بلورشناسی و سیستم‌های تبلور

محمدحسن بازوبندی
مجتمع آموزش عالی پیامبر اعظم (ص)

مقدمه

واژۀ «بلور»[1] از ریشۀ یونانی گرفته شده و از دو کلمۀ «Krous» (سرد) و «Stellesual» (سخت شدن) تشکیل شده که مجموعاً به معنی سخت‌شدن در اثر سرماست.

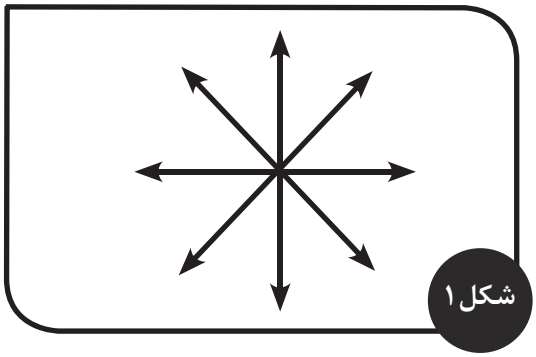
به شاخه‌ای از علوم‌تجربی که به مطالعۀ نحوۀ تشکیل، شکل ظاهری، ساختمان داخلی، خصوصیات فیزیکی و رشد بلورها می‌پردازد، «علم بلورشناسی» (کریستالوگرافی) می‌گویند. بلورشناسی در رشته‌های متفاوت علوم تجربی، مانند زمین‌شناسی، شیمی، فیزیک و برخی از رشته‌های فنی و مهندسی، مانند مهندسی مواد، مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد. البته زاویۀ دید و نوع نگاه رشته‌های گوناگون به علم بلورشناسی متفاوت است. در این مقاله به بررسی بلورشناسی از دیدگاه زمین‌شناسی می‌پردازیم. به‌طور کلی، بلورشناسی به دو زیرشاخۀ «بلورشناسی هندسی» و «بلورشناسی نوری» تقسیم می‌شود. در بلورشناسی هندسی بیشتر به شکل ظاهری، ساختمان داخلی و فرایند رشد بلورها توجه می‌شود. اما در بلورشناسی نوری، با توجه به خواص فیزیکی نور و عکس‌العمل بلورها و کانی‌های متفاوت در هنگام تابش پرتوهای نورانی به مقطع نازک آن‌ها، به مطالعه، بررسی و شناسایی بلورها و کانی‌ها می‌پردازند.

بلورشناسی نوری معمولاً با استفاده از میکروسکوپ‌های پلاریزان و الکترونی و امکانات آزمایشگاهی نسبتاً کامل روی مقاطع نازک و صیقلی انجام می‌شود. بنابراین، مطالعۀ کانی‌ها و بلورها به این روش نیازمند یک سلسله امکانات آزمایشگاهی است. اما بلورشناسی هندسی، با استفاده از شکل ظاهری (سطوح، یال‌ها و زوایای تشکیل‌دهندۀ بلور) انجام می‌شود. پس مطالعه به این روش در محیط‌های متفاوت، از جمله گردش علمی صحرایی، آزمایشگاه و حتی کلاس درس و با امکانات اندک میسر است. از این‌رو در این فرصت اشاره‌ای مختصر به مفاهیم بلورشناسی هندسی می‌کنیم.

کلیدواژه‌ها: بلور، کریستالوگرافی، بلورشناسی نور، بلورشناسی هندسی، موتیف، ایزوتروپی، آنیزوتروپی.

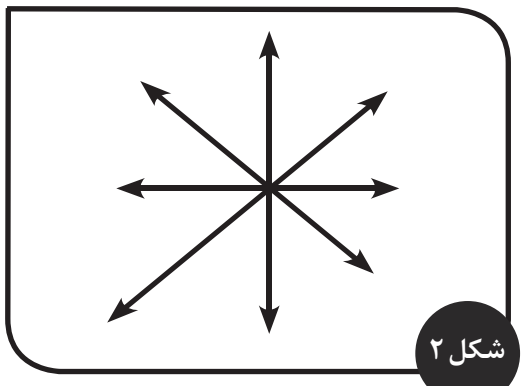
موتیف[2]: به سطوح خارجی، یال‌ها و گوشه‌های بلور اصطلاحاً «اجزای بلور» یا «موتیف» می‌گویند.

خاصیت ایزوتروپی[3]: اگر خواص فیزیکی (مانند انتقال حرارت و...) مواد، بلورها و کانی‌ها در تمام جهات یکسان باشد، آن مواد دارای خاصیت ایزوتروپی هستند و به آن‌ها مواد «ایزوتروپ» می‌گویند. در اجسام ایزوتروپ تمامی بردارها با هم مساوی هستند.



شکل ۱

خاصیت آنیزوتروپی[4]: اگر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد، بلورها و کانی‌ها در همۀ جهات یکسان نباشد، آن مواد دارای خاصیت «آنیزوتروپی» هستند و به آن‌ها مواد غیرایزوتروپ (آنیزوتروپ) می‌گویند. اغلب مواد متبلور، آنیزوتروپ هستند. در اجسام آنیزوتروپ بردارها با هم برابر نیستند.



شکل ۲

اجسام متبلور دارای ساختمان منظمی هستند که در آن، مولکول‌ها با نظم و ترتیب خاصی و با فواصل معین و ثابت در سه جهت فضایی (x، y و z) چیده شده‌اند

تبلور[5]

اتم‌ها و مولکول‌های تشکیل‌دهندهٔ مایعات و گازها، معمولاً به‌طور نامنظم در فضای ماده پراکنده و در حال حرکت‌اند. در حالی‌که در جامدات متبلور، اتم‌ها و مولکول‌های تشکیل‌دهنده دارای جهت‌یافتگی ذره‌ای و آرایش مولکولی خاصی هستند. در اصطلاح علمی، به جهت‌یافتگی ذره‌ای و آرایش مولکولی و تثبیت نظم در فضای ماده، «تبلور» گفته می‌شود. تبلور ماده معمولاً هنگام تبدیل یک حالت فیزیکی به حالت فیزیکی دیگر صورت می‌گیرد. انواع حالت‌های تبلور عبارت‌اند از:

۱. تبلور در هنگام تغییر حالت مایع به جامد

این نوع تبلور به دو صورت دیده می‌شود:

الف) انجماد مواد مذاب: در این حالت از تبلور، اگر سرعت سرد شدن زیاد باشد، مولکول‌ها در هر موقعیتی که باشند متراکم و بی‌حرکت می‌شوند و ماده منجمد می‌گردد. در این صورت، جسم ایزوتوپ بدون داشتن نظم ذره‌ای پدید می‌آید. اما اگر سرعت سرد شدن کم و مواد مذاب به کندی و به‌طور بطئی سرد شود، مولکول‌ها با توجه به نیروی جاذبهٔ خود و اطاعت از شبکهٔ تبلور، کنار هم چیده می‌شوند و شبکهٔ تبلور را به‌وجود می‌آورند. سپس با اتصال مولکول‌های منزوی، معلق و جدای از هم به یکدیگر، بر حجم شبکهٔ تبلور افزوده و بلورهای درشت‌تری حاصل می‌شود. به این افزایش حجم اصطلاحاً «رشد بلور» می‌گویند.

ب) تبلور مواد محلول: این حالت از تبلور در محلول‌های فوق اشباع دیده می‌شود. در چنین شرایطی، بلورهای بسیار کوچک (قطر آن‌ها کمتر از یک میکرون) است و متحرک شکل می‌گیرند. این بلورها که به صورت پولک‌های دوبعدی یا سه بعدی ظاهر می‌شوند، به تدریج رشد می‌کنند و سرانجام به بلوری درشت تبدیل می‌شوند.

۲. تبلور هنگام تغییر حالت بخار به جامد[6]

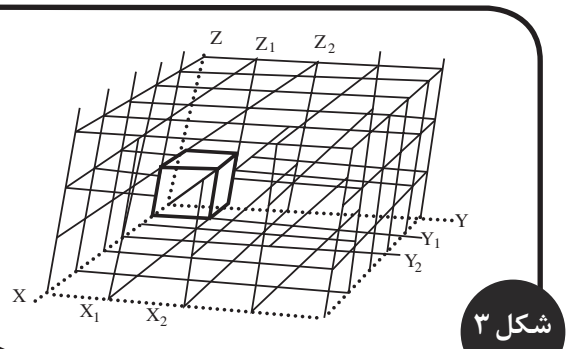
در این حالت بخار مواد مستقیماً به بلورهای جامد تبدیل می‌شوند. از مثال‌های طبیعی این نوع تبلور می‌توان به قشرهای بلور یخ که به صورت شاخ و برگ گیاهان روی شیشهٔ پنجرهٔ اتاق‌ها در سرمای زمستان تشکیل می‌شود. اشاره کرد. از مثال‌های زمین‌شناسی آن نیز می‌توان از تشکیل گوگرد در قلهٔ آتشفشان تفتان نام برد.

۳. تبلور یک جسم جامد بی‌شکل

این حالت از تبلور که تبدیل جامد به جامد است، نوعی «تبلور مجدد» محسوب می‌شود[7]. در این‌جا رشد بلورها به خرج بلوری کوچک‌تر و تحت تأثیر فشار و حرارت و در مدت زمانی طولانی صورت می‌گیرد؛ مانند تشکیل بلورهای درشت «کلسیت» از سنگ‌های آهکی دانه ریز.

شبکهٔ تبلور

اجسام متبلور دارای ساختمان منظمی هستند که در آن، مولکول‌ها با نظم و ترتیب خاصی و با فواصل معین و ثابت در سه جهت فضایی (x، y و z) چیده شده‌اند. در شکل زیر اگر اتم O در مبدأ فرض شود، مقدار Oa_1 را به عنوان پارامتر شبکه در جهت Ox و با نماد a نمایش می‌دهند و روی محورهای y و z به ترتیب مقادیر Ob_1 و Oc_1 با نمادهای b و c به عنوان سایر پارامترهای شبکه شناخته‌می‌شوند.



شکل ۳

مقدار پارامترهای a، b وc، بسته به نوع بلور برابر و یا نامساوی است. بنابراین، شبکه تبلور عبارت است از: استقرار اتم‌ها در نقاط تقاطع خطوط فرضی که این خطوط به موازات سه جهت فضایی ox، oy و oz رسم شده باشند.

قوانین اصلی بلورشناسی

هنگام مطالعهٔ بلورها چند اصل مهم وجود دارند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

۱. اصل ثابت بودن زوایای دو سطحی

ساختمان شبکه‌ای بلورها متأثر از ترکیب شیمیایی آنهاست. لذا در بلورهای یک مادهٔ شیمیایی معین، موقعیت سطوح شبکه‌ای ثابت و مخصوص به همان ماده است. یعنی در بلورهای یک مادهٔ شیمیایی معین، زاویهٔ بین هر دو سطح خارجی بلور در تمام بلورهای آن ماده ثابت است.

۲. اصل تقارن

اجسام متبلور که دارای یک سیستم تبلور هستند، تقارن دارند. البته نوع و میزان تقارن به سیستم تبلور آن بستگی دارد. تقارن یکی از خصوصیات اصلی بلورها و عبارت است از: تکرار اجزای شبیه و نظیر در یک بلور، هنگام دوران بلور حول عناصر تقارن. به اجزای متقارن و نقاط هندسی که نسبت به آن‌ها، تکرار، انطباق یا جانشینی اجزا صورت می‌گیرد، عناصر تقارن می‌گویند؛ مانند:

الف) مرکز تقارن (C): مرکز تقارن نقطه‌ای است در مرکز بلور که اگر از گوشه، یال و یا سطح خارجی خطی به مرکز وصل کنیم و به همان اندازه ادامه دهیم، گوشهٔ یال و یا سطح خارجی مذکور تکرار شود. به عبارت دیگر، مرکز تقارن نقطه‌ای است که هر یک از اجزای بلور را در طرف دیگر خود و به فاصلهٔ ۱۸۰ درجه منعکس می‌سازد. به بیان ریاضی می‌توان گفت: هر نقطه به مختصات x، y و z توسط مرکز تقارن به نقاط x-، y- و z- تبدیل می‌شود. مرکز تقارن را با نماد (C) نمایش می‌دهند.

ب) سطح تقارن (P): سطح تقارن سطحی است که مانند آینه عمل می‌کند. یعنی اجزای یک طرف آن دقیقاً در طرف دیگر و با فاصلهٔ مساوی تکرار می‌شود. به بیان دیگر، سطحی مشابه یک بخش از بلور را که می‌توان در طرف دیگر آن مشاهده کرد، سطح تقارن نامیده می‌شود. سطح تقارن را با حرف (P) نشان می‌دهند.

پ) محور تقارن (A): محور تقارن خطی است فرضی که اگر حول آن، بلور را دوران دهیم، در هر دوران ۳۶۰ درجه‌ای، هر یک از اجزای بلور به تعداد ۲ یا ۳ یا ۴ و یا ۶ بار تکرار می‌شود. بنابراین، محور تقارن باعث تکرار اجزای نظیر به فواصل زاویه‌ای ۱۸۰ یا ۱۲۰ یا ۹۰ و یا ۶۰ درجه می‌شود. با توجه به تعداد دفعاتی که موتیف‌های مشابه در هر دوران ۳۶۰ درجه‌ای تکرار می‌شوند، اصطلاح «درجهٔ محور» تعریف می‌شود. درجهٔ محور با حرف n نمایش و با استفاده از فرمول $n = \frac{۳۶۰}{a}$ که در آن a مقدار زاویه‌ای است که طی آن اجزای نظیر تکرار می‌شوند.

در محور درجهٔ ۲، اجزای نظیر در یک دوران ۳۶۰ درجه‌ای فقط دو بار رؤیت می‌شوند و در محورهای درجهٔ ۳، ۴ و ۶، در یک دوران ۳۶۰ درجه‌ای اجزای نظیر را به ترتیب ۳، ۴ و ۶ بار می‌توان دید.

محور درجهٔ دو $(A_۲) \rightarrow n = \frac{۳۶۰}{۱۸۰} = ۲$

محور درجهٔ سه $(A_۳) \rightarrow n = \frac{۳۶۰}{۱۲۰} = ۳$

محور درجهٔ چهار $(A_۴) \rightarrow n = \frac{۳۶۰}{۹۰} = ۴$

محور درجهٔ شش $(A_۶) \rightarrow n = \frac{۳۶۰}{۶۰} = ۶$

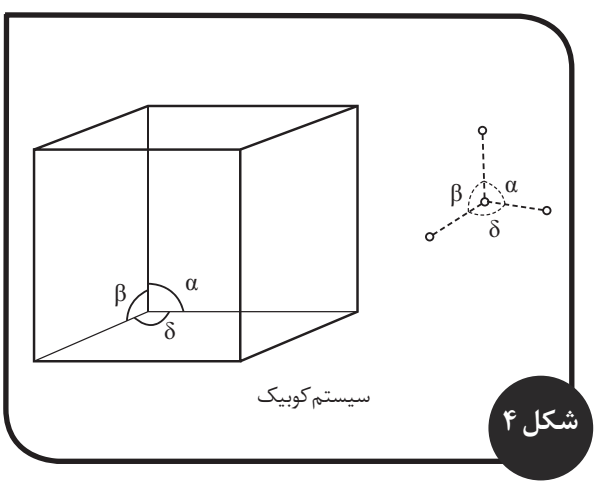
سیستم‌های تبلور

به‌طور کلی بلورها در هفت سیستم تبلور تقسیم‌بندی می‌شوند، به‌طوری‌که هر سیستم تبلور در مقدار زاویهٔ بین محورهای اصلی و اندازهٔ هر محور در شکل اولیه، با سیستم‌های دیگر متفاوت است. بنابراین می‌توان گفت سیستم تبلور بلورها تابع شکل اولیهٔ شبکهٔ تبلور است. به عبارت دیگر، واحد ابتدایی شبکهٔ تبلور به علت اختلاف پارامتری a، b و c و زوایای بین آن‌ها (α، β و γ)، و در سیستم‌های هفت‌گانهٔ زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. سیستم کوبیک: در این سیستم تبلور که مکعبی نیز خوانده می‌شود، پارامترهای a، b و c با هم برابرند و زوایای بین آن‌ها نیز با هم برابر و ۹۰ درجه هستند؛ مانند سیستم تبلور کانی‌های گالن، پیریت، فلوئوریت و هالیت.

$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = ۹۰^\circ$$



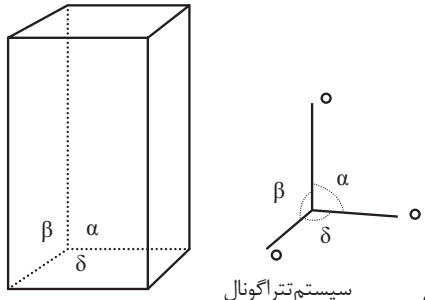
سیستم کوبیک

شکل ۴

۲. سیستم تتراگونال: این سیستم از نظر زوایای بین سطوح مانند سیستم کوبیک است؛ یعنی زوایای بین سطوح برابر و ۹۰ درجه هستند. اما تفاوت آن با سیستم کوبیک در این است که یکی از پارامترهای a، b و c با دوتای دیگر متفاوت است. کانی‌های کالکوپیریت، کاستیریت و شیلیت دارای سیستم تتراگونال هستند.

$a = b \neq c$

$\alpha = \beta = \gamma = ۹۰^\circ$



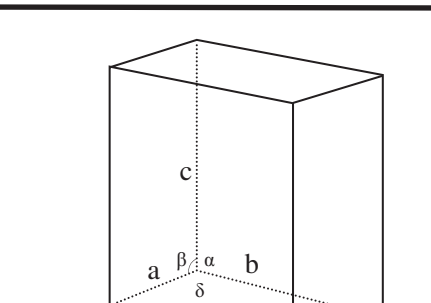
سیستم تتراگونال

شکل ۵

۳. سیستم ارتورومبیک[۱۰]: در این سیستم تبلور نیز مانند سیستم‌های کوبیک و تتراگونال، زوایای بین پارامترها برابر و ۹۰° درجه هستند و تفاوتش با آن‌ها در این است که اندازهٔ سه پارامتر a، b و c متفاوت است. شکل ظاهری این سیستم مانند قوطی کبریت است و در کانی‌های الیوین، توپاز و همی مورفیت می‌توان آن را مشاهده کرد.

$a \neq b \neq c$

$\alpha = \beta = \gamma = ۹۰^\circ$



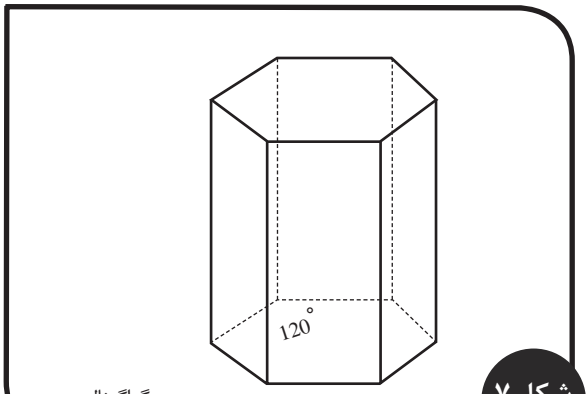
ارتور مبیک

شکل ۶

۴. سیستم هگزاگونال[۱۱]: در این سیستم پارامترهای a و b با هم برابر و زاویهٔ بین آن‌ها ۱۲۰ درجه است. اما پارامتر سوم (c) با دو پارامتر دیگر (a و b) متفاوت است. این سیستم به شکل منشور شش گوش متبلور می‌شود؛ مانند سیستم تبلور کانی‌های کوارتز، نفلین و ورتزیت.

$a = b \neq c$

$\alpha = \beta = ۹۰^\circ$ و $\gamma = ۱۲۰^\circ$



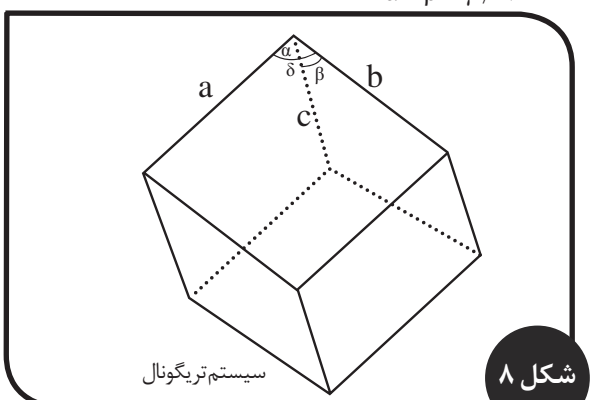
سیستم هگزاگونال

شکل ۷

۵. سیستم تریگونال[۱۲]: در این سیستم که با نام «رومبوئدریک» نیز خوانده می‌شود، مانند سیستم کوبیک، پارامترهای a، b و c زوایای α، β و γ با هم برابرند. تفاوت آن با سیستم کوبیک این است که در سیستم کوبیک زوایا برابر و ۹۰ درجه هستند، اما در این سیستم زوایا برابر هستند ولی ۹۰ درجه نیستند. کانی‌های کراندوم، دولومیت و دیوپتاز در این سیستم متبلور می‌شوند.

$a = b = c$

$\alpha = \beta = \gamma \neq ۹۰^\circ$



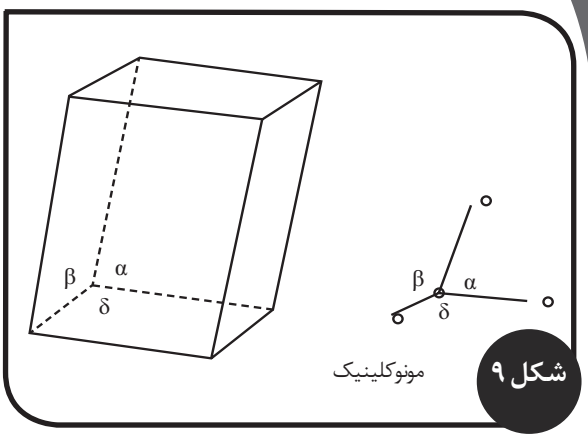
سیستم تریگونال

شکل ۸

۶. سیستم مونوکلینیک[۱۳]: در این سیستم هر سه پارامتر a، b و c با هم نامساوی هستند و از سه زاویهٔ بین آن‌ها، دو زاویه قائمه و زاویهٔ سوم بزرگتر از ۹۰° درجه است؛ مانند سیستم تبلور کانی‌های ژیپس، اوژیت و بیوتیت.

$a \neq b \neq c$

$\alpha = \gamma = ۹۰^\circ$ و $\beta > ۹۰^\circ$



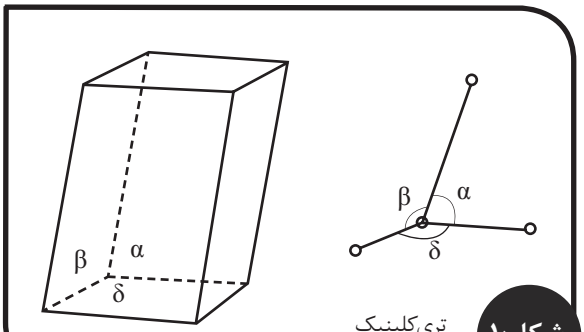
مونوکلینیک

شکل ۹

۷. سیستم تری‌کلینیک[۱۴]: در این سیستم تبلور هر سه پارامتر a، b و c با هم نامساوی و زوایای بین آن‌ها نیز متفاوت هستند؛ مانند سیستم تبلور کانی‌های ولاستونیت، پکتولیت و کائولینیت

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma$$



تری‌کلینیک

شکل ۱۰

پی‌نوشت

1. Crystal
2. Motif
3. Isotropie
4. Anisotropie
5. Crystallization
6. Sublimation
7. Recrystallization
8. Cubic
9. Tetragonal
10. Orthorhombic
11. Hexagonal
12. Trigonal
13. Monoclinic
14. Triclinic

منابع

۱. معین وزیری، حسین؛ عزیزی، حسین و الهی مهر، حسینعلی. بلورشناسی هندسی و خواص نوری بلورها. انتشارات دانشگاه کردستان. ۱۳۸۵.
۲. حسینی، ابراهیم. بلورها و کانی‌ها. انتشارات آییژ. ۱۳۸٤.

همراه با انجمن زمین‌شناسی ایران

گزارش چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران

مریم عابدینی
دبیر منطقهٔ ۵ تهران

مقدمه

هر ساله «انجمن زمین‌شناسی ایران» به منظور بزرگداشت فعالیت زمین‌شناسان برجستهٔ کشور و هم‌چنین ارائهٔ جدیدترین و آخرین دستاوردهای این گروه، یک گردهمایی برگزار می‌کند. امسال این انجمن به همراه جوان‌ترین گروه زمین‌شناسی، یعنی گروه دانشگاه ارومیه، در روزهای ۲۵ تا ۲۷ شهریورماه ۱۳۸۹ چهاردهمین گردهمایی علوم زمین را برگزار کرد.

محورهای موضوعی همایش عبارت بودند از: زمین‌شناسی نفت؛ زمین‌شناسی اقتصادی؛ آب‌شناسی؛ ژئوشیمی؛ ژئوفیزیک؛ زمین گردشگری؛ زمین‌شناسی مهندسی؛ چینه و فسیل‌شناسی؛ رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی؛ زمین‌شناسی دریاچهٔ ارومیه؛ زمین‌شناسی زیست‌محیطی و پزشکی؛ زمین‌شناسی ساختمانی؛ دورسنجی و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و سایر علوم وابسته.

افتتاحیه

پس از تلاوت آیاتی از کلام‌الله مجید و پخش سرود جمهوری اسلامی، **رامین نیک‌پور**، دبیر اجرایی همایش از نحوهٔ جمع‌آوری، داوری و گزینش نهایی مقالات و این‌که حدود ۳۰۰۰ ایمیل را در این مدت پاسخ‌گو بودند (که قابل تأمل است) گزارش مبسوطی