بسم الله الرحمن الرحيم

الجيوكيمياء

تأليف

آرثر براونلو

ترجمة

الدكتور/جمعة بن عبد الرحيم بن عوض العلاوي

أستاذ مشارك - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٢٤٥٤- الرياض ١١٤٥١ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤١٩هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

براونلو، آرثر

الجيو كيمياء/ ترجمة جمعة عبدالرحيم العلاوي - الرياض.

٨١٢ ص، ١٧×٢٤ سم

ردمك: ٦-٦٠٦-٠٥-٩٩٦٠ (جلد)

٤ - ٦٠٧ - ٠٥ - ٩٩٦٠ (غلاف)

١- كيمياء الأرض أ- العلاوي، جمعة عبدالرحيم (مترجم)

ب - العنوان

ديوي ٩ ,٥٥٩ ١٨/١٣٥٠

رقم الإيداع: ١٨/١٣٥٠

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره في اجتماعه الحادي عشر للعام الدراسي ١٤١٥/ ١٤١٦هـ الذي عُقد بتاريخ ١٤١٥/٨/٧هـ الموافق ١٩٩٥/١/٨م.

مطابع جامعة الملك سعود ١٤١٩هـ

مقدمة

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله، محمد صلى الله عليه وسلم، وبعد.. أحمد الله وأشكره على أن وفقني لترجمة هذا الكتاب القيم "الجيوكيمياء" لآرثر براونلو وهو يعد، بحق، من أروع الكتب التي أُلّفت في هذا المجال. أود أن أشكر جميع زملائي على تشجيعي في إتمام هذه الترجمة وأخص بالذكر الدكتور / عبد العزيز محمد البسام في قسم الجيولوجيا من جامعة الملك سعود على المساعدة الكبيرة التي قدمها لي أثناء إعداد كلمات الكشاف كما أود أن أتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ / إسماعيل أيوب الذي قام بجميع الرسومات والذي قام بجهود ومضنية مشكورة مما جعل إخراج هذا الكتاب ممكناً والجيولوجي / هارون فتح الله عثمان علي مساعدته المشكورة في إتمام هذا الكتاب وأخيراً فقد تم تمويل ترجمة الكتاب من قبل جامعة الملك سعود وطبع أيضاً في مطابع الجامعة على نفقتها.

والكتاب - كما أشار المؤلف يخدم أغراضا شتَّى في مجال الجيوكيمياء. أرجو من الله تعالى أن يكون عوناً للطلاب والدارسين وأن يكون إسهاما جيداً في إثراء المكتبة العربية.. وعلى الله قصد السبيل.

المترجم

جمعة عبد الرحيم عوض العلاوي

مقدمة المؤلف

لقد أُعد هذا الكتاب لاستخدامه على هيئة مرجع دراسي للطلبة الجامعيين وطلاب الدراسات العليا خاصةً الذين يهدفون إلى دراسة مقرر تمهيدي في الجيوكيمياء (كيمياء الأرض). بالإضافة إلى أنه يخدم الأغراض الدراسية للعلماء المحترفين (المؤهلين). يشمل هذا الكتاب مجال الجيوكيمياء بكامله. ولقد افترضت أن لدى القارئ إلمام بعلم الجيولوجيا وعلم المعادن والكيمياء والرياضيات (حساب التفاضل والتكامل). ومع ذلك، لا يستلزم الكتاب سوى خلفية قليلة في الكيمياء. أما حساب التفاضل والتكامل فلم يستخدم بدرجة كبيرةً سوى في الفصل الثالث فقط.

بعد تقديم فصل تمهيدي عن العناصر، تلي ذلك عدة فصول كل منها خاص بحقل معين من حقول الجيوكيمياء. وقد روجعت الكيميائية والمفاهيم المتعلقة بها. ولخّصت المعطيات الأساسية مع أمثلة تطبيقية على المسائل الجيولوجية. كما روجعت جيولوجيا النظائر والديناميكية الحرارية (الثرموديناميكية) في الفصلين الثاني والثالث على التوالي. وتم تطبيق هذين الفرعين المهمين من أنواع العلوم في جميع جوانب الكتاب أما الفصول الثلاثة الأخيرة تختص بتطبيق جميع المواضيع السابقة على دراسة الصخور الرسوبية فالنارية والمتحولة.

وتتطلب معالجة جميع المادة العلمية التي وردت على نحو يفي بالغرض فصلين دراسيين متتابعين. ومع ذلك، يمكن استخدام هذا الكتاب لمقرر دراسي فصلي واحد عن "جيوكيمياء" الصخور الهشة (وهذا يشمل الفصول: الأول والثاني والثالث والرابع والسادس والسابع)، أو لمقرر فصلي واحد في جيوكيمياء الصخور الصلبة (وهذا يشمل الفصول: الأول والثاني والثالث والخامس

والثامن والتاسع). وأود أن أنوه بأهمية الأسئلة التي وردت في نهاية كل فصل حيث وجدت من تجاربي الخاصة أن الطلاب لا يستطيعون فهم المبادئ الجيوكيميائية فهماً حقيقياً إلا أن يطلب منهم تطبيق هذه المبادئ على مسائل معينة. وقد وردت إجابات جميع الأسئلة في نهاية الكتاب. واستخدمت خلال النص وحدات السنتيمتر – جرام – ثانية **(cgs)** بدلاً من وحدات المتر – كيلوجرام – ثانية **(mkgs)** الجديدة في النظام العالمي للوحدات **(SI)** لأن معظم جداول المعلومات التي يرجع إليها الجيولوجيون مازالت ترد بوحدات السنتيمتر – جرام – ثانية. والجدول ٣,١ يعطي ملخصاً للوحدات مع العلاقة بين الوحدات القديمة ونظام الوحدات العالمي.

ولقد بدأ العمل في هذا الكتاب في أثناء تفرغ علمي موَّلته جامعة بوسطون. وقدم طلاب الجيوكيمياء الذين قمت بتدريسهم، وهم من الكثرة بحيث لا يمكنني ذكر أسمائهم عديداً من الاقتراحات التي أسهمت في تحسين الكتاب. أما الأصدقاء والزملاء التالية أسماؤهم فقد راجعوا مسّودات تمهيدية لفصول مفردة: أردن ألبي إيسلوبارجورن، دونالد باكينسكي، إرنست بولتر، دوجلاس بروكيتر، شارلز برنهام، جيرالد فريدمان، ستيجبكوجولوبيك، شارلز جيدوتي، ريتشارد تيلور، وليم فيني، شارلز برويت، جورج بوتمان، ديفيدُ روي، ريموند سيفر، جيمس تومسون الابن، روبرت تيلنج، جين أولمر، وجون وود. وكانت تعليقاتهم ذات فائدة كبيرة. أما الدكتور جون هانت، فإنه لم يراجع الفصل السادس فحسب، بل إنه أيضاً سمح لي وبصدر رحب، أن أطَّلع على جزء من مخطوطة كتابه الذي يوشك أن يصدره عن جيوكيميائية البترول. وقد أخذ نيسلون إيباي على عاتقه عملاً مضنياً، ألا وهو إعادة قراءة مسودات الفصول كافة حيث وضعتني اقتراحاته على الطريق القويم رغم أنني لم أتَّبعها دائماً. وهناك ثلاثة مراجعين مجهولي الهوية تعاقدتْ معهم برانتيس هول قدّموا اقتراحات أدت إلى تحسينات مهمة في عدد الفصول. كذلك كان لوليم جريشاو ولوجان كامبل وكاثي برين من برانتيس هول إسهامات جليلة. أما السيدة ليليان بارليكس، فقد أدت دوراً كبيراً في إعداد المخطوطة النهائية. وأخيراً، أود أن أُنوه

بالصبر الجميل والمراعاة التي تحلت بها زوجتي آن وهي التي توجب عليها احتمال وطأة الطاقة الحركية لاطفالنا بينما كنت أنا اعمل بجد في هذا الكتاب الرائع.

المؤلف

آرثر براونلو

بوسطون ماساشوسيتس

المحتويات

مقدمة المؤلف ..... هـ

مقدمة المترجم وشكر وتقدير ..... ز

الفصل الأول: العناصر ١

التركيب الإلكتروني للذرات ١

تنشيط (إثارة) الذرات ٩

الجدول الدوري ١٤

وفرة العناصر ١٧

الكون ١٨

النظام الشمسي ٢٩

الأرض ٣٣

التصنيف الجيوكيميائي للعناصر ٤٠

الخلاصةً ٤٤

الأسئلة ٤٥

المراجع ٤٨

الفصل الثاني: جيولوجيا النظائر ٥١

النظائر والجدول الدوري ٥١
الإشعاع وقياس الزمن الجيولوجي..... ٥٣
نظام الروبيديوم – سترنشيوم ٥٧
نظام اليورانيوم – الثوريوم – الرصاص..... ٦٧
نظام البوتاسيوم – الأرجون..... ٨١
نظام الكربون المشع..... ٨٥
النظائر الثابتة والجيولوجيا..... ٩٠
نظائر الأكسجين ٩٩
نظائر الكبريت..... ١٠٠
نظائر الكربون ١٠٦
الخلاصة ١٠٧
الأسئلة..... ١٠٩
المراجع..... ١١٢
الفصل الثالث: الديناميكية الحرارية (الثرموديناميكية) ١١٥
التطور التاريخي ١١٦
المفاهيم والاصطلاحات الأساسية..... ١١٨
قانون الديناميكية الحرارية الأول ١٢٤
الفوضوية والقانون الديناميكي الحراري الثاني..... ١٣٢
معامل جبس..... ١٤٠
التوازن وثوابته..... ١٤٦
الجهد الكيميائي والتطاير والنشاط..... ١٥٤
قاعدة الصنف..... ١٦٦
الرسوم البيانية للأصناف ١٧٢

الخلاصة ١٨٢
الأسئلة..... ١٨٤
المراجع..... ١٨٨
الفصل الرابع: كيميائية المياه ١٩١
خصائص الماء..... ١٩١
المحاليل والذوبانيات ١٩٥
الأُس الهيدروجيني PH ٢٠٨
التأكسد والاختزال ٢١٠
الأُس الهيدروجيني ومعامل التأكسد في البيئات الطبيعية ٢٢٦
الرسوم البيانية للمعاملين Eh-pH ٢٣١
الماء عند درجات حرارة وضغوط عالية..... ٢٤٠
حركية التفاعلات المائية ٢٤٤
تقييم التحاليل المائية..... ٢٤٧
خصائص المياه الطبيعية..... ٢٥٩
الأنهار والبحيرات..... ٢٥٩
المياه تحت السطحية..... ٢٦٢
ماء البحر ٢٦٦
الخلاصة ٢٦٩
الأسئلة..... ٢٧٢
المراجع..... ٢٧٦
الفصل الخامس: الكيمياء البلورية..... ٢٧٩
طبيعة المواد الصلبة ٢٧٩
أنصاف الأقطار التساهمية والأيونية..... ٢٨٨

البنيات البلورية ٣٠٤
تركيب الخلية الوحدة..... ٣١٩
المحلول الصلب..... ٣٢٢
الديناميكية الحرارية للمحاليل المتبلورة ٣٢٦
الانتظام – عدم الانتظام ٣٢٩
تعدد الأشكال..... ٣٣٤
العناصر الضئيلة (النادرة) في المعادن..... ٣٣٩
الخلاصة ٣٤٦
الأسئلة..... ٣٥٠
المراجع..... ٣٥٤
الفصل السادس: الجيوكيمياء العضوية ٣٥٧
الكيمياء العضوية ٣٥٨
المادة العضوية الموجودة في الطبيعة ٣٥٩
دورة الكربون ٣٦٩
دورة العناصر الضئيلة..... ٣٧٢
الكيمياء العضوية لماء البحر والرواسب البحرية ٣٧٧
الكيمياء العضوية للماء العذب والرواسب غير البحرية..... ٣٨٢
أصل الحياة..... ٣٨٤
الصخور الرسوبية..... ٣٩٤
الفحم ٣٩٨
البترول ٤٠٣
الخلاصة ٤١٢
الأسئلة..... ٤١٥

المراجع..... ٤٢٠
الفصل السابع: الصخور الرسوبية..... ٤٢٣
التركيب الكيميائي والمعدني للصخور..... ٤٢٤
التجوية الكيميائية..... ٤٣٦
التغيرات التركيبية الناتجة عن التجوية..... ٤٤٩
معادن الطين الصلصالي ٤٥٧
التربة والرواسب ٤٦٦
رواسب الكربونات..... ٤٦٨
النشأة اللاحقة ٤٧٥
المتبخرات..... ٤٨٧
البيئات الترسيبية الحديثة ٤٩٣
الأسئلة..... ٥١٣
المراجع..... ٥٢٠
الفصل الثامن: الصخور النارية ٥٢٣
الوجود والتكوين..... ٥٢٣
العناصر الضئيلة والنظائر ٥٣٣
التصنيف والإصطلاحات الجيوكيميائية ٥٣٧
تبلور صهير السيليكات ٥٤٦
دراسات كيميائية في الصخور النارية ٥٦٧
أصول الصهير..... ٥٩١
الأسئلة..... ٦٠٤
المراجع..... ٦١٠
الفصل التاسع: الصخور المتحولة..... ٦١٥

الأصل والتصنيف ٦١٥
متغيرات التحول ٦١٩
طبيعة الصخور المتحولة وتفاعلات التحول ٦٢٦
نُطُق التحول وسَحْنات التحول ٦٣٠
التحول الإقليمي وتكتونية الصفائح ٦٣٨
التمثيل البياني للتجمعات المعدنية ٦٤٢
تحول الأنواع الشائعة من الصخور ٦٤٧
أمثلة من صخور التحول بالتماس ٦٥٧
أمثلة من صخور التحول الإقليمي ٦٦٥
الأسئلة ٦٧٧
المراجع ٦٨٢
حلول المسائل ٦٨٧
ثبت المصطلحات ٧١٧
أولا (عربي - إنجليزي) ٧١٧
ثانيا (إنجليزي - عربي) ٧٥٣
كشاف الموضوعات ٧٨٩