أسس الجيوكيمياء

محمد أحمد قزاز
أستاذ الجيوكيمياء

أحمد حسنين حشاد
أستاذ الجيوكيمياء

كلية علوم الأرض - جامعة الملك عبد العزيز
جدة - المملكة العربية السعودية

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبد العزيز
ص.ب ١٥٤٠ - جدة ٢١٤٤١
المملكة العربية السعودية

© جامعة الملك عبد العزيز ١٤٢٠ هـ (٢٠٠٠م)

جميع حقوق الطبع محفوظة . غير مسموح بطبع أي جزء من أجزاء هذا الكتاب ، أو خزنه في أي نظام لخزن المعلومات واسترجاعها ، أو نقله على أية هيئة أو بأية وسيلة ، سواء كانت إلكترونية ، أو شرائط ممغنطة ، أو ميكانيكية ، أو استنساخًا ، أو تسجيلاً ، أو غيرها إلا بإذن كتابي من صاحب حق الطبع .

الطبعة الأولى : ١٤٢٠هـ (٢٠٠٠م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

قزاز ، محمد أحمد

أسس الجيوكيمياء / محمد أحمد قزاز ، أحمد حسنين حشاد.ـ جده.

... ص ، .. سم

ردمك : ٨-٢٢٢-٠٦-٩٩٦٠

١- كيمياء الأرض ٢- كيمياء التربة أ- حشاد ، أحمد حسنين (م . مشارك) ب- العنوان

ديوي ٥٥١،٩ ٢٠/٣٠٢٨

رقم الإيداع : ٢٠/٣٠٢٨

ردمـك : ٨-٢٢٢-٠٦-٩٩٦٠

مطابع جامعة الملك عبد العزيز

تقـــديم

علم الجيوكيمياء هو علم دراسة المكونات الكيميائية للأرض وما يطرأ علـــى هـــذه المكونات من تغيرات، سواء ما يتم منها حاليا أو ما حدث فى الأحقاب والعصور الجيولوجية الغابرة. وعلى عكس الكثير من فروع علم الجيولوجيا، فإن علم الجيوكيميـــاء يتداخـــل فـــى معظم فروع الجيولوجيا الأخرى، وأصبحت المشاركة بالتحاليل الكيميائية أو بالأسس النظرية للكيمياء ظاهرة متكررة فى كافة الدراسات الجيولوجية.

وفى الحقيقة فقد تطور علم الجيوكيمياء تطورا كبيرا فى النصف الثانى من القـــرن الحالى، واتسع حتى شمل جميع فروع الكيمياء تقريبا (الفيزيقية، العضوية، غير العضويـــة، التحليلية، ...إلخ)، واتضحت بصماته وتأثيراته عليها، بل إنه ظل يتسع ليشمل أيضا جميـــع فروع علوم الأرض، وتجاوزت الأدبيات الجيوكيميائية ما ينشر فى باقى أفرع علـــوم الأرض مجتمعة.

من هذا المنطلق، كان اهتمامنا بتقديم كتاب عن "**أسس الجيوكيمياء**" باللغة العربيـــة، بعد أن لمسنا القصور فى استيعاب هذه الأسس عند تدريسها بلغة أجنبية لأبنائنا من طـــلاب الأمة العربية. وتناسب مادة الكتاب طلاب المرحلة الجامعية بصفة خاصة؛ وقد يكون مفيـــدا لبعض طلاب الدراسات العليا فى بعض الفروع. كما نتوقع أيضا أن يفيد من هـــذا الكتـــاب الجيولوجيون و رجال التعدين ممن تدفعهم دراساتهم أو أعباؤهم المهنية إلـــى التعـــامل مـــع "الجيوكيمياء"، سواء كان ذلك التعامل مع مفاهيم ونظريات أو مع بيانات وتحاليل وأرقام.

وقد استشرنا، عند وضع الإطار العام للكتاب، أشهر الكتب والمراجع المؤلفة فـــى هذا المجال، وحاولنا تحقيق أكبر قدر من التوازن بين الموضوعات التى نتناولـــها. ورغـــم ذلك، فقد أعطينا لجيوكيمياء الصخور بأنواعها الثلاثة الرئيسة اهتماما أكبر، وتشكل الأبـــواب الخاصة بجيوكيميائيتها العمود الفقرى للكتاب.

يبدأ الكتاب بمقدمة مبسطة عن الذرة، وتركيبها الداخلى، ومكوناتها، وطـــرق بنـــاء الأغلفة، والمدارات الإلكترونية، ويتدرج حتى الوصول إلى الجـــدول الـــدورى للعنـــاصر،

والتشابه بين مجموعاته. وقد حرصنا على عدم الإطالة في هذا الفصل، اعتمادا على ما يدرسه الطالب من مادة مشابهة في مواد الكيمياء والفيزيقا في المستوى الأول الجامعي، لذا اقتصر الحديث على أكثر المفاهيم ارتباطا بالجيوكيمياء.

ينقسم الباب الثاني إلى موضوعين رئيسين يهدفان إلى ترسيخ علاقة مكونات الأرض بمكونات الكون ككل، والمجموعة الشمسية على الأخص. لهذا شمل الباب في جزئه الأول مقدمة عن نشأة الكون والنظريات المختلفة لهذه النشأة. يلي ذلك جزء عن وفرة العناصر بالكون والمجموعة الشمسية والنيازك، ثم فكرة وجيزة عن نشأة العناصر بشكل عام. وأعطيت النيازك اهتماما أكبر في هذا الجزء؛ لكونها تمثل الحقيقة المؤكدة عن المواد التي تكون الكون من حولنا خارج الأرض. أما الجزء الثاني من هذا الباب فيتحدث عن البناء الداخلي للأرض، والتركيب الكيميائي للقشرة، والوشاح، والأرض ككل، مع التصنيف الجيوكيميائي للعناصر.

يتناول الفصل الثالث مقدمة عن المفاهيم الأساسية في الديناميكا الحرارية، وأهم قوانينها، ومدى ارتباطها بعلم الجيوكيمياء. ثم يتطرق باقي الباب إلى قاعدة الصنف بهدف توحيد وتأكيد معاني المصطلحات العلمية المستخدمة في باقي الكتاب.

يتناول الباب الرابع كيمياء البلورات، خاصة ما يتعلق بقوى الربط الداخلية بين الذرات المكونة للمعادن وتحديد أقطارها. كما يؤكد على البنية البلورية للمعادن، وما يمكن أن يحدث لها من تغيرات، وأسباب ذلك، خاصة ما يتعلق بالإحلال الذري والمحاليل الجامدة.

يعد الباب الخامس ــ وهو عن جيوكيمياء الصخور النارية ــ أحد الأبواب الرئيسة للكتاب. ونظرا لما أدخلته نظرية الألواح التكتونية من مفاهيم جديدة وتغيرات واسعة في أدبيات هذا الموضوع خلال العقدين الأخيرين، فقد خصص جزء ليس بالقليل في بداية الفصل لشرح موجز عن النظرية لتوحيد المصطلحات وترسيخ معانيها. ثم تحدثنا عن التحاليل الكيميائية، وكيفية التأكد من صحتها، ومدى الاعتداد بها. ثم انتقلنا إلى المكونات الكيميائية للصخور النارية بدءًا بالمكونات الرئيسة، مبرزين استخدامات وأهمية كل مكون. ثم انتقلنا إلى المكونات الشحيحة، وعالجناها كمجموعات متشابهة الخواص والسلوك، وأبرزنا أهم استخداماتها. بعد ذلك انتقلنا إلى إيضاح مدى تأثر تركيب الصهارة بالأوضاع والبيئات التكتونية التي نشأت بها، ثم أعطينا كثير من الأمثلة عن كيفية استخدام البيانات الرئيسة والشحيحة في معرفة بيئات تكون الصخور القديمة، ودرجة الوثوق في هذه الاستنتاجات.

ويعد الباب السادس عن جيوكيمياء الصخور الرسوبية أيضا من أهم أجزاء هذا الكتاب، إذ يعالج الموضوع من بداية نشأته، فيشرح التغيرات الكيميائية المصاحبة لعمليات التجوية، ونواتج هذه العمليات، وما يطرأ على هذه النواتج من تغيرات حتى تصل إلى مستقرها النهائى بعملية الترسيب. ثم يختتم الباب بمناقشة كافة العوامل والعمليات المصاحبة لعملية الترسيب هذه.

ويعالج الباب السابع جيوكيمياء الصخور المتحولة مستكملا بذلك جميع أنواع الصخور. وقد تم التركيز فى هذا الباب على العوامل والعمليات المسببة لظاهرة التحول، ثم عرضنا لمفهوم السحنة المتحولة، والتغيرات الكيميائية المصاحبة. ثم عرضنا لتحول أنواع متعددة من الصخور النارية والرسوبية، وأظهرنا كافة العمليات الكيميائية المصاحبة. كما عرضنا لرتب التحول حتى رتبها الفائقة، وما يحدث بها من تغيرات. وفى نهاية الباب، تناولنا باختصار سلوك العناصر الشحيحة ومعاملات تجزؤها فى الصخور المتحولة.

يشمل الباب الثامن والخاص بجيوكيمياء النظائر جزءين أساسيين: الأول يتعلق بالنظائر المشعة، وما يتصل بها من ظاهرة التحلل الإشعاعى؛ والثانى يتعلق بالنظائر المستقرة وما يتصل بها من ظاهرة التجزؤ النظائرى. فى الجزء الأول عرضنا كيفية اشتقاق قانون التحلل الإشعاعى، ثم تطرقنا لأهم تطبيقاته فى الجيولوجيا فى مجال تأريخ الصخور النارية والمتحولة. وتناولنا أهم طرق تحديد الأعمار، وشروط ومشاكل وقيود تطبيق كل طريقة، وكذلك كيفية الاستفادة من النظائر المستقرة ذات الأصل الإشعاعى فى معرفة أصل ومصدر الصخور النارية. فى الجزء الثانى عرضنا ظاهرة التجزؤ النظائرى، والاتجاهات العامة المصاحبة لها، ثم تناولنا بالتفصيل نظائر كل من الهيدروجين والأكسجين والكربون والكبريت، واستخدامات وتطبيقات كل منها فى فروع علوم الأرض المختلفة.

وقد خصصنا الباب التاسع لجيوكيمياء الماء، وحرصنا على تقديم معلومات كافية عن جيوكيميائية أنواع المياه الطبيعية المختلفة؛ لكننا ركزنا، تمشيا مع الاهتمامات العالمية والمحلية المختلفة، على الجوانب البيئية وما تتعرض له المياه الآن من تلوث مصحوب بأخطار بالغة.

وفى الباب الأخير عالجنا جيوكيميائية الغلاف الجوى بنفس طريقة الفصل السابق. فإلى جانب الاهتمام بمكونات الهواء الأساسية وتوزيعاتها، أعطينا عناية خاصة للتلوث

الكيميائى للهواء نتيجة الاحتراق المتزايد للوقود الأحفورى، وما تنتجه المشـــاريع الصناعيـــة الضخمة من غازات ضارة.

وفى النهاية، نرجو أن نكون قد أضفنا بهذا العمل المتواضع ما يثرى المكتبة العلمية العربية بما ينفع الأبناء، مرحبين بأى نقد من الزملاء فى الوطن العربـــى كلـــه لتـــدارك أو إضافة أى قصور فى الكتاب أو لتصحيح أو حذف أى خطأ لم يتنبه له المؤلفان، وفوق كـــل ذى علم عليم.

والله من وراء القصد وهو العزيز العليم.

جدة فى 24 / 9 / 1420
1 / 1 /2000

المؤلفان
محمد أحمد قزاز
أحمد حسنين حشاد

المحتويـــــــــــــــــــات

تقديم ..... هـ

قائمة الجداول ..... ق

قائمة الأشكال ..... ث

الباب الأول

العناصر الكيميائية 1

الذرة 3

النواة 3

السحابة الإلكترونية 3

طاقة التأين 8

الجدول الـــــــدورى 11

الدورات 11

المجموعات 11

مراجع الباب الأول 17

الباب الثانـــــى

الكـــــون 21

نظريات نشأة الكون 21

وفرة العناصر فى الكون 22

نشأة العناصر 24

المجموعة الشمسية 26

نشأة المجموعة الشمسية 26

النيازك 27

أهمية دراسة النيازك 28

تصنيف النيازك 29

النيازك الصخرية 29
- الكوندريتات 29
- اللاكوندريتات 31
النيازك الصخر ــ حديدية 31
- البالازيت 31
- الميزوسيدريت 32
النيازك الحديدية 32
- الهيكساهيدريت 32
- أوكتاهيدريت 32
- أتاكسيت 34
التركيب الكيميائى للنيازك 34
الأرض 39
بنائية الأرض 40
بنائية اليابسة 40
الدلالات الجيوفيزيقية 41
تحليل الظواهر الزلزالية 42
بنائية القشرة 45
التركيب الكيميائى للقشرة 47
بنائية الوشاح 52
الوشاح العلوى 52
النطاق الانتقالى 55
الوشاح السفلى 55
التركيب الكيميائى للوشاح 56
اللب 57
التركيب الكلى للأرض 58
التصنيف الجيوكيميائى للعناصر 61
مراجع الباب الثانى 66

الباب الثالث

الديناميكا الحرارية 69
مفاهيم أساسية فى الديناميكا الحرارية 71
الطاقة 71
القانون الأول فى الديناميكا الحرارية 72
الإنثالبية 75
القانون الثانى فى الديناميكا الحرارية 79
الإنتروبية والطاقة الطليقة 79
دالة جبس 83
المعادن المستقرة وغير المستقرة وشبه المستقرة 87
الاتزان فى الكيانات الجيولوجية 91
الكيان 92
الصنف 93
المكون 94
الاتزان 96
الاتزان الحرارى 96
الاتزان الكيميائى 97
ثابت الاتزان 97
قـــــــاعدة الصنف 99
مراجع الباب الثالث 108

الباب الرابـــــــــع

كيميـــــــاء البلورات 111
طبيعة المواد الجامدة 111
قوى الربط 112
الرابطة الأيونية 112
الرابطة التساهمية 115

رابطة فان ديرفال 117
الرابطة الفلزية 118
أنصاف الأقطار 118
البنية البلورية 125
التشابه الشكلى 138
التعدد الشكلى 139
الإحلال الذرى و المحلول الجامد 144
مراجع الباب الرابع 149

الباب الخامس

جيوكيمياء الصخور النـــارية 153
الصهارة السليكاتية 154
مصدر الصهارة 155
العمليات المتسببة فى تغير التركيب الكيميائى للصهارة 159
الانصهار الجزئى 161
التمايز الصهيرى 162
التبلور التفاضلى 164
الخلط فى غرف الصهير 168
التلوث القشرى 168
التركيب الكيميائى للصخور النارية 170
التحليل الكيميائى للصخور النارية 170
التركيب الكيميائى للصخور النارية 175
السليـــــكا 178
الألومينـــا 182
القلويـــــات 184
الحديـــد والمغنسيوم 191
الكـــالسيـــوم 196

التيتانيوم 199
المنجنيز والفوسفور 202
المـــــــاء 203
العنـــاصر النزرة 204
قواعد انفصال العناصر من الصهارة 205
توزيـــع العنـــاصر النزرة بين المعادن 209
وفرة العناصر النزرة فى الصخور النارية 211
السلوك الجيوكيميائى للعناصر النزرة 212
العناصر المتوافقة 212
العناصر غير المتوافقة (الناشزة) 214
العناصر الأرضية النـــادرة 220
العنـــاصر الكبريتيديـــة الميـــل (الكالكوفيلية) 227
العنـــاصر النزرة وعلاقتها بالوضع التكتونى لنشأة
الصخور النارية 231
ملحق عن كيفية حساب معيار لصخر نارى من التحليل الكيميائى ... 244
مراجع الباب الخامس 250

الباب السادس

جيوكيمياء الصخور الرسوبية 257
التجويـــــة 257
التجوية الفيزيقية 257
التجوية الكيميائية 258
التأين 259
التميؤ 260
الأكسدة 261
البكتيريا ودورها فى عملية التجوية 267
نواتج التجوية الكيميائية 267

نواتج الترسيب 271
الصخور الرملية 274
المعادن الطينية 275
الكاولنيت 278
المونتموريلونيت 280
الإليت 281
الكلوريت 282
صخور الطفلة 284
التربة 286
تصنيف التربة 287
رسوبيات الكربونات 291
كربونات الكالسيوم 291
الدولوميت 294
رسوبيات كربونات أخرى 296
كربونات الحديد 297
كربونات المغنسيوم 298
الترسبات الملحية (المتبخرات) 299
مراجع الباب السادس 301

الباب السابع

جيوكيمياء الصخور المتحولة 305
ظاهرة التحول 305
عوامل التحول 306
الحرارة 306
الضغط 307
الموائع 308
تقسيم الصخور المتحولة 309

التركيب المعدنى للصخور المتحولة 311
التفاعلات التحولية : أنواعها ونواتجها 316
تحول الصخور الكربوناتية 317
تحول صخور الطفلة 319
تحول الصخور فوق المافية 321
تحول الصخور المافية 322
تحول الصخور المتوسطة 324
مفهوم السحنة المتحولة 325
التمثيل البيانى للتغيرات الكيميائية بين السحنات 330
التحوال كنوع من التحول 333
التحول الفائق 335
سلوك العناصر النزرة خلال عمليات التحول 336
مراجع الباب السابع 339

الباب الثامن

جيوكيميـــاء النظـــائر 343
النظائر 343
تصنيف النظائر 344
علم جيوكيمياء النظائر 345
ظاهرة التحلل الإشعاعى 345
قانون التحلل الإشعاعى 348
طرق التحلل الإشعاعى 351
قانون التحلل الإشعاعى وتقدير عمر الصخور 353
طرق تقدير أعمار المعادن والصخور 354
طريقة روبيديوم ــ سترونشيوم 354
طريقة يورانيوم ــ ثوريوم ــ رصاص 359
طريقة بوتاسيوم ــ أرجون 365

طريقة كربون — 14 368
النظائر المستقرة 371
عمليات التجزؤ النظائرى 371
قياس التجزؤ النظائرى 372
اتجاهات عامة فى ظاهرة التجزؤ النظائرى 374
تطبيقات لظاهرة التجزؤ النظائرى 375
نظائر الأكسجين والهيدروجين 375
نظائر الكربون 384
نظائر الكبريت 388
مراجع الباب الثامن 393

البـــاب التاســـع

جيـوكيميـاء المـاء 397
صفات الماء الخاصة 398
تركيب مياه البحار والقارات 400
تركيب مياه البحار 400
تركيب مياه القارات 405
اتزان العناصر المذابة فى ماء البحر 408
مكونات ماء الشرب وخصائصه 412
تقويم التحاليل الكيميائية للماء 413
الماء والبيئة 418
مراجع الباب التاسع 422

الباب العاشر

كيمياء الغلاف الجوى 425
الغلاف الجوى 425
نشأة الغلاف الجوى 429

مصادر مكونات الغلاف الجوى 433
العمليات المبددة للغلاف الجوى 434
تلوث الغلاف الجوى 434
الملوثات الهوائية 435
مصادر تلوث الهواء 437
الآثار السلبية لتلوث الهواء 439
مراجع الباب العاشر 441

ثبت المصطلحات

عربى ــ إنجليزى 445
إنجليزى ــ عربى 455

كشاف الموضوعات 465