

مجله	: ۵۳۲۱-۹۳۳۱
پایه علمی و تالیف	: (مجله علمی تخصصی زمین و علوم زمین)
پیدا کننده	: ۱۳۳۲، دانشنامه آید، دانشنامه و نشر
پایه علمی و تالیف	: ۱۳۳۲، دانشنامه آید، دانشنامه و نشر
تاریخ	: ۰۲۳-۲۳۲۳-۹۳۳۱
رابطه	: آید، دانشنامه آید، دانشنامه و نشر
موضوع	: زمین و علوم زمین
موضوع	: زمین و علوم زمین
موضوع	: زمین و علوم زمین
موضوع	: زمین و علوم زمین

# ژئوشیمی ایزوتوپی

و کاربرد آن در علوم زمین

**مؤلف: دکتر حسین عزیزی**

**عضو هیئت علمی دانشگاه کردستان**

این کتاب شامل دوازده بخش است که در ابتدا روش‌های مختلف جدا سازی و آماده سازی نمونه‌ها جهت آنالیز ایزوتوپی توضیح داده شده است و پس از آن روش‌های مختلف همراه با معادلات اختلاط با نمونه‌هایی از ایران و جهان مورد بررسی قرار گرفته است. در این کتاب، فرمول‌ها به زبان ساده و به صورت

سرشناسه	: عزیزى، حسين، ۱۳۴۵ -
عنوان و نام پديدآور	: ژئوشيمي ايزوتوپى و کاربرد آن در علوم زمين / مؤلف حسين عزيزى.
مشخصات نشر	: سنندج: دانشگاه كردستان، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهرى	: ۳۱۶ ص.: مصور، جدول.
شابك	: 978-964-2797-77-6
وضعيت فهرست نويسى	: فپا.
يادداشت	: كتابنامه.
موضوع	: زمين شناسى ايزوتوپى.
شناسه افزوده	: دانشگاه كردستان.
رده بندى كنگره	: ۱۳۹۴ ع۴ ۸۳/ز۱/۴ QE۵۰
رده بندى ديويى	: ۵۵۱/۹
شماره كتابشناسى ملي	: ۴۱۵۳۳۴۱

انتشارات دانشگاه كردستان  
ژئوشيمي ايزوتوپى و کاربرد آن در علوم زمين  
مؤلف: دكتور حسين عزيزى  
نوبت چاپ: اول  
تيراژ: ۱۵۰۰ جلد  
قيمت: ۲۲۰۰۰ تومان  
شابك: ۹۷۸-۹۶۴-۲۷۹۷-۷۷-۶

## مقدمه مؤلف

زمین‌شناسی ایزوتوپی گرچه امروزه به‌عنوان یکی از شاخه‌های جدید علوم زمین مورد توجه بسیاری از زمین‌شناسان قرار گرفته است، اما قدمت زیادی دارد و هر روز به علاقمندان آن در علوم زمین افزوده می‌شود. ژئوشیمی ایزوتوپی امروزه، جایگاه خود را در علوم زمین و رشته‌های وابسته در سن‌سنجی، تعیین منشأ سنگ‌ها، فرآیندهای تحولی ماگماتیسیم و دگرگونی باز کرده است و نتایج به‌دست آمده می‌تواند جهت مطالعات پترولوژی، زمین‌شناسی اقتصادی و سایر علوم وابسته بسیار مهم باشد. لذا با توجه به تجربیات و کارهای اینجانب در خصوص جداسازی رادیوایزوتوپ‌ها و کاربرد آن‌ها در مطالعات ژئوشیمیایی در یک دهه اخیر، تصمیم بر نگارش این کتاب گرفته شد تا دانشجویان دوره‌های تحصیلات تکمیلی بتوانند با کاربرد رادیوایزوتوپ‌ها همراه با ذکر مثال‌هایی از ایران آشنا شوند. از این رو، در این کتاب تلاش بر آن شد، تا حد امکان به‌جنبه کاربردی رادیوایزوتوپ‌ها به‌ویژه رادیوایزوتوپ‌های سنگین پرداخته شود و تا حد امکان از مطالب صرف نظری خودداری شود.

این کتاب شامل دوازده بخش است که در ابتدا، روش‌های مختلف جداسازی و آماده‌سازی نمونه‌ها جهت آنالیز ایزوتوپی توضیح داده شده است و پس از آن، روش‌های مختلف همراه با معادلات اختلاط با نمونه‌هایی از ایران و جهان مورد بررسی قرار گرفته است. در این کتاب، فرمول‌ها به زبان ساده و به صورت

کاربردی در آمده‌اند که با در نظر گرفتن مفاهیم اولیه ریاضی، قابل درک هستند و از معادلات مربوط به خطاهای اندازه‌گیری، مشکلات و پارامترهای مربوط به محاسبات خطای سیستماتیک دستگاه‌ها صرف نظر شده، زیرا این موارد عمدتاً در کتاب ژئوشیمی کمی (Quantitative Geochemistry) که توسط اینجانب و همکاران ترجمه و توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور چاپ می‌شود به خوبی توضیح داده شده است.

در نگارش، تدوین و تایپ این کتاب دانشجویان اینجانب همکاری و دقت فراوان داشته‌اند به‌ویژه خانم نرگس دانشور از دانشگاه بوعلی سینا و خانم فاطمه نوری از دانشگاه تربیت مدرس و سایر دوستان به ویژه مدیر محترم گروه معدن جناب دکتر شاهسونی کمال تشکر و قدردانی را از ایشان دارم. بدون شک بدون توجه و همکاری آن‌ها چنین امری میسر نبود و همچنین از داوران محترم که کتاب را مطالعه نمودند و نکات مفیدی را پیشنهاد کردند تشکر و قدردانی می‌نمایم. در پایان از معاون محترم پژوهشی دانشگاه کردستان که اینجانب را در چاپ این کتاب یاری فرمودند کمال تشکر را دارم. امید است این اثر، مورد استفاده دانشجویان محترم قرار گیرد و موجب امتنان است اینجانب را از اشکالات موجود در آن از طریق پست الکترونیکی [azizi1345@gmail.com](mailto:azizi1345@gmail.com) آگاه فرمایید تا در چاپ‌های بعدی مدنظر قرار گیرد.

حسین عزیزی

بهار ۱۳۹۵

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- انرژی هسته ..... ۴
- ۲-۱- تلاشی مواد رادیواکتیو ..... ۶
- ۱-۲-۱- اشعه  $\alpha$  ..... ۷
- ۲-۲-۱- اشعه  $\beta$  ..... ۹
- ۳-۲-۱- اشعه  $\beta$  و گرفتن (تسخیر) الکترون ..... ۱۰
- ۴-۲-۱- شکافت همزمانی (خود به خود) ..... ۱۰
- ۳-۱- قوانین تلاشی رادیواکتیو ..... ۱۳
- ۴-۱- اثرات تشعشعات رادیواکتیو ..... ۲۰
- ۵-۱- استفاده ایزوتوپ‌های رادیوژنیک در تعیین سن ..... ۲۲

### فصل دوم: مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها جهت آنالیز ایزوتوپی

- مقدمه ..... ۲۷
- ۱-۲- نحوه‌ی آماده‌سازی نمونه جهت مطالعات ایزوتوپی ..... ۲۸
- ۱-۱-۱- انتخاب نمونه مناسب سنگ و یا کانی: یک نمونه مناسب باید دارای خصوصیات زیر باشد: ..... ۲۹
- ۲-۱-۲- انحلال ..... ۳۰

۳۹	..... تقسیم نمونه ۳-۱-۲
۵۵	..... دستگاه‌های اندازه‌گیری ۲-۲
۵۵	..... طیف‌سنجی جرمی با منشأ گاز ۱-۲-۲
۵۵	..... طیف‌سنجی جرمی گازی ایستا ۲-۲-۲
۵۶	..... طیف‌سنج جرمی یون‌ساز (یونیزاسیون) حرارتی (TIMS) ۳-۲-۲
۶۴	..... طیف‌سنجی جرمی یون ثانویه (SIMS) ۴-۲-۲
۶۵	..... طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی مولتی کالکتور (MC-ICP-MS) ۵-۲-۲

### فصل سوم: روش Rb-Sr

۶۷	..... مقدمه
۷۱	..... روش‌های مختلف Rb-Sr ۱-۳
۷۱	..... روش سنگ کل ۱-۱-۳
۷۷	..... ایزوکرون کانی‌ها ۲-۱-۳
۸۴	..... روش تک کانی ۳-۱-۳
۸۷	..... روش Rb-Sr در سنگ‌های دگرگونی ۲-۳

### فصل چهارم: روش Sm-Nd

۹۵	..... مقدمه
۹۹	..... ایزوکرون Sm-Nd ۱-۴
۱۰۱	..... اندیس اپسیلون ۲-۴
۱۰۴	..... محاسبه $\epsilon Nd$ ۱-۲-۴
۱۰۸	..... سن مدل (CHUR و $\tau DM$ ) ۳-۴

## فصل پنجم: زیر کن، جدا سازی و مرفولوژی

- ۱۱۳..... مقدمه
- ۱۱۴..... ۱-۵- جدا سازی زیر کن
- ۱۱۸..... ۲-۵- روش آماده سازی مقاطع صیقلی حاوی زیر کن
- ۱۱۹..... ۳-۵- مورفولوژی زیر کن
- ۱۳۱..... ۵-۵- تغییرات ساب سالیدوس و رشد زیر کن
- ۱۳۱..... ۱-۵-۵- پدیده های اواخر ماگماتیسزم
- ۱۳۲..... ۲-۵-۵- دگرگونی دما متوسط تا بالا
- ۱۳۵..... ۳-۵-۵- دگرگونی فشار بالا
- ۱۳۶..... ۶-۵- زیر کن هیدروترمال
- ۱۴۰..... ۷-۵- کیمبرلیت و زیر کن در ارتباط با گوشته
- ۱۴۲..... ۸-۵- بافتهای در ارتباط با اصابت
- ۱۴۴..... ۹-۵- شکستگی
- ۱۴۵..... ۱۰-۵- دگرسانی
- ۱۴۵..... ۱۱-۵- سن سنجی بر اساس کانی زیر کن
- ۱۴۵..... ۱-۱۱-۵- SHRIMP
- ۱۴۹..... ۲-۱۱-۵- LA-ICP-MS
- ۱۵۰..... ۳-۱۱-۵- EPM A

## فصل ششم: روش اورانیوم-سرب، توریم-سرب و سرب-سرب

- ۱۵۹..... مقدمه
- ۱۶۱..... ۱-۶- نیمه عمر ایزوتوپهای اورانیوم و توریم

۱۶۳	۲-۶- مبانی و روش
۱۷۳	۳-۶- ودریل کنکور دیا
۱۷۶	۴-۶- کنکور دیای ترا-واسر برگ
۱۷۷	۵-۶- روش Pb-Pb
۱۸۲	۶-۶- نمونه های از کاربرد سن سنجی U-Pb در ایران

### فصل هفتم: روش K-Ar

۱۹۹	مقدمه
۲۰۵	۱-۷- حفظ $40Ar$ توسط کانیها
۲۰۶	۲-۷- ایزو کرون های K-Ar

### فصل هشتم: تعیین سن به روش $40Ar/39Ar$

۲۰۹	مقدمه
۲۱۰	۱-۸- اصول و روش
۲۱۶	۲-۸- آزمایشات آزاد کردن حرارت و طیف سن
۲۱۸	۳-۸- سیستم استخراج آرگون
۲۱۹	۴-۸- منابع خطا
۲۱۹	۱-۴-۸- اندازه گیری نسبت ایزوتوپی
۲۲۰	۲-۴-۸- تصحیح تداخل (Ca, K)
۲۲۲	۳-۴-۸- مقدار J
۲۲۵	۵-۸- ثابت های واپاشی / نیمه عمر
۲۲۶	۶-۸- آرگون اضافی (انواع Ar)
۲۲۸	۷-۸- دمای بسته شدن و انتشار



۸-۸- محدودیت‌ها و مزایای استفاده از این روش ..... ۲۲۹

۸-۹- برخی کانی‌های سودمند برای ژئوکرونولوژی  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ..... ۲۳۱

### فصل نهم: روش Lu-Hf

مقدمه ..... ۲۳۹

۹-۱- اصول و روش ..... ۲۴۱

۹-۲- روش ایزوکرون Lu-Hf ..... ۲۴۵

۹-۳- CHUR و اپسیلون نویشن ..... ۲۴۷

۹-۴- مدل تعیین سن Hf که از CHUR اقتباس شده ..... ۲۵۲

۹-۵- کاربرد تعیین سن Lu-Hf ..... ۲۵۵

۹-۵-الف- گنیس آمیتسوگ، ناحیه گادساب، غرب گرینلند ..... ۲۵۶

### فصل دهم: روش La-Ce

مقدمه ..... ۲۶۱

۱۰-۱- قوانین و روش ..... ۲۶۳

۱۰-۲- ایزوکرون La-Ce ..... ۲۶۹

۱۰-۲-الف- کمپلکس بوشولد، جنوب آفریقا ..... ۲۶۹

### فصل یازدهم: روش La-Ba

مقدمه ..... ۲۷۳

۱۱-۱- ژئوشیمی La و Ba ..... ۲۷۴

۱۱-۲- قوانین و روش ..... ۲۷۵

۱۱-۳- گنیس آمیتسوگ، غرب گرینلند ..... ۲۷۹

## فصل دوازدهم: اختلاط

مقدمه	۲۸۳
۱-۱۲ نظریه اختلاط	۲۸۴
۱۲-۲- اختلاط دوتایی I: (عنصر - عنصر)	۲۸۴
۱۲-۳- اختلاط دوتایی II: (عنصر - نسبت)	۲۸۷
۱۲-۴- اختلاط دوتایی III: (معکوس عنصر - نسبت)	۲۹۰
۱۲-۵- اختلاط دوتایی IV: (نسبت - نسبت)	۲۹۱
۱۲-۶- مدل های جعبه ای	۲۹۵
۱۲-۷-۱- مدل جعبه ای: (زمان اقامت)	۲۹۸
۱۲-۷-۲- یک مدل جعبه ای سودمند	۲۹۹
نمایگان	۳۰۳