بسم الله الرحمن الرحيم

سلسلة أكسفورد لمبادئ الكيمياء

توازنات الحمض والقاعدة ومعايراتها المائية

تأليف

روبرت دو لوفي

ترجمة

د. محمد أبو الحسن عبد الله **أ. حسني حسن يحيى**

قسم الكيمياء-كلية العلوم-جامعة الملك سعود

(منشورات أكسفورد العلمية)

ح جامعة الملك سعود، ١٤٢٩هـ/ ٢٠٠٨م

هذه الترجمة مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Aqueous Acid-Base Equilibria and Titration
By: Robert de Levie
©Oxford University Press, 1999

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

لوفي، روبرت دو

توازنات الحمض والقاعدة ومعاييراتها المائية. / روبرت دو لوفي؛ محمد أبو الحسن عبدالله؛ حسني حسن يحيى. – الرياض، ١٤٢٩هـ

٢٣٢ص؛ ١٧×٢٤سم

ردمك: ٣-٢٦١-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

١- الكيمياء ٢- الأحماض أ. عبدالله، محمد أبو الحسن (مترجم)

ب. يحيى، حسني حسن (مترجم) ج. العنوان

ديوي ٥٤٠ ١٤٢٩/١٠٠١

رقم الإيداع: ١٤٢٩/١٠٠١

ردمك: ٣-٢٦١-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس على نشره- بعد اطلاعه على تقرير المحكمين- في اجتماعه التاسع عشر للعام الدراسي ١٤٢٧/١٤٢٨هـ المعقود بتاريخ ٩/٦/١٤٢٨هـ الموافق ٢٤/٦/٢٠٠٧م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٩هـ

هدف السلسلة

تم تصميم كتب أكسفورد التجريبية وذلك من أجل توفير مقدمة واضحة ومختصرة للعديد من المواضيع والتي يمكن التعرف عليها بواسطة طلاب الكيمياء أثناء تطوّر دراستهم من مبتدئين حتى التخرّج. سوف تحتوي سلسلة الكيمياء الفيزيائية على كتب من السهولة بمكان ولتعرف علاقتها بأساس المادة المركزية الراسخة والتي يحتاج معظم الكيميائيين إلى معرفتها والتي بموجبها يستبقون تطور مقررات طلاب الدراسات الجامعية الحديثة.

قدم البروفيسور روبرت دي ليفي في كتاب الكيمياء الفيزيائية التجريبي معلومات واضحة وجلية عن توازنات الحمض والقاعدة المائية والمعايرات. ويوضح الكتاب بأسس واضحة الأفكار الأساسية والتطبيقات للموضوع والتي يمكن اعتبارها المعلومات الأساسية الجوهرية لكل من يمارس الكيمياء. سوف تكون هذه السلسلة مهمة لكل طلاب الكيمياء وأساتذتهم.

ريتشاردج. كومبتون

مختبر الكيمياء الفيزيائية والنظرية – جامعة أكسفورد

تمهيد

تختص تلك السلسلة بمواضيع واضحة وجلية بالنسبة للكيميائيين ولكن ربما بطريقة غير معتادة بالنسبة لهم؛ حيث نجد أن الطرق التقليدية لمعالجة مسائل الحمض والقاعدة وكذلك المعايرات تستخدم العديد من التقريبات ولكنها نادراً ما توفر العوامل اللازمة للتقدير عند أي ظروف يمكن أن تكون هذه التقريبات صالحة أو حتى ضرورية. والأكثر أهمية أن هذه التقريبات لا يمكن تطبيقها عادة في العديد من الحالات شديدة التعقيد والتي تظهر أثناء العمل مما يجعل الطالب غير مجهَّز للتعامل مع هذه الحالات.

سوف نبدأ في هذا الحجم الصغير من الناحية الأخرى وذلك بالبداية بالصورة الكاملة للتوازن الكيميائي المتداخل. كما سوف نقوم بدمج تلك النتائج مع النتائج البسيطة ولكن بدقة كما هو الحال في حالة البروتون والتي تمثل حالة مكثفة ولكنها وافية من حيث معادلة وزن الكتلة ووزن الشحنة والتي تمثل مركزا لكل أنواع مسائل الرقم الهيدروجيني. وبعدها نستخدم رسماً بيانياً لإيجاد التقريب المناسب وذلك من أجل إيجاد الحل لحالة البروتون. هذا الاتجاه والذي تمت هندسته بواسطة

نيلز بجرم Niels Bjerum (١٩١٤م) والذي تم بالتفصيل بواسطة هاج Hagg (١٩٤٠م) وتم تجميعه وتطويره لاحقاً باستخدامه بواسطة شيل Scheel (١٩٥٥م) وسيلن Sillén (١٩٥٩م) وبتلر Butler (١٩٦٤م). يمكن لهذا الاتجاه أن يؤدي إلى الحصول على نتائج مضروبة في عشرة للتراكيز لكل الأصناف الموجودة بحيث يمكن لنا عمل تقريب معقول والذي بدوره يقود إلى إجابات واقعية. كما وأننا سوف نوفِّر إجابات تقريبية حتى في حالات تفشل عندها الطرق التقليدية بالتمام.

توضح المعايرات بشكل دراماتيكي الفرق في المفهوم. تقليدياً، يتم وصف المعايرات بتقريب جزئي مبنياً على نموذج بسيط يُصبح مرهقاً وغير دقيق ومتزايد وغير قابل للتطبيق على الأحماض والقواعد عديدة المجموعات أو المخاليط. وبديلاً عن ذلك فإننا نبدأ هنا بالتعبير الأساسي واضعين كل التطور في المعايرات. مثل هذه النتائج الدقيقة بسيطة جداً وتبقى هكذا طالما أصبح النظام المستخدم أكثر تعقيداً مما يجعل التقريبات غير ضرورية. تم تطوير نظريات المعايرات الحديثة بواسطة بتلر Butler (١٩٦٤م)، فليك Fleck (١٩٦٦م)، ويزر Waser (١٩٦٧م)، ويليس Willis (١٩٨١م) ودي ليفي de Levie (١٩٩٦م).

المسائل التي تمت مناقشتها في هذه السلسلة التجريبية يمكن اعتبارها جميعاً كرياضيات بحتة؛ وبالتالي يمكن التعامل معها من هذا المنطلق ولكن معظم الكيميائيين غير مرتاحين بالتعامل مع هذه المعالجة العقيمة كيميائياً. البداية بالتقريب ليست بحل مقبول أيضاً وذلك لأنها عادة ما تكون ذات تطبيق محدود ودقة غير مؤكسدة. حاولت في هذه السلسلة إيجاد طريقة وسط وذلك بتخفيض الصعوبة

الرياضية إلى أدنى حد دون التضحية بتطبيق التعقيد الكيميائي أو الدقة الرياضية. يتم استخدام الرسومات البيانية كثيراً لتوضيح التراكيز لكل المشاركات في توازن الحمض-القاعدة وكمساعدات مؤثرة في الحسابات وذلك بتوضيح الطبيعة الدقيقة والتقريبات الصارمة.

كل المادة التي تم تغطيتها تقريباً في أول ستة فصول من هذا الجزء من السلسلة يمكن أن توجد وبتفاصيل أكبر في كتابي بعنوان "**أساسيات التحليل الكمي الكيميائي**" *Principles of Quantitative Chemical Analysis* والذي تم نشره بواسطة ماكجرو-هيل McGraw-Hill (١٩٩٧م). أما في هذا الجزء من السلسلة التجريبية فقد حاولت تقليل المادة إلى أبسط حالاتها وذلك من أجل جعلها متاحة أكثر لأكبر عدد من الحضور.

أود أن أشكر كلا من السيد/ مينج وانج Mr. Ming Wang والأستاذ الدكتور/ رونالد فاوست Prof. W. Ronald Fawcett وذلك لاقتراحاتهم المفيدة. أود هنا أن أدعو القرَّاء لإعطائي الفائدة وذلك بالاستفادة من تعليقاتهم ومقترحاتهم.

ر. دي ل. شيفي شاس

مايو ١٩٩٩م.

المحتويات

الصفحة

هدف السلسلة ..... هـ

تمهيد ..... ز

المحتويات..... ك

الفصل الأول: الفكرة الأساسية..... ١

(١,١) ماهية الحموض وماهية القواعد وماذا يعني مصطلح الأس الهيدروجيني؟ ولماذا الاهتمام أصلا ١

(١,٢) قانون فعل الكتلة ٦

(١,٣) أجزاء التركيز ١٠

(١,٤) منحنيات التركيز المعبر عنها باللوغاريتمات ١٥

(١,٥) حالة البروتون ٢٤

الفصل الثاني: الحلول العددية..... ٣١

(٢,١) تصور حالة البروتون ٣٣

(٢,٢) التقريبات البسيطة ٣٩
(٢,٣) التنقيات ٤٥
(٢,٤) الأحماض والقواعد ثنائية وثلاثية البروتون وأملاحها ٥٩
(٢,٥) الحالات الأكثر تعقيدا ٦٥
(٢,٦) الطرق المعادة ٦٨
(٢,٧) واجد الحل للمعادلات ٧٤
(٢,٨) حسابات العينة ٧٥
الفصل الثالث: المعايرات ٨٣
(٣,١) الارتقاء ومنحنيات المعايرة ٨٤
(٣,٢) أمثلة ٩٦
(٣,٣) إيجاد نقطة التكافؤ ٩٩
(٣,٤) الرسوم البيانية والمعايرات ١١١
(٣,٥) أخطاء المعايرة ١١٧
(٣,٦) التوجه (الأداء) التقليدي ١١٩
الفصل الرابع: المحاليل المنظمة ١٢٥
(٤,١) قوة المنظم ١٢٦
(٤,٢) تقريب "هندرسون" ١٣٠
الفصل الخامس: توازنات أيونية أخرى ١٣٣
(٥,١) التعقيد ١٣٣

(٥,٢) الاستخلاص ١٣٧
(٥,٣) الذوبانية والترسيب ١٣٨
(٥,٤) معايرات الترسيب ١٤١
(٥,٥) الأكسدة والاختزال ١٤٣
الفصل السادس: تأثيرات الفعالية..... ١٥١
(٦,١) لماذا تؤثر الفعالية ؟ ١٥١
(٦,٢) التداخلات الأيونية ١٥٣
(٦,٣) التداخلات غير الأيونية ١٥٦
(٦,٤) تصحيحات الفعالية ١٥٨
(٦,٥) مثال ١٦٠
الفصل السابع: قياس الرقم الهيدروجيني وتفسيره ١٦٧
(٧,١) طرق طيفية ١٦٧
(٧,٢) مستشعرات الرقم الهيدروجيني الإلكترونية ١٦٩
(٧,٣) قياس الرقم الهيدروجيني الجهدي ١٧٣
(٧,٤) ماذا يُقاس بجهاز قياس الرقم الهيدروجيني؟ ١٧٦
(٧,٥) فروق الجهد السطحي المتوازنة ١٧٨
(٧,٦) فروق الجهد السطحية غير المتوازنة ١٨٦
(٧,٧) فروق الجهد القابلة للقياس ١٩٧
(٧,٨) وجهة نظر ٢٠٢

الملخص ٢٠٩
المراجع ٢١١
ثبت المصطلحات ٢١٥
أولاً: عربي-إنجليزي ٢١٥
ثانياً: إنجليزي-عربي ٢٢٢
كشاف الموضوعات ٢٢٩