

### عمليات الامتزاز

- الامتزاز ( الإنمصاص )
- الامتزاز على سطوح المحاليل
- انتشار السوائل
- معامل الانتشار ودلالته
- الطبقات الممتزة والمكونة من مواد غير ذائبة على سطوح السوائل
- امتزاز الغازات على الجوامد
- أولاً: الامتزاز الفيزيائي
- خصائص الامتزاز الفيزيائي
- ثانياً: الامتزاز الكيميائي
- خصائص الامتزاز الكيميائي
- طرق قياس كمية الامتزاز
- 1- الطريقة الحجمية
- 2- الطريقة الوزنية
- 3- الطريقة الفيزيائية
- العوامل المؤثرة على عملية الامتزاز
- 1- طبيعة ومساحة السطح الماز
- 2- طبيعة الغاز الممتز
- 3- ضغط الغاز الممتز
- 4- درجة الحرارة
- حرارة الامتزاز
- أسئلة ومسائل عامة



## الامتزاز (الإدمصاص)

في حالات معينة، يكون من الصعب التمييز بين الامتزاز والامتصاص، فغالباً ما يحدث تداخل بينهما بحيث يصعب معه الفصل بينهما. ولذلك، وفي تلك الحالات فقط، يستخدم اللفظ "sorption"، وهو يعنى الامتزاز والامتصاص معا.

وتعرف عملية "الامتصاص" بأنها: "العملية التي يحدث فيها اختراق الجزيئات أو الذرات أو الأيونات للمادة الممتصة داخل الجسم الماص بطريقة المنتظمة". وكما هو واضح من التعريف، فإنه لا يحدث تركيز للجزيئات في أحد أجزاء الجسم الماص للجزيئات الممتصة، بل يكون توزيعها بانتظام.

وتعرف عملية "الامتزاز" بأنها: "العملية التي يحدث فيها التصاق لجزيئات أو ذرات أو أيونات المادة الممتزة على سطح الجسم الماز، حيث تتكون طبقة جزيئية رقيقة على السطح الماز (في حالة الامتزاز أحادي الجزيئية)، أو تتكون طبقة بسبك عدة جزيئات على السطح الماز، (وتسمى العملية عندئذ بالامتزاز متعدد الجزيئات).

وفي ضوء تعريف عملية الامتزاز (adsorption)، فإن المادة التي يحدث لها امتزاز تسمى "المادة الممتزة" (adsorbate)، بينما يسمى السطح الذي تحدث عليه عملية الامتزاز بـ "السطح الماز" (adsorbent). فعند سطح السائل تكون القوى الجزيئية في حالة عدم توازن أو في حالة عدم تشبع. ويكون الشيء نفسه بالنسبة لسطح الصلب، حيث تكون قوى الجزيئات أو الذرات الموجودة على سطح الصلب غير مكتملة (تشتمل تلك القوى على التكافؤ والقوى التجاذبية الأخرى)، كما هو الحال في بطن السائل أو الصلب.

ونتيجة لعدم التشبع هذا، فإن سطوح الصلب أو السائل تميل إلى استكمال هذه القوى غير الكاملة باكتساب مواد أخرى على سطحها تبقى عليها. وتسمى عملية تركيز بعض المواد على سطوح الصلب أو السائل بالامتزاز.

## الامتزاز على سطوح المحاليل

نتيجة لميل طاقة السطح الحرة إلى النقصان، فإن تركيز المذاب على السطح يختلف عنه في بطن السائل. وعلى العموم، إذا كان المذاب يقلل الشد السطحي للسائل (المذيب)، فإنه يميل إلى التجمع في الطبقات السطحية للمذيب. ويطلق على المذاب في هذه الحالة أسم "عوامل منشطة للسطح"، مثل: الصابون وبعض الأحماض السلفونية. وعلى العكس، إذا كان المذاب يزيد من الشد السطحي للمذيب، فإن المذاب يتجمع في باطن السائل، ويقال عنها أنها تمتلك خاصية السالبة في تنشيط السطوح. وهذا الاختلاف في التركيز يعتبر حالات خاصة في الامتزاز، وهي موجبة في الحالة الأولى، وسالبة في الحالة الثانية.

فمن وجهة النظر الترموديناميكية، أوضح "جيبس" أنه : إذا احتوت وحدة المساحات من سطح السائل على (S) مول من المذاب زيادة عما هو موجود داخل السائل، فإن قيمة (S) في حالة المحاليل المخففة، يعبر عنها كما يلي:

$$S = - \frac{C}{RT} \cdot \frac{dy}{dC} \longrightarrow \text{(Gibbs equation)}$$

حيث C : هي تركيز المحلول

$dy/dC$  : هي نسبة التغير في الشد السطحي بالتغير في تركيز المحلول.

فعندما تكون  $dy/dC$  موجبة، حيث يزداد الشد السطحي بزيادة التركيز، فإن "S" تكون قيمتها سالبة، ويحتوي المحلول في داخله على تركيز أعلى من المذاب على السطح.

أما إذا كانت النسبة  $dy/dC$  سالبة، فإن (S) تكون موجبة، ويحتوي السطح على تركيز أعلى من المذاب عن داخل المحلول.

وأوضح لانجمير أن الطبقة الممتزة من مادة عضوية على سطح المحلول المائي، يكون سمكها في الغالب جزئ واحد، حيث تتحرك الجزيئات حركة حرة فيها. وهذه الطبقات وجد أنها تطيع معادلة الحالة في صورتها التالية:

$$(\gamma_0 - \gamma) A = KT$$

أو

$$\pi_s \cdot A = KT$$

حيث  $\pi_s$ : تمثل الفرق في التوتر السطحي للماء النقي وللمحلول، ويسمى  $\pi_s$  ضغط السطح:

$$\pi_s = \gamma_0 - \gamma$$

A: هي المساحة لكل جزئ وذلك بالانجستروم المربع.

K: ثابت بولتزمان

حيث

$$K = \frac{R}{N}$$

R: الثابت العام للغازات.

T: درجة الحرارة المطلقة.

N: عدد أفوجادرو.

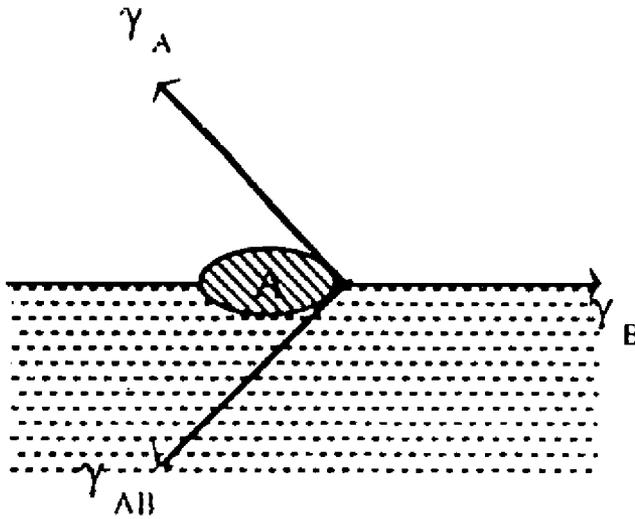
ونظرا للتشابه بين هذه المعادلة ذات البعدين والمعادلة ثلاثية الأبعاد للحالة في الغازات، فإن هذه الطبقات الممتزة تسمى "الطبقات الغازية".

وقد أوضح "تروب"، أن النقصان في الشد السطحي  $(\gamma_0 - \gamma)$  يزداد في السلسلة الواحدة، مثل: الكحولات أو الأحماض الدهنية، بزيادة طول السلسلة من الكربون، والتي تتكون منه المادة العضوية الممتزة على السطح.

وقد أوضح لانجمير ثرموديناميكا أن النقص في الشد السطحي أو الطاقة الحرة للسطح لمحلول مائي يزداد بما قيمته (640) سعر/مول لكل زيادة في الجزئ قدرها مجموعة ميثيلين واحدة ( $\text{CH}_2$ )، بغض النظر عن طول السلسلة. وعليه، فكل مجموعة من  $(\text{CH}_2)$  في الجزيئات الممتزة تكون على العلاقة نفسها بالسطح ككل  $(\text{CH}_2)$  أخرى.

## انتشار السوائل

عند وضع نقطة من سائل هيدروكربوني على سطح الماء، فإنها تطفو على هيئة كرة منبسطة. فإذا كانت المادة الممتزة محتوية على مجموعة قطبية، مثل: حمض الأوليك، فأى نقطة يمكن أن تنتشر بسرعة على سطح كبير من الماء، ويمكن لكمية قليلة أن تغطي السطح تغطية كاملة، كما هو موضح بالشكل (1-2).



شكل (1-2): انتشار السوائل على بعضها

وتسمى هذه الظاهرة "الانتشار". وبالمقارنة بعدم الانتشار للهيدروكربون، فالسائل A سوف ينتشر على السائل B الذي لا يذوب فيه. فعندما تكون قيمة  $\gamma_B$  أكبر من مجموع المركبتين المتمثلتين بالقيمة  $\gamma_A$  و  $\gamma_{AB}$ ، في الاتجاه الأفقى، لأن ذلك يكون في اتجاه النقص في الطاقة الحرة للسطح، ويكون الفرق:

$$\gamma_B - (\gamma_A + \gamma_{AB}) = \gamma_B - \gamma_A - \gamma_{AB}$$

ويسمى هذا المقدار "معامل الانتشار"، ومعامل الانتشار يساوي الفرق بين شغل التلاصق  $W_{AB}$  بين السائلين A و B، وشغل التماسك  $W_A$  للسائل A، كما هو موضح:

$$W_{AB} = \gamma_A + \gamma_B - \gamma_{AB}$$

$$W_A = 2\gamma_A$$

$$\text{معامل الانتشار} = W_{AB} - W_A = \gamma_A + \gamma_B - \gamma_{AB} - 2\gamma_A$$

$$\text{معامل الانتشار} = \gamma_B - \gamma_{AB} - \gamma_A$$

### معامل الانتشار ودلالته

السوائل ذات معاملات الانتشار الموجبة، تنتشر على سطح السوائل، بينما تلك التي لها معامل انتشار سالب القيمة، لا تنتشر على سطح السائل، ولكنها تتجمع على شكل كرات على سطح السائل الآخر.

فعلى سبيل المثال، ينتشر البنزين على سطح الماء بدرجة محدودة. وبمعلومية

القيم التالية المعطاة، يمكن حساب معامل الانتشار للبنزين على سطح الماء:

$$\gamma_{H_2O} = 72.9 \text{ dynes/cm} = \gamma_B$$

$$\gamma_{C_6H_6} = 2.9 \text{ dynes/cm} = \gamma_A$$

$$\gamma_{H_2O, C_6H_6} = 37.7 \text{ dynes/cm} = \gamma_{AB}$$

وبالتعويض عن القيم السابقة في معادلة معامل الانتشار:

$$\text{معامل الانتشار} = \gamma_B - \gamma_A - \gamma_{AB}$$

$$\text{معامل الانتشار} = 72.9 - 2.9 - 37.7$$

$$\text{معامل الانتشار} = 72.9 - 46.7$$

$$\text{معامل الانتشار} = 6.2 \text{ dynes/cm.}$$

أما حمض الأوليك الذي ينتشر بدرجة كبيرة، فيكون معامل الانتشار له قيمته أكبر منها في حالة البنزين، فمعامل الانتشار له يساوي (24.6) دايين/سم.

أما في حالة السوائل التي لا تنتشر، مثل: ثاني كبريتيد الكربون، فإن قيمة معامل الانتشار له هي  $(-7.26 \text{ dynes/cm})$ ، وهي قيمة سالبة.

ووجد العالم "هاركنز" أن المواد التي لها مجموعات قطبية من النوع:  $\text{-COOH}$  أو  $\text{-CN}$  أو  $\text{-OH}$  أو  $\text{-NH}_2$ ، فيمكن لها أن تنتشر على سطح الماء بينما لا تنتشر الهيدروكربونات ومشتقات الهالوجينات.

### الطبقات الممتزة والمكونة من مواد غير ذائبة على سطوح السوائل

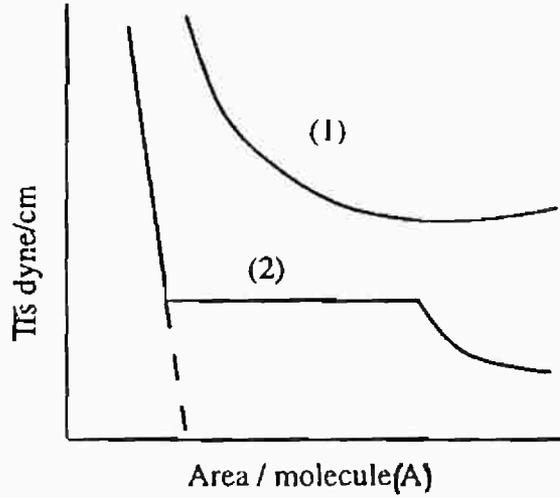
يتركز معظم الشغل المبذول على خواص الطبقات التي تتكون بانتشار المادة على سطح سائل الماء. وفي كل الدراسات، مستوقف الدراسة على نوع المواد الممتزة على سطح الماء، والتي غالباً ما تكون مواد غير ذائبة.

وقد أوضح لانجمير (Langmuir) أن الفرق بين الشد السطحي للماء  $(\gamma_0)$ ، والشد السطحي للماء الذي يحمل طبقة من المذاب  $(\gamma)$ ، يساوي ضغط السطح  $(\pi_s)$  للغشاء.

$$\pi_s = \gamma_0 - \gamma$$

فلو اعتبرنا طبقة من المذاب (A) تطفو، وهي تتسحب إلى اليمين على أساس أن الشد السطحي للماء النقي  $(\gamma_0)$ ، ثم إلى اليسار حيث الشد السطحي  $(\gamma)$ ، وذلك للمساحة المغطاة بالمذاب. وحيث أن  $(\gamma_0)$  أكبر من  $(\gamma)$ ، وبذلك يحدث الغشاء من المذاب ضغطاً  $(\pi_s)$ ، والذي يعطى بالمعادلة السابقة.

ولكن كثير من المواد، فإنه كلما زادت مساحة السطح من السائل المغطى بالمادة (المذاب)، فإن ضغط السطح يقل بطريقة تشبه النقص في الضغط عندما يتمدد الغاز، كما هو موضح بالشكل (2-2).



شكل (2-2): العلاقة بين  $\pi_s$  و  $A$  عند درجات حرارة مختلفة.

وقد اتضح أنه بزيادة المساحة وعند ضغط منخفض، يمكن تمثيل هذه العلاقة

كما يلي:

$$\pi_s A = KT$$

فالجزيئات المتواجدة تكون منبسطة على سطح السائل في الغشاء الغازي غير الذائب، كما يحدث في طبقات المواد الذائبة الممتزة على سطح السائل. ويرسم العلاقة بين  $\pi_s$  و  $A$  (المساحة لكل جزيء)، نحصل على المنحنى رقم (1) في الشكل (2-2)، الذي يشبه العلاقة بين الضغط والحجم للغاز المثالي.

وفي حالات أخرى، تكون المنحنيات التي نحصل عليها عند درجات حرارة أقل من الدرجة الحرجة متشابهة في شكلها. فعند مساحات كبيرة يقترب المنحنى من ذلك المنحنى المثالي، ولكن عندما تقل المساحة تصل إلى منطقة متوسطة يحدث عندها نقص كبير في المساحة لكل جزيء، دون أي زيادة في الضغط.

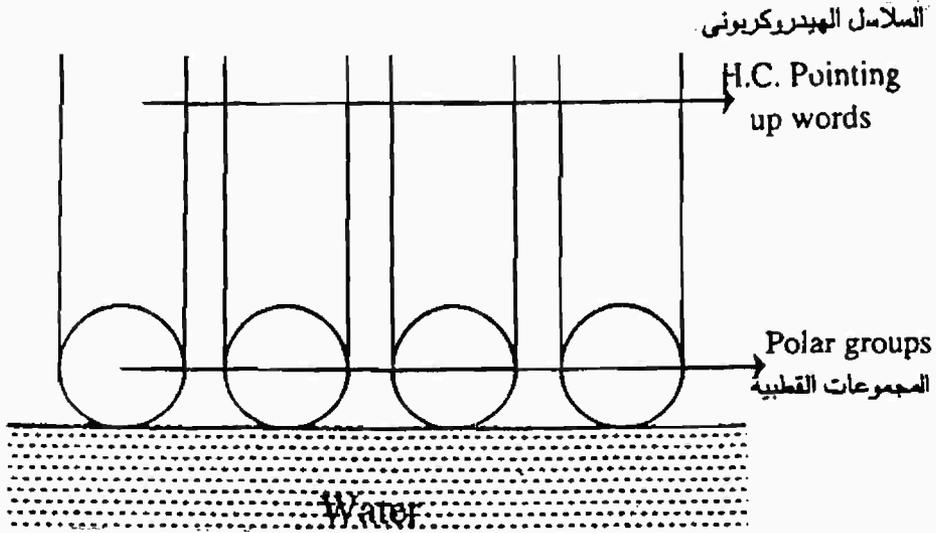
وعند مساحات صغيرة، نجد زيادة سريعة في منحني  $(\pi_s - A)$  يشبه انضغاط الصنف المكثف. وحيث أن هذا الجزء من المنحني يشبه انضغاط السوائل، فإن الغشاء المتكون في هذه المنطقة يسمى "الغشاء المتكثف". وعند هذه الظروف تكون الجزيئات متراكمة على بعضها بقوة (مترابطة مع بعضها بقوة) في طبقة أحادية الجزيء. وعند مد الخط على استقامته إلى ضغط يساوي صفرا (الجزء المائل من الخط)، يعطى مساحة قدرها (20.5) أنجستروم<sup>2</sup> لكل جزيء. والمساحة نفسها وجدت لعديد من الهيدروكربونات ذات السلسلة المتصلة، والمحتوية على عدد من ذرات الكربون تتراوح ما بين (12) إلى (34) ذرة كربون، مثل: الكحولات والأميدات والأحماض الدهنية. ومن قياسات الأشعة السينية تكون المساحة (20.5) أنجستروم<sup>2</sup> لكل جزيء مساوية أو مكافئة للقطاع العرضي لسلسلة الهيدروكربون. وعليه، فإن الجزيئات في الأغشية المتكثفة تكون مرتبة عموديا بحيث أن المجموعات القطبية تتصل أو تنوب في السطح، بينما تكون السلسلة الهيدروكربونية متجهة إلى أعلى، كما هو موضح بالشكل (3-2).

ولاستكمال الصورة، يمكن حساب المسافة بين ذرتي كربون (C—C) في سلسلة متصلة من الهيدروكربون. فعلى سبيل المثال، يكون حجم الجزيء الواحد لحمض السيتاريك الصلب ( $C_{17}H_{35}COOH$ )، يكون الحجم هو  $(M/dN)$ ، حيث  $M$  الوزن الجزيئي،  $d$  الكثافة،  $N$  عدد أفواجادرو، ويصل الحجم إلى (556) أنجستروم<sup>2</sup>. وحيث أن المساحة لكل جزيء هي (20.5) أنجستروم<sup>2</sup>، يكون طول الجزيء هو:

$$\text{طول الجزيء} = \frac{\text{الحجم}}{\text{المساحة}} = \frac{556}{20.5} = 27.1 \text{ أنجستروم}$$

أو مايساوي (1.5) أنجستروم للمسافة (C—C)

وهذه النتيجة أمكن الحصول عليها من قياسات الأشعة السينية.



شكل (2-3): جزيئات مركب هيدروكربوني على سطح الماء.

### امتزاز الغازات على الجوامد

يعد امتزاز الغازات على أسطح الجوامد (المواد الصلبة) من أكثر أنواع الامتزاز أهمية وفائدة. وطبقاً لنوع القوى التي تتماسك أو ترتبط بها جزيئات الغاز مع سطح الصلب، فإنه يمكن تقسيم الامتزاز إلى نوعين، وهما: الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي.

#### أولاً: الامتزاز الفيزيائي:

عندما تكون الطبقة الممتزة مرتبطة بسطح الماز بقوى معينة تشبه تلك المسنولة عن إسالة الغازات أو قوى التماسك في السائل (بين جزيئات السائل الواحد)، فإن هذه القوى تعرف بـ "القوى الفيزيائية" أو "قوى فان دارفال". ويسمى الامتزاز في هذه الحالة "امتزاز فيزيائي".

#### خصائص الامتزاز الفيزيائي

- 1- صغرت حرارة الامتزاز، حيث تصل إلى حوالي (5000) سعر/مول.
- 2- الامتزاز الفيزيائي انعكاسي، ويصل إلى الاتزان بسرعة عندما تتغير الحرارة أو الضغط. فالغاز الممتز يمكن أن يترك سطح الماز وذلك بالتفريغ أو التسخين، ولا تتغير جزيئات الغاز التي تركت سطح الماز (كيميائياً أو فيزيائياً).

3- تزداد كمية الغاز الممتزة على السطح الماز، كلما كان الغاز سهل الإسالة، أى تسير في محاذاة درجة الحرارة للغاز.

4- الطبقات الممتزة فيزيائيا يمكن أن يكون سمكها أكثر من جزئ واحد. وتكون الطبقة الأولى مثبتة بقوة أكثر من الطبقات التي تليها. ولكن قوى فان دار فال تكون متواجدة خارج كل طبقة ممتزة، كما هو الحال عند سطح السوائل.

### أمثلة على الامتزاز الفيزيائي

امتزاز غاز النيتروجين، وغاز النوشادر، وغاز ثاني أكسيد الكربون على سطح الفحم النباتي.

### ثانيا: الامتزاز الكيميائي:

يشتمل الامتزاز الكيميائي على تكوين مركب كيميائي على سطح الصلب، يسمى "مركب السطح". ويشتمل على تبادل أو مشاركة إلكترونية بين السطح الماز والجزئ أو الذرة الممتزة. ففي بعض الأحيان يحدث انتقال كامل للإلكترونات (حيث تفقد الذرة إلكتروناتها إلى السطح الماز، وتتحول إلى أيون موجب ممتز على سطح الصلب).

وفي حالة أخرى، يمكن للسطح الماز أن يفقد إلكترونات إلى الذرة الممتزة، وبالتالي تتحول إلى أيون موجب. فالصوديوم الممتز على سطح النتجستين يعد مثالا للنوع الأول، في حين يكون غاز الأكسجين الممتز على سطح معظم المعادن مثالا للنوع الثاني. وبين هذين الصنفين، توجد أنظمة تحدث فيها مشاركة بالإلكترونات بين السطح الماز والغاز الممتز. ومثال على هذا النوع: امتزاز الأكسجين على سطح الكربون.

### خصائص الامتزاز الكيميائي

1- حرارة الامتزاز تكون كبيرة نسبيا، حيث تصل ما بين (10.000-100.000) سعر/مول.

- 2- الامتزاز الكيميائي غير انعكاسي، بمعنى أن الطبقة الممتزة كيميائيا يصعب إزالتها بالطرق العادية وتحتاج إلى معالجة كيميائية. وغالبا ما يكون الغاز الذي يترك السطح الصلب مختلفا في تركيبة الكيميائي عن الغاز الممتز. فعلى سبيل المثال، نجد أن غاز الأوكسجين الممتز على سطح الفحم، يزال بالتسخين ولكنه يترك السطح على هيئة غاز أول أكسيد الكربون (CO).
- 3- لاتوجد علاقة بين عملية الامتزاز وسهولة إسالة الغاز الممتز. ولكن لها علاقة بقابلية الغاز للاتحاد مع الصلب.
- 4- يتم الامتزاز الكيميائي عندما يتغذى سطح الصلب بطبقة واحدة من الغاز الممتز. ولكن وجد أنه يتم امتزاز فيزيائي فوق هذه الطبقة.
- 5- الغاز الممتز - في الغالب - يكون أكثر نشاطا من الغاز الحر. ويكون هذا الغاز الممتز مسئولاً عن العمليات حفزية مختلفة.

### طرق قياس كمية الامتزاز

هناك عدة طرق يمكن استخدامها لقياس وتعيين كمية الامتزاز الحادثة، ومن أهم هذه الطرق:

#### ١- الطريقة الحجمية

تعتمد هذه الطريقة على إحدى هذه الوسائل:

- أ- قياس تناقص ضغط الغاز نتيجة للامتزاز الحادث.
- ب- قياس تزايد ضغط الغاز عقب الابتزاز (التحرر) من السطح المغطى بالغاز الممتز.
- ج- تغير الضغط في أنظمة الانسياب (Flow systems).

#### ٢- الطريقة الوزنية

ويتم فيها قياس التغير في وزن السطح عقب الابتزاز (التحرر)، وذلك باستخدام أجهزة تفريغ تشتمل على موازين تتأثر بالوزن القليل جدا ( $10^{-18}$ ) جم من المادة الممتزة.

## ٣- الطرق الفيزيائية

ويتم فيها قياس تغيرات الخواص الفيزيائية لسطح الامتزاز مع كمية الامتزاز التي تحدث (تتم) عليه.

ومن أهم الطرق الفيزيائية المستخدمة:

- طريقة قياس التوصيل الكهربى.
- طريقة قياس القدرة الكهروحرارية.
- طريقة قياس القدرة على التمنظ.

## العوامل المؤثرة على عملية الامتزاز

تعتمد عملية الامتزاز على عدة عوامل، أهمها:

- 1- طبيعة ومساحة السطح الماز.
  - 2- طبيعة الغاز الممتز.
  - 3- ضغط الغاز الممتز.
  - 4- درجة الحرارة التي تحدث عندها عملية الامتزاز.
- وسوف نتناول هذه العوامل بشئ من التفصيل:

## 1- طبيعة ومساحة السطح الماز

حيث إن عملية الامتزاز هي ظاهرة من الظواهر السطحية، فإنها تعتمد أساسا على مساحة السطح المعرض للامتزاز، وتكون ذات فعالية كبيرة إذا كانت مساحة السطح الماز كبيرة. ولهذا السبب، فإن الفحم النباتى والسيليكا جل تعتبر سطوحا مازة جيدة لأنها ذات تركيب مسامى، ويمكن أن تأخذ على سطوحها حجوما كبيرة من الغازات المختلفة.

ومن الجدير بالذكر، أن مساحة سطح الجسم الماز يصعب تعيينها. وقد اصطلح على اعتبار أن كتلة الماز هي مقياس للمساحة المتاحة.

## 2- طبيعة الغاز الممتز:

تعد طبيعة الغاز الممتز من العوامل المهمة والمؤثرة على عملية الامتزاز. وبمقارنة للحجوم النسبية لمختلف الغازات، وذلك بالنسبة لسطح صلب معين، ثبت أن هذه الحجوم تزداد بزيادة قابلية تلك الغازات للإسالة. ويوضح الجدول (1-2) الكميات الممتزة لبعض الغازات بواسطة جرام واحد من الفحم النباتي عند ضغط واحد جوى، ودرجة حرارة (25) درجة مئوية.

جدول (1-2): الكميات الممتزة لبعض الغازات بواسطة الفحم النباتي (جرام واحد)

عند  $t = 25^{\circ}\text{C}$  &  $P = (\text{atm})$

الغاز	الرمز الكيميائى	سهولة إسالته	الدرجة الحرجة ( $^{\circ}\text{C}$ )	الكمية الممتزة من الغاز (gm)
النوشادر	$\text{NH}_3$	سهل	130	136
ثانى اكسيد الكربون	$\text{CO}_2$	متوسط	31	60
النيتروجين	$\text{N}_2$	متوسط	-146	11
الهيدروجين	$\text{H}_2$	صعب	-239	1.8

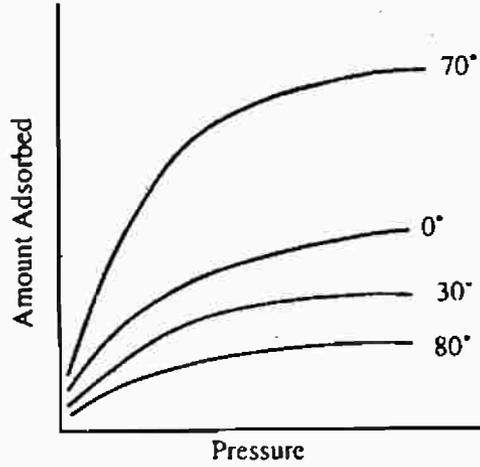
ومن الجدول السابق، يتضح مدى التوازي بين كمية الغاز الممتز ودرجة الحرارة الحرجة للغاز. وهذا يؤكد أن الغازات سهلة الإسالة تكون أكثر قابلية للامتزاز.

## 3- ضغط الغاز الممتز

يؤثر ضغط الغاز الممتز تأثيرا واضحا على عملية الامتزاز. فقد وجد أن عملية الامتزاز تزداد بزيادة ضغط الغاز (تركيز الغاز الممتز). ويكون معدل الزيادة سريعا فى بداية الأمر، ثم يحدث ببطء تدريجى، كلما تغطى السطح بجزيئات الغاز. ويوضح الشكل (2-4)، أنه عند ثبوت درجة الحرارة، كلما زاد ضغط الغاز الممتز زادت كمية الغاز الممتزة بدرجة كبيرة أولا، ثم تكون الزيادة فى كمية الغاز الممتزة قليلة نسبيا، ثم تكون الزيادة فى كمية الغاز الممتزة قليلة نسبيا، حتى تصل إلى درجة الثبات، عند ضغط معين.

## 4- درجة الحرارة

مثل أى اتزان، فإن عملية الامتزاز تتأثر كثيرا بدرجة الحرارة. وقد وجد أن كمية الغاز الممتز تقل برفع درجة الحرارة. وهذا يتماشى تماما مع قاعدة لوشر-اتيليه، حيث إن عملية امتزاز الغاز هي عملية طاردة للحرارة، وتكون مصحوبة بانطلاق طاقة حرارية، تسمى حرارة الامتزاز.



شكل (2-4): تأثير ضغط الغاز الممتز على كمية الغاز الممتزة (أيزوثيرم الامتزاز). (دراسة امتزاز غاز النيتروجين على سطح القمح النباتي)

## حرارة الامتزاز

تفيد حرارة الامتزاز في معرفة قوة الرابطة المتكونة في عملية الامتزاز. ويمكن ايجاد حرارة الامتزاز من حساب اعتماد ضغط الاتزان في عملية الامتزاز على درجة الحرارة.

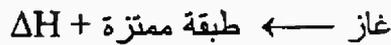
ويمكن كذلك قياس حرارة الامتزاز عمليا باستعمال المسعر (Calorimeter)، حيث تستعمل أنواع مختلفة من (المسعر) في قياس حرارة الامتزاز.

ومن المعروف أن كمية الحرارة المتبادلة في نظام معين مع المحيط الخارجى تتوقف على الظروف التى يتم عندها التبادل الحرارى، كما إنها تعتمد على الطريقة

التي يتم بها قياس التبادل الحراري، لأن الحرارة وكما هو معروف من دراسة علم الديناميكا الحرارية - ليست دالة حالة.

وتقاس حرارة الامتزاز بالكيلو جول للمول الواحد، وهي تتناسب مع كمية الامتزاز.

في جميع العمليات التي يحدث فيها امتزاز، تنطلق كمية من الحرارة، وتكون ( $\Delta H$ ) للعملية ذات قيمة سالبة:



وعلى الرغم من ذلك، فإن حرارات الامتزاز تكون دائما مدرجة بدون إشارة. وكون أن ( $\Delta H$ ) لها قيم سالبة؛ وهي تختلف في ذلك عن التفاعلات الكيميائية، ينشأ من أن أنتروبي ( $\Delta S$ ) الطبقة الممتزة المرتبة والمقيدة يكون دائما أصغر من أنتروبي الغاز. أي إنه بالنسبة للتفاعل السابق، فإن ( $\Delta S$ ) يكون لها قيم سالبة بلا تغيير.

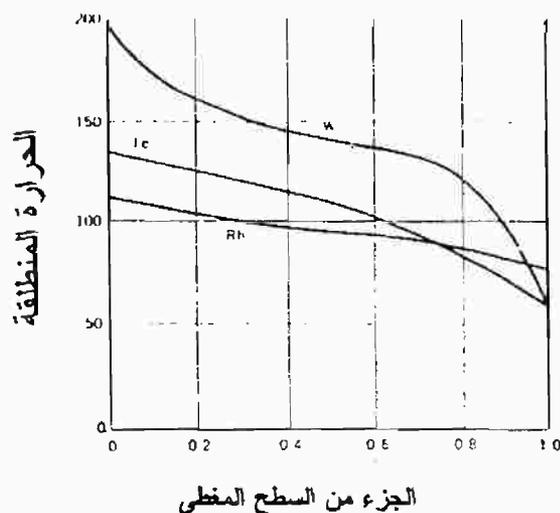
ويتبع ذلك، أنه لكي يحدث التفاعل السابق تلقائيا، يجب أن تكون ( $\Delta G$ ) ذات قيمة سالبة. وبالتالي، لا بد وأن تكون  $\Delta H$  لها قيمة سالبة، وأن تكون أكبر من  $T\Delta S$  حيث إن:

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

أمل بالنسبة للامتزاز الفيزيائي، تكون الحرارة الصاعدة عند الامتزاز من رتبة حرارات التبخير، أي إنها بصفة عامة أقل من (40) كيلو جول/مول. واعتمادا على أن الامتزاز الفيزيائي قد يؤدي إلى تكون طبقات عديدة، فإن ذلك يتطلب أن تكون حرارات الامتزاز معتمدة على طبيعة الغاز أكثر من اعتمادها على الطبيعة الخاصة للسطح الصلب (الجامد) الماز.

ومن ناحية أخرى، فإنه في حالة الامتزاز المصنف على أنه امتزاز كيميائي، فإن حرارة الامتزاز تكون متقارنة مع حرارة التفاعلات الكيميائية العادية. وبعبارة أخرى لها حرارات أمتزاز، أي قيمة حتى حوالي (630) كيلو جول/مول.

والقيم التجريبية التي ذكرت للامتزازات الفيزيائية والكيميائية لم يقصد بها أنها تتضمن ثبات هذه القيم الحرارية كدالة لكمية الغاز الممتز. ويوضح الشكل (2-5) بعض الاختلافات في الحرارة التفاضلية للامتزاز في منطقة الامتزاز الكيميائي. فالمنحنى المشاهد كثيرا على مدى منطقة الامتزاز في المدى من تغطيات منخفضة إلى تكوين عدة طبقات يكون لها حرارة امتزاز ابتدائية عالية تتخفف عند الكميات الكبيرة الممتزة. ويؤخذ هذا السلوك للدلالة على حدوث امتزاز كيميائي في الابتداء لتكوين طبقة أحادية الجزيء، يتبعها تكوين طبقات عديدة، والتي تترابط بقوى فيزيائية. ومع ذلك ، وحتى في مدى ينسب للامتزاز الكيميائي، فقد وجد لمادة أن حرارة الامتزاز تكون دالة للكمية الممتزة. وقد فرضت عدة تفسيرات جزئية بالنسبة لهذا الاختلاف. ويمكن فرض وجود مراكز أو مواقع فعالة على السطح الجامد (المزاز). وعندما تمتلئ هذه المراكز الفعالة الأولية بالإضافة إلى الابتدائية من الغاز، فإن ربط الإضافات الأخرى من الغاز يجب أن يحدث على مراكز أقل فعالية، ولذلك تكون شدة الربط أقل.



شكل (2-5): حرارة الامتزاز بالنسبة ( $H_2$ ) على أسطح فلزية نظيفة.

ويمكن تفسير ذلك بطريقة أخرى، بأنه يمكن أن يحدث ربط بعض جزيئات الغاز مع الجامد (الصلب) بالإلكترونات تكون قد أعطيت للصلب بواسطة الجزيئات الممتزة، أو بالإلكترونات تكون قد سحبت من الصلب. وباستمرارية حدوث مثل هذه العمليات، يصبح الجامد أكثر وأكثر مقاومة لكسب أو فقد إلكترونات أكثر. وهذا التفسير يكون مناسباً، وبصفة خاصة، في حالة الجوامد المازة الموصلة وشبه الموصلة.

كما أن هناك عامل مهم يجب أخذه في الاعتبار، وهو أن قوى التناظر المتبادلة بين الجزيئات الممتزة؛ وخاصة إذا اكتسبت الجزيئات شحنات نهائية عندما تمتز، فإنها تعمل على مقاومة إضافة جزيئات أكثر.

## أسئلة ومسائل عامة

- 1- ما المقصود بعملية الامتزاز.
- 2- عرف: السطح الماز - المادة الممتزة.
- 3- تكلم عن عملية انتشار السوائل.
- 4- وضح ما المقصود بمعامل الانتشار، وماهى دلالاته.
- 5- أكتب نبذة عن الامتزاز الفيزيائى وخصائصه.
- 6- أكتب نبذة عن الامتزاز الكيميائى وخصائصه.
- 7- قارن بين الامتزاز الفيزيائى والامتزاز الكيميائى.
- 8- اشرح العوامل المؤثرة على عملية الامتزاز.