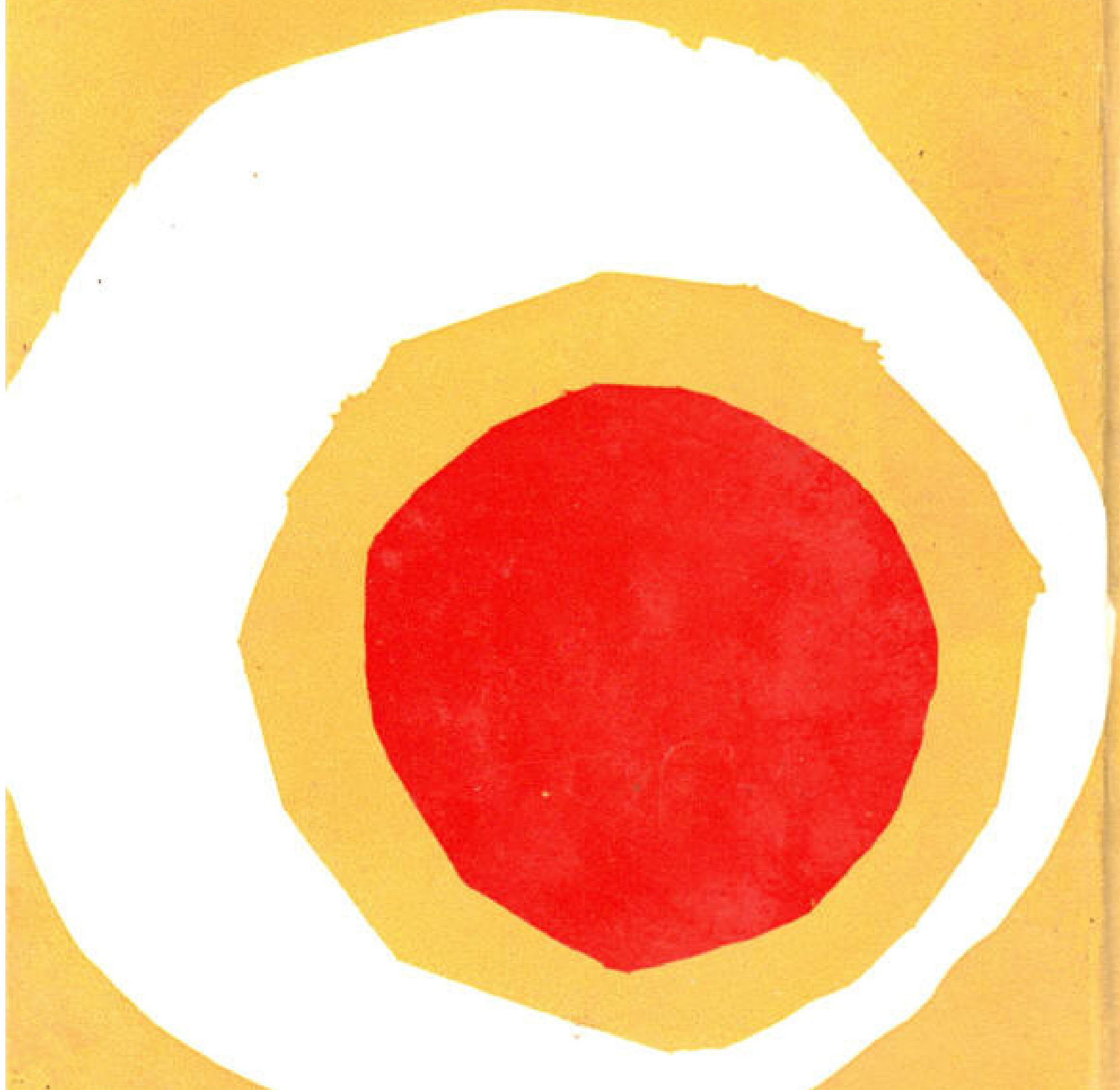


# سرگذشت زمین

ژرژ گاموف

ترجمه دکتر محمود بهزاد



سرگذشت

زمین

نوشته: ژرژ گاموف

ترجمه: دکتر محمود بهزاد

This is an authorized translation of  
BIOGRAPHY OF THE EARTH  
by George Gamow,  
Copyright, 1941, by George Gamow.  
Published by The Viking Press, New York.

۲۰۸  
۴۸۳۱۸

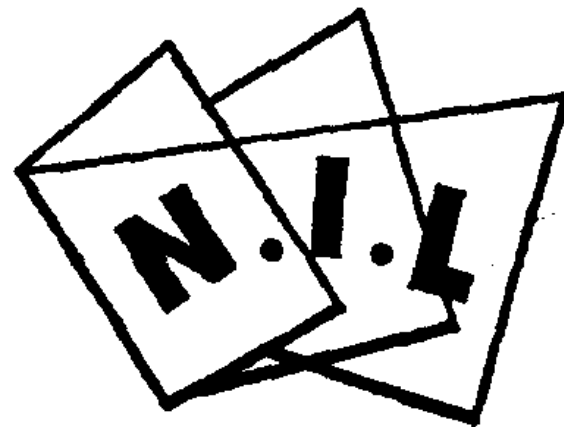
شماره ثبت کتابخانه ملی

چاپ اول ... ۱۳۳۷

چاپ دوم ... ۱۳۴۲

چاپ سوم، شرکت سهامی

کتابهای جیبی... ۱۳۴۷



انتشارات نیل

با همکاری مؤسسه انتشارات فرانکلین

چاپ چهارم این کتاب در ۲۰۰۰ نسخه به تاریخ اردیبهشت ماه  
۱۳۴۸ در چاپخانه خرمی به اتمام رسید.

حق چاپ محفوظ

.... اما در باره خود زمین،  
می توان انتظار داشت که رفته-  
رفته قشر جامد ضخیمتر پیدا کند  
و موقعی مقاومتش به حدی رسد  
که در برابر هر تکانی ایستادگی  
کند. تشکیل لایه های سطحی ،  
در این مرحله از تکامل زمین  
بالاخره پایان خواهد یافت و  
پس از آنکه آخرین کوهها ،  
تحت اثر باران شسته شدند، سطح  
قاره ها صاف و مسطح باقی  
خواهد ماند . فقط وضع اصلی  
قاره ها و حوضه های اقیانوسها،  
به عنوان خاطره همیشه تولد  
دختر سیاره ما دست نخورده  
باقی خواهد ماند .



## مقدمه مؤلف

مؤلف این کتاب، در کتاب قبلی خود یعنی «پیدایش و مرگ خورشید» کوشش کرده است که تصویری از جهان بی‌پایان کواکب و خانوادهای عظیم آنها را بنمایاند. جهانی که خورشید مادر آن جرم سماوی مختصری بیش نیست و زمین نقطه ناچیزی است که فقط برای يك گردش علمی خیالی در عالم لایتناهی بمنزله «پایگاه مشاهده» است .

اکنون يك ذره بین خیالی به دست بگیریم و این کره تاريك كوچك را که سر نوشت ما را در دست دارد از نزدیک مطالعه کنیم . خواهیم دید که بقایای «آتش جاویدان» خورشید هنوز در زیر پای ما در حال اشتعال است و حکایت ایامی از گذشته‌های را می‌کند که سیاره ما از خورشید یعنی مادرش زاده شده بود و این تولد در نتیجه يك تصادم کوتاه ولی بسیار شدید خورشید با يك ستاره رهگذر صورت پذیرفته است. ما در محیط مرئی قاره‌ها اثر عمیقی خواهیم یافت که زمین را همیشه به یاد تولد دختر منحصر بفردش یعنی «ماه زیبا» خواهد انداخت. مراحل تدریجی تکامل زمین را از دوران کودکی، که حالت مذاب داشته است و دوران بلوغ که با وقوع آتش فشانهای شدید و برخاستن کوهها همراه بوده است و همچنین مرگ زمین در آینده دور یعنی هنگامی که حرارتش را از دست می‌دهد به ترتیب دنبال خواهیم کرد. چگونگی پیدایش «حیات» یعنی عجیب ترین پدیده‌ای که زمین ما را از بزرگترین ستارگان جالبتر ساخته است .

مؤلف این کتاب در ضمن بحث راجع به تاریخ زمین، قدمی فراتر می‌نهد و وارد مبحثی از علم می‌گردد که از تخصصش خارج می‌باشد . تنها عذری که می‌تواند برای این عمل بیاورد این است که وقتی که هنوز دانش آموز دبیرستان بود ، بر حسب تصادف کتاب **کونان دوئل (Conan doyle)** را تحت عنوان «دنیای گمشده» مطالعه می‌کند و در حالی که سرگذشت پروفیسور **چالانجر (Prof. Challenger)** در سرزمین غولهای ماقبل تاریخ جلب نظرش را می‌کند بیش از یکسال وقت خود را صرف دیرین شناسی می‌نماید . مؤلف در آن زمان می‌توانست يك دینوسور و يك گربه را از روی شکل انگشتان آنها تشخیص دهد .

**ژرژ کاموف**

دانشگاه جرج واشنگتن

ژانویه ۱۹۴۱

## مقدمه چاپ منتور

از زمان نخستین چاپ کتاب «سرگذشت زمین» در سال ۱۹۴۱ الی اکنون، تغییرات عمده‌ای در عقاید ما راجع به منشاء منظومه شمسی حاصل شده است. در طی جنگ جهانی دوم یعنی هنگامی که ارتشهای مخالف در میدانهای جنگ اروپا و آسیا به انهدام یکدیگر مشغول بودند و بمبارانهای هوایی، بسیاری از شهرهای بزرگ عالم را زیر و رو می‌کردند مقاله مهمی تحت عنوان «منشاء منظومه شمسی، توسط فیزیک دان جوان آلمانی س. ف. فون وایتس زکر (C. F. Von weizacher) در مجله فیزیک نجومی «جلد ۲۲ - ۱۹۴۴» چاپ گردید.

این اثر مهم به اختلاف دیرینه بین طرفداران تئوری «تصادم بوفون» و تئوری «حلقه‌ای کانت - لاپلاس» که قرن‌ها ادامه داشت خاتمه داد. اکنون کاملاً روشن به نظر می‌رسد که منظومه خود را بدون کمک ستاره متعرضی تشکیل داده است. «تغییر عقیده» مهم فیزیک دانهای جدید که در بخش مخصوصی به نام «رویه مرفته حق بالاپلاس بود»<sup>۱</sup> شرح داده شده است، در پایان بخش دوم این کتاب آورده شده است.

چاپ حاضر به استثنای اصلاح معدودی از اشتباهات و غلطهای چاپی نسخه اصلی به طور کلی تغییری نیافته است.

ژرژ گاموف

دانشگاه جرج واشنگتن

۲۵ دسامبر ۱۹۴۷

---

۱- این بخش، از کتاب جدید مؤلف به نام یک، دو، سه ... بینهایت چاپ وایکینگ ۱۹۴۷ اقتباس شده است.

# فهرست مندرجات

## فصل اول : سن زمین

تاریخ تولد ۱ - سن اقیانوسها ۲ - سن سنگها ۵

## فصل دوم : حادثه فرخنده

خورشید همسرش راملاقات می کند ۸ - آیا ممکن است سیارات بدون «پدر» زاده شده باشند ۸ - تئوری جزرومد ۱۴ - مدار سیارات چگونه مستدیر شده است ۱۹ - نوه های خورشید ۲۳ - خرده سیارات و حلقه زحل ۲۶ - آیا منظومه سیارات ما منحصر به فرد است ۳۱ - رویهمرفته حق بالا پلاس بود؟ ۳۲

## فصل سوم : زمین دختری می زاید

ماه ما چیز دیگری است ۵۰ - تئوری تشدید ۵۲ - ماه چگونه فرار کرده است؟ ۵۶ - جزرومد ماه ۶۰ - روی ماه ۶۲ - نشانه گسیختگی ۶۵

## فصل چهارم : خانواده سیارات

سیاره شناسی مقایسه ای ۷۰ - مولکولهای فراری ۷۱ - جو سیارات و ماهها ۷۳ - شرایط زندگی در سیارات ۷۵ - روی لم یزرع مریخ ۷۸

## فصل پنجم سفری به سوی مرکز زمین

هرچه عمیق تر گرم تر ۸۳ - قاره های شناور ۸۹ - جزرومد در سنگها ۹۲ - زلزله چه محسناتی دارد؟ ۹۵ - در اعماق زیاد ۱۰۴ - راز عقربه قطب نما ۱۰۸

## فصل ششم - برخاستن و نشستن کوهها

سرد شدن زمین ۱۱۱ - خاصیت رادیو آکتیوی در قشر زمین ۱۱۳ - جزئیاتی در باره پیدایش کوهها ۱۱۷ - کوههای وارونه ۱۲۰ - باران دشمن کوه ۱۲۴

## فصل هفتم : تکامل قاره‌ها

آیا قاره آمریکا از اروپا رانده شده است؟ ۱۲۷ - تجدید «کتاب رسوبات»  
۱۳۲ - فصول و بخشهای کتاب رسوبات ۱۳۸ - ورق پاره‌های اولیه ۱۴۱ - سه فصل  
کامل از کتاب رسوبات ۱۴۳ - آغاز تازه‌ترین فصل ۱۴۷ - تاریخ سینما تو گرافیک  
امریکای شمالی ۱۴۹

## فصل هشتم : آب و هوای گذشته

ما در عصر یخ‌بندان زندگی می‌کنیم ۱۵۹ - سابقاً هوا گرم‌تر بوده است  
۱۶۳ - آیا محل قطبین در سطح زمین تغییر می‌کند؟ ۱۶۶ - علت تناوب  
«امواج سرما» چه بوده است؟ ۱۶۹

## فصل نهم : زندگی روی زمین

منشاء حیات ۱۷۷ - آیا جریان «پیدایش حیات» اکنون نیز ادامه دارد؟  
۱۸۴ - نخستین مراحل تکامل حیات ۱۸۷ - فرمانروایی عظیم خزندگان در  
اواسط تاریخ زمین ۱۹۴ - عصر شیر ۱۹۸

## فصل دهم : نظری به آینده

انقلاب قریب الوقوعی که سبب برخاستن کوهها می‌شود ۲۰۵ - دوره یخ  
بندان آینده ۲۰۶ - پایان سنوزوئیک و فصلهای بعدی کتاب ۲۱۰ - سرنوشت ماه  
۲۱۱ - خورشید نمایش را پایان می‌دهد ۲۱۳ - نتیجه ۲۱۶

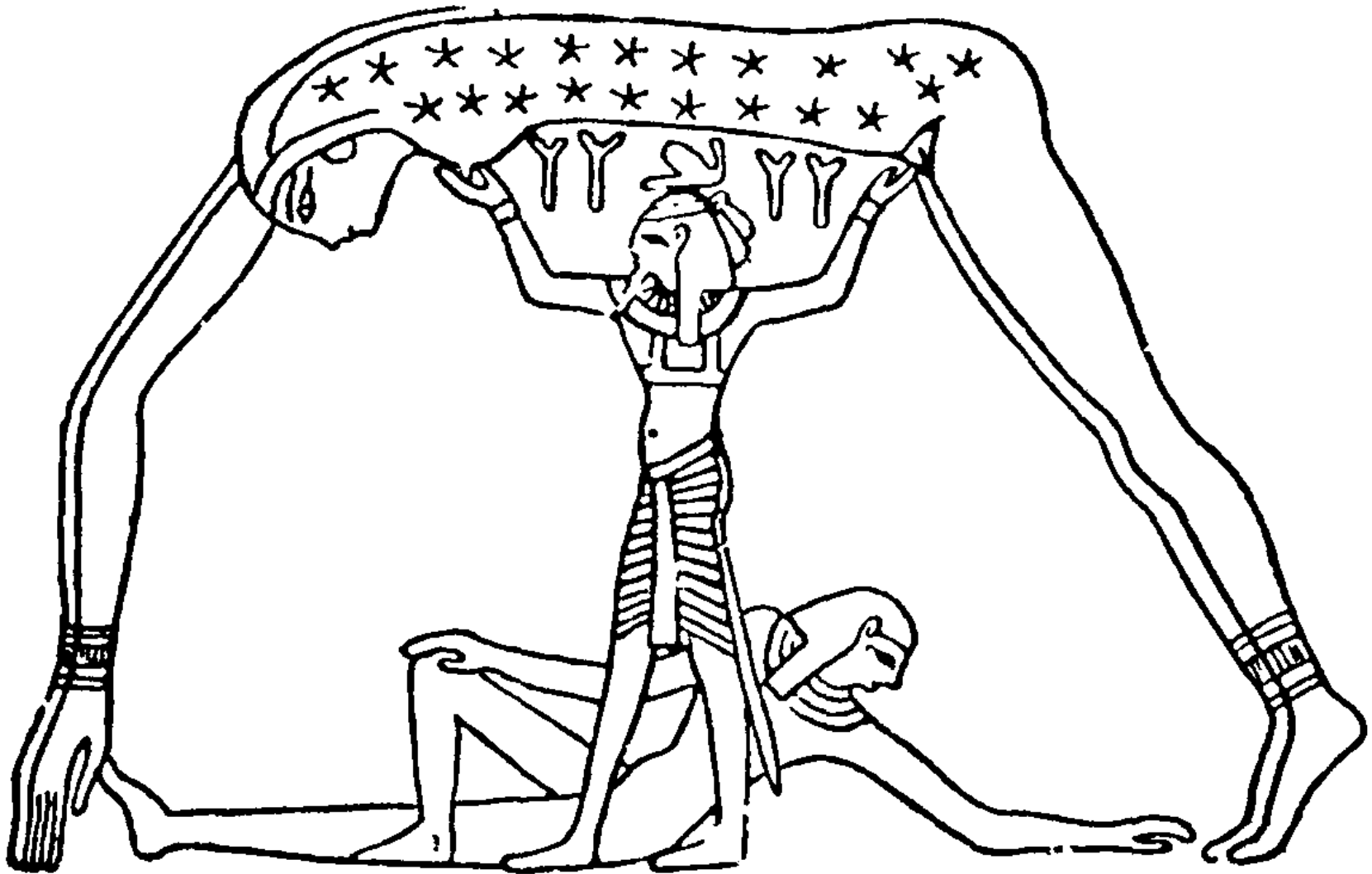
## فصل اول سن زمین

### تاریخ تولد

« زمین در سال . . . . . به دنیا آمد، بنا شد، فصل اول کتاب چنین آغاز گردد تا با بهترین سنت بیوگرافی نویسی مطابقت کند. ولی پیش از آنکه جای خالی جمله فوق پر شود ممکن است این سؤال پیش آید که آیا نمی‌توانیم قبول کنیم که زمین همیشگی بوده و همواره بوضع کنونی خود شباهت داشته است؟

به نظر می‌رسد که فکر ازلیت و ثبوت وضع جهان هرگز به مخیله انسان راه نیافته و ابتدایی‌ترین افکار انسانی همواره سعی داشته‌است که جهان را با صورت فعلی‌اش مصنوع خالق بداند. تمام ادیان قدیمی راجع به مسئله خلقت به درازا گفتگو کرده‌اند. این ادیان نخستین کوششهای شعورهای تازه پیدار شده انسانهای اولیه بودند تا وجود خود را در مقابل جهان اطراف توجیه کنند. افسانه جدا شدن زمین از آسمان به وسیله شو<sup>۱</sup> خدای مصریان (شکل ۱) و داستان مشهور خلقت شش‌روزه جهان توسط یهوه نمونه‌های برجسته این کوششها است. با وجود واهی بودن تصورات فوق، این حقیقت کلی در همه آنها وجود دارد: همه عالم و بالاخص زمین ما، در زمان بسیار قدیم از ماده‌ای غیر متشکل یا دهمیولای ازلی، به وجود آمده‌است.

دلایل نجومی به طور وضوح بر این دلالت می کنند که ستارگان بی حساب آسمان و همچنین خورشید ماکه در میان آنها جای دارد نمی توانند همیشگی بوده باشند ، بلکه احتمال دارد متجاوز از دو میلیارد سال پیش از گازهای سوزانی به وجود آمده باشند که تمام عالم را قبلا فرا گرفته بوده است. ۱



شکل ۱ : تصور مصریان درباره خلقت عالم : شو خدای هوا که پسر آمونرا خدای آفتاب است ، خواهرش نات یعنی آسمان را از برادرش غب یعنی زمین جدا می کند. خود آمونرا از نیلوفر آبی که در سطح اقیانوس اولیه روئیده زاده شده است.

اما چون سیاره کوچک مادر این کتاب مورد علاقه است بهتر آن است دامنه بحث را محدود سازیم و فقط راجع به سن زمین با خود بیندیشیم . از چه وقتی سطح زمین دارای چنین اقیانوسها و دریاها و کوهها شده و از کی به صورت جرم سماوی مستقلی در آمده است ؟

### سن اقیانوسها

ابتدا به اقیانوسها و دریاها که قریب سه چهارم سطح سیاره ما را فرا

۱- مسئله خلقت و تکامل دنیای نجومی در کتابی به نام « پیدایش و مرگ خورشید » توسط مؤلف این کتاب مورد بحث قرار گرفته است. این کتاب توسط آقای احمد آرام به فارسی ترجمه و چاپ شده است .

گرفته اند پردازیم و ببینیم این اقیانوسها و دریاها چه هنگامی به وجود آمده اند؟ کاری که برای پیدا کردن جواب این سؤال باید انجام گیرد این است که هنگام آب تنی در امواج کف آلود ساحل دریا، مقداری آب شور به حلق ما فرو رود و اندکی در این باره اندیشه کنیم. مسلماً اندیشه درباره امر شوری آب مهمتر از بلعیدن آن است. همه می دانند که آب دریا شور است ولی فقط معدودی از این موضوع مطلعند که این نمکها در طی ادوار طولانی معرفه - الارضی به کمک آبهای به اصطلاح شیرین جویبارها و رودخانه به اقیانوسها وارد شده است<sup>۱</sup>. آب طی جریان در دره ها و جویبارها، حتی سخت ترین سنگها را تدریجاً خرد می کند و مواد حاصل از تخریب را به دریاها و اقیانوسها می برد. مواد غیر محلولی که با آب رودخانه ها حمل می گردند، در حالی که به صورت ذرات ریز معلق به آن منظره ای گل آلود می دهند، به صورت لایه های رسوبی روز افزون در قعر دریاها ته نشین می شوند ولی املاح به حالت محلول در آب باقی می مانند و در نتیجه آب اقیانوسها به تدریج شورتر می شود. مقادیر زیاد از آب اقیانوسها تحت اثر اشعه آفتاب از قسمت سطحی آنها بخار می شود و مجدداً به صورت باران و برف به زمین می بارد و فعالیت زیرزمینی خود را از سر می گیرد، ولی املاح همچنان در اقیانوس باقی می مانند.

در این که شوری کنونی آب اقیانوسها فقط به اندازه یک دهم حد اشباع آب از نمک است خود دلیل قاطعی بر این می باشد که تجمع نمک در مدت محدودی انجام گرفته است. اگر مقدار کل نمکی را که اکنون به صورت محلول در اقیانوس وجود دارد به مقدار نمکی که سالیانه در آن وارد می شود تقسیم کنیم می توانیم سن تقریبی اقیانوسها را به دست آوریم. مقدار نمک محلول در آب اقیانوسها را می توان از روی حجم کلی آب آنها (که ۱۵۰۰۰۰۰۰۰ کیلومتر مکعب است) و غلظت نمک (که قریب ۳ درصد است) تخمین زد. نتیجه محاسبه عدد بزرگی است. اگر می توانستیم تمام این نمکها را استخراج کنیم قطعه ای از نمک به وجود می آمد که قریب ۲۰۰۰۰۰۰۰ کیلومتر مکعب حجم آن بود (یعنی مکعبی به ضلع ۲۷۰۰۰۰ متر) و وزن آن از ۴۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ تن متجاوز می گشت. از طرف دیگر

۱ - چنانکه بعداً خواهیم دید تحقیقات زمین شناسی به وضوح مدلل می دارند که همه آب اقیانوسها در دوره های اولیه تشکیلشان شیرین بوده است.

چنانکه زمین شناسان تخمین زده‌اند سالیانه قریب ۴۰۰۰۰۰ تن نمک به وسیله رودخانه‌ها به دریا می‌ریزد . با قبول اینکه چنین آب بردگی یا به قول زمین شناسان تخریب<sup>۱</sup> به میزان فعلی همواره جریان داشته است ، باید چنین نتیجه بگیریم که دریاها و اقیانوسها از مدتی قریب صد میلیون سال پیش وجود داشته‌اند .

احتمال دارد سرعت تخریب کنونی بیش از حد متوسط میزان تخریبی باشد که در دورانهای گذشته زمین صورت گرفته است و چنانکه بعداً خواهیم دید وضع کنونی زمین ما با قلیل سر به فلک کشیده و فلاتهای مرتفع ابدانی نمی‌تواند نموداری از وضع همیشگی آن باشد . مدت بالنسبه کوتاهی است که زمین دارای چنین هیئتی گردیده و آنهم به دنبال انقلابات عظیمی بوده که منجر به تشکیل کوهها شده است . تشکیل کوهها به علت چین خوردگی بطیء زمین صورت گرفته است.<sup>۲</sup> از هنگامی که در طی ادوار معرفه الارضی سلسله کوههایی به وجود آمدند که بعداً بر اثر عمل تخریبی آب به کلی با سطح زمین هموار شدند ، سطح سیاره ما تا تشکیل کوههای جدید صافتر بوده و پست و بلندی کمتری داشته و بیشتر مناطق آن از دریاها و کم عمقی پوشیده بوده است . در این دوره ها خشکی چندانی وجود نداشته تا مورد تخریب واقع گردد و رودخانه‌ها به میزان کمتری نمک به اقیانوس حمل میکردند . به علاوه ممکن است با خارج شدن زمینهایی از قعر دریا مقداری نمک از آب خارج شده باشد . اگر چنین باشد پس مقداری از املاحی که همراه آب رودخانه ها دوباره به اقیانوس برمی‌گردند باید هنگام محاسبه از مقدار کل نمک کسر گردد .

چون تصحیح فوق سن اقیانوسها را که در بالا تخمین زده شده بدهد تا پانزده برابر بالا می‌برد ، لذا باید نتیجه بگیریم که آبهای پهناور سطح زمین قریب یک میلیارد یا به احتمال قویتر یک میلیارد و پانصد میلیون سال پیش تشکیل یافته است ولی این تخمین به طور قطع معرف حداکثر سن ممکنه است زیرا اگر اقیانوسها پیشتر از این موجود می‌بودند لازم می‌آمد شوری آب همه آنها به اندازه شوری بحرالمیت یا دریاچه بزرگ نمک امریکا باشد .<sup>۳</sup>

۱ - Erosion

۲ - به فصل ششم مراجعه شود .

۳ - این نکته قابل ذکر به نظر می‌رسد که دریاچه‌های نمک از تبخیر آبهای باقی مانده از عقب نشینی دریاها به وجود آمده‌اند .



پیش از این تاریخ ، تمام آبهای زمین بایستی منحصراً به صورت بخار در جو زمین موجود بوده باشد و این خود دلیل بر این است که سطح زمین بایستی خیلی گرم بوده باشد نخستین رگبارها فقط هنگامی به سطح سیاره جوان ما نازل شدند که درجه حرارت آن از حرارت آب جوش پایین تر آمده است و آبها تمام فرورفتگی‌ها را پر کرده‌اند و اقیانوس های وسیع کنونی را به وجود آورده‌اند .

### سن سنگها

و اما راجع به سنگهایی که قشر جامد سیاره ما را تشکیل می‌دهند ، چه باید گفت ؟ آیا می‌شود سن آنها را هم تخمین زد ؟ آری و آن هم چه آسان . گرچه ، در نظر اول ، تصور می‌رود که سنگها خصوصیات متغیری که معرف سن آنها باشد ندارند اما بسیاری از آنها نوعی ساعت طبیعی در بردارند که از روی آن زمین شناسان کار آزموده به دقت معین می‌کنند که چه مدت زمان پیش ، سنگی از صورت مذاب خارج و منجمد شده است .

این ساعت زمین شناسی که سن سنگها را تعیین می‌کند مقدار کمی عناصر رادیواکتیو نظیر اورانیوم و توریوم است که غالباً درون سنگهای گوناگون قسمت سطحی یا عمقی زمین پیدا می‌شود .

اتمهای اورانیوم و توریوم سنگینترین اتمهای موجود می‌باشند و خاصیت مخصوصشان این است که بی‌ثباتند و تدریجاً تجزیه می‌گردند و بخشی از مواد سازنده خود را به خارج می‌دهند . ذراتی که با سرعت بسیار از اتمهای بی‌ثبات عناصر رادیو آکتیو ساطع می‌گردند به اشعه آلفا موسوم‌اند و در واقع همان هسته ( یا هسته مرکزی اتم ) اتمهای هلیوم معمولی می‌باشند . عناصر رادیو آکتیو ضمن اینکه بخشی از مواد مشکله خود را ذره به ذره از دست می‌دهند مراحل حد وسط متعددی طی می‌کنند و خاتماً به اتمهای عنصر سرب معمولی می‌رسند .

گرچه تجزیه اورانیوم و توریوم بی‌نهایت بطی است مع هذا سرعت آن از روی تعداد ذرات آلفایی که از مقدار معینی ماده رادیو اکتیو در مدت معلومی ساطع می‌گردد می‌تواند به دقت اندازه گیری شود . شمارش تعداد ذرات آلفا بادستگاه بی‌نهایت دقیقی امکان پذیر است که در فیزیک تجریمی جدید به کنتور گایگر موسوم است . این دستگاه خروج هر ذره آلفا را که معرف

پیدایش تغییری در داخل اتم است ثبت می کند .

از آنجا که يك گرم اورانیوم سالیانه  $\frac{1}{۷۶۰۰۰۰۰۰۰۰}$  گرم

سرب به وجود می آورد و سرب حاصل از يك گرم تورنیوم در سال

گرم است، لذا با حساب ساده ای معلوم می گردد که  $\frac{1}{۲۸۰۰۰۰۰۰۰۰۰}$

۴۰۰۰۰۰۰۰۰ سال لازم است تا مقدار معینی اورانیوم به نصف تقلیل

یابد و چنین کاهش برای تورنیوم ۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ سال لازم دارد. برای آن

که يك چهارم از فلز اولیه باقی ماند دو برابر مدت مذکور وقت لازم است و چنانچه

باقی مانده به يك هشتم برسد سه برابر این مدت باید وقت بگذرد و قس علیهذا.

سرعت تجزیه مواد رادیو آکتیو با زمان تناسب مستقیم دارد و تحت اثر فشار

و حرارت و ساختمان شیمیایی موادی که آنها را فرا گرفته اند قرار نمی گیرد<sup>۱</sup>

تا به حدی که مواد رادیو آکتیو بهترین آلاتی می باشند که برای اندازه گیری

زمان در دنیا وجود دارد.

برای تشخیص سن سنگی که محتوی اورانیوم و تورنیوم است فقط باید

مقدار سربی را که از تجزیه آنها حاصل شده است اندازه بگیریم . اما چون

مواد مشکله سنگ های پوسته زمین مدتی به حالت مذاب بوده اند لذا

ماحصل تجزیه آنها باید قاعدتاً تحت اثر پراکندگی و جابه جایی از منشأ

به جای دیگر انتقال داده شده باشد . در واقع سرب حاصل از تجزیه

مواد رادیو آکتیو از وقتی توانسته است در مجاورت این فلزات باقی

ماند که مواد مذاب متحجر شده اند . به طوری که آنچه امروزه از تجزیه این

مواد می یابیم اطلاعات صحیحی از زمان انجماد سنگها در دسترس ما قرار

می دهد .

زمین شناسی جدید این روش را در مورد سنگ هایی که از نقاط مختلف

و اعماق گوناگون زمین به دست آمده به کار برده و توانسته اطلاعات مشروحی

از زمان انجماد نقاط مختلف قشر زمین حاصل کند . (قدیم ترین سنگ هادر

کارلیای<sup>۲</sup> فنلاند شناخته شده و ۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ سال دارد. سن سنگهای

۱- طبق محاسبه کارل فن واینسگر [karl Von weizsacker] فیزیک

دان آلمانی برای آنکه سرعت تبدیل این عناصر سنگین تغییر یابد چندین

میلیارد درجه حرارت و چندین میلیارد اتمسفر فشار لازم است.

Karelia-۲



## فصل دوم

# حادثه فرخنده

خورشید همسرش را ملاقات می‌کند

اکنون که تاریخ تولد زمین و نام مادرش دانسته شد ، سؤالی که طبیعتاً پیش می‌آید این است که «پس پدرش کی بوده و چگونه همه این جریانها اتفاق افتاده است ؟»

نخستین تلاشی که برای جواب دادن باین پرسش صورت گرفت قریب دو قرن پیش توسط طبیعی‌دان مشهور فرانسوی ژرژ لویی لکلرک کنت دو بوفون<sup>۱</sup> بوده است . این دانشمند دریکی از چهل و چهار کتاب تاریخ طبیعی خود به این سؤال اشاره کرده است . شاید این کتاب درخشان‌ترین و قابل فهم‌ترین مطالعاتی است که تاکنون در علوم طبیعی نگارش یافته است . بوفون<sup>۱</sup> تشکیل منظومه سیارات را نتیجه تصادم خورشید بایک جرم سماوی خارجی می‌دانست که نامش را «ستاره دنباله دار» گذاشته است . نامی که بوفون برای «پدر» زمین اختیار کرد مسلماً بیشتر به این علت بود که اطلاعات دانش آن عصر درباره ماهیت ستاره‌های دنباله دار ناقص بود و گرنه بوفون در نوع جرم سماوی که سبب این حادثه شد شکی نداشت . اکنون می‌دانیم که ستاره‌های دنباله دار به خلاف ظاهر درخشان و طول زیادشان ماده بسیار کمی در بردارند . پروفیسور

---

۱ - George-Louis Leclerc Comte de Buffon

هنری نوریس روسل<sup>۱</sup> مشخصات آنها را در دو کلمه «هیچ هوایی» خلاصه کرده است (تصویر الف ۲). سر به ظاهر بزرگ ستاره‌های دنباله‌دار از اجرام بسیار کوچک و غیر متراکم سماوی تشکیل یافته است. جرم یکی از این اجرام هزارها مرتبه از جرم زمین کمتر است. دم زیبا و درخشان ستاره‌های دنباله‌دار از گازهای بسیار رقیقی به وجود آمده است که وزن مخصوصشان میلیون‌ها مرتبه از هوای جو کمتر است. برخورد چنین ستاره‌ای با زمین ما جز تولید درخشندگی خاصی که از برخورد اجرام سماوی حاصل می‌شود چیز دیگری نمی‌توانست باشد. آنچه حقیقتاً بوفون منظور داشت برخورد خورشید با ستاره دیگری بود که ابعاد مشابه آن داشت. نظر بوفون در (شکل ۲) که از روی عکس کتاب علوم طبیعی وی رسم شده نشان داده شده است.

نتیجه تصادم شدید این دو همسر بایستی چنین بوده باشد که قطعاتی از این جرم سماوی عظیم با اندازه‌های مختلف به اطراف پراکنده گردد (این در صورتی است که تصادم درست از روبه‌رو صورت نگرفته باشد) و همه منظومه به گردش سریعی بیفتد. در این صورت احتمال دارد بعضی از قطعات حاصل از آن تصادم برای همیشه در فضای بین ستارگان سرگردان شده باشند، در حالی که سایر قطعات تحت اثر نیروی جاذبه جرم مرکزی قرار گرفته به صورت سیارات مجزا از هم به ادامه گردش به دور خورشید مجبور شده باشد. این طبیعی‌ترین توجیهی است که به‌طور کلی چگونگی گردش سیارات منظومه ما را در یک سطح معین و در همان جهت عمومی گردش خورشید به دور محور خود نشان می‌دهد.

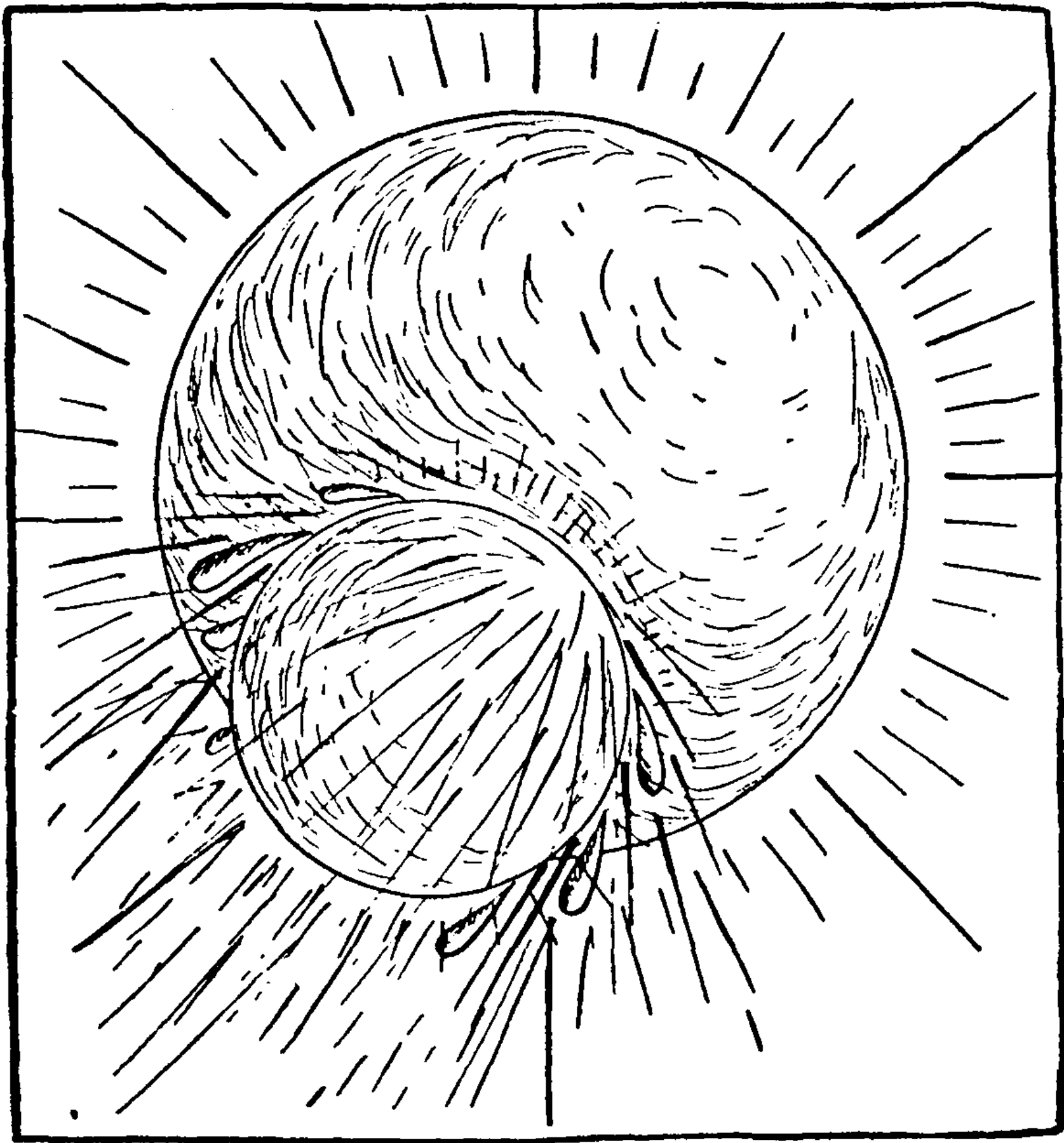
آیا ممکن است سیارات بدون پدر، زاده شده باشند؟

گرچه نظریه‌های نجومی بوفون چنانکه بعد خواهیم دید خیلی به حقیقت نزدیک است، ولی در سال ۱۷۹۶ یعنی هشت سال پس از مرگ این دانشمند توسط ریاضی‌دان مشهور فرانسوی پی‌یر سیمون مارکی دو لاپلاس<sup>۲</sup> در کتاب «نمایش دستگاہ جهانی» مورد انتقاد شدید قرار گرفته است. انتقاد اصلی لاپلاس به نظریه‌های بوفون بیشتر متوجه این نکته بود که اگر چنین تصادمی اجرامی را از سطح خورشید به خارج پرتاب کرده باشد، لازم می‌آید مدار گردش این اجرام به دور خورشید به صورت بیضی طولی باشد، در صورتی که می‌دانیم مدارهای آنها غالباً مستدیر است.

۱ - Prof. Henry Norris Russel

۲ - Pierre Simon de Laplace

لاپلاس به جای «تئوری والدین» که توسط بوفون بیان گردید این تئوری را بیان می کند<sup>۱</sup> که خورشید منظومه سیارات خود را «شخصاً» به وجود آورده

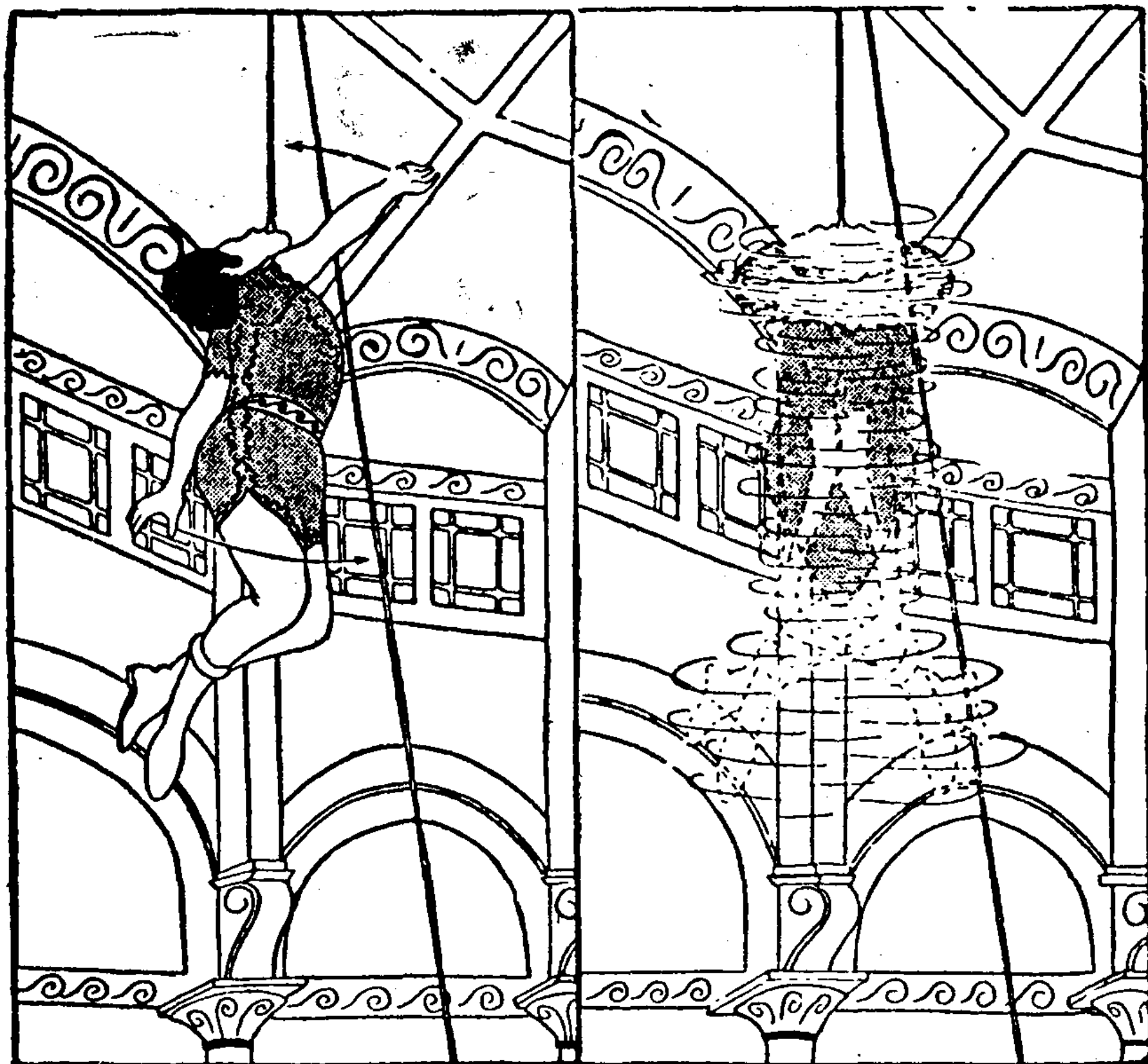


شکل ۲ - تصادم خورشید بایک ستاره عابر (به نظر بوفون)

است ، و این امر در نتیجه يك انفجار مدعشی صورت گرفته که قسمتی از جو خورشید را دورتر از آن یعنی در فاصله مدارات سیارات پرتاب کرده است. چنانکه می نویسد : این انفجار ممکن است تحت اثر عوامل مشابهی صورت گرفته باشد که در سال ۱۵۷۲ در صورت فلکی ذات الکرسی به وقوع پیوست و ماهها طول کشید .

۱- اصل این تئوری از امانوئل کانت (Immanuel Kant) است .

مقصود لاپلاس به زبان علمی جدید چنین می‌شود که تشکیل سیارات منظومه شمسی نتیجه این بوده که خورشید از زمان قدیم به صورت نوو (Nova) و سوپرنوا (Supernova)<sup>۱</sup> وجود داشته است.



شکل ۳ - گردش بطيء يك بندباز هنگامی که دستهای خودش را به بدن بچسباند سریعتر می‌گردد (تصویر از دگاس)

از آنجا که تئوری لاپلاس متضمن تصادم خورشید با ستاره دیگری نبوده تا بتواند منظومه شمسی را به گردش درآورد، لذا مجبور گردید چنین قبول کند که خورشید از آغاز وجودش همواره به دور خود گردش داشته و بخشی

۱- پدیده نووا و سوپرنوا عبارت از این است که نور اولیه ستاره‌ای بر اثر انفجار عظیمی یک میلیون برابر (در مورد نووا) یا حتی یک میلیارد برابر (در مورد سوپرنوا) شدیدتر گردد.

از این حرکت دورانی نیز به جو وسیعی که بر اثر انفجار خورشید به وجود آمده منتقل گردیده است . وقتی نیروی انفجار اولیه کاهش حاصل کرد این کره گازی عظیم حرارت خود را بر اثر تشعشع به فضای بین ستارگان داد و تدریجاً سرد و متراکم گردید .

واضح است که متراکم شدن هر جسم دواری سرعت زاویه‌ای آن را زیاد می‌کند . این پدیده را هنگامی که بند بازی در سیرك حرکتی دورانی انجام می‌دهد می‌توان مشاهده کرد . بدین معنی وقتی بند باز در انتهای طنابی حرکت دورانی بطیء انجام می‌دهد هنگامی که بازوان خود را جمع کند به يك دوک گردنده روشنی تبدیل می‌گردد (شکل ۳) .

این نیرنگ معروف یکی از قوانین اصلی مکانیک را نشان می‌دهد و آن قانون بقای گشتاور است<sup>۱</sup> گشتاور نتیجه حاصل ضرب سه عامل است . جرم جسم دوار ، سرعت خطی آن ، و فاصله‌اش از محور دوران . در مورد بند باز دوار گشتاور بازوهایش مثلاً چنانکه از روی سهم دیده می‌شود ، از حاصل ضرب جرم بازوان و طول آنها و سرعت دوران به دست می‌آید . وقتی بازوان بند باز به تنه او چسبانیده می‌شود ، چون فاصله‌اش از محور دوران کم می‌گردد ، لذا برای ثابت باقی ماندن گشتاور سرعت دوران باید افزایش یابد ، و از آنجا که بازوان جزئی از بدن می‌باشند و نمی‌توانند از آن منفک گردند ، لذا این افزایش سرعت باید به طور تساوی بین بازوان بند باز و تمام بدن وی تقسیم گردد تا به حدی که تمام بدنش سریع‌تر دوران کند<sup>۲</sup> .

اگر موضوع دوران بند باز را در مورد تئوری لاپلاس در نظر بگیریم ، عین همین جریان باید برای خورشید در حین متراکم شدن صورت گرفته باشد . چون خورشید دوار مانند بدن بند باز جامد نیست ، لذا ممکن است تصور شود که نیروی گریز از مرکز توانسته باشد حلقه‌هایی از ماده مشکله خورشید را از ناحیه استوایی برآمده‌اش جدا سازد . تشکیل چنین حلقه‌ای را می‌توان با آزمایش معمولی روغن معلق در مایع دیگر نشان داد . در این آزمایش کره بزرگی از روغن را در مایع دیگر معلق نگاه می‌دارند و به وسایل مخصوص مکانیکی آن را به حرکت دورانی درمی‌آورند .

- ۱- گشتاور عاملی را گویند که سبب حرکت دورانی می‌شود . - م .
- ۲- بنا بر این سرعت دوران بند باز هنگامی که جثه‌اش کوچک و بازوانش بسیار سنگین باشد ، افزایش بسیار حاصل خواهد کرد و چنانچه اشیای سنگینی در مشت بگیرد سرعت گردشش بازهم بیشتر می‌گردد .



لاپلاس معتقد بود که مادهٔ مشکلهٔ حلقه‌های جدا شده از خورشید با گذشت زمان به صورت کرات گازی مجزادرآمده و در مدارات دایره‌ای حرکت کرده و بدین طریق وضع کنونی منظومهٔ شمسی را به وجود آوردند. چنانکه به زودی خواهیم دید این نظریهٔ لاپلاس صحیح نیست. نفوذ این ریاضی‌دان بزرگ بود که سبب گردید «فرضیهٔ سحابی» تشکیل منظومهٔ شمسی بیش از یک قرن مقام ارجمندی در علم پیدا کند، در حالی که فرضیهٔ تصادم بوفون که مقدم بر آن بود غالباً به طور کامل به فراموشی سپرده شود.

لاپلاس در بیان فرضیهٔ سحابی خود را به این محدود ساخت که نظریاتش را به وضعی مردم پسند و با دارا بودن جنبهٔ توصیفی محض مورد بحث قرار دهد، و با این عمل تئوری خود را از دسترس تحلیل دقیق ریاضی به دور نگهدارد. ولی وقتی در طی قرن گذشته نظریاتش مورد موشکافی عده‌ای از دانشمندان علم هیئت و علمای فیزیک قرار گرفت، این نتیجه حاصل شد که اشکالات لاینحل بسیاری بر سر راه این مسئله وجود دارد. مهم‌ترین اشکال این است که دلیلی به نظر نمی‌رسد که انقباض خورشید دوار اولیه فقط چند حلقهٔ گازی ضخیم بالنسبه معدود به وجود آورد و این حلقه‌ها موجد سیارات منظومهٔ شمسی فرض شوند، بلکه آنچه حقیقتاً باید انتظار داشت این است که تعداد بسیار زیادتری حلقه‌های کوچک بر اثر انقباض خورشید به وجود آمده و سطح مدار آن‌را<sup>۲</sup> به وضعی یکنواخت اشغال کرده باشند. اما به فرض این که حلقه‌های تشکیل شده به همان تعدادی باشند که بیان گردید، تازه باید معلوم گردد چگونه هر حلقه‌ای توانسته به صورت جرم کروی مستقلی متراکم گردد.

جهز كلرك ماكس ول<sup>۳</sup> فیزیک‌دان مشهور انگلیسی در حین تحقیق ماهیت حلقه‌ای که به دور سیارهٔ زحل در گردش است، راجع به حلقه‌های گازی

---

۱- نام «فرضیهٔ سحابی» از شباهت غلطی گرفته شده که بین نظریهٔ لاپلاس در تشکیل منظومهٔ شمسی و شکل ظاهری سحابی مارپیچی وجود دارد. در عصر لاپلاس هنوز نمی‌دانستند که این سحابی‌ها نظیر کهکشان مجموعه‌ای از ستارگانند، بلکه آن‌ها را در مرحله‌ای فرض می‌کردند که یکی از نظایر آنها توانسته است منظومهٔ سیارات ما را تشکیل دهد.

۲- مدار نام سطحی است که سیارات یا صحیح‌تر گفته شود، زمین در آن گردش می‌کند.

۳- James Clerk - Maxwell

یا مایعی که به دور جرمی مرکزی دوران می کنند ، و همچنین دربارهٔ ثبوت وضع آنها به مطالعه پرداخت . نتیجهٔ مطالعاتش که در سال ۱۸۵۹ به چاپ رسیده چنین معلوم می دارد که این گونه حلقه‌ها در واقع وضع ناپایداری خواهند داشت ولی به جای آن که به شکل سیارات مجزا در آیند به صورت تعداد بسیاری اجرام کوچک تر درمی آیند که به وضعی مشابه درمداری حلقوی پخش می گردند . بر طبق محاسبهٔ ماکس ول ، حلقهٔ گازی که مثلاً لاپلاس برای تشکیل سیارهٔ مشتری فرض کرده باید به صورت قریب پنجاه جرم مجزا از هم در آمده باشد که در مدار کنونی مشتری پخش بوده و هیچگونه علایمی از اتحاد آنها به صورت يك جرم منفرد مشاهده نگردد . دو اشکالی که در بالا اشاره گردید می تواند چنین خلاصه گردد : تصور عاملی که قادر باشد تودهٔ گازی حجیمی را که به دور خورشید پراکنده بوده ، به صورت عدهٔ معدودی مراکز متراکم و مجزا از هم در آورده باشد بسیار مشکل است .

ولی اشکال اساسی تئوری لاپلاس هنگامی به چشم می خورد که بخواهند بدانند وضع حرکت انتقال حرکت دورانی خورشید به سیارات چگونه بوده است . آنچه از روی اطلاعات نجومی مربوط به حرکات سیارات و گردش خورشید به دور محور خود حاصل شده و به سهولت می تواند محاسبه گردد ، این است که گشتاور مشترك سیارات قریب چهل ونه برابر گشتاور خورشید است . وقتی به نظر بیاوریم که جرم مجموع سیارات فقط ۱۰۷۰۰ جرم خورشید است ، تصور این نکته تقریباً غیر ممکن می شود که چگونه حلقه‌هایی که با نیروی گرینز از مرکز خورشید جدا شدند توانستند از گشتاور کلی منظومهٔ شمسی چنین بخش خارق العاده‌ای نصیب ببرند .

### تئوری جزر و مد

شکست کامل تئوری لاپلاس سبب گردید که علم به نظریهٔ اولیهٔ بوفون یعنی نظریه‌ای که بر طبق آن به وجود «والدین» در تشکیل زمین معتقد بودند باز گردد ، و تئوری‌های پخته‌تری از اوایل قرن حاضر توسط سر جیمز هـ . جینز (Sir James H. Jeans) در انگلستان و تامس ت . چمبرلین (Thomas C. Chamberlin) و فورست ر . مولتون (Forest R. Moulton) در شیکاگو عنوان شود .

با وجود اینکه تئوری تولد سیارات با واسطهٔ جرم خارجی مورد قبول واقع شده ، معهداً نظریهٔ اولیهٔ بوفون مورد تفسیرهای جدیدی قرار گرفته

که در آنها نظریه تصادم مادی مستقیم را ترك گفته اند و به جای آن این نظریه ایراد شده است که در تشکیل سیارات نتیجه این بوده که ستاره‌ای به فاصله چند برابر قطر خورشید از مجاورش عبور کرده و بر اثر نیروی جاذبه سبب گشته که بزرگی در سطح خورشید ایجاد شود علت اصلی انتخاب نظریه جزر و مد به جای تصادم مستقیم این است که برخورد مستقیم دو ستاره احتمال کمتری از عبور نزدیک آنها دارد، بنابراین در تشکیل منظومه ما عبور ستاره‌ای از مجاورت خورشید به حقیقت نزدیک‌تر به نظر می‌رسد.

پدیده جزر و مد برای کسانی که مدتی در ساحل دریا وقت صرف کرده‌اند از امور عادی است. جزر و مد آب‌هایی که سطح زمین را می‌پوشاند عبارت از بالا و پایین رفتن متناوب آب اقیانوس است که تحت اثر مشترك ماه و خورشید صورت می‌گیرد (اثر ماه در جزر و مد بیشتر است زیرا به زمین نزدیک‌تر می‌باشد). علت جزر و مد در وهله اول نیروی جاذبه‌ای است که جرم سماوی مفروض به طور غیر یکنواخت در بخش‌های جرم سماوی مورد نظر ما اعمال می‌کند. چنین پدیده‌ای در شکل ۴ نشان داده شده است، در آنجا که بر طبق

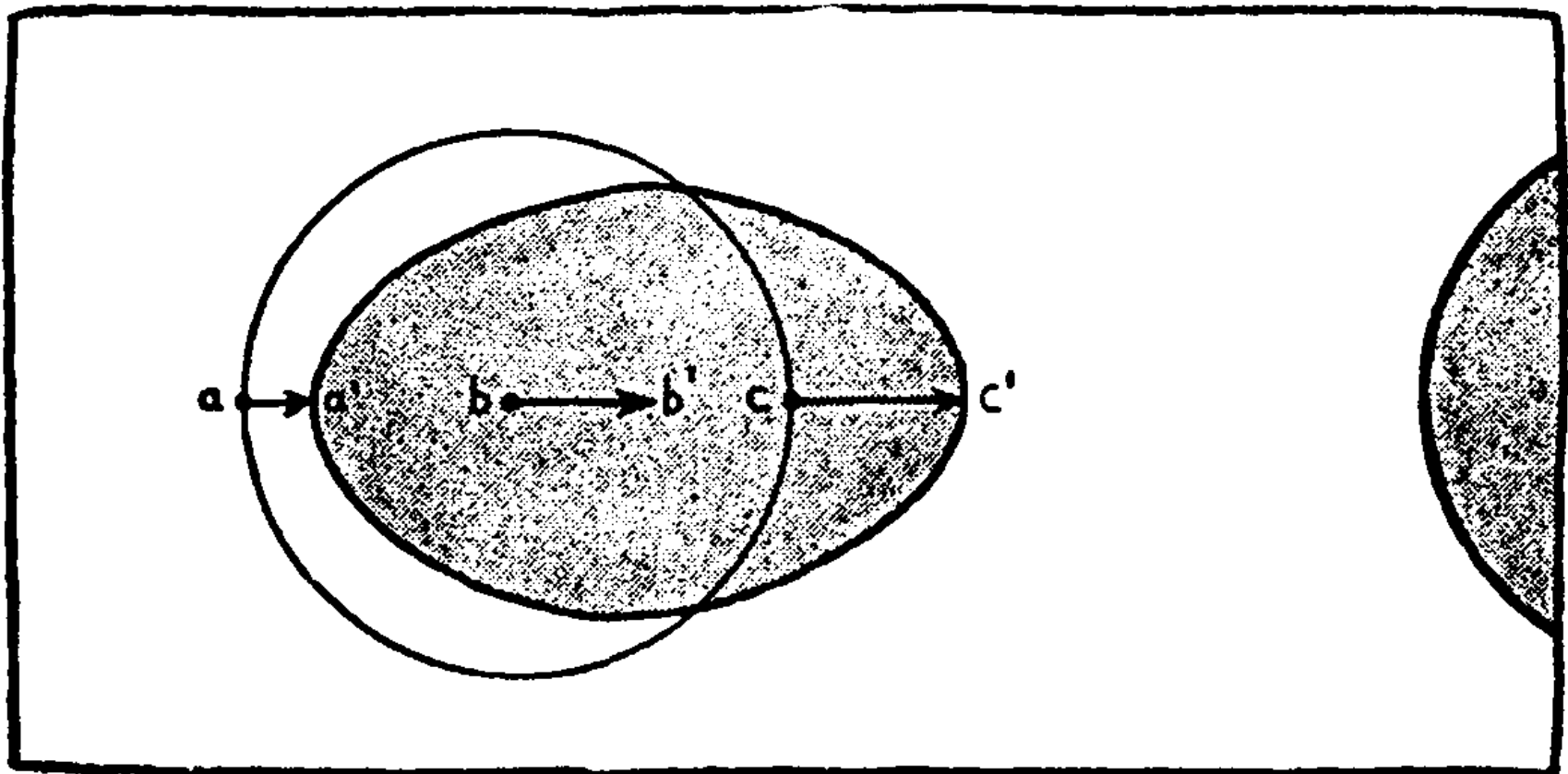
قانون نیوتون نیروی جاذبه به تناسب مربع فاصله دو جرم کاهش می‌یابد لذا بخشی از مواد مشکله کره که روبه روی جرم متعرض (c) قرار دارد از مواد مشکله مرکزی (b) با نیروی بیشتری جذب می‌گردد. بخش اخیر نیز به نوبه خود قویتر از بخش طرف مقابل (a) جذب می‌گردد. نتیجه اختلاف موجود در نیروهای جاذبه این می‌شود که جرم سماوی در جهت تأثیر آن نیروها طویل گردد و چنانچه قابلیت تغییر شکل داشته باشد به صورت بیضی درازی درآید. در مورد زمین نیروهای جزر و مد قویترین اثر خود را روی مایعی اعمال می‌کنند که سطح زمین می‌پوشاند و سبب می‌گردند دو موج عظیم در دو طرف مقابل به وجود آید. چنانکه بعداً خواهیم دید، قشر زمین نیز تغییر شکل مختصری حاصل می‌کند.

اگر جرم سماوی متعرض خیلی نزدیک زمین نباشد، مانند آنچه در مورد زمین و ماه ملاحظه می‌گردد، تغییر وضعی که حاصل می‌شود صورت قرینه خواهد داشت و ارتفاع هر دو موج بزرگ تقریباً برابر خواهد بود. اگر فاصله کم گردد، موج عظیم حاصل در سطح روبه روی ستاره متعرض ارتفاع زیادی پیدا خواهد کرد و ماده‌ای که خط الرأس موج را تشکیل

---

۱- احتمال این امر با مربع نزدیکترین فاصله دو ستاره متناسب است.

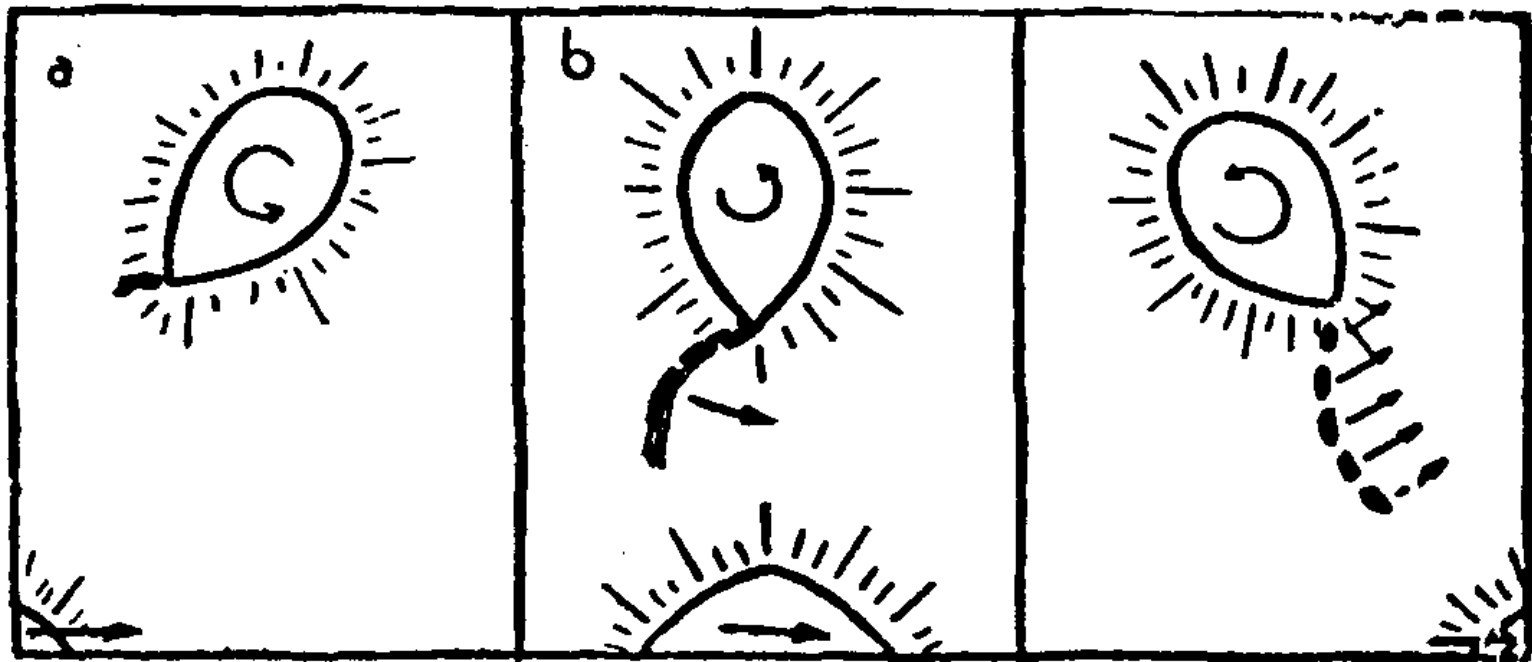
می‌دهد می‌تواند به کلی از آن جدا گردد و به طرف جرم سماوی متعرض در فضا حرکت کند . اما راجع به جزر و مد اقیانوسها ، چنانچه ماه اتفاقاً نزدیک زمین بیاید، این نتیجه حاصل می‌گردد که آب از رأس موج عظیمی جدا شود و مستقیماً به طرف ماه حرکت کند ! برطبق تئوری جزر و مد، وقتی جرم سماوی متعرض به نزدیکی سطح خورشید رسیده ، نظیر چنین سانحه‌ای به سرخورشید آمده و بخشی از مادهٔ مشکلهٔ آن جدا گردیده است . نتیجهٔ این حادثه به وجود آمدن موادی بوده که منشأ سیارات گردیده‌اند .



شکل ۴ - اثر نیروی جزر و مد بر جرمی که شکلش تغییر پذیرفته است

پدیدهٔ پرتاب شدن اجرام و تحقیق در این که وضع مادهٔ پرتاب شده چگونه به ساختمان مادی جرم سماوی مورد تعرض بستگی دارد ، مدیون مطالعات مشروح جینز است . اگر مادهٔ مشکلهٔ جرم سماوی تاحدی یکنواخت می‌بود ، در این صورت موج عظیمی که تحت اثر جرم متعرض برمی‌خاست، ابتدا نوعی برجستگی تشکیل می‌داد و سپس جدا می‌شد و چندین قطعهٔ بزرگ به وجود می‌آورد (شکل ۱۳) لیکن چنانکه می‌دانیم چون خورشید از گازهای قابل تراکم به وجود آمده ، وضع آن با آنچه بیان گردید تفاوت دارد . زیرا بخش درونی خورشید از نواحی بیرونی آن متراکم‌تر است و این تراکم به حدی است که وزن مخصوص مرکز خورشید نسبت به وزن مخصوص متوسط آن پنجاه برابر بیشتر است . جینز نشان داده که چنین تراکم فوق العاده‌ای جریان

امور را به طور کلی دگرگون می‌سازد ، بدین معنی که اثر ستاره متعرض در بخش قدامی موج عظیم حاصل ، مخروطی به وجود می‌آورد و سپس بر اثر سیر مواد مشکله مخروط به طرف جرم متعرض ، رشته‌ای گازی شکل تشکیل می‌گردد . این رشته گازی شکل بعداً به صورت قطعات مجزا از هم درمی‌آید . ضمناً چنانکه در شکل ۵ نشان داده شد ، می‌توان ملاحظه کرد که حرکت نسبی دو ستاره والدیه سیاراتی که از خرد شدن موج عظیم حاصل شده اند چگونه حرکت دورانی به دور خورشید داده است .



شکل ۵- خورشید رشته گازی از خود بیرون می‌فرستد که پس از گسیختن ، سیارات از آن به وجود می‌آیند (نظریه مدی،

تاکنون ابعاد احتمالی جرم متعرض و تغییراتی را که باید در این برخورد متحمل شده باشد در نظر نگرفته‌ایم . از آنجا که جرم متعرض بایستی به احتمال قوی ستاره‌ای با مشخصات خورشید بوده باشد لذا هنگام عبور از نزدیکی خورشید موج عظیمی نیز بایستی در سطح آن به وجود آمده باشد ولی رأس موج حاصل ، از آن جدا نشده بلکه پس از دور شدن دو ستاره مجدداً به عقب بازگشته است . کیفیت گسیختگی در حقیقت به قسمی به جرم دو ستاره بستگی دارد که موج عظیم حاصل در جرم کوچکتر زودتر جدا می‌شود .<sup>۱</sup>

چون در این برخورد چنانکه می‌دانیم خورشید گسیختگی حاصل کرده .

۱- اگر هر دو ستاره جرم مساوی داشتند دو موج عظیم حاصل در هر دوی آنها گسیخته می‌شد ولی چون احتمال چنین امری بسیار کم است لذا ممکن است به وقوع نپیوسته باشد.

بی شک این نتیجه به دست می آید که پدر منظومه سیارات ما از خورشید بزرگتر بوده است. از آن گذشته نمی توان احتمال داد که جرم سماوی متعرض توانسته باشد بخشی از اولاد حاصل را همراه خود برده باشد زیرا سرعت نسبی دو ستاره در حین برخورد خیلی بیشتر از آن بوده که بتواند چنین ربایش سماوی را مقدور سازد.

بنا بر این باید چنین نتیجه بگیریم که خورشید مادر، تمام کودکان خود را (شاید به استثنای عدّه معدودی که به علت داشتن سرعت زیاد به خارج از منظومه پرتاب شده اند) دربر گرفته است در حالی که ستاره پدر بدون آنکه خاطره ای از این برخورد مهم داشته باشد همچنان به راه خود ادامه داد، است.<sup>۱</sup>

چنان که دیده ایم هنگامی که ستاره پدر از نزدیکی خورشید عبور کرده، رشته گازی طویلی از آن جدا ساخته است. این رشته گازی شکل مانند آبی که از شیری خارج می گردد و به صورت قطرات مجزا در می آید، بایستی به چند کره گازی شکل تقسیم گردیده و هر یک به سیاره مستقلی تبدیل شده باشد. چون

---

۱- از اینکه جهت گردش خورشید و سیارات به دور محورشان یکی است و به علاوه در یک سطح انجام می گیرد می توان چنین نتیجه گرفت که همان برخورد اولیه منشأ منظومه شمسی باشد. گردش منظومه شمسی ممکن است چنین آغاز شده باشد که موج عظیمی در حین عبور ستاره متعرض در سطح خورشید به وجود آمده و در حین جدا شدن بر اثر اصطکاک به سطح خورشید فشار آورده باشد. آغاز گردش منظومه حتی ممکن است دیرتر یعنی هنگامی صورت گرفته باشد که ماده جدا شده از خورشید تحت اثر نیروی جاذبه ستاره متعرض به گردش درآمده و سپس مجدداً روی خورشید افتاده است.

**هارولد جفریز (Harold Jeffreys)** ژئوفیزیک دان انگلیسی پس از تحقیق کافی درباره موضوع به این نتیجه رسیده که هیچیک از دو عامل فوق نمی تواند خورشید را با سرعتی که اکنون دارد به گردش در آورد. به نظر وی برخورد دو ستاره نزدیکتر از آنچه در تئوری جزر و مد فرض شده باید صورت گرفته باشد و ستاره متعرض بایستی سطح خورشید را تراشیده و قطعاتی از آن جدا کرده باشد. اگر نتیجه هارولد جفریز صحیح باشد باید به صورت اولیه تئوری بوفون بازگشت کرد.

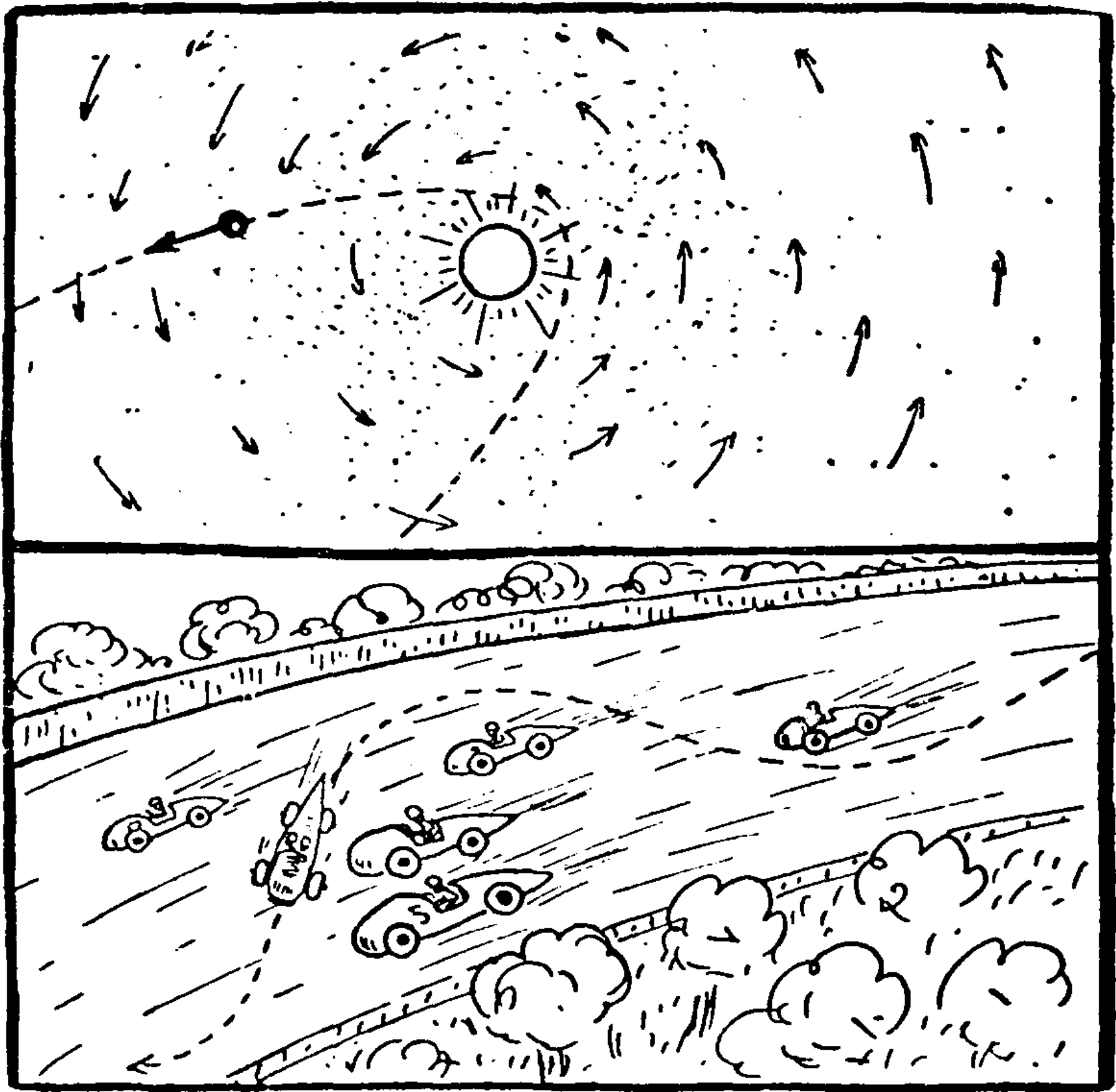
این قطعات ماده خورشیدی، از منبع اتمی که منشأ حرارت خورشید است دور مانده‌اند و در معرض برودت فضای لایتناهی قرار گرفته‌اند، نتوانسته‌اند مدت مدیدی به صورت کرات گازی سوزان درخشان باقی مانند سرد شدن سریع منجر به تراکم آنها شده و در نتیجه تراکم، به صورت مایع درآمده‌اند. از اختصاصات این مرحله محتملاً این بوده که مواد شیمیایی دارای ترکیب متفاوت از یکدیگر جدا گشته‌اند. جدا شدن این مواد درست به همان صورت انجام گرفته که آهن معمولاً در کوره‌های مرتفع از سنگ معدن جدامی گردد. بدین معنی که فلزات سنگین متوجه مرکز شده‌اند در حالی که سیلیکاتهای سبک در سطح جمع گشته و پس از سرد شدن بعدی، قشر سنگی کنونی کره زمین و سایر سیارات را تشکیل داده‌اند.

#### مدار سیارات چگونه مستدیر شده است

اگر به تئوری « برخورد » بوفون به عنوان این که صحیح‌ترین تئوری تشکیل منظومه سیارات است بازگردیم با این انتقاد اساسی که لاپلاس از نظریه بوفون کرده مواجه خواهیم شد: **ماده‌ای که تحت اثر ستاره متعرض از سطح خورشید جدا شده به چه دلیل در مسیری مستدیر حرکت می‌کند؟**

بی شک ماده جدا شده از چنین برخوردی بایستی در مدار بیضی شکل طویل حرکت کند (خواه این عمل بر اثر تصادم مستقیم صورت گرفته باشد خواه تحت اثر نیروی جزر و مد) و بعلاوه در هر حرکت انتقالی از نزدیکی محلی گذر کند که در آنجا از ستاره مبدأ جدا شده است. بنابراین اگر منشأ منظومه سیارات را ناشی از چنین برخوردی بدانیم مستدیر شدن مدار آنها بایستی قاعدتاً مدتی دیرتر صورت گرفته باشد.

ظاهراً تنها طریقی که ممکن است با آن چگونگی مستدیر شدن مدارات بیضوی اولیه سیارات را بیان کرد این است که قبول کنیم ماده گازی شکلی در طی دوران اولیه زندگی سیارات، به صورت لفاف نازکی و به وضعی یکنواخت در مسیر حرکت سیارات و به دور خورشید پخش بوده است. احتمال فراوان دارد که چنین لفاف گازی شکل در ادوار اولیه تکامل منظومه سیارات به دور خورشید موجود بوده باشد زیرا محتمل است که بخشی از ماده مشکله رشته گازی شکلی که تحت اثر جزر و مد ستاره متعرض در ابتدا از خورشید جدا شده



شکل ۶ : این شکر نشان می‌دهد که چرا سیارات باید مانند اتومبیلها از حرکت عمومی تبعیت کنند .

متراکم نگشته بلکه به صورتی تقریباً یکنواخت به دور خورشید باقی مانده باشد .<sup>۱</sup>

۱- چمبرلن و مولتن در نخستین تئوری خود این طور فرض کرده‌اند که چنین لفاقی ، حالت گازی نداشته بلکه به شکل ذرات کوچکی به نام « خرده سیارات » موجود بوده است. این ذرات کوچک بعداً به یکدیگر پیوسته و به صورت سیارات مجزا درآمده‌اند . باطل بودن فرضیه خرده سیارات زمانی مورد تأیید زمین‌شناسان بوده به وسیله جفریز به اثبات رسید. به نظر جفریز اگر چنین ذراتی ریز در آغاز وجود داشته‌اند تحت اثر حرارت حاصل از تصادم دایمشان بایکدیگر، بخار شده و به صورت گاز متشابهی درآمده‌اند.



واضح است که این جو گازی رقیق در همان جهت عمومی گردش سیارات به دور خورشید در گردش بوده است.

اگر مدار سیارات ابتدا دایره شکل بوده ، وجود این گازها حرکت آنها را دشوار می ساخته زیرا مسیر حرکت سیارات و گازها موازی بوده است. اما طویل بودن بیضی مدار سیارات باعث این شده که آنها بیشتر اوقات مسیر گازها را قطع کنند .

اگر راننده ای در مسابقه اتومبیل رانی دائماً از طرف خارج مسیر به داخل آن و بالعکس حرکت کند نتیجه ای که از حرکتش حاصل می شود درست همان خواهد بود که سیارات هنگام قطع مسیر گازها حاصل می کنند. سیارات در این نوع حرکتی که از میان فضای گازی شکل اطراف خورشید انجام می داده اند بایستی قاعدتاً با ذرات بسیار زیاد گازها تصادم کرده باشند . این اصطکاک ، سیارات را مجبور می ساخته مسیری را که در طی آن به مقاومت کمتری برخورد می کردند ، یعنی مدار دایره شکل را ، انتخاب نمایند .

لفاف گازی شکل اولیه که سبب گردیده مدار سیارات کوتاه شده و از بیضی به دایره تبدیل شود بایستی تدریجاً از بین رفته باشد . بخشی از آنها بایستی روی خورشید افتاده و باقیمانده به فضای بین ستارگان پرتاب شده باشد. آثار لفاف گازی شکل اولیه در حال حاضر نیز باقی مانده است و از پدیده نور منطقه البروجی ( تصویر ۲. ب) می توان به وجود آن پی برد . نور منطقه البروجی را در شبهای روشن بدون مهتاب بعد از غروب خورشید یا درست پیش از سپیده دم به صورت اشعه نورانی ضعیفی که متوجه بالای افق است در طول مدار خورشید می توان دید.<sup>۱</sup>

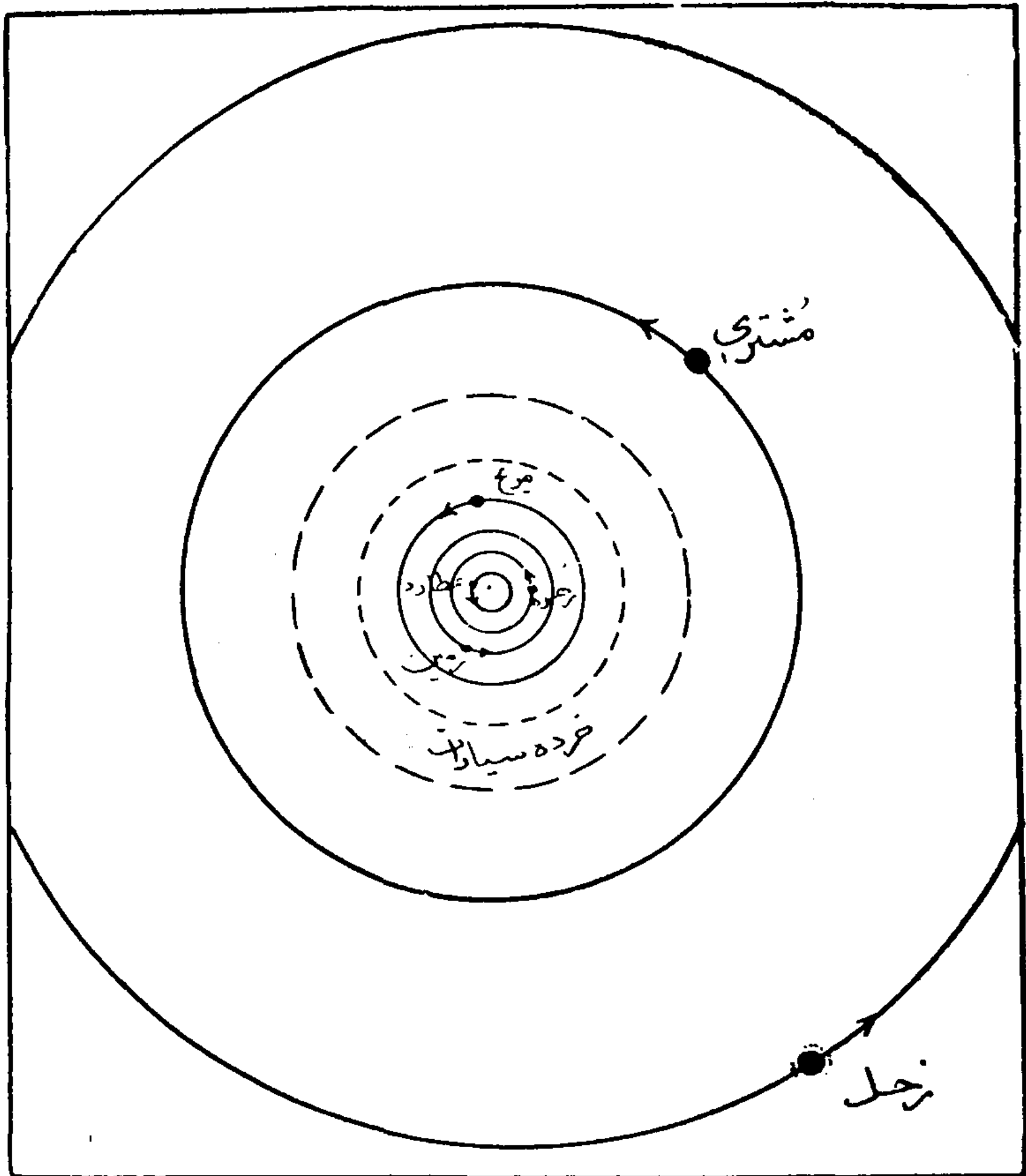
این نوار روشن که در تمام سطح افق گسترده شده ، حلقه کاملی تشکیل می دهد که يك بخش آن واقع در نقطه مقابل خورشید اندکی روشن تر است و به **کاونتر گلاو** موسوم است.<sup>۲</sup>

---

۱ - قریب شصت درصد نور آسمان (البته در شبهای بدون مهتاب) تحت اثر نور منطقه ای است .

۲ - پدیده کاونتر گلاو (Counter glow) بدین طریق توجیه می شود که ذرات واقع در این ناحیه پهلویی از خود را که کاملاً روشن تر است به ما نشان می دهند درست مانند ماه که وقتی به حالت بدر می افتد، در بخشی از فضا نقطه مقابل خورشید جا دارد .

تجزیه منظار الطیفی نور منطقه البروجی نشان می‌دهد که این نور مخصوص ، از انبوه ذرات بینهایت کوچک ( شبیه مولکولهای گازی مجزا از هم ) تشکیل یافته است .



شکل ۷ : منظومه سیارات و نمایش فاصله نسبی آنها از خورشید. اورانوس و نپتون و پلوتون به علت محدود بودن جادراین شکل نشان داده نشده است.

احتمال دارد این ذرات که نور خورشید را منعکس می‌کنند خیلی دورتر از مدار زمین یعنی در سطح مدار خورشید منتشر باشند . وزن مخصوص ماده

مشکله نور منطقه البروجی به قدری کم است که اگر همه آنها روی قریب دومیلیون کیلومتر مربع پهن می شدند و با فشار جو متر کم می گشتند لایه ای تشکیل می دادند که ضخامتش از يك سانتیمتر کمتر می شده است .

چون در حال حاضر وزن مخصوص این گاز کم است لذا نمی تواند در حرکت سیارات مؤثر واقع شود. اما چنانکه جفریز نشان داده وزن مخصوص آن در يك یا دومیلیارد سال پیش ، اقل چندین هزار برابر بیشتر بوده یعنی به اندازه ای بوده که می توانسته مانعی بر سر راه سیارات گردد و مسیر آنها را از بیضی به دایره تبدیل کند. از آن پس قسمت اعظم این ماده پراکنده گردیده و نور خفیفی که در شبهای مهتاب به چشم ما می رسد فقط خاطرۀ ضعیفی از تلاء گذشته آنها است.

### نوه های خورشید

توسعه خانوادۀ خورشید به نسل اول متوقف نگردید. زیرا چنانکه می دانیم تقریباً همه سیارات ما (به استثنای چند سیاره کوچک نظیر عطارد و زهره و پلوتو) يك یا چند ماه دارند که به وضع مشابهی به دور آنها در گردش اند و با چند استثنای معدود در همان جهت عمومی گردش خود سیارات به دور خورشید حرکت می کنند . به استثنای ماه ما که از آن جدا گانه صحبت خواهیم کرد جرم تمام ماهها نسبت به جرم سیاره اولیه شان بسیار کوچک است ( نسبت جرمشان از  $\frac{1}{4000}$  تا  $\frac{1}{160000000}$  است درست مانند جرم خود سیارات که در مقایسه با خورشید خیلی کوچکتر است . ( نسبت جرم از  $\frac{1}{17000}$  در مشتری تا  $\frac{1}{80000000}$  در عطارد متغیر است .)

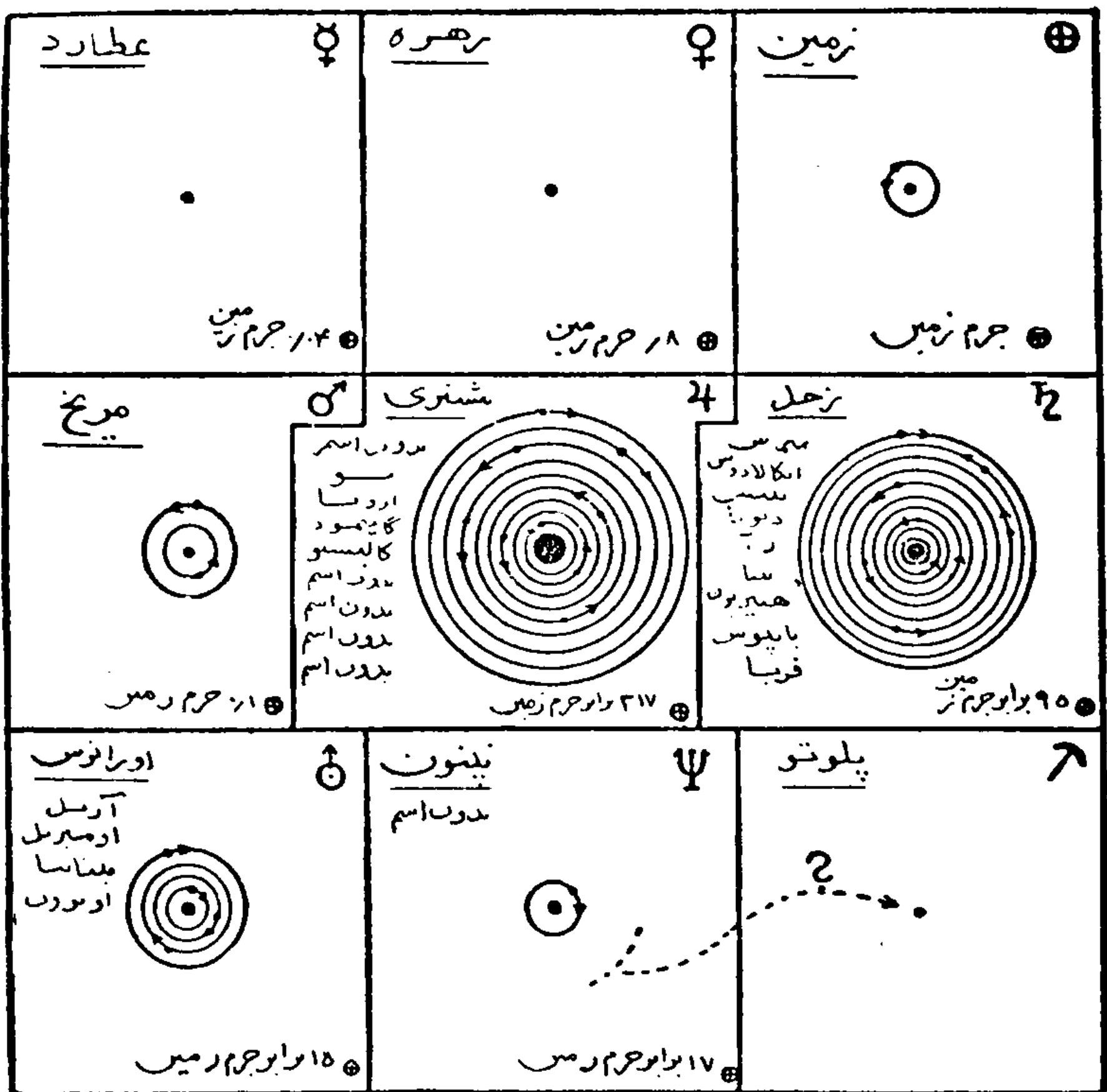
همه این حقایق دلیل قاطعی بر آنند که تشکیل ماههای سیارات ( به استثنای احتمالی ماهما ) بایستی به روشی صورت گرفته باشد که خود سیارات طی آن از خورشید مادر نتیجه شده اند . ولی در این مورد برای پیدا کردن جرمی سماوی که طی عمل جزر و مد خود اولاد نسل دوم را به وجود آورده نباید دور برویم . از اینکه خورشید (در حالی که این بار نقش خود را تغییر داده ) مانند پدری به تولید توده هاهمت گماشته ، در حقیقت نمی تواند شکی وجود داشته باشد. زیرا چنانکه دیده ایم سیارات در دوره های اولیه کودکی خود به حالت گاز بوده اند و مدار طویلی طی می کرده اند و در هر گردشی یکبار از

نزدیکی خورشید عبور می کرده اند . جرم عظیم خورشید عیناً شبیه وضعی که سبب تشکیل خود سیارات گردیده جزر و مد قوی در اجرام كوچك اولاد خود به وجود آورده و سبب گردیده که رشته های گازی شکلی از سطح آنها جدا شود اما برای درك جزئیات این امر که چگونه رشته های گازی شکل سوزان توانسته اند متراکم شده و به ماههای مجزا از هم تبدیل گردند با اشکالاتی مواجه می شویم . زیرا چنین به نظر می رسد که این گونه قطعات نسبتاً كوچك گازی، به جای آنکه تحت اثر نیروی جاذبه متقابل اجزای خود گرد هم جمع گردند، بایستی قاعدتاً در فضای اطراف پراکنده شده باشند .

معهدنا چنانکه جفریز خاطر نشان ساخته ممکن است همان گازی که زمانی تمام فضای بین سیارات را فرا گرفته بوده است اعمار جدیدالولاده را از چنین پراکندگی محفوظ داشته و توانسته باشد آنها را برای مدتی نسبتاً طولانی مجاور هم نگهدارد و منتج به تراکم آنها گردد . این اضافه گاز ، بایستی به همان طریقی که مدار خود سیارات را مستدیر کرده است سبب مستدیر شدن مدارات ماههای آنها نیز شده باشد .

گرچه محقق به نظر می رسد که روش مشروحه بالا منشأ غالب ماهها را به درستی بیان می کند معهدنا چند استثنای قابل توجه نیز ملاحظه می گردد . مقدم بر همه ماه خودمان است که فقط هشتاد و يك بار از زمین سبکتر است و بعید به نظر می رسد که با چنین جثه ای توانسته باشد مانند کودکی از این رشته گازی شکل جدا شود . چنانکه در فصل سوم خواهیم دید ماه در حقیقت در مرحله دیرتری از تکامل سیاره ما زاده شده و این عمل تحت اثر اتفاق بسیار نادری به وقوع پیوسته است .

يك نظر اجمالی به آلبوم خانوادگی منظومه سیارات ( شکل ۸ ) نشان می دهد که در جریان طبیعی تشکیل ماهها انحراف دیگری نیز موجود می باشد و آن وجود ماههایی است که در جهت « غلط » سیر می کنند . یعنی اینکه جهت حرکتشان مخالف جهتی است که کلیه سیارات و غالب ماهها در آن جهت حرکت می نمایند . وجود چنین ماههایی این فکر را به وجود می آورد که تشکیلشان نبایستی بروش « معمولی » صورت گرفته باشد . اگر تصور شود بعضی سیارات بزرگ نظیر مشتری و زحل توانسته اند اجرام کوچکی را که



شکل ۸: نمایش آلجوم خانوادگی سیارات و اطلاعاتی چند از اندازه نسبی آنها. اسامی اقمار به تناسب فاصله شان زیر اسامی سیارات مربوطه ذکر گردیده و جهت حرکتشان نیز با سهم هایی در مدارات مربوطه نشان داده شده است. ( شعاع مدارات با مقیاس متناسب ترسیم نشده است). در مورد اورانوس، خود سیاره و چند قمر آن در سطحی تقریباً عمود بر مدار حرکت می کنند. جرم هر سیاره ای نسبت به جرم زمین در گوشه تحتانی سمت راست نشان داده شده است.<sup>۱</sup>

۱- در این طرح دهمین و یازدهمین قمر مشتری که توسط دکتر نیکولسون در سال ۱۹۳۸ کشف گردیده نمایش داده نشده است.

تصادفاً از نزدیکی آنها عبور کرده‌اند جذب نمایند امر غیر ممکن به نظر می‌رسد. حتی ممکن است سیاره بزرگی ماه کوچکی از سیاره کوچک دیگری جذب کرده باشد. اینگونه فرزند خوانده‌ها الزاماً در جهتی که فرزندان قانونی گردش می‌کنند سیر نخواهند کرد و بعلاوه راه دیگری برای تشخیص آنها از یکدیگر وجود ندارد. در این مورد فرضیه‌ای از (لیتل‌تون R. A. Lyttleton) داریم که سیاره جدیداً کشف پلوتورا که دورتر از همه سیارات به دور خورشید می‌گردد ماه گمشده‌ای تصور می‌کند. بنا به تئوری لیتل‌تون سیاره نپتون زمانی دو ماه داشته که هر دو در جهت عمومی گردش می‌کرده‌اند. بدبختانه وضع مدارات آنها طوری بود که هر دو سیاره دائماً بر اثر نیروی جاذبه قوی مزاحم یکدیگر می‌شده‌اند. نتیجه مبارزه نیروهای جاذبه به تعیین سرنوشت آن دو پایان پذیرفته است. بدین معنی که یکی از ماههای نپتون از قلمرو آن جدا شده و به صورت سیاره مستقلی درآمده است. عکس‌العمل نیرویی که سیاره پلوتو از مدار اولیه‌اش خارج ساخته به قدری شدید بوده که ماه باقیمانده یعنی تریتون از آن پس در جهت مخالف به گردش درآمده است.

احتمال دارد در طی تاریخ منظومه شمسی از اینگونه اتفاقات یعنی خروج اجباری سیارات از مدارشان و ربایش اجرام سماوی، فراوان صورت گرفته باشد ولی آثار و علائم آنها به کلی از بین رفته است.

### خرده سیارات و حلقه زحل

مقایسه فواصل نسبی سیارات از خورشید شکافی بین مریخ و مشتری نشان می‌دهد. این شکاف بر فقدان سیاره کاملی در این ناحیه دلالت دارد.<sup>۱</sup> مشاهدات نجومی چنین معلوم می‌دارند که این شکاف «کاملاً خالی»

۱ - فواصل نسبی سیارات از خورشید به وسیله قانون بود تیتوس (Bode-Titius) که در سال ۱۷۷۲ از طریق آزمایش به دست آمده به دقت نشان داده شده است. این قانون را می‌توان چنین عنوان کرد: یک عدد چهار بنویسید. به چهار دوم عدد ۳ اضافه کنید به چهار سوم  $2 \times 3$  یعنی ۶ بیفزایید به چهار چهارم  $2 \times 6$  یعنی ۱۲ و به چهار پنجم  $2 \times 12$  یعنی ۲۴ و پس علیهذا اضافه کنید. نتیجه آن سری اعداد زیر می‌شود:

←

نیست بلکه به وسیلهٔ مقداری اجرام کوچکتر به نام خرده سیارات اشغال شده است. این خرده سیارات در طول مدار دایره شکلی در منطقه بین مریخ و مشتری حرکت می کنند. نخستین خرده سیاره که سیرس (Ceres) نام دارد، در نخستین شب قرن نوزدهم به وسیلهٔ ستاره شناس سیسیلی جیوسپ پیازی<sup>۲</sup> (Giusepp Piazzi) کشف گردیده است.

تعداد خرده سیاراتی که از آن تاریخ به بعد کشف گردیده، به ۲۰۰۰ بالغ می گردد. احتمال دارد فقط کوچکترین خرده سیارات از نظر بدور مانده باشند. گرچه بیشتر خرده سیارات در منطقه‌ای حرکت می کنند که تقریباً در نصف راه بین مریخ و مشتری واقع است معهداً بعضی از آنها از این حدود هم تجاوز کرده اند خرده سیاره اروس (Eros) هنگام عبور از نزدیکی خورشید، مدار مریخ را قطع می کند و فقط در فاصله ۲۶۰۰۰ تا ۲۲۰۰۰ کیلومتری زمین دیده می شود. از طرف دیگر هیدالگو (Hidalgo) که دورترین خرده سیارات است به نقطه‌ای خارج از مدار مشتری می رسد.

قطر بزرگترین خرده سیارات نظیر سمرس (Ceres) و پالاس (Pallas) و جونو (Juno) و وستا (Vesta) به چندین صد کیلومتر می رسد در صورتی که کوچکترین خرده سیارات مرئی به صورت «جبال متلاشی شده» می باشد

→

عطارد	زهره	زمین	مریخ	مشتری	زحل	اورانوس	نپتون
۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
۰	۳	۶	۱۲	۲۴	۴۸	۹۶	۱۹۲
۴	۷	۱۰	۱۶	۲۸	۵۲	۱۰۰	۱۹۶
۳۸۴	۳۸۴	۳۸۴	۳۸۴	۳۸۴	۳۸۴	۳۸۴	۳۸۴

فواصل فعلی سیارات از خورشید چنانچه فاصلهٔ زمین تا خورشید ۱۰ فرض شود چنین می شود:

۳۰۱ ۱۹۲ ۹۵ ۵۲ - ۱۵۲ ۱۰ ۷۲ ۳۵

چنانکه دیده می شود این قانون تقریباً قابل توجهی از فواصل سیارات به استثنای نپتون (و همچنین پلوتو) تا خورشید را به دست می دهد ولی جای پنجم خالی است و ممکن است به وسیلهٔ خرده سیارات اشغال شده باشد. فاصلهٔ متوسط آن در سری ۲۶۵ است که درست با طرح فوق مطابقت می کند.

هنوز هیچگونه تفسیر و توجیهی برای جدول بود در دست نیست و ممکن است چنین مطابقتی صرفاً تصادفی باشد.

که قطر آنها از ده کیلومتر متجاوز نیست . با وجود آن که تعداد خرده سیارات بالنسبه زیاد است معهداً جرم مجموع آنهايي که تاکنون شناخته شده از جرم زمین کوچکتر است وحتی اگر جرم کوچکترین افراد این خانواده را نیز که تاکنون کشف نشده اند به حساب آورند به این نتیجه می رسند که جرم مجموع این گروه از يك صدم جرم زمین تجاوز نمی کند .

اکنون در مقابل این پرسش قرار می گیریم : در ناحیه ای که ظاهراً باید محل سیاره مستقلى باشد چرا منجمین جز تعدادی قطعات کوچک اجرام سماوی چیز دیگری نمی بینند؟ بنظر می رسد قابل قبولترین جواب این سؤال چنین باشد : سیاره ای که قبلاً در طول این مدار حرکت می کرده متلاشی شده و به صورت قطعات متعددی در آمده است که در همان ناحیه فضا به حرکتشان ادامه می دهند.

مؤید این فرضیه مشاهده وضع خاص حرکت دسته جمعی خرده سیارات است که آغاز حرکتشان را از يك نقطه اولیه به نظر می آورد (اما بهترین دلیل «تئوری خورد شدن» در تشکیل خرده سیارات تجزیه شیمیایی آنهاست . اگر هزارها خرده سیاره ای که شناخته شده اند از متلاشی شدن يك سیاره نتیجه شده باشند ساختمان خرده هایي که از متلاشی شدن قسمت سطحی حاصل شده اند بایستی با ساختمان قطعات حاصل از انفجار داخلی تفاوت داشته باشند . از آنجا که در حین تشکیل سیاره ، مواد سنگین تر نظیر آهن متوجه نواحی مرکزی می گردند و مواد سبکتر مانند سیلیکاتها متوجه نواحی سطحی می شوند<sup>۱</sup> باید انتظار داشت که به تناسب منشأ این قطعات ، اختلاف ساختمان در آنها مشاهده شود .

تا وقتی برقراری ارتباط بین سیارات به وسیله ناوهای فشفشهای فقط صورت رؤیا دارد هیچگونه روش شیمیایی وجود ندارد که قادر باشد سنگهای مشکله خرده سیارات را تجزیه کند ولی خوشبختانه بعضی سنگها که ظاهراً از همان منشأ می باشد غالباً به صورت شهابهای ثاقب مستقیماً در دسترس ما قرار می گیرند ، به عبارت دیگر به سطح زمین می رسند .

پدیده مشهور سنگهای سماوی یا شهابهای ثاقب عموماً به وسیله اجرام

---

۱- چنانکه در فصل پنجم خواهیم دید جدا شدن مواد سنگین و سبک در مورد زمین آشکار شده است زیرا بخش مرکزی آن کلاً از آهن و سایر فلزات سنگین ساخته شده است .



سماوی نسبتاً کوچکی صورت می گیرد که با سرعت زیاد در فضای بین ستارگان حرکت می کنند و بر اثر اصطکاک شدید با جو زمین مشتعل می گردند . بسیاری از میهمانان کوچک که از فضا وارد می شوند قبل از رسیدن به زمین بکلی می سوزند و به صورت خاکستر نرمی به زمین می رسند ولی اجرام بزرگتر مستقیماً به سطح زمین می افتند و وقتی در دسترس ما قرار می گیرند در زمره مدارک دائمی موزه علوم طبیعی ما درمی آیند. تاکنون قریب هزار نمونه از شهابهای ثاقب جمع آوری شده که بزرگترین آنها ۳۵ تن وزن دارد و از خلیج ملویل (Melville) گرئندلند توسط دریا سالار رابرت پیسری (Robert. E. Peary) آورده شده است

شهاب ثاقب بزرگتری بایستی چندین صد سال پیش در شمال شرقی بیابان آریزونا (Arizona) افتاده باشد . حفره عظیمی که از سقوط آن حاصل شده در حال حاضر یکی از مهمترین عوامل جلب سیاحان به این نقطه دنیا است . این حفره مشهور قریب ۱۲۰۰ متر قطر دارد و دیواره حلقوی آن ۴۵ متر از دشت اطراف مرتفع تر است و شب تند آن تا کف حفره ۱۸۰ متر می شود .

از سوراخهای موجود در کف حفره چنین استنباط می گردد که شهاب ثاقب بر اثر تصادم موحشی به عمق چند صد متر فرو رفته است . گرچه سنگ سماوی عظیم در کف حفره دیده نمی شود ولی هزاران سنگ کوچک در شعاع هفت کیلومتری محل کشف گردیده است که مدلل می سازد جرم سماوی اولیه هنگام برخورد با زمین شکسته شده و به قطعات بسیار تقسیم گشته است . شهابهای ثاقب دیگری نیز بایستی در گذشته به سطح زمین افتاده باشد ولی این اجرام یا در اقیانوسها سقوط کرده اند یا آن که چون تصادم آنها در زمان بسیار دوری صورت گرفته حفره های حاصل از سقوط آنها تحت اثر آب و هوا به کلی پر شده است .

تنها فرض طبیعی که درباره منشأ این سنگها می توان کرد این است که اصل آنها با خرده سیارات یعنی برادران و خواهران بزرگترشان یکی است و قطعات متعددی را نشان می دهند که از متلاشی شدن جرم سماوی بزرگتری

---

۱ - حداقل سن این تشکیلات از روی درختانیکه در حاشیه حفره روئیده اند معین شده است . بسیاری از این درختان دست کم ششصد سال دارند .

نتیجه شده اند . شهابهای ثاقبی که در آزمایشگاههای مابسهولت تحت مطالعه قرار می گیرند در واقع دلیل مستقیمی بر این فرضیه می باشند. آنچه در وهله اول معلوم گردیده این است که شهابهای ثاقب مختلف ترکیب شیمیایی بسیار متفاوت دارند بعضی از آنها یعنی « سنگهای سماوی » شباهت تام به سنگهای سطح زمین دارند در حالی که قسمت اعظم سایر سنگها از آهن و فلزات سنگین تشکیل شده است . بیشک ساختمان متفاوت این سنگها دلیلی است بر این که سرو کار ماباطعات حاصل از اعماق مختلف جرم سماوی بزرگتری است. چون مواد داخل سیارات به کندی سرد می شوند لذا سنگهای سماوی آهن دار نیز باید با کندی بسیار متبلور شده باشند ولی در سنگهای سماوی علائمی دیده می شوند که از تبلور سریع آنها حکایت می کنند .

پیدا شدن الماسهای کوچک درون سنگهای سماوی آهن دار یکی دیگر از مطالب جالب توجه است. از آنجا که کربن فقط در فشار بسیار زیاد به صورت الماس متبلور می شود لذا فقط وقتی این ماده در سنگهای سماوی آهن دار پیدا می شود دلیل بارزی است بر اینکه انجماد آنها در اعماق پیکر سیاره بزرگی صورت گرفته است .»

بنابراین گرچه علت اصلی این حادثه را نمی دانیم معهذا باید چنین قبول کنیم که یکی از سیارات یعنی سیاره همسایه خارجی مریخ در منظومه ، مدتها پیش متلاشی شده و تعداد زیادی خرده سیاره به وجود آورده و عدد زیادی قطعات خیلی کوچک آن نیز در فضای اطراف نقطه وقوع حادثه ، پراکنده شده اند .

مثال دیگری که در حال حاضر از خرد شدن ماههای سیارات می توان آورد حلقه مشهور زحل است. مطالعه چنین ساختمان مخصوصی معلوم می دارد که حلقه مذکور از تعداد بسیار زیادی اجرام کوچک ساخته شده و در مدار دایره شکلی به دور زحل حرکت می کند . در این که ذرات مشکله حلقه ، قطعات يك ماه قدیمی زحل می باشند که تحت اثر نیروی جزر و مد متلاشی شده است اتفاق نظر موجود می باشد . وقوع این امر از زمانی بوده که ماه مورد بحث به سطح سیاره بسیار نزدیک شده است . گرچه در حال حاضر حلقه زحل تنها نمونه ای از نوع خود را نشان می دهد معهذا اگر ماههای سیارات دیگر به سطحشان نزدیک می شدند آنها نیز می توانستند چنین حلقه هایی را دارا گردند. خاصه ماه ماکه چنان که در فصل آینده این کتاب خواهیم دید در آتی

بسیار دوری باید خیلی به زمین نزدیک شود و تحت اثر نیروی جاذبه زمین به چنین سرنوشتی دچار شده و متلاشی گردد .

**آیا منظومه سیارات ما منحصر به فرد است؟**

چنان که می دانیم خورشید که موجد زمین و سایر سیارات ما است یکی از ناچیزترین بخش کهکشان ما یعنی راه شیری که از قریب چهل میلیارد ستاره مجزا به وجود آمده است . آیا ستاره دیگری نیز دارای منظومه سیارات است یا آن که منظومه ما در عالم منحصر به فرد می باشد ؟

با مشاهده مستقیم نمی توان به چنین سؤال جالبی پاسخ داد زیرا فاصله نزدیکترین ستاره ها از ما میلیون میلیون کیلومتر است . به علاوه سیارات که خود نوری به وجود نمی آورند در چنین فاصله های اساساً خارج از قدرت دید قویترین تلسکوپها قرار دارند . اما اگر چه قادر نیستیم این سؤال را مستقیماً پاسخ گوئیم ولی ممکن است از طریق دیگر به مقصود نایل گردیم و آن این است که تعداد احتمالی تصادمهای بین ستاره های کهکشان را از آغاز تشکیلشان محاسبه کنیم و از روی آن تعداد منظومه های سیارات را تخمین بزنیم .

سرعت متوسط حرکت ستارگان قریب ده کیلومتر در ثانیه است چنین به نظر می رسد که بین چند میلیارد ستاره ای که میلیاردها سال با بی نظمی در فضا حرکت می کنند تصادمهای فراوان رخ داده باشد ولی از روی محاسبه ساده ای می توان پی برد که این احتمال بهیچوجه صحیح نیست بلکه با وجود کثرت تعداد ستارگان و طولانی بودن عمرشان تصادم یا عبور نزدیک بین آنها بسیار به ندرت اتفاق افتاده است . دلیل این آمد و شد بی تصادف جهان ستارگان ، همانا پراکندگی بسیار منظومه ستارگان است زیرا فاصله متوسط ستارگان از ده میلیون برابر حد متوسط قطرشان متجاوز است اگر مقیاس مذکور را چنان کوچک کنیم که هر ستاره ای به ابعاد یک ماسه ( به قطر یک میلیمتر ) فرض شود در هر کیلومتر مکعب فقط یک دانه موجود می گردد . منظومه ستارگان ماسه مانند ، فضایی به قطر چندین صد کیلومتر را اشغال می کنند ، سرعت ستارگان ماسه مانند نیز ، به همان نسبت کاهش حاصل خواهد کرد و هر ذره ماسه سالیانه فقط مسافتی قریب ده میلیمتر طی خواهد نمود .

حتی اگر دو ستاره مجاور ، مستقیماً به طرف یکدیگر به حرکت در آیند پنجاه هزار سال طول خواهد کشید تا باهم تصادم کنند . اما چون حرکت ستارگان نامنظم است لذا احتمال تصادم خیلی کمتر خواهد شد . از آنجا که



دریاسالار بیرد (Admiral Byrd) زندگی می‌کنیم ، اصطلاح « زمین سخت » عملاً مترادف با فکر ثبات و دوام است . شاید در بدو امر چنین به نظر رسد که آنچه بر روی زمین به چشم ما آشناست ، مانند دریاها و خشکیها و کوهها و رودخانهها ، از آغاز خلقت وجود داشته است . اما ، درست بگوییم ، آنچه از تاریخ تحولات زمین نتیجه می‌شود این است که سطح زمین پیوسته در تغییر است و ممکن است قسمت بزرگی از خشکیهای آن به زیر آب فرو رود و خشکیهای دیگری که اکنون در زیر آب نهفته است بیرون آید . و نیز می‌دانیم که کوههای قدیمی به تدریج بر اثر باران شسته می‌شوند و از بین می‌روند و گاه گاه در نتیجه فعالیت‌هایی ، کوههای تازه‌ای تشکیل می‌گردند . ولی باز همه این تغییرات مربوط به قشر جامد کره زمین ما است .

اما درك این مطلب دشوار نیست که روزگاری چنین قشر سختی و نبود نداشته و زمین ما کره فروزانی از سنگهای گداخته بوده است . در حقیقت تحقیق در باره قسمت‌های درونی زمین نشان می‌دهد که هنوز قسمت اعظم این کره در حال گداختگی است « زمین سختی » که چنین با بی‌اعتنایی از آن صحبت می‌داریم قشر بالنسبه نازکی است که بر سطح اقیانوسی از خمیر گداخته قرار دارد . ساده‌ترین راه برای رسیدن باین نتیجه به یاد آوردن این نکته است که درجه حرارتی که در اعماق مختلف اندازه گرفته می‌شود در هر کیلومتری که در زمین پایین برویم تقریباً ۳۰ درجه زیاد می‌شود به قسمی که در عمیق‌ترین معدنهای زمین (معدن طلای رابینسون دپ (Robinson Deep) در جنوب آفریقا) دیوارها چنان داغ هستند که دستگاه تهویه مخصوصی به کار انداخته شده است تا از زنده کباب شدن کارگران معدن جلوگیری کند . با این سرعتی که درجه حرارت در داخل زمین بالا می‌رود باید فقط در عمق ۵۰ کیلومتری یعنی در کمتر از یکصد م فاصله سطح از مرکز زمین به درجه ذوب سنگها (بین ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه) برسد . تمام موادی که در پایین‌تر از این عمق هستند و بیشتر از ۹۷ درصد پیکر زمین را تشکیل می‌دهند باید کاملاً در حالت مذاب باشند .

واضح است که چنین وضعی نمی‌توانسته است همواره وجود داشته باشد و ما هم اکنون شاهد مرحله‌ای از سرد شدن تدریجی زمین هستیم که از روزی که زمین جسمی کاملاً مذاب بوده شروع شده است و به روزی که تا مرکز خود جسمی کاملاً جامد باشد ختم خواهد شد . تخمینی که از سرعت سرد شدن

و نمو قشر جامد زمین زده شده است نشان می‌دهد که این عمل سرد شدن بایستی از چند میلیارد سال پیش شروع شده باشد .

اگر سن سنگهای پوسته زمین را هم مورد مطالعه قرار دهیم به يك چنین عددی خواهیم رسید . هر چند به ظاهر سنگها تغییری نمی‌کنند تا جایی که اصطلاح «تغییر ناپذیر مانند سنگ» را به وجود آورده‌اند معه‌ذا بسیاری از آنها در خود نوعی ساعت طبیعی دارند که در چشم آزموده و ورزیده دانشمند زمین شناس معین می‌کند که از وقتی سنگ از حالت مذاب به حالت جامد گراییده و سخت شده است چه مدت می‌گذرد.

ساعتی که بدین طریق عمر زمین را نشان می‌دهد عبارت است از مقدار بسیار مختصری اورانیوم و توریوم که اغلب در سنگهای مختلف زمین اعم از سطحی و عمقی یافته می‌شود. اتمهای این عناصرها دستخوش يك تغییر تدریجی است و به مرور خاصیت رادیو آکتیو خود را از دست می‌دهد و سرانجام به يك عنصر پایدار به نام سرب تبدیل می‌شود.

برای تعیین سن سنگهایی که چنین عنصرهای رادیو آکتیو در بردارند کافی است مقدار سربی را که در طی قرون متمادی بر اثر نقصان خاصیت رادیو آکتیوی آنها جمع شده است اندازه بگیریم .

در واقع تا وقتی که جنس سنگ به حالت مذاب بوده آنچه در نتیجه تجزیه رادیو آکتیوی در آن به وجود می‌آمده دایماً در نتیجه اعمال پراکندگی (دیفوزیون) و جابجایی (کنوکسیون) از محل اصلی خود در جسم مذاب تغییر جا می‌داده است، اما از وقتی که حالت تحجر پیدا شده جمع شدن سرب در محل عنصرهای رادیو آکتیو آغاز گردیده و مقدار آن به طور دقیق ، مدت این عمل یعنی عمر سنگ را معین می‌کند، درست همانطور که جاسوس دشمن از روی تعداد شیشه‌های خالی آبجو که در میان درختان نخل دوجزیره اقیانوس آرام انداخته شده به مدت توقف پادگان نیروی دریایی در هر يك از آن دو جزیره می‌تواند پی‌ببرد .

مطالعه در مقدار سربی که به این نحو در سنگها جمع شده حقیقت بسیار مهمی را فاش ساخته است و آن این است که ظاهراً عمر هیچ سنگی از دو میلیارد سال تجاوز نمی‌کند. (قدیمی ترین سنگهایی که تا کنون شناخته شده است در کارلیای فنلاند (Karelia Finland) و در بلاک هیلز، دا کوتای شمالی

(Black Hills, South Dakota) است و عمرشان به يك ميليارد و چهارصد و شصت ميليون سال می رسد).

از این مطلب به این نتیجه می رسیم که تقریباً از دو ميليارد سال قبل پوسته سخت زمین از موادی که قبلاً بحال مذاب بوده شروع به تشکیل کرده است.

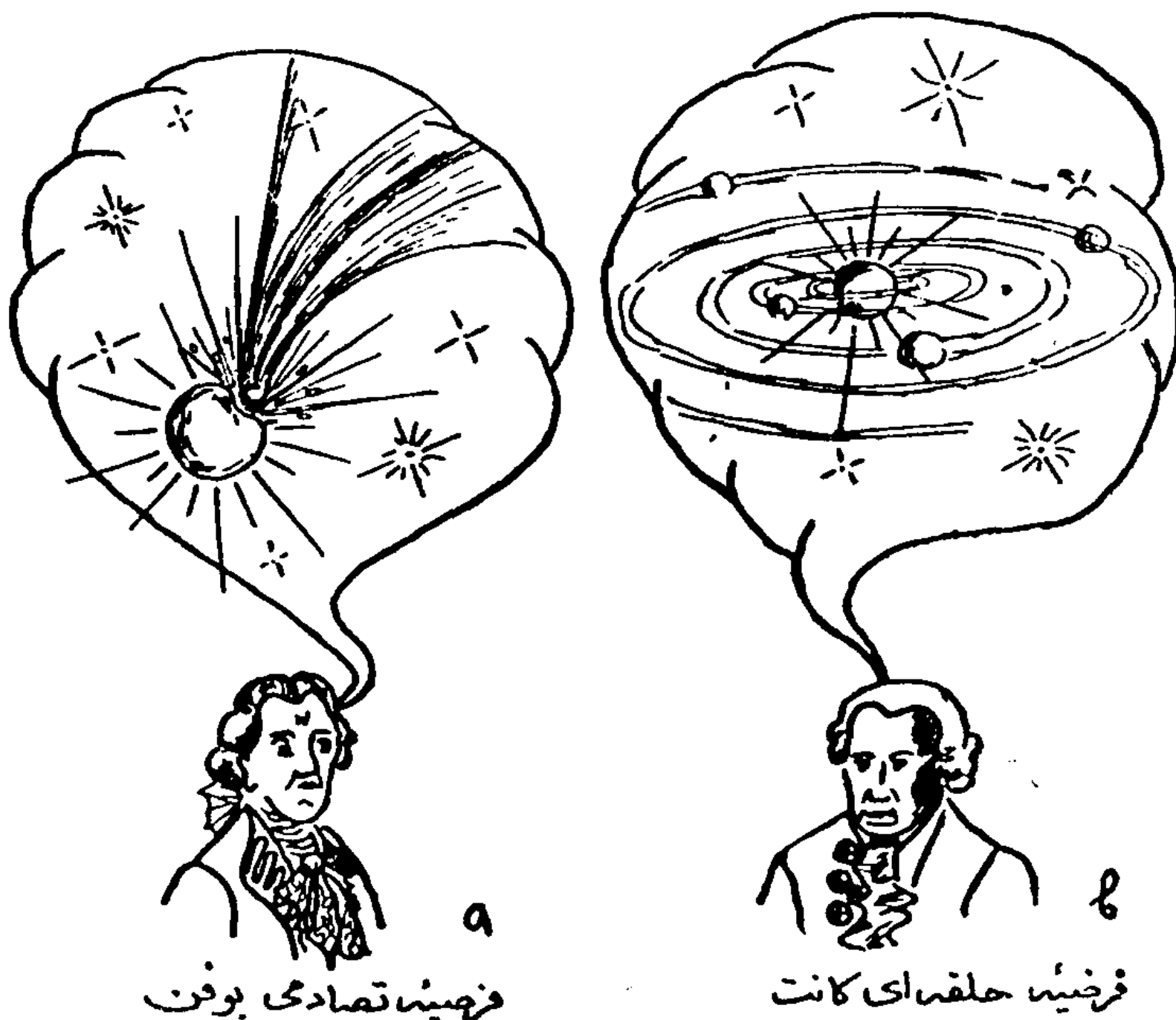
پس شکلی که از زمین دو ميليارد سال پیش در نظر مجسم می شود جسمی است کروی شکل مرکب از مواد مذاب که گرداگرد آن را قشر ضخیمی از جوّ هوا و بخار آب و شاید مواد گازی شکل بسیار فرار دیگر احاطه کرده باشد.

این توده سوزان مواد کیهانی چگونه به هستی آمده و چه نیروهایی در به وجود آمدن آن دست اندر کار بوده اند و مواد لازم برای ساختمان آن را چه کسی فراهم آورده است؟ این پرسشها که هم در مورد کره ما و هم در مورد هر سیاره دیگر منظومه شمسی ما پیش می آید پایه اصلی تئوری منشأ عالم (جهانشناسی) را تشکیل می دهد و معماهایی هستند که قرنهای فکر دانشمندان هیئت را بخود مشغول داشته اند.

نخستین کسی که تلاش کرد از راه علمی به این پرسشها پاسخ دهد بوفون دانشمند نامی فرانسوی بود که به سال ۱۷۴۹ میلادی (۱۱۲۸ هجری شمسی) در یکی از چهل و چهار کتاب تاریخ طبیعی خود به این کار پرداخت. در نظر بوفون پیدایش سیارات منظومه شمسی، نتیجه تصادم خورشید با ستاره دنباله داری بود که از نقاط بسیار دور دست جهان بی کران آمده بود. وی در خیال خود «ستاره دنباله دار نحسی» را مجسم کرد که با دم دراز درخشان خود با خورشید ما که در آن زمان تنها بود برخورد کرد و از جسم بسیار عظیم آن، قطره هایی چند جدا ساخت و در فضا رها کرد. و این «قطره ها» بر اثر قوه اصطکاک شروع کردند مانند فرفره به دور خود چرخیدن (شکل ۹ - a).

بیست تا سی سال بعد فیلسوف معروف آلمانی امانوئل کانت نظرهای دیگر درباره منشأ منظومه شمسی ما ابراز داشت. وی معتقد بود که دستگاه شمسی فقط به وسیله خود خورشید و بدون مداخله جرم آسمانی دیگری به وجود آمده است. کانت عقیده داشت که خورشید از آغاز توده بسیار عظیمی از گازهای بالنسبه سرد بود که تمام فضای منظومه کنونی خورشید را اشغال کرده و

به آرامی گرد محوری می گردیده است . چون این کره حرارت خود را بر اثر تشعشع به فضای خالی اطراف خود منتقل می کرده بایستی به تدریج و به طور مداوم از حرارتش کاسته شده و در نتیجه خود آن منقبض گردیده و سرعت حرکت دورانی افزایش یافته باشد . افزایش سرعت حرکت دورانی موجب ازدیاد قوه گریز از مرکز شده و این قوه باعث تسطیح در دو قطب کره خورشید گردیده و بعلاوه چند رشته حلقه گازی شکل از خورشید جدا ساخته و در صفحه استوایی آن انداخته است (شکل ۹ - b) . چگونگی تشکیل شدن چنین



شکل ۹ - دو مکتب خاص در جهان‌شناسی

حلقه‌هایی بر اثر حرکت دورانی در آزمایش پلاتو که در کلاسهای درس متداول است نشان داده می‌شود. در این آزمایش کره بزرگی از ماده روغنی (نه گازی مانند خورشید) در مایع دیگری که وزن مخصوصش با آن یکی است به حال تعلیق قرار می‌گیرد و با یک دستگاه مکانیکی با سرعت زیادی به حرکت دورانی در می‌آید و وقتی که سرعت دورانش از حد معینی بیشتر شد شروع می‌کند به حلقه‌های روغنی در اطراف خود تشکیل دادن .



فرض این بود که حلقه‌هایی که به این نحو تشکیل شده بودند بعداً در هم شکسته و متراکم گردیده و سیارات مختلفی را که گرد خورشید در گردشند به وجود آورده‌اند.

بعدها این نظریه‌ها را یک ریاضی‌دان بزرگ فرانسوی به نام لاپلاس پذیرفت و بسط داد و به سال ۱۷۹۶ میلادی در کتابی به نام «نمایش دستگاه جهان» در معرض مطالعه و در دسترس عموم قرار داد. با آنکه لاپلاس ریاضی‌دان بنامی بود هرگز در صدد برنیامد که برای فرضیه خود دلایل ریاضی اقامه کند بلکه فقط درباره چگونگی آن به نحوی تقریباً مردم‌پسند بحث کرد.

وقتی که در شصت سال بعد فیزیک‌دان انگلیسی کلارک ماکسول در صدد برآمد که موضوع را از جنبه ریاضی مطالعه کند نظریات کانت و لاپلاس درباره جهان‌شناسی چنان گرفتار ضد و نقیض شدند که ظاهراً غلبه بر آنها غیر ممکن بود. در واقع ثابت شد که اگر بر فرض مقدار ماده‌ای که امروز در سیارات مختلف منظومه شمسی جمع و متراکم است روزی به نحوی یکنواخت در سراسر این منظومه پراکنده بوده باشد مقدار آن به قدری کم و رقیق بوده که نیروی جاذبه مسلماً هیچگاه نمی‌توانسته قادر باشد که آنها را باهم جمع کند و با آنها سیاره‌ای تشکیل دهد. در این صورت حلقه‌هایی که از خورشید جدا می‌شده بایستی همیشه به شکل حلقه باقی بماند. مانند حلقه‌های زحل که تصور می‌رود از تعداد بیشماری ذرات کوچک تشکیل شده و بر روی مدار دایره‌ای شکلی به دور زحل می‌گردند و هیچ تمایلی به اینکه باهم جوش بخورند و ماهی مانند ماههای دیگر تشکیل دهند ندارند.

تنها مفری که باقی می‌ماند این بود که فرض شود در آن زمان آنچه خورشید را احاطه می‌کرد مقدار بیشتری (لااقل صدبار بیشتر) از آنچه اکنون ماده در سیارات است ماده در برداشته و قسمت اعظم ماده در خورشید فرو ریخته و فقط یک‌صدم آن به مصرف تشکیل سیارات رسیده باشد.

اما این فرض هم به تناقض مهم دیگری منتهی می‌شد و آن این بود که اگر در حقیقت چنان محیط مادی در اصل با سرعتی مساوی سرعت سیارات دوران می‌کرده و در حین دوران قسمت اعظم آن به خورشید فرو ریخته باشد بایستی به خورشید سرعت زاویه‌ای پنجهزار برابر سرعت زاویه‌ای کنونی آن بیخشد و در این صورت خورشید به جای آنکه چهار هفته یکبار چنانکه هست به دور محور بگردد بایستی ساعتی هفت بار به دور خود دوران کند.

چنان می نمود که این مطالعات فرضیه کانت و لاپلاس را محکوم به زوال ساخته است و چون چشم امید ستاره شناسان به جای دیگر معطوف شد بر اثر مساعی چمبرلن و مولتون دانشمندان امریکایی و سرجمز جینز عالم مشهور انگلیسی نظریه بوفون احیا گردید و مورد قبول یافت. البته باید گفت که نظریات بوفون بر اثر ترقیاتی که علم از زمان وی کرده بود به مقدار قابل ملاحظه ای تغییر کرده و «نو» شده بود. مثلاً این فکر که جرم آسمانی که با خورشید برخورد کرده بود ستاره ای دنباله دار بوده باشد از اعتبار افتاد به دلیل آنکه مسلم شده بود که جرم ستاره دنباله دار را اگر با ماه زمین هم مقایسه کنند بسیار کوچک و ناچیز است. پس این عقیده پیدا شد که جسم آسمانی که با خورشید اصطکاک کرده ستاره ثابتی بوده که اندازه و جرمی در حدود اندازه و جرم خورشید داشته است.

اما در نظریه احیا شده «تصادم» هم که تنها گریز گاه از اشکالات اساسی فرضیه کانت و لاپلاس بود ظاهراً اشکالاتی بود و نمی شد فهمید که اگر سیارات پاره هایی بودند که به عنف و در نتیجه ضربت تصادم از خورشید جدا شده بودند چرا به جای آن که روی مدارهای بیضی شکل کشیده حرکت کنند بر روی مدارهایی تقریباً مستدیر سیر می کنند؟

به منظور این که برای این وضع محتملی پیدا شود لازم بود فرض شود که در آن زمان که سیارات بر اثر برخورد ستاره راه گذر با خورشید به وجود آمدند گرداگرد خورشید قشری از گاز بوده که حرکت دورانی متشابه داشته و این محیط به تبدیل مدار سیارات که در اصل شکلی کشیده داشت به دایره کمک کرده است. چون تا جایی که اطلاع داریم در حال حاضر چنین ملائمی در ناحیه ای از جهان که در تصرف سیارات است وجود ندارد، فرض می شد که این ملاء به تدریج در فضای بین ستارگان پراکنده و منتشر شده است و نور ضعیفی که «روشنایی منطقه البروجی» نام دارد و امروز از خورشید شروع می شود و در صفحه دایره البروج منتشر می گردد تنها یادگاری است که از مفاخر گذشته به جا مانده است. اما این فرضیه که در حقیقت جمع بین نظریه کانت و لاپلاس، حاکی از این که در اصل يك قشر گازی بر خورشید محیط بوده است و فرضیه تصادم بوفون بود، به هیچوجه رضایت بخش نبود. ولی چون بنا به مثل معروف «همیشه بین دو بلا باید کوچکتر را انتخاب کرد» فرضیه بوفون که تشکیل منظومه شمسی را معلول تصادم خورشید با جرم آسمانی دیگری می دانست صحیح شناخته شده و پذیرفته گردیده بود و تا این اواخر در

کتابها و رساله‌های علمی و کتابهای ادبی (از جمله در کتابهای «پیدایش و مرگ خورشید» و «بیوگرافی زمین» که اولی به سال ۱۹۴۰ و دومی در سال ۱۹۴۱ از نگارنده نوشته شده است) به آن استناد می‌شد.

فقط در پاییز سال ۱۹۴۳ (۱۳۲۲ شمسی هجری) بود که فیزیک‌دان جوان آلمانی وایتسکر گره این مشکل فرضیه سیارات را گشود و با جمع‌آوری پژوهش‌های جدید فیزیک نجومی توانست ثابت کند که به آسانی می‌توان همه ایراداتی را که به فرضیه کانت و لاپلاس وارد شده است رفع کرد و بر مبنای آن تئوری مشروحی در باره اصل منشأ سیارات وضع کرد که بسیاری از خصوصیات دستگاه سیارات را که تا آن زمان هیچ فرضیه‌ای به توضیح آنها موفق نشده بود روشن سازد.

نکته اساسی کار وایتسکر مبتنی بر این حقیقت است که در بیست سال اخیر علمای فیزیک نجومی کاملاً در مورد ساختمان شیمیایی ماده جهان تغییر عقیده داده‌اند. سابقاً به‌طور کلی تصور می‌شد که عنصرهای شیمیایی همان نسبت ترکیبی را که در ساختمان زمین به آن پی برده‌ایم در ساختمان خورشید و همه ثوابت دیگر هم دارند و تجزیه‌های شیمیایی که در رشته زمین‌شناسی انجام شده نشان داده است که قسمت اصلی جرم زمین تشکیل شده است از اکسیژن (به شکل اکسیدهای مختلف) و سیلیس و آهن و مقدار کمتری عنصرهای سنگین‌تر گازهای سبک از قبیل نئیدروژن و هلیوم (و گازهای معروف به «کمیاب» از قبیل نئون و آرگون) به مقدار خیلی کم در روی زمین وجود دارد.<sup>۱</sup>

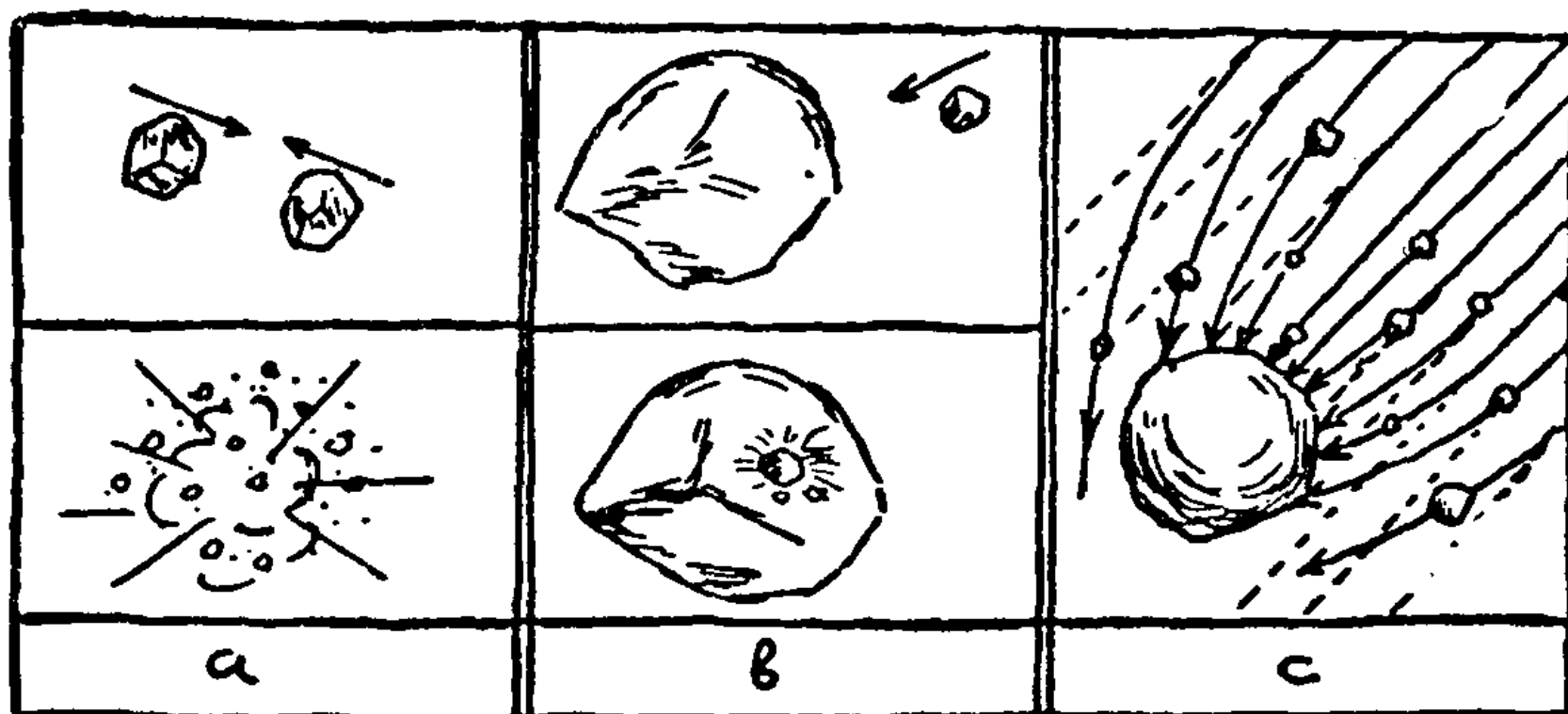
چون هیچگونه قرینه و دلیل مقنعی در دست نبود، ستاره‌شناسان می‌پنداشتند که این گازها در خورشید و ثوابت دیگر هم وجود دارد. اما مطالعات نظری مشروحی که درباره ساختمان ستارگان به عمل آمد شترومگرن (B-Stromgren) ستاره‌شناس دانمارکی را معتقد ساخت که این پندار به یکباره نادرست است و باید لااقل سی و پنج درصد از آنچه در ساختمان خورشید ما وجود دارد نئیدروژن خالص باشد. بعدها این تخمین تا بیش از پنجاه درصد ترقی کرد و نیز معلوم شد که قسمت بزرگی از مواد تشکیل‌دهنده خورشید هلیوم خالص است. هم مطالعات نظری که درباره ساختمان داخل خورشید انجام شده (و اخیراً با کارهای شوارتس شیلد M. Schwartz Schild

---

۱- قسمت اعظم نئیدروژنی که در روی زمین است به صورت ترکیب با اکسیژن در آب وجود دارد. اما همه کس می‌داند با آنکه آب سه ربع زمین را دربر گرفته است همه آبی که در سطح زمین است به نسبت جرم کره زمین بسیار کم است.

به حد اعلی رسیده است ) و هم تجزیه‌های دقیق با طیف‌نما که از قسمت سطحی آن به عمل آمده به این نتیجه بسیار جالب رسیده است که فقط یک‌صدم جرم خورشید از عنصرهای معمولی شیمیایی که در ساختمان زمین وجود دارد تشکیل شده تقریباً تمام بقیه آن ئیدروژن و هلیوم است و مقدار ئیدروژن اندکی زیادتر است. به نظر می‌رسد که ساختمان ثوابت دیگر نیز بدین گونه باشد.

به علاوه امروز معلوم شده است که فضای بین ستارگان کاملاً خالی نیست و مخلوطی از گاز و غبار بسیار رقیقی آن را پر کرده است و غلظت متوسط آن در حدود ربع میلی‌گرم در یک میلیارد متر مکعب فضا است و به نظر می‌رسد ترکیب این ماده پراکنده فوق‌العاده رقیق از نوع همان ترکیب خورشید باشد.



**شکل ۱۰ - تشکیل قطعات بزرگ مواد خاکی از تصادم بین ذرات غباری**  
 با این که این ماده تا این حد باورنکردنی رقیق است. اثبات وجود آن در فضای بین ستارگان کاری است آسان به دلیل آن که نوری که از ستاره‌های دور دست به ما می‌رسد و پیش از ورود در تلسکوپ‌های ما، صدها هزار سال نوری را در میان این ماده رقیق طی طریق می‌کند، به مقدار قابل ملاحظه‌ای در این ماده جذب می‌شود. شدت و وضع این «خطوط جذب ستارگان» به ما مجال آن می‌دهد که از عظمت این ماده پراکنده تصور دقیقی در مغز خود جا دهیم و نیز ثابت می‌کند که عنصر اصلی تشکیل دهنده آن ئیدروژن است و شاید هلیوم هم باشد. در حقیقت ذرات کوچک غباری که از مواد مختلف موجود در زمین ترکیب شده‌اند (و قطر هر یک از آنها در حدود یک هزارم میلیمتر است) بیش از یک درصد کل ماده رقیق بین ستارگان را تشکیل نمی‌دهد.

چون به فکر اصلی و مبنای تئوری وایتسکر<sup>۴</sup> باز گردیم می توانیم گفت که اطلاعات جدیدی که از ساختمان شیمیایی ماده جهان به دست آمده است مؤید فرضیه کانت و لاپلاس است.

در حقیقت اگر در آغاز لفافه گازی خورشید از چنین ماده ای تشکیل بوده است فقط ممکن است جزء کوچکی از آن که عبارت از عنصرهای سنگین خاکی بوده برای ساختمان زمین ما و سیارات دیگر به کار رفته باشد. بقیه آن که عبارت از گازهای تراکم ناپذیر ئیدروژن و هلیوم بوده باید به نحوی جا به جا گردیده یعنی در خورشید فرو ریخته و یا در فضای بین ستارگان پراکنده شده باشد. اما شق اول یعنی فرو ریختن در خورشید که هم چنان که دیدیم منجر به دادن يك سرعت حرکت دورانی بیرون از اندازه به خورشید می شده مردود است و ما باید به ناچار شق دوم را بپذیریم یعنی قبول کنیم که به مجرد این که سیارات از عنصرهای خاکی ماده مذکور تشکیل شدند «مازاد» آن در فضای بین ستارگان پراکنده شده است.

از آن چه گفتیم تصویری به این شرح از آفرینش سیارات در ذهن ما تشکیل می شود: وقتی که از تراکم ماده بین ستارگان خورشید ما به وجود آمد (رجوع کنید به قسمت بعد) جزء بزرگی از آن که شاید صد برابر جرم مرکب کنونی همه سیارات بوده و در خارج آن باقی ماند و به صورت لفافه عظیمی گرداگرد آن به حرکت درآمد (دلیل چنین وضعی را می توان به آسانی در اختلاف حالت دورانی اجزای مختلف گاز فضای بین ستارگان که در اطراف خورشید نخستین در حال تراکم بوده، یافت). این لفافه را که به سرعت در حال دوران بود باید متشکل دانست از مقدار زیادی گازهای تراکم ناپذیر (مانند ئیدروژن و هلیوم و اندکی گازهای دیگر) و ذرات غبار مواد خاکی دیگر (از قبیل اکسید آهن - ترکیبات سیلیس - قطره های بسیار کوچکی آب و بلورهای یخ) که در درون گاز موج می زدند و با حرکت دورانی آن کشیده می شدند. بایستی این ذرات غبار بایکدیگر تصادم کرده و با هم شده و اجسام بزرگتری تشکیل داده باشند و از تجمع این اجسام بزرگتر رفته رفته آن چه که ما امروز سیارات می نامیم به وجود آمده باشند. در شکل ۱۰ ما نتایج اینگونه تصادفات را که شاید با سرعتی در حدود سرعت حرکت شهابها وقوع یافته باشند نمایش می دهیم.

بر مبنای دلایل منطقی باید به این نتیجه رسید که اگر دو ذره که دارای جرمهای تقریباً متساوی باشند با چنین سرعت شگرفی به یکدیگر برخورد

کنند باید متلاشی شوند و از میان بروند (ش ۱۰-a) و این وضع نه تنها موجب رشد ماده و تشکیل جسم بزرگتری نمی‌شود بلکه جسمهای کوچکتر (ذرات) را هم از میان می‌برد. اما اگر ذره کوچکتری با ذره بزرگتری تصادم کنند (ش ۱۰-b) مسلم به نظر می‌رسد که در آن فرو رود و مدفون شود و در نتیجه به تشکیل جرم بزرگتری کمک کند.

واضح است که چنین وضعی به اضمحلال تدریجی ذرات کوچکتر و گرد آمدن آنها به دور یکدیگر برای تشکیل جرمهای بزرگتر منتهی می‌گردد. مرحله آخر یعنی عمل تشکیل جرمهای بزرگتر از راه دیگر هم تسریع می‌شود و آن این است که ذرات بزرگتر بر اثر نیروی جاذبه، ذرات کوچکتری را که از نزدیک آنها بگذرد به سوی خود خواهند کشید و بدین وسیله بر جرم خود خواهند افزود. این امر در شکل (۱۰-c) نموده شده و مجسم گردیده است که خاصیت به دام انداختن و اسیر کردن جرمهای بزرگ به سرعت ترقی می‌کند.

**وایتسکر** توانست نشان بدهد که ذرات غبار رقیقی که در آغاز در تمام فضایی که امروز در اشغال سیارات است پراکنده بوده است، در حدود مدتی نزدیک به یکصد میلیون سال با هم جمع شده و سیارات معدودی را که می‌شناسیم به وجود آورده‌اند.

در تمام طول مدتی که سیارات ضمن حرکت به دور خورشید به وسیله جذب ذرات مادی کیهانی دیگری به نموطبیعی خود ادامه می‌داده‌اند، بایستی در نتیجه بمباران دائمی ذرات تازه‌ای که پیوسته بر حجم آنها می‌افزودند خیلی گرم بوده باشند. اما به مجرد این که ذخیره ذرات مادی کوچک و بزرگ به پایان رسید و عمل نمو سیارات متوقف شد قشر خارجی این اجرام سماوی نوزاد در نتیجه تشعشع در فضای بین ستارگان مقدار معتنا بهی از حرارت خود را از دست داده و در نتیجه به سردی گراییده و پوسته سختی به وجود آورده است و این قشر سخت پوسته در نتیجه سرد شدن روز افزون قسمتهای درونی سیارات پیوسته در حال توسعه است.

نکته مهم دیگری که باید در هر تئوری مربوط به آفرینش سیارات مورد توجه قرار داد و توضیح و تشریح کرد، قانون عجیبی است به نام **تیمتوس** و بود در جدول ذیل این فواصل برای ۹ سیاره منظومه شمسی و کمربند سیارات صغار (خرده سیارات) نشان داده شده است. سیارات صغار ظاهراً نماینده یک وضع استثنایی هستند که در اطراف آن قطعات مجزا نتوانسته‌اند بایکدیگر جمع شوند و قطعه واحد بزرگتری به وجود آورند.

نسبت فاصله هر سیاره از خورشید به فاصله خورشید از سیاره‌ای که نامش بالای نام آن سیاره نوشته شده است .	فاصله سیاره از خورشید در صورتی که فاصله زمین از آن واحد فرض شود .	نام سیاره
	۰٫۳۸۷	عطارد
۱٫۸۶	۰٫۷۲۳	زهره (ناهید)
۱٫۳۸	۱٫۰۰۰	زمین
۱٫۵۲	۱٫۵۲۴	مریخ (بهرام)
		سیارات صغار در حدود
۱٫۷۷	۲٫۷	مشتری (کیوان)
۱٫۹۲	۵٫۲۰۳	زحل (برجیس)
۱٫۸۳	۹٫۵۳۹	اورانوس
۲٫۰۰۱	۱۹٫۹۱	نپتون
۱٫۵۶	۳۰٫۰۷	پلوتن
۱٫۳۱	۳۹٫۵۲	

ارقام ستون آخر این جدول شایان توجه خاص است. با وجود بعضی تغییرات واضح است هیچ‌یک از عددهای این ستون از ۲ زیاددور نیست و در نتیجه می‌توان این قانون تقریبی را بیان کرد: شعاع مدار هر سیاره تقریباً دو برابر شعاع مدار سیاره مجاور آن است که به خورشید نزدیکتر باشد. جالب دقت است که قانونی شبیه به این قانون در مورد ماههای يك سیاره وجود دارد و نمونه آن جدول ذیل است که در فواصل ماههای نه گانه زحل بحث می‌کند.

نام ماه	فاصله بر حسب شعاع زحل	نسبت ترقی فواصل ماهها
میماس	۳۱۱	—
انسلا دوس	۳۹۹	۱۲۸
تتیس	۴۹۴	۱۲۴
دیون	۶۳۳	۱۲۸
رئا	۸۸۴	۱۳۹
تیتان	۱۰۴۸	۲۳۱
هیپیون	۲۴۸۲	۱۲۱
ژاپتوس	۵۹۶۸	۲۴۰
فوبه	۲۱۶۸	۳۶۳

در اینجاست ما ندمورد سیارات به بعضی انحرافهای بزرگ برمی خوریم (مخصوصاً در مورد فوبه) اما باز هم توجه می کنیم که تقریباً جای شك نیست که در هر دو تمایلی نسبت به يك نوع نظم خاص مشاهده می شود .

چگونه توضیح دهیم که چرا عمل تجمع که در برابر غبار اصلی که گرداگرد خورشید بود، روی دادمنجر به تشکیل فقط يك سیاره بزرگ نشد، و چرا سیارات متعدد با این فاصله های معین از خورشید به وجود آمدند ؟

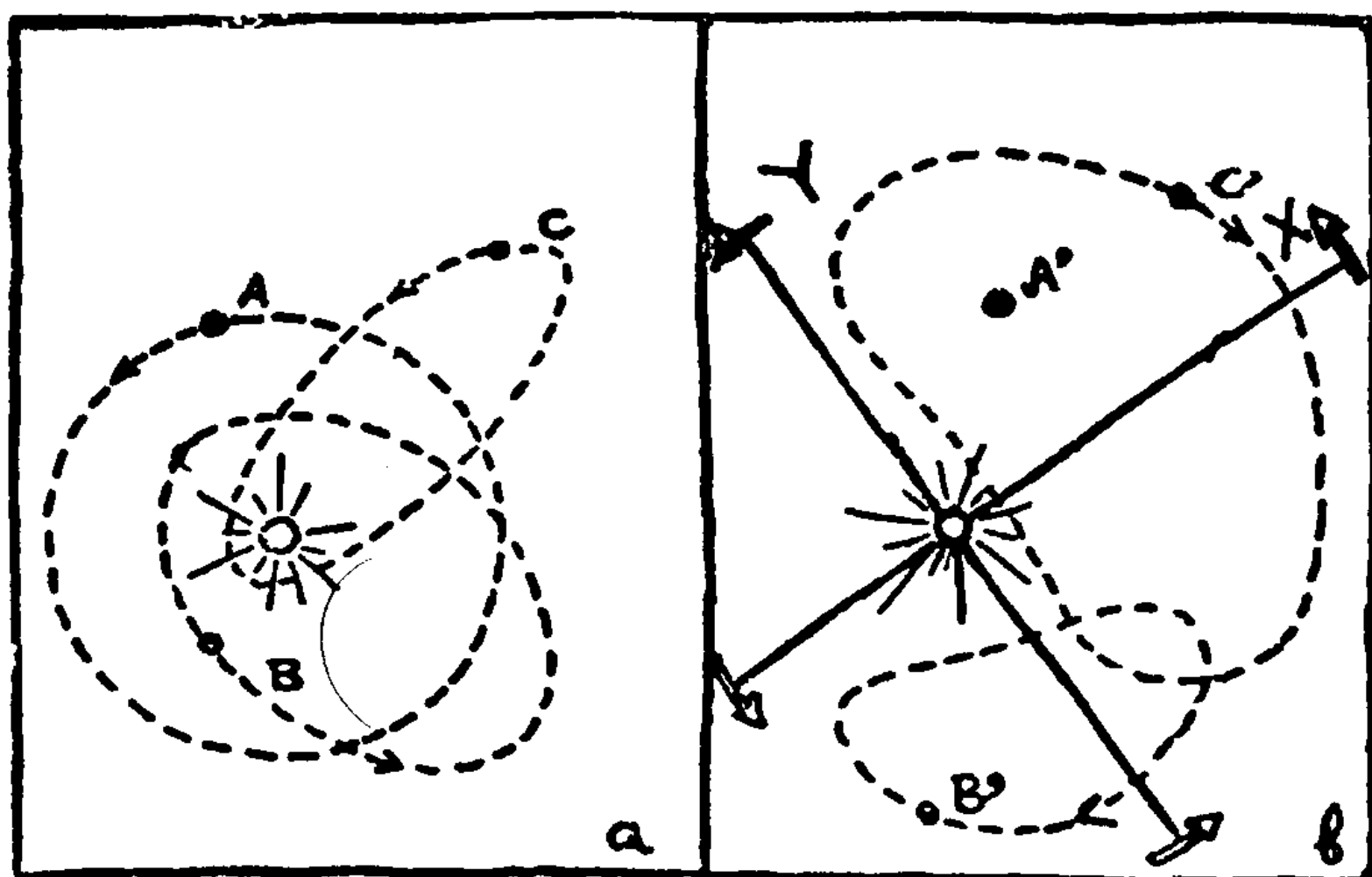
برای رسیدن به جواب این سؤال باید به مطالعه مشروح تری در حرکاتی که در برابر غبار اصلی انجام شده است پردازیم . قبل از هر چیز باید به یاد بیاوریم که هر جسم مادی اعم از يك ذره ناچیز غبار یا يك سنگ آسمانی و یا يك سیاره که با تبعیت از قانون جاذبه نیوتن به دور خورشید می گردد، ناچار در روی مدار بیضی شکلی حرکت می کند که خورشید در يك کانون آن است . هر گاه ماده ای که سیارات را به وجود آورده است در آغاز به شکل ذرات جداگانه ، مثلاً هر يك به قطر ۰.۰۰۱ سانتیمتر<sup>۱</sup> بوده باشند بایستی در حدود ۱۰<sup>۴۵</sup> ذره بر روی بیضی هایی که اندازه ها و ابعاد مختلف داشته اند در حرکت بوده باشند . مسلم است که در چنین آمد و شد پر ازدحامی تصادف بسیار زیادی روی می داده و بر اثر این اصطکاکها حرکت این گروه بیرون از شمار تاحدی منظم می گردیده است . در حقیقت تصور و درك این مطلب دشوار

۱- اندازه تقریبی ذرات غباری که ماده بین ستارگان را تشکیل می داده است .



نیست که این اصطکاکها یا منجر به متلاشی شدن ذراتی می شده است که نظم آمد و شد را بهم می زده است، و یا آنها را مجبور می کرده است که در مسیرهای خلوت تری به سیر خود ادامه دهند. این آمد و شد متشکل یا نیم متشکل تابع کدام قواعد و قوانین بوده است؟

در اولین گامی که به سوی حل مسئله برمی داریم گروهی از ذرات رادر نظر می گیریم که دوره دوران همه آنها به دور خورشید یکی بوده باشد ولی برخی در روی مدارهای مستدیر و بر روی بعضی بیضی هایی کم یا بیش کشیده



شکل ۱۱ - حرکت دایره ای و بیضی شکل در صورتی که از یک مبدأ مختصات ثابت (ش a) یا مبدأ مختصات در حال دوران (ش b) مطالعه شود.

سیر می کرده اند (شکل ۱۱ a). اکنون سعی می کنیم که حرکت این ذرات مختلف را نسبت به یک دستگاه مختصات X و Y که با همان دوره نوسان حول مرکز خورشید در گردش باشد شرح دهیم.

اولا مسلم است که چون دستگاه مختصات و ذره ای مانند A که دارای حرکت مستدیر است دارای یک سرعت دورانی هستند، نسبت به دستگاه مذکور نقطه A به نظر می رسد که در نقطه معینی مانند A بی حرکت بماند. ذره ای مانند B که مدارش بیضی شکل است گاهی به خورشید نزدیکتر و زمانی از آن دورتر می شود و بر حسب آن که نزدیکتر یا دورتر شود سرعت زاویه اش

کوچکتر یا بزرگتر می گردد، یعنی گاهی از دستگاه مختصات که سرعت دورانش ثابت و حرکتش یک نواخت است جلو می افتد و گاهی از آن عقب می ماند. درك این مطلب دشوار نیست که در نظر ناظری که در این دستگاه باشد ذره B مدار به شکل باقلا طی خواهد کرد که در شکل ۱۱ - ب به حرف B نمایش داده شده است. ذره دیگری مانند C که مدار بیضی شکل کشیده تری دارد نیز در نظر ناظر مذکور يك هم چنان مدار C باقلا شکل خواهد داشت که از B بزرگتر است.

اکنون واضح است که اگر بخواهیم حرکت انبوه ذرات را طوری منظم کنیم که هیچگاه تصادفی بین آنها روی ندهد باید به طریقی عمل کنیم که مدارهای باقلا شکلی که ذرات مذکور نسبت به دستگاه مختصات دوار X و Y طی می کنند یکدیگر را قطع نکنند.

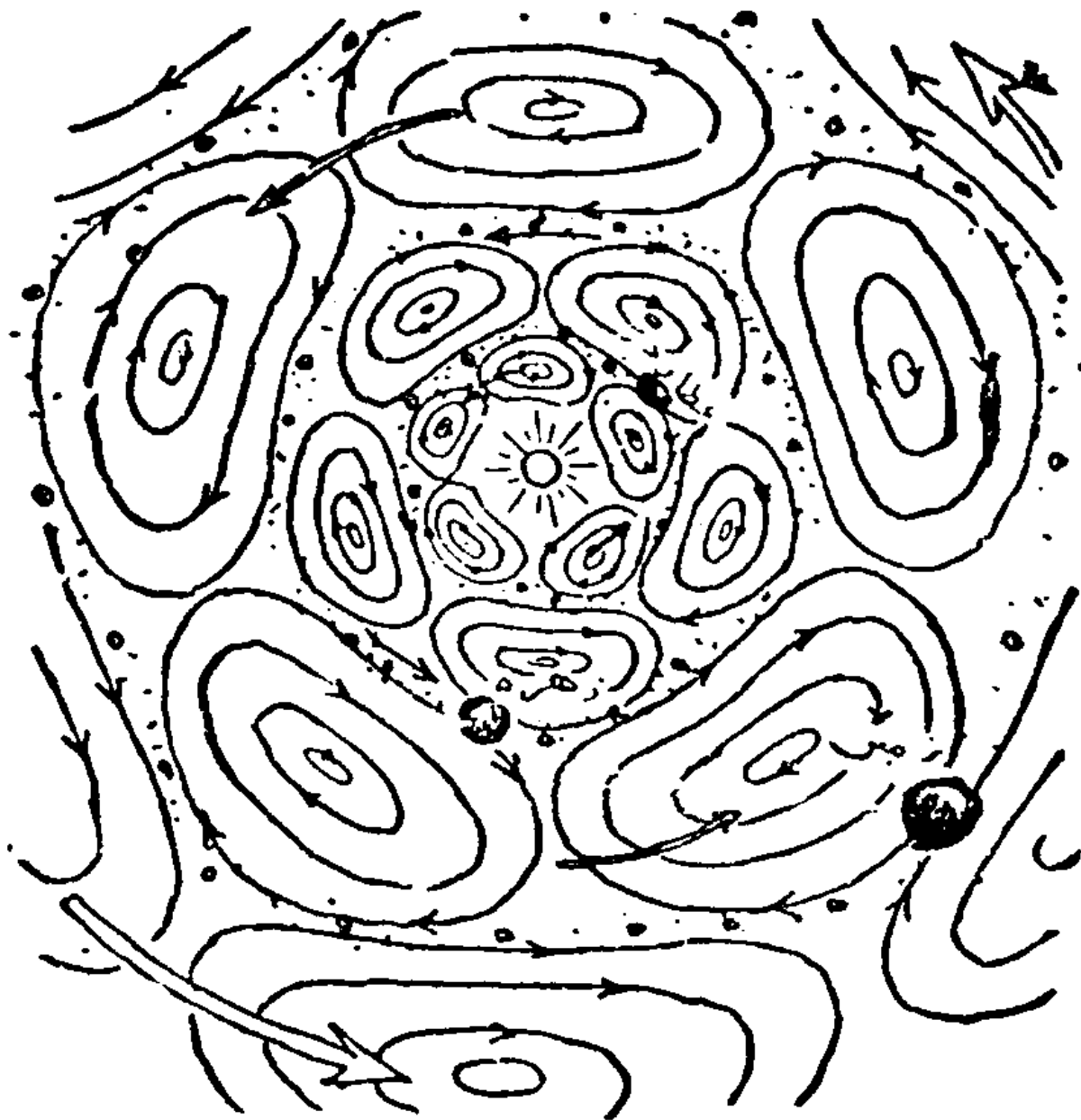
و چون بیاد بیاوریم که فاصله متوسط ذراتی که به دور خورشید، دوره دوران مشترك داشته باشند از خورشید یکی خواهد بود، می بینیم که مدارهای غیر متقاطع آن ذرات در دستگاه مختصات X و Y باید به شکل گردن بندی از باقلا به دور خورشید به نظر برسند.

منظور از توضیحاتی که دادیم و ممکن است تا حدی به نظر خواننده دشوار بیاید ولی اصولاً روش ساده ای را توضیح می کنند این است که طرح متصورات آمد و شد بدون تصادم را در گروه های مجزای ذراتی که در يك فاصله متوسط از خورشید حرکت می کنند و در نتیجه دارای يك دوره دوران هستند بیان کرده باشیم. چون باید انتظار داشته باشیم که در ابر غباری که خورشید نخستین را احاطه می کرده است، ذرات به فواصل مختلف و در نتیجه با سرعت های مختلف به دور خورشید در حرکت بوده باشند، تجسم وضع حقیقی آن زمان دشوار می شود. به جای يك «گردن بند باقلايي» بایستی چندین «گردن بند» به دور گردن خورشید قرار داشته باشند که با سرعت های مختلف در حرکت باشند.

و ایتسکر در نتیجه تجزیه و تحلیل دقیق مسئله توانست نشان دهد که به خاطر پایدار و استوار بودن دستگاه لازم بوده است که هر «گردن بند» از پنج دسته حلقه های متداخل تشکیل شده باشد به طوری که تصویر کامل حرکت ذرات به دور خورشید به صورت شکل ۱۲ در آید. با این ترتیب حرکت در روی هر حلقه انفرادی امن و بی خطر بوده اما چون حلقه ها به سرعت های مختلف دوران می کرده اند بایستی در نقاطی که با یکدیگر تماس پیدا می کرده اند «حوادثی» روی دهد. ظاهراً اکثریت تصادفاتی که در این نواحی مرزی بین

ذرات حلقه‌ای با ذرات حلقه دیگر روی می‌داده موجب تجمع آنها به دور یکدیگر و تشکیل جرمهای بزرگتر و بزرگتری در فواصل معین از خورشید می‌شده است . به این ترتیب حلقه‌ها به تدریج در داخل خود رقیقتر شده و در نواحی مرزی مجتمع گردیده و سرانجام سیارات را به وجود آورده‌اند .

شکل ۱۲ که چگونگی تشکیل سیارات را نشان می‌دهد قانون قدیمی مربوط به شعاعهای مدارات سیارات را هم توجیه می‌کند. درحقیقت اگر از جنبه هندسی مطالعه ساده‌ای در شکل بکنیم می‌بینیم که شعاعهای خطوط مرزی که حلقه‌های مجاور را از هم جدا می‌کنند يك تصاعد هندسی به قدر نسبت ۲ تشکیل می‌دهند یعنی هر شعاع دو برابر شعاع پیش از آنست ضمناً متوجه می‌شویم که چرا نباید انتظار داشت که این قاعده خیلی قاطع باشد. درحقیقت این قاعده نتیجه قانون مسلمی که حاکم بر حرکت ذرات در ابر اصلی باشد نیست بلکه بیان يك نوع تمایلی است که در روش نامنظم آمد و شد ذرات وجود داشته است .



شکل ۱۲ - خط سیر ذرات غبار در لفاف اصلی خورشید

صدق کردن همین قانون در مورد ماههای هر سیاره دلیلی است که روش تشکیل و پیدایش ماهها نیز تقریباً بر همین اصول بوده است . وقتی که ابر غبار اصلی که گرداگرد خورشید بوده در هم شکست و به صورت گروه‌های

مجزایی درآمد که از آنها سیارات ساخته شدند ، همان طرز عمل در هر گروه نیز ادامه یافت یعنی قسمت اعظم ماده در مرکز متمرکز شد و سیاره را به وجود آورد و بقیه در حول آن سیاره شروع به دوران کرد و به تدریج تعدادی ماه تشکیل داد.

با همهٔ بحثی که دربارهٔ تصادم ذرات غبار ورشد و نمو آنها به عمل آوردیم فراموش کردیم که بگوییم بر قسمت گازی لفاف اصلی خورشید که چنانکه به یاد داریم نزدیک به نود درصد آن را شامل بود چه گذشته است. جواب این سؤال بالنسبه آسان است .

در حینی که ذرات غبار به یکدیگر برخورد می کردند و قطعات مادی بزرگتری به وجود می آوردند گازها که یارایی همکاری با آنها را نداشتند به تدریج در فضای بین ستارگان پراکنده می شدند . حساب بالنسبه ساده ای نشان می دهد که مدت لازم برای پراکندگی ۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰ سال بوده است یعنی تقریباً همان مدتی که برای تشکیل سیارات ضرورت داشته است. به این ترتیب در زمانی که سیارات به وجود آمدند و تشکیل شدند قسمت اعظم ئیدروژن و هلیومی که در لفاف اصلی خورشید وجود داشت از منظومه شمسی خارج گردیده و فقط مختصری از آن در این منظومه ماند که از روشنایی های منطقه البروجی به وجودش پی برده می شود .

يك نتیجه مهم که بر تئوری وایتسکر مترتب است این است که تشکیل سیارات يك واقعه استثنایی نبوده بلکه همین جریان باید عملاً در ساختمان همه ستاره ها صورت پذیرفته باشد . این حکم منافات کاملی با نتایج داستان تشکیل سیارات بر اثر تصادم خورشید با يك جرم آسمانی دارد که جز امری استثنایی نمی توانسته است باشد . در حقیقت حساب شده است که تصادم بین ستارگان واقعه ای است بسیار بعید و کمیاب و در میان ۴۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ ستاره ای که دستگاه نجومی کهکشان ما را تشکیل می دهد در عمر چند میلیارد ساله کهکشان جز چند تصادم وقوع نیافته است.

اگر هم چنانکه امروز به نظر می رسد هر ستارهٔ ثابت، دستگاه سیارانی مخصوص خود داشته باشد ، تنها در کهکشان ما باید میلیونها سیاره وجود داشته باشد که اوضاع طبیعی هر يك تقریباً شبیه به زمین است و عجیب است اگر حیات حتی به عالی ترین صورت خود در این دنیاها **قابل سکونت** بسط نیافته باشد. در حقیقت ، ساده ترین شکل های حیات مانند انواع مختلف ویروس ،

فقط مولکولهای بفرنجی نیستند که قسمت اعظمشان اتمهای کربن وئیدروژن واکسیژن وازت است . چون این عناصر باید به حد وفور در هر سیاره تازه به وجود آمده موجود باشند، باید قبول کنیم که پس از تشکیل پوسته سخت زمین و نزول بخارهای آب موجود در جو بر آن و تشکیل مخزنهای بسیار وسیع آب بعد از مدتی ، بر اثر يك پيش آمد اتفاقی تعدادی اتم که ضرورت داشته به نحوی که لازم بوده با هم ترکیب شده و معدودی ملکولهای از آن نوع که گفته شد به وجود آورده اند .

برای اطمینان بیشتری باید گفت که ساختمان موجودات زنده به قدری پیچیده است که احتمال اتفاقی بودن تشکیل آنها به کلی ضعیف می شود. درست مثل این که شکلی را که روی مقوا کشیده شده باشد باقیچی قطعه قطعه کنیم و قطعات را درهم و برهم در جعبه‌ای بریزیم و جعبه را تکان دهیم به احتمال اینکه قطعات به وضعی مناسب پهلوی هم قرار گیرند و همان شکل را تجدید کنند. اما از طرف دیگر نباید از یاد برد که تعدادی شماری اتم دائماً با یکدیگر در اصطکاک و تصادم اند و زمانی بسیار دراز لازم بوده است تا نتیجه لازم حاصل شود . اینکه حیات تقریباً در فاصله کوتاهی بعد از تشکیل پوسته سخت زمین در عرصه کره خاکی ظاهر شد (هر چند قبول آن دشوار باشد) نشانه آن است که فقط پس از چند میلیون سال بر حسب اتفاق يك مولکول مرکب جاندار به وجود آمده است .

پیدایش ساده ترین صورت حیات در عرصه کره نوزاد زمین کافی بوده است که به تدریج موجب تکثیر و تکامل موجودات زنده شود تا جایی که به جانداران کاملتری منجر و منتهی گردد. هنوز نمی توان گفت که تکامل حیات در سیارات «قابل سکونت» دیگر همان راهی را پیموده است که در زمین ما طی کرده است . در صورت امکان مطالعه درباره زندگی در کرات دیگر به کار درك حقیقت سیر تکاملی کمک خواهد کرد .

اما اگر در آینده ای که خیلی دور نیست بتوانیم با کشتی فضا نورد اتمی خاصی سفری پر حادثه و پسر و صدا به کرات زهره و مریخ کرده و از نزدیک در مظاهر حیات در این دو کره، که مناسبترین سیارات منظومه شمسی برای زندگی هستند، پردازیم ظاهراً حصول این منظور در سیارات منظومه های دیگری که صدها هزار سال نوری از ما فاصله دارند هیچگاه میسر نخواهد شد .

## فصل سوم

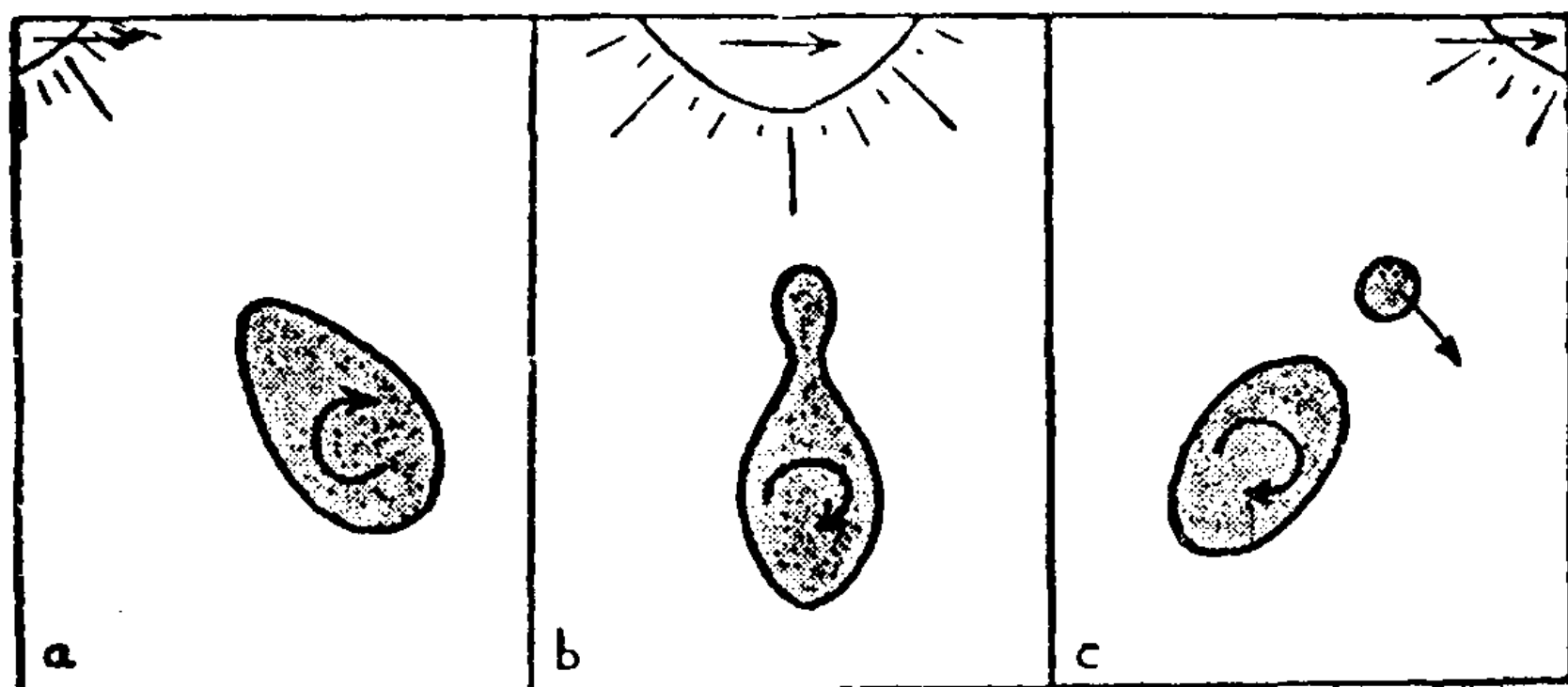
# زمین دختری میزاید

ماه ما چیز دیگری است

چنان که در فصل دوم ملاحظه گردیده تولد ماههای سیارات به روشی مشابه تشکیل خود سیارات صورت گرفته است. بدین معنی هنگامی که سیارات حالت گازی داشتند و مدارشان طویل بود رشته گازی شکل نازکی تحت اثر نیروی جزرومد خورشید از سیارات والد مربوطه جدا شد و متراکم گردید. چنین منشأیی دلیل خوبی بر کوچک بودن جرم ماهها در مقایسه با جرم والدینشان می باشد. اما چنان که قبلا اشاره گردید ماه ما بین سایر ماه ها وضعی استثنایی دارد، زیرا جرمش فقط ۸۱ بار از جرم زمین کوچکتر است (در کلیه موارد دیگر نسبت اجرام اقمار به سیارات مربوطه چندین صدهزارم است). چون خیلی بعید به نظر می رسد که یک چنین جرم بزرگی بتواند از رشته گازی شکلی به وجود آید، از این نظر باید برای بیان چگونگی تولد ملکه شب به فکر راه حل دیگری بود.

راجع به حادثه غیرعادی که محتملا سبب تولد ماه گردیده ستاره شناس انگلیسی به نام جورج ه. داروین (G. H. Darwin)، پسر داروین بزرگ، تحلیل آموزنده ای کرده است. این دانشمند همان گونه که پدر مشهورش به تکامل عالم جانداران توجه داشته، تکامل عالم سیارات را مورد نظر قرار

داده است. بنا به نظریه داروین جدا شدن ماه از زمین یعنی ازوالدش هنگامی اتفاق افتاده که زمین مراحل بعدی تکامل خود را طی می کرده است. یعنی وقتی صورت گرفته که زمین سرد شده و به حالت مایع درآمده است و شاید پوسته جامد نازکی نیز در سطحش به وجود آمده بوده است. به طوری که دیده ایم رشته گازی فقط هنگامی تشکیل می گردد که جرم مورد تأثیر نیروی جزر و مد حالت گازی داشته و تراکم مواد در ناحیه مرکزی زیاد باشد. در مورد زمین که حالت مایع داشته، وزن مخصوصش در تمام جرم یکسان بوده است زیرا مایعات تقریباً قابلیت فشرده شدن ندارند. <sup>۱</sup> و گسیختگی حاصل در آن، که تحت اثر نیروی جزر و مد خورشید صورت گرفته بایستی به روش دیگری انجام پذیرفته باشد. چیمنز پس از مطالعه کافی در حالات تعادل مایعات دوار چنین نشان داده که در این مورد بجای آنکه رشته نازک مخروطی شکلی در بخش مقابل جرم تغییر پذیر به وجود آید، برآمدگی بزرگی تشکیل می گردد.



شکل ۱۳- وقتی جرم مایع تحت تأثیر نیروی جزر و مد قوی قرار می گیرد برجستگی بزرگی تولید می کند و سپس بدو بخش دارای ابعاد همانند قسمت می شود.

وقتی که نیروی جاذبه از حدی تجاوز می کند برآمدگی، حاصل، از  
 ۱- وقتی جرمی به حالت مایع باشد وزن مخصوص آن باید تدریجاً از سطح  
 به طرف مرکز زیادتر شود. زیرا مواد سنگین تری که در مخلوط عناصر مشکله  
 سیاره موجودند به طرف مرکز متوجه می شوند. اما چون افزایش وزن مخصوص  
 ناحیه مرکز از دو برابر بیشتر نمی شود، تأثیری در نتیجه ای که از آن  
 می گیریم ندارد.

جرم اصلی جدا می‌شود و قمر مایعی به وجود می‌آورد که بخش قابل توجهی از ماده اولیه را در بردارد. (شکل ۱۳) این روش درست همان است که ما برای تولد ماه بدان نیازمندیم اما وقتی مسئله را بیشتر مورد مطالعه قرار می‌دهیم ملاحظه می‌کنیم که هنوز اشکالات بزرگی بر سر راه ما وجود دارد. هنگامی که زمین نوزاد ما نخستین گردش خود را در نزدیکی خورشید انجام می‌داد، مدارش هنوز بسیار طویل بود و در موقع عبور از نزدیکی خورشید فاصله کمی با آن داشت و به احتمال قوی هنوز به حالت گازی بود. از طرف دیگر وقتی زمین به حالت مایع درآمد، مدارش تقریباً دایره‌ای و نیروهای جزر و مد اندکی بیش از مقدار کنونی بود چنانکه می‌دانیم اکنون که خورشید روی قشر مایع زمین اثر می‌کند جزر و مدی به وجود می‌آورد که فقط به ارتفاع بیست سانتیمتر می‌رسد (یعنی ربع کل ارتفاع مشهود و بقیه به علت اثر نیروی جاذبه ماه است) در حالی که برای گسیخته شدن زمین جزر و مدی به بلندی هزارها کیلومتر لازم بود. اکنون باید دید چنین مد عظیمی چگونه توانسته است در مراحل اولیه تکان زمین به وجود آید؟

### تئوری تشدید

منشأ موج عظیم حاصل به نظر داروین، بر پایه لغت سحر آمیز تشدید استوار است. برای کسی که کودکی را روی تاب نشانده و به حرکت درآورده باشد پدیده تشدید امری عادی است. اگر فاصله بین تکان دادن‌های متوالی با دوره تناوب تاب مطابقت نکند در این صورت گاهی مساعد حرکت تاب و زمانی مانع آن می‌شود و تاب تقریباً ساکن باقی میماند، اما اگر تکان دادن با دوره نوسان آزاد تاب مطابقت کامل نماید، دامنه نوسان به سرعت زیاد خواهد شد به طوری که اگر تکان مختصری به تاب داده شود اثر بسیاری در آن می‌کند.

علت آن که هنگام عبور ستون سربازان از روی پل‌ها افسران بدانها فرمان قدم آزاد می‌دهند همان خطر پدیده تشدید است زیرا اگر آهنگ «چپ، راست» قدم سربازان با دوره ارتعاش پل مطابقت کند پل خورد خواهد شد. به همین طریق در موقع انتخاب ماشینهای بخار برای کشتی‌ها، این موضوع حائز اهمیت فراوان می‌باشد که مطمئن گردند بین دوره تناوب ماشین بخار و ارتعاش آزاد بدنه کشتی تشدید وجود نداشته باشد. اما چون در اینجا سر و کارمان با ارتعاش بدنه مایع زمین است شاید مثالی که می‌توانیم بیاوریم



این باشد که مستخدمی بایک فنجان قهوه بخواهد به عجله حرکت کند . اگر دوره تناوب ارتعاش مایع درون فنجان با دوره تناوب قدمهای مستخدم تطبیق نماید بران مشتری مایه تأسف خواهد بود . تکانه های متفاوتی که به قهوه منتقل می شوند و تحت اثر تشدید قویتر می گردند معمولاً سبب می شوند قهوه از لبه فنجان به درون نعلبکی سرازیر گردد . اینها از جمله مشاهداتی بودند که مؤلف، در رستورانهایی که غذای فوری آماده می کنند به عمل آورده است .

اگر از مثال قهوه به زمین باز گردیم باید نتیجه بگیریم که چنانچه دوره تناوب نیروهای جزرومد خورشید با ارتعاش آزاد پیکر زمین تطبیق کرده باشد ممکن است جزرومدهای بزرگی در سطح زمین بلند شده باشند. از طریق محاسبه می توان به این نتیجه رسید که دوره تناوب ارتعاش آزاد کره مایعی به ابعاد زمین درست قریب دو ساعت است . وقتی ماده مشکله ماه جزء زمین بود ، جرم کلی زمین ۱٫۲۵ درصد بیشتر و شعاعش ۴٫۰ درصد بیشتر از اکنون بود . از طرف دیگر دوره تناوب جزر و مد که دوبار در روز انجام می گیرد در حال حاضر معادل ۱۲ ساعت است علیهذا موضوع تشدید حاصل در جرم زمین امروزه خارج از بحث ماست . چنانکه داروین متذکر گردید وقتی ماه هنوز جزء زمین بود حرکت وضعی این مجموعه بایستی خیلی سریعتر بوده باشد .

اگر بخواهیم قانون حفظ گشتاور را که در فصل دوم مورد بحث قرار گرفته ، به طریق ساده ای برای تخمین این افزایش سرعت حرکت وضعی ، به کار بندیم اشکالی نخواهد داشت . ماه در حال حاضر در فاصله ای معادل ۶۰ بر ایر شعاع زمین به دور آن می گردد و هر ۲۸ روز یک حرکت انتقالی کامل انجام می دهد . وقتی ماده مشکله ماه جزئی از زمین بود ، محققاً فاصله متوسطش از زمین به نصف شعاع زمین می رسید . محاسبه دقیق تر که با در نظر گرفتن زیاد بودن وزن مخصوص مرکز زمین صورت گرفته ، فاصله فوق را ۵۵٫۰ شعاع زمین نشان می دهد . بنا بر این در آن زمان فاصله ماده مشکله ماه از محور گردش ۱۱۰ =  $\frac{55}{60}$  مرتبه کوتاهتر از فاصله کنونی ماه تا زمین بوده و سرعت خطی آن نیز بنا به قانون حفظ گشتاور بایستی ۱۱۰ مرتبه بیشتر بوده باشد به طوری که یک گردش کامل این ماده به دور محور خود

$(۱۱۰)^۲$  یعنی ۱۲۱۰۰ برابر سریعتر از حرکت کنونی ماه بوده است. نتیجه‌ای که برای مدت گردش ماه به دست می‌آید  $\frac{۴۸}{۱۳۱۰۰}$  روز یعنی ۳ر۵ دقیقه است. این مدت چهارصد برابر سرعت گردش کنونی زمین است. چون زمین و ماه در آن زمان جرم واحدی تشکیل می‌داده اند لذا جرم کلی قاعدتاً با سرعت متوسطی در گردش بوده است. این سرعت متوسط که زمین و ماه به تناسب جرمشان داشته‌اند می‌تواند با فرمول ساده زیر محاسبه گردد. شش برابر سرعت کنونی گردش زمین  $= (۱ + \frac{۴۰۰}{۸۱})$  سرعت کنونی گردش زمین  $= \frac{۱}{۸۱}$  سرعت گردش ماه  $+$  سرعت کنونی گردش زمین  $=$  سرعت متوسط گردش.

بنابراین جرم زمین و ماه ۶ مرتبه سریعتر از سرعت حالیه گردش زمین بوده یعنی که در مدت چهار ساعت يك حرکت وضعی انجام می‌داده است. جزر و مدهایی که در حرکت وضعی دوبار تولید می‌شوند دوره تناوب دو ساعته داشته‌اند و این کاملاً با دوره تناوب ارتعاش آزاد تمام جرم مطابقت می‌کرده است

این انطباق در دوره تناوب که به وسیله جورج داروین کشف گردیده بایستی سبب افزایش تشدید اتفاقی امواج جزر و مد پیکر مایع زمین جوان ما شده باشد. فقط چنین تصادف نادری به ما فرصت داده که از زیبایی‌های مهتابی لذت ببریم. بدیهی است افزایش دامنه جزر و مدها که تحت اثر تشدید صورت گرفته بایستی مدتها طول کشیده باشد و چنان که از تئوری تشدید تخمین زده می‌شود قبل از آن که جزر و مد بتواند به حد ایجاد گسیختگی برسد، اقلاً دومیلیون بار بالا و پایین رفته است. چون در آن موقع جزر و مد هر دو ساعت یکبار به دنبال هم به وجود می‌آمد، نتیجه می‌گیریم که قریب ۵۰ سال طول کشیده تا زمین توانسته، کودک ثمین خود را بزاید.

اکنون می‌توانیم شرح کامل واقعه تولد ماه را تکرار کنیم: زمین که در نتیجه عمل جزر و مد ستاره متعرضی از خورشید جدا شد، نتوانست بعللی به روش معمولی صاحب قمر شود. گرچه بیشتر سیارات دیگر به مدتی طولانی از داشتن خانواده‌های بزرگی بهره‌مند بودند ولی زمین بدون فرزند باقی ماند. پیکر گازی زمین که تنها مانده بود به سرعت سرد و منقبض شد و تشکیل قطعات درشت مواد مایع در داخلش، آغاز گردید. پیدایش این قطعات

مایع علامت شروع حالت مذاب زمین بوده است. وقتی که تمام زمین مایع شد و پوسته جامد نازکی که مقدمه مراحل بعدی آن بود در سطحش تشکیل گردید، هنوز اولادی نداشت. در این موقع معجزه‌ای به وقوع پیوست و آن این بود که شعاع زمین در حین انقباض، به حدی رسید که در طی آن دوره تناوب جزر و مد خورشید با دوره تناوب ارتعاش آزاد پیکر سیاره‌ای که به سن بلوغ رسیده بود منطبق گردید.

این امر نطفه مولود جدیدی را در پیکر زمین به وجود آورد و موجهای جزر و مد رفته رفته در هر گردش بزرگتر شدند و در طی ۵۰۰ سالی که (مسلماً) در مقایسه با دوره زندگی سیارات ناچیز است) برجستگی مدی حاصل در طرف روز زمین بسیار بزرگ و ناپایدار شد و قطعه مایع عظیمی از سطح زمین جدا گردید و از آن پس زمین صاحب ماه شد. ماه زمین بزرگترین و بهترین ماهی بود که سایر سیارات خواهر او دارا بودند.

اگر ماه از برجستگی بزرگ سطح زمین تشکیل شده، نتیجه جالب توجهی راجع به مواد مشکله آن می‌تواند گرفته شود. چنان که قبلاً اشاره گردید، زمین ما از چند لایه مرکب می‌باشد که مواد سنگینتر در نواحی مرکزی و مواد سبکتر در سطح آن قرار دارند «ژئو فیزیک جدید سه لایه کلی در زمین تشخیص می‌دهد. پوسته خارجی زمین از یک لایه سنگ خارا ساخته شده است (با وزن مخصوص متوسط ۲٫۷ برابر آب) که تا عمق ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر ادامه دارد. این لایه خارایی روی لایه مواد آتشفشانی سنگین‌تری قرار دارد که به آن بازالت گویند و عمق آن به چندین هزار کیلومتر می‌رسد و تقریباً تا نصف راه مرکز زمین ممتد می‌باشد. پایین تر از آن هسته مذابی پیدا می‌کنیم که غالباً از آهن و فلزات سنگین ساخته شده است. وجود این هسته فلزی که وزن مخصوصش قریب ۱۰ است (احتمال دارد حتی بیشتر هم باشد) از اینجا معلوم می‌شود که وقتی وزن مخصوص کلی زمین را از جرم کل و حجم کل معلوم آن تخمین می‌زنند قریب ۵٫۵ به دست می‌آید. این عدد بیش از دو برابر وزن مخصوص سنگهایی است که در سطح زمین یافته می‌شود. البته جدا شدن مواد سنگین و سبک، تحت اثر جاذبه صورت گرفته و بایستی هنگامی انجام شده باشد که زمین هنوز حالت مایع داشته و مواد مختلف می‌توانستند بین سطح و مرکز زمین جریان یابند بدین طریق وقتی برجستگی بزرگ از زمین جدا گشت محتملاً مقدار بسیار زیادی سنگ خارای مذاب و بازالت از آن

برداشته است و اگر هم از فلزات سنگین مرکزی در برداشته به مقدار بسیار کمتر بوده است. در نتیجه باید انتظار داشته باشیم که وزن مخصوص متوسط ماه خیلی کمتر از وزن مخصوص زمین یعنی فقط اندکی از وزن مخصوص سنگ خارا و بازالت بیشتر باشد. تحقیقاتی که وزن مخصوص (متوسط) ماه را ۳٫۳ نشان داده اند این نتیجه منتظره را به عالیترین وجهی تأیید نموده است. علیهذا بخلاف زمین ساختمان تمام پیکر ماه ما باید سنگی باشد.

## ماه چگونه فرار کرده است؟<sup>۱</sup>

اگر ماه قطعه بسیار بزرگ ماده ای بیش نیست که از پیکر زمین مادر جدا شده پس چگونه موفق گشته که از محل منشأ خود این قدر دور گردد و هنوز هم<sup>۱</sup> در حال عقب نشینی باشد؟ بدیهی است وقتی ماه از زمین جدا شد، بایستی «تقریباً مماس»، با سطح زمین به دور آن به گردش درآمده باشد و فاصله نسبتاً زیاد کنونی را تحت اثر نیروهایی به دست آورده باشد که آن را به آهستگی عقب تر می بردند و مجبورش می ساختند که در مدار مارپیچی بازی حرکت کند. این نیروها بی شک بایستی نتیجه جاذبه متقابل این دو جرم بوده باشند ولی چگونه می توان تصور کرد که نیروی جاذبه سبب دور شدن چیزی گردد؟ معهداً چنان که داروین نشان داده نیروی جاذبه زمین باعث شده که قمرش تحت اثر عمل جزرومد در هم تری دائماً دورتر برود (و هنوز هم سبب دور شدنش می گردد). به منظور درک جریان امر نخست باید اثری را که ماه روی قشر مایع زمین دارد یعنی جزرومد اقیانوسها را مشروحاً مطالعه کنیم. چنان که دیده ایم پدیده جزرومد نتیجه این است که نیروهای جاذبه ماه در سطح قدامی زمین (یعنی سطحی که روبروی ماه قرار دارد) بیشتر از سطح خلفی آن است. به علت این اختلاف جاذبه، دوماج مدی در دو طرف مقابل زمین بلند می شوند و در حین حرکتشان از گردش ماه متابعت می کنند. اما حرکت وضعی زمین سریعتر از حرکت انتقالی ماه به دور آن است. بنابراین، این دوماج باید دور سطح زمین بگردند و در طی بیست و چهار ساعت يك گردش کامل انجام دهند و در نتیجه پدیده معروف جزرومد متناوب را تولید نمایند. در این حرکت، امواج جزر و مد با مقاومتی که شکل قاره ها و سایر عوارض سطح زمین به وجود می آورند، روبه رو می گردند. به عبارت بهتر اثر امواج جزرومد در قشر مایع زمین مانند ترمزی گردش بخش جامد زمین

---

۱- فاصله کنونی ماه ۳۸۴۰۰۰ کیلومتر یا ۶۰ برابر شعاع زمین است.

را به تأخیر می اندازد .

گرچه اصطکاک کی که تحت اثر حرکت دایم امواج جزرومد به دور زمین حاصل می شود خیلی ناچیز است معیناً سرعت گردش زمین را به دور محورش به مقدار بسیار کم تقلیل می دهد به طوری که روزها رفته رفته طولانی تر می شوند. مطالعه مشروح کیفیت جزرومد که بعداً بدان مراجعه خواهیم کرد مارا به این نتیجه می رساند که به علت تأثیر جزر و مد ، طول مدت روز بایستی اکنون به نسبت يك دقیقه در هر ۱۲۰۰۰ سال افزایش یافته باشد.

به نظر می رسد که این تغییر به ظاهر ناچیز که در طول مدت روز حاصل گردیده ، حتی با دقیقترین آلات نجومی نتوانسته باشد درک گردد . ولی خوشبختانه چنین نیست بلکه از وقتی انسان توانست حوادث تاریخی را ثبت کند الی اکنون ، تجمع تدریجی این گونه اختلافات جزئی مقدار کل آن را به چند ساعت رسانیده است<sup>۱</sup> وقتی اطلاعات ستاره شنان مصری و بابلی و چینی قدیم را که درباره خسوف و کسوف ثبت گردیده با اطلاعاتی که بعداً توسط ستاره شنان کنونی درباره ثابت بودن طول مدت روز محاسبه گردیده ، مقایسه می کنیم اختلاف منتظره مشهود می شود و اثر جزرومد اقیانوسها در تأخیر گردش زمین مدلل می گردد .

وقتی همین نسبت تغییر طول روز را برای زمان بیشتری یعنی دو میلیارد سال پیش ( که از زمان جدا شدن ماه گذشته است ) در نظر بگیریم ملاحظه می کنیم که طول روز بایستی از مقدار اولیه اش که ۴ ساعت بوده به ۲۴ ساعت کنونی تغییر یافته باشد.

افزایش مدت روز که تحت اثر جزرومد ماه صورت گرفته محققاً

۱- از نسبت بالا نتیجه گرفته می شود که در ۴۰۰۰ سال پیش روز به مقدار  $\frac{1}{3}$  ثانیه کوتاهتر بوده به طوری که حد متوسط افزایش مدت روز از

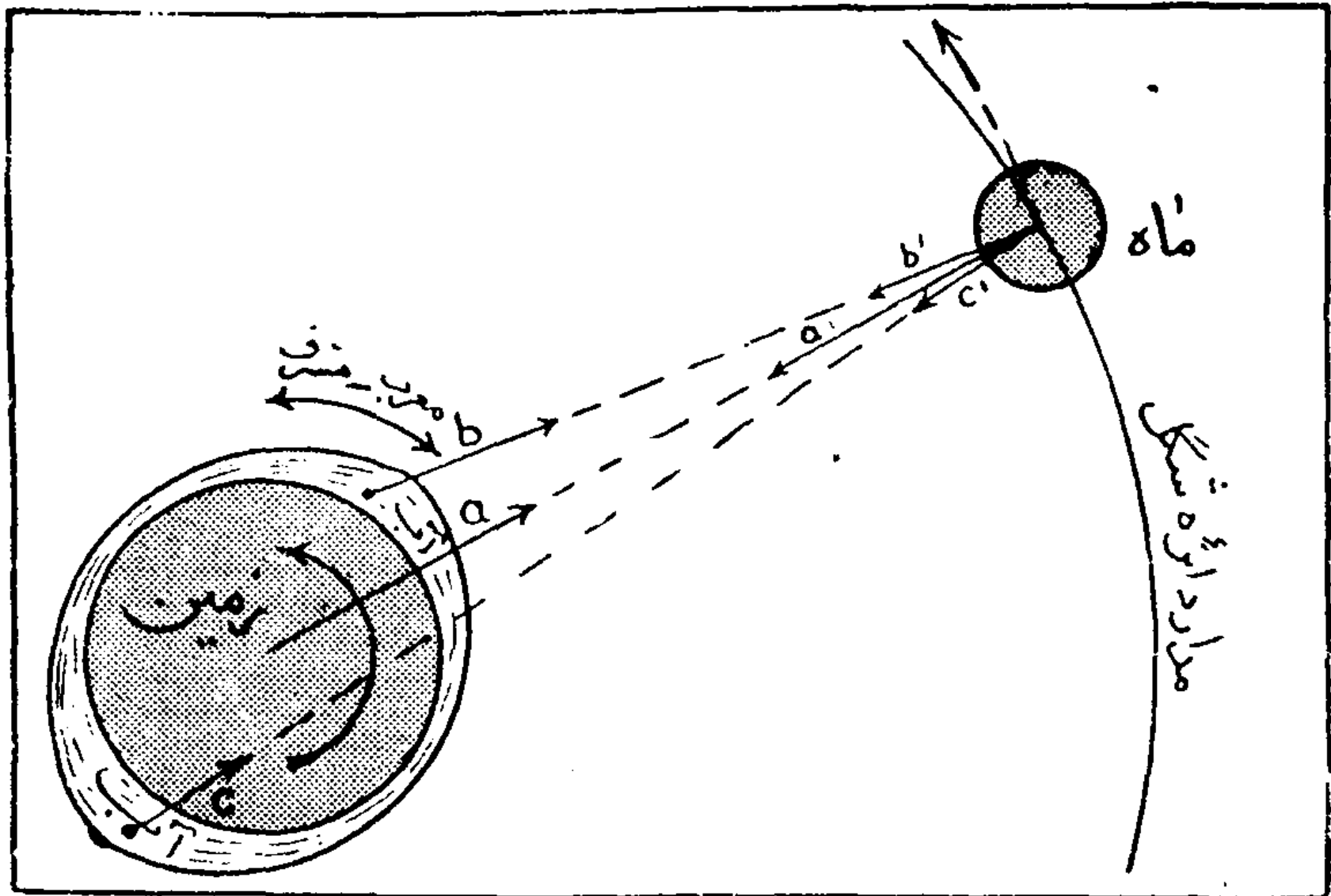
آن وقت تا کنون  $\frac{1}{6}$  ثانیه است . چون ۴۰۰۰ سال ۴۶۰۰۰ روز در بردارد ،

لذا نتیجه کل این افزایش تدریجی بایستی  $\frac{1146000}{6}$  یعنی ۲۴۰۰۰

ثانیه یا تقریباً هفت ساعت شده باشد. البته این مقدار خیلی زیاد نیست ولی جای خوشبختی است که در چنین گذشته دوری نیز مشاهدات نجومی وجود داشته است .

نمی‌تواند در حرکت ماه بی‌اثر بوده باشد. چنان‌که قبلاً اشاره کردیم بر طبق یکی از قوانین اصلی مکانیک گشتاور کلی يك دستگاه مکانیکی (که در اینجا دستگاه زمین و ماه است) باید همیشه لایتنیر باقی‌ماند. بنابراین اگر گردش زمین به‌علت تأثیر ماه رو به‌کندی گذارد سرعت زاویه‌ای خود ماه باید افزایش حاصل کند.

این شتاب گردش ماه بایستی آن را مجبور ساخته باشد که تدریجاً از زمین دور گردد و به فاصله نسبتاً زیاد کنونی انتقال یابد (شکل ۱۴)



شکل ۱۴ - نمایش نیروهایی که حرکت زمین را کند می‌سازند و ماه را دورتر می‌برند.

چون گردش زمین به دور محورش خیلی سریعتر از حرکت انتقالی ماه به دور زمین است (۲۴ ساعت در مقابل ۲۸ روز است) لذا اصطکاک امواج جزر و مد با ته اقیانوسها، رؤوس امواج مد را به طرف مشرق می‌کشد. چون رأس مد رو به روی ماه از رأس مد خلفی نزدیکتر است، لذا نیروی (C) که زمین را جهت مخالف گردشش می‌کشد از نیروی (C) که بر رأس مد خلفی اثر می‌کند بیشتر است و نتیجه مشترک این دو نیرو سبب کند شدن حرکت زمین می‌گردد.

از طرف دیگر چون نیروی  $\theta$  از نیروی  $\theta$  بیشتر است، رؤوس دومد حاصل

نیروهای جاذبه‌ای به خود ماه نیز اثر می‌دهند. نتیجه‌اثر مشترك این دونیرو ماه را درطول مدارش خواهد کشید و به گردشش به دور زمین شتابی خواهد داد. گردش سریعتربه‌علاوه سبب افزایش نیروهای گریز از مرکز می‌شود و ماه به کندی از زمین دور می‌گردد و درطول مدار مارپیچی حرکت می‌کند. در این تصویر به علت کمی جا ابعاد امواج جزر و مد و همچنین ابعاد زمین و ماه خیلی بزرگتر نشان داده شده است.

محاسبه دقیق عقب نشینی ماه چنین معلوم می‌دارد که اگر اصطکاک جزر و مد در گذشته نیز مانند حال بوده است قریب چهار میلیارد سال وقت لازم بوده تا ماه به وضع کنونی برسد به نظر می‌رسد که زمانی طولانی باشد زیرا آنچه از مباحث فصول قبلی بر می‌آید آن است که عمر زمین به زحمت از دو میلیارد سال تجاوز می‌کند. اختلاف مذکور ظاهراً به این بستگی دارد که میزان اصطکاک جزر و مد معادل مقدار امروزی آن فرض شده است. چنان که گفته‌ایم مطالعات زمین شناسی این طور معلوم ساخته‌اند که سطح زمین در طی دوره‌های بزرگ معرفه‌الارضی با وضع کنونی آن اختلاف بسیار داشته بدین معنی که قسمت اعظم وسعت قاره‌های کنونی از دریا‌های وسیع کم عمق پوشیده بوده است<sup>۱</sup>. از آنجا که جزر و مدهای قشر مایع زمین هنگامی که عمق آنها کم باشد به مانع بیشتری بر می‌خورند، باید نتیجه بگیریم که در طی دوره‌های پیشروی آب، اصطکاک جزر و مد ماه بسیار زیاد بوده و گردش زمین به تناسب آن تأخیر بیشتری حاصل می‌کرده است. این امر بایستی قاعدتاً عقب نشینی ماه را نیز تسریع کرده و آن را در عرض مدتی که از دو میلیارد سال متجاوز نبوده به فاصله کنونی رسانیده باشد.

در وهله اول به نظر عجیب می‌آید که تغییرات بسیار جزئی وضع خشکی‌ها و آب‌های سطح زمین بتواند چنین اثر مهمی در حرکت ماه داشته باشد ولی حقیقتی مسلم است.

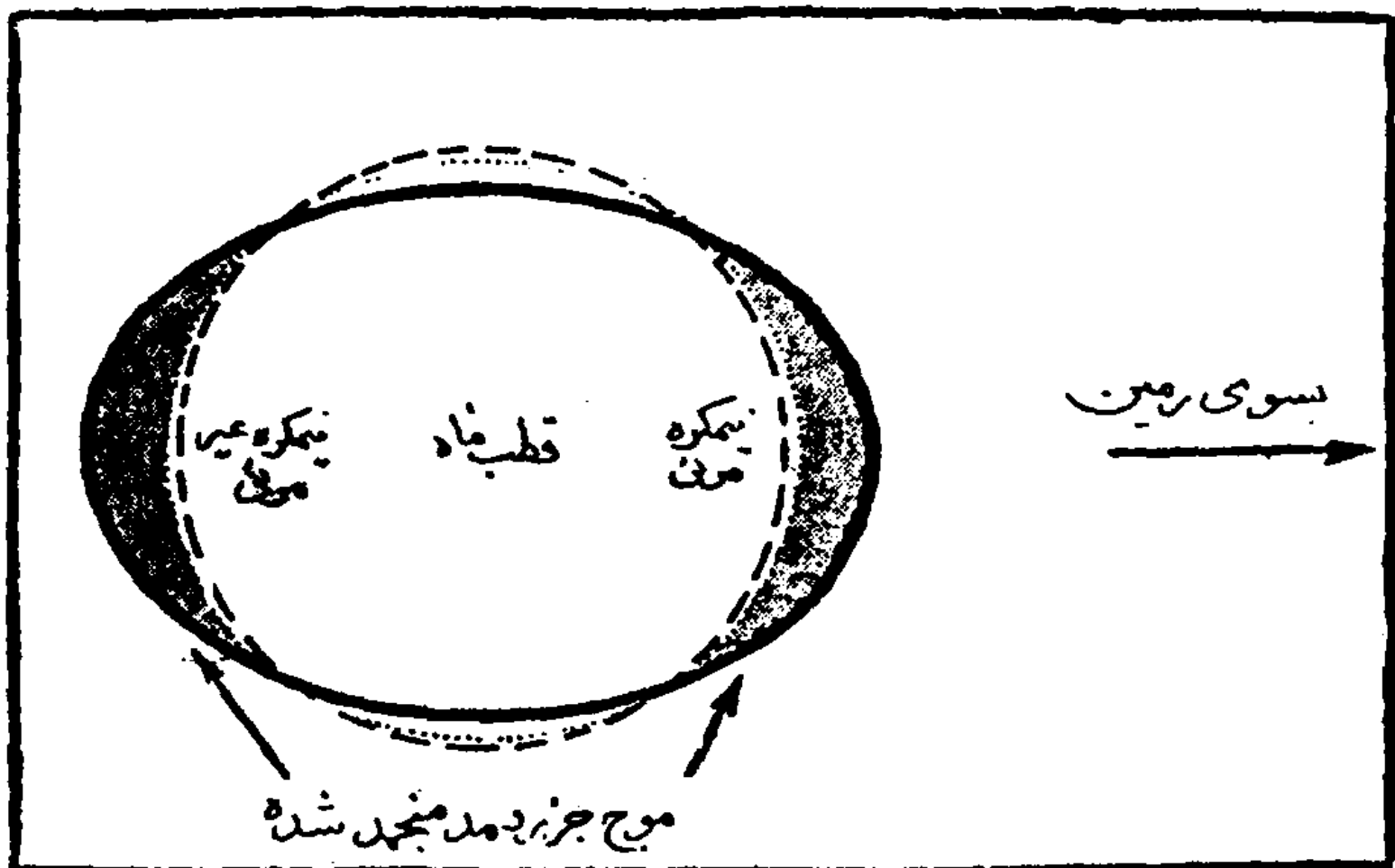
مطالعات بعدی که درباره اثر جزر و مد در حرکت ماه به عمل آمده همچنین نشان داده که ماه پس از آن که به فاصله‌ای چند برابر فاصله کنونی عقب نشینی کند مجدداً به زمین نزدیک می‌شود و به مجاورتش می‌رسد و خاتماً از هم پاشیده می‌شود ولی بحث درباره این مسئله را برای آخرین فصل کتاب

۱- راجع به مرحله پیشروی آب در طی تکامل زمین اطلاعات بیشتری در فصل هفتم داده شده است.

که آن را آینده منظومه سیارات می نامیم اختصاص می دهیم.

### جزر و مد در ماه

بلافاصله پس از جدا شدن ماه از زمین ، یعنی هنگامی که قسمت اعظم هر دو به حالت مایع بوده، جزر و مدهای بزرگی بایستی تحت اثر نیروی کشش زمین در سطح ماه بوجود آمده باشد و اصطکاک حاصل از این جزر و مد ها بایستی به طور دایم گردش ماه را به دور محورش کند کرده و خاتمه به قدری بطی ساخته باشد که ماه در طی مدارش همیشه فقط یک قسمت سطح خود را به طرف زمین نگه دارد . این حادثه گاهی سبب ایجاد افکار عجیب و غریب در باره «سطح دیگر» اسرار آمیز آن می شود . این پدیده چنان که دانسته شد درباره بسیاری از اقمار دیگر نیز صادق است مانند آن که حرکت انتقالی عطارد به دور خورشید به نحوی است که نیمکره ای از آن همیشه روز و نیمکره دیگر همیشه شب است.



شکل ۱۵ - شکل ماه (که با مقیاس بسیار بزرگی رسم شده) از قطبش دیده می شود . خط چین هامر بوط به استوای دایره شکل آن است . نقطه چین ها مربوط به تطویلی است که امواج جزر و مد بایستی تولید کرده باشند. خط کامل تطویل کنونی مشهود را نشان می دهد و مربوط به زمانی است که فاصله ماه و زمین ثلث فاصله کنونی بوده است .

از آنجا که نیروی جزر و مد با جرم جسم مورد تعرض متناسب است لذا جزر و مدهایی که تحت اثر نیروی جاذبه زمین در ماه ، که هنوز به حالت مایع بوده، به وجود آمده بایستی ۸۱ برابر بلندتر از جزر و مد آبهای



اقیانوسها باشد و چنانچه فاصله ماه تا زمین ، هنگامی که حالت مایع داشته ، به اندازه فاصله کنونی بوده ، ارتفاع جزر ومد بایستی به قریب ۵۰ متر رسیده باشد . مطالعه مشروح شکل ماه نشان می دهد که این کره در جهت زمین طویل تر است ، اما این طویل شدن قریب سی مرتبه بزرگتر از آن است که نیروهای جزر ومد توانسته اند در فاصله کنونی ایجاد نمایند . چون نیروهای جزر و مد با مکعب فاصله تناسب مستقیم دارند لذا باید چنین نتیجه بگیریم که این تطویل مشهود ، مربوط به زمانی است که فاصله ماه تا ما يك سوم فاصله کنونی بوده است (شکل ۱۵) . ظاهراً پیکر ماه در این مرحله از تکامل ، سخت تر از آن گشته که تحت تغییر شکل بیشتری واقع گردد و چون به علت افزایش فاصله ماه نیروهای مولد جزر و مد کاهش فراوان حاصل کرده اند . موج مدی «منجمد» گشت و از آن پس لایتغیر باقی ماند . وجود این «مد منجمد شده» حاکی از این است که پیکر ماه خیلی سخت تر از پیکر زمینی است که قشر جامد آن هنوز هم دستخوش تغییر شکل دائم می باشد . (به فصل ۵ و ۷ مراجعه شود .)

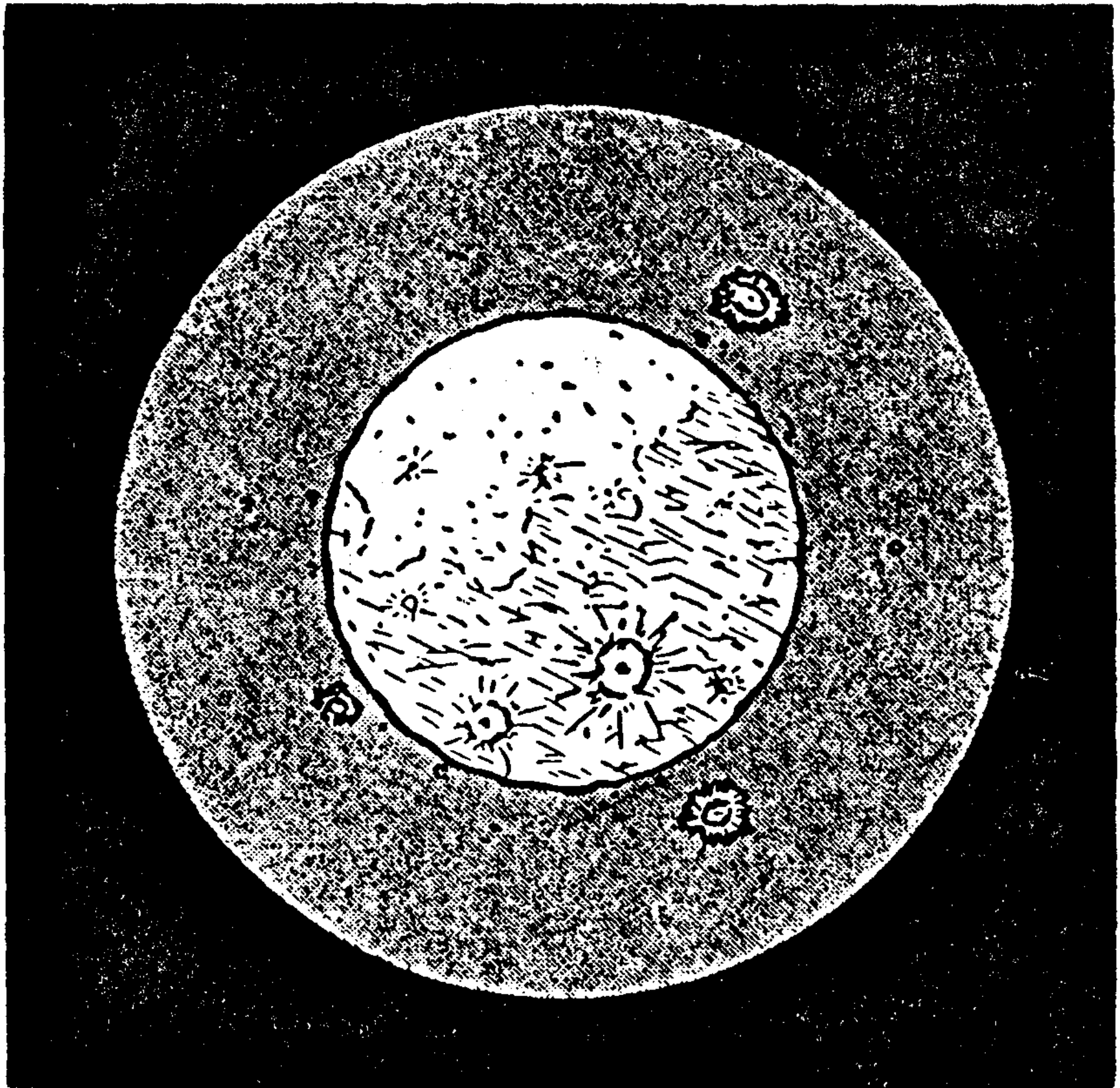
بنابراین به نظر مسلم می رسد که : قشر ماه ضخیم تر از قشر زمین است و ماه محتملاً تا مرکزش جامد است . نتیجه مذکور از اینجا به سهولت درك می گردد که چون جرم ماه کوچکتر است ، سرد شدن آن بایستی سریعتر صورت گرفته باشد .

بر کسی پوشیده نیست که در سطح ماه آب وجود ندارد اما اگر نصف سطح آن از اقیانوسها پوشیده شده بود ، جغرافیای آن منظره خاصی داشت و آن ، قاره تقریباً دایره شکلی بود که از انجماد موج جزر و مد حاصل گشته و درست در وسط قرص قمر قرار داشت . قاره دیگری نیز با همین ابعاد در نقطه متقاطع آن موجود بود . (شکل ۱۶) در این صورت عمق اقیانوسها کم می شد و حداکثر آن در حاشیه قرص مرئی ماه به ۷۵۰ متر می رسید ، در حالی که ارتفاع قارهها به تدریج که از ساحل دریا دور می شدند زیادتر می گشت و در ناحیه وسط از سطح دریا ۷۵۰ متر بلندتر بود .

چون قدرت انعکاس آب کمتر از سنگهای معمولی است ، در این صورت

۱- بر طبق قانون نیوتن نیروی جاذبه به نسبت عکس مربع فاصله تغییر می کند در صورتی که نیروی جزر و مد که معرف اختلاف نیروی جاذبه در دو طرف مخالف جرم است با مکعب فاصله متناسب است ،

سطح روشن قاره را در وسط ماه و محصور در حلقه بسیار تاریک آب می‌دیدیم. دانش‌آموزان که برای به‌خاطر سپردن تمام دریاها و خلیج‌ها و شبه جزیره‌ها و تنگه‌های سطح ذو حادثه زمین، این همه به مغز خود فشار وارد می‌آوردند حتماً چنین جغرافیایی را خیلی دوست می‌داشتند.



شکل ۱۶ - اگر در سطح ماه آب موجود بود، چیزی شبیه آنچه در بالا ترسیم شده در قرص ماه دیده می‌شد (به نقشه مراجعه شود) دایره روشن وسط، یکی از دو قاره ماه را نشان می‌دهد.

### روی ماه

روی مرئی ماه اختلاف زیادی با سطح سیاره مادارد، در صورتی که سطح زمین با وجود رشته کوه‌های متعدد، چین خورده است به نظر می‌رسد که

روی قمرش از جوشهای متعدد پوشیده می‌باشد. در حقیقت مشخص‌ترین علائم روی سنگی ماه دهانه‌های آن است که شباهت بسیاری به دهانه‌های آتشفشانی سطح زمین دارند ولی بسیار بزرگتر از آن می‌باشند. قطر بزرگترین دهانه آتشفشانی زمین از ۱۰ تا ۱۲ کیلومتر تجاوز نمی‌کند ولی دهانه‌های ماه غالباً ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتر قطر دارند و گاهی قطرشان از ۱۵۰ کیلومتر متجاوز می‌گردد. دهانه‌های ماه معمولاً حلقوی و محیطشان از حلقه‌ای از کوهها تشکیل یافته که ارتفاعشان به اندازه هفت کیلومتر از دشت اطراف بیشتر است. کف درون حلقه که از سطح دشت اطراف بالاتر یا پایین‌تر قرار دارد نسبتاً مسطح است. بعضی دهانه‌ها عمیق‌اند و برخی دیگر تا نزدیک حاشیه پیر شده‌اند. غالباً در وسط دهانه تعدادی قله دیده می‌شوند که ارتفاع آنها به اندازه کوههای اطراف حلقه است و گاهی سوراخ یا دهانه در راسشان نشان می‌دهند. در بعضی نواحی ماه، تراکم دهانه‌ها به قدری زیاد است که دهانه‌های جدید بخشی از دهانه‌های قدیم را می‌پوشانند و در آنها نفوذ کرده و وضع ساختمانیشان را تا حدی خراب می‌کنند: منظره کلی ماه، وضع درهم و برهم سنگهایی را نشان می‌دهند که جالبتر از اوضاع مشابهشان در زمین است.

درباره منشأ دهانه‌های ماه تحقیقات نظری فراوان به عمل آمده است. یکی از فرضیه‌های تشکیل دهانه‌های ماه این است که این دهانه‌ها نتیجه برخورد شهابهای ثاقب سنگینی به سطح ماه، البته در هنگامی است که هنوز قشر آن نرم بوده است. نظریه‌ای که درباره این تشکیلات خاص ابراز شده و احتمال بیشتر دارد این است که دهانه‌ها تحت اثر گازهایی به وجود آمده‌اند که از پیکر سنگی ماه در حین انجماد خارج گشته‌اند. اگر قبول کنیم که ماده مذاب زمین (در نتیجه مذاب ماه)، بخش بزرگی از گازها و بخارات اتمسفر کنونی و آب اقیانوسها را در بر داشته‌اند معقول به نظر می‌رسد. این گازها و بخارات در حین انجماد دائماً از سطح لزج ماه خارج شدند و حبابهای بزرگی ایجاد کردند که پاره گشته و دیواره‌های حلقوی از ماده مشکله قشر ماه در پشت سر خود باقی گذاشتند.

« زمین مانند آب حبابهایی دارد و این حبابها از آن جمله‌اند». این بیانی بود که بانکو (Banquo) در ذکر علت ناپدید شدن ناگهانی زن

۱- بلندی کوههای ماه را معمولاً از طول سایه‌ای که تولید می‌کند تخمین می‌زنند.

جادوگر به ماکبس (Macbethe) کرده است. بیان قهرمان داستان شکسپیر در باره پدیده عجیبی که مشاهده گردید، خواه غلط، خواه صحیح باشد به هر حال آنچه مسلم است آن است که آن اندازه که به منشأ دهانه ماه مربوط است جور در می آید. خواننده محترم می تواند جریانی را که در زمان خیلی گذشته در سطح ماه اتفاق افتاده در هنگام تهیه کاچی مشاهده کند و متوجه حبابها و دهانه هایی گردد که در سطح آن ایجاد می شود.

اکنون که خواننده عزیز پس از رفع خستگی فکری و احساس نشاط از مطبخ مراجعت کرده آماده آن است که راجع به سایر اوضاع سطح ماه اطلاعاتی به دست آورد. خارج از دهانه ماه، جالب ترین مشخصات سطح ماه چیزی است که «ماریا» (Maria) یا دریاهای ماه نامیده می شوند. این نام را کسانی که نخستین بار به رؤیت آن موفق شده اند و آنها را آبهای وسیع سطح ماه گمان کرده اند بر این تشکیلات گذاشته اند. این ماریاها در واقع دشتهای وسیع سنگی می باشند که وسعت زیادی از سطح ماه را فرا گرفته اند. بر طبق نظریه ای که مورد قبول همه است منشأ آنها موادی است که از فوران عظیم گدازه آتشفشانی حاصل شده است. این مواد در نواحی پست سطح اولیه ماده گسترده شده اند و هزارها دهانه قبلی را مدفون ساخته و سطح سنگی وسیع صافی به وجود آورده اند. این که تعداد کمی دهانه جدید در این دشتهای پهن سنگی پیدا می شود دلیل آن است که این فوران عظیم گدازه هنگامی صورت گرفته که ایجاد «دهانه های حبابی» پایان پذیرفته بوده است. بخش ماریا وقتی با بخشی که محل دهانه ها است مقایسه می شود تاریکتر به نظر می رسد. احتمال دارد این اختلاف به علت کمتر بودن خاصیت انعکاس گدازه ها یا نتیجه آن باشد که سطح سنگی صاف این دشتهای کمتر از سطح سنگی نامنظم قشر اولیه ماه، نور را پخش می سازد.

دهانه ها و ماریاها از جالبترین مناظر ماه می باشند ولی چند خط مستقیم دارای شیب نسبتاً زیاد نیز دیده می شود که بی شباهت به رشته کوههای زمین نیست. ندرت این گونه تشکیلات در سطح ماه نشانه آن است که انقباض مواد مشکله ماه نقش مهمی در تاریخ آن بازی نکرده است، در صورتی که به احتمال قوی ایجاد کوههای سیاره ما تحت اثر انقباض زمین صورت گرفته است. (به فصل ۶ مراجعه شود) شکافهای مستقیم متعددی نیز در سطح ماه وجود دارد که قریب چند متر عرض دارند ولی عمق آنها نامعلوم است. در بعضی موارد شکافها

صدها کیلومتر به طور مستقیم از کوهها و درهها گذر می کنند و احتمال دارد نشانه وجود شکافهای عمیقی در قشر قمر باشند. در بالاخره «شعاعهای» کم رنگ سطح ماه نیز از یدیدههای خاص آن است که از دهانهها منشعب گشته و صدها کیلومتر طول دارند. منشاء این شعاعها که هنگام بدر بخوبی آشکارند هنوز مجهول است.

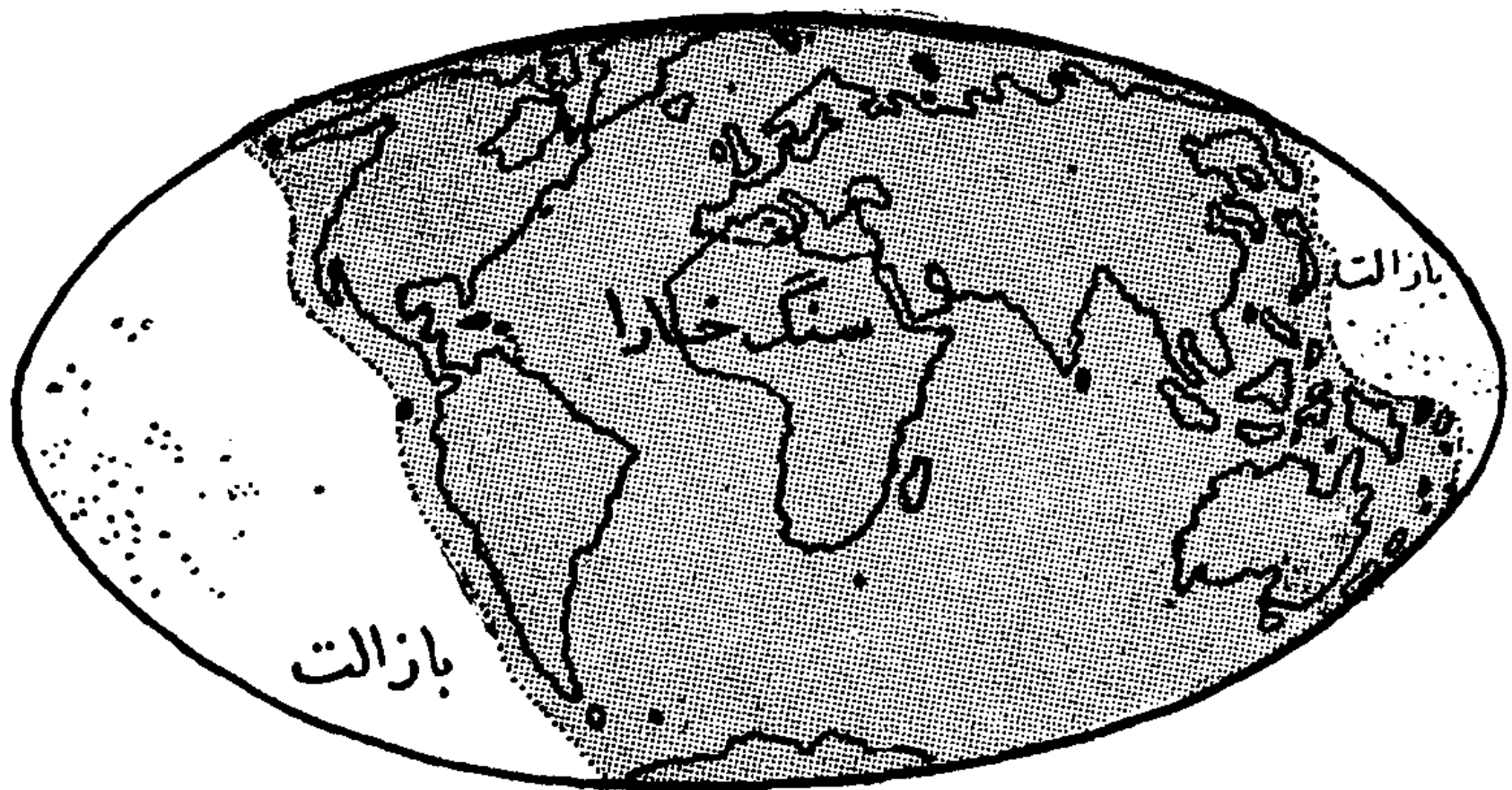
موضوع شایان توجه این است که سطح زمین تحت اثر عمل تخریبی آب و هوا دستخوش تغییر دایم است و خشکی آن تدریجاً تسطیح می شود ولی سطح ماه از دسترس این عوامل مخربه به دور است (تصویر ۴) و تقریباً بدون تغییر باقی می ماند و بدین طریق تاریخچه کامل تشکیل خود را به ما می نمایاند. شکی نیست که در حین انجماد سیارهها گازهایی از قشر آن خارج شده اند و دهانههای متعددی با همان مشخصات دهانههای ماه بوجود آورده اند ولی کلیه آثار آنها تحت اثر آب و هوا از بین رفته است ورشته کوههای کنونی خیلی دیرتر از آن تشکیل شده اند.<sup>۱</sup>

### نشانه گسیختگی

اگر ماه هنگامی از زمین جدا شد که این سیاره هنوز حالت مذاب کامل داشت، محل گسیختگی بایستی توسط مواد مایع پرمی گشت و هیچ اثری در روی پیکر سیاره باقی نمی گذاشت. درست مانند آن که وقتی سطلی آب از چاهی می کشند اثری باقی نمی گذارد. اما اگر در هنگام جدا شدن ماه، زمین از قشر جامدی پوشیده بود، ماه نوزاد، بایستی بخش عظیمی از این قشر سنگی را همراه برده و به جای آن نشانه آشکاری باقی می گذاشت. یک نظر اجمالی به نقشه زمین چنین نشانههای را در حوضه عمیق اقیانوس کبیر، که اکنون قریب ثلث سطح کل زمین را می پوشاند، آشکار می سازد. البته معقول نیست نتیجه فوق را فقط روی این اصل بگیریم که سطح اقیانوس کبیر وسیع است و تقریباً شکل دایره دارد بلکه زمین شناسان موفق به کشف دیگری شدند که مؤید این نظر می باشد که حوضه اقیانوس آرام حفره ای است که هنگام جدا شدن ماه از سطح زمین در قشر آن به جا مانده است.

چنان که قبلاً اشاره کردیم پوسته خارجی زمین لایه ای به ضخامت ۵۰

۱- یکی از تشکیلات مخصوص سطح زمین که شبیه دهانههای ماه است «دهانه مشهور سنک سماوی» اریزونا است که چنانکه از اسمش برمی آید نتیجه تصادم سنک سماوی نسبتاً بزرگی تصور می شود که اخیراً به زمین افتاده است.



شکل ۱۷ - نقشه بالا وسعت لایه سنک خارا را در زمین نشان می دهد  
(بخش سایه دار)

تا ۱۰۵ کیلومتر از سنک خارا است که روی لایه ضخیم تری از بازالت سنگین تر قرار دارد. این موضوع درباره تمام قاره ها و همچنین در بخشهایی از زمین که در زیر آبهای اقیانوس اطلس و هند و اقیانوس شمالی قرار دارند صادق می باشد. (شکل ۱۷) لایه سنک خارا در نقاط اخیر خیلی نازکتر است. اما وسعت عظیم اقیانوس پهناور آرام یکی از استثنای جالب است به طوری که حتی یک قطعه سنک خارا در هیچ یک از جزایر بیشماری که در این اقیانوس پراکنده اند هرگز یافت نشده. شکی نیست که ته اقیانوس کبیر منحصرأ از بازالت ساخته شده است. مثل این که یک دست کیهانی تمام لایه خارایی را از همه نقاط این منطقه وسیع برداشته است. از این گذشته حوضه اقیانوس کبیر به خلاف سایر اقیانوسها در حلقه های از رشته کوهها محصور است (کوردیلر - کامچاتکا جزایر ژاپن - زلاند جدید) که فعالیت های آتشفشانی فراوان دارد و به نام «حلقه آتش» شناخته شده است. این موضوع نشان می دهد که حاشیه تقریباً دایره شکل اقیانوس کبیر رابطه دقیقی با ساختمان تمام قشر زمین دارد و مانند سایر اقیانوسها فقط به خطوط ساحلی مربوط نمی باشد. بنابراین احتمال زیاد دارد که وسعتی که اکنون به وسیله اقیانوس کبیر اشغال شده همان محلی است که برجستگی عظیم ماده مشکله ماه از آنجا از زمین گسیخته شده است.

همه این مطالب مؤید آن است که هنگام جدا شدن ماه از زمین سیاره ما پوسته نازک جامدی از سنک خارا داشته است. چون احتمال دارد شکافهایی نیز در بخشی از زمین که نقطه متقاطر این ناحیه را می پوشانده، ایجاد

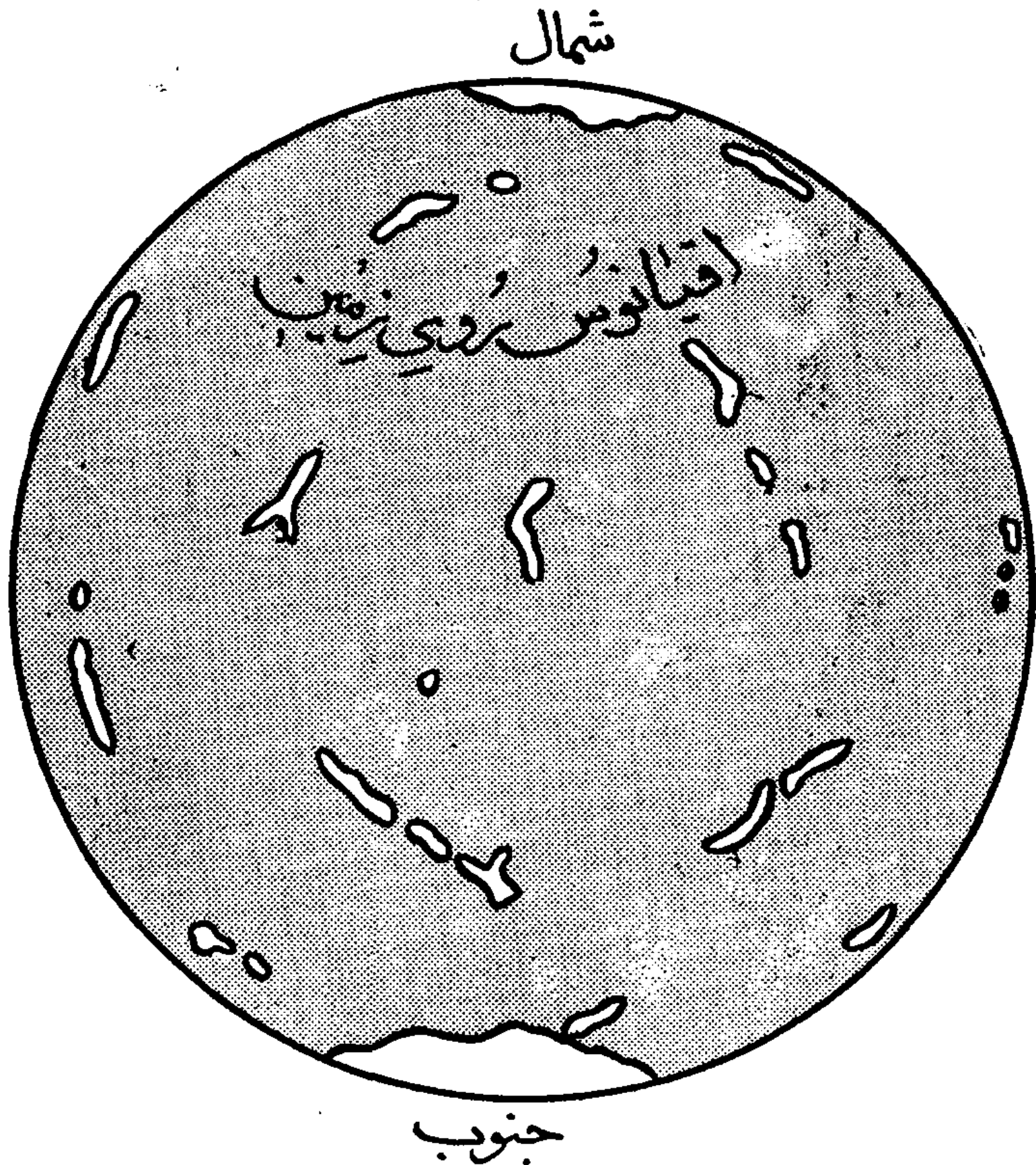


شده باشد، ممکن است قطعات آن از یکدیگر جدا گشته و حوضه‌های اقیانوس‌های کوچک را تشکیل داده باشند. در حقیقت چنانکه بعداً خواهیم دید (فصل ۷) به طوری که آلفرد وگنر Alfred Wagner برای نخستین بار اشاره کرده است، وضع خطوط ساحلی اقیانوس اطلس و هنداین فکر را قویاً تأیید می‌کند که زمانی قاره اروپا و آسیا و دوقاره آمریکا و قاره استرالیا، قاره‌ای منفرد تشکیل می‌داده‌اند. وجود سنک خارا در ته اقیانوس‌هایی که از وسیع شدن شکاف بین قاره‌ها حاصل شده‌است با این فرضیه به سهولت بیان می‌شود که بخش تحتانی تر سنک خارا در آن موقع تا اندازه‌ای لزج بوده (مانند خمیر نان) و به درون لایه نازکتری که ته شکاف‌ها را می‌پوشانیده کشیده شده است. مؤید نتیجه فوق مثلاً اینست که آتشفشان‌های دوره‌های گذشته معرفه الارضی هنوز مقادیر فراوان سنک خارا خارج می‌ساخته‌اند در حالی که از آتشفشان‌های کنونی فقط بازالت مذاب خارج می‌گردد. این موضوع نشان می‌دهد که لایه تحتانی سنک خارا هنوز کاملاً منجمد نشده بوده است.

لذا تصور این موضوع که محتملاً همه اوضاع جغرافیایی زمین به علت وقوع تولد ماه است بسیار شگفت‌انگیز است. در حقیقت اگر سیاره ما اساساً بدون وقوع امری غیرعادی یا حادثه‌ای ناگهانی سرد می‌گردید محققاً اکنون از لایه‌های منظم متحدالمرکز موادی ساخته شده بود که به تناسب وزن مخصوص نسبی خود دور یا نزدیک مرکز زمین قرار داشتند. در این صورت سطح زمین کاملاً صاف می‌شد و همه آن از اقیانوس وسیع دارای عمق ثابت پوشیده می‌گردید. وقتی پیکر زمین بعداً سرد می‌شد رشته کوه‌های طویلی بسیار شبیه جزایر ژاپن سر از اقیانوس بدرمی‌کردند. چنین سطح فرضی زمین منظره غیر مأنوسی داشت که همه‌جای آن را اقیانوس فرا گرفته بود فقط در نقاط مختلف آن تعداد زیادی «ژاپن» به انواع و اقسام گوناگون موجود می‌گردید (شکل ۱۸). برای به وجود آمدن نوع زمینی که فعلاً موجود است یعنی زمینی که در آن سنک خارا به صورت قاره‌های عظیم بسیار وسیع صاف بین مواد سنگین تر متعلق به اعماق بیشتر جای گرفته است، وقوع یک گسیختگی الزامی بود و جدا شدن ماه بهترین توجیهی است که درباره وقوع آن شده است.

در فصل آینده به این موضوع مهم که سطح زمین چگونه وضع فعلی را به خود گرفته مجدداً صحبت خواهیم کرد ولی در اینجا فقط به طرح این سؤال اکتفا می‌کنیم که آیا آثاری از این گسیختگی در سطح ماه نیز پیدا

می‌گردد؟ مسلماً جواب دادن به این سؤال اقل تا موقعی غیرممکن است که زمین‌شناس حادثه جویی چکش و مته‌اش را بردارد و با ناو فشفشای یا گلوله توپ هیولایی بر قابت داستان معروف ژولورن (Jules Verne) به سوی ماه حرکت کند. به علاوه اطلاعات مستقیم ما از ماه فقط بشناختن اوضاع سطحی از آن محدود است که مرئی می‌باشد. ممکن است تصور شود که ماریای ماه (که چنانکه قبول کردیم نتیجه انفجار شدید مواد درونی در دوره‌های گذشته بوده) در همان موقعی تشکیل گردیده که حوضه اقیانوس کبیر زمین به وجود آمده



شکل ۱۸ - اگر زمین ماه را نمی‌زائید سطحش چیزی شبیه این به نظر می‌آمد. است و بخش روشن‌تر ماه قطعاتی از قشر اولیه زمین می‌باشد که ماه همراه خود برده است. گرچه چنین فرضیه‌ای جالب به نظر می‌رسد ولی خیلی هم معقول نیست زیرا قشر خاراایی که زمانی سطح اقیانوس کبیر را پوشانیده بود



پنج مرتبه از سطح کلی ماه بزرگتر است ولی در عین حال غیر ممکن هم به نظر نمی‌آید که بعضی از قطعات قشر اولیه که با ماه برده شده اند روی هم قرار گرفته باشند و لایه‌های ضخیم و نازک سنک‌خارا تشکیل داده باشند و مواد مذاب داخلی ماه که بعداً خارج گشته اند روی لایه‌های نازک را پوشانیده باشند . اما همه این مطالب تا مدت مدیدی در دایره تخیل صرف محدود خواهند ماند.

## فصل چهارم

# خانواده سیارات

### سیاره شناسی مقایسه‌ای

پیش از آنکه به موضوع اصلی این کتاب یعنی سیاره خودمان بپردازیم بهتر آن است نظری به سایر اعضای خانواده منظومه شمسی بیفکنیم و مشخصات ظاهری آنها را با زمین مقایسه کنیم. این عمل «سیاره شناسی مقایسه‌ای» نامیده می‌شود. به همان گونه که تشریح مقایسه‌ای به زیست‌شناسی کمک می‌کند که بدن انسان را با مقایسه به بدن پشه و فیل بهتر بشناسند، این عمل به ما کمک خواهد کرد که اختصاصات سیاره خودمان را بهتر درک کنیم.

چنانکه می‌دانیم بعضی سیارات نظیر عطارد در مقایسه با زمین، به قدری کوچکند که نیروی جاذبه آنها کمتر از حدی است که بتواند هوای جو آنها را نگهدارد. از این رو همه جوائنگونه سیارات بلافاصله پس از تشکیلشان در فضای بین سیارات منتشر گردیده است.

از آن گذشته، عطارد به قدری به خورشید نزدیک است که گرمای سطحش باید غیر قابل تحمل باشد تا به حدی که در سطحی از عطارد که روی خورشید است سرب ذوب می‌گردد.

در مورد مشتری که دورتر قرار دارد، خورشید نمی‌تواند حتی در گرمترین بعد از ظهرهای تابستان حرارت سطحش را از ۹۰- درجه بالاتر برد. در استوای این سیاره عظیم، در همه وقت سال می‌توان گلوله برف انداخت (به شرط آنکه شخص نیروی کافی برای انداختن آن داشته باشد زیرا

گلوله برف به علت جاذبه قوی مشتری بسیار سنگین خواهد بود ( مهمتر آنکه شخص در حین بازی در برف در ماسکی از گاز محصور خواهد بود زیرا جرم مشتری به آن اندازه نیروی جاذبه به ذرات گاز می دهد که برای نگهداری يك جو متراکم و سمی کافی می باشد .

### ملکولهای فراری

برای درك اینکه چگونه سیارات جو خود را از دست می دهند باید به خاطر آوریم که فرق حالت گازی و مایع و جامد در این است که مولکولهای گاز آزادند و لاینقطع به جلو و عقب در مسیری شبیه خط منکسر به سرعت حرکت می کنند و با یکدیگر تصادم می نمایند در حالی که مولکولهای مایعات و جامدات با نیروی قوی جاذبه ذرات ، به یکدیگر بستگی دارند . بنابراین اگر گازی از همه طرف در دیوار غیر قابل نفوذی محصور نباشد مولکولهایش به همه طرف پراکنده خواهند شد و گاز به وضع نامحدودی در فضای اطراف منتشر خواهد گردید .

البته در مورد جو خودمان که پوششی شیشه‌ای در اطراف آن وجود ندارد جاذبه زمین مانع انتشار نامحدود آن می گردد. مولکولهای هوا که در خلاف جهت نیروی جاذبه یعنی به طرف بالا حرکت می کنند باید به زودی سرعت عمودی خود را از دست بدهند درست به همان طریقی که گلوله‌های معمولی وقتی رها می شوند در هوا از سرعت می افتند . بدیهی است که اگر نوعی «توپ بسیار نیرومند»<sup>۱</sup> به کار می بردیم که می توانست گلوله‌ای را با چنان سرعت اولیه‌ای رها کند که از قلمرو جاذبه زمین دور سازد ، این گلوله به فضای بین سیارات فرار می کرد و هرگز روی زمین مراجعت نمی نمود . از روی مقدار نیروی جاذبه معلوم در سطح زمین ، می توانیم به سهولت حساب کنیم که این «سرعت فرار» ۱۱٫۲ کیلومتر در ثانیه یعنی چندین برابر سرعت گلوله‌های توپ‌های دارای بزرگترین کالیبر توپخانه جدید است . سرعت فرار در يك سیاره مفروض به جرم ماده‌ای که پرتاب می شود بستگی ندارد . این سرعت برای گلوله توپهای بزرگ که يك تن یا بیشتر وزن دارند و هم چنین برای کوچکترین مولکولهای هوا یکی است . علت این امر آن است که انرژی سینتیک ماده پرتاب شده و نیروی جاذبه‌ای که روی آن اثر می کند هر دو به جرمش بستگی دارند .

بدین ترتیب برای تعیین اینکه مولکولهای جو می توانند از زمین

فرار کنند یا نه باید سرعت حرکتشان را بدانیم . علم فیزیک نشان می‌دهد که سرعت مولکول‌ها با حرارت گاز افزایش حاصل می‌کند و هرچه عنصری سنگین‌تر باشد سرعت مولکولش کمتر است . مثلاً در درجه انجماد آب ، سرعت مولکولی ئیدروژن و هلیوم و بخار آب و ازت و اکسیژن و انیدرید کربنیک به ترتیب ۱۰۸ و ۳۰ و ۶۰ و ۵۰ و ۴۵ و ۴۰ کیلومتر در ثانیه است . درصد درجه این سرعت ۱۷ درصد افزایش می‌یابد و در ۵۰۰ درجه تا ۶۸ درصد زیاد می‌شود . اگر این اعداد با ۱۱ و ۲ کیلومتر در ثانیه که برای فرار مولکول‌های جو زمین لازم است مقایسه گردند خواننده محترم به این عقیده متمایل خواهد شد که هیچیک از این گازها هرگز نخواهند توانست از جو ما فرار کنند .

نتیجه فوق کاملاً صحیح نیست زیرا سرعت‌های مولکولی که در بالا اشاره شدند منحصراً سرعت متوسط اند . منظور آن است که گرچه بیشتر مولکول‌ها با این سرعت در حرکتند معیناً همیشه تعداد کمی مولکول نیز وجود دارند که سریع‌تر یا کندتر حرکت می‌کنند . تعداد نسبی مولکول‌هایی که حرکت سریع یا بطی دارند از روی قانون توزیع جمز کلاک ماکس ول (James Clerk-maxwell) به دست می‌آید . وقتی قانون توزیع ماکس ول را برای به دست آوردن نسبت مولکول‌هایی که دارای سرعت لازم برای فرار از زمین می‌باشند به کار می‌بریم کسر اعشاری بی‌نهایت کوچک خنده‌آوری به دست می‌آید که پس از اعشار دو بیست صفر دارد . اما چون همیشه مولکول‌هایی وجود دارند که می‌توانند فرار کنند و به این عمل مبادرت می‌ورزند ، جای آنها را مولکول‌های دیگری می‌گیرند که قبلاً حرکت کندتری داشته‌اند . تعداد نسبی اینگونه مولکول‌های «فراری» در صد قسمت برای مولکول‌های ئیدروژن که سرعت متوسط بیشتری دارند بسیار زیاد می‌باشد ، در صورتی که برای مولکول‌های انیدرید کربنیک که سرعت متوسط کمتری دارند ، کمتر است .

بدین ترتیب ملاحظه می‌کنیم که جو سیارات تحت اثر فرار مولکول‌ها تدریجاً تصفیه می‌شود . بدین معنی که مقدار زیادی گازهای سنگین‌تر پس از فرار کامل گازهای سبک‌تر باقی می‌مانند .

راجع به «جوهای از دست رفته» مسئله این نیست که سیاره‌ای می‌تواند

جوش را از دست بدهد یا نه (هر سیاره‌ای اگر فرصت کافی داشته باشد می‌تواند جوش را از دست بدهد) بلکه موضوع اینجا است که سیاره‌ای توانسته باشد در طی دوره وجودش جوش را از دست بدهد.

### جو سیارات و ماه‌ها

چنانکه محاسبه نشان می‌دهد، احتمال دارد زمین بیشتر ئیدروژن و هلیوم جوش را در طی دومیلیارد سالی که از تولدش می‌گذرد از دست داده باشد، ولی مولکول‌های سنگین‌تر یعنی ازت و اکسیژن و بخار آب و انیدرید کربنیک به مقدار زیاد باقی مانده‌اند. این امر نشان می‌دهد چرا ئیدروژن عملاً در جو ما وجود ندارد و فقط به صورت ترکیب در آب و بعضی مواد مرکب دیگر باقی مانده است. با وجود اینکه قراین نجومی و فورگاز بی اثر هلیوم را، که هیچگونه ترکیب شیمیایی نمی‌دهد، در خورشید که منشأ زمین است مدلل می‌دارد، امر فوق نیز مبین ندرت این گاز در سیاره ما است.

برای رعایت ادب، اکنون به مطالعه زهره می‌پردازیم، این سیاره پس از زمین کوچکترین سیاره است (سرعت فرارش ۱۰۷ کیلومتر در ثانیه می‌باشد، یعنی فقط اندکی از سرعت زمین کمتر است. بنابراین باید انتظار داشته باشیم که زهره دارای جوی باشد که کمی از جو زمین رقیق‌تر است و حاوی مقدار زیادی آب است چون زهره از ما به خورشید نزدیکتر است و مقدار بالنسبه زیادتری از انرژی تشعشع خورشید بدان می‌رسد لذا بیشتر این آب باید به صورت ابرهایی موجود باشد که روی خداوند عشق را مخفی ساخته و برای همیشه آن را از دیده ما به دور نگهداشته است. این نقاب ابری که تحت اثر نور خورشید روشن است، سطح زهره را بسیار شفاف می‌کند و آن را درخشنده‌ترین سیارات جلوه گر می‌سازد. (تصویر ۵ الف)

در مورد مریخ نیز که سیاره کوچکتر بعدی است و سرعت فراری معادل ۵ کیلومتر در ثانیه دارد باید انتظار داشته باشیم جو خیلی رقیق‌تری از جو ما داشته باشد و نتایجی که از مشاهده مستقیم حاصل شده با آنچه انتظار می‌رفت توافق دارد (تصویر ۶ - دو عکس از مریخ را نشان می‌دهد که نیمی از سیاره با اشعه‌های بنفش و نیم دیگر با اشعه‌های قرمز عکس برداری شده است). چون اشعه‌های فوق بنفش به مقدار فراوان در فضا پخش می‌گردد لذا در آن نیمه جزئیات سطح ستاره ابداً نشان داده نمی‌شود و تصویر حاصل در واقع عکسی از جو مریخ می‌باشد. بامقایسه این نصف تصویر با نصف دیگر که با

اشعه زیر قرمز گرفته شده و تحت اثر جو ، قرار نگرفته می توانیم حد جو این سیاره را مشاهده کنیم . یکی دیگر از دلایل وجود جو در مریخ ابرهایی است که گاهی به صورت لکه های کوچک سفید در سطح سیاره (تصویر ۵ب) می تواند دیده شود . این ابرها خیلی رقیقتر از ابرهای زمین اند و از اینجا باید چنین نتیجه بگیریم که آب در سطح رب النوع جنگ کمیاب تر است . اگر چه علامات مشخص ، وجود آب را در سطح مریخ معلوم می دارند ، مع هذا اقیانوسهای بزرگی شبیه اقیانوسهای ما ، در آن موجود نمی باشند و احتمال دارد در آنجا آب به صورت مردابها و دریاچه های کم عمق وجود داشته باشد . حالا به سراغ کوچکترین سیارات یعنی عطارد می رویم «جرم این سیاره ۲۴ مرتبه از جرم زمین کوچکتر است و سرعت فرارش ۳٫۵ کیلومتر در ثانیه می باشد . هیچ مولکول گازی نمی تواند بیش از دو قرن روی چنین سیاره کوچکی باقی بماند . تمام جو عطارد بایستی همراه آب موجود در آن به محض خروج از قسمتهای داخلی در حین سرد شدن این سیاره ، از دست رفته باشد .

چنین وضعیتی با شدت بیشتری در ماه (که سرعت فرارش ۲٫۴ کیلومتر در ثانیه است) و همچنین در تمام ماهها و خرده سیارات دیگر حکم فرما است . تذکر این نکته خالی از تفریح نیست که نیروی جاذبه خرده سیاره استروئید به قدری کم است که اگر سنگی در آن با تیر کمانی به بالا پرتاب شود همچنان به مسیر خود ادامه می دهد و هرگز بر نمی گردد !

وقتی به سیارات بزرگتری نظیر مشتری و زحل و اورانوس و نپتون که سرعت فرارشان به ترتیب ۶۱ و ۳۷ و ۲۱ و ۲۲ کیلومتر در ثانیه است می رویم اوضاع و احوال آنها را کاملاً متفاوت می بینیم . جو این سیارات بزرگ نه فقط اکسیژن و ازت و بخار آب و انیدرید کربنیک در بردارد بلکه بیشتر ئیدروژن و هلیومی را که در آغاز موجود بوده است نیز حاوی می باشد .

چون ئیدروژن خیلی بیشتر از اکسیژن در خورشید وجود دارد و در این سیارات بزرگ هم جریان امر چنین است لذا همه اکسیژن به صورت

۱ - در پلوتو نیز که اندکی از عطارد بزرگتر است باید انتظار داشته باشیم که کلیه جوش از بین رفته باشد . به علاوه حرارت سطحش به علت دوری از خورشید باید در حدود صفر مطلق (۲۷۳٫۱ - سانتی گراد ، ۴۵۹٫۶ - فارنهایت) باشد .

ترکیب در آب وجود دارد و به هیچوجه در جوی که کلا از ازت و ئیدروژن و هلیوم تشکیل شده موجود نمی باشد. ضمناً چون ئیدروژن فراوان است باید انتظار داشته باشیم که با کربن و ازت ترکیب گشته گاز سمی مرداب یعنی متان و ترکیب فرار امونیاک بوجود آورده و به حد اشباع در جو سمی موجود باشد. وقتی نور منعکس شده خورشید را که از این سیارات بزرگ می رسد تجزیه می کنیم خطوط جذبی و اضحی نشان می دهد که دال بوجود این گازها است. از طرف دیگر تجزیه نور این سیارات با منظار الطیف هیچ قرآینی که دلیل بوجود اکسیژن و انیدرید کربنیک باشد نشان نمی دهد و چنان که می دانیم بدون این دو گاز زندگی کاملاً غیر ممکن است! بخار آب نیز که باید قاعده در این سیارات موجود باشد وجود ندارد. علت این امر خیلی واضح است زیرا درجه حرارت سطح این سیارات به قدری پایین است (به سبب فاصله زیادی که از خورشید دارند) که آب به صورت برف و یخ رسوب می کند.

تصاویر ۷ و ۸ عکس مشتری و زحل را نشان می دهند. علاداتی که در قرص آنها دیده می شود مربوط به جو آنها است و تاکنون چشم انسان نتوانسته است تا اعماق قشر جامد این سیارات نفوذ کند.

### شرایط زندگی در سیارات

وقتی درباره امکان وجود حیات در سایر سیارات بحث می کنیم به موضوع حساسی بر می خوریم زیرا حقیقتاً نمی دانیم حیات چیست یا چه موجودات زنده ای غیر از آنچه در روی زمین وجود دارند ممکن است موجود باشند بیشک غیر ممکن است هیچ نوع جاننداری بتواند در حرارت ذوب سنگها (۱۰۰۰ درجه) و صفر مطلق (۲۷۳-۱) که در آن همه مواد حالت جامد به خود می گیرند موجود باشد. این دو درجه ای که اختیار کردیم دو حد نهایی حرارت است. اما اگر موجودات زنده معمولی روی زمین را مآخذ قرار دهیم می توانیم حدود فوق را به حرارتی تقلیل دهیم که آب یعنی عنصر اصلی مشکله ماده آلی به حالت مایع وجود دارد. البته بعضی باکتریها در آب جوش هم بدون کوچکترین آسیبی تا مدتی زنده می مانند. خرسهای قطبی و اسکیموها نیز در نواحی یخبندان دایم، زندگی می کنند. اما در مورد اول مرگ باکتریها فقط به زمان بستگی دارد و در مورد دوم با موجوداتی عالی سروکار داریم که با پوشش انبوه بدن و اکسیداسیون فراوان داخلی بدن خود را گرم

نگه می‌دارند . از آنچه راجع به تکامل حیات از ساده‌ترین صورت آن می‌دانیم ، این نتیجه حاصل می‌شود که اگر آب اقیانوسها حالت جوش یا یخ می‌داشت بدون شك حیات به وجود نمی‌آمد و تکامل نمی‌یافت .

البته می‌توانیم انواع سلولهای زنده دیگری تصور کنیم که در آنها سیلیسیوم جای کربن را بگیرد . سیلیسیوم سبب می‌شود که اینگونه سلولها بتوانند حرارت خیلی زیادتری را تحمل کنند . به همین طریق می‌توانیم موجوداتی به تصور آوریم که در آنها الکل نقش آب را بازی کند در این صورت در حرارت یخ‌بندان نیز منجمد و سخت نمی‌گردند . اما اگر وجود چنین موجودات زنده‌ای امکان داشته باشد تازه فهم این مسئله مشکل می‌شود که چرا چنین جانوران و گیاهان «الکلی» در نواحی قطبی ما پیدا نمی‌شوند و چرا در آبهای جوش آبفشانها اساساً « موجودات زنده سیلیسیوم دار » یافت نمی‌گردند ؟ بنابراین به احتمال قوی شرایطی که در آن حیات امکان‌پذیر است از نظر اوضاع کلی در تمام عالم نباید باشرايطی که در روی زمین موجود است اختلاف داشته باشد . با قبول چنین فرضی اکنون به تحقیق شرایط حیات در سیارات مختلف منظومه شمسی می‌پردازیم .

باز دیدمان را از خارجی ترین سیارات بزرگ منظومه شمسی آغاز می‌کنیم . باید قبول کنیم که امکان وجود در این اجرام بزرگ خیلی کم است زیرا چنان که می‌دانیم این سیارات خیلی دور از خورشید قرار دارند و برودت کامل در آنها حکمفرماست و حیات نمی‌تواند در آنها وجود داشته باشد به علت این که جو سمی آنها انیدرید کربنیک و رطوبت در بر ندارد .

بین سیارات کوچک که نزدیکتر قرار دارند عطارد نه فقط فاقد آب و هوا است بلکه آنقدر به خورشید نزدیک است که حرارت رویی از آن که روز است به قدری زیاد است که سرب را ذوب می‌کند . یادآوری این نکته بی‌مناسبت نیست که فقط يك نیمکره عطارد روز است زیرا اثر جزر و مد خورشید در زمان قدیم حرکت آن را چنان کند ساخته است که همیشه يك روی آن متوجه جرم عظیم مرکزی یعنی خورشید است . شب همیشگی نیمکره دیگر عطارد حرارتی دارد که از حد یخ زدن آب کمتر است گرچه در آنجا آبی وجود ندارد تا یخ ببندد . نه ، حیات نمی‌تواند در عطارد وجود داشته باشد .

بنابراین دوسیاره زهره و مریخ یعنی همسایه داخلی و خارجی زمین در



منظومه شمسی باقی می‌مانند که هر دو سیاره جوی شبیه جوما دارند و قراینی نیز دال بر وجود مقدار کافی آب در آنها موجود است .

اما راجع به گرمای سطح این دو سیاره. زهره قاعدتاً باید تا حدی گرمتر و مریخ تا اندازه‌ای سردتر از زمین باشد . قشر ضخیم ابردایمی که سطح زهره را تاریک می‌سازد، تخمین زدن حرارت زمین زیر آن را مشکلتر می‌سازد ولی دلیلی وجود ندارد که حرارت و رطوبت سطح زهره را مثلاً از حرارت و رطوبت ناحیه کلمبیای واشنگتن در ایام وزش بادهای گرم اقیانوس بدتر بدانیم . در نیمکره تاریک زهره ، به علت پایین بودن جریانهای هوایی، هوا باید کاملاً صاف و شبها سردتر باشد . این آسمان صاف باید فرصتی به ما بدهد تا به مشاهده ساختمان سطح سیاره توفیق یابیم ولی بدبختانه زهره مانند زنان محجوب حجابش را فقط در تاریکی بر می‌دارد. اشکال رؤیت سطح زهره به دست آوردن اطلاعات دقیقی از چگونگی گردش این سیاره را نیز مشکل می‌سازد. معهداً چنان که از مطالعات اخیر نتیجه شد در یک روز زهره معادل چند هفته زمین است اما چون مدت حرکت انتقالی زهره به دور خورشید ۳۲ هفته است ، می‌توان گفت که در آنجا روز و شب به دنبال هم حاصل می‌شود. گر چه آنچه از زهره می‌دانیم روی هم رفته دلگرم کننده نیست با وجود بر این می‌توان چنین استنباط کرد که اقلام مکرر است نوعی صور خیالی در زهره موجود باشد .

این که آیا حقیقتاً جاننداری در زهره وجود دارد یا نه خود موضوع کاملاً جداگانه‌ای است که در نظر اول بلا جواب می‌ماند. زیرا کسی تا کنون سطح این سیاره را ندیده است. ممکن است از تجزیه منظر الطیفی جو موفق گردند از وجود موجودات زنده در آن اطلاعاتی کسب کنند. وجود بعضی اقسام گیاهان در سطح سیاره با وفور اکسیژن در جوملازمه دارد زیرا کار اصلی گیاهان این است که انیدرید کربنیک هوا را تجزیه کنند، کربنش را برای نمو خود مصرف نمایند و اکسیژنش را آزاد سازند . چنان که بعداً خواهیم دید احتمال دارد تمام اکسیژن سطح زمین بر اثر همین عمل گیاهان بوجود آمده باشد.

**اگر حادثه‌ای ناگهانی سبب شود هزاره سرسبز و جنگلهای سطح زمین از بین بروند اکسیژن جو به زودی تمام خواهد شد . زیرا در اکسیداسیون های مختلف به مصرف می‌رسد . با وجود آن که دانشمندان می‌توانند مقدار کم اکسیژن یعنی یک هر ارم اکسیژنی را که در جو ما وجود دارد تشخیص بدهند**

معهدنا تجزیة منظارالطیفی جو زهره اکسیژن آزادی را نشان نمی دهد . از این موضوع چنین نتیجه می گیریم که در سطح زهره اشجار زیادی وجود ندارد بدون گیاه نیز زندگی جانوران مشکل است، زیرا جانوران نمی توانند با خوردن یکدیگر روزگار بگذرانند و بعلاوه اکسیژنی برای تنفس آنها وجود ندارد .

بنابراین با وجود آن که شرایط نسبتاً مساعدی در سطح زهره وجود داشته، کاملاً محقق است که حیات نتوانسته است به علیی در سطح آن ظاهر گردد . این فقدان ممکن است به علت وجود ابرضخیمی در نیمکرهٔ روز آن باشد که مانع رسیدن اشعه لازم خورشید برای رشد گیاهان است .

### روی لم یزرع مریخ

همسایهٔ خارجی ما مریخ تنها سیاره ای است که سطحش را نسبتاً واضح می توان دید . بنابراین دربارهٔ این سیاره اطلاعات بیشتری از مجموع سایر سیارات موجود می باشد. وقتی مریخ بیش از همه به زمین نزدیک می شود فاصلهٔ آن ۵۵،۷۰۰،۰۰۰ کیلومتر است . جو آن روشن و شفاف است و گاهی نیز ابرهایی دارد ( تصویر ۶ - ث ) تجزیة منظارالطیفی جوش وجود اکسیژن و انیدرید کربنیک و رطوبت را آشکار می سازد. علیهذا دلیل وجود گیاهان فراوان و امکان زندگی حیوانی در این سیاره موجود است .

اما چون سرعت فرارش نسبتاً کم است، جو مریخ خیلی رقیق تر است و فشار جو در آن  $\frac{1}{4}$  فشار جو زمین است. اگر انسان بتواند روزی به مریخ دسترسی پیدا کند به جوی می رسد که خلبانان هواپیماها در ارتفاعات زیاد معمولاً بدان می رسند. آنچه ظاهر معلوم است آن است که مریخ مقداری از آب سطح خود را از روز تشکیل تا کنون از دست داده ولی همهٔ آب این سیاره ازین نرفته بلکه احتمال دارد که آب و هوای آن خیلی خشک باشد .

وقتی با تلسکوپ به مریخ می نگرند بیشتر سطحش صاف به نظر می رسد و ورشته کوههای قابل توجهی نظیر آنچه در زمین دیده می شود در آن مرئی نمی باشد! معهدنا علامات دایمی مخصوصی در سطح آن دیده می شود که نشانهٔ وجود منظرهٔ مشخصی از خشکی است. پنج هفتم سطح مریخ به رنگ قرمز نارنجی است و سیاره را قرمز جلوه گرمی سازد. قدما روی این اصل آنرا با **رب النوع جنگ**

۱- وجود چنین کوههایی را در سطح مریخ می توان به سهولت از روی سایهٔ آنها در هنگام غروب سیاره تشخیص داد.

مرتبط می‌ساختند. رنگ این نواحی لایتغیر است و محققاً نواحی سنگلاخ یا شنی بدون گیاه می‌باشند. سه پنجم دیگر سیاره را نواحی آبی مایل به سبز یا سبز تشکیل می‌دهد که سابقاً آبهای وسیعی نظیر اقیانوسها و دریاها را تصور می‌شدند و روی این اصل این نواحی را هنوز به نامهای مرسیرنوم (Mare Sirenum) و سینوس مارگاریتیفرا (Sinus Margaritifer) می‌خوانند. ولی این نواحی تاریک، محل آبهای سطح مریخ نیست زیرا اگر در آنجا آب وجود داشت - رنگشان یکنواخت بود و مهمتر آن که در بعضی شرایط مساعد، اشعه خورشید را به خوبی منعکس می‌ساختند. رنگ متمایل به آبی و سبز از طرف دیگر نشانه وجود گیاهان است و از آنجا که رنگ این نواحی در عرض سال تغییر می‌کند خود یکی از بزرگترین دلایل صحت این مدعا است. در واقع رنگ سبز این نواحی در فصل بهار نیمکره‌ای که در آن جادارند آشکارتر می‌شود در صورتی که وقتی فصل زمستان فرامی‌رسد رنگشان به قهوه‌ای مایل به زردی تغییر می‌کند. بسیار مشکل است تصور اینکه غیر از گیاهان چیزهای دیگری بتوانند چنین آثاری به ظهور رسانند. چون وجود اکسیژن در مریخ با وجود گیاهان ملازمه دارد، نتیجه می‌گیریم که نواحی تاریک، دشتهای پوشیده از علف و بوته درخت می‌باشند.

با وجود اینکه ظاهراً در سطح مریخ آبی تشخیص داده نمی‌شود معهداً قراین بسیاری موجود است که وجود برف و یخ را به صورت دو کلاهک سفید درخشان در قطبین این ستاره نشان می‌دهد (نقشه ۵ ب) تغییرات فصلی مریخ در کلاهک‌های قطبی آن البته مشهودتر می‌باشد که در فصل زمستان تا نصفه راه بین قطب و استوا توسعه می‌یابند. (اگر با موقعیت جغرافیایی زمین مقایسه شود به اصطلاح تا عرض جغرافیایی قفقازیه برف می‌بارد). اشعه آفتاب مجدداً در بهار آنها را به قطبین عقب می‌نشاند. کلاهک قطب جنوب گاهی در گرمترین روزهای تابستان نیمکره جنوبی کاملاً ناپدید می‌شود در نیمکره شمالی مریخ که سردتر از نیمکره جنوبی آن است (کاملاً به عکس وضع زمین<sup>۱</sup>) هرگز برف ناپدید نمی‌شود.

۱ - به علت بیضی بودن شکل مدار زمین، زمین در زمستان نیمکره شمالی به خورشید نزدیکتر و در تابستان نیمکره شمالی از آن دورتر می‌شود این امر سبب می‌گردد زمستان نیمکره شمالی معتدل و تابستان آن خنک‌تر باشد. در صورتیکه نیمکره جنوبی زمستان سردتر و تابستان گرمتری دارد. سرد بودن زمستان بقیه پاورقی در صفحه بعد

شود بلکه فقط به صورت لکه کوچکی نزدیک قطب جنوب باقی می ماند. ناپدید شدن کلاهک های قطبی مریخ به علت این نیست که آب و هوای این سیاره گرم تر است (چنانکه می دانیم مریخ سردتر از زمین است) بلکه به علت آن است که آب در آنجا نسبتاً کم می باشد، قلت آن سبب می شود که لایه های ضخیم یخ تشکیل نگردد اگر برف در قطبین زمین نیز لایه های نازک یخ تشکیل می داد تحت اثر اشعه آفتاب سریعتر از یخهای قطبی مریخ ذوب می گشت.

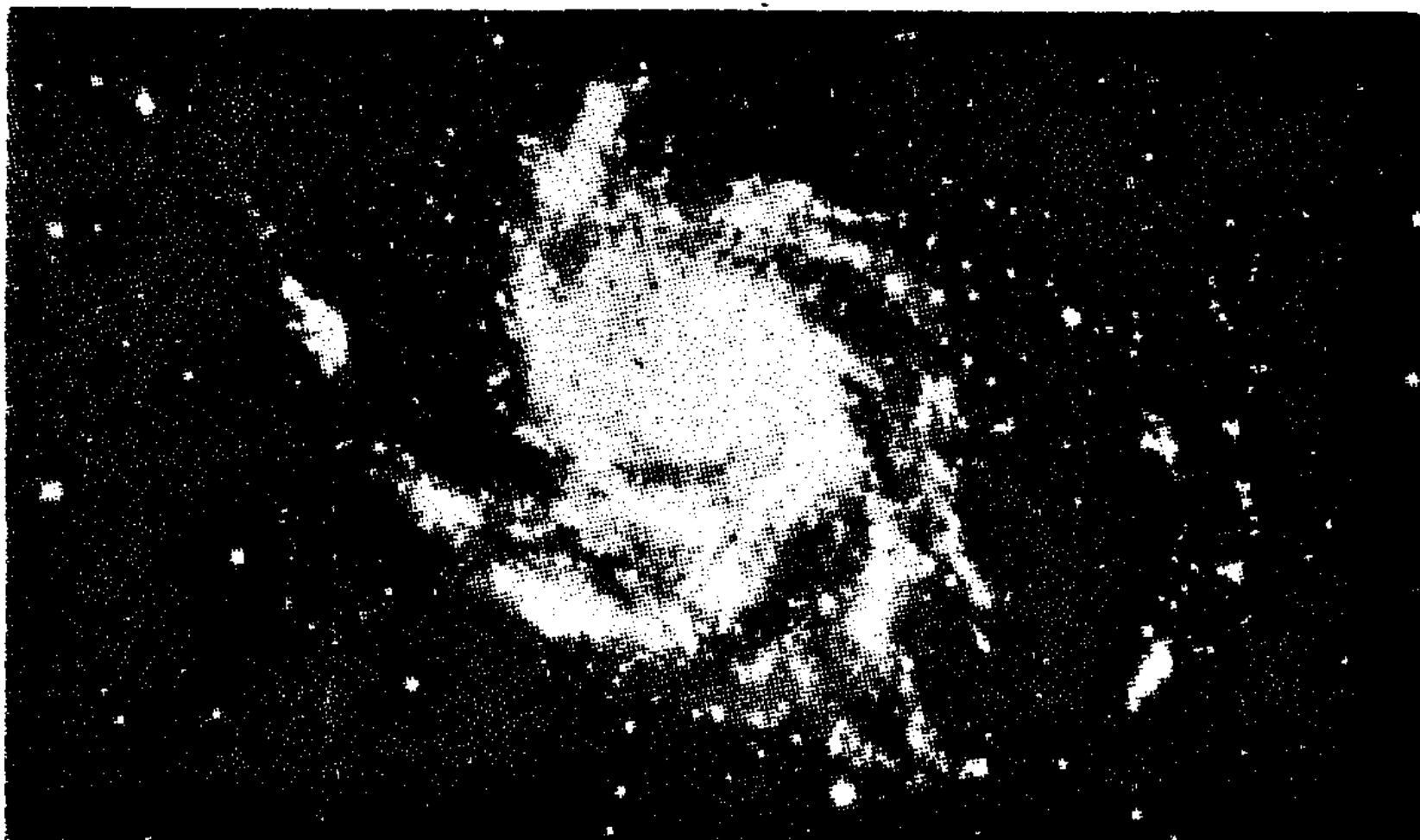
مطالعه توسعه و ذوب کلاهک های قطبی مریخ روش مفیدی به دست می دهد که به وسیله آن می توان ارتفاع نسبی خشکی های مریخ را تخمین زد. وقتی حد یخ در فصل بهار به سمت قطب عقب نشینی می کند چند لکه سفید برای مدتی در ناحیه ای که یخش ذوب گشته باقی می ماند که محققاً معرف نواحی مرتفع سطح مریخ است. بعلاوه در همین نواحی است که با شروع زمستان برف شروع به باریدن می کند چون «نخستین برف» همیشه در بخش قرمز رنگ سیاره ظاهر می شود لذا نه فقط باید نتیجه بگیریم که این بخش ها از نواحی نسبتاً مرتفع می باشند بلکه به این نتیجه نیز باید برسیم که گیاهان در نواحی دارای ارتفاع کمتر متمرکز شده اند مع هذا اختلاف ارتفاع نواحی بلند و پست سطح مریخ چندان زیاد نیست و حتی کمتر از وقتی می شود که فرض کنیم آب اقیانوسهای زمین به فضای بین سیارات نفوذ کند و کف اقیانوسها در معرض هوا قرار گیرد و از گیاهان پر شود.

در فصل سوم دیدیم که منشاء قاره های مرتفع و حوضچه های اقیانوسهای زمین را بایستی در وضع تولد ماه جستجو کرد. چون چنین حادثه ای در مریخ اتفاق نیفتاده و این سیاره به روش معمولی صاحب دو ماه به نامهای فوبوس (Phobos) و دایموس (Deimos) (رب النوع ترس و وحشت) گردیده یعنی هنگامی این اقمار از آن جدا شده اند که مریخ هنوز حالت گازی داشته لذا دلیلی ندارد انتظار داشته باشیم سطحش مانند سطح زمین ذو حادثه باشد. اگر در سطح مریخ آب بیشتری وجود می داشت تمام سطح آن را اقیانوس فرامی گرفت و به نظر ما کره صافی به رنگ یکنواخت در می آمد که گاهی انعکاس نور

بقیه پاورقی صفحه قبل

نیمکره جنوبی کلاهک قطبی قطب جنوب را از کلاهک نظیرش در قطب شمال بزرگتر ساخته است.

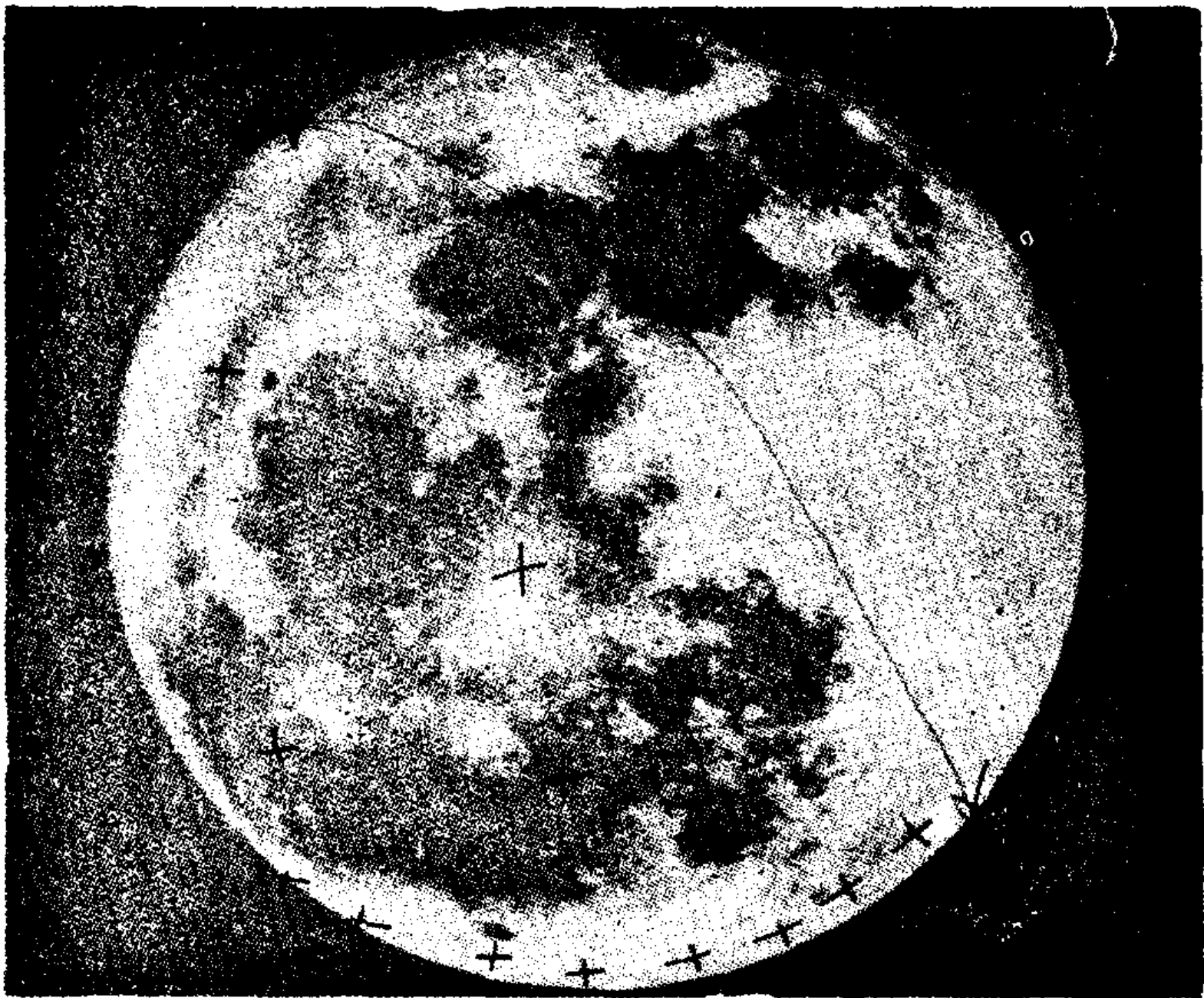
۱- در هیچ جای سطح مریخ یخهای دایمی نظیر یخچالهای طبیعی مناطق کوهستانی زمین یافت نمی شود، این خود دلیل دیگری است بر اینکه در مریخ کوههای مرتفع موجود نمی باشد.



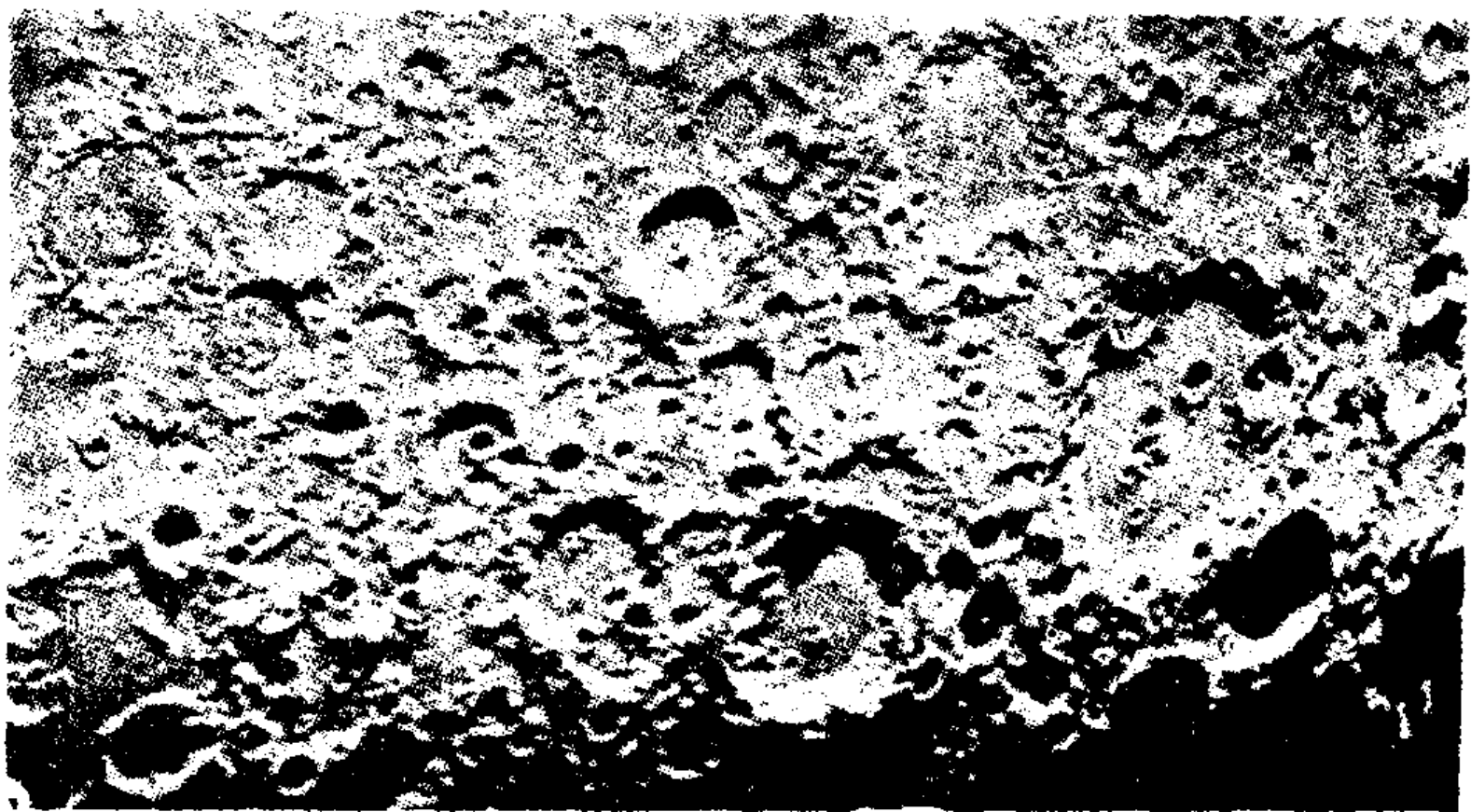
تصویر ۱ - سحابی مارپیچ دبا کبر که شامل چندین میلیارد ستاره مجزا است . خورشید ما فقط یکی از ستارگان بی حساب را تشکیل میدهد.



تصویر ۲ - ستاره دنباله‌داری که در ماه مه ۱۹۱۰ عکس برداری شده است.



تصویر ۳ - تصویر کامل ماه با ماریاها و خانه‌ها و شعاع‌های روشن.

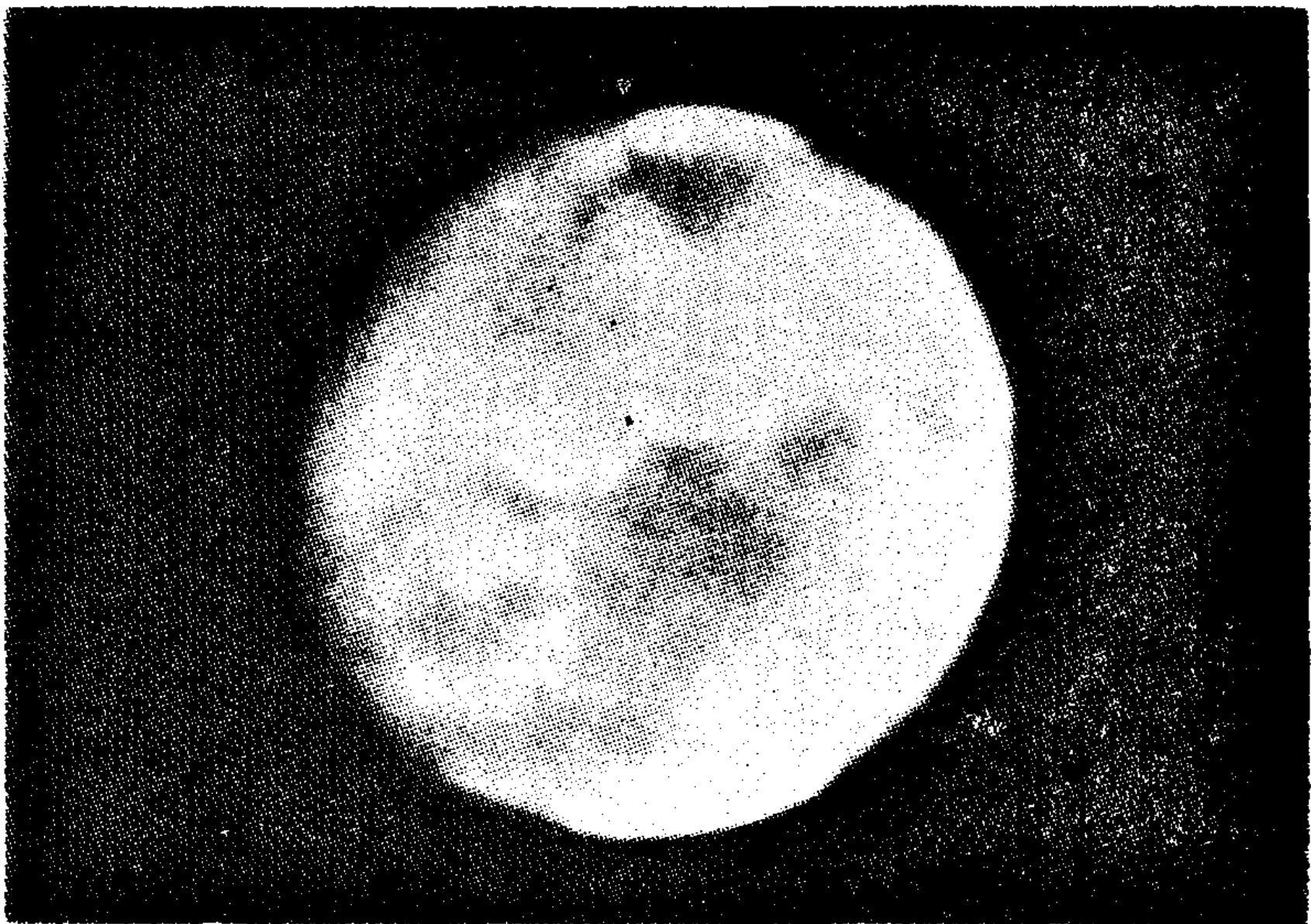


تصویر ۴ - عکس بخشی از سطح ماه که ساختمان مشروح دهانه‌های آن را نشان می‌دهد.

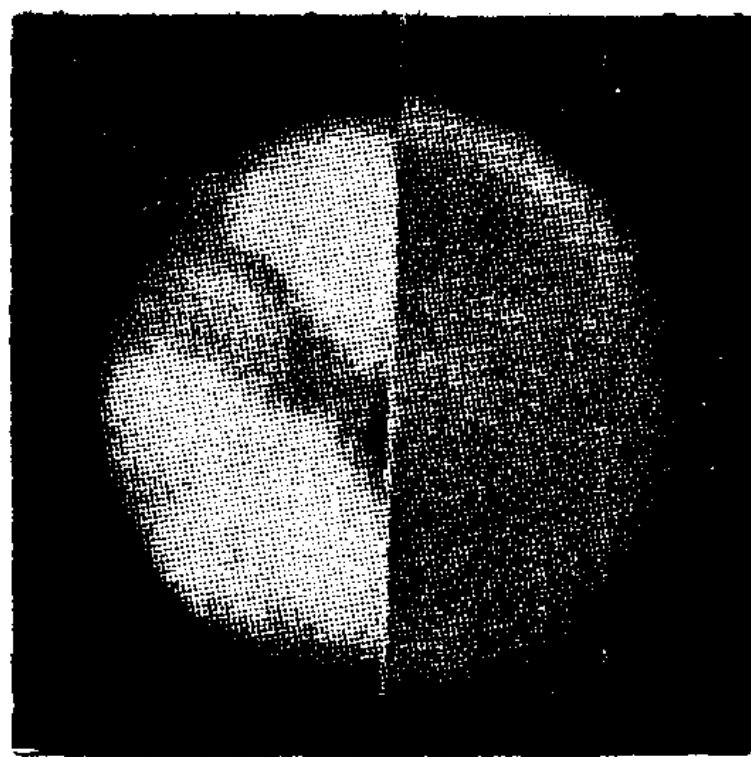
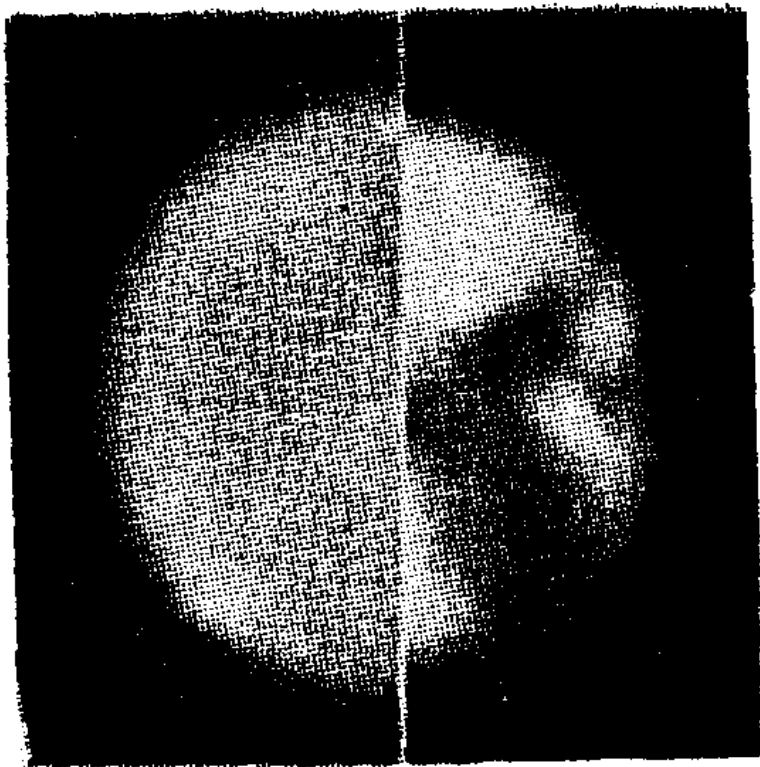




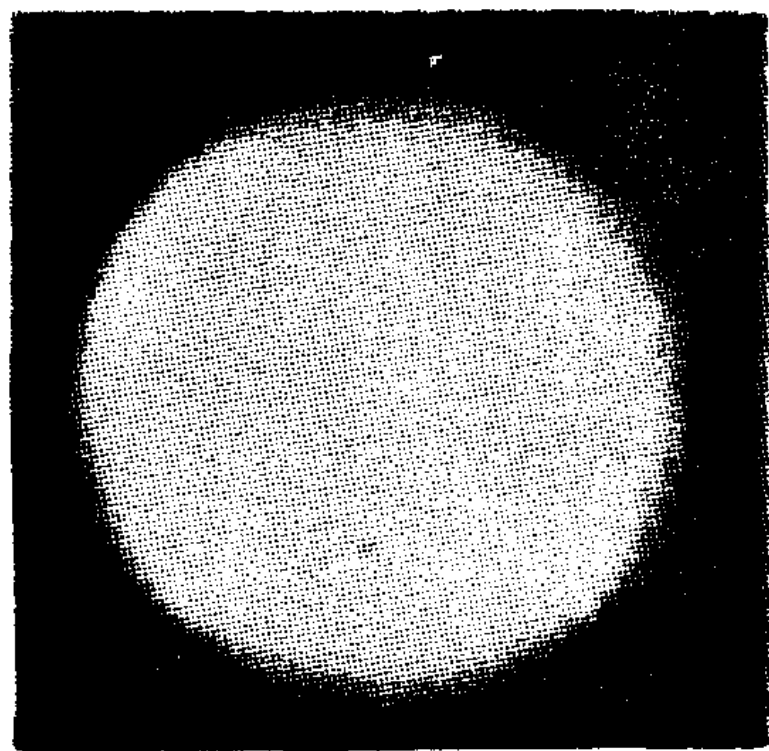
تصویر ۵ الف - یکی از تصاویر زهره . درخشانی بودن سیاره باعث قدرت زیاد انعکاس ابر ضخیمی است که جو روز آن را می پوشاند.



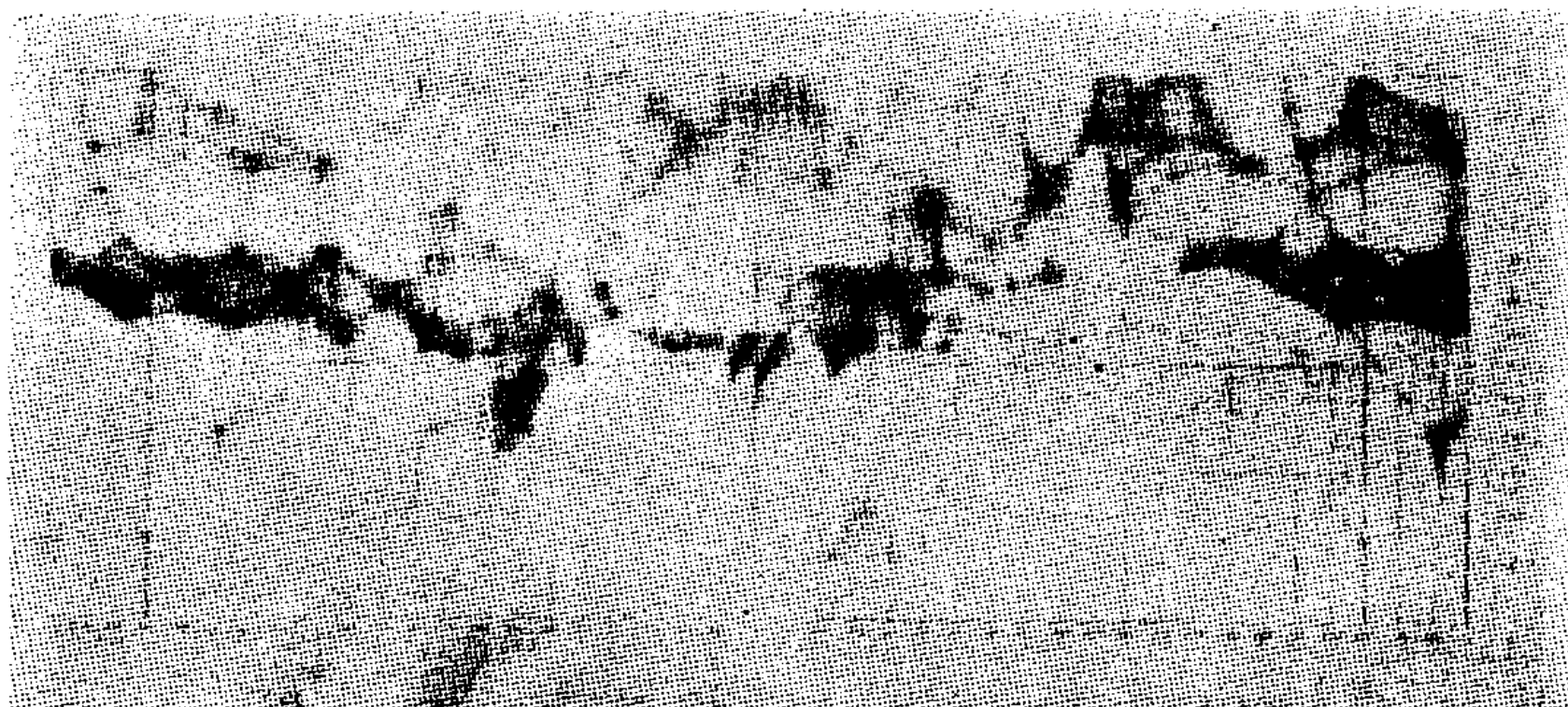
تصویر ۵ ب - عکس مریخ در هنگامی که جدا کثر بزمین نزدیک شده است (۲۸ سپتامبر ۱۹۵۹) لکه سفید فوقانی ، عرقچین یخی قطبی است . نواحی روشن تر سطح آن ، بیابانها و نواحی تیره تر ، محتملا از ارضی پست پوشیده از گیاهان است.



تصویر ۶ الف - دو منظره از مریخ که در آنها نیمی از سیاره با اشعه فوق بنفش و نیم دیگر با اشعه زیر قرمز عکس برداری شده است.

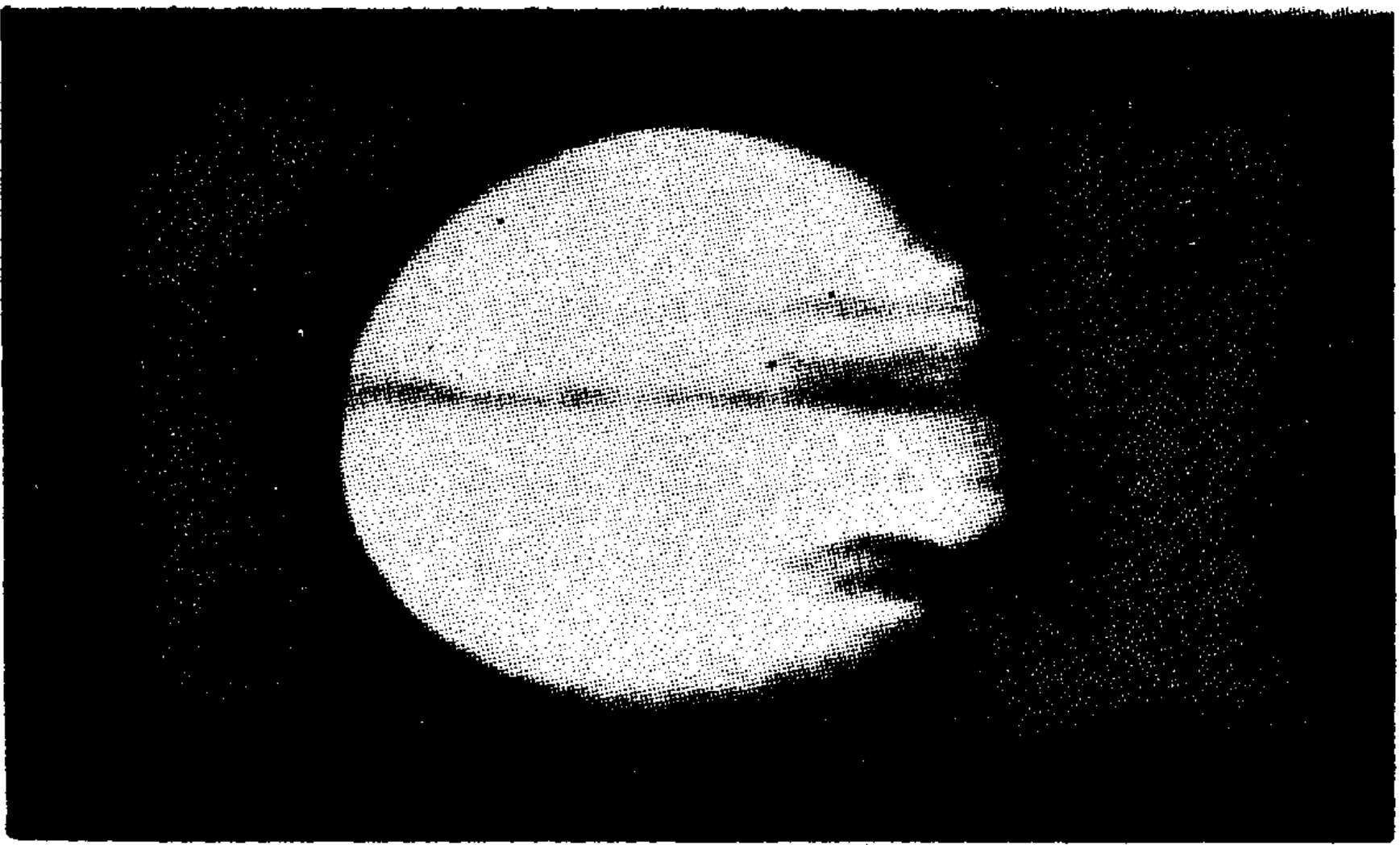


تصویر ۶ ب - ابری از جو مریخ که بصورت لکه سفیدی در عکس سمت چپ دیده میشود.

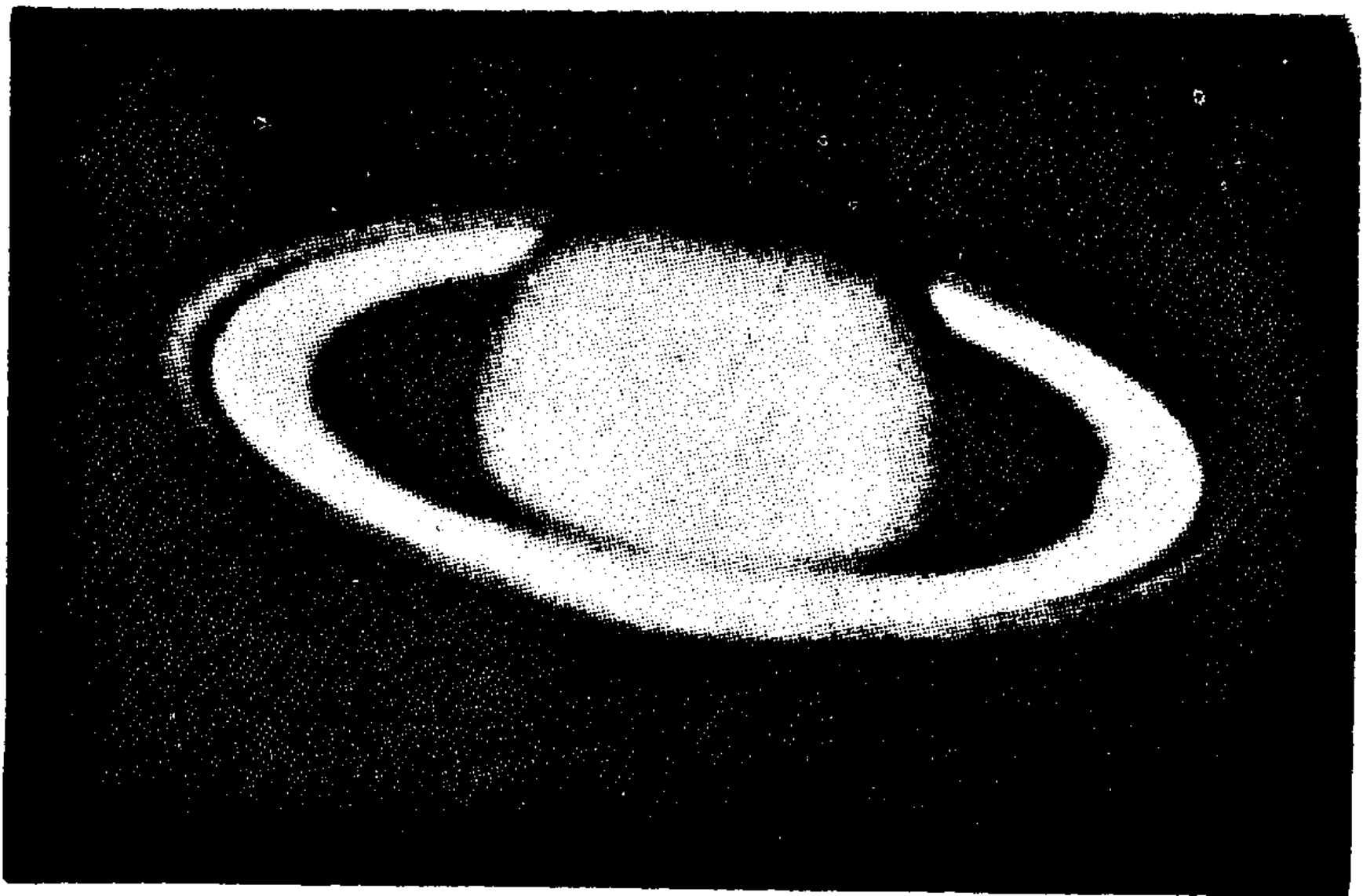


تصویر ۶ ث - این نقشه‌ای است که از کانالهای مریخ توسط د. ج. ترامپلر از مطالعه بصری سال ۱۹۲۴ رسم گردیده است.



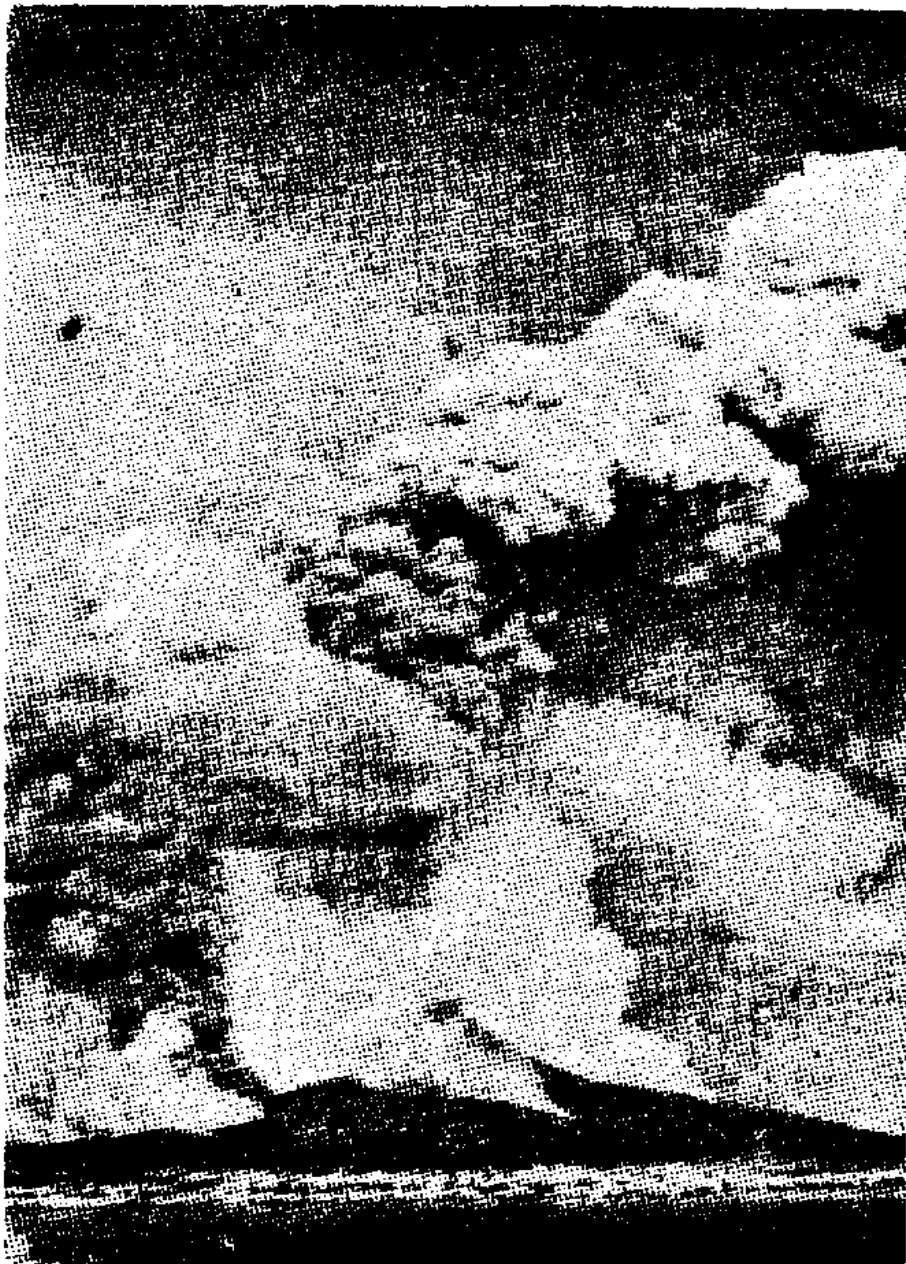
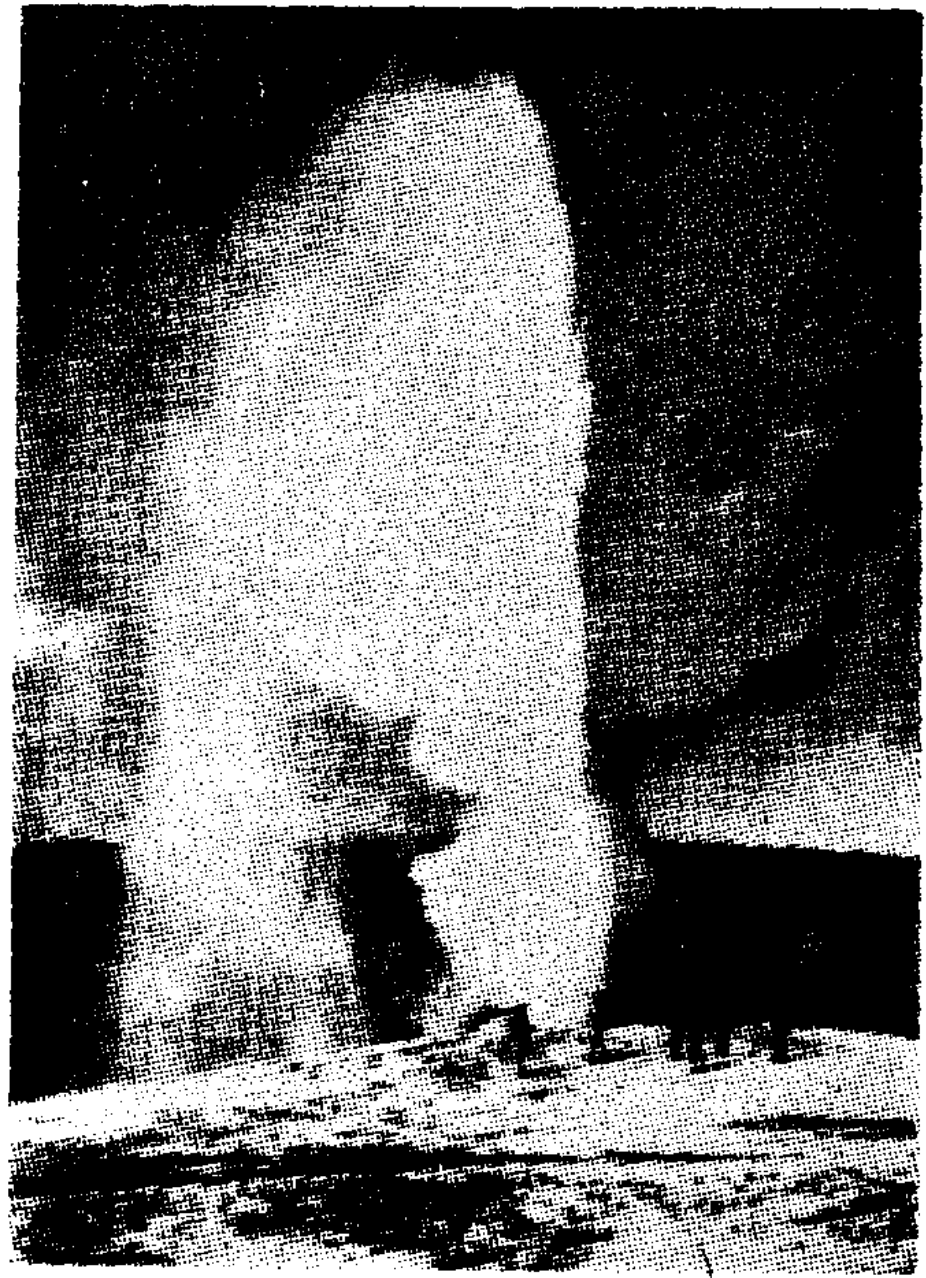


تصویر ۷ - عکس مشتری با خطوط افقی آن که بستگی بوضع جو آن دارد. سطح خود سیاره هیچوقت دیده نشده است.



تصویر ۸ - عکس زحل با خطوط افقی نظیر خطوطی که در مشتری دیده شده است جفت زحل را تعداد زیادی از سنگهای سماوی کوچک تشکیل می دهد که بدور سیاره در گردش می باشند و شاید خرده هائی از يك قمر قبلی باشد.

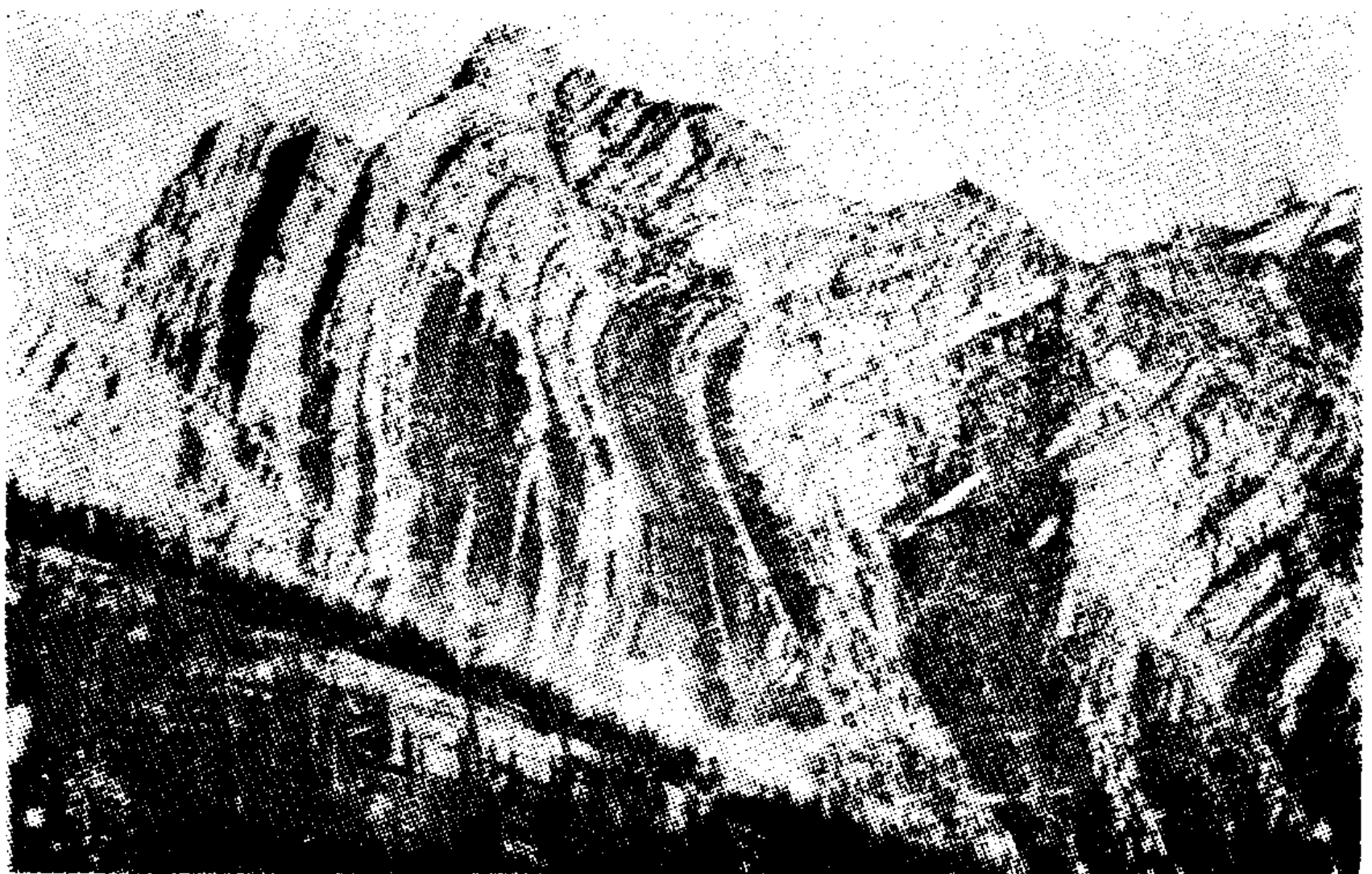
تصویر ۹ - يك چشمه آب گرم در باغ ملی سنگ زرد . سایتس ادواری آب گرم مربوط باین است که آب از سطح زمین بداخل شکافهای پوسته نشد می کند و پس از آنکه به عمق بیش از دو کیلومتر رسید بر اثر تماس با صخره های داغ داخل زمین به جوش می آید.



تصویر ۱۰ - سایتس کوه آتشفشان وزو ، آوریل ۱۸۷۲ - مواد مذاب از عمق ۵۰ کیلومتری و از طریق شکافهای پوسته سخت بسطح زمین رانده میشود . حرارت گدازه که از کاسه سر آتشفشان بیرون می آید حدود ۱۲۰۰ سانتیگراد است.

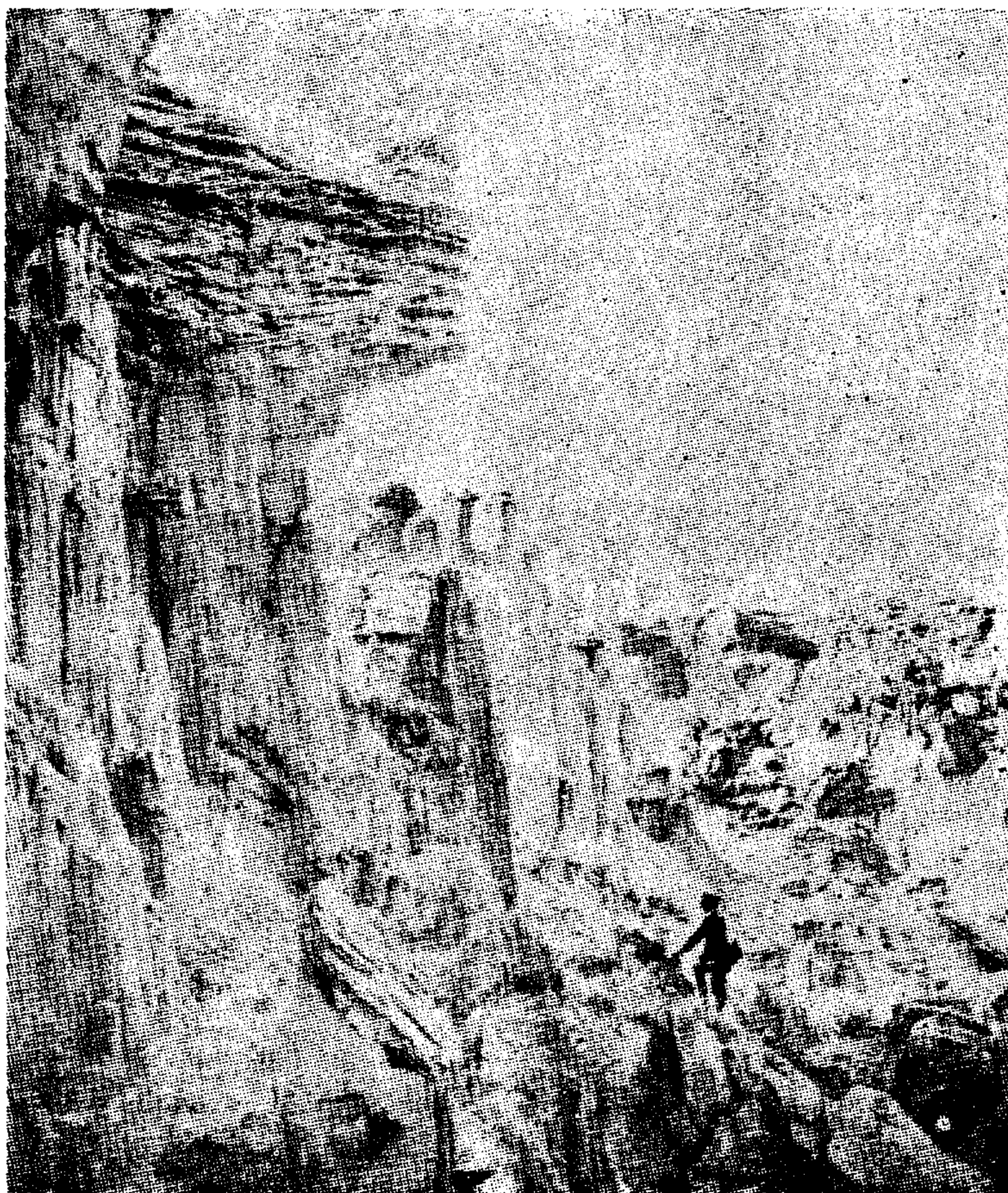


تصویر ۱۱ الف - شکاف‌های عمیقی که بر اثر زمین لرزه‌های شدید در سطح زمین پدید آمده است .



تصویر ۱۱ ب - تمایل خطوط طبقات سنگهای رسوبی بخوبی نشان می‌دهند که کوهها بر اثر فشار قشر زمین حاصل شده‌اند.





تصویر ۱۲ - آب باران در داکوتای جنوبی این تصویرهای گوناگون را ساخته است . علت آنکه ستونهای عمودی سر پا ایستاده‌اند این است که ماده آنها زیر وزن تخته سنگهای بالائی کمی بیشتر فشرده شده است.

خورشید سطحش را درخشان می‌ساخت

حرارت سطح مریخ، که به‌نظر مساعدترین محل برای وجود حیات در خارج از زمین است، تا حدی جالب توجه است. اندازه‌گیری‌هایی که با بولومتر (Bolometre) شده نشان می‌دهد که حرارت متوسط آن در طول استوا فقط ده درجه یا اندکی بیشتر از آن است. بولومتر دستگاه بسیار جالبی است که مقدار حرارت حاصل از تشعشع اجسام را در فواصل بسیار دور ثبت می‌کند. حرارت سطح مریخ بلافاصله پس از طلوع آفتاب یا پیش از غروب آن حتی در نواحی استوایی نیز بایستی از نقطه انجماد آب پایین‌تر بوده و شبهای آن خیلی سرد باشد. <sup>۱</sup> نواحی قطبی مریخ سرد ترند.

احتمال دارد حرارت در کلاهک‌های قطبی در حدود  $70^{\circ}$  - باشد چنین آب و هوایی را گرچه نمی‌توان مساعد گفت ولی در عین حال مانع رشد گیاهان یا حتی حیوانات نمی‌شود.

گرچه وجود گیاه در مریخ مسلم است معهذات‌اثرات وجود جانوران یا نبودن آن طبیعتاً خیلی مشکل‌تر می‌باشد. قریب بیست و پنج سال پیش، ادعای واهی ستاره‌شناس آمریکایی لوول پرسیوال (Lowell Percivall) در جهان دانش و در افکار عمومی آشوبی پیا ساخت. لوول مدعی بود که نه فقط نشانه‌هایی از وجود جانوران را در مریخ کشف کرده، بلکه وی «ساکنین مریخ» را نیز دارای فرهنگی عالی خوانده است.

ادعای لوول مبنی بر وجود «کانالهای مریخ» بوده است. کانالهای مریخ شبکه‌ای مرکب از خطوط هندسی مشخص سطح مریخ را گویند که کاملاً راست و نازک و دقیق به‌نظر می‌رسند. این شبکه نخستین بار توسط ستاره‌شناس ایتالیایی جیووانی شیاپارلی (Giovanni Schiaparelli) در سال ۱۸۷۷ دیده شده و از آن پس توسط عده دیگر نیز مشاهده و توصیف گردیده است. (تصویر ۶-ث). اگر واقعاً چنین کانال‌هایی موجود بودند، نظم‌هندسی کامل آنها فقط می‌توانست نتیجه به‌کار رفتن هوش موجودات زنده باشد. لوول، تئوری ساده‌ای را با کمال بیباکی عنوان کرد که برطبق آن ساکنین مریخ که با کم‌آبی مواجه بوده‌اند، برای تنازع مایوسانه بقا، سیستم مخصوصی

---

۱- گاهی لکه‌های کوچک سفید در نزدیکی سطحی از مریخ که در آنجا آفتاب طلوع می‌کند دیده می‌شود که وقتی خورشید بالا می‌آید از بین می‌رود. شکی نیست که این لکه‌های سفید خیلی شبیه شبنم یخ زده است که در شبهای سرد زمستان روی زمین تشکیل می‌گردد.

برای آبیاری وسعت‌های عظیم زمینشان به کار بردند ، بدین معنی که باحفر این کانالها در سیاره مشرف به زوال خود، توانسته‌اند با کم آبی مقابله نمایند. بنا به نظر لوول کانالهای سطحی مریخ نشانه نواحی دارای پارکها و باغهایی است که در طول این مجاری مصنوعی احداث شده‌اند و از صحاری لم یزرع قرمز رنگ عبور می‌کنند. لوول چنین تصور کرد که در آغاز بهار یکی از نیمکره‌ها، هنگامی که برفهای يك کلاهك قطبی ذوب می‌شود ، آب حاصل را مصنوعاً و به كمك تلمبه‌ها در این کانالها وارد می‌سازند و برای نواحی خشك استوایی آب اندوخته می‌کنند. لوول حتی از روی تغییر رنگ تدریجی آب کانالها کوشش کرد که سرعت جریان آب آنها را نیز تخمین بزند . اگر واقعاً چنین کانالهایی موجود بوده‌اند ، تصورات مذکور بسیار جالب و پرازش می‌شد ولی بدبختانه وقتی باتلسکوپهای قوی به مشاهده دقیق پرداختند و با پیشرفت فن عکاسی، معلوم شد که چنین نیست بلکه این شبکه‌ها و کانالها که عده زیادی وجود آن را تأیید کرده‌اند به نظر خطای ساده باصره است ، بدین معنی که چشم انسان عادت دارد هر وقت به چیزی که نزدیک حد رؤیت است نگاه کند، جزئیات آنها را به وسیله خطوط نازک خیالی بهم مربوط سازد و از مجموعه آنها اشکال هندسی به وجود آورد . در این که تعداد بیشماری لکه‌های سیاه در سطح مریخ وجود دارد شکی نیست ولی خطوط راست یا کانالهایی آنها را از هم جدا نمی‌سازد و هنوز نمی‌دانیم آیا جانوری در مریخ وجود دارد یا نه .

## فصل پنجم

# سفری به سوی مرکز زمین

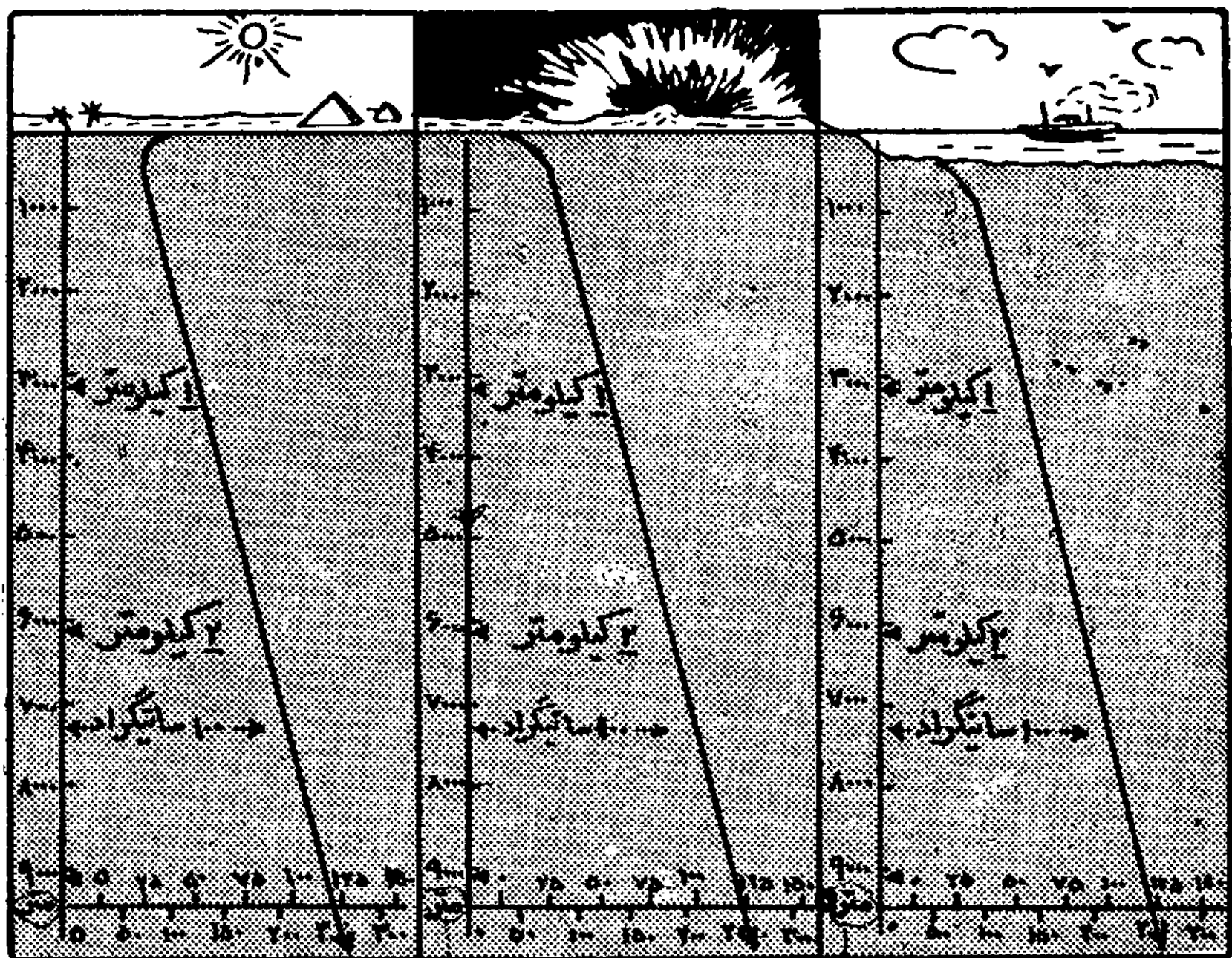
### هر چه عمیق تر گرمتر

اکنون به زمین باز می گردیم و بدون توجه به زیبایی های مناظر سطح آن سفری به داخل ، یعنی به سوی مرکز زمین آغاز می کنیم . گرچه اکنون وسایل ارتباطی راحت و کافی ، تمام نقاط سطح زمین را باهم مربوط می سازد و **پروفسور پیکارد (Prof. Piccard)** نیز توفیق حاصل کرده تا ارتفاعات بسیار زیاد یعنی تا آنجا که هوایی نهایت رقیق است صعود کند ، معهذا وسایل مسافرت به اعماق زمین ناقص است . عمیق ترین معادن و چاههای امروزی به سه کیلومتر بالغ نمی گردند . این مقدار از يك دوهزارم کل فاصله ما تا مرکز زمین کمتر است . بیش از این عمق ، مطالعه مستقیم درون زمین کاملاً غیر ممکن است .

اما گرچه يك سلسله حفريات تا عمق نسبتاً کم صورت گرفته معهذا نتیجه بسیار مهم از آنها حاصل شده است و آن این است که هر چه پایین تر می رویم حرارت سنگها به طور ثابت افزایش می یابد . هر چه عمق معدن بیشتر باشد حرارت همیشه زیادتر می شود و در عمیق ترین معدن طلای دنیا ، یعنی معدن روبین سوئدیب ، جنوب افریقا ، مثلاً ، دیواره چاه به قدری گرم است که قریب نیم میلیون دلار مخارج نصب دستگاه تهویه در آن شده تا معدنچیان در آنجا زنده زنده کباب نشوند .



جالبترین اطلاعاتی که از وضع انتشار حرارت در اعماق زمین به دست آمده از چاههای مختلفی است که در هزارها نقطه زمین حفر شده است. اندازه گیری حرارت این چاهها نشان می دهد که افزایش حرارت به تناسب ازدیاد عمق، پدیده ای عمومی است و عملاً هیچگونه ارتباطی به وضع جغرافیایی محل ندارد. درجه حرارت اعماق کم غالباً یکنواخت نیست زیرا تحت اثر آب و هوای سطح زمین قرار می گیرد، به طوری که سنگهایی که تا قریب سی متری زمین زیر دشتهای مستور از یخ نواحی قطبی قرار دارند طبیعتاً سردتر از سنگهای زیر صحرای افریقای باشند. اندازه گیری حرارت چاههایی که در کف اقیانوسها حفر شده اند (البته چاههایی که خیلی از ساحل دور نباشند) نیز چنین نشان می دهند که حرارت سنگهایی که در اعماق این آبها قرار



افزایش درجه حرارت در اعماق زیاد به شرایط سطح زمین ارتباطی ندارد. در عمق قریب ۲۴۰۰ متر حرارت به درجه جوش آب می رسد.

دارند کمتر از حرارت سنگهایی است که در همان اعماق قارهها موجود می باشند. همه این اختلافات، محدود به یک لایه نسبتاً نازک قسمت خارجی قشر



زمین است و در اعماق زیاد ، سطح نقاطی که حرارت برابر دارند موازی سطح کره زمین است. شکل ۱۹ که نموداری از تغییرات حرارت نقاط مختلف لایه خارجی پوسته زمین است نشان می دهد که افزایش حرارت در اینجا وضعی ثابت دارد و تقریباً بازای هر کیلومتر عمق سی درجه است

چون حرارت متوسط سطح زمین ۲۰ درجه است لذا در عمق ۲۵۰۰ متری حرارت سنگها بدرجه حرارت جوش آب می رسد. اگر آبهای سطح زمین از شکافهای آن به داخل قشر نفوذ کنند و به چنین عمقی برسند به جوش می آیند و به صورت آبخشانه های گرم زیبا که نمونه آن در باغ ملی یلوستون ملاحظه می شود با فشار بخار آب بیرون می جهند .

اگر افزایش حرارت با همین نسبت به عمقی معادل ۱۲ کیلومتر بیشتر از اعماقی برسد که به آنها دسترسی حاصل شده (وظاهرأً دلیلی وجود ندارد که چنین نباشد) در عمق ۵۰ کیلومتری سطح زمین ، گرمای درونی باید به حد حرارت سنگهای مذاب برسد (یعنی حرارت بین ۱۲۰۰ درجه و ۱۸۰۰ درجه) بدون شك گدازه های آتشفشانی که از کوه های متعدد آتشفشانی سطح زمین خارج می گردند از چنین عمقی منشأ می گیرند. در واقع اندازه گیری حرارت داخل دهانه آتشفشان همیشه قریب ۱۲۰۰ درجه را نشان می دهد که مربوط به عمق ۵۰ کیلومتر است . آتشفشانهایی که خیلی پیش از پیدایش علم ژئو فیزیک صورت گرفته و قدیمی ها را به ایراد این فرضیه وادار کرده که همه جا زیر پاهایشان « جهنم » وجود دارد ، خود بهترین دلیل نازک بودن پوسته جامد زمین است که کلیه اوضاع حیاتی ما در آن مستقر می باشد .

جامداتی که جریان می یابند و مایعاتی که شکاف بر می دارند .

در نظر اول چنین به نظر می آید که قراین مذکور جای شکی باقی نمی گذارند که در عمق ۵۰ کیلومتری ، سنگهای مشکله پیکر زمین بایستی در يك حالت کاملاً مذاب موجود بوده و کلیه اختصاعات مایعات معمولی را در بر داشته باشند ولی تعجب خواهید کرد که يك سلسله مطالعات دیگر ثابت کرده اند که مواد مشکله زمین واقع در عمق ۳۰۰۰ کیلومتری (یعنی در نصفه راه بین سطح و مرکز ) تمام خواص جامدات قابل ارتجاع را دارند .

---

۱- در فصل ششم خواهیم دید که در اعماق خیلی بیشتر از این می توان استثناهایی از قاعده کلی انتظار داشت .

درحقیقت چنانکه بعداً در همین فصل خواهیم دید، تغییرشکلی که تحت اثر جزر و مد ماه در پیکر زمین حاصل می‌شود و همچنین وضع انتشار امواج زلزله در اعماق سیاره ما مجبورمان می‌سازد که مواد مشکلاک زمین را مانند فنی فولادی قابل ارتجاع بدانیم .

آیا حقیقتاً این تناقضی است که جوابی بر آن متصور نیست یا آن که می‌توان این دو نتیجه به ظاهر مخالف را به نحوی توجیه کرد؟ آیا ماده‌ای می‌تواند در عین حال هم قابل ارتجاع و هم مایع باشد؟ بدیهی است هرگز نمی‌توان تصور کرد که آزمایشی فنی ساعت ساخته شود یا میله‌ای آهنی از درون شیشه‌ای بیرون بریزد . ولی گرچه ممکن است عجیب به نظر برسد ، مواد بسیاری وجود دارند که این دو خاصیت ظاهراً متناقض را در خود جمع کرده‌اند یعنی این که در عین حال هم جامدند و هم مایع . به عنوان مثال قطعه‌ای لاک معمولی را در نظر می‌گیریم و با چکش ضربه‌ای روی آن وارد می‌آوریم . بدیهی است لاک مانند سفال یا شیشه خورد خواهد شد . اما اگر قطعه‌ای لاک را در شیشه‌های گشادی قرار دهیم و به مدت دو سال آن را به حال خود باقی گذاریم خواهیم دید که لاک در تمام شیشه پخش شده و چون مایعی آن را پر کرده است . به همین طریق اگر سکه‌ای را روی سطح قیری که جامد است قرار دهیم پس از مدت مدیدی در آن فرومی‌رود در حالی که اگر قطعه‌ای چوب پنبه درون قیر باشد مانند وقتی که درون آب قرار دارد از آن بالا می‌آید . مثال مشهور دیگر لاک مخصوص کفاشی است که ظاهراً سختی بسیار دارد به طوری که می‌تواند با آن دیابازون ساخته شود . اگر موسیقیدانی که چنین دیابازونی را به کار می‌برد آن را روی طاقچه اطاقش فراموش کند ، پس از مدت مدیدی با کمال تعجب مشاهده خواهد کرد که دیابازون مانند آن که از عسل ساخته شده باشد روی طاقچه پهن شده است .<sup>۱</sup>

اگر فقط از نظر فیزیکی به موادی نظیر قیر نگاه کنیم باید آنها را

۱- شیشه معمولی پنجره نیز گرچه از آنچه در بالا گفته شده کمتر قدرت سیلان دارد معیناً به این دسته از جامدات متعلق است . ابزارهای شیشه‌ای قدیمی که از فراغنه مصر به جا مانده‌اند گرچه هزارها سال از تاریخ ساختن آنها می‌گذرد شکلشان را چندان تغییر نداده‌اند . اما درجه سیلان شیشه ، چنان که بعداً خواهیم دید ، باید به ساختمان غیر متبلورش بستگی داشته باشد .

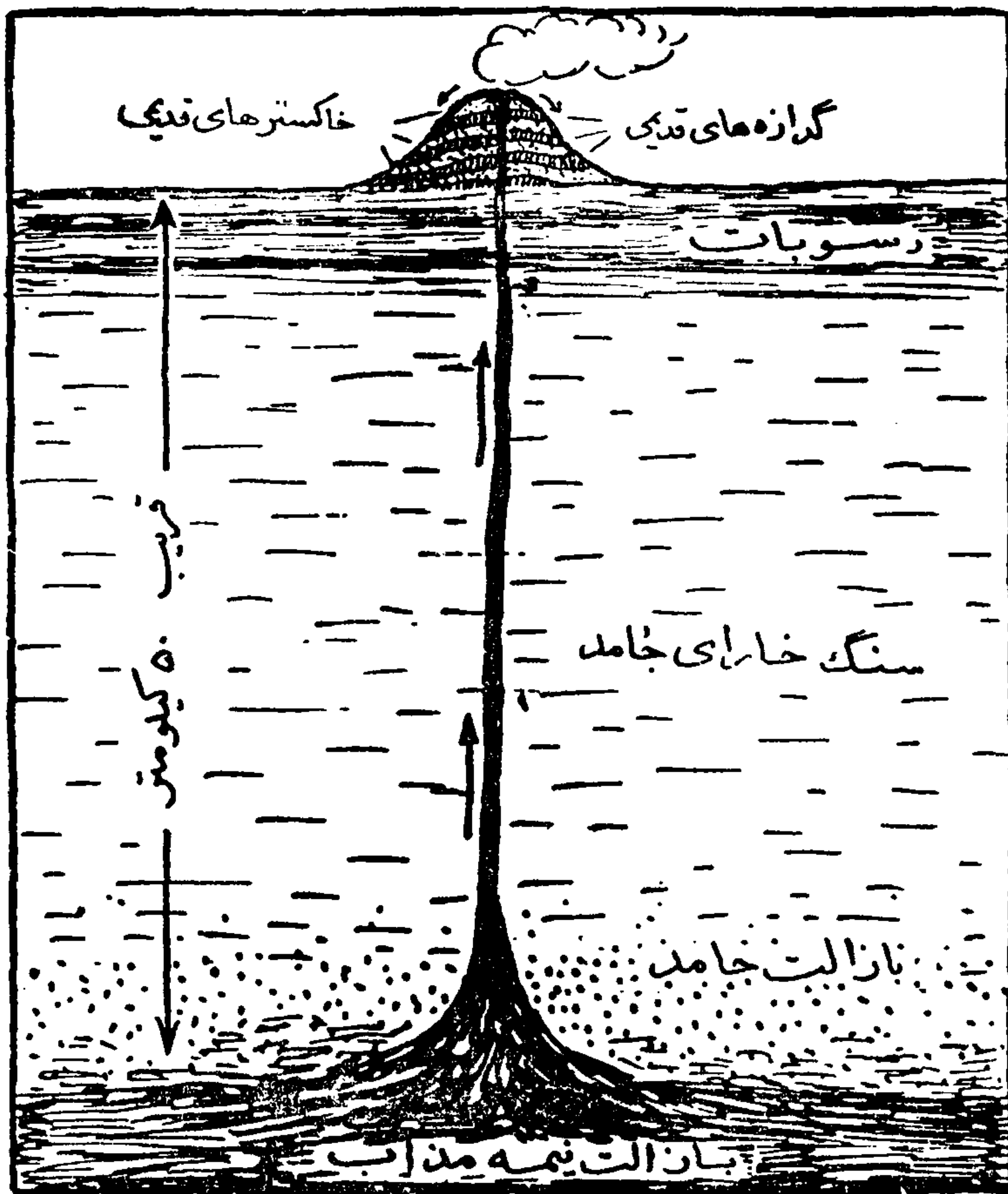
حقیقتاً مایع بدانیم و ظاهر جامدشان به علت آن است که خاصیت چسبندگی ( Viscosity ) فراوان دارند . محققاً اگر این مواد را دفعتاً تحت اثر نیرویی قوی قرار دهیم چون باید شکلشان را به سرعت تغییر دهند ، ترك برمی دارند . اما تحت اثر نیروهای ضعیف که به مدت نسبتاً طولانی بدانها اثر کند مانند مایعات جریان می یابند .

فرق مواد به ظاهر جامدی که چسبندگی فراوان دارند با جامدات حقیقی که هیچگاه جریان نمی یابد در ساختمان مولکولی داخلشان است . بدین معنی که در جامدات حقیقی مولکولها به وضع مرتبی مجاور هم قرار دارند و به اصطلاح تشکیل « شبکه بلوری » می دهند در صورتی که مولکولهای مایعات معمولی و مایعاتی که دارای چسبندگی فراوان می باشند وضعی کاملاً غیر منظم دارند . اگر هر گونه جابه جایی بخواهد در مولکولهای مواد متبلور ایجاد شود ، نیروهایی به وجود می آید که آنها را به وضع اولیه شبکه مانندشان بازمی گرداند در صورتی که مولکولهای مایعات روی هم می لغزند و فقط نیروی حاصل از اصطکاک آنها ممکن است حرکت مولکولها را مانع شود . اگر نیروی اصطکاک مولکولها به اندازه کافی زیاد باشد ، گروههای مولکولها فقط با کندی بسیار تغییر شکل خواهند یافت و تحت اثر هر عاملی که بخواهد شکلشان را به سرعت تغییر دهد ، به سهولت خورد می شوند . قابلیت لغزش مولکولها البته به جنس مولکولها و درجه فشردگی آنها تحت اثر فشار خارج بستگی دارد . در فشار معمولی جو ، به محض اینکه حرارت در وضع اولیه شبکه بلوری مولکولها جا به جایی ایجاد می کند ، مولکولهای غالب مواد با سهولت بیشتری می لغزند . فقط در بعضی مواد نادر مانند قیر و لاک نیروی اصطکاک دارای اهمیت می باشد اما در فشار بسیار زیادی که درون زمین وجود دارد<sup>۲</sup> فشردگی مولکولهای مشکله سنگها به قدری است که حتی در حالت

۱- گرچه تمام اجسام جامد ساختمان بلوری دارند مع هذا در بسیاری از آنها بلورهای جدا از هم بقدری کوچکند و آنچنان به هم پیوسته اند که متبلور بودن آنها فقط با مطالعات میکروسکوپی ثابت می شود . این رشته از جامدات دارای بلورهای بینهایت کوچک ، مثلاً شامل تمام فلزات معمولی می باشند .

۲- در عمق ۵۰ کیلومتری فشاری که به علت وزن سنگهای فوقانی حاصل می شود قریب ۲۰۰۰۰۰ اتمسفر است .

مذاب نیز قدرت سیلان آنها بسیار کم می شود .  
 امر فوق ما را به فهم این موضوع قادر می سازد که چرا نیروهایی که  
 سبب تغییر سریع می شوند مانند نیروهای موجده امواج زلزله وقتی در



طرحی از انفجار آشفشان

۱- نیروهای جزر و مد که در هر شش ساعت تغییر جهت می دهند برای موادی که چنین چسبندگی زیاد دارند از نیروهایی که تغییرات سریع به وجود می آورند به شمار می آیند .

اعماق زیاد اثر می‌کنند ، سنگها به جای آن‌که چون حالت مذاب دارند جریان یابند درست مانند موادی که قابلیت از نجاج کامل دارند واکنش می‌نمایند . قدرت سیلان مواد در اعماق زیاد وقتی ظاهر می‌گردد که شکافی تصادفی در قشر جامد زمین به وجود آید و ماده نرم و گداخته اعماق تحت فشار خارق‌العاده‌ای که در آنجا وجود دارد به داخل این شکاف فشرده شود و به کندی به سوی سطح زمین حرکت نماید . وقتی ماده مذاب رفته رفته به نزدیکی سطح زمین می‌رسد ، داخل نواحی کم فشار می‌گردد و مولکولهایش از هم باز می‌شوند . در این حالت تحرك را از سر می‌گیرد و به صورت گدازه مایع قرمز سوزان از دهانه آتشفشان خارج می‌شود .

البته لازم نیست که شکاف پوسته جامد زمین از ناحیه مذاب تا سطح زمین یکسره ممتد باشد . در بسیاری موارد چنین به نظر می‌رسد که مواد مذاب قبل از رسیدن به سطح زمین به وضعی افقی پخش می‌شوند و در آنجا توده‌هایی از مواد درونی تشکیل می‌دهند که در اصطلاح زمین شناسی لاکولیت (Laccolith) نامیده می‌شوند .

چنین تشکیلاتی غالباً وقتی در سطح زمین دیده می‌شوند که لایه فوقانی آنها تحت اثر تخریبی که بعداً متحمل می‌گردد از بین برود .

## قاره های شناور

در فصل سوم بیان گردید که قسمت عظیمی از قشر اولیه زمین طی تولد ماه از زمین جدا شده و پیکر قمرش را به وجود آورده است . قطعات بزرگ قشر اولیه باقیمانده ، بلافاصله پس از سانحه تولد ماه در سطح بازالیت مذاب سنگین شناور گردیدند و قاره‌های عظیم کنونی را به وجود آوردند در حالی که لایه خارجی بازالیت که در قسمت سطحی باقی مانده ، غیر از ناحیه اقیانوس کبیر که از یک لایه نازک خارایی پوشیده شده بوده کف حوضه‌های اقیانوسها را تشکیل داده است . قطعات مشکله قاره‌ها از آن پس درست مانند کوه‌های یخی (Iceberg) که در سطح آب اقیانوسهای کنونی شناورند روی اقیانوسی از بازالیت مذاب شناور گردیدند .

قطعات خارایی قاره‌ها وقتی روی سطح بازالیت مذاب شناور گردیدند به آن اندازه در آن فرو رفتند که (طبق قانون ارشمیدس) وزن بازالیت جا -

به جا شده مساوی وزن کل قطعات خارای شناور شده باشد . از روی وزن مخصوص نسبی سنگ خارا و سنگهای بازالتی (۲/۶۵ و ۲/۸۵ اگر آب واحد فرض شود) به سهولت می توان حساب کرد که فقط يك سیزدهم ضخامت لایه خارایی از بازالت مذاب بیرون مانده و بقیه در آن فرورفته است .<sup>۱</sup> پس از آن که لایه خارجی بازالت منجمد شد و قاره ها ، درین پوسته جامد جدید محکم جا گرفتند ، اختلاف سطح آنها قاعدتاً بایستی تاوقتی بدون تغییر مانده باشد که حوضه های اقیانوس های جدید خالی بوده اند . هنگامی که حرارت قشر زمین از نقطه جوش آب پایین تر آمد بارانهایی که از آسمان نازل گردیدند رفته رفته حوضه ها را پر کردند تا به میزان کنونی رسانیدند . وزن آبهایی که حوضه ها را پر ساخته اند به کف آنها فشار وارد آورده است و چون پوسته جامد نسبتاً نازک زمین قادر به تحمل چنین وزنی نبوده تغییرات غیر قابل اجتنابی در آن پدید آمده است بدین معنی که ته اقیانوس ها به کندی فرو نشست ، در حالی که قاره ها فشرده شده و بالا آمده اند . گرچه حوضه های اقیانوس ها اکنون تالبه از آب پرمی باشد معهداً محاسبه بلندی قاره ها از سطح بازالت ته اقیانوس ها ، دشوار نیست و باید قریب يك نهم ضخامت کل آنها باشد<sup>۲</sup> چون حد متوسط بلندی سطح قاره ها از ته اقیانوس ها در حدود ۵ کیلومتر است (۰/۷۵ + ۴/۲۵ کیلومتر) باید چنین نتیجه بگیریم که ضخامت توده خارایی قریب ۴۵ کیلومتر است . این که گدازه های آتشفشانی کنونی که ظاهراً از عمق ۵۰ کیلو- متری بیرون می آیند کلاً از مواد بازالتی مرکب می باشند ، با ضخامت فوق مطابقت کامل دارد . در صورتی که گدازه های آتشفشانهای قدیمی ، در موقعی خارج می شدند که قشر زمین نازکتر از قشر کنونی بوده و از توده و های مذاب

۱- از روی قانون ارشمیدس به این نتیجه می رسیم که قسمتی از جسم شناور که از آب بیرون است باید مساوی اختلاف وزن مخصوص تقسیم بر وزن مخصوص مایع باشد . اگر اعداد فوق را در آن به کار بریم نسبت چنین می شود .

$$\frac{2/65 - 2/85}{2/65} = 1$$

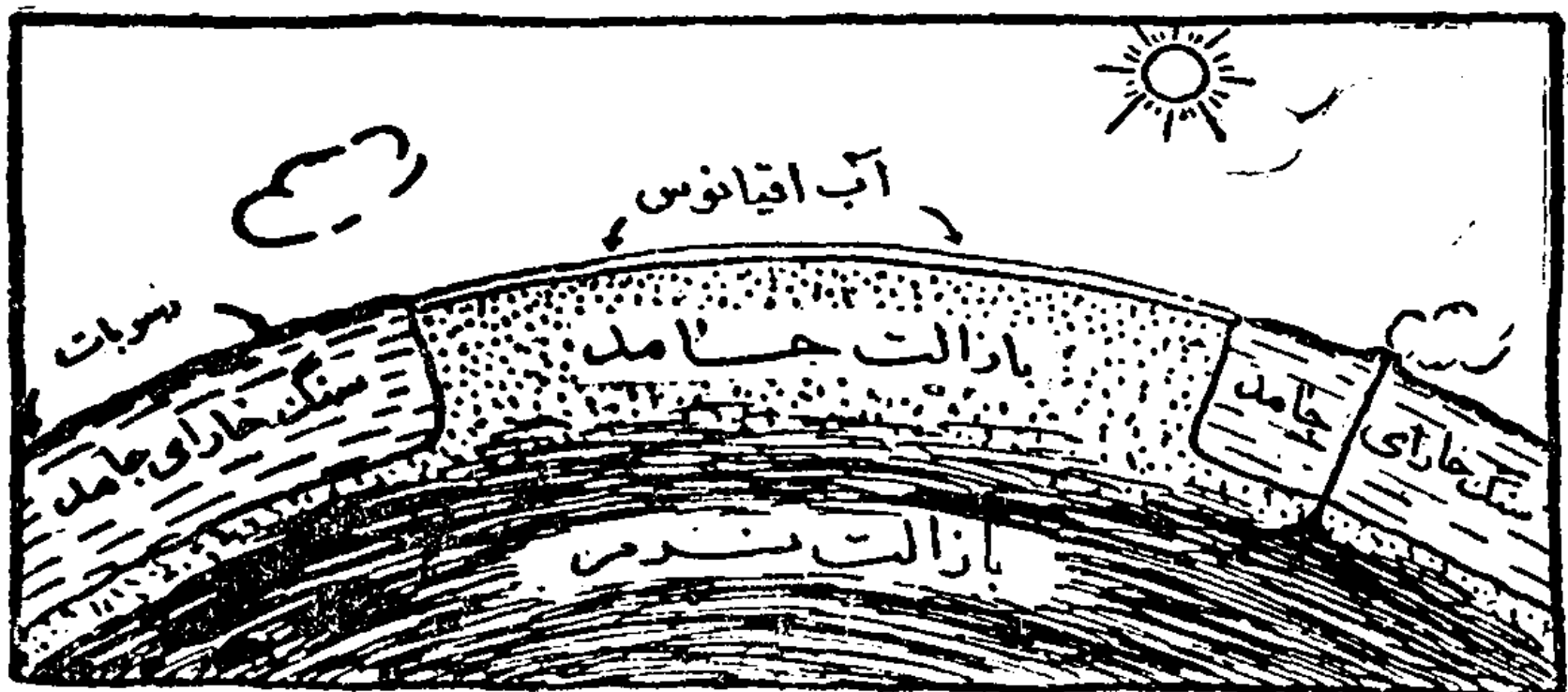
$$\frac{2/65}{2/65} = 13$$

۲- عمق متوسط اقیانوس ها از ۴/۲۵ کیلومتر کمتر است در صورتی که بلندی متوسط ارتفاعات زمین از سطح دریا فقط از ۰/۷۵ کیلومتر کمتر است .

خارایی تشکیل شده بوده اند . در مرحله کنونی سرد شدن تدریجی سیاره ما ، پیشرفت انجماد مواد مذاب زیرقاره ها ، از خط حد فاصل بین لایه سنگ خارا و بازالت بسیار ناچیز بوده است .

قشر جامد را باید مرکب از قطعات مجزا از هم دو قسم سنگ کاملاً مختلف بدانیم که به یکدیگر کاملاً جوش خورده اند و روی لایه های تحتانی خود یعنی بازالت نرم شناور می باشند .

این تعدیل که در تکامل سطح سیاره ما نقش مهمی ایفا کرده است به (Isostasy) موسوم است . وقتی مواد سطح زمین به طور یکنواخت منتشر می گردند وضع پوسته جامد زمین متناسب با آن تعدیل می شود . چنان که بعداً خواهیم دید این تعدیل ایزوستازیکی ، در طی دوره های یخبندان یعنی هنگامی که لایه های ضخیم یخ بیشتر امریکای شمالی و اروپا را پوشانده بوده اهمیتی بسزا داشته است . بدین معنی که وزن لایه های یخ سبب گردیده که نواحی شمالی این قاره ها در لایه بازالتی نرم تحتانی فرو روند . در حال حاضر که یخها از



شکل ۲۱ : ساختمان قشر جامد زمین

بین رفته اند قسمتهای فرورفته قاره ها هنوز هم به طور تدریج بالا می آیند تا به وضعی برسند که قبل از دوران یخ بندان داشته اند و از اینجا می توانیم نتیجه بگیریم که دریاها مثلاً در طول ساحل شبیه جزیره اسکاندیناویا عقب نشینی می کنند . در فصل ششم همچنین خواهیم دید قشر زمین زیر بار سنگین کوههای بزرگ فرومی نشیند و برجستگیهای بزرگی از سنگ خارا تشکیل می دهد که در بازالت مذاب فرومی روند . پدیده تعدیل ایزوستازیکی ، بار دیگر ما را

به یاد این موضوع می‌اندازد که فقط لایه نازکی از سنگهای جامد ما را از نواحی داخلی جدا می‌سازد، این نواحی هنوز به همان حالی وجود دارند که در موقع تولد زمین بوده‌اند. از این نظر زمین نه از نظر سال بلکه از نظر « حرارت جوانی » خیلی جوانتر از ماه است. درحقیقت چنان که دیده‌ایم چون ماه خیلی کوچکتر از زمین بوده اکنون بایستی به درجه بیشتری منجمد شده باشد به طوری که قشر جامدش می‌تواند به سهولت دو برجستگی بزرگ « مد منجمد شده » را که در دو پهلوئی مقابلش ایجاد شده تحمل نماید.

### جزر و مد در سنگها

غالباً ما از پدیده جزرومد و بالاخص از اهمیت نیروهای جزر و مد در تاریخ کره ماه صحبت کرده‌ایم. این نکته را نیز یاد آور می‌شویم که عمل جزر و مد خوردشید که روی زمین مایع اولیه بر اثر تشدید، افزایش یافته و سبب تشکیل ماه گردیده همواره باعث بالا آمدن و پایین رفتن متناوب آب اقیانوس‌ها می‌شود و گردش زمین را کند می‌سازد.

اما اثر نیروهای جزرومد تنها عاملی نیست که به طور متناوب مزاحمت قشر مایع سیاره ما را تولید می‌کند بلکه پیکر سنگین زمین نیز به طور متناوب، تحت اثر نیروی جاذبه متغیری روی دو پهلوئی مقابلش بالا و پایین می‌رود. قبلاً دیده‌ایم که ماده داخلی زمین فقط در مقابل نیروهای دایم دارای جهت ثابت اگر به مدت مدید اثر کنند، نرمی نشان می‌دهد 'چون نیروهای جزر و مد جهاتشان را در هر شش ساعت یکبار عوض می‌کنند باید نتیجه بگیریم که واکنش پیکر زمین نسبت به این نیروها باید مانند واکنش يك كره قابل ارتجاع باشد. به همین طریق اگر يك كره لاکی از ارتفاعی روی کف اتاق رها شود می‌جهد، ولی اگر روی کف اتاق برای مدت نسبتاً طویل باقی گذاشته شود تحت اثر وزنش جریان می‌یابد. از آنجا که پیکر زمین کمتر از لفاف مایعش قابلیت تغییر دارد لذا « جزر و مد در سنگها » باید کمتر از جزرومد اقیانوس‌ها باشد و بالا و پایین رفتن سطح آب که در ساحل محسوس است بایستی تفاوت بین ارتفاع دو جزر و مد حاصل در سنگها و در آبها باشد. اگرچه ما نمی‌توانیم میزان دو نوع جزرومد را به سهولت اندازه بگیریم ولی تعیین ارتفاع هر يك به طور مجزا بسیار مشکل است. درحقیقت چون تغییر شکل زمین تحت اثر جزرومد نتیجه‌ای از بالا و پایین رفتن متناوب تمام سطحی است



که ناظر را احاطه می کند لذا جزر و مد در سنگها به چشم ناظری که در روی زمین ایستاده است نمی رسد به همان گونه که جزر و مد اقیانوس در قایقی که وسط اقیانوس آزاد است احساس نمی گردد. یکی از این راههای تخمین جزر و مد پیکر زمین محاسبه جزر و مد اقیانوسها به قانون نیوتون و مقایسه آن با بالا آمدن نسبی اقیانوسها و سطح خشکی است .

اگر زمین به صورت کره منظم و صافی بود محاسبه جزر و مد اقیانوسها به روش فوق خیلی ساده می شد ولی بدبختانه چون باید عوارض سواحل اقیانوسها و اعماق متغیر حوضه اقیانوسها را به حساب آوریم دشوار می گردد.



شکل ۲۲ : دستگاه مایکل سن برای مطالعه جزر و مد در شرایط آزمایشگاه

فیزیکدان آمریکایی به نام آلبرت مایکل سن (Albert Michelson) این اشکال را به طرز ماهرانه ای حل کرده است. وی به مطالعه «جزر و مدهای خیلی کوچک» که تحت اثر جاذبه خورشید و ماه در آبهای کم وسعت حاصل می شوند پرداخته است . دستگاه مایکل سن شامل لوله ای آهنی به طول ۱۵۰ متر است که بادقت تمام به وضعی افقی قرار دارد و تا نصف مملو از آب است (شکل ۲۲). سطح آب لوله تحت اثر نیروهای جزر و مد ماه و خورشید درست به روش آب اقیانوسها بالا و پایین می رود یعنی اینکه انحنای آن به طور متناوب در جهت معینی از فضا تغییر می کند .

چون «اقیانوس مایکل سن» وسعت خیلی کمی نسبت به اقیانوس کبیر دارد مثلا (۱۵۰ متر در مقابل ۱۰۰۰۰ کیلومتر) لذا انحنای سطحی حاصل ، فقط آب دوسر لوله را به مقدار بسیار کم به طور عمودی جا به جا می کند . این جا به جایی در حقیقت به قدری کم است که با چشم عادی دیده نمی شود و مایکل-

سن بابکار بردن میکروسکوپی توانست این تغییرات کوچک سطح آب را مشاهده کند. حداکثر این تغییرات در حدود  $4/000$  سانتیمتر بود. این «جزرومدهای خیلی کوچک» گرچه ارتفاع بسیار کمی داشتند معهذا مایکل - سن موفق گردید تمام پدیده‌های عادی را که با مقیاس بزرگی در اقیانوس صورت می‌گیرد نظیر جزر و مدهای دامنه‌داری که در دورهٔ محاق ماه حاصل می‌شود عیناً مشاهده کند.<sup>۱</sup>

مایکل سن ارتفاع جزرومد «اقیانوس کوچک» خود را با ارتفاعی که از راه محاسبه فرضی در این حالت ساده به دست آورده مقایسه کرده و متوجه گردیده که اعداد حاصل فقط ۶۹ در صد اثر منتظره را نشان می‌دهند. ۳۱ درصد باقیمانده محققاً به علت جا به جا شدن قشر جامد زمین، که ۴۵ لوله مایکل سن روی آن قرار داشته‌است، تحت اثر جزرومد خنثی شده‌است. بنا بر این مایکل سن بدین نتیجه رسید که جزرومد مشهود اقیانوس‌ها باید فقط معرف ۶۵ درصد حد اکثر ارتفاع آب باشد. و چون ارتفاع جزرومد اقیانوس آزاد در حدود ۷۵ سانتیمتر است<sup>۲</sup> لذا حداکثر بالا آمدن باید قریب ۱۱۰ سانتیمتر باشد. ۳۵ سانتیمتری که از کل جزر و مد آب باقی می‌ماند، محققاً به علت این است که بالا آمدن و پایین رفتن پوستهٔ جامد زمین آن را خنثی می‌کند و فقط اختلافی به طول ۷۵ سانتیمتر که ظاهر است در ساحل دریا باقی می‌گذارد.

بدین طریق گرچه ممکن است به نظر عجیب بیاید، زمین زیر پای ما با تمام شهرها و تپه‌ها و کوه‌های سطح خود به‌طور متناوب بالا و پایین می‌رود. بالا آمدنش هنگامی است که ماه در بالای آسمان است و پایین رفتن مجددش وقتی است که ماه پایین افق می‌رود. دومین صعود آب هنگامی صورت می‌گیرد که ماه مسلماً زیر پای مامی‌رسد و می‌توان گفت که تمام کرهٔ زمین را زیر پای

---

۱- علت این جزر و مد های دامنه‌دار این است که در دورهٔ محاق، ماه و خورشید در یک طرف از زمین قرار گرفته‌اند و نیروی جاذبهٔ آنها به یکدیگر افزوده می‌شود.

۲- مقدار فوق در جزیرهٔ دور افتاده ای از اقیانوس کبیر اندازه گیری شد، و خیلی کوچکتر از آن بود که بتواند روی حرکت آب اقیانوس اثر قابلی بنماید.

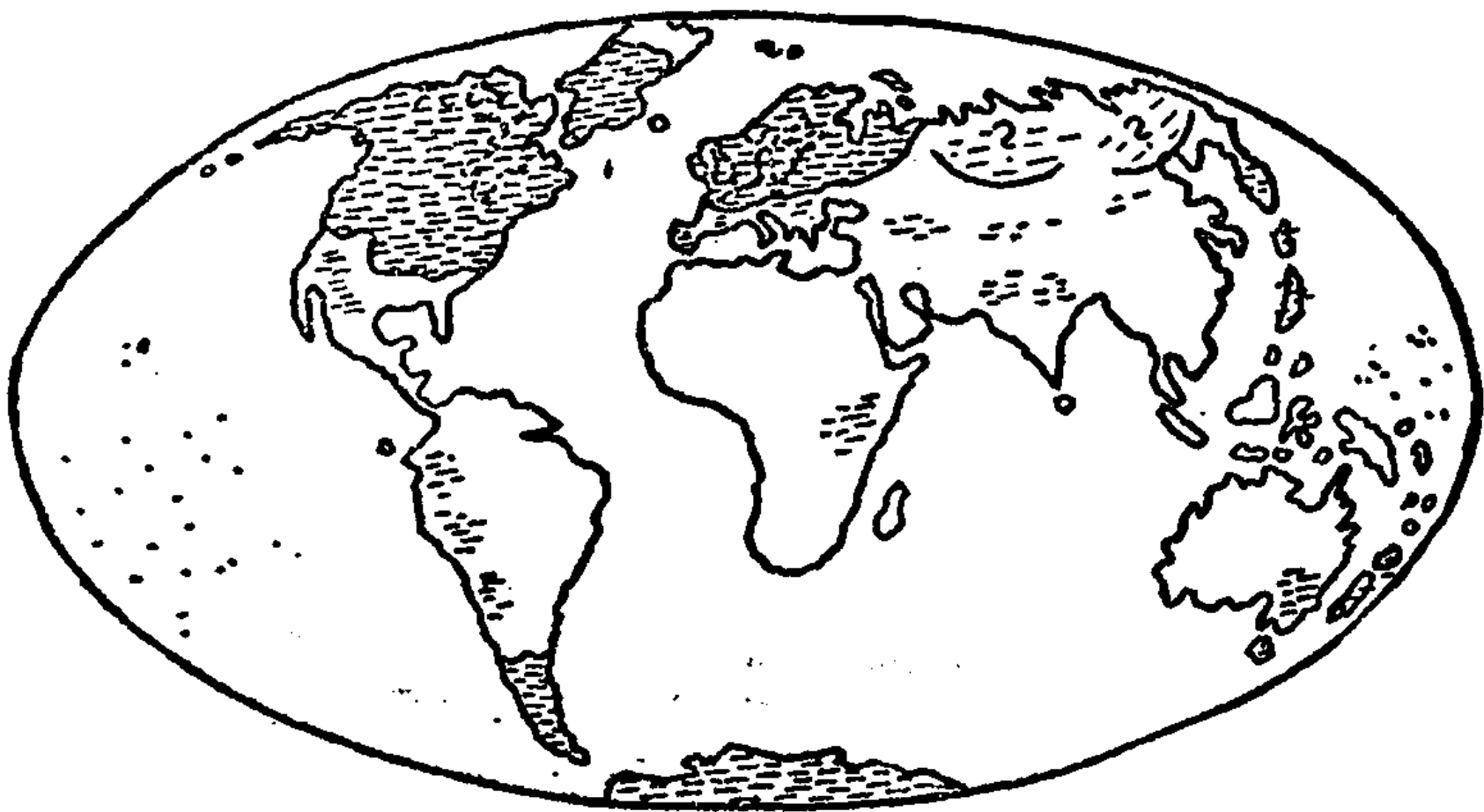
مامی کشد . این صعود و نزول پوسته زمین چنان به نرمی صورت می گیرد که حتی با حساس ترین آلات فیزیکی تشخیص داده نمی شود .  
اینکه جزرومد در سنگها تقریباً چهار دفعه کوچکتر از جزرومد آنهاست خود نشانه سختی نسبی کره ما است و اگر تئوری قابلیت ارتجاع در این مورد به کار بسته شود از روی این اطلاعات می توان سختی تمام پیکر زمین را محاسبه کرد . **لرد کلوین (Kelvin)** نخستین کسی بود که با عملی ساختن نظریه فوق به این نتیجه رسید که سختی پیکر زمین به قدری زیاد است مثل آنکه از **هولاد خالص ساخته شده باشد** . چنانکه در فوق اشاره گردید نتیجه فوق مغایرت با این موضوع ندارد که کره ما در مقابل نیروهای ضعیف ولی دایمی ، درست مانند جسم نرمی واکنش می کند .

### زلزله چه محسناتی دارد

وقتی به خاطر می آوریم که پوسته سنگی بسیار نازکی ، شبیه پوستی که روی سیب را می پوشاند ، سطح زمین از مواد نیمه مذاب گداخته درونی سیاره مان جدا می کند ، این نکته باعث تعجب ما می گردد که چرا ساکنین سطح آن این همه بیاد «جهنم مادی» می باشند که زیر سرزمین امن پراز اشجار و دریاها ی آبی گسترده شده است .  
علاوه بر انفجار موحش آتشفشان که هزارها تن گدازه و مقادیر زیادی خاکستر آتشفانی به خارج می ریزد و ممکن است شهرهایی را کاملاً سوزانده و از بین ببرد ( سر نوشت شوم پومپئی را بخاطر بیاورید ) حوادث مختلف زیر زمینی نیز غالباً به صورت ارتعاشات شدید پوسته زمین در همه جای سطح کره احساس می شود . از مطالعه تاریخ یاد می گیریم که شهرهای ایسبون (Lisbon) و مسینا (Messina) بر اثر زلزله شدید از هم پاشیده و فیلمهای هالیوود (Hollywood) فاجعه سان فرانسیسکو (San Francisco) را در نظر ما مجسم می کنند . در طی چند سال گذشته روزنامهها خبر زمین لرزه عظیمی را در شیلی (Chili) و ترکیه و رومانی منتشر ساختند و نام ژاپن تقریباً با زلزله دایمی مترادف است . وقتی به خاطر می آوریم که همه این فاجعه های عظیم و نظایر آنها در مدتی صورت گرفته که در مقایسه با دوره عمر زمین لحظه ای بیش محسوب نمی شود ، به این نتیجه می رسیم که قشر زمین در واقع به خلاف آنچه در وهله اول به نظر می رسید « زمین امن جامد » نمی تواند

باشد (تصویر ۹- الف) .

نخستین علت این «پدیده‌های کوه‌زایی» چنانکه در زمین‌شناسی بدین اسم نامیده می‌شوند، مربوط به سرد شدن و انقباض تدریجی کرهٔ ما است. چنانکه بعداً با تفصیل بیشتری خواهیم دید انقباض زمین سبب پیدایش چین-خوردگیهای متعدد در سطح سنگی آن می‌گردد و این چین خوردگیها را معمولاً کوه می‌نامیم. گاهگاهی چین خوردگی به مقیاس بزرگتری حادث می‌شود و سلسله جبال طولی از سطح اولیهٔ قاره‌ها برپا می‌سازد. آخرین سانحهٔ عظیمی که از این قبیل اتفاق افتاده قریب بیست تا چهل میلیون سال پیش بوده که منجر به تشکیل هیمالیا و آلپ و روشوز و سلسله جبال آندگردیده است.

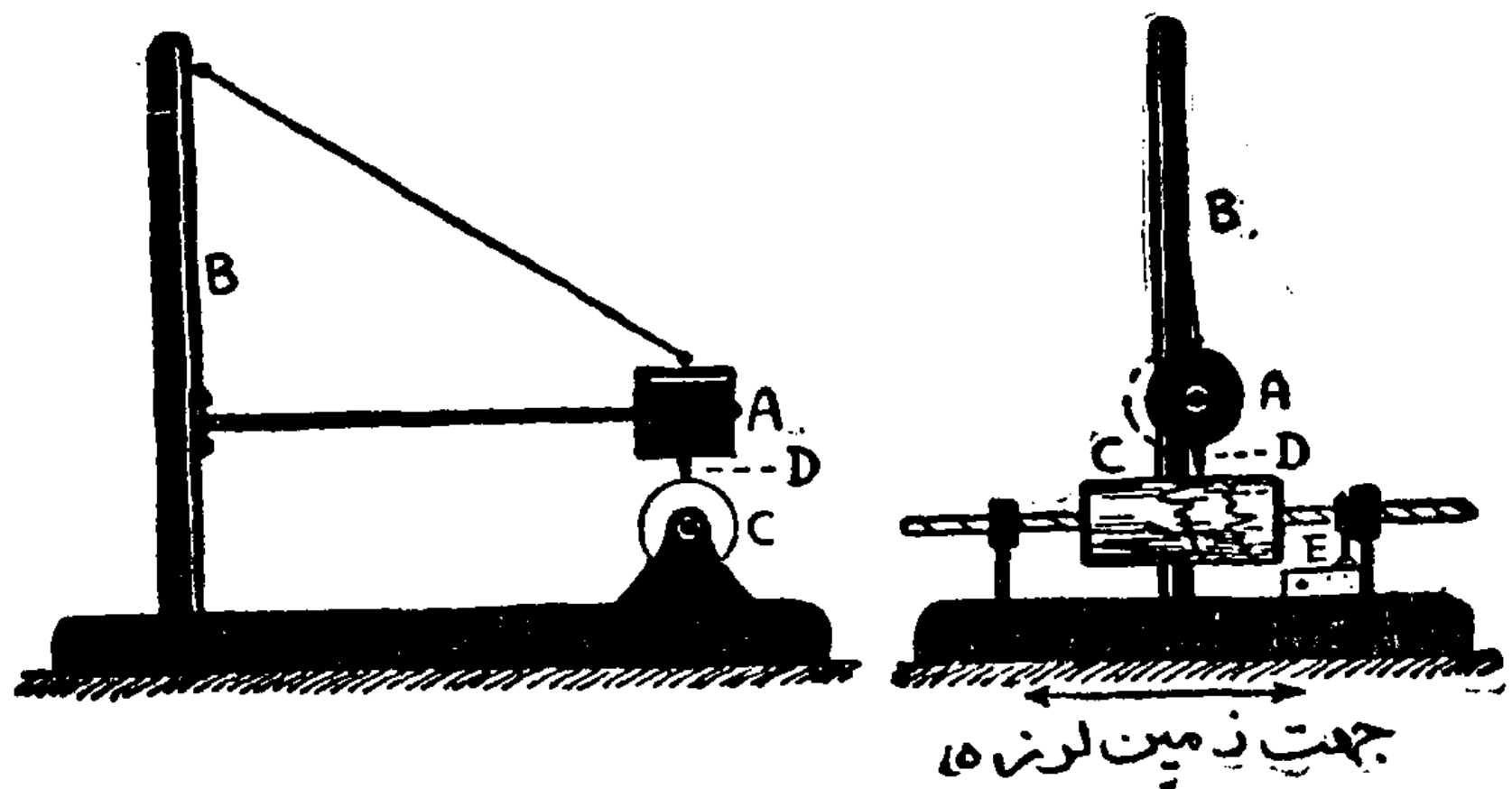


شکل ۲۳ : مراکز عمدهٔ زلزله‌های کنونی

البته بیست تا چهل میلیون سال درمقابل تاریخ زمین مدت زیادی نیست و به‌علاوه نمی‌توانیم تعیین کنیم که دورهٔ انقلابی کوه‌زای اخیر کاملاً پایان یافته باشد. به‌عکس يك مقایسه حوادث چهل میلیون سال اخیر بادوره‌های انقلابی مشابه آنها که در زمانهای قدیمتر اتفاق افتاده چنین نشان می‌دهد که دورهٔ کوه‌زای اخیر هنوز به حداکثر شدت خود نرسیده است و عصر حاضر ممکن است مرحلهٔ استراحتی باشد که بین دو انفجار متوالی فعالیت کوه‌زایی قرار دارد.

اما اکنون نیز در بخشهای کم مقاومت قشر زمین جا به جایی و فشردگی همچنان اتفاق می افتد و مقادیر زیادی گدازه آتشفشانی هنوز از شکافهای اتفاقی لفاف سنگی زمین بیرون می ریزد . تمام این جریانات الزاماً با حوادث نسبتاً شدیدی همراه است که موازنه فشار قشر زمین را به هم می زنند و به صورت امواج زلزله در تمام پیکر زمین منتشر می گردند. در شکل ۲۳ مراکز فعالیت زلزله های مهم روی زمین نشان داده شده است . از این نقشه به سهولت استنباط می شود که بیشتر فعالیت های زلزله در طول همان « حلقه آتش » دور اقیانوس کبیر یعنی همان جایی صورت می گیرد که از نظر داشتن آتشفشانی های فعال معروف می باشد . اگر به خاطر آوریم که این همان ناحیه پیکر سیاره ما است که محل جوش خوردگی دو ماده کاملاً متفاوت ( بازالت و سنگ خارا ) می باشد، فهم این مسئله دشوار نیست که چرا قشر زمین در طول این خط مقاومت کم دارد .

گرچه نمی توان زلزله را سانحه خوش آیندی دانست، زیرا هر وقت که اتفاق افتد با مرگ هزاران آدمی و میلیونها ریال خسارت همراه است معهنا



شکل ۲۴ : شکل يك زلزله سنج ساده . A وزنه بسیار سنگینی است که از ستون عمودی B آویزان است ، C استوانه دواری است که با دستگاه ساعت مانند D حرکت دورانی می کند . E قلم ثبات است سهم جهتی را نشان می دهد که دستگاه فوق می تواند زلزله حادث در آن جهت را ثبت نماید .

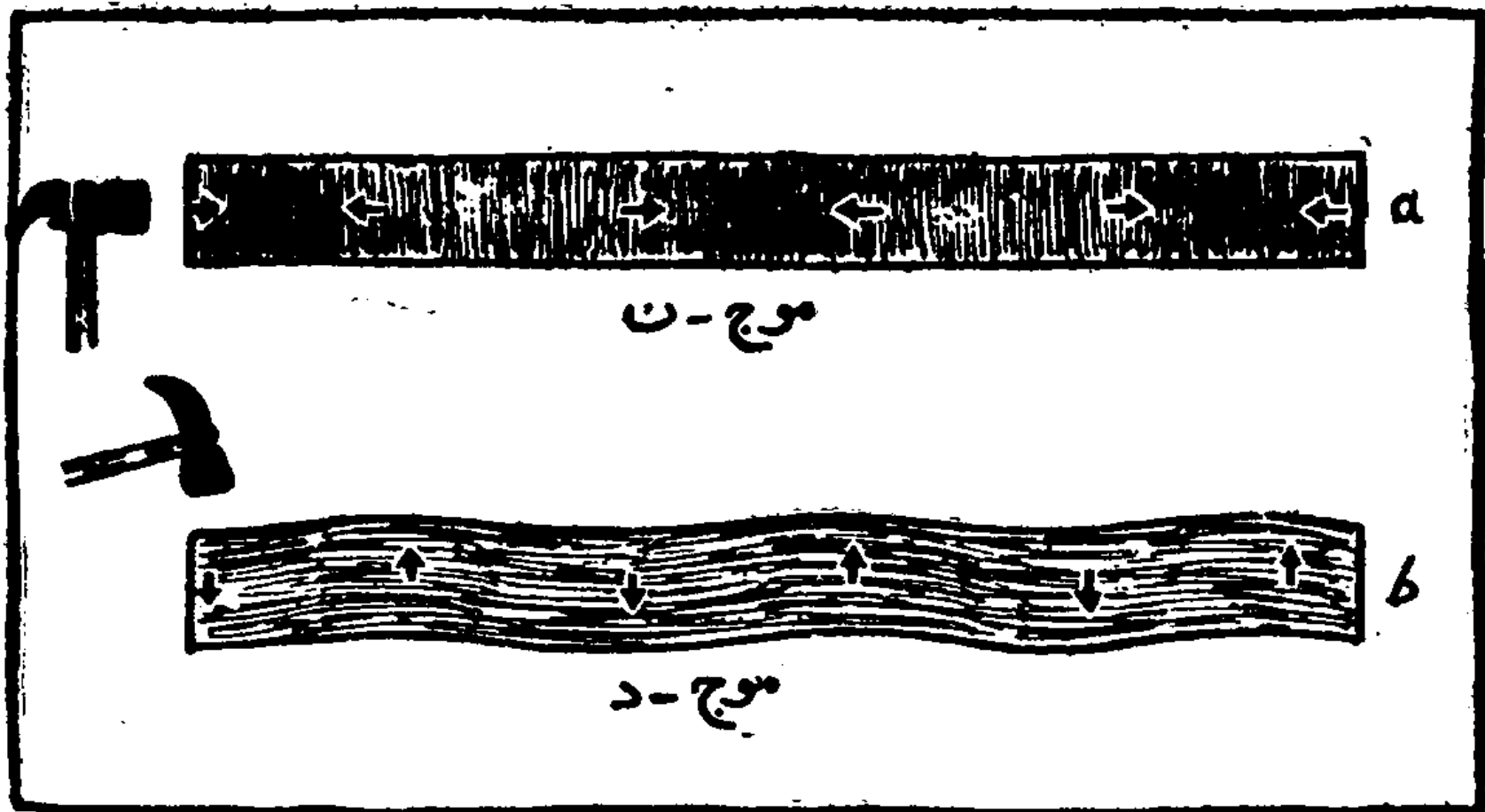
برای دانشجویان زمین شناسی بسیار مفید است چون بهترین روشی را در اختیار آنها می گذارد که با آن می توانند از اوضاع اعماق زمین اطلاعاتی به دست آورند . وقتی زلزله حادث می شود معمولاً از عمق زمین سرچشمه می گیرد یعنی منشأ آن درون پوسته جامد زمین است که ۵۰ کیلومتر از سطح زمین فاصله دارد.

زلزله سنج روی اصل قانون ماندگی ( Inertia ) اجسام بنا شده است . بنا بر قانون ماندگی اجسام ، هر جسم ساکنی حالت سکون خود را همواره حفظ می کند . زلزله سنج دارای انواع مختلف است . یکی از اقسام آن در شکل ۲۴ نمایش داده شده است . این زلزله سنج شامل وزنه سنگین A است که با اصطکاک بسیار کمی به دور ستون عمودی B می تواند بگردد . اگر زمینی که این دستگاه روی آن مستقر است تحت اثر امواج زلزله در جهتی عمود بر سطح شکل فوق تکان بخورد، وزنه A به علت خاصیت ماندگی خود ساکن باقی می ماند و جا به جا شدن پایه دستگاه نسبت به وزنه روی استوانه دوار ثبت می شود . اگر دو زلزله سنج را عمود برهم قرار دهیم اطلاعات کاملی از جا به جا شدن افقی زمین تحت اثر زلزله در دسترس ما قرار می دهند . انواع زلزله سنجهای دیگر نیز یافت می شوند که حرکات عمودی زمین و تغییرات ناگهانی انحنای آن را در یک جهت ثابت فضا ثبت می نمایند .

انتشار امواج در جامدات به دو طریق متفاوت صورت می گیرد که باید آنها را از یکدیگر تشخیص بدهیم . این دو نوع موج را معمولاً به « امواج - ن » ( امواج طولی ) و « امواج - د » ( امواج عرضی ) نمایش می دهند . اختلاف این دو نوع موج از مثال شکل ۲۵ به سهولت استنباط می گردد . اگر به یک انتهای میله آهنی با چکش ضربه ای وارد سازیم ( شکل ۲۵ - الف ) ماده مشکله میله تحت اثر نیروی برخورد چکش فشرده خواهد شد و این فشردگی به صورت موج فشاری در سرتاسر میله آهنی منتشر می گردد . بخش های مختلف میله ، به طور متناوب به طرفی که موج از آنجا منتشر شده ( که با سهم های کوچک در شکل نمایش داده شده ) یا در جهت مخالف حرکت خواهند کرد . این نوع حرکت را موج طولی نیز می نامیم .

نوع دیگر از حرکت موج وقتی حاصل می شود که با چکش به یک انتهای میله آهنی از بالا ضربه ای وارد سازیم ( شکل ۲۵ - ب ) تغییر شکلی که در این

مورد تحت اثر ضربه چکش در میله حاصل شود فشردگی ماده مشکله میله نیست بلکه تغییر مکان بعضی بخش‌های آن نسبت به بخش‌های دیگر است. این گونه تغییر شکلها نیز که تغییر مکان نام دارند در طول میله منتشر می‌شوند ولی حرکت بخش‌های مجزا در این حالت عمود بر جهت انتشار است. این امواج را امواج عرضی می‌نامیم.



شکل ۲۵ : موج طولی و عرضی در میله آهنی. در میله فوقانی بخش‌های تیره مناطق فشردگی و بخش‌های روشن مناطق انبساط است. جا به جایی با مقیاس خیلی بزرگتر رسم شده است.

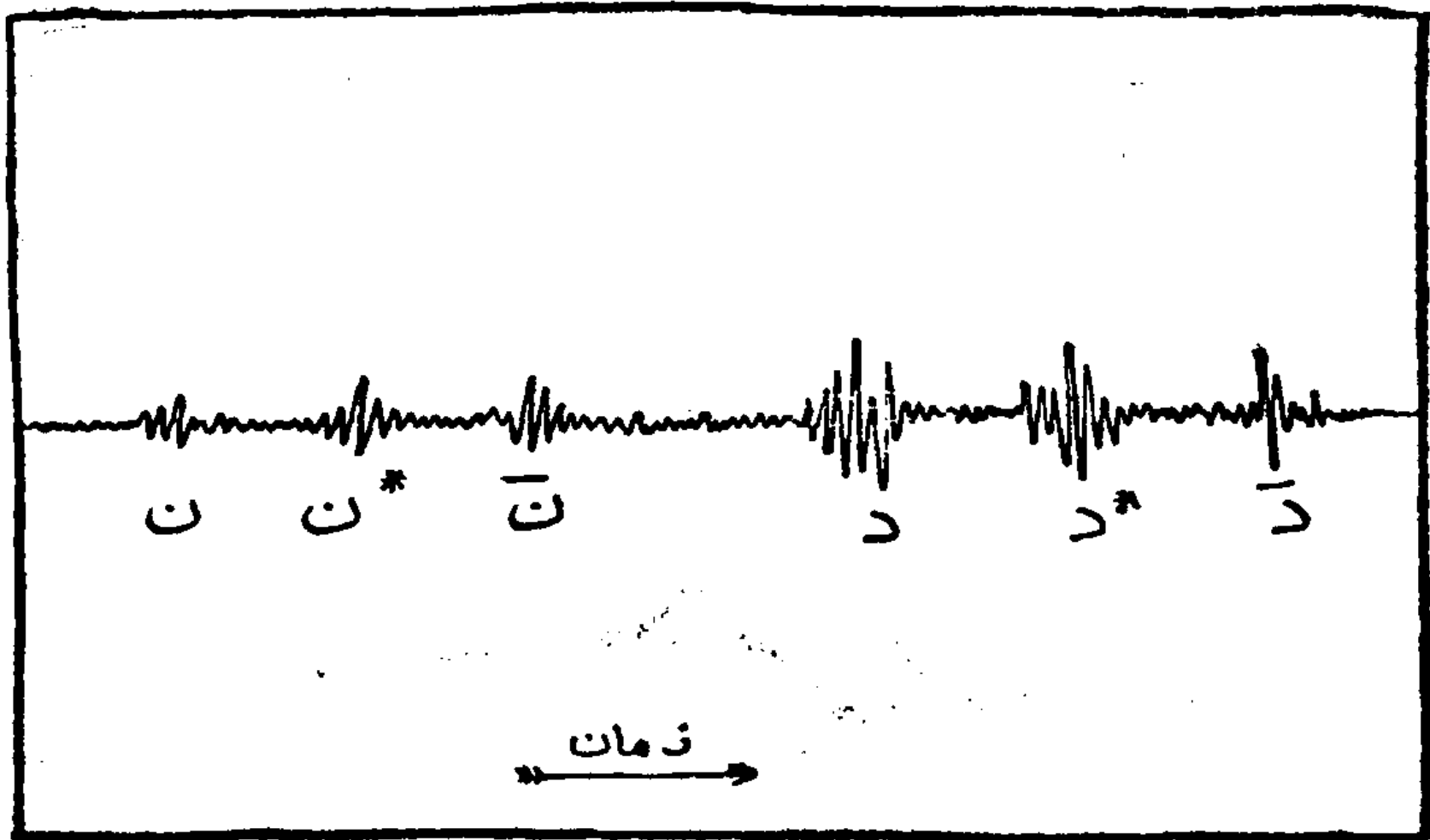
از شرح فوق به خوبی واضح می‌گردد که گرچه موج طولی می‌تواند در مایعات و گازها مانند جامدات<sup>۱</sup> منتشر گردد ولی امواج عرضی فقط در اجسام جامد می‌تواند انتشار یابد.

سرعت انتشار امواج به مقاومتی بستگی دارد که ماده معینی در مقابل تغییر شکلی که موج در آن حاصل می‌کند نشان می‌دهد و چون هر ماده‌ای در مقابل فشردگی به نوعی و در مقابل تغییر مکان امواج عرضی به نوع دیگر مقاومت می‌کند، لذا دو نوع موج مختلف با سرعت‌های متفاوت منتشر خواهند شد. معمولاً در غالب جامداتی که می‌شناسیم سرعت امواج طولی بیشتر از سرعت امواج عرضی است.

۱- معمولاً امواج صوتی از بهترین مثال اینگونه امواج طولی است.

به طوری که اگر ضربه ای به يك انتهای میله ای در جهت غیر مشخص وارد آوریم انتهای دیگر میله در جهت طول شروع به ارتعاش می کند و فقط پس از مدتی کمتر از يك ثانیه ارتعاشات عرضی به ارتعاشات طولی ملحق می شوند . همین جریان عیناً هنگامی صورت می گیرد که زلزله ای از منشأ خود در پیکر قابل ارتجاع زمین منتشر می گردد: اولین ارتعاشی که می رسد «امواج-ن» است که لحظه ای پس از آن تکانهای مربوط به (امواج - د) که معمولاً کندتر است به دنبال آن می رسد . تذکر این نکته در اینجا لازم می گردد که انتخاب دو حرف «ن» و «د» برای دو نوع امواج زلزله ، در حقیقت از زودتر و یا دیرتر رسیدن آنها سرچشمه می گیرد و اولین موج «نخستین» و موج بعدی «دومین» نامیده می شود .

در شکل ۲۶ يك منحنی معمولی زلزله که در دستگاه زلزله سنج ثبت



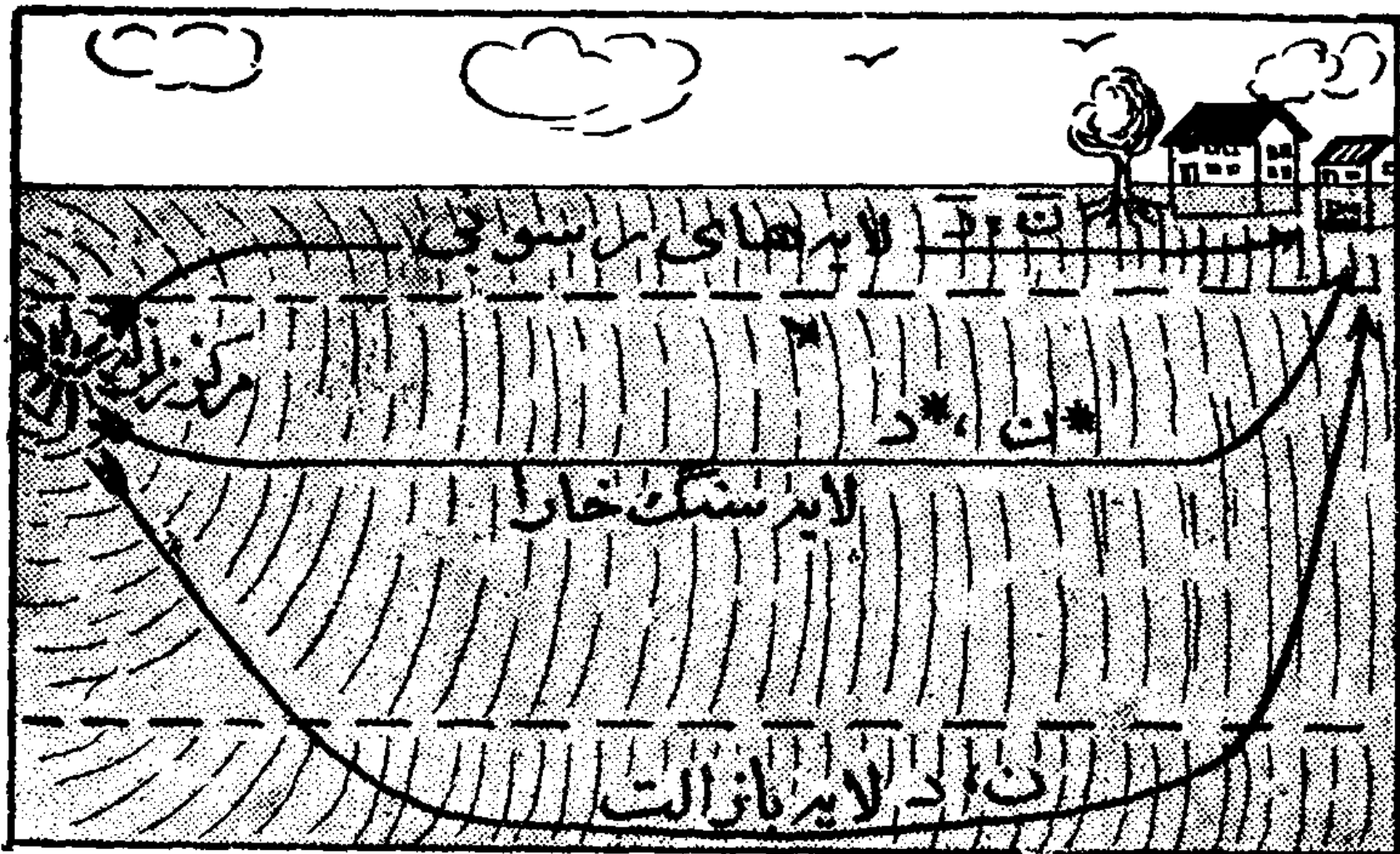
شکل ۲۶ : ۶ حرکت موجی متوالی که از يك زلزله دور در عرض چند دقیقه رسیده است

گردیده نمایش داده شده است. در این شکل دو دسته تکانهای مجزا در کمال وضوح دیده می شود، ضمناً در این منحنی دیده می شود که هر دسته ای دارای سه گروه منحنی جزء است که به ترتیب امواج «ن» و «ن- ستاره» و «ن-خط» و امواج «د» و «د- ستاره» و «د- خط» نامیده می شوند . چون فقط امکان انتشار دو نوع موج موجود است لذا باید انتظار داشته باشیم که این گروههای جزء متفاوت، معرف همان نوع امواجی باشند که در همان مسیر ولی با



طوهای مختلف انتشار یافته اند .

برای روشن ساختن موضوع فرض می کنیم که جاده راست ولی ناهمواری دودهکده را به هم مربوط می سازد. ضمناً فرض می کنیم که جاده همواری نیز از مجاورت دو دهکده عبور می کند به طوری که شخصی که می خواهد از دهی به ده دیگر برسد، باید مسافتی اضافی از جاده رابط طی نماید. باخره جاده پهن اسفالتی نیز بین دودهکده وجود دارد ولی مسافت دودهکده از این راه دورتر است. حال فکر کنید که سه راننده که اطلاعات رانندگی یکسان دارند بخواهند با سه ماشین از یک سیستم با شرایط مساوی از این سه جاده به قصد دهکده دوم حرکت کنند و هرچه زودتر به آن برسند، راننده ماشین اول که به فکر کوتاه ترین راه است جاده اول را درپیش می گیرد و با کمال مهارت از دست اندازهای



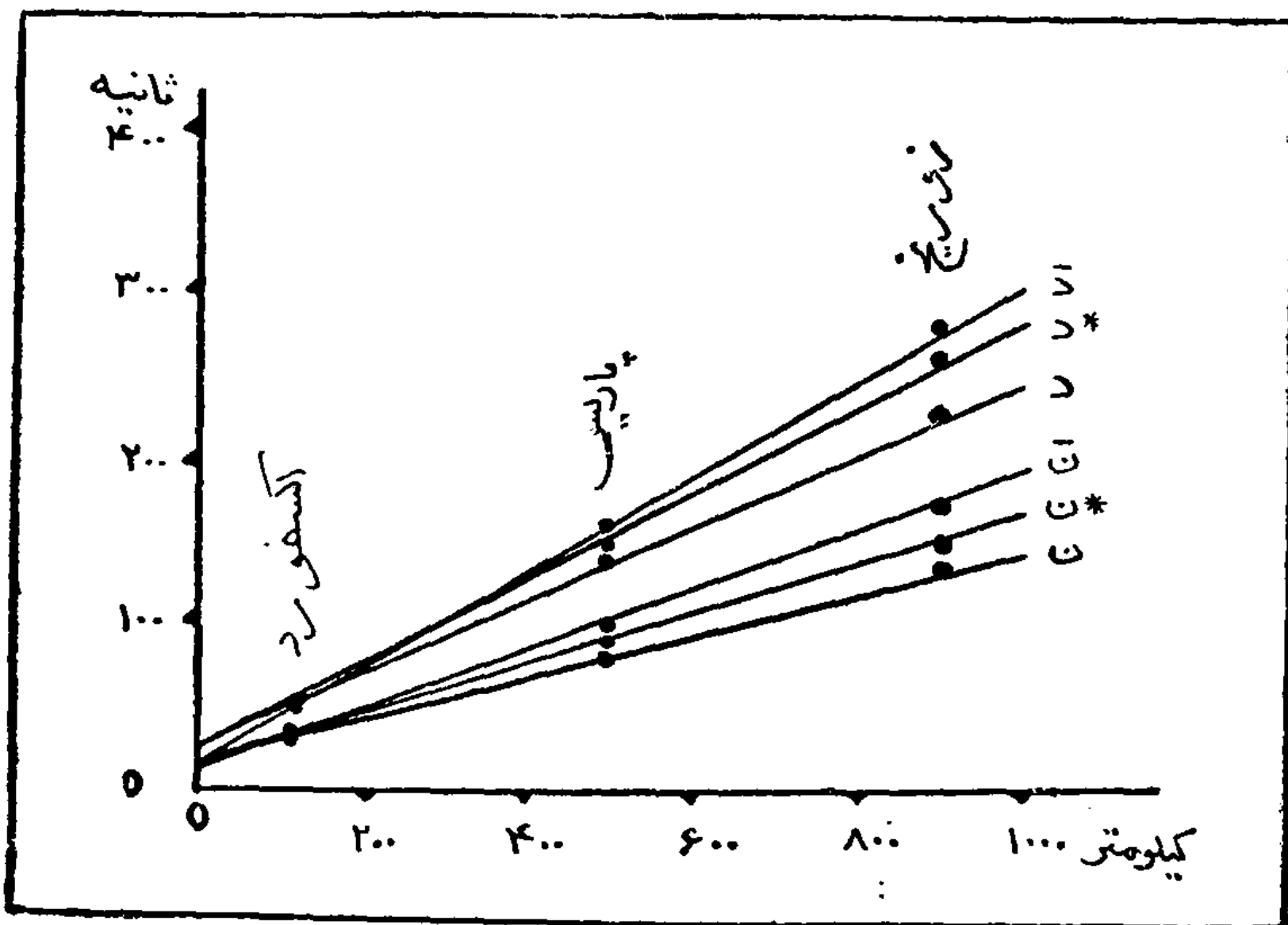
شکل ۲۷ : سه راه متفاوت که امواج زلزله می توانند از آنها به ایستگاه زلزله سنج برسند.

آن با سرعتی کمتر از سی کیلومتر عبور می نماید و راننده دوم جاده هموار را انتخاب می کند و وقتی را که برای عبور از جاده های رابط باید تلف کند با افزودن سرعت جبران می نماید و زودتر از راننده اول خود را به مقصد می رساند ولی وقتی بدانجا می رسد ملاحظه می کند که راننده سوم زودتر از او رسیده و برای رفع خستگی درمغازه دهکده به نوشیدن کاکولا مشغول است. راننده سوم جاده طویل اسفالتی را انتخاب کرده و مسافت زیادی که بایستی طی می کرده با افزایش سرعت جبران نموده و زودتر از دو راننده دیگر به دهکده رسیده است .

اگر امواج زلزله را به جای ماشینها قرار دهیم و سه لایه متفاوت زمین را سه جاده فرض کنیم (شکل ۲۷) مفهوم منحنی زلزله سنج که در شکل ۲۶

نمایش داده شده واضحتر می گردد .

جاده ناهموار همان لایه نازک رسوبی است که تحت اثر تخریب به وجود آمده و سطح غالب قاره‌ها را می پوشاند . جاده هموار همان لایه سنگ خارا است که ۵۰ کیلومتر ضخامت دارد و قشر اولیه زمین را تشکیل می دهد و جاده اسفالتی همان تحتانی ترین لایه زمین است که از بازالت سنگین مرکب می باشد . در واقع اندازه گیری قابلیت ارتجاع سنگها نشان می دهد که سرعت امواج در سنگهای رسوبی کمتر از همه و در بازالت به حداکثر است . غیر از این هم نبایستی انتظار می رفت زیرا سختی سنگها قانوناً با وزن مخصوصشان نسبت مستقیم دارد . برای آنکه تشبیه ما کامل باشد فقط لازم است سه کامیون فرض کنیم که از دهکده اول با حرکت کندتر خود معرف « امواج - د » بوده و به ترتیب با سه ماشین قبلی از سه جاده مختلف راه دهکده دوم را در پیش گیرند .



شکل ۲۸ : زمان رسیدن زلزله‌ای که از هر فورد انگلستان منشأ گرفته در نقاط دور دست مختلف

بامطالعه تاریخ رسیدن امواج مختلف زلزله در عده‌ای از ایستگاههای ثبات که در فواصل مختلف محل بروز زلزله قرار دارند نه فقط می توانیم سرعت

امواج جدا از هم را حساب کنیم بلکه می‌توانیم «طول جادهٔ رابط» یعنی عمق لایه‌های مختلفی را که زیر سطح زمین قرار دارند محاسبه نماییم. در شکل ۲۸ به عنوان مثال، نمودار زمانهای رسیدن یک موج کوچک زلزله را نشان می‌دهیم که در نقطه‌ای مجاور هر فوردا انگلستان شروع شده و تاسویس پیش رفته است. از این نمودار نتیجه می‌گیریم که سرعت امواج «ن» در سه لایه مذکور در فوق به ترتیب ۵/۶ و ۶/۷ و ۷/۸ کیلومتر در ثانیه است، در صورتی که این سرعت برای امواج «د» ۳/۴ و ۳/۶ و ۴/۳ کیلومتر است. متوجه این نکته نیز می‌شویم که خطوط مستقیمی که گروههای جزء مختلف را نشان می‌دهند در فاصله تقریباً ۱۰۰ کیلومتری منشأ به قسمی تقاطع می‌کنند که اگر مسافت کوتاهتر باشد امواج «ن - خط» و «د - خط» (یعنی آنها که از لایه‌های

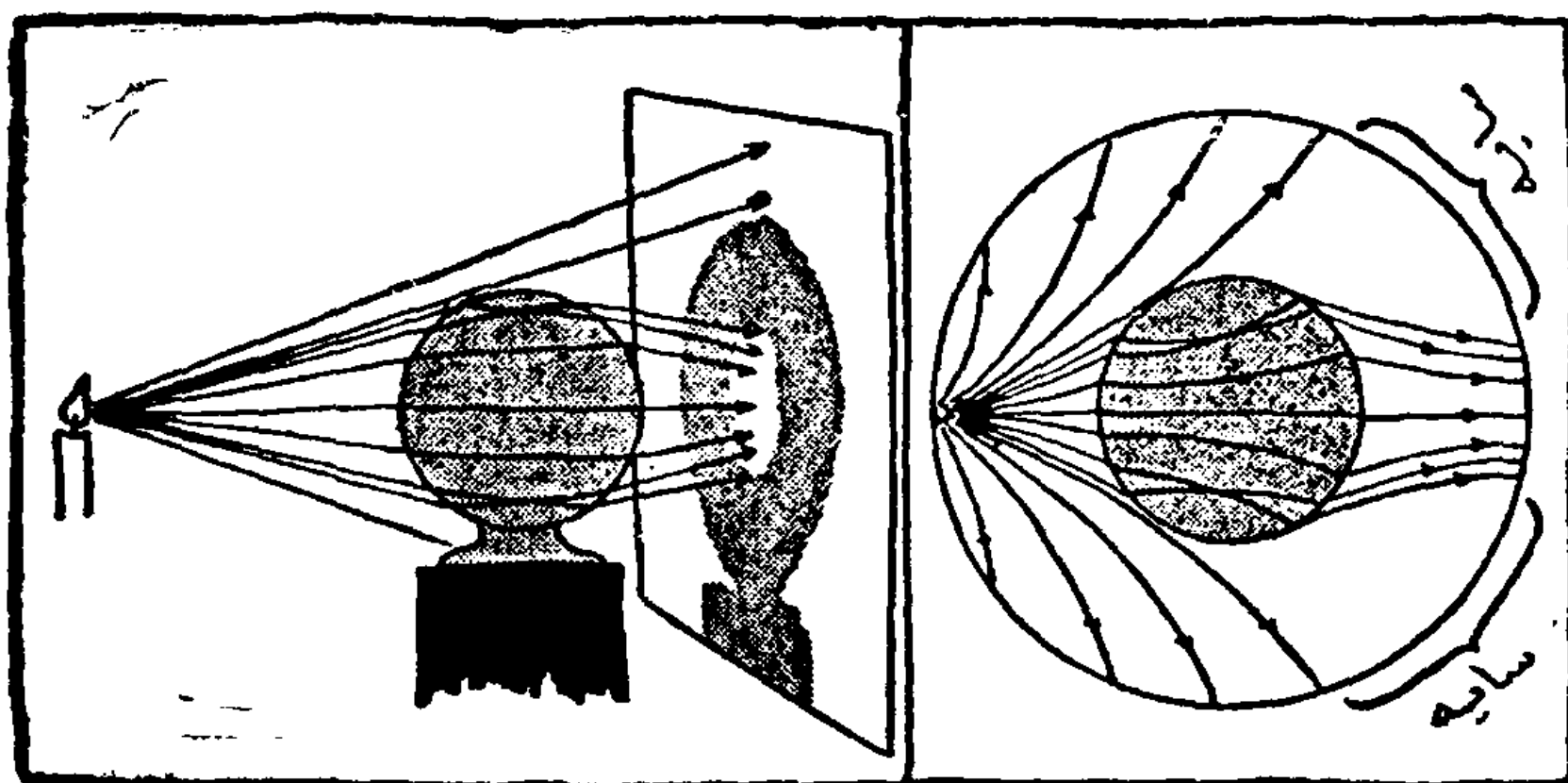


شکل ۲۹ : منطقه سایه زلزله‌ای که از پرو سرچشمه گرفته است. حدود منطقه کمر بندی منظم تر از واقع رسم شده است.

رسوبی عبور می کنند) زودتر از همه می رسند . علت این امر از همان تشبیهی که به عمل آورده ایم به خوبی فهمیده می شود . در واقع اگر دوده کده خیلی به هم نزدیک باشند انتخاب جاده خوب طویل فقط به خاطر چند کیلومتر ، کاری احمقانه خواهد بود . مطالعات بیشتری که درباره زلزله به عمل آمده نشان می دهد که پایین تر از حد فاصل سنگ خارا و بازالت نیز وضع انفصالی موجود می باشد . این انفصالی بودن وضع مواد درونی زمین ، در مثال بالا معرف همان جاده های متعدد وسیع است که خیلی دورتر از خط مستقیم بین دوده کده آنها را به هم مربوط می سازد .

### در اعماق زیاد

در بخش پیش بیان کردیم که چگونه امواج زلزله در مسافت نسبتاً کوتاه درون لایه های سنگی مختلف پوسته خارجی سیاره ما منتشر می شوند.



شکل ۳۰ : منشأ منطقه سایه زلزله به علت وجود هسته آهنی زمین نشان داده شده است.

در مورد تکانهای بسیار شدیدی که در تمام نقاط دنیا دستگاههای حساس را متأثر می سازند ، امواج زلزله طبیعتاً از تمام پیکر زمین عبور می کنند . مطالعه انتشار اینگونه امواج در نقاط مختلف کره به ما اجازه می دهد به چشم هوش تا مرکز سیاره زمین نفوذ کنیم . جالبترین چیزی که از مطالعه اینگونه زلزله ها ، که به مسافت دور منتشر می شوند ، استنباط می گردد وجود منطقه ای است که آن را

«منطقه سایه» می نامند. این منطقه کمر بند پهنی در سطح زمین است که در آن عملاً تکانی ثبت نمی گردد. اگر مثلاً مرکز زلزله در پرو (Peru) (شکل ۲۹) باشد، آثار آن در تمام نقاط نیمکره غربی و همه نقاطی که در اطراف قطب مقابل ناحیه وقوع زلزله قرار دارند (یعنی هندوستان - هند و چین - جزایر شرقی) ثبت می شود ولی زلزله سنج‌های ایستگاههای واقع در کمر بندی که از سبیری شمالی و بیشتر اروپا و شرق آفریقا و قسمت جنوبی هندو استرالیا و جنوبی و قسمت غربی اقیانوس کبیر می گذرند وضعی نشان می دهند مثل آنکه هیچ اتفاقی نیفتاده است.

این اثر حیرت انگیز به سبب انکسار مخصوصی است که امواج زلزله در حین عبور از اعماق زیاد زمین حاصل می کند. وقوع این امر را می توان به كمك يك شمع و يك ظرف شیشه‌ای کروی نشان داد. اگر ظرف شیشه‌ای را از دهانه روی شیئی قرار دهیم و آن را جلوی دیواری و در مقابل کانون نوری بگذاریم (شکل ۳۰) سایه‌ای حلقوی مشاهده خواهیم کرد که لکه روشنی در وسطش قرار دارد. به سهولت می توان دریافت که کره شیشه‌ای مانند يك عدسی ناقصی تمام نورهایی را که روی آن می افتند در لکه مرکزی جمع می کند و ناحیه اطراف را در تاریکی قرار می دهد. اگر قبول کنیم که بخش مرکزی کره زمین از هسته کروی شکلی ساخته شده که ماده مشکله آن، بیشتر از لایه اطراف، امواج زلزله را منکسر می کند، پدیده سایه در مورد زلزله درست مانند مثال فوق می تواند بیان گردد. وقتی امواج زلزله از چنین هسته‌ای عبور می کنند درست به همان روشی که نور در کره شیشه‌ای منکسر می گردد، انکسار حاصل می کنند و در نقطه‌ای از سطح زمین که نقطه مقابل وقوع زلزله است متمرکز می گردند. از روی وسعت «سایه» ای که حاصل می شود، ابعاد هسته منکسر کننده را می توانیم حساب کنیم. این هسته تا قریب نصف شعاع زمین (یا صحیح تر تا  $\frac{1}{6}$  آن) امتداد دارد. قدرت انکسار زیاد هسته نشان می دهد که بایستی از موادی ساخته شده باشد که از مواد اطراف بسیار سنگین تر است. اینکه وزن مخصوص زمین (که از روی جرم کل و حجم کل آن تخمین زده شده) خیلی بیشتر از وزن مخصوص سنگهای سطحی اش می باشد، با نتیجه فوق مطابقت کامل دارد. با مطالعه چگونگی انتشار امواج زلزله در هسته زمین، اطلاعات بسیار مهمی می توانیم از خواص شیمیایی و

فیزیکی آن به دست آوریم . مهمتر از همه وزن مخصوص هسته است که از روی سرعت انتشار امواج زلزله تخمین زده شده و بین ۱۰ تا ۱۲ برابر وزن مخصوص آب به دست آمده است . مقدار حاصل این فرض را قویاً تأیید می‌کند که بخش مرکزی سیاره ما که معادل يك هشتم حجم کلی آن است از آهن تقریباً خالص تشکیل یافته است . در اینجا خواننده کتاب ممکن است بیاد سنگهای سماوی بیفتد که از فضای بین‌ستارگان بروی زمین نازل می‌شوند . این سنگها که به احتمال قوی از قطعات سیاره متلاشی شده‌ای می‌باشند می‌توانند به دودسته متفاوت تقسیم گردند : سنگهای سماوی معمولی که از نظر ساختمان شبیه سنگهای آتشفشانی سطح زمین می‌باشند<sup>۱</sup> . شکی به نظر نمی‌رسد که اختلاف بین این دو قسم سنگ سماوی به علت آن است که از اعماق متفاوت سیاره بدطالعشان منشأ گرفته‌اند .

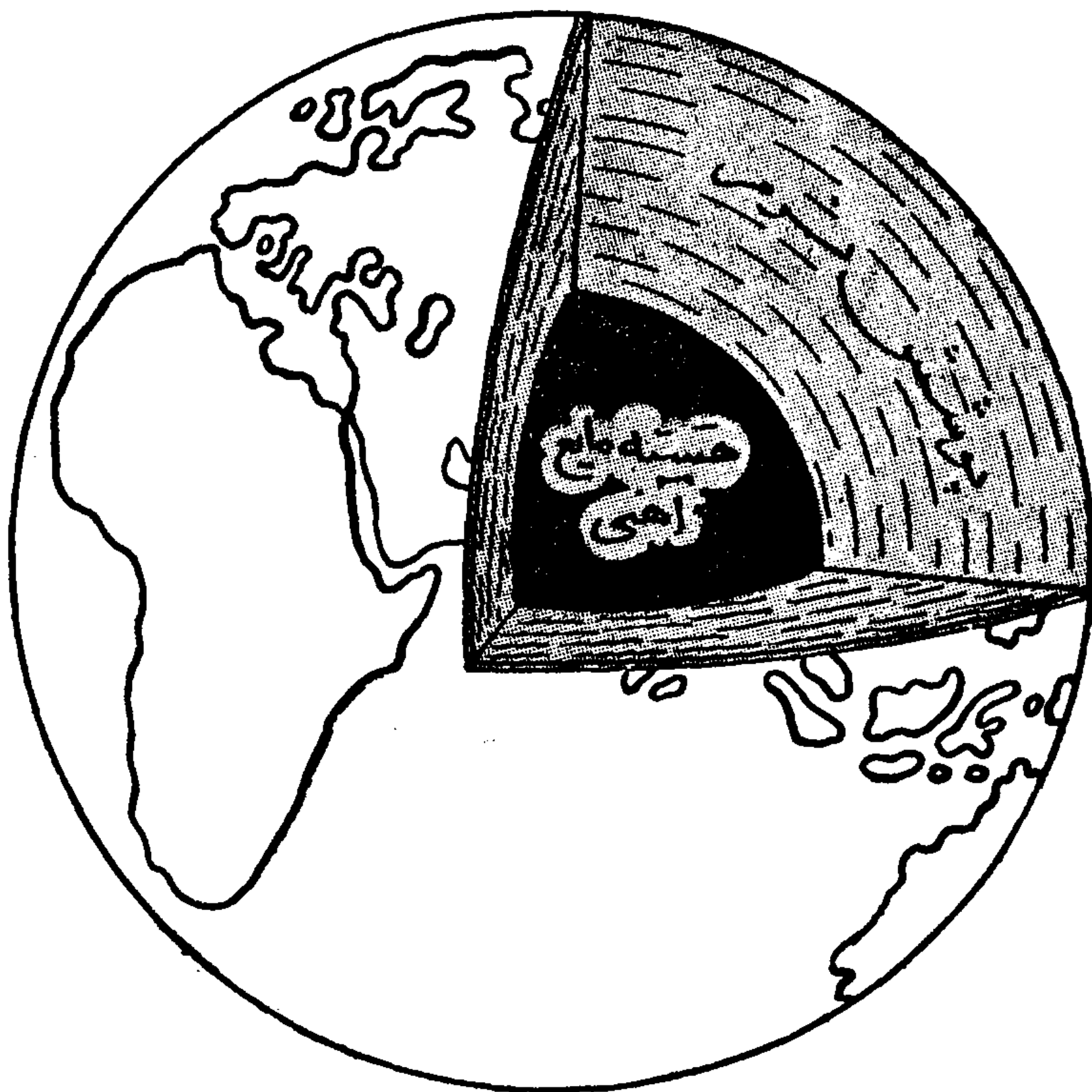
دومین نکته مهم مربوط به هسته آهنی سیاره ما ، از مشاهده وضع انتشار امواج در آن آشکار می‌گردد . به نظر می‌رسد که به خلاف سایر بخش‌های زمین ، هسته قادر نیست اساساً امواج عرضی را انتقال دهد بلکه فقط امواج طولی از آن عبور می‌کنند . این موضوع نشان می‌دهد که آهن مشکله هسته به حالت مایع وجود دارد . هسته آهنی به صورت ماده نرم قابل ارتجاع شبیه سنگهای اطراف خود نیست بلکه به حالت مایع حقیقی یعنی شبیه آهن مذابی است که از مدخل کوره‌های مرتفع در کارخانه‌های فولاد سازی خارج می‌گردد . اگر شرحی که قبلاً درباره اینک مواد مذاب تحت اثر فشار زیاد نرم می‌شوند بیان داشتیم به خاطر آوریم ، به این نتیجه می‌رسیم که اتمهای آهن محتملاً لغزنده‌تر از مولکولهای مواد شیمیایی دیگری باشند که در ترکیب سنگها وارد می‌شوند و حتی وقتی تحت فشار بسیار زیاد قرار می‌گیرند قسمت اعظم تحرکشان را حفظ می‌کنند .

به طور خلاصه پیکر سیاره ما شامل لایه‌های متحدالمرکز از مواد مختلف است که به تناسب وزن مخصوصشان مرتب شده‌اند بدین معنی که ابتدا يك

۱- تا کنون هیچگونه سنگ سماوی که از نظر ساختمان مانند سنگهای رسوبی باشد یعنی در نتیجه تخریب به وجود آمده باشد پیدا نشده است . قاعدتاً بایستی چنین انتظاری هم می‌رفت زیرا لایه‌های رسوبی ، بخش ناچیزی از جرم کل سیاره را تشکیل می‌دهند .



لایه نازک جامد سنگ خارا و بازالت نرم نیمه مذاب سنگین در زیر لایه اولی قرار دارد و یک هسته آهنی نرم مذاب نیز در مرکز موجود می باشد (شکل ۳۱).



شکل ۳۱ : نمایش زمین پس از برداشتن یک قسمت از قشر جامد خارجی و پوشش نرم آن برای نشان دادن هسته آهنی .

یک گلف باز ممکن است ساختمان کره ما را با ساختمان توپ مخصوص بازی گلف مقایسه کند . توپ گلف یک لفاف نازک و سخت دارد که در زیر آن لایه ضخیمی از نوارهای لاستیکی و بالاخره یک هسته مرکزی مرکب از عسل موجود می باشد . جدا شدن مواد سنگین و سبک از یکدیگر در پیکر زمین هنگامی

۱- لایه های رسوبی و خاک روی زمین را می توان به پوشش کثیف سطح خارجی توپ گلف تشبیه کرد .

صورت گرفته که زمین خیلی جوان یعنی کاملاً مایع یا حتی گازی بوده و مواد سنگین بالاخص آهن توانسته اند به سهولت به طرف مرکز نفوذ کنند . این وضع تاوقتی همچنان باقی خواهد ماند که سیاره ما تحت اثر یک تصادم مستقیم یا غیرمستقیم بایک جرم سماوی دیگر، ازهم پاشیده گردد .

**راز عقرب به قطب نما**

بین کلیه خواصی که به ساختمان داخلی کره ما بستگی دارند ، وجود میدان مغناطیسی زمین یکی از پدیده های مشهور و درعین حال بسیار مرموز است . در چند قرن پیش چینی ها به این موضوع پی برده بودند که اگر سوزنی آهنی را به وضع مخصوصی قرار دهند می توانند جهت قطب زمین را تعیین کنند . این اکتشاف را **مارکو پولو** از بین کشفیات نادر مشرق زمین به اروپا آورده است . مطالعه وضع میدان مغناطیسی در سطح زمین و تغییرات متناوب آن با زمان بسیاری از مؤسسات کشتی رانی و بنگاه های علمی را به خوبی مشغول داشته است . شرح ریاضی آن که به وسیله ریاضی دان آلمانی **کارل فردریک گوس (Karl Friedrich Gauss)** آغاز شده ، چندین کتاب حجیم را پر می کند .

لیکن هنوز نمی دانیم که چه عاملی سبب به وجود آمدن این میدان مغناطیسی است . علاوه بر این بر طبق اطلاعاتی که از اوضاع و احوال درون زمین داریم چنین کیفیتی اساساً نمی بایستی وجود داشته باشد . در واقع گرچه موادی نظیر آهن و نیکل خاصیت مغناطیسی دارند ولی وقتی این مواد بالاتر از درجه کوری (Curie) گرم می شوند خاصیت مغناطیسی خود را به کلی از دست می دهند . چون حرارت داخلی زمین از درجه حرارت کوری بیشتر است ، نمی توان انتظار داشت که پدیده مذکور نتیجه وجود مغناطیس دایمی در داخل زمین باشد . فرضیه دیگری که خیلی به نظر طبیعی ترمی آید آن است که منشأ مغناطیس زمین ، هسته آهنی آن می باشد . این فرض نیز نمی تواند قابل قبول باشد زیرا قراینی که از وضع انتشار زلزله به دست آمده چنین به نظر می رسد که این آهن کاملاً مذاب است . البته صحیح است که فشار بسیار زیاد ، سنگهای مذاب را به مواد نرم تبدیل می کند ولی خواص مغناطیسی آهن و سایر مواد در این حالت می تواند تفاوت بسیار حاصل کند به طوری که در حرارت خیلی بیشتر هم می تواند مغناطیسی باقی بماند . اخیراً ماشین فشاری در



کارنجی انستیتو شن واشنگتن (Carnegie Institution of Washington)

باطرزی ماهرانه ساخته شده که می توان با آن خواص مواد را تا فشاری بالغ بر ۲۳۰۰۰۰ آتمسفر (یعنی معادل فشاری که در عمق ۴۸ کیلومتری سطح زمین موجود است) مطالعه کرد. مطالعه وضع مغناطیسی مواد در این فشارها تا حدی نظرفوق را تأیید می کند. گرچه مواد مغناطیسی حتی در اعماق زیاد هم خواص مغناطیسی داشته باشند بازهم مسئله علت مغناطیسی بودن هم چنان لاینحل باقی می ماند.

فرضیه های دیگری که برای بیان علت مغناطیسی بودن زمین اظهار شده این است که زمین را دارای « مغناطیس دائمی » نمی دانند که روزی تحت اثر نیروی مجهولی به وجود آمده باشد بلکه آنرا نتیجه مغناطیس القایی تصور می کنند که تحت بعضی جریانهای الکتریکی که در پیکر زمین عبور می کنند تولید می شود. اما به محض اینکه منشأ این جریانهای الکتریکی را بخواهیم، با اشکالات فراوان مواجه خواهیم شد و آنچه در این باره کوشیده اند حتی نظریه های خیلی جدیداً هیچیک تا کنون نتیجه رضایت بخشی نداده است.

بنابراین باید اقرار کنیم که ما هنوز نمی دانیم چرا عقربه مغناطیسی به طرف شمال منحرف می شود و دریا نوردان باید از این موضوع خیلی خوشحال باشند که در صورتی که تمام مطالعات تئوریک نشان می دهد که خاصیت مغناطیسی نبایستی وجود داشته باشد معهداً قطب نمای آنها هنوز به کار خود ادامه می دهد.

---

۱- جدیدترین فرضی که برای بیان خاصیت مغناطیسی زمین تحت اثر جریانهای جا به جایی (Convexion) بیان شده توسط الاسر (Elasser) است. بر طبق نظریه وی جریانهای جا به جایی در اعماق زیاد، قشر زمین را به طور غیر یکنواخت گرم می کنند و در نتیجه در طول استوا جریان ترموالکتریک به وجود می آورند اما به نظر می رسد جریانهای جا به جایی زمین خیلی کندتر از آن باشند که بتوانند اثر منتظره را ایجاد کنند.

لیکن شکی نیست که اگر « راز عقربۀ مغناطیسی » در آینده حل گردد  
حل آن با حدوث تغییرات عظیم در استنباطاتی که ما از قوانین فیزیک و ساختمان  
زمین داریم همراه نخواهد بود و همه اشکال مسئله در بفرنج بودن پدیده‌ای  
است که تحت شرایط غیرعادی در نقاط دوردست زیر پای ما وجود دارد .

## فصل ششم

# برخاستن و نشستن کوهها

### سرد شدن زمین

بنابر آنچه دربارهٔ تولد زمین در فصول پیش بیان داشته‌ایم، زمین جوان در آغاز حالتی گازی داشته و سپس کاملاً مایع گردیده به قسمتی که مواد مشکله آن توانسته‌اند تحت اثر جریانهای جا به جایی به سهولت از محلی به محل دیگر تغییر مکان دهند. در این دوره از تاریخ زمین بود که عناصر سنگین‌تر بالاخص آهن به سوی مرکز کره متوجه شدند در حالی که مواد سبک‌تر نظیر بازالت و سنگ خارا به سطح آمدند و بدین طریق پوسته‌های متحدالمرکزی تشکیل دادند که از مشخصات ساختمان فعلی زمین است. در طی دوره‌ای که جریانهای جا به جایی صورت می‌گرفت زمین هنوز به سرعت سرد می‌شد، جریانهایی از مواد گرم از داخل به سطح می‌آمدند و پس از اینکه بر اثر تشعشع حرارت به فضای اطراف سرد می‌گشتند، مجدداً به سوی مرکز روان می‌شدند. سرد شدن سریع سیاره کودک ما تدریجاً چسبندگی آن مواد را زیاد کرد و جریانهای جا به جایی رفته رفته کند شدند. وقتی کندی جریان خاتماً به حدی رسید که حرارتی که از مرکز به سطح می‌آمد نمی‌توانست، حرارت از دست رفته به وسیلهٔ تشعشع را جبران کند، در این حالت تشکیل پوستهٔ جامدی در سطح زمین آغاز گردید. چنانکه گفتیم پوستهٔ جامد به احتمال

قوی در طی چند هزار سال پس از جدا شدن زمین از خورشید تشکیل گردید . تولد ماه پوسته زمین را به قطعاتی چند قسمت کرد و بعضی از این قطعات برای به وجود آوردن پیکر ماه ما از زمین جدا شدند . اما این حادثه كوچك فقط تاخیر کوتاهی در نمو پوسته زمین به وجود آورد و بلافاصله پس از جدا شدن ماه ، سطح بازالیت مذاب که مجاور خارج بود مجدداً منجمد شد و قطعات سنگ خاراى قشر قدیمی را دربر گرفت . افزایش چسبندگی مواد زمین و تشکیل قشر جامد ، بایستی سرد شدن زمین را بسیار به تأخیر انداخته باشد . گرمای داخلی در این موقع بایستی خیلی بطلی‌تر به سطح زمین هدایت شده باشد . در چنین شرایطی سطح سیاره‌ما فقط از حرارتی که تحت اثر تشعشع خورشید در هنگام روز به آن می‌رسیده متمتع می‌شده و این هنگامی بوده که حوضه‌های اقیانوس‌ها نیز از آب مملو بوده است . گرچه زمین به کندی سرد می‌گشت معیناً این سرد شدن تا اعماق بسیار زیاد سطح زمین صورت می‌گرفت و چنانکه دیدیم پوسته جامد به ضخامت قابل توجهی معادل ۴۰ تا ۵۰ کیلومتر می‌رسد .

یکی از عوامل مهم سرد شدن زمین مقدار گرمایی است که از طریق قشر سنگی آن از دست می‌رود . می‌توان آن را از روی اختلاف گرمای اعماق قشر زمین که به ازای هر کیلومتر ۳۵ درجه است و همچنین از میزان قابلیت هدایت گرمای سنگهای مشکله آن به سهولت تخمین زد . مقدار حرارتی که از هر سانتیمتر مربع سطح زمین خارج می‌گردد بسیار کم است . یعنی سی میلیون مرتبه کمتر از حرارتی است که از خورشید به همان سطح می‌رسد . اگر شیشه‌ای را از آب یخ پر کنیم و آن را در سطح زمین قرار دهیم و اطراف آن را چنان با عایق بپوشانیم که فقط حرارت حاصل از زیر را جمع کند مدت سی سال طول می‌کشد تا آب به درجه جوش گرم گردد . اگر تمام حرارتی که از قشر زمین خارج می‌گردد نتیجه سرد شدن قسمتهای داخلی آن باشد ( و چنانکه در بخش بعدی خواهیم دید بیشتر این حرارت تحت اثر خاصیت رادیو آکتیو است ) قریب صد میلیون سال طول می‌کشد تا زمین يك درجه سرد گردد .

بنابراین این مقدار کل درجه سرد شدن پیکر زمین از روزی که قشر

جامدش تشکیل شد یعنی از دو میلیارد سال پیش تاکنون نمی تواند بیش از ۲۵ درجه بوده باشد. البته خواننده عزیز خواهد دریافت که چون زمین فقط از راه سطحش سرد می شود، کاهش حرارت پیکرش به طور غیریکنواخت انجام می گیرد بدین معنی درعین حال که حرارت لایه سطحی نازک بایستی از درجه حرارت ذوب سنگها به درجه کنونیش رسیده باشد حرارت اعماق زیاد در طی این دو میلیارد سال تقریباً بدون تغییر باقی مانده است.

### خاصیت رادیو آکتیوی در قشر زمین

هم اکنون اشاره کردیم که مقدار قابل ملاحظه ای حرارت که از قشر زمین خارج می گردد به علت سرد شدن تدریجی داخل آن نیست بلکه به سبب وجود مقادیر کم مواد رادیو آکتیوی است که بر اثر تجزیه بطنی خود مقداری گرما از دست می دهند. سنگهای مشکله پوسته زمین همیشه مقداری اورانیوم و توریوم دربر دارند. در فصل اول دیدیم که چگونه مطالعه موادی که از تجزیه عناصر رادیو آکتیو حاصل می شود ما را قادر می سازد که سن سنگها را تخمین بزنیم. به استثنای تعداد کمی معادن نظیر معدن اکسید اورانیوم بوهم (Bohem) که توسط مادام کوری برای استخراج رادیوم به کار رفته، تراکم مواد رادیو - آکتیو در سنگها بسیار کم است. مثلاً یک تن سنگ خارا ی معمولی فقط ۹ گرم اورانیوم و ۲۰ گرم توریوم دارد. در حالی که در سنگهای بازالتی کمتر از این مقدار موجود است (۳/۵ تا ۷/۷ گرم در هر تن بازالت). علاوه بر این که تراکم این مواد بینهایت کم است در همه آنها انرژی زیر اتمی با سرعت بسیار کمی آزاد می شود<sup>۱</sup>.

مثلاً انرژی آزاد شده از یک تن اورانیوم خالص درسی سال به زحمت کافی خواهد بود که یک فنجان قهوه را گرم کند.

لیکن علیرغم قلت تراکم مواد رادیو آکتیو و مقدار انرژی کمی که آزاد

---

۱- مقدار کل انرژی زیر اتمی که درون اتم اورانیوم اندوخته شده است بسیار زیاد است و از این نظریه تن اورانیوم معادل یک میلیون تن زغال سنگ است. اما اشکال در اینجا است که این انرژی به قدری کند خارج می شود که چندین میلیارد سال طول می کشد تا نصف انرژی اندوخته شده خارج گردد.

می‌کنند ، این مواد نقش مهمی در حفظ موازنه حرارت کلی زمین بازی می‌کنند و به طوری که محاسبه شده بیشتر حرارتی که از سطح زمین خارج می‌گردد فقط به علت وجود این مواد در قسمت خارجی قشر زمین است. اگر قبول می‌کردیم که مقدار درصد اورانیوم و توریوم در اعماق زیاد زمین به اندازه سنگهای سطحی است ، در این صورت مقدار کل انرژی آزاد شده تحت اثر خاصیت رادیوآکتیوی خیلی بیشتر از مقدار گرمایی می‌شد که از قشر زمین خارج می‌گردد . نتیجه فوق ما را به قبول این فرض وادار می‌سازد که **مواد رادیوآکتیو، به علی فقط در بخش نسبتاً نازک لایه خارجی محدودند و بخش داخلی زمین عاری از کمترین اثر این مواد است .**

این که تراکم اورانیوم و توریوم در لایه بازالتی که زیر خارا قرار دارد ، از لایه اخیر کمتر است ، ( اعدادی را که در صفحه پیش ذکر کردیم مقایسه کنید) نتیجه‌ای است که با بیان فوق مطابقت کامل دارد. بعلاوه تجزیه سنگهای سماوی نشان می‌دهد که خاصیت رادیوآکتیوی سنگهای سماوی آهنی، که بایستی از درون سیاره خرد شده‌ای از منظومه شمسی منشأ گرفته باشند، از سنگهای سماوی معمولی کمتر است.

دلیلی که بیشتر می‌تواند درباره علت تراکم عناصر رادیوآکتیو در خارجی‌ترین لایه پوسته زمین مورد قبول واقع شود این است که مواد رادیو-آکتیو از وقتی به سوی پوسته خارجی جریان پیدا کردند که زمین حالت کاملاً مذاب داشته و علت جریان آنها به سطح زمین ، گرم بودن آنها تحت اثر تجزیه رادیوآکتیوی بوده است .

بهر حال دانش کنونی باید نسبت به طبیعت خیلی حقیقت شناس باشد که عناصر رادیوآکتیو را در قشر خارجی زمین متراکم کرده است . اگر این مواد به طور یکنواخت در تمام پیکر سیاره ما پخش بودند تراکم آنها در سنگهای سطحی هزار مرتبه کمتر از حال می‌شد و پدیده رادیو آکتیو ممکن بود تاکنون کشف نشده باقی ماند.

**گرمای مرکز زمین چقدر است ؟**

مسئله چگونگی انتشار حرارت در پیکر زمین ، از چند کیلو متری سطح آن به بعد ، یعنی بعد از حدودی که مستقیماً می‌تواند اندازه گیری شود اشکالات فراوان دربردارد، زیرا از طرفی اطلاعات موثقی از چگونگی انتشار

مواد رادیو آکتیو در اعماق زیادتر نداریم و از طرف دیگر نمی‌دانیم قابلیت هدایت گرمای سنگها در فشار و حرارت زیاد چقدر است . چنانکه خاطر نشان ساخته‌ایم بیشتر حرارتی که از قشر زمین خارج می‌شود مربوط به رادیو-آکتیو بودن سنگهای قشر خارجی زمین است . به طوری که حرارتی که از اعماق بیشتر خارج می‌شود ، یعنی از محل‌هایی که تراکم مواد رادیو آکتیو در آنجا صفر است ، باید بی‌نهایت کمتر از این باشد . علاوه بر این هر چه عمق زیادتر شود سرعت تغییر درجه حرارت باید کمتر گردد .

با قبول این مسئله که انتشار مواد رادیو آکتیو در قشر خارجی بیشتر است و همچنین با قبول اینکه قابلیت هدایت گرما در سنگهای نواحی داخلی تقریباً به همان درجه قابلیت هدایت سنگهای خارجی است ، می‌توان چگونگی انتشار حرارت را در اعماق زمین ، یعنی در بخش‌هایی که در دسترس اندازه گیری مستقیم نیست ، محاسبه کرد ، افزایش حرارت به تناسب ازدیاد عمق ، که در دوازده کیلومتر اول خیلی زیاد است ، در اعماق بیشتر تقلیل پیدا می‌کند به طوری که در داخل زمین افزایش حرارت در هر کیلومتر فقط سه درجه است (یعنی ده بار کندتر از قشر خارجی) اگر این موضوع را در تمام طول راه مرکز زمین در نظر بگیریم ، حرارت مرکزی زمین را چندین هزار درجه یعنی در حدود همان درجه حرارت سطح خورشید خواهیم یافت باید در نظر داشت که هر محاسبه‌ای که به روش فوق صورت گیرد لازم نیست حتماً صحیح باشد و مؤلفین مختلف مقادیر متفاوت تری برای حرارت مرکزی زمین به دست آورده‌اند .

از وقتی زمین سرد گردید ، تنزل حرارت در عمق ۳۰ کیلومتری فقط ۸۰۰ درجه بود ، در صورتی که حرارت سطح زمین بیش از ۱۰۰۰ درجه تقلیل یافته است . مواد موجود در عمق ۴۰۰ کیلومتری تقریباً به همان حرارت اولیه باقی مانده‌اند که پوسته زمین در آغاز تشکیل داشته است . همه این مطالب نشانه آنند که در طی دو میلیارد سال اخیر حرارت قسمت عمده زمین عملاً بی تغییر باقی مانده و سرد شدن کره زمین فقط به بخش خارجی پیکر آن محدود بوده است .

### چین خوردگیهای سطح زمین

گرچه سرد شدن زمین به زحمت به تمام پیکر سیاره ما رسیده ، معهناً



نقش مهمی در به وجود آوردن وضع سطح زمین بازی کرده و اکنون نیز همچنان به عمل خود ادامه می‌دهد. در حقیقت چون قشر خارجی زمین به محض تشکیل شدن زمین، سخت گردیده است و لایه‌های نرم تحتانی بعداً به تدریج سرد شده و انقباض حاصل کرده‌اند، وسعت قشر خارجی خیلی بیشتر از آن بوده که بتواند با بخش درونی منقبض شده متناسب گردد. روی این اصل قشر خارجی بایستی به همان روشی که پوست سیب پس از پخته شدن چین و چروک برمی‌دارد، چین خوردگی حاصل کرده باشد. ذکر این نکته لازم به نظر نمی‌رسد که چین خوردگیهای متنوع سیاره ما که در نتیجه سرد شدن تدریجی آن حاصل شده‌اند مسلماً همان رشته کوههای بزرگی می‌باشند که سطح زمین را اینقدر زیبا ساخته‌اند. (نقشه ۹- ب).

دیدیم که حرارت سطح زمین بایستی قریب ۱۲۰۰ درجه از زمان تشکیل پوسته خارجیش تا کنون تنزل کرده باشد در صورتی که حرارت عمق ۴۰۰ کیلو-متری تقریباً بدون تغییر باقی مانده است. بنابراین می‌توانیم بگوییم که «حد متوسط سرد شدن» قشر خارجی سیاره که ۴۰۰ کیلومتر ضخامت دارد کلاً قریب ۶۰۰ درجه بوده است. از روی میزان انبساط سنگها تحت اثر حرارت این طور دانسته می‌شود که چنین کاهش حرارتی بایستی قریب ۶ درصد حجم لایه سرد شده را کم کرده باشد. چون بیشتر مواد زیر قشر جامد هنوز حالت نیمه جامد دارند، سرد شدن تدریجی زمین بایستی بخشی از این مواد را به صورت جامد در آورده و در نتیجه ضخامت کلی لایه جامد به نسبت حجمش دائماً کاهش حاصل کند.

اگر ضخامت لایه سرد شده را ۴۰۰ کیلومتر قبول کنیم به این نتیجه می‌رسیم که این ضخامت بایستی ۲۴ کیلومتر (یعنی ۶ درصد ۴۰۰ کیلومتر) نقصان یافته باشد و محیط کره ما در حال حاضر ۱۵۰ کیلو متر کوتاهتر از وقتی است که قشر جامد آن به تازگی تشکیل شده بوده است. سطح کلی زمین بایستی ۴،۰۰۰،۰۰۰ کیلومتر مربع کاهش حاصل کرده باشد و چون ضخامت متوسط پوسته جامد زمین را در تمام دوره تاریخ آن می‌توان ۲۵ کیلومتر فرض کرد، نتیجه می‌گیریم که قریب ۱۰۰ میلیون کیلومتر مکعب

۱- ۲۵ کیلومتر ضخامت در اینجا معدل ضخامت فعلی یعنی تقریباً ۵۰ کیلومتر و ضخامت صفر روز شروع تشکیل قشر جامد است.

از سنگهای جامد بایستی به صورت سلسله جبال و فلات های متعدد از سطح زمین برخاسته باشد . حتی با در نظر گرفتن این مسئله که بیشتر این موادر در بخش نرم تحتانی فرو رفته اند می توانیم مطمئن گردیم که مقدار سنگهایی که از سطح زمین بلند شده اند نه فقط برای به وجود آوردن کوههای موجود زمین کاملاً کفایت می کرده اند بلکه برای کوههای دوره های قدیم معرفه الارضی که بکلی از بین رفته اند نیز کافی بوده اند . در واقع حجم سنگهایی که از سطح زمین برخاسته اند تقریباً مساوی حجم کل قاره هایی است ( به اضافه تمام کوهها و فلاتها و سرزمین های پست ) که از سطح دریا بالا آمده اند .

از آنچه گفته شد نباید چنین نتیجه گرفته شود که تنها عامل تشکیل کوهها انقباض پیکر زمین به سبب سرد شدن آن باشد بلکه در بعضی موارد ممکن است چین خوردگیهای سطح زمین به علت حرکات محلی قشر زمین باشد که به علت زیاد شدن وزن مواد رسوبی حاصل شده اند . تشکیل اینگونه کوههای ثانوی بایستی محلی بوده باشد و در این مورد شکی نمی توان داشت که سلسله جبال بزرگی که در سرتاسر سطح زمین قرار دارد کلاً از سرد شدن قشر زمین حاصل شده است .

### جزئیاتی درباره پیدایش کوهها

برای مطالعه مشروح پیدایش کوهها و بالاخص برای درک وضع خشکی و دریا در طی دوره انقلابی که منجر به تکان خوردن و خرد شدن قشر زمین شده است باید اول به خاطر بیاورید که سطح کره ما از دو نوع سنگ کاملاً متفاوت ساخته شده است . سنگهای خاراایی که قارهها را تشکیل می دهند و سنگهای بازالتی که کف اقیانوسها را می سازند .

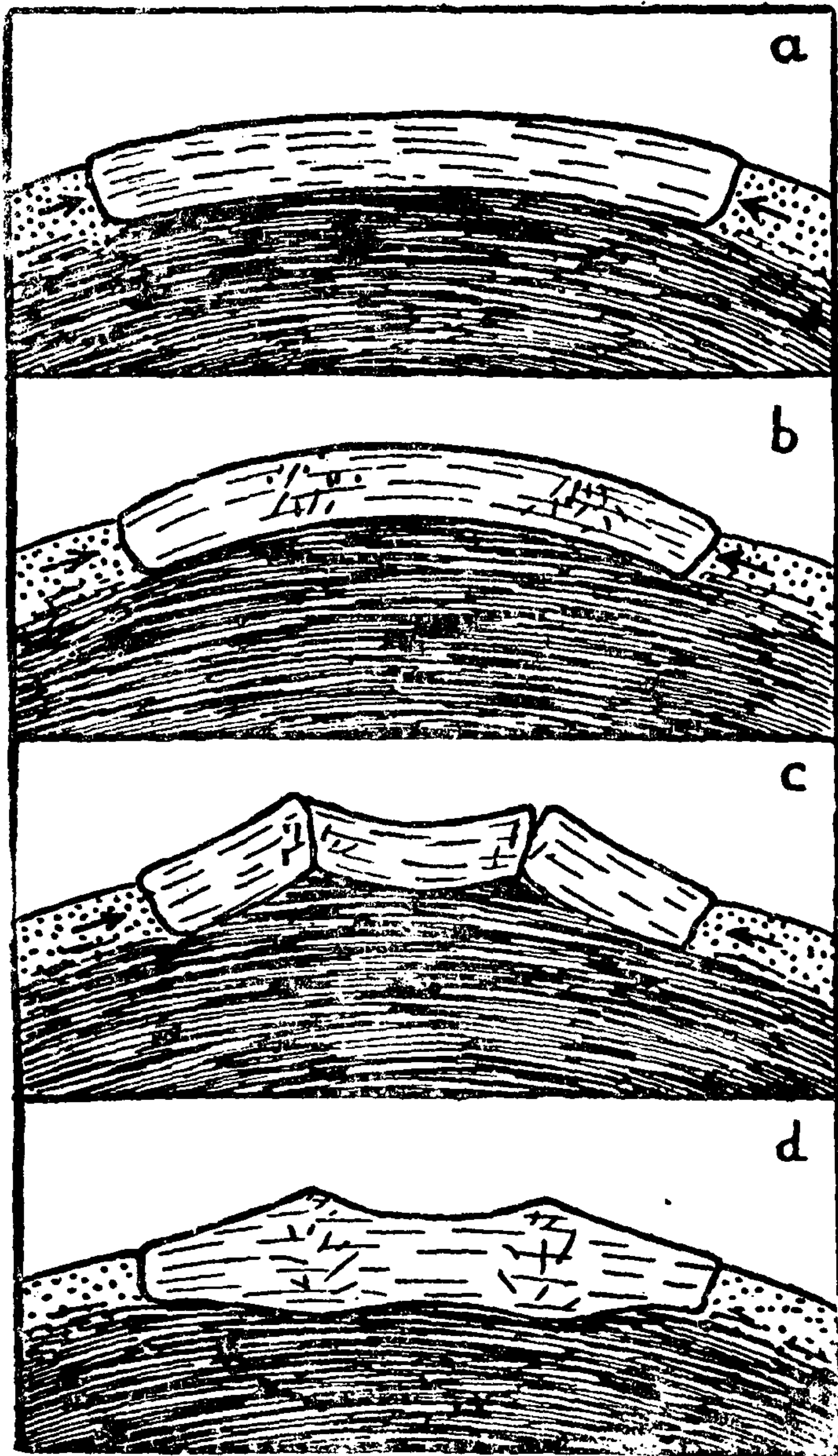
مطالعات آزمایشگاهی نشان می دهد که بازالت خیلی محکمتر از سنگ

- ۱ - از روی وسعت و حد متوسط ارتفاع قارهها ( آسیا ۵/۹۶ کیلومتر X ۴۴,۰۰۰,۰۰۰ - اروپا ۱۰,۰۰۰,۰۰۰ X ۵/۳۴ کیلومتر - آفریقا ۳۰,۰۰۰,۰۰۰ X ۰/۷۵ کیلومتر - آمریکای شمالی ۲۴,۰۰۰,۰۰۰ X ۵/۷۲ کیلومتر - آمریکای جنوبی ۱۸,۰۰۰,۰۰۰ X ۵/۵۹ کیلومتر - استرالیا ۹,۰۰۰,۰۰۰ X ۵/۳۴ کیلومتر و قساره قطب جنوب ۱۴,۰۰۰,۰۰۰ X ۲/۲ ) معلوم می شود که حجم کل بخشی از قارهها که از سطح دریا بالاتر است قریب ۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰ کیلومتر می باشد .

خارا است و از اینجا نتیجه می‌شود که در طی وقوع چین خوردگی زمین ، قاره‌ها بایستی بیشتر خرد شده باشند . این موضوع با قراینی که از مشاهدات مختلف به دست آمده مطابقت کامل دارد . بر طبق مشاهدات مذکور فعالیت‌هایی که به حدوث چین خوردگیها منجر شده‌اند بیشتر محدود به سطح قاره‌ها می‌باشند . به علاوه کم مقاومت‌ترین نواحی قشر زمین محققاً در محل جوش خوردگی نواحی خارایی و بازالتی است که خود بهترین دلیل وجود آتشفشانهای مشخص و فعالیت‌های کوه زایی در طول خط ساحلی قاره‌ها است مخصوصاً حلقه کوهها و آتشفشانهای فعالی که حوضه اقیانوس کبیر را محدود می‌سازند ( «حلقه آتش» دلیل واضحی است بر کمی مقاومت نسبی ) نشانه‌هایی است که از تولد ماه باقی مانده است .

در شکل ۳۲ طرح منظره تغییراتی را نشان داده‌ایم که قاره‌ای خارایی وقتی از همه طرف تحت اثر فشار لایه‌های بازالتی محکم کف اقیانوسها قرار می‌گیرد متحمل می‌شود . نخستین اثر فشار محققاً خم شدن مختصر لایه خارایی است که نتیجه آن بالا آمدن سطح اقیانوس‌های اطراف است . « شکل ۳۲ - B » بدیهی است ناحیه وسطای قاره که به طرف بالا خم می‌شود تعادل ایزوستازیکی نخواهد داشت و سنگهای مشکله قاره سنگینی این برآمدگی را کاملاً تحمل خواهند کرد .

به تدریج که سرد شدن بخش قشری و فشرده شدن آن ادامه می‌یابد قاره بیش از پیش خم می‌شود و فشار داخلی آن افزایش حاصل می‌کند تا آنکه منجر به شکسته شدن سنگ خارا می‌گردد . چون سنگهای قشر جامد بیش از این نمی‌توانند در مقابل افزایش فشار مقاومت نمایند ، شکسته و خرد می‌گردند و « رأس گنبد » فرو می‌نشینند « شکل ۲۳ - C » البته فرونشستن گنبدی که در قاره حاصل شده است با کندی بسیار صورت می‌گیرد زیرا این فرونشینی باید با بیرون آمدن ماده نرم تحتانی همراه باشد و چنان که قبلاً دیده‌ایم تمام حرکات لایه نرم چسبنده کره ما بینهایت کند است به طوری که میلیونها سال ممکن است طول بکشد تا بخش مرکزی قاره که تحت اثر انقباض قبلی بالا به سطح اولیه بازگشت کند . وقتی بالاخره به حالت اخیر می‌رسد ، سطح زمین از یک رشته سنگهای چین خورده و خرد شده مرتفع اضافی پوشیده خواهد شد .



شکل ۳۲ : تشکیل چین خوردگیهای مواد کوهها بر اثر فشردن قطعات قاره ها

چنانکه قبلاً دیده‌ایم مقدار کل کاهش محیط زمین که تحت اثر سرد شدن آن صورت گرفته بایستی قریب ۱۵۰ کیلومتر بوده باشد. این مقدار معادل ۵/۵ درصد طول استواست. اگر قطعه‌ای سنگ خارا تحت اثر فشردگی به يك پنجم برسد ترك می‌خورد و به صورت قطعات مجزا از هم درمی‌آید. بنابراین واضح است که قطعات عظیم سنگ خارای مشکله قاره‌ها در طی دو میلیارد سالی که قشر زمین تدریجاً انقباض حاصل کرده حد اقل بایستی ۵ بار خرد شده باشد به طوری که دست‌کم ۵ دوره بزرگ فعالیت کوه‌زایی بایستی موجود بوده باشد.

اگر به خاطر آوریم که فشردگی قشر زمین به سبب استحکام زیادی که بازالت دارد باید به نواحی قاره‌ها محدود باشد و به‌علاوه لایه خارایی در بعضی نقاط محققاً استحکام کمتری داشته است<sup>۱</sup>، در این صورت تعداد دوره‌های فعالیت‌های شدید کوه‌زایی را باید به دو برابر افزایش دهیم.

چنانکه در فصل هفتم خواهیم دید، اکتشافات زمین‌شناسی تاریخی، بانتایج فوق یعنی متناوب بودن دوره‌های تشکیل کوهها و وضع کلی تشکیل گنبدها در قاره‌ها و فرونشستن آنها مطابقت کامل دارد.

### کوههای وارونه

وقتی به رشته کوههایی می‌نگریم که هزارها متر از دشتهای اطراف مرتفع‌تراند بیشتر به این فکر می‌افتیم که اینها صرفاً توده سنگی عظیمی هستند که مانند تپه‌های مصنوعی روی زمین ریخته شده‌اند.

نظریه سطحی بودن کوهها در زمین‌شناسی يك قرن پیش از نظریه‌های عمومی بوده ولی اخیراً به این موضوع پی برده‌اند که قسمت عمده هر کوهی زیر سطح زمین قرار دارد.

کشف این «ریشه‌های کوه» که در اعماق زمین فرو رفته‌اند از مطالعه عمل جاذبه کوهها روی پاندولهایی نتیجه شده که در دو طرف مقابل آنها آویخته بوده‌اند. انتظار می‌رود که طبق قانون جاذبه عمومی جرم بزرگ کوه پاندول را به تناسب ابعاد خود از خط قائم منحرف کند. البته در اینجا منظور از کلمه «خط قائم» امتداد شاقول نیست بلکه امتداد مفروضی می‌تواند باشد که با آن به مشاهده ستارگان می‌پردازند. دانشمندانی که نخستین بار

---

۱- مثلاً در طول شکافهای التیام یافته قاره‌ها و در طول ساحل اقیانوسها.

به اندازه گیری انحراف پاندول دست زده اند با تعجب مشاهده کرده اند که انحراف حاصل بر اثر نزدیکی کوه خیلی کمتر از آن بوده که با ابعاد کوه تناسب داشته باشد.

مثلا در مورد کوه اورست (Everest) انحرافی که مشاهده گردیده سه مرتبه کمتر از مقداری بوده که به تناسب جرم عظیمش بایستی به دست آمده باشد در حالی که کوههای پیرنه (Pyrenées) به جای آنکه پاندول را جذب کنند آن را دفع می نمایند. نبودن نیروی جاذبه منتظره چنین به نظر می رساند که درون کوه یا زیر آن مقداری ماده را فاقد باشد و این موضوع ما را به قبول این فرض می کشاند که درون کوهها خالی است یعنی چیزی شبیه پوست تخم مرغ شکسته ای است که روی میزی قرار دارد (شکل ۳۳ - A).

برای خواننده عزیز که مطالب مشروحه را تا اینجا به دقت دنبال کرده است به خوبی واضح است که فرضیه پوست تخم مرغ با اطلاعاتی که ما از خواص قشر زمین داریم مطابقت ندارد و اگر چنین به نظر می رسد که زیر کوه فاقد مقداری ماده است صحیح نیست بلکه حقیقت امر آن است که قشر زمین تحت اثر وزن موادی که روی آن ریخته شده اند تغییر شکل حاصل کرده است.

دربط نظریه های کنونی کوههای زمین وضعی شبیه کوههای یخی دارنه که تحت اثر فشار یخ در نواحی قطبی به وجود می آیند، هر کسی که نواحی قطبی را بازدید کرده باشد به خوبی می داند که وقتی قطعات یخ بر اثر فشار شکسته می شوند و بر روی هم قرار می گیرند، بیشتر حجم یخ معمولا در آب فرو می رود تا بقیه خارج از آب قرار گیرد (شکل ۳۳ - ب). بنابراین در حالی که يك خرس قطبی فقط تپه های یخی بر روی آب می بیند، يك فك (Phoque) که در زیر آب شنا می کند برجستگی بزرگی از آن را در زیر آب ملاحظه می کند. به همین طریق به هر کوهی که از سطح زمین بلند می شود يك کوه منفی از جنس سنگ خارا درون لایه بازالتی نرم تحتانی مربوط می گردد.

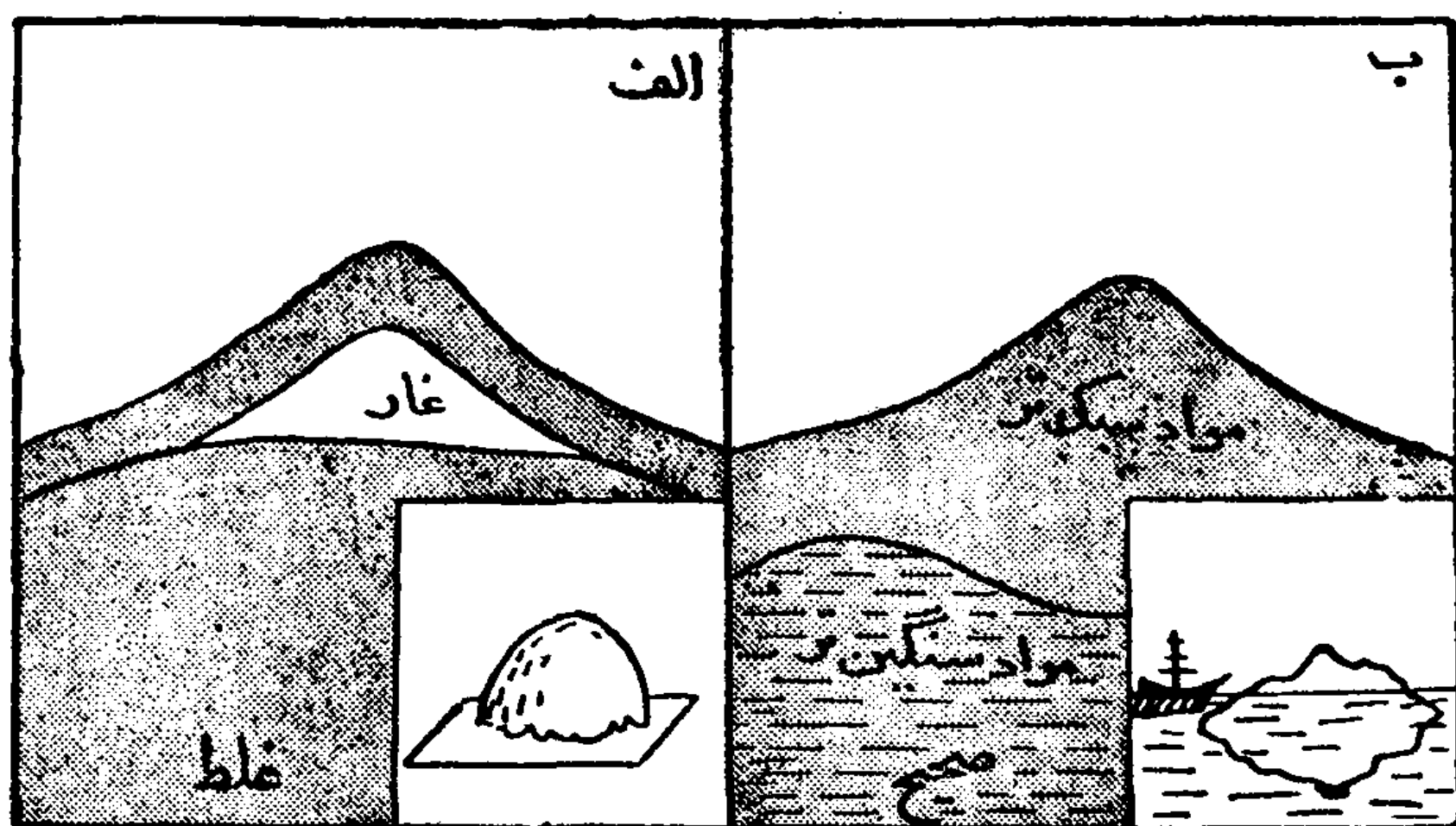
بر طبق قانون ارشمیدس جرم جسم شناور باید مساوی جرم ماده

---

۱- انحراف منتظره به سهولت از روی قانون نیوتن و جرم ظاهری کوه، که از روی حجم و وزن مخصوص سنگهایش به دست می آید، می تواند محاسبه گردد.

جا به جا شده در زیر آن باشد . از اینجا نتیجه می شود که وقتی کوهی در حال تعادل ایزوستاتیک است دلیل این نمی شود که در آن ناحیه مواد بیشتری موجود باشد .

بنابراین به جای اینکه سؤال کنیم چرا کوهها چنانکه جرم ظاهریشان نشان می دهد ، روی شاقول اثر نمی کنند ؟ بهتر آن است پرسیم اساساً چرا باید انحراف حاصل گردد . برای پاسخ به این سؤال باید به خاطر آوریم که گرچه قشر جامد زمین به آن اندازه محکم نیست که وزن تمام کوه را تحمل کند ولی در عین حال به اندازه کافی قابلیت ارتجاع دارد که مانع شود ، کوه به خلاف وقتی که روی ماده کاملاً نرمی قرار می گیرد ، به مقدار زیاد فرو



شکل ۳۳ : ساختمان پوست تخم مرغی ، و کوه یخی ، کوهها .

رود . از این رو کوه معمولاً اندکی بالاتر از وضع تعادل ایزوستاتیکی خود قرار می گیرد . روی این اصل وقتی پاندولی پهلوئی آن قرار داده می شود بایستی انحراف کمی از خط قائم نشان دهد . این موضوع را نیز باید به خاطر داشت که پوسته زمین در زیر وزن کوهها و تپه های کوچکتر « نظیر کوههایی که مانند اهرم مصر و آسمان خراشهای نیویورک به دست انسان ساخته شده » اساساً خم نمی شود و انحراف شاقول در این مورد فقط مربوط به جرمی است که بالای سطح زمین قرار دارد .



قابلیت ارتجاع پوسته زمین همچنین مانع می‌شود که کوه منفی چیزی شبیه تصویر کوه روی زمین در آینه باشد. اگر کوه نوردی خیالی بخواهد به طرف بازالت نرم واقع در زیر کوههای پیرنه حرکت کند تلاش او برای یافتن وارونه کوههای یونگفراو (Jungfrau) یا ماترهورن (Matterhorn) بی نتیجه خواهد بود. احتمال دارد تنها چیزی که بتواند پیدا کند برجستگی وسیع صافی از سنگ خارا باشد که چند کیلومتر در لایه بازالت فرو رفته است.

### باران ، دشمن کوه

بیش از یک بار به این نکته اشاره کرده‌ایم که بخشی از قاره‌ها که بالاتر از سطح دریا قرار دارند ، مخصوصاً کوههای بزرگی که از خرد شدن پوسته زمین برخاسته‌اند ، تحت عمل تخریبی دایم آبی که در فصول بارانی به روی آنها می‌ریزد قرار دارند و مقادیر زیادی مواد تخریبی همراه آب به دریاها اطراف آنها حمل می‌گردد. همچنین بیان داشته‌ایم که مقدار کل نمکی که از تخریب سنگهای قاره‌ها به اقیانوسها برده شد به تنهایی ۲۰،۰۰۰،۰۰۰ کیلومتر مکعب است. اگر می‌توانستیم این نمکها را از دریا استخراج کنیم و روی زمین به طور یکنواخت پهن نماییم لایه‌ای از نمک به ضخامت ۱۳۵ متر به وجود می‌آید، ولی نمک بخش کمی از سنگهای خارایی را تشکیل می‌دهد (قریب ۵ درصد) به طوری که برای حمل مقدار نمکی که اکنون به صورت محلول در آب اقیانوسها وجود دارد ، آب باران بایستی سنگ خارا را به ضخامت ۲ کیلومتر خراب کرده باشد. گرچه نمک به حالت محلول باقی می‌ماند ولی بقیه مواد تخریبی نظیر ماسه و شن مجاور خط ساحلی اقیانوسها یا در ته آبهای روی قاره‌ها رسوب می‌کنند و لایه‌های روزافزون سنگهای رسوبی را تشکیل می‌دهند.

وقتی در خاطر خود مجسم کنیم که روش تخریب طی چه دوره‌های طولانی همچنان ادامه داشته است ، این موضوع که آب باران می‌تواند هزارها متر از سطح قاره‌ها را بشوید و مرتفع‌ترین جبال را هموار سازد آنقدرها عجیب نخواهد بود. اندازه گیری مستقیم مقدار گلی که رودخانه‌ها به دریا می‌ریزند نشان می‌دهد که سطح ممالک متحده آمریکا به تنهایی قریب ۸۰۰،۰۰۰،۰۰۰ تن از مواد سنگی خود را سالیانه از دست می‌دهد. تخریبی که تحت اثر



باران صورت می گیرد، ارتفاع قاره‌ها را به طور متوسط  $0.02$  میلیمتر سالانه کم می کند. از زمانی که کریستف کلمب پا به ساحل امریکا نهاده، قریب ده سانتیمتر از ضخامت لایه خارجی زمین به اقیانوس‌ها حمل گردیده است. تمام عوارض سطح زمین، مانند عوارض سرزمین دو حادثه داکوتای جنوبی و دره‌های عمیقی که در دل سنگهای سخت حفر شده‌اند، تحت اثر عمل تخریبی رودخانه‌ها و نهرهایی است که در نظر اول بسیار بی‌اهمیت به نظر می آیند. چون سطح زمین از انواع سنگهایی ساخته شده که مقاومتشان در مقابل عمل تخریبی آب متفاوت است، وقتی سرزمینی شسته می‌شود غالباً مناظر عجیب و غریب پیدا می کند. یکی از مثالهای جالبی که می‌توان آورد برج دویل (Devil) است.

این برج را همه مسافرینی که از داکوتای جنوبی در طول شاهراه شماره ۹ ایالات متحده امریکا عبور کرده‌اند به خوبی دیده‌اند. این نقطه زمانی به وسیله کوه آتشفشان عظیمی پوشیده شده بود که محل خروج گدازه‌های قسمت‌های درونی زمین بود. بعداً فعالیت‌های آتشفشانی متوقف شد و گدازه منجمد شده دهانه آتشفشان، به صورت ستون بازالتی عمودی طویلی درآمد. آب باران کوه آتشفشان خاموش را در طی قرنهای متمادی تدریجاً شسته و صدها هزار سال طول کشیده تا توانسته تمام قسمت‌های خارجی مخروط آتشفشانی را که از خاکستر آتشفشانهای متعدد تشکیل شده بود بشوید. برج باقیمانده جز ستون اولیه گدازه منجمد شده چیز دیگری نیست و چون بازالت مقاومت بیشتری از سایر مواد نرم مشکله مخروط دارد، چندین صد هزار سال دیگر لازم است تا باران بتواند این باقیمانده آتشفشان قدیمی را به کلی محو نماید.

چون عمل تخریب در کوهها به علت وجود شیبهای تند، خیلی سریع‌تر از تخریبی است که در زمین‌های هموار صورت می‌گیرد، باید انتظار داشته باشیم که مهمترین عمل باران از میان بردن تمام عارضه‌هایی است که از

۱- خواننده عزیز باید به خاطر آورد که سرعت تخریب در حال حاضر که کوههای بزرگ‌روی زمین وجود دارند، چندین برابر دوره پیشروی دریاها یعنی هنگامی که غالب کوهها خراب شده بوده‌اند، می‌باشد «فصل ۱- ص ۳».

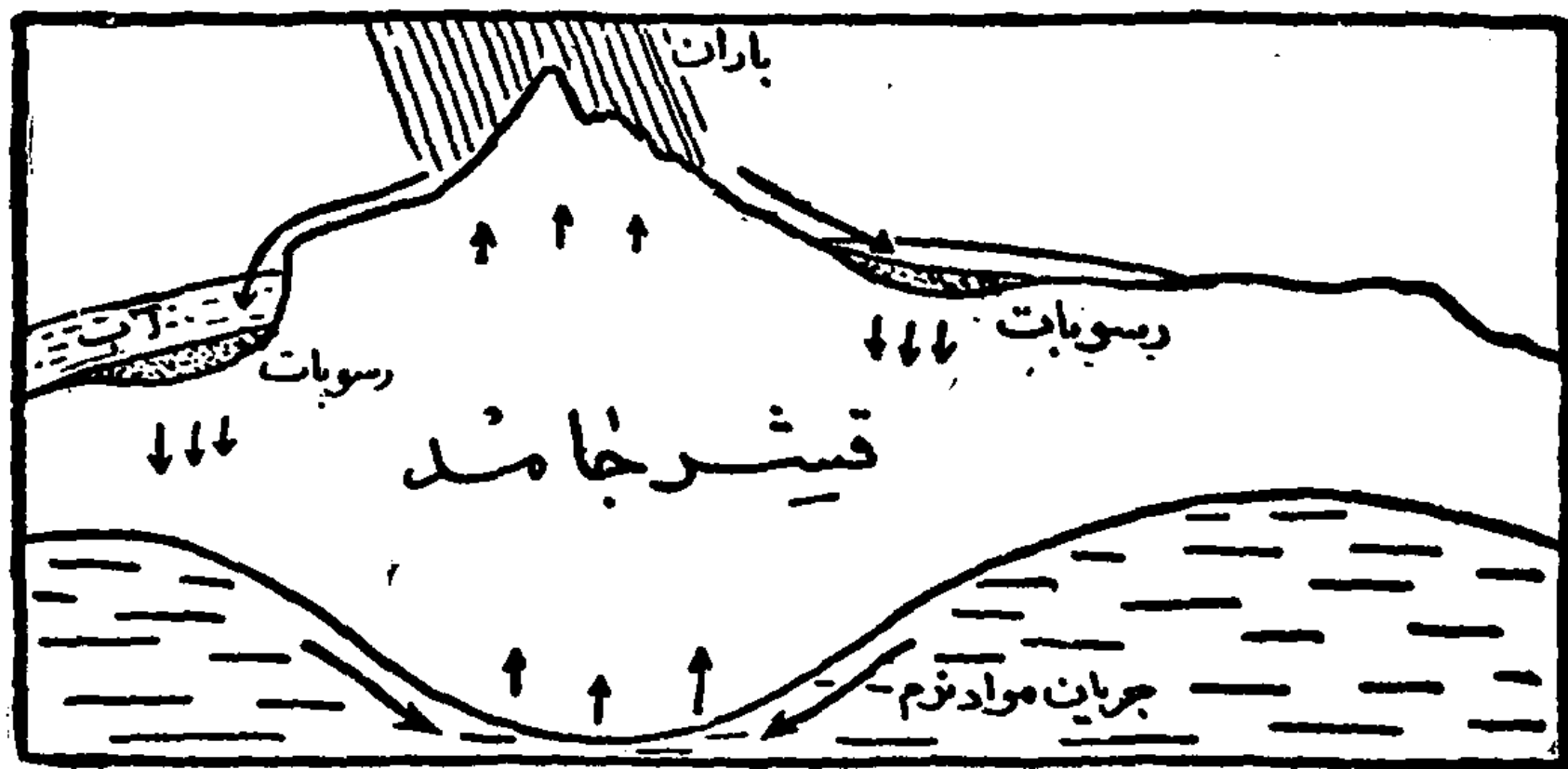
خرد شدن سنگها در سطح زمین حاصل می‌شود و همچنین تبدیل کردن سطح قاره‌ها به دشتهای وسیع پست است. ولی باید خاطر نشان ساخت که آب باران برای شستن يك کوه، بیش از آنچه در نظر اول گمان می‌رود، باید فعالیت کند زیرا موضوع تعادل ایزوستازی که در بالا بدان اشاره شده به نوعی عمل می‌کند که وقتی مواد مشکله کوهی تحت اثر جریان آب حمل می‌شوند، سنگهای جدیدی به کندی از زیر به بالا می‌آیند، کار اضافی در دسترس آب قرار می‌دهند. برای از بین رفتن کامل کوهی از روی زمین لازم است که نه فقط بخش خارجی آن خراب شود بلکه ریشه‌هایش که در عمق پوسته زمین فرو رفته‌اند نیز باید از بین برود.

اگر يك کمپانی معظم راه آهن بخواهد خط جدیدی در ناحیه کوهستانی ایجاد کند، چنانچه به جای حفر تونل تصمیم بگیرد تمام کوه را از میان بردارد، گرچه عملی خارق‌العاده است معهداً نتیجه‌اش موقت خواهد بود زیرا چند صد هزار سال دیگر کوه جدیدی که فقط ابعادش از کوه اولیه کوچکتر است در همان نقطه بالا خواهد آمد.

به موازات حرکت دایمی نواحی کوهستانی به طرف بالا، نواحی دیگر سطح زمین که مواد تخریبی آب رودخانه‌ها در آنها رسوب می‌کند تدریجاً فرو می‌روند. چون از طرفی بیشتر کوهها در طول مرز قاره‌ها قرار دارند و از طرف دیگر بارانی که روی کوهی می‌ریزد بهر دو طرف دامنه‌اش سرازیر می‌شود، لذا عمق اقیانوس‌هایی که قاره‌ها را محدود می‌کنند و همچنین عمق دریا‌های کم عمقی که در قاره‌ها قرار دارند به فرو رفتن تدریجی محکوم می‌باشند. شکل ۳۴ نمایش نمونه‌ای از تعادل ایزوستازی قاره‌هاست که کلاً تحت اثر باران صورت می‌گیرد. چنانکه گفته‌ایم نظیر این گونه عوامل می‌تواند در پوسته زمین چین خوردگی به وجود آورده و وضع زمین را در ناحیه‌ای تغییر داده منجر به رخاستن کوههای محلی گردد.

از سرعتی که در تخریب مشاهده می‌گردد این طور تخمین زده می‌شود که زمان لازم برای آنکه آب باران بتواند کوهی را که در يك دوره انقلابی زمین به وجود آمده از بین ببرد چندین بار کمتر از فاصله زمانی بین دو دوره انقلابی است.

از این رو باید نتیجه بگیریم که سطح زمین در بیشتر دوره‌های



شکل ۳۴: وقتی کوه تحت اثر باران خراب می شود از نو بالامی آید.

تاریخی اش کم عارضه و صاف بوده و بیشتر وسعت آن را دریای کم عمق پوشانیده بوده است و این مزیت مخصوص ماست که در دوره نسبتاً کوتاهی زندگی می کنیم که کوههایی که تحت اثر آخرین انقلاب زمین برخاسته اند هنوز برجای خود محکم ایستاده اند و برای ما مناظر زیبا و موقعیتهای عالی به منظور کوه نوردی و بازی اسکی به وجود می آورند .

## فصل هفتم

# تکامل قاره‌ها

### آیا قاره آمریکا از اروپا رانده شده است

قبلا دیده‌ایم که شش قطعه بزرگ خارا که شامل شش قاره عظیم است ( اروپا ، آسیا ، آفریقا ، آمریکای شمالی و جنوبی ، استرالیا ، قطب جنوب ) قطعاتی از پوسته جامد زمین را نشان می‌دهند که درحین تولد ماه از هم جدا گشته‌اند . شباهت وضع خطوط ساحلی این قاره‌ها ( در شکل ۳۵ مقایسه کنید ) این فکر را درانسان تقویت می‌کند که شکل عمومی آنها ، در طی دو میلیارد سالی که ازحادثه فراموش نشدنی تولد دختر زمین می‌گذرد تاکنون تغییری اساسی متحمل نشده است . اما با وجود اینکه وضع سواحل غربی اروپا و آمریکا کاملا با سواحل شرقی آمریکای شمالی و جنوبی تطبیق می‌کند ، این قاره‌ها اکنون به وسیله اقیانوس اطلس که عرضی معادل ۶۰۰۰ کیلومتر دارد از یکدیگر فاصله دارند . به نظر می‌رسد قاره استرالیا نیز مسافت زیادی به طرف جنوب غربی دور شده و جا برای آبهای اقیانوس هند باز کرده باشد و قاره قطب جنوب نیز به سوی جنوب حرکت کرده است و اکنون در آنجا زیر لایه ضخیمی از یخ مستور می‌باشد . اگر آنچه گفته شده صحیح باشد و شباهت وضع خطوط ساحلی امری تصادفی نباشد اشکالات

مهمی در مقابل ماقد علم می کنند . یکی اینکه چه نوع نیروهایی توانسته اند قاره عظیمی را به قطعات کوچکتری تقسیم کنند ؟ دیگر آن که جدا شدن قطعات قاره عظیم اولیه چه وقتی صورت گرفته است ؟ سوم آن که فواصل بین قاره ها هنوز هم در حال افزایش است یا نه ؟ و بایستی انتظار داشته باشیم که قاره آمریکای شمالی که از اروپا به فاصله دوری رانده شده ، آنقدر دورتر برود که دیر یا زود از ساحل کالیفرنیا با جزایر ژاپن مجاور شود ؟



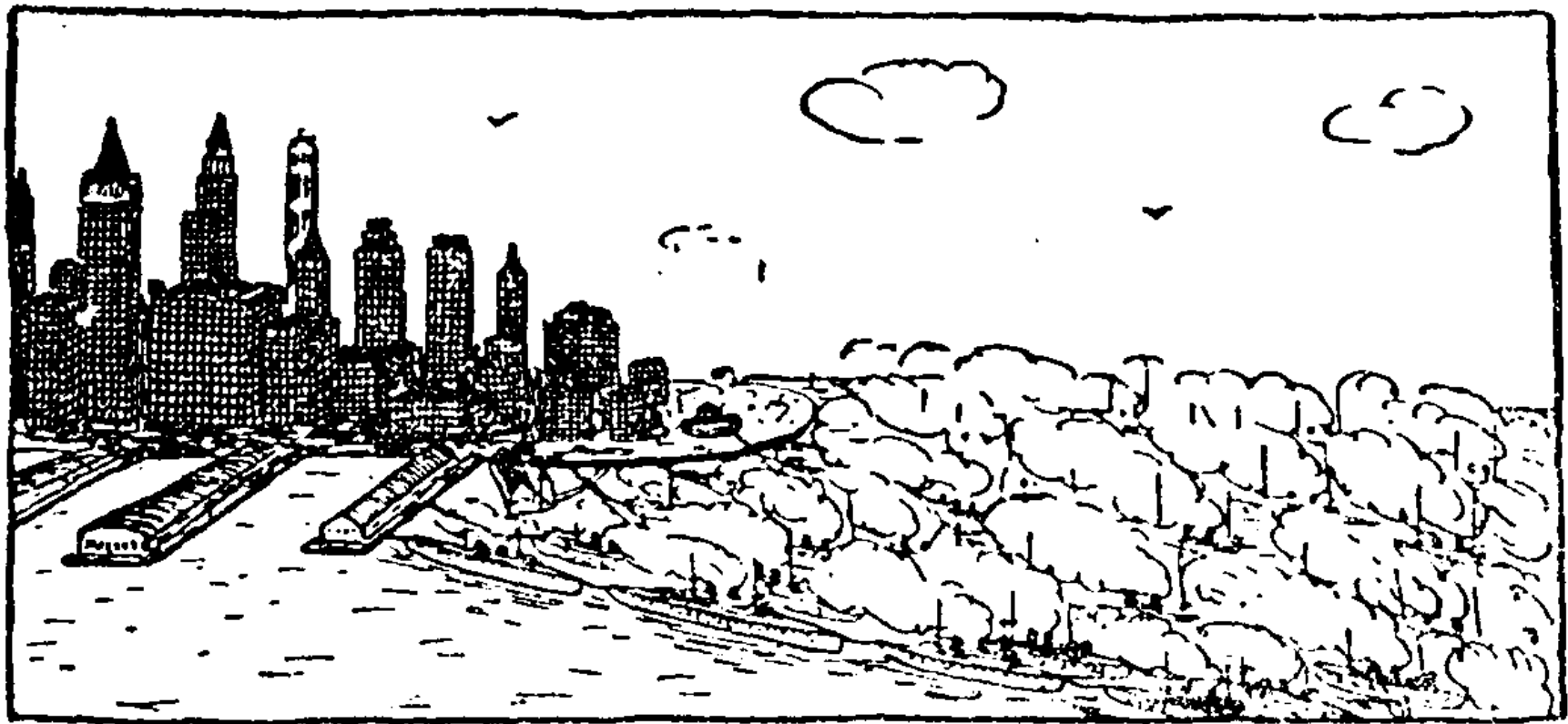
شکل ۳۵: وضع نسبی قاره ها در آغاز یعنی بلافاصله پس از جدا شدن ماه.

نخستین بار ژئوفیزیکدانی از هنگری به نام بارون رولاند اوتوس (Baron Roland Eötvös) به وجود نیروهایی که در قاره ها اثر کرده و وضع نسبی آنها را تغییر می دهند پی برده است . این دانشمند نشان داده که چنین نیروهایی بایستی نتیجه اجتناب ناپذیر حرکت وضعی زمین بوده باشد ، وقتی به خاطر آوریم که قاره ها توده های نسبتاً سبک سنگ خارا هستند که روی لایه بازال سنگی شناورند باید چنین انتظاری داشته باشیم که تحت اثر نوعی نیروی گریز از مرکز یا بهتر گفته شود « نیروی گریز از قطب ، قرار گیرند و به سوی استوا به حرکت در آیند ۱ از روی سرعت

۱- در نظر اول ممکن است چنین به نظر رسد که چون سطحی از زمین که در معرض گردش دورانی است شکل بیضی دارد چنین نیرویی که مربوط به حرکات اجسام شناور است نبایستی اثری داشته باشد اما نباید فراموش کرد که مرکز

گردش زمین می‌توان به سهولت محاسبه کرد که در عرضهای متوسط زمین یعنی آنجا که نیروی کشش استوایی قویتر است نیرویی که به هر مترمربع قاره وارد می‌شود قریب ۵۰ کیلوگرام است. به این حساب کلیه نیروهای که مثلا به جزیره « مانهاتان » اثر می‌کنند برابر با نیروی ۵ هزار کشتی اقیانوس پیمای بزرگ نظیر کشتی ملکه الیزابت می‌شوند که در محل لنگرگاه « باتری پارک » به ساحل این جزیره ببندند و با حداکثر سرعت آنها را به سوی جنوب به حرکت درآورند. « شکل ۳۶ »

واضح است که وقتی قاره‌ها هنوز روی اقیانوس بازالت مذاب شناور بودند، این نیروهای کشش استوایی می‌توانستند آنها را به کندی روی سطح



شکل ۳۶ : نیروی کشش استوایی در جزیره مانهاتان برابر است با نیروی کشش پنجهزار کشتی اقیانوس پیمای بزرگ نظیر کشتی ملکه الیزابت که در لنگرگاه باتری پارک ساحل این جزیره بسته شوند و به حداکثر سرعت به سوی جنوب به حرکت درآیند .

بازالت مذاب ، به نوعی حرکت دهند که آنها را سرانجام به وضعی مشابه در طول استوا منتشر سازند . حرکتی که تحت اثر این نیروها به وجود

ثقل جسم شناور باید بالاتر از مرکز ثقل آن جابه‌جا شده باشد و این اختلاف ارتفاع خود سبب پیدایش اختلاف نیروی گریز از مرکز می‌شود. این پدیده تا حدی شبیه این است که وقتی کشتی بخاری در رودخانه‌ای شناور است (همان‌طور که نخستین بار توسط آنتوان فکر Fokker Anton طراح هواپیما در رودخانه ماآس Maas نزدیک روتردام مشاهده شده) با وجود آنکه ملخهایش نمی‌گردند کشتی روی آب رودخانه حرکت می‌کند .

می آید بایستی خیلی پیچیده بوده و علت نامنظم شدن شکل قاره‌ها شده باشد. تاکنون درباره چگونگی قطعه قطعه شدن قاره‌ها، هیچگونه مطالعه تئوریک به عمل نیامده ولی آنچه واضح است این است که نخستین اثر این نیروها بایستی این بوده باشد که قطعات پیوسته زمین را از یکدیگر جدا کند و شکافی را که بین آنها به وجود آمده عمیق‌تر سازد. اگر نیروی کشش استوایی به عمل خود همچنان ادامه می‌داد و قادر می‌گشت کارش را به پایان رساند، جغرافیای کره ما وضع خاصی پیدا می‌کرد. بدین معنی که حفره عریض اقیانوس کبیر که از جدا شدن ماه از زمین حاصل شده است به کلی از بین می‌رفت و قاره‌ها تقریباً کمربندی در استوای زمین تشکیل می‌داده‌اند و فقط دو اقیانوس حلقوی در نیمکره شمالی و جنوبی (شکل ۳۷) موجود می‌گردیده‌است. اینکه نقشه کنونی زمین به صورتی که هم اکنون بیان گردیده نمی‌باشد، دلیلی بر این است که، عواملی مانع شده‌اند تا کشش استوایی کارش را به پایان رساند. طبیعی است که دور شدن قاره‌ها پیش از آنکه به حد نهایی خود برسد، تحت اثر انجماد تدریجی سطح اقیانوس بازالتی کند و متوقف گردیده است.



شکل ۳۷: این نقشه جهان نمایی است که اگر انجماد اقیانوس بازالتی در جدا شدن قاره‌ها وقفه ایجاد نمی‌کرد، بایستی دیده می‌شد.

دیدیم که سطح زمین مذاب، پیش از آنکه از لایه نازک پوسته جامد پوشیده شود، فقط به مدت چند هزار سال توانسته است به حالت مذاب باقی ماند. آن بخش از سطح بازالت مذاب که پس از جدا شدن ماه، در معرض

فضای سرد بین ستارگان قرار گرفته ، بایستی خیلی به سرعت منجمد شده باشد زیرا مواد مشکله بخش خارجی سیاره ما بر اثر سرد شدن قبلی چسبنده تر شده بود و به علت همین افزایش چسبندگی ، دور شدن قاره‌ها از یکدیگر ، نتوانسته است از همان اول به سرعت انجام گیرد . تشکیل قشر بازالتی که اکنون ته اقیانوس‌ها را تشکیل می‌دهد به همان روشی که پیدایش یخ‌در آب‌های نواحی قطبی هنگام زمستان کشتی‌ها را از حرکت باز می‌دارد ، خود یکی از عوامل توقف جدا شدن قاره‌ها بوده است . باید توجه داشت که بنا به آنچه مذکور افتاده ، دور شدن قاره‌ها بایستی از مراحل اولیه تکامل سیاره ما متوقف شده باشد . بعید به نظر می‌رسد که پس از سرد شدن حوضه‌های اقیانوس‌ها و پر شدن آنها از آب ، تغییر اساسی در وضع نسبی قاره‌ها حاصل شده باشد . اصل « فرضیه جدا شدن قاره‌ها » توسط ژئوفیزیک‌دان آلمانی آلفرد وگنر بیان گردیده است . به نظری جدا شدن قاره‌ها در دوره‌های آخر معرفه الارضی نیز ادامه داشته ، به طوری که اروپا و آسیا و آفریقا و آمریکا تا دوره کربونیفر هنوز به یکدیگر چسبیده بوده‌اند <sup>۱</sup> .

این فرض که بر اساس شباهت جانوران و گیاهان قاره‌ها بنا شده و شباهت را دلیل متصل بودن قاره‌ها و امکان مهاجرت جانداران می‌دانند به اشکال می‌تواند در مقابل اطلاعات کنونی ما عرض اندام کند . در حقیقت به سهولت می‌توان محاسبه کرد که نیروی کشش استوایی که روی قاره‌های واقع در عرض‌های جغرافیایی متوسط اثر می‌کند ، هزار برابر کمتر از مقاومتی است که لایه بازالتی عمیق اقیانوس‌ها در طول سواحل جنوبی خود دارد . البته درست است که در طی دوره‌های اولیه معرفه الارضی ضخامت کف اقیانوس‌ها از ضخامت کنونی آنها تا حدی کمتر بوده و در عوض نیروی جدا شدن قاره‌ها به علت گردش سریع زمین <sup>۲</sup> قویتر بوده است معه‌ذا مشکل به نظر می‌رسد که نیروی مذکور نتوانسته باشد حتی بلافاصله پس از انجماد پوسته زمین اثر قابل توجهی به ظهور رسانده باشد .

مطالعات فوق این نتیجه ضمنی را نیز دربر دارند که در حال حاضر هیچگونه تغییر وضع نسبی نباید در قاره‌ها انتظار رود . چندی پیش موضوع

۱- ۲۰۰۰/۰۰۰۰/۰۰۰۰ سال پیش .

۲- به فصل سوم مراجعه شود .



دور شدن گرینلند از اروپا جلب نظر کرده و این طور محاسبه شده است که فاصله آندو در طی ۳۳ سال ( یعنی از ۱۸۷۳ تا ۱۹۰۷ ) ۳۲ متر زیادتر شده است . ولی مشاهدات جدیدی که با دقت تمام صورت گرفته ( از سال ۱۹۲۷ تا ۱۹۳۶ ) حتی کمترین افزایش فاصله بین آندو را ، که ادعا شده بوده ، نشان نداده است . نتیجه آنکه استنباط فوق روی اصل ناقص بودن روش اندازه گیری انجام پذیرفته و چنین جدایی به هیچوجه صورت نمی گیرد .

### تجدید ، کتاب رسوبات ،

گرچه شکل عمومی و وضع نسبی قاره‌ها نتوانسته است از زمان انجماد حوضه‌های اقیانوس‌ها تاکنون تغییر زیاد بکند ولی اوضاع سطح قاره‌ها به علت اثر مشترك نیروهای کوه‌زایی و عمل تخریبی باران در تغییر دایم بوده است . متناوب بودن تشکیل سلسله جبال و تخریب بعدی آنها تحت اثر عمل آبها ، از روی رسوبات مواد تخریبی که توسط رودخانه‌ها به دره‌ها حمل شده‌اند به خوبی هویدا است .

در واقع جنس اینگونه رسوبات تا حد زیادی به صفات و اختصاصات ناحیه‌ای از زمین بستگی دارد که مورد تخریب واقع شده است .

در طی دوره‌های انقلاب ، که اکنون در یکی از آن دوره‌ها زندگی می‌کنیم ، در همه جای سطح زمین کوههای مرتفع بلند می‌شوند و عمل تخریب با سرعت ادامه می‌یابد . جریانهای سریع آب درحین که از شیب تند دامنه‌های کوهستانها سرازیر می‌شوند ، قطعات نسبتاً بزرگ سنگها را با عمل مکانیکی صرف جدا می‌سازند . قسمت عمده رسوباتی که در طی این دوره‌ها تشکیل می‌گردد از مواد رسوبی درشت نظیر قلوه سنگ و شن است . از طرف دیگر در دوره طویلی که بین دوره انقلابی وجود دارد یعنی دوره‌ای که بیشتر کوهها کاملاً شسته شده و سطح قاره‌ها پست و بایر می‌گردد ، عمل تخریبی به ناچار رو به کندی می‌گذارد . در این دوره از رودخانه‌های خروشان کوهستانی و آبشارهای پرسروصدا اثری دیده نمی‌شود و آب باران همچنان به سطح زمین می‌بارد و به شکل رودخانه‌های عریض ، دشتهای افقی را با کمال آرامش و به کندی طی کرده به سوی دریا و اقیانوس‌ها جریان می‌یابد . تجزیه شیمیایی در این دوره طویل از تخریب مکانیکی صرف مؤثرتر می‌باشد .

آب در حین جریان بطیء خود در سطح زمین ، بخشهای قابل حل سنگهای متنوع را همراه خود می برد و ماسه و گل رس به جای می گذارد. بیشتر مواد محلول از جنس بی کربنات دو کلسیم است که تا به دریا حمل می گردد و در آنجا تجزیه شده به صورت لایه های ضخیم سنگهای آهکی رسوب می کند .

بنابراین اگر قادر باشیم بعضی نقاط زمین را که در آنجا رسوبات به وضعی مداوم در جریان تاریخ سیاره ، ته نشین شده اند ، بازدید کنیم ، يك مقطع عرضی بسیار منظمی از رسوبات به نظر ما خواهد آمد . در آنجا لایه هایی از مواد تخریبی درشت و ریز به طور متناوب خواهیم یافت که مربوط به دوره های انقلابی و آرامش زمین است و قادر خواهیم بود تاریخ سیاره ها را فصل به فصل بنگاریم . چنین مجلد کامل « کتاب رسوبات » بدون شك در کف اقیانوس ها ، مجاور سواحل وجود دارند و چون این مناطق دائماً زیر آب قرار داشته اند ، لذا مواد تخریبی سرزمینهای مجاور به ترتیب در آنجا ته نشین شده اند . اما بدبختانه اینگونه صفحات کتاب رسوبات ، که از آب پوشیده می باشند در حال حاضر از دسترس زمین شناسان به دور اند و ما فقط باید به مطالعه رسوباتی قناعت کنیم که در دریا های کم عمق قاره ها رسوب کرده اند و بعداً به صورت کوهها بلند شده اند و لایه های فوقانی آنها تحت اثر عمل تخریبی از بین رفته اند .

چون در طی تاریخ زمین سطح قاره ها به وضعی نامنظم به صورت کوهها بالا می آمدند و مجدداً از بین می رفتند و محل دریا هایی که درون قاره ها وجود داشته اند دائماً در تغییر بوده است لذا آنچه در رسوبات يك ناحیه وجود دارد الزاماً ناقص خواهد بود. در شکل ۳۸ تصویر فرضی رسوبات نقطه ای را می بینیم که سه بار در زیر آب قرار داشته ولی اکنون به صورت سرزمینی خشک ملاحظه می شود. فرض می کنیم در طی نخستین دوره پیش روی آب ، رسوباتی را که رودخانه بدانجا آورده است شش لایه پشت سرهم تشکیل داده اند که ما آنها را با اعداد ۱ تا ۶ نمایش می دهیم<sup>۱</sup>. حال فرض می کنیم پس از تشکیل این لایه ها ، که معرف مداوم بودن ته نشین شدن

---

۱- لایه هایی را که در اینجا شمرده ایم به هیچیک از دوره های زمین شناسی ارتباط ندارد و فقط به عنوان مثال و روشن شدن موضوع به کار رفته است .

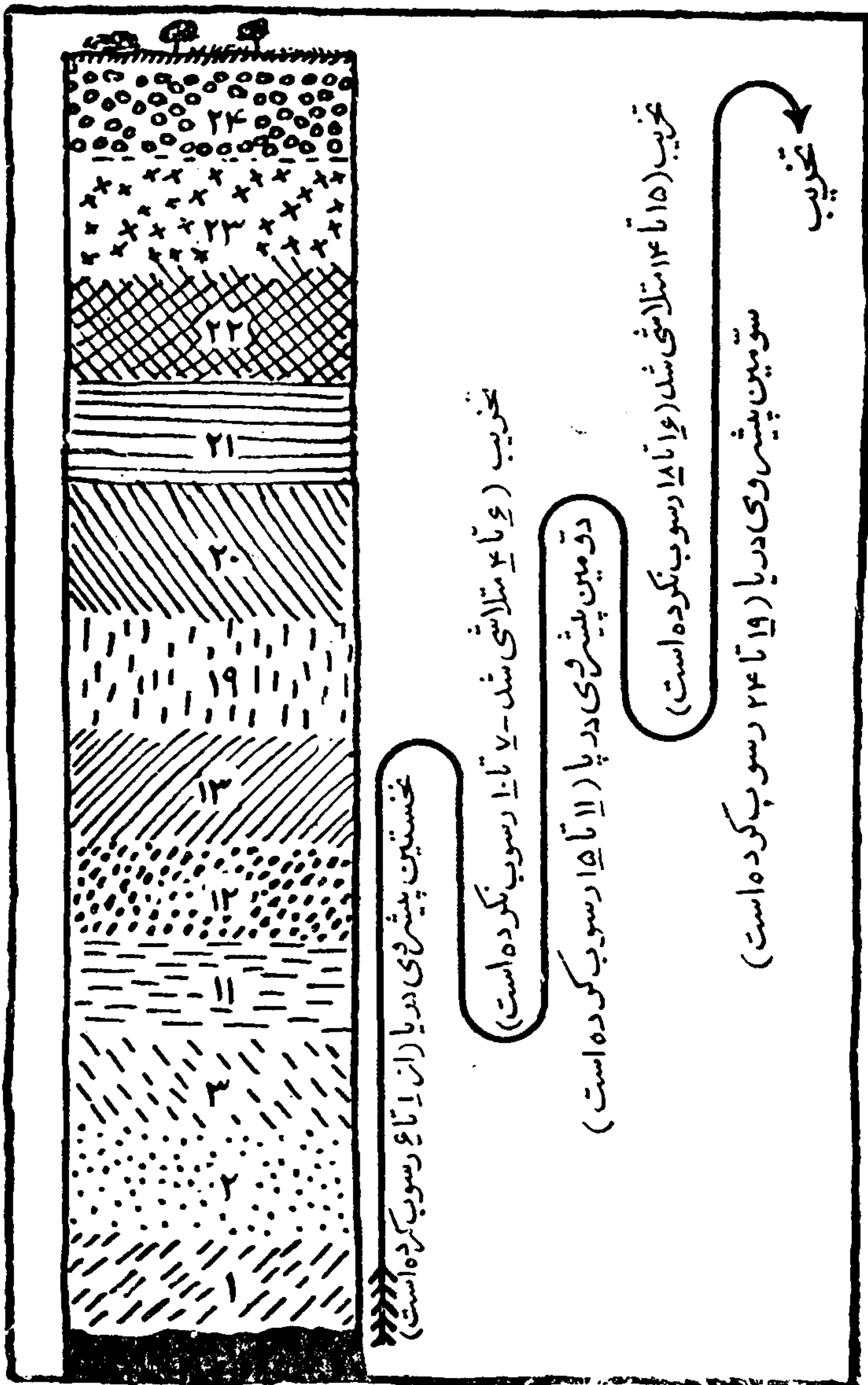
رسوبات در زمان معینی از تاریخ زمین است ، حرکات پوسته زمین این ناحیه را به نحوی بالاتر از سطح دریا آورده است که رسوبات مذکور تحت اثر عمل تخریبی آب باران قرار گرفته‌اند . در طی دوره‌ای که این ناحیه از آب بیرون بوده است ، بخشی از لایه‌های ته نشین شده تحت اثر تخریب به دریا حمل شده‌اند و موادی که از تخریب آنها به وجود آمده‌اند ، بامواد تخریبی نواحی دیگر در نقطه دیگر رسوب کرده‌اند .

هنگامی که لایه‌های جدیدی ( مثلاً لایه‌های شماره ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ ) در ته اقیانوس‌ها یعنی آنجا که رسوبات به طور مداوم ته نشین می‌شوند ، رسوب کرده‌اند ، محل مورد بحث بر اثر تخریب ، مواد خود را از دست می‌داده است . یعنی سه لایه فوقانی آن ( ۴ و ۵ و ۶ ) به کلی از بین رفته است . بنابراین وقتی مجدداً دریا در این ناحیه پیش‌روی می‌کند لایه ۱۱ مستقیماً روی لایه ۳ رسوب خواهد کرد .

اگر در شکل ۳۸ بیشتر دقت کنیم ، خواهیم دید که تنها لایه‌هایی که در این ناحیه فرضی ته نشین شده‌اند و به چشم زمین‌شناسان می‌آیند عبارتند از: لایه‌های شماره ۱-۲-۳-۱۱-۱۲-۱۳-۱۹-۲۰-۲۱-۲۲-۲۳-۲۴ درحالی که بقیه لایه‌ها ، یا اساساً تشکیل نشده‌اند و یا اگر ته نشین گشته‌اند تحت اثر باران شسته شده‌اند .

اما اگر چه لایه‌های ته نشین شده در يك ناحیه مفروضی ، مجموعه اتفاقی ورق پاره‌های « کتاب رسوبات » را نشان می‌دهند ، مع هذا می‌توانیم ، از مقایسه آنچه که بدین گونه از نقاط مختلفی که در دوره‌های متفاوت به زیر آب بوده‌اند ، نسخه کامل کتاب را تجدید کنیم . البته این کاری بسیار مشکل است و موضوع اصلی علم زمین‌شناسی تاریخی می‌باشد .

روش اصلی که برای جمع آوری « ردیف زمین شناسی » از نواحی مختلف که هر يك وضعی منقطع دارد ، به کار می‌رود « اصل انطباق » است که طرح آن در شکل ۳۹ نمایش داده شده است . ممکن است در حین مقایسه رسوبات دو ناحیه مختلف که هر يك دارای ته نشین‌های منقطع می‌باشد ، متوجه شویم که لایه فوقانی يك ناحیه هم جنس لایه تحتانی ناحیه دیگر باشد . اگر چنین وضعی در محلی مشاهده شود این نتیجه حتمی را دربر دارد که لایه فوقانی اولی همزمان با لایه تحتانی دومی تشکیل شده است . اگر دو لایه



شکل ۳۸: این شکل نشان می‌دهد که چگونه برخاستن زمین به وضع متناوب در ناحیه‌ای، ترتیب رسوبات را به هم می‌زند.

نظیر را مجاور هم قرار بدهیم وضع مداوم را در فاصله زمانی طولانی تر به دست خواهیم آورد.<sup>۱</sup>

اما باید به خاطر داشت که چون صفات و اختصاصات فیزیکی و شیمیایی رسوبات مختلف اختلاف زیادی بایکدیگر ندارند و یک سلسله رسوبات مشابه همواره به طور متناوب درازمنه مختلف تکرار می شود، اگر لایه های رسوبی بقایای فسیل شده گیاهان و جانورانی را که در دروره های مختلف می زیسته اند دربر نداشته باشد روش انطباق که در بالا اشاره شده نتیجه منتظره را به دست نمی دهد. در واقع توسعه علم زمین شناسی تاریخی، با توسعه دیرین شناسی (یعنی علم به احوال موجودات زنده گذشته) رابطه کاملاً دقیق دارد. بعلاوه با شناختن ردیف کامل لایه های زمین که تاریخچه تغییرات اوضاع آبها و خشکی های زمین را نشان

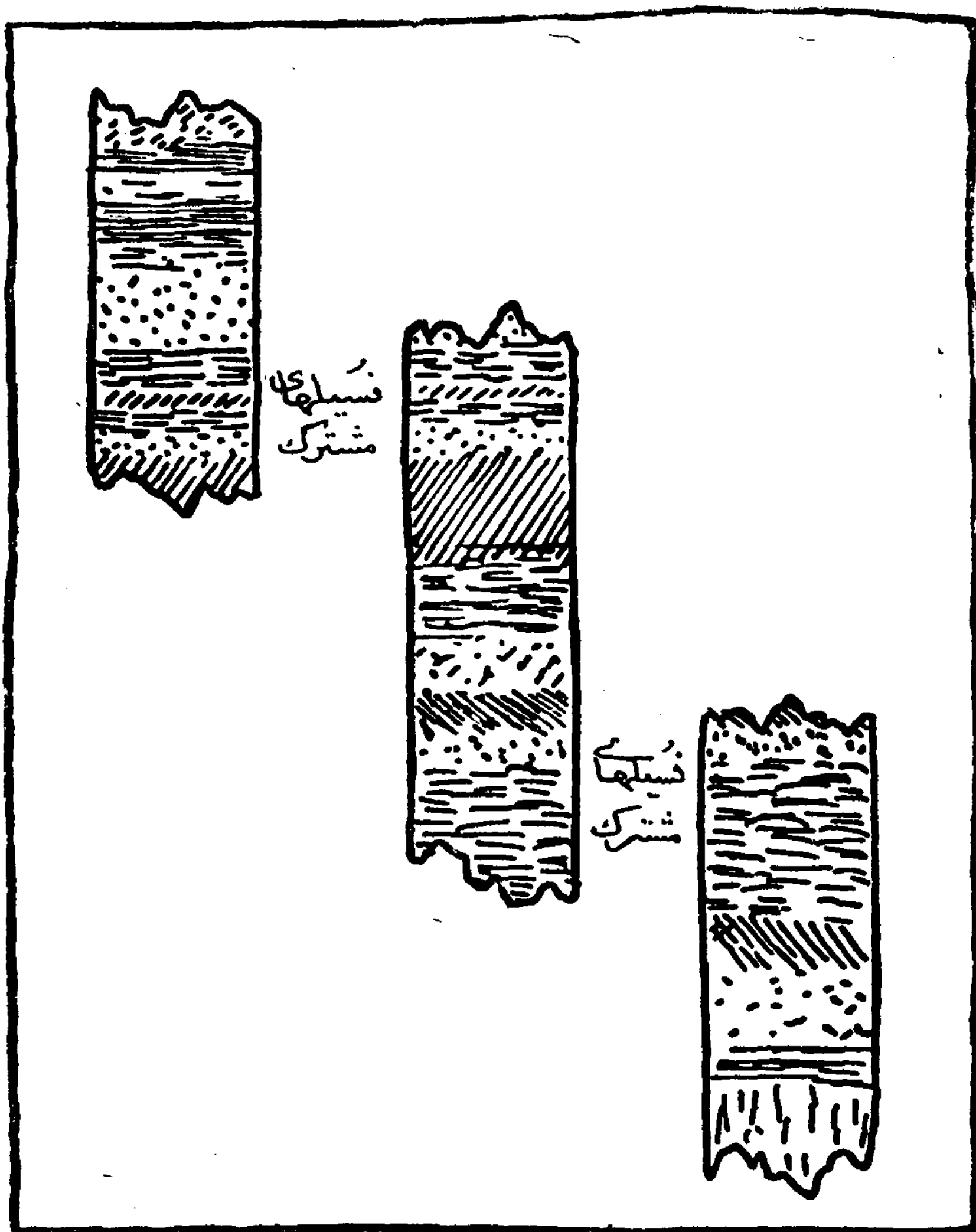
---

۱- انطباق مشابهی در مطالعه دهکده های ماقبل تاریخ بومیهای آمریکای شمالی با موفقیت کامل به عمل آمده است. چون اینگونه دهکده ها غالباً در ساحل دریاچه ها موجود بوده اند، در ته این دریاچه ها کنده های پوسیده فراوانی پیدا می شوند که روزی در ساختمان دهکده ها به کار می رفته اند. اکنون می دانیم که دایره های متحدالمرکزی که در مقطع عرضی ساقه مشاهده می شود معرف سن درخت است که در حکم اثر انگشت انسان می باشد و بستگی به شرایط آب و هوای دوره زندگی درخت دارد. در حقیقت در تابستانهای گرمی که با بارانهای فراوان همراه باشد، دایره های متحدالمرکز ضخیم تر می کردند، در حالی که دایره های نازکتر مربوط به تابستانهای خشک است. بنابراین وقتی دو کنده پیدا می شود که بخشی از دوایر متحدالمرکز آنها با یکدیگر تطبیق می کند می توان مطمئن بود که دو درخت در زمان معینی می - روییده اند ( که مربوط به زمانی است که در هر دو مطابقت دارد). اگر چندین کنده را چنان انتخاب کنیم که دوایر یکی ( یعنی دوایری که درست قبل از بریده شدن درختان تشکیل شده اند ) با دوایر داخلی تر درخت دیگر تطبیق کند ممکن است يك « ردیف درخت » مربوط به چند قرن تهیه کنیم. از این ردیف می توانیم اطلاعات دقیقی از زمانی که کنده های مختلف به منظورهای گوناگون قطع شده اند بدست آوریم.

مهمتر آنکه می توانیم تغییرات اوضاع آب و هوا را نیز در دوره معین محل مشخصی به دست آوریم که در آنوقت هنوز هواشناسی را نمی شناخته اند

می‌دهند اطلاعات کاملی از تکامل حیات به دست خواهیم آورد .  
 بدیهی است جمع آوری ورق پاره‌های تاریخ زمین از اینجا و آنجا و  
 صحافی آنها به صورت يك مجلد، هر چه به دوره‌های قدیمتر می‌رسیم مشکل‌تر  
 می‌شود .

بنابراین در حالی که بخشهای اخیر « کتاب رسوبات » بسیار کامل  
 شده است، تاریخچه دوره‌های قبلی آن هنوز کامل نیست . طبقه‌بندی صفحات  
 اولیه ، بالاخص از این نظر دشوار است که در آن ایام اساساً « نبشته‌ای » از



شکل ۳۹ : مجاور هم قرار دادن ورق پاره‌های « کتاب رسوبات »

حیات وجود نداشته یا اگر موجود بوده به صورت موجودات ساده‌ای بوده که اثری در لایه‌های آن زمان باقی نگذاشته است .

مجلد کامل «کتاب رسوبات» هنوز نقص بزرگی دارد و آن این است که تاریخ وقوع حوادث آن معلوم نیست، گرچه می‌توان گفت لایه‌های قبل یا بعد از لایه دیگری تشکیل شده، اطلاعی از مدت زمانی که آنها را از هم جدامی کند در دست نداریم. به منظور «تعیین زمان» وقوع حوادث زمین‌شناسی، همواره به تحقیقات دقیق ولی غیرمطمئن سرعت ته نشین شدن رسوبات نیازمند بوده‌ایم. خوشبختانه کشف مواد رادیو آکتیو روش ساده‌تر و در عین حال صحیح‌تر در دسترس مآقرار داده تابدان وسیله جدول‌ازمنه معرفه الارضی را مرتب سازیم. در فصل اول، از اینکه چگونه توانسته‌ایم به کمک مطالعه مقدار نسبی مواد حاصل از تجزیه اورانیوم و توریم در سنگها، از زمان انجماد سنگهای اولیه قشر زمین اطلاعاتی به دست آوریم تا حدی به تفصیل صحبت کرده‌ایم. با بکار بردن این روش درباره سنگ‌های آتشفشانی که در قدیم به وجود آمده‌اند و اکنون در نقاط مختلف بین لایه‌های رسوبی پیدا می‌شوند، می‌توانیم آخرین تجدید نظر را در «کتاب رسوبات» به عمل آوریم و آن این است که تاریخ نگارش هر صفحه‌ای را در آن تذکر دهیم .

### فصول و بخش‌های کتاب رسوبات

«کتاب رسوبات» که بر اثر فعالیت چندین نسل علمای زمین‌شناسی نگارش یافته است محققاً مدارک تاریخی فراوانی در بردارد که در میان آنها مجلدهای ضخیم تاریخ نوع انسان، کتاب کوچکی بیش نیست. چنان که دیده‌ایم ضخامت لایه‌های از سطح زمین که تحت اثر آب باران شسته شده است به طور متوسط دو کیلومتر می‌شود چون این مواد تخریبی غالباً در سطح نسبتاً کمی از طول سواحل رسوب کرده‌اند. لذا ضخامت فعلی ستون زمین‌شناسی خیلی بیشتر است. اگر تمام قطعات جدا از هم این ستون را روی هم قرار دهیم قریب صد کیلومتر ضخامت پیدا می‌کند که در هر سال لایه‌ای به ضخامت يك دهم میلیمتر می‌شود .

اگر رسوب هر سال را يك صفحه، از «کتاب رسوبات» حساب کنیم ضخامت چنین صفحه‌ای تقریباً معادل ضخامت کتاب‌های معمولی می‌شود. بخش تألیف شده کتاب قریب يك میلیارد صفحه یعنی تعداد سال‌های تاریخ را شامل خواهد بود .

تازه این ضخامت فقط مربوط به بخش آخر تکامل سطح سیاره‌ها است و میلیون‌ها صفحات متفرق وجود دارد که بیشتر آنها هنوز زیر سطح زمین مخفی شده‌اند. اگر تشبیهی را که به کتاب‌های معمولی کرده‌ایم دنبال کنیم، بدیهی است باید بخاطر آوریم که یک صفحه «کتاب زمین» چیز قابلی از تاریخش را ثبت نمی‌کند و به منظور پیدا کردن تغییری که در زمین رخ داده است باید اقل صفحات صدها هزار سال را ورق بزنیم. این موضوع در مورد تاریخ بشریت نیز صادق است. در صورتی که تغییرات سالیانه ممکن است به نظر کسی که در این دوره زندگی می‌کند قابل توجه بسیار باشد معهداً برای بروز تغییرات مهم در تکامل بشریت زمان بسیار طولانی لازم می‌گردد.

نخستین صفت مهم «کتاب رسوبات» مانند همه کتاب‌های دیگر آن است که به تعدادی فصول تقسیم می‌شود که به دوره‌های انقلاب و دوره‌های طولانی حد فاصل آنها است که آب خشکی‌ها را فرا گرفته بوده و در بالا بدانها اشاره شده است. مشکل است بگوییم که کتاب ما دارای چند فصل است زیرا قدیمی‌ترین بخشهای کتاب هنوز ناقص و پراکنده است. فقط تاریخ سه فصل آخرش که در حدود ۵۰۰ میلیون سال طول کشیده کم و بیش کامل و پیوسته است.

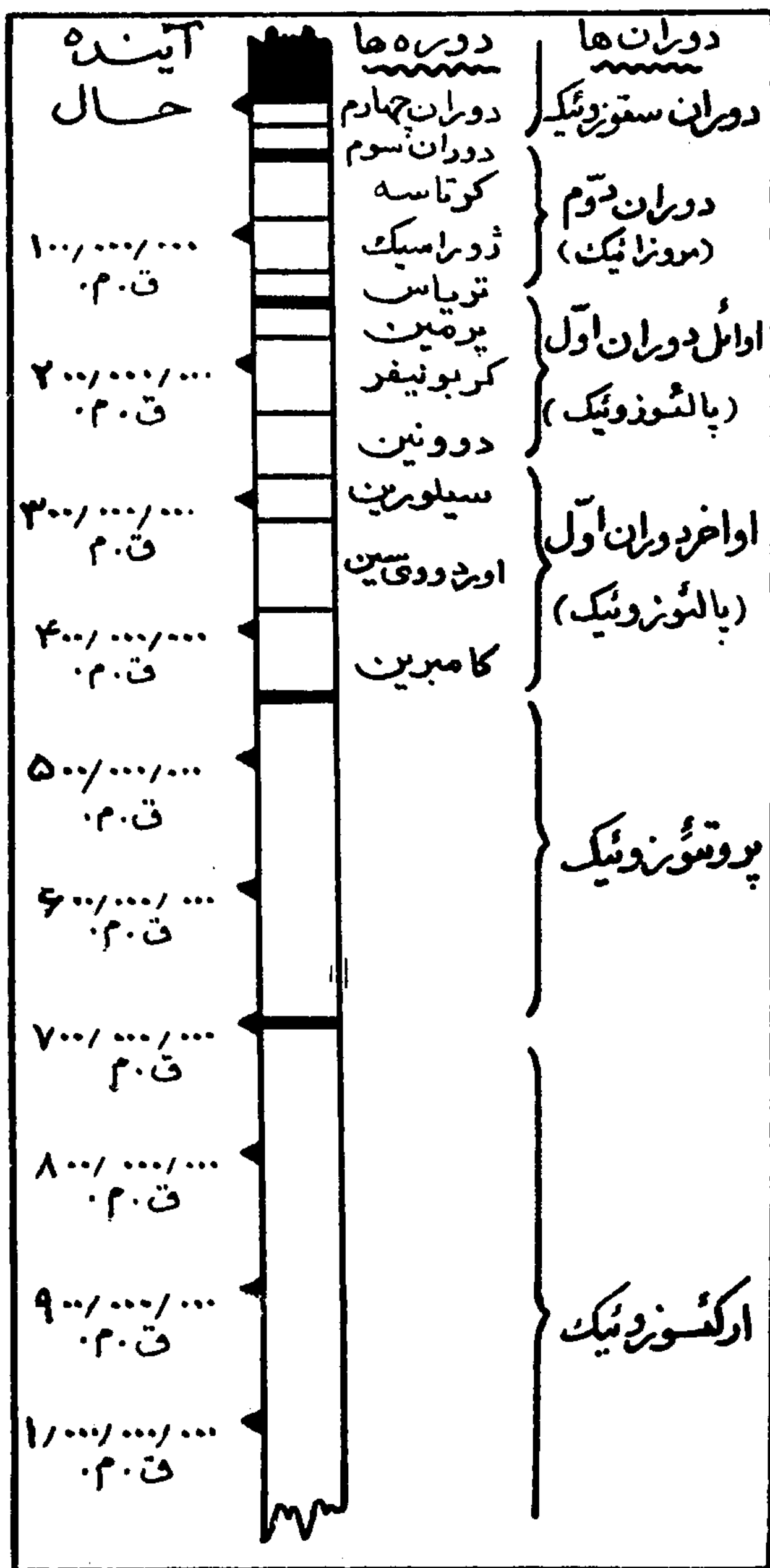
چون این فصل آخر معرف قریب یک چهارم تمام مدت حیات سیاره ما است، چنین نتیجه می‌گیریم که «کتاب» باید کاملاً شامل ۱۲ فصل باشد. این نتیجه، مطابقت کامل با تعداد احتمالی انقلاباتی دارد که در نتیجه سرد شدن زمین به وقوع پیوسته است. معهداً سه فصل آخر «کتاب» اهمیت خاصی دارد زیرا چنان که قبلاً بیان گردیده، این فصول عملاً شامل تمام دوره‌هایی می‌باشند که حیات در روی زمین به وجود آمده است.

سه دوره‌ای که در این سه فصل تشریح گردیده، به نام‌های «اوایل دوران اول» (Early paleozoic) و «اواخر دوران اول» (Late paleozoic) و «دوران دوم» (Mesozoic) تاریخ زمین نامیده شده‌اند. در خاتمه «کتاب» آغاز فصل جدیدی را می‌بینیم که به تازگی شروع شده و به نام «دوران سوم و چهارم» (Cenozoic) نامیده شده است.

اصطلاح «به تازگی» در زمین‌شناسی یعنی قریب چهل میلیون سال پیش و به این علت «به تازگی» گفته شده است که مدت این دوره با مقایسه با مدت هر فصل کتاب که تقریباً بین یکصد تا دو صد میلیون سال طول کشیده، خیلی کوتاه



است. علاوه بر تقسیم طبیعی تاریخ زمین به عده‌ای فصول که هر يك با دوره تشکیل کوهها آغاز می‌شود، زمین‌شناسان هر فصل را به چند بخش تقسیم می‌کنند. بدین طریق فصل «اوایل دوران اول» به کامبرین (Cambrian) و اوردوی سین



شکل ۴۰ : تقسیمات زمانهای معرفه الارضی

(Ordovician) و سیلورین (Silurian) تقسیم شده است و تقسیمات جزء دوران دوم عبارتند از دوره‌های تریاس (Trias) و ژوراسیک (Jurassic) و کرتاسه (Cretaceous). اینگونه تقسیمات جزء کاملاً قراردادی است و روی این اصل بنا شده است که ردیف رسوبات را در نقاط مختلف مطالعه کرده‌اند. مثلاً نام کامبرین، فقط معرف این است که رسوبات این دوره اولین بار در کمبریج‌شایر انگلستان (Combridgeshire) کشف و مطالعه شده است. به همین طریق ژوراسیک معرف رسوباتی است که نخستین بار در کوه‌های ژورا (Jura) در فرانسه ملاحظه گردیده است. چون زمینه طبیعی تقسیمات جزئی‌تر از این برای عمر زمین وجود ندارد، می‌توان این اصطلاحات را برای سهولت کار به خاطر سپرد.

تقسیمات عمر زمین که در بالا بدان اشاره گردیده در شکل صفحه ۱۴۰ نمایش داده شده است. در بخش زیر بشرح خلاصه حوادث مهمی که در دوره‌های مختلف به وقوع پیوسته است، می‌پردازیم.

### ورق پاره‌های اولیه

نخستین صفحات «کتاب رسوبات» البته مربوط به زمانی است که اولین قطره‌های باران از آسمان بروی سطح سیاره ما، که به کندی در حال سرد شدن بوده، ریخته است و نخستین شکاف‌های موجود در قشر خارایی، آغاز عمل تخریبی آنها را سبب گردیده است.

بیشتر رسوبات مربوط به این عصر، در اعماق خاک مخفی می‌باشند و فقط در چند نقطه معدود، روی سطح زمین آمده‌اند و غالباً از لایه‌های ضخیم میکاشیست و مرمر ساخته شده‌اند که امتحان دقیق و تجزیه شیمیایی نشان می‌دهد که از جنس ماسه سنگ و سنگ‌های آهکی می‌باشند که تحت اثر فشار زیاد و وزن رسوبات فوقانی و حرارت فوق‌العاده اعماق زیاد، فشرده شده و در گونی حاصل کرده‌اند. ضخامت طبقات رسوبی اولیه گاهی به ۳۰ کیلومتر بالغ می‌شود و این خود می‌رساند که تشکیل آنها اقلابایستی چند صد میلیون سال طول کشیده باشد و این مدت بخش بزرگی از عمر زمین را تشکیل می‌دهد.

تذکر این نکته مهم است که رسوبات اولیه به خلاف رسوبات بعدی، نمک کم در بردارند و این خود معرف آن است که آب‌های دریا‌های آن زمان کاملاً شیرین بوده‌اند. از آنجا که شوری آب دریاها و اقیانوس‌ها، از آغاز ظهور اقیانوس‌ها،

همواره افزایش حاصل کرده است ، (فصل اول) چنین نتیجه می گیریم که تشکیل این رسوبات تقریباً با ایامی که اقیانوس‌ها تازه پر شده بوده اند مطابقت دارد و از این نظر نخستین رسوبات مواد تخریبی را که در روی زمین به جا مانده است ، تشکیل داده اند .

نخستین دوره طولانی ته نشین شدن مواد، محققاً انقلابی به نام انقلاب لوران سین<sup>۱</sup> (Laurentian Revolution) به دنبال داشت که در طی آن دوره توده‌های بزرگ خارای مذاب به درون این لایه‌ها ریخته شده و آنها را بلند کرده و چین داده و به صورت کوه‌های بزرگ در آورده است .<sup>۲</sup>

جستجوی این کوه‌ها در نقشه جغرافیایی امروزی البته کار بی فایده‌ای است زیرا این ارتفاعات در طی چند صد میلیون سال تحت اثر آب باران به کلی از بین رفته‌اند . از آنجا که رسوبات متعلق به دوره‌ای که تا این حد قدیمی است، فقط در چند نقطه روی زمین پیدا می شود (مثلاً در کانادای شرقی)، تجسم انتشار جغرافیایی این کوه‌های اولیه از روی بقایای آنها امری کاملاً غیر ممکن است . مطالعه کیفیت رادیو آکتیوی در لایه‌های خارایی که در دوره انقلاب اولیه انجام گرفته نشان می دهد که عمر آنها فقط مختصری از یک میلیارد سال کمتر است . از اینجا تاریخ تقریبی خاتمه اولین دوره تعیین می شود .

پس از تخریب نخستین رشته کوه‌های مذکور، وسعت پهناوری از خشکی مجدداً به زیر آب فرو رفته و رسوبات ضخیم جدیدی بر روی رسوبات اولیه ته نشین شده است. سپس انقلاب دیگری (به نام انقلاب الگومیان Algomian) رخ داده که با تشکیل کوه‌های جدید همراه بوده است و توده‌های جدید خارا

---

۱- نباید فراموش کرد این انقلاب لازم نیست اولین انقلابی باشد که در سطح زمین به وقوع پیوسته است. در حقیقت احتمال دارد چندین فعالیت کوه‌زایی پیش از آن صورت گرفته باشد ولی چون هنوز کتاب رسوبات در آن زمان وجود نداشته است راهی برای مطالعه آن در دست نمی باشد.

۲- چنانکه در فصل سوم ذکر کرده ایم ، این موضوع که فعالیت‌های آتشفشانی آن زمان، توده‌های مذاب خارایی (نه بازالتی) بیرون می ریخته‌اند، نشان می دهد که قشر جامد زمین خیلی نازکتر از حالا بوده است به طوری که هنوز قسمتی از قشر خارایی حالت مذاب داشته است .

درون آنها نفوذ نموده و به دنبال آنها دوره طولانی و آرامی بوده که در طی آن موادی ته نشین شده اند . سپس يك انقلاب ديگر ويك ته نشين شدن مجدد وقس عليها .

شاید خوانندگان کتاب از تکرار لغات «انقلاب» و «ته نشین شدن» خسته شده باشند . برای رفع ملال خاطر می توانیم چنین اضافه کنیم که وقتی این اصطلاحات کمی بیشتر تکرار شود منظره جدیدی پیش می آید . در واقع با آغاز پنجمین دوره به نام کارنین (Charnian) ما از دوره های تاریک و مبهم ماقبل تاریخ خارج می شویم و به عصری می رسیم که می تواند با دوره تمدن مصر قدیم در تاریخ بشریت مقایسه شود . لایه های رسوبی که در طی دوره بعد از انقلاب کارنین ته نشین شده اند در بسیاری از نقاط زمین مطالعه شده اند و تصویر کامل تری از تکامل سطح زمین به ما نشان می دهند . بعلاوه رفته رفته در آنها فسیل جانوران اولیه ، که تدریجاً بر تعدادشان افزوده می شود ، ملاحظه می گردد . این فسیل ها برای ترتیب دادن «توالی صفحات» کتاب تاریخ زمین کمک مؤثر می باشند . رسوباتی که بعد از انقلاب کارنین ته نشین شده اند سه فصل کامل کتاب رسوبات را نشان می دهند و روی آنها لایه های نسبتاً نازکی پیدا می کنیم که شامل آثار آخرین فصل کتاب می باشند و مسروریم از اینکه در نگارش آن شرکت داریم .

### سه فصل کامل از کتاب رسوبات

انقلاب کارنین که باب تاریخ زمین را مفتوح ساخته این نتیجه را به بار آورده که قاره ها به ارتفاع زیادی از سطح دریاها بالا آمده اند و وسعت آنها خیلی بیشتر از وسعت خشکی های امروزی گردیده است .

مثلاً در امریکای شمالی بالا آمدن قاره ها سبب گردید که اقیانوس اطلس واقیانوس کبیر به آن درجه عقب نشینی کنند که خشکی ها تا چندین صد کیلومتر در نقاطی که اکنون اقیانوس اشغال کرده است توسعه یابند . در محل حوضچه فعلی خلیج مکزیک و دریای کاری بین خشکی بوده است - امریکای شمالی و جنوبی که اکنون به وسیله تنگه باریکی بهم مربوطند ، به طوری که در اولین نقشه تاریخ سینماتوگرافیک امریکای شمالی نشان داده شده ، يك قاره سرتاسری را تشکیل می داده اند . در آن طرف اقیانوس اطلس قاره ها به وضعی وجود داشته اند که از محل امروزی خود بیشتر متوجه مغرب بوده اند . مخصوصاً قاره

طویلی به نام اتلانتیدا<sup>۱</sup> (Atlantida) از جزایر انگلیس تا گرینلند امتداد داشته است .

اما بعد از همه انقلابات قبلی ، کلیه قاره‌های بالا آمده به کندی در ماده مذاب تحتانی فرو رفته‌اند ، آب و باران لاینقطع مواد سنگی کوه‌ها و فلات‌ها را شسته و همراه برده است . آب دریا به درون خشکی‌ها راه یافته و در حالی که نواحی پست قاره‌ها را پوشانیده است ، دریا‌های متعدد در داخل خشکی‌ها به وجود آورده است . آب اقیانوس‌ها که تا اعماق قاره اروپا - آسیا (Eurasie) پیشرفت کرده است ، حوضچه وسیعی تشکیل داده که محل فعلی آلمان و جنوب روسیه و جنوب سیبری و قسمت اعظم چین را می‌پوشانیده است . این دریای عظیم که روی قاره اروپا - آسیا قرار داشته در حلقه‌ای از ارتفاعات محصور بوده که در محل فعلی اسکاتلند و اسکاندیناوی و هیمالیا و قفقاز و بالکان و آلپ قرار داشته‌اند<sup>۲</sup> . لیکن به نظرمی رسد قاره افریقا در آن زمان کاملاً از آب خارج بوده و به وسیله خشکی واقع در حوضچه مدیترانه به اروپا ارتباط داشته است . قسمت شمالی استرالیا از آب‌های اقیانوس هند پوشیده بوده در حالی که قسمت جنوبی آن تا قطب جنوب امتداد داشته است .

در این طرف اقیانوس اطلس پیشروی آب‌ها در ناحیه استوایی یعنی محل فعلی مکزیک و تکزاس ، آمریکا را تقریباً به دو قاره (شمالی و جنوبی) تقسیم کرده است . آب‌های قسمت شمالی اقیانوس کبیر بیشتر بخش مرکزی آمریکای شمالی را مانند دره میسی‌سیپی و ناحیه **دریاچه‌های بزرگ** و بخشی از کانادای جنوبی را پوشانیده بوده است . در جنوب استوا ، پیشروی آب‌های اقیانوس کبیر دریای کم عمق عریضی را در محل برزیل فعلی تشکیل داده است . گرچه این پیشروی عظیم آب دریا یکی از مهمترین مشخصات اوایل فصل دوران اول ، کتاب تاریخ زمین است و در حدود ۶۰۰،۰۰۰،۰۰۰ سال

۱- این خشکی با قاره اطلس موهوم قدیمی ارتباطی ندارد ، زیرا قاره اتلانتیدا صدها میلیون سال پیش از ظهور انسان در روی زمین وجود داشته است .

۲- باید به خاطر آورد که از مدتها پیش کلیه این ارتفاعات بر اثر تخریب به کلی از بین رفته‌اند و ارتفاعات کنونی مناطق فوق مدتها بعد تشکیل گردیده‌اند .

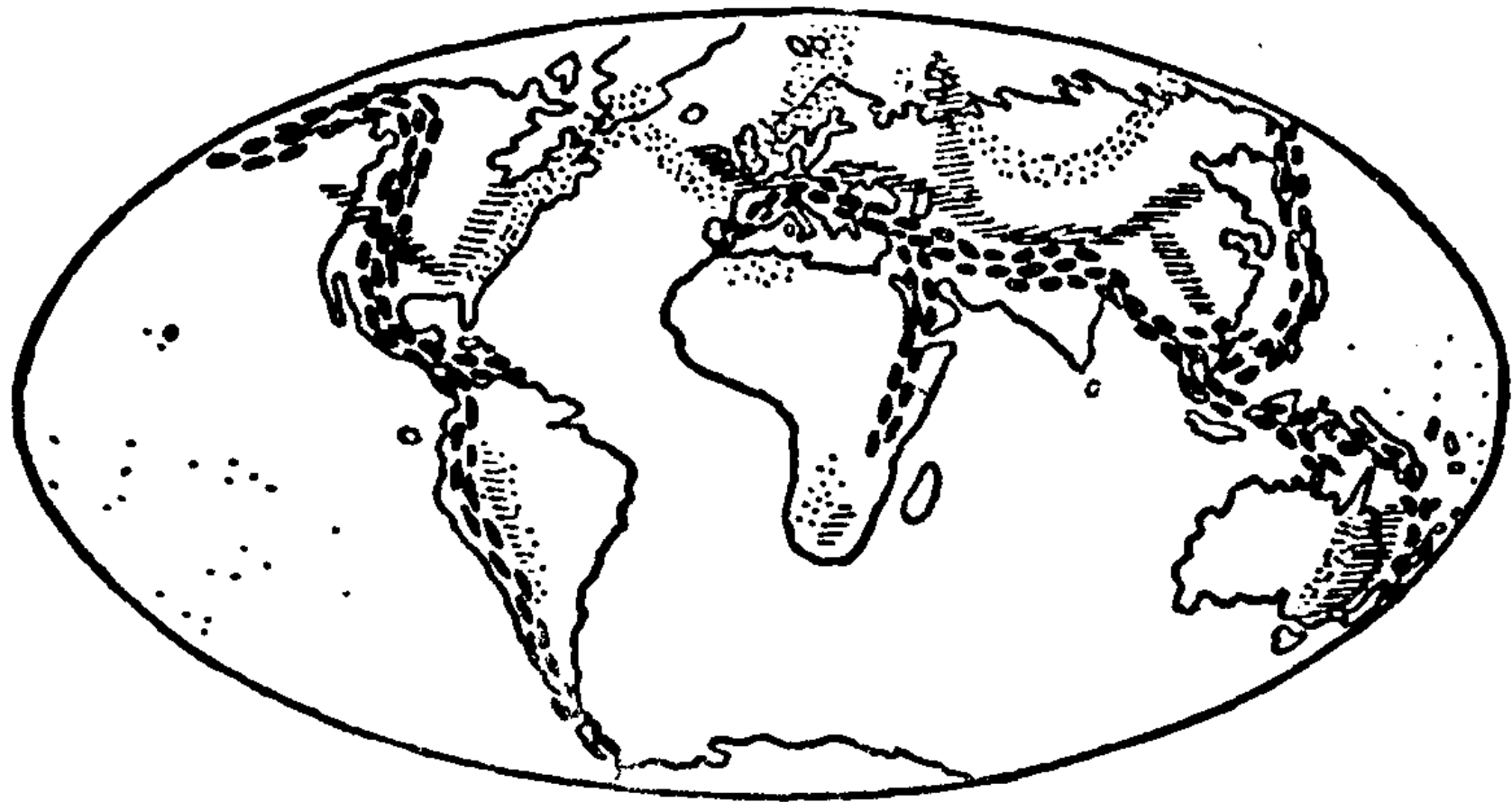
طول کشیده است معهذنباید تصور کرد که این دوره عاری از حرکات قشر زمین بوده است. درحقیقت آثاری از فعالیت‌های خفیف کوه‌زایی وجود دارند که نشان می‌دهند، سطح قاره‌ها به‌کندی بالا و پایین رفته‌اند و باعث گشته‌اند شکل و حدود دریاهای درون قاره‌ها دائماً تغییر کنند. ولی تمام این تغییرات کم‌دامنه بوده‌اند و فشار حاصل از سرد شدن زمین، در قشر آن، تدریجاً افزایش یافته است تا اینکه سرانجام در سال ۲۸۰،۰۰۰،۰۰۰ پیش از میلاد منجر به وقوع بزرگ‌ترین تغییرات شده است.

بزرگ‌ترین حادثه قشر زمین که سبب مفتوح شدن فصل «اواخر دوران اول»، کتاب رسوبات شده است، انقلاب کالدونین (Caledonian) نام دارد. این اسم از کوهی به‌همین نام واقع در اسکاتلند و ایرلند شمالی، که در آنجا آثار این انقلاب مشهودتر است، گرفته شده است. نتیجه این انقلاب این بوده که رشته جبال عظیمی در طول خطی که از اسکاتلند و دریای شمال و شبه جزیره اسکاندیناوی و اسپیتزبرگ عبور می‌کند، از زمین برخاسته است.

این رشته جبال از شمال سیبری گذشته، تشکیل حاشیه مرتفع شمالی قاره آسیا را داده است. رشته کوه دیگری از اسکاتلند شروع شده به طرف شمال اقیانوس اطلس تا گروئنلند ممتد گشته و آب‌های اقیانوس‌های قطبی را به کلی از آب‌های شمال اقیانوس اطلس جدا ساخته است. در آمریکای شمالی که فعالیت‌های انقلابی آنجا دیرتر از فعالیت‌های انقلابی قاره «آسیا - اروپا» بوده است، سلسله جبال مرتفعی نیز در طول خطی که از شرقی‌ترین قسمت کانادا شروع شد، از نووا اسکوشیا (Novascotia) گذشته و از جنوب تا امتداد ساحل جنوبی اقیانوس اطلس ممتد بوده به وجود آمده است. در بیشتر نقاط آمریکای جنوبی و آفریقا و استرالیا نیز فعالیت‌های قابل توجهی صورت گرفته که در شکل ۴۱ نشان داده شده است. این نقشه وسعت و منطقه انقلاب کالدونین را نشان می‌دهد.

با وجود وقوع فعالیت‌های عظیم کوه‌زایی، انقلاب کالدونین ظاهراً از انقلابات قبلی شدیدتر نبوده و وضع عمومی بالا آمدگی خشکی‌ها خیلی کمتر آشکار بوده است. درحقیقت، در عین حال که بر اثر انقلاب کالدونین، آب‌ها از سطح قاره‌ها بیرون رانده شده‌اند، کوه‌های کالدونین دریای مرکزی آمریکای شمالی و حوضچه وسیع مرکز و مشرق اروپا را تقریباً دست نخورده باقی گذاشته‌اند.

یکی دیگر از علایم ملائم بودن نسبی انقلاب کالدونین این است که چنانکه باید، فشار خود را در قشر زمین اثر نداده، زیرا در تمام فصل «اواخر دوران اول، آثار فعالیت‌های آشکارتر در قشر زمین دیده می‌شود. در ۱۳,۰۰۰,۰۰۰ سالی که بین کالدونین و انقلاب بعدی یعنی آپالاش (Appalachian) فاصله بوده است، تعداد بی‌حسابی پستی و بلندی‌های کوچک و رشته کوه‌های کم ارتفاع به وجود آمده است.



شکل ۴۱: سه انقلاب کوه‌زایی که در ۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰ سال اخیر به وقوع پیوسته‌اند.

- ۱ - سلسه جبال انقلاب کالدونین (قریب ۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰ سال پیش از میلاد) که با نقاط ریزنمایش داده شده است.
- ۲ - سلسله جبال آپالاش (قریب ۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰ سال پیش از میلاد) که با خط نازک نشان داده شده است.
- ۳ - سلسله جبال انقلاب سنوزوئیک قریب ۴۰,۰۰۰,۰۰۰ سال پیش از میلاد) که با نقاط درشت مشخص شده است.

انقلاب آپالاش که فصل «دوران دوم» را آغاز می‌کند، حرکات قشر زمین را، که بادامه کمتری در دوره اخیر پیشروی دریا همچنان ادامه داشته است، به شدیدترین مرحله رسانده و منجر به برخاستن سلسله جبال مرتفع در تمام زمین ساخته است (شکل ۴۱).

چین خوردگی قشر زمین، در امریکای شمالی، رشته کوهی به صورت ۷ تشکیل داده که مرتفعترین نقاط آن در تکزاس وجود داشته است. یکی از شاخه‌های آن در طول گولف کاست (Gulf Coast) توسعه داشته و در امتداد

رشته جبال آپالاش فعلی ممتد بوده، در صورتی که شاخه دیگر به سوی شمال غربی تا محل سلسله جبال راکیز (Rockies) کشیده شده و تا پوگت ساوند (Puget sound) امتداد داشته است. فشردگی قشر زمین در اروپا سلسله جبالیه به وجود آورده که از ایرلند شروع شده (حتی دورتری یعنی به طرف اقیانوس اطلس) و از فرانسه مرکزی و آلمان جنوبی عبور کرده و شاید با رشته کوههای آسیا که در شمال هیمالیا واقع بوده اند، متصل می شده است.

این سلسله جبال عظیم نیز مانند همه رشته کوههای دیگری که قبل از آن وجود داشته اند، به وسیله اثر آب باران از بین رفته است و اینکه بعضی از قلل آن هنوز از سطح دشتها بالاتر قرار دارند به علت تشکیل برآمدگیهای بعدی است. آپالاش کنونی که نام دوره انقلاب از آن گرفته شده است و همچنین وژ (Vosges) و کوههای سادتن (Soudten) که همراه حادثات جدید در اروپا به ظهور پیوسته اند، از بقایای ناچیز افتخارات سال ۱۵۰،۰۰۰،۰۰۰ قبل از میلاد است.

پیشروی آب در دوران دوم، که تا وقوع جدیدترین انقلاب همچنان طول کشیده و فقط چهل میلیون سال پیش صورت گرفته، از بسیاری جهات شبیه دورانهای قبلی پیشروی، بوده است. زمینهای پست و باتلاقها و دریاها کم عمق متعدد، میدان وسیعی برای فعالیت های خزندگان عظیم الجثه ای به وجود آورده اند که در آن عصر حاکم بر عالم جانداران بوده اند.

اما فشار قشر زمین نیروی جدیدی به دست آورد و زمین آستن آخرین انقلاب خود گردید، که سطح آن را به صورت امروزی در آورده است.

## آغاز تازه ترین فصل

چنانکه گفته ایم، آخرین انقلاب که به نام سنوزوئیک (Cenozoic) شناخته شده از قریب ۴۰ میلیون سال پیش شروع گشته و بر طبق قراین موجوده اکنون نیز همچنان ادامه دارد. از این که ما در دوره انقلاب زندگی می کنیم نباید چنین انتظار داشته باشیم که هر روز، مانند رویدن قارچ، شاهد برخاستن بلندیها از سطح زمین باشیم! چنانکه قبلا دیده ایم تمام عوامل تغییر دهنده قشر زمین به کندی عمل می کنند و هیچ استبعاد ندارند که زمین لرزه ها و فعالیت های شدیدی که در طی تاریخ بشریت رخ داده آماده شدن اوضاع را برای یک انقلاب



بعدي نشان دهند و سبب پيدایش کوهها در اماکن غير منتظره گردند. دليل اينکه انقلاب سنوزوئیک هنوز پايان نيافته اين است که آنچه از عصر اين انقلاب تا کنون رخ داده (يعنی تشکيل رشته کوههای راکيز، آلپ، آند، هيماليا وغيره) هنوز در مدتی خيلي کوتاهتر از انقلابات قبلی بوده است. گرچه ممکن است انقلاب «ما» مانند انقلابات قبلی جنبه جهانی نداشته باشد ولی اگر پذيريم که هنوز به اوج شدت خود نرسیده منطقی تر خواهد بود و ما در يك دوره بالنسبه ساکت اين انقلاب زندگی می کنیم .

تقریباً کلیه کوههای موجوده کنونی روی زمین، به وسیله انقلاب اخير برخاسته اند و اگر نتیجه ما درباره این که انقلاب به حد کمال نرسیده است صادق باشد در «آینده نزدیک» (البته در اصطلاح زمین شناسی) سلسله جبال بیشتری تشکيل خواهد گردید .

۴۰ ميليون سال اخير که از آغاز فصل سنوزوئیک می گذرد بهش دوره تقسيم شده است<sup>۱</sup> که عبارتند از پالئوسن، (Paleocene) ائوسن، (Eocene) اولیگوسن، (Oligocene) میوسن، (Miocene) پلیوسن، (Pliocene) و پلئستوسن، (Pleistocene). آخرين اين دورهها از دوره بزرگ یخبندان، که در فصل بعد از آن بحث خواهد شد، شروع شده است و تا امروز ادامه دارد .

یکی از بزرگترین حوادث انقلاب سنوزوئیک (شکل ۴۱) تخریبی است که در قشر زمین در جنوب آسیا صورت گرفته و سبب بالا آمدن ارتفاعات جدیدتری در هيماليا نسبت به دشتهای اطراف شده است. اين تخریب با فعالیتهای آتشفشانی مهيب همراه بوده و مقادير بیسابقه ای از گدازه بازالتی در تمام سرزمینهای اطراف گسترده است. مثلاً فلات دکن که شامل بخش مهمی از شبه جزیره هندوستان است روی سنگهای بازالتی به ضخامت قریب سه کیلومتر قرار دارد که همان گدازه منجمد شدهای است که در طی اين دوره تغییر ناگهانی، روی زمین ريخته شده است .

فوران عظیم دیگر مواد زیرزمینی، مقارن همین دوره در ژاپن صورت

---

۱- پنج دوره اول غالباً به نام دوران سوم و آخرین دوره به دوران چهارم موسوم است. در بعضی تقسیم بنديها پالئوسن را جزء دوران دوم به حساب می آورند .

گرفته است .

در این طرف اقیانوس اطلس، بر اثر فشرده شدن قشر زمین در اوایل انقلاب سنوزوئیک (یعنی دوره پالئوسن)، رشته کوه بزرگی به وجود آمده است که از یک قطب به قطب دیگر ممتد بوده و امروز به نام راکیز در امریکای شمالی و آند در جنوب استوا شناخته می شود. تشکیل غالب سلسله جبالهای امریکا نیز با فعالیت های آتشفشانی همراه بوده و نسبت به آنچه در هندوستان به وقوع پیوسته در درجه دوم اهمیت قرار داشته است. طبقات گدازه فوران یافته در بعضی نقاط دارای چندین هزار متر عمق است و فلات وسیع کلمبیا را در ایالت واشنگتن، و ارگون (Oregon) تشکیل داده است.

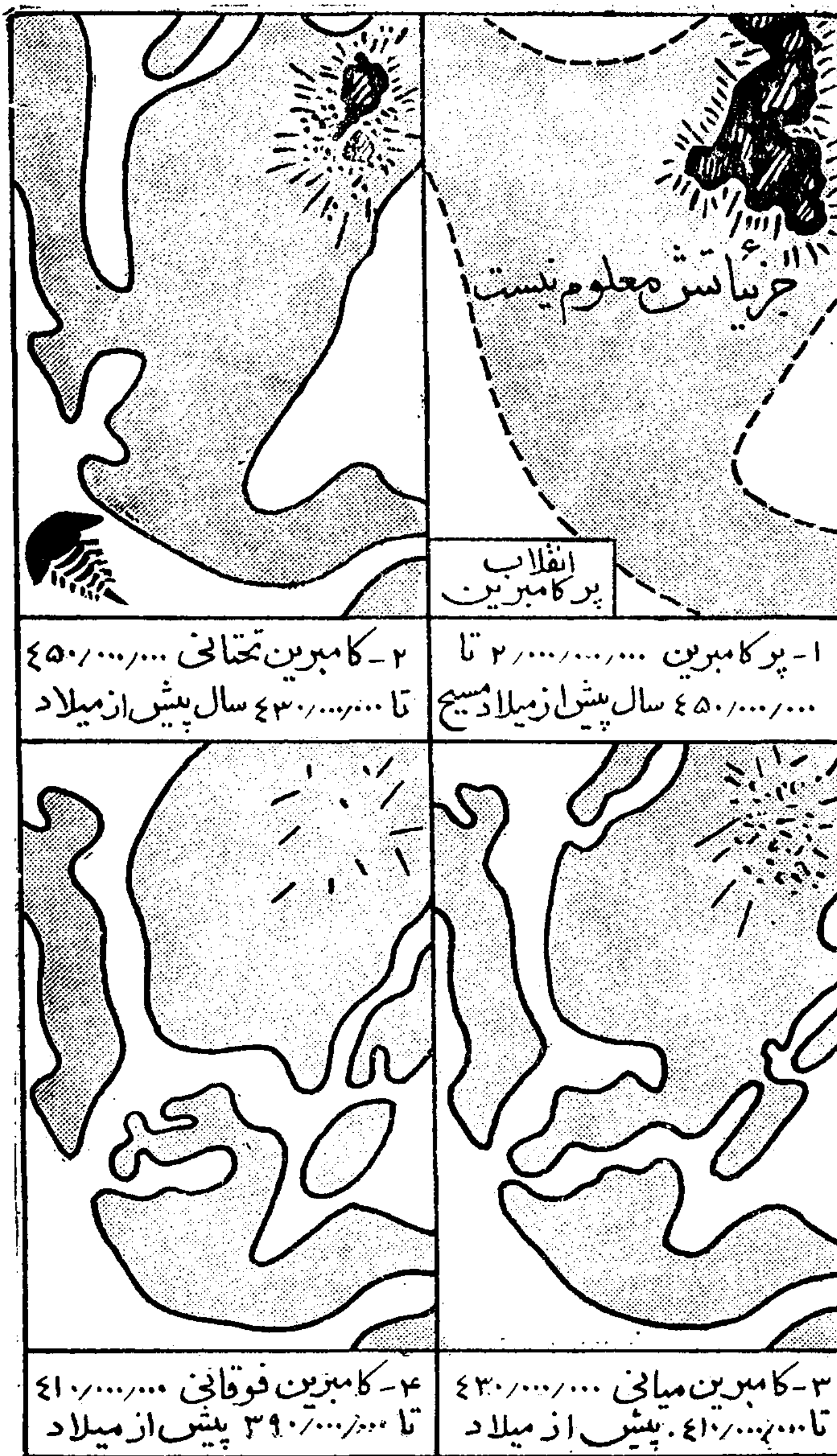
این حوادث عظیم که در «روزهای اول» انقلاب صورت گرفته فشار وارد به قشر زمین را محققاً به نحوی جلوه گر ساخته است. دوره های ائوسن، و اولیگوسن، با خاموشی نسبی و کم شدن ارتفاع زمینهایی که قبلاً بالا آمده بوده اند مشخص می باشد ولی در طی دوره بعدی، میوسن، یعنی فقط ۲۵ میلیون سال بعد از نخستین حادثه، فعالیت های انقلابی از سر گرفته شده است. زمینها مجدداً به مقدار زیادی بالا آمده اند و باعث گردیدند، آبهایی که در طی دوره خاموشی روی آنها شاخه دوانیده بودند، عقب نشینی کنند و چین خوردگیهای جدید از جمله آلپ در اروپا و کاسکاد در امریکای شمالی روی سطح سیاره ما تشکیل گردند. این انقلاب ثانوی، تاحدی کم دامن تر بوده و در دوره های بعدی یعنی پلیوسن، و در حال حاضر نیز همچنان ادامه دارد. این که آیا انقلاب میوسن، بر آستی آخرین انقلاب روی زمین است درست نمی دانیم، ولی چنانکه قبلاً اشاره کرده ایم، چنین به نظر می رسد که زمان حاضر که عصری نسبتاً آرام است، صرفاً تنفس کوتاهی برای فعالیت های انقلابی بعدی است.

### تاریخ سینماتوگرافیک امریکای شمالی

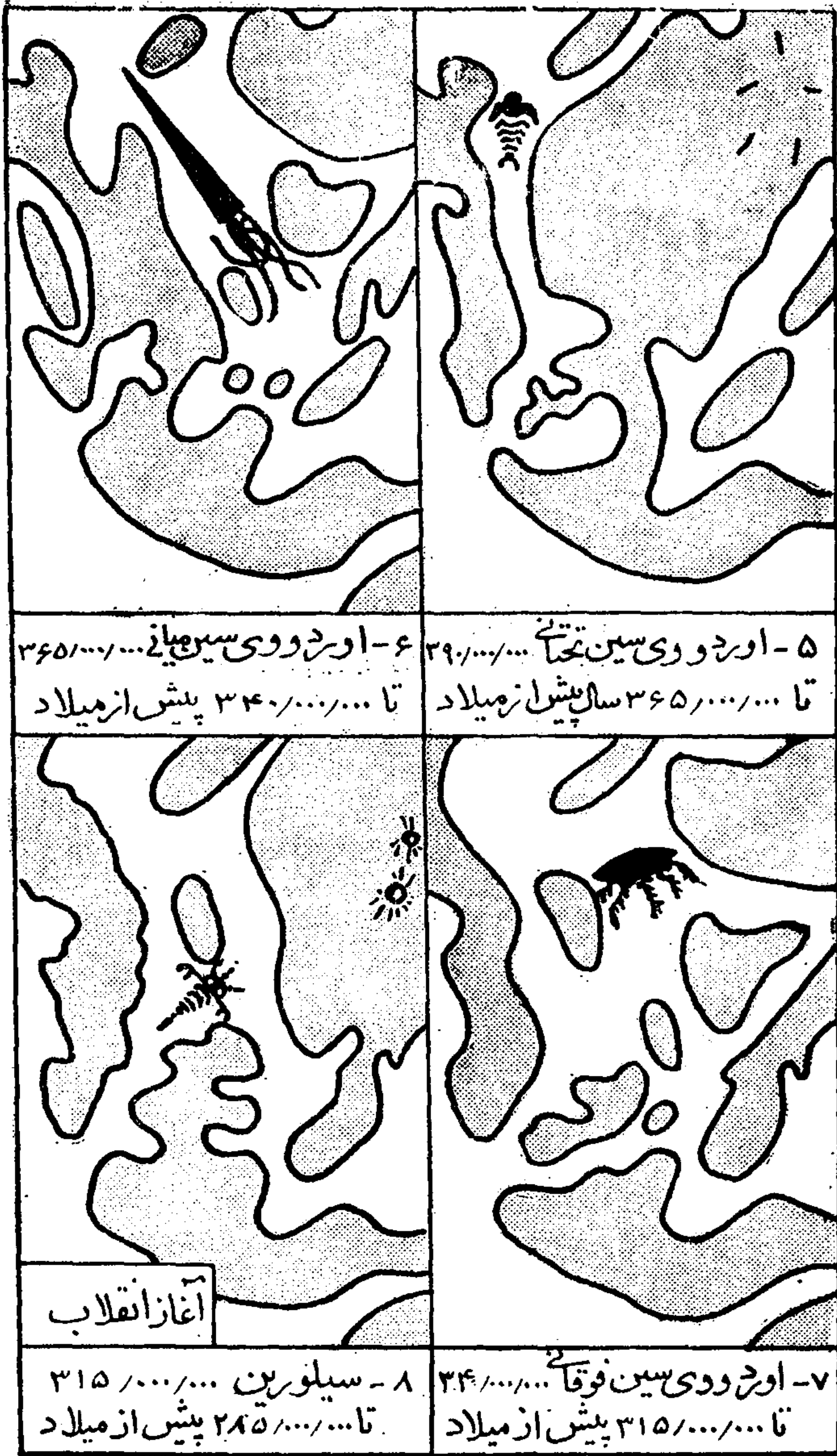
در بخش گذشته، خلاصه ای از تاریخ قاره را به طوری که در «کتاب رسوبات» می تواند خوانده شود، متذکر شده ایم. طبعاً، خود را به این محدود ساخته ایم که فقط از وضع عمومی دوره های انقلاب و همچنین دوره های بین آنها، که عمل تخریب کند انجام می گرفته و دریاها پیشروی داشته اند، و تقسیمات «کتاب رسوبات» را به فصلهای متمایز ممکن ساخته اند، صحبت کنید. لیکن، این را نیز متذکر شده ایم که علاوه بر آنها، تغییرات کم دامن تری همیشه اوقات،

صورت می گرفته و موجبات تغییر وضع سطح سیاره ما را فراهم ساخته اند :  
برای نشان دادن این تغییرات مداوم، باید اقل از هر صد سالی يك نقشه  
جداگانه رسم کنیم و سپس آنها را در فیلم سینما پشت سر هم نمایش بدهیم. اگر  
از این موضوع صرف نظر کنیم که اطلاعات کنونی زمین شناسی به آن اندازه کامل  
نیست تا انجام کاری را که به عهده گرفته ایم ممکن سازد، چنانچه بخواهیم  
فیلمی را که هر عکس آن يك قرن از تاریخ زمین را نشان دهد، شب و روز لاینقطع  
نمایش بدهیم، بیش از دو هفته طول خواهد کشید. (تازه این در صورتی است که  
سرعت عبور عکس های فیلم ۱۶ در ثانیه باشد) .

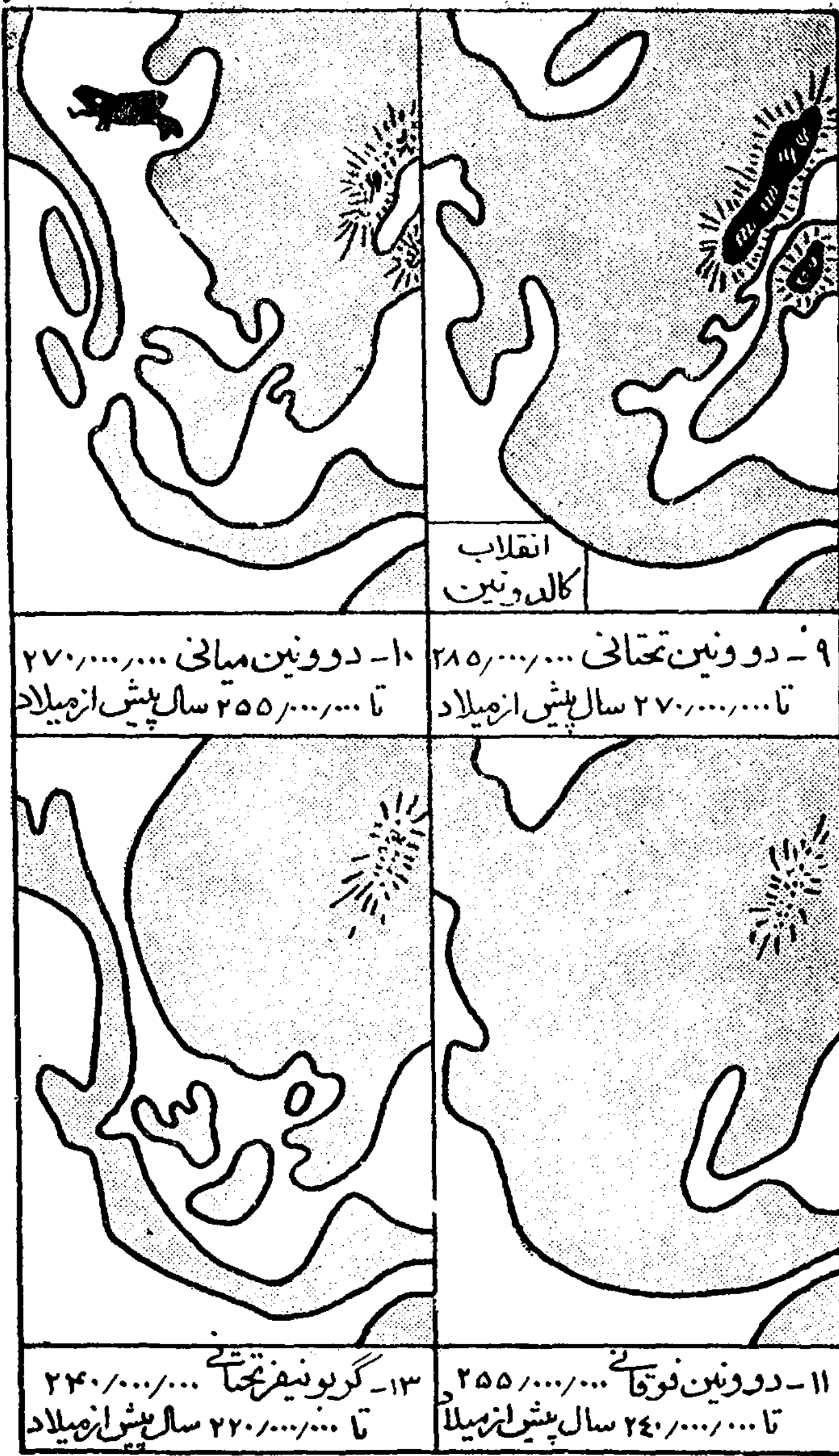
بنابراین ما این نمایش را به يك مقیاس نسبتاً کوچکتری تقلیل می دهیم  
یعنی فقط به نشان دادن ۳۲ نقشه، مجزا از هم که معرف وضع امریکای شمالی  
از ۵۰۰ میلیون سال پیش است اکتفا می کنیم. این نقشه ها را از روی نقشه های  
دیرین شناسی جغرافیایی ، چارلز شورت (Ch. Schuchert) اقتباس  
کرده ام. این کتاب به نام زمین شناسی تاریخی، توسط چارلز شورت، و کارل  
او. دونبارت (C. O. dunbart) نگاشته شده است. نقشه ها به وسیله دکتر  
ج. شورت و ک. ا. دونبار تهیه گردیده است .



شکل ۴۲

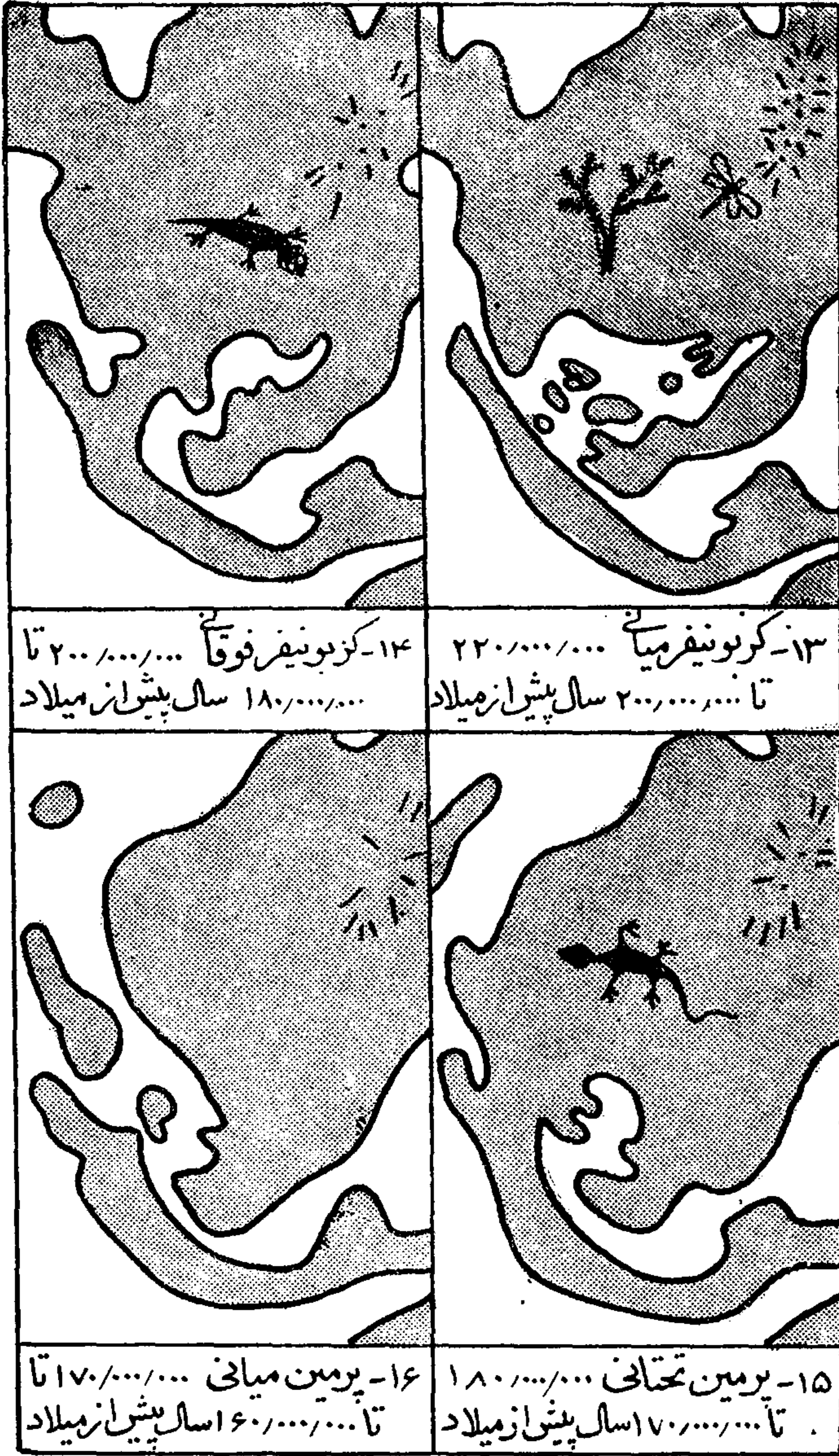


شکل ۲۳

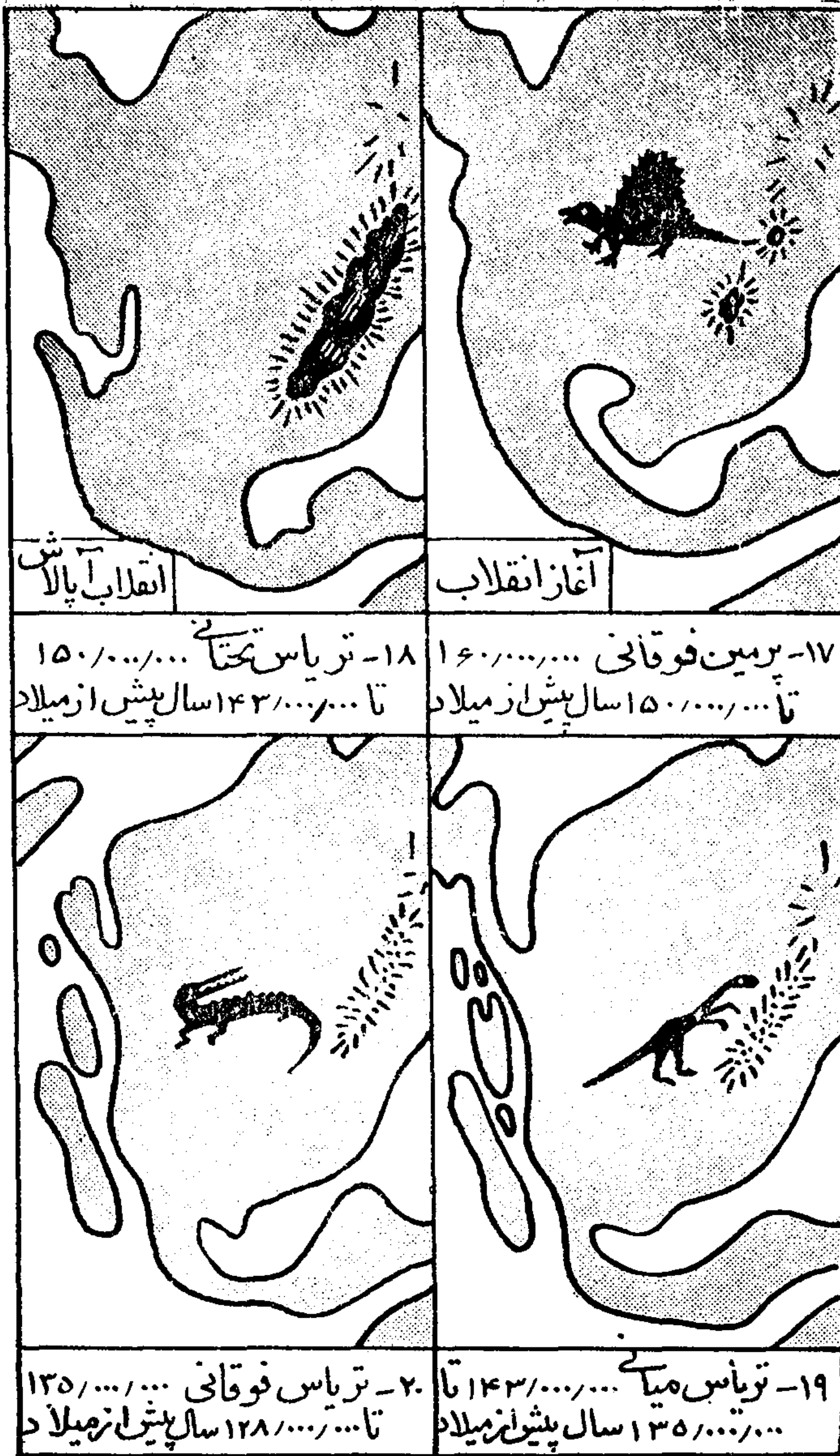


شکل ۴۴



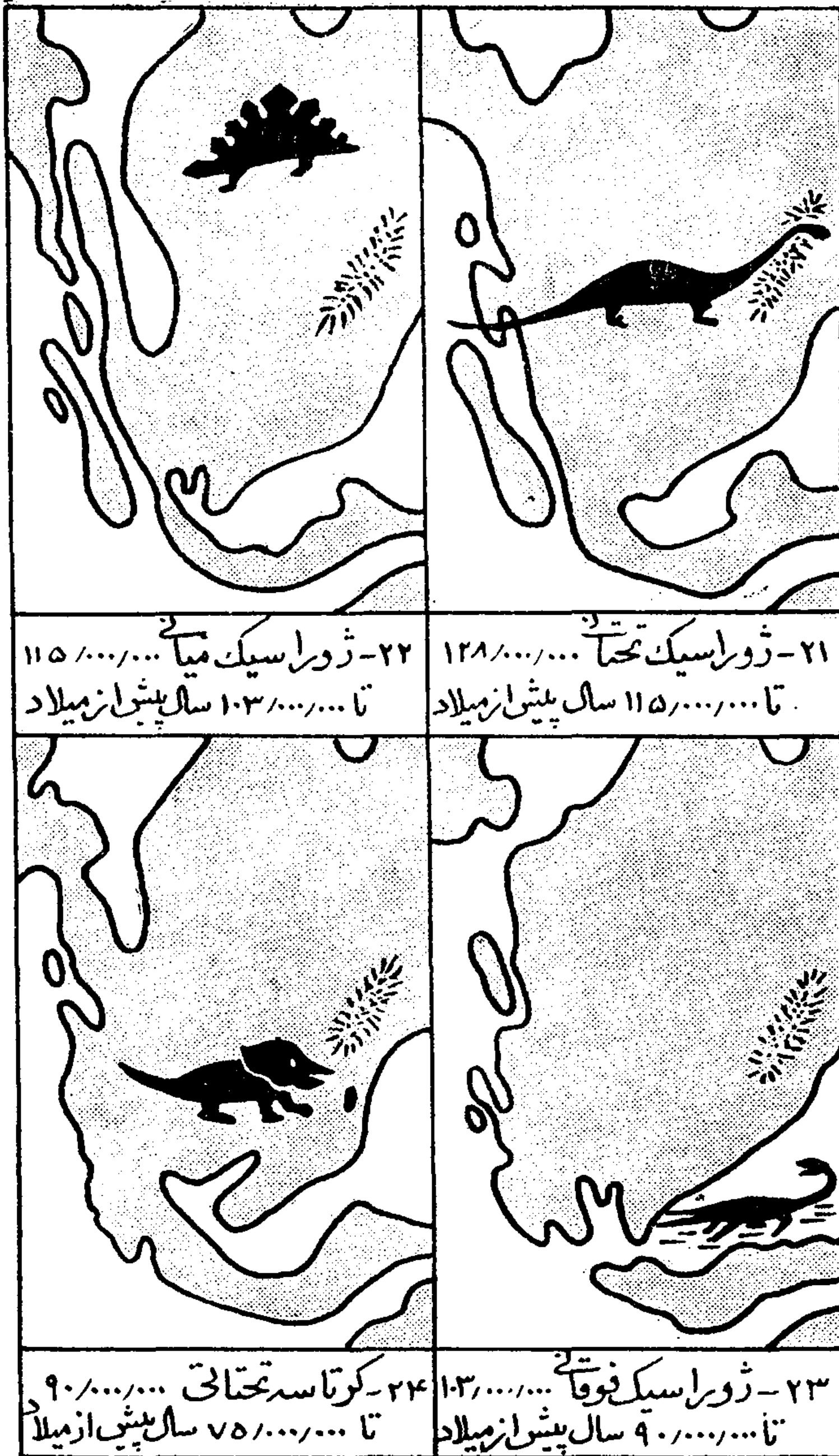


شکل ۴۵

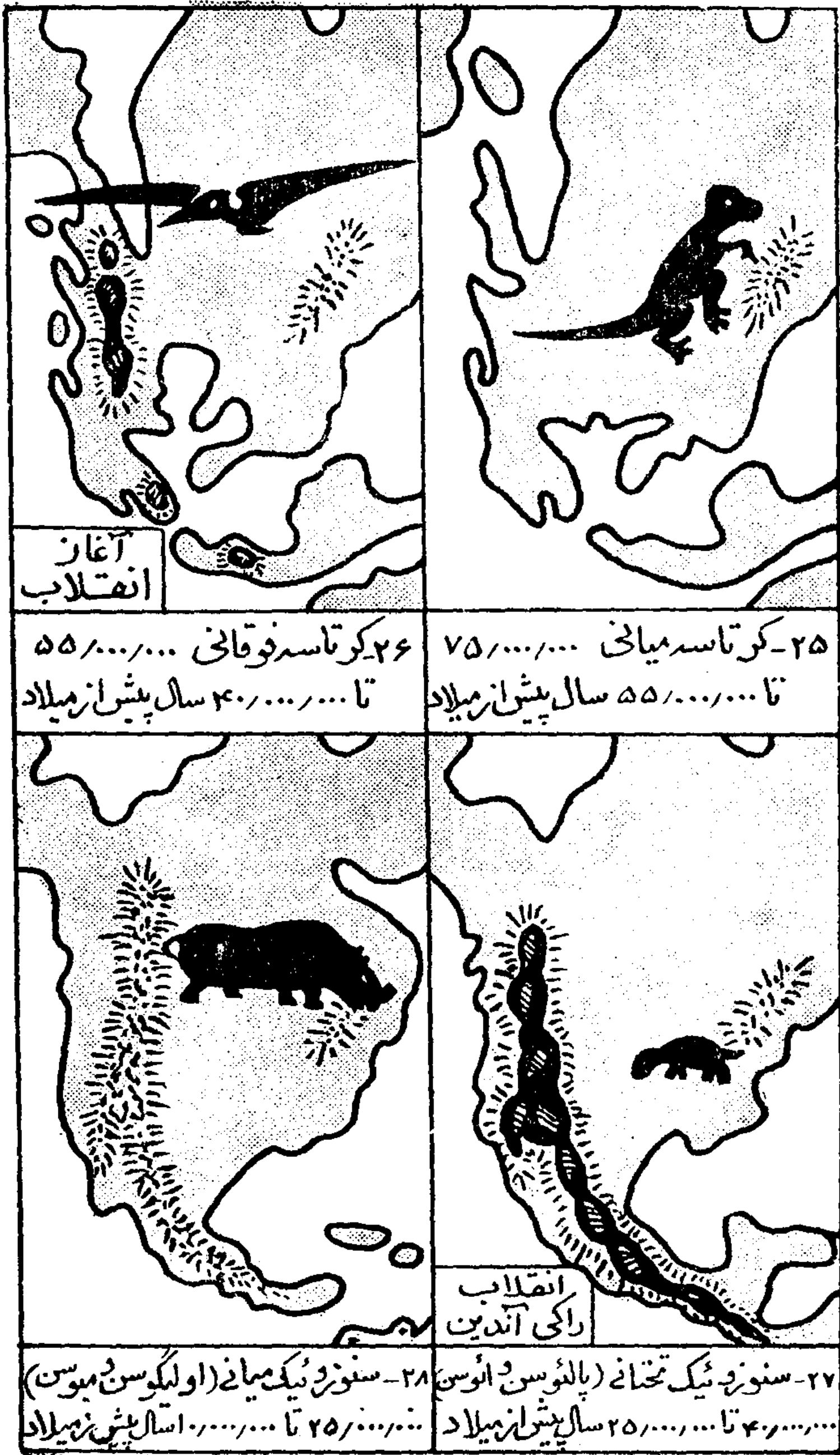


شکل ۴۶





شکل ۴۷



شکل ۴۸



شکل ۴۹

## فصل هشتم

# آب و هوای گذشته

ما در عصر یخبندان زندگی می‌کنیم

چنانکه در فصل هفتم دیده‌ایم تاریخ کامل زمین، به چند دوره طویل‌المدت پیشروی دریاها، که چند دوره نسبتاً کوتاه انقلاب آنها را از هم جدای می‌سازد، تقسیم می‌شود. در این دوره‌های انقلاب، قاره‌ها به شدت بالا آمده‌اند و کوههای جدید، در بسیاری از نقاط سطح زمین برخاسته‌اند. برای تصور کوههای مرتفع معمولاً با تصور قله‌های سفیدمستور از برف و یخچالهای زیبا، که از نواحی کوهستانی مانند رودخانه‌های عریض یخی به آهستگی سر‌آزیر می‌شوند، همراه است. حتی در مناطق نزدیک استوا، قله کوههای بلند، لباس سفید یخ‌زده بر تن دارند در حالی که مناطق کوهستانی نزدیک قطبین را طبقه ضخیمی از یخ دایمی پوشانده است. در شیلی و آلاسکا یخچالهای وسیع از سلسله جبال ساحلی سر‌آزیر می‌شوند و قطعات بزرگ یخی که از آنها جدا می‌گردند به صورت کوههای عظیم یخی، با جریان آب اقیانوسها به این طرف و آن طرف حرکت می‌کنند. یک قشر یخی به وسعت ۱،۸۰۰،۰۰۰ کیلومتر مربع و به ضخامت متجاوز از ۳ کیلومتر جزیره **گروئنلند** را می‌پوشاند در حالی که قاره مجزای قطب

۱- ضخامت یک طبقه یخ را از روی روش استادانه انعکاس صدا از درون یخ تخمین می‌زنند. امواج صوتی حاصل از یک انفجار سطحی، به وسیله سنگهایی که در زیر یخ قرار دارند منعکس می‌شود و تأخیر در رسیدن این «انعکاس عمقی» ضخامت یخ را معلوم می‌دارد. این همان روشی است که با آن و به کمک امواج زلزله، قشر زمین را مطالعه می‌کنند (فصل ۵).

جنوب از لایه ای یخ همیشگی که وسعتش ۱۳،۰۰۰،۰۰۰ کیلومتر مربع و ضخامتش قریب یک کیلومتر است پوشیده می باشد .

اما وسعت کنونی طبقات یخی، گرچه بخش زیادی از قاره‌ها را پوشانیده بامقایسه با وسعت سابق آن، یعنی ایامی که چندان دور نبوده، خیلی کم می باشد. یکی از علائم تحلیل رفتن تدریجی طبقات یخی کنونی این است که وسعت غالب یخچالهای طبیعی امروزی رفته رفته در نقصان است .

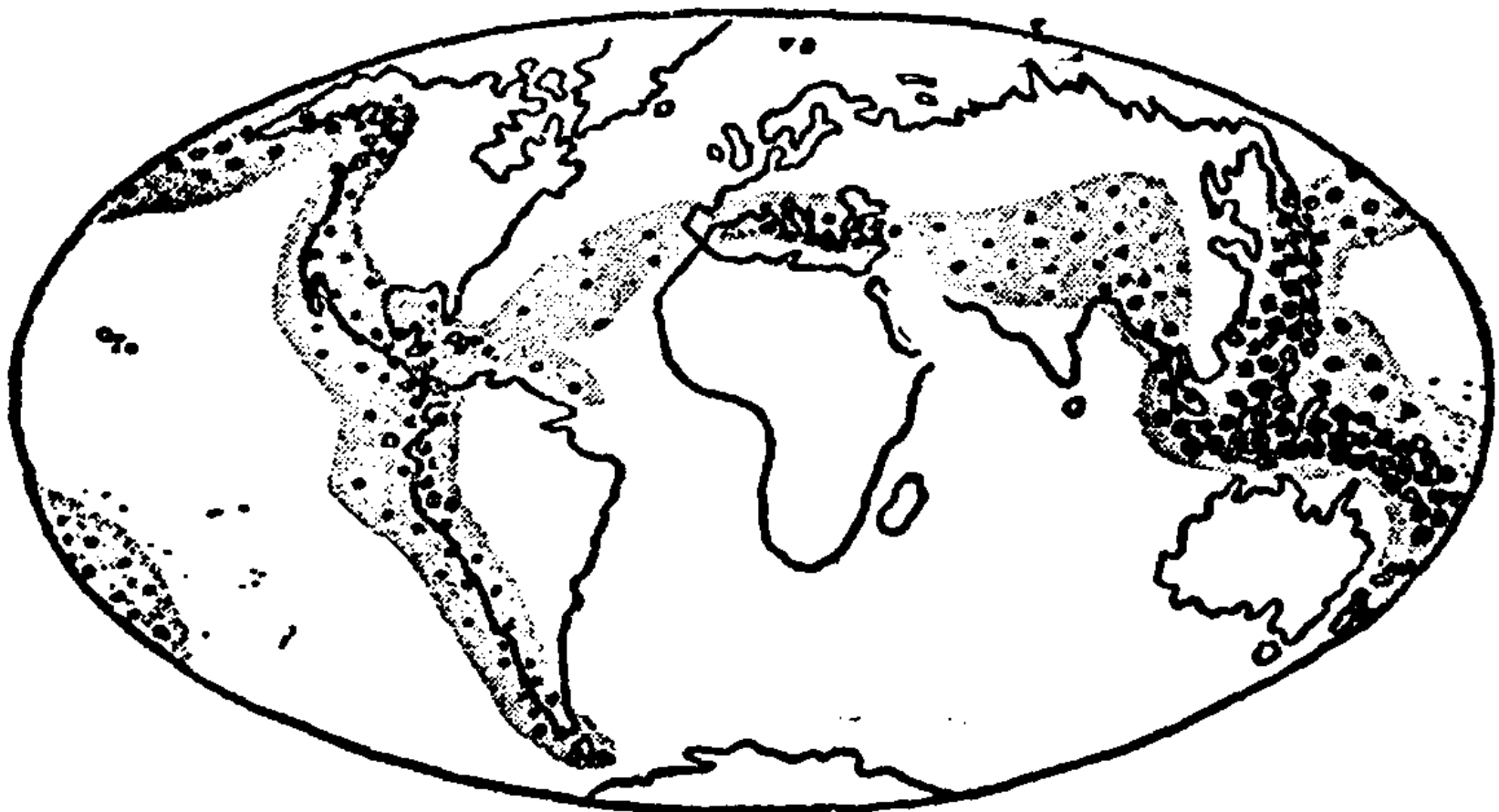
ولی مستقیم‌ترین دلیل توسعه فراوان یخچالها در گذشته از مطالعه صفحات مربوط « کتاب رسوبات » پیدامی شود. مناطق وسیعی از اروپا و امریکای شمالی را رسوبات مخصوصی به نام « رسوبات یخچالی » پوشانیده اند که شامل گل رس یخچالی مخلوط باماسه وریگ می باشد. مدتهای مدید منشاء این مواد برای زمین‌شناسان به صورت معمای لاینحلی جلوه گری می کرد تا این که در سال ۱۸۴۰ دانشمند سوئیسی به نام لوئی آگاسیز ( Louis Agassiz ) آنها را نتیجه حرکات طبقات یخ روی زمین اعلام کرد. توده‌های عظیم یخ در ضمن این که، از نواحی مرتفع به عمق دره‌ها سرازیر می شوند، اثری عمیق در سنگهای مسیر حرکت خود به جای می گذارند و قطعات بسیار بزرگ سنگها را خیلی دورتر از محل اصلیشان حمل می کنند. لوئی آگاسیز نه فقط اثبات کرد که دره‌های زیبای سرزمین اجدادش یعنی سوئیس که محل شروع مطالعاتش بوده است، زیر یخهایی که از آلپ سرازیر شده اند مخفی بوده اند بلکه طبقات بسیار ضخیم یخ از ارتفاعات اسکاندیناوی، بخش شمالی اروپا را پوشانیده بوده اند و با این اظهار خود باعث حیرت زمین‌شناسان گردیده است. انتشار رسوبات یخچالی شکی در این موضوع باقی نگذاشته، که در آن ایام آلمان شمالی و شمال فرانسه و تمام جزایر انگلستان همان منظره‌ای را داشته اند که امروز سیاحان در گر و نلند و قطب جنوب مشاهده می کنند .

در این طرف اقیانوس اطلس چندین طبقه جدا از هم یخ، از ارتفاعات کانادا سرازیر شدند و تقریباً نصف ممالک متحده را پوشانیدند. هر کسی می تواند سنگهای صیقلی و سنگهای سرگردانی را که در نتیجه حرکت یخچالها صدها کیلومتر دورتر حمل شده اند، و به وضعی عادی به جا مانده اند در حوالی نیویورک مشاهده کند .

باتوجه به نقشه شکل ۵۰ که حداکثر وسعت یخچالها را در آن عصر

نشان می‌دهد، متذکر می‌شویم که گرچه امریکای شمالی و اروپا زیر طبقات ضخیم یخ مخفی بوده‌اند معذا یخچالهای آسیای شمالی وسعت بسیار محدود داشته‌اند. این موضوع جالب به سبب فقدان کوه در شمال سیبری بوده و دلیل دیگری بر له این نظریه است که تشکیل یخچال با وجود نواحی کوهستانی مرتفع، نسبت مستقیم دارد.

حجم کل توده یخی که، در طی مرحله حداکثر توسعه یخچالها، روی قاره‌ها گسترده شده بود، به میلیونها کیلومتر مکعب تخمین زده می‌شود و چون تمام آبی که این یخها را تشکیل می‌داده است بایستی از اقیانوسها عقب نشینی کرده باشد، نتیجه می‌شود که سطح دریاها در آن وقت قریب صدمتر پایین‌تر از سطح کنونی بوده است



\* شکل ۵: یخ‌بندان دوره سنوزئیک در نیمکره شمالی و جنوبی. وسعت زیادی را یخچالها اشغال کرده‌اند. خط چین‌ها یخچالهای قتل مرتفع را نشان می‌دهند. وجود یخ‌بندان در شمال سیبری محقق نیست.

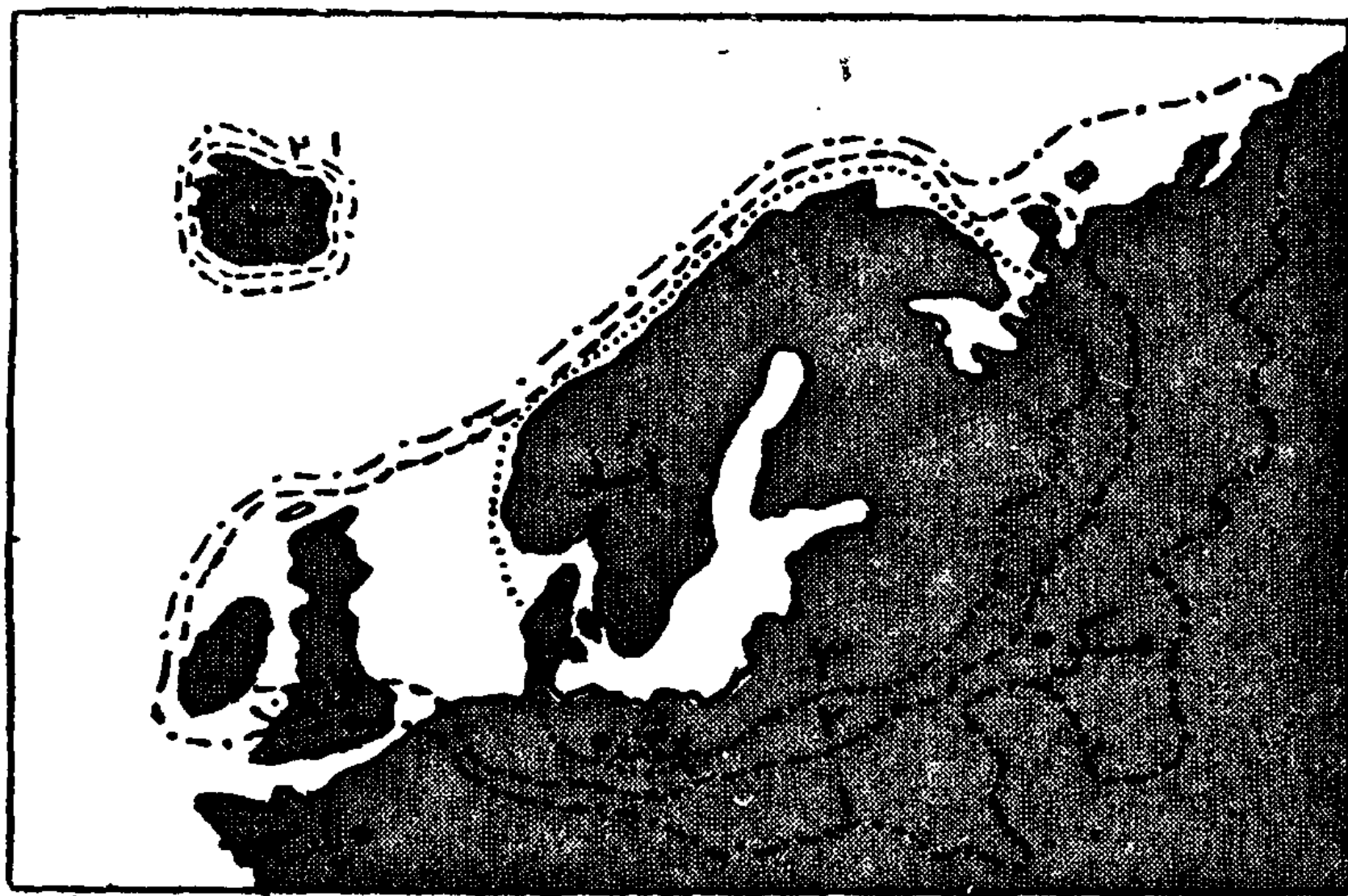
بدیهی است نتیجه این عقب‌نشینی دریا، توسعه بیشتر خشکی‌ها بوده و انسان می‌توانست از طریق اتلانتیک سیتی ۱۵ تا ۱۸ کیلومتر با اطمینان خاطر به طرف مشرق حرکت کند بدون آن که حتی یک قدمش در آب داخل گردد.

قشر زمین تحت اثر وزن عظیم یخی که در قسمت شمال قاره‌ها بر روی هم انباشته شده بود، به طرف ماده مذاب درونی فرورفته است و این فرورفتگی

\* توجه: شکل ۳۳ صفحه ۹۶ مربوط به این صفحه است و شکل این صفحه مربوط به صفحه ۹۶ است.

در ناحیه «دریاچه‌های بزرگ» به ۲۰۰ متر بالغ بوده و در نقاط شمالی تر حتی از این هم بیشتر بوده است. به محض ذوب یخها، آب اقیانوسها این نواحی را فرا گرفته است. کشف صدفهای دریایی و حتی اسکلت بالن در ارتفاع چند صد متر در میشیگان و قسمت شمالی ایالت نیویورک دلیل غیر قابل انکار بالا آمدن کنونی این نواحی در نتیجه کیفیت ایزوستازیکی، اخیر قشر زمین است.

این نکته را نیز باید خاطر نشان سازیم که مطالعه دقیق رسوبات یخچالی، هم در آمریکا و هم در اروپا چنین معلوم می‌دارد که حداقل چهار دوره یخ‌بندان (و شاید بیشتر) وجود داشته که به وسیله دوره‌های بین یخچالی دارای آب و هوای گرم از هم فاصله داشته‌اند. در حقیقت طی این دوره‌های بین یخچالی، عقب نشینی طبقات یخ بیشتر از اکنون بوده است به طوری که به قبول این نکته ناگزیریم که: ما در دورهای زندگی می‌کنیم که درست بلافاصله پس از آخرین دوره یخ‌بندان قرار دارد و پیش از آغاز گسترش یخ‌بندان بعدی روی قاره‌ها است، آب و هوای امریکای شمالی و اروپا و آسیا، دارد از آنچه که اکنون هست گرمتر می‌شود.



شکل ۵۱: حداکثر توسعه سه دوره یخ‌بندان اخیر در اروپا.

مدت زمانی را که از آخرین یخ‌بندان گذشته می‌توان از مطالعه رسوباتی که یخ در حال عقب نشینی به جا گذاشته، به وضعی صحیح‌تر تخمین زد. در

۱- تذکر این نکته لازم است که وسعت کنونی نواحی یخچالی فقط ثلث وسعتی است که یخچالها به حداکثر توسعه داشته‌اند.



دره‌های یخی که در حد جنوبی یخ‌بندان، در حال عقب‌نشینی تشکیل شده‌اند، طبقاتی به طور واضح به چشم می‌خورند که مربوط به ته‌نشین شدن رسوبات در تابستان و زمستان است. موادی که همراه آب حاصل از ذوب برف‌ها، در تابستان حمل گردیده‌اند بیشتر از جنس گلی است که معمولاً رنگ روشن دارد. به دنبال آن لایه‌های تیره رنگ گل‌رس دیده می‌شود که در ماه‌های زمستان یعنی هنگامی که دریاچه‌های یخ‌بسته و آب ساکن تر بوده است رسوب کرده‌اند. مطالعه این رسوبات در نقاط مختلف یعنی از تحتانی‌ترین نقطه سوئد تا دریاچه‌های مرکز نروژ، زمین‌شناس سوئدی گیر (Geer) را متوجه این نکته ساخت که هنگام عقب‌نشینی یخ در این فاصله، ۱۳،۵۰۰ طبقه متناوب گل و گل‌رس به وجود آمده است. این عدد ما را فوراً متوجه تعداد سالهایی می‌کند که طول کشیده تا اسکاندیناوی سر از زیر یخ بیرون آورده است. اگر همین سرعت متوسط را برای دوره‌های قبلی نیز بپذیریم نتیجه می‌گیریم که عقب‌نشینی یخ از اروپا نزدیک به ۲۵،۰۰۰ سال پیش شروع شده است.

کشف مشابهی در نیمکره غربی این نتیجه را به دست داد که اولین عقب‌نشینی یخ‌ها از آمریکای شمالی نیز همین مدت طول کشیده و از این نظر که یک چنین مدت طولانی (نه از نظر زمین‌شناسی بلکه از نظر انسان) برای طی شدن یکی از دوره‌های یخ‌بندان لازم بوده است، باید نتیجه بگیریم که پیشروی و عقب‌نشینی یخ‌ها در قسمت شمال قاره‌ها چندین صد هزار سال از دوره اخیر تاریخ زمین طول کشیده است.

قراین مبتنی بر وقوع یخ‌بندان‌های مشابه در نیمکره جنوبی بسیار کم است، زیرا منطقه مربوطه در اطراف قطب جنوب (۴۰ تا ۷۰ عرض جنوبی) را غالباً دریا اشغال کرده است. معه‌ذا چنان‌که معلوم گردیده خطی که حدود برف دایمی را در ارتفاعات آند آرژانتین و شیلی و پرو نشان می‌دهد زمانی قریب یک کیلومتر پایین‌تر از حدود امروزی آن بوده است و قراینی موجود است که نشان می‌دهد اقلادوموج سرد بایک مرحله گرم حدفاصل، در آنجا وجود داشته است. یخ‌بندان زلاند جدید نیز خیلی وسیع‌تر بوده است. یک وقتی در استرالیا یخچال وجود داشته در صورتی که اکنون یخی در آنجا موجود نیست.

سابقاً هوا گرم‌تر بوده است

اگر «کتاب رسوبات» را آن چنان ورق بزنیم که دو میلیون صفحه به عقب



برگردیم، ملاحظه خواهیم کرد که شرایط یخبندان عمومی ابدأ با اوضاع تاریخ زمین مطابقت نداشته و سیارهٔ ما آب و هوای ملایم تر و یک نواخت تر در قسمت اعظم حیاتش داشته است. در حقیقت وقتی رسوبات دورهٔ ائوسن را مطالعه می‌کنیم



شکل ۵۲: انتشار مناطق گیاهی در نیمکرهٔ شمالی پیش از دورهٔ یخبندان. این تصور نشان می‌دهد که جنگلهای گرمسیری تا شمال لندن و بوستون توسعه داشته‌اند در حالیکه گیاهان معتدله در جنوب گروئنلند و ایسلند و اسپیتزبرگ یافت شده‌اند.

( که مربوط به آخرین انقلاب یعنی ۴۰ میلیون سال پیش است ) به قراین محکمی برخوردار می‌کنیم که نشان می‌دهند در آن عصر مناطق دارای آب و هوای مختلف زمین در حدود عرض ۲۰ تا ۳۰ درجه به طرف شمال تغییر مکان داده‌اند. در رسوبات قاره‌ای ائوسن اروپا، عدهٔ زیادی فسیل نخل و سایر گیاهان معرف نواحی استوایی پیدامی‌کنیم. جنوب انگلستان نیز در آن

ایام بایستی منظره نخلستان داشته باشد. همین اصل در امریکای شمالی نیز صادق است: بر گهای فسیل شده ماگنولیا و نخل و سایر گیاهان گرمسیری تا ایالات اورگون و واشنگتن دیده شده اند.

در حالی که سرزمینهایی که امروز از گیاهان معتدله پوشیده شده اند، محل رشد گیاهان گرمسیری بوده اند، درختانی نظیر بلوط و شاه بلوط و افرا، در آلاسکا و گروئنلند و اسپیتز برگ و آسیای شمالی می رویده اند. بالاخره گیاهان نمونه مخصوص مناطق شمال، مانند انواع غان و بید در مناطقی از شمال فراوان بوده اند که امروزه هیچ رستنی در آن یافت نمی شود. اطلاعات مربوط به نیمکره جنوبی در این مورد نیز خیلی کم است ولی پیدا شدن رسوبات ذغال سنگی در بسیاری نقاط کناره قطب جنوب، بدون شك نشان می دهد که این قاره که اکنون کاملاً یخ بندان است، محل رشد بسیاری از گیاهان بوده است.

غیر از اطلاعات دیرین شناسی گیاهی و جانوری، اطلاعات دیگری نیز در دست است که مؤید موضوع می باشند. مثلاً عده ای از نرم تنان دریایی که امروزه فقط در دریاها و گرم زندگی می کنند تا سواحل آلاسکا وجود داشته اند در حالی که کرگدن و ببر در حدود ممالک متحده امریکای شمالی امروزی موجود بوده اند. اگر باز کمی به عقب برگردیم، ملاحظه خواهیم کرد که آب و هوای ملایم و یکنواختی در تمام دوره پیشروی آبها، در دوران دوم عمومیت داشته است. فقط آثاری از توسعه یخچالهای طبیعی در انقلاب آپالاش یعنی ۱۵۰ میلیون سال پیش دیده شده است.

قطعی ترین آثار این یخ بندان قدیمی در امریکای جنوبی و هندوستان و استرالیا پیدا شده و ضخامت رسوبات آنها نشان می دهد که دوره دوام آنها طولانی تر و شدیدتر از یخ بندان جدید اروپا و امریکای شمالی بوده است. علائم مشخصی نیز وجود دارد که این یخ بندان شامل چند موج سرد متناوب با دوره های گرم بین یخچالی بوده است. رسوباتی که در نقاط مختلف شرق استرالیا و قاسمانی و زلاند جدید یافت شده آثار پیشروی حداقل سه دوره متوالی یخ بندان را نشان می دهد.

در نیمکره شمالی، انقلاب آپالاش با پیشروی یخچالها همراه بوده است ولی آثاری که باقی مانده نشان می دهند که یخچالها ملایم تر و کم دامنه تر بوده اند. علت این امر همانا فقدان مناطق کوهستانی وسیع (مانند وضع سبیری

در یخ‌بندان اخیر) و وجود آب و هوای خشک بوده که رطوبت کافی برای تشکیل یخچال‌های قاره‌ای به وجود نیامده است .

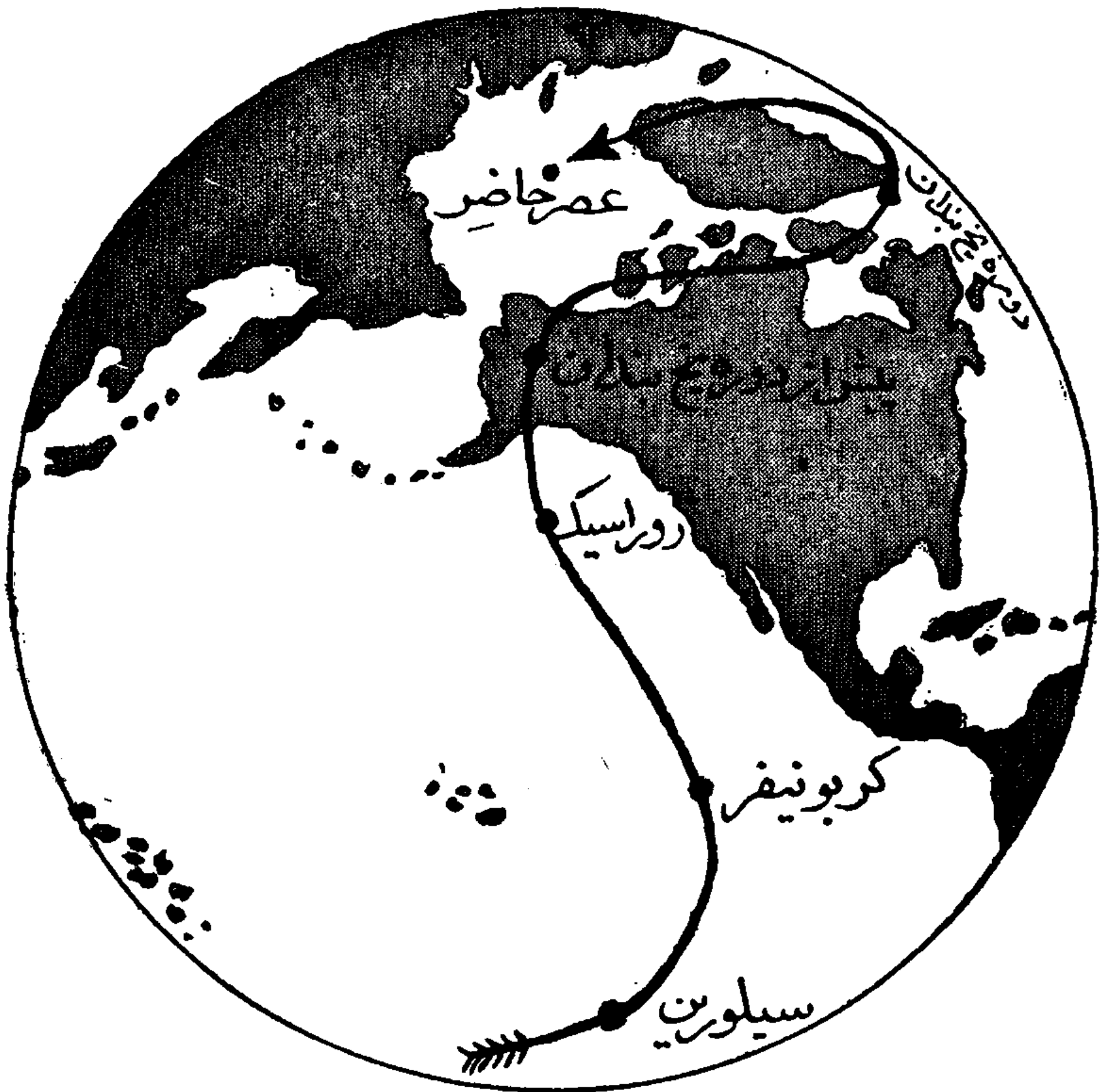
اگر باز بیشتر به عقب برگردیم در تمام دوره پیشروی آب در اواخر دوران اول مجدداً به یک آب و هوای گرم و سپس یک دوره توسعه یخ‌بندان در انقلاب کالدونین (۳۰۰،۰۰۰،۰۰۰ قبل از میلاد) برخورد می‌کنیم . این یخ‌بندان رسوبات زیادی در آلاسکا و افریقای جنوبی و نروژ به جا گذاشته است. یخ‌بندان قدیمی‌تر از این در پراگامبرین (Precambrian)، یعنی در دوره‌ای ملاحظه شده که باب تاریخ حیات زمین را مفتوح ساخته است .

گرچه قرائت «کتاب رسوبات» هرچه بیشتر به عقب برگردیم مشکل‌تر می‌شود معهداً به نظر می‌رسد شکی موجود نباشد که توسعه یخچال‌ها همیشه با حدوث چین‌خوردگی‌ها و پیدایش سرزمین‌های مرتفع، همراه بوده است و هر یک از این دوره‌های یخچالی شامل چند موج متوالی سرد بوده که سبب پیشروی و عقب‌نشینی یخ در سطح قاره‌ها می‌شده است .

#### آیا محل قطبین در سطح زمین تغییر می‌کند؟

تغییرات غیرعادی آب و هوا که در «کتاب رسوبات» ثبت شده از جمله وجود جنگل‌های مخصوص گرمسیری در اروپای مرکزی و ظهور بعدی طبقات ضخیم یخ و یخ‌بندان ناحیه مجاور استوا در هندوستان و سایر پدیده‌های مربوط به آنها، بسیاری از زمین‌شناسان و دانشمندان علم ژئوفیزیک را به قبول این نکته متوجه ساخته که در طی ادوار تاریخ زمین بایستی تغییرات مهمی در وضع قطبین زمین روی داده باشد . و گنر و عده دیگری از دانشمندان، در حالی که استنباطات خود را روی فرضیه «حرکت قاره‌ها» (به فصل ۳ و ۷ مراجعه شود) بنا نهاده‌اند و با قبول این نکته که قشر جامد زمین یکپارچه می‌تواند روی قسمت مذاب درونی سیاره ما حرکت کند، سعی کرده‌اند وضع نسبی قاره‌ها و قطبین را با اطلاعات مربوط به اوضاع و آب و هوا که در زمین‌شناسی تاریخی جمع‌آوری شده است، ترسیم کنند. بدین طریق به منظور بیان علت یخ‌بندان که در هنگام وقوع انقلاب آپالاش در آمریکای جنوبی و افریقای جنوبی و استرالیا و هندوستان هم‌زمان با هم به وقوع پیوسته، چنین قبول کرده‌اند، که این سرزمین‌ها بیشتر از آنچه در حال حاضر دیده می‌شود بهم نزدیک بوده‌اند و قطب جنوب تقریباً در وسط آنها قرار داشته است .

قطب شمال نیز با توجه به محل قطب جنوب در شمال اقیانوس کبیر جا داشته و از جزایر هاوایی چندان دور نبوده است. بسیاری از دانشمندان همچنین قبول کرده اند که قطب شمال از آغاز دوران سوم (ائوسن) به طرف آلاسکا در تغییر بوده است و بعد از آن به طرف جنوب گروئنلند نقل مکان کرده و سبب بروز یخبندان در شمال امریکا و اروپا شده است. گرمتر بودن آب و هوای کنونی را معلول این می دانند که قطب شمال از گروئنلند به جای امروزیش



شکل ۵۳: مهاجرت فرضی قطب شمال به نظر کرایش گوئر. لیکن این فرضیه با اطلاعات کنونی که درباره خواص زمین و انتشار گیاهان در گذشته موجود است مطابقت ندارد.

حرکت کرده است. در شکل ۵۳ یکی از نظریه‌ها را (که مربوط به گرایش گوئر  
Kreichgauer است) نمایش داده‌ایم تا تغییرات آب و هوا را در طی دوره‌های  
مختلف تحت اثر مهاجرت قطبی بیان کنیم.<sup>۱</sup>

گرچه شرح مربوط به «حرکت قاره‌ها» و «تغییر مکان قطبین» در ایجاد  
تصوری از چگونگی امر کمک مؤثر بوده است و به سبب اینکه ما را تا حد زیادی  
در انتخاب محل‌های عناصر مورد بحث آزاد گذاشته و می‌تواند با چگونگی انتشار  
آب و هوا مطابقت داشته باشد، معهدنا در مقابل انتقادات دانش عصر حاضر در  
بارهٔ خواص کرهٔ زمین به زحمت می‌تواند پایداری کند. در حقیقت چنانکه قبلاً  
در فصل هفتم دیده‌ایم، کف بازالتی اقیانوس‌ها سخت‌تر از آن است که تغییر نسبی  
وضع قاره‌ها را ممکن سازد. اگر برآستی چنین تغییر مکانی حادث شده است،  
بایستی در آغاز تاریخ زمین یعنی وقتی که هنوز سطح بازالت حالت مایع داشته،  
انجام گرفته باشد.

لغزش قشر زمین به‌طور یکپارچه، روی طبقات نرم داخلی اکنون نیز  
ممکن است ولی چنان که جفریز نشان داده است، وقتی غلظت فراوان مادهٔ  
مذاب را در نظر بگیریم، مشکل است انتظار داشته باشیم که قطبین زمین بتوانند،  
در تمام طول مدت معرفهٔ الارضی بیش از چند درجه تغییر مکان داده باشند.  
بعلاوه تصور نیروهایی که بتوانند قطبین را در طول خطی که در شکل ۵۳ نشان  
داده شده است حرکت دهند بسیار مشکل است.

اطلاعات جدیدتر که از دیرین‌شناسی گیاهی و جانوری به دست آمده،  
می‌تواند مستقیماً حرکت قطبین را بر طبق نظریهٔ و گنر و دیگران تکذیب کند.  
بدین طریق که اگر مثلاً قطب شمال را در اوایل دوران سنوزوئیک (شکل ۵۳) در آلاسکا  
قرار دهیم به منظور بیان علت وجود گیاهان گرمسیری در اروپا، خود آلاسکا  
و تمام وسعت اطرافش دارای آب و هوای سرد شمالی خواهند شد در حالی که  
می‌دانیم این مناطق بیشتر اوقات از گیاهان معتدله و حتی قسمتی گرمسیری  
پوشیده بوده‌اند. (نقشه شکل ۵۲ را مقایسه کنید) بنابراین قبول این نکته لازم  
می‌گردد که وضع نسبی قاره‌ها و قطبین در طی تمام تاریخ معرفهٔ الارضی به آنچه  
که اکنون ملاحظه می‌شود بیشتر شبیه بوده است.

۱- بدیهی است خوانندهٔ محترم توجه دارد که وقتی از مهاجرت قطبی صحبت  
می‌کنیم منظورمان لغزیدن قشر جامد زمین روی بخش مذاب داخلی است.

علت تناوب دامواج سرما، چه بوده است ؟

به منظور درك علل یخ بندان ها که به طور متناوب روی زمین ظهور کرده اند باید به خاطر آوریم که ما بادو دوره تناوب سروکار داریم، اول آنکه، یخ - بندان عظیم فقط موقتی ظهور می کنند که به دنبال يك انقلاب بزرگ تاریخ زمین باشد یعنی هنگامی که سطح قاره ها بلند شده و از کوه های مرتفع پوشیده باشند . این تناوب به سادگی معلوم می دارد که وجود ارتفاعات بلند شرط لازم تشکیل طبقات ضخیم یخ است. طبقاتی که بدین طریق تشکیل می گردند رفته رفته وسیع تر می شوند و دشتهای وسیع اطراف را فرا می گیرند .

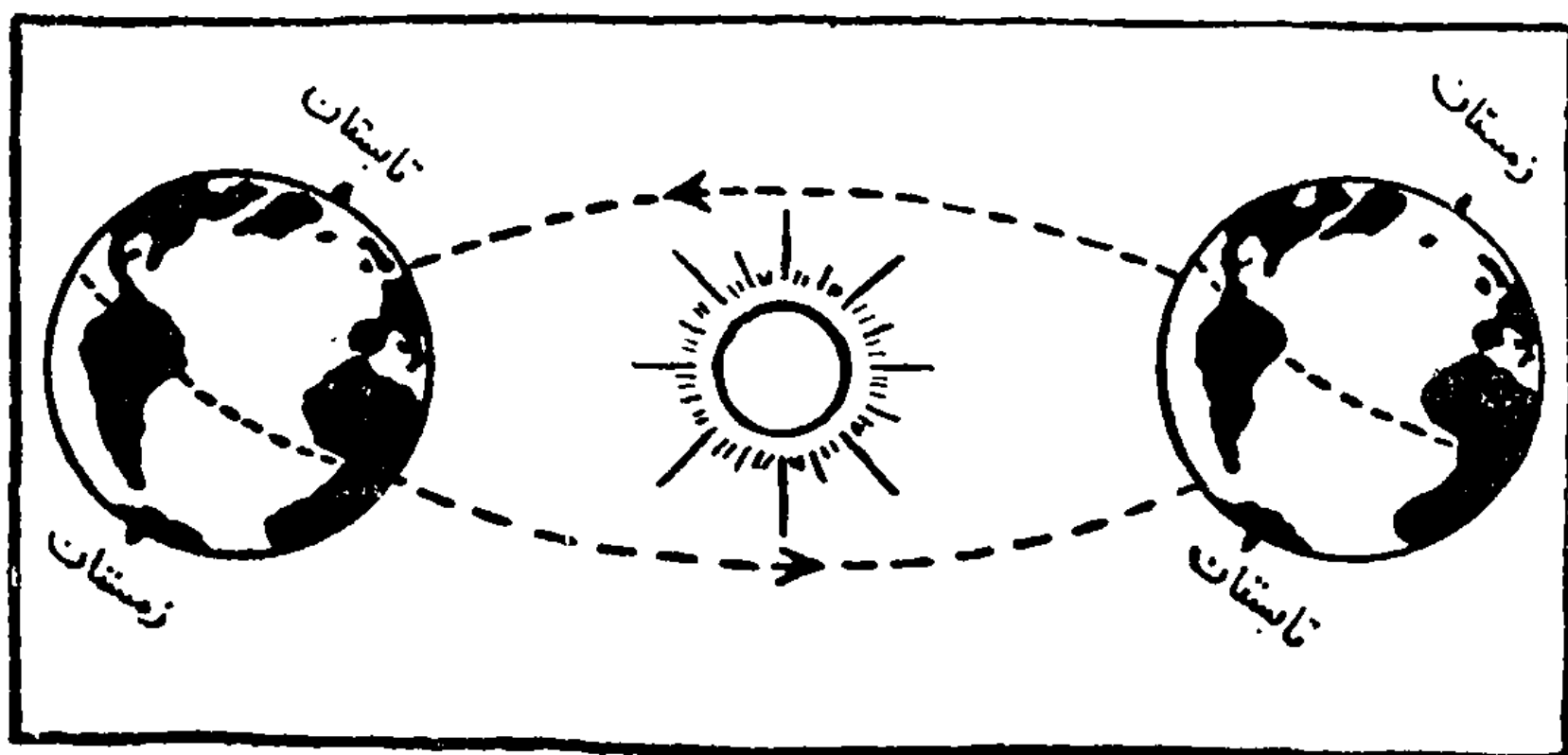
دوم آنکه وسعت منطقه یخ بندان در هر انقلابی، دستخوش تغییر متناوبی است که به مدت خیلی کوتاه تر صورت می گیرد . به طوری که در عین حال که کوه ها همچنان بر جای خود باقی می باشد، یخ به طور متناوب و چندین بار پیش روی و عقب نشینی می کند . این تناوب دوم مسلماً به خواص ساختمانی سطح زمین بستگی ندارد بایستی قاعده<sup>۱</sup> به تغییرات حرارت وابسته باشد. از آنجا که تعادل حرارتی سطح زمین کلاً روی میزان تشعشع خورشید تنظیم می شود، باید توجه خود را معطوف به عواملی سازیم که روی تشعشع خورشید مؤثر واقع می شوند. اینگونه عوامل ممکن است اولاً تغییر شفافیت جو زمین، ثانیاً فعالیت متناوب خورشید و ثالثاً تغییر در وضع گردش زمین به دور خورشید باشند .

بیان قابلیت تغییر آب و هوا، منحصرأ تحت اثر اوضاع جو، که هنوز هم مورد توجه بسیاری از هواشناسان است، روی این فرض متکی می باشد که مقدار انیدرید کربنیک هوا، به عللی در زمان های متفاوت، به طور متناوب تغییر می کند. چون این ماده سازنده هوا، به مقدار زیاد در جذب اشعه حرارتی خورشید مؤثر است لذا نقصان مختصر مقدار آن در هوا ممکن است، کاهش زیاد حرارت را سبب گردد و نتیجه آن تشکیل مقدار زیادی یخ است که از مشخصات دوره یخ - بندان می باشد. لیکن باید به خاطر آورد که گرچه چنین تغییری کاملاً ممکن - الوقوع است مع هذا علت تغییر تناوب ترکیب هوا ابدأ روشن نیست. بعلاوه راهی برای اینکه آیا توسعه یخچال ها در قدیم بر آستی به تغییر انیدرید کربنیک هوا مربوط بوده است یا نه، موجود نمی باشد .

فرضیه ای که علت ظهور دوره های برودت را نتیجه قابلیت تغییر فعالیت خورشید می داند نیز به همانگونه ابهام آمیز است. برای اطمینان خاطر اضافه

می‌کنیم که در تشعشع خورشید تغییرات متناوب وجود دارد که مربوط به تغییرات تعداد کلف‌های خورشید است و هر ۱۰ تا ۱۲ سال به‌حد اکثر می‌رسد و راست است که در سالی که کلف‌ها به‌حد اکثر خود می‌رسند حرارت متوسط زمین قریب یک درجه سانتیگراد پایین می‌آید زیرا تشعشعی که به زمین می‌رسد کاهش می‌کند ولی هیچگونه قراین فرضی یا مبتنی بر مشاهده وجود ندارد که نشان دهد چنین وضعی به مدت هزارها سال ثابت باقی‌ماند. در این فرضیه نیز مانند فرضیه انیدرید کربنیک جو، تشخیص مطابقت دوره‌های یخ‌بندان با حداقل فعالیت خورشید کاملاً غیر عملی است.

این انتقادات به سومین فرضیه وارد نیست. بعلاوه چنانکه خواهیم دید نه فقط علت یخ‌بندان متناوب را به ما می‌فهماند بلکه مطابقت آنها را به وضعی عالی با قراین زمین‌شناسی نشان می‌دهد و تعیین تاریخ وقوع آنها را نیز میسر می‌سازد.



شکل ۵۴: توضیح معمولی اختلاف فصول در نیمکره‌های شمالی و جنوبی

خواننده محترم به خاطر خواهد آورد، که تغییرات فصول سال توسط زمین به این علت است که محور گردش زمین نسبت به سطح مدار آن مایل می‌باشد، به طوری که نیمکره شمالی به مدت ششماه (و ششماه دیگر در نیمکره دیگر) به طرف خورشید برگشته است (شکل ۵۴). به علت درازتر بودن روز و عمودی تابیدن اشعه خورشید، نیمکره‌ای که متوجه خورشید است حرارت خیلی بیشتر می‌گیرد و فصل تابستان دارد، در حالی که نیمکره مقابل در فصل زمستان سیر می‌کند.

لیکن باید به خاطر آورد که مدار زمین دایره کامل نیست بلکه یک بیضی است به طوری که زمین در بعضی نقاط مسیر خود به خورشید نزدیک تر می شود . در حال حاضر زمین در اوایل دی از نزدیکترین نقطه مدار خود به خورشید عبور می کند و در اوایل تیر از دورترین فاصله گذر می نماید . در نتیجه زمستان نیمکره شمالی باید اندکی از زمستان نیمکره جنوبی ملایم تر باشد و تابستان نیمکره شمالی، به عکس اندکی سردتر باشد . مشاهدات نجومی نشان می دهند که فاصله خورشید در اوایل دی در حدود ۳ درصد از فاصله آن در اوایل تیر است، به طوری که اختلاف گرمای دو نیمکره باید قریبشش درصد باشد، زیرا شدت تشعشع با عکس مجذور فاصله تغییر می کند . با بکار بردن رابطه موجود بین مقدار تشعشع مجذوبه و حرارت سطح زمین<sup>۱</sup> چنین نتیجه می گیریم که در حال حاضر حرارت متوسط تابستان شمالی باید ۴ تا ۵ درجه کمتر و حرارت متوسط زمستان شمالی ۴ تا ۵ درجه بیشتر از مقدار مربوط به آن در نیمکره جنوبی باشد .

ممکن است چنین فکر کنند که این اختلاف حرارت بین دو نیمکره نمی تواند مبین علت دوره های یخچالی باشد زیرا اثر زمستان سرد را تابستان گرمتر خنثی می کند و بالعکس . لیکن این فکر صحیح نیست زیرا اثر نسبی حرارت در تشکیل یخ در فصل تابستان و زمستان کاملاً متفاوت است . وقتی حرارت قبلاً زیر نقطه انجماد آب باشد (در زمستان معمولاً چنین است) نقصان بعدی آن در مقدار ریزش برف اثر ندارد زیرا تمام رطوبت هوا بهر جهت متراکم گشته است . از طرف دیگر افزایش تشعشع در تابستان ذوب و انتقال یخی را که در زمستان تشکیل شده به وضع قابل ملاحظه ای تسریع می کند بنابراین باید نتیجه بگیریم که: تابستانهای خشک تر بیشتر از زمستانهای سردتر مساعد تشکیل طبقات یخی است و در نتیجه شرایط لازم برای توسعه یخچال در حال حاضر در نیمکره شمالی موجود است

«اما» خواننده مخترم ممکن است در اینجا سؤال کند که «در صورتی که

۱- اگر  $L_1$  و  $L_2$  مقدار حرارت مجذوبه و  $T_1$  و  $T_2$  حرارت سطح مربوطه باشد معادله زیر بدست می آید :

$$\frac{T_1 + 273C}{T_2 + 273C} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

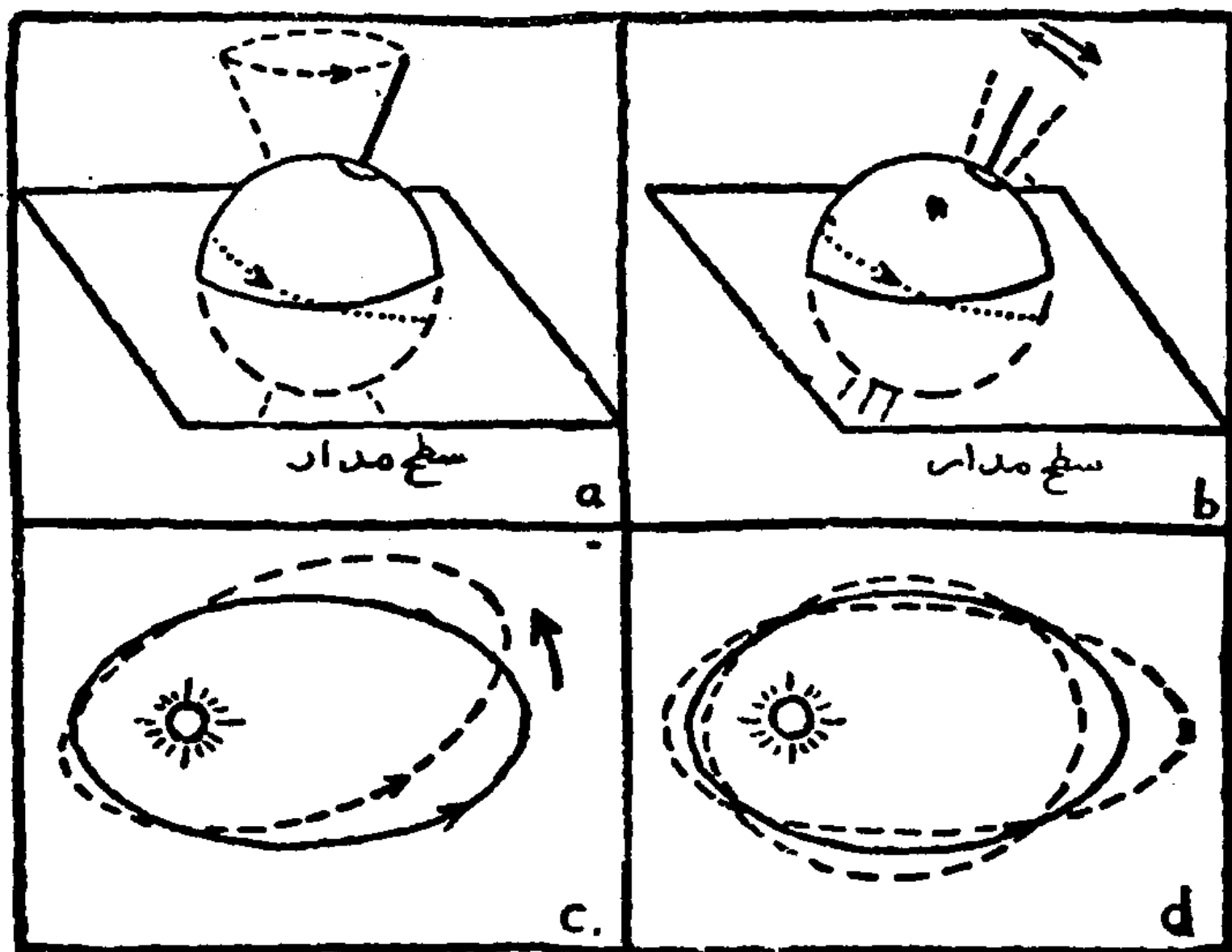


در حال حاضر آب و هوا مساعد تشکیل یخچال است چرا اکنون در اروپا و شمال امریکا یخچال تشکیل نمی گردد؟» جواب این سؤال در ارزش مطلق حرارت است بدین معنی که ۴ تا ۵ درجه سرد بودن خیلی کمتر از مقدار درجاتی است که چنان که دیدیم برای تشکیل طبقات یخ لازم می باشد. یخچال های نیم کره شمالی در حال عقب نشینی هستند تا پیشرفت. اما موازنه بین مقدار ریزش برف در زمستان و مقدار ذوب یخ در تابستان موضوع بسیار دقیقی است به طوری که اگر در تابستان فقط دو تا سه برابر اختلافی که اکنون وجود دارد از مقدار حرارت کسر شود وضع به کلی دگرگون می گردد.

به منظور پیدا کردن عللی که باعث شده اند درجه حرارت اختلاف بیشتری حاصل کند و سبب توسعه یخ بندانها در گذشته گردد توجه خود را باید به تغییرات ممکنه در جهت محور گردش زمین و حرکت دورانی آن معطوف سازیم. بخوبی می دانیم که وضع محور گردش زمین در فضا به کندی در تغییر است و مخروطی می آورد که محورش عمود بر سطح مدار می باشد کیفیت مشابه آن در رأس دوک نخ ریزی ملاحظه می گردد. (شکل ۵۵ الف) این حرکت محور زمین را به نام تقدیم اعتدالین (Precession) می شناسید که نیوتون آنرا نتیجه اثر جاذبه خورشید و ماه در برآمدگی استوایی کره زمین بیان داشته است. این حرکت محور زمین در فضا خیلی کند است و برای يك گردش کامل ۲۶۰۰۰ سال طول می کشد واضح است که کیفیت تقدیم اعتدالین، وضعی را که در صفحات قبل بیان داشته ایم به طور متناوب تغییر می دهد و زمین به قسمی از نزدیکترین نقطه به خورشید عبور می کند که در قریب هر ۱۳۰۰۰ سال نیم کره شمالی و جنوبی آن به طور متناوب به طرف خورشید بر می گردند. همچنین واضح است که این پدیده گرچه اختلاف آب و هوای بین دو نیم کره را متناوب می سازد ولی نمی تواند کاهش زیادی در حرارت هیچیک از آنها حاصل کند. اگر در حال حاضر می توانستیم عصر یخ بندانی در نیویورک داشته باشیم در ۱۳۰۰۰ سال بعد همین وضع در بوئنوس آیرس نمی توانست تجدید شود.

علاوه بر تقدیم عادی اعتدالین، بی نظمی های دیگر نیز در حرکت زمین وجود دارد که نتیجه اثر سایر سیارات بالاخص مشتری است. این سیاره به علت جرم زیادی که دارد تقریباً همه سیارات شمسی را از حرکت بازمی دارد. مطالعه این بی نظمی ها موضوع اصلی مکانیک سماوی است. این علم با کوشش بسیاری

از ریاضی‌دانهای گذشته و حاضر به‌منتها درجهٔ دقت خود رسیده است .  
 مکانیک سماوی چنین معلوم می‌دارد که تمایل محور گردش زمین نسبت  
 به سطح مدارش (که تحت اثر تقدیم اعتدالین تغییر نمی‌کند) دستخوش تغییرات  
 متناوبی است که در هر ۴۰,۰۰۰ سال یکبار (شکل ۵۵ ب) حاصل می‌شود .  
 چون پیدایش فصل تابستان و زمستان به این تمایل بستگی دارد (شکل ۵۴ مقایسه  
 گردد) باید چنین نتیجه بگیریم که وقتی تمایل بیشتر می‌شود اختلاف بین  
 دو نیمکره زیادتر می‌گردد و در نتیجه تابستان گرمتر و زمستان سردتری  
 بوجود می‌آید .



شکل ۵۵: تغییرات عناصر حرکت زمین :

الف - تقدیم اعتدالین محور گردش ج - تقدیم اعتدالین مدار زمین  
 ب - تغییرات میل سطح مدار د - تغییرات حاصل در وضع خروج  
 از مرکز مدار

(تمام تغییرات در این تصویر با مقیاس خیلی بزرگ نمایش داده  
 شده است)

از طرف دیگر وقتی محور گردش زمین راست شود آب و هوا بیشتر یکنواخت می گردد. اگر محور زمین بر سطح مدارش عمود بود اختلاف فصول به کلی از بین می رفت .

مدار زمین به نوبه خود لایتنیر باقی نمی ماند بلکه به کندی در اطراف خورشید در گردش است و در این گردش درجه خروج از مرکزش متناوباً افزایش و نقصان حاصل می کند (شکل ۵۵ ج و د) گرچه هر دو تغییر وضع متناوب نشان می دهند دوره تناوب ۶۰۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰۰ سال متغیر است و به منظور ایجاد تصور صحیحی از این تغییرات ناچار از به کار بردن محاسبات پیچیده مکانیک سماوی می باشیم. خوشبختانه روشهای مکانیک سماوی به حدی دقیق است که تصویر کامل اوضاع مدار زمین می تواند حتی یک میلیون سال قبل با اشتباه احتمالی ده درصد رسم شود .

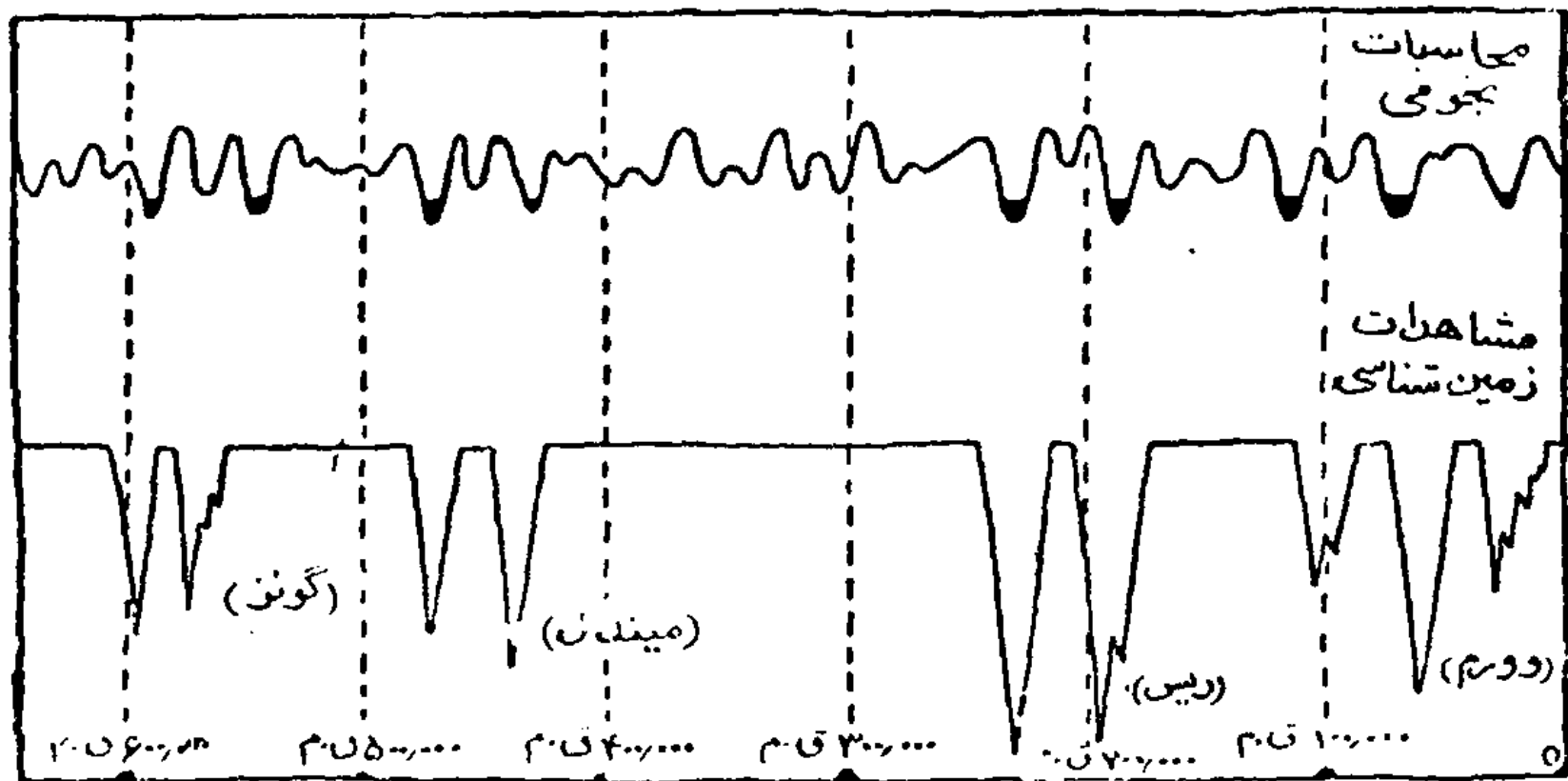
واضح است که گردش مدار زمین به دور خورشید همان نتیجه ای را که تقدیم اعتدالین بوجود می آورد در بردارد فقط دو پدیده باید به هم اضافه گردد . تغییرات متناوب کیفیت خروج از مرکز اهمیت بسیاری در وضع آب و هوای دونیمکره دارد . در طی دوره هایی که مدار زمین به مقدار زیاد طویل می گردد زمین در هنگام عبور از دورترین نقطه، خیلی از خورشید دور می شود و مقدار گرمای مجذوبه در هر دونیمکره استثنائاً نقصان فراوان حاصل می نماید. بر طبق حسابهای دقیقی که به عمل آمده میزان خروج از مرکز مدار زمین مثلاً در ۱۸۰۰۰۰ سال پیش دو ونیم بار بیشتر از حال بوده است . از آنجا نتیجه می شود که اختلاف بین دونیمکره شمالی و جنوبی بایستی در حدود ۹ تا ۱ درجه سانتی گراد بوده باشد (به یاد داشت زیر صفحه ۱۸۰ مراجعه شود).

گرچه تغییرات حرارت حاصل از یکی از علل فوق ممکن است قابل اهمیت نباشد ولی به خاطر داشته باشیم که اگر همه آنها در طی دوره ای از تاریخ زمین در یک جهت اثر کنند اثر مشترك آنها بیشتر خواهد شد. بنابراین در دوره ای که مقدار خروج از مرکز مدار زمین زیاد بوده و مخصوصاً تمایل محور آن هم کمتر بوده است اگر تابستان نیمکره شمالی هنگامی واقع شده باشد که زمین از دورترین نقطه مدار طویلش می گذشته است در آن صورت مقدار حرارت مجذوبه در این نیمکره هنگام تابستان استثنائاً بایستی خیلی کم شده بوده باشد .

از طرف دیگر چنانچه یک خروج از مرکز جزئی مدار، با تمایل محور

گردش در جهت مخالفت آن همراه بوده باشد بایستی سبب بوجود آمدن آب و هوای بسیار ملایم در این نیمکره شده باشد .

ژئوفیزیکدان یوگوسلاوی میلانکوویچ (Milankovitch) با استفاده از اطلاعاتی که از طریق مکانیک سماوی راجع به عناصر حرکت زمین بدست آمده است نقشه‌ای تهیه کرده که در آن تغییرات آب و هوای نیمکره شمالی و جنوبی را صرفاً تحت اثر علل سماوی نشان داده است. یکی از منحنی‌های آن مربوط به مقدار حرارت مجذوب از خورشید در نقطه‌ای از نیمکره شمالی دارای عرض ۶۵ درجه به مدت ۶۵۰۰۰۰ تا بستان گذشته است . این منحنی در شکل ۵۶ نشان داده شده است. به طوری که از منحنی استنباط می‌شود در سالهای ۲۵۰۰۰۰ و ( ۷۰۰۰۰۰ ) و ۱۱۵۰۰۰۰ و ۱۹۰۰۰۰۰ و ۲۳۰۰۰۰۰ و



شکل ۵۶: منحنی بالاتر تغییرات حرارت نقطه‌ای از زمین را که عرض ۶۵ درجه شمالی داشته (طبق حساب میلانکوویچ) در تا بستان نشان می‌دهد. منحنی زیر دوره‌های مختلف یخبندان را از روی اطلاعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد. اسامی که در پرانتز قرار دارند نام رودخانه‌های کوچکی است که در آنجا رسوبات پیشرفت‌های مختلف یخچالی، برای اولین بار پیدا شده است. سن نسبی یخها را معمولاً از روی نام این رودخانه‌ها تعیین می‌کنند .

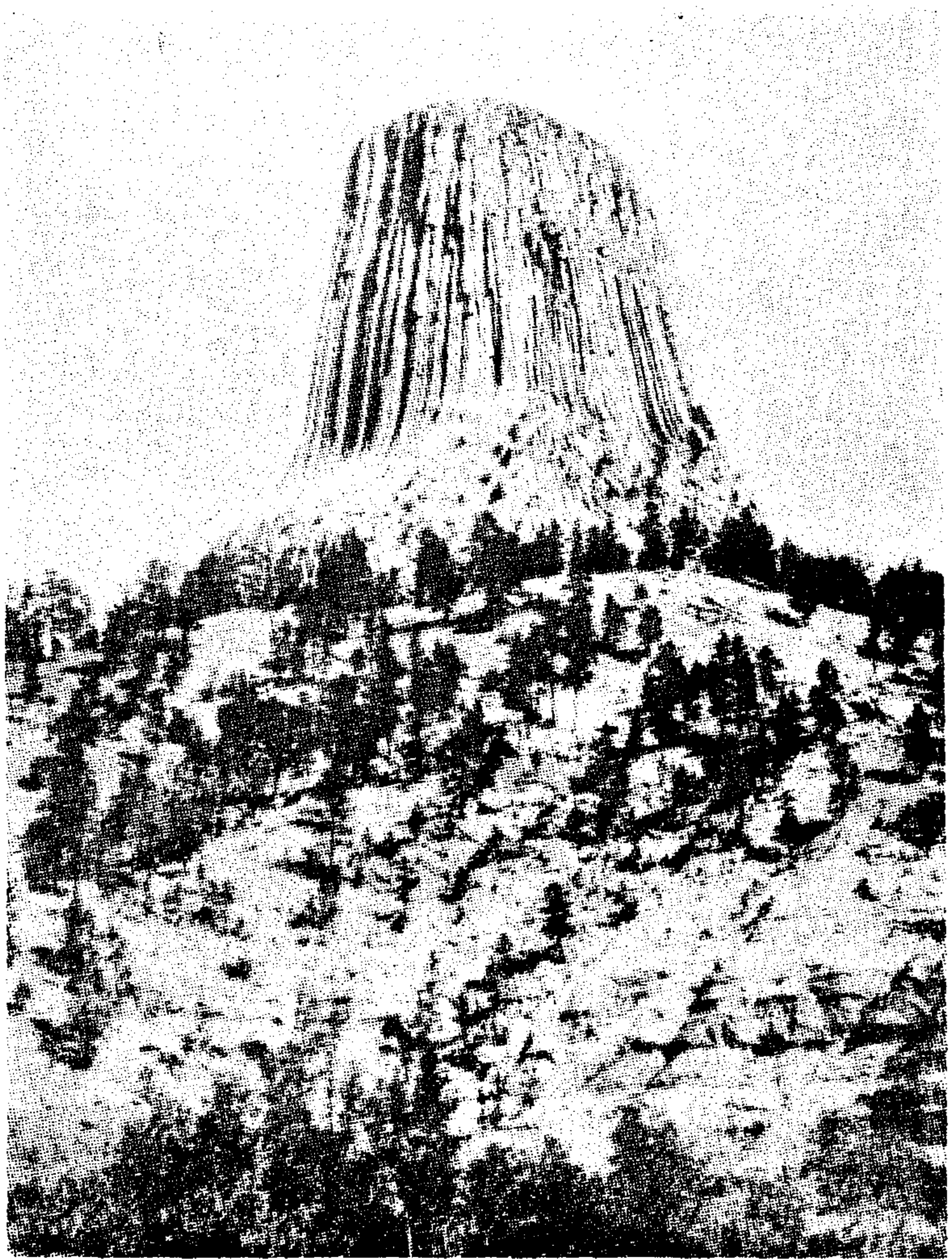
۴۲۵۰۰۰۰ و ۴۷۵۰۰۰۰ و ۵۵۰۰۰۰۰ و ۵۹۰۰۰۰۰ قبل از میلاد سه نیروی مذکور مشترکاً در جهت واحدی اثر داشته‌اند. اگر این منحنی فرضی را با منحنی تجربی که زمین‌شناسان بدست آورده‌اند و حداکثر توسعه یخبندان را در گذشته نشان می‌دهد (از روی رسوبات یخچالی) مقایسه کنیم بیش از حد انتظار مطابقت

نشان می‌دهند. این موضوع جای شك و تردید دربارهٔ صحت چنین علتی برای پیدایش دوره‌های یخ‌بندان باقی نمی‌گذارد. نتایج مشابهی دربارهٔ نیم‌کرهٔ جنوبی بدست آمده ولی مقایسهٔ محاسبات تئوریک و علمی، دقت کمتری نشان می‌دهند زیرا اطلاعات ما دربارهٔ توسعهٔ یخچالها در آنجا کم است.

واضح است که پیشروی یخ‌بندان چند بار به‌طور مستقل بایستی اتفاق افتاده باشد و اگر دیده می‌شود از نظر زمین‌شناسی آنها را فقط به‌چهار تا پنج دوره تقسیم کرده‌اند به این علت است که در هر بار توسعهٔ یخچالها دویاسه پیشرفت نزدیک به هم صورت می‌گرفته است.

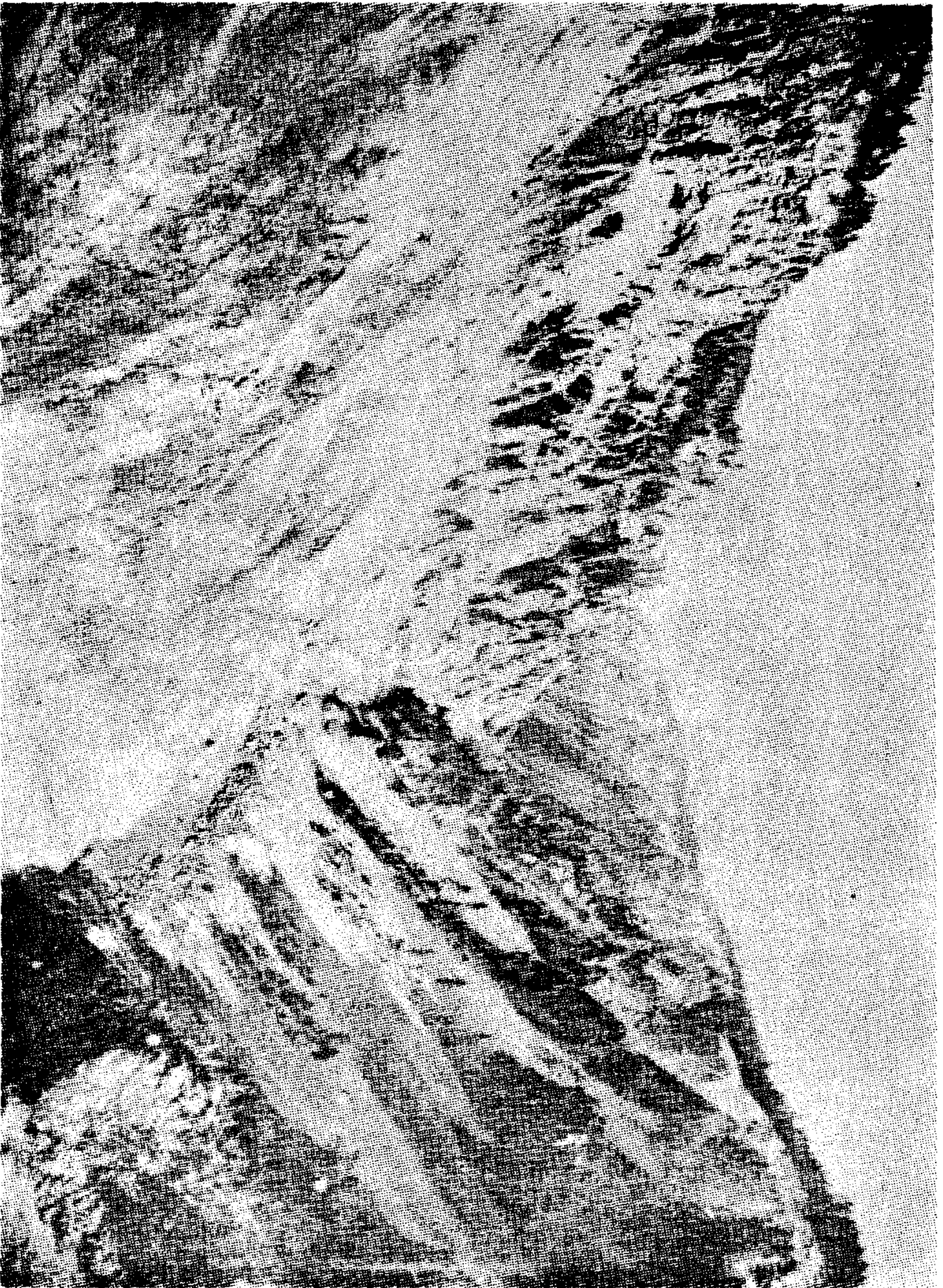
به‌منظور پایان دادن به این فصل باید به خوانندگان محترم یادآور شویم که متناوب بودن تعاقب آب و هوای سردتر و گرمتر که صرفاً تحت اثر عوامل نجومی صورت گرفته است بایستی در فواصل کمتر از ۱۰۰۰۰ سال در طی تاریخ کامل سیارهٔ ما بوده باشد لیکن فقط در مراحل پیدایش کوهها شرایط به حد کافی مساعد می‌گردید تا این امواج متوالی سرما بتوانند یخچالهای وسیع تشکیل دهند.

چون ما تقریباً در وسط يك دورهٔ انقلابی تکامل سیارهٔ ما زندگی می‌کنیم که در آن کوههای متعددی سر به‌فلك کشیده‌اند و شاید تعداد بیشتری در شرف تشکیل باشند، باید انتظار داشته باشیم که یخ‌بندانهایی که ۳۰۰۰ سال پیش عقب‌نشینی کرده‌اند دوباره پیشروی نمایند و این پیشروی‌ها و عقب‌نشینی‌های متناوب تا وقتی ادامه خواهد داشت که کوهها در عرضهای شمالی وجود داشته باشند. فقط بعد از چندین میلیون سال که تمام ارتفاعات انقلاب دورهٔ «ما» تحت اثر باران شسته‌شدند، ممکن است یخ‌بندان به کلی از روی زمین رخت بربندد. آن وقت آب و هوا ملایمتر و متشابه‌تر خواهد شد و مدار زمین و تمایل محورش فقط تغییرات سالیانهٔ کم‌اهمیت در نقاط مختلف به وجود خواهند آورد. آنگاه پس از یکصد یا دویست میلیون سال بعد يك انقلاب ويك یخ‌بندان جدید به دنبال خواهد داشت.



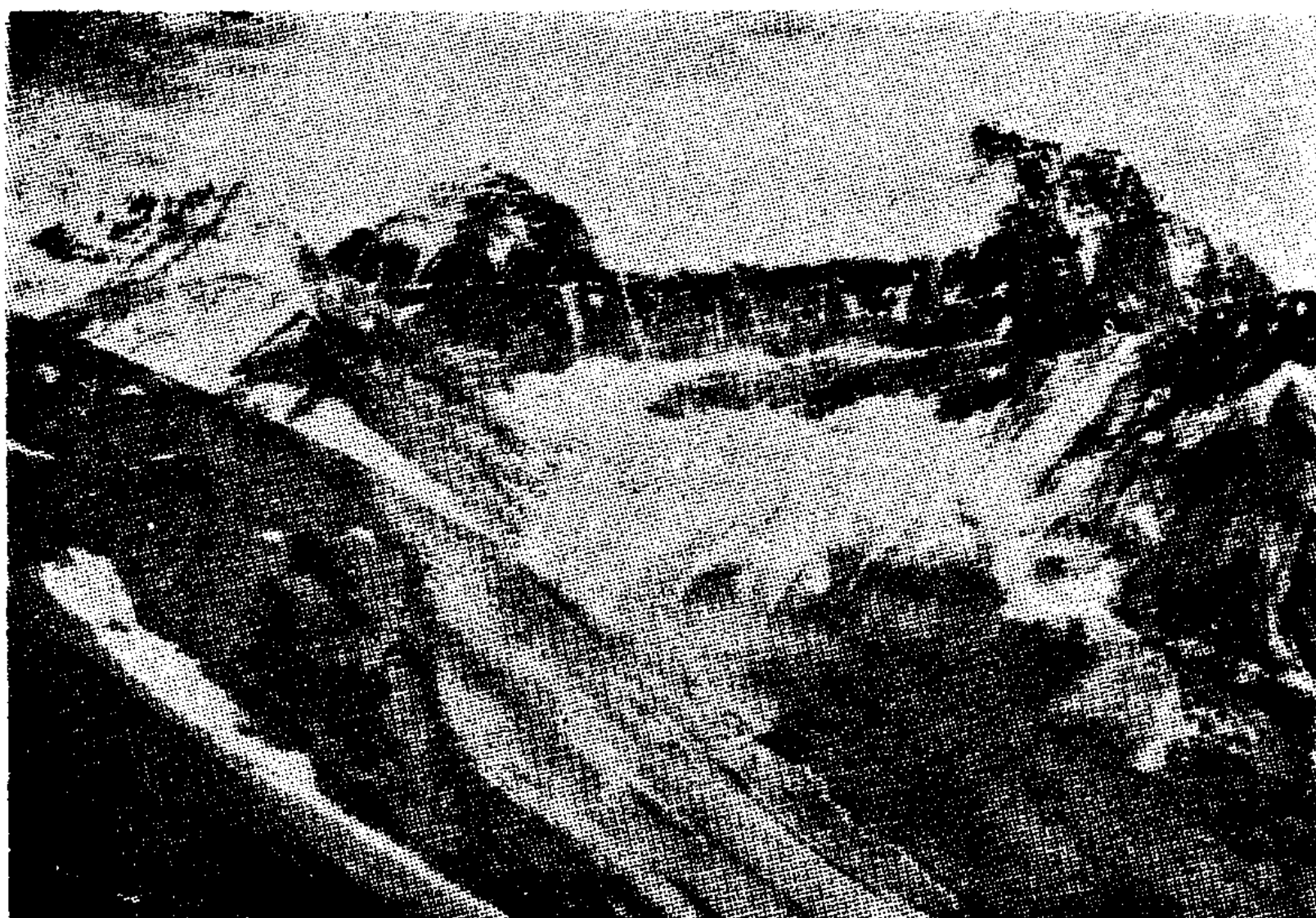
تصویر ۱۳ الف - برج شیطان در دا کوتای جنوبی. این برج از گدازه‌یی پدید آمده که در کاسه‌سریک آتشفشان قدیمی و خاموش سخت و جامد شده است،



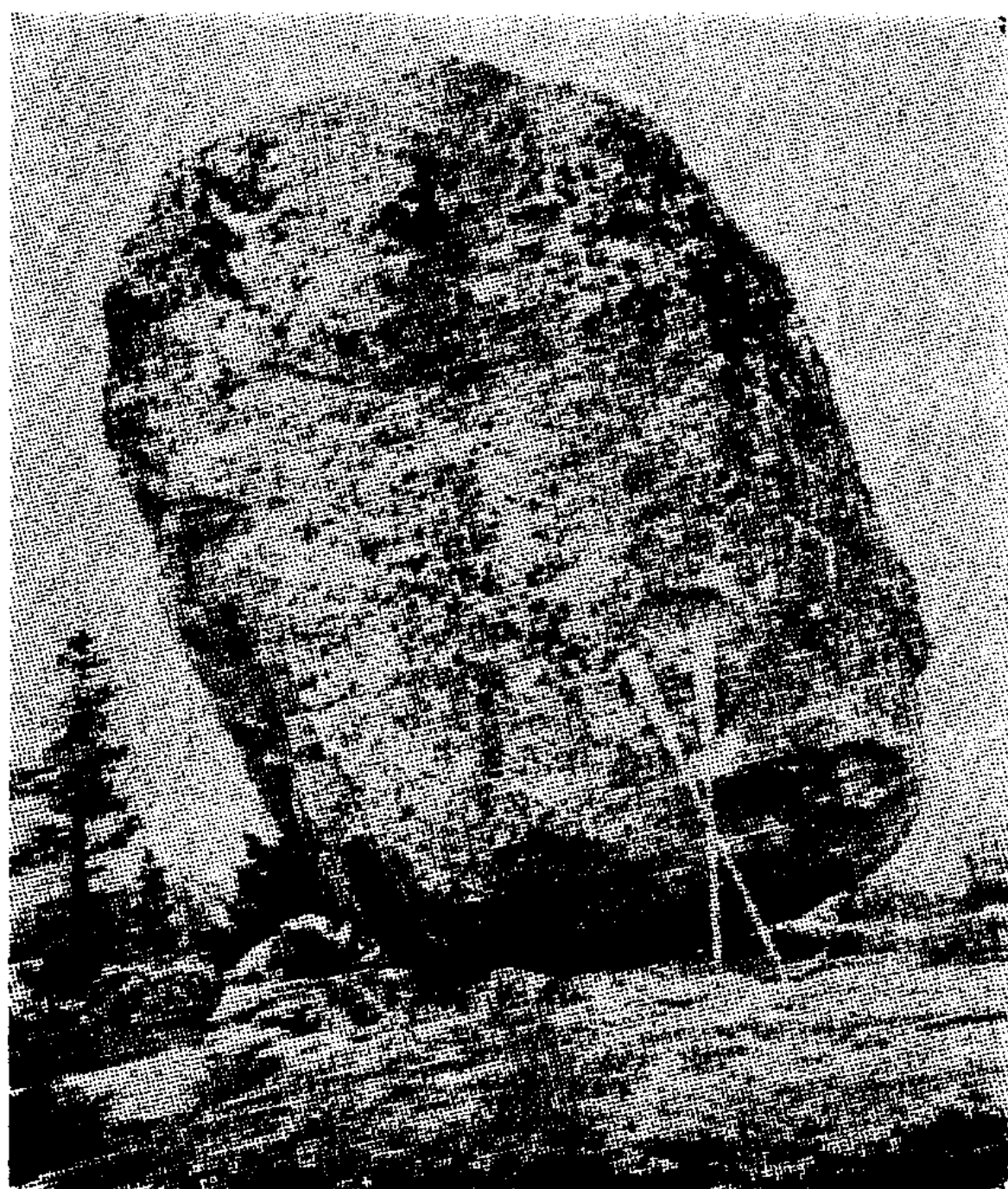


نصو بر ۱۳ ب - تنگه باغملی سنگ زرد که بر اثر سایش جریان رودخانه در نلات آتشفشانی تشکیل شده است.





تصویر ۱۴ الف - «رود یخ» که از دامنه کوه سرازیر می‌شود.

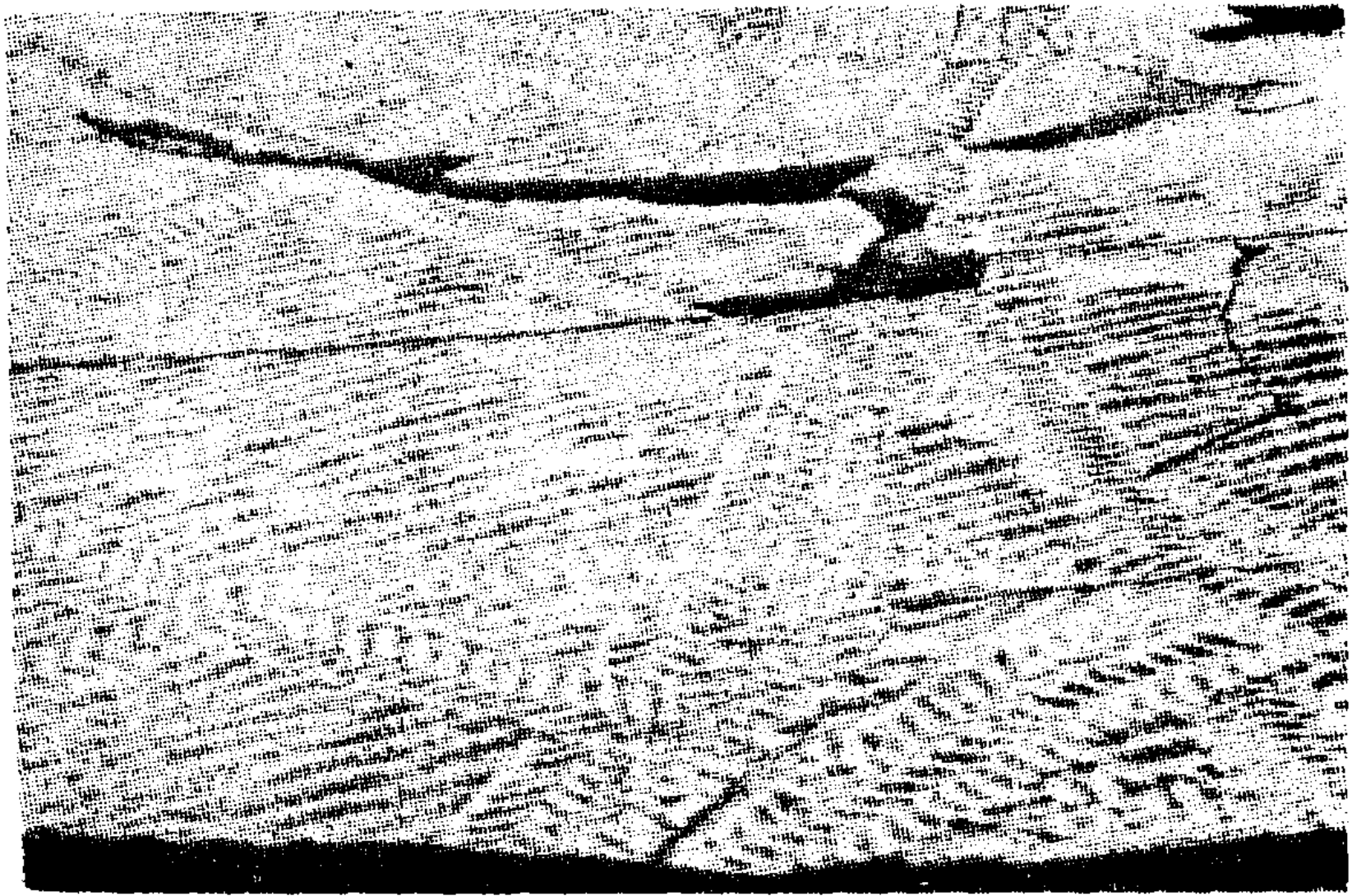


تصویر ۱۴ ب - يك سنگ بزرگ که سابقاً با جریان توده یخ آمده، و اکنون بر زمین صخره‌یی قرار دارد و در آخرین دوره یخ‌بندان بوسیله یخ‌صیقل داده شده است.

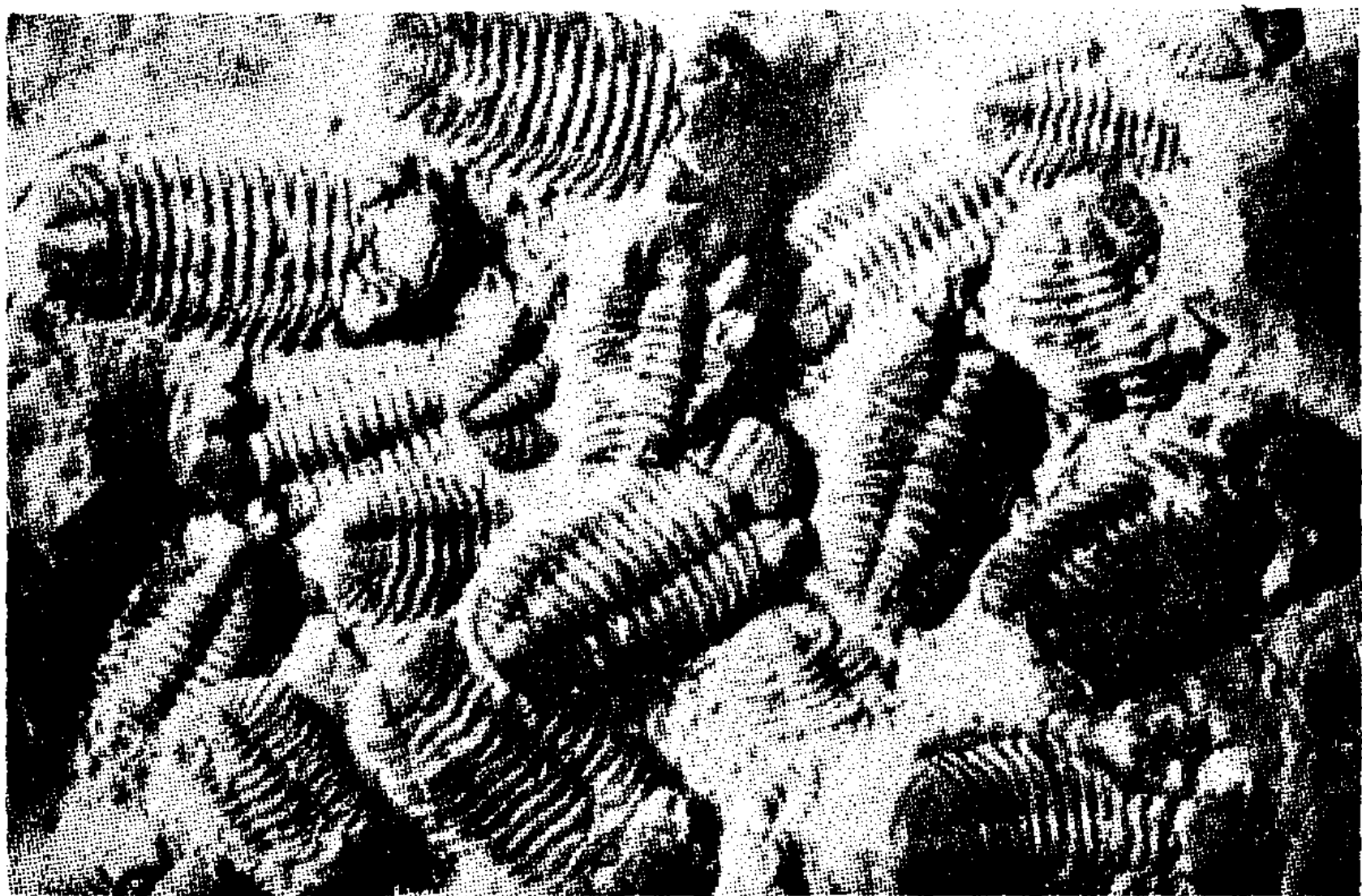




تصویر ۱۵ - بعضی از صفحات فعل ژوراسیک و کتاب رسوبات که در زولن هوفن با واریا یافته شده است، اسکلت اولین پرنده را نشان می‌دهد که بنام آرکتوپتس یکس شناخته شده است. طرحی که در قسمت پایین صفحه طرف راست ملاحظه میشود ، تجسمی از شکل ظاهری جانور است.

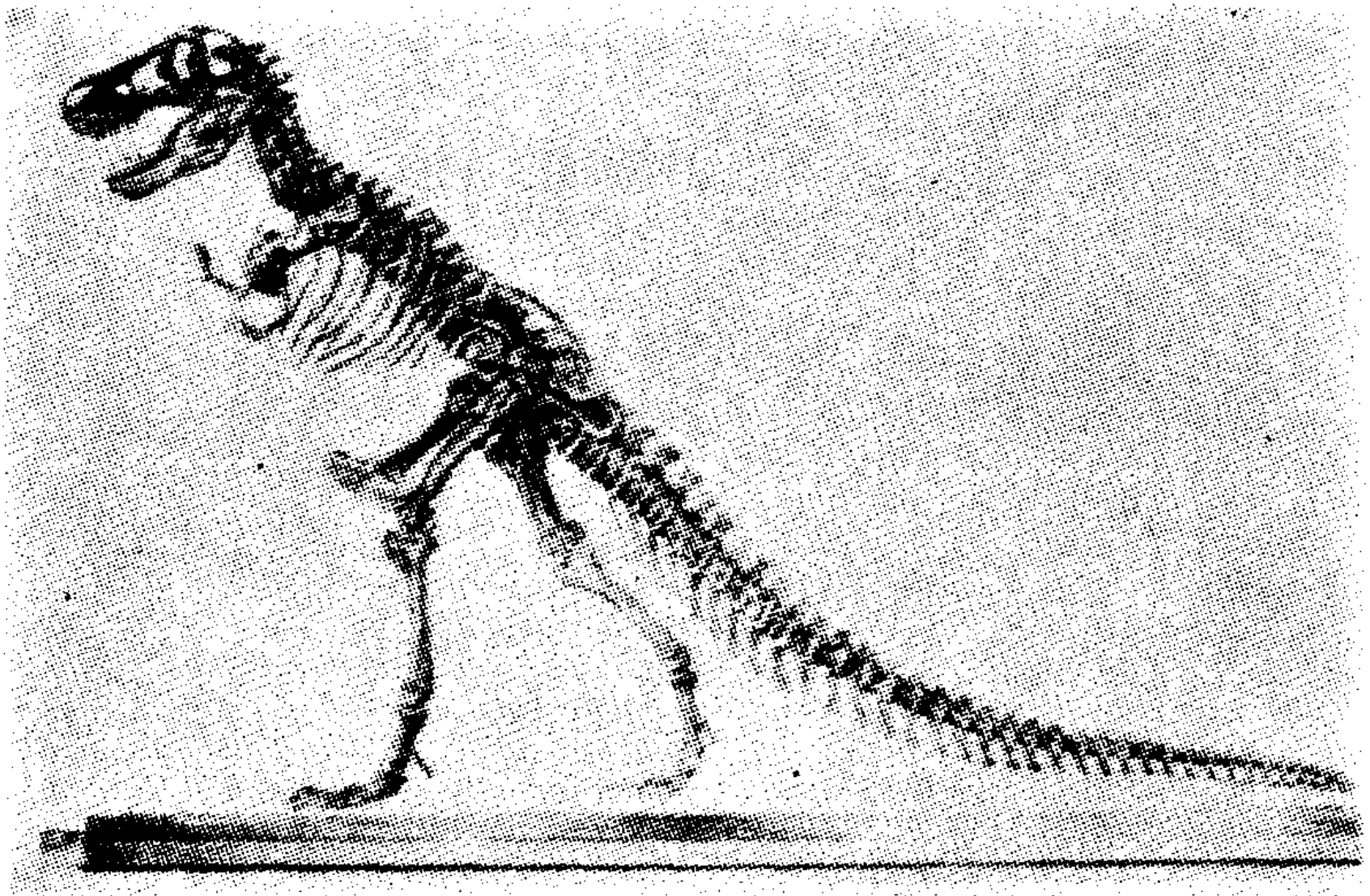


تصویر ۱۶ - قطعه‌ای از ماسه سنگ متعلق بدوره کامبرین. آثار روی آن متعلق به کرم‌های بزرگی است که روی ماسه مرطوب می‌خزیدند.



تصویر ۱۷ - فسیل تریلوبیت‌ها در رسوبات دوره دونین (۲۵۰۰۰۰۰۰۰ سال قبل از میلاد) بجنه طبیعی.





تصویر ۱۸ الف - تیرانوزوروس رکس عظام الجثه (بیلندی قریب ۴ متر) که در دوره کرتاسه در شمال امریکا بسر میبرده است (۷۰۰۰۰۰۰۰ سال قبل از میلاد)



تصویر ۱۸ ب - تخمهای دینوسور بروتوسراتوپس که در ماسه‌های بیابان گوبی مغولستان محفوظ مانده است.



تصویر ۱۹ - منظره‌ای از ساحل دریا در دوران اول که جلگه‌ها و صدف‌ها تحت اثر امواج بدریا ریخته شده‌اند. جانوری که بلوله درازی شباهت دارد از نرم تنان دارای صدف راست متعلق بدوره سیلورین است. جانوران حلزون مانند، از نرم تنان دارای صدف گردمی باشند. تریلو بیت‌ها (در طرف راست و پایین تصویر) در حال حفر کترووی‌سازه‌ها دیده می‌شوند





نصوب ۲۰ - دیپلود و کوس و خزنده بسیار نزدیک بآن یعنی بر و نتوزوروس / بوزن تقریباً ۵ تن و طول ۲۳ متر از نونک پوزه تا انتهای (م) و استنگوزوروس غول پیکر (باتیغه‌های محکم پشتی خود) در جنگلهای دوره ژوراسیک سهواست دیده میشوند.

## فصل نهم

# زندگی بر روی زمین

### منشأ حیات

اگر به خاطر آوریم که در مدتی کمتر از دو میلیارد سال پیش سیاره ما به صورت کره‌ای از مواد مذاب و گداخته بوده است حتماً باید چنین نتیجه بگیریم که همه انواع موجوداتی که اکنون روی زمین زندگی می‌کنند هنگامی به وجود آمده‌اند که سطح زمین از قشر جامدی پوشیده بوده و این قشر به حد کافی سرد شده است تا پیدایش مواد پیچیده آلی را ممکن ساخته باشد. ظهور موجودات زنده را می‌توانیم مخصوصاً با دوره‌ای هم‌زمان بدانیم که سیلابهای آب گرم از آسمان به روی زمین، که در حال سرد شدن تدریجی بوده، ریخته و حوضه‌های اقیانوسها را تشکیل داده‌اند. این آبها همیشه به عنوان گه‌واره نخستین جاندار شناخته شده‌اند.

از آنجا که بر طبق مدارك دیرین شناسی، در طی اولین مراحل وجود زمین، حیات نمی‌توانسته است موجود باشد و فقط هنگامی به وجود آمده که شرایط مساعد گردیده است، بزرگترین مسئله‌ای که در مقابل ما قد علم می‌کند این است، که «چگونه و به چه علتی حیات روی سیاره ما ظهور کرده است؟» یکی از توضیحاتی که این اواخر در جواب این پرسش داده شده فرضیه‌ای است که در سال ۱۸۶۵ توسط ریشتر (Richter) بیان گردیده است. بر طبق این فرضیه حیات جاویدان است و به شکل‌ها گهای زنده بسیار كوچك یا كوسموزون (Cosmosoan)

از منظومه‌های به منظومه سیارات دیگر انتقال می‌یابد. وقتی چنین کوسموزونی به سیاره‌ای می‌رسد اگر شرایط مساعد نموش باشند شروع به تولید می‌کند و در طی يك تكامل آلی به صورت موجودات عالی‌تر درمی‌آید. حتی سوانت آرنیوس (Svante Arrhenius) چنین اضافه کرد که این ناقلان جهان پیمای حیات می‌توانند در حین سیر در فضا تحت فشار تشعشع نورهایی که به وسیله ستارگان پخش می‌شوند سرعت بینهایت زیاد پیدا کنند. در واقع ارنیوس چنین محاسبه کرد که وقتی يك هاگ گیاهی بایک جریان صعودی هوا به طرف قسمت‌های فوقانی جومی‌رسد و بعد تحت اثر اشعه خورشید به حرکت درمی‌آید و می‌تواند سرعتی معادل ۱۰۰ کیلومتر در ثانیه حاصل کند. با چنین سرعتی که هاگ پیدا می‌کند فقط چند ماهی طول می‌کشد تا به یکی از سیارات منظومه ما برسد و در طی ده هزار سال می‌تواند فاصله‌ای که ما را از نزدیکترین ستاره ثابت جدامی‌سازد طی کند. ضمناً چنین استدلال شده بود که بر اثر خشکی فوق‌العاده، اینگونه هاگها می‌توانند قدرت نامیه خود را برای مدت مدیدی در برودت فوق‌العاده فضای بین ستارگان حفظ کنند و قادر خواهند بود محیط مساعدی در سایر کرات پیدا کنند و موجودات زنده جدید به وجود آورند. اما نباید فراموش کرد که اینگونه هاگهای سفر کننده تحت اثر عاملی قرار می‌گیرند که کشنده‌تر از خطر «مرگ بر اثر یخ‌زدگی» می‌باشد. چنان که امروز دانسته شده اشعه فوق بنفش خورشید که تقریباً هم‌ا‌ش به وسیله جو زمین گرفته می‌شود، هر موجود زنده‌ای را که بخواهد جرئت کند از این سپر محافظ پافرا تر نهد به سرعت نابود می‌سازد. بنابراین چنین هاگهای سفر کننده پیش از آنکه بتوانند به نزدیکترین سیاره برسند مرگشان حتمی است. بعلاوه صرف نظر از مسئله حفظ‌قوة نامیه در حین مسافرت در فضای بین ستارگان، وقتی به اطلاعات جدیدی که از سن و منشأ عالم ستارگان به دست آمده مراجعه شود فرضیه «کوسموزون» بیش از پیش ارزش خود را از دست می‌دهد. در واقع آنچه محقق‌تر است آن است که خود ستارگان همیشه موجود نبوده‌اند بلکه از گازهای بسیار گرم اولیه که قبلاً فضا را اشغال کرده بوده است نتیجه شده‌اند.<sup>۱</sup>

۱- نظریه کنونی در باره منشأ عالم ستارگان در کتاب دیگری از این مؤلف به نام «پیدایش و مرگ خورشید» نیز بحث شده است (نیویورک و یکنیک پرس ۱۹۴۰).  
(این کتاب در بهمن ماه سال ۱۳۳۵ توسط آقای احمد آرام ترجمه شده است. -م.)



خلقت عالم به صورتی که مذکور افتاد بایستی بلافاصله قبل از تشکیل زمین و سایر سیارات منظومه صورت گرفته باشد و چون در آن موقع هیچ جاننداری در هیچ جای عالم نمی توانسته است موجود باشد، مجدداً بامسئله منشأ حیات رو به روی شویم. اگر مسئله مهم پیدایش حیات به گوشه های دور افتاده فضا کشانده شود عاقلانه نخواهد بود زیرا آنجاها از هیچ نظر با زمین خودمان فرقی ندارد.

اما اگر برستی حیات در نتیجه ترکیب پیچیده مخصوص مواد بیجان در روی سیاره ما به وجود آمده است باید درباره ماهیت روشی که منجر به تشکیل ماده زنده اولیه شده است و همچنین شرایط لازم برای این تبدیل مهم به تحقیق پردازیم.

مسئله منشأ حیات یکی از جالب ترین مسائل علوم طبیعی است، اما با وجود تحقیقات بی انتهایی که درباره موضوع به عمل آمده هنوز مسئله به حل نهایی نزدیک نشده است. البته تحول ماده بیجان به صورت ماده زنده بایستی خیلی تدریجی صورت گرفته باشد و تا مدت های مدید تعیین این که قطعه ای از ماده مفروض متعلق به عالم بی جان یا جاندار است غیر ممکن بوده است. اگر قبول کنیم که ظهور ماده زنده حقیقی بعد از تشکیل مواد مرکب آلی کربن دار صورت گرفته است و این مواد بعداً به عنوان خاک قالب گیری تهیه اولین ماده زنده بکار رفته اند به احتیاط نزدیکتر است. اوپارین (Oparin) دانشمند روسی که منشأ حیات را با تفصیل بیشتری مطالعه کرده است چنین خاطر نشان نموده که اقیانوس اولیه بایستی مقداری ئیدرو کربور مانند گاز مرداب<sup>۱</sup> به صورت محلول داشته باشد. این مواد تحت اثر آب بر روی مواد آلی کربن دار (شاید کاربیدها) که از آغاز تاریخ سیاره ما در سطح آن موجود بوده اند به وجود آمده اند. اتم های کربن سرآمد عناصر شیمیایی هستند زیرا دارای این قابلیت

۱- ئیدرو کربورها، ترکیبات ساده مرکب از اتم های کربن و ئیدروژن می باشند و در موجودات زنده نقش بزرگی ایفا می کنند و از طریق مصنوعی نیز در شرایط آزمایشگاه ساخته می شوند. ساده ترین ئیدرو کربور شناخته شده متان یا گاز مرداب است. مولکولش چهار اتم ئیدروژن و یک اتم کربن دارد. کمی در هم تر از آن اتان است که دو کربن و شش ئیدروژن دارد. با افزودن یک اتم اکسیژن بدان الکل معمولی به دست می آید.

استثنایی می‌باشند که می‌توانند زنجیرهای مولکولی طولی به وجود آورند که منجر به تشکیل پیچیده‌ترین موادشیمیایی شود. کاملاً قابل درک است که در طی دوره‌های بعد از تشکیل اقیانوسها مولکولهای ترکیبات ساده کربن دارمختلف (ئیدروکربورها) که در آب اقیانوسها محلول بوده‌اند باهم ترکیب شده‌اند و مواد آلی پیچیده‌تر و به وجود آورده‌اند. پیشرفت جدیدی که در تهیه موادشیمیایی به طریق مصنوعی حاصل شده وقوع این امر را محقق‌تر می‌سازد زیرا مواد آلی، خیلی پیچیده‌تر به‌طور مصنوعی تهیه می‌شوند و جای تعجب نیست اگر چنین ترکیبی در آبهای اولیه اقیانوسها صورت گرفته باشد. البته تشکیل خود به‌خود مواد آلی بایستی مدت زیادی طول کشیده باشد زیرا در آن وقت، هم مواد اولیه سازنده مواد آلی، به مقدار خیلی کم موجود بوده‌اند و هم اینکه عوامل تسریع کننده‌ای که شیمی‌دانها در تهیه مصنوعی مواد بکار می‌برند (کاتالیزورها) وجود نداشته‌اند ولی از نظر تاریخ زمین حتی صد میلیون سال باید فاصله زمانی کوتاهی به حساب آید.

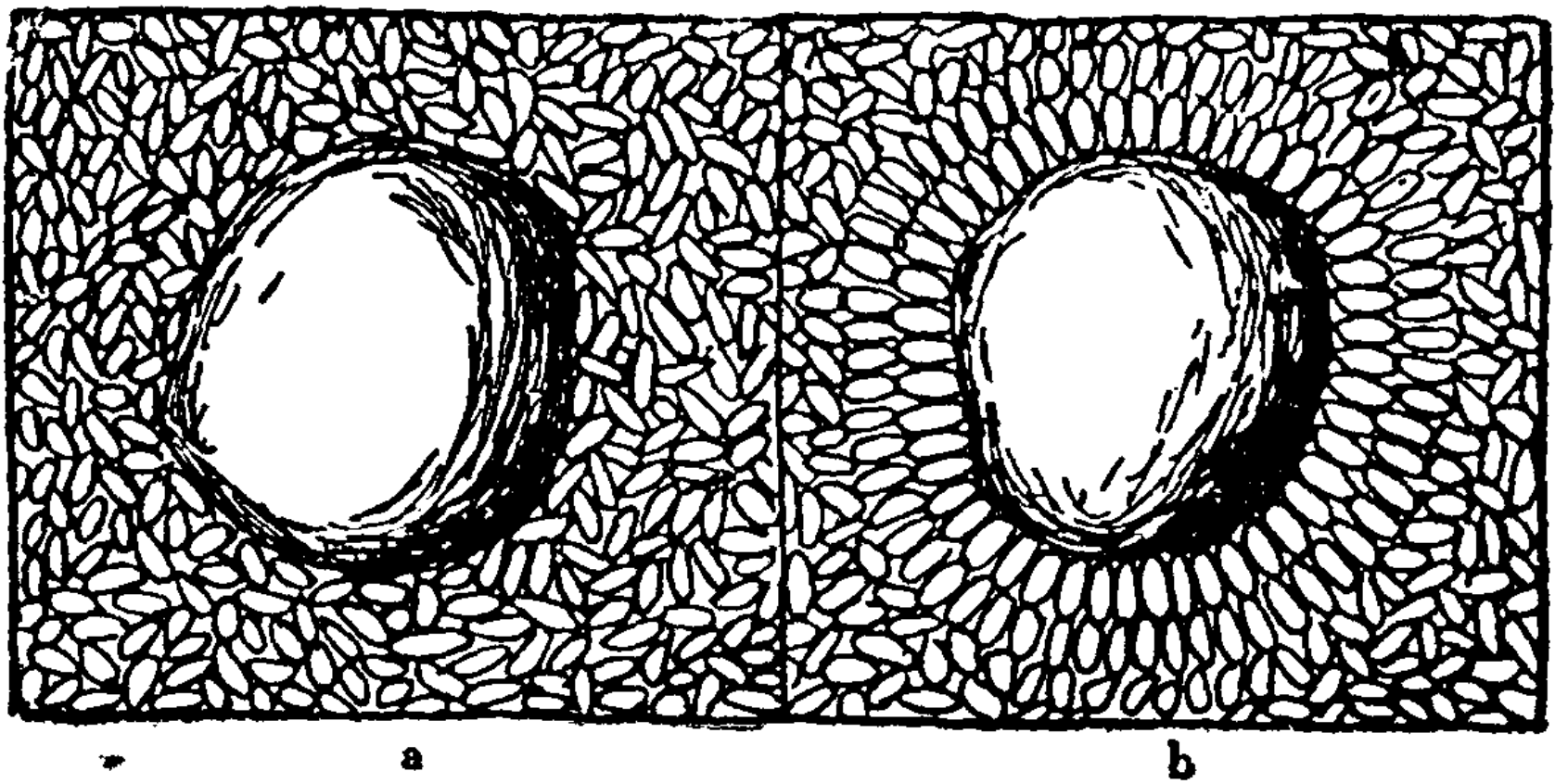
باقبول اینکه آبهای اقیانوسها قبلاً همه اقسام مواد آلی پیچیده‌تر را، از جمله مواد پروتئینی که مبنای همه مواد زنده است، در اعصار اولیه دارا بوده‌اند، تازه جواب معمای ما به دست نمی‌آید، زیرا کلیه موادی که از طریق ترکیب به دست می‌آیند فاقد آثار حیاتی می‌باشند. «جرقه حیات» نه فقط در ساختمان شیمیایی مخصوص درخشیدن گرفت بلکه وجود ترتیب ساده‌ی مشخصی در ساختمان شیمیایی نیز لازم بوده است (لا به منظور درک چگونگی تحول ماده بیجان به ماده جاندار توجه خاصی باید بدین نکته مبذول داریم که چه عواملی توانسته‌اند ماده بیجان اولیه را به صورت واحدهای زنده جدا ازهم تغییر دهند.

یکی از مهمترین نکاتی که باید در تمام مراحل بحث مربوط به ماهیت حیات در نظر گرفته شود این است که پرتوپلاسم زنده که تمام جانوران و گیاهان از آن ساخته شده‌اند به اصطلاح محلول کلوئیدی مواد پیچیده آلی در آب است. محلولهای کلوئیدی مواد غیر آلی یا آلی، از ذرات بسیار کوچک همان مواد آلی یا غیر آلی ساخته شده‌اند که دارای بار الکتریکی می‌باشند و در آب معلق‌اند و تحت اثر نیروی دافعه بارهای الکتریکی ازهم جدا باقی می‌مانند. به عبارت دیگر به حالت امولسیون خیلی ریز می‌باشند. از آنجا که آب خالص قابلیت

---

۱- متأسفانه در اینجا نمی‌توانیم وارد جزئیات مراحل پیچیده‌تری گردیم که موجب اینگونه مواد معلق کلوئیدی می‌باشند.

هدایت الکتریسته را به مقدار بسیار کم دارد، ذرات مواد کلوئیدی بار الکتریکی خود را به مدت نامحدود حفظ می کنند و حالت تعلیق از بین نمی رود. اما اگر يك محلول کلوئیدی مثلا محلول کلوئیدی طلا بگیریم و مقداری نمک بدان بیفزاییم چون قابلیت هدایت الکتریکی آب زیاد می شود، ذرات بزرگتر می شوند (انعقاد) ولایه نازکی از طلا در ته ظرف رسوب خواهد کرد. چنین ته نشین شدنی را می توانیم با مخلوط کردن دو کلوئید که بار الکتریکی مخالف دارند نیز انجام دهیم. در حالت اخیر نیروی دافعه ذرات دارای بار موافق با نیروی جاذبه ذرات دارای بار مخالف خنثی خواهد شد و به زودی انعقاد صورت می گیرد.



شکل ۵۷: a - ذرات کلوئیدی غیر آلی. مولکولهای آب به آزادی در اطراف ذرات حرکت می کنند.  
 b - ذرات کلوئیدی آلی. مولکولهای آب به سطح ذره می چسبند و لایه های متحدالمرکز تشکیل می دهند.

محلولهای کلوئیدی مواد آلی مانند صمغ عربی از این نظر با محلولهای کلوئیدی مشابه، فرق دارند که مولکولهای ترکیبات کربن دار میل ترکیبی زیادی با آب دارند، به طوری که ذرات کلوئید این مواد همیشه به وسیله لایه های متحدالمرکز مولکولهای آب، چنانکه در شکل ۷۵ ب نشان داده شده است محصورند، مولکولهایی از آب که اولین لایه را تشکیل می دهند خیلی محکم به سطح ذرات چسبیده اند در حالی که لایه های خارجی متوالی دیگر سست تر به آن چسبیده اند.

نتیجه این که، گرچه حد مشخص قاطعی بین مولکولهای آب موجود در

محلول و مولکولهایی که لایه دور ذرات را تشکیل داده اند وجود ندارد، مع هذا هر ذره ای دارای « غشای آبی » ثابتی است .  
 وجود چنین غشای آبی به دور ذرات کلئیدی ترکیبات کربن دار، ثبات این سیستم ها را بسیار زیاد می کند و شاید مهمترین عامل ساختمان ماده زنده باشد. غشای آبی مانع می شود ذرات، بار الکتریکی خود را حتی اگر نمک به محلول افزوده شود از دست بدهند و در نتیجه انعقاد صورت نمی گیرد. اگر دو محلول کلئیدی آلی دارای بار الکتریکی مخالف را با هم مخلوط کنیم، ذرات یکدیگر



a

b

شکل ۵۸: a - انعقاد يك کلئید غیر آلی. ذرات جمع می شوند و ماده جامدی تشکیل می دهند .  
 b - کوسروت يك کلئید آلی. ذرات به وسیله غشای آبی از هم جدا می باشند و ژله تشکیل می دهند.

را جذب می کنند ولی به علت غشای آبی دور آنها به یکدیگر نمی چسبند. در چنین حالت به جای يك رسوب جامد، رسوبی لعاب مانند به وجود می آید که به آن در اصطلاح کوسروت (Coaservate) می گویند. مثلاً وقتی (شرایط ثابت) محلول کلئیدی ژلاتین و صمغ عربی را مخلوط کنیم (هر دو وقتی رقیق باشند محلول یکنواخت تشکیل می دهند)، ملاحظه خواهیم کرد که قطره های کوچک کوسروت از مخلوط ژلاتین و صمغ عربی تشکیل می گردد که از بقیه محلول جدا گشته مخلوط را کدر می سازد .

مطالعات دقیقی که توسط محققان متعدد درباره موضوع به عمل آمده نشان

داده است که خواص کوسروت باپرتو پلاسم زنده وجه تشابه فراوان دارد بالاخص که این قطره ها قادرند ذرات موادمختلف محلول درمایع اطراف را جذب کنند و برحجم و وزن خود بیفزایند . برطبق نظریه اوپارین تشکیل کوسروت از مواد آلی مختلفی که در آب اقیانوسهای اولیه محلول بوده اند ، بزرگترین قدمی است که به سوی پیدایش حیات روی سیاره ما برداشته شده است و این قطره های کوچک که باروشهای فیزیکی و شیمیایی تشکیل شده اند و قابلیت نمو دارند ، می توانند به منزله «حلقه مفقوده» بین جهان آلی و ماده بیجان در نظر گرفته شوند . وقتی ماده آلی به چنین صورتی پایه عرصه وجود گذاشت ، تکاملش در تمام آبهای اقیانوسها به طور یکنواخت صورت نگرفت بلکه هر قطره کوچک کوسروت ناچار بود زندگی مخصوص به خودش را ادامه دهد . مستقل شدن موجودات زنده که نتیجه جدا شدن این قطره های کوچک از محلول کم و بیش یک پارچه بوده ، ایجاب می کرده است که این موجودات زنده بلافاصله آماده «تنازع بقا» و جریان «انتخاب اصلح» گردند .

قطره های کوسروتی که ساختمان شیمیایی مخصوصشان آنها را به شرایط وجود بهتر سازش داده بود و مواد شیمیایی محلول در آب اطرافشان را بهتر جذب می کردند بهتر می توانستند به طفیل موادی که از دیگران یعنی از قطره های کوچک «ضعیف تر» می گرفتند ، نمو نمایند . گرچه در این مرحله که صورت مسابقه داشته موجودات زنده ، دارای شکل مخصوصی شدند مع هذا هنوز صفات و اختصاصات ابتدایی داشتند و بامواد بی جان اشتباه می شدند . مانند آنکه ذرات درشت ، از به هم پیوستن ذرات ریز به وجود آمده باشند . اما با گذشت زمان ، «انتخاب طبیعی» قطره های کوسروتی که به طریق بهتری غذا جذب می کردند ، شکاف موجود بین این موجودات تازه و ماده غیر آلی معمولی به طور پیوسته وسیع تر شده است . قطره های کوچک صالح تر یعنی آنان که نمو سریع تری داشتند نمی توانستند به وضعی نامحدود نمو نمایند زیرا نسبت سطح به حجم کل آنها رفته رفته کوچکتر می شده است<sup>۱</sup> . از آنجا که همه موجودات زنده ساده و ابتدایی از سطح بدن غذا جذب می کردند ، وقتی بر اثر نمو «گوشت» آنها افزایش حاصل می کرد محدود بودن «پوست» مانعی برای نمو موجوداتی به شمار

۱- با افزایش ابعاد خطی ، سطح به نسبت مجذور شعاع و حجم به نسبت مکعب آن افزایش می یابد .

می‌رفت که خیلی بزرگ شده بودند و این امر سبب تقسیم شدن موجودات بزرگ به دو بخش مساوی می‌گردیده است. همین جریان در موجوداتی که تکامل بسیار حاصل کرده‌اند نیز اکنون ممکن است دیده شود و آن تقسیم سلولی پیچیده است. چون موجودات حاصل از تقسیم، سطح فعال بیشتری داشته‌اند و به علاوه ساختمان بدنی خوبی به ارث برده بوده‌اند اختصاصات نژادی خود را همچنان محفوظ می‌داشته‌اند.

### آیا جریان «پیدایش حیات» اکنون نیز ادامه دارد؟

پیش از اقدام به بحث تکامل مادهٔ آلی، ممکن است این سؤال را از خود بکنیم که آیا جریان «پیدایش حیات» که در بالا اشاره شد، فقط یکبار در تاریخ مبهوم گذشته زمین اتفاق افتاده است یا آنکه می‌توان قبول کرد که در حال حاضر نیز ممکن الوقوع است؟ البته امروز، به خلاف یک قرن پیش که از امور عادی و جاری بود، کسی قبول نمی‌کند که از گوشت گندیده، مگس و از گل و کثافت موش و از رطوبت دیوار قارچ، خود بخود به عمل آید. به علاوه آزمایش‌های پاستور و مکتب او، به طور قطع و یقین ثابت کرده‌اند که حتی ساده‌ترین موجودات ذره بینی نیز نمی‌توانند، در ظروفی که پس از حرارت لازم، دهانهٔ آنها را مسدود کرده‌اند و محتویات آنها را به دقت جوشانده‌اند تا نطفه‌های تمام موجودات زنده را معدوم سازند، خود بخود به وجود آیند. ولی جریان «پیدایش حیات» که در بالا بدان اشاره گردیده با کندی بسیار صورت گرفته است و کسی نمی‌داند اگر یک بطری شیر پاستوریزه را که پس از حرارت دادن دهانه‌اش را مسدود ساخته‌اند، دو میلیون سال بعد باز کنیم چه پیش خواهد آمد! از طرف دیگر چون شرایط لازم برای پیدایش حیات باید از همان شرایطی باشد که برای نمو بعدی لازم است، مشکل است بتوان دلیلی بر علیه این موضوع پیدا کرد که تحول بطی ماده بی‌جان به مادهٔ جاندار حتی در حال حاضر نیز می‌تواند همچنان ادامه داشته باشد.

البته می‌توان اثبات کرد که مقدار کل مواد آلی که در آغاز در اقیانوس‌های اولیه محلول بوده‌اند، به علت آنکه برای ساختمان بدنی گیاهان و جانوران موجوده به کار رفته‌اند اکنون کاهش فراوان حاصل کرده‌اند ولی در عین حال شکی نیست که آب‌های اقیانوس‌های کنونی هنوز مقدار بسیار زیادی مواد آلی در بر ندارند (که قسمت اعظم آن از فساد موجودات زنده حاصل شده است) و مشکل

است تصور اینکه این مواد برای ساختن موجودات زنده جدید به کار نرود .  
ممکن است گفته شود، اگر در حال حاضر نیز ماده زنده جدیدی به وجود  
آید باید قاعدتاً به وسیله انواع حیوانات عالی تر خورده شود و فرصت تولید نسل  
جدید مخصوص به خود را نداشته باشد. اگر چنین نظری صحیح باشد، اقیانوس-  
های امروزی باید فاقد هر گونه جاندار ساده باشند، زیرا موجودات زنده  
کوچک طعمه ماهی ها می گردند. به فرض محال ، باید انتظار داشته باشیم که  
علفی نیز روی زمین موجود نباشد زیرا خوراک گاوها می شود و گاوی نیز نباید  
وجود داشته باشد زیرا طعمه انسان می گردد . . . . .

به نظر می رسد قوی ترین دلیلی که بر له نظریه اشتقاق تمام موجودات  
زنده از موجودات زنده ای که نخستین بار روی زمین ظاهر شده اند ، می توان  
اقامه کرد این است که بین تمام موجودات زنده وجه تشابه اساسی و عمیق وجود  
دارد . می توان مدلل ساخت که مثلاً ماده درهمی مانند کلروفیل<sup>۱</sup> که در تمام  
گیاهان سبز وجود دارد نمی توانسته است به طور مستقل در چند گروه گیاهانی  
که، رابطه ای در طریق تکامل باهم نداشته اند، به وجود آید. در نتیجه تمام اعضای  
سلسله گیاهان بایستی اعقاب مستقیم « گیاهان اولیه » بوده باشند .

اما نباید از نظر دور داشت که چون در باره قوانین تکامل اطلاعات  
کمی در دست داریم ، هرگز نمی توانیم مطمئن گردیم که چه مقدار از شباهت  
موجود بین موجودات زنده نتیجه وراثت مستقیم آنها از یکدیگر است و چه  
مقدار به وضع عمومی نم و طبیعی آنها مربوط می باشد . در فصل چهارم دیدیم  
که مشاهدات نجومی مریخ تأیید کرده است که سطح این سیاره از بعضی اقسام  
گیاهان پوشیده می باشد که در بهار سبزند و در پاییز وزمستان قهوه ای می شوند.  
سبزی رنگ گیاهان مریخ دلیل بارزی است بر این که برگ گیاهان سیاره مریخ  
کلروفیلی دارند که شاید نظیر کلروفیل گیاهان روی زمین است . با در نظر  
گرفتن قرائن فوق ممکن است تصور کنند که گیاهان مریخ از بعضی تخم هایی  
که از زمین بدانجا برده شده اند (یا بعکس) منشأ گرفته باشند در صورتی که  
قبلاً دیدیم اینگونه انتقال حیات حتی بین سیاره های خیلی نزدیک باید عملی

---

۱- کلروفیل ماده پیچیده آلی است که باعث سبزی رنگ گیاهان می شود و به  
کارتیه غذای آنها از هوای آید. بدین معنی که انیدرید کربنیک هوا را تجزیه  
می کند و کربن آن را برای ترکیب مواد آلی پیچیده مصرف می نماید .



غیر ممکن تلقی گردد . اگر قبول کنیم که گیاهان مریخ کاملاً جدا از گیاهان زمین به وجود آمده اند و سبزی رنگشان به علت وجود کلروفیل سبزی یعنی بهترین ماده شیمیایی جذب کننده انیدرید کربنیک هوا است ، به نظر معقول تر می آید . به همین روش شباهت شکل اراضی مستور از برف زمین با آنچه در بعضی سیارات دور ملاحظه می شود بایستی به خاصیت عمومی بلورهای یخ نسبت داده شود نه به « کولاک برفی فضای بین سیارات » .

بنابراین نه تصور اینکه تمام موجودات زنده کنونی روی زمین ، از اعقاب « بعضی باکتری های اولیه » یکمیلیارد تا دو میلیارد سال قبل از میلاد مسیح بوده اند پایه محکم دارد و نه کاملاً غیر ممکن است که پدر پدر پدر پدر ... پدر بزرگ بعضی از جانوران و گیاهان ساده امروزی در دوران دوم یا حتی دوران سوم به صورت یک جفت از مولکول های عادی موجود بوده باشند . از طرف دیگر شکی نیست که بیشتر موجودات عالی تر بایستی از عدد زیادی حالات حد واسط گذشته باشند و سلسله النسب آنها به زمانی عقب تر تمدید می گردد .

تمام دلایل مشروحه بر له و علیه این نظر که « خلقت حیات » طبق روش اولیه خود در حال حاضر نیز همچنان ادامه دارد ، هنوز از صورت فرضی بودن خارج نیستند لیکن جای این سؤال بازمی شود که آیا می توان با مشاهده عالم جانداران این راز را از پرده بیرون انداخت ؟ آیا ممکن است بخت یاری کند و « حلقه مفقوده » بین موجودات زنده و ماده بیجان پیدا شود ؟ البته پاسخ دادن به این پرسش خیلی دشوار است زیرا اگر موجوداتی که دارای چنین حالت حد واسطی در تکامل می باشند ، امروز هم در آب اقیانوس ها به طور مداوم به وجود آیند ، قابل تشخیص نیستند زیرا اندازه آنها خیلی کوچک و تعدادشان بالنسبه کم است<sup>۱</sup> . اما اشاره به این موضوع بیجان نیست که مطالعه لجن اعماق زیاد اقیانوس ها وجود بعضی مواد آلی را به صورت رسوب ژله مانند به ما ثابت کرده است و غیر ممکن نیست اگر چنین تصور کنیم که این رسوب های ژله مانند ، حالتی از ماده آلی را به ما نشان می دهند که « آماده تبدیل شدن به ماده زنده » می باشند . حتی از محققان چنین عقیده دارند که « موجودات ساده تر از باکتری ها »

---

۱- به همان علت که تعداد نوزادان نسبت به بقیه جمعیت خیلی کم است ، کم بودن نسبی اینگونه محصولات اولیه تکامل مواد آلی نیز باید امری عادی باشد .

یا «ویروس‌ها» که آنقدر کوچکند که مطالعه ساختمان‌شان بامیکروسکوپ میسر نیست ممکن است معرف حالت ساده‌ترین موجودات زنده باشند که درست در مرحله حدواسط بین ماده جاندار و بیجان قرار دادند .

### نخستین مراحل تکامل حیات

از آنجا که نخستین موجودات زنده به جاندارانی محدود بودند که بدنی کوچک و نرم داشتند، نمی‌توان انتظار داشت که مدارك جامعی از این موجودات در ورق پاره‌های اولیه «کتاب رسوبات» پیدا گردد . اما در این باره قرائن غیرمستقیم فراوان موجود می‌باشد . چنانچه گفته‌ایم طبقات سنگ مرمری که در نقاط مختلف زمین یافته شده‌اند همان رسوبات آهکی معمولی می‌باشند که شاید قریب يك میلیارد سال پیش تشکیل شده‌اند و دگرگونی یافته‌اند .

چنانکه امروز به ثبوت رسیده قسمت اعظم آهک‌های جدیدی که در آب‌ها ته‌نشین می‌شوند تحت اثر فعالیت موجودات زنده میکروسکوپی حاصل می‌گردند بنابراین باطمینان خاطر می‌توان نتیجه گرفت که این موجودات ساده قبلا ، یعنی در زمان‌های بسیار دور، نیز می‌زیسته‌اند .

رسوبات دوره‌های اولیه زمین، مقداری زغال نیز به صورت لایه‌های گرافیتی در بردارند . گرچه وجود زغال را می‌توان نتیجه فعالیت‌های آتشفشانی دانست، مع هذا وضع انتشار آنها در درون طبقات نشان می‌دهد که این زغالها در نتیجه فساد مواد آلی تشکیل شده‌اند و هنگامی که لایه‌های رسوبی محتوی آنها به طرف عمق رانده شده‌اند ، در نتیجه تحمل فشار و حرارت زیاد دگرگونی حاصل کرده‌اند و به گرافیت تبدیل شده‌اند . همه این مطالب نشان می‌دهند که حیات از پیش از يك میلیارد سال وجود داشته است و فقدان فسیل‌های «حقیقی» مانند فسیل‌هایی که در رسوبات بعدی پیدامی‌کنیم، به این علت است که موجودات زنده در مراحل اولیه تکاملشان استخوانبندی سخت نداشته‌اند تا اثر قالب آن در صفحات مچاله شده کتاب تاریخ زمین باقی مانده باشد .

اگر به طریق معجزه آسایی می‌توانستیم به عقب برگردیم و خود را به سال ۱،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ پیش از میلاد منتقل می‌ساختیم، آب‌های گرم اقیانوس‌های تازه تشکیل شده و دامنه‌های سنگی قاره‌های اولیه به نظر ما فاقد موجودات زنده می‌آمدند. فقط با مطالعه دقیق می‌توانستیم بفهمیم که حیات در روی سیاره ما وجود دارد ولی موجودات ذره‌بینی متنوع و فراوان هنوز به مرحله تنازع

بقا نرسیده‌اند. در مراحل اولیه تکامل سیاره مازمین هنوز گرم بود و مقدار معتناهی از آب‌هایی که امروز حوضه‌های اقیانوس‌ها را پر ساخته‌اند، به صورت طبقات ضخیم ابرها در هوا موجود بوده‌اند. در آن زمان نور آفتاب نمی‌توانست مستقیماً به زمین برسد و جاندارانی که می‌توانستند در این رطوبت تاریک زندگی کنند بایستی از نوع موجودات ذره‌بینی مخصوص بوده باشند که قادر بوده‌اند بدون نور خورشید نیز زنده بمانند. بعضی از این موجودات باقیمانده مواد آلی محلول در آب را به عنوان غذا مصرف می‌کردند در حالی که عده دیگر به غذا-های کاملاً غیر آلی عادت داشتند. این دسته موجودات «کانسی‌خوار» هنوز هم موجودند و به نام «باکتری‌های گوگرد و آهن» معروفند. این‌ها انرژی حیاتی خود را از اکسیداسیون مواد غیر آلی یعنی گوگرد و آهن بدست می‌آورند.<sup>۱</sup> فعالیت اینگونه باکتری‌ها، نقش مهمی را در تکامل سطح زمین ایفا می‌کند. شاید باکتری‌های آهن، بالاخص، موجود همه رسوبات ضخیم با تلالی سنگ‌های معدنی آهنی باشند که منابع آهن دنیا را تشکیل می‌دهند.

ولی با گذشت زمان سطح زمین تدریجاً سرد گردید و آب بیشتری در اقیانوس‌ها جمع شد و از ضخامت ابرهایی که خورشید را مخفی کرده بودند کاسته گردید. تحت اثر اشعه آفتاب که از آن پس به فراوانی به سیاره مامی رسید، موجودات زنده میکروسکوپی اولیه به تدریج کلروفیل، یعنی این ماده بسیار مفید، را ساختند تا انیدرید کربنیک هوا را تجزیه کنند و از کربنی که از این راه بدست می‌آمد مواد آلی لازم برای نمویشان را تهیه نمایند. این امکان «تغذیه از هوا» افق جدیدی برای نمو موجودات زنده باز کرد. این کیفیت توأم با «اصل زندگی اجتماعی»<sup>۲</sup> منجر به وجود آمدن نباتات عالی سلسله گیاهان گردیده است.

اما بعضی از موجودات زنده اولیه راه دیگری برای نمو در پیش گرفتند یعنی به عوض آنکه غذای خود را مستقیماً از هوا، که به فراوانی در دسترس همه بود، بگیرند، چنین ترجیح دادند که مواد کربن‌دار خود را به صورت «آماده استعمال» که از گیاهان نتیجه می‌گردید به دست آورند و چون این نوع تغذیه

۱- البته وجود چنین باکتری‌هایی با بودن اکسیژن در هوا ملازمه دارد.

۲- یعنی تشکیل موجودات عالی‌تری که از سلولهای فراوان ساخته شده‌اند و سلولها باهم زندگی می‌کنند.

انگلی خیلی ساده تر بوده است، انرژی مازاد حاصل در این موجودات صرف نمو و قابلیت حرکت آنها گردید، قابلیتی که برای به دست آوردن غذا بسیار لازم بوده است. شاخه موجودات انگل در حالی که راضی نبودند منحصراً از اغذیه گیاهی مصرف کنند، شروع کردند یکدیگر را طعمه سازند. به علاوه لزوم تفوق در این امر یافرار از تعاقب دشمن سبب گردید که قدرت تحرك آنها به آن درجه ترقی کند که امروز از مشخصات عالم جانوران است. «دابتدایی ترین وسیله حرکت که در سر پایان دوره سیلورین به وجود آمده و اکنون نیز در ماهی مرکب دیده می شود روی اصل ساده پرتاب فششه بنا شده است. بدن دوکی شکل این جانوران در پوشش ماهیچه ای مخصوصی به نام «جبه» محصور است که در آن فضایی وجود دارد که می تواند از آب پر شود. انبساط جبه سبب ورود آب به داخل حفره می شود و انقباض سریع ماهیچه های آن باعث می گردد که آب موجود در حفره به سرعت خارج شود و در نتیجه جانور را در جهت مخالف آن با سرعت زیاد براند» ولی اصل فششه توفیق زیادی پیدا نکرد و بیشتر جانوران روش دیگری برای جلو بردن پیکر خود اختیار کردند و آن جنبش های موجی پیکر طویل آنها بود که در پهلوها صورت می گرفت. این طرز حرکت در موجودات ساکن آب دریاها و آب های قاره ها خیلی زود به درجه کمال رسید. فقط جانورانی نظیر ماهی مرکب، روش قدیمی را حفظ کردند. تذکر این نکته بجاست که حتی ماهی های مرکب امروزی دو باله افقی برای حفظ تعادل دارند که با حرکات موجی آنها به کندی به طرف جلو شناوری می کنند.

باید دانست که حیوانات دارای بدن نرم و قابل انعطاف، به زحمت می توانستند در آب به سرعت حرکت کنند زیرا اینگونه حرکت لازمهاش داشتن بدن دوکی سخت تر است. در اینحالت انقباض ماهیچه ها بهتر می تواند از «اعضای سخت» به آب منتقل گردد. دلیل دیگر نمو اعضای سخت در بدن لزوم محفوظ بودن از حمله جانوران گوشت خوار و درعین حال بهتر حمله کردن به جانوران دیگر بوده است. این «دلایل» وقتی با کیفیت تنازع بقا و بقای اصلح جمع گردید، این نتیجه را به بار آورد که جانوران نرم ژله مانند، به جانوران مسلح به انبرك قوی مانند خرچنگ گرد و خرچنگ دراز امروزی تبدیل شدند. پیدایش اعضای سخت نه فقط برای خود جانور کمک بزرگی بود بلکه برای فسیل شناسان جدید نیز، که در صفحات «کتاب رسوبات» به

دنبال اینگونه آثار می گردند، نیز بسیار مفید واقع گردید. در حالیکه اطلاعات مربوط به جانوران گذشته که بدنی نرم داشته اند، فقط از بقایای اتفاقی آنها در ماسه نرم و بر حسب تصادف محض تاکنون جمع آوری شده است (به تصویر XI مراجعه شود)، جانوران دارای صدف یا مهره داران را از روی فسیل‌هایی که باقی گذاشته اند می توان درست مانند جانوران زنده کنونی مورد مطالعه قرار داد. در حقیقت تاریخ صحیح زمین و آغاز حیات در روی آن، از زمانی شروع می شود که جانوران، واجد قسمت‌های سخت در بدن خود شده اند. موزه‌های امروزی پر از صدف‌ها و استخوان بندی‌هایی است که به ما اجازه می دهند موجودات زنده زمان های دور را به تصور در آوریم.

در آغاز دوران اول، یعنی قریب ۵۰۰،۰۰۰،۰۰۰ سال پیش، موجودات زنده اقیانوس‌ها با النسبه عالی بودند. اگر در طول ساحل شنی اقیانوس آن عصر قدم می زدیم، دستجاتی از جلبک های دریایی را می دیدیم که توسط امواج، روی ساحل انداخته شده بودند و می توانستیم مجموعه زیبایی از صدف‌های دریایی را به همان روش که امروزه بسیاری از اشخاص تهیه می کنند، جمع-آوری کنیم. شاید از دیدن جانوران عجیب و غریب که روی شن مرطوب می خزیدند و ما را به یاد بعضی انواع خرچنگ‌های امروزی می انداختند، خیلی متعجب نمی شدیم. این جانوران که به نام «تریلوبیت‌ها» موسومند معرفی یکی از عالی ترین موجودات زنده ای هستند که در آن گذشته دور زندگی می کرده اند. شاید تریلوبیت‌ها از کرم‌های حلقوی دارای بدن نرم که پوست آنها سخت شده است نتیجه شده باشند و چسبیدن قطعات مجزا، در آنها سروتنه را به وجود آورده است. تریلوبیت‌های اولیه خیلی کوچک بوده اند تا حدی که از ته سنجاق بزرگتر نبوده اند و بدن کوچکی داشته اند که دارای سر کوچک فاقد چشم بوده است ولی بعدها ترقی بسیار کردند و رسوبات دوره‌های کامبرین و سیلورین، فسیل بیش از هزار قسم از انواع تکامل یافته آنها را در بردارند. تریلوبیت‌ها در اوج تکامل خود بیش از سی سانتیمتر طول پیدا کردند و صاحب بدن بسیار درشت و بی تناسبی شدند که زواید و تزینات فراوان داشته است. ولی این تکامل، انقراض سریعی به دنبال داشت، زیرا رسوبات دوره پرمین فقط معدودی از انواع این جانور عجیب را در برداشته اند. آخرین باقیمانده‌های نژاد تریلوبیت با تغییرات عمده سطح زمین، چنانکه دیدیم، در اواخر دوره پرمین از بین

رفته‌اند. بالا آمدن خشکی‌ها و عقب نشینی دریاها و از بین رفتن آبهای روی قاره‌ها، برای این جانوران که بیش از ۲۰۰،۰۰۰،۰۰۰ سال بر سطح زمین حکومت می‌کردند، از عوامل نامساعد بودند. به طوری که در بجهوحه انقلاب آپالاش به کلی از بین رفتند. ولی بعضی از شاخه‌های فرعی تر سلسله تریلویت‌ها بایستی همه خطرهای ممکنه عصر انقلاب را گذرانده باشند و در حالی که به شرایط محیط سازش حاصل کرده‌اند تا امروز باقی مانده باشند. آخرین نمونه - های این شاخه قدیمی غالباً به نام‌های میگو و انواع مختلف خرچنگ دراز و غیره روی میز غذا ملاحظه می‌گردند.

گرچه تریلویت‌ها منحصرأ در دریا زندگی می‌کرده‌اند معهدا بعضی از انواع بسیار نزدیک آنها به نام **اورپ‌تریدها (Eurypterids)** بایستی به رودخانه‌ها یا دریاچه‌های آب شیرین مهاجرت کرده و به زندگی در آب شیرین معتاد شده باشند. در حقیقت، گرچه اورپ‌تریدهای اولیه موجودات کوچکی بودند که طولشان چند سانتیمتر بیشتر نمی‌شد و در رسوبات دریایی اواخر کامبرین یافته شده‌اند، معهدا فسیل‌های نژادهای بعدی که کاملتر هم بودند (به درازی بیش از سه متر می‌رسیدند) در رسوبات آب شیرینی که ۱۰۰ میلیون سال بعد تشکیل شده‌اند پیدا شده‌اند.

زندگی در آب شیرین رودخانه‌ها و دریاچه‌ها با مقایسه به زندگی در اقیانوس‌ها، بسیار ذوحادثه‌تر و نامطمئن‌تر است. زیرا چه بسا اتفاق افتاده است که منبع این گونه آبهای روی قاره‌ها قطع گشته و به تدریج خشک شده‌اند. گرچه بیشتر جانورانی که در چنین آبهای زندگی می‌کرده‌اند بایستی از بین رفته باشند، معهدا در بعضی حالات نادر، دیده شده‌است که بعضی افراد توانسته‌اند خود را با شرایط تازه زندگی سازش دهند و روی زمین خشک روزگار بگذارند. اینگونه اعقاب نژاد اورپ‌تریدها که تحت اثر عوامل ناسازگار محیط از آب بیرون رانده شده و در سطح قاره‌ها منتشر گشته‌اند، به صورت انواع مختلف هزار پایان و عقرب‌ها و عنکبوت‌ها و غیره تغییر یافته‌اند. عده‌ای بعداً به هوا پرواز کرده‌اند و رده بزرگ حشرات پرنده را تشکیل داده‌اند.

اگر به اقیانوس‌های اوایل دوران اول برگردیم، به طریق کاملاً متفاوت از تکامل برخوردار می‌کنیم. بدین معنی که در بعضی از گروههای کرم‌ها، به جای آنکه قشر سختی بدن نرم جانور را بپوشاند، ستون سخت داخلی در

سرتاسر بدن به وجود آمد. از قرار معلوم این ستون سخت داخلی به منزله نخستین نمونه ستون مهره‌ها، در ماهیها و مهره‌داران عالی‌تر امروزی است. یکی از نمونه‌های این مرحله حد وسط بین کرمهای معمولی و ماهیها، در نوعی به نام لانسه‌لت (Lancelet) دیده می‌شود که امروزه وجود دارد و شاید معرف اعقاب مستقیم ماهیهای اولیه باشد ولی این جانوران کرمی شکل با کرمهای معمولی این تفاوت را دارند که اولاً ستونی غضروفی در سرتاسر طول بدنشان وجود دارد. ثانیاً میله‌های برانشی کوچک در دو پهلو بدنشان موجود است که بمنزله تکیه‌گاه دیواردهای جانبی بدن است. گمان می‌رود که تکامل بعدی این اسکلت اولیه منجر به تشکیل ستون مهره‌ها و دنده‌ها، شده است. ستون مهره‌ها و دنده‌ها وجه تمیز تمام مهره‌داران از جانواران ساده‌تر اولیه است. در اینجا تذکر این نکته جلب نظر می‌کند که در کوسه‌ها، یعنی نخستین ماهیهای «حقیقی» که آثارشان به جا مانده است و از اوایل سیلورین موجود بوده‌اند، فقط قسمتی از ستون پشتی سرتاسری به حلقه‌های غضروفی تبدیل شده است و تبدیل کامل ستون پشتی به غضروف، در انواع ماهیهای بعدی و سایر مهره‌داران عالی‌تر صورت گرفته است.

خروج ماهیها از آب و آغاز زندگی در خشکی و تغییر بعدی آنها به دوزیستان و خزندگان محققاً به همان دسته از علل بستگی داشته است که بی مهرگان اولیه را نیز به زندگی در خشکی سوق داده است و شاید بر طبق همان خط مشی عمومی پیشرفت کرده است.

این عمل بایستی در اواخر دوران اول صورت گرفته باشد زیرا رسوبات اواخر دونین و اوایل کربونیفر آثاری در بردارند که اثر پاهای دوزیستان اولیه به نظر می‌آیند. اسکلت فسیل شده این دوزیستان که در رسوبات اواخر کربونیفر و در طی دوره پرمین باقی مانده‌اند، چنین معلوم می‌دارند که آنها متعلق به گروه منقرض شده‌ای می‌باشند که پوشش محکمی بر سطح بدن داشته‌اند و دارای جمجمه پوشیده از صفحات محکم استخوانی بوده‌اند. این وضع مخصوص جمجمه، نام استگوسفال (Stegcephale) را برای آنها براننده ساخته است.

بعضی از این جانوران فقط چند سانتیمتر طول داشتند در حالیکه عده دیگر، بالاخص آنها که در اواخر دوره کربونیفر می‌زیسته‌اند به درازای قریب



هفت متر می رسیده اند. بعضی استگوسفالها در وسط قسمت قدامی سر يك چشم سوم<sup>۱</sup> داشته اند. آثار این چشم سوم در بعضی انواع دوزیستان امروزی و بعضی مهره داران عالی تر دیده می شود .

ولی فرمانروایی دوزیستان قدیمی ، مانند آنچه در بسیاری از جانوران دیگر ملاحظه گردید، دیری نپایید زیرا بر اثر افزایش سرما و خشکی، در مراحل اولیه انقلاب آپالاش راه زوال پیش گرفت. فقط معدودی از انواع توانستند تا دوره تریاس باقی مانند. در حال حاضر، دوزیستان انواع نسبتاً کمی را شاملند که مانند انواع قورباغه ها و سمندر ها جثه كوچك و ضعیف دارند . ولی بعضی از دوزیستان بایستی رابطه خود را کاملاً با آب قطع کرده و به خشکی مهاجرت کرده و جهان پهناور خزندگان را به وجود آورده باشند - خزندگان که فرمانروایی بلامعارض قاره ها برای صدمیلیون سال بدانها واگذار شده است. خزندگان اولیه موجوداتی تنبل بودند و بدنی دراز داشتند و بسیاری از آنان به تمساحان امروزی شبیه بودند . بعضی دیگر دارای شکل و هیئتی مخصوص و تیغه های استخوانی بلند در سر تا سر پشت خود بودند. احتمال دارد این تیغه ها برای دفع حمله های غیر منتظره بوده است (تصویر XVI). دست و پای تمام این خزندگان اولیه ، مانند دست و پای خزندگان امروزی در پهلوهای تنه قرار داشته است و فقط می توانستند با کندی بیشتری پیکرو زین خود را روی زمین بکشند . از آغاز دوران دوم ، خزندگان وضع ایستاده به خود گرفتند و بیشتر برای دو سازش حاصل کردند . شاید یکی از علل اصلی فرمانروایی آنها در روی خشکی، که در تمام مدت طولانی اواسط تاریخ زمین طول کشیده ، همین تغییر وضع بوده باشد .

به موازات خروج زندگی حیوانی از دریا به خشکی و شاید تا حدی پیش از آن، يك چنین تغییری در عالم گیاهان حادث گردید . بعضی از گیاهان خشکی بایستی از جلبك هایی نتیجه شده باشند که در طول ساحل ، در منطقه بین جزر و مد می روئیده اند و تدریجاً با عقب نشینی متناوب آب سازش حاصل کرده اند. بعضی دیگر از گیاهان خشکی از گیاه های آب های شیرین، که مجبور بودند به علت خشك شدن حوضه های داخلی قاره ها ، روش زندگی خود را تغییر دهند منشأ

۱- آثار « چشم سوم » اکنون به نام غده اپی فیز ( Pineal gland ) در داخل مغز وجود دارد .

گرفته‌اند. گیاهانی که ابتدا در سطح قاره‌ها ظاهر شدند هنوز خیلی شبیه گیاهان ساده‌ای بودند که قبلاً در آب می‌زیستند و قسمت اعظم آنها در آبهای کم عمق و نواحی مردابی دیده می‌شدند که در دورهٔ بین انقلاب توسعهٔ فراوان داشتند. جنگلهای این گذشته دور بایستی منظره‌ای تاریک و عجیب داشته باشد و تقریباً از سرخسها و دم اسبیان و خزه‌هایی که به صورت گیاهان بلند درآمده بودند تشکیل یافته باشد (تصویر XV). تمام این گیاهان از انواعی بودند که گل و میوه نداشتند و باهاگ تولید مثل می‌کردند.

چندین میلیون سال طول کشید تا گیاهان به درجه‌ای از نمو رسیدند که ما امروز با آنها آشنا هستیم.

از آنجا که گیاهان آن عصر غالباً به نواحی باتلاقی محدود بودند، تنه گیاهانی که ساقط می‌شدند، معمولاً زیر آب قرار می‌گرفتند و بدون آن که به اکسیژن دسترسی داشته باشند، تجزیه شدند و رسوبات زغال سنگی را به وجود آوردند. این روش تشکیل زغال سنگ با مقیاس بسیار بزرگتری تا اواسط دوره‌های اواخر دوران اول طول کشید و زمین‌شناسان امروزی این دوره را (که از ۲۴۰ میلیون سال تا ۱۸۰ میلیون سال پیش از میلاد طول کشیده است) دورهٔ کربونیفر می‌نامند.

### فرمانروایی عظیم خزندگان در اواسط تاریخ زمین

دوران دوم تاریخ زمین به وسیلهٔ توسعهٔ عظیم زندگی جانوران در خشکی و تغییر خزندگان کوچک به صورت موجودات عظیم‌الجثهٔ غیر قابل تصویری به نام دینوسورها مشخص می‌باشد. نژاد دینوسورها نیز مانند نژاد بسیاری از گروه‌های دیگر موجودات زنده در اوایل دورهٔ تریاس، شامل جانوران کوچکی بود که طول آنها از پنج متر تجاوز نمی‌کرد. فقط در اواخر دوران، به منتهای عظمت خود رسیدند. دینوسورهای اولیه بیشتر باریک و دراز بودند، پاهای عقبی ماهیچه‌ای و دم قوی داشتند که برای حفظ تعادل آنها در موقع دویدن به کار می‌رفت. شکل و هیئت آنها بایستی شبیه کانگوروهای امروزی استرالیا بوده باشد، با این تفاوت که مویبر سطح بدن نداشتند و بعلاوه شکل مشخص، سر خزندگان را دارا بودند.

تکامل بعدی این خزندگان اولیه که در تریاس می‌زیستند، منجر به پیدایش انواع دیگری شد که از نظر اندازه جثه و عادات بسیار متفاوت بودند.

خطرناکترین نمونه این گروه از جانوران ، به تیرانوزوروس رگس موسوم است که ، گوشتخوارغول پیکری به بلندی ۷ متر بود و طول بدنش از نوک پوزه تا انتهای دم به ۱۵ متر می رسید. (تصویر XVIII و XIII) سلطان جانوران کنونی یعنی شیر در مقایسه با این پادشاه وحوش دوره کرتاسه ، بچه گربه بی آزاری بیش نبود.

در مقابل این غول گذشته ، نمونه های دیگری از خزندگان کانگورو مانند وجود داشتند که به آنها اورنی تومیموس (Ornithomimus) می گویند . این جانوران قامتی کوتاه داشتند و از دور به شترمرغ های امروزی شبیه بودند . احتمال دارد این جانوران بی آزار منحصراً از کرمها و حشرات کوچک تغذیه می کردند و مانند پرندگان به جای دندان منقار شاخی داشتند . علاوه بر گروه بزرگ دینوسورها که با تکیه به پاها و دم خود راه می رفتند و دستهای خود را منحصراً برای گرفتن غذا و مبارزه با دیگر جانوران به کار می بردند ، شاخه دیگری وسیعی وجود داشت که به سوسمارهای امروزی خیلی شبیه بودند و فقط از حیث جثه با آنها تفاوت داشتند . احتمال دارد افراد این گروه اعقاب مستقیم خزندگان اوایل دوره پرمین بوده باشند. (تصویر XVI) سرعت تحرك آنها از سرعت خویشاوندانشان که « دوپا » داشتند کمتر بود. اگر کسی از جنگل های دوره ژوراسیک عبور می کرد می توانست به « دیپلودو کوس » یا برادر خوانده او « پرونتوزوروس » برخورد کند که قریب ۵۰ تن وزن داشتند و از نوک پوزه آنها تا انتهای دمشان بالغ بر سی و سه متر می شده است . یاممکن بود که با « استگوزوروس » عظیم الجثه رو به رو شود که صفحات سنگین سرتاسر پشت آنها را تزیین می کرده است . (تصویر XVII) .

انواع دیگر خزندگان شاخ دار مانند « تری سراتوپس » عظیم الجثه یا سلف ضعیف آن « پروتوسراتوپس » کمیاب نبودند . تخم این خزندگان بر حسب تصادف مساعدی باقی مانده است تا باعث استعجاب چشمان کنجکاو دیرین شناسان امروزی گردد (XIII-B).

به منظور بررسی کامل عالم خزندگان عظیم الجثه و قوی دوران دوم ، نباید فراموش کنیم که گروه بزرگی از خزندگان که به عللی از زندگی در خشکی ناراضی بودند ، به دریاها و اقیانوسها مراجعت کردند و به همان روشی که فکها و مرسها و بالنها به زندگی در آب سازش حاصل کردند به این محیط

خو گرفتند. ۱. آبهای دوران دوم پرازخزندگان شناگری بودند که برای تحصیل روزی همواره با یکدیگر در نزاع بودند. بهترین نمونه خزندگان دریایی آن عصر اکتیوزوروس است که از نظر شکل عمومی به ماهی بیشتر شباهت داشت. دیگر پلزیوزوروس زشت منظر است که به علت دارا بودن گردن دراز بایستی مهارت و موفقیت فراوان در شکار ماهیها داشته باشد. (تصویر XIX) بدون شك بین عجیبترین نمونههای خزندگان اواسط تاساریخ زمین پتروداکتیلها بودند که در واقع نیروی هوایی امپراتوری خزندگان را تشکیل می دادند. این افراد از گروه خزندگان، که در هوا پرواز می کردند بالهایی از جنس پوست داشتند. بدن آنها برهنه بود و دندانهای تیز در دهان نشان وجود داشت. (تصویر XX) در طی دوره کرتاسه وقتی عالم خزندگان به اوج عظمت خود رسید، این خزندگان هوایی غول پیکر به حداکثر بزرگی جثه خود رسیدند. در بعضی از نمونههای آنها که پیدا شده است فاصله بین دو انتهای بال گسترده شده آنها هشت متر بوده است.

خزندگان هوایی دوران دوم، چنان که از مشاهده بعضی استخوان بندیهای رسوبات دوره ژوراسیک آشکار شده، معرف حالت حد واسط بین خزندگان و پرندهگان امروزی می باشند (تصویر X)، موجود زنده ای که این بقایای فسیل شده از آن در دسترس ما قرار گرفت، ارکتوپنریکس نام دارد. مخلوطی از صفات خزندگان هوایی گذشته و پرندهگان معمولی امروزی در این جانور جمع بوده است. گرچه دندانهای تیز و بالهای چنگال دار و دم مخروطی این جانور نیمه خرنده و نیمه پرنده خرنده بودن آن را تأیید می کرد، مع هذا مانند پرندهگان پر داشت. برای نشان دادن مدارج تکامل بین دو گروه بزرگ به ظاهر متفاوت از جانوران یعنی خزندگان و پرندهگان، نمونه ای از این بهتر یافت نمی شد!

جهان خزندگان عظیم الجثه با نمونههای بیشمار خود در خشکی و دریا و هوا، محققاً قویترین و عظیم ترین جهان حیوانی بود که از پیدایش حیات در روی زمین به وجود آمد ولی سرانجامی غم انگیز و غیر منتظره بدنبال داشته است

۱- لابد خواننده عزیز به خاطر دارد که جانوران اخیر به رده پستانداران تعلق دارند و در طی مراحل تکامل خود به زندگی در آب مراجعت کردند.

در طی يك دوره نسبتاً کوتاه اواخر دوران دوم ، تیرانوزوروسها و استگو - زوروسها و ایاکتیوزوروسها و پلزیوزوروسها و تمام «سوسمار»های دیگر ، مانند آن که طوفان عظیمی زمین را از وجود آنها پاک کرده باشد ، از روی زمین ناپدید شدند و جای خود را به پستانداران کوچکی دادند که بیش از ۱۰۰ میلیون سال به انتظار چنین فرصتی بودند .

علل چنین انقراض ناگهانی قویترین جانورانی که سطح سیاره ما به خود دیده است ، همچنان مجهول باقی مانده است ، غالباً چنین اظهار عقیده شده است که عامل اصلی انقراض ، بالا آمدن سطح قارهها در آغاز انقلاب سنوزوئیک و نزدیک شدن شرایط دشوارتر محیط بوده است . ولی از بین رفتن دریاها و بین قارهها و زمینهای مردابی نمیتوانست در دینوسورها و متنوع که کاملاً با زندگی روی خشکی سازش حاصل کرده بودند ، مؤثر واقع شود . و به علاوه چنانکه می دانیم بسیاری از انواع خزندگان مانند پتروداکتیل خیلی پیشتر از سرد شدن آب و هوا از بین رفته اند . دیگر از عللی را که مستقیماً در انقراض امپراطوری کهنسال خزندگان مؤثر می دانند ، پیدایش جهان پستانداران است .

بدیهی است کسی فکر نمی کند پستانداران کوچک اولیه که جثه آنها از موش صحرائی بزرگتر نبوده است بتوانند در تنازع ، دینوسورها را از میدان بدر کنند . ولی احتمال زیاد دارد که این پستانداران در پی تحصیل غذا ، تخمهای دینوسورها را خورده باشند و با این عمل از تعداد موالید این جانوران نیرومند کاسته باشند . تازه این فرضیه همه امور را بیان نمی کند زیرا عده زیادی از خزندگان بزرگ مانند ایاکتیوزورها زنده زابودند و نوزادان آنها به اندازه کافی بزرگ بودند که بتوانند خود را حفظ کنند .

شاید کلیترین فرضیه ای که بتواند انقراض جهان خزندگان یا بسیاری از اینگونه موارد را در سایر گروههای حیوانات بیان کند قبول این نکته باشد که ، هنگامی نوعی منقرض می شود که تعداد موالید نژاد کهنسالش به طور طبیعی کاهش حاصل کند . در حقیقت چون در هر شاخه ای از ردیف تکاملی موجودات

---

۱- از بقایای این جهان حیوانی نیرومند ، در حال حاضر فقط چند نوع معدود مانند تمساحها و لاکپشتان وجود دارند .

زنده ، پیدایش نسل جدید با تقسیم سلول‌های مولدهٔ نسل قبلی صورت می‌گیرد ، ممکن است تصور رود صفات و اختصاصات ارثی که توسط ژنها نقل می‌شوند بیش از پیش « رقیق » شده باشند و سلول‌های مولدهٔ انواع کهنسال تدریجاً « بر اثر تقسیم خسته شده باشند . »

اطلاعات کنونی ما دربارهٔ صفات و اختصاصات سلول زنده و روشن تقسیم آن هنوز کم است و راهی برای تشخیص اینکه فرضیهٔ فوق صحیح باشد یا نه موجود نیست . ولی اساساً غیرممکن به نظر نمی‌رسد که اینگونه « تحلیل رفتن نیروی حیاتی » امکان پذیر باشد و کلیهٔ افراد يك نوع جانور یا گیاه فقط به علت زیادی سن بتوانند از بین بروند. اینگونه تصور با « اصل تکرار خلاصهٔ آنچه گذشته است » مطابقت دارد . بر طبق این اصل در ، اگر اولیه جنینی زندگی هر فردی تمام مراحل تکاملی نوعش تکرار می‌شود ، اگر نمویك فرد به موازات نمونهٔ آن صورت می‌گیرد ، منطقی است اگر انتظار داشته باشیم که نوع هر جانوری نیز دیر یا زود به همان روش که افرادش از بین می‌روند ، راه زوال پیش گیرد .

### عصر شیر

از نظر بیولوژی این جمله که « آدم از راه شیر مادرش عاداتی کسب می‌کند » معنی عمیقی در بردارد . زیرا ظهور غدد پستان که مایع سفید مغذی به نام شیر تولید می‌کنند مهمترین صفت یکی از بزرگترین گروه انواع حیواناتی است که ما نیز بدان تعلق داریم. پستانداران از نظر شکل و عادات بسیار متفاوت می‌باشند . حتی بعضی تخمگذاری می‌کنند مانند « اورنی تورنگک » و « اکیدنه » ولی این صفت که همهٔ آنها بدون استثنا عادت دارند به نوزادان خود شیر بدهند ، کلیهٔ آنها را در يك گروه کاملاً متمایز و شناخته شده جای می‌دهد. تاریخ پستانداران بایستی خیلی زود یعنی در اواخر دوران اول آغاز شده باشد. به عبارت دیگر از هنگامی باید شروع شده باشد که اعضای مولد شیر ، در بعضی خزندگان كوچك كه بالاخص به فكر توجه از نوزادان خود بودند ، ظاهر شده است . ولی در طی عصر تاریك دوران دوم یعنی هنگامی که خشکی‌ها و دریاها تحت سلطهٔ خزندگان عظیم‌الجثه بودند ، این جانوران بی‌آزار بچه دوست ، موقعیت مناسبی برای تکامل نداشتند . رسوبات دورهٔ ژوراسیک ، بقایای اتفاقی این پستانداران قدیمی را در بردارند. این جانوران که جثهٔ آنها هیچگاه از

جثه يك سگ تجاوز نمی کرد ، غالباً همراه بقایای دینوسورها یافته شده اند. از قرار معلوم این پستانداران بهترین غذای دینوسورها را تشکیل می داده اند. یافته شدن بقایای این جانوران نوظهور در همه نقاط دنیا (مخصوصاً آفریقا) نشان می دهد که در تنازع بقا موفقیت بسیار داشتند و امکان تکامل نامحدود در نهاد آنها متمکن بوده است. تذکر این نکته قابل توجه است که تنها جایی که بقایای پستانداران اولیه یافته نشده قاره استرالیا است. استرالیا همان جایی است که با داشتن پستانداران پستی نظیر «اکیدنه» و «اونی تورنگ» و کانگورو مشخص می باشد. این پدیده ممکن است نشانه ای از این کیفیت باشد که پیدایش پستانداران در این قاره دور افتاده خیلی دیر تر و به روش کاملاً جدا از بقیه دنیا انجام گرفته است. ضمناً دلیلی است بر اینکه بسیاری از شباهت های موجودات زنده ممکن است بیشتر مربوط به قانون عمومی تکامل در شرایط مشابه باشد نه اینکه نتیجه وراثت (به بخش نخستین همین فصل مراجعه شود). رابطه ای را که بین سرعت نسبی تکامل در نقاط مختلف و تکامل در مناطق مربوط به هم يك سرزمین موجود است می توان مانند تکاملی در نظر گرفت که مستقل از یکدیگر در قاره های مختلف صورت می گیرد. چون تکامل موجودات زنده به طرق «کوشش و خطا» یا غالباً به روش «خطا» صورت پذیرفته است<sup>۲</sup> می توان انتظار داشت که مقدار تکاملی که بدین طریق حاصل می گردد یا تعداد افرادیکه به وجود می آیند متناسب باشد. بنابراین، امر تکامل بایستی در سرزمین مربوط به هم اروپا و آسیا و آفریقا تا اندازه ای سریعتر از امریکا و حتی خیلی سریعتر از قاره کوچک مجرای استرالیا صورت گرفته باشد.

اما نباید درباره این موضوع که در حال حاضر صحت و سقم آن معلوم نیست سخن به درازا بکشیم بلکه بهتر آنست که به شرح چگونگی تکامل

۱- کانگورو را باید يك پستاندار اولیه به حساب آورد زیرا اگرچه تخم گذار نیست معهذاً نوزادنی به وجود می آورد که نموجنینی را به پایان نرسانیده اند و آنها را تامدتی در کیسه ای که در زیر شکم دارد حمل می کند تا نموشان به پایان برسد.

۲- از کلیه تغییراتی که به يك موجود زنده ممکن است دست دهد، عده بسیار کمی برای تنازع بقا نسبتاً مفید به نظر می رسند و به روش انتخاب طبیعی دایمی می گردند.



پستانداران باز گردیم . چنانکه در بالا اشاره گردید ، این حیوانات کوچک در طی صدها میلیون سالی که عرصه پهناور زمین تحت اشغال خزندگان بوده است سرگردان می زیستند و تسلیم پیش آمد بودند ولی با انقراض ناگهانی خزندگان عظیم الجثه ، در آغاز انقلاب سنوزوئیک ، پستانداران تنها سلطان بلامنازع قاره ها بودند و به سرعت به حد تکامل رسیدند .

در طی دوره ائوسن ، یعنی دوره ای که عصر جدید تاریخ عالم جانوران را مفتوح می سازد ، جهان حیوانات توسعه بسیار داشت و واجد نمونه های متعددی بود که می توانستند به عنوان اجداد جانوران امروزی به حساب آیند . اما صفت مشخص این جهان جانوران اولیه کوچک جثه همه انواع آنها بوده است و چهل میلیون سال طول کشید تا این موجودات توانستند به جثه های امروزی خود برسند . اسبها و فیل های دوره ائوسن به اندازه گربه های خانگی امروزی بودند . جثه کرگدن های باریک اندام آن زمان از جثه خوک متجاوز نبود .

وقد اجداد فیل های امروزی به زحمت تا کمر انسان می رسید . البته در آن موقع انسانی وجود نداشت ، حتی انسان کوچک هم موجود نبود . ولی عده زیادی میمون های بسیار کوچک وجود داشتند که با پرتاب کردن نارگیل از بالای درختان به یکدیگر به تفریح می پرداختند . جانوران گوشتخوار آن عصر را کرئودونت ها (Creodontes) تشکیل می دادند که بعدها دو گروه بزرگ از آنها به وجود آمدند : سگسانان (سگ ، گرگ ، خرس) و گربه سانان (گربه ، ببر ، شیر) .

با گذشت زمان ، بعضی از انواع پستانداران اولیه از بین رفتند در حالی که عده دیگر تکامل حاصل کردند و صاحب جثه بزرگتر شدند . در دوره میوسن ، یعنی قریب ۲۵ میلیون سال پیش اسبها به جثه اسب های کوچک نژاد «شتلند» امروزی بودند در صورتی که کرگدن ها خیلی قوی گشتند و دیگر با یک ضربه نوک پا از سر راه کنار نمی رفتند . اما نیرومندترین حیوانات محققاً گرازهای عظیم الجثه ای بنام آنتلودنت ها (Antelodontes) بودند که جثه گاونری داشتند و طول جمجمه آنها ۱۲۵ سانتیمتر بوده است (تصویر XXI) . اجداد فیل های امروزی از نظر جثه بزرگتر شدند و خرطوم آنها که در مراحل اولیه تکامل قابل توجه نبود ، بیش از پیش دراز گردید . در قاره اروپا و آسیای جنوبی ، نه در امریکا ، میمون های زشت منظر بزرگی مشاهده می شدند که در یوپیتکوس (Dryopithecus) شناخته شده اند و خویشی دوری با گوریل های

امروزی داشتند .

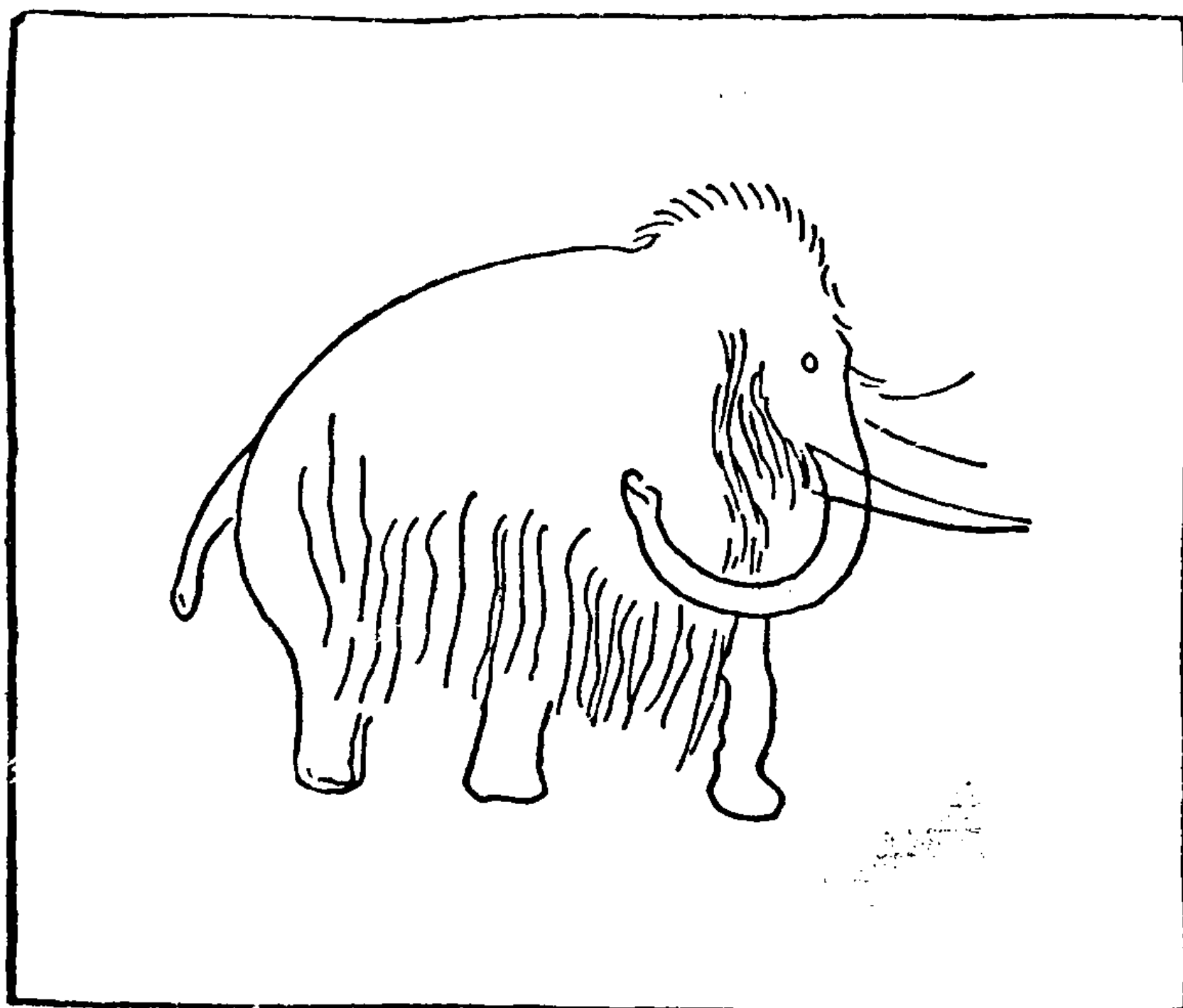
نباید فراموش کرد که تا آغاز یخبندان پلیستوسن ( به فصل VIII مراجعه شود ) آب و هوای زمین حتی در عرضهای شمالی ملائمت بود و غذای فراوانتر وجود داشت و جانورانی که امروزه فقط در مناطق گرم پیدا می شوند ، در مناطق وسیعی از اروپا و شمال آمریکا و شمال آسیا وجود داشتند. در واقع فیلهایی که در رسوبات آن عصر یافته شده اند شکی باقی نمی گذارند که فیلها و کرگدنهای واسبان آبی و شیرها و بیره های کنونی و آنهایی که منقرض شده اند ( انیا بهای فوقانی بسیار طویل داشتند ) و بسیاری از جانوران دیگری که اکنون فقط در افریقای استوایی پیدامی شوند، برای تحصیل روزی تا حدود شهرهای نیویورک و پاریس و مسکو و پای پینگ در گردش بودند .

هنگامی که طبقات یخی ضخیم برای نخستین بار در نواحی شمال پیشروی خود را به طرف جنوب آغاز کردند و تدریجاً نواحی وسیع اروپا و امریکای شمالی را پوشانیدند، جانوران و گیاهان این ناحیه نیز رفته رفته به طرف جنوب رانده شدند . بسیاری از انواع که به علی قادر به مهاجرت به طرف جنوب نبودند، از سرمای زیاد تلف شدند در حالی که انواع دیگر با آب و هوای جدید سازش حاصل کردند و برای حفاظت خود از سرمای زمستان قطبی دارای پشم انبوه شدند .

شاید جالبترین منظره این دوره های سرد تاریخ زمین، رؤیت ماموت هایی بود که عاج بلند داشتند و بدنشان از پشم قهوه ای رنگ انبوه پوشیده بوده است و در قاره های پوشیده از برف طی طریق می کردند ( تصویر (XXII) . گرچه نوع این جانوران عظیم الجثه پر پشم چندین هزار سال پیش منقرض شده است مع هذا لاشه های بعضی از آنها هنوز هم در بیابانهای مستور از برف نواحی شمالی سیبری به ممکن است پیدا شود. حتی اتفاق افتاده است که یکی از اعضای هیئت اعزامی آکادمی علوم روسیه غذایی صرف کرده که از گوشت ماموت تهیه کرده بوده اند. وجود يك کوله پشتی محتوی داروهای مخصوص کمکهای اولیه وی را از ابتلای به اختلالات شدید معدی نجات بخشیده است .

در بررسی عمیقی که از تکامل حیات در روی زمین به عمل آورده ایم ، اکنون به نقطه ای نزدیک شده ایم که موقع صحبت از خودمان رسیده است ولی چون تکامل انسان اتفاقی جزئی بود که در طی تاریخ رخ داده است از آن به اختصار

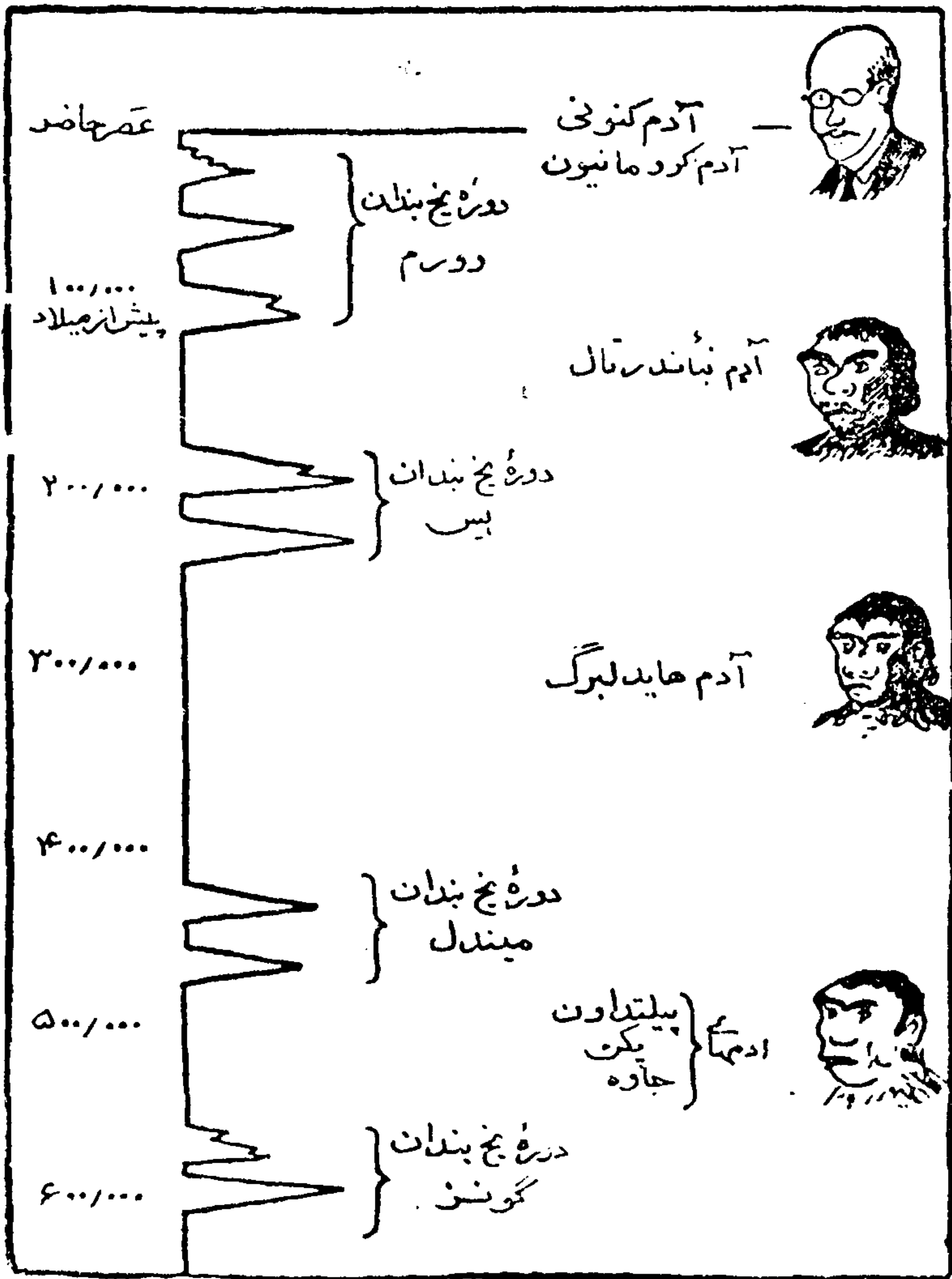
سخن خواهیم گفت. شکی به نظر نمی‌رسد که انسان امروزی یعنی هومو ساپینس (Homo sapiens) که ما آن را در بحث‌های علمی «انسان عاقل» می‌نامیم ،



شکل ۵۹ : تصویری از ماموت که روی سنگی از دیوار غار کومبارل فرانسه توسط يك هنرمند ماقبل تاریخ کنده شده است .

از جانورانی شبیه میمونهای بی‌دم ، در طی دوره یخ بندان پلیستوسن نتیجه شده است . مثلاً می‌توان چنین پنداشت که دریکی از پیشرفت‌های یخ-بندان ، بعضی گروه‌های این جانوران ، برای ادامه زندگی خود به سوی جنگلهای مناطق گرم حرکت نکردند بلکه در همانجا که بودند باقی ماندند و مجبور گشتند با شرایط جدید و سخت حیات سازش کنند . مشقت حاصل از این گونه شرایط حیات بایستی محرك اولیه نمو مغز این مخلوقات بوده باشد و آنها را به جاده اکتشافات و اختراعات، که از مشخصات تکاملی نوع انسان است، سوق داده باشد. جدید بودن ظهور انسان‌های اولیه نسبت به دینوسورها، مثلاً سبب شده است که بقایای حاصل از آنها خیلی نادر و ناقص باشد . گرچه

برای یافتن اینگونه آثار حداکثر کوشش به عمل آمده است معهدنا نتیجه بسیار کم بوده است. به علاوه آنچه یافته شده، چیزی بیش از یک جفت استخوان غیر مربوط بهم یا یک قطعه آرواره نبوده است. نمونه‌های این انواع قدیمی، که استخوانهایشان در قفسه‌های موزه‌های ما وجود دارد و نژادشناسانی را که کوشش دارند ارتباط آنها و درجه قدمتشان را تعیین کنند به در دسر دچار می‌سازند، معمولاً از روی محلی که کشف شده‌اند نام گذاری می‌شوند. بنابراین ما یک «آدم جاوه»، یک «آدم پکن»، یک «آدم پیلت داون» (انگلستان) و یک «آدم هایدلبرگ» (آلمان) و یک «آدم نئاندرتال»، و یک «کرومانیون» (فرانسه) داریم. آخرین آدمها محققاً به درجه عالی نمو رسیده بوده‌اند و تمایل آشکاری به هنرمندی داشته‌اند (شکل ۵۹). تا این اواخر وجود انسان ماقبل تاریخ در امریکا محقق نشده بود ولی اکنون آثاری از یک زن موسوم به مینه‌زوتا (Minnesota) در دست می‌باشد. در سال ۱۹۳۱ استخوان بندی زنی در عمق سه متری رسوبی از جنس گل رس دریاچه یخچالی نزدیک پلیکان راپیدز مینه‌زوتا (Pelican Rapids Minnesota) پیدا شد. از سن این رسوبات چنین به نظر می‌رسد که این زن قریب ۲۲۰۰۰ سال قبل در دریاچه غرق شده است. به علت کمیاب بودن بقایای انسانهای اولیه و اشکال تعیین عصری که در آن می‌زیستند، رشته تکاملی نوع ما به طور خیلی مبهم می‌تواند ترسیم گردد و چنین به نظر می‌رسد که این نمونه‌های معدود یافته شده، بیشتر به شاخه‌های فرعی شجره نسلی ما تعلق دارند نه به تنه اصلی آن که به هوموساپینس امروزی ختم گردیده است. در شکل جدول دوره‌های عصر پلیستوسن همزمانی احتمالی انسانهای فسیل شناخته شده را به طور خیلی کلی نشان داده‌ایم. به طوریکه در عکس مجاور، که انواع آدمهای یافته شده را در آن مجسم کرده‌ایم، ملاحظه می‌گردد این انسانها خیلی بد منظر بوده‌اند و فقط از این نظر به آنها انسان گفته‌اند که به ما بیش از میمونها شباهت داشته‌اند ولی نوع انسان تکامل سریع و پیوسته داشت و مغز آن به طور ثابت از نظر حجم و درجه فعالیت در حال افزایش بود. ۱- هنگامی که در ساحل اقیانوسهای امروزی قدم می‌زنیم نه فقط مانند ۱- مغز میمونهای بزرگ دوره میوسن فقط ۳۰۰ سانتیمتر مکعب حجم داشت. مغز آدم جاوه در اوایل پلیستوسن ۹۸۵ سانتیمتر مکعب بود ولی مغز انسانهای امروزی بین ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰ سانتیمتر مکعب حجم دارد.



شکل ۶۰: تکامل انسان

میلیون‌ها سال پیش جلیک و صدف می‌بینیم بلکه جمعیت انبوهی از هوماساپینس‌ها را ملاحظه می‌کنیم که با انبساط خاطر در امواج کف‌آلود ساحل بازی و جست و خیز می‌کنند.

## فصل دهم

### نظری به آینده

انقلاب قریب الوقوعی که سبب برخاستن کوهها می شود .

پس از آنکه تغییرات سیاره ما را طی دومیلیارد سال عمرش ، تاحدی به تفصیل مطالعه کردیم و علل آن تغییرات را دریافتیم ، اکنون جادارداطلاعات خود را برای پیشگویی حوادثی که بعداً پیش خواهند آمد بکار بندیم . چنانکه بارها یادآور شده ایم ، ما در وسط يك دوره انقلابی تاریخ زمین زندگی می کنیم ، یعنی در عصری که قشر زمین تحت اثر تکانهای داخلی حاصل از سرد شدن پیکر زمین می لرزد و خرد می شود . همچنین متذکر شده ایم که دو انفجار آتشفشانی و فعالیت های کوهزایی در این اواخر صورت گرفته است که یکی از آنها چهل میلیون سال پیش به وقوع پیوسته و منجر به تشکیل «هیمالیا» و «راکیز» و «آند» شده است و دومی که فقط بیست میلیون سال پیش اتفاق افتاده «آلپ» و سلسله جبال «کاسکاد» را به وجود آورده است .

گرچه تشکیل این کوههای عظیم ، خاتمه یافته به نظر می رسد ، مع هذا هنوز ناقص تر از انقلابات قبلی است . بنابراین قریب به یقین است که فعالیت های کوهزایی انقلاب حاضر تکمیل نشده است و در آینده دور یا نزدیکی بشر از انقلاباتی یاد خواهد کرد که مقدم بر تاریخ گذشته اش نبوده است .

بدبختانه ، پیشگویی تاریخ انقلاب بعدی یا حتی معلوم کردن يك «عصر بی خطری» که در طی آن عدم وقوع چنین انقلابی تضمین گردد ، کاملاً

غیر ممکن است . برای محاسبه وضع آینده قشر زمین باید از طرز پراکندگی مواد مختلف در ضخامت کل آن و همچنین قابلیت فشردگی و استحکام آنها، نیز از تکانهای فعلی و حتی موقعیت تمام شکافها و نقاط ضعیف قشر زمین اطلاع کامل حاصل کنیم . اما اگر فعالیت‌های بسیار زیاد زمین شناسان بتواند تمام این اطلاعات را با دقت دلخواه به ما بدهد، احتمال دارد محاسبه عددی آن فقط هزارها سال طول بکشد !

نه می‌توانیم وقوع انقلابی را که بالای سرمان دور می‌زند پیشگویی کنیم نه اینکه چیزی درباره علائمی که نزدیکی آنرا اعلام می‌دارند بیان کنیم . این علائم شامل زمین لرزه های شدید و انفجارهای آتشفشانی و حرکت عمومی زمین خواهد بود ولی ما مطمئن نیستیم این پدیده‌ها با چه شدتی ظاهر خواهند شد که در زمره حوادث جاری قشر زمین به حساب نیایند و نمی‌دانیم چه مدت پیش از انقلاب اصلی بروز می‌کنند . از طرف دیگر می‌توانیم مطمئن باشیم که وقتی ریزش آغاز گردد زمین محل امنی برای زیستن نخواهد بود . دراماکنی که محل وقوع فعالیت‌های کوه‌زایی است، زمین با «رقص مرگ» به لرزه در خواهد آمد و مقادیر معتنا بهی از گدازه‌های قرمز سوزان که از شکافهای حاصل در قشر زمین بیرون می‌ریزند روی صدها هزار کیلومتر مربع گسترده خواهند شد. حتی در نقاطی که از محل تولد کوه‌های جدید بدورند زمین لرزه های شدید و به احتمال قوی امواج سهمگین اقیانوس‌های آشفته ، زندگی را خطرناک‌تر خواهد ساخت .

تنها دلداری که می‌توانیم به خوانندگان که از مجسم ساختن این وضع ناگوار بیمناک شده‌اند، بدهیم این است که وقوع این انقلاب در زمان حیات ما احتمال ندارد . چون دوره کامل انقلاب ، ده‌ها میلیون سال طول می‌کشد ، احتمال اینکه انفجار در ده سال یا یک قرن بعد صورت بگیرد بسیار ضعیف است و حتی ضعیف‌تر از حوادث ناگوار دیگری است که ممکن است بشریت را تهدید نماید .

## دوره یخبندان آینده

گرچه قادر نیستیم برنامه‌ایام وقوع انقلاب کوه‌زایی آینده را پیشگویی کنیم ولی می‌توانیم از وضع آب و هوای آینده اطلاعاتی بدهیم و تاریخ پیشروی



یخهای قطبی را از روی قاره‌هایی که امروزه قسمت اصلی مسکن انسان را تشکیل می‌دهند، تعیین کنیم. در فصل VIII دیدیم که تناوب توسعه یخچالها، بیشتر با حوادث نجومی بستگی دارد و پیشروی و عقب‌نشینی متناوب لایه‌های یخ را می‌توان به بعضی تغییرات مدار زمین که همواره تکرار می‌شود و همچنین به جهت محور گردش زمین مربوط دانست. از آنجا که محاسبه تغییرات منتظره در پدیده‌های فوق برای يك منجم، حتی برای مدت چندین صدهزار سال بعد با اشکالی مواجه نمی‌شود، پیشگویی دوره‌های یخبندان آینده کار نسبتاً سهلی خواهد بود.

به خاطر داریم (فصل IX) که سه عامل اصلی روی حرارت متوسط تابستان نیمکره شمالی و جنوبی مؤثر می‌باشند:

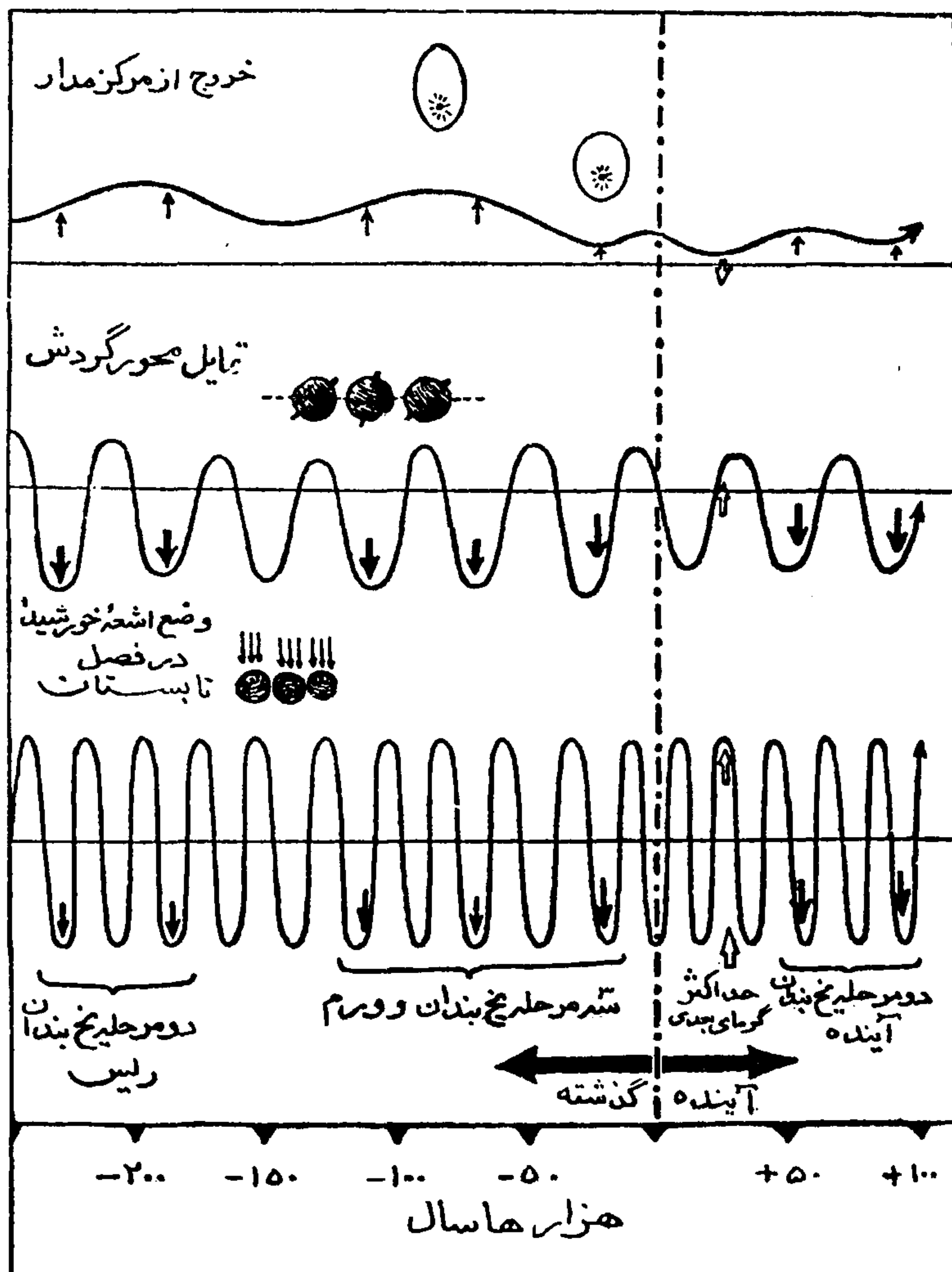
اول طول بودن مدار زمین. دوم تمایل محور گردش زمین نسبت به سطح مدار و سوم تقدیم اعتدالین محور گردش زمین. این سه عامل وقتی با سمت الشمس<sup>۱</sup> مقارن می‌گردند، تعیین خواهند کرد که وقتی زمین از دورترین نقطه مدارش حرکت می‌کند، کدامیک از دو نیمکره شمالی یا جنوبی متوجه خورشید خواهد شد (یعنی تابستان خواهد داشت) و نیز اظهار شده بود که عصر یخبندان در هر يك از دو نیمکره، وقتی واقع خواهد شد که نیمکره مورد بحث در این شرایط متوجه خورشید باشد: زمین از دورترین نقطه مدارش عبور کند و در همان حال مدار به حداکثر طول شده باشد و تمایل محور گردش زمین به حداقل برسد.

در شکل ۶۱ تغییرات این سه عامل حرکت زمین را که از روی مکانیک سماوی محاسبه شده است برای ۲۵۰،۰۰۰ سال قبل و ۱۰۰،۰۰۰ سال آینده نشان داده‌ایم. منحنی فوقانی، خروج از مرکز محور زمین را چنانکه در بحث فصل هشتم متذکر شده‌ایم، نشان می‌دهد. وقتی مقدار این خروج از مرکز زیاد گردد، تشکیل یخ در دو نیمکره باید خیلی دامن‌دار شود. منحنی وسط انحراف تمایل محور زمین را از مقدار کنونی یعنی  $23^{\circ}$ ،  $27^{\circ}$ ،  $30^{\circ}$  در دوره‌های مختلف نشان می‌دهد. از آنجا که سردترین تابستانها مربوط به کمترین میل محور است لذا محلی که حداقل را نشان می‌دهد، برای یخبندان مساعدتر خواهد بود.

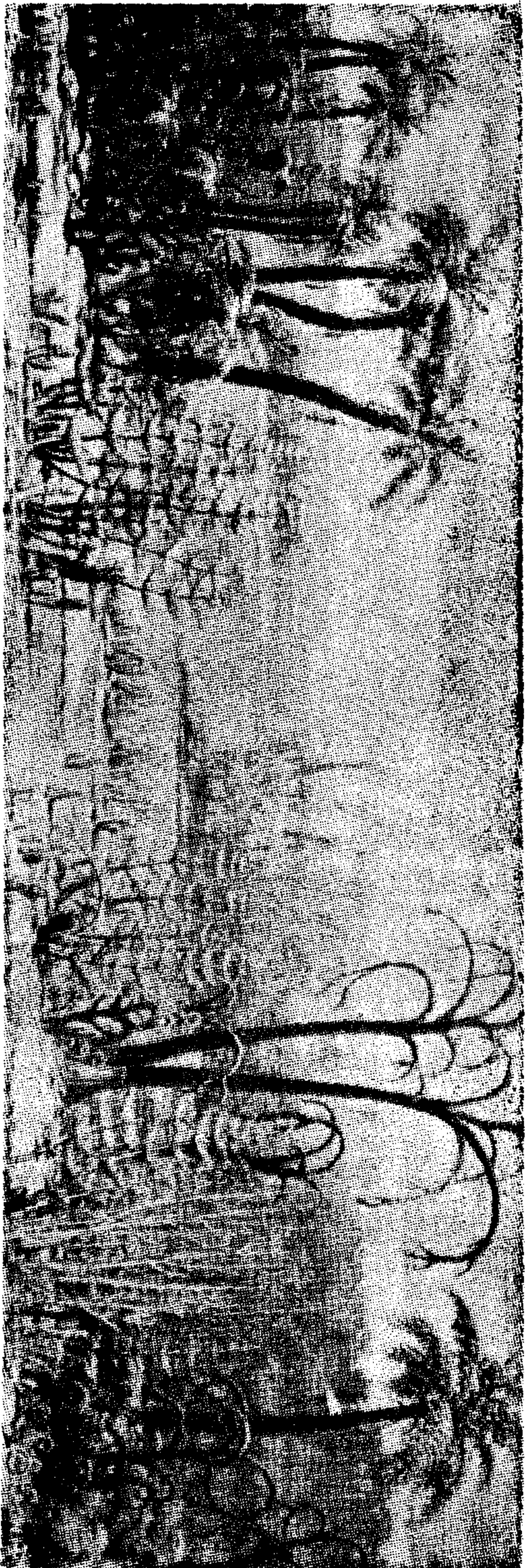
---

۱- نقطه‌ای از مدار هر سیاره را گویند که از نقاط دیگرش به خورشید نزدیکتر باشد. - م.

منحنی تحتانی معلوم می‌دارد که وقتی زمین از دور ترین نقطه مدارش عبور می‌کند کدام نیمکره به طرف خورشید است (یعنی اینکه تابستان دارد). منحنی به يك حداكثر می‌رسد، نیمکره جنوبی متوجه خورشید می‌شود و هنگامی که به حداقل می‌رسد نیمکره شمالی چنین موقعیتی دارا می‌گردد.



شکل ۶۱: شکل پیشگویی دوره‌های یخچالی آینده و وهله‌های گرما که توسط مؤلف طرح شده است.



تصویر ۲۱ - جنگل‌های اواسط دوران اول، منحصرأ در زمین‌های باتلاقی وجود داشتند و قسمت عمده آن را دم اسپیان و سرخس‌ها تشکیل میدادند.





تصویر ۲۲ - بعضی خرنندگان اوایل دوره پرمین شبیه تمساحان امروزی بوده اند بعضی از آنها تیغه های بلند استخوانی در پشت داشتند که وسیله دفاعی آنها بوده است. دست و پای آنها در پهلوهای بدنشان وجود داشت. حرکتشان روی خشکی کند بود و روی زمین پهن میشدند.



تصویر ۴۳ - تیس انوزوروس رکس، خزنده عظیم الجثه شبیه کانگورو، موحش ترین جانور دوره کراتاسه را تشکیل میداده است. در دهین دوره غده زیادی خزندگان شاخدار وجود داشتند که تریس اتوپس معروف ترین نمونه این رده است.





تصویر ۲۴ - خزنندگان متنوع فراوانی در آبهای دوران دوم وجود داشتند. بهترین نمونه آنها یکی ایکتوزوروس است که بهماهی شبیه بوده دیگری پلزیوزوروس می باشد که گردنی شبیه گردن قو داشته و از آن برای شکار ماهی استفاده می کرده است .

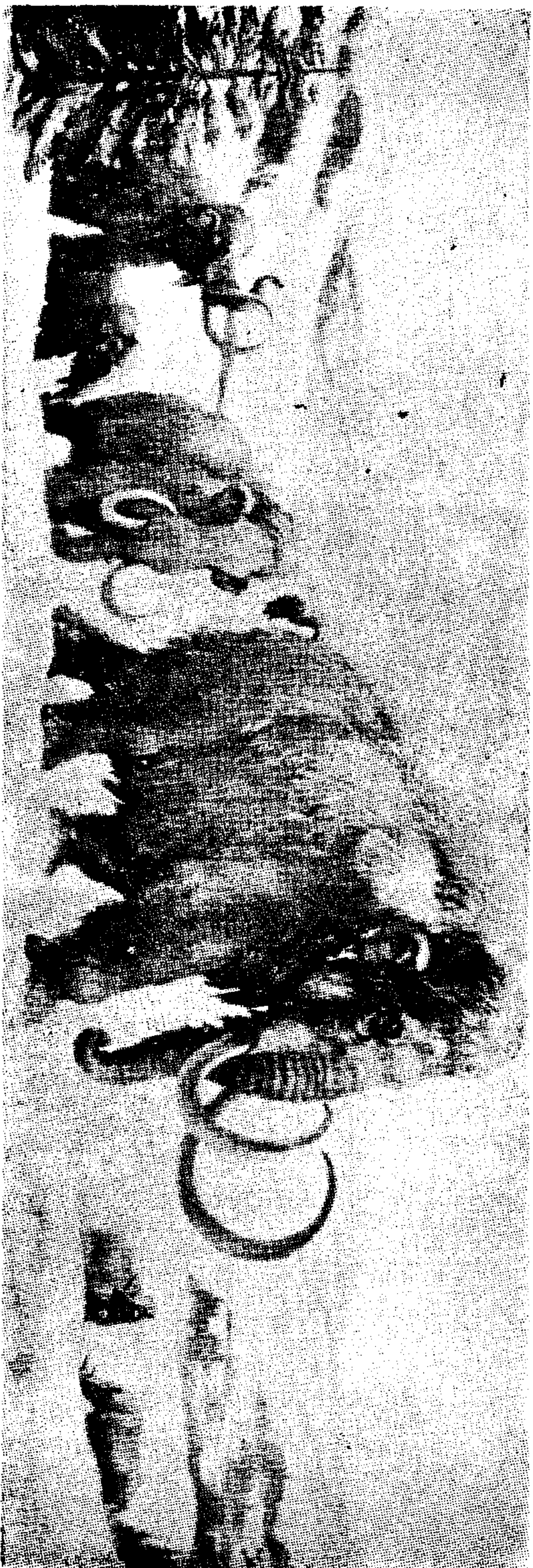


تصویر ۲۵ - پتروداکتیلها (بالاست چپ) که نیروی هوایی جهان‌خیزند گان را در دوران دوم تشکیل می‌دادند بدنی برهنه و بالهای پرده‌ای و دندان‌های تیز داشته‌اند. در طی دوره کراتاسه این پرنده گان غول‌پیکر بعداً کتر تکامل خود رسیده‌اند. در بعضی نمونه‌های فسیل‌شده، سر تاسر بالها، به‌هشت‌متر میرسیده‌است. لاک‌پشت ماقبل تاریخ راست و پائین تصویر ملاحظه میشود.





تصویر ۲۶ - آنتلودون‌ها ، ( اگر ازهای عظیم الجثه ) که شاید قویترین جانوران دوره میوسن را تشکیل می داده‌اند ، بجثه گاو نر بودند و جثه آنها در حدود ۱۲۵ سانتیمتر درازی داشته است . قریب ۲۵۰۰۰۰ سال پیش کرگدنها ( طرف چپ و پایین تصویر ) باریک بودند و جثه آنها از جثه يك سگ معمولی متجاوز نبوده است . اسپان آن زمان ( وسط تصویر ) از اسپان كوچك بزرگتر نبودند در حالی كه شترهای ماقبل تاریخ ( بالا سمت چپ تصویر ) به آهوهای امروزی شباهت داشتند .



تصویر ۲۷ - یکی از مناظر جالب دوره یخبندان ، منظره فیلهای ماموت است که خرطومی دراز داشتند و بدنشان از پشم انبوه قهوه‌ای رنگ پوشیده بوده است . این جانوران بسوی مناطق پوشیده از برف ضخیم پیش رفتند و درمناطق وسیعی از آسیا و اروپا و شمال امریکا پخش گردیدند .

وقتی در این منحنی دقت شود، معلوم می‌گردد که شرایط مخصوص مساعد تشکیل یخ در طی ۲۵۰،۰۰۰ سال گذشته پنج بار در دو یاسه و هله فراهم شده است. این پنج بار یخبندان همان آخرین دفعات پیشروی یخ است که قبلاً در منحنی فصل هشتم راجع به تابستان نیمکره خودمان نشان داده‌ایم. بعلاوه می‌توان گفت که آخرین دوره یخبندان در ۲۵،۰۰۰ سال قبل از میلاد مانند یخبندانهای قبلی، خیلی سخت نبوده زیرا در آن موقع مقدار خروج از مرکز مدار زمین خیلی زیاد نبوده است. این نتیجه‌ای است که با اطلاعات زمین شناسان مطابقت کامل دارد.<sup>۱</sup>

اکنون اگر توجه خود را به آینده معطوف سازیم خواهیم دید که شرایط تشکیل یخ در نیمکره شمالی در ۵۰،۰۰۰ و ۹۰،۰۰۰ سال آینده مجدداً فراهم خواهد شد و باید انتظار داشت که در این دو دوره بیشتر آمریکای شمالی و اروپا از لایه‌های ضخیم یخ پوشیده شود. خروج از مرکز مدار زمین در این دو دوره، به نظر تاحدی بیشتر از آخرین دوره یخبندان می‌آید ولی از چهار دوره دیگر کمتر است. بنابراین طی دو دوره نزدیکتر توسعه یخ، گرچه شهرهایی نظیر بوستون و شیکاگو و سیتل در حاشیه طبقات ضخیم یخی که تمام کانادا را می‌پوشاند قرار می‌گیرند، شاید بیشتر ایالات متحده آمریکای شمالی آزاد باقی ماند. در اروپا، یخ که از اسکاندیناوی به طرف جنوب پیشرفت می‌کند و شهرهای اوسلو و کپنهاگ و استکهلم و لنینگراد را می‌پوشاند احتمال دارد، پیش از رسیدن به لندن و پاریس و برلن متوقف گردد. تذکر این نکته به جا است که گرچه اطمینان داشتن از حرکت طبقات یخ در آینده، امری معقول به نظر می‌رسد معیناً سرنوشت شهرهای امروزی باید مشکوک تلقی گردد. فاصله زمانی که ما را از پیشروی آینده یخ جدا می‌سازد ده برابر زیادتر از زمانی است که از تمدن مصر قدیم تا کنون گذشته است و هنگامی که یخ از نواحی قلبی شروع به پیشروی به طرف جنوب می‌کند این شهرها فقط از نظر تاریخی برای باستان شناسان عصر اهمیت خواهند داشت.

دقت بیشتر در منحنی‌های معرف آب و هوای آینده همچنین نشان می‌دهد که

۱- در حقیقت طی آخرین توسعه یخبندان در اروپا، بخش بالنسبه کمی از قاره اروپا و چند نقطه منفرد در جزایر انگلستان از یخ پوشیده بوده است.

پیش از پیشرفت آینده یخ، آب و هوای زمین از آنچه اکنون هست گرمتر خواهد شد و در حدود ۲۰،۰۰۰ سال بعد به حداکثر خود خواهد رسید. در فصل نهم دیدیم که در طی دوره‌های گرم بین یخچالی، جنگلهای مناطق گرم زمین تا مرزهای کانادا در امریکا و شمال آلمان در اروپا توسعه داشته‌اند. اگر تصور کنیم چنین موقعیتی بیست هزار سال بعد نیز تکرار خواهد شد، تصور معقولی خواهد بود. احتمال دارد توسعه گیاهان گرمسیری در آینده، که مسلماً با مهاجرت همه انواع حیوانات ساکن فعلی مناطق استوایی افریقا و آمریکای جنوبی همراه است، حتی از توسعه آنها در دوره‌های بین یخچالی پیش نیز بیشتر باشد. زیرا چنانکه از شکل ۶۱ استنباط می‌شود، خروج از مرکز مدار زمین به کمترین مقداری می‌رسد که سابقه نداشته است. بنابراین ممکن است انتظار داشته باشیم که آب و هوای واشنگتن در ۵،۰۰۰ سال بعد مانند آب و هوای بوستون و در ۱۰،۰۰۰ سال بعد شبیه آب و هوای نیواورلئان و در ۱۵،۰۰۰ سال دیگر نظیر میانه‌ی و در ۲۰،۰۰۰ سال بعد دانند وست ایندیز (West Indies) گردد. بعدها حرارت تغییر خواهد کرد به طوری که در ۵۰،۰۰۰ سال بعد نواحی مجاور بوستون آب و هوایی نظیر خلیج بافین (Baffin Bay) خواهد داشت که امروزه مرکز معاملات پوست حیوانات است.

### پایان سنوزوئیک و فصلهای بعدی کتاب

اگر به آینده دورتر تاریخ سیاره ما نظر بیفکنیم، همان نظریکنواختی را می‌توانیم انتظار داشته باشیم که گذشته‌اش را مشخص ساخته است. در ده میلیون سال اول آینده سیاره ما که کوههای امروزی همچنان روی قاره‌ها یا برجا هستند و کوههای جدیدی نیز بر اثر سوانح شکست قشر زمین بلند می‌شوند، سطح زمین بیشتر به وضع امروزی شباهت خواهد داشت و پیشرویهای متناوب کم - دامنه یا پردامنه یخ به طور متناوب دوره‌های بین یخچالی به دنبال خواهند داشت. بعدها فعالیت‌های انقلابی کنونی رفته رفته از بین می‌روند و عمل مؤثر باران آخرین تپه‌های روی زمین را محو خواهد ساخت. قاره‌ها مسطح خواهند شد و دیگر جالب نخواهند بود. بخش عظیمی از قاره‌ها مورد تجاوز آب اقیانوسها قرار خواهند گرفت و دریا‌های کم عمق وسیع تشکیل خواهند داد. آب و هوا ملایم و یکنواخت خواهد شد و شخص خواهد توانست از فلوریدا به کانادا



سفر کند بدون آنکه احتیاج به تعویض لباس خود داشته باشد .  
 این قاره‌های بین دوره‌های انقلابی ، همچنان زیر سلطهٔ پستانداران کنونی ، که جثهٔ بزرگتری را دارا خواهند گردید ، قرار خواهند داشت . چنانکه در فصل پیش دیده‌ایم ، تمام انواع حیواناتی که در عصری از اعصار تاریخ زمین بر آن حکمرانی می‌کردند ، از نظر جثه تا بحدی بزرگ شدند که به انقراضشان انجامید و دلیلی به نظر نمی‌رسد که جثهٔ فعلی پستانداران زندهٔ کنونی حداکثر آن را نشان دهد ممکن است فیل که قبلا از امروز بزرگتر بوده دیگر نتواند بیشتر نمو کند و از روی زمین محو گردد (اکنون نیز در شرف انقراض است!) ولی به نظر می‌رسد تمام حیوانات دیگر از جمله انسان کاملاً مستعد نمومی باشند . بنابراین می‌توان تصور کرد که در « موزه‌های دیرین شناسی ۸۰،۰۰۰،۰۰۰ سال بعد ، تماشاچییانی که ۳ تا ۵ متر بلندی قامت دارند به مشاهدهٔ اسکلت فسیل‌هایی از اسب‌های بارکش خواهند پرداخت که به نظر آنها از جثهٔ سگ بزرگتر نخواهند بود .

ولی نباید زیاد بدنبال اوهام رفت اگرچه مبنای علمی داشته باشند . و در اینجا بحث دربارهٔ انقراض آتی نوع انسان را ، که ممکن است فقط به علت فساد سلولها و کاهش مؤثری که در تعداد موالید به وجود می‌آورد ، خاتمه می‌دهم .

اینکه چه نوع حیواناتی تاج « دیکتاتوری روی زمین » را به سر خواهند گذاشت نیز مسئله‌ای است که نمی‌توان نظری دربارهٔ آن اظهار کرد . هر يك از جانداران کوچکی که در زیر پای مامی خرد ممکن است نامزد حکمروایی باشد و حس همچشمی ما را برانگیزد .

اما راجع به خود زمین ، می‌توانیم انتظار داشته باشیم که رفته رفته قشر جامد ضخیم‌تر پیدا کند و موقعی برسد که مقاومتش به حدی شود که در مقابل هر تکانی ایستادگی نماید . تشکیل لایحه‌های سطحی در نتیجه خرد شدن ارتفاعات دوره‌های متناوب انقلاب ، در این مرحله از تکامل زمین بالاخره پایان خواهد یافت و پس از آنکه آخرین کوهها تحت اثر باران شسته شدند ، سطح قاره‌ها صاف و مسطح باقی خواهد ماند ، فقط وضع اصلی قاره‌ها و حوضه‌های اقیانوسها به عنوان خاطرهٔ دایم تولد دختر سیاره مادست نخورده باقی خواهد ماند .

### سر نوشت ماه

چنانکه در آغار این کتاب دیده‌ایم ، قریب دو میلیارد سال پیش ، کرهٔ ماه تحت اثر جاذبهٔ خورشید از يك برجستگی عظیم مدی زمین اولیه ، که در نتیجهٔ تشدید اتفاقی ، بزرگتر از حد استقامت زمین گردید ، به وجود آمد . ماه پس از نخستین کششی که منجر به جدا شدن آن از پیکر مام او یعنی زمین شد . در حالی

که حرکت زمین را کندتر می‌ساخت، همچنان به دور شدن خود از زمین ادامه داده است. از زمان تولد ماه فاصله آن از زمین، از صفر تا مقدار کنونی ۳۸۵،۰۰۰ کیلومتر افزایش یافت در صورتی که طول روز زمین از ۴ ساعت به ۲۴ ساعت رسیده است.

ولی جزر و مد همچنان دوبار در شبانه روز، در آبهای سیاره ما حاصل می‌شوند و ماه همچنان از زمین دور می‌شود و طول مدت شبانه روز نیز در افزایش است. اگر همین روش را در مورد تاریخ گذشته ماه در نظر بگیریم، چنین استنباط خواهیم کرد که ۲۰ تا ۳۰ میلیارد سال دیگر ماه به حداکثر فاصله از زمین می‌رسد (۲۰ درصد دورتر از فاصله کنونی) و در آن عصر روزها از ماههای قمری درازتر خواهند شد و هر روزی معادل ۴۷ روز کنونی خواهد گردید.

این حالت، که ماه بدون حرکت بالای یکی از نیمکره‌های زمین معلق شود نمی‌تواند معرف آخرین وضع موجود بین زمین مادرو دخترش باشد زیرا هنوز اثر خورشید همچنان باقی می‌باشد. تحلیل مشروح وضع مورد بحث نشان می‌دهد که تحت اثر اصطکاک حاصل از جزر و مد خورشید، زمین ناچار است گردش خود را به سوی مقصد نهایی که عبارت از رسیدن طول مدت روز آن به يك سال است کندتر کند در صورتی که ماه بایستی آهسته به سوی زمین مراجعت نماید.

ولی می‌توان انتظار داشت که این رجعت ماه چند برابر آهسته‌تر از عقب نشینی آن باشد زیرا در این حالت اثر جزر و مد خورشید از اثر جزر و مد ماه، که آن را اکنون می‌کشد، کمتر می‌گردد. بنا بر این ممکن است بیش از ۱۰۰ میلیون سال طول بکشد تا قمر، مجاور زمین گردد و به علت نیروی جاذبه قوی متلاشی شود و مانند آنچه در زحل دیده می‌شود حلقه‌ای به دور زمین تشکیل دهد. باید به خاطر داشت که در محاسبه زمان فوق، کار جزر و مد اقیانوسهای زمین به صورتی مورد قبول واقع خواهد شد که امروزه مؤثر است ولی در بخش آینده خواهیم دید که چنین موضوعی به اشکال می‌تواند پذیرفته گردد. مطالعه تکامل بعدی خورشید نشان می‌دهد که «این دستگاه حرارت مرکزی، منظومه شمسی، در ده میلیارد سال آینده تغییرات عمده حاصل خواهد کرد. می‌توان انتظار داشت که در اواخر این دوره، حرارت خورشید به حدی زیاد شود که تمام اقیانوس‌ها کلاً بخار گردند. و بعداً خورشید دوباره سرد شود و اگر آبی در سطح زمین باقی ماند منجمد گردد. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که کار آینده جزر و مد اقیانوسها به کمتر از ده میلیارد سال محدود است و در طی این مدت قادر نخواهد بود ما را به حداکثر فاصله به عقب بکشد. البته وقتی اقیانوس‌ها از بین

رفتند یا کلاً منجمد شدند نه فقط جزر ومد پیکر زمین همواره باقی می ماند بلکه چون این جزر ومد خیلی کم است و اصطکاک کمی حاصل می کند ، ماه وضع آینده خود را در يك فاصله زمانی که ۱۰۰ بار یا حتی بیشتر تمديد می گردد ، دارا خواهد شد .

### خورشید نمایش را پایان می دهد .

در مطالعه ای که از منشأ و تکامل زمین به عمل آوردیم ، دیدیم که تمام تاریخ آن باجرم مرکزی منظومه ما یعنی خورشید بستگی کامل و ناگسستنی دارد و نیز دیدیم که در تمام آن ایام یعنی هنگامی که تغییرات عمده در سطح سیاره ما حادث گردید ، خورشید واقعاً بدون تغییر باقی مانده است و تشعشعات آن بالاخص بیش از چند درصد تغییر نیافته است ولی از آنجا که هر چیزی پایانی دارد ، خورشید ما علی رغم منبع داخلی عظیمی که دارد ، دیر یا زود باید سرد شود . مسئله منبع انرژی خورشید همواره یکی از مسائل مبهم علم بوده است ولی حل آن فقط در چند سال اخیر امکان پذیر شده است .

اکنون می دانیم که انرژی تشعشع خورشید مانند انرژی سایر ثوابت نتیجه تبدیل عناصر شیمیایی است که در درون گرم آن پیوسته صورت می پذیرد . «کیمیای مولد حرارت» که گرمای درون خورشید از آن است اکنون شناخته شده و آن چیزی جز ئیدروژن معمولی نیست و «ماحصل احتراق» هلیوم می باشد که نخستین بار در جو خورشید یافته شده است . تبدیل ئیدروژن به هلیوم که با آزاد شدن انرژی زیراتمی عظیم همراه است ، خود به خود صورت نمی گیرد بلکه به بعضی کاتالیزورها احتیاج دارد که در اینجا اتمهای کربن وازت می باشند .

مقدار ئیدروژنی که در پیکر خورشید وجود دارد به ۳۵ درصد وزن کل آن تخمین زده می شود و از روی میزان مصرف لازم برای تأمین تشعشع خورشید ، چنین استنباط می کنیم که اندوخته این «کیمیای مولد حرارت» تقریباً برای ده میلیارد سال دیگر کفایت می کند . مطالعه مشروح دیگری که راجع به جریان داخلی خورشید به عمل آمده است ما را به این نتیجه می رساند که نقصان دائم مقدار «سوخت ئیدروژنی» آن فقط «احتراق» شدیدتری را از آنچه اکنون صورت می گیرد ، باعث خواهد گردید . به طوری که به خلاف انتظار ، خورشید باید قرن به قرن درخشانتر گردد . البته این افزایش

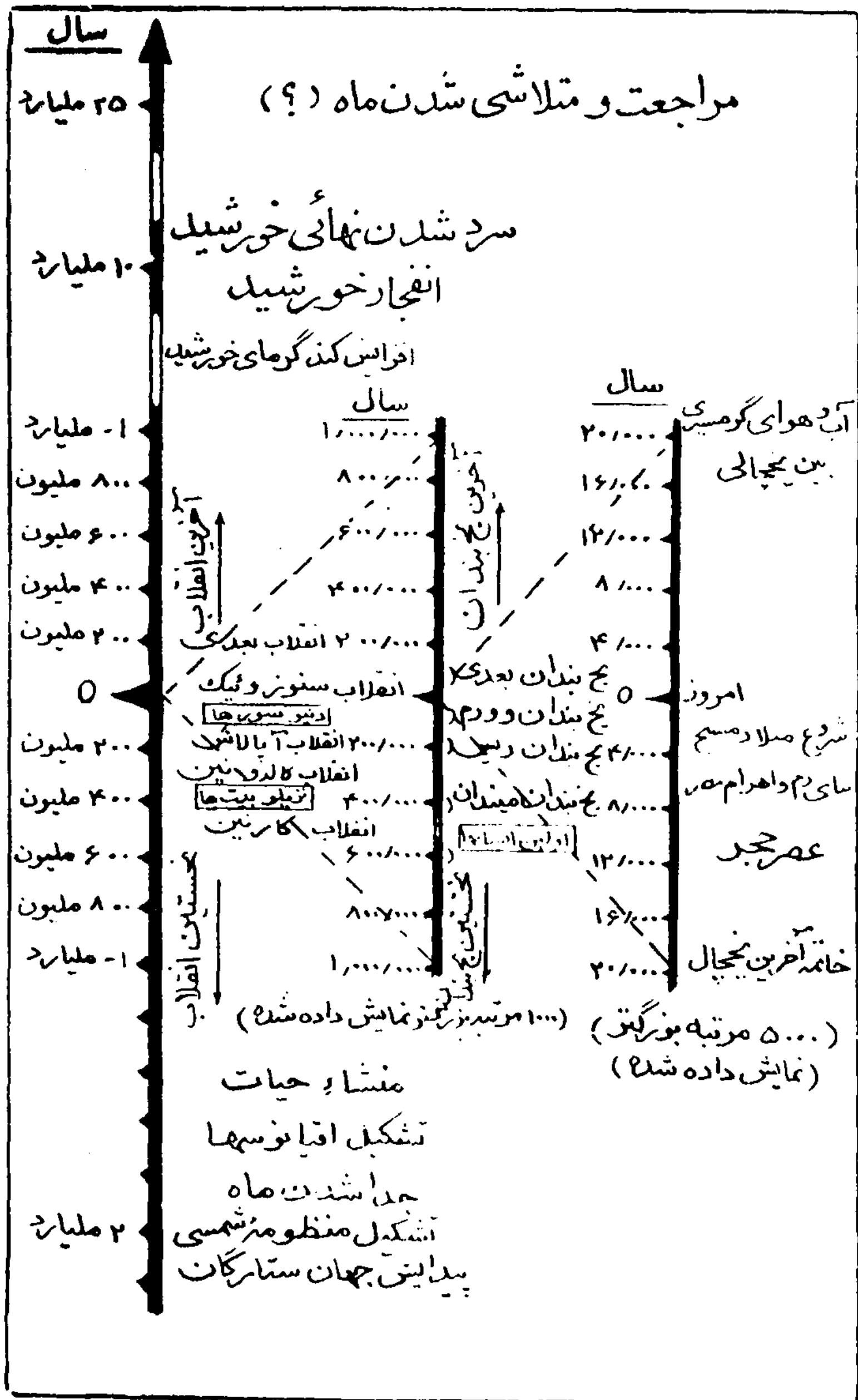


تدریجی فعالیت خورشید خیلی به کندی صورت می گیرد و چنانچه حساب شده است در تمام مدت دو میلیارد سال معرفه الارضی گذشته ، حرارت سطح زمین را فقط چند درجه بالا برده است . بنابراین درده میلیارد سال بعدی که ما را از مرگ خورشید جدا می سازد ، افزایش تدریجی درخشندگی پیوسته ادامه خواهد یافت و در اواخر این دوره خورشید تقریباً صد برابر از اکنون درخشنده تر خواهد شد . در آن موقع سطح سیاره ما به حد حرارت آب جوش گرم خواهد شد و تمام آب اقیانوسها بخار می گردد و جو زمین به قدری گرم می شود که شاید بیشتر آن به فضای بین سیارات فرار کند ( با بحث فصل چهارم مقایسه گردد ) .

دیگر بقای حیات روی زمین ممکن نخواهد شد و تمام ساکنان آن یا بر اثر گرما تلف می شوند یا مجبور می گردند به بعضی سیارات دور مهاجرت کنند . البته به شرط اینکه موجودات آن بسیار باهوش باشند و مسئله ارتباط بین سیارات را حل کنند .

خورشید پس از این کوشش حداکثر ، مانند وضعی که یک دونه در هنگام رسیدن به خط نهای دارد ، وقتی از آخرین مقدار « کیمیای مولد حرارت ، محروم گردید سرانجام به سوی بستر مرگ خواهد گرایید .

اخیراً چنین گمان می کنند که پیکر عظیم خورشید در این مرحله آخر تکاملش حین کاهش سریع حرارت ، انقباض نسبتاً کامل حاصل خواهد کرد ولی از مطالعاتی که مؤلف در هنگام تهیه این کتاب به عمل آورده است ، چنین معلوم می گردد که ، خورشید حتی هنگامی که آخرین کیلومتر را طی می کند ، یک بار دیگر قدرت نمایی خواهد کرد و با انفجاری که حاصل می کند ، آتش بازی درخشانی به راه خواهد انداخت . در حقیقت ، با تحلیل روشهای فیزیکی می توان نشان داد که چنین جریانی در مورد هر ستاره ثابتی که در حین گرایش به سوی مرگ ، انقباض حاصل می کند ، وقوع پیدا می کند و انقباض پیوسته ، در مرحله ای از مراحل خود ، باید بیک فاجعه از هم پاشیدگی تبدیل گردد . چنین از هم پاشیدگی که به امحا منجر می شود ، الزاماً با آزاد شدن آنی آخرین منبع انرژی داخلی همراه خواهد بود و ستاره ها با چنان درخشندگی منفجر خواهند شد که صدها یا هزارها و حتی در مورد ستاره های خیلی سنگین میلیاردها برابر درخشندگی معمولی خواهد بود ولی این کوشش آخرین ، فقط چند روزی



شکل ۶۲: نقشه مقایسه حوادث گذشته و آینده. دو ستون سمت راست که سوانح ۱۰ مشروحاً نشان می‌دهد به منظور توضیح جزئیات رسم شده‌اند.

بیش طول نمی کشد و ستاره پس از انفجار ، با سرعت کمتری به سوی حالت خاموشی غایی رهسپار خواهد شد و به صورت جرم سماوی بی جانی در خواهد آمد. این گونه انفجار که به نام پدیده نووا و سوپرنووا شناخته شده است غالباً در بسیاری از ستارگان آسمان دیده شده است . طبیعی است چنین سرنوشتی نیز در انتظار خورشید ما می باشد ولی از آنجا که خورشید ، در بحبوحه فعالیت است و چنانکه اشاره کردیم ، مملو از کیمیای مولد حرارت است ، هنوز مدت زیادی به زندگی ادامه خواهد داد . وقتی سر انجام در سال ۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ از هم پاشیدگی آن صورت بگیرد ، احتمال دارد انفجار تشعشع آن نه فقط زمین بلکه سایر سیارات دورتر را نیز ذوب کند . چند سال بعد که دود انفجار، از بین می رود خواهیم دید که خورشید مختصر ، از سیارات خانواده خود که به سرعت سرد می شوند، احاطه شده است . در آن موقع برای تماشای این منظره غم انگیز ناظری وجود نخواهد داشت زیرا اگر زندگی تا آن زمان حتی در بعضی سیارات ادامه داشته باشد، بر اثر انفجار نهایی خورشیدی که آنها را به وجود آورده و میلیاردها سال از آنها توجه نموده است ، از بین خواهد رفت .

#### نتیجه

خواننده محترم که کتاب حاضر را مطالعه کرده است ، قاعدتاً تصور قابل فهمی از تکامل کشتی کیهانی ما یعنی زمین به دست آورده است و ملاحظه کرده است که چگونه زمین از آغاز وجودش ، تحت تأثیر يك ستاره راهگذر به صورت قطعه ای گاز و سپس تکه ای مذاب از خورشید جوان جدا شده و سرانجام بر اثر يك انفجار ما یوسانه والد محتضرش مجدداً ذوب خواهد گردید . به منظور رفع خستگی از خوانندگان کتاب ، در صفحه ۲۱۵ نقشه ای متضمن خلاصه حوادث مهم تاریخ گذشته و آینده زمین رسم کرده ایم . این نقشه ممکن است اهمیت تاریخ بشریت را ، در عین مقایسه بایک چنین قطعه ای از مواد کیهانی یعنی زمین کوچک ما ، خاطر نشان سازد .

کتابهای دکتر ژرژ گاموف که تا کنون  
به فارسی ترجمه و نشر شده است ،  
عبارتند از :

پیدایش و مرگ خورشید ، ترجمه احمد آرام  
يك، دو، سه، بینهایت ، ترجمه احمد بیرشك  
ماده ، زمین و آسمان ، ترجمه رضا اقصی  
سرگذشت فیزیک ، ترجمه رضا اقصی  
آفرینش جهان ، ترجمه رضا اقصی

