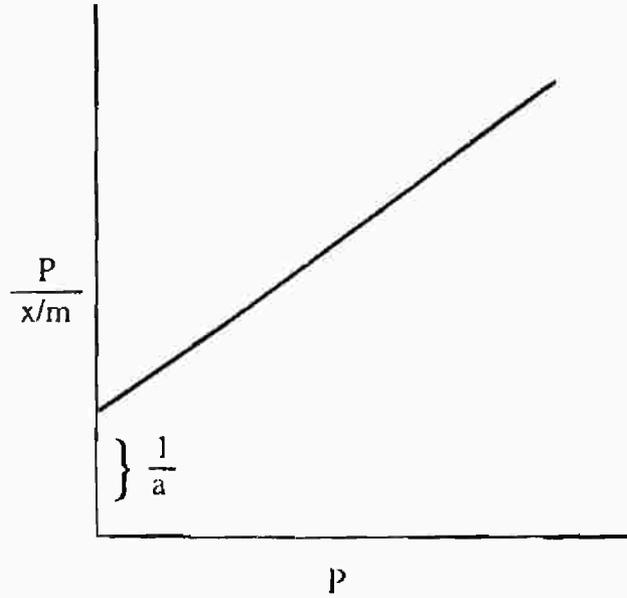
مثال:

امتزاز الأكسجين (O_2) على سطح التجسيتين أو امتزاز النيتروجين (N_2) على سطح الميكا.

ويمكن كتابة معادلة "ايسوثرم لانجمير" السابقة في الصورة التالية:

$$\frac{P}{x/m} = \frac{1}{a} + \left(\frac{b}{a}\right)P \quad (3-16)$$

وبرسم العلاقة بين $P/x/m$ ضد الضغط (P)، نحصل على خط مستقيم، ميله (slope) هو (b/a) ، والجزء المقطوع (Intercept) هو $(1/a)$ ، كما هو موضح في الشكل (4-3).



شكل (4-3): العلاقة بين $P/x/m$ مع الضغط P .

وبتطبيق هذه المعادلة على النتائج العملية، تتأكد ميكانيكية الامتزاز والتي اقترحها لانجمير.

وتوجد حالتان خاصتان ذات أهمية بالغة، وهما:

(أ) عند الضغوط المنخفضة جداً

عند الضغوط المنخفضة جداً، فإن المقدار (bp) يصبح صغير جداً بالنسبة للواحد الصحيح، ويمكن أن يؤول المقدار (1 + bp) فى معادلة لانجمير إلى الواحد الصحيح، وتؤول المعادلة إلى الصورة المختصرة التالية:

$$\frac{x}{m} = aP \quad (3-17)$$

والتي توضح أن كمية الغاز المميزة تتغير خطياً مع الضغط.

(ب) عند الضغوط العالية جداً

عند الضغوط العالية جداً، فإن المقدار (1 + bp) يؤول إلى pb فى معادلة لانجمير التي يمكن اختصارها إلى الصورة:

$$\frac{x}{m} = \frac{aP}{bP} = \frac{a}{b} = K' = \text{constant} \quad (3-18)$$

وهذا يعنى، أنه بزيادة الضغط، فإن كمية الغاز الممتز تصل إلى قيمة ثابتة، والتي تمثل طبقة واحدة كاملة للغاز.

وبالتالى، نجد أن:

أيسوثرم لانجمير عند ضغوط منخفضة تمثله المعادلة (3-16).

وأيسوثرم لانجمير عند ضغوط عالية تمثله المعادلة (3-17).

وبناء عليه، فعند قيم متوسطة للضغط، يمكن استخدام تعبير من النوع:

$$\frac{x}{m} = Kp^n \quad (3-19)$$

حيث n تقع بين الصفر والواحد.

وهذه العلاقة تشبه معادلة "فرنديلخ"، والتي يمكن اعتبارها حالة خاصة من أيسوثيرم لانجمير.

نظرية برونر-إميت-تيللر

عند ضغوط منخفضة نسبياً، وعلى وجه الخصوص عند درجات حرارية عالية، من المحتمل أن لاتتعدى الطبقات الممتزة من الغازات أو الأبخرة سمك طبقة واحدة. وعند درجات حرارة منخفضة، وخصوصاً عند ضغوط تصل إلى قيم التسبع.. فإن جزيئات الغاز الممتزة، يمكن لها أن تجذب جزيئات غاز أخرى بقوى تعادل قوى قاندارفال، بحيث إنه يمكن تكوين عديد من الطبقات.

والتفسير المقترح بواسطة برونر-إميت وتيللر، وذلك لأنواع الأيسوثيرم II, III, IV, V، تؤكد أنه في هذه الأيسوثيرمات يحدث امتزاز لعديد من الطبقات. وأكدت نظرية (B.E.T) وجود فراغات امتزازية ثابتة ومتماشية مع حالة الاتزان الديناميكي، التي اقترحها لانجمير لطبقته الأحادية، والتي يمكن لها أن تطبق لكل طبقة متتالية. وتكون حرارة الامتزاز للغاز في الطبقة الأولى هي E_1 وفي الطبقات المتتالية تكون E_L ؛ حيث E_L هي الحرارة الكامنة للإسالة للغاز الممتز، حيث يمكن تمييز الحالات الثلاث التالية:

- (1) إذا كانت $E_L = 0$ ، فإن الأيسوثيرم يكون من النوع I، وهو ما يسمى أيسوثيرم لانجمير، وفيه يبدأ الامتزاز في الزيادة مع زيادة الضغط ثم يصل إلى نهاية عظمى حيث تكتمل سعة الطبقة الأولى.
- (2) إذا كانت $E_L < E_1$ ، نحصل على منحنيات من النوع II، وهنا يبدأ تكوين الطبقة الثانية، قبل أن يكتمل تكوين الطبقة الأولى. ولكن سعة الطبقة الأولى يمكن معرفتها من هذا المنحنى.
- (3) إذا كانت $E_L > E_1$ ، وإذا كانت الطبقات المتتالية تلتصق بالطبقة الأولى أكثر من التصاق الطبقة الأولى بسطح الصلب، نحصل على منحنيات من النوع

III. فالمنحنيات II، III للسطوح المستوية، والتي ليس هناك عدد محدد للطبقات من الغاز التي تمتز عليها، وذلك عندما يزيد ضغط الغاز على ضغط بخار السائل، نجد أنها تزيد بانحدار عند الضغوط العالية. وعندما يحدث امتزاز في مكان محدد، مثل: الأنابيب الشعرية، والتي ليس فيها أماكن لعديد من الطبقات، يمكن الحصول على المنحنيات IV، V، والتي يبدو فيها هناك حد أقصى للامتزاز التام.

الامتزاز من المحاليل

السطوح الصلبة لا تمتز الغازات فقط، ولكن تمتز أيضا المواد المذابة في المحاليل.. فعندما يرج محلول حمض الخليك مع الكربون المنشط، فقد وجد أن هناك جزءا من الحمض يمكن أن يزال، إذ يؤخذ على سطح الكربون وينقص بالتالي تركيز المحلول. وبالمثل يمكن للكربون المنشط أن يأخذ النوشادر من محلول هيدروكسيد الأمونيوم، وكذا الفينول فيثالين من محاليل الأحماض والقواعد.

وظاهرة الامتزاز هذه يمكن أن ترى في التحليل الكمي، فمثلا تميل رواسب كلوريد الفضة المحضرة حديثا إلى أن تمتز على سطحها إما أيونات الفضة أو أيونات الكلوريد، اعتمادا على أيهما يكون موجودا بكثرة في المحلول، بينما تميل رواسب كبريتيد الزرنيخ إلى امتزاز أيونات الكبريتيد.

فالامتزاز من المحاليل مثل تلك التي تحدث في الغازات تتضمن اتزاناً بين الكمية الممتزة على السطح، وتركيز المادة في المحلول. فزيادة مساحة السطح المتاحة للامتزاز وخفض درجة الحرارة تزيد من الميل للامتزاز. والحقيقة القائلة بأن مدى عملية الامتزاز يزداد بزيادة التركيز إلى حد أقصى، تشجع تكوين طبقة واحدة من جزيئات المذاب على سطح الصلب، مثل ما يحدث في عملية الامتزاز الكيميائي للغازات؛ فالكمية الممتزة (x) لكل وحدة كتل من السطح الماز (m) ترتبط بتركيز المذاب (C) بمعادلة لانجمير، والتي تحل فيها C محل P:

$$\frac{x}{m} = \frac{ac}{1+bc} \quad (3-20)$$

ولمعظم الأغراض تكون معادلة فرنديخ الأولية:

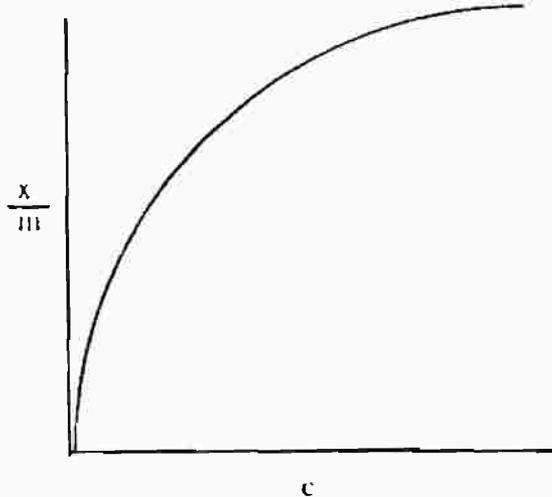
$$\frac{x}{m} = K C^{1/n} \quad (3-21)$$

وبأخذ اللوغاريتم نحصل على:

$$\log \frac{x}{m} = \log K + \frac{1}{n} \log C \quad (3-22)$$

وقد أثبتت التجارب أن هذه المعادلة يمكن أن تنطبق على الامتزاز من المحاليل.

ومن المنحنى الذى يربط العلاقة بين $\log x/m$ مع $\log C$ شكل (3-5)، يتضح أن الكمية النسبية للامتزاز مقارنة بتركيز المحلول تكون عالية فى المحاليل المخففة. وهذه الحقيقة لها أهميتها فى الكيمياء التحليلية؛ حيث إنه من الصعوبة بمكان التخلص بالغسيل من آثار المذاب الممتز على الراسب. وحتى يمكن التقليل من الخطأ الناتج من عملية الامتزاز، فإن عملية الترسيب يستحسن أن تتم فى محاليل ساخنة؛ حيث تكون عملية الامتزاز عند حدها الأدنى، وتتهى الظروف بحيث يكون حجم الدقائق المترسبة كبيراً، وتكون بالتالى مساحة سطحها المعرضة للامتزاز صغيرة.



شكل (3-5): العلاقة بين المذاب الممتز وتركيز المحلول.

تطبيقات على عمليات الامتزاز

عملية الامتزاز الكثير من التطبيقات فى المجالين العملى والصناعى. يستخدم امتزاز الغازات على سطح الصلب للمحافظة على منطقة ما بين الجدران فارغة من الهواء، وذلك فى زجاجات "ديور". وأقنعة الغازات هى تركيبات تحتوى على مواد صلبة مازة، تستخدم فى التخلص من الغازات السامة المنتشرة فى الهواء الجوى. ويمكن جمع الغازات الغالية الثمن بإمرارها على الفحم النباتى أو على السيليكا جل، ويمكن استرجاعها مرة أخرى برفع درجة حرارة المادة المازة. وتستخدم كذلك خاصية الامتزاز فى الحفز، فتوجد تفاعلات كثيرة تتم فى وجود عوامل حفازة، فمن الأمثلة على ذلك: تخليق الأمونيا فى وجود الحديد كعامل حفاز، وكذا أكسدة ثانى أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت فى وجود البلاتين كعامل حفاز، وهدرجة الزيوت النباتية غير المشبعة فى وجود النيكل كعامل حفاز.

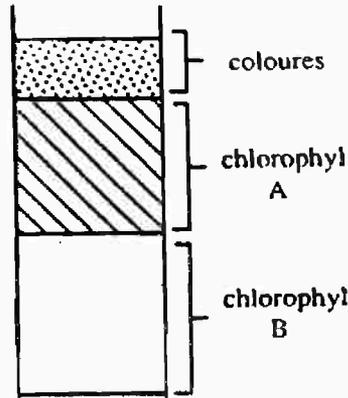
وفى الامتزاز من المحاليل، يمكن التخلص من المواد الملونة والشوائب الموجودة فى محلول السكر، بالترشيح خلال طبقات من الفحم.

الكروماتوجرافى Chromatography

الكروماتوجرافى تقنية تستخدم لفصل محتويات محلول عن طريق عملية امتزاز جزئى أو اختيارى، تعتمد على سرعة ومدى الامتزاز على سطح ماز، وتختلف باختلاف محتويات الخليط الموجود فى المحلول. فإذا وضعنا هذا المحلول على عمود معبأ بمادة مازة صلبة (بودرة) يمكن فصل محتويات الخليط فى طبقات على طول العمود؛ فالمادة التى لها قدرة كبيرة على الامتزاز تبقى فى أول العمود. بينما الطبقات المتتالية والمحتوية على مواد مذابة أخرى تكون مرتبة حسب سهولة الامتزاز، فمثلاً مستخلص الأوراق الخضراء ينفصل إلى طبقات ملونة، مثلاً نجد الكاروتين ثم الكلوروفيل A، ثم الكلوروفيل B شكل (3-6).

ويمكن للعمود أن يفرغ من السطح الماز بدفعه على سطح مستوى، ويقطع إلى أجزاء ويمكن أن يعامل كل جزء بمذيب، لاسترجاع المادة الممتزة، وكذلك يمكن

استرجاع المادة الممتزة على سطح العمود الكروماتوجرافي بما يسمى elution، بإضافة مذيب نقي على أول العمود، إلى أن يتم سحب كل حزمة بالتتابع إلى قاع العمود. وهذه طريقة بسيطة لفصل المركبات عن بعضها، وخاصة التي لا يمكن فصلها بالتقطير التجزيئي.



شكل (3-6): عمود كروماتوجرافي

ويمكن الاستفادة من هذه التقنية في العمليات البيوكيميائية، حيث يمكن فصل فيتامين A، D₃. كما يمكن استخدام هذه العملية في فصل المواد غير الملونة، ويمكن استخدام الأشعة فوق البنفسجية، لتعرف بعض المركبات بإحداث إضاءة فلوريسنتية، أو برش بعض المركبات، التي تتفاعل مع المذاب معطية لونا له.

ويمكن فصل العناصر الأرضية النادرة بالتقنية نفسها. وفي هذه التجربة يستخدم محلول من خلاص الأيونوم عند pH معينة، ومحتوية على العناصر الأرضية النادرة، ويصب على العمود الكروماتوجرافي المملوء براتنج التبادل الأيوني. وتمتاز هذه العناصر بدرجات مختلفة على سطح المبادل الأيوني.

ويمكن استخدام الكروماتوجرافيا في التحليل الكيفي الدقيق، بوضع نقطة من محلول نترات الرصاص والفضة، والخاصين والكاديوم والمنجنيز، على ورقة

ترشيح كبيرة، ثم توضع ورقة الترشيح بعد ذلك في الماء. ترفع ورقة الترشيح من الماء وتجفف ثم ترش بمحلول كبريتيد الأمونيوم، وينتج بذلك الكروماتوجرام الموضح في الجدول (1-3):

جدول (1-3): مناطق الكروماتوجرام

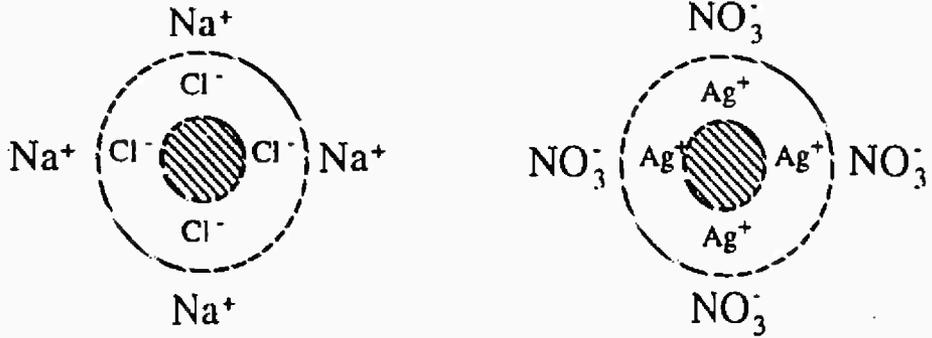
العنصر	اللون	الوضع
رصاص	أسود	القمة
فضة	رماد	
زنك	أبيض	
كادميوم	أصفر	
منجنيز	فلاش ملون	القاع

الأدلة الممتزة

عندما يضاف محلول نترات الفضة إلى محلول هاليد، مثل: كلوريد الصوديوم، فإن الراسب المتكون من كلوريد الفضة يمتز أيونات الكلوريد على سطحه قبل الوصول إلى نقطة التكافؤ، وبذلك تكون سالبة الشحنة. ويحدث امتزاز للشحنة الموجبة، كما الحال في الشكل (3-7)، وعند نقطة التكافؤ يكون راسب كلوريد الفضة محاطاً بأيونات الفضة الموجبة، وتشحن الدقائق بالشحنة الموجبة. فإذا كان دليل الفلوريسين متواجداً في الوسط، فإن أنيون الدليل السالب الشحنة يكون أكثر قابلية للامتزاز على سطح تلك الدقائق، وتعطى لونها لتلك الدقائق بتكوين فلوريسينات ذات اللون الأحمر، على سطح الدقائق.

قبل نقطة التكافؤ

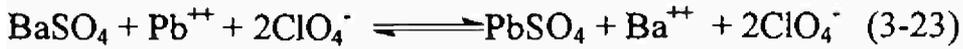
بعد نقطة التكافؤ



شكل (7-3): امتزاز راسب كلوريد الفضة لأيونات الفضة والكلوريد

الامتزاز بالتبادل

عندما يرج راسب كبريتات الباريوم في محلول مخفف من بيركلورات الرصاص، فيمكن للتفاعل السطحي التالي أن يحدث:

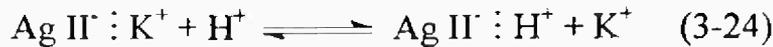


تمتاز أيونات الرصاص على السطح، وتدخل إلى المحلول كمية مكافئة من أيونات الباريوم، وهذا مايسمى بالامتزاز بالتبادل، ويستخدم في أغراض كثيرة. ومن الأمثلة على ذلك مايلي:

(أ) تنقية الرواسب

تحتوى يوديد الفضة المرسبة في وجود زيادة من يوديد البوتاسيوم على يوديد بوتاسيوم ممتز على سطح الدقائق ($\text{Ag II}^- : \text{K}^+$)، ويمكن التخلص منها بالغسيل بالماء.

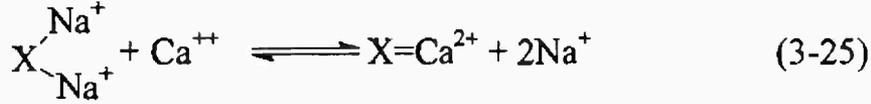
وعندما تغسل بحمض نيتريك مخفف، يحدث التفاعل السطحي التالي:



حيث يحل أيون الهيدروجين محل أيون البوتاسيوم، ويحتوى الراسب على يوديد الهيدروجين الممتز، وحيث إنه سهل التطاير فيمكن التخلص منه، والحصول على راسب نقي بالتسخين.

(ب) تحلية المياه

يستخدم الزيوليت لهذا الغرض، ويحضر بخلط سايكات الصوديوم مع ألومنيات الصوديوم أو كبريتات الألومنيوم في محلول مائي، حيث يتكون مركب هلامي، يضغط ويجفف، يكون تركيبه الكيميائي كالتالي $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (متغير، $x, n = 5-12$)، وفيه تكون أيونات الصوديوم قابلة للتبادل مع أيونات أخرى، فعندما تمر المياه المحتوية على أيونات الكالسيوم Ca^{2+} وأيونات الماغنسيوم Mg^{2+} على طبقة الزيوليت، والتي تمتاز بكبر مساحة سطحها، تحل أيونات الكالسيوم محل أيونات الصوديوم، وتترك الماء محتوية على أيونات الصوديوم، التي لا تسبب عسرا للماء.



ويمكن استرجاع الزيوليت مرة أخرى، بمعاملته بمحلول مركز من ملح الطعام.

المواد المبللة للأسطح والمنظفات الصناعية

تستخدم المواد المبللة للأسطح الصلبة للمساعدة في انتشار السائل، خاصة الماء على سطح صلب هيدروفوبي، والتي لها زاوية تماس عالية مع السائل. ويتم ذلك بالتقليل من الشد السطحي للماء ويتكوّن غشاء على سطح الصلب بمجموعات جاذبة للماء، وبذلك يزيد شغل التلاصق بين الصلب والمياه، فمن معادلة يونج:

$$\omega_{LS} = \gamma_L (1 + \cos \theta) \quad (3-26)$$

والتي تكتب في الصورة التالية:

$$\cos \theta = \frac{\omega_{LS} - \gamma_{LI}}{\gamma_{LI}} \quad (3-27)$$

والتي توضح أن زاوية التماس تقل، أي يزيد البلل، وذلك إما بتقليل γ_{LI}

أو زيادة ω_{LS} .

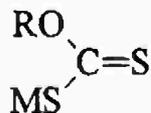
والمواد المبللة عبارة عن جزيئات لمركبات لها سلسلة هيدروكربونية، أو مجموعة (R) التى هى كارهة للماء، وكذا مجموعة أو أكثر قطبية، والتى لها ميل للمياه (مجموعة جاذبة للماء (X)، والمجموعة (X) تجعل الجزئ يذوب فى الماء بينما (R) تتجنب مع مجموعات مشابهة لها للمادة الدهنية، والتى يكون الصلب غالبا مغطى بها.

صمد المياه (أقمشة لاينفذ منها الماء)

هذا النوع عكس عملية التبليل، ويتطلب الأمر هنا زيادة فى زاوية التماس لدرجة أنه يكون من الصعوبة تبليل السطح. ويتم ذلك بتغطية نسيج الملابس بتحضير شحم، يحتوى على صابون، كاثيوناته عبارة عن عناصر عديدة التكافؤ، مثل: ستيارات الألومنيوم. وهذه تلتصق مع الصوف الهيدروفيلى أو سطح القطن بمجموعات قطبية معرضة نهاية المجموعات الهيدروكربونية والهيدروفوبية لعامل البلل للمياه، وتنتج بذلك زاوية تماس تزيد عن 90° ، وبذلك لا تستطيع المياه أن تتخلل المسام للقماش، أو تبقى كغشاء على سطح القماش.

تعويم الخامات

تستخدم عملية التعويم على نطاق واسع لفصل خامات المعادن عن بعضها وعن الشوائب الملتصقة بها، وهى تعتمد على التلاصق الاختيارى لفقاعات الهواء مع الدقائق المعلقة. ولكى يحدث تعويم، فإن زاوية التماس للماء مع المعدن عند منطقة تلاقى (الهواء - الماء - الخام) تساوى صفرا، وإلا فإن الخام سوف ينسحب إلى أسفل فى الماء. ومعظم الخامات تكون هيدروفيلية لدرجة أنها من الصعوبة أن توجد عائمة بصورة طبيعية، وترتفع زاوية التماس ناحية الماء، بإضافة مواد تسمى "المجمعات". وتتفاعل المجمعات أو تمتاز على السطح للخام المرغوب فيه (عادة طبقة واحدة) تجعله هيدروفوبى بزاوية تماس كبيرة على قدر الإمكان. ويكون دورها هو تقليل تلاصق الخام مع الماء. والمجمعات المعروفة فى التعويم لخامات الكبريتيد هى الزانسيث، والتى يكون لها التركيب الكيميائى التالى:



حيث R مجموعة هيدروكربونية، و M عنصر من عناصر الأقلاء. وهذا الجزئ يمتاز بحيث إن ذرة الكبريت تكون ناحية سطح الخام ومجموعة R الهيدروفوبية ناحية الماء. وعندما يندفع في الماء تيار من الهواء. فإن دقائق الخام ذات التماس الكبيرة تتجنب إلى فقاعات الهواء، وتحمل على هيئة رغاوى إلى السطح، تاركة الخامات غير الغائمة، والتي يكون سطحها هيدروفيلي.

أسئلة ومسائل عامة

- 1- اعتبر لانجمير أن عملية الامتزاز كأنها حالة اتزان ديناميكي تحتوى على عمليتين متعاكستين. وضحهما.
- 2- أكتب المعادلة التي تعبر عن أيسوثرم لانجمير.
- 3- اشرح نظرية برونر-إميت-تيلر.
- 4- تكلم عن الامتزاز بالتبادل.
- 5- ما المقصود بالأيسوثرم؟ أذكر أنواعه الخمسة.
- 6- فسر الأيسوثرم I على ضوء معادلة فرنديخ.
- 7- ما لفروض التي بنى عليها لانجمير أيسوثرم لانجمير للامتزاز.
- 8- وضح كيف يستخدم الكروماتوجرافى فى فصل مركبات عن بعضها.
- 9- وضح كيف يمكن الاستفادة من ظاهرة الامتزاز بالتبادل فى تحلية المياه.
- 10- فى تجربة عن امتزاز غاز النيتروجين على الميكا عند درجة حرارة (90) درجة مطلقاً حصلنا على النتائج التالية عند ضغط واحد جوى ودرجة (20) درجة مئوية:

P (atm)	2.8	3.4	4.0	4.9	6.0	7.3	9.4	12.8	17.1	23.5	33.5
Amount of adsorbed (mm ³)	12.0	13.4	15.1	17.0	19.0	21.6	23.9	25.5	28.2	30.8	33.0

وضح أن هذه النتائج تتبع ايسوثرم لانجمير.

- 11- أعطيت النتائج التالية لامتزاز غاز النيتروجين على الألومينا (Al₂O₃) عند درجة حرارة (77.3) مطلقاً:

P _{N₂} (atm)	0.0417	0.0849	0.1272	0.223
N ₂ adsorbed (m mol/gm)	83.1	90.3	104.5	111.8

هل هذه النتائج تطيع معادلة الأيسوثرم لانجمير.

12- يمتز حمض الخليك على فحم منشط، وفيما يلى النتائج حيث (y) هى كمية حمض الخليك الممتزة كدالة لدرجة تركيز المحلول (C) عند حالة الاتزان. وضح أن هذه البيانات تتطبق مع معادلة فريندليخ الأيسوثرمية، وعين الثوابت فيها.

C(mol/liter)	0.018	0.031	0.062	0.126	0.268	0.471	0.882
y(mol)	0.47	0.62	0.80	1.11	1.55	2.04	2.48

13- بين أنه عند التغطيات الصغيرة فإن تعبير لانجماير الأيسوثرمى يقابل تعبير فريندليخ الأيسوثرمى باعتبار (n = 1).

14- وضح أنه عند التغطيات العالية فإن معادلة لانجماير تقابل معادلة فريندليخ باعتبار (n = ∞).