

فصل دوم

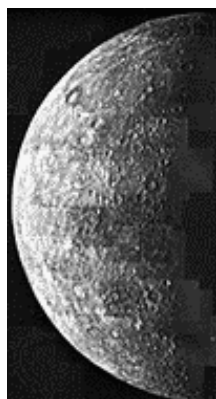
عطارد

عطارد از کواکب سبعة بوده و معنای آن "نافذ در امور" است و آن را دبیر و کاتب را نامیدند و از نامهای آن تیر، زادوس یا زاودش است. ستاره‌ای است از ستاره‌های خنس در آسمان دوم و آن را دبیرفلک و تیرفلک نیز می‌گفتند و علم و عقل را به آن نسبت می‌دادند. عطارد پس از فلک قمر و در فلک دوم بوده و شرف او در سنبله و ویتال او در قوس است. خانه و بیت او دو برج جوزا و سنبله است و شرف آن در پانزدهمین درجه سنبله است. آن را ذوجسدین نیز نامند و بلاد روم بدان منسوب است (یعنی به آن مرکوری^۱ می‌گفتند) و در علم احکام نجوم، رب روز چهارشنبه است.

عطارد را حداقل از سه هزار سال قبل می‌شناختند. از قدیم پرستش می‌شده و معبدی^۲ نیز از آن در روم ساخته شده که از سال ۹۵ ق.م. وجود دارد نام مرکوری از یکی از خدایان رُم باستان به نام خدای کسب و کار و حرفه گرفته شده است. مرکوری قاصد آسمانها و خدائی که همواره معاون علم و تجارت بوده چنانکه نقش این پیام‌رسان بر روی برخی سکه‌ها نیز دیده می‌شود. هراکلیوس^۳ رومی عقیده داشت که عطارد و زهره حول خورشید می‌گردند. در افسانه‌های یونانی عطارد نسخه رومی خدا هرمس^۴ بود. عطارد به موجب افسانه‌های یونانی پیامبر یا قاصد خدایان و حامی قاصدان و بازرگانان بوده است و در اساطیر یونان سریعترین سیاره در حال حرکت بشمار می‌رفت که برای خدایان دیگر پیغام می‌برده است و این به خاطر حرکت سریع عطارد در فضا در مقایسه با ستاره‌های دیگر نامیده شده است. بعلاوه وی حافظ سفرها و تجارت بوده است و در نزد یونانیان رب‌النوع سخنوری و بازرگانی نامیده می‌شد. یونانیان آن را به عنوان ستاره شامگاهی هرمس، یعنی مفسر اراده خدایان می‌نامیدند و بعنوان ستاره صبح از آن به آپولو^۵ یاد می‌کردند (البته بعنوان یک ستاره نه دو ستاره). در ادب، "عطارد حشمت" به معنای دارنده حشمت و جاه و جلال بسیار بوده و "عطارد ضمیر" به شخص تیزفهم تلقی می‌شده است.

۱-۲ عطارد:

عطارد یا تیر، اولین سیاره خاکی منظومه شمسی، نزدیکترین سیاره به خورشید و بعد از پلوتو دومین سیاره کوچک منظومه شمسی است و کمی از ماه بزرگتر است. عطارد در فاصله ۵۸ میلیون کیلومتری از خورشید قرار دارد. تا قبل از سفر مارینر ۱۰^۶ به عطارد در ۱۹۷۴م، جزئیات زیادی از آن در دسترس نبود. هسته آهنی عظیم آن موجب شده تا از هر سیاره دیگری در منظومه شمسی بجز زمین دارای چگالی بیشتری باشد. قطر عطارد برابر ۴۸۷۸ کیلومتر که ۰/۴ قطر زمین



شکل (۱-۲) تصویر موزائیکی از سطح عطارد که توسط مارینر ۱۰ گرفته شده.

است، حجمش یک هفدهم حجم زمین، مساحت آن یک هفتم مساحت زمین و جرمش در حدود جرم ماه است. از طرفی دیگر تنها از دو قمر در منظومه شمسی یعنی گانیمد (قمر مشتری) و تیتان (قمر زحل) کوچکتر ولی دو مرتبه از آنها سنگینتر است. از آنجا که عطارد جزء چهار سیارهء خاکی است، شناخت آن و عوارضش به شناخت سیارات خاکی دیگر کمک می کند. اما شناخت عطارد بعلت کوچک بودن آن و نیز نزدیک بودنش به خورشید حتی با تلسکوپ مشکل است. عطارد سیاره ای است که بیش از ۲۰۰ سال مورد مطالعه دانشمندان بوده است و در ابتدا دانشمندان تصور می کردند که عطارد مانند زمین چرخشی ۲۴ ساعته دارد. مشاهدات رادیویی درباره این سیاره جزئیات مهمی آشکار نمود از جمله اینکه مقدار چرخش سیاره را ۵۵ روز برآورد نمود و داده های مارینر ۱۰ نیز نشان داد که چرخش عطارد بسیار کند است. روز عطاردی ۵۸ روز زمینی و سال آن ۸۸ روز زمینی است. حرارت سطح آن در روز به ۴۵۰ درجه سانتیگراد و در شب به ۱۸۰- درجه سانتیگراد بالغ می شود. گرما و سرمای شدید سطح عطارد باعث می شود تا وجود هرگونه حیات روی آن منتفی شود. مشخصات این سیاره در جدول زیر ذکر می شود، این مشخصات را می توان با زمین نیز مقایسه کرد:

جدول ۱. مشخصات فیزیکی سیاره

مشخصه	عطارد	عطارد در مقایسه با زمین (زمین=۱)
جرم (کیلوگرم)	$3/302 \times 10^{23}$	۰/۰۵۵
شعاع استوائی (کیلومتر)	۲۴۳۹/۷	۰/۳۸۳
شعاع قطبی (کیلومتر)	۲۴۳۹/۷	۰/۳۸۴
شعاع متوسط حجمی (کیلومتر)	۲۴۳۹/۷	۰/۳۸۳
پنخی (بیضیت)	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰
حجم ($km^3 \cdot 10^{10}$)	۶/۰۸۳	۰/۰۵۶
چگالی متوسط (gr/cm^3)	۵/۴۲۸	۰/۹۸۴
جاذبه سطح (استوا) m/s^2	۳/۷۰۱	۰/۳۷۸
شتاب سطح (قطبی) m/s^2	۳/۷۰۱	۰/۳۷۸
سرعت فرار (km/s)	۴/۲۵	۰/۳۸۰
$GM (Km^3/s^2)$	$2/203 \times 10^4$	۰/۰۵۵
اندازه اینرسی (I/MR^2)	۰/۳۳	۰/۹۹۸

تاریخچه شکل گیری عطارد مانند تاریخچه شکل گیری زمین است. این سیاره باقیمانده ابر اولیه منظومه در ۴/۵ میلیارد سال پیش بوده و طی این زمان که عطارد بتدریج سرد می شده، هدف برخورد شهابسنگ ها و خرده سنگها قرار گرفته و در عین اینکه هسته چگال عطارد شکل گرفت، کانی های سیلیکاتی در سطح آن باقی ماندند. تاریخچه سطحی آن نشان می دهد که سیاره در یک دوره بمباران شدید قرار گرفته، و طی این زمان جریانهای گدازه ای در سراسر سطح عطارد جاری شده است و دهانه های قدیمی تر یا قسمتی از آنها را پوشانده است و سپس دوره های بمباران خفیف تری آغاز شده که طی آن سطوح ناهموار بوجود آمده است. سپس عطارد سردتر شد و هسته آن منقبض گشت و بدین ترتیب قسمتی از پوسته در برخی نواحی شکسته شد و بریدگیهای زائده ای مرتفعی را تشکیل دادند. طی مرحله سوم جریان گدازه ها، سطوح صاف را بوجود آورد و طی مرحله چهارم بمباران دیگری از سنگها سطحی خشن از عطارد ساختند، که آنرا رگولیت یا سنگپوش^۱ می نامیم. هرچند شهابسنگ های بزرگتری دهانه های دیگری نیز ساختند ولی طی میلیون ها سال بعد، عطارد دارای تغییرات سطحی چندانی نبوده و لذا سطحی غیر فعال داشته و تغییرات دوره های قبل بر سطح آن باقی مانده اند.

۲-۲ درون عطارد:

ترکیب درونی و ساختار درونی عطارد را می توان با شناسائی ترکیبات سطحی و چگالی آن شناخت. جرم آن $0.055M_{\oplus}$ است که از اختلالات گرانشی بر مسیر فضایی مارینر ۱۰ طی پروازهای آن در ۱۹۷۴م. و ۱۹۷۵م. حول



شکل (۲-۲) تصویری احتمالی

از ساختار درونی عطارد

عطارد بدست آمده و $1/18$ جرم زمین محاسبه شده است. بنابراین روی عطارد وزن خود را کمتر احساس می کنید در واقع وزن جسم ۱۰۰ کیلوگرمی روی زمین در آنجا تنها ۳۸ کیلوگرم خواهد بود. سرعت فرار از سطح آن $4/25$ کیلومتر بر ثانیه است (زمین که $11/2$) و چگالی متوسط آن $5/42$ گرم بر سانتیمتر مکعب است که نظیر سیارات خاکی است. با این فشردگی، عطارد دومین سیاره چگال منظومه بعد از زمین (با چگالی $5/52$) است، پس باید فشردگی آن کمتر از زمین بوده و همچنین باید دارای مواد چگالی مانند آهن بیشتری باشد،

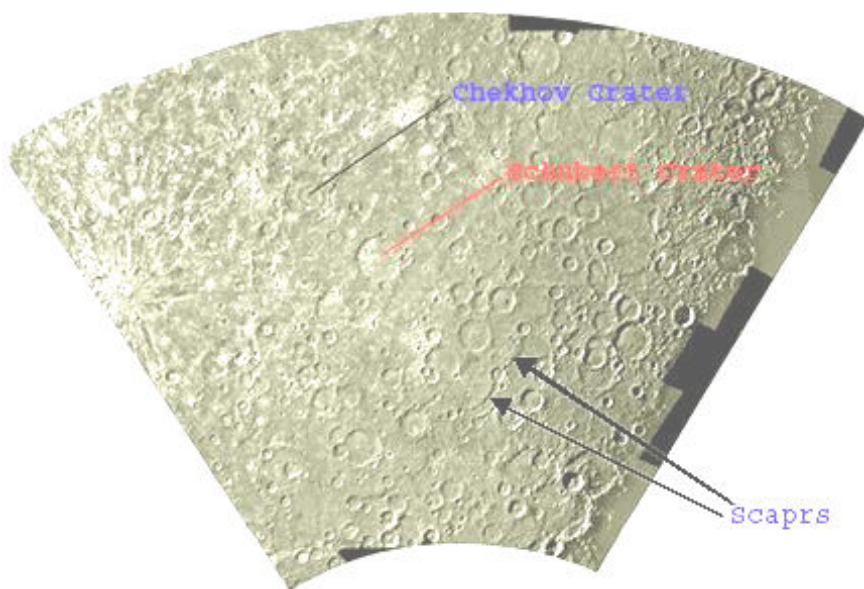
بعبارتی عطارد دو برابر پر آهن تر از هر سیاره ای دیگر است. با این جزئیات، درون عطارد دارای گوشته ای سنگی و هسته ای بزرگ فلزی احتمالاً نیکل-آهن است که این هسته به نسبت، از هسته زمین بزرگتر خواهد بود. از طرف دیگر وجود میدان مغناطیسی عطارد نیز بر وجود هسته ای سنگین فلزی دلالت دارد. در حالت غیرفشرده چگالی عطارد می بایست $5/5$ و زمین می بایست $4/0$ باشد این چگالی نشان می دهد که 60 تا 70 درصد وزن سیاره فلز بوده و 40 تا 30 درصد وزن آن حاوی سیلیکاتهاست، در نتیجه شعاع هسته حدوداً 75 درصد شعاع سیاره، یعنی بین 1800 تا 1900 کیلومتر است. از آنجاکه این سیاره کوچک سریعاً گرما را از دست می دهد بایستی هسته آن سرد باشد ولی احتمالاً بطور جزئی مذاب و مایع است و در اثر سرما قسمتهائی از هسته مچاله شده است و این مچاله شدن روی پوسته نیز اثر گذاشته و چین خوردگی های وسیعی را روی آن ایجاد نموده است. از دلایل سرمایش هسته وجود فعالیتهای آتشفشانی قدیمی در سطح عطارد می باشد که داده های ارسالی از مارینر ۱۰ آن را تایید نموده اند. این سیاره چروکیده دارای

گوشته ای سنگی سیلیکاتی است که بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ کیلومتر ضخامت دارد و پوسته ای سیلیکاتی نازک که تنها ۱۰۰ کیلومتر است. عطارد تکتونیک صفحه ای ندارد ولی حرکات جزئی نزدیک سطح آن به چشم می خورد.

۲-۳ سطح عطارد:

اولین عکس های سطح عطارد توسط ستاره شناسی به نام آنتونیادی^۹ در ۱۹۲۰م. گرفته شد، که صرفاً مناطق تاریک و روشنی را نشان می داد. سپس سیاره چروکیده توسط تلسکوپها و رادیوتلسکوپها و بعد از آن فضاپیمای مارینر ۱۰ کاوش شد. طی سالهای ۱۹۷۴م. و ۱۹۷۵م. که فضاپیمای مارینر ۱۰ از فاصله چند صد کیلومتری عطارد گذشت، تصاویری را از این سیاره به زمین ارسال نمود و ۴۵ درصد سطح عطارد را بررسی نمود. تصاویر مارینر ۱۰ از سطح عطارد ۵۰۰۰ بار از تصاویر زمینی کیفیتشان بهتر بود. آنچه در ابتدا بچشم می خورد این است که سطح سیاره پر از دهانه های برخوردی

حاصل برخورد شهابسنگ ها و دنباله دارهاست که از دوران جوانی منظومه شمسی بجا مانده است. در ابتدا خواص سطحی عطارد اعم از ترکیب مواد خاکی و سطح آن را از رصدهای اپتیکی، گرمایی و رادیوئی بدست آمد، زیرا چنین رصدهائی درباره ماه نیز انجام شده بود و نتیجه چنین بود که بازتاب نور خورشید از زوایای مختلف نشاندهنده سطحی خشن و سخت است که در برخی نقاط نازک و صخره مانند می شوند. این سطح خشن مانند سطح ماه، شامل گودی هایی با لبه های برجسته و سطوح چهارگوش



شکل (۲-۳) تصویری چهارگوش از عطارد که توسط مارینر ۱۰ طی اولین و دومین نزدیکی به سیاره گرفته شده است. دهانه شوبرت به قطر ۱۶۰ کیلومتر و همچنین دهانه دوتائی چخوف نیز دیده می شود. در پائین تصویر نیز می توان دو پرتگاه را روی سطح مشاهده نمود. (اطلس عطارد تصویر 11-A)

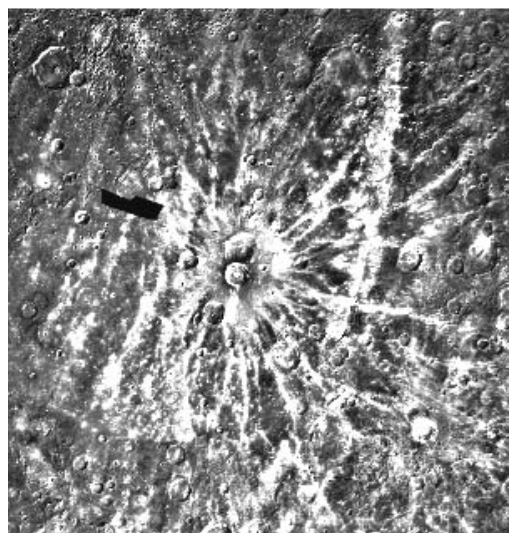
بوده که بوضوح نشاندهنده برخورد اجرام آسمانی است. البته این مشاهدات، قبل از سفر فضاپیمای مارینر به عطارد نیز تا حدودی حاصل شده بود. رصدهای راداری نیز نشاندهنده نقاط پراکنده نامشخصی، بخصوص در کلاهک های قطبی است که با یخ تفسیر شده اند. میزان اشعه خورشید که به سطح عطارد می رسد تقریباً ۷ برابر قوی تر از اشعه ای است که به زمین می رسد. آلبدوی سطحی عطارد برابر ۰/۱۰۶ نیز نشان دهنده سطحی خاکی و تیره در عطارد است زیرا تنها ۱۱ درصد نوری که از خورشید به سطح آن می رسد را باز می تاباند، البته نواحی روشنی نیز در سطح عطارد وجود دارند که تا ۵۰ درصد نور را بازتاب می کنند. روشنائی متوسط سطح عطارد، ترکیبات معدنی فاقد تیتانیوم و آهن را که در دریاچه های قمری وجود دارند را مشخص می کند و بیشتر شبیه سطوح کلسیم دار است. مشاهدات گرمائی مادون قرمز مارینر ۱۰ نشاندهنده این بود که عطارد با لایه ای به ضخامت ۱۰ سانتیمتر از غبار سیلیکات و شن پوشیده شده است. بالاخره اندازه گیری درجه حرارت با طول موج های مختلف مادون قرمز و میکروموجی در زوایای مختلف، مواد مختلفی

را در سطح آن آشکار نمود بعلاوه مشاهدات چند طیفی^{۱۱} در نورمرئی و مادون قرمز یک سطح مشابه سطوح قمری را مشخص نموده که دارای ترکیبات آهنی است و جذب یک میکرومتری سطح، نشاندهنده سطحی آغشته به حداکثر ۵ درصد ترکیبات دارای اکسیدهای آهن است.

۲-۳-۱ چهره سطحی عطارد:

نمود ظاهری عطارد نشاندهنده تاریخچه گذشته سیاره است. سطح عطارد مانند سطح ماه به علت نداشتن جو قابل توجه دچار تحول نمی شود، بعلاوه فعالیت های آتشفشانی و تکتونیکی در آن اثبات نشده بنابراین برای مدت زیادی تقریباً دست نخورده باقی مانده است. سطح سیاره پوشیده از کوه و دهانه ها و شیارهایی بوده و این سطحی شبیه سطح ماه را از آن ساخته و این ساختارها و عوارض را می توان به چند ناحیه تقسیم بندی نمود. این نواحی شامل دهانه ها^{۱۱}، پرتگاه ها^{۱۲}، جلگه ها^{۱۳} و زمینهای صاف و هموار^{۱۴} و تپه ها و نواحی سطح بین دهانه های^{۱۵}.

اکثر مناظر سطحی عطارد را دهانه ها تشکیل می دهند که در دیگر اجرام خاکی منظومه نیز دیده می شود. دهانه های سطح عطارد مختلف و دارای اندازه و شکلهای مختلفند و تقریباً شبیه دهانه های ماه می باشند و هرچند سطوح تاریک



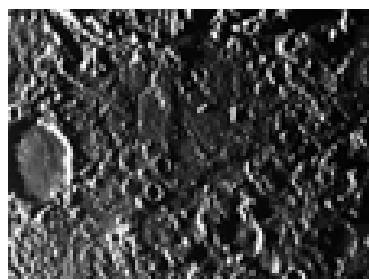
شکل (۲-۴) تصویر موزائیکی از دهانه اشعه مانند دگاس با ۴ کیلومتر قطر که طی اولین و سومین نزدیکی مارینر ۱۰ به عطارد تصویر برداری شده است. در این تصور بوضوح می توان دهانه های برخوردی را تشخیص داد که حاصل بمبارانهای بعدی بر سطح عطاردند و دهانه های قبل را محو کرده اند.

سطح عطارد به تاریکی سطوح ماه نیستند اما می توان سطح عطارد را با سطح ماه مقایسه کرد، دهانه های عطارد کمی کوچکتری از لحاظ تعداد، تقریباً به تعداد دهانه های ماه هستند. از لحاظ شکل ظاهری، دهانه ها دارای لبه برآمده با مواد بیرون ریخته در کنارشان بوده و اکثراً حاصل برخورد اجرام و سنگهای آسمانی بر سطح عطاردند. درون برخی دهانه های بزرگتر، دهانه های کوچکی نیز به چشم می خورند که حاصل بمبارانهای بعدی هستند و نشان می دهد که مسن ترند. سن دهانه ها نیز متفاوت بوده و برخی قدیمی ترند که این تفاوت سنی در دهانه ها بوضوح توجیه مشخصی ندارد و در مقایسه با سن عطارد، دهانه ها می بایست ۳ تا ۴ میلیارد سال سن داشته باشند. برخی نواحی بشدت دهانه دار نیز که شامل دهانه هایی گروهی با قطر بیش از ۳۰ کیلومتر هستند نیز روی سطح دیده می شود. خیلی از دهانه ها دارای دیواره های صاف هستند و یا توسط دهانه ای دیگر تسخیر شده اند. هرچند منابع فعالیت های آتشفشانی در سطح عطارد تأیید نشده و مسلم و قطعی نیست، اما

بنظر می رسد برخی از دهانه حاصل فعالیت های آتشفشانی طی ۴ میلیون سال پیش باشد. اگرچه می توان میان لبه های کناری بعضی از دهانه ها را کوه نامید ولی فرآیند کوهزائی مانند فرآیند کوهزائی روی زمین - که در اثر فشار و لغزش پوسته ها با هم و یا جریان حرارت درونی به بیرون است - در عطارد وجود ندارد. از تفاوت های حفره های سطح ماه با حفره های عطارد اینست که در سطح عطارد حفره ها کوچکتر بوده و برخی حفره ها با قطری بیش از ۲۰۰ کیلومتر در

حدود حفره های سطح ماه اند. کوپر^{۱۶} بزرگترین دهانه عطارد ۶۰ کیلومتر عرض دارد و دهانه کوپلی^{۱۷} با قطر ۳۰ کیلومتر، دارای اشعه های روشنی است که ۴۰۰ کیلومتر گسترده شده اند.

بزرگترین عارضهء سطح عطارد که توسط مارینر ۱۰ مشاهده شد، حوضچهء کالوریس^{۱۸} نام دارد که ۱۳۵۰ کیلومتر پهنا



شکل (۲-۵) نمائی از حوضچه کالوریس که توسط مارینر ۱۰ گرفته شده.

۲ کیلومتر عمق دارد و در مرکز نیمکره شمالی عطارد واقع است. سبب ایجاد آن، احتمالاً برخورد یک سیارک با قطری بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلومتر بوده که امواج شوک حاصله رشته کوهی با قله های بیش از ۲۰۰۰ متر ساخته است و بعد از برخورد جرم سماوی توسط جریانهای گدازه ای بطور جزئی پر شده است. مشابه این عارضه در ماه دریای اورینتال^{۱۹} و ناحیهء والهالا^{۲۰} در کالیستو قمر مشتری است. حوضچه کالوریس ناحیهء خیلی گرمی است زیرا نزدیک نقطهء تحت الشمسی^{۲۱} واقع است که از سایر نقاط روی عطارد به خورشید نزدیکتر است و بدین علت نیز اینچنین نامیده

شده است - در عرض جغرافیائی گرم واقع شده و به لاتین آنرا کالور^{۲۲} نامند- و در زمان حضيض رو به خورشید قرار می گیرد. درون حوضچهء مسطح بوده و در کناره ها لبه دار و شکسته بوده و درای الگوئی متحدالمرکز است و مواد از دهانه بیرون ریخته اند. لبه حوضچهء شامل یک حلقهء نامنظم قطعات کوه تا ۲ کیلومتر بلندی و ۵۰ کیلومتر مربع، است. آنسوی سیاره و دقیقاً مخالف با حوضچهء کالوریس ناحیهء ای از تپه ها و گودیهایی وجود دارد که تپه های چند وجهی با ۵ تا ۱۰ کیلومتر عرض و تا ۱/۵ کیلومتر ارتفاع دارند^{۲۳}. بنظر می رسد امواج شوک حاصل از برخورد جرم آسمانی در ناحیهء کالوریس پس از عبور از درون سیاره به سطح مخالف رسیده و این ناحیه را پدید آورده باشند. در این ناحیه لبه دهانه ها به تپه های دیگری شکسته شده که عوارض دیگری را پدید آورده است. هر چند برخی از دهانه ها کف صافی دارند و شکستگی ندارند و این فکر را تداعی می کند که می بایست آنرا مواد دیگری بعداً پر کرده باشند. بعد از حوضچهء کالوریس، دهانهء بتهوون با ۶۲۵ کیلومتر قطر بزرگترین عارضهء عطارد است. هرچند عطارد دارای صفحاتی نظیر تیر و ادین^{۲۴} است، دارای عوارض تپه ای در طرف سیارهء مخالف حوضچهء کالوریس است.

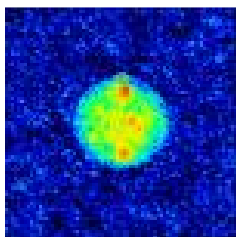
پرتگاه ها^{۲۵} (خندق ها یا سرایشی ها، صخره های منحنی یا سرایشی های شیبدار) از بارزترین مناظر سطحی عطاردند که طول برخی به بیش از صدها کیلومتر و ارتفاع بیش از ۳ کیلومتر بالغ می گردد. پیدایش خندق ها از عوارض مچاله شدن سطح عطارد و در نتیجه کم شدن شعاع سیاره به میزان یک یا دو کیلومتر است. از آنجا که عطارد تحت کشش شدید خورشید قرار دارد، این کشش باعث کندی حرکت وضعی آن شده و البته تاثیراتی درون عطارد داشته که باعث سرد شدن هسته عطارد شده است که در نتیجه باعث مچاله شدن پوسته سیاره شده که سرایشی ها را بوجود آورده است. اکثر پرتگاه ها نسبتاً مسن هستند و تنها چند پرتگاه کوچک جوانتر بوده و در اثر تغییر شکل های موضعی بعدی تشکیل شده اند. برخی نیز وجود پرتگاه را از عوارض تکتونیک صفحه ای عطارد دانسته اند. طول اغلب پرتگاه های عطارد از ۲۰ تا ۵۰۰ کیلومتر و ارتفاع آنها از چند صد متر تا ۲ کیلومتر تغییر می کند. بزرگترین پرتگاه آن روپز^{۲۶} با ۵۵۰ کیلومتر طول است.

قسمتی از سطح عطارد را سطوح هموار و صاف می پوشانند که اکثراً مسن و وسیعند و در مناطقی از عطارد دیده می شوند. این زمینهای فلاتی مسطح را می توان در دو دسته قرار داد: سطوح درون دهانه ای^{۲۷} و سطوح صاف بیرونی. هرچند سطوح صاف درون دهانه ای کمتری اند ولی مناطق هموار بیشماری را می توان را حول دهانه ها یافت. سه نوع برآمدگی، تپه و تل روی عطارد به چشم می خورد. نوع اول تپه های نسبتاً باریک و متقاطع که اکثراً در لبه ها و در کناره های دهانه های بزرگ و وسیع (حوضچه ها) به چشم می خورند و معمولاً با دخالت دره ها وجود دارند. نوع دوم تپه و تل های خوش شکل تر که در زمینهای صاف و مسطح دیده می شوند و احتمالاً برای تعادل در قرارگیری وزن صخره ها در فلاتها شکل گرفته اند و بالاخره تل و تپه های بزرگ (با طول بیش از چند صد کیلومتر) که در دهانه های سنگین و در نواحی مداری میانه که تا حدود خندق ها ادامه می یابد و احتمالاً نتیجه مواد آتشفشانی در تاریخ عطارد پیشین است. دره ها روی عطارد نسبتاً کم یاب هستند و عمدتاً در شکل گیری دهانه های اصابت شده تشکیل شده اند. از چهره های بارز دیگر روی سیاره کوچک، نواحی ترکیده و یا تورفتگی های عمیقی است که در آنسوی سیاره دقیقاً در جهت خلاف کالوریس واقعند.

همه دهانه های عطارد با نام هنرمندان مشهور جهان نامگذاری شده اند، نظیر لیریکال، ویوالدی، موزارت، بارتوک، مونیت، رنوار، روبنز، هاینه و شکسپیر^{۲۸}. خندق ها و سرایشی ها را با نام کشتی هائی که در اکتشافات زمینی بوده اند نامگذاری کرده اند و لبه ها^{۲۹} و برآمدگی ها را با نام ستاره شناسان و دره ها^{۳۰} را با نام رصدخانه های رادیویی نامگذاری نمودند. نام زمین های صاف یا سطوح هموار یا جلگه ها را نیز از نام ستارگان یا خدای عطارد در زبان های مختلف گرفته اند.

۲-۳-۲ حرارت سطح عطارد:

عطارد مستقیماً توسط خورشید گرم می شود و حرارت سطحی آن بین $450^{\circ}C$ در ظهر (روبروی خورشید) تا $180^{\circ}C$ در طرف تاریک آن متغیر است که بطور متوسط حدود ۱۵۰ درجه سانتیگراد است. این تغییرات حرارت ۶۰۰ درجه ای در هیچ یک از سیارات منظومه شمسی دیده نمی شود. عطارد در روز به علت نزدیکی به خورشید بسیار سطح گرمی دارد و بعلت نداشتن جو و حرکت کندش گرما را از دست داده و در شب بسیار سرد می شود. حرکت مداری ۸۸ روزه و چرخش ۵۸ روزه آن حول محورش باعث اثرات نامعمول حرارت روی سطح آنست، زیرا خروج از مرکز ۰/۲ آن است و با این مدار بیضوی سطحی که توسط خورشید گرم می شود طی ۵۸ روز در همان مکان قبلی نخواهد بود، بنابراین روز خورشیدی^{۳۱} روی عطارد ۱۷۶ روز زمینی است که دقیقاً برابر ۲ سال عطاردی است. طی این زمان، خروج از مرکز زیاد مداری باعث می شود که حرارت سطح عطارد تا ۵۰ درصد تغییر کند. این تغییر اندازه زاویه ای ظاهری خورشید از ۱/۱ درجه در اوج تا ۱/۷ درجه در حضیض (در قیاس با ۰/۵ درجه مشاهده شده از زمین) باعث می شود تا نور خورشید در حضیض بیش از دو برابر آن در اوج به سطح عطارد برسد. بدین ترتیب زمان ظهر در حضیض عطارد، سطح آن دو برابر گرمتر از زمان ظهر در اوج آن خواهد بود.



۳-۳-۲ وجود یخ در عطارد:

در ۱۹۳۳م. دانشمندان در کالیفرنیا آنتنی نصب کردند و بازتاب امواج فرستاده شده به قطب های عطارد را بررسی نمودند و وجود احتمالی یخ را در آن مناطق مشاهده نمودند. در ۱۹۹۱م. دانشمندان سیاره شناس موهلمن و باتلر^{۳۲} از آزمایشگاه جی.پی.ال.^{۳۳}، از طریق سیستم تلسکوپ رادیویی آرسیو^{۳۴} و آنتن ۷۰ متری گلدستون^{۳۵} و مجموعه تلسکوپهای رادیویی^{۳۶} (VLA) عطارد را مورد کاوش قرار دادند و وجود یخ را در قطبین عطارد اثبات نمودند^{۳۷}. آنها از طریق

شکل (۲-۶) تصویر راداری VLA از عطارد. در این تصویر رنگ قرمز نشاندهنده انعکاس شدید و زرد و سبز و آبی بترتیب نشان از انعکاس ضعیف امواج است. نقاط قرمز بالئی نشان از وجود یخ در قطب شمال است.

آنتن گلدستون که با فرستنده نیم میلیون واتی ساپورت می شد، با ارسال امواج راداری قطبیده ۸/۵۱ گیگاهرتزی ۴۶۰ کیلوواتی بطرف قطب های عطارد و دریافت امواج ارسالی توسط ۲۶ آنتن VLA تصاویری راداری مناطقی از عطارد را تهیه نمودند که توسط ماریتر ۱۰ رصد نشده بود. بررسی و درجه بندی و پردازش این داده ها، نواحی روشن (انعکاس راداری بالا) با علائم فاقد قطبیدگی در قطب شمال را نشان می داد. آزمایش مجددی از طریق آرسیو با ارسال امواج بانده S (۴۲۰ کیلووات و ۲/۴ گیگاهرتز) و دریافت امواج بازگشتی انجام شد و سپس با صاف کردن^{۳۸} و پردازش اطلاعات بازگشتی، یک نقشه راداری از سطح عطارد با تفکیک تقریبی ۱۵ کیلومتر از سطح عطارد بدست آمد که حدود ۲۰ ناحیه با انعکاس بالا بدون قطبیدگی^{۳۹} در قطب شمال و جنوب عطارد را نشان می داد. در ۱۹۹۴م. بررسی دیگری با VLA نشان داد که انعکاس های راداری مشابهی در قطب جنوب عطارد وجود دارد.

این نواحی روشن با بازتاب راداری زیاد که فاقد قطبیدگی است، شواهدی از وجود یخ را در قطب ها نشان می دهد. در مقایسه با صخره های سیلیکاتی که قسمت بیشتری از سطح عطارد را می پوشاند، یخ دارای بازتاب راداری بالا و قطبیدگی کم است - این مقدار بازتابیده مانند یخ موجود در اروپا، گانیمد و کالیستو آنقدر دارای انعکاس زیاد نیست - با این وجود طبیعت غیرقطبیدگی مشخصه یخ آب است که در عطارد مشاهده شد. نتایج آرسیو نشان داد که این مناطق با بازتاب راداری بالا، در نواحی دهانه ها قرار دارند. در قطب جنوب محل بزرگترین ناحیه با دهانه بزرگ چائو منگ فو^{۴۰} است و نواحی کوچکتر مطابق دهانه های دیگرند. در قطب شمال نواحی روشن قطبی واضح نبوده و قابل تطبیق با دهانه ها نیستند، ولی بطور کلی از هر دو قطب، نواحی روشن منطبق بر دهانه ها هستند. حال از آنجائیکه تمایل محور نسبت به مدار سیاره صفر است، بنابراین دهانه های نزدیک قطب ها تقریباً همیشگی و دائمی بوده و بعلافت افقی بودن تابش خورشید در آن مناطق، درون دهانه ها از دسترسی نور خورشید بدورند. بدین ترتیب تصور می شود که سایه دهانه ها و کناره ها جای خوبی برای حفظ یخ یا ایجاد یخ هستند. از طرفی دیگر امواج بازگشتی نشان می دهد که لایه های یخ با پوششی از غبار و یا خاک پوشیده شده اند، بنابراین در مجموع شواهد وجود یخ در قطبها بخصوص سایه دهانه ها را تایید کرده و در مقابل این شواهد می تواند با احتمال خیلی کمی دلیلی بر وجود سولفیدهای فلزی یا دیگر مواد هم چگال یا یونهای سدیم رسوبی نیز باشد.

چون عطارد یخ ساز نیست، پس این مناطق یخی دو منبع احتمالی دارند. یکی بمباران های شهابی از اجرام سماوی و ستارگان دنباله داری که حاوی مقادیری یخ آب هستند و منبع دوم که احتمال کمتری دارد وجود آب در درون خود عطارد است که در سایه دیوار دهانه ها از دسترس نور خورشید بدور مانده اند. هرچند دمای سطح سیاره ۴۵۰ درجه

ساتیگراد در ظهر است و مانع وجود یخ بر روی سطح عطارد می شود اما حرکت کند عطارد بدور خودش طی ۱۷۶ روز زمینی باعث باقیماندن یخ ها می شود. از طرف دیگر چون عطارد اتمسفر کلی ندارد لذا یخ می بایست فرار بوده و در حلاء تبخیر شود مگر اینکه طی تمام مدت سرد باقی بماند. پس طرف مقابل خورشید دارای یخ نبوده و وجود آن منحصر به کناره های عمیقی است که از دسترس نور محفوظ است. با اینکه وجود چنین دهانه هایی در عطارد خود یک مساله است، ولی تصاویر مارینر ۱۰ نشان می دهد که در نواحی قطبی، دهانه ها می بایستد حرارتی مابین ۱۰۲ تا ۱۶۷ کلوین دارا باشند و برخی محاسبات دیگر نیز نشان می دهد که عمر یخ های موجود در قطب ها هم سن عمر منظومه شمسی است. نکته آخر اینکه یخ معمولی در سطح زمین امواج رادیوئی را جذب می کند، اما در حرارت خیلی پائین یخ انعکاس خیلی خوبی از امواج رادیوئی دارد. بازتاب امواج بر سطح عطارد بیش از مقداری است که بتوان گفت درخشش ناگهانی حاصل از لبه های دهانه های آن سیاره است. همچنین محاسبات انجام شده علائمی مانند علائم وجود یخ در مریخ و اقمار یخی مشتری است. نداشتن اتمسفر در عطارد و گرمای شدید سطحی آن باعث می شود که آب در هر شکلی روی آن باقی نماند و این یخ موجود نیز در سطح عطارد و یا در زیر سطح در قطبین در حرارت حداکثر ۱۶۱- سانتیگراد باقی مانده است و تنها راه ممکن برای بررسی دقیق وجود یخ ارسال فضاییما به عطارد و طیف نگاری از سطح آن است.

۲-۴ اتمسفر:

عطارد دارای اتمسفر خیلی ضعیفی است، در واقع اتمسفر این سیاره آنقدر ناچیزی است که جرم کلی آن به ۱۰۰۰ کیلوگرم نمی رسد. دلیل این جو ناچیز جرم کم سیاره است، که قادر به نگهداری گازهای اطراف خود نیست. از آنجائیکه جرم سیاره کم و جاذبه سیاره ضعیف و روز خورشیدی عطارد گرم است و از طرفی سرعت فرار آن ۴/۲۵ کیلومتر بر ثانیه است، بنابراین تنها مولکول های خیلی سنگین قادر به فرار از آن نخواهند بود و این وجود جو کلی را در عطارد غیرممکن می سازد. آزمایشات فضاییما مارینر ۱۰ فشار اتمسفری کلی برابر 10^{-12} بار را نشان داد که یک پانصد میلیاردم فشار اتمسفری زمین است (زمین $1/0.3$ کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب)، بنابراین جو عطارد تقریباً شبیه حلاء است و مولکولهای سنگین بر وجود بر سطح عطارد دوام نمی آورند، آسمان تیره و تار است و ستارگان طی روز مشخصند. مارینر ۱۰ که طیف سنج ماوراء بنفش را با خود به همراه داشت، وجود جو خیلی رقیقی از اکسیژن، هلیوم و هیدروژن را آشکار نمود. به احتمال زیاد عطارد این مقدار هلیوم و هیدروژن ناچیز را از بادهای خورشیدی توسط میدان مغناطیسی جذب کرده باشد، زیرا باد خورشیدی حدوداً حاوی $0/10$ هلیوم است و احتمال دیگر اینکه مقدار هلیوم موجود حاصل آزادسازی سنگ های رادیواکتیو مانند اورانیم^{۴۱} یا توریم^{۴۲} در سیاره است. احتمال دیگر اینکه این گازها حاصل تبخیر شهابسنگ ها، خرده سیارکها و اجرامی دیگری است که بر سطح عطارد سقوط کرده اند. آزمایشات تلسکوپی زمینی مقادیری سدیم، پتاسیم و کلسیم را آشکار نمود. ظاهراً اکسیژن، سدیم، پتاسیم و کلسیم حاصل بیرون راندن از درون عطارد است. ردپای عناصر دیگری نیز در اتمسفر مشاهده شده لیکن برخی از عناصر فرار بود و در جو باقی نمی مانند، مانند هیدروژن که تا ۲۲٪ جو را در برخی لحظات تشکیل می دهد. در کل اتمسفر عطارد شامل ۵۲٪ اکسیژن، ۳۹٪ سدیم، ۷٪ هلیوم، حدود ۱٪ پتاسیم و هیدروژن و مقادیری کلسیم، آب، نیتروژن، متان و گازهای نجیب است. این اتمسفر بسیار رقیق که در کرانه ها نازکتر می شود تا حدودی باعث گرم شدن عطارد در روز و سرد شدن سطح آن در شب می شود.

بعلاوه وجود جو ناچیز (مانند ماه) باعث تابش اشعه ماوراء قرمز در خلال شب می شود و با توجه به اینکه ماه و عطارد تقریباً یک آلبدو دارند، بعلت اینکه عطارد بخورشید $2/5$ برابر از ماه نزدیکتر است، لذا شار خورشیدی آن $6/25$ برابر ماه است.

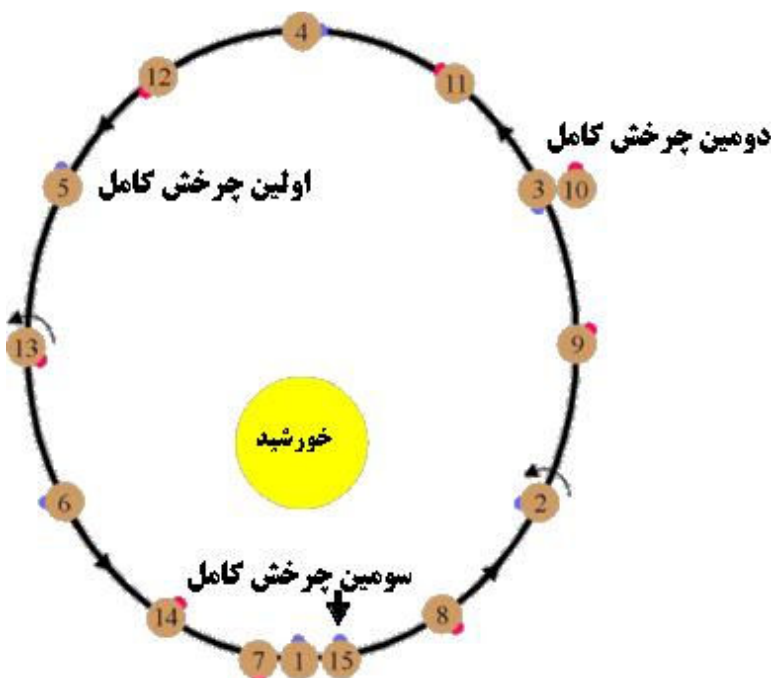
۲-۵ میدان مغناطیسی عطارد:

عطارد دارای میدانی مغناطیسی یکپارچه است و ماریتر 10 نشان داد که شدت میدان دوقطبی عطارد $3/3$ میلی گاوس^{۴۳} می باشد که یکصدبار ضعیفتر از میدان مغناطیسی زمین است. مبداء این میدان مغناطیسی نامشخص است و دانش ما از میدان مغناطیسی زمین به شناخت میدان مغناطیسی عطارد نیز کمک خواهد کرد. مطابق اثر دینامو، اگر میدان عطارد نیز مشابه زمین باشد، می بایست بخشی از هسته آهن-نیکلی عطارد بصورت گرم و فعال باشد که تا حدودی شواهد سطحی عطارد این را نشان می دهد و علت ضعیف بودن این میدان را می توان چرخش آهسته این سیاره دانست. نظریه دیگری اینست که این میدان ضعیف در عطارد جزء ذاتی آن نبوده و باقیمانده میدان اولیه ای است که توسط میدان مغناطیسی خورشید از قبل در عطارد القاء شده است. با وجود میدان ضعیف سیاره، این میدان برای قطع مغناطیس سپهر^{۴۴} در برابر بادهای خورشیدی کافی بوده و می تواند ذرات باردار (عموماً پروتونها) را از بادهای خورشیدی اطراف سیاره منحرف سازد. ماریتر 10 طی اولین نزدیکی خود به سیاره، میزان انحراف میدان را در طول جغرافیائی 285 درجه و در نزدیکی سوم کجی آنرا را در طول جغرافیائی 115 درجه مشخص نمود. بطورکلی محور میدان دوقطبی مغناطیسی عطارد با محور چرخشی آن زاویه ای 169 درجه می سازد.

۲-۶ اقمار عطارد:

عطارد دارای قمر طبیعی نیست و مانند برخی سیارات دارای حلقه نمی باشد.

۲-۷ حرکت عطارد در فضا:

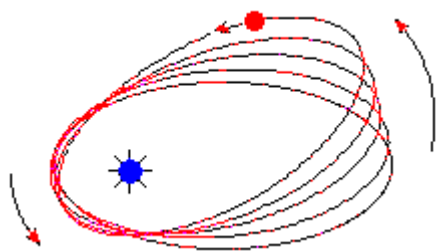


شکل (۲-۷) نمایشی کامل از چرخش عطارد بدور خود و همزمان بدور خورشید

و در نیمه قرن نوزدهم بود که دانشمندان دوره ای 24 ساعته مانند زمین برای چرخش آن اعلام نمودند. سپس یک دوره 88 روزه همانند سال آن روز عطاردی محسوب شد. یعنی به عنوان یک سیاره با چرخش همزمان. که در این صورت همیشه یکسوی سیاره به طرف خورشید خواهد بود، نظیر ماه که همزمان با زمین می چرخد و این نظر برای عطارد قریب به 80 سال وجود داشت. پیش از دهه 1960 مشاهدات رادیوئی پا به

عرصه وجود گذاشته بود. اینکه مقادیر انرژی منتشر شده از یک سیاره وابسته به حرارت آنست یه بحث علمی بود لذا از آنجا که طرف تاریک عطارد در صورت همزمان چرخیدن با خورشید می بایست سردتر از مقدار موجود باشد دانشمندان را متقاعد کرد که این چرخش عطارد همزمان نیست. بنابراین با بررسی علائم راداری روی عطارد و تغییرات اثر دوپلری روی فرکانس علائم نشان داد که مقدار چرخش سیاره ۵۵ روز است. و تا سال ۱۹۶۵م. این تصور رواج داشت که عطارد نمی چرخد و یکطرفش همیشه رو به خورشید است. اما رصدهای مختلف و مارینر ۱۰ نشان داد که چرخش عطارد خیلی کند است.

عطارد در فاصله بین $0.31AU$ و $0.46AU$ بدور خورشید می گردد. مدار آن با خروج از مرکز 0.2056 در مقایسه با سیارات دیگر کاملاً بیضوی است، چنانکه در حضیض 46 میلیون کیلومتر و در اوج 70 میلیون کیلومتر تا خورشید فاصله می گیرد. عطارد بعلت نزدیکی به خورشید، دارای بیشترین سرعت مداری حول خورشید - که سریعتر از دیگر سیارات - بطور متوسط برابر 48 کیلومتر بر ثانیه است و باعث می شود تا در مدت 88 روز یکبار به دور خورشید بگردد، در عوض سرعت چرخشی سیاره حول خودش بسیار کند بوده و در مدت 58 روز و 15 دقیقه یکبار به دور خود می چرخد، بدین ترتیب 3 ماه طول می کشد تا خورشید از یک افق به افق دیگر برود. احتمالاً عطارد بعد از پیدایش، بسیار سریعتر می چرخیده - تقریباً 8 ساعت - و کشش خورشید باعث کندی حرکت آن شده است، مانند زمین که بگونه ای ماه را به طرف خود کشیده که یکطرف ماه همیشه رو به زمین است. تا 1962 م. تصور می شد. قبلاً تصور می شد که دوره تناوب چرخش عطارد حول محورش برابر دوره گردش آن بدور خورشید 88 روز است که شبیه ماه است، یعنی روز عطاردی همان طول سال آنست. در سال 1965 م. رالف دایس^{۴۵} و گوردون پتنگیل^{۴۶} تفاوت بسامد پالس های راداری امواج بازتابیده، که از رصدخانه 300 متری آرسیبو در پورتوریکو^{۴۷} به کناره های عطارد گسیل شده بود را بدقت اندازه گرفتند. آنها نتیجه گرفتند که چرخش عطارد بدور خود $58/654$ روز در جهت مستقیم و موازی با صفحه مدار طول می کشد که دو سوم دوره تناوب 88 روزه سال عطاردی است. لذا عطارد در یک تشدید کشندی اسپین - مدار $3:2$ حول خورشید است^{۴۸}. این بدین معناست که کشش خورشید بر روی عطارد شرایطی را باعث می شود تا عطارد سه بار حول محور خود بچرخد، در مدتی که دوبار حول خورشید چرخیده است. این اندازه گیری ها با مشاهدات راداری و تصاویر ارسالی مارینر ۱۰ تأیید گردید. در 1971 م. گلدشتین^{۴۹} مقدار چرخش را تصفیه نمود و برابر $58/65 \pm 0/25$ بدست آورد و از طرفی با رصدهای راداری و نیز اطلاعات مارینر ۱۰ برابر $58/646 \pm 0/005$ بدست آمد، و با محاسبات دقیق تر دوره تناوب چرخشی نجومی آن $58/64627$ شبانروز برآورد شد که دو سوم دوره تناوب مداری نجومی آن است. دوره تناوبهای قبلی احتمالاً اشتباه بوده اند، چون اشکال سطحی در عطارد معمولاً تنها در بزرگترین زاویه کشیدگی می توانند مشاهده شوند که در دوره تناوب هلالی $115/88$ شبانروز اتفاق می افتد که ضرورتاً دو برابر دوره تناوب چرخش نجومی است.



شکل (۸-۲) طرحی اغراق آمیز از پیشروی حضیض عطارد.

عطارد طی $87/9694$ روز یکبار بدور خورشید می چرخد. یک روز خورشیدی (از یک طلوع خورشید تا طلوع بعدی خورشید روی عطارد) 176 روز زمینی بطول می انجامد. حرکت

عطارد بدور خودش آهسته تر از سیارگان دیگر منظومه (بجز زهره) بود و در هر ۱۱۶ روز یکبار از مقابل زمین عبور می کند. صفحه استوای عطارد منطبق بر صفحه مداری آنست و کجی آن تقریباً صفر است، لذا فصول روی عطارد مانند فصول زمینی معنی ندارد هرچند که بیضویت مدار آن، تغییرات حرارتی شدید را بدنبال دارد. تمایل مداری $7/004$ درجه نسبت به دایره البروج از همهء سیارات بیشتر است. بعلت گشتاور سیارات از خورشید و اثرات متقابل سیارات بر هم، محور اصلی سیارات حول خورشید بطور جزئی با خود سیاره می چرخد. این مقدار پیشروی حضيض در عطارد بیشتر از بقیه سیارات بوده و مقدار آن در هر قرن 43 ثانیه قوسی است و این اختلالات بیش از 200 سال است که شناخته شده است. از آنجائیکه مکانیک نیوتنی قادر به توضیح این مسئله نبود، دانشمندان با دادن لقب آتشفشان^{۵۰} به سیاره، فعالیت‌های درونی را باعث این اختلالات دانستند. در 1915 م. آلبرت انیشتین با ارائهء نسبیت عام، توضیح داد که این اختلالات جزئی را می توان حاصل اثر جاذبه خورشید دانست، بعلاوه خود عطارد در توضیح اثر گرانشی خورشید بر مدار سیارات موثر بوده و وقتی عطارد در مقارنه بالا قرار می گرفت سیگنالهای فرستاده شده به سطح آن می بایست از کنار خورشید عبور کنند بنابراین از آنجا که نظریه نسبیت عام پیش بینی کرده بود که این سیگنالهای الکترومغناطیسی تحت اثر جاذبه منحرف می شوند این انحرافات بعنوان تابعی از حرکت عطارد حول خورشید نظریه نسبیت را تأیید می نمود. در 1967 دیک^{۵۱} و سپس هنری هیل^{۵۲} بیان نمودند که مقادیر جزئی پیشروی حضيض عطاردی ممکن است حاصل مقدار ناچیز فشردگی خورشید در قطب ها باشد.

جدول ۱-۲ مشخصات مداری عطارد

مشخصات مداری	عطارد	عطارد در مقایسه با زمین (زمین=۱)
فاصله متوسط از خورشید (میلیون کیلومتر)	۵۷/۹۰۹	$0.387 AU$
فاصله در حضيض (میلیون کیلومتر)	۴۶/۰۰	$0.312 AU$
فاصله در اوج (میلیون کیلومتر)	۶۹/۸۲	$0.459 AU$
دوره تناوب مداری نجومی (P)	روز ۸۷/۹۶۹۴	سال زمینی ۰/۲۴۰۸۴
دوره تناوب مداری استوائی	روز ۸۷/۹۶۸۶	سال زمینی ۰/۲۴۰۸۵
دوره تناوب قمری (S)	روز ۱۱۵/۸۸	-
دوره گردش نجومی	ساعت ۱۴۰۷/۶	روز ۵۸/۶۴۶۲۷
روز شمسی متوسط	ساعت ۴۲۲۲/۶	روز ۱۷۵/۹۴۲۱
سرعت مداری متوسط (کیلومتر بر ثانیه)	۴۷/۸۷	۱/۶۰
سرعت مداری حداقل (کیلومتر بر ثانیه)	۳۸/۸۶	۱/۳۳
سرعت مداری حداکثر (کیلومتر بر ثانیه)	۵۸/۹۸	۱/۹۵
سرعت مداری زاویه ای روزانه (درجه)	۴/۰۸۹	-
کجی-تمایل استوا به مدار- (درجه)	۰/۰۱	$0/00043$

جدول ۱-۳ مشخصات مدار (J2000)

۰/۳۸۷۰۹۸۹۳	نیم محور اصلی (AU)
۷/۰۰۴۸۷	تمایل مداری (درجه)
۰/۲۰۵۶۳۰۶۹	خروج از مرکز مداری (e)
۴۸/۳۳۱۶۷	طول جغرافیائی گره صعودی Ω (درجه)
۷۷/۴۵۶۴۵	طول جغرافیائی حضیض ω (درجه)
۲۵۲/۲۵۰۸۴	طول جغرافیائی متوسط L (درجه)

مختصات قطب شمال چرخش عطارد با بعد $281/01-0/003 \times T$ و $61/45-0/005 \times T$ میل باشند که T قرن ژولینی از تاریخ مرجع $(JD2451545/0)$ می باشد^{۵۳}. دوره چرخش عطارد ۸۷ روز و ۲۳ ساعت و ۱۵/۷ دقیقه و سرعت مداری زاویه ای روزانه عطارد برابر $4/089$ درجه یا $245/34$ دقیقه است.

۲-۸ رصد عطارد:

از آنجائیکه مدار عطارد درون مدار زمین قرار می گیرد، عطارد از خورشید زیاد دور نخواهد شد و هیچگاه از خورشید بیش از ۲۷ درجه و ۴۵ دقیقه فاصله نمی گیرد، بنابراین تنها برای زمان های کوتاهی قابل رویت است و برای تمام شب قابل رویت نخواهد بود. بدین ترتیب وقتی عطارد در کشیدگی غربی قرار دارد بعنوان یک ستاره صبحگاهی^{۵۴}، صبح درست قبل از طلوع خورشید در طرف راست و سمت غربی آن دیده می شود و وقتی در کشیدگی شرقی است بصورت یک ستاره شامگاهی^{۵۵} بعد از غروب خورشید در طرف چپ آن ظاهر می گردد. در واقع زاویه کشیدگی این سیاره که از زمین مشاهده می شود بین 18° تا $27/75^{\circ}$ قرار دارد و در حداکثر کشیدگی، این فاصله بیش از زاویه بین نوک انگشت شست تا انگشت کوچک نخواهد بود. بهر حال برای رصد این سیاره کوچک، در بهترین حالات ممکن، شما بیش از دو ساعت فرصت نخواهید داشت، هرچند همیشه قابل دیدن خواهد بود. عطارد هر سال ۳ بار بعنوان ستاره شامگاهی و ۳ مرتبه نیز بعنوان ستاره صبحگاهی ظاهر می شود. کشیدگی های عطارد طی سالهای ۸۵ تا ۹۰ در جدول ذیل ذکر می شود.

کشیدگی های عطارد از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ شمسی

سال	کشیدگی های شرقی	کشیدگی غربی
۱۳۸۵	۲۰ فروردین - ۱۶ مرداد - ۴ آذر	۲۹ خرداد - ۲۷ مهر - ۱۸ بهمن
۱۳۸۶	۲ فروردین - ۳۰ تیر - ۱۷ آبان - ۱۲ اسفند	۱۱ خرداد - ۹ مهر - ۱ بهمن
۱۳۸۷	۱۳ تیر - ۱ آبان - ۲۴ بهمن	۲۴ اردیبهشت - ۲۲ شهریور - ۱۵ دی
۱۳۸۸	۲۵ خرداد - ۱۴ مهر - ۵ بهمن	۵ اردیبهشت - ۳ شهریور - ۲۸ آذر
۱۳۸۹	۶ خرداد - ۲۸ شهریور - ۱۸ دی	۱۹ فروردین - ۱۵ مرداد - ۱۱ آذر
۱۳۹۰	۱۹ اردیبهشت - ۱۲ شهریور - ۱ دی	۲ فروردین - ۲۸ تیر - ۲۴ آبان - ۱۴ اسفند

عطارد به علت نزدیکی زیاد به خورشید بسختی از زمین قابل رویت است و تنها زمانی که می توان با چشم غیرمسلح آنرا دید، هنگام غروب یا طلوع خورشید در افق است. این سیاره پیش از تاریخ شناخته شده بود و اولین رصد از آن توسط تیموچاریس^{۶۱} در ۲۶۵ ق.م. انجام شد. از جمله منجمانی که عطارد را مطالعه کردند زوپوس^{۶۷} است که مدار آن را



شکل (۲-۹) عطارد در آسمان صبحگاهی ۵ بهمن ماه ۱۳۸۸ در افق جنوب شرقی

مطالعه کرده است. قدر بصری عطارد برابر $1/9$ - است لذا با چشم غیرمسلح و دوچشمی قابل رصد بوده، ولی بصورت کره خیلی کوچک رویت می شود. این سیاره در مقارنهء علیا وقتی پشت خورشید واقع

می شود، کاملاً قابل رویت خواهد شد و بصورت قرص کامل دیده می شود و وقتی سیاره از بین زمین و خورشید عبور کند (مقارنهء سفلی) بصورت هلال باریکی دیده می شود. گذشتن عطارد از جلوی خورشید - از دید ناظر زمینی - را **عبور گوئیم**، لذا عطارد در قرص خورشید به اندازهء نقطهء کوچکی دیده خواهد شد. ما این پدیده را در فصول بعدی مطالعه خواهیم نمود. این سیاره در حداکثر کشیدگی تقریباً بصورت قرص و در مقارنه بالا وقتی در آنسوی خورشید قرار می گیرد هلالی دیده می شود و این ناشی از حرکت مداری آنست. حداکثر قطر زاویه ای عطارد از زمین تنها 13 ثانیه قوسی ($1/180$ اقرص ماه) و حداقل قطر زاویه ای آن $4/5$ ثانیه قوسی ($1/380$ اقرص ماه) رویت می شود. عطارد در برخی مواقع، در درخشندگی شبیه زحل می شود که معمولاً بواسطه درخشش خورشید دیده نخواهد شد. وقتی عطارد در افق دیده می شود چون نورش از اتمسفر می گذرد روشنائی آن 10 برابر ضعیفتر از زمانی است که بالای سر ناظر قرار دارد، همچنین بطور متوسط 500 ثانیه طول می کشد تا نور از زمین به سیاره برسد و برگردد.

جدول ۳. مشخصات رصدی سیاره

مشخصات رصدی عطارد	
۹۱/۶	فاصله تا زمین - مقارنهء سفلی (میلیون کیلومتر)
۲۰۷/۴	فاصله تا زمین - مقارنهء علیا (میلیون کیلومتر)
۴/۵	حداقل قطر زاویه ای از زمین (ثانیه قوسی)
۱۳/۰	حداکثر قطر زاویه ای از زمین (ثانیه قوسی)
-۱/۹	قدر بصری حداکثر
-۰/۴۲	قدر بصری ($V_{1,0}$)
۱۱/۰	مقدار متوسط در مقارنهء سفلی با قطر ظاهری زمین (ثانیه قوسی)
۹۱/۷۰	مقدار متوسط در مقارنهء سفلی با فاصلهء زمین از زمین (۱۰۶ کیلومتر)

۰/۱۰۶	آلبدو هندسی
۰/۱۱۹	آلبدو رادیومتریکی
۴۴۲/۵	حرارت متعادل
۷۰۰-۱۰۰	دمای مشاهده شده (K)
۶۳۳	جسم سیاه تحت خورشیدی (K)
۹۱۲۶/۶	تابش شمسی (W/m^2)

عطارد دارای اهله است که بدون تلسکوپ قابل دیدن نیست. تلسکوپ گالیلو نیز هرچند اهلهء زهره را دید اما کوچکتر از آن بود که عطارد را ببیند. اگر با تلسکوپ قوی به عطارد نگاه کنیم شاید بتوانیم سطح آنرا تا حدودی ببینیم. با این حال در این سیارهء کوچک و مناظر سطحی آن خیلی قابل تشخیص نبوده و مناظر لبه دار و حاشیه دار بنظر رسیده و لذا ممکن است تفکیک پذیری درستی از سطح آن نداشته باشیم. هیچ جزئیاتی از سطح آن قابل دید نیست، طی ۱۱۶ روز دوره هلالی و ۳۶ روز گذشته از دوره هلالی عطارد نیمی از آن را می توان دید بعد از ۲۲ روز دیگر به همان طرف خورشید که زمین هست نزدیک می شود. و تنها یک نور کم سو از آن قابل رویت است مقدار نور عطارد که می توان انرا از زمین دید بتدریج وقتی از جلوی خورشید عبور می کند افزایش می یابد. وقتی عطارد در طرفی است از خورشید که زمین هست عطارد قابل دید نیست زیرا عطارد و زمین در جهت خلاف هم می گردند.

۲-۹ سفر به عطارد:

متأسفانه بعلت نزدیکی عطارد به خورشید، رصدهای زمین قادر به کاوش دقیق سیاره نبوده و همچنین تلسکوپ فضائی هابل نیز قادر به تصویر برداری مطمئن و بی خطر از عطارد نیست، بنابراین تنها با ارسال کاوشگرهای فضائی می توان اطلاعات دقیقی از مشخصات سیاره بدست آورد. کاوشگر مارینر ۱۰ عطارد را به نوبه خود بررسی نمود، و هرچند تصاویر راداری بعدی نیز با اینکه دهانه هایی را روی سطح عطارد نشان می دهد ولی هیچگاه به خوبی و شفافیت تصاویر مارینر ۱۰ نبودند. در ذیل به جزئیاتی درباره سفاین ارسالی گذشته و آینده به عطارد می پردازیم.

۲-۹-۱ مارینر ۱۰:

اولین و تنها سفینه ای که از عطارد دیدن کرد، مارینر ۱۰ بود که پس از دیدار زهره در ۱۹۷۳م. به دیدار عطارد رفت. طی سالهای ۱۹۷۴م. و ۱۹۷۵م. فضاپیمای مارینر ۱۰ توانست با سه بار پرواز بر فراز عطارد اطلاعات قابل ملاحظه ای را از این سیاره بدست آورد و ۴۵ درصد از سطح عطارد را تصویربرداری کند. این کاوشگر توانست در ۳ نوامبر ۱۹۷۳م. و در ۲۹ مارس ۱۹۷۴م. در فاصله ۷۰۵ کیلومتری سطح عطارد قرار گیرد و در ۲۱ سپتامبر ۱۹۷۴م. برای دومین مرتبه در مجاورت



شکل (۲-۱۰) مارینر ۱۰ تنها فضاپیمائی که عطارد را دید.

عطارد قرار گرفت و سپس در ۱۶ مارس ۱۹۷۵م. برای سومین مرتبه از کنار عطارد عبور کند و طی این سه مرحله بیش از ۲۷۰۰ تصویر که ۴۵ درصد عطارد را می پوشاند، تهیه نماید. متأسفانه در هر سه گردش مارینر از یک نیمکره و از همان محل قبلی عکسبرداری کرد. مارینر ۱۰ در سفر خود از معاونت جاذبه زهره کمک گرفت تا مدار خود را عوض کند. این کاوشگر از فاصله ۲۰۳ کیلومتری عطارد عبور کرد و ۲۸۰۰ تصویر از این سیاره تهیه نمود.

۲-۹-۲ مسنجر:

از آنجا که پروژه های اکتشافی دارای سه خصوصیت شدیداً متمرکز، کم هزینه و سریع ساخت^{۵۸} هستند، در راستای این شعار ناسا در سال ۲۰۰۴م. برنامه ای طرح ریزی کرد تا با ارسال کاوشگری مداری به عطارد، جزئیات و اطلاعات بیشتری را درباره این سیاره کسب نماید. این کاوشگر که مسنجر^{۵۹} نام دارد، در سال ۲۰۰۴م. از پایگاه کپ کانورال بطرف عطارد پرتاب شد. نام این فضاپیما مخففی از برنامه های پیش بینی شده برای آنست که عبارتند از کاوش سطح عطارد و محیط فضائی آن و ترکیبات شیمیائی سیاره و تغییرات آن^{۶۰}. برنامه مسنجر در واقع هفتمین برنامه اکتشافی کم هزینه ناسا در نوع خود بشمار می رود که برای پرواز بر عطارد و کسب اطلاعات بیشتری از منظومه شمسی طراحی شده است. این کاوشگر که هم اکنون در راه عطارد است اولین فضاپیمائی خواهد بود که با هدف شناخت عطارد فرستاده شده است و طی یک سال در مدار حول عطارد، اهداف سفر برآورده می شوند. اهداف کلی سفر مسنجر عبارتند از:

- تعیین ترکیبات سطحی عطارد.
- تهیه تصاویر رنگی از سطح سیاره و از کل سیاره.
- تهیه نقشه ای از میدان مغناطیسی آن.
- اندازه گیری خصوصیات هسته و تعیین ماهیت اسرارآمیز قطب های یخی عطارد.
- تعیین خصوصیات و ترکیبات اتمسفر رقیق آن.
- تعیین ماهیت مغناطیس سپهر عطارد که شبیه زمین است.

البته برای سفر مسنجر اهداف جانبی دیگری نظیر بررسی تاریخچه تکتونیک صفحه ای عطارد و آتشفشانهای سطح آن و مبداء چگالی بالای زهره و بررسی ترکیب و ساختار پوسته عطارد نیز در نظر گرفته شده است. این فضاپیما دارای سپرهای حرارتی از سرامیک بوده که می بایست قادر به تحمل ۴۵۰ درجه سانتیگراد حرارت در کنار خورشید باشند. مسنجر مجهز به سیستم تصویربرداری، تجهیزات اشعه ایکس و فرابنفش، وسائل سنجش ذرات فعال الکتریکی و پلاسما، طیف نگار نوترونی و اشعه گاما، ارتفاع سنج لیزری، مغناطیس سنج و سنجش های علمی رادیوئی است.

کاوشگر مسنجر در ۳ اوت ۲۰۰۴م. از پایگاه کپ کانورال واقع در فلوریدا^{۶۱} در ساعت ۲:۱۵:۵۶ صبح به سوی عطارد پرتاب شد. این فضاپیما که توسط راکت دلتا ۲ بوئینگ^{۶۲} پرتاب گردید، ۱۱۰۰ کیلوگرم (۲۴۲۵ پوندی) وزن داشت و توسط آزمایشگاه فیزیک کاربردی دانشگاه جان هاپکینز^{۶۳} طراحی و ساخته شده بود. بعد از ۵۷ دقیقه در مدار خورشیدی قرار گرفت و سپس بطور خودکار با قرار گرفتن در دو صفحه شمسی به ارسال اطلاعات پرداخت. اطلاعات و داده های ارسالی از مسنجر در هاوائی و کالیفرنیا^{۶۴} دریافت گردیده و مدیریت آن به عهده دیوید گرانت^{۶۵} است. مسنجر که پس از طی ۷ میلیارد کیلومتر قرار است در ۲۰۱۱ به عطارد برسد، پس از خروج از زمین شامل سفری است که ۱۵ بار