



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی
دفتر انتشارات تکنولوژی آموزشی

مدیر مسئول: محمد ناصری
سر دبیر: مصطفی شهرابی
مدیر داخلی: مریم عابدینی
هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):
سید علی آقا نیباتی،
محمد حسن بازو بندی،
فرخبرزگر، سهیلا بودری، مریم پیش
بین، جهانبخش دانشیان،
مریم عابدینی،
مازیار نظری
ویراستار: مرتضی حاجعلی فرد
طراح گرافیک: زهره محمودی
نشانی دفتر مجله: تهران، ایران شهر
شمالی پلاک ۲۶۶
صندوق پستی ۶۵۸۵-۱۵۸۷۵
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹ (داخلی ۲۶۸)
نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸
پيام‌نگار: Zamin shenasi@roshd.ir
وبگاه: www.roshdmag.ir
تلفن پیام گیر نشریات
رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲
کد مدیر مسئول: ک ۱۰۲
کد دفتر مجله: ک ۱۱۳
کد امور مشترکین: ۱۱۴
تلفن: ۷۷۲۳۶۶۵۵-۷۷۲۳۶۶۵۶
شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)

دریاچه ارومیه و زیست محیط / سردبیر ۲

تاریخچه و شواهد پیدایش گیاهان در خشکی / مریم محمودی، جعفر صبوری، حبیب علیمحمدیان ۴

شناسه انفجار آتش فشانی / هوبارت کینگ، ترجمه: فرخبرزگر ۹

ژئومیتولوژی / پیمان کریمی سلطانی ۱۳

منطقه گذر گوشته (ناپیوستگی تحولی) / بابک مستوفی زاده ۲۰

تاریخ مطالعات نجومی در ایران: از دیروز تا امروز / بهروز صاحبزاده ۲۶

جیمز هاتن / رضا نداف ۳۴

منیزیت، ترکیبی از هشتمین عنصر پوسته زمین / هادی اوجاقی شیرمرد، الهام نعیمی ۳۸

هوازگی و خاکها / سیدمهدی خاتمی شال ۴۳

ماده و انرژی تاریک / ترجمه محمد رضا خوش بین خوش نظر ۴۸

آزمون نوشتاری اخترشناسی / ترجمه مسعود کیمیگری ۵۴

شگردهای تدریس / پرویز انصاری راد ۵۶

جایگاه آموزش علوم زمین در آموزش و پرورش / سوسن شیرازی مطلق ۵۸

معرفی کتاب: طراحی مهندسی / حسین معماریان ۶۳

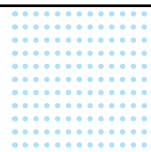
● مجله رشد آموزش زمین شناسی پذیرای مقالات پژوهشی - کاربردی استادان محترم دانشگاه ها و دانشکده های زمین شناسی - زمین شناسان مدرسان - دبیران گرامی و صاحب نظران علوم زمین است. ● مقالات ارسالی باید در راستای هدف های مجله و مرتبط با ساختار برنامه آموزش و پدیده های زمین شناسی ایران به طور مستقیم و غیر مستقیم در جهت رفع نیازهای آموزشی زمین شناسی در نظام آموزشی کشور باشد، به مقالاتی که در مورد آموزش زمین شناسی ایران باشند اولویت داده میشود. ● مقالات ارسالی باید با معیارهای تحقیق و پژوهش های مطرح شده در کتاب های درسی وزارت آموزش پرورش هماهنگی داشته باشند (ارجاع دقیق - استفاده از منابع دست اول رعایت اصول تحقیق و پژوهش و ...). ● مقالات باید حروف چینی شده و با خط خوانا روی کاغذ A4 و با فاصله مناسب بین سطرها و بدون خط خوردگی با رعایت حاشیه بندی مناسب نوشته شوند. ● حجم مقالات حداکثر ۱۰ صفحه دست نویس باشد. ● تصویر عکس نمودار یا جدول مورد نیاز مقاله به آن ضمیمه و جایگاه هر کدام در متن مشخص شود و نوشته ها حتما فارسی باشد. ● کلمات حاوی مفاهیم پایه «واژه های کلیدی» از متن استخراج روی صفحه ای جداگانه نوشته شوند. ● به مقالات ترجمه شده نسخه ای از متن اصلی نیز ضمیمه شود. مقاله باید دارای چکیده باشد و در آن هدف ها و پیام نوشتار در چند سطر تنظیم شود. ● معرفی نامه کوتاهی از نویسنده یا مترجم همراه یک قطعه عکس عناوین و آثاری وی پیوست باشد. ● آرای مندرج در مقالات بیانگر نظریه مجله نیست و نویسنده مسئول هر گونه پاسخگویی به آن است. ● فصلنامه رشد آموزش زمین شناسی در رد یا قبول مقالات ویرایش علمی و فنی و ادبی و افزایش کاهش حجم آنها مختار است ● مقالات دریافت شده بازگردانده نمی شوند. ● مقالاتی مورد بررسی قرار می گیرند که اصل آنها همراه با نسخه اصل تصویرها و نمودارها تحویل مجله شود لطفاً از ارسال کپی خوداری فرمایید.



شرح: این نگاره بی همتا و شاهکار علمی هنری از ترکیب تصاویر ماهواره ای اخذ شده در شب و روز و تلفیق داده های ارتفاعی (چند برابر شده برای نمایش بهتر توپوگرافی) توسط دکتر بهروز پرهامی استاد علوم کامپیوتر دانشگاه کالیفرنیا، پردیس سانتا باربارا تهیه شده و با آگاهی وی برای چاپ در روی جلد استفاده شده است.



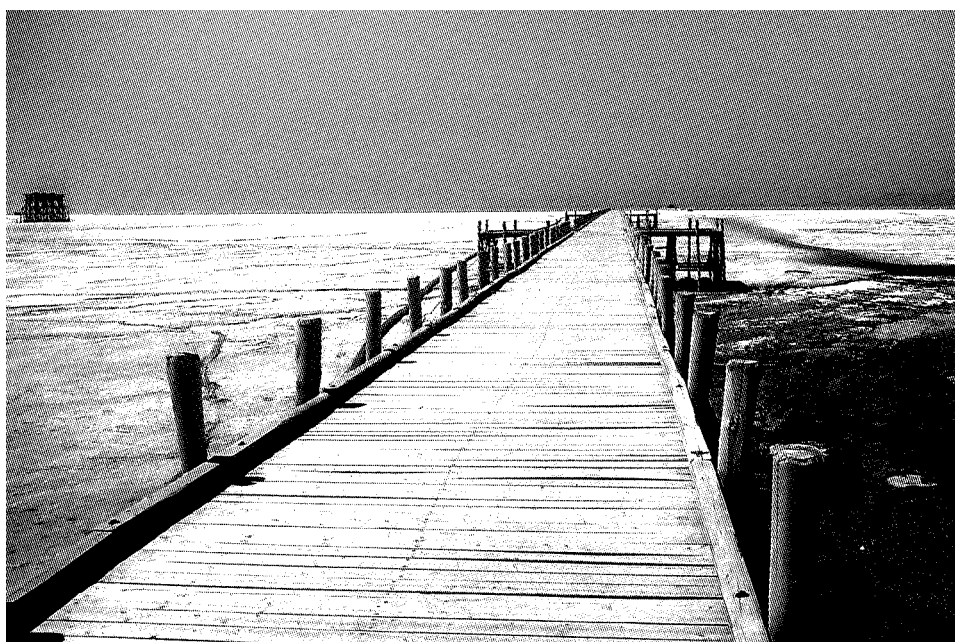
دریاچه ارومیه و زیست محیط



محیط زیست و خطرات ناشی از آلودگی های آن به عمل می آید. امسال در کشور ما هم در این روز نمایشگاهی که آقای رئیس جمهور نیز از آن دیدن کرد برگزار شد و مسائل زیست محیطی کشور در آن مطرح گردید از آن جمله اطلاع رسانی در مورد فاجعه ای که این سالها دامنگیر دریاچه ارومیه شده است به صورت عکس و پوستر در گوشه ای از نمایشگاه به چشم می خورد. از سوی دیگر از طریق رسانه ها اطلاع یافتیم که اقدامات ویژه ای از سوی دولتمردان برای احیای دریاچه و در نتیجه جلوگیری از عمیق تر شدن این فاجعه زیست محیطی به عمل آمده است که امیدواریم این اقدامات به دور از حاشیه ها هر چه زودتر عملی گردد. بی مناسبت ندیدم که دانسته هایی از گذشته تا حال این دریاچه را در اینجا به اطلاع دوستان برسانم:

در کتب تاریخی از دریاچه ارومیه به نام هایی چون ریما (دوره آشوری ها)، شیکاسه (زمان مادها)، چی چسته (اوستا) خنجست (شاهنامه فردوسی)، دریای کبودان (کتاب حدود العالم) کاپودا (استرابون یونانی)، بحریه اشراه یا ارمیه (کتاب مسالك وممالك استخری) و... یاد شده است. این امر نشان از آن دارد که این دریاچه در گذشته تاریخی هزاران ساله

روز ۹ ژوئن، برابر ۱۹ خرداد، از سوی سازمان ملل متحد به عنوان «روز جهانی محیط زیست» اعلام شده و هر ساله به مناسبت آن در کشورهای جهان اقداماتی در جهت آگاه کردن مردم از اهمیت





تشریح ویژگی‌های دریاچه از دیدگاه‌های فیزیکی-شیمیایی، زمین‌شناسی، زیست‌شناسی باصراحت خطرات در کمین دریاچه را (به‌ویژه عوارض ناشی از احداث بزرگراه شهید کلانتری و آلاینده‌های آن) برشمردم. ظاهراً به توصیه‌های کارشناسی ام توجهی نکردند و هر آنچه که خواستند انجام دادند تا به جایی رسید که دریاچه هم در برابر ظلمی که در حقش شده بود عکس‌العمل نشان داد و با انباشت توده‌های عظیم نمکی و باتلاقی شدن با زبان بی‌زبانی از حق خود دفاع کرد و گفت:

ببری مال مسلمانی و چومالت ببرند بانگ و فریاد بر آری که مسلمانی نیست

در آخرین اطلاع‌رسانی‌های مسئولین احیای دریاچه باخبر شدیم که پس از گذشت چند ماه از عزم جدی دولت تدبیر و امید و تشکیل جلسات متعدد کارشناسی نتیجه آن شده که در حال حاضر تنها با حداقل یکی از راه‌های عملی برای احیای دریاچه اختصاص دادن ۴۰ درصد آب کشاورزی حوضه آبریز به دریاچه است که تازه این هم مدت زمانی در حدود ۱۲-۱۳ سال نیاز دارد تا دریاچه به وضعیت نسبتاً متعادلی برسد. به هر حال امیدواریم این امر تحقق یابد و یکی از زیباترین پدیده‌های کشورمان از خطر نابودی نجات یابد و زیست‌محیط سالم گذشته‌اش را بار دیگر به‌دست آورد.

سرشار از آب بوده و هیچ‌گاه چنین روزگار سیاه کنونی را تجربه نکرده بوده است. از سوی دیگر در مطالعات سیستماتیک زمین‌شناسی دریایی این دریاچه که در سال ۱۳۵۶ خورشیدی توسط سازمان زمین‌شناسی ایران با همکاری انستیتو پلی‌تکنیک زوریخ کشور سوئیس انجام شد، در مغزه‌هایی که با حفاری از نهشته‌های کف دریاچه تا رسیدن به سنگ کف (Basement) سخت‌شده (کرتاسه-میوسن) به‌دست آمد این واقعیت اثبات شد که دست کم از ۳۵ تا ۴۵ هزار سال پیش تاکنون این دریاچه وجود داشته است. حتی در بعضی زمان‌ها (مانند آخرین دوره یخچالی) که واردات آبی دریاچه زیاد بوده، از حالت فوق‌اشباع نمکی به‌صورت دریاچه‌ای لب‌شور تا آب‌شیرین تغییر می‌کرده است که این موضوع با وجود لایه‌هایی از سیلت‌های آواری قرمز رنگ که در میان لایه‌های نهشته‌های شیمیایی (بیشتر آراگونیتی) به اثبات رسیده است، بنابراین می‌توان برای دریاچه ارومیه با شکل و وضعیت عادی کنونی سنی بیش از ۳۰ هزار سال در نظر گرفت و با ارائه مستندات ثابت نمود که این دریاچه هیچ‌گاه، در تاریخ خود، به چنین حال و روزی نیفتاده بوده است!

حدود ۳۲ سال پیش، اینجانب پس از مراجعت از خارج و با توجه به دفاع از پایان‌نامه‌ام در ارتباط با دریاچه ارومیه، در جلسه‌ای کارشناسی در دفتر وزیر راه و ترابری وقت حضور یافتم و پس از



تاریخچه و شواهد پیدایش گیاهان در خشکی

مریم محمودی، جعفر صبوری، حبیب علیمحمدیان
کارشناسان ارشد چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، پژوهشکده علوم
زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی

چکیده

بر پایه مطالعات دیرینه‌شناسی و ژنوم سیتوپلاسم و میتوکندری گیاهان خشکی، دانشمندان چنین حدس می‌زنند که رده خزه گیان^۱، نخستین گیاهانی هستند که روی خشکی پدید آمده‌اند. خاستگاه این گیاهان ابتدایی، جلبک‌های سبز نوع کاروفیت^۲ (راسته‌های کالئوچتال‌ها^۳ و کارال‌ها^۴) است که در حدود ۸۰۵ میلیون سال قبل پدید آمده‌اند. احتمالاً اسپورهای اولیه (کریتواسپور^۵) این گیاهان ابتدا در کامبرین میانی آمریکا یافت شده است. البته مطمئن‌ترین اسپورهای اولیه گیاهان ابتدایی از طبقات خلانورین^۶ (اردوئین میانی، ۴۷۰ میلیون سال قبل) عربستان سعودی و لیبی گزارش شده‌اند. از نظر ریختاری^۷، اسپورهای اولیه به اشکال منفرد یا موند^۸، دوتایی یا دیاد^۹ و چهارتایی یا تتراد^{۱۰} طبقه‌بندی می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: پیدایش گیاهان، خزه گیان، اسپورهای اولیه (کریتواسپور)

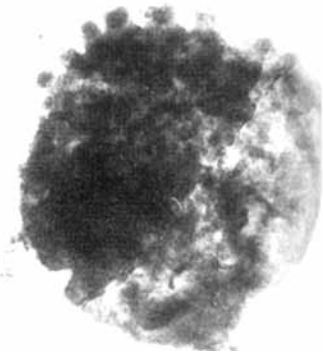
مقدمه

در این پژوهش برای پی بردن به چگونگی و راه‌های تکامل جلبک‌ها و تبدیل آن‌ها به اولین گیاهان خشکی در جهان و ایران به جدیدترین روش‌ها و شواهد مطالعاتی

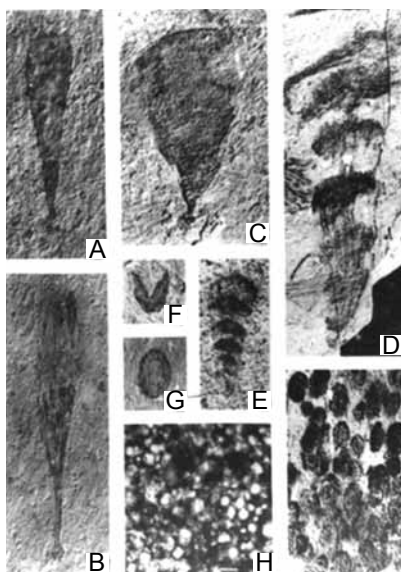
از جمله اسپورهای اولیه، داده‌های ژنتیکی و ویژگی‌های فراساختاری و بیوشیمیایی فیتوپلانکتون‌های دریایی ابتدایی و پیشرفته پرداخته شده است. گفتنی است که ظهور شواهد دیرین‌شناسی

میکروفسیل‌های گیاهی بسیار زودتر از ماکروفسیل‌های گیاهی است و روش‌های گفته‌شده ابزار قدرتمندتری از دیرین‌شناسی ماکروفسیل‌های گیاهی هستند. نخستین گیاهان خشکی (گیاهان

بدون آوند و آونددار) از اجداد جلبک‌های سبز کاروفیسه‌آ و احتمالاً گیاهان خزه‌مانند^{۱۱} مشتق شدند (استیمنس و همکاران^{۱۲}، ۲۰۰۹). خزه گیان، رده‌ای از گیاهان فاقد آوند هستند که ریشه، ساقه، برگ و بافت‌های آوندی ندارند و به همین دلیل در محل‌های مرطوب زندگی و رشد می‌کنند. این گیاهان برخلاف نهان‌زادان آوندی و گیاهان دانه‌دار که از رویش تخم حاصل می‌شوند، از رشد اسپور به‌وجود می‌آیند. خزه گیان خود به سه گروه تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: ۱. خزه‌ها، ۲. جگرواش‌ها؛



شکل ۱: جلبک سبز به نام کامپانیسفا را گیگانتیه آ متعلق به سازند دوشانتو به سن نئوپروتروزوئیک پسین (دینگ و همکاران، ۱۹۹۶)



شکل ۲: مجموعه تالوفیت‌های نئوپروتروزوئیک یا جلبک‌های مگاسکوپیک از چین یوان چون لای و همکاران، ۱۹۹۸

نحوه پیدایش و تکامل گیاهان خشکی به ترتیب از پیچیده‌تر شدن جلبک‌ها تا خزه گیان، لیکوپودها، سرخس‌ها و گیاهان عالی امروزی (بازدانگان و نهان دانگان) ادامه داشته است

(به سن نئوپروتروزوئیک پسین) و نیز نوعی جلبک سبز پیشرفته‌تر (شاخه شاخه) به نام کونگیگیتون ارکتا^{۲۱} متعلق به ۵۵۰ میلیون سال قبل از سازند دوشانتو چین (دینگ و همکاران^{۲۲}، ۱۹۹۶) اشاره کرد. همچنین از یک لایه سیاه فسفریتی در طبقات نئوپروتروزوئیک چین، اشکال ماکروسکوپی مربوط به تالوفیت‌ها یا جلبک‌های مگاسکوپیک^{۲۳} گزارش شده است (شکل ۲). (یوان چون لای و همکاران^{۲۴}، ۱۹۸۸).

رده‌بندی جلبک سبز و ایمبریوفیت‌ها (گیاهان بدون آوند و آونددار) هنوز به‌طور فعال در حال انجام است، اما در کل این نظریه بیشتر مورد قبول است که ایمبریوفیت‌ها^{۲۵} از جلبک‌های سبز کاروفیسه‌آ (کارال‌ها) مشتق شدند (کارول و همکاران^{۲۶}، ۲۰۰۱؛ کویی و همکاران^{۲۷}، ۲۰۰۶). این بررسی‌ها نشان می‌دهند که جگرواش‌ها یا هیاتیک‌ها در قاعده دودمان ایمبریوفیت‌ها قرار دارند (کویی و همکاران، ۲۰۰۶) و در واقع کارال‌ها و ایمبریوفیت‌ها به ترتیب در ۸۰۵ و ۴۳۸/۸ میلیون سال قبل پدید آمدند (ماگالون و همکاران^{۲۸}، ۲۰۰۹).

همانگونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، اولین اجتماعات اسپورهای اولیه در زمان خلانورین (اردوئین میانی) پدید آمدند. در این نمودار که توسط ولمان و همکاران (۲۰۰۰) تهیه کرده‌اند، تغییرات فراوانی انواع اسپورهای اولیه را می‌توان دید. برای مثال اسپورهای اولیه موند، دیاد و

نیز براساس شواهد پالینولوژیکی و در حدود ۴۷۰ میلیون سال پیش (اردوئین میانی) پدیدار گشتند. (ولمان و گری^{۲۹}، ۲۰۰۰؛ رابینستن و همکاران^{۳۰}، ۲۰۱۰؛ موچیدلوفسکا و همکاران^{۳۱}، ۲۰۱۱). نهان‌زادان آوندی در ۴۲۰ میلیون سال قبل (سیلورین پسین) تنوع یافتند و در دوره دونین به‌طور گسترده روی خشکی، اجتماعاتی را به‌وجود آوردند (راتول و همکاران^{۳۲}، ۱۹۸۹). تنوع تکاملی گیاهان بعد از دونین نیز ادامه یافت و اغلب بازدانگان به‌ویژه مخروطیان در کرینفر بالای ظاهر شدند. همچنین بیشتر گروه‌های گیاهی در پدیده انقراض پرمو-تریاس با وجود تغییر ساختار کلی، بدون آسیب باقی ماندند. پیدایش نهان‌دانگان در ژوراسیک - کرتاسه بوده و در تشریری شکوفا شده است (تراورس، ۲۰۰۷).

روش‌ها و شواهد مطالعاتی در چگونگی و راه‌های ورود گیاهان به خشکی

الف) داده‌های دیرین‌شناسی ماکروسکوپی و میکروسکوپی در مورد منشأ گیاهان خشکی دیرین‌شناسی مربوط به جلبک‌ها: ارتباط بین جلبک سبز و گیاهان خشکی از زمان داروین و ظهور تفکر تکاملی و تبارشناختی تاکنون برای زیست‌شناسان روشن بوده است. جلبک‌ها از زمان مزوپروتروزوئیک تاکنون حضور داشتند. برای مثال می‌توان به نوعی جلبک سبز ابتدایی به نام کامپانیسفا را گیگانتیه^{۳۳} (شکل ۱) از راسته ولوکالس^{۳۴}

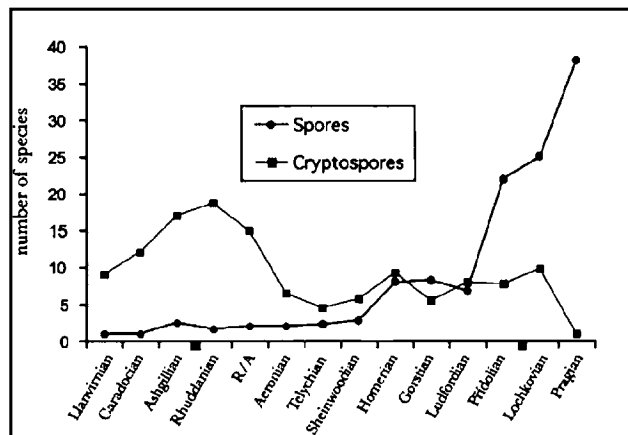
۳. شاخوشان (قهرمان، ۱۳۸۳؛ تراورس^{۳۵}، ۲۰۰۷). این گیاهان از آرکگونیات‌ها و اجداد کورموفیت‌هایی همچون سرخسیان به شمار می‌روند و ساختار آن‌ها از ساختار نهان‌زادان آوندی ساده‌تر است (قهرمان، ۱۳۸۳).

سازش‌های اولین گیاهان خشکی

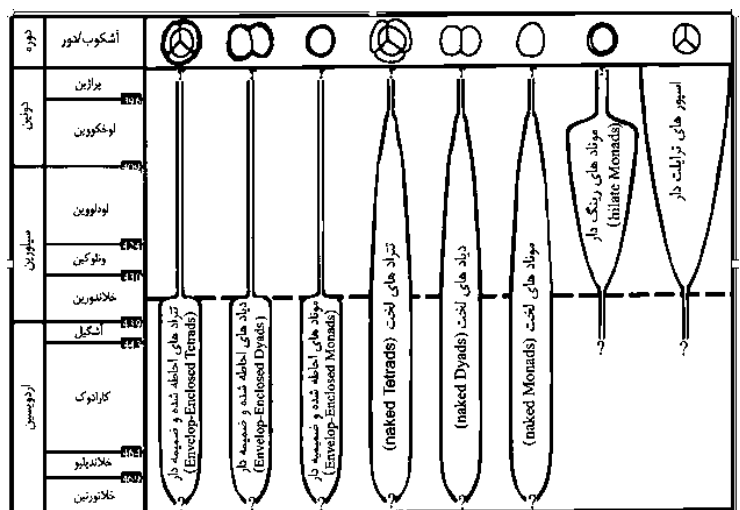
شرایط زندگی روی زمینی که اولین گیاهان خشکی اشغال کردند، بسیار دشوار بوده است به‌طوری که تابش خورشید بسیار شدید، میزان بارندگی بسیار کم بوده و خاک، خیلی کم تولید می‌شده است. از این رو گیاهانی که می‌خواستند روی این خشکی رشد و نمو کنند، می‌بایست سازگاری لازم را با این شرایط داشته باشند. بنابراین در این شرایط دشوار از بین گیاهان، خزه‌ها و شبه‌خزه‌ها اولین گیاهانی بودند که با این شرایط، البته در محیط‌های مرطوب‌تر سازش یافتند (کیان‌مهر، ۱۳۸۳).

روند پیدایش و تکامل گیاهان خشکی

چگونگی پیدایش و تکامل گیاهان خشکی به ترتیب از پیچیده‌تر شدن جلبک‌ها تا خزه گیان، لیکوپودها، سرخس‌ها و گیاهان عالی امروزی (بازدانگان و نهان‌دانگان) ادامه داشته است (ادواردز^{۳۶}، ۲۰۰۱). جلبک‌های سبز نوع کلروفیت از ۱۸۰۰ میلیون سال قبل پدید آمدند و اولین گیاهان خشکی (خزه گیان)



شکل ۳: تنوع گونه‌های کریپتوسپور و اسپورهای متعلق به گیاهان خشکی (ایمبریوفیت‌ها، گیاهان آونددار و بدون آوند) در آشکوب‌های زمین‌شناسی (از اردوئیسین پیشین تا دونین پیشین) (آشکوب R/A تنوع این گونه‌ها در مرز رودانین - آتروئین [سیلورین پیشین] را نشان می‌دهد) (استروتز، ۲۰۰۵)



شکل ۴: گسترش چینه‌شناسی انواع اسپورهای اولیه و اسپورهای مربوط به اولین گیاهان خشکی (ولمان و گری، ۲۰۰۰)

تتراد لخت^{۲۹} و همچنین حلقه یا پوشش دار^{۳۰} در خلانورین (اردوئیسین میانی) به وجود آمدند و تا آشگیل^{۳۱} (اردوئیسین پسین) رفته رفته بر فراوانی آن‌ها افزوده شده است. اما در خلانورین (سیلورین پیشین) تحول عظیمی در فراوانی اسپورها رخ داده است به طوری که فراوانی اسپورهای اولیه موناد، دیاد و تتراد پوشش دار به حداقل ممکن

مولکولی مورد بررسی قرار دادند و دیاگرام زیر را طراحی کردند (شکل ۵). موچیدلوفسکا و همکاران (۲۰۱۱) نیز براساس ویژگی‌های فراساختاری و بیوشیمیایی دیواره آکریتارک^{۳۲}های پیشرفته (امروزی)، به خویشاوندی آن‌ها با جلبک‌های پیشرفته پی بردند (شکل ۶). در این بررسی مشخص شد که جلبک‌های سبز نوع کلروفیت در ۱۸۰۰ میلیون سال قبل پدید آمدند و سه راسته پراسینوفیسه‌ها، کلروفیسه‌ها و اولتوفیسه‌ها به ترتیب در ۹۵۰ و ۱۴۵۰ و ۱۶۵۰ سال قبل ظاهر شدند. این بررسی‌ها نشان دادند که زمان به دست آمده به این روش با زمان‌های تعیین شده به روش مولکولی و شواهد فسیلی متفاوت است و آن‌ها زمان قدیمی‌تری را نشان می‌دهند.

آشنایی با رده‌بندی ریختاری اسپورهای اولیه
ریچاردسون (۱۹۹۶) اسپورهای اولیه را براساس ریخت‌شناسی به سه دسته زیر تقسیم کرد:

۱. مونادها

این گروه از اسپورهای اولیه به صورت تک هستند و به همین دلیل به آن‌ها موناد یا منفرد می‌گویند.

۳. تترادها

این گروه، اسپورهای اولیه‌ای را دربرمی‌گیرد که از چهار اسپور تشکیل شدند.

برای نخستین بار در ایران به منظور آشنایی بهتر بارده‌بندی ریختاری اسپورهای اولیه، مطالعه پالینولوژیکی سازند آبرسج (هم‌ارز سازند قلّی، اردوئیسین پسین) در شمال باختری شهرستان شاهرود، مورد توجه قرار گرفت

الف) مونادهای رینگ‌دار^{۳۳} (شکل ۷، a).
ب) مونادهای بدون رینگ^{۳۴} (شکل ۷، b و c).

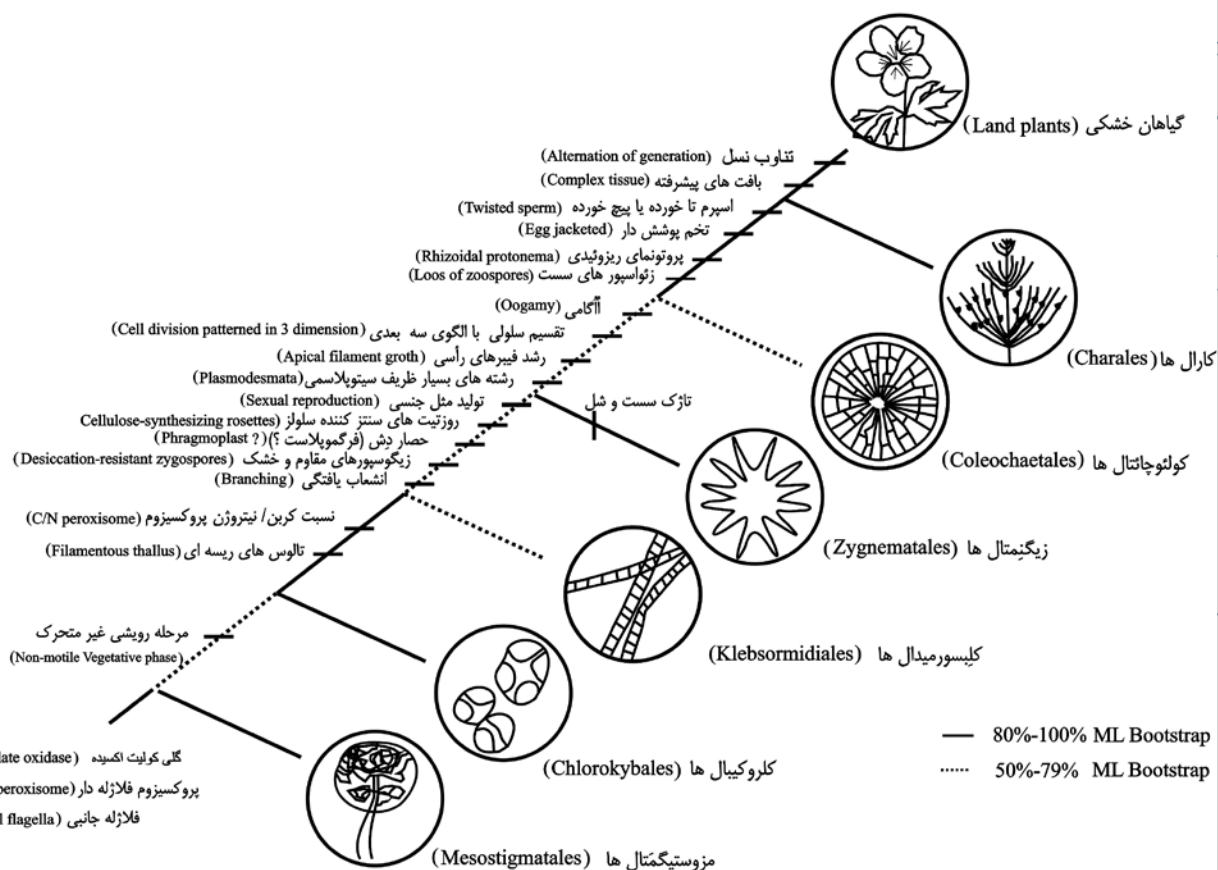
۲. دیادها

این گونه اسپورهای اولیه از دو اسپور تشکیل شدند و به همین دلیل به آن‌ها دیاد یا دوتایی می‌گویند. این گروه از اسپورهای اولیه براساس نحوه اتصال خود به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

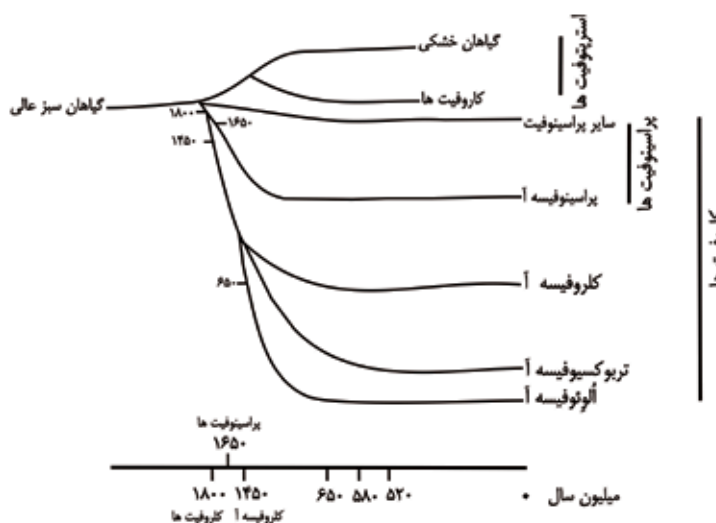
الف) دیادهای غیرمتصل:
دیادهایی هستند که سطح اتصال بین دو اسپور تشکیل دهنده آن وجود ندارد که به آن‌ها دیادهای دروغین نیز گفته می‌شود، مانند پسیدودیدادوسپورا پتاتوس^{۳۵} (شکل ۷، d).

ب) دیادهای واقعی متصل:
این دیادها دارای خط اتصال کاملاً مشخص و دیادهای واقعی هستند، مانند سجتسپورا روگوسا^{۳۶} (شکل ۷، e).

ج) دیادهای واقعی سست و متصل:
دیادهایی هستند که خط اتصال آن‌ها ضعیف است. این گونه دیادهای واقعی هستند، مانند دیادوسپورا موروسدنسا^{۳۷} (شکل ۷، f).



شکل ۵: تکامل جلبک های کاروفیت و گیاهان سبز خشکی براساس آنالیزهای مولکولی (کاول و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل ۶: نمودار مربوط به روند تکامل گیاهان خشکی از جلبک های سبز نوع کاروفیت (موجیدلوفسکا و همکاران، ۲۰۱۱)

متصل: در این گونه تترادهای، اسپورها به صورت ضعیف در کنار هم قرار دارند. بنابراین خط اتصال در آن ها ضعیف است، مانند ریموسوتراس پرایلماتیکا^{۴۰} (شکل ۷، g).

نتایج

مطالعات دیرینه شناسی و ژنتیکی انجام شده نشان می دهند که نخستین گیاهان خشکی از جلبک های سبز نوع کاروفیت متعلق به راسته کالئوچتال ها و کارال ها از زمان نوپروتروزوئیک منشأ گرفتند. نخستین گیاهان سبزی که روی خشکی ظاهر شدند، خزگیان

به همین دلیل به آن ها تتراد یا چهارتایی می گویند و بر مبنای خط اتصال، به انواع زیر تقسیم می شوند: الف) تترادهای غیرمتصل: این تترادهای خط اتصال ندارند، مانند چیلوتتراس کالدونیکا^{۳۸} (شکل ۱، v).

ب) تترادهای کاملاً متصل: همان طور که از اسم آن ها پیداست در این نوع تترادهای، اسپورها کاملاً به هم متصل اند و خط اتصال بسیار مشخص دارند، مانند تتراهدرالتس مدیننسیس^{۳۹} (شکل ۷، h).

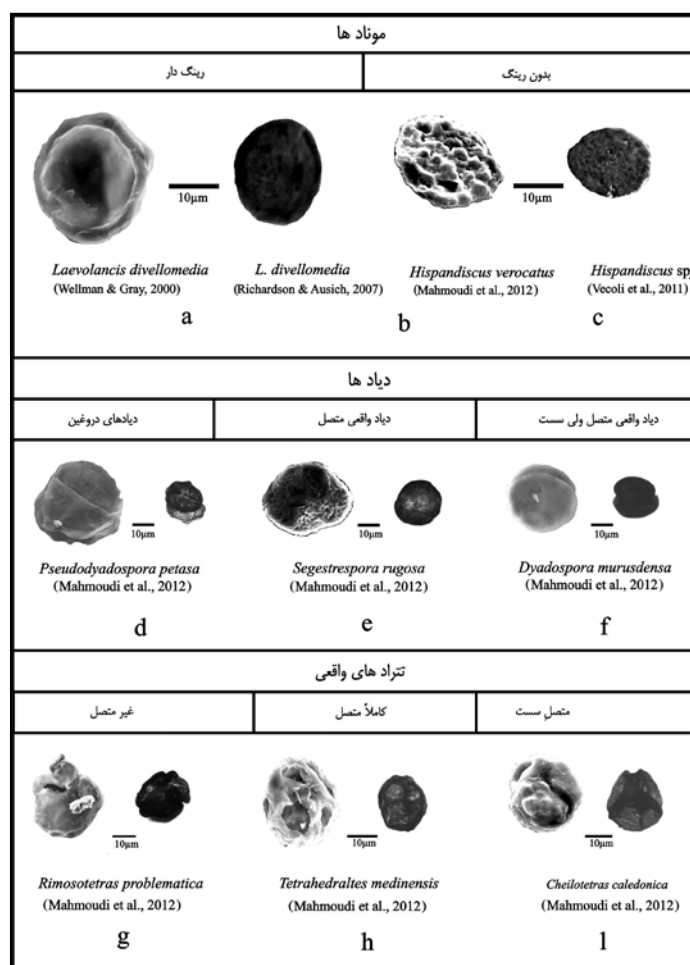
ج) تترادهای سست، ولی

رده‌بندی ریختاری اسپورهای اولیه، مطالعه پالینولوژیکی سازند آبرسج (هم‌ارز سازند قلّی، اردوئیسین پسین) در شمال باختری شهرستان شاهرود، مورد توجه قرار گرفت.

بودند. قدیمی‌ترین اجتماع اسپورهای اولیه شاخص متعلق به این گیاهان ابتدایی، به سن

منابع

۱. قهرمان، ا. (۱۳۸۲). کورموفیت‌های ایران (سیستماتیک گیاهی)، ویراست دوم، تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
۲. کیان مهر، ه. (۱۳۸۳). تنوع و تکامل گیاهان خشکی، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی.
۳. محمودی، م. (۱۳۹۰). «بررسی دیرین جغرافیای مغناطیسی لایه‌های آتش‌فشانی سازند آبرسج (قلّی) و سلطان میدان و پالینولوژی لایه‌های دربرگیرنده آن در شمال خاوری شاهرود»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران: پژوهشکده سازمان زمین‌شناسی کشور.
4. Edwards, D. Wellman, C. H., 2001. "Embryophytes on land: The Ordovician to Lochkovian (Lower Devonian) Record", p. 3–28. In: Plants Invade the Land: Evolutionary and Environmental Perspectives, P. G. Gensel and D. Edwards (eds.), Columbia University Press, New York.
5. Magallón, S., Hill, K.W., 2009. "Land Plants (Embryophyta)". p. 133–137. In: Hedges, S.B., and Kumar, S. (eds.), The Timetree of Life. Oxford University Press, New York.
6. Moczydlowska, M., Landing, E., Zang, W., Palacios, T., 2011. "Proterozoic phytoplankton and timing of Chlorophyte algae origins". Palaeontology, 54, p. 721–733.
7. Playford, G. Dettman, M. E., 1996. "Spores", p. 227–260. In: Jansonius, J. McGregor, D. C. (eds.), Palynology: Principles and Applications. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, College Station, Texas. Vol. 1.
8. Qiu, Y. L., Lia, L., Wanga, B., Chend, Z., Knoope, V., Groth-Maloneke, M., Dombrowska, O., Leeb, J., Kentb, L., Restf, J., Estabrook, G. F., Hendrya, T. A., -Taylora, W. T., Testab, C. M., Ambrosb, M., Crandall-Stotlerg, B., Duffh, R. G., Stechi, M., Frey, W., Quandtj, D., Davisk, C. C., 2006. "The deepest divergences in land plants inferred from phylogenomic evidence", PNAS, 103: 42, p. 15511–15516.
9. Richardson, J.B., 1996. "Chapter 18A. Lower and Middle Palaeozoic records of terrestrial palynomorphs. p. 555–574. In: Jansonius, J., and McGregor, D.C. (Eds.), Palynology: Principles and Applications. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Houston.
10. Rothwell, G. W., Scheckler, S. E., Gillespie, W. H., 1989. "Elkinsia gen. nov., a Late Devonian gymnosperm with cupulate ovules". Botanical Gazette, 150: 2, p. 170–189.
11. Rubinstein, C. V., Gerrienne, P., De la Puente, G.S., Astini, R.A., Steemans, P., 2010. "Early Middle Ordovician evidence for land plants in Argentina (eastern Gondwana)". The New Phytologist, 188: 2, p. 365–369.
12. Steemans, P., 2000. "Miospore evolution from the Ordovician to Silurian". Review of Palaeobotany and Palynology, 113: 1–3, p. 189–196.
13. Steemans, P., Le Hérisse, A., Melvin, J., Miller, M., Paris, F., Verniers, J. Wellman, C. H., 2009. "Origin and Radiation of the Earliest Vascular Land Plants". Science, 324: 5925, p. 353–353.
14. Strother, P. K., 1991. "A classification scheme for the cryptospores". Palynology, 15, p. 219–236.
15. Strother, P.K., Al-Hajri, S.A., Traverse, A., 1996. "New evidence for land plants from the lower Middle Ordovician of Saudi Arabia". Geology, 24: 1, p. 55–58.
16. Strother, P.K., Beck, J.H., 2000. "Spore-like microfossils from Middle Cambrian strata: expanding the meaning of the term cryptospore". p. 413–424. In: Harley, M.M., Morton, C.M., Blackmore, S. (Eds.), Pollen and Spores: Morphology and Biology. Royal Botanic Gardens, Kew.
17. Traverse, A., 2007. "Paleopalynology". second edition, Springer, Dordrecht, The Neetherland, 813p.
18. Wellman, C.H., Gray, J., 2000. "The microfossil record of early land plants". Phil.Trans. R. Soc. Lond., 355: 1398, p. 717–732.
19. Wellman, C.H., Habgood, K., Jenkins, G. Richardson, J.B., 2000. "A new plant assemblage (microfossil and megafossil) from the Lower Old Red Sandstone of the Anglo-Welsh Basin: its implications for the palaeoecology of early terrestrial ecosystems". Review of Palaeobotany and Palynology, 109: 3–4, p. 161–196.
20. Yuan Xun-lai, Li, J., Gao Ruiji, 1999. "A divers metaphyte assemblage from the Neoproterozoic black shales of south China, lethaia". 32, p. 143–155.
21. Ding Lianfang, Li Yong, Hu Xiasong Xiao Yapang, Su Chumqian, Huang Jianch., 1996. "Sinian Miaoh Biota of China, Beijing": Geological Publishing House. 30th International Feological Congress. p. 1–229



شکل ۷: رده‌بندی ریختاری اسپورهای اولیه (ریچاردسون، ۱۹۹۶) با استفاده از تصاویر الکترونی و نوری: موتاد (a، c و d) و تتراد (e، f و g و h) از مناطق مختلف دنیا و a و c از شهرستان و b و d تا l از ایران

پی‌نوشت‌ها

1. Bryophyte 2. Charophyte 3. Coleochaetales 4. Charales 5. Cryptospores 6. Llanvirnian 7. Morphological 8. Monad 9. Dyad 10. Tetrad 11. Bryophyte-like 12. Steemans et al 13. Traverse 14. Edwards 15. Wellman & Gray 16. Rubinstein et al 17. Moczydlowska Ka et al 18. Rothwell et al 19. Campanis pharea gigantea 20. Vulvocales 21. Kongligiphylon erecta 22. Ding et al 23. Yuan Xun-lai et al 24. Embryophyte 25. Karol et al 26. Qui et al 27. Magallon et al 28. Strother 29. Naked 30. Envelope-enclosed 31. Ashgill 32. Acritarch 33. Laevolanciscus divellomedica 34. Hispidiscus verrucatus 35. Pseudodyadospora petasa 36. segestrespora rugosa 37. Dyadospora murusdensa 38. Cheilotetras caledonica 39. Tetrahedraletes medinensis 40. Rimosotetras problematica



شناسه انفجار آتش فشانی

هوبارت کینگ
ترجمه: فرخ بزرگر

کلیدواژه‌ها: شناسه انفجار آتش فشانی، فوران آتش فشانی، تواتر فوران‌های بزرگ، پرتابه

سنجش قدرت رویدادهای طبیعی همیشه چاشنی فراروی دانشمندان دست‌اندرکار طبیعت بوده است و از همین رو، مقیاس بزرگای ریشتر^۱ برای تخمین میزان انرژی رها شده از يك زمین لرزه و مقیاس سفیر-سیمپسون^۲ برای برآورد توانایی آبر توفان‌ها^۳ و مقیاس فوجیتا^۴ برای رتبه‌بندی شدت گردبادها^۵ تدوین و در این موارد به کار گرفته می‌شود. این مقیاس‌ها، سنجه‌هایی (معیارهایی) بسیار ارزشمند برای مقایسه رویدادهای گوناگون درك ما از میزان زیان ناشی از این رویدادهای متفاوت به حساب می‌آید.

در همین پیوند، اندازه‌گیری قدرت انفجار آتش‌فشان‌ها نیز نکته‌ای بسیار مهم‌تر از جمع‌آوری داده‌های مربوط به سرعت باد یا اندازه‌گیری حرکت زمین به کمک دستگاه‌هاست.

نخستین ویژگی فورانی مورد استفاده برای تعیین «شناسه»، حجم مواد آذرآواری فوران و خارج شده از آتش‌فشان است. این مواد شامل خاکستر آتش‌فشانی، تفرها، روانه‌های آذرآواری و دیگر انواع پرتابه‌هستند

اندازه‌گیری فوران‌های آتش‌فشانی

برای اندازه‌گیری این فوران‌ها، دو دانشمند آمریکایی به نام‌های کریس نیوهال^۶ از سازمان زمین‌شناسی آمریکا و استیفن سلف^۷ از دانشگاه هاوایی در سال ۱۹۸۲ شناسه انفجار آتش‌فشانی^۸ را پدید آوردند که یک مقیاس نسبی است و به کمک آن می‌توان فوران‌های انفجاری آتش‌فشان‌ها را با هم مقایسه کرد. این نوآوری کاری بسیار ارزشمند است، زیرا هم می‌تواند برای فوران‌های عهد حاضر، که اغلب دانشمندان مشاهده می‌کنند و هم برای فوران‌های تاریخی، که حتی هزاران سال پیش روی داده‌اند، به کار برده شود.

درجه‌بندی در مقیاس شناسه با عدد صفر شروع می‌شود و این عدد برای فورانی است که میزان حجم پرتابه آن کمتر از ۰/۰۰۱ کیلومتر مکعب باشد. بدیهی است که بیشتر این فوران‌ها از نظر اندازه بسیار کوچک‌اند و برخی از آن‌ها، بیشتر از آن که انفجاری باشند، برون‌ریز هستند

نخستین ویژگی فورانی مورد استفاده برای تعیین «شناسه»، حجم مواد آذرآوری^۹ فوران خارج شده از آتش‌فشان است. این مواد شامل خاکستر آتش‌فشانی، تفرها^{۱۰}، روانه‌های آذرآوری و دیگر انواع پرتابه^{۱۱} هستند. فرازای (ارتفاع) ستون فورانی و مدت زمان فوران نیز از دیگر نکاتی است که برای تعیین درجه شناسه یک فوران باید در نظر گرفت (شکل ۱). در این شکل نمودار نشان دهنده در پیوند با شناسه انفجار آتش‌فشانی ارائه شده است. در شکل ۲ نیز نوع دیگری از نمودارهای متداول در

مورد شناسه آمده است که در آن حجم فوران به شکل کره ارائه می‌شود و آن را اصطلاحاً «توپ فورانی»^{۱۲} می‌خوانند. درجه‌بندی در مقیاس شناسه با عدد صفر شروع می‌شود و این عدد برای فورانی است که میزان حجم پرتابه آن کمتر از ۰/۰۰۱ کیلومتر مکعب باشد. بدیهی است که بیشتر این فوران‌ها از نظر اندازه بسیار کوچک‌اند و برخی از آن‌ها، بیشتر از آن که انفجاری^{۱۳} باشند، برون‌ریز^{۱۴} هستند. این فوران‌های برون‌ریز با جاری شدن روانه^{۱۵} از تنوره^{۱۶} آتش‌فشان، به جای پرتاب شدن پرتابه‌ها از آن، مشخص می‌شوند.

فوران‌ها در صورتی دارای شناسه درجه ۱ خواهند بود که حجم پرتابه آن‌ها بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۱ کیلومتر مکعب باشد. مقادیر بیشتر از «۱» دارای مقیاس لگاریتمی است که به‌طور طبیعی به معنای ۱۰ برابر شدن مقدار (حجم) پرتابه به ازای هر درجه افزایش خواهد بود. با این یادآوری، منظور از شناسه با درجه ۲، فورانی است که بتواند بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ کیلومتر مکعب پرتابه تولید کند و شناسه دارای درجه ۸ حاکی از آن است که حجم پرتابه یک میلیون برابر انفجار فورانی دارای درجه شناسه ۲ است (شکل ۳). گفتنی است نظر به اینکه در هر درجه از شناسه حجم مواد پرتابه ده برابر می‌شود، لذا تفاوت بسیاری بین اندازه فوران در حد پایین و بالای یک درجه وجود خواهد داشت و بنابراین برای آن که نشان داده شود فوران نزدیک به حد بالای یک درجه است در کنار درجه شناسه علامت (+) را نیز می‌نویسند تا خواننده بدین‌سان آگاه شود که فوران در محدوده حد بالای درجه بوده است.

فوران‌های با درجه شناسه ۸ کدام‌اند؟

تاکنون پنجاه فوران به دلیل آن که سبب تولید شگفت‌آور حجم پرتابه‌ای برابر ۱۰۰۰ کیلومتر مکعب یا بیشتر شده‌اند، در درجه شناسه ۸ رده‌بندی شده‌اند و این به معنای آن است که پرتابه از ابعادی برابر ۱۰ کیلومتر درازا، ۱۰ کیلومتر پهنا و ۱۰

کیلومتر ژرفا برخوردار بوده است. فوران با درجه شناسه ۸ بیشترین حجم پرتابه در فوران موسوم به واوا اسپرینگ^{۱۷} روی داد که امروزه گستره ایالت آیداهو را تشکیل می‌دهد و حدود ۳۰ میلیون سال پیش رخ داده بوده است. برآوردهای به‌دست آمده نشان می‌دهد که در این فوران - که باید حدود یک هفته به درازا کشیده شده باشد - حجم پرتابه‌های تولید شده به ۵۵۰۰ کیلومتر مکعب رسیده است.

تواتر فوران‌های بزرگ

همانند همه رویدادهای طبیعی، فوران آتش‌فشانی کوچک هم بسیار متداول و به‌همین‌سان فوران‌های بزرگ بسیار نادر است. نتایج داده‌های گردآوری شده در سازمان زمین‌شناسی آمریکا تواتر نسبی فوران‌ها را در درجات متفاوت شناسه در جدول زیر نشان می‌دهد.

تواتر فوران‌ها در شناسه‌های انفجارهای آتش‌فشانی

درجه شناسه	تواتر
۰	متداول
۱	متداول
۲	ده‌ها در سال
۳	چند فوران در سال
۴	ده‌ها در دهه
۵	یک فوران در هر دهه
۶	چند فوران در هر قرن
۷	چند فوران در هر هزاره
۸	دو فوران در هر یک‌صد هزار سال

ستبرای خاکستر در فاصله ۱۶ کیلومتری

درجه شناسه	ستبر
۰	هیچ
۱	غبارزایی
۲	چند سانتی‌متر
۳	چندین سانتی‌متر
۴	چند ده سانتی‌متر
۵	حدود نیم متر
۶	حدود ۳ متر
۷	حداقل چندین متر

هنگامی که يك فوران انفجاری روی می دهد، پرتابه بانبروی انفجار و به كمك باد پخش می شود. در این رویداد معمولاً و به طور تپييك، ستبرای فوران در نزدیکی منبع تولید، بیشترین مقدار است و با افزایش فاصله كمتر (نازك تر) می شود. با استفاده از مشاهدات دوره معاصر، پژوهشگران با تهیه گزارش از ستبرای فوران در مكان ها و فواصل مختلف نقشه می توانند منحنی های هم ستبرای (هم ضخامت) خاکستر آتش فشانی را ترسیم و با استفاده از این داده ها حجم پرتابه را برآورد کنند

داشته است، ولی شواهد آن را باید در میان رویدادهای زمین شناسی دیرینه جست و جو کرد. به راستی اگر چنین فورانی و با این عظمت در آینده روی دهد، تهدید سترگی برای حیات روی کره زمین به حساب خواهد آمد.

یا در يك جزیره دوردست، که دارای فاصله زیادی از سرزمین اصلی است، روی دهد، بسیار مشکل خواهد بود. در چنین شرایطی، اندازه پرتابه ناشی از فوران و مدت آن همراه با داده های مربوط به نهشتن خاکسترها برای تعیین درجه بندی شناسه، مورد استفاده قرار می گیرد.

همین مشکل در برآورد بهنگام محاسبه حجم فوران های کهن و دیرینه نیز وجود دارد، زیرا پرتابه ها به آسانی فرسایش می یابند و اغلب با مواد جوان تر پوشیده می شوند و تنها چاره در این شرایط برآورد بهینه بر مبنای دانش و تجربه است. در هنگامی که تعیین درجه شناسه مشکل باشد، معمولاً با افزودن يك علامت سؤال در کنار عدد مربوط، غیردقیق بودن عدد را نشان می دهند.

دلیل توقف شناسه در درجه ۸

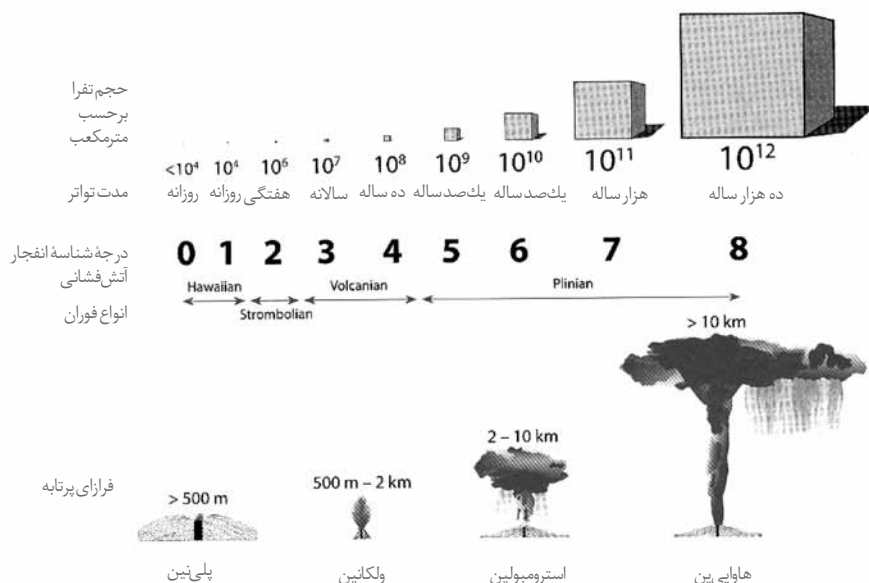
انتخاب گسترده ترین فوران انفجاری که تاکنون ثبت شده نمونه آن ها در آتش فشان توبا^{۲۱} (شکل ۳) و یلوستون^{۲۲} روی داده است. ولی اگر این نکته دانسته شود که کره زمین می تواند انفجاری آتش فشانی به قدرت ۱۰۰۰۰ کیلومتر مکعب پرتابه نیز تولید کند، در آن صورت باید درجه شناسه ۹ را نیز به این درجه بندی افزود. البته ممکن است دلایل رویداد چنین فورانی وجود هم

همان گونه که مشاهده می شود تواتر فوران در درجات متفاوت شناسه (از داده های مربوط به «برنامه آتش فشان های جهان»^{۱۸} مؤسسه اسمیت سونین^{۱۹} از فوران های روی داده بین ده هزار سال پیش تا سال ۱۹۹۴ میلادی) در این جدول به طور خلاصه ارائه شده است.

برآورد حجم پرتابه ها

هنگامی که يك فوران انفجاری روی می دهد، پرتابه بانبروی انفجار و به كمك باد پخش می شود. در این رویداد معمولاً و به طور نمونه، ستبرای فوران در نزدیکی منبع تولید، بیشترین مقدار است و با افزایش فاصله كمتر (نازك تر) می شود. با استفاده از مشاهدات دوره معاصر، پژوهشگران با تهیه گزارش از ستبرای فوران در مكان ها و فواصل مختلف نقشه می توانند منحنی های هم ستبرای (هم ضخامت) خاکستر آتش فشانی را ترسیم و با استفاده از این داده ها حجم پرتابه را برآورد کنند.

اگرچه در جدول زیر ستبرای خاکستر آتش فشانی^{۲۰} در ۱۶ کیلومتری محل رویداد و میزان تقریبی آن در درجات مختلف شناسه انفجار آتش فشان ها ارائه شده است، ولی باید این نکته را هم یادآور شد که انجام برآورد دقیق ستبرای هنگامی که فوران در نقطه دور از دسترس



پی‌نوشت‌ها

1. Richter Magnitude Scale
2. Saffir-Simpson
3. Hurricanes
4. Fujita
5. Tornadoes
6. Chris Newhall
7. Stephen Self
8. Volcanic Explosivity Index (VEI)

برای آگاهی یا بازخوانی این مقیاس، به فصلنامه شماره ۵۰، دوره ۱۳، شماره ۱، پاییز ۱۳۸۶، صفحات ۴۳ تا ۴۷ مراجعه کنید. در مورد مقیاس فوجیتا و مقیاس بوفرت (Beaufort) نوشتارهایی در شماره‌های آینده منتشر خواهد شد.

9. Pyroclastic
10. Tephra
11. Ejecta
12. Eruption ball
13. Explosive
14. Effusive
15. Lava
16. Vent
17. Wahwah Spring
18. Global Volcanoes Program
19. Smithsonian Institute
20. Ash
21. Toba
22. Yellowstone



شکل ۲: توپ فورانی برای نشان دادن حجم فوران و مقایسه آن‌ها

تاکنون پنجاه فوران به دلیل آن که سبب تولید شگفت‌آور حجم پرتابه‌ای برابر ۱۰۰۰ کیلومتر مکعب یا بیشتر شده‌اند، درجه‌شناسه ۸ رده‌بندی شده‌اند و این به معنای آن است که پرتابه از ابعادی برابر ۱۰ کیلومتر درازا، ۱۰ کیلومتر پهنا و ۱۰ کیلومتر ژرفا برخوردار بوده است



شکل ۳: نگاره‌ای از ابر فورانی آتش فشان ریدایت در شبه قاره کنای. این فوران از ۱۴ دسامبر ۱۹۸۹ تا ژوئن ۱۹۹۰ ادامه داشت. این فوران از نظر حجم پرتابه دارای درجه‌شناسه ۳ است. حال تصور کنید که در آتش فشان توبا که فوران آن ۱۰۰۰۰ (ده هزار) برابر از این انفجار فورانی شدیدتر است، حجم پرتابه تا چه حد بزرگ خواهد بود!!



ژئومیتولوژی

پیمان کریمی سلطانی

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه رازی کرمانشاه

چکیده

زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی بر جامعه، تمدن و تنوع فرهنگی تأثیرگذارند. در گذشته انسان‌ها روابط نزدیکی با محیط طبیعی خود داشتند و در راه تلاش برای شناخت و درک چشم‌اندازها و فرایندها از اسطوره، داستان و افسانه‌ها کمک می‌گرفتند. پدیده‌های زمین‌شناختی گاه ریخت‌های ویژه با رویدادهای اسرارآمیز (از دیدگاه مردم عادی) را هویدا می‌سازند که دست‌مایه مردم برای ساخت داستان‌ها و اسطوره‌ها و شکل‌گیری باورهای ماندگار می‌شوند. پرداختن به این موضوع و شناخت این گونه اسطوره‌ها و باورها در مقوله‌ای نوین به اسم «ژئومیتولوژی» مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مقاله مفهوم ژئومیتولوژی تشریح شده و نگاه و رویکرد به مباحث ژئومیتولوژی در برخی از کشورها مورد بررسی قرار گرفته است. کندوکاو اندیشمندانه و جست‌وجوگرانه انسان‌ها برای پی بردن به نحوه عملکرد و شکل‌گیری برخی از پدیده‌های زمین‌شناسی و ناتوانی در پاسخ‌گویی و جواب قانع‌کننده به این پدیده‌ها و عملکرد آنها باعث روی آوردن به اسطوره‌ها شده و در بسیاری از موارد باورها و اعتقادات نادرستی را در بین عامه مردم و خرده‌فرهنگ‌ها رواج داده است. در برخی از کشورها و در بسیاری از موارد، با استفاده از ژئومیتولوژی، تاریخچه تحول و شکل‌گیری پدیده‌های زمین‌شناسی و هم‌چنین برخی از منابع معدنی کشف و اثبات شده است.

کلیدواژه‌ها: ژئومیتولوژی، پدیده‌های زمین‌شناسی، اشکال ژئومورفولوژی، اسطوره، باورهای نادرست

مقدمه

تاریخ کره زمین، سنگ‌ها، کانی‌ها، فسیل‌ها و شکل طبیعی زمین در گذر زمان، از یک سو بخش اصلی دنیای طبیعی ما را تشکیل می‌دهند و از سوی دیگر، ما را به طور غیرمستقیم به تکامل حیات، پیشرفت فرهنگی و حرکت به سوی پیشرفت بشریت می‌کشانند. زمین‌شناسی و چشم‌اندازهای زمین‌شناختی بستر طبیعت را تشکیل می‌دهند و بر جامعه، تمدن و تنوع فرهنگی تأثیر اساسی دارند. [نکوی صدری و حاج علیلو، ۱۳۹۰: ۱] [۹]. در گذشته انسان‌ها روابط نزدیکی با محیط طبیعی خود داشتند و در راه تلاش برای شناخت و درک چشم‌اندازها و فرایندها از اسطوره، داستان و افسانه کمک گرفته‌اند. استفاده از نام‌هایی همچون شیطان، اژدها و جن برای

دره‌ها، کوه‌ها و غارها را می‌توان در نقاط مختلف کره زمین و در فرهنگ‌های گوناگون مشاهده کرد. علاوه بر این، انسان سعی کرده است فرایندها و فرم‌ها را بر اساس درک خود از طبیعت تشریح کند. نام‌های به کاررفته برای عناصر غیرزنده طبیعت در چارچوب زمین‌شناسی فرهنگی قرار می‌گیرند. بخشی از فرهنگ مربوط به پدیده‌های زمین‌شناسی با اعتقادات مذهبی مردم و متافیزیک ارتباط دارد. بعضی از این نام‌ها برای عناصر نسبتاً استاتیک (مانند کوه‌ها)، فرایندهای دینامیک (مانند چشمه‌های تراورتن‌ساز) و فسیل استفاده شده‌اند. تعدادی از نام‌های اسطوره‌ها و داستان‌ها، اطلاعات بارزشی را درباره زمین‌لرزه‌ها، سونامی‌ها، سیل‌ها و غیره ارائه می‌دهند و داده‌های

مهمی را برای درک تاریخ زمین‌شناسی، روند تحولات پیکرشناسی و تغییرات اقلیمی فراهم می‌کنند [خوش‌رفتار، ۱۳۸۹: ۲۱۱] [۳].

ارزیابی مفاهیم ذاتی در کارکردی اجتماعی اگر محال نباشد، امری سخت و دشوار است. ارزش ذاتی معمولاً به عنوان معیاری ذهنی فرض شده و برای توصیف مشکل است. در سایر معیارها همچون معیار اجتماعی، درک اهمیت پدیده‌های زمین‌شناسی با ارزش‌های اجتماعی عجین می‌شود. برای مثال در فولکلور و ادبیات عامه پیدایی و ارزش پدیده‌ها با موهومات، سنن و باورها پیوند می‌یابند [ژئومیتولوژی] (موحد، ۱۳۹۱: ۴) [۸].

با وجود تنوع پدیده‌های زمین‌شناسی و اشکال ژئومورفولوژیکی موجود در ایران، که برخی از آن‌ها سبب

شکل‌گیری باورها و اعتقادات ریشه‌داری در بین برخی افراد شده، این مسئله کمتر از سوی زمین‌شناسان و جغرافی‌دانان مورد بررسی قرار گرفته و تنها از سوی اساتید و دانشجویان زبان و ادبیات فارسی پژوهش‌هایی در این زمینه صورت پذیرفته است. از این رو مقاله حاضر کوشیده است تا به بررسی مفاهیم و ریشه‌های ژئومیتولوژی بپردازد و نگاهی گذرا به ژئومیتولوژی در برخی از کشورها داشته باشد.

ژئومیتولوژی و مفاهیم آن

پدیده‌های زمین‌شناختی گاه ریخت‌های ویژه با رویدادهای اسرارآمیز (از دیدگاه مردم عادی) را هویدا می‌سازد که دست‌مایه مردم برای ساخت داستان‌ها و اسطوره‌ها و شکل‌گیری باورهایی ماندگار می‌شود. پرداختن به این موضوع و



بخشی از فرهنگ مربوط به پدیده‌های
زمین‌شناسی با اعتقادات مذهبی مردم و
متافیزیک ارتباط دارد. بعضی از این نام‌ها برای
عناصر نسبتاً استاتیک (مانند کوه‌ها)، فرایندهای
دینامیک (مانند چشمه‌های تراورتن ساز) و فسیل
استفاده شده‌اند. تعدادی از نام‌های اسطوره‌ها و
داستان‌ها، اطلاعات باارزشی را درباره زمین‌لرزه‌ها،
سونامی‌ها، سیل‌ها و غیره ارائه می‌دهند و
داده‌های مهمی را برای درک تاریخ زمین‌شناسی،
روند تحولات پیکرشناسی و تغییرات اقلیمی
فراهم می‌کنند

شناخت این گونه اسطوره‌ها
و باورها در مقوله‌ای نوین به
اسم «ژئومیتولوژی»^۱ مورد
بررسی قرار می‌گیرد. اصطلاح
ژئومیتولوژی را اولین بار
دوروتی ویتالیانو^۲ در سال
۱۹۶۸ به کار گرفت. [۱۶]
دارد، ژئومیتولوژی دانسته‌اند
[۵]

در کتاب واژه‌نامه



ژئومیتولوژی در سایر کشورها

ژئومیتولوژی در منابع و مجلات علمی خارجی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. شاید بتوان یونان را در این زمینه پیشرو دانست. در اغلب پژوهش‌های صورت گرفته در این کشور، سعی در بررسی و انطباق یافته‌های زمین‌شناسی، جغرافیایی و فیزیکی عصر حاضر با افسانه‌ها و باورهای شکل گرفته در یونان باستان شده و میزان انطباق و ارتباط منطقی یا غیرمنطقی بین آن‌ها را مورد بحث و بررسی قرار داده‌اند. برای مثال تنوچاریس و ماریولاکوس^۴ (۲۰۱۰) در پژوهشی به بررسی تحول ژئومورفولوژی و جغرافیای دیرین رودخانه آسوپوس^۵ در یونان پرداخته و سپس نتایج حاصل از یافته‌های خویش را با باورهای رایج در مورد تحول اشکال رودخانه مقایسه کرده و بخش اعظم باورهای شکل گرفته در صدها سال گذشته در مورد تحول ژئومورفولوژی اشکال این رودخانه را منطقی دانسته‌اند. کلندنون^۶ (۲۰۰۹) در پژوهشی به بررسی هیدرولوژی کارست در مسیر رودخانه‌های کارستی آرکادیا و آرکولیس^۷ در افسانه‌های قدیمی یونان پرداخته است. وی در این مقاله افسانه‌ها و باورهای مرتبط با آب را با عنوان «هیدرومیتولوژی» از ژئومیتولوژی تفکیک کرده است. در این مقاله سعی شده است تا به بررسی و ارتباط اشکال کارستی موجود در مسیر این دو رودخانه با افسانه‌ها و باورهای قدیمی

گفته (به معنای ستاره افتاده) می‌گویند، ریخت فرسایشی ویژه‌ای دارد و آکنده از ستون‌های نوک‌تیز باقی‌مانده از فرسایش است. مردم بر این باورند که در عهد باستان یک ستاره به داخل این دره فرو افتاده و خاک و سنگ را به هوا پرتاب کرده و این خاک و سنگ در همان حالت سخت شده و باقی‌مانده است. ریخت‌شناسی ناشی از عملکرد زمین‌ساخت و فرسایش در کوه‌های نزدیک بزرگراه کرج- قزوین در منطقه آبیگ از دوردست پیکره زنی را مجسم می‌سازد که چشم به جاده دارد. رانندگانی که همواره از این مسیر رد می‌شوند، می‌گویند این زن همسریک راننده است که انتظار بازگشت شوهرش را می‌کشد [امری کاظمی، ۱۳۹۰] [۲].

در منطقه قروه امام‌زاده‌ای به نام باباگرگر با شمشیر خود یک اژدها را به سنگ تبدیل کرده است. این اژدها یک توده تراورتن نواری شکل و پیچ‌خورده است که روی سطح بالایی آن یک شیار طولی وجود دارد و جای برخورد شمشیر را تداعی می‌کند. در همین منطقه، دهانه‌ای در نزدیکی چشمه معدنی وجود دارد که گازهای زیرزمینی از آن خارج می‌شوند. اهالی در دل خود نیت یا نذری می‌کنند و دهانه را با پارچه و دیگر مواد می‌بندند، پس از مدتی فشار گاز پارچه‌ها و دیگر مواد را با صدایی بلند به هوا پرتاب می‌کند. برخی از مردم باور دارند که هرچه صدا بلندتر باشد امکان پذیرفته شدن نیت یا نذر آن شخص بیشتر است.

سنگ آدم (آدم داشی به زبان آذری) به گونه‌ای از دودکش‌های جن گفته می‌شود که بدن‌های استوانه‌ای شکل و سری کروی دارند و شبیه بدن انسان‌اند. در میان مردم بومی، باورها و داستان‌هایی برای این گونه ریخت‌ها وجود دارد، از جمله اینکه یک انسان گناه‌کار به عذاب خدا دچار شده و سنگ شده است. هفت تخته‌سنگ ایستاده در مسیر جاده چالوس با داستانی مشابه به نام هفت‌برادران معروف شده‌اند، کوه عقاب در تفت و چین اژدها در گرمسار از دیگر نمونه‌های معروف در این زمینه هستند. در منطقه تخت سلیمان، یک چشمه تراورتن‌ساز خشکیده که اکنون یک تپه مخروطی توخالی و خوفناک است. به نام زندان سلیمان و یک دیواره دراز پیچ‌خورده از تراورتن^۲ به اژدهای سلیمان مشهور شده‌اند. آتش‌فشان‌های دماوند و سبلان از ارزش‌های اسطوره‌ای زیادی برخوردارند تا اندازه‌ای که از دماوند در بسیاری جاها به عنوان نماد ایران استفاده می‌شود.

از دماوند در آثار جاودانه شاعران و نویسندگان ایران نیز بارها یاد شده است. آتش‌فشان مزاحم در نزدیکی شهر بابک به دلیل خروج آزاردهنده بخارهای گوگردی از آن و دودزایی، به این نام خوانده شده است. یکی دیگر از نمونه‌های جالب در دره ستاره‌های جزیره قشم دیده می‌شود. دره ستاره‌ها که مردم محلی به آن استاره

با وجود تنوع پدیده‌های زمین‌شناسی و اشکال ژئومورفولوژیکی موجود در ایران، که برخی از آن‌ها سبب شکل‌گیری باورها و اعتقادات ریشه‌داری در بین برخی افراد شده، این مسئله کمتر از سوی زمین‌شناسان و جغرافی دانان مورد بررسی قرار گرفته و تنها از سوی اساتید و دانشجویان زبان و ادبیات فارسی پژوهش‌هایی در این زمینه صورت پذیرفته است

پرداخته شود و بیشتر روی چشمه‌های کارستی و چاله‌های فرونشسته تأکید شده است. چشمه‌ها بسیار مقدس و به خدایان نسبت داده شده‌اند و از دولین‌ها و چاله‌های فرونشسته به عنوان نماد شر استفاده شده است.

در استرالیا نیز به نظر می‌رسد که بیشتر پژوهش‌های در این زمینه پیرامون عقاید، فرهنگ قوی و باورهای آبورجینال‌ها (ساکنان اولیه و بومیان استرالیا) صورت می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین مثال‌ها برای تشریح ژئومیتولوژی در استرالیا بیان داستان‌هایی از فوران آتش‌فشان‌هاست که در چند نقطه این کشور بیش از ده هزار سال قبل در کراترهای دریاچه‌ای کوئینزلند^{۱۱} روی داده است [۱۱]. بعدها در فعالیت‌های علمی صورت گرفته و بررسی سیلت و کراترهای جنگل‌های بارانی کوئینزلند، وقوع آتش‌فشان‌های مهیب در ۷۶۰۰ هزار سال قبل تأیید شد [۱۲].

داستان‌ها و افسانه‌های عامیانه سوئسی با توجه به موقعیت جغرافیایی و کوهستانی این کشور بیشتر به پدیده‌های طبیعی موجود در کوهستان‌های این کشور برمی‌گردند و به‌ندرت به یک قله کوه، صخره، غار، رودخانه، دریاچه و بالاخره یک قصر یا قلعه برمی‌خورید که افسانه مخصوص به خود را داشته باشد (آنتوان دووزان^{۱۱}، ۱۳۸۲: ۱).

واقعیت این است که در سطح کشورمان با وجود تنوع اقوام، قومیت‌ها و فرهنگ‌ها، تاکنون کارهای پژوهشی زیادی در این زمینه صورت نگرفته است و تنها

محققان رشته زبان و ادبیات فارسی آن هم با توجه ویژه به اساطیر و اسطوره‌ها، کارهای ارزشمند و فراوانی در این زمینه انجام داده‌اند و به‌نوعی کم‌کاری‌ها را جبران کرده‌اند. اما پژوهش‌های موجود که تنها با تأکید بر ژئومیتولوژی باشد از انگلستان دو دست فراتر نمی‌رود. در یکی از این پژوهش‌ها مهرشاهی (۱۳۷۹) به تشریح نظریات مختلف درباره علل پیدایش زیارتگاه‌های زرتشتیان در استان یزد پرداخته و چهار نظریه را در این زمینه مطرح کرده است. وی در تشریح معروف‌ترین نظریه بیان می‌دارد که هنگام فرار یزدگرد سوم از دست اعراب، دختران بزرگ و ندیمه‌هایشان وقتی به کوه‌های میان عقدا و اردکان پناه می‌برند، در این کوه‌ها به گونه‌ای معجزه‌آسا از نظر ناپدید یا در دل کوه مدفون می‌شوند و بدین ترتیب شرافتشان حفظ می‌شود. معروف‌ترین این دختران یا احتمالاً زن یزدگرد سوم است که به بانوی پارس یا پارس‌بانو معروف است. پیرزمان قدیمی معتقد بودند تا مدت‌ها حتی تکه‌ای رنگین از پیراهن این بانو که به سنگ تبدیل شده بود، در این مکان دیده می‌شده است. در بازدید محلی به جز کنگلومرای رنگین چیزی مشاهده نمی‌شود و شاید این همان چیزی باشد که در گذشته باقی‌مانده پیراهن آن بانو تلقی می‌شده است.

اسطوره

اسطوره‌شناسی یکی از شاخه‌های انسان‌شناسی فرهنگی^{۱۲} از آغاز قرن هجدهم میلادی مورد توجه

تاریخ‌نگاران و مردم‌شناسان بوده است. نخستین کسانی که به اسطوره‌شناسی توجه کردند، فلاسفه سده‌های سوم و دوم پیش از میلاد بودند. اوهمر^{۱۳} (۳۳۰ - ۲۶۰ پ. م) مکتب تاریخی اوهمریسم^{۱۴} را بنیان گذارد؛ مکتبی که ریشه تاریخی برای روایات اساطیری قائل است. ویکو^{۱۵} در آغاز سده نوزدهم به تحقیق جدی پیرامون مباحث اساطیری پرداخت و همه جنبه‌های منطقی، ماوراءالطبیعی، اقتصادی، سیاسی، فیزیکی و جغرافیایی دوره باستان را به اسطوره پیوند زد و درک خود را از تلفیق ایدئولوژیک جوامع ابتدایی نشان داد [۱۴].

اسطوره بافتی منسجم از روایات سنتی و مقدس است که در جوامع ابتدایی بشر باور و اعتقاد قلمداد می‌شده است. اسطوره‌های هر ملتی حاوی سنت‌هایی درباره خالق هستی، خدایان، انسان و خویش‌کاری ایشان است. با کمی کنکاش در اساطیر ملل مختلف می‌توان نتیجه گرفت بسیاری از شخصیت‌هایی که در حماسه‌های ملی، موقعیت و ویژگی‌های مخصوص به خود دارند، در زمان‌های دوردست اسطوره‌هایی بوده‌اند که بعدها از سوی مردم به دلیل نیازهای جوامع تاریخی رنگ حماسه و حتی واقعیت به خود گرفته‌اند. تعداد زیادی از این قهرمانان حماسی، زمانی در عرصه وسیع آسمان‌ها ایزدانی خاص بوده‌اند که هریک حوزه محدودی از این کیهان پرشگفت را در سیطره خود داشته‌اند، اما در تحول و گذر زمان به هیئت موجودی زمینی درآمده‌اند [۶].

ک. روتون^{۱۶} در کتاب

ژئومیتولوژی بررسی
علت و معلولی سنن
شفاهی فرهنگ‌ها قبل
از مرحله علمی است
که به تشریح پدیده‌های
علوم زمین مانند
آتش‌فشان‌ها، زمین‌لرزه‌ها،
سیل‌ها، فسیل‌ها و
سایر اشکال طبیعی
چشم‌اندازهای پردازد.
در واقع، ژئومیتولوژی
تفسیر زمین‌شناسی
اسطوره‌هاست



[۳].

از زبان راهنمایان غار در هنگام بازدید از غارهای ایران شنید. نمونه‌های یادشده نشانگر این هستند که مردم پیوسته با طبیعت و زمین ارتباطی عمیق و ذاتی دارند و بسیاری از پدیده‌های آن را در فرهنگ خود جای داده‌اند. این موضوع اهمیت توجه به ژئومیتولوژی در معرفی و گسترش ژئوپارک‌ها را مشخص می‌سازد [۲].

به‌طورکلی می‌توان برای درک ژئومیتولوژی مدل زیر را ایجاد کرد. بر اساس این مدل، انسان زمانی که از درک و تفسیر پدیده‌های زمین‌شناسی و اشکال ژئومورفولوژی عاجز می‌ماند اقدام به ساخت اسطوره می‌کند و در ساخت اسطوره‌ها به تدریج باورها و عقاید نادرستی نیز شکل می‌گیرند.

نمونه‌های بسیار زیاد و جالبی از این دست در سراسر ایران به چشم می‌خورند که همگی به شکلی با پدیده‌های زمین‌شناختی در ارتباط‌اند. این نمونه‌ها می‌توانند در موضوع آثار فرهنگی ژئوتوریسم مورد استفاده قرار گیرند. یکی از کاربردهای جالب در این زمینه، ریشه‌یابی نام مکان‌ها و ارتباط ویژه آن با یک پدیده زمین‌شناختی است. مرتضی مؤمن‌زاده کار جالب و همه‌جانبه‌ای در این زمینه به انجام رسانده و مجموعه نام مکان‌هایی را که کلمه «زر» یا «طلا» در خود دارند، گردآوری کرده و به این نتیجه رسیده که در بسیاری از موارد، معدن یا نشانه‌هایی از طلا در آن مکان وجود داشته است. وی در واقع، سرخ‌هایی با ماهیت فرهنگی را برای اکتشاف مورد استفاده قرار داده است. گوناگونی فراوان در غارنهیشته‌ها، اسامی گوناگونی را برای ریخت‌های این غارنهیشته‌ها به همراه داشته است. پای فیل، پنجه شیر، سر یوزپلنگ، عروس و داماد، هشت‌پا، بودا، نخل سوخته و بسیاری از اسامی دیگر را می‌توان

اسطوره در مطلبی با عنوان «اساطیر به مثابه دانش طبیعی» به بررسی نقش سیاره زمین در شکل‌گیری اساطیر می‌پردازد و بیان می‌دارد بر اساس این نظریه اساطیر عصر بت‌پرستی را باید تمثیلی از فرایندهای طبیعی روی زمین دانست و به نقل از هولباخ^{۱۷} چنین می‌نویسد «این‌گونه بود سرچشمه اساطیر. می‌توان گفت که اسطوره دختر فلسفه طبیعی بود که جامه شعر پوشیده و تنها مقدر بود که طبیعت و اجزای آن را وصف کند.»

نتیجه‌گیری

اشکال زمین‌شناسی و تغییرات زیست‌محیطی سبب شد تا انسان اندیشمند برای درک این پدیده و تغییرات، اسطوره‌هایی بسازد. ژئومیتولوژی بررسی علت و معلولی سنن شفاهی فرهنگ‌ها قبل از مرحله علمی است که به تشریح پدیده‌های علوم زمین مانند آتش‌فشان‌ها، زمین‌لرزه‌ها، سیل‌ها، فسیل‌ها و سایر اشکال طبیعی چشم‌اندازها می‌پردازد. در واقع، ژئومیتولوژی تفسیر زمین‌شناسی اسطوره‌هاست



شکل ۱: مدل شکل‌گیری ژئومیتولوژی

هفت تخته سنگ ایستاده در مسیر جادهٔ
چالوس با داستانی مشابه به نام هفت برادران
معروف شده‌اند، کوه عقاب در نفت و چین
از دهادر گرمسار از دیگر نمونه‌های معروف در
این زمینه هستند. در منطقهٔ تخت سلیمان،
یک چشمه تر اورتن ساز خشکیده که اکنون یک
تیّه مخروطی تو خالی و خوفناک است. به نام
زندانی سلیمان و یک دیوارهٔ دراز پیچ خورده از
تراورتن به ازدهای سلیمان مشهور شده‌اند.

پی‌نوشت‌ها

«بررسی علل پیدایش و اهمیت
زیارتگاه‌های زرتشتیان در یزد»، فصلنامه
تحقیقات جغرافیایی، بهار و تابستان،
شماره ۵۷-۵۶، صص ۱۱۷-۱۰۲.
۸. موحد، عطا (۱۳۹۱)، «میراث
زمین‌شناسی و توسعهٔ زمین‌گردشگری
در ایران»، نخستین همایش میراث
زمین‌شناختی ایران، تهران: سازمان
زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۹. نکوئی‌صدر، بهرام و حاجیلو، بهزاد
(۱۳۹۰)، ژئوتوریسم، انتشارات دانشگاه
پیام نور، تهران.

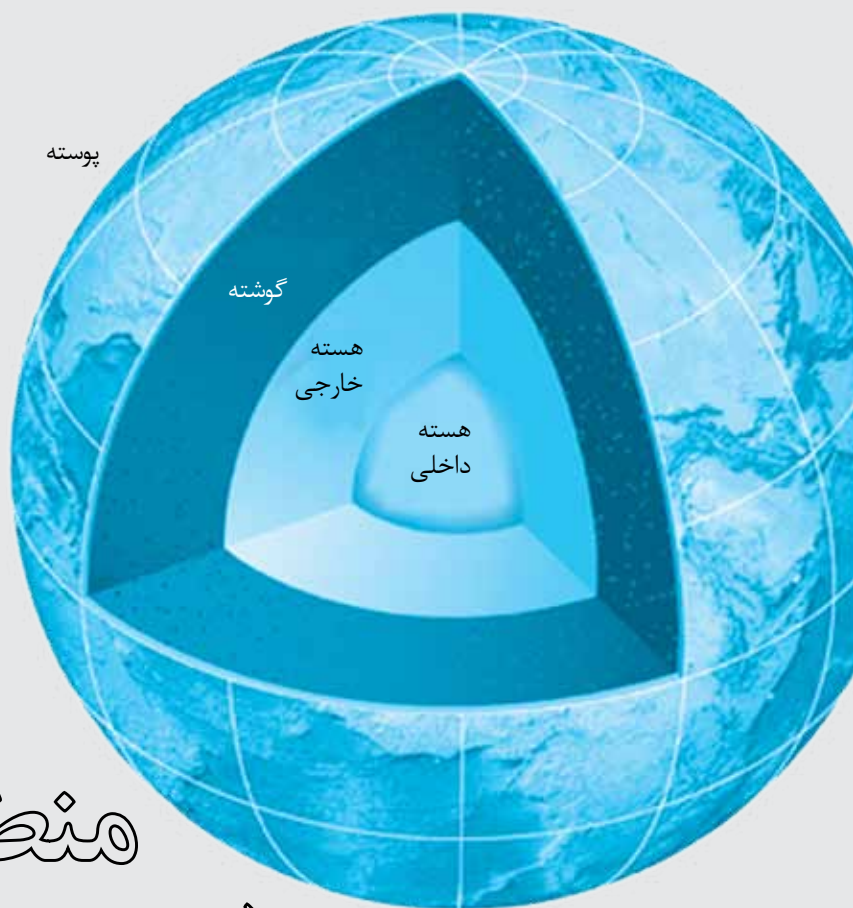
10. Clendenon, Cindy (2009),
"Karst Hydrology In Ancient
Myths From Arcadia and Argolis,
Greece", Acta Carsologica. NO
38/1, PP: 145 - 154.
11. Dixon, Robert M. W.(1972),
*The Dyrirbal Language of North
Queensland*. Cambridge Univer-
sity Press.
12. Hamacher, Duane W. and Ray
p. Norris (2011), "Australian Abo-
riginal Geomorphology: Eyewit-
ness Accounts of Cosmic Impacts?
Archaeoastronomy", The Journal
of Astronomy in Culture.
13. Mariolagos I and Theocharis
D(2010), "Geomorphological Ap-
proach of Asopos River (Aegina,
Greece)", Bulletin of the Geologi-
cal Society of Greece, Proceedings
of the 12 th International Con-
gress, pp.821 - 828.
14. Meletinsky, Eleazar M (2000),
The Poetics of Myth, New York,
London: Routledge.
15. Minorsky, V. (1986), "AHL
- I HAKK" H. A. R. Gibb and
other. Encyclopaedia of islam",
NEW Edition. Vol. I. Leiden, E. J.
BRILL. PP. 260 - 263.
16. Piccardi, L and W. B. Masse
(eds), 2007. Myth and Geology.
Geological Society Special Lon-
don.
17. Piccardi, Luigi Et Al (2008),
"Scent of a myth: tectonics, geo-
chemistry and geomorphology at
Delphi (Greece)", Journal of the
Geological Society, London, Vol.
165. pp. 5-18. Printed in Great
Britain.

1. Geomorphology
2. Dorothy vitaliano
3. Teravertine
4. Theocharis and Mariolagos
5. Asopos
6. Clendenon
7. Arcadia and Argolis
8. Doline
9. Aborigines
10. Queensland
11. Antoine Duooinis
12. Cultural Anthropology
13. Evhemere
14. Evhemerism
15. Vico
16. K. K. Ruthven
17. Halbwachs

منابع

۱. آنتوان دووازن، راجر (۱۳۸۲)،
داستان‌ها و افسانه‌های سوتیسی،
ترجمهٔ شهین‌دخت رئیس‌زاده، چاپ
دوم، تهران: انتشارات علمی و فرهنگی.
۲. امری کاظمی، علیرضا
(۱۳۹۱)، «افسانه‌ها و اسطوره‌ها در
زمین‌گردشگری»، سایت سازمان
زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۳. خوش‌رفتار، رضا (۱۳۹۰)،
«ژئومیتولوژی: علوم زمین و فرهنگ
شفاهی، نمونه‌هایی از شمال غرب
ایران»، فصلنامهٔ فضای جغرافیایی، سال
یازدهم، شماره ۳۶، صص ۲۳۴-۲۱۱.
۴. روتون، ک (۱۳۸۱)، اسطوره، ترجمهٔ
ابوالقاسم اسماعیل‌پور، چاپ دوم،
تهران: نشر مرکز.
۵. عامری، علی و پرویز غضنفری
(۱۳۸۰)، واژه‌نامهٔ جامع زمین‌شناسی،
چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تبریز.
۶. فتحی، سید سلام (۱۳۹۲)، «بررسی
تحلیلی-تطبیقی سیاهوش در اساطیر و
مقایسهٔ آن با اسطوره‌های ملی دیگر»،
اولین همایش ملی گردشگری، جغرافیا
و محیط‌زیست پایدار، دانشکدهٔ شهید
فتح، همدان.
۷. مهرشاهی، داریوش (۱۳۷۹)،

یکی از مهم‌ترین مثال‌ها برای
تشریح ژئومیتولوژی در استرالیا بیان
داستان‌هایی از فوران آتش فشان‌هاست
که در چند نقطهٔ این کشور بیش از ده هزار
سال قبل در کراترهای دریاچه‌ای کوئینزلند
روی داده است



منطقه گذر گوشته (ناپیوستگی تحولی)

بابک مستوفی زاده

کارشناس ارشد زمین شناسی، دبیر منطقه ۲ تهران

اشاره

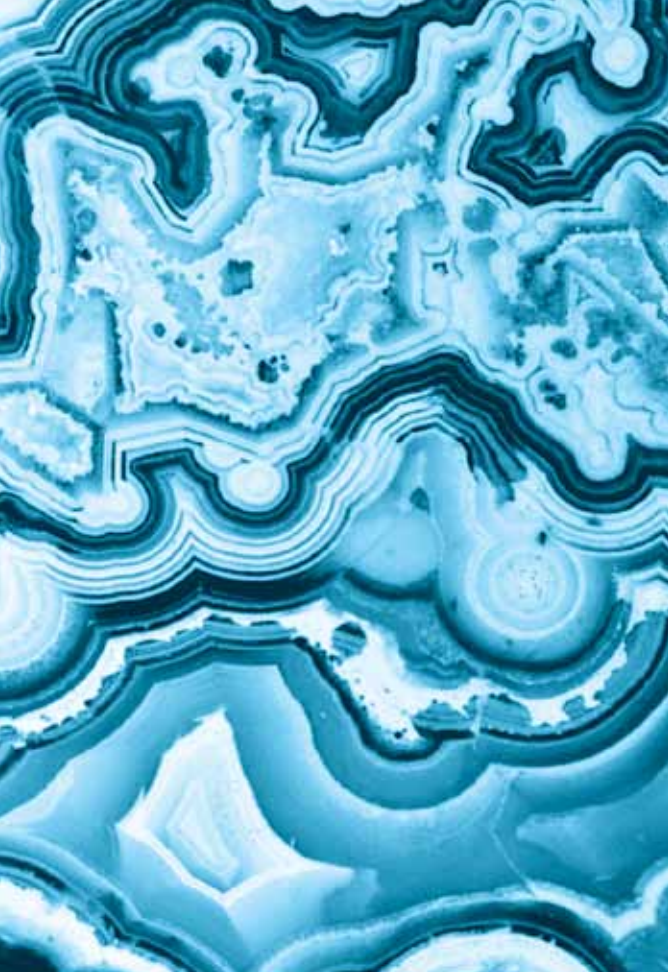
در فصل ۲ کتاب علوم زمین سال چهارم در بررسی ساختار زمین در ناحیه گوشته اشاره ای کوتاه به دو ناپیوستگی لرزه ای در گوشته شده است، که در این نوشتار به طور مشروح به آن پرداخته می شود.

چکیده

رسیدن به نقطه ای از فشار و دما در اعماق گوشته، شرایطی را برای کانی های تشکیل دهنده گوشته به وجود می آورد که در جریان آن، کانی ها برای رسیدن به یک تعادل ترمودینامیکی متحمل تغییراتی

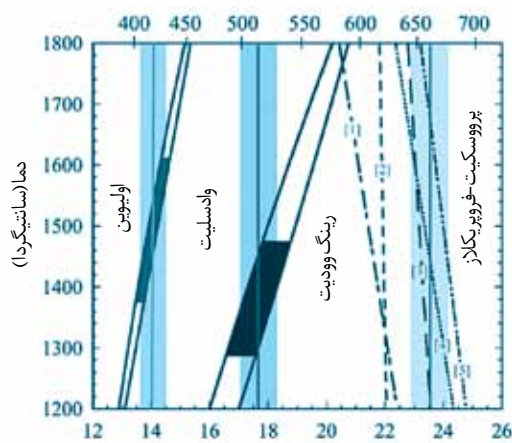
به تغییرات فازی مربوط می شوند که در آن ساختار اتمی الیوین به ساختارهای متراکمتری تبدیل می شود. ظهور این ناپیوستگی ها باعث شده است که گوشته به دو بخش با جریان های همرفتی مشخص در نظر گرفته شود. منطقه تحولی گوشته توقفگاه موقت برخی از صفحات پایین رونده است قبل از آنکه بتوانند وارد بخش زیرین گوشته شوند. صفحات پایین رونده و تنوره های داغ بالا آمده از مرز هسته - گوشته در برخورد با مرزهای ناحیه تحولی متحمل تغییرات فاز می شوند و این امر باعث جابه جایی

در حجم و چگالی، ابتدا در عمق تقریبی ۴۰۰ و سپس ۶۶۰ کیلومتری می شوند که نتیجه آن افزایش ناگهانی در سرعت امواج لرزه ای در این دو موقعیت است. در همین راستا مشاهده کانون زمین لرزه های عمیق در دو موقعیت عمقی فوق حاکی از این امر است که در درجه اول فرایندهایی در جهت افزایش تراکم در این اعماق رخ داده اند و در درجه دوم نفوذ و یکپارچگی صفحات فروزانده شده تا این عمق از گوشته را می توان انتظار داشت. مطالعات تجربی در سیستم های فشار بالا نشان می دهند که این گونه تحولات



به طوری که شیب نمودار فشار-دما مثبت است و به همین دلیل این مرز با ویژگی اگزوترمیک مشخص می شود، شکل (۲).

ژرفا (کیلومتر)



شکل ۲: نمودار فشار-دما. در این نمودار، مرزهای تغییر فاز الیون به ساختارهای اسپینل (وازلیت و رینگودیت) و در نهایت به پرووسکیت و وسنیت (پریکلاز) نشان داده شده است. نوارهای عمومی تیره رنگ، محدوده تغییر فازهای مربوط را نشان می دهند. خطوط شیب دار پیوسته و ناپیوسته، مرزهای تغییر فاز را نشان می دهند، به جهت شیب این خطوط توجه شود.

در ادامه، با افزایش فشار (۱۸ گیگاپاسکال و عمق تقریبی ۵۰۰ km) تغییر فازی به شکل تبدیل الیون

و سپس در عمق تقریبی ۶۶۰ کیلومتری مواجه می شوند (شکل ۱). منطقه محصور شده بین این دو عمق در اثر آن، را منطقه گذر^۱ یا تحولی گوشته می نامند. این تغییر نتیجه افزایش چگالی حاصل از فشار بالا در این اعماق است که در اثر آن، کانی های تشکیل دهنده این نواحی در اثر تغییر فاز جامد - جامد به ساختار پایدارتری تبدیل می شوند.

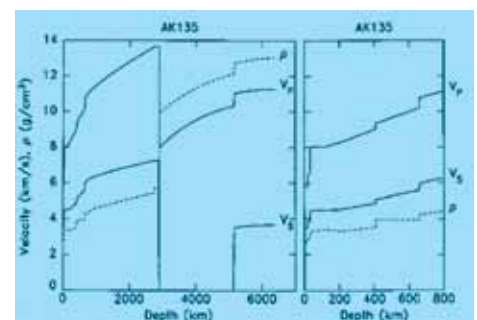
تغییرات در ساختار کانی های گوشته از آنجا که گوشته متشکل از لرزولیت با ترکیب الیون، گارنت و پیروکسن است، با افزایش فشار در این منطقه تغییراتی در این کانی ها رخ می دهد. مطالعات تجربی انجام شده در شرایط فشار ۱۴ گیگاپاسکال و دمای ۱۲۰۰ °C روی سیستم های مشابه گوشته، حاکی از این موضوع است که کانی الیون معمولی (آلفا فورستریت) با چگالی 3.2 g/cm^3 به فورستریتی با ساختار متراکم تر (بتا فورستریت یا وازلیت^۲) و شبیه به اسپینل تبدیل می شود که حدود ۸ درصد چگال تر از الیون آلفا (الیون در فشار یک اتمسفر) است. این تحول که در عمق تقریبی ۴۰۰ کیلومتری روی می دهد همراه با آزاد شدن گرماس

در عمق تغییر فاز خواهد شد. صفحات فرورانده شده و تنوره های گوشته در تلاش برای عبور از مرز زیرین ناحیه تحولی با نیروهایی بازدارنده مواجه می شوند.

کلیدواژه ها: منطقه گذر، ناحیه تحولی، تغییر فاز، الیون، اسپینل، ماژوریت، پرووسکیت، اگزوترمیک، آندوترمیک، صفحات فرورانشی، تنوره ها

تغییر در سرعت امواج لرزه ای

سرعت امواج لرزه ای در جریان عبور خود از درون گوشته با دو افزایش ناگهانی، ابتدا در عمق ۴۰۰ کیلومتری



شکل ۱: تغییرات چگالی و سرعت امواج P و S با عمق؛ به افزایش این کمیت ها در دو موقعیت ۴۰۰ و ۶۶۰ کیلومتری توجه شود.

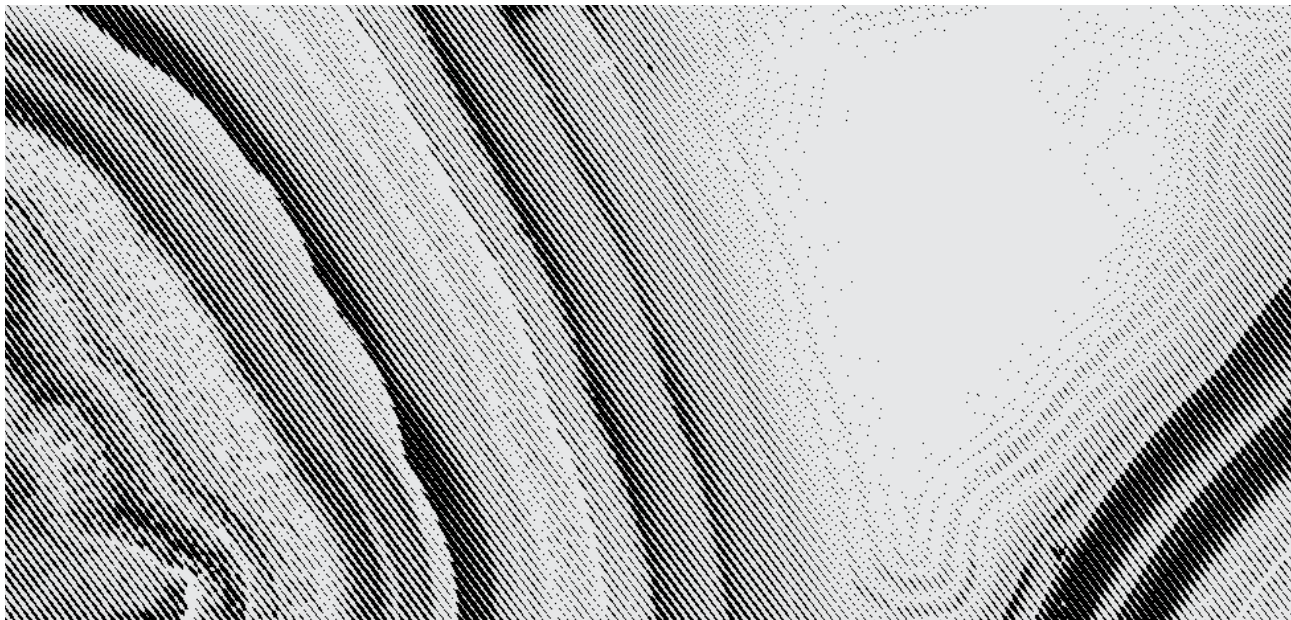
رسیدن به نقطه‌ای از فشار و دما در اعماق گوشته، شرایطی را برای کانی‌های تشکیل‌دهنده گوشته به وجود می‌آورد که در جریان آن، کانی‌ها برای رسیدن به یک تعادل ترمودینامیکی متحمل تغییراتی در حجم و چگالی، ابتدا در عمق تقریبی ۴۰۰ و سپس ۶۶۰ کیلومتری می‌شوند که نتیجه آن افزایش ناگهانی در سرعت امواج لرزه‌ای در این دو موقعیت است

بتا به الیوین یا فورستريت نوع گاما (رینگوودیت)^۲ اتفاق می‌افتد که با افزایش ۲ درصدی در چگالی همراه است. به هر حال تغییر فاز مهم‌تری که سطح ناپیوستگی لرزه‌ای دوم (تحتانی) را به وجود می‌آورد در عمق ۶۶۰ km و در فشار ۲۵ گیگاپاسکال رخ می‌دهد که در جریان آن، فورستريت نوع گاما به ساختار متراکم‌تر پرووسکیت^۴ با ترکیب $MgSiO_3$ همراه با وستیت^۵ ($Mg, Fe O$) تغییر می‌یابد. پرووسکیت فراوان‌ترین کانی در زمین به حساب می‌آید. این ترکیب ۱۱/۵ درصد چگال‌تر از رینگوودیت و ۲۳ درصد چگال‌تر از الیوین معمولی است. ساختار پرووسکیت به شکل مکعبی است که در آن Si^{4+} در مرکز و Mg^{2+} و Fe^{2+} در گوشه‌ها و ۶ یون اکسیژن، که هر یک از آن‌ها پیوند مشترکی را با مکعب‌های مجاور خود برقرار می‌سازند، در مراکز وجوه جانبی واقع شده‌اند. در فرایند تراکم الیوین و تغییر آن به پرووسکیت، مازاد Mg خارج شده از این فرایند به وستیت تبدیل می‌شود. نسبت حجمی پرووسکیت به وستیت ۳ به ۱ است.

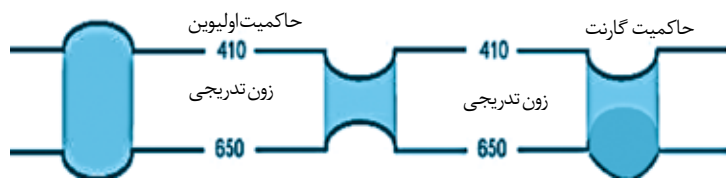
بعد از الیوین، دیگر کانی گوشته، گارنت است. این کانی محلول جامدی را با نوعی گارنت به نام ماژوریت^۶ تشکیل می‌دهد. این مجموعه در تمام محدوده منطقه تحولی پایدار می‌ماند، ولی در ناپیوستگی ۶۶۰ کیلومتری ساختار پرووسکیت در آن ظاهر می‌شود. این عمل در یک دامنه فشار ۲۲ الی ۲۶ گیگاپاسکال رخ می‌دهد. کلینوپیروکسن هم در عمق ۶۶۰ کیلومتری به پرووسکیت تغییر می‌یابد. تمام این تغییرات با جذب گرما همراه اند به طوری که شیب نمودار فشار-دما در آن‌ها منفی است (شکل ۲) و به همین دلیل این مرز با ویژگی اندوترمیک مشخص می‌شود. خلاصه تغییرات رخ داده در طول ناحیه تحولی به صورت زیر است:

بنابراین بخشی از گوشته با یک سد حرارتی که مبنای آن تغییرات فاز بیان شده در فوق است به دو بخش فوقانی (با چگالی کمتر) و بخش زیرین (با چگالی بیشتر) تقسیم می‌شود. ظهور چنین سدی روی مدل جریان‌های همرفتی در محیط جامد گوشته تأثیر می‌گذارد و باعث برقراری دو ناحیه با جریان‌های

مرز فوقانی	${}^2SiO_4(Mg, Fe) = {}^2SiO_4(Mg, Fe)$ (۴۰۰ km)	تغییر فاز الیوین به اسپینل (O-S)
	پرووسکیت الیوین	
	${}^2SiO_4(Mg, Fe) = {}^2SiO_4(Mg, Fe)$ (۵۲۰ km)	
	ringwoodite Wadsleyite	
مرز تحتانی	${}^2SiO_4(Mg, Fe) = {}^2SiO_4(Mg, Fe) + (O + Mg, Fe)SiO_3$ (۶۶۰-۷۰۰ km)	تغییر فاز اسپینل به پرووسکیت (S-P)
	پرووسکیت ماگنزیوسنیت رینگ وودیت	



آن به پرووسکیت به شکلی است که برخلاف تغییر فاز S-P در عمق بیشتر رخ می‌دهد (شکل ۳). این شرایط باعث بروز شناوری منفی خواهد شد و مانع از عبور تنوره حرارتی از منطقه گذر می‌شود و مواد تشکیل‌دهنده تنوره در زیر مرز تحتانی گسترش جانبی پیدا می‌کنند. ارزیابی‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهند تنوره‌ها، که از مرز هسته-گوشته به طرف بالا صعود می‌کنند، در صورتی که شعاع قسمت سر تنوره بیش از ۱۰۰ کیلومتر باشد امکان عبور از این مرز برای آن‌ها



شکل ۳. تغییر ضخامت منطقه گذر گوشته به دلیل عمق تغییرات فاز؛ شکل سمت چپ، افزایش ضخامت در محل عبور صفحات، شکل میانی، کاهش ضخامت در رژیم‌های حرارتی بالا به علت صعود تنوره‌ها و شکل سمت راست، افزایش ضخامت در مرز ۶۶۰ کیلومتری را در شرایط تغییر فاز حاکم مربوط به گارنت نشان می‌دهد.

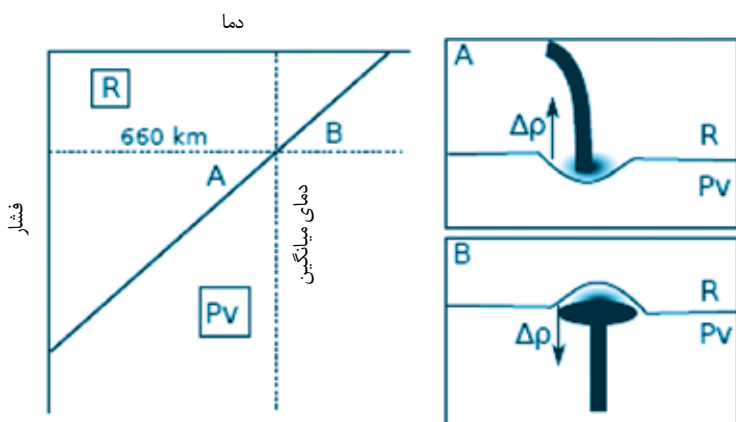
صعود تنوره‌ها ضخامت کمتری خواهد داشت.

باید توجه داشت که اگر فاز غالب گارنت مائوریت باشد، فرایند تغییر فاز

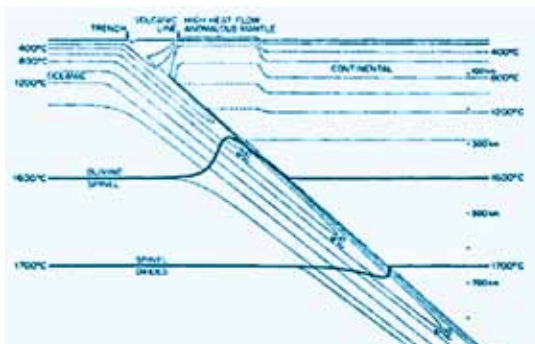
همرفتی مستقل می‌شود.

عبور صفحات فرورونده و تنوره‌های بالاآمده از گوشته تحتانی در ناحیه تحولی مواد تشکیل‌دهنده صفحات سرد اقیانوسی فرورانده شده و نیز تنوره‌های بالاآمده از مرز هسته-گوشته در عبور خود از منطقه گذر گوشته نیز متحمل تغییرات فاز می‌شوند.

حضور صفحات سرد پایین‌رونده و همچنین تنوره‌های داغ صعودکننده ناهمگونی‌های حرارتی موضعی را در گوشته ایجاد می‌کنند و این امر روی شرایط تعادلی کانی‌ها که در فرایند تغییر فاز شرکت کرده‌اند، تأثیر خواهد گذاشت. از آنجا که حضور تنوره‌ها افزایش موضعی دما را به دنبال دارد و از طرفی چون مرز تغییر فاز الیوین به اسپینل (O-S) در عمق ۴۰۰ کیلومتری و در نمودار P-T شیب مثبت دارد (افزایش فشار با افزایش دما)، در نتیجه موقعیت تغییر فاز O-S در داخل تنوره با عمق بیشتر (فشار بیشتر) جابه‌جا می‌شود، ولی تأثیر این افزایش موضعی دما در مرز ۶۶۰ کیلومتری (تغییر فاز S-P، اسپینل به پرووسکیت) با توجه به شیب منفی مرز تغییر فاز در نمودار P-T (کاهش فشار با افزایش دما) آن است که عمق تغییر فاز S-P را کاهش دهد. بنابراین منطقه گذر گوشته در محل



شکل ۴. راست: بخش A انحراف مرز تغییر فاز رینگوودیت (R) به پرووسکیت (Pv) به طرف عمق بیشتر در اثر کاهش دما در محل برخورد صفحات سرد پایین‌رونده را نشان می‌دهد که نتیجه آن ایجاد اختلاف چگالی ($\Delta\rho$) مثبت است (تولید شناوری رو به بالا). بخش B انحراف مرز تغییر فاز پرووسکیت به رینگوودیت به طرف عمق کمتر در اثر افزایش دما در محل برخورد تنوره‌های داغ به مرز تحتانی را نشان می‌دهد که نتیجه آن ایجاد اختلاف چگالی ($\Delta\rho$) منفی است (تولید شناوری رو به پایین).



چپ: تغییر منحنی‌های هم‌دما در محدوده منطقه گذر در محل عبور صفحات پایین‌رونده.



وجود خواهد داشت، در غیر این صورت در زیر این ناحیه به طور جانبی گسترش می‌یابد و دو جریان مخالف در رأس گوشته تحتانی برای مدت طولانی برقرار خواهد شد. همچنین انتشار حرارتی از تنورهایی که دمای اضافی 350°C را نسبت به گوشته دربرگیرنده خود داشته باشند باعث عبور آن‌ها از این مرز می‌شود. از آنجا که حضور صفحات اقیانوسی پایین‌رونده، رژیم‌های حرارتی پایینی را در گوشته برقرار می‌سازند، فرایند تغییر فاز کانی‌های تشکیل دهنده آن‌ها در مرز فوقانی منطقه گذر به عمق کمتر و در مرز تحتانی به عمق بیشتر متمایل می‌شود. این شرایط به ترتیب باعث بروز شناوری منفی (جریان رو به پایین) و شناوری مثبت (جریان رو به بالا) خواهد شد که نتیجه این عوامل است: ۱. ضخیم‌تر شدن منطقه گذر در محل عبور صفحات، ۲. ایجاد تنش‌هایی که زمین‌لرزه‌های با عمق کانونی مختلف را در امتداد صفحه فرورونده تشکیل می‌دهند؛ ۳. ضعیف شدن حرکت رو به پایین صفحه و احتمالاً توقف و به دنبال آن گسترش جانبی مواد تشکیل دهنده صفحه در بالای مرز تحتانی (شکل ۴).

موضوع سرنوشت صفحات فرورنده شده به درون گوشته توجه زیادی را در علوم زمین برانگیخته است، زیرا این مقوله ارتباط نزدیکی با چرخه شیمیایی و تحولات حرارتی و دینامیکی سیاره زمین دارد. در این راستا مطالعات ژئوفیزیکی نشان می‌دهند که صفحات فرورنده شده

می‌توانند از ناپیوستگی ۶۶۰ کیلومتری بگذرند و به درون گوشته زیرین نفوذ کنند. جریان مواد تشکیل دهنده صفحه به گوشته زیرین که ممکن است تا مرز هسته-گوشته ادامه یابد به شکل توده‌ای یا بهمن گونه است. با این حال مطالعات توموگرافی لرزه‌ای نشان می‌دهند که برخی از صفحات واقع در گودال‌های جاوا، کوریل، کامچاتکا و ماریانا توانسته‌اند از مرز ۶۶۰ کیلومتری عبور کنند، در حالی که برخی دیگر مانند گودال ژاپن و نیز مناطقی از غرب اقیانوس آرام از مسیر خود منحرف شده و در امتداد این مرز حتی تا ۱۰۰۰ کیلومتر در زیر شرق آسیا گسترده شده‌اند. تغییر فاز ماژوریت به پرووسکیت صفحات فرورنده شده در محل مرز تحتانی ممکن است نقش مهمی را در هدایت صفحه به طرف گوشته زیرین داشته باشد. احتمالاً صفحات سرد فرورنده شده که زمان بیشتری از فرورانش آن‌ها گذشته باشد به دلیل استحکام بیشتر و کامل شدن فرایندهای تغییر فاز که با افزایش چگالی در آن‌ها نیز همراه است، شانس بیشتری را در عبور از این مرز و نفوذ به گوشته زیرین خواهند داشت.

مشخص‌ترین نمونه فرورانشی که به مرز هسته-گوشته می‌رسد مربوط به فرورانش صفحه فارالون^۸ به زیر آمریکای شمالی است. مدل‌های توموگرافی لرزه‌ای حاکی از این امر است که سرعت انتشار امواج لرزه‌ای درون دو بخش فوقانی و تحتانی گوشته یکنواخت نیست و مشاهده

ناهمگونی‌های لرزه‌ای به شکل افزایش موضعی در سرعت امواج لرزه‌ای در دو بعد افقی و عمودی بیانگر حضور و نفوذ صفحات سردتر فرورنده شده حتی به نواحی عمیق‌تر گوشته است. همچنین اندکی از صفحات به ناحیه مرز هسته-گوشته می‌رسند. در عین حال صفحاتی که به این عمق می‌رسند معمولاً پیوستگی و یکپارچگی را که در بخش فوقانی گوشته داشتند، را ندارند. به هر حال در اعماق نواحی فرورانشی ژاپن و حوضه کارائیب، که قدمت بالایی از فرورانش را دارند، صفحات فرورنده شده پیوستگی ممتدی را تا ناحیه مرزی هسته-گوشته نشان می‌دهند. ناهمگونی در ویژگی‌های ژئوشیمیایی به دست آمده از بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB) حاکی از تفاوت در عمق سرچشمه این بازالت‌ها در گوشته است؛ سرچشمه‌ای با مقدار بالای $\text{U}^{238}/\text{Pb}^{204}$ منتهی به مقادیر بالایی از $\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$ ، $\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{204}$ و $\text{Pb}^{208}/\text{Pb}^{204}$ و کمترین مقدار در نسبت $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ در ماگماهای نوع OIB. نسبت‌های بالای Pb بیانگر غنی‌شدگی در U و Th در ناحیه سرچشمه است، در حالی که پایین بودن نسبت‌های Sr حاکی از تخلیه‌شدگی منبع در Rb خواهد بود. صفحه فرورنده شده به اعماق، زمانی سرچشمه مناسب با مقادیر بالای $\text{U}^{238}/\text{Pb}^{204}$ خواهد شد که به اندازه کافی به اعماق گوشته فرورنده شده باشد.

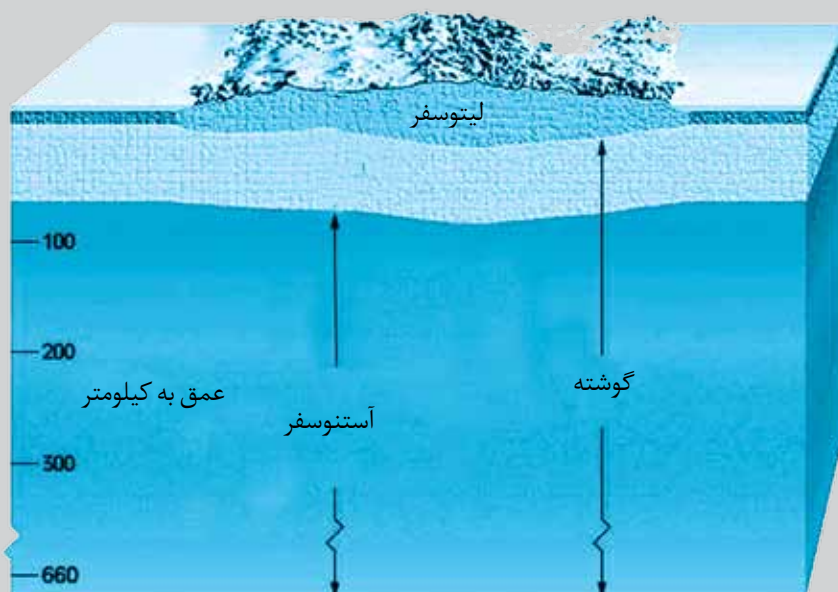
پی‌نوشت‌ها

1. Transition Zone 2. Wadselyite
3. Ringwoodite 4. Perovskite
5. Wustite 6. Majorite
7. Plumes 8. Farallon

منابع

1. Bercovici, D., Schubert, G., and Tackley, P.J. (1993). On the Penetration of the 660 km Phase Change by Mantle Downflows. *Geophys. Res. Lett.* 20, 2599-2602, 1993. Paper no.: 93L7816.
2. Foulger, G.R. (2010). PLATES vs PLUMES. A Geological Controversy. WILEY-BLACKWELL PRESS. P.328.
3. Frost, D.J. (2008). The Upper Mantle and Transition Zone. *ELEMENTS*, V O L . 4 , P P. 171-176
4. Kirby, S.H., Stein, S., and Rubie, D.C. (1996). Metastable Mantle Phase Transformations And Deep Earthquakes In Subducting Oceanic Lithosphere. *Reviews of Geophysics*, 34, 2/ May 1996. pages 261-306. Paper number 96G01050
5. Lay, T. (1994). The Fate Of Descending Slabs. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 1994.22:33-61. Downloaded from www.annualreviews.org by University of California - Santa Cruz on 03/26/13. For personal use only.
6. Poli, S., and Schmidt, M. W. (2002). Petrology of Subducted Slabs. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 2002. 30:207-35 DOI: 10.1146/annurev.earth.30.091201.140550
7. Schubert, G., and Tackley, P.J. (1995). MANTLE DYNAMICS: THE STRONG CONTROL OF THE SPINEL-PEROVSKITE TRANSITION AT A DEPTH OF 660 KM. *J. Geodynamics* Vol. 20, No. 4, pp. 417-428, 1995 Copyright Q 1995 Elsevier Science Ltd
8. Schubert, G., Yuen, D.A., and Turcotte, D.L. (1975). Role of Phase Transitions in a Dynamic Mantle. *Geophys. J. R. astr. SOC.* (1975) 42, 705-735.
9. Tan, E., Gurnis, M., and Han, L. (2002). Slabs in the lower mantle and their modulation of plume formation. *AN ELECTRONIC JOURNAL OF THE EARTH SCIENCES*. Published by AGU and the Geochemical Society. Volume 3, Number 11-16 November 2002. 1067, doi:10.1029/2001GC000238

مشخص‌ترین نمونه‌فرو رانشی که به مرز هسته-گوشته می‌رسد مربوط به فرو رانش صفحه‌فارالون به زیر آمریکای شمالی است. مدل‌های توموگرافی لرزه‌ای حاکی از این امر است که سرعت انتشار امواج لرزه‌ای درون دو بخش فوقانی و تحتانی گوشته یکنواخت نیست و مشاهده ناهمگونی‌های لرزه‌ای به شکل افزایش موضعی در سرعت امواج لرزه‌ای در دو بعد افقی و عمودی بیانگر حضور و نفوذ صفحات سردتر فرو رانده شده حتی به نواحی عمیق‌تر گوشته است



تاریخ مطالعات نجومی در ایران؛ از دیروز تا امروز

بهرروز صاحبزاده

عضو هیئت علمی دانشگاه فرهنگیان، پردیس شهید مطهری، زاهدان

چکیده

ایران، سرزمینی وسیع با توانمندی‌های متنوع انسانی و اقلیمی است. ایرانیان از زمان‌های دور به مطالعه و شناسایی ماه، خورشید و سایر اجرام آسمانی و اختصاصات زمین علاقه‌مند بوده و با ساختن رصدخانه‌ها و ابزارهای مطالعاتی و اکتشافی به کنکاش در ویژگی‌های اجرام آسمانی پرداخته‌اند. یکی از انگیزه‌های ایرانیان قدیم برای مطالعه نجوم، ظهور و گسترش آیین زرتشتی و بعد از آن پذیرش آیین اسلام بوده، زیرا در هر دوی آیین‌ها، موقعیت خورشید و ماه در آسمان، برای انجام مراسم عبادی، جشن‌ها و اعیاد مختلف از اهمیت ویژه برخوردار بود. هر چند که نقش مصریان و یونانیان در پایه‌گذاری و توجه علمی به آسمان انکارناشدنی است، اما با رکود طولانی مدت علمی در جهان غرب در قرون وسطی، مسلمانان و از جمله ایرانیان، بیشتر از غربی‌ها به پیشرفت مطالعات تجربی و توسعه علمی مطالعات نجومی کمک کردند. این مقاله به بررسی برخی از کنجکاوی‌ها، مطالعات و یافته‌های منجمان ایران بزرگ در سده‌های گذشته می‌پردازد.

کلیدواژه‌ها: مطالعات نجومی، منجمان، ایران معاصر



هرچند که نقش مصریان
و یونانیان در پایه‌گذاری
و توجه علمی به آسمان
انکارناشدنی است، اما با
رکود طولانی مدت علمی
در جهان غرب در قرون
وسطی، مسلمانان و از
جمله ایرانیان، بیشتر
از غربی‌ها به پیشرفت
مطالعات تجربی و توسعه
علمی مطالعات نجومی
کمک کردند

کتاب صور الکواکب او
که درباره صور فلکی و
اجرام نجومی نوشته
است، به مراتب از کتاب
المجسطی بطلمیوس
کامل‌تر و دقیق‌تر است



صفحه‌ای از کتاب صور الکواکب صوفی

و از آن برای استخراج تقویم ایام و فصول استفاده می‌شود.

توجه ویژه ایرانیان به اخترشناسی در دوران اسلامی عمدتاً برای تعیین اوقات شرعی بوده که عبادات آن‌ها به آن‌ها بستگی دارد و نیازمند مشاهدات و محاسبات دقیق ستاره‌شناسی است. محققان ایرانی در دوران‌های مختلف به کنجکاوی، مطالعه و کشف در آسمان و اجرام آسمانی پرداخته و با نوشتن گزارش مشاهدات و تدوین کتاب‌های علمی از رصدها و محاسبات خود، منابع ارزشمندی برای جامعه علمی بشر ارائه کردند که بسیاری از آن‌ها پایه‌گذار دانش نوین نجوم در اروپا شد.

رازی صوفی

عبدالرحمان رازی صوفی (۳۶۵ - ۲۸۲ ه ق) به عنوان یکی از نوابغ دنیای نجوم در تاریخ تمدن اسلامی معرفی شده است.

کتاب صور الکواکب او که درباره صور فلکی و اجرام نجومی نوشته است، به مراتب از کتاب المجسطی بطلمیوس کامل‌تر و دقیق‌تر است. صوفی، سحابی‌ها و ستارگان مزدوج را بدون داشتن تلسکوپ، کشف و نظریه بطلمیوس درباره ساختار منظومه شمسی اصلاح کرد. کشف سحابی آندرومدا و سحابی وول پکولا در صورت فلکی روباه و چند سحابی دیگر، که در نقشه سسیو با نام M۳۱ شناخته می‌شوند از کارهای بزرگ وی بوده است. صوفی درباره ابرنواخترها تحقیقات فراوان کرد. او با دقتی فوق العاده، نصف النهار شهر شیراز را محاسبه کرد. در حوالی سال‌های ۳۵۸ ه ق،

مقدمه

زیبایی‌ها، شگفتی‌ها و بنیان‌های عظیم، اما ساده آفرینش آسمان‌ها و زمین، به عنوان جلوه‌هایی از قدرت و حکمت بی‌انتهای الهی همواره جاری و ساری است. داستان نجوم، حکایت آفرینش شگفتی است که خداوند متعال در کتب وحیانی، به‌ویژه در قرآن مجید، عظمت‌ها، زیبایی‌ها و جذابیت‌های آسمان شگفت بر فراز اندیشه آدمی را بیان کرده و آن‌ها را به عنوان منابعی از حکمت، قدرت و عظمت آفریدگار هستی معرفی و به آن‌ها سوگند یاد کرده و آدمی را به دقت و مطالعه در این شگفتی آفرینش، که بی هیچ ستون و پایه‌ای براساس قوانین ساده، اما جهان‌شمول مجموعه‌ای از بی‌نهایت جرم، منظومه، کهکشان، سیاه چاله فضایی و ... را بنا نهاده، دعوت کرده است.

برخی پژوهشگران، چندی از نقوش تخت جمشید، همچون نقش حمله شیر به گاو را که در بسیاری از حجاری‌های تخت جمشید دیده می‌شود، نشانه‌ای از آشنایی سازندگان آن‌ها با اخترشناسی می‌دانند و آن‌ها را به عنوان دو صورت فلکی شناخته‌شده در آن روزگاران معرفی می‌کنند. مطالعات انجام‌شده در جهت‌گیری چهارتاقی‌های به‌جامانده از آتشکده‌های کهن در نقاط مختلف سرزمین پهناور ایران باستان نشان می‌دهد که رابطه‌هایی میان ساختمان آن‌ها و طلوع و غروب جرم‌های آسمانی وجود دارد. با این همه از نتایج مکتوب مطالعات نجومی ایرانیان در دوران پیش از اسلام، به جز کتاب زیج شهریار، سند مکتوبی بر جای نمانده است. زیج، جدولی است که مواضع خورشید، ماه و سیارات در آن ثبت



شعاع زمین به وسیله افت افق، وقتی از ارتفاعات به افق نگاه می‌کنیم، ارائه می‌کند. بعدها در کتاب قانون مسعودی، ابوریحان عملی کردن این روش را به دست خود، گزارش می‌دهد. او یک درجه سطح زمین را ۵۸ میل به دست آورد که با احتساب هر میل عربی ۱۹۷۳/۳ متر، شعاع زمین ۶۵۶۰ کیلومتر (بر حسب واحدهای امروزی) به دست می‌آید که تا حد خوبی به مقدار صحیح آن نزدیک است. او محیط کره زمین را حدود هفت هزار فرسنگ، یعنی چیزی کمتر از ۴۲۰۰۰ کیلومتر محاسبه کرد.

سجری

ابوسعید سجری (سیستانی) (۴۱۴ - ۳۳۰ ه ق) از منجمان مشهور و معاصر ابوریحان بیرونی است. وی محیط کره زمین را با آن چنان استدلال و دقتی محاسبه کرد که با محاسبات کنونی، فقط چند متر اختلاف دارد.

تحقیق کنید

روش ابوسعید در اندازه‌گیری و تعیین محیط کره زمین را بیابید و با رسم شکل، آن را نشان دهید.

در بین منجمان دوره اسلامی، سجری از نخستین کسانی است که به حرکات زمین به گرد خود و به گرد خورشید پی برد و در عمل، عقیده به حرکت وضعی کره زمین را به کار بست.

اسطرلاب

اسطرلاب (که با املاهای مختلف ثبت شده) نام دستگاهی است که اخترشناسان قدیم برای شناسایی و اندازه‌گیری وسعت و محل ستارگان و حل مسائل علمی و نظری نجوم، آن را به کار می‌بردند. این وسیله که قدیمی‌ترین ابزار علمی جهان به‌شمار می‌رود اساساً از اختراعات یونانی‌ها بود ولی ایرانیان آن را گسترش دادند. اسطرلاب انواعی دارد که با نام‌هایی همچون اسطرلاب هلالی، اسطرلاب چلیپایی، اسطرلاب زورقی، اسطرلاب قوسی، اسطرلاب شمالی، اسطرلاب کروی و ... مشخص می‌شود.

اختراع اسطرلاب

نام اسطرلاب از واژه اوستایی «استره‌یاب» به معنای ستاره‌یاب گرفته شده است. در کتاب‌های تاریخ علم، نوشته محققان اروپایی، اختراع اسطرلاب به حکیم یونانی، بطلمیوس (۹۰ - ۱۶۸ میلادی) نسبت داده می‌شود. به تازگی

صوفی نخستین کسی بود که کهکشان آندرومدا و ابرماژلانی بزرگ را به عنوان اجرام غیرستاره‌ای ثبت کرد. جامعه علمی جهان به پاس خدمات وی به دنیای نجوم، نام او را برای نام‌گذاری ده نقطه از کره ماه ثبت کرده‌اند. صوفی یک نمونه کره آسمانی برنجی ساخت که بسیار دقیق بود و اکنون در موزه قاهره نگهداری می‌شود.

بیرونی

محقق، اندیشمند، دانشمند و حکیم بلندآوازه ایرانی، ابوریحان بیرونی (۴۴۰ - ۳۶۲ ه ق)، تحقیقات و تألیفات متعددی در علم نجوم دارد. او هفده ساله بود که ارتفاع نصف النهار خورشیدی را به کمک یک حلقه مدرج اندازه گرفت و خورشیدگرفتگی هشتم آوریل سال ۱۰۱۹ میلادی را در کوه‌های لغمان (افغانستان کنونی) رصد و بررسی کرد. همچنین ماه گرفتگی سپتامبر (شهریور) همین سال را در غزنه، که در آن روزگاران از بخش‌های افغانی سرزمین وسیع ایران بزرگ بود، رصد، مطالعه و گزارش کرد.

ابوریحان بیرونی در کتاب الآثار الباقی عن القرون الخالی (آثار برجای مانده از قرن‌های گذشته) که مهم‌ترین کتاب علمی او در شناخت ادیان و اقوام مختلف به‌شمار می‌رود، اطلاعاتی درباره باورهای اقوام گذشته در علم اخترشناسی ارائه کرده و مبدا تاریخ و گاه‌شماری اقوام مختلف از جمله ایرانی‌ها، یونانی‌ها، یهودی‌ها، مسیحی‌ها، عرب‌های زمان جاهلیت و عرب‌های مسلمان را مورد بحث و بررسی قرار داده است.

قانون مسعودی، دیگر کتابی است که ابوریحان بیرونی در باب نجوم اسلامی در یازده بخش نوشته است. او در این کتاب، بخش‌هایی را به مثلثات کروی و نیز زمین و ابعاد آن و ابعاد خورشید، ماه و سیارات اختصاص داده است.

التفهیم لأوائل صناعی التنجیم، دیگر کتابی است که ابوریحان بیرونی در نجوم و به دوزبان عربی و فارسی نوشته است. این کتاب برای مدت چند قرن، متن کتاب درسی برای تعلیم ریاضیات و نجوم در سطوح عمومی در مکتب‌خانه‌های ایرانی بوده است. ابوریحان بیرونی جهات اصلی شمال و جنوب جغرافیایی کره زمین را با دقت تعریف کرد و به تعیین دقیق عرض و طول جغرافیایی شهرهای مختلف در ایران بزرگ پرداخت. در روزگاری که هنوز حرکات زمین ناشناخته بود، ابوریحان بیرونی به وضوح از گردش زمین به دور خود صحبت کرد. بیرونی در کتاب الاسطرلاب روشی برای محاسبه

مطالعات انجام‌شده

در جهت‌گیری چهارتاقی‌های به‌جامانده از آتشکده‌های کهن در نقاط مختلف

سرزمین پهناور ایران باستان نشان می‌دهد

که رابطه‌هایی میان ساختمان آن‌ها و طلوع و

غروب جرم‌های آسمانی وجود دارد. با این همه از

نتایج مکتوب مطالعات

نجومی ایرانیان در

دوران پیش از اسلام، به

جز کتاب زیج شهریار،

سند مکتوبی بر جای

نمانده است



اسطرلاب و کتاب قانون مسعودی

قدیمی‌ترین اسطرلاب، از رصدخانه زرتشت در منطقه سیستان کشف شده است. ساخت این اسطرلاب به زرتشت پیامبر (۱۷۶۸-۱۶۹۱ قبل از میلاد) که قبل از پیامبری به نجوم در منطقه سیستان می‌پرداخته، نسبت می‌دهند. بعدها، ایرانیان، اسطرلاب را جام‌جم و جام جهان بین خواندند.



نمونه اسطرلاب باستانی

ابوسعید سجزی، که او نیز از ساکنان سیستان بود، به ساخت و تکمیل انواع اسطرلاب پرداخت. خود او، در رساله المدخل إلى علم الهندسی می‌نویسد: «در سیستان ابزار عظیم و مهمی ساخته‌ام؛ مدلی از کل عالم، متشکل از افلاک، جرم‌های آسمانی، مدارهای حرکت آن‌ها و اندازه‌هایشان، مقدار فاصله‌ها و حجم‌های آن‌ها و شکل زمین، اماکن، شهرها، کوه‌ها، دریاها، بیابان‌ها، درون کره‌ای تو خالی و مشبک، آن را «هیئت کل» نامیده‌ام.»

ابوریحان بیرونی (۴۴۰-۳۶۲ ه.ق) در کتاب استیعاب الوجوه الممكنی فی صنعی الاسطرلاب درباره این اسطرلاب می‌گوید: «از ابوسعید سجزی، اسطرلابی از نوع واحد و بسیط دیدم که از شمالی و جنوبی مرکب نبود و آن را اسطرلاب زورقی می‌نامید و او را به جهت اختراع آن اسطرلاب تحسین کردم. چه اختراع آن، متکی بر اصلی است قائم به ذات خود و مبنی بر عقیده مردمی است که زمین را متحرک دانسته و حرکت یومی را به زمین نسبت می‌دهند و نه به کره سماوی. بدون شک این شبهه‌ای است که تحلیلش در نهایت دشواری و قولی است که رفع و ابطالش در کمال صعوبت است. مهندسان و علمای هیئت که اعتماد و استناد ایشان بر خطوط مساحیه (مدارات و نصف النهارات و استوای فلکی و دایرئ البروج) است، در نقض این شبهه و رد آن عقیدت، بسی ناچیز و تهی دست باشند و هرگز دفع آن شبهه را اقامت برهان و تقریر

دلیلی نتوانند نمود؛ زیرا چه حرکت یومی را از زمین بدانند و چه آن را به کره سماوی نسبت دهند، در هر دو حالت، به صنعت آنان زبانی نمی‌رسد.» ابوریحان در این کتاب، علاوه بر اسطرلاب زورقی، از دو نوع اسطرلاب دیگر یاد می‌کند که به وسیله سجزی به شکل‌های ماهی و شقایق دریایی ساخته شده‌اند.

بیرونی در کتاب الاستیعاب لصناعی الاسطرلاب می‌نویسد: «استادم ابی سعید احمد بن عبد الجلیل سجزی اسطرلابی از نوع ساده ساخت که آن را زورقی نام نهاد و من طرح استادم را که طبق اعتقاد او بر حرکت زمین به دور خورشید ساخته شده است، تحسین کردم، زیرا این اسطرلاب براساس این اعتقاد ساخته شد که حرکت دائمی موجود که محسوس می‌شود از خود زمین است نه از دیگر افلاک.»

ساخت و استفاده از این اسطرلاب در مطالعه اجرام سماوی به دست ابوسعید، بر این اصل استوار است که زمین، متحرک است و در محور خود، گرد خود و گرد خورشید می‌چرخد و فلک با آنچه در آن است، به جز کواکب سیاره‌ای هفت‌گانه، ثابت در نظر گرفته شده‌اند. این اندیشه و کار بست، بسیار فراتر از یافته‌های علم نجوم در اروپای قرون وسطی بود. ابوریحان بیرونی به دفعات در کتاب الآثار الباقی عن القرون الخالی از ابوسعید نام برده و در مورد تعیین جهت قبله با وی مکاتبه داشته است. در این کتاب، اسامی ماه‌های تقویم سجستان را که «شیخ سجزی» به وی گفته، ذکر می‌کند.

سجزی کتاب‌های متعدد همچون ترکیب‌الافلاک، المدخل إلى علم أحكام النجوم، المعانی فی أحكام النجوم، الدلائل فی احکام النجوم، المسائل فی أسرار علم النجوم، زرتشت فی صور در جاه الفلک، الاسطرلاب الزورقی و... و رساله‌های گوناگون همچون رساله فی کیفی صنعی الآلات النجومی، فی کیفی صنعی جمع الاسطرلابات، رسالی الاسطرلاب، رسالی فی سمت القبلی، رسالی فی عمل الاسطرلاب و... نوشته و در آن‌ها نتایج رصدها و مطالعات و یافته‌های تجربی و نظرات خود در مورد مسائل مختلف نجومی را به خوبی بیان کرده است.

خیام‌نیشابوری

حکیم عمر خیام نیشابوری (۵۱۷-۴۳۹ ه.ق)، ریاضی‌دان، منجم، شاعر و پزشک ایرانی است که اصلاح گاه‌شماری ایران، یکی از برجسته‌ترین و ماندگارترین کارهای علمی او به شمار می‌رود.

سجزی کتاب‌های متعدد همچون ترکیب‌الافلاک، المدخل إلى علم أحكام النجوم، المعانی فی أحكام النجوم، الدلائل فی احکام النجوم، المسائل فی أسرار علم النجوم، زرتشت فی صور در جاه الفلک، الاسطرلاب الزورقی و... و رساله‌های گوناگون همچون رساله فی کیفی صنعی الآلات النجومی، فی کیفی صنعی جمع الاسطرلابات، رسالی الاسطرلاب، رسالی فی عمل الاسطرلاب و... نوشته و در آن‌ها نتایج رصدها و مطالعات و یافته‌های تجربی و نظرات خود در مورد مسائل مختلف نجومی را به خوبی بیان کرده است



صفحه‌ای از دست‌نوشته‌های سجزی

کشف سحابی آندرومدا
وسحابی وول پکولا
در صورت فلکی روباه
و چند سحابی دیگر،
که در نقشه سسیو
بانام ۳۱ شناخته
می‌شوند از کارهای
بزرگ صوفی بوده است

تقویم خیام و همکاران او حتی از تقویم امروزی مورد استفاده در اروپا، تقویم گریگوری، دقیق‌تر است. به استناد محاسبات انجام شده، در تقویم جلالی، هر ۲۸ هزار سال، یک روز اختلاف زمانی وجود دارد، در صورتی که در تقویم گریگوری (۱۵۸۲ میلادی) که اینک در اروپا مورد استفاده قرار می‌گیرد، هر چهارصد سال، سه روز اشتباه دارد.

یکی از دهانه‌های برخوردی در سطح کره ماه به افتخار این حکیم، عمر خیام نامیده شد و سیارک شماره ۳۰۹۵ نیز، در سال ۱۹۸۰ میلادی، به نام وی، سیارک خیام نام‌گذاری شد.



تصویر ساعت منسوب به خیام

خیام با مطالعه دقیق حرکات زمین، ماه و خورشید در آسمان، با همکاری جمعی از منجمان ایرانی، تقویمی دقیق، معروف به تقویم جلالی را تهیه و تنظیم کرد. او برای این منظور مدار گردش کره زمین به دور خورشید را تا شانزده رقم اعشار محاسبه کرد. سال جلالی از اول بهار (نوروز) آغاز می‌شود و اسامی ماه‌ها همان است که امروزه در ایران از آن‌ها استفاده می‌کنند. در این تقویم، اول سال، روزی است که خورشید بین روز قبل و ظهر آن روز وارد نقطه اعتدال بهاری شود. به همین علت، سال جلالی، تقریباً سه روز با سال حقیقی اختلاف پیدا می‌کند، همیشه با سال حقیقی منطبق است. در تقویم جلالی سال شمسی دارای ۱۲ ماه ۳۰ روزه و ۵ روز اضافی (خمسئ مسترقه) به دنبال ماه دوازدهم است و سال هر چهار سال یک‌بار کبیسه می‌شود که در آن ۵ روز اضافی ۶ روز می‌شود.



نمایی از رصدخانه (در حال ساخت) در نیشابور

خیام با مطالعه دقیق حرکات زمین، ماه و خورشید در آسمان، با همکاری جمعی از منجمان ایرانی، تقویمی دقیق، معروف به تقویم جلالی را تهیه و تنظیم کرد

کاشانی ابزار رصدی
ویژه‌ای را اختراع کرد
و آن را طبق المناطق
نامید و رساله‌ای به نام
نزه الحقائق را در باره
چگونگی کار با این ابزار
رصدی به زبان عربی
در دهم ذی حجه ۸۱۸
قمری مطابق با دهم
فوریه ۱۴۱۶ میلادی
(حدود یک ماه پس از
نگارش رساله شرح آلات
رصد) نوشت

کاشانی در کتاب سَلَمُ السَّمَاء (نردبان آسمان) یا رساله کمالیه به زبان عربی، که آن را در سال ۸۰۹ قمری (۱۴۰۷ میلادی) در کاشان به پایان رساند، از قطر زمین و نیز قطر خورشید، ماه، سیارات، و ستارگان و فاصله آن‌ها از زمین سخن گفته است. او در کتاب مختصر در علم هیئت به فارسی، که آن را در ۸۱۳ قمری برابر با ۱۴۱۰ میلادی یا اندکی پیش از آن نوشت، درباره مدارهای ماه، خورشید، ستارگان، و سیاره‌ها و چگونگی حرکت آن‌ها سخن گفته است.

شرح آلات رصد نام دیگر کتاب کاشانی به زبان فارسی است که در آن به توضیح و تشریح ابزار و آلات رصد و نحوه ساخت و کارکرد آن‌ها می‌پردازد. کاشانی ابزار رصدی ویژه‌ای را اختراع کرد و آن را طَبَقُ الْمَنَاطِق نامید و رساله‌ای به نام نَزْهَ الْحَقَائِق را درباره چگونگی کار با این ابزار رصدی به زبان عربی در دهم ذی الحجه ۸۱۸ قمری مطابق با دهم فوریه ۱۴۱۶ میلادی (حدود یک ماه پس از نگارش رساله شرح آلات رصد) نوشت و در آن شرح داد که چگونه با این دستگاه می‌توان محل ماه و خورشید و پنج سیاره شناخته شده تا آن زمان و نیز فاصله هر یک از آن‌ها را تا زمین و برخی مشخصه‌های سیاره‌ای دیگر آن‌ها را به دست آورد.



طبق المناطق کاشانی

شیخ بهایی

بهاءالدین محمد عاملی مشهور به شیخ بهایی (۱۰۳۰-۹۵۳ ه.ق.) در منطقه جبل عامل لبنان، در سرزمین شامات، به دنیا آمد. در کودکی همراه خانواده خود به ایران آمد و تا پایان عمر در ایران به کسب دانش و ترویج علم پرداخت و در ایران زیست و دار فانی را وداع گفت.

طوسی

خواجه نصیرالدین طوسی در سال ۶۵۶ هجری قمری با همکاران جمعی از دانشمندان ریاضی دان و منجم در شهر مراغه در نزدیکی شهر همدان، رصدخانه‌ای با بیش از دوازده دستگاه و ابزار نجومی که با ابتکار او ساخته شده بودند، بنا کرد. این رصدخانه از شاهکارهای مراکز علمی جهان به‌شمار می‌رود. تیکوبراهه، منجم دانمارکی با تقلید از این رصدخانه، رصدخانه اورانیبرگ (۱۵۷۶ میلادی) را ساخت.

از معروف‌ترین تألیفات خواجه نصیرالدین طوسی در علم نجوم، کتاب‌های زیج ایلخانی و تذکر فی علم الهیئ است. تذکر فی علم الهیئ، کامل‌ترین نقد بر نجوم بطلمیوسی و معرف الگوی ریاضی جدید حرکت سیارات است که در نجوم قرون وسطایی نوشته شد. حدس زده می‌شود که این کتاب از طریق نوشته‌های منجمان بیزانسی به دانشمندان اروپا و به‌ویژه کپرنیک رسیده و زیربنای تازه‌های نجوم کپرنیکی شده است. به پاس خدمات ارزشمند خواجه در نجوم، نام طوسی را بر بخش‌هایی از کره ماه ثبت کرده‌اند.



رصدخانه پراهه، الگو برداری از رصدخانه مراغه

کاشانی

جمشیدبن مسعودبن محمود طبیب کاشانی (۷۹۰-۸۳۲ ق) ملقب به غیاث‌الدین و مشهور به al-kashi فعالیت‌های متعدد تحقیقی-تألیفی در عالم نجوم دارد. نخستین فعالیت علمی کاشانی، رصد خسوف در ۱۲ ذی حجه ۸۰۸ قمری در کاشان است. او در سال ۸۱۳ قمری رساله مختصری به فارسی درباره علم هیئت (کیهان‌شناسی) نوشت و در آن درباره مدارهای ماه، خورشید، ستارگان، و سیاره‌ها و چگونگی حرکت آن‌ها سخن گفت. در سال ۸۱۶ قمری، کتاب نجومی مهم خود یعنی زیج خاقانی را به فارسی نوشت و در آن به تصحیح اشکالات زیج ایلخانی پرداخت.

دکتر رضا منصوری
چهره نام‌آشنای فیزیک
ایران بنیان‌گذار انجمن
فیزیک ایران، مدیر
مسئول و بنیان‌گذار
مجله نجوم، رئیس مرکز
تحقیقات فیزیک نظری
و ریاضیات ایران، عضو
فرهنگستان علوم ایران
و مجری طرح رصدخانه
ملی ایران و استاد
دانشگاه شریف از جمله
دانشمندان زمان حال
علم نجوم ایران است
که بیشتر اوقات خود
را صرف رصد کردن
ستاره‌ها و اجرام سماوی
می‌نماید. در حال حاضر
مجری طرح عظیم رصد
خانه ملی کشور است.



پروفسور محمود حسابی

شیخ بهایی از دانشمندان نامدار قرن دهم و یازدهم هجری در سرزمین ایران است که در دانش‌های فلسفه، منطق، هیئت و ریاضیات تبحر داشت. از شیخ بهایی حدود ۹۵ کتاب و رساله در علوم ریاضی، نجوم، مهندسی، هنر و فیزیک برجای مانده است. او کتاب حدیقه هلالیه شامل تحقیقات و فوائد نجومی ارزنده را در علم هیئت نوشت و سمت قبله مسجد امام اصفهان را به دقت تعیین کرد. به پاس خدمات وی به علم ستاره‌شناسی، یونسکو، سال ۲۰۰۹ میلادی را به نام او، سال نجوم و شیخ بهایی نام‌گذاری کرد.

دوران معاصر

در دوران معاصر، آشنایی ایرانیان با اخترشناسی نوین با ترجمه و چاپ کتاب کامیل فلاماریون (۱۸۴۲-۱۹۲۵) رئیس انجمن ستاره‌شناسی فرانسه با عنوان رساله هیئت جدید به دست عبدالرحیم طالبوف (۱۲۵۰-۱۳۲۸) در سال ۱۳۱۲ هجری شمسی و بعد با چاپ گاهنامه‌های سید جلال طهرانی (۱۲۷۵-۱۳۶۶) آغاز شد. او مجموعه بی‌نظیری از آلات و اسباب نجومی گردآورده بود که آن‌ها را وقف موزه آستان قدس رضوی کرد.

چاپ ترجمه مقالات نجومی تألیف شده در سایر زبان‌ها در نشریات همگانی از سال‌های ۱۳۲۰ هجری شمسی بسیاری از شهروندان علاقه‌مند و تحصیل‌کرده ایرانی را با نجوم به معنای جدید آن، آشنا کرد.

یکی از مشاهیر اختر فیزیک معاصر ایران، پروفسور محمود حسابی (۱۲۸۱-۱۳۷۱ ش) است. وی در دانشگاه تهران، مرکز اتمی، رصدخانه، مؤسسه ژئوفیزیک و... را تأسیس کرد و با این کار به توسعه علم نجوم در ایران همت گمارد. از دیگر محققان علم اخترشناسی می‌توان به دکتر رضا منصوری فیزیک‌دان، مدیر مسئول مجله نجوم، طرح رصدخانه ملی و استاد دانشگاه شریف، دکتر فیروز نادری، رئیس کل مأموریت‌های مریخ سازمان فضایی ناسا، دکتر بهرام مبشر، کارشناس ارشد مؤسسه علوم تلسکوپ فضایی

هابل، دکتر فرهاد یوسف‌زاده، اختر فیزیک‌دان و استاد دانشگاه نوردوسترن آمریکا و دکتر محمد حیدری ملایری، اخترشناس رصدخانه پاریس اشاره کرد.

از سال ۱۳۷۰ ش، ماهنامه علمی نجوم، نخستین نشریه همگانی اخترشناسی ایرانی به شمار می‌رود که در خاورمیانه منتشر شده است. این ماهنامه دارای سایت اینترنتی دوزبانه (فارسی-انگلیسی) به نام nojum.ir است. این سایت مهم‌ترین و پربیننده‌ترین سایت نجوم در خاورمیانه است که آخرین اخبار و اطلاعات نجومی را در خود دارد.

علاوه بر آن، انتشار ماهنامه ستاره‌شناسی ایران با نام ماهنامه آسمان شب با توزیع بین‌المللی در آخرین روزهای سال جهانی نجوم (۲۰۰۹) به صورت رنگی آغاز شده است.

پس از رخداد کسوف ۱۳۷۸ در جهان، که سرزمین ایران بهترین منطقه برای رصد و کنجکاو در آن تعیین شده، تعداد علاقه‌مندان نجوم در کشور بسیار بیشتر از گذشته شد و گروه‌های نجومی مختلف در اقصا نقاط کشور و اغلب به صورت خودجوش، تشکیل شدند.

از اتفاقات مهم پس از کسوف، بالاتر رفتن میزان پخش برنامه‌های تلویزیونی دوبله‌شده خارجی مرتبط با نجوم و فضا بود. مهم‌ترین برنامه نجومی که تاکنون در تلویزیون ایران ساخته شده و پخش آن ادامه دارد، برنامه زنده آسمان شب است. در این برنامه کارشناسان نجوم به صحبت درباره مسائل متنوع نجوم و فضا و آخرین اخبار

اکتشافات فضایی می‌پردازند.

امروزه در کنار آموزش‌های دانشگاهی، ترجمه، تألیف و چاپ کتاب‌ها و مقالات علمی متعدد در مقوله علوم نجومی در نشریات گوناگون در توسعه این علم آسمانی در ایران فعال هستند، انجمن نجوم ایران نیز که تا پیش از سال ۱۳۷۳ هجری شمسی، به عنوان یکی از کمیته‌های انجمن فیزیک ایران فعالیت

به پاس خدمات
شیخ بهایی به علم
ستاره‌شناسی، یونسکو،
سال ۲۰۰۹ میلادی را به
نام او، سال نجوم و شیخ
بهایی نام‌گذاری کرد

پانصد نفر منجم آماتور در قالب بیش از چهل گروه نجومی به فعالیت‌های رصدی در گستره ایران بزرگ مشغول‌اند. اغلب این منجمان را دانشجویان و دانش‌آموزان تشکیل می‌دهند که فعالیت‌های نجومی را در قالب فعالیت‌های درون مدرسه‌ای، دانشگاهی یا به صورت گروه‌های مستقل انجام می‌دهند. منجمان آماتور ایرانی به صورت گروهی به خارج از شهرها و به میان طبیعت‌های بکر و دست‌نخورده می‌روند. آن‌ها به دور از آلودگی‌های مختلف نوری، گرد و غبار، ابرها، آلودگی‌های شهری و صوتی و در سکوت طبیعت به رصد زیباترین جلوه‌های هستی می‌پردازند.

منابع

۱. حسینی، سیدباقر (۱۳۸۰)، علما و دانشمندان سیستان، زابل: انتشارات دانشگاه زابل.
۲. سیدز، مایکل (۱۳۸۵)، اساس ستاره‌شناسی، ترجمه محمدتقی عدالتی. چاپ سوم، مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).
۳. غیاث‌آبادی، رضامرادی (۱۳۷۹)، رصدخانه زرتشت در نیمروز، تهران: انتشارات پژوهنده.
۴. کراپ، ای. سی (۱۳۸۳)، ستاره‌شناسی تمدن‌های کهن، ترجمه یاسمین نیک‌سرشت، شیراز: انتشارات نوید شیراز.
۵. کرامتی، یونس (۱۳۸۰)، کارنامه ایرانیان، (در زمینه نوآوری‌های ریاضیات، نجوم و گاه‌شماری)، تهران: نشر اهل قلم.
۶. معتمدی، اسفندیار (۱۳۸۶)، تاریخ علم در ایران (۲ جلد)، تهران: انتشارات مهاجر.
۷. تللینو، کولر آلفونسو (۱۳۳۹)، تاریخ نجوم اسلامی، ترجمه احمد آرام، تهران: چاپخانه بهمن.
۸. انجمن نجوم ایران
www.asiac.ir

سال مستقل شد، و همچنان به فعالیت خود ادامه می‌دهد.

شاخه آماتوری انجمن نجوم ایران در سال ۱۳۸۱ تشکیل شده است. وظیفه این شاخه، پیگیری و انجام فعالیت‌های نجوم آماتوری در ایران است. برنامه‌های اصلی شاخه آماتوری در طول سال، برگزاری گردهمایی سالانه منجمان آماتور ایران، کارگاه ملی نجوم آماتوری (کنام)، نشست ماهانه باشگاه نجوم و رقابت رصدی ماراتن مسیه است. شاخه آماتوری این انجمن، گروه‌های نجومی را در راه پیشرفت نجوم آماتوری ایران هماهنگی و هدایت می‌کند تا از میان آن‌ها، منجمان علاقه‌مند و حرفه‌ای را شناسایی و پرورش دهد.

تشکیل انجمن‌های آماتوری به دست علاقه‌مندان آسمان و رصد اجرام و پدیده‌های سماوی و انجام مطالعات نجومی، برگزاری گردهمایی و رصد‌های گروهی و ساخت وبلاگ‌های اینترنتی متعدد به دست افراد آماتور علاقه‌مند به علم نجوم از دیگر ابزارهای توسعه و گسترش مطالعات و ارائه اطلاعات علم نجوم در میان شهروندان ایرانی است.

اینک، طبق آخرین آمارها در کشور بالغ بر



فعالیت‌های آماتوری رصد‌های نجومی

از دیگر محققان علم اخترشناسی می‌توان به
دکتر رضامنصوری فیزیک‌دان، مدیر مسئول
مجله نجوم و مجری طرح رصدخانه ملی و
استاد دانشگاه شریف، دکتر فیروز نادری،
رئیس کل مأموریت‌های مریخ‌سازمان
فضایی ناسا، دکتر بهرام مبشر، کارشناس
ارشد مؤسسه علوم تلسکوپ فضایی
هابل، دکتر فرهاد یوسف‌زاده، اختر
فیزیک‌دان و استاد دانشگاه
نوردوسترن آمریکا و دکتر
محمد حیدری ملایری،
اخترشناس رصدخانه
پاریس اشاره کرد

جیمز هاتن (۱۷۲۶-۱۷۹۷)

رضانداغ

دبیر زمین شناسی شهرستان قوچان

هاتن معتقد بود که در یک نظام
چرخه ای مدام، مواد حاصل از
تخریب خشکی ها به صورت رسوباتی
در دریاها نهشته می شوند و سپس
در طی فرایندهای ولکانیکی دوباره
به سطح زمین باز می گردند.

چکیده

در قرن هجدهم میلادی مرد جوانی به نام جیمز هاتن تصمیم گرفت زندگی خود را وقف مطالعه زمین و فرایندهای تغییردهنده آن کند. او در زمان خود نظریه پرداز بزرگی به حساب می آمد، اما شهرت وی به عنوان یکی از پیشگامان علوم زمین تنها به دلیل یک کار اوست و آن اینکه توانست سیستمی را در مورد نحوه شکل گیری سطح زمین ارائه دهد. به عقیده هاتن عامل اصلی در شکل دهی تغییرات مهم زمین شناسی، حرارتی است که از اعماق پوسته زمین ناشی می شود. هاتن معتقد بود که در یک نظام چرخه ای مدام، مواد حاصل از تخریب خشکی ها به صورت رسوباتی در دریاها نهشته می شوند و سپس در طی فرایندهای ولکانیکی دوباره به سطح زمین باز می گردند. اگرچه ولکانیست^۱ و پلوتونیست^۲ طرفداران تئوری هاتن در این خصوص بودند اما بر سر این ایده، چندین دهه بحث و مناقشه بود.

کلیدواژه ها: اصل یکنواختی، علم زمین شناسی، زمین شناسی تاریخی، جیمز هاتن، فرضیه زمین، ولکانیست، پلوتونیست، نپتونیست

از شاگردی یک حقوق دان تا...

جیمز هاتن فرزند ویلیام هاتن^۳ و سارا بالفور^۴، در سوم ژوئن ۱۷۲۶ در شهر ادینبورگ اسکاتلند به دنیا آمد. سه ساله بود که پدرش ویلیام درگذشت. ویلیام تاجری موفق بود که سمت خزانه داری شهر را برعهده داشت و از ثروت خانوادگی خوبی نیز برخوردار بود. سارا به کمک میراث قابل توجهی که از همسرش بر جای ماند، توانست جیمز و سه خواهر او را بزرگ کند. هنگامی که جیمز هنوز چهارده سال داشت، او را به دانشگاه ادینبورگ فرستاد. جیمز در دانشگاه در رشته علوم انسانی درس می خواند، اما مشاهده آزمایشی در زمینه انحلال یک فلز در یک اسید و انحلال طلا در دو اسید به دست یکی از استادان دانشگاه، توجه جیمز را به علم شیمی جلب کرد.

جیمز با وجود استعداد امیدوارکننده ای که در دانشگاه از خود بروز می داد و ذهن

هاتن شیفته مطالعه در مورد همه موضوعات علمی بود. گردش های لذت بخش در طبیعت این ایده را در او به وجود آورد که سرزمین ها همیشه به این شکلی که ما مشاهده می کنیم، نبوده اند. هاتن به انجمنی پیوست که در سال ۱۷۸۳ انجمن سلطنتی ادینبورگ^{۱۱} نام گرفت

چهارده سال در آنجا کشاورزی کرد و برای اصلاح محصولاتش روش های علمی را به کار گرفت. هاتن که با دقت به وضعیت خاک زمین های کشاورزی توجه داشت، می دید که به مرور زمان خاک ها شسته می شوند و از زمین کشاورزی وارد رودخانه می شوند و در نهایت به داخل دریا انتقال می یابند. برای او تعجب آور بود که چرا این فرایند در طول زمان طولانی به سطح شدن سطح زمین نینجامیده است.

او علاوه بر موفقیت در کشاورزی، با کمک یکی از دوستانش، به طراحی فرایند تولید تجارتی کلرید آمونیم از دوده پرداخت و در این کار نیز موفق بود.

در سال ۱۷۶۸ جیمز زمین های کشاورزی خود را اجاره داد و با ثروتی که داشت رهسپار شهر ادینبورگ شد تا در آنجا بتواند زمان بیشتری را به تحصیل علم بپردازد. در شهر ادینبورگ با دانشمندان معروفی همچون ژوزف بلک^۵، شیمی دانی که کربن دی اکسید یا گاز کربنیک را کشف کرده بود، و همچنین اقتصاددان مشهور، آدام اسمیت^۶ آشنا شد.

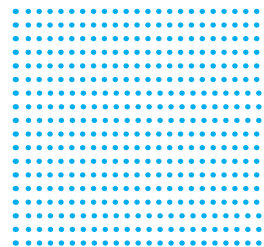
این سه نفر کانونی به نام اویستر^{۱۱} را بنا نهادند که به طور هفتگی اعضای آن همدیگر را ملاقات می کردند و ضمن صرف شام درباره موضوعات مختلف با هم به گفت و گو می پرداختند. گاهی نیز ضمن گردش در طبیعت به بحث درباره موضوعات الهام گرفته از اطراف خود مشغول می شدند. هاتن شیفته مطالعه در مورد همه موضوعات علمی بود. گردش های لذت بخش در طبیعت این ایده را در او به وجود آورد که سرزمین ها همیشه به این شکلی که ما مشاهده می کنیم، نبوده اند. هاتن به انجمنی پیوست که در سال ۱۷۸۳ انجمن سلطنتی ادینبورگ^{۱۱} نام گرفت. علاقه فراوان او به زمین شناسی او را به جست و جوی سنگ ها، لایه ها و مناظر زمین شناسی در سرتاسر اسکاتلند، انگلستان و ولز^{۱۲} برای یافتن نشانه هایی از تاریخ زمین

کنجکاو می که به طور طبیعی داشت، در سن هفده سالگی به کار در یک دفتر مشاوره حقوقی پرداخت. اما کاملاً واضح بود که وی به مسائل دیگری علاقه دارد. رئیس جیمز که متوجه این علاقه او شد به او اجازه داد با وجود قراردادی که با هم داشتند به دنبال علائق خود برود. تحصیل در رشته پزشکی فرصت منحصر به فردی بود تا او شیمی نیز بیاموزد. به همین دلیل در دانشکده طب دانشگاه ادینبورگ ثبت نام کرد و بعد از سه سال، برای ادامه تحصیل به پاریس رفت. در سال ۱۷۴۹ میلادی بعد از مهاجرت به شهر لیدن^۵ هلند مدرک دکتری خود را در رشته پزشکی دریافت کرد، اگرچه چندان علاقه ای هم به طبابت نداشت.

مطالعات زمین شناسی و کشاورزی

کم کم، علاقه جیمز از شیمی به زمین شناسی و کانی شناسی معطوف شد. در سال های ۱۷۵۲ و ۱۷۵۳ او در منزل دهقانی در نورفولک^۷، جزیره ای واقع در بین استرالیا و زلاندنو، زندگی می کرد. در آن جزیره ردیف هایی از فلینت سیاه رنگ در میان سنگ آهک های سفید، توجه او را به خود جلب کرد. هاتن که با دقت، انبوه صدف های دریایی را در شرق ساحل می نگریست متوجه شد که صخره های شمالی از سنگ آهک تشکیل شده اند و در سمت غرب نیز سنگ آهک های قرمز رنگی را در میان لایه ها مشاهده کرد.

او در جریان مسافرت هایش عملاً با کشاورزی آشنا شد، به طوری که طی اقامت در مزرعه ای واقع در نورفولک از او خواستند تا روش های دام پروری آنجا را با آنچه در انگلستان آموخته بود مقایسه کند. سرانجام هاتن به انگلستان بازگشت و در سال ۱۷۵۴ تصمیم گرفت در مزرعه ای در برویک شایر^۷ که از پدرش باقی مانده بود کشاورزی کند. به مدت



اگرچه هاتن مطالعات خود را به حوزه زمین‌شناسی معطوف ساخته بود، اما در زمینه‌های موضوعات متنوع دیگر نیز مطالعه و تبحر بسیار داشت و آثاری از خود را در زمینه کشاورزی، هواشناسی، شیمی، نظریه ماده، فلسفه اخلاق و مابعدالطبیعه منتشر کرد

کشاند. او براساس مشاهداتش اطلاعاتی را گرد آورد و فرضیه‌ای ارائه داد که دانش زمین‌شناسی را متحول ساخت.

ارائه فرضیه زمین

در هفتم مارس ۱۷۸۵ هاتن مقاله‌ای را با عنوان «فرضیه زمین یا پژوهشی در قوانین مؤثر بر تغییرات کره زمین» به انجمن سلطنتی ادینبورگ که به تازگی تأسیس یافته بود، ارائه داد. او از آنچه پیش‌بینی می‌کرد بسیار هیجان‌زده بود. مقاله را به جوزف بلاک تحویل داده بودند. بلاک مقاله را تکمیل کرد که در همایش بعدی انجمن در چهارم آوریل ارائه شد.

در آن زمان نظریه نپتون نیست‌ها طرفداران بسیار داشت. ورنر^{۱۲}، زمین‌شناس آلمانی از جمله رهبران گروه نپتون نیست‌ها به‌شمار می‌آمد که معتقد بودند سطح زمین، در اثر نهشته‌های رسوبی در آب‌های متلاطم اقیانوس‌ها شکل گرفته است.

البته در آن زمان هنوز بسیاری بر این عقیده بودند که اقیانوس در نتیجه سیل عظیمی شکل گرفته که در تورات توصیف شده است و براساس مطالب کتاب مقدس تصور می‌کردند که سن زمین حدود ۶۰۰۰ سال است، اما این مسئله با شواهدی که هاتن مشاهده می‌کرد مطابقت نداشت. هاتن با نبوغ خویش دریافت که تاریخ گذشته زمین را می‌توان به کمک حوادث امروز بازخوانی کرد. به عبارت دیگر، فرایندهای طبیعی که امروز نیز مشاهده می‌شوند همان فرایندهای گذشته‌اند که در طول زمان چهره زمین را به حالت فعلی درآورده‌اند. از نظر او زمین به‌طور دائم و تدریجی در حال تغییر است و این تغییرات در حال حاضر نیز همچنان رخ می‌دهند از آن جمله حوادثی نظیر فوران آتش‌فشان‌ها، هوازدگی و فرسایش که می‌توانند با گذشت زمان، تأثیرات چشمگیری از خود بر جای بگذارند.

هاتن که به خداوند ایمان داشت معتقد بود آفرینش طبیعت و تغییرات آن، دلیلی بر خردمندی و تدبیر خالق است. او عمر ۶۰۰۰ ساله زمین را که به استناد کتاب مقدس بیان می‌شد باور نداشت. در واقع

پدیده‌هایی که او می‌دید نمی‌توانسته‌اند در چنین زمان کوتاهی تکمیل شوند. بنابراین به عقیده او، سن زمین خیلی بیشتر است و به‌طور قطع فرایندهای تغییر شکل زمین در زمانی بسیار طولانی روی داده‌اند.

این مسئله سبب رنجش بسیاری از دانشمندان آن زمان از وی شد، اما سخنان هاتن براساس ذهنیات شخصی و به قصد ایجاد مناقشه نبود. فرضیه او نتیجه سال‌ها مشاهدات دقیق وی بود. او برای امتحان درستی فرضیه‌اش سعی می‌کرد حوادث بعدی زمین‌شناسی را پیش‌بینی کند. به‌همین دلیل برای یافتن مدارک دیگر به جست‌وجو در زمین پرداخت.

تأثیرات فرایندهای طبیعی روی شکل زمین

هاتن متوجه شد که سنگ‌ها و صخره‌ها شکل گرفته از لایه‌های موازی از رسوبات سخت‌شده، یعنی چینه‌ها، هستند و چون، لایه‌ها متشکل از مواد مختلف‌اند باید از سنگ‌های قدیمی‌تر از خودشان مشتق شده باشند. او تصور می‌کرد این مسئله شبیه آن چیزی است که هم‌اکنون در کف اقیانوس اتفاق می‌افتد، یعنی جایی که لایه‌های جدید در حال شکل‌گیری است. لایه‌های جدید رسوبات شامل ذرات و قطعاتی از سرزمین‌های قدیمی‌تر هستند که به کمک جریان‌های طبیعی آب به داخل دریا حمل شده‌اند. هاتن به این باور رسید که حرارت ناشی از اعماق زمین سبب تبدیل لایه‌های مذکور به موادی سخت و محکم می‌شود. او از نقش فشار در فشردن لایه‌ها بر اثر وزن لایه‌های بالایی و همچنین به دام انداختن مواد فزّار آگاهی داشت. بنابراین نتیجه گرفت با گذشت زمان طولانی، لایه‌های رسوبی بعد از فشردگی و تحمل گرما، تبدیل به سنگی مقاوم می‌شوند.

اما چگونه این مکانیسم می‌توانست نحوه تشکیل کوه‌ها را توضیح دهد؟ به‌راستی اگر لایه‌ها در اعماق دریا شکل گرفته بودند پس چگونه، اکنون به شکل کوه‌ها، هزاران متر بالاتر از سطح دریا دیده می‌شدند. هاتن باز به این نتیجه رسید که نیروهایی از درون زمین موجب

این رخداد می‌شوند. او شاهد فوران قدرتمند آتش‌فشان بود که تصور می‌کرد در نتیجه انبساط گسترده مواد داغ آذرین در اعماق زمین شکل می‌گیرد. این اتفاق در گذشته زمین باز هم می‌توانسته رخ داده باشد. به‌نظر او مواد آذرین با گشودن مسیر خود به سوی بالا ضمن فشار آوردن به سنگ‌ها و پوسته زمین سبب خمیدگی و چین‌خوردگی سنگ‌ها و ایجاد کوه‌ها و ارتفاعات می‌شوند. همچنین ماگما، یعنی بخشی از ماده مذاب که در حین فعالیت‌های آتش‌فشانی از درون زمین خارج نشده و در درون زمین باقی می‌ماند، تشکیل سنگ‌های متبلور همانند گرانیت را می‌دهد.

این یک ایده جدید بود، زیرا تا آن زمان سنگ‌های آذرین به‌عنوان گروهی مستقل از سنگ‌های رسوبی معرفی نشده بودند. بنابراین به نظر هاتن وضعیت اولیه لایه‌هایی که امروز به حالت قائم یا مایل دیده می‌شوند می‌بایست در گذشته به حالت افقی بوده باشد. او لایه‌های شیب‌داری را که تحت فرسایش قرار گرفته و سپس با لایه‌های جدیدتر به‌صورت افقی پوشیده شده‌اند، ناپیوستگی^{۱۴} نامید که بسیار فراوان قابل مشاهده است. یکی از مکان‌های معروفی که به نام دو ناپیوستگی هاتن^{۱۵} نامیده می‌شود، در بریک شایر، نزدیک منزل او در امتداد ساحل غربی دماغه سیسر^{۱۶}، قرار دارد.

در تئوری هاتن، عامل فرسایش نقش کلیدی در ایجاد تغییرات روی زمین ایفا می‌کند، بدین ترتیب که خشکی‌ها پیوسته در حال تخریب‌اند. آب‌های جاری و امواج سهمگین سبب فرسایش طبقات سنگ‌ها می‌شوند. باد به‌دنبال هوازدگی سطوح سنگ‌های مناطق کوهستانی، عامل تولید خاک می‌شود. یخچال‌ها سنگ‌های مسیر خود را خرد و قطعات بزرگی از آن‌ها را با خود حمل می‌کنند. خاک‌های نرم، که شامل ذراتی از مواد معدنی و مواد آلی شست‌وشو یافته به‌وسیله باران و نیز ذراتی در حد سیلت هستند، در رودخانه‌ها حمل می‌شوند و فرایندهای شیمیایی در آب هم سبب رسوب‌گذاری ذرات از محلول موجود می‌شوند. سرانجام تمام این مواد سست

راهی اقیانوس‌های شونده و در آنجا پس از رسوب‌گذاری و سپس فشردن شدن تبدیل به لایه‌ای جدید و چرخه زمین‌شناسی کامل می‌شود.

هاتن اولین کسی بود که تشخیص داد سنگ‌های آذرین از سنگ‌های میزبان خود جوان‌ترند که گاهی به صورت رگه‌هایی فاقد لایه‌بندی در درون سنگ‌ها مشاهده می‌شوند و این ناشی از آن است که هنگامی که گرانیب به صورت مذاب بوده به داخل ترک‌های سنگ رانده شده است. تنها ایراد کار در اینجا بود که کسی در آن زمان منشأ و ترکیب گرانیب را درک نمی‌کرد.

تناقض

نپتونینست‌ها و طرفداران آن‌ها با ایده‌های هاتن مخالف بودند. آن‌ها استدلال می‌کردند که سنگ‌های مذاب هنگام سرد شدن به جای اینکه به اشکال بلورین درآیند به حالت شیشه‌ای درمی‌آیند و موادی که از محلول‌های آبی ته‌نشین می‌شوند ممکن است سنگ‌های بلورین را بسازند. افزایش حرارت روی سنگ‌هایی نظیر سنگ آهک ممکن است سبب تغییر ترکیب شیمیایی آن‌ها قبل از سرد شدن شود. نپتونینست‌ها در ارتباط با چگونگی تشکیل کوه‌ها عقیده داشتند که لایه‌های رسوبی در داخل اقیانوس‌هایی عمیق تشکیل شده‌اند. گاهی از انباشت مواد ریز روی هم در داخل دریا ارتفاعاتی به وجود می‌آید که با فرو نشستن آب، این ارتفاعات از آب بیرون می‌ماند. آن‌ها توضیح می‌دادند که رگه‌های سنگ‌های بدون وضعیت لایه‌بندی موجود در داخل شکاف‌ها، حاصل عملکرد محلول‌های محتوی مواد معدنی است و این مواد در طول زمان سخت شده‌اند.

هاتن برای نخستین بار نظرات خود درباره سیستم زمین، قدمت آن و ثبات در آن را با نام مستعار و در سی صفحه به طور خلاصه و بسیار ساده ارائه داد. عقاید عجیب او مورد توجه زمین‌شناسان قرار نگرفت و برای آن‌ها مبهم به نظر می‌رسید. مخالفت‌ها نسبت به ایده‌های او از سوی طرفداران نظریه نپتونینسم و همچنین کاتاستروفیسم (که معتقد بودند عامل حوادث مخرب زمین نمی‌تواند نیروهای

باشد که به طور پیوسته و آرام ساختارهای زمین‌شناسی را ایجاد می‌کنند) آغاز شد. سه سال پس از ارائه نخستین اثر او در ادینبورگ مقاله «تئوری زمین» وی در نخستین شماره گزارش‌های انجمن سلطنتی ادینبورگ (۱۷۸۸) انتشار یافت. به دنبال آن ریچارد کروان^{۱۷} شیمی‌دان ایرلندی که قبلاً با انتشار مطلبی، در سال ۱۷۹۳، به تئوری هاتن تاخته بود و اکنون رئیس آکادمی سلطنتی ایرلند و از طرفداران سرسخت ورنر بود، از دیدگاه مذهبی و علمی کارهای هاتن را به باد انتقاد گرفت. او از دیدگاه علمی مفهوم فرسایش و اهمیت گرما در استحکام رسوبات و باور تشکیل گرانیب از تبلور یک ماده مذاب را تکذیب می‌کرد. این امر موجب عصبانیت هاتن شد، زیرا احساس می‌کرد که کروان عقاید او را به درستی درک نکرده است، لذا سرانجام بر آن شد تا شرح کامل‌تری از تئوری خود را در ارتباط با تشکیل زمین به نگارش درآورد که این شرح نسبت به مطلب قبلی او که در انجمن سلطنتی ادینبورگ انتشار یافته بود کامل‌تر بود. در سال ۱۷۹۵ هاتن کتاب تئوری زمین به روایت مدارک و تصاویر را در دو جلد و ۱۲۰۴ صفحه منتشر کرد و بیش از یک‌صد سال پس از مرگ او نیز، در سال ۱۸۹۹، جلد سوم این کتاب یافت شد و انجمن زمین‌شناسی آن را در ۲۶۷ صفحه منتشر کرد.

هاتن در سال ۱۷۹۱ مبتلا به ناراحتی کلیه و مثانه شد و سال‌ها از این بیماری رنج کشید تا بالاخره در ۲۶ مارس ۱۷۹۷ میلادی از دنیا رفت در حالی که در تدارک نوشتن کتابی در زمینه کشاورزی بود. وی مجموعه بازرشی از سنگ‌های گردآوری‌شده داشت که پس از مرگ او یکی از خواهرانش به انجمن سلطنتی ادینبورگ اهدا کرد و بعداً به موزه دانشگاه انتقال یافت. متأسفانه امروز اثری از مجموعه سنگ مذکور در دسترس نیست. اگرچه هاتن مطالعات خود را به حوزه زمین‌شناسی معطوف ساخته بود، اما در زمینه‌های موضوعات متنوع دیگر نیز مطالعه و تبحر بسیار داشت و آثاری از خود را در زمینه کشاورزی، هواشناسی، شیمی، نظریه ماده، فلسفه اخلاق و

مابعدالطبیعه منتشر کرد.

هاتن فردی خوش‌مشرب و خوش‌رو و دارای شخصیتی جذاب بود و هرگز ازدواج نکرد. زمینه‌های فعالیت او تنها علائق شخصی‌اش نبود و در زمینه‌های مختلف دارای استعداد بود. او عضو فعال گروهی بود که خواستار الحاق دورودخانه فورث^{۱۸} و کلاید^{۱۹} به همدیگر از راه یک کانال بودند. در سال ۱۷۸۸ او به عنوان عضو خارجی انجمن سلطنتی کشاورزی فرانسه انتخاب شد.

در سال ۱۸۰۲ یکی از هم‌عصران علاقه‌مند به او به نام جان پلیفر^{۲۱} زندگی‌نامه هاتن را در کتابی با عنوان شرحی بر تئوری هاتن نگاشت. در این کتاب او علاوه بر شرح زندگی این زمین‌شناس مشهور به توضیح نظریه او به زبانی ساده پرداخت. سی سال بعد هنگامی که جامعه بهتر می‌توانست بپذیرد جهان بیش از ۶۰۰۰ سال عمر دارد و مدام در حال تغییر است، توضیحات پلیفر در اقبال به پذیرش دیدگاه هاتن از سوی مجامع علمی تأثیر فراوان داشت.

امروزه ایده‌های هاتن به طور خلاصه در قالب اصل یکنواختی^{۲۲} بیان می‌دارد فرایندهای فیزیکی و شیمیایی که امروز روی می‌دهند، در گذشته نیز ساختارهای زمین‌شناسی را در طول زمان شکل داده‌اند. اصل یکنواختی می‌تواند در جمله «زمان حال، کلید گذشته است» بیان شود که پایه‌های زمین‌شناسی مدرن را شکل داده است.

پی‌نوشت‌ها

1. Volcanists 2. Plutonists 3. William Hutton
4. Sara Balfour 5. Leiden 6. Norfolk 7. Berkshire 8. Joseph Black 9. Adam Smith 10. Oyster Club 11. Royal Society of Edinburgh
12. Wales 13. Abraham Gottlob Werner 14. Unconformities 15. Hutton's Unconformity 16. Siccar 17. Richard Kirwan 18. Theory of the Earth with Proofs and Illustrations 19. Fourth
20. Clyde 21. John Playfair
22. principle of uniformitarianism

مرجع

Katherine Cullen (2006), Earth Science: The people Behind the Science Publishing Chelsea House

هاتن اولین کسی بود که تشخیص داد سنگ‌های آذرین از سنگ‌های میزبان خود جوان‌ترند که گاهی به صورت رگه‌هایی فاقد لایه‌بندی در درون سنگ‌ها مشاهده می‌شوند

منیزیت

ترکیبی از هشتمین عنصر پوسته زمین

هادی اوجاقی شیرمرد کارشناس ارشد زمین شناسی و تکتونیک
کارشناس ارشد زمین شناسی
الهام نعیمی کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی

چکیده

منیزیت با فرمول شیمیایی $MgCO_3$ مهم ترین کانی منیزیم دار است که ارزش اقتصادی دارد. منیزیت معمولاً به صورت رگه ها و توده های نامنظم در سنگ های آذرین، رسوبی و دگرگونی غنی از منیزیم مانند سنگ های اولترامافیک، مافیک و سنگ های دولومیتی مشاهده می شود. ذخایر منیزیت در این سنگ ها به شکل های متفاوت وجود دارند و شامل منیزیت های گرمابی، منیزیت جانشینی، گرمابی، منیزیت های تراوشی و منیزیت های رسوبی هستند. ذخایر شناخته شده منیزیت در ایران به طور عمده در رخنمون های سنگ های افیولیتی تشکیل شده و هشتاد درصد آن در استان خراسان جنوبی واقع است و در کشور سالانه بیش از دویست هزار تن منیزیت با عیارهای مختلف تولید و استخراج می شود. محصولات منیزیتی در ایران به طور عمده شامل مواد اکسید منیزیم زینتر (DBM)، منیزیای کلسینه (CCM) و جرم نسوز (FM) هستند.

کلیدواژه ها: منیزیت، سنگ های اولترامافیک، افیولیت، مواد نسوز



مقدمه

اولترابازیک است. منیزیت‌های تشکیل شده در این فرایندها معمولاً به صورت توده‌ای و نهان بلورین هستند و اغلب عیار خوب دارند.

ب. منیزیت‌های جان‌شینی گرمابی

ذخایر منیزیت جان‌شینی گرمابی از محلول‌های گرمابی که از ژرفای زمین سرچشمه می‌گیرند، تشکیل می‌شوند. این محلول‌ها در هنگام مهاجرت به سطح و دربرخورد با آهک‌ها، دولومیت‌ها یا شیل‌ها بر اثر متاسوماتیسم جان‌شینی، ذخایر منیزیتی متبلور را به وجود می‌آورند. این گونه ذخایر در ایران مورد توجه قرار نگرفته‌اند، هرچند امید به تشکیل آن‌ها در خاور، شمال باختری (آذربایجان غربی) و نقاط دیگر ایران وجود دارد.

پ. منیزیت‌های تراوشی

در ذخایر نوع تراوشی، گازکربنیک موجود در آب‌های آسمانی روی سنگ‌های سرپانتینی و اولترامافیکی اثر می‌کند و سبب واکنش‌های شیمیایی و تشکیل منیزیت می‌شود. ذخایر منیزیتی از این نوع، اغلب کوچک و به صورت رگچه‌ای هستند. این ذخایر در افیولیت‌های نواحی نائین و سبزوار دیده می‌شوند.

ت. منیزیت‌های رسوبی

این گونه ذخایر در محیط‌های رسوبی نزدیک به سنگ‌های غنی از منیزیم و به صورت توده‌ای و نهان بلورین (یا به صورت تراورتن) تشکیل می‌شوند. چنین ذخایری در پاره‌ای موارد می‌توانند از لحاظ اقتصادی قابل بهره‌برداری باشند، اما اغلب کم‌عیارند. پیدایش ذخایر توده‌ای منیزیت در محیط‌های آب شیرین، نیازمند فراهم بودن یون منیزیم است. یون‌های منیزیم حاصل از تخریب شیمیایی سنگ‌های غنی از منیزیم به محیط‌های دریاچه‌ای یا آبگیرهای فصلی آورده می‌شوند و ذخایر منیزیتی را پدید می‌آورند. در بسیاری از نقاط ایران، همه شرایط یادشده موجود است، ولی برای اکتشاف منیزیت‌های رسوبی تاکنون اقدامی نشده است. ذخایر منیزیت ایران از کراتاسه پسین تا کواترنر تشکیل شده‌اند. در این فاصله زمانی،

منیزیم هشتمین عنصر پوسته زمین از نظر فراوانی است که به صورت ترکیب در شصت کانی یافت شده است. این عنصر در ذخایر بزرگ منیزیت، دولومیت، بروسیت، کارنالیت، البوین و سیلیکات‌های منیزیم، پتانسیل اقتصادی دارد. مهم‌ترین کانی منیزیم‌دار با فرمول شیمیایی $MgCO_3$ که ارزش اقتصادی دارد، منیزیت است. نام منیزیت یا مگنیزیت احتمالاً از ترکیب شیمیایی آن گرفته شده است. برخی معتقدند که نام آن از ناحیه مگنیزیا در یونان اقتباس شده است. به این کانی ژئوبریت^۱ نیز می‌گویند.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی منیزیت

کانی منیزیت در صورت خلوص، حاوی ۴۷/۸ درصد اکسید منیزیم (MgO) است. این کانی در سیستم رمبوندیک متبلور می‌شود. جرم مخصوص آن ۳ تا ۳/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب و سختی آن ۳/۵ تا ۵ است. منیزیت معمولاً به رنگ‌های سفید، خاکستری، زرد و قهوه‌ای با جلای شیشه‌ای در طبیعت و به طور عمده در معادن، به صورت نهان بلورین و بلورین یافت می‌شود. نوع بلورین آن خیلی محدود و به صورت رگه‌ای است. منیزیت خالص در دمای بالای ۱۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به پریکلاز (DBM یا زینتر) تبدیل می‌شود.

مشخصات زمین‌شناسی منیزیت

منیزیت معمولاً به صورت رگه‌ها و توده‌های نامنظم در سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی غنی از منیزیم مانند سنگ‌های اولترامافیک، مافیک و سنگ‌های دولومیتی مشاهده می‌شود. به طور معمول منیزیت به صورت نهان بلورین در رگه‌ها یافت می‌شود و یکی از مشخصه‌های این کانی نمود گل کلمی آن است. ذخایر منیزیت در سنگ‌های یادشده به شکل‌های متفاوت و به شرح زیر به وجود می‌آیند.

الف. منیزیت‌های گرمابی

پیدایش ذخایر منیزیت گرمابی، نتیجه دگرسانی محلول‌های گرمابی حامل گازکربنیک روی سنگ‌های

مهم‌ترین کانی منیزیم‌دار با فرمول شیمیایی $MgCO_3$ که ارزش اقتصادی دارد، منیزیت است. نام منیزیت یا مگنیزیت احتمالاً از ترکیب شیمیایی آن گرفته شده است. برخی معتقدند که نام آن از ناحیه مگنیزیا در یونان اقتباس شده است. به این کانی ژئوبریت نیز می‌گویند

ذخایر منیزیت ایران از کراتاسه‌پسین تا کواترنر تشکیل شده‌اند. در این فاصله زمانی، با توجه به شرایط منیزیت، دوره به خصوصی رانمی توان برای تشکیل آن مشخص کرد.

بیشترین ذخایر منیزیت ایران در شرق و در دو استان خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان واقع هستند. در استان‌های آذربایجان غربی، زنجان و فارس نیز معادن منیزیت وجود دارد (تعداد معادن منیزیت فعال ایران در سال ۱۳۹۱ به ۳۱ معدن می‌رسد). هشتاد درصد از ذخایر منیزیت ایران در استان خراسان جنوبی واقع است

با توجه به شرایط منیزیت، دوره به خصوصی را نمی‌توان برای تشکیل آن مشخص کرد.

کاربرد منیزیت

مواد دیرگداز معمولاً به مواد غیرفلزی گفته می‌شود که می‌توانند در درجه حرارت‌های بالا پایدار باشند. از میان بیش از یکصد عنصر یافت‌شده در زمین تنها چند عنصر که به مقدار فراوان در طبیعت وجود دارند، می‌توانند ترکیبات نسوز پایدار ایجاد کنند. این عناصر عبارت‌اند از: سیلیسیم (Si)، آلومینیوم (Al)، منیزیم (Mg)، کلسیم (Ca)، کروم (Cr)، زیرکونیم (Zr) و کربن (C). این عناصر اکسیدهای مفیدی نظیر SiO_2 ، Al_2O_3 و MgO و ZrO به وجود می‌آورند.

بیش از ۸۵ درصد منیزیت‌های دنیا به صورت دیرگداز (مانند آجر در کوره‌های مبدل) استفاده می‌شود. از پریکلاز MgO یا اکسید منیزیم به دلیل نقطه ذوب بالا برای تهیه و ساخت انواع محصولات دیرگداز قلیایی استفاده می‌شود. کانی منیزیت نقش اصلی در صنایع دیرگداز و نسوز دارد. فراورده‌های منیزیتی به طور عمده شامل دیرگدازها

هستند که در بخش صنایع دیرگداز به فراوانی از آن‌ها استفاده می‌شود. بخش‌های دیگری از این فراورده‌ها، در مصارف کشاورزی، داروسازی، شیمی، تولید شیشه، سیمان و ... به کار برده می‌شود. امروزه صنعت فولادسازی مدرن و در حال توسعه، نیاز به افزایش تولید دیرگدازهای منیزیتی با کیفیت بالا دارد. [۳]

منیزیت در ایران

ذخایر شناخته‌شده منیزیت در ایران به طور عمده در رخنمون‌های سنگ‌های افیولیتی تشکیل شده‌اند. این نوع ذخایر به صورت رگه‌ای، استوک‌ورک و عدسی هستند. منیزیت در زون‌های گسلی واقع در مجموعه‌های افیولیتی (پریدوتیت و سرپانتینیت) تشکیل می‌شود [۲]

بیشترین ذخایر منیزیت ایران در خاور و دو استان خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان واقع هستند. در استان‌های آذربایجان غربی، زنجان و فارس نیز معادن منیزیت وجود دارد (تعداد معادن منیزیت فعال ایران در سال ۱۳۹۱ به ۳۱ معدن می‌رسد). هشتاد درصد از ذخایر منیزیت ایران در



شکل ۱: پراکندگی رخنمون افیولیت‌ها در ایران [۱]

استان خراسان جنوبی واقع است.
۲۴ معدن منیزیت خراسان جنوبی ۳۵ درصد نیاز

۱. چین	۱۱/۰۰۰/۰۰۰
۲. ترکیه	۲/۰۰۰/۰۰۰
۳. کره	۱/۲۰۰/۰۰۰
۴. روسیه	۱/۰۰۰/۰۰۰
۵. اسلواکی	۸۰۰/۰۰۰
۶. استرالیا	۸۰۰/۰۰۰
۷. اسپانیا	۴۶۰/۰۰۰
۸. برزیل	۴۰۰/۰۰۰
۹. هند	۳۴۰/۰۰۰
۱۰. یونان	۳۲۵/۰۰۰
۱۱. استرالیا	۲۰۰/۰۰۰
۱۲. کانادا	۱۸۰/۰۰۰
۱۳. ایران	۱۱۰/۰۰۰
۱۴. افریقا جنوبی	۸۰/۰۰۰
۱۵. هند	۶۵/۰۰۰
۱۶. کلمبیا	۳۵/۰۰۰
۱۷. سیبری	۲۰/۰۰۰
۱۸. گواستالا	۱۷/۲۴۷

شکل ۲: جایگاه ایران در رده بندی جهانی ذخایر منیزیت [۴]

کشور را تأمین می کنند. سالانه ۱۵۰ هزار تن منیزیت از معادن خراسان جنوبی استخراج می شود. میزان ذخیره معدن حوض سفید در استان خراسان جنوبی ۶/۳ میلیون تن اعلام شده است.

بیش از ۷۵ درصد تولید داخلی مواد نسوز در کشور متعلق به پنج واحد تولیدی در استان های خراسان جنوبی، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، یزد و خراسان رضوی است. به غیر از این پنج واحد اصلی بالغ بر چهل کارخانه و کارگاه متوسط و کوچک برای تولید محصولات دیرگداز در نقاط مختلف کشور به فعالیت مشغول اند.

بزرگ ترین واحد صنعتی تولید مواد نسوز منیزیتی در ایران، شرکت تهیه و تولید مواد نسوز ایران در

تغییرات	واحد اندازه گیری	تولید	سال
NA	تن	۸۷۷۹۵	۲۰۰۳
۰/۴۵٪	تن	۸۸۱۹۴	۲۰۰۴
۳۰/۰۶٪	تن	۱۱۴۷۰۸	۲۰۰۵
-۴/۱۰٪	تن	۱۱۰۰۰	۲۰۰۶
۰/۰۰٪	تن	۱۱۰۰۰	۲۰۰۷
۰/۰۰٪	تن	۱۱۰۰۰	۲۰۰۸
۰/۰۰٪	تن	۱۱۰۰۰	۲۰۰۹

شکل ۳: میزان تولید منیزیت در ایران در سال های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۹ [۴]

شهرستان سربیشه استان خراسان جنوبی است که سالانه حدود پنجاه هزار تن انواع محصولات نسوز منیزیتی تولید می کند. خوراک کارخانه تهیه و تولید مواد نسوز ایران، کان سنگ منیزیت با عیار متوسط ۴۴/۵ تا ۴۷ درصد MgO و ۸۷ تا ۹۳ درصد $MgCO_3$ است که از معادن منیزیت ترشک محمدی، حوض سفید، چاهخو و افضل آباد در شهرستان سربیشه تأمین می شود. مقدار خوراک مصرفی کارخانه روزانه در حدود ۲۴۰ تن و سالانه نود هزار تن کان سنگ منیزیت است. ظرفیت اسمی کارخانه ۳۰ هزار تن در سال است که این مقدار از سال ۱۳۷۶ تاکنون به ۳۵ هزار تن در سال افزایش پیدا کرده است. محصول این کارخانه اکسید منیزیم با عیار ۸۶ تا ۹۶ درصد است. این محصول به عنوان ماده اولیه نسوز مورد استفاده قرار می گیرد. ارزش محصولات تولیدشده در این کارخانه در سال ۱۳۹۱ بالغ بر ۲۵۰ میلیارد ریال و در سه ماه اول سال ۱۳۹۲ در حدود ۶۶ میلیارد ریال بوده است. [۵]

محصولات و فراورده های منیزیتی در ایران به طور عمده شامل مواد زیر هستند:

۱. اکسید منیزیم زینتر (DBM)؛
۲. منیزیای کلسینه (CCM)؛
۳. جرم نسوز (FM).

عرضه و تقاضا

در ایران سالانه بیش از دویست هزار تن منیزیت با عیارهای مختلف تولید و استخراج می شود (شکل ۴). این مقدار در کارخانه نسوز سربیشه پخته و به محصولات مختلف تبدیل می شود. تولیدات این کارخانه بیشتر با عنوان جرم های نسوز در داخل کشور به مصرف می رسند.

منیزیت معمولاً به صورت رگه ها و توده های نامنظم در سنگ های آذرین، رسوبی و دگرگونی غنی از منیزیم مانند سنگ های اولترامافیک، مافیک و سنگ های دولومیتی مشاهده می شود. به طور معمول منیزیت به صورت نهان بلورین در رگه هایافت می شود و یکی از مشخصه های این کانی نمود گل کلمی آن است

محصول این کارخانه اکسید منیزیم با عیار ۸۶ تا ۹۶ درصد است. این محصول به عنوان ماده اولیه نسوز مورد استفاده قرار می گیرد. ارزش محصولات تولیدشده در این کارخانه در سال ۱۳۹۱ بالغ بر ۲۵۰ میلیارد ریال و در سه ماه اول سال ۱۳۹۲ در حدود ۶۶ میلیارد ریال بوده است

رو به افزایش است. حدود هشتاد درصد کل تولید مواد نسوز در تولید فولاد مصرف می‌شوند. به ازای هر تن فولاد، ۲ تا ۵ کیلوگرم منیزیت مصرف می‌شود. در حال حاضر بیش از نود درصد محصول تولیدی شرکت تهیه و تولید مواد نسوز کشور پس از تبدیل به محصولات نهایی دیرگداز، در صنعت فولاد مصرف می‌شود.

صادرات و واردات

نیاز کشور به مواد نسوز، سالانه ۷۰ تا ۸۰ هزار تن است که در حدود ۴۵ هزار تن آن در شرکت تهیه و تولید مواد نسوز کشور تولید می‌شود. با توجه به این نکته، هیچ‌گونه صادرات فراورده‌های نسوز منیزیتی در ایران انجام نمی‌گیرد. بیشترین واردات فراورده‌های نسوز و انواع فراورده‌های دارای ترکیب منیزیم کربنات از کشور چین، امارات متحده عربی، اسلواکی، ترکیه و سایر کشورهاست. مقدار واردات مذکور سالانه در حدود چهل هزار تن است.

پی‌نوشت‌ها

1. Magnesite
2. Giobertite

منابع

۱. آقائاتی، ع (۱۳۸۵)، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی ایران و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
۲. قربانی، م (۱۳۸۱)، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران، انتشارات آریز زمین، ۸۵۴ ص.
۳. کریم‌پور، محمدحسن (۱۳۶۸)، کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی، انتشارات جاوید.
4. [http://Program United States Geological Survey \(USGS\)Minerals Resources](http://Program United States Geological Survey (USGS)Minerals Resources)
5. <http://www.irrep.com>



شکل ۴: تصاویری از معادن منیزیت در نهبندان (شکل بالا) و کرمان (شکل پایین)

تعدادی کارخانه تولید آجر نسوز در ایران فعالیت می‌کنند که بیشتر ماده اولیه خود را از کشورهایمانند چین وارد می‌کنند. تولید فولاد ایران هم‌اکنون ۱۵ میلیون تن است که این رقم به ۴۵ میلیون تن افزایش خواهد یافت. میزان مصرف سالانه فولاد هم‌اکنون در ایران حدود ۲۵ میلیون تن است. بدین ترتیب تقاضا برای مصرف نسوزها

نیاز کشور به مواد نسوز، سالانه ۷۰ تا ۸۰ هزار تن است که در حدود ۴۵ هزار تن آن در شرکت تهیه و تولید مواد نسوز کشور تولید می‌شود. با توجه به این نکته، هیچ‌گونه صادرات فراورده‌های نسوز منیزیتی در ایران انجام نمی‌گیرد. بیشترین واردات فراورده‌های نسوز و انواع فراورده‌های دارای ترکیب منیزیم کربنات از کشور چین، امارات متحده عربی، اسلواکی، ترکیه و سایر کشورهاست

هواز دگی و خاک ها

سید مهدی خاتمی شال

سرگروه علوم تجربی منطقه شاهرود خلخال

چکیده

هواز دگی فرایندی است که در آن، کانی ها و سنگ هایی که در دماها و فشارهای مختلف تشکیل شده اند، در شرایط سطحی زمین به تعادل شیمیایی می رسند. از آنجا که دماها و فشارهای پایین تر محیط سطحی با آب و اکسیژن اضافی همراه است، بازمانده های رسوبی تمایل به غنی شدن از کانی های آبدار دارند و در اغلب حالت های اکسیدان خود، حاوی عناصر چند ظرفیتی هستند. کانی های رسی و هماتیت، مثال هایی از این گونه اند. هواز دگی شامل دو فرایند مکانیکی و شیمیایی است. هواز دگی مکانیکی در هر نوع آب و هوایی انجام پذیر است، ولی هواز دگی شیمیایی بیشتر نیاز به رطوبت دارد.

نتیجه کلی هواز دگی، تشکیل خاک است که در سه افق A، B، C صورت می گیرد. مطالعات نشان می دهد که در محیط رسوبی، نرخ دگرسانی یک قطعه کانی تازه و متعاقباً تشکیل خاک به وسیله چهار عامل ترکیب شیمیایی، یکپارچگی ساختاری، درجه تبلور و ماهیت شیمیایی محیط تعیین می شود. فرایندهای هواز دگی باعث تشکیل نهشته های اقتصادی در اقلیم های کاملاً متفاوت نیمه خشک یا گرمسیری مرطوب می شوند. این نهشته ها شامل کالکریت (کالچ)، لاتریت آهن دار (فریکریت)، لاتریت آلومینیم دار یا بوکسیت (آلومینوگریت) و سیلکریت هستند که در مجموع به آن ها نهشته های بر جا اطلاق می شود.

کلیدواژه ها: هواز دگی، هواز دگی مکانیکی، هواز دگی شیمیایی، افق خاک، نهشته های بر جا

اما تخریب شیمیایی به وسیله مواد محلول در آب صورت می گیرد که باعث می شوند تا قسمتی از کانی های تشکیل دهنده سنگ تجزیه شوند و کانی های جدید به وجود آیند و نیز قسمتی به صورت محلول در آب درآید. برای مثال می توان از انحلال کربنات کلسیم در آب یا تجزیه فلدسپات ها که باعث تشکیل کانی های رسی می شود، نام برد.

کیلومتری زیر زمین تشکیل شده بود، اکنون در سطح زمین و در معرض شرایط کاملاً متفاوت قرار دارد. در چنین وضعیتی، توده سنگی به تدریج تغییر می یابد تا جایی که دوباره با شرایط جدید به حالت تعادل برسد. به چنین تغییراتی در سنگ، هواز دگی می گویند.

هواز دگی روی سنگ های منشأ به صورت فیزیکی، یا مکانیکی، و شیمیایی، هر دو، انجام می گیرد (شکل ۱)، در هواز دگی مکانیکی عوامل

شیمیایی هیچ گونه دخالتی ندارند. برای مثال تغییرات درجه حرارت روز و شب در نواحی کویری باعث انقباض و انبساط می شود و هم چنین در هنگام روز بخار آب در درزا و شکاف ها نفوذ کند و در ساعات شب که دما کاهش می یابد یخ بزند و با افزایش حجم روبرو شود که باعث خرد شدن سنگ ها می شود.

مهم ترین عامل مؤثر بر سرعت هواز دگی، عوامل آب و هوایی است. از عوامل آب و هوایی، به ویژه درجه حرارت و رطوبت، اهمیت ویژه ای در سرعت هواز دگی سنگ ها دارند. بهترین محیط برای هواز دگی شیمیایی، آب و هوای گرم و مرطوب است

مقدمه

هواز دگی عبارت است از پاسخی که مواد سطح زمین در مقابل تغییر محیط از خود بروز می دهند. برای مثال بعد از میلیون ها سال بالآمدگی و فرسایش، سنگ های موجود در سقف توده های نفوذی از بین می روند و توده در سطح زمین رخ نمون پیدا می کند. این توده متبلور که در دما و فشار زیاد و احتمالاً در چند

هواز دگی و تشکیل خاک، قدیمی ترین فرایندهای مؤثر بر روی قاره ها هستند. این موضوع که برای تشکیل یک افق خاک، ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سال زمان نیاز است، نشان می دهد که در رخ نمون های قدیمی، خاک ها باید واحدهای سنگی متداول باشند. به زبان ساده،



متبلور می شوند، یعنی در دما و فشار بالا تشکیل شده اند، نسبت به کانی هایی که بعداً متبلور شده اند، در سطح زمین پایداری کمتری دارند. با بررسی سری واکنش های باون^۱ مشاهده می کنیم که الیوین قبل از همه متبلور می شود و بنابراین در برابر هوازدگی از همه ناپایدارتر و کوارتز، یعنی آخرین کانی این سری از همه پایدارتر است. مهم ترین عامل مؤثر بر سرعت هوازدگی، عوامل آب و هوایی است. از عوامل آب و هوایی، به ویژه درجه حرارت و رطوبت، اهمیت ویژه ای در سرعت هوازدگی سنگ ها دارند. بهترین محیط برای هوازدگی شیمیایی، آب و هوای گرم و مرطوب است.

طی هوازدگی فیزیکی به ذرات کوچک تری خردشود اثر عوامل شیمیایی بر آن بیشتر خواهد بود و در نتیجه توده سنگی سریع تر هوازده می شود. جنس کانی های سازنده سنگ ها نیز عامل دیگری به حساب می آید. این عامل را می توان از مقایسه سنگ قبرهایی که از جنس های مختلف تراشیده شده اند، معلوم داشت. مثلاً سنگ قبرهای گرانیتی در مقابل هوازدگی شیمیایی بسیار مقاوم اند در حالی که سنگ قبرهایی که از مرمر ساخته شده اند، در مدت کوتاهی در اثر هوازدگی تجزیه می شوند. ترتیب هوازدگی کانی های سیلیکاته مطابق با ترتیب تبلور آن هاست. کانی هایی که زودتر از همه



شکل ۱: (بالا) هوازدگی فیزیکی، (پایین) هوازدگی شیمیایی

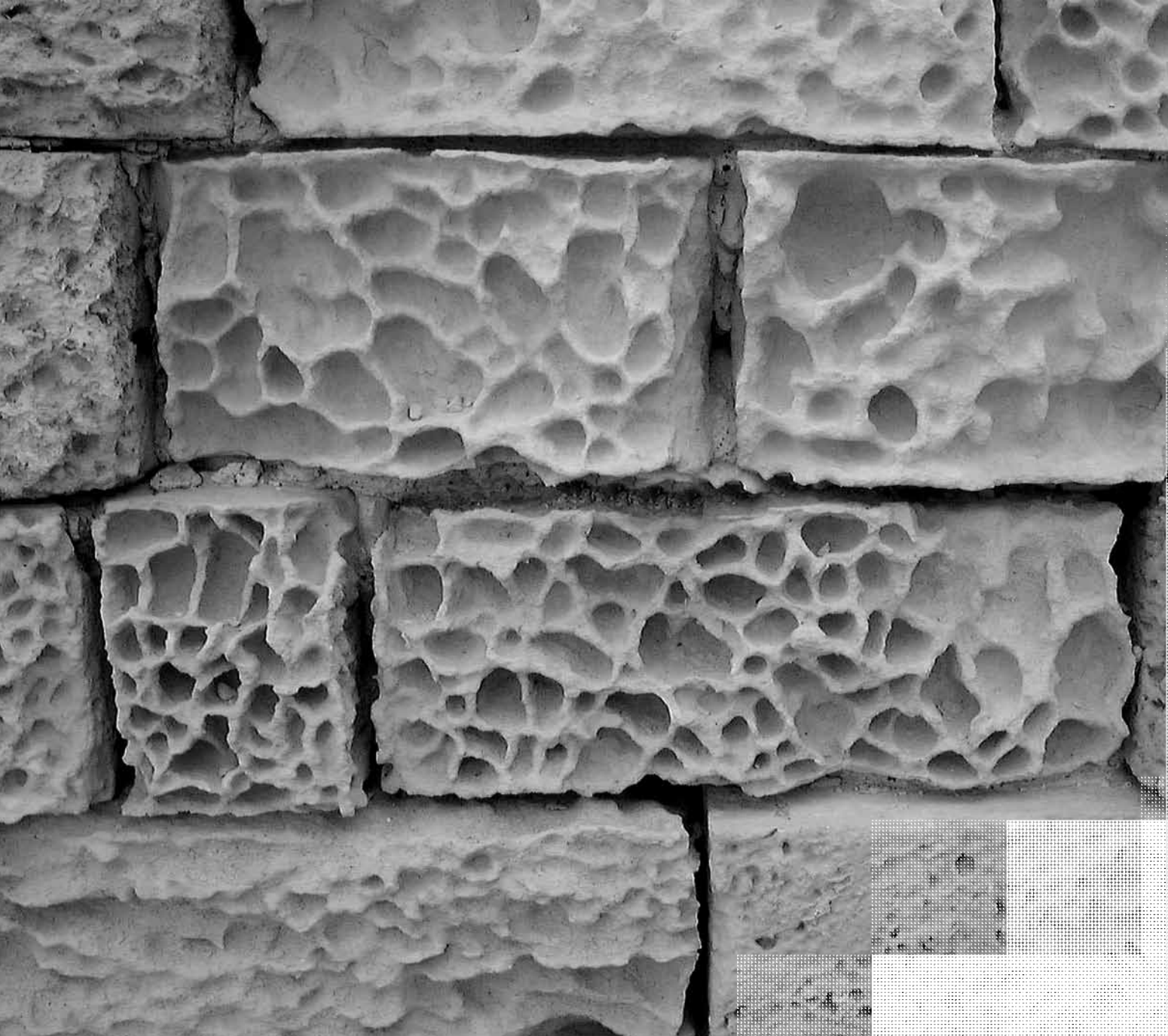
سرعت هوازدگی سنگ ها

سرعت هوازدگی سنگ ها به عوامل زیادی بستگی دارد. یکی از این عوامل اندازه ذرات سنگ است. هر اندازه سنگ در

کاتیون	شعاع (A)	پتانسیل یونی	ترکیبات غالب b	شکل بلورین
k ⁺	۱/۳۳	۰/۷۵	K ⁺	یون های محلول
Na ⁺	۰/۹۷	۱	Na ⁺	
Ca ^{۲+}	۰/۹۹	۲	Ca ^{۲+}	
Mn ^{۲+}	۰/۸۰	۲/۵	Mn ^{۲+}	
Fe ^{۲+}	۰/۷۴	۲/۷	Fe ^{۲+}	
Mg ^{۲+}	۰/۶۶	۳	Mg ^{۲+}	
Fe ^{۳+}	۰/۶۴	۴/۷	Fe(OH) ^۳	هماتیت
Al ^{۳+}	۰/۵۱	۵/۹	Al(OH) ^۳	گیسیت
Mn ^{۴+}	۰/۶۰	۶/۷	Mn(OH) ^۴	پیرولوزیت
Si ^{۳+}	۰/۴۲	۹/۵	Si(OH) ^۴	کوارتز
B ^{۳+}	۰/۲۳	۱۳		یون های محلول
P ^{۵+}	۰/۳۵	۱۴/۳		
S ^{۶+}	۰/۳۰	۲۰		
C ^{۴+}	۰/۱۶	۲۵		

جدول ۱: ویژگی کاتیون های اصلی در محلول های آبی (Z بار یونی و شعاع یونی است. b در سطح زمین در شرایط اکسیدی و مقادیر PH نزدیک به خنثی است).

در محیط رسوبی،
نرخ دگرسانی یک
قطعه کانی تازه با چهار
عامل تعیین می شود:
ترکیب شیمیایی،
یکپارچگی
ساختاری، درجه
تبلور و ماهیت
شیمیایی محیط



واکنش‌های مؤثر بر هوازدهی و محصولات این واکنش‌ها

در محیط رسوبی، نرخ دگرسانی یک قطعه کانی تازه با چهار عامل تعیین می‌شود: ترکیب شیمیایی، یکپارچگی ساختاری، درجه تبلور و ماهیت شیمیایی محیط. یون‌های با پتانسیل یونی بین ۳ تا ۱۲ خلی نامحلول‌اند و اغلب در مقادیر PH متوسط کل آن‌ها رسوب می‌کنند (جدول ۱).

ترکیب شیمیایی: در

کانی‌های سیلیکاته، نیروهای پیوندی میان کاتیون‌ها و آنیون‌ها، عموماً از نوع یونی یا کوالانسی است. پیوندهایی که ماهیت غالباً یونی دارند، در بین گستره وسیعی از عناصر ستون‌های جدول تناوبی دیده می‌شوند؛ برای مثال بین پتاسیم (ستون ۱) و کلر (ستون ۷) یا کلسیم (ستون ۲) و اکسیژن (ستون ۶). پیوندهای با ماهیت غالباً کوالانسی نیز در میان عناصر واقع در ستون‌های مجاور هم در جدول تناوبی برقرار

می‌شود؛ برای مثال بین سیلیسیم (ستون ۴) و اکسیژن (ستون ۶) یا میان آلومینیم (ستون ۳) و اکسیژن (ستون ۶). در بحث هوازدهی، مهم‌ترین تفاوت میان پیوندهای یونی و کوالانسی، حساسیت آن‌ها به شکسته شدن با مولکول‌های دوقطبی آب است. پیوندهای یونی به آسانی شکسته می‌شوند (مثل سدیم کلرید)، اما پیوندهای کوالانسی (مثلاً در کوارتز) این‌گونه نیستند. ساختارهای سیلیکاته (Si-O) و آلومینوسیلیکاته (Al-O)

در آب نسبتاً نامحلول‌اند، زیرا پیوندهای Si-O و Al-O هر دو کوالانسی هستند.

یکپارچگی ساختاری: از آنجا که خوردگی شیمیایی در امتداد سطوح صورت می‌گیرد، پس بلورهای دارای رخ‌ها، شکستگی‌ها، مرزهای فازی، نسبت به بلورهایی که فاقد این علائم‌اند سریع‌تر متلاشی می‌شوند. در نتیجه بلورهای کوچک‌تر که دارای نسبت سطح به حجم بیشتری هستند، سریع‌تر از بلورهای

بزرگ‌تر متلاشی می‌شوند. قطعات چندبلوری در امتداد مرزهای بلور دگرسان و به کانی‌های سازنده آن تفکیک می‌شوند.

درجه تبلور: بلوری با استوکیومتری مطلوب که فاقد نقایص بلوری باشد، دارای پایدارترین حالت مقاومت در برابر هوازدگی است. با افزایش جاننشینی عنصری و نقایص شبکه بلوری، پایداری کانی کاهش می‌یابد. بدین ترتیب یک فلدسپات پتاسیم‌دار که دارای مقداری سدیم به صورت محلول جامد است به اندازه فلدسپات پتاسیم‌دار خالص پایدار نیست و کلسیت منیزیم‌دار نیز به اندازه کلسیت خالص پایدار نخواهد بود.

ماهیت شیمیایی محیط: کانی‌های سیلیکاتی در محیط‌های اسیدی نسبت به محیط‌های قلیایی، ناپایدارترند. همچنین در اقلیم‌های گرم‌تر و بارش‌های سالیانه بیشتر نیز در مقایسه با محیط‌های سردتر با بارش کمتر ناپایدارترند. خاک اقلیم‌های نیمه خشک، قلیایی و دارای انباشتگی‌هایی از کلسیت در افق B است، در حالی که خاک اقلیم‌های مرطوب‌تر، به دلیل رشد و فساد مواد آلی و انحلال دی‌اکسید کربن جو در آب، اسیدی است.

افق‌های خاک (نیم‌رخ)

نتیجه هوازدگی فیزیکی و شیمیایی تشکیل خاک است. خاک دارای سه افق اصلی است که از بالا به پایین به ترتیب عبارت است از B، A و C. به مجموع افق‌های A و B روی هم سلوم (خاک

حقیقی) گفته می‌شود.

افق A سطحی‌ترین افق خاک است که خاک رأسی نیز نامیده می‌شود. گیاهان در این افق ریشه دارند. در این افق میزان گیاه خاک زیاد، اما مقدار رس و مواد محلول در آن کم است، زیرا این مواد با آب باران شسته می‌شوند و به افق‌های زیرین می‌روند.

افق B زیر افق A قرار دارد. به این افق خاک زیرین نیز گفته می‌شود. بیشتر مواد محلول و رس که با آب باران از افق A شسته می‌شوند، در این افق تجمع می‌یابند.

افق C زیر سلوم قرار گرفته و افقی است که در آن بخشی از سنگ‌های بستر تخریب می‌شود. در این افق، مواد آلی یا اصلاً وجود ندارد یا بسیار ناچیز است. اگرچه سنگ مادر آن چنان به سلوم تجزیه می‌شود که ویژگی‌های اصلی آن تشخیص داده نخواهند شد، اما در افق C، سنگ مادر به آسانی قابل تشخیص است. مرز بین افق‌های خاک



شکل ۲: افق‌های خاک

ممکن است بسیار واضح یا تدریجی باشد. به علاوه بعضی از خاک‌ها کلاً فاقد این افق‌ها هستند. بعضی از خاک‌ها نابالغ‌اند، زیرا فرایندهای لازم برای تشکیل خاک کوتاه‌اند. این خاک‌ها مخصوص دامنه‌های پرشیب‌اند، چون فرسایش، خاک‌ها را از جا می‌کند و فرصت کامل شدن به آن‌ها نمی‌دهد (شکل ۲).

انواع خاک

در ساده‌ترین رده‌بندی، خاک‌های عهد حاضر را به دو گروه پدالفرها^۲ و پدوکال‌ها^۳ تقسیم می‌کنند. پدالفرها خاک‌هایی غنی از آلومینیم و سیلسیم هستند و علت نام‌گذاری این دسته از خاک‌ها نیز به وجود همین عناصر برمی‌گردد. واژه یونانی پدالفر مرکب از کلمه «پدون»^۴، به معنای خاک، و علائم شیمیایی آلومینیم (AL) و آهن (Fe) است. پدالفرها با تجمع اکسیدهای آهن و رس‌های غنی از آلومینیم در افق B مشخص می‌شوند. این خاک‌ها دارای رنگ قهوه‌ای یا قرمز مایل به قهوه‌ای هستند و در مناطق جنگلی گسترش زیادی دارند.

واژه یونانی پدوکال نیز مرکب از واژه «پدون» به معنای خاک و قسمت اول کلمه کلسیت است. چنانچه از نامشان پیداست، پدوکال‌ها با تجمع کربنات کلسیم (کلسیت) مشخص می‌شوند. این خاک در مناطق خشک گسترش دارد و چون شدت هوازدگی شیمیایی در مناطق خشک‌تر کمتر است، بنابراین معمولاً در پدوکال درصد کانی‌های رسی کمتر از پدالفر است. البته خاک‌شناسان دریافته‌اند که

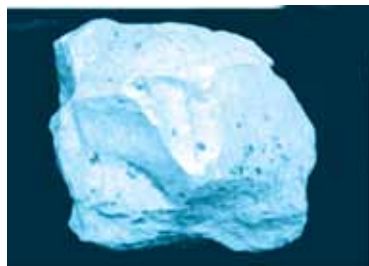
نیازمند طبقه‌بندی خاک‌ها در یک سیستم رده‌بندی دقیق، همچون سیستم مورد استفاده در طبقه‌بندی موجودات زنده هستند. ما ۱۱ رده، ۴۷ زیررده، ۲۳۰ گروه بزرگ، ۱۲۰۰ زیرگروه، ۶۶۰۰ خانواده و ۱۶۸۰۰ سری خاک داریم، اما در توالی‌های سنگی پیش از کواترنری، فرسایش و برهم‌نهشت خاک‌های تشکیل شده به طور تقریباً هم‌زمان (در مقیاس زمانی زمین‌شناسی)، طبقه‌بندی دقیق آن‌ها را غیرممکن می‌سازد.

هوازدگی و نهشته‌های معدنی

هوازدگی در ایجاد برخی از نهشته‌های معدنی مهم نقش دارد، زیرا عناصر فلزی پراکنده در سنگ مادر را در یک جا جمع می‌کند. به چنین نقل و انتقالی اغلب غنی‌شدگی گفته می‌شود. غنی‌شدگی به دو روش انجام می‌شود: در روش اول، هوازدگی شیمیایی به همراه آب نفوذی، موادی را که مناسب نیستند از سنگ در حال تجزیه جدا می‌کند. لذا عناصر مطلوب در افق‌های بالایی خاک باقی می‌مانند. روش دوم، درست عکس روش اول است. بنابراین عناصر مطلوبی که تراکم آن‌ها در افق نزدیک سطح زمین کم است، با رسوب مجدد، غلظت آن‌ها افزایش می‌یابد. نهشته‌های حاصل از هوازدگی عبارت‌اند از: کالکریت^۵، فریکریت^۶، آلومینوکریت^۷ و سیلکریت^۸.

کالکریت (کالچ): تجمعی از کربنات کلسیم در سطح یا نزدیکی سطح زمین است که می‌تواند در نواحی دارای بارش سالانه تا صد

از آنجا که خوردگی شیمیایی در امتداد سطوح صورت می گیرد، پس بلورهای دارای رخ ها، شکستگی ها، مرزهای فازی، نسبت به بلورهایی که فاقد این علائم اند سریع تر متلاشی می شوند. در نتیجه بلورهای کوچک تر که دارای نسبت سطح به حجم بیشتری هستند، سریع تر از بلورهای بزرگ تر متلاشی می شوند



شکل ۳: الف) کالکریت، ب) بوکسیت، پ) فریکریت، ت) سیلکریت

اپال، کلسدونی، چرت و کوارتز به نسبت های مختلف تشکیل می شود. کوارتز تخریبی نیز ممکن است در آن وجود داشته باشد. تشکیل سیلکریت شامل رسوب گذاری از محلول های سطحی یا زیرزمینی است. این امر یا به صورت مستقیم از طریق رشد بلور انجام می شود یا به صورت غیرمستقیم از آب زدایی ژل سیلیسی و سپس تبلور آن به چرت یا کلسدونی صورت می گیرد (شکل ۴، ت).

متداول ترین نهشته قدیمی شناخته شده باشد و به دلیل فراوانی و اهمیت آن در کشورهای فقیر از منابع معدنی، مطالعه شده ترین قشرهای خاکی عهد حاضر است. همانند سایر نهشته ها فریکریت نیز دارای ظاهری صحرایی است که به دلیل فرسایش و رسوب گذاری مجدد قشرهای اولیه پیچیده شده، اما ویژگی اصلی آن ها، یعنی غنی بودن از آهن باقی مانده است (شکل ۳، پ).

سیلکریت: آلومینوکریت و فریکریت، خاک های برجامانده ای هستند که پس از انتقال تمام سازنده های دیگر نهشته می شوند. در مقابل، سیلکریت اساساً یک نهشته سیلیسی ثانویه است و از رسوب شیمیایی

سانتی متر مکعب ایجاد شود، ولی بهترین شرایط برای تشکیل آن نواحی خشک تر با بارش سالیانه کمتر از پنجاه سانتی متر مکعب است (شکل ۳، الف).

بوکسیت (آلومینوکریت): خاکی است که تماماً از هیدروکسید آلومینیوم بی شکل یا بلورین تشکیل شده و معمولاً پیژولیتی است. چنین خاک هایی تنها در مناطق گرمسیری مرطوب تا نیمه گرمسیری، همچون حوضه های رودهای آمازون و کنگو تشکیل می شوند. بوکسیت ها می توانند روی هر سنگ والد آلومینیم دار تشکیل شوند، ولی روی بسترهای آلومینیوم دار بهتر و با ضخامت بیشتر می توانند تشکیل شوند (شکل ۳، ب).

لاتریت آهن دار (فریکریت): شاید به دلیل رنگ آن

نتیجه هواز دگی فیزیکی و شیمیایی تشکیل خاک است.
خاک دارای سه افق اصلی است که از بالا به پایین به ترتیب عبارت است از A، B و C. به مجموع افق های A و B روی هم سلوم (خاک حقیقی) گفته می شود

پی نوشت ها

1. Bowen
2. Pedalfer
3. Pedocal
4. Pedon
5. Calcrete
6. Ferricrete
7. Aluminocrete
8. Silcrete
9. Caliche
10. Bauxite

منابع

۱. بلت، ه.، تریسی، ر. و اونز، ب.، ترجمه لنگرانی، م.، قاسمی، ح. و همام، س. م. (۱۳۸۹)، پترولوژی سنگ های رسوبی، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ۲۸۷ ص.
۲. موسوی حرمی، ر. (۱۳۸۳)، رسوب شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۷۴ ص.
۳. جی. تارپوک، ا. ک.، لوتگن، ف.، ترجمه اخروی، ر. (۱۳۸۲)، مبانی زمین شناسی، انتشارات مدرسه، ۳۹۱ ص.

ماده

انرژی تاریک

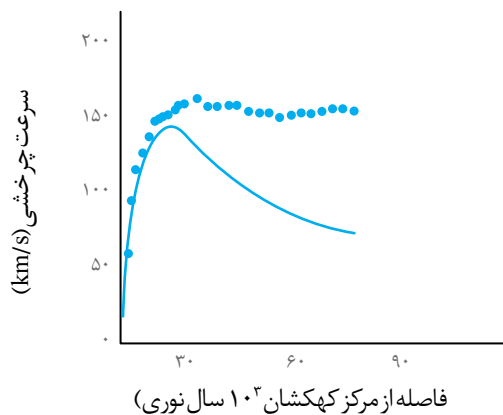
تألیف و ترجمه:

محمدرضا خوش بین خوش نظر

کارشناس گروه فیزیک

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی

شگفت‌آور بود. آن‌ها دریافتند که سرعت چرخش مداری ستاره‌های واقع در بیرون لبه مرئی هر کهکشان تقریباً با سرعت چرخش مداری ستاره‌های نزدیک به مرکز کهکشان یکسان است. در حالی که اگر یک کهکشان فقط جرم مرئی را در برداشته باشد، سرعت چرخش مشاهده شده باید طبق قانون دوم نیوتن که به $v = \sqrt{\frac{Gm}{r}}$



مقدمه
گرچه ماده و انرژی تاریک^۱ ارتباطی مفهومی با یکدیگر ندارند، اما همواره در مباحث کیهان‌شناسی به عنوان دو معضل مهم که هنوز پاسخی برای آن‌ها پیدا نشده است در پی یکدیگر می‌آیند. از این‌رو در این مقاله کوشش شده است این دو مبحث به طور مجزا (و البته به اختصار) توضیح داده شود. پس از آن نیز گفت‌وگوهایی که در سال‌های اخیر با دو تن از متخصصان این حوزه‌ها انجام شده است، تقدیم خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: ماده تاریک، انرژی تاریک، اَبَر نوآختر، انبساط عالم، ذرات سنگین، برهم‌کنش‌کننده ضعیف، شتاب عالم

ماده تاریک و سرعت چرخش ستارگان

گرچه برخی معتقدند این فرتیز زوئیکی^۲ بود که برای نخستین بار در سال ۱۹۳۳ با نگاشتن مقاله‌ای وجود ماده تاریک را پیشگویی کرد، اما از لحاظ تجربی دانشمندی به نام وِر روپین^۳ و همکارش کنت فورڈ^۴، نخستین کسانی بودند که به وجود چنین ماده ناشناخته‌ای پی بردند. آن‌ها در رصدخانه ملی کیت پیک^۵ واقع در آریزونا سرعت چرخش تعدادی از ستارگان دور دست را با اندازه‌گیری انتقال‌های دوپلری خوشه‌های تابناک ستارگانی که در داخل هر کهکشان در فاصله‌های مختلفی از مرکز آن‌ها قرار داشتند، اندازه گرفتند. همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد، نتایج کار آن‌ها واقعاً

شکل ۱
سرعت چرخش ستارگان در یک کهکشان، بر حسب تابعی از فاصله آن‌ها تا مرکز کهکشان. منحنی نقطه‌چین حاصل داده‌های تجربی است که نیمه دوم آن منطبق بر منحنی توپری نیست که از محاسبات نظری به دست می‌آید.

چون طبق معادله انیشتین، جرم و انرژی هم‌ارزند، می‌توانیم این عبارت را تعمیم بخشیم و بگوییم که انرژی موجب خمیدگی فضا می‌شود. این امر به یقین برای فضای اطراف یک سیاه‌چاله و به‌گونه‌ای ضعیف‌تر برای اطراف هر جسم نجومی دیگر رخ می‌دهد. ولی آیا فضای کل عالم نیز بر اثر انرژی موجود در آن خمیده می‌شود؟ این پرسش نخستین بار به کمک اندازه‌گیری‌های ماهواره کلوشر زمینه کیهانی (COBE)^۹ در سال ۱۹۹۲ و سپس به‌طور دقیق‌تر با اندازه‌گیری‌های کاوه ناهمسانگردی میکروموج ویلکینسون (WMAP)^{۱۰} در سال ۲۰۰۳ پاسخ داده شد که تصویر ۲ مربوط به آن است.

لکه‌هایی که در این تصویر می‌بینیم ناشی از مجموعه‌ای اتم‌هاست که همان چشمه‌های اولیه تابش زمینه کیهانی هستند. تابش زمینه کیهانی در واقع نوری است که از زمان کوتاهی پس از آغاز عالم (۳۷۹۰۰۰ سال پس از تکوین عالم) نشأت گرفته است. در واقع در این زمان دمای عالم به حدی کم شده بود که الکترون‌ها می‌توانستند به هسته‌ها بچسبند و اتم‌ها را تشکیل دهند. وقتی عالم جوان‌تر بود، اتم‌ها هنوز تشکیل نشده بودند و نور نمی‌توانست مسافت قابل توجهی را پیماید، بی‌آنکه به وسیله ذره‌های واقع در مسیر خود پراکنده نشود. بنابراین نور در جهت‌های مختلفی پراکنده می‌شد و اگر مثلاً نور از نقطه A شروع کرده بود، نمی‌توانستید در هنگام دریافت بخشی از نور با قطعیت بگویید که آن پرتو از A نشأت گرفته است. ولی پس از آنکه ذره‌ها شروع به تشکیل اتم‌ها کردند، نور با توجه به اینکه با اتم‌های خنثی برهم‌کنش قابل توجهی ندارد، می‌توانست تا فاصله‌های زیاد حرکت کند. آن‌گاه یک پرتوی نور تابشی از نقطه A می‌توانست برای میلیون‌ها سال حرکت کند، بی‌آنکه پراکنده شود. این نور، همان تابش کیهانی است.

حال پرسشی که باقی می‌ماند این است که آیا می‌توانیم از این تابش برای تمیز دادن نقطه‌هایی استفاده کنیم که تابش از آن‌ها نشأت گرفته است و آن‌گاه تصویری از عالم قدیمی بسازیم، در زمانی که اتم‌ها برای نخستین بار تشکیل شدند و پراکندگی نور متوقف شد؟ پاسخ مثبت است و تصویر ۲ همان تصویر است. همان‌طور که گفتیم لکه‌های این تصویر، همان چشمه‌های اولیه تابش زمینه کیهانی هستند و توزیع زاویه‌ای این لکه‌ها،



شکل ۳: تصویری نمایشی از انبساط عالم از آفت و خیزهای کوانتومی در $t=0$ تا وضعیت کنونی در $۱۳/۷ \times ۱۰^۹$ سال پس از آن. توجه کنید که این فقط یک نمایش است و در واقع عالم لبه‌ای خارجی ندارد.

می‌انجامد، با افزایش فاصله در مسافت‌های دور، افت می‌کند. برای مثال در منظومه شمسی خودمان، سرعت چرخش مداری پلاتو (دورترین سیاره از خورشید) حدود ۰/۱ سرعت مداری عطارد (نزدیک‌ترین سیاره به خورشید) است.

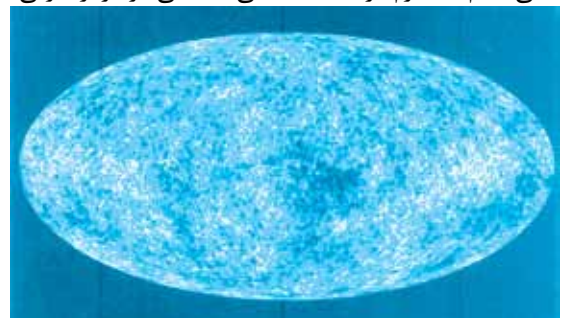
تنها توضیح برای یافته‌های روبین و فورد که بتواند با مکانیک نیوتنی سازگار باشد این است که یک کهکشان نوعی، حاوی ماده‌ای است بسیار بیشتر از آنچه که به‌ظاهر دیده می‌شود. درواقع بخش مرئی یک کهکشان فقط در حدود ۵ تا ۱۰ درصد جرم کل کهکشان است. بنابراین عالم مملو از ماده‌ای است که نمی‌توانیم آن را ببینیم و از این رو ماده تاریک نامیده می‌شود. این نام‌گذاری بدان دلیل است که ماده تاریک یا به کلی یا نوری گسیل نمی‌کند و یا گسیل نور آن، چنان ضعیف است که قابل آشکار کردن نیست. احتمالاً برخی از مواد طبیعی، مانند ستارگان سوخته و گازهای بین ستاره‌ای کم‌سو، بخشی از ماده تاریک را تشکیل می‌دهند، ولی این فقط بخش کوچکی از کل ماده تاریک است.

بخش عمده ماده تاریک اصطلاحاً غیرباریونی است، یعنی شامل پروتون‌ها و نوترون‌ها نیست. یکی از کاندیداهای همیشگی ماده تاریک نوترینوها بوده است. گرچه جرم نوترینوها نسبت به جرم پروتون یا نوترون بسیار کوچک است، ولی با توجه به تعداد فوق‌العاده زیاد نوترینوها در یک کهکشان، جرم کل آن‌ها بزرگ است. با این همه، محاسبه‌ها نشان داده‌اند که حتی جرم کل نوترینوها هم برای توضیح جرم کل ماده غیرباریونی کافی نیست. بنابراین سایر ذره‌هایی که ماده تاریک را تشکیل می‌دهند هنوز آشکارناپذیرند و سرشت آن‌ها هنوز ناشناخته است.

النا آپریل^۹ یکی از کوشندگان اصلی کشف این ذرات است؛ ذراتی که به‌دلیل برهم‌کنش بسیار ضعیفشان با سایر مواد اصطلاحاً WIMP^{۱۰} خوانده می‌شوند (واژه‌ای که مخفف عبارتی انگلیسی به معنای ذرات سنگین برهم‌کنش‌کننده ضعیف است). آپریل سرپرست گروهی تحقیقاتی به نام گزنون^۸ است، که درواقع آزمایشگاهی برای کشف WIMP‌ها در اعماق ۵۰۰۰ فوتی زیرزمین در جایی در ایتالیا است. در ادامه، ترجمه مصاحبه‌ای که اخیراً با وی انجام شده است، خواهد آمد.

انرژی تاریک و انبساط سریع عالم

می‌دانیم که جرم موجب خمیدگی فضا می‌شود و از طرفی،



شکل ۲: این تصویر رزمینه شده رنگی در واقع عکسی از عالم به هنگامی است که فقط ۳۷۹۰۰۰ سال عمر داشت. این تصویر، آن چیزی است که اگر در آن هنگام به همه جهت‌ها می‌نگریستند، مشاهده می‌کردید.



در جست‌وجوی تاریکی

* واقعاً ماده تاریک چیست؟

* بهترین پاسخ این است که هیچ نظری نداریم؛ فقط می‌دانیم که وجود دارد. بیش از ۷۰ سال است که آن را می‌شناسیم. فریتز زوئیکی، اخترشناس سوئیسی در مقاله‌ای به سال ۱۹۳۳ نشان می‌دهد که ماده مرئی تنها کسر کوچکی از عالم را تشکیل داده است. فقط ۱۸ درصد مواد عالم از ماده‌ای است که می‌شناسیم. بقیه ۸۲ درصد چیزی است که ماده تاریک خوانده می‌شود سایر کشفیات در اخترشناسی بر این نظر صحت گذاشته‌اند که چیزی گم شده است. می‌دانیم ماده تاریک وجود دارد، ولی تنها از روی اثرهای گرانشی آن. برای مثال، وجود ماده تاریک به ما در توضیح اینکه چرا کهکشان‌ها پایداری، کمک می‌کند. کهکشان راه شیری قرصی است که مثل یک چرخ و فلک افقی می‌چرخد. پرسش این است که چه عاملی مانع از هم‌پاشی آن می‌شود؟ البته گرانی، اما ماده مرئی موجود در کهکشان آن قدر نیست که مقدار گرانی مورد نیاز برای در کنار هم نگه داشتن همه سیاره‌ها و ستاره‌های این کهکشان را تأمین کند. به همین دلیل است که معتقدیم باید ماده دیگری وجود داشته باشد که نمی‌توانیم آن را ببینیم.

* ماده تاریک از چه تشکیل شده است؟

* فکر می‌کنیم از نوعی ذره ساخته شده است که اغلب تمایلی برای برهم‌کنش با ماده معمولی [پروتون‌ها، نوترون‌ها و سایر انواع ذرات] ندارد و خیلی سنگین است؛ شاید به سنگینی یک اتم سرب یا حتی سنگین‌تر. احتمالاً ذره‌ای است خیلی قدیمی که از انفجار بزرگ (مه بانگ) بر جای مانده است؛ عضوی از خانواده‌ای از ذرات که ذرات سنگین برهم‌کنش‌کننده ضعیف (WIMP) خوانده می‌شوند.

* چطور می‌دانیم که ماده تاریک از نوع جدیدی ذره ساخته شده است؟

* شاید واقعاً در اشتباه باشیم که می‌اندیشیم ماده تاریک از ذره‌ای جدید ساخته شده است. مدل استاندارد فیزیک ذرات که فیزیک‌دانان معتقدند عالم بر مبنای آن کار می‌کند، نقایصی دارد. خیلی از چیزها و خیلی از داده‌های آن با هم نمی‌خوانند. نظریه‌هایی مانند ابرتقارن و ابعاد اضافی برای توضیح چیزهایی ارائه شده‌اند که یا در مدل استاندارد یافت

خمیدگی عالم را در مسیری که نور باید ببیند تا به ما برسد، نشان می‌دهد.

تحلیل توزیع این لکه‌ها نشان داده است که عالم، تخت (بدون خمیدگی) است. در حالی که پس از زمان $t = 10^{-34}$ s از تکوین عالم، چنان جرم عظیمی گرد آمده بود که باید موجب چیرگی گرانش می‌شد. پس در واقع باید انرژی‌ای در برابر گرانش وجود می‌داشت که باعث ادامه انبساط عالم می‌شد. شکل ۳ نمایشی فرضی از گسترش عالم تاکنون را نشان می‌دهد.

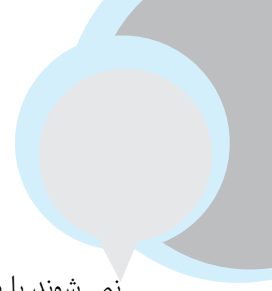
این موضوع، مسئله بسیار دشواری را پیش روی فیزیک‌دانان قرار می‌دهد، زیرا لازمه آن وجود تعداد معینی از انرژی (به صورت جرم یا صورتی دیگر) است. مشکل از آنجا ناشی می‌شود که همه برآوردها از مقدار انرژی موجود در عالم (هم به شکل‌های شناخته شده و هم به شکل نوع ناشناخته ماده تاریک) به میزان فاحشی از این مقدار مورد نیاز، کمتر است. در واقع حدود ۱٪ از این انرژی مورد نیاز گم شده است.

مهم‌ترین نظریه‌ای که برای این انرژی گم‌شده ارائه شده است، انرژی تاریک خوانده می‌شود. همان‌طور که گفتیم این انرژی به گونه‌ای است که با گرانش مخالفت می‌کند و موجب انبساط عالم می‌شود تا سال ۱۹۹۸ پاسخ به اینکه آیا این انبساط واقعاً سریع بوده است بسیار دشوار بود، زیرا لازمه آن اندازه‌گیری مسافت‌های اجسام نجومی بسیار دور، در جایی است که انبساط سریع ممکن است رخ داده باشد.

در سال ۱۹۹۸ پیشرفت‌های فناوری نجومی اخترشناسان را قادر ساخت تا نوع معینی از ابرنواخترها موسوم به نوع Ia را در فاصله‌های بسیار دور آشکار کنند. مهم‌تر آنکه اخترشناسان توانستند مدت انفجار نور از چنین ابرنواخترهایی را اندازه‌گیری کنند. در طی این مدت، تابناکی ابرنواخترها توسط ناظری بر روی زمین آشکار می‌شود با اندازه‌گیری مدت تابناکی ابرنواخترها، اخترشناسان توانستند فاصله آن ابرنواختر را تعیین کنند. با توجه به انتقال به سرخ نور حاصل از کهکشانی که آن ابرنواختر را شامل می‌شود، اخترشناسان توانستند تعیین کنند که آن کهکشان با چه سرعتی از ما دور می‌شود. از ترکیب همه این اطلاعات، آن‌ها توانستند آهنگ انبساط عالم را تعیین کنند. نتیجه، تأییدی بر نظریه انرژی تاریک بود و اینکه انبساط عالم واقعاً سریع است، ولی هنوز نشانه‌ای از اینکه این انرژی تاریک چیست، نداریم. در انتهای مقاله، ترجمه مصاحبه‌ای با سول پرلمتر، یکی از کوشندگان این نظریه خواهد آمد.

گفت‌وگو با النا آپریل

النا آپریل لیسانس فیزیک خود را در سال ۱۹۷۷ از دانشگاه ناپل ایتالیا و دکترای خود را در سال ۱۹۸۳ از دانشگاه ژنو سوئیس گرفت. او هم‌اکنون سرپرست گروه تحقیقاتی گزنون در ایتالیا و استاد دانشگاه معتبر کلمبیا در ایالات متحده آمریکاست.



نمی‌شوند یا با داده‌هایی که به‌دست آورده‌ایم، نمی‌خوانند. برخی ذرات پیشگویی شده در این نظریه‌ها کاندیداهای بالقوه‌ای برای مادهٔ تاریک هستند، زیرا همهٔ مشخصه‌های لازم را دارند. برای مثال، ذره‌ای به نام نوترالینو^{۱۱} نوعی از WIMP است که کاندیدای مناسبی برای مادهٔ تاریک به حساب می‌آید، زیرا با ذرات دیگر برهم‌کنش زیادی انجام نمی‌دهد. این پدیده توضیح می‌دهد که چرا هیچ‌کس آن را آشکار نساخته است.

* اگر WIMP ها با ذرات دیگر برهم‌کنش چندانی ندارند، پس چگونه می‌توان آن‌ها را یافت؟

* راهی که برای این تحقیق در پیش گرفته‌ایم، انتظار برای ذره‌ای از مادهٔ تاریک است تا با وسیلهٔ ما برهم‌کنش کند. این وسیله ظرفی بزرگ از مایع گزنون است [عنصری که به شکل گازی در چراغ‌های جلوی بسیار تابان بسیاری از اتومبیل‌های جدید استفاده می‌شود] که بین دو آشکارساز ساندویچ شده است. ما از گزنون به این دلیل استفاده می‌کنیم که یکی از سنگین‌ترین عناصر است، یعنی هر اتم آن شامل تعداد زیادی پروتون و نوترون است که احتمال برهم‌کنش مادهٔ تاریک با آن را افزایش می‌دهد.

هرگاه چنین شود، یعنی هر گاه یک WIMP در آنجا به دام افتد، گزنون ویژگی‌های جالب توجهی از خود بروز می‌دهد و درخش یا جرقه‌ای از نور فرابنفش ساطع خواهد شد. شما آن را با چشم غیرمسلح نخواهید دید. بنابراین برای آشکار ساختن این نور، ما ۱۷۸ دوربین فوق‌العاده حساس تک‌پیکسلی موسوم به فوتومولتی‌پلیر^{۱۲} را در بالا و پایین این آشکارساز گزنونی نصب کرده‌ایم.

ما همچنین در پی سیگنالی یونشی هستیم. اگر یک ذرهٔ مادهٔ تاریک بر یک اتم گزنون سایش یابد، الکترون‌ها جدا می‌شوند و یک [جریان] بار تولید می‌شود. این الکترون‌ها از طریق گزنون مایع به سمت آند [پایانهٔ الکتریکی] که باردار مثبت است سوق می‌یابند و این جرقه نور دیگری را ایجاد می‌کند که دوربین‌ها آن را آشکار خواهند ساخت.

* و آن سیگنال خبر از آن می‌دهد که بالاخره یک WIMP تماس پیدا کرده است؟

* خب، ما می‌توانیم اطلاعات ارزشمندی از این دو سیگنال حاصل کنیم، که از آن جمله سرعت ذره، محل برهم‌کنش و نوع ذره‌ای است که تماس پیدا کرده است؛ یک الکترون، یک نوترون، یا مادهٔ تاریک. هرچه ذره با ملایمت بیشتری با گزنون تماس پیدا کند، احتمال اینکه یک WIMP باشد بیشتر است.

* چقدر به کشف مادهٔ تاریک نزدیک شده‌ایم؟ آیا دیگران موفقیت‌هایی داشته‌اند یا ممکن است به دستاوردی برسند؟

* در دسامبر ۲۰۱۰ خبرهایی از گروه تحقیقاتی دیگری به نام CDMS^{۱۳} رسید که مادهٔ تاریک را در معدنی واقع در مینسوتا

کشف کرده‌اند، ولی آن‌ها سیگنال بسیار ضعیفی را دریافت کرده بودند. آن‌ها دو رویداد را ثبت کردند که نمی‌شود کاملاً به‌عنوان نوفهٔ [نویز] زمینه توضیح داده شوند. یکی از آن دو بسیار به آستانهٔ نوفه نزدیک است. این، آشکارسازی مادهٔ تاریک نیست و خود گروه هم این ادعا را نکرده است، بلکه سرنخی از یک کشف است. خبرهای هیجان‌انگیز فراوانی بوده که بعدها ادامه نیافته است.

در مورد گروه خود ما، ما از چند ماه پیش تاکنون داده‌هایی را جمع‌آوری کرده‌ایم و به این کار ادامه خواهیم داد. آشکارساز پر قدرت ما کمترین نوفهٔ زمینه‌ای را دارد که تاکنون با هر آشکارساز مادهٔ تاریکی اندازه گرفته شده است و بزرگ‌ترین آشکارساز در حال کار است. اگر سیگنالی که CDMS یافته است واقعاً از مادهٔ تاریک باشد، ما به آسانی می‌توانیم آن را تأیید کنیم. در همین زمان، فیزیک‌دانان ذرات، با برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی (LHC) واقع در ژنو در پی مادهٔ تاریک هستند. ما امیدواریم آن‌ها بتوانند چیزهای بیشتری دربارهٔ این ذرات در چند سال آینده بگویند.

* جست‌وجوی چیزی که ممکن است هرگز نیابید، به چه می‌ماند؟

* احساس بسیار جالبی است و تقریباً مثل یک وظیفه می‌ماند. این حقیقت که نمی‌دانیم آیا مادهٔ تاریک را کشف می‌کنیم یا نه، مانع از لزوم تلاش ما نمی‌شود. فیزیک‌دان ایتالیایی کارلورابی^{۱۴} که استاد پایان‌نامهٔ دکترای من در دانشگاه ژنو بود، به‌تازگی در کنفرانس راجع به مادهٔ تاریک گفته‌ای از گالیله را نقل کرده است: «Provando et reprovando»، یعنی «سعی کن و دوباره سعی کن». این مبنای علوم آزمایشگاهی است. ما باید برای یافتن حقیقت سعی کنیم و دوباره سعی کنیم. اگر به این دلیل بازایستیم که هیچ تضمینی برای یافتن چیزی وجود ندارد، آن‌گاه دیگر هیچ چیز نخواهیم یافت. درواقع، به زبان مادهٔ تاریک، نیافتن هیچ چیز اهمیتی فوق‌العاده دارد، زیرا به ما دریافتن مسیرهای تازه‌ای برای کشف کمک می‌کند. ما باید با بهترین ابزاری که در اختیار داریم به جست‌وجوی خود ادامه دهیم.

مرجع

Discover, Published online November 17, 2010.

گفت‌وگو با سول پرلماتر

سول پرلماتر در سال ۱۹۵۹ در کمپین اوربانای ایالت ایلنوی آمریکا در خانواده‌ای یهودی به دنیا آمد. لیسانس خود را در سال ۱۹۸۱ از دانشگاه هاروارد و دکترای خود را در سال ۱۹۸۶ از دانشگاه برکلی^{۱۵} گرفت. او هم‌اکنون استاد دانشگاه برکلی و عضو ارشد آزمایشگاه لاورنس برکلی و سرپرست پروژهٔ کیهان‌شناسی اَبَرنواختری است. پرلماتر جوایز متعددی را کسب کرده که آخرین و معتبرترین آن‌ها نوبل فیزیک سال ۲۰۱۱ بوده است.

فضا بزرگ‌تر و بزرگ‌تر می‌شود

*** انگیزه اصلی دانشمندان، در ورای تحقیقی که به کشف انرژی تاریک در سال ۱۹۹۸ انجامید، چه بود؟**

* در دهه ۲۰، ادوین هابل^{۱۶} نشان داد که عالم در حال انبساط است. اما بی‌درنگ پرسش‌های دیگری مطرح شد: آیا این انبساط همیشگی است؟ آیا ممکن است پایان گیرد؟ شاید هم سوی آن برگردد و عالم سرانجام متلاشی شود. از کجا معلوم که عالم تا همیشه وجود خواهد داشت؟ این‌ها پرسش‌هایی بدیهی است که می‌خواهید پاسخ‌شان را بدانید، وقتی می‌گویید شما در عالمی متغیر و در حال انبساط زندگی می‌کنید، راه پاسخ‌گویی به این پرسش‌ها درباره فرجام عالم، چشم دوختن به گذشته است.

*** چگونه مسئله پیچیده‌ای همچون تاریخچه انبساط عالم را بررسی می‌کنید؟**

* ایده اصلی آن است که هر چه به مسافت‌های دورتر و دورتر چشم بدوزید، دارید به زمان‌های دورتر و دورتر نگاه می‌کنید. مقالاتی بسیار قدیمی از دهه ۳۰ وجود دارد که در آن‌ها پیشنهاد شده است انبساط عالم با استفاده از ابرنواخترها (ستارگان در حال انفجاری که تابناکی بسیاری دارند) اندازه‌گیری شود، زیرا به نظر می‌رسید که میزان تابناکی آن‌ها یکنواخت می‌ماند. اگر ابرنواختر، تابناکی تقریباً یکنواختی داشته باشد، آن‌گاه شما می‌توانید با استفاده از تابناکی رصد شده آن‌ها در زمین، فاصله‌شان را اندازه بگیرید. اما با نگاه بیشتر به ابرنواخترها گستره تغییر در تابناکی آن‌ها مشاهده شد و آن یکنواختی از بین رفت، تا اینکه در دهه ۸۰ دانشمندان دریافته‌اند ابرنواخترها زیرگروه‌هایی دارند و یکی از آن‌ها موسوم به نوع Ia تابناکی بسیار پایداری از خود نشان می‌دهد. خوشبختانه این نوع، روشن‌ترین آن‌ها نیز هست و بنابراین همان است که با آن می‌توانید تا دور دست‌ترین نقاط عالم بروید.

*** چگونه چنین ابرنواخترهایی نحوه انبساط عالم را مشخص می‌کنند؟**

* ما از ابرنواخترهای نوع Ia به عنوان شاخص‌های فاصله خود

تنها توضیح برای یافته‌های روبین وفورد که بتواند با مکانیک نیوتنی سازگار باشد این است که یک کهکشان نوعی، حاوی ماده‌ای است بسیار بیشتر از آنچه به ظاهر دیده می‌شود، در واقع بخش مرئی یک کهکشان فقط در حدود ۵ تا ۱۰ درصد جرم کل کهکشان است. بنابراین عالم مملو از ماده‌ای است که نمی‌توانیم آن را ببینیم و از این رو ماده تاریک نامیده می‌شود

استفاده می‌کنیم. بنابراین شما می‌خواهید بدانید پس از هر انفجاری که رخ داده عالم چقدر انبساط یافته است. راه مناسبی برای آن وجود دارد. این ابرنواخترها تقریباً همه نور خود را در طول موج آبی معینی گسیل می‌دارند. اما با حرکت نور آبی، این نور نیز درست مانند انبساط عالم، کشیده می‌شود و بنابراین هنگامی که به شما می‌رسد، قرمز [با طول موجی بلندتر] به نظر خواهد رسید.

چگونه فرمز شدن نور دقیقاً به شما می‌گوید عالم از لحظه انفجار ابرنواختر چطور انبساط یافته است؟ با نگاه کردن به ابرنواخترهای مختلف، شما باید بتوانید تعیین کنید که عالم از لحظه آن انفجار به بعد، مثلاً پنج میلیارد، سه میلیارد و سپس یک میلیارد سال پیش چقدر انبساط یافته و از آنجا در خواهید یافت که عالم چگونه در کل زمان تغییر کرده است. انتظار می‌رفت که با گذشت زمان، انبساط عالم بر اثر جاذبه گرانشی همه جرم‌های موجود در آن کند شود، ولی ما دریافتیم که سرعت انبساط عالم افزایش می‌یابد.

*** چرا این موضوع که عالم سریع‌تر و سریع‌تر می‌شود، این قدر مهم است؟**

* این نشان می‌دهد که سرگذشت عالم حکایتی نبوده است که در آن فقط یک پارامتر نقش داشته باشد. جرم به تنهایی نمی‌توانست باعث تغییر انبساط عالم شود؛ تنها کاری که جرم می‌توانست انجام دهد کند کردن سرعت انبساط بود. بنابراین، بی‌درنگ دریافتیم که باید چیز دیگری نیز در میان باشد و به این نتیجه رسیدیم که بیشتر جرم عالم به شکل نوعی انرژی در خلا است که ویژگی دافعه عجیبی دارد. این انرژی باعث شتاب گرفتن انبساط عالم و افزایش سرعت آن می‌شود. ما واقعاً ماهیت آن را نمی‌دانیم، ولی امروزه از آن با واژه انرژی تاریک یاد می‌شود تا راز و رمز آن را نشان دهد.

*** آیا لحظه‌ای وجود داشت که مفاهیم عظیم و شگفت‌آور تحقیقتان شما را تحت تأثیر قرار دهد؟**

* خب، کمی خنده‌دار است. این باید کندترین احساس پیروزی در تاریخ باشد؛ احساسی که در طول چندین ماه گسترش یافت. دلیل آن این است که پیش از رسیدن به آن نقطه زیبای پایانی، تحلیل‌های عددی بسیار پیچیده‌ای انجام شد و برای سنجش آن داده‌ها و سر و سامان بخشیدن به آن‌ها باید مراحل زیادی صورت می‌گرفت. از سوی دیگر، باید به لحظه‌ای اشاره کنم که برای نخستین بار داده‌هایم را در یک سخنرانی ارائه کردم. پس از سخنرانی، یک کیهان‌شناس مشهور به نام جول پریماک^{۱۷} بلند شد و گفت فقط می‌خواهد به فیزیکدانان شرکت‌کننده در جلسه این نکته را خاطرنشان سازد که نتیجه تحقیقات پرلمتر دستاوردی خیره‌کننده و کاملاً بی‌ت‌آور است. به گمانم در آن لحظه احساس سرمستی فوق‌العاده‌ای کردم. لحظه‌ای واقعاً تکان‌دهنده بود.

بخش عمده ماده تاریک اصطلاحاً غیر باریونی است، یعنی شامل پروتون ها و نوترون ها نیست

را در مسیر درستی قرار دهد. به گمان من نظریه پردازان بسیار خلاق اند و خواهند توانست این مهم را به انجام برسانند، اما در حال حاضر برای انرژی تاریک گستره بسیار وسیعی از گزینه ها وجود دارد. انرژی تاریک می تواند هر چیزی باشد.

* انبساط عالم و در نتیجه نفوذ انرژی تاریک از لحظه انفجار بزرگ (مه بانگ) چگونه تغییر یافته است؟

* برای کیهان شناسان لحظه جالبی در جهان بسیار بسیار اولیه وجود دارد (تقریباً 10^{-35} ثانیه پس از انفجار بزرگ) که دوره تورمی خوانده می شود. تورم، دوره دیگری از شتاب عالم بوده است و ما دلیل آن شتاب را نیز نمی دانیم. ممکن است نوع دیگری از انرژی تاریک پیش از آن لحظه وجود داشته است.

پس از تورم، چنان جرم زیادی گرد هم وجود داشت که باعث چیرگی گرانی و گند شدن انبساط عالم شد. این وضعیت تا حدود نصف عمر [فعلی] عالم طول کشید. این پدیده حدود ۷ میلیارد سال پیش از زمانی بود که عالم به نقطه ای انبساط یافت که در آن مواد چنان پراکنده بودند که دیگر نمی توانستند گند شدن انبساط عالم را حفظ کنند. در این زمان، قدرت انرژی تاریک محسوس شد و عالم دوباره شتاب گرفت.

* این کشف برای سرنوشت عالم به چه معناست؟ آیا هیچ وقت انرژی تاریک باز خواهد ایستاد؟

* خب، شما می توانید راهی ساده پیش بگیرید و بگویید چون اکنون عالم شتابان است، بدان معناست که برای همیشه نیز شتاب خواهد گرفت که این به پایانی بسیار تاریک، تهی و سرد می انجامد. این، همه آن چیزی است که در انتظار ماست. ولی باید خاطرنشان سازم که ما نمی دانیم چه چیزی باعث شتاب کنونی عالم شده است و نیز نمی دانیم چه عاملی باعث شتاب عالم در دوره تورمی خود در جهان بسیار اولیه شد. این تورم روی برگرداند، باز ایستاد و عالم رو به گند شدن گذاشت. چه کسی می داند آیا چیزی که امروز می بینیم، ممکن است روزی برعکس شود و عالم سرانجام فروپاشد؟ بنابراین باید تأکید کنم که سرنوشت عالم جزء مجهولات باقی خواهد ماند، تا زمانی که سرنخ هایی برای توجیه شتاب فعلی عالم پیدا نشود.

پی نوشت ها

1. Dark matter and Dark energy
2. Fritz zwicky 3. Vera Rubin
4. Kent Ford 5. Kitt Peak National Observation 6. Elena Aprile
7. Weakly Interacting Massive Particles 8. Xenon
9. Cosmic Background Explorer
10. Wilkinson Microwave Anisotropy Probe 11. neutralino
12. Photomultiplier
13. Cryogenic Dark Matter Search به معنای جست و جوی ماده تاریک زمزاییک
14. Carlo Rubbia 15. Berkly
۱۶. دقیقاً در سال ۱۹۲۹ (مترجم).
17. Joel Primack

مرجع

Discover, Published online February 22, 2010.

* دانشمندان اکنون چگونه در پی توضیح انرژی تاریک هستند؟

* اینشتین در ابتدا جمله ای موسوم به لاندا (Λ) را در معادله نسبیت عام خود گذاشت تا با آثار گرانشی مقابله کند و عالمی ایستا را به وجود آورد. کشف ادوین هابل درباره انبساط عالم، اینشتین را متقاعد ساخت که حضور لاندا غیر ضروری است. اما چندی بعد دانشمندان دریافتند که در مکانیک کوانتومی لاندا را می توان به آسانی با آثار ذراتی که به طور خود به خود در کل فضای تهی ظاهر و ناپدید می شوند، یکی پنداشت. آن ها ذرات مجازی خوانده می شوند و انرژی وابسته به فعالیت زمینه خلق و نابودی ثابت آن ها ما را به درک منبع انرژی رانشی خلأ رهنمون می سازد. متأسفانه اگر شما محاسبات لازم برای مقدار این انرژی را انجام دهید به تفاوتی از مرتبه 10^{120} (۱ با ۱۲۰ تا صفر در جلوی آن) می رسید. وقتی اختلاف پاسخ شما چنین زیاد است با مسئله بزرگی مواجهید. بنابراین فرض می شود که باید چیز کاملی از قلم افتاده باشد که این اختلاف را برابر صفر می کند. اما اکنون می دانیم که پاسخ دقیقاً برابر صفر نیست. به گمانم نظریه پردازان فیزیک ذرات قبول دارند که ما به توضیحات جدیدی نیاز داریم.

* مثلاً چه توضیحاتی؟

* یک توضیح این است که انرژی تاریک میدانی نرده ای است که ویژگی های آن در هر نقطه از فضا، از مقداری به مقدار دیگر تغییر می کند. مادامی که چنین تغییری داریم، اثر انرژی تاریک برای شتاب دادن عالم کافی است، یا شاید معادلات نسبیت عالم اینشتین کاملاً درست نیست و باید آن ها را کمی اصلاح کنیم. توضیح جالب دیگر در مورد احتمال وجود ابعاد اضافی است و اینکه گرانی ممکن است به این ابعاد اضافی نامرئی درز کند. در ۱۰ سال اخیر، هفته ای دو یا سه مقاله در مورد توضیح انرژی تاریک چاپ شده است. ولی اگر از این نظریه پردازان پرسید که آیا به مدل خود باور دارند، حدس می زنم که تقریباً همه آن ها پاسخ دهند: «نه، من صرفاً در پی ایده های متفاوت هستم و امیدوارم که بتوانیم به سرنخ هایی برسیم.» بنابراین آن ها برای داده های بیشتر دوباره رو به سمت ما آزمایشگران می آورند.

* چطور می توانیم درباره سرشت انرژی تاریک بیشتر بدانیم؟

* یک مثال خوب Nearby Supernova Factory است؛ آزمایشی که بیش از ۵۰۰ نوع ابرنواختر نوع Ia را برای کمک به کشف سرشت انرژی تاریک یافته است. من همچنین در طرح Joint Dark Energy Mission مشارکت دارم که در ناسا و دپارتمان انرژی ایالات متحده راه افتاده است. برنامه، پرتاب یک ماهواره به فضا برای جست و جوی ابرنواخترها و نیز یافتن تکنیک های دیگر برای کشف نفوذ انرژی تاریک است. اگر بتوانیم پروژه ای واقعاً خوب را به انجام برسانیم، من کاملاً خوش بینم که نظریه پردازها بتوانند لحظه شگفت انگیز دیگری را برای ما رقم بزنند که سال هاست منتظر آنیم.

همه چیزی که می خواهیم یافتن سرنخ هایی است که دانشمندان

آزمون نوشتاری اخترشناسی

هفتمین المپیاد بین المللی علوم زمین، میسور هندوستان

ترجمه مسعود کیمیاری
عضو هیئت علمی دانشگاه
فرهنگیان، پردیس شهید باهنر
اصفهان

کلیدواژه‌ها: اخترشناسی، المپیاد، علوم زمین، نوسان‌های مطلق دما، دمای میانگین سالانه سیاره‌ها

در جدول زیر، تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی سیارات و حرکات مختلف آن‌ها را آورده‌ایم. این ویژگی‌ها ممکن است به واقعیت‌های پنج‌گانه یادشده مرتبط باشند یا نباشند. در جدول، ردیف‌هایی را که ویژگی‌هایشان به این واقعیت مرتبطند علامت بزنید. در هر ردیف ممکن است هیچ مورد مرتبگی وجود نداشته باشد یا تعداد آن‌ها از یک مورد بیشتر باشد.

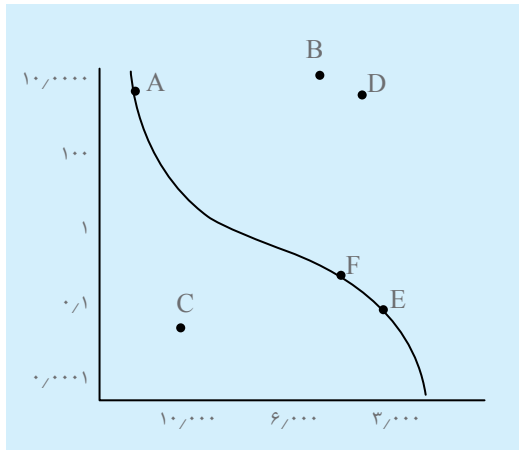
قابل توجه از یک سیاره به سیاره دیگر متفاوت است.

پ. نوسان مطلق دما در طول سال در استوای سیاره به گونه قابل توجهی از یک سیاره به سیاره دیگر متفاوت است.
ت. در برخی سیاره‌ها، درصد نوسان دما به دلیل عرض جغرافیایی زیاد است.
ث. دمای میانگین (روزانه) سطح زمین در روزهای مختلف سال، متفاوت است.

۱- در زیر فهرستی از واقعیت‌ها درباره دمای سطح سیاره‌های ناهید، زمین و بهرام را آورده‌ایم.
الف. دماهای میانگین سالانه سیاره‌ها با دمای مورد انتظار بر اساس تابش جسم سیاه مطابقت ندارد.
ب. نوسان مطلق دما در طول روز به طور

عبارت / ویژگی	نام سیاره	شعاع سیاره	نسبت به سطح مداری آن	انحراف محور چرخش سیاره	دوره تناوب حرکت وضعی	طول نیم قطر افول مدار	خروج از مرکز مداری	جرم کل قمرها	چگالی هواکره	درصد بخار آب	اثر گلخانه‌ای	قدرت میدان مغناطیسی	قابلیت زمین گرمایی
دمای میانگین سالانه سیاره‌ها با دمای مورد انتظار بر اساس تابش جسم سیاه منطبق نیست													
نوسان‌های مطلق دما در طول یک روز به طور قابل توجه از یک سیاره تا سیاره دیگر متفاوت است.													
نوسان مطلق دما در طول یک سال در استوای سیاره به طور قابل توجه از یک سیاره تا سیاره دیگر متفاوت است													
در برخی سیاره‌ها، میزان نوسان‌های دمایی وابسته به عرض جغرافیایی زیاد است.													
دمای میانگین (روزانه) سطح زمین در روزهای مختلف سال، متفاوت است.													

از نظر روشنایی متفاوت اند؟
 پ) کدام نقاط ستاره‌هایی را نشان می‌دهند که به طور عمده هیدروژن می‌سوزانند.
 ت) کدام نقطه یک کوتوله سفید را نشان می‌دهد؟



فاصله مرکز جرم مشترک پلوتو-کارن از مرکز پلوتو است.

پ) به طور نظری، حداقل قطر یک تلسکوپ نوری که بتواند از زمین دو جرم این سامانه را از هم تفکیک کند (یعنی دو جرم از روی زمین مجزا دیده شوند) چقدر باید باشد؟ تأثیر هواکره زمین را در نظر نگیرید.

۴- نمودار هرترزپراگ-راسل ($H-R$) را در زیر می‌بینید که روی آن نقطه (A تا F) مشخص شده‌اند. محور Y روشنایی ستاره را بر حسب درخشندگی خورشید (L) و محور X دمای مطلق ستاره را بر حسب درجه کلونین نشان می‌دهد.

الف) کدام نقاط به ترتیب ستاره‌هایی را نشان می‌دهند که دارای بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر هستند.

ب) کدام نقطه‌ها ستاره‌هایی را نشان می‌دهند که با داشتن رده طیفی یکسان،

۲- بیشترین ارتفاع خورشید هنگام انقلاب‌های تابستانی و زمستانی در مایسور به ترتیب ۷۸ درجه و ۵۱ دقیقه و ۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه است. با این اطلاعات، میزان تمایل محور زمین (ϵ) و عرض جغرافیایی مایسور (ϕ) را به دست آورید.

۳- نسبت جرم پلوتو به کارن (قمرش)، ۸ به ۱ و زمان تناوب گردش کارن به دور پلوتو در حدود ۶/۳۷۸ روز است. جرم پلوتو (M_{pluto}) 1.3×10^{22} کیلوگرم، شعاع آن ۱۱۹۵ کیلومتر (R_{pluto}) و ثابت جهانی گرانش $2 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ است. فاصله‌های کمینه و بیشینه پلوتو از زمین به ترتیب از این قرارند: 4.284×10^7 کیلومتر و 7.528×10^6 کیلومتر.

الف) طول نیم‌قطر اطول مدار گردش کارن به دور پلوتو را پیدا کنید.

ب) نسبت $a:R_{pluto}$ را تعیین کنید. a

پاسخ‌ها

۱- جدول زیر را ببینید. هر پاسخ درست ۰/۵ نمره و هر پاسخ نادرست ۰/۲-نمره دارد.

عبارت	جرم سیاره	شعاع سیاره	نسبت به سطح مداری این سیاره	دوره تناوب حرکت وضعی	طول نیم قطر اطول مدار	خروج از مرکز مداری	جرم کل قمرها	چگالی هواکره	درصد بخار آب	اثر گلخانه‌ای	قدرت میدان مغناطیسی	قابلیت زمین گرمایی
دمای میانگین سالانه سیاره‌ها با دمای مورد انتظار بر اساس تابش جسم سیاه منطبق نیست				x				x	x	x	x	x
نوسان‌های مطلق دما در طول یک روز به طور قابل توجه از یک سیاره تا سیاره دیگر متفاوت است.				x	x			x	x	x		
نوسان مطلق دما در طول یک سال در استوای سیاره به طور قابل توجه از یک سیاره تا سیاره دیگر متفاوت است			x	x	x	x		x	x	x		
در برخی سیاره‌ها، درصد نوسان‌های دمایی وابسته به عرض جغرافیایی زیاد است.		x							x			
دمای میانگین (روزانه) سطح زمین در روزهای مختلف سال، متفاوت است.						x			x			

را در حدود ۴۰۰۰ نانومتر در نظر بگیرید) قطر دهانه تلسکوپ این گونه محاسبه می‌شود:

$$D = \frac{1.22\lambda}{\theta} = \frac{1.22\lambda d_{pl}}{a_0} \approx 15 \text{ cm}$$

۴- نمودار H-R

الف) ستاره‌ای که بیشترین قطر را دارد: B، ستاره‌ای با کمترین قطر:

۲) C (نمره).

ب) D و F (۱) (نمره).

پ) A، E و F (۱/۵) (نمره)

ت) C (۱) (نمره).

۲- برای انقلاب زمستانی: $aw = 90 - \phi - \epsilon$
 برای انقلاب تابستانی (در مناطق حاره نیمکره شمالی):
 $as = 180 - (90 - \phi + \epsilon) = 90 + \phi - \epsilon$

بر اساس این اطلاعات: $\epsilon = 23^\circ 26'$
 عرض جغرافیایی مایسور: $\phi = 12^\circ 17'$
 (هریک از چهار مرحله ۱/۵ نمره دارد).

۳- پلوتو و کارن:

الف) بر اساس قانون سوم کپلر:

$$a_0^3 = \frac{G(M_{pl} + M_{ch})T^2}{4\pi^2} = \frac{9GM_{pl}T^2}{32\pi^2}$$

پس: $a_0 = 1.96 \times 10^7 \text{ m}$ (۱/۵) (نمره).

ب) فاصله گرانیگاه از پلوتو برابر با $\frac{a_0}{9}$ خواهد بود (۱) (نمره).

با مقایسه، $\frac{a}{b} = \frac{1.96 \times 10^7}{9 \times 1.195 \times 10^6} = 1.83$ (۱) (نمره).

پ) برای تفکیک پلوتو-کارن، زمان مناسب هنگامی است که پلوتو در کمترین فاصله از زمین قرار می‌گیرد و سیاره با قمرش بیشترین جدایش زاویه‌ای را دارد (۰/۵) (نمره).

اگر طول موج نور مرئی را در حدود ۵۵۰ نانومتر فرض کنیم (تخمین بهتر این است که انتهای آبی طیف مرئی

شگردهای تدریس

پرویز انصاری راد

مدرس دانشگاه فرهنگیان

منظور از شگردهای تدریس، مؤثرترین روش‌هایی است که معلم حرفه‌ای برای آموزش مفاهیم و اصول درس به دانش‌آموزان به کار می‌گیرد. این شگردها نقش‌های معلم، دانش‌آموزان و روش سنجش و ارزیابی را که در کلاس درس از طریق فعالیت‌های عملی آزمایشی، تعامل، فرایندی، اکتشافی یا تلفیقی از آن به اجرا درمی‌آیند، مشخص می‌کنند. کسب تجربه مستقیم برای آموزش درس زمین‌شناسی که همراه با به‌کارگیری حداکثر مهارت‌های یادگیری است باعث می‌شود دانش‌آموزان از راه مشاهده نمونه‌ها یا پدیده‌های زمین‌شناسی و بررسی آن‌ها بتوانند مفاهیم را از طریق تجربه به دست آورند و به یادگیری معنادار برسند.

برای مثال، وقتی دانش‌آموز کانی ژئیس را به دست می‌گیرد و با تمام حواس خود آن را لمس و دست‌کاری می‌کند و حتی با ناخن سختی آن را امتحان می‌کند، مسلماً بهتر به مفهوم سختی و ویژگی‌های کانی ژئیس پی می‌برد.

با توجه به اینکه دانش‌آموزان ما کمتر مفاهیم زمین‌شناسی را تجربه کرده‌اند، بهترین تدریس برای آن‌ها تدریس عمل‌گرایانه است.

شگردهای تدریس عبارت‌اند از: آغازکننده، متمرکزکننده، گسترش‌دهنده، پایان‌دهنده.

الف. شگرد آغازکننده

این شگرد برای ایجاد انگیزه در دانش‌آموزان به کار گرفته می‌شود. اولین گام معلم در آموزش، ایجاد انگیزه در آنان با روش‌های مختلف است. هر قدر فعالیتی که معلم برای ایجاد انگیزه در آن‌ها در نظر می‌گیرد برایشان تازگی داشته باشد، بیشتر آن‌ها را متحیر و شگفت‌زده می‌کند و لذا مفیدتر خواهد بود.

مشاهدات «معمولی»، به دلیل تکرار زیاد، در ایجاد انگیزه مؤثر نیستند، ولی مشاهدات به اصطلاح «ناهمخوان» که دانش آموزان آن را کمتر تجربه کرده اند، می تواند آن ها را در موقعیت جدید یادگیری قرار دهد. به عنوان مثال معلمان درس زمین شناسی می توانند برای درس کانی شناسی از نمونه های واقعی کانی ها، تصاویر یا اسلاید آن ها استفاده کنند.

مثلاً اگر چند کانی تالک را در اختیار گروه های مختلف دانش آموزان قرار دهید. آن ها مسلماً با در دست گرفتن کانی تالک با خوشایندی خواهند گفت که مثل صابون می ماند (این همان مشاهده ناهمخوان است). در جدول زیر انواع شگردهای آغازکننده آمده است.

همکاران عزیز توجه داشته باشند که هر یک از شگردهای آغازکننده به صورت مجزا یا تلفیقی برای ایجاد انگیزه و شروع آموزش می تواند به کار گرفته شود.

ادامه را در شماره بعد دنبال نمایید.

شگردهای آغازکننده	مشاهده ناهمخوان	رقابت	مسئله آفرینی	مروار
نمونه فعالیت	در دست گرفتن کانی تالک لیست کردن چند ویژگی کانی تالک مورد نظر	آیا کاربرد کانی تالک را می دانید؟	یا اینکه با مشاهده کانی تالک چند سؤال مطرح کنید	در درس گذشته از آنچه بدان پرداخته شده است به عنوان پیش دانسته ها، برای آغاز تدریس استفاده می شود.
	بردن دانش آموزان به گردش علمی	جمع آوری نمونه ها (کانی، سنگ، فسیل)	مطرح کردن سؤالات حاصل از پدیده های زمین شناسی	تطبیق مفاهیم آموخته شده در کلاس درس با آنچه در طبیعت مشاهده می کنند.

جایگاه آموزش علوم زمین در آموزش و پرورش

سوسن شیرازی مطلق

دبیر زمین شناسی و دبیر منطقه ۷ تهران

کشور ما ایران نه تنها از منابع معدنی بی شمار برخوردار است، بلکه در ارتباط با برخی از این منابع، جزو کشورهای تراز اول جهان قرار دارد؛ منابعی چون گاز، نفت، زغال سنگ، مس و و با توجه به اینکه به انبوهی هسته‌های معدنی دست یافته‌ایم، آینده کشورمان را از هر لحاظ بیمه کرده‌ایم

چکیده

در مقاله حاضر بر آن شده‌ام تا گوشه‌ای از مشکلات دبیران زحمت کش زمین شناسی را با تجربه آموزشی ۲۳ ساله خود در تدریس این درس بنویسم؛ مشکلاتی همچون جایگاه درس زمین شناسی در کنکور سراسری، انگیزه نداشتن دانش آموزان، حجم زیاد کتاب، ساعت کم آموزشی، استفاده از دبیران غیر متخصص، اختصاص ندادن ساعتی برای آزمایشگاه و ...

کلیدواژه‌ها: زمین شناسی، انگیزه نداشتن دانش آموزان، دبیران غیر متخصص

مقدمه

کشور ما ایران نه تنها از منابع معدنی بی شمار برخوردار است، بلکه در ارتباط با برخی از این منابع، جزو کشورهای تراز اول جهان قرار دارد؛ منابعی چون گاز، نفت، زغال سنگ، مس و ... و با توجه به اینکه به انرژی هسته‌ای نیز دست یافته‌ایم، آینده کشورمان را از هر لحاظ بیمه کرده‌ایم.

غذای انسان از خاک حاصل می‌شود و مسئله فرسایش خاک روز به روز جدی‌تر خواهد شد.

اجرای پروژه‌های عمرانی و سدسازی و ... نیازمند شناخت دقیق مکانیک خاک و سنگ است.

مصالح ساختمانی همه محصول زمین‌اند و باید از میزان مقاومت و نوع کاربرد آن‌ها باخبر باشیم.

هر ساله بلایای طبیعی جان عده‌ای از هم‌وطنان ما را می‌گیرد که آشنایی و راه‌های مقابله با آن‌ها می‌تواند از خسارات جانی و مالی بکاهد.

حال، آیا توقع زیادی است اگر خواهان توجه بیشتر به این علم و دست‌اندرکاران آن باشیم؟ هدف من از نگارش این مقاله، جلب‌توجه مسئولان عزیز به این مهم است که زمین‌شناسی در پیشبرد اهداف عالی نظام مقدس ما یعنی عدم وابستگی کمک می‌کند. البته دور از انصاف است اگر تغییرات چند سال اخیر در ضریب کنکور و مسائل دیگر را نادیده بگیریم، ولی مشکل هم چنان باقی است و توجه بیشتر می‌طلبد.

روش تحقیق

به‌منظور بررسی مشکلات

دبیران زمین‌شناسی و ارائه راهکار برای رفع مشکلات یادشده، این جانب از روش آماری کمک گرفته و در سطح منطقه از دانش‌آموزان نظرخواهی کرده‌ام. سپس آمارها را بررسی و تجزیه و تحلیل کرده و به نتایج جالبی رسیده‌ام. گفتنی است نظرخواهی از پنجاه نفر از دانش‌آموزان انجام شد.

سؤالات فرم نظرخواهی

۱. آیا به درس زمین‌شناسی به‌عنوان درس یا علم علاقه‌مندید؟ (بلی یا خیر یا ذکر دلیل)

۲. آیا موضوعات زمین‌شناسی را در اینترنت جست‌وجو می‌کنید؟ (بلی یا خیر. اگر پاسخ مثبت است، موضوعات را ذکر کنید.)

۳. آیا کتاب غیردرسی زمین‌شناسی در منزل و کتابخانه خود دارید؟ (ذکر عنوان کتاب)

۴. آیا سنگ، کانی، فسیل و ... در منزل دارید؟ (ذکر نام آن‌ها)

۵. آیا به بازدید علمی زمین‌شناسی علاقه‌مند هستید؟ (بلی یا خیر، ذکر نوع بازدید، مانند موزه سنگ‌شناسی یا بازدید صحرایی)

۶. از بین کتاب‌های درسی خود چه نمره‌ای به کتاب زمین‌شناسی می‌دهید؟ (نمره کتاب‌ها از صفر تا بیست)

۷. آیا در آینده تمایلی به انتخاب رشته زمین‌شناسی در دانشگاه دارید؟ (بلی یا خیر یا ذکر دلیل)

۸. چرا کلاس زمین‌شناسی با حضور جعبه‌سنگ، انواع فسیل، چند پوستر تخصصی

و ... برای دانش‌آموزان جذاب خواهد بود؟ (دلایل خود را توضیح دهید.)

۹. آیا در میان اقوام و بستگان شما فردی در رشته یا گرایش زمین‌شناسی تدریس یا تحصیل می‌کند؟ (در صورت مثبت بودن پاسخ، از شغل یا تحصیل خود راضی است؟)

۱۰. اگر روزی معلم زمین‌شناسی شدید، چه ترفندهایی را برای جذاب نشان دادن این رشته به کار می‌بندید؟ (ذکر کنید)

نتایج

۱. ۳۸ نفر به زمین‌شناسی به‌عنوان علم علاقه‌مند بوده‌اند، اما به‌عنوان درس به آن علاقه‌ای نداشتند.

۲. ۱۷ نفر موضوعات مورد علاقه خود مثل دایناسورها، مثلث برمودا و ... را در اینترنت جست‌وجو می‌کردند.

۳. ۸ نفر کتاب‌هایی مرتبط با زمین‌شناسی داشته‌اند، البته نه صرفاً در حوزه موضوعات کتاب درسی، بلکه موضوعاتی که خود به آن‌ها علاقه‌مند بوده‌اند.

۴. ۶ نفر چند سنگ یا فسیل داشتند که اسمشان را نمی‌دانستند. البته گوهرها و نامشان علاقه‌مندان بیشتری داشت.

۵. ۴۷ نفر به بازدید، چه صحرایی و چه درون‌شهری، علاقه‌مند بودند.

۶. بیش از نیمی از دانش‌آموزان (۲۷ نفر) نمره بین ۱۰ تا ۱۳ به درس زمین‌شناسی داده بودند.

۷. ۴۶ نفر به این سؤال پاسخ منفی داده بودند.

۸. تمام دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ مثبت داده بودند.

۹. ۳ نفر از نزدیکان آن‌ها رشته زمین‌شناسی خوانده بودند و تا حدی راضی بودند.

۱۰. بیشتر دانش‌آموزان بازدید علمی، استفاده از سنگ و کانی در تدریس، پوسته‌های رنگی، نشان دادن کانی‌های با ارزش و زیبا و نمایش فیلم را نوشته بودند.

هر کتاب آموزشی از تعدادی واحد یادگیری، یعنی بخش، فصل و درس تشکیل شده است.

کتاب زمین‌شناسی نیز از واحدهای گسترده، یعنی بخش و فصل تشکیل شده است. بخش آغازین (ورودی)

در هر واحد یادگیری از اهمیت زیادی برخوردار است که در واقع این بخش به‌منظور ایجاد انگیزه در یادگیرنده، مشخص کردن موضوع یادگیری و ایجاد ارتباط بین موضوع یادگیری و کاربردهای آن در زندگی فراگیر است.

در مورد درس زمین‌شناسی ایجاد انگیزه در دوره ابتدایی و یادگیری بخش زمین‌شناسی کتاب با نشان دادن چند تصویر از پدیده‌های زیبای زمین‌شناسی یا چند کانی و سنگ زیبا به‌راحتی انجام‌پذیر است، اما در دوره متوسطه که تمام ذهن دانش‌آموزان را مسئله‌ای به نام کنکور پر کرده است ایجاد انگیزه برای خواندن درس زمین‌شناسی باتوجه به ضریب ناچیز آن کاری بس دشوار است. در جلسه‌ای مشاور آموزشی یکی از مؤسسات به دانش‌آموزان این چنین می‌گفت: «درس زمین‌شناسی در نمره و رتبه کل شما مؤثر است، اما چون رتبه کل در پذیرش داوطلبان به حساب نمی‌آید، نگران آن نباشید. این درس در

را در یک گردش علمی فراهم سازد تا موجب یادگیری درس به صورت مؤثرتر شود، گردش علمی می تواند به صورت یک بازدید ساده باشد یا به حالت فعال و مناسب انجام گیرد. گردش علمی با فعالیت تجربی از کلاس، کاری است علمی که بیرون از کلاس، آزمایشگاه یا کتابخانه صورت می گیرد و شامل مطالعات مستقیم و دست اول درباره یک

می شود که مهارت ها و نگرش ها آن طور که باید، مورد توجه قرار نمی گیرند. استفاده نکردن معلمان از مواد، وسائل آزمایشگاهی، رسانه های متنوع و روش های نوین یادگیری دلیل وجود این نقیصه است.

یکی از روش های نوین، گردش علمی است که در یادگیری مطالب زمین شناسی ضروری می نماید. معلم می تواند با استفاده از امکانات لازم شرایطی را فراهم کند که امکان مشارکت فعال فراگیر

در کتب درسی گنجانده تا بدین وسیله هم مطالب کتاب از حالت خشک، انتزاعی و کلیشه ای خارج شود و هم خود دانش آموزان بهتر بتوانند به اهمیت و کاربرد این علم در زندگی پی ببرند. با اضافه کردن مطالب و موضوعاتی درخصوص اکتشاف نفت و معادن، هیدرولوژی (آب شناسی) و بحث های زمین شناسی مهندسی از جمله سد، تونل، جاده، پل و سازه های عمرانی بزرگ کشور همراه با ارائه تصاویر بیشتر و گویاتر، می توان به جذابیت درس افزود.

بعد از تحریک حس کنجکاوی دانش آموز باید به فعال بودن فرایند یادگیری توجه کرد، یعنی مقداری از دانش به صورت انتقالی به فراگیر منتقل شود و مقداری از طریق کشف، درگیر شدن در فعالیت ها یا تعامل با دیگران حاصل شود که البته این بخش از یادگیری در کلاس های درس زمین شناسی با مشکل مواجه است. از یک طرف کمبود ساعت آموزشی و حجم بالای کتاب و از سوی دیگر به کارگیری دبیران غیرمتخصص (زیست شناسی ...) مانع این روش تدریس است و دبیران ترجیح می دهند از همان روش قدیمی و سنتی سخنرانی استفاده کنند.

موفقیت در این مسیر مستلزم آن است که آموزش مبتنی بر اصول عملی باشد. متأسفانه در جامعه ما زمین شناسی در دوره های دبیرستان و پیش دانشگاهی به صورت تخصصی و عملی تدریس نمی شود، بلکه به صورت گذرا طوری تدریس

زیرگروه ۱ برای رشته های پزشکی و دندان پزشکی و سایر رشته ها مانند پیراپزشکی و زیست شناسی و بیوتکنولوژی با ضریب صفر بی ارزش است، در زیرگروه ۲ برای رشته های داروسازی و شیمی ضریب (۱) و در زیرگروه ۳ برای رشته زمین شناسی ضریب (۴) دارد. این درس اهمیت رقابتی چندان ندارد.»

قسمت دوم در هر یادگیری بخش اصلی است که اسکلت اصلی کتاب را تشکیل می دهد و شایسته است مؤلفان تمام همت خویش را صرف سازمان دهی با کیفیت این بخش کنند. امروزه زمین شناسی کاربردی (زمین شناسی اقتصادی، زمین شناسی نفت، زمین شناسی آب های زیرزمینی و مهندسی و ...) رفته رفته جای خود را در بین اکثر رشته های فنی و مهندسی باز کرده است. باید این نکته را با ذکر مصادیق آن در زندگی روزمره دانش آموزان

**در مورد درس زمین شناسی
ایجاد انگیزه در دوره ابتدایی و
یادگیری بخش زمین شناسی
کتاب با نشان دادن چند
تصویر از پدیده های زیبای
زمین شناسی یا چند کانی و
سنگ زیبابه راحتی انجام پذیر
است، اما در دوره متوسطه
که تمام ذهن دانش آموزان را
مسئله ای به نام کنکور پر کرده
است ایجاد انگیزه برای خواندن
درس زمین شناسی با توجه
به ضریب ناچیز آن کاری بس
دشوار است**

بهترین یادگیری هنگامی است که تدریس درس منحصر به آموزش مطالب به صورت تئوری نباشد و با روش های عینی و قابل درک

مختلف زمین شناسی صحبت می کند، چه بهتر که فراگیران علاوه بر شنیدن توضیحات معلم خود آن ها را مشاهده، لمس و نمونه برداری کنند.

نیاز به اجرای این امر، بسیار بیشتر احساس می شود. وقتی یک معلم برای فراگیران درباره انواع سنگ ها، ساخت های اولیه و ثانویه آن ها و پدیده های

مسئله، جمع آوری اطلاعات از طریق مشاهده، اندازه گیری، نمونه برداری و مصاحبه و سایر فنون است. در مورد مباحث علوم زمین،

با اضافه کردن مطالب و موضوعاتی در خصوص اکتشاف نفت و معادن، هیدرولوژی (آب شناسی) و بحث های زمین شناسی مهندسی از جمله سد، تونل، جاده، پل و سازه های عمرانی بزرگ کشور همراه با ارائه تصاویر بیشتر و گویاتر، می توان به جذابیت دروس افزود



غنی سازی آموزش زمین شناسی به وسیله فناوری اطلاعات و ارتباطات و مهارت های مورد نیاز دبیران زمین شناسی، عنصری کلیدی در آموزش این علم است.

همراه شود. یکی از روش های فعال و نوین تدریس، گردش علمی است که برای تدریس مطالب زمین شناسی بسیار مثرتر خواهد بود، زیرا باعث افزایش انگیزه و مشارکت فعال فراگیران می شود و به یادگیری بهتر و فراموشی دیرتر و پردازش مهارت های ذهنی و خلاقیت و نوآوری می انجامد و باعث تقویت حس مشارکت خواهد شد (میرزاییگی، ۱۳۸۰).

یک ضرب المثل چینی می گوید:

«بشنو و فراموش کن، بین و به خاطر بسپار و انجام ده و بفهم.» چون گردش علمی مرتبط با موضوعات درسی است، اغلب می توان درس یک یا چند جلسه را در قالب گردش علمی طراحی کرد. همیشه لازم نیست تمام مطالب در خارج از محدوده کلاس گفته شود، بلکه معلم می تواند مقدمات درس و شرح برخی مطالب را قبل از شروع گردش علمی و نتیجه گیری درس را پس از انجام گردش علمی در کلاس درس عنوان کند. گردش علمی می تواند برای تدریس موضوعات درسی یا مرور درسی که قبلاً تدریس شده است، مورد استفاده قرار گیرد.

یکی از مهم ترین کارکردهای نظام آموزش و پرورش، انتقال فرهنگ ایرانی - اسلامی است. در کتاب زمین شناسی

این مهم به سادگی امکان پذیر است. کم نیستند آیات قرآنی مرتبط با موضوعات کتاب زمین شناسی. از جمله پدیده های طبیعی، منظومه شمسی و کهکشان و ... و به همین دلیل می توان دانش آموزان را با قرآن و عظمت آفرینش آشنا کرد. هم چنین با استفاده از تصاویر ایرانی در کتاب یا نمایش کانی هایی که نامشان از مشاهیر ایرانی گرفته شده است، می توان دانش آموزان را به افتخار کردن به کشورشان واداشت.

غنی سازی آموزش زمین شناسی به وسیله فناوری اطلاعات و ارتباطات و مهارت های مورد نیاز دبیران زمین شناسی، عنصری کلیدی در آموزش این علم است. با استفاده از نرم افزارهای موجود مانند تعیین موقعیت جهانی، مشاهده ماهواره ای سطح زمین، آب و هواشناسی، تعیین مرکز سطحی زمین لرزه و علوم زیست محیطی و .. می توان تدریس را آسان تر، اما مؤثرتر ارائه کرد. معرفی سایت های مفید به دانش آموزان برای تحقیق، بررسی تکالیف و تحقیقات دانش آموزان از طریق پست الکترونیکی و تعامل با سایر دبیران یا دانش آموزان از طریق رایانامه نیز از جمله راه های مؤثر دیگر است.

نتیجه گیری

دانش آموزان به زمین شناسی به عنوان یک علم علاقه مندند، به ویژه اگر همراه بازدید علمی و آزمایشگاه باشد، اما اشکال در جایی دیگر است که ضریب در کنکور مهم ترین آن است و دانش آموزان ترجیح می دهند وقتشان را به دروس مهم تر اختصاص دهند. مسئله دیگر ساعت کم و حجم زیاد کتاب است که در استفاده از وسایل کمک آموزشی محدودیت ایجاد می کند.

منابع

۱. آقازاده، محرم (۱۳۸۶)، راهنمای عملی برنامه ریزی درسی، انتشارات نورپردازان.
۲. رشد جوانه، م. (۱۳۸۴)، «آراستن محتوای کتاب های آموزشی برای یادگیری بهتر».
۳. دلشاد پیاب، رشد زمین شناسی، دوره هفدهم، زمستان ۱۳۹۰، «غنی سازی آموزش زمین شناسی به وسیله فناوری اطلاعات و ارتباطات».
۴. فصل نامه علوم زمین، ع (۱۳۹۰)، «معرفی نرم افزار» سال دهم.
۵. مجدفر، م. (۱۳۹۱)، ۵۰۱ نکته برای معلمان، چاپ چهارم، ص ۳۸-۱۱، تهران، قدیانی.
۶. میرزاییگی، علی (۱۳۸۰)، برنامه ریزی درسی و طرح درس در آموزش رسمی و تربیت نیروی انسانی، انتشارات بسطرون.

بهترین یادگیری
هنگامی است که
تدریس درس منحصر
به آموزش مطالب
به صورت تئوری نباشد
و بارش های عینی
و قابل درک همراه
شود. یکی از روش های
فعال و نوین تدریس،
گردش علمی است که
برای تدریس مطالب
زمین شناسی بسیار
مثرتر خواهد بود،
زیرا باعث افزایش
انگیزه و مشارکت فعال
فراگیران می شود
و به یادگیری بهتر
و فراموشی دیرتر و
پردازش مهارت های
ذهنی و خلاقیت و
نوآوری می انجامد و
باعث تقویت حس
مشارکت خواهد شد



با مجله‌های رشد آشنا شوید

مجله‌های دانش‌آموزی

(به صورت ماه‌نامه و نه شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):

رشد کودک (برای دانش‌آموزان آمادگی و پایه اول دوره آموزش ابتدایی)

رشد نوجوان (برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دوره آموزش ابتدایی)

رشد دانش‌آموز (برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم، پنجم و ششم دوره آموزش ابتدایی)

مجله‌های دانش‌آموزی

(به صورت ماه‌نامه و هشت شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):

رشد نوجوان (برای دانش‌آموزان دوره آموزش متوسطه اول)

رشد جوان (برای دانش‌آموزان دوره آموزش متوسطه دوم)

مجله‌های بزرگسال عمومی

(به صورت ماه‌نامه و هشت شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):

♦ رشد آموزش ابتدایی ♦ رشد تکنولوژی آموزشی
♦ رشد مدرسه فردا ♦ رشد مدیریت مدرسه ♦ رشد معلم

مجله‌های بزرگسال و دانش‌آموزی تخصصی

(به صورت فصل‌نامه و چهار شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):

♦ رشد برهان آموزش متوسطه اول (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره متوسطه اول)
♦ رشد برهان آموزش متوسطه دوم (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره متوسطه دوم)
♦ رشد آموزش قرآن ♦ رشد آموزش معارف اسلامی ♦ رشد آموزش زبان و ادب فارسی ♦ رشد آموزش هنر ♦ رشد آموزش مشاور مدرسه ♦ رشد آموزش تربیت بدنی ♦ رشد آموزش علوم اجتماعی ♦ رشد آموزش تاریخ ♦ رشد آموزش جغرافیا ♦ رشد آموزش زبان ♦ رشد آموزش ریاضی ♦ رشد آموزش فیزیک ♦ رشد آموزش شیمی ♦ رشد آموزش زیست‌شناسی ♦ رشد آموزش زمین‌شناسی ♦ رشد آموزش فنی و حرفه‌ای و کار دانش ♦ رشد آموزش پیش دبستانی

مجله‌های رشد عمومی و تخصصی، برای معلمان، مدیران، مربیان، مشاوران و کارکنان اجرایی مدارس، دانش‌جویان مراکز تربیت معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می‌شود.

♦ نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش، پلاک ۲۶۶، دفتر انتشارات و تکنولوژی آموزشی.

♦ تلفن و نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸ - ۲۱



طراحی مهندسی

حسین معماریان

استاد دانشکده فنی دانشگاه تهران

♦ طراحی مهندسی

♦ تألیف: دکتر حسین معماریان

♦ ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

♦ چاپ اول: زمستان ۱۳۹۲

♦ ۴۷۸ صفحه

طراحی، اوج فعالیت‌های مهندسی است. مهندسان با به‌کارگیری قوه تخیل و مهارت‌های حرفه‌ای خود، نقش مؤثری در طراحی و شکل‌گیری دنیای کنونی ما داشته‌اند. در شرایطی که آموزش مهندسی در سال‌هایی که از هزاره سوم می‌گذرد، تأکید بر طراحی را بیش از پیش افزایش داده است، نیاز به ارتقای جایگاه تفکر خلاق و طراحی مهندسی در آموزش عالی کشور به شدت احساس می‌شود. دستیابی به این هدف می‌تواند به صورت‌های مختلف، از جمله با اختصاص درس مستقل طراحی مهندسی در سال‌های پایانی دوره کارشناسی یا هدایت هرچه بیشتر پروژه‌های کارشناسی به سمت فعالیت‌های تیمی و دارای محتوای طراحی، محقق شود.

محتوای کتاب حاضر به گونه‌ای طراحی شده است که برای درس طراحی مهندسی و همچنین پروژه کارشناسی رشته‌های مختلف مهندسی کشور، قابل استفاده باشد. این کتاب همچنین می‌تواند برای دانش‌آموختگان مهندسی که در صنعت به طراحی اشتغال دارند نیز، مفید واقع شود.

طراحی مهندسی یک فرایند معیوب و با انتهای باز است

طراحی مهندسی یک فرایند معیوب و با

انتهای باز است و برخلاف دیگر مسائل

مهندسی یک راه‌حل واحد ندارد و

راه‌حل‌های متصور آن را نیز نمی‌توان با یک

الگوریتم یا روش ریاضی خاص تعیین کرد

اقتصاد و فرهنگ با عزم ملی و مدیریت جهادی

برگ اشتراک مجله‌های رشد

نحوه اشتراک:

شما می‌توانید پس از واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت، شعبه سه‌راه آزمایش کد ۳۹۵، در وجه شرکت افست از دو روش زیر، مشترک مجله شوید:

۱. مراجعه به وبگاه مجلات رشد به نشانی: www.roshdmag.ir و تکمیل برگه اشتراک به همراه ثبت مشخصات فیش واریزی.
۲. ارسال اصل فیش بانکی به همراه برگ تکمیل شده اشتراک با پست سفارشی (کپی فیش را نزد خود نگه‌دارید).

نام مجلات در خواستی:

.....

.....

.....

نام و نام خانوادگی:

.....

تاریخ تولد:

.....

تلفن:

.....

نشانی کامل پستی:

.....

.....

.....

.....

♦ اگر قبلاً مشترک مجله بوده‌اید، شماره اشتراک خود را بنویسید:

.....

امضا:

● نشانی: تهران، صندوق پستی امور مشترکین: ۱۶۵۹۵/۱۱۱

● وبگاه مجلات رشد: www.roshdmag.ir

● اشتراک مجله: ۱۴-۷۷۳۳۹۷۱۳/۷۷۳۳۵۱۱۰/۷۷۳۳۶۶۵۶-۲۱

♦ هزینه اشتراک یکساله مجلات عمومی (هشت شماره): ۳۰۰/۰۰۰ ریال

♦ هزینه اشتراک یکساله مجلات تخصصی (چهار شماره): ۲۰۰/۰۰۰ ریال

و برخلاف دیگر مسائل مهندسی یک راه‌حل واحد ندارد و راه‌حل‌های متصور آن را نیز نمی‌توان با یک الگوریتم یا روش ریاضی خاص تعیین کرد. برای مثال، با الگوریتم‌ها و روابط ریاضی نمی‌توان نیازهای سودبران اصلی طراحی، یعنی کارفرما، مصرف‌کنندگان و اجتماع را تعیین کرد. برای بررسی فعالیت‌های دارای ساختار معیوب و کمک به تصمیم‌گیری و انتخاب بهینه از میان گزینه‌های اجتماعی، مهندسان فرایند طراحی را سامان می‌دهند و روش‌ها و ابزارهایی را برای انجام بایسته آن به کار می‌برند. تأکید اصلی کتاب حاضر بر طراحی مفهومی یا بخشی از فرایند طراحی است که به یافتن گزینه‌های طراحی بینجامد. کتاب طراحی مهندسی به صورت خودآموز، هدف‌دار و پروژه‌محور طراحی شده است.

خودآموز است، چون تیم طراحی می‌تواند با مطالعه آن، فرایند طراحی را مرحله‌به‌مرحله به پیش ببرد.

هدف‌دار است، چون فهرست مفاهیم تازه و دستاوردهای مورد انتظار از هر فصل کتاب مشخص شده است. در پایان هر فصل نیز با طرح سؤالات مناسب، ابزاری برای ارزیابی میزان دسترسی به هدف‌ها معرفی شده است.

پروژه‌محور است، چون کتاب با تشریح گام‌به‌گام چند پروژه واقعی، فرایند طراحی را آموزش می‌دهد.

محتوای کتاب در دو بخش و چهارده فصل سامان یافته است. پنج فصل بخش اول کتاب به پاسخ این سؤال می‌پردازد که طراحی مهندسی چیست؟ در این بخش، فرایند طراحی و ابزارها و روش‌های پیشنهادشده برای انجام آن معرفی شده‌اند. افرادی که مایل‌اند به طراحی مهندسی بپردازند باید ابتدا چند مهارت را در خود تقویت کنند؛ مهارت‌هایی همچون تفکر خلاق و کار گروهی. به همین دلیل در کتاب، فصول مستقلی به روش‌های توسعه تفکر خلاق و کار گروهی اختصاص داده شده است.

بخش دوم کتاب پاسخ‌گوی این سؤال است که طراحی مهندسی چگونه انجام می‌شود؟ هر یک از چند فصل اول این بخش از کتاب به یکی از مراحل فرایند طراحی اختصاص یافته است. ابزارها و تکنیک‌های متعدد معرفی شده در کتاب با مثال‌های موردی گوناگون به کار گرفته شده‌اند. تکمیل موفقیت‌آمیز پروژه طراحی، محتاج برآورد دامنه فعالیت‌های پروژه، برنامه زمان‌بندی و منابع مورد نیاز آن است. از این‌رود فصلی از کتاب، برخی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریت پروژه‌های طراحی معرفی شده‌اند. در ادامه این بخش از کتاب، چند مورد دیگر، که به گونه‌ای به طراحی مربوط می‌شوند، مورد بحث قرار گرفته‌اند. از آن جمله است: نحوه سامان‌دهی و ارائه گزارش نتایج طراحی، ساخت و مونتاژ گزینه انتخاب‌شده و همچنین در نظر گرفتن مواردی چون قابل خرید بودن، قابل اعتماد بودن، قابل نگهداری بودن، پایداری زیست‌محیطی و کیفیت محصول طراحی‌شده. در ادامه، نقش اخلاق در طراحی مهندسی تشریح شده و به دنبال آن یک روش نوآورانه برای ابداع و اختراع، معرفی شده است. در فصل پایانی کتاب، ضمن بحث در مورد نحوه آموزش طراحی مهندسی در ایران و جهان، الگویی برای ارائه درس طراحی و پروژه کارشناسی مهندسی در کشور، معرفی شده است.