

## فهرست مطالب

---

بخش ۱ سیارات	
۱۹	۱ ستارگان، کهکشان‌ها و منشاء عناصر شیمیایی
۲۰	۱.۱ تاریخ جهان
۲۴	۲.۱ ابرهای مولکولی
۲۸	۳.۱ تکامل ستارگان قبل از رشته اصلی
۳۱	۴.۱ تکامل ستارگان بعد از رشته اصلی
۳۷	۵.۱ ترکیب عناصر و سن یابی آن‌ها
۳۷	۱.۵.۱ ستارگان جمعیت I و II
۴۱	۲.۵.۱ تعیین سن با ساعت‌های رادیومتری
۴۷	۲ تشکیل سیارات
۴۷	۱.۲ قرص‌های رُمبشی و تشکیل خرده سیاره‌ها
۵۱	۲.۲ سیارات خاکی
۵۴	۳.۲ سیارات گازی و اجرام کمربند کوئپپر
۵۶	۴.۴ مهاجرت سیارات گازی
۵۹	۵.۲ مرحله تی-توری
۶۱	۶.۲ سیارک‌ها
۶۶	۷.۲ دنباله‌دارها
۷۰	۸.۲ شهاب‌سنگ‌ها
۷۳	۹.۲ تاریخ اولیه منظومه شمسی
۸۱	۳ زمین
۸۲	۱.۳ تاریخ سیاره‌شناسی زمین اولیه
۸۳	۲.۳ تشکیل ماه
۸۴	۳.۳ برخوردهای اقیانوس تبخیرکن
۸۷	۴.۳ پایان بمباران سنگین
۸۹	۵.۳ شرایط محیطی روی زمین اولیه
۹۶	۶.۳ لرزه‌شناسی و ساختمان داخلی زمین

۱۰۱	۷.۳ فعالیت آتشفشانی و ترکیب سنگ‌ها
۱۰۹	۸.۳ هسته و گوشته زمین
۱۱۱	۹.۳ میدان مغناطیسی زمین و پخش بستر دریاها
۱۱۵	۱۰.۳ همرفت، نقطه داغ و تکتونیک صفحه‌ای
۱۲۵	۱۱.۳ کوهزایی و تکامل قاره‌ها
۱۳۳	۱۲.۳ تکتونیک صفحه‌ای در مریخ و زهره
۱۳۷	<b>۴ جست‌وجوی سیارات خارج از منظومه شمسی</b>
۱۳۷	۱.۴ سیارات کشف شده جدید
۱۴۱	۲.۴ روش‌های مستقیم جست‌وجوی سیارات
۱۴۳	۳.۴ روش‌های غیرمستقیم جست‌وجو
۱۴۶	۴.۴ قرص‌های دور ستاره‌ای
۱۴۹	۵.۴ خط‌مشی‌های جدید جست‌وجو
۱۵۹	<b>۵ سیارات مناسب برای حیات</b>
۱۶۰	۱.۵ ناحیه قابل زیست
۱۶۱	۱.۱.۵ ناحیه قابل زیست خورشیدی
۱۶۳	۲.۱.۵ نواحی قابل زیست در اطراف ستاره‌های دیگر
۱۶۵	۲.۵ جرم سیاره و تبخیر جو آن
۱۷۰	۵.۳ طول عمر سیاره‌ها
۱۷۱	۴.۵ اثرات جذر و مد روی سیارات
۱۷۵	۵.۵ افزایش درخشندگی ستاره و ناحیه قابل زیست مداوم
۱۷۷	۶.۵ ناپایداری‌های جو سیاره‌ای
۱۷۸	۱.۶.۵ اثر گلخانه‌ای
۱۷۹	۲.۶.۵ چرخه کربنات سیلیکات
۱۸۰	۳.۶.۵ اثر گلخانه‌ای بی‌مه‌ار
۱۷۳	۴.۶.۵ یخبندان برگشت‌ناپذیر
۱۸۴	۷.۵ تغییرات محور سیارات
۱۸۸	۸.۵ تأثیرات بیوژنی روی جو سیاره‌ها
۱۸۹	۹.۵ یخبندان پروتوزوئیک و زمین گلوله برفی
۱۹۲	۱۰.۵ نیازهای قابلیت زیست مداوم

۱۹۴	۱۱.۵ فرموک دریک
۱۹۷	۱۲.۵ تعداد سیارات قابل زیست

---

بخش ۲ حیات

---

۲۰۳	۶ حیات و منشاء آن در زمین
۲۰۳	۱.۶ حیات چیست
۲۰۴	۲.۶ نقش ویژه شیمی آلی
۲۰۵	۳.۶ اجزای بیوشیمی
۲۰۶	۱.۳.۶ پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک
۲۱۳	۲.۳.۶ کد ژنتیکی
۲۱۴	۳.۳.۶ ATP پول رایج انرژی در دنیای بیولوژی
۲۱۵	۴.۳.۶ سنتز RNA، پروتئین‌ها و DNA
۲۱۹	۴.۶ سلول‌ها و اندامک‌ها
۲۲۱	۵.۶ زنجیره‌شناسی و رده‌بندی موجودات
۲۲۲	۱.۵.۶ رده‌بندی به وسیله زنجیره‌شناسی
۲۲۳	۲.۵.۶ ساعت مولکولی
۲۲۴	۳.۵.۶ درخت تکاملی باکتری‌ها
۲۲۵	۴.۵.۶ جدول زمانی تکامل حیات
۲۲۸	۵.۵.۶ زنجیره‌شناسی و ژنوم کامل
۲۳۰	۶.۶ رد پاهای حیات در زمین‌شناسی
۲۳۲	۷.۶ مرحله پیدایش حیات
۲۳۳	۱.۷.۶ منشاء کد ژنتیکی
۲۳۵	۲.۷.۶ آزمایشات یوری-میلر
۲۳۷	۳.۷.۶ جست‌وجوی آخرین نیای مشترک عمومی
۲۴۱	۴.۷.۶ خلاصه: شرایط مرزی
۲۴۳	۸.۶ تکامل شیمیایی بی‌هوازی و فرضیه‌های پیدایش حیات
۲۴۹	۷ تکامل
۲۵۰	۱.۷ نظریه داروین
۲۵۲	۲.۷ به وجود آمدن یوکاریوت‌ها و درون هم‌زیستی

۲۵۴	۳.۷ اکسیژن به عنوان فاجعه محیطی
۲۵۶	۴.۷ هسته سلولی و میتوز
۲۵۸	۵.۷ جنسیت و میوز
۲۶۰	۶.۷ تکامل ژنتیکی
۲۶۴	۷.۷ چند سلولی، تشکیل اندام‌ها و مرگ برنامه‌ریزی شده سلول
۲۶۹	۸.۷ مشکلات حیات روی خشکی
۲۷۱	۱.۸.۷ تسخیر زمین توسط گیاهان
۲۷۴	۲.۸.۷ اندام‌های جدید گیاهان خشکی‌زی
۲۸۲	۳.۸.۷ تسخیر زمین توسط حیوانات
۲۸۶	۹.۷ واقعه بزرگ مرز K/T
۲۹۲	۱۰.۷ دوران سوم و تکامل پستانداران
۲۹۲	۱۱.۷ تکامل نخستی‌ها
۳۰۶	۱۲.۷ دورگه‌سازی DNA
۳۰۸	۱۳.۷ تکامل مغز و استفاده از ابزار
۳۱۱	۱۴.۷ سنت ابزار سنگی
۳۱۴	۱۵.۷ تغذیه و زندگی اجتماعی
۳۱۶	۱۶.۷ منطق طرح بدن انسان
۳۲۰	۱۷.۷ تکامل، تصادف و اطلاعات
۳۲۵	۱۸.۷ تکامل اجتماعی
۳۲۷	<b>۸ جست‌وجوی حیات فرازمینی</b>
۳۲۷	۱.۸ حیات در منظومه شمسی
۳۲۹	۲.۸ اقیانوس قمر اروپا
۳۳۲	۳.۸ حیات در مریخ
۳۳۲	۱.۳.۸ جست‌وجوهای اولیه
۳۳۵	۲.۳.۸ آزمایشات وایکینگ
۳۳۷	۳.۳.۸ شهاب‌سنگ‌های مریخ
۳۳۹	۴.۸ جو اولیه مریخ
۳۴۴	۵.۸ مایسون‌های آینده مریخ
۳۴۶	۶.۸ حیات خارج از منظومه شمسی

۳۴۸ ۷.۸ یوفوها (بشقاب پرنده‌ها)

بخش ۳ هوشمندی

۳۵۵	۹ آینده بشر
۳۵۶	۱.۹ پیش‌بینی آینده بشر
۳۵۷	۲.۹ استقرار در منظومه شمسی
۳۵۷	۱.۲.۹ ایستگاه فضایی
۳۶۱	۲.۲.۹ پروژه‌های ماه و مریخ
۳۶۶	۳.۲.۹ سفر فضایی
۳۶۸	۴.۲.۹ سیارک‌های نزدیک زمین و معادن منظومه شمسی
۳۷۰	۵.۲.۹ سکونت‌گاه‌های فضایی
۳۷۶	۶.۲.۹ تأثیر فرهنگی مستعمرات فضایی
۳۷۷	۳.۹ سفرهای بین ستاره‌ای
۳۸۰	۴.۹ تسلط بر دنیای بیولوژی
۳۸۱	۱.۴.۹ خلق حیات در آزمایشگاه
۳۸۲	۲.۴.۹ کشف رمز ژنوم انسان
۳۸۳	۳.۴.۹ درک هوشمندی
۳۸۴	۵.۹ آدم ماشینی‌ها و کوچک‌سازی
۳۸۶	۶.۹ جوامع متصل
۳۸۷	۷.۹ ترس از آینده
۳۸۷	۸.۹ خطرات پیش روی بشر
۳۸۸	۱.۸.۹ عفونت‌های ویروسی و میکروبی
۳۹۰	۲.۸.۹ فعالیت ابرآشفشانی
۳۹۱	۳.۸.۹ یخبندان برگشت‌ناپذیر و اثر گلخانه‌ای بی‌مهار
۳۹۲	۴.۸.۹ برخورد سیارک‌ها و دنباله‌دارها
۳۹۷	۵.۸.۹ انفجارات سوپرنوا و فورانگرهای پرتو گاما
۳۹۹	۶.۸.۹ صدمه محیطی برگشت‌ناپذیر
۴۰۰	۷.۸.۹ اختراعات غیر قابل کنترل
۴۰۱	۸.۸.۹ جنگ، تروریسم و بی‌منطقی
۴۰۲	۹.۹ استراتژی‌های بقا

۴۰۵	۱۰ حیات هوشمند فرازمینی
۴۰۶	۱.۱۰ آیا حیات هوشمند فرازمینی وجود دارد؟
۴۰۸	۲.۱۰ طبیعت فرازمینی‌ها چگونه است؟
۴۱۲	۳.۱۰ فرمول دریک، تعداد جوامع فرازمینی
۴۱۶	۴.۱۰ طول عمر یک تمدن فرازمینی
۴۱۸	۵.۱۰ فاصله تا جوامع فرازمینی
۴۲۰	۶.۱۰ ستی (SETI)، جست‌وجوی حیات هوشمند فرازمینی
۴۲۲	۱.۶.۱۰ جست‌وجوهای رادیویی و نوری تمدن‌های فرازمینی
۴۲۹	۲.۶.۱۰ تماس احتمالی در آینده‌ای نه چندان دور
۴۳۲	۷.۱۰ باطل‌نمای فرمی: فرازمینی‌ها کجا هستند؟
۴۳۳	۱.۷.۱۰ تمدن‌های فرازمینی وجود ندارند
۴۳۴	۲.۷.۱۰ از نظر فنی، سفر به زمین امکان‌پذیر نیست
۴۳۶	۳.۷.۱۰ آن‌ها همین دور و بر هستند، اما آشکار نشده‌اند
۴۳۷	۴.۷.۱۰ آن‌ها تمایلی به ملاقات ما ندارند
۴۳۸	۸.۱۰ نظریهٔ باغ انسان
۴۴۱	توضیحات تکمیلی مترجم
۴۶۹	کتاب‌شناسی
۴۸۵	نمایهٔ مؤلفین
۴۹۱	نمایهٔ موضوعات

بخش ۱

---

سیارات





## ستارگان، کهکشان‌ها و منشاء عناصر شیمیایی

### فصل ۱

«می‌دانم که روزی خواهم مرد و تعداد روزهای باقیمانده عمرم محدود است، اما وقتی در فکر خود مدار پیچیده حرکت ستارگان را تعقیب می‌کنم، احساس می‌کنم پاهایم از زمین کنده شده است. سر میز زئوس با وی نشسته و مائده بهستی می‌خورم که غذای خدایان است.» این جملات را بطلمیوس در حدود ۱۲۵ سال پیش از میلاد مسیح در کتاب معروف خود **هیأت** بیان کرده که به مدت ۱۵۰۰ سال مرجع اصلی و به اصطلاح وحی منزل اخترشناسی بود. این کتاب با درهم آمیختن بعضی واقعیات دنیای فیزیکی و پاره‌ای تخیلات، توانست نظر انسان‌ها را مدت زیادی به خود جلب نماید. بعد از بابلی‌ها که ماه و خورشید و بعضی سیارات را مطالعه کرده بودند، یونانیان اولین ملتی به شمار می‌آیند که حرکت اجرام سماوی را مورد توجه قرار دادند. با این حال از اواخر دوره ۱۵۰۰ ساله فوق‌الذکر و در واقع در ۱۵۰ سال آخر این دوره بود، که درک واقعی‌تر جهان فیزیکی آغاز گردید. از بین پیشرفت‌های مهم آن زمان می‌توان به کشف مدارهای گردش سیارات به دور خورشید اشاره نمود که اولین بار توسط کوپرنیک محاسبه و عنوان شد. کشفیات دیگری مانند مفهوم کهکشان‌ها و اینکه هر کهکشان متشکل از میلیاردها ستاره است، اندازه و مقیاس جهان و طبیعت تکاملی موجودات زنده، یافته‌هایی بودند که به تدریج مطرح شدند.

اگرچه حیات فقط روی کره زمین شناخته شده است، ولی بی‌تردید منشاء آن نه تنها به زمین که به جاهای دیگری هم، اعم از ستارگان و کهکشان‌ها و سیارات، مرتبط می‌شود. زیرا موجودات زنده و سیاره زمین که این موجودات در آن به وجود آمده، از موادی تشکیل گردیده که خود از عناصر شیمیایی ایجاد شده در ستارگان، ساخته شده‌اند. لذا برای درک حیات و سرمنشاء آن، در این فصل از کتاب، مختصری درباره تاریخ جهان، تشکیل ستارگان و چگونگی تولید عناصر شیمیایی در آن‌ها ذکر می‌گردد. تشکیل سیارات در فصل دوم و ظهور حیات در فصل ششم بحث می‌شود.

## ۱.۱ تاریخ جهان

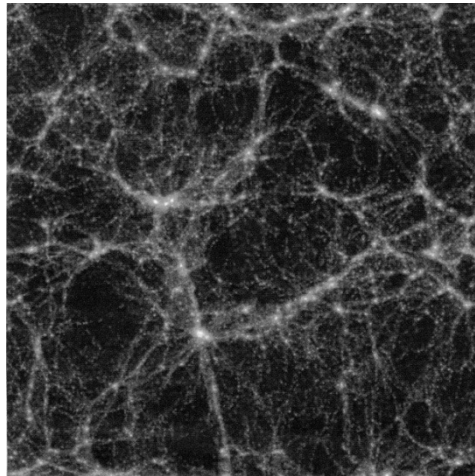
حدود ۱۴ میلیارد سال پیش، جهان ما با مهبانگ آغاز گردید. به طور کلی امروزه چنین پذیرفته می‌شود که فضا، زمان، ماده، انرژی و قوانین طبیعت، جملگی با مهبانگ پا به عرصه وجود گذاشته‌اند. شاهد و دلیل وجود مهبانگ، قانون مشاهده شده هابل است. ادوین هابل (۱۹۲۴) مشاهده کرد که اکثریت کهکشان‌ها با سرعتی که متناسب با فاصله آن کهکشان‌ها از زمین است، از ما دور می‌شوند. بدیهی است این کهکشان‌ها در گذشته‌های دور، به زمین خیلی نزدیک‌تر بودند. اگر حرکت کهکشان‌ها در زمان گذشته را در ذهن خود مسیریابی کنیم، نه تنها به زمانی می‌رسیم که جهان آغاز شده، بلکه به این مفهوم می‌رسیم که کلیه کهکشان‌ها باید از یک حجم کوچکی شروع به حرکت کرده باشند (فرراس و همکاران، ۲۰۰۱). دلیل دیگر بر وقوع مهبانگ، تشعشعات پس زمینه کیهانی با درجه حرارت حدود ۳ درجه کلونین (K) می‌باشد، که عملاً مشاهده شده‌اند. اعتقاد بر این است که این تابش، باقیمانده تشعشعات موجود در جهان، در زمانی بوده که ماده از تابش جدا شده است.

بلافاصله بعد از مهبانگ، جهان فقط به صورت تابش و متشکل از فوتون‌های پرانرژی عالم آغازین با درجه حرارت باور نکردنی حدود  $10^{32}$  کلونین بوده است. بعد از حدود یک میلیون سال، دما به چند صد درجه کلونین کاهش یافته و لذا گازهای هیدروژن و هلیوم که هسته‌های آن‌ها قبلاً به وجود آمده ولی به علت دمای زیاد به حالت یونیزه (یونیده) بودند، به صورت گاز در آمده و از تابش جدا شدند. غیر از این دو گاز چیز دیگری جز مقادیر بسیار ناچیز عناصر فوق‌العاده سبک شیمیایی در آن دوره تولید نشده‌اند. بعد از گذشت حدود ۱۰۰ میلیون سال دیگر، کره آتش (آذرگوی) ناشی از مهبانگ، بسیار رقیق‌تر شده و دمای آن به زیر ۳۰۰ درجه کلونین رسید. در این دوره، جهان از دیدگاه چشم انسان فوق‌العاده تاریک به نظر می‌رسیده، زیرا قوی‌ترین تابش‌ها در طول موج نور مادون قرمز بوده‌اند. همانطور که عالم به انبساط خود ادامه می‌داد دمای تابش، کمتر شده به حد کنونی ۳ درجه کلونین (حدود  $270^{\circ}\text{C}$ ) رسیده است. دوره به اصطلاح تاریک عالم، حدود یک میلیارد سال طول کشیده است. طی این دوره، به خاطر تورم بسیار سریع در لحظه آغازین عالم بلافاصله بعد از مهبانگ (این تورم در فاصله زمانی  $10^{-36}$  تا  $10^{-32}$  ثانیه بعد از مهبانگ رخ داده

و طی آن اندازه جهان حدود  $10^{20}$  برابر بزرگتر شده است)، افت و خیزهایی در ماده (عمدتاً هیدروژن و هلیم) ایجاد شد که باعث توزیع غیر یکنواخت چگالی آن گردید و از آن‌ها، تجمعاتی چون خوشه کهکشان‌ها، کهکشان‌ها و ستارگان اولیه که به اصطلاح ستارگان جمعیت III نامیده می‌شوند، شکل گرفتند. این ستارگان، نور مرئی را دوباره وارد عالم نمودند. در شکل ۱.۱ توزیع ماده در یک بخش کوچک مکعبی شکل از فضا دیده می‌شود که طول ضلع آن  $100$  مگاپارسک (یا میلیون پارسک Mpc، هر پارسک، pc، برابر  $3/26$  سال نوری یا حدود  $3/09 \times 10^{18}$  سانتیمتر) می‌باشد. این توزیع ماده با شبیه‌سازی رایانه‌ای ایجاد شده است. بدین ترتیب که ابتدا ماده‌ای یکنواخت از هیدروژن و هلیم با افت و خیزهای بی‌نظم چگالی در فضای مکعبی، در نظر گرفته شده و سپس تجمع ماده در اطراف نقاط چگال‌تر در طول زمان، محاسبه شده است. نواحی با رنگ قرمز و سفید نشانگر مناطق با تجمع بالای جرم است که در آن ستارگان و کهکشان‌ها شکل می‌گیرند. مناطق با رنگ تیره نشان دهنده فضاها و حفره‌های نسبتاً خالی با تجمع بسار کم ماده، می‌باشند. در عالم، بزرگترین ساختارهایی که با گرانش وابسته‌اند، خوشه کهکشان‌ها هستند. ابعاد متعارف خوشه کهکشان‌ها در حدود  $4$  مگاپارسک است، در حالیکه کهکشان‌های منفرد، مانند کهکشان ما راه شیری، ابعادی در حدود  $30$  کیلوپارسک (kpc) دارند.

نخستین مدل‌های تفصیلی ستارگان جمعیت III که منحصراً از هیدروژن و هلیم تشکیل شده‌اند، اخیراً ساخته شده است. اولین نتیجه‌گیری که از این مدل‌ها به دست آمده، آن است که این ستارگان، بسیار بزرگ و پرجرم هستند، به گونه‌ای که جرم آن‌ها را می‌توان  $100$  الی  $300$  برابر جرم خورشید ( $M_{\odot}$ ) در نظر گرفت ( $M_{\odot}$  برابر  $2 \times 10^{33}$  گرم است). دوم اینکه این ستارگان بزرگ، طول عمر کوتاهی دارند و می‌توانند عمر خود را با یک انفجار مهیب به نام *سوپرنووا* (انفجار) به پایان برسانند. انواع مختلف عناصر شیمیایی موجود در جهان در هسته همین ستارگان جمعیت III تولید می‌شوند، یعنی هیدروژن و هلیم با واکنش هسته‌ای موسوم به هم‌جوشی، تبدیل به عناصر سنگین‌تر تا حد آهن می‌گردند. حتی در حین انفجار سوپرنووا، عناصر سنگین‌تر از حد آهن هم تولید می‌شوند. تمامی این عناصر در اثر انفجار به بیرون پرتاب شده و به ماده بین ستارگان ملحق و با آن‌ها ادغام می‌گردند. بدین ترتیب، مخلوط هیدروژن و هلیم

موجود در فضای بین ستارگان با عناصر سنگین تر ناشی از انفجار سوپرنوا، ماده اولیه تشکیل ستارگان جمعیت II را فراهم می‌سازند. تفاوت ستارگان جمعیت III و جمعیت II در آن است که ستارگان جمعیت II علاوه بر هیدروژن و هلیوم مقداری عناصر سنگین تر هم دارند و در نتیجه، واکنش‌های هم‌جوشی هسته‌ای داخل آن‌ها تا حدودی متفاوت و بسیار پیچیده‌تر می‌باشند. ستارگان جمعیت II هم عمر بالنسبه کوتاهی دارند و پایان حیات آن‌ها مانند ستارگان جمعیت III است. تشکیل ستارگان جمعیت II و بعد از مدتی نابودی آن‌ها با انفجار



شکل ۱.۱. توزیع ماده در جهان، ماحصل شبیه‌سازی ویرگو (VIRGO) (جنکینز و همکاران، ۱۹۹۸). برشی از یک مکعب به بعد ۱۰۰ Mpc (برابر  $3 \times 10^{26}$  سانتیمتر). [شکل ۱.۱ رنگی را ببینید.]

سوپرنوا و آکنده شدن ماده بین ستاره‌ای با عناصر سنگین‌تر، چند بار تکرار می‌شود و هر دفعه درصد عناصر سنگین در هیدروژن و هلیوم بین ستاره‌ای بالاتر می‌رود، تا بالاخره میزان عناصر سنگین به حدی برسد که شرایط برای تولد ستارگان غنی از آهن، یعنی ستارگان جمعیت I مهیا شود. تحت این شرایط ستارگان جمعیت I، مانند خورشید ما، ایجاد می‌شوند و سیاره‌هایی هم دور آن‌ها تشکیل می‌گردند که بعضاً مانند مشتری متشکل از هیدروژن، هلیوم با مقدار زیادی عناصر سنگین بوده و بعضاً مانند زمین، مریخ و زهره درصد عناصر

سنگین آن‌ها به حدی بالا است که بعد از سرد شدن، حداقل پوستهٔ خارجی آن‌ها به شکل جامد در می‌آید.



شکل ۲.۱. کهکشان مارپیچی M49 در صورت فلکی حوت (با کسب اجازه از ناسا).  
[شکل ۲.۱ رنگی را ببینید.]

تصویر از روبه‌روی کهکشان مارپیچی M49 در صورت فلکی حوت، در شکل ۲.۱ نشان داده شده که به فاصلهٔ حدود ۱۱ Mpc (مگاپارسک یا میلیون پارسک) از زمین قرار دارد. کهکشان M49 دارای حدود ۱۰۰ میلیارد ستاره و فوق‌العاده شبیه به کهکشان خودمان یعنی راه شیری است. البته ما قادر نیستیم کهکشان راه شیری را از روبه‌رو تماشا کنیم. در شکل ۲.۱، ناحیهٔ به رنگ تیره ولی قابل رؤیت (مایل به قهوه‌ای تیره یا روشن)، غبار میان‌ستاره‌ای و رنگ سفید و زرد درخشان در بازوهای مارپیچی، نواحی تشکیل ستارگان را نشان می‌دهند. اگر یک کهکشان مارپیچی از پهلو دیده شود مانند یک قرص بنظر خواهد آمد. شکل ۳.۱ مثال خوبی از تصویر کهکشان مارپیچی از پهلو می‌باشد، که متعلق به کهکشان NGC891 است. به طوری که ملاحظه می‌شود غبار و گاز بین ستاره‌ای بیشتر در قسمت مرکزی قرص، متمرکز شده است. کهکشان‌ها، ستارگان و سیارات از درهم‌ریزی غبار و گاز میان‌ستاره‌ای (موسوم به مادهٔ میان‌ستاره‌ای) در اثر گرانش، شکل می‌گیرند. کهکشان ما، خود