آب در گیتی

آرنولت هانس‌لمایر

ترجمه‌ی

امیرنظام امیری ـ فاطمه همتیان

انتشارات مازیار

فهرست

فصل ۱ آب در سیاره‌ی زمین، ویژگی‌های آب ۱۳

۱.۱ نقش آب در تاریخ ۱۳

۱.۱.۱ آب در فرهنگ‌های باستان ۱۴

۱.۱.۲ آب و جامعه مدرن ۱۸

۱.۲ ترکیبات شیمیایی آب ۲۰

۱.۲.۱ هیدروژن ۲۰

۱.۲.۲ اکسیژن ۲۳

۱.۳ آب و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن ۲۷

۱.۳.۱ ویژگی شیمیایی ۲۷

۱.۳.۲ ویژگی‌های فیزیکی آب ۲۹

۱.۳.۳ تبخیر و میعان ۳۲

۱.۳.۴ یخ ۳۴

۱.۳.۵ H_2O+ ۳۷

۱.۴ واکنش شیمیایی و آب ۳۷

۱.۴.۱ پیوندهای شیمیایی ۳۷

۱.۴.۲ اسیدها و مقدار ۳۸

۱.۴.۳ هیدرات‌ها، آب در بلوره‌ها ۳۹

۱.۴.۴ آب: علائم طیفی ۳۹

۱.۵ چرخه هیدرولوژیک ۴۱

۱.۵.۱ تعادل تبخیر و بارش ۴۱

۱.۵.۲ چرخه هیدرولوژیک و تغییرات اقلیم ۴۴

فصل ۲ آب و حیات ۴۵

۲.۱ زندگی و محیط‌زیست ۴۵

۲. ۱ . ۱ اهمیت آب ۴۵
۲. ۱. ۲ تعریف حیات ۴۶
۲. ۱. ۳ فرگشت حیات ۴۸
۲. ۱. ۴ حیات در شرایط حاد ۵۲
۲. ۲ آب و دیگر حلال‌ها ۵۴
۲. ۲ . ۱ اهمیت حلال‌ها برای حیات ۵۴
۲. ۲. ۲ حلال‌های غیر از آب ۵۶
۲. ۳ انرژی برای حیات ۵۶
۲. ۳. ۱ انرژی ۵۶
۲. ۳. ۲ تنوع متابولیکی ۵۷
۲. ۳. ۳ انرژی خورشیدی ۵۹
۲. ۳. ۴ فتوسنتز و تنفس ۶۰

فصل ۳ آب در سیارات کوتوله و سیارات ۶۳

۳. ۱ طبقه بندی اجرام در منظومه شمسی ۶۳
۳. ۱. ۱ شرح کلی ۶۳
۳. ۱. ۲ پارامترهای فیزیکی سیارات ۶۵
۳. ۲ سیارات زمین‌سان ۶۵
۳. ۲. ۱ زمین ۶۵
۳. ۲. ۲ عطارد ۶۷
۳. ۲. ۳ زهره ۶۹
۳. ۲. ۴ مریخ ۷۳
۳. ۲. ۵ خورشید اولیه و فرگشت سیارات زمین‌سان ۷۷
۳. ۲. ۶ زهره‌ی خشک، زمین مرطوب و تغییرات آب‌وهوایی در مریخ ۷۹
۳. ۳ سیارات غول‌پیکر ۹۲
۳. ۳ . ۱ مشتری ۹۲
۳. ۳ . ۲ زحل ۹۵
۳. ۳. ۳ اورانوس ۹۶
۳. ۳. ۴ نپتون ۹۷

۳. ۳. ۵ آب در سیارات غول‌پیکر ۱۰۰
۳. ۴ سیارات کوتوله ۱۰۲
۳. ۴. ۱ پلوتو ۱۰۳
۳. ۴. ۲ یخ‌های دیگر سیارات کوتوله ۱۰۶

فصل ۴ اقمار سیارات در منظومه شمسی ۱۰۷

۴. ۱ اقمار گالیله‌ای ۱۰۷
۴. ۱ . ۱ آیو ۱۰۷
۴ . ۱ . ۲ اروپا ۱۱۰
۴ . ۱. ۳ کالیستو ۱۱۵
۴. ۱. ۴ گانیمد ۱۱۵
۴ . ۲ اقمار زحل ۱۱۷
۴. ۲ . ۱ بررسی کلی ۱۱۷
۴. ۲. ۲ تایتان ۱۱۹
۴. ۲. ۳ سایر اقمار زحل ۱۲۶
۴. ۳ قمرهای اورانوس و نپتون ۱۳۶
۴. ۳. ۱ اقمار اورانوس ۱۳۶
۴. ۳. ۲ اقمار نپتون ۱۴۰
۴. ۴ قمر زمین ۱۴۳
۴. ۴. ۱ آب در ماه؟ ۱۴۴

فصل ۵ آب در اجرام کوچک منظومه‌ی شمسی ۱۴۹

۵ . ۱ ابرهایی از ذرات ۱۴۹
۵ . ۱ . ۱ کمربند کویپر ۱۴۹
۵ . ۱ . ۲ ابر اورت ۱۵۷
۵ . ۲ دنباله‌دارها ۱۵۹
۵ . ۲. ۱ مشاهدات اولیه ۱۵۹
۵ . ۲. ۲ مشخصه‌های مداری دنباله‌دارها ۱۶۰
۵ . ۲. ۳ فیزیک دنباله‌دارها ۱۶۱
۵ . ۲. ۴ برخوردها با دنباله‌دارها ۱۶۴

۵.۲.۵ آشکارسازی آب روی دنباله‌دارها ۱۶۵
۳.۵ سیارک‌ها ۱۶۸
۱.۳.۵ ویژگی‌های کلی ۱۶۸
۲.۳.۵ دسته‌بندی سیارک‌ها ۱۷۰
۳.۳.۵ اجرام نزدیک زمین ۱۷۱
۴.۳.۵ برخورد دوران سوم کرتاسه‌ترشیاری ۱۷۱
۵.۳.۵ آب و یخ روی سیارک‌ها ۱۷۳
۶.۳.۵ سیارک‌ها، منشأ آب روی زمین ۱۷۵
۴.۵ شهاب‌سنگ‌ها ۱۷۷
۱.۴.۵ ویژگی‌های عمومی ۱۷۷
۲.۴.۵ دسته‌بندی ۱۷۸
۳.۴.۵ آب در شهاب‌سنگ‌ها ۱۷۹

فصل ۶ آب در سیارات فراخورشیدی ۱۸۱

۱.۶ چگونگی آشکارسازی سیارات فراخورشیدی ۱۸۱
۱.۱.۶ روش‌های آشکارسازی ۱۸۲
۲.۱.۶ سیارات فراخورشیدی پیداشده با روش‌های مختلف آشکارسازی ۱۸۵
۳.۱.۶ برخی نمونه‌های سیارات فراخورشیدی ۱۸۸
۲.۶ مناطق سکونت‌پذیر ۱۸۸
۱.۲.۶ سکونت‌پذیری ۱۸۸
۲.۲.۶ مناطق سکونت‌پذیر پیراستاره‌ای ۱۸۹
۳.۲.۶ مناطق سکونت‌پذیر کهکشانی ۱۹۰
۴.۲.۶ مناطق سکونت‌پذیر پیرامون سیارات غول‌پیکر ۱۹۲
۳.۶ واریزه غبار پیرامون ستاره‌ها ۱۹۲
۱.۳.۶ مشخصه‌های طیفی غبار پیرامون ستاره‌ها ۱۹۲
۲.۳.۶ غبار پیرامون وگا ۱۹۵
۴.۶ آشکارسازی آب در سیارات فراخورشیدی ۱۹۷
۱.۴.۶ آشکارسازی جو در سیارات ۱۹۷
۲.۴.۶ مشتری‌های داغ ۱۹۹

۳.۴.۶ آب در سیارات فراخورشیدی ۲۰۴
۴.۴.۶ برخی از مدل‌های محاسباتی ۲۰۵
۶.۴.۵ سیارات ابرزمین ۲۰۸

فصل ۷ آب در فضای میان‌ستاره‌ای و ستاره‌ها ۲۱۱

۱.۷ محیط میان‌ستاره‌ای ۲۱۱
۱.۱.۷ ویژگی‌های فیزیکی ۲۱۱
۲.۱.۷ مولکول‌ها در محیط میان‌ستاره‌ای ۲۱۴
۳.۱.۷ چرخه‌ی حیات غبار میان‌ستاره‌ای ۲۱۷
۴.۱.۷ میزرهای آب ۲۱۷
۲.۷ آب در مناطق شکل‌گیری ستاره‌ها ۲۲۱
۱.۲.۷ ابرها و فروپاشی ابر ۲۲۱
۲.۲.۷ میزرهای H_2O در مناطق شکل‌گیری ستاره‌ها ـ یک مدل ۲۲۵
۳.۲.۷ علائم طیفی آب در پیش‌ستاره‌ها ۲۲۶
۴.۲.۷ ستاره‌های تی‌ثور ۲۲۹
۳.۷ علائم طیفی آب در طیف ستاره‌های گونه‌ی آخر و خورشید ۲۳۳
۱.۳.۷ ستاره‌های گونه‌ی آخر و آب ۲۳۳
۲.۳.۷ آب در لکه‌های خورشیدی؟ ۲۳۷
۴.۷ آب در کهکشان‌ها ۲۳۸
۱.۴.۷ کهکشان راه‌شیری ۲۳۸
۲.۴.۷ آب در کهکشان؟ ۲۴۰
۳.۴.۷ آب در کهکشان‌ها ۲۴۰
۴.۴.۷ خوشه‌های کهکشانی ۲۴۳
۵.۴.۷ کهکشان‌های فروسرخ ۲۴۳
۶.۴.۷ میزرهای آب در کهکشان‌های مجاور ۲۴۵
۷.۴.۷ مگا میزرها ۲۴۶

فصل ۸ آب از کجا می‌آید؟ ۲۴۹

۱.۸ فرگشت گیتی ۲۴۹
۱.۱.۸ گیتی منبسط شونده ۲۴۹

۸ . ۱ . ۲ تابش از کیهان اولیه ۲۵۱
۸ . ۱ . ۳ فراوانی عناصر ۲۵۳
۸ . ۱ . ۴ بی‌آبی در گیتی اولیه ۲۵۴
۸ . ۲ فرگشت ستارگان ۲۵۵
۸ . ۲ . ۱ غول‌های قرمز ۲۵۶
۸ . ۲ . ۲ شاخه مجانبی غول‌ها ۲۵۹
۸ . ۲ . ۳ اشتعال کربنی؟ ۲۶۰
۸ . ۲ . ۴ فرگشت پس از AGB ۲۶۱
۸ . ۲ . ۵ عناصر سنگین‌تر از هلیم ۲۶۲
۸ . ۲ . ۶ سرنوشت نهایی ستارگان کم‌جرم: کوتوله‌های سفید ۲۶۳
۸ . ۳ ستاره‌های بزرگ ۲۶۴
۸ . ۳ . ۱ فرگشت رشته اصلی در ستاره‌های بزرگ ۲۶۴
۸ . ۳ . ۲ انفجار ابرنواختر ۲۶۷
۸ . ۳ . ۳ جمعیت ستاره‌ای ۲۷۰

فصل ۹ ضمیمه ۲۷۳

۹ . ۱ نحوه آشکار سازی آب ۲۷۳
۹ . ۱ . ۱ شفافیت جو زمین ۲۷۳
۹ . ۱ . ۲ اندازه‌گیری‌های در محل ۲۷۵
۹ . ۱ . ۳ مشخصه‌های طیف‌سنجی ۲۷۵
۹ . ۲ مأموریت‌های ماهواره‌ای ۲۸۲
۹ . ۲ . ۱ آشکارسازی آب با SWAS ۲۸۲
۹ . ۲ . ۲ ماهواره‌های فروسرخ ۲۸۳
۹ . ۲ . ۳ ماهواره‌های اخترشناسی آینده ۲۸۴
۹ . ۳ برخی از مفاهیم اختر فیزیک ۲۸۶
۹ . ۳ . ۱ قدر ظاهری ۲۸۶
۹ . ۳ . ۲ طبقه‌بندی طیفی ۲۸۷
۹ . ۳ . ۳ نمودار هرتسپرونگ- راسل HRD ۲۸۷

فصل ۱

آب در سیاره‌ی زمین، ویژگی‌های آب

در این بخش برخی ویژگی‌های شیمیایی مهم آب را مطرح می‌کنیم که این مولکول را منحصربه‌فرد می‌سازد. آب دارای کشش سطحی بالا، خواص دمایی ویژه و تنها ماده بر روی زمین است که در سه حالت جامد، مایع و گاز یافت می‌شود. تعداد کمی مولکول با ویژگی‌هایی نظیر آب داریم. حجم آب موجود در اقیانوس‌های زمین را حدود $۱/۴\times۱۰^{۶}$ کیلوگرم تخمین می‌زنند. با وجود حجم بالای آب موجود در سیاره زهره (۲×۱۰^{۶} کیلوگرم)، زهره، در مقایسه با زمین، سیاره‌ای خشک محسوب می‌شود.

علاوه‌براین، تقریباً در همه جای گیتی آب وجود دارد. مولکول‌های آب در فضاهای میان‌ستاره‌ای و همچنین در طیف ستارگان آشکارسازی شده‌اند.

در این فصل به اهمیت وجود آب در زمین و مختصری پیرامون نقش آب در تاریخ و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب اشاره خواهیم کرد.

۱.۱ نقش آب در تاریخ

به دلیل آن‌که اقیانوس‌های زمین از فضا به رنگ آبی تیره دیده می‌شوند، زمین را سیاره آبی‌رنگ می‌نامند. به نظر می‌رسد در منظومه شمسی ما، زمین تنها سیاره‌ای است که در سطح آن آب وجود دارد. رودخانه‌های بزرگ و دریاها علاوه بر نقشی که به‌عنوان منابع آب خالص برای نوشیدن دارند، در حمل‌ونقل نیز همواره مورد استفاده بوده‌اند. آب، در عصر صنعتی شدن هم نقش مهمی ایفا کرد. هیچ شهر بزرگی وجود ندارد که نزدیک یک رودخانه بنا نشده باشد.

۱.۱.۱ آب در فرهنگ‌های باستان

آب مایع حیات است. فرهنگ‌های باستانی هم به این امر پی برده بودند. انسان‌ها همواره نزدیک منابع آبی سکنی داشته‌اند. فرهنگ مصر باستان نزدیک رود نیل شکوفا شد و فرهنگ بین‌النهرین (سرزمین میان‌رودان) بین رودهای دجله و فرات. تمدن چین در حوضه بین رود زرد و رود یانگ‌تسه بنا گردید.

آب در مصر باستان

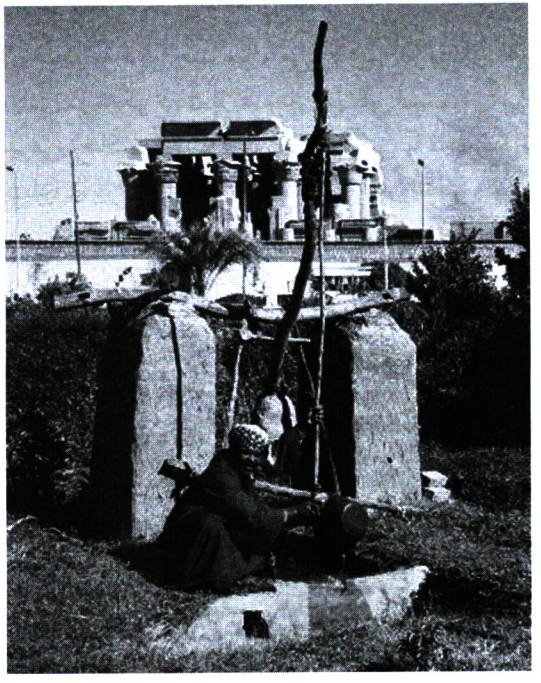
مصر سرزمینی بسیار خشک است و تنها منطقهٔ کوچکی از آن در حاشیه رود نیل قابل کشاورزی است. رود نیل، قلب تپنده مصر باستان و مصر مدرن است. طغیان‌های رود نیل نسبت طغیان‌های دجله و فرات به‌راحتی قابل پیش‌بینی بوده‌اند. علت این طغیان‌ها باران‌های موسمی در ارتفاعات اتیوپی است. مصریان باستان خیلی زود متوجه شدند که با شروع ماه جولای (اوایل تابستان) آب شروع به بالا آمدن کرده و در نیمه اوت (اواسط تابستان) به سکوهای سیل در شهر آسوان می‌رسد. سپس طی شش هفته سیل به سمت شمال گسترش‌یافته و دشت سیلابی را تا ارتفاع ۱/۵ متر در برمی‌گیرد. منجمان مصری متوجه شدند که زمان طغیان رود نیل همزمان با طلوع ستاره تیشتر [شعرایی‌مانی] در سپیده‌دم است. این رخداد چرخه‌ای، نشانه‌ای مهم در تقویم مصری محسوب می‌شود. سال مصری ۳۶۵ روز دارد. سال به ۱۲ ماه ۳۰ روزه با پنج روز اضافه تقسیم می‌شود. تفاوت بین سال فصلی و سال شهری ۳۶۵ روزه، برابر با ۳۶۵ روز در طی ۱۴۶۰ سال و یا یک روز در هر ۴ سال است. برای توضیح بیشتر پیرامون این مبحث به چائفر ۲۰۰۰ (۲۹۳) مراجعه شود.

ازآنجایی‌که آب در مناطق خشک و بیابانی بسیار گران‌بهاست، مصریان سامانه آبیاری بسیار پیچیده‌ای را طراحی کردند. نخستین مدیریت آب به ۵۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح در مصر بازمی‌گردد. سامانه‌های آبیاری باستانی (معروف به شادوف، شکل ۱) را هنوز هم در کرانه‌های رود نیل می‌توان یافت. امروزه آب رود نیل نیاز بیش از ۷۰ میلیون نفر را تأمین می‌کند. با توجه به افزایش سالانه یک میلیون نفر به جمعیت در مصر و اینکه ۹۶ درصد این کشور بیابانی است این کشور با مشکل کمبود آب مواجه است.

آب در یونان باستان

در فلسفه یونان باستان، آب به همراه خاک، باد و آتش یکی از عناصر چهارگانه محسوب می‌شد. عنصری پنجمی هم با نام اثیر [یا اتر] یا عنصر پنجم (همچنین به معنی خلأ) به آن‌ها افزوده شد. ارشمیدس (۲۸۷-۲۱۲ پیش از میلاد) این عنصر را به عناصر چهارگانه افزود. او معتقد بود که ستاره‌ها از اتر ساخته‌شده‌اند زیرا در آن‌ها تغییری ایجاد نمی‌شود. آنان آب (با نشان ∇) را با احساسات و شهود مرتبط می‌دانستند.

تالس ملطی (۶۲۴-۵۴۶ پ.م)، ۲۰۰۰ سال پیش از اینکه زیست‌شناسان و شیمیدانان پی ببرند آب لازمه حیات است، آب را خاستگاه تمام مواد در گیتی می‌دانست. در گذشته معتقد بودند که عناصر چهارگانه آب، خاک، باد و آتش همواره در حال تغییر و دگرگونی‌اند (آناکسیمندروس ۵۴۶ پ.م).



شکل ۱ .۱ شادوف نزدیک شهر کوم اومبو در مصر