مشتری بزرگترین سیاره

اثر
ایزاك آسیموف

ترجمهٔ
علی‌اکبر فردی

بفرمان

محمدرضاشاه پهلوی

انتشارات
بنگاه ترجمه و نشر کتاب
۵۰۷

مجموعهٔ معارف عمومی
۱۲۷

ازاین کتاب سه هزارنسخه با کمك سازمان برنامه
در چاپخانهٔ خوشه بهطبع رسید
حق طبع مخصوص بنگاه ترجمه ونشر کتاب است

مجموعهٔ معارف عمومی
شمارهٔ ۱۲۷
زیرنظر محمد سعیدی

مشتری بزرگترین سیاره

اثر
ایزاك آسیموف

ترجمهٔ
علی‌اکبر فردی

بنگاه ترجمه و نشر کتاب
تهران، ۱۳۵۷

غرض ازانتشار **«مجموعهٔ معارف عمومی»** این است کـه یك رشته کتب ارزنـده درفنون مختلف علوم ومعارف به‌معنی وسیع آن که برای تربیت ذهنی افراد وتکمیل اطلاعات آنان سودمند باشد به‌تدریج ترجمه شود ودر دسترس طالبان قرارگیرد .

امید می‌رود که این مجموعه درمزید آشنائی خوانندگان باجهـان دانش و مسائل علمی و فرهنگی دنیای امـروز مؤثـر واقـع شود و فرهنگ دوستان ودانش پژوهان را بکارآید .

فهرست مندرجات

موضوع	صفحه
مقدمهٔ مترجم	۹
فصل اول ــ سیارات	۱۱
فصل دوم ــ بزرگترین سیاره	۳۷
فصل سوم ــ شکل مشتری	۷۰
فصل چهارم ــ اقمار مشتری	۹۴
فصل پنجم ــ نفوذ و تأثیر مشتری	۱۳۱
فصل ششم ــ فشار مشتری	۱۵۲
فصل هفتم ــ مناظر مشتری	۱۸۶
فصل هشتم ــ جو مشتری	۲۲۰
فصل نهم ــ معمای مشتری	۲۵۳

مقدمه مترجم

قرنهاست که بشر درباره مشتری بزرگترین سیاره ولکه قـرمز اسرارآمیزش به‌اندیشه وتفکرپرداخته است. اینك یك‌نویسندهٔ بزرگ آمریکائی معاصرتمام‌آنچه راکه دربارهٔ مشتری، چگونگی کشف‌آن، ترکیبات آن،انتشارامواج رادیوئی‌آن وتأثیرات‌آن براجرام فلکـی دیگرـازجمله زمینـ معلوم‌شده،گردآوری ودراینجا ذکرکرده‌است. آیزاك (اسحق) آزیموف نه‌تنهاه ازدید یك‌دانشمند، بلکه باتصورات یك نویسندهٔ اکتشافات علمـی به‌مشتری نگاه میکند. دکترآزیموف اطلاعات بسیاری ازاینکه آسمان از مشتری واقمارش چگونه دیـده میشود وترکیب این‌سیاره وبزرگی‌حجم‌آن، امکان وجود مشتری‌های دیگر، دلالت میکند، دراختیارما میگذارد. پنجاه وچهار جدول اصلی دریك نظر اجمالـی اطلاعات و نسبت‌های حتمی یا احتمالـی را در دسترس ما قـرار میدهند حتی کسانی که قبلا علاقه‌ای به‌ستاره‌شناسی نداشته‌اند، مفتون این پژوهش بزرگ خواهندشد که بارهبری آیزاك

آزیموف دربارهٔ مشتری بعمل آمده است.

آیزاك آزیموف نه‌تنها نگارشی دربارهٔ عجایب جهان میپردازد، بلکه خود یکی ازاین اعجوبه‌هامیباشد. وی که تصورمیرودکامپیوتری بجای مغزداشته باشد، بیش‌از ۱۲۰ کتاب درمطالب حیرت‌آور علمی وادبی ومذهبی وغیره به‌رشتهٔ تحریردرآورده است که شامل کتابهائی دربارهٔ شکسپیر، انجیل، ریاضیات، تاریخ، زبان، جغرافیا، افسانه‌هاو اکتشافات علمی میباشد. وی بهنگام پرتاب قمرمصنوعی بوسیلهٔروسها ازنوشتن‌اکتشافات علمی‌دست کشید وبه‌نویسندگی دربارهٔ دانش‌برای عامه‌پرداخت. خوانندگان کتاب: «مشتری بزرگترین‌سیاره» حق دارند ازعزیمت آزیموف،درسه‌سالگی، اززادگاهش روسیه، به‌بروکلین‌در نیویورك، شادمان باشند!

علی‌اکبر فردی

فصل اول

سیارات

نام‌گذاری سیارات

حتی پیش‌از آغاز دوران‌تاریخ، کسانی که شب‌هنگام‌به‌آسمان مینگریستند، نمیتوانستند مشاهده‌نکنند که برخی ازستارگان بابقیهٔ‌آنها تفاوت دارند.

بیشتراین ستارگان نمونه‌هائی‌را تشکیل میدهند که هرشب بعد ازشب دیگر، هرسال بعدازسال دیگر، وهرعمربعدازعمردیگر درهمان جای خود می‌مانند. گوئی همه‌آنها به‌سطح منحنی نمای‌آسمان‌چسبیده وهمه باهم ویك‌پارچه ویکجاباآن بگردش درمیآیند.

اینها «ثوابت» میباشند.

بااینحال معدودی از ستارگان درخشان‌تر، بامقایسه با ستارگان دیگـر در جای خود نمیمانند وقسمتی از نمونه‌های ثابت را تشکیل

نمیدهند. ممکن‌است یکی‌ازاین ستارگان یك شب به‌ستارهٔ کم‌نورتر مخصوصی نزدیك‌باشد وشب بعد کمی دورترشود، وشب بعدازآن‌باز هم دورترگردد، واین‌حالت پیوسته ادامه‌یابد. سرانجام چنین‌ستاره‌ای کم کم‌یك‌دوروگردش‌تمام پیرامون آسمان میچرخد، ازغرب به‌شرق میرود وبالاخره به‌نقطه‌ای که ابتدادرآنجا مشاهده‌شده‌بود بازمیگردد.

پنج‌ستاره ازاین ستارگان روشن بوسیلهٔ زیج‌نشینان ومترصدان وستاره‌شناسان اولیه دیده شده‌است. خورشید وماه نیزنسبت به‌ثوابت دریك‌نقطه ثابت نمی‌مانند (البته مانمیتوانیم خورشیدرا برخلاف‌زمینهٔ ستارگان دیگر دقیقاً رؤیت کنیم. این ستاره چنان درخشندگی دارد که وقتی درآسمان صاف وبی‌ابرباشد اندکی ازنورش سراسرآسمان‌را آبی‌میکند وهرستارهٔ دیگررا ازدید مردم محومیسازد. بااینحال برخی ازستارگانی که شبها مرئی هستند شب به‌شب‌اندکی تغییرمحل میدهند واین امرناشی ازحرکت خـورشید دربرابر ستارگان است. درنتیجه همین حرکت میباشد که قسمتهای مختلفی ازآسمان ناپیدا وقسمتهای دیگرمرئی میمانند).

این اجرام فلکی ـ خورشید، ماه‌وپنج ستاره درخشان ـ بوسیلهٔ یونانیان سیارات[1] نامیده شده‌اند، زیـرا آنها درمیان ستارگان سیار و سرگردانند. این کلمه بمعنای «سرگردانان» میباشد ولـی از نیاکانمان بصورت «سیارات» برای‌ما رسیده است.

خورشید درخشانترین جرم‌آسمانی وماه ازلحاظ روشنائی بعد

۱ـ Planetes

ازاو قراردارد. آنها فقط چنان اجرام بزرگ آسمانی هستند که مانند دوایری ازنـور دیده میشوند. ماه باشکلی کـه شب‌به‌شب تغییر میکند درخشندگی کمتری‌بمامیدهد. این‌سیاره‌گاهی بشکل‌دایرهٔ یك‌پارچه‌ای ازنور، گاهی نیمدایره، زمانی هلال باریك، وگاه چیزی دربین آنها میباشد.

پنج سیارهٔ باقیمانده دایره‌های نـورانی نیستند. بلکه مـانند ستارگان نقطه‌های‌نورانی ولی درخشان‌تری‌را تشکیل‌میدهند. نورانی‌ترین‌آنها گاهی درخشانترین سیارات بعدازخورشید وماه میباشد. این ستاره برخی‌ازاوقات درمغرب‌آسمان پس‌ازغروب‌خورشید میدرخشد ونخستین ستاره‌ای است که بعداز تاریك‌شدن هوا دیده میشود. ازاین رو «ستارهٔ غـروب» نامیده میشود. این‌ستاره همیشه شامگاهـان دیده نمیشود، بااینحال بعضی ازاوقات دراواخرشب وقبل‌ازطلوع خورشید میدرخشد. همینکه هوا روشن‌ترمیشود این‌آخرین ستاره‌ای است کـه افول‌میکند، ازاین‌رو به «ستارهٔصبح» موسوم شده است.

در دورانهای‌قدیم‌مردم‌تصورمیکردندستارهٔغروب‌وستارهٔصبح‌دو چیزمختلف‌هستندبعدهامتوجه‌شدندهرشامگاه که‌ستارهٔ غروب‌در آسمان است،ستارهٔصبح‌هیچگاه‌بامدادان‌دیده‌نمیشودوبالعکس.بالاخره‌به‌ثبوت رسید که این‌دوفقط یك‌سیاره‌است که‌ازیك‌سمت‌خورشیدبه‌سمت‌دیگر حرکت‌میکندودوباره برمیگردد. وقتی‌دریك‌سمت‌خورشید باشدستارهٔ غروب‌است وهنگامی که درسمت دیگرباشد ستارهٔ صبح‌است. ستارهٔ غروب(یاستاره صبح) هیچگاه خلیی دورازخورشیدحرکت‌نمیکند و

هرگز دیرتراز سه‌ساعت بعدازغروب آفتاب یاسه‌ساعت پیش‌ازطلوع آن قابل‌رؤیت نمیباشد وهرگز نیمه‌شب دیده‌نمیشود. هرگز....

سیارهٔ دیگری که معمولاً بهمان درخشندگی‌ستارهٔ غروب‌است کاملاً باآن فرق‌دارد. این‌سیاره میتواند درهرفاصله‌ای ازخورشیدباشد ودر تمام ساعات شب بدرخشد. درنیمه شب که ماه درآسمان نباشد، این‌دومین سیاره نورانی درخشانترین سیاره‌ها درآسمان است.

کسانی که‌به‌ترصدوتماشای‌آسمان ومطالعهٔ سیارات‌میپرداختند، طبعاً خواهان نامگذاری آنها بودند تابه‌آسانی بتوانند به‌آنها اشاره کنند. نخستین‌مردمانی که بررسی‌مفصلی دربارهٔ سیارات‌بعمل‌آوردند «سومری‌ها» بودند که تقریباً درپنجهزارسال پیش‌درسرزمینی که‌اکنون آنرا عراق‌مینامیم میزیستند. آنها سیارات‌را خاص وموقوف به‌خدایان خودمیدانستند وبهر کدام نام‌یك خدارامیدادند. این رسم تاامروزادامه داشته‌است وحتی‌ما نیزسیارات‌را بانامهای خدایان میخوانیم.

ستارهٔغروب، هرگاه دراوج درخشندگی خودباشد، زیباترین سیاره بشمارمیرود. ازاین‌رو به‌الهه عشق‌وزیبائی موسوم شده است. دردوران‌های کتب مقدسه مردم‌آسیای غربی‌آنرا «ایشتار»[1] مینامیدند. درقرنهای‌بعد یونانیان نخستین‌اطلاعات ستاره‌شناسی‌را ازآسیای‌غربی بدست آوردند وهمان روش نامگذاری را برای سیارات پذیرفتند. ستارهٔغروب به «آفرودیت»[2] که‌نام الههٔ عشق‌وزیبائی آنان‌بود موسوم گردید.

۱- Ishtar ۲- Aphrodite

بازهم بعدها رومیان همان رویه‌را اقتباس کرده ونام «ونوس»[۱] الههٔ عشق‌وزیبائی خودرا به‌ستارهٔ غروب دادند. ماهم ستارهٔ نامبرده‌را امروزه‌بهمان‌اسم‌مینامیم. ستارهٔغروب سیارهٔ زهره یاناهیدوستارهٔصبح نیزهمان زهره نامیده میشود.

آیا دومین‌سیارهٔ درخشان‌چگونه‌است؟ این‌سیاره به‌درخشندگی زهره‌نیست وبرده وغلام خورشیدهم نمیباشد. این‌سیاره در هـرموقع شب‌در آسمان قابل‌رؤیت است. امتیازوبزرگی توأم بادرخشندگی زیاد آن ظاهراً موجب‌گردیده که شایستهٔ نام نیرومندترین خدایان بـاشد. مردم‌آسیای غربی‌آنرا «ماردوك»[۲]، یونانیان‌آنـرا «زئوس»[۳] و رومیان «ژوپیتر»[۴] نامیده‌اند. مابازهم ازروش‌رومیها پیروی‌میکنیم واین دومین سیاره درخشان‌را همچنان ژوپیتر «مشتری» مینامیم واین کتاب دربارهٔ همین سیاره ژوپیتر بحث میکند.

مابرای سیارات دیگرنیز ازنامهای رومی استفاده میکنیم. مثلاً سیاره‌ای است که مانند زهره ازیك سمت‌خورشید به‌سمت دیگرتغییر مکان‌میدهد وحتی‌اززهره به‌خورشیدنزدیکترمیباشد، اگرچه‌تغییرمکانش سریع‌تراست. این‌سیاره عطارد[۵] میباشد کـه بعنوان پیامبر خدایان کـه میتوانست بسیارتند حرکت کند نام‌گذاری شده‌است.

دوسیارهٔ دیگر نیز، غیراز مشتری موجود است کـه بخورشید

۱- Venus ۲- Marduk ۳- Zeus
۴- Jupiter (مشتری) ۵- Mercury (عطارد)

نزدیك نیستند. یکی از آنها بطورمشخص سرخ رنگ است ومریخ[۱] نامیده میشود که از روی خدای جنگ رومیها نام‌گذاری شده است. بالاخره سیارهٔ دیگری‌است که در آسمان به کندی حرکت میکند. این کندی چنان‌است که گوئی به‌علت پیری میباشد. ازاین‌رو به‌یك خدای پیرموسوم شده‌است. یونانیان آنرا کرونوس[۲] ازروی اسم خدائی که پدرزئوس‌بود مینامیدند ورومیان آنرا ساتورن[۳] (یازحل)می گفتند.

ترتیب سیارات

آیا سیارات درزمرهٔ ستارگان قراردارند؟

ستاره‌شناسان قدیمی تصورمیکردند که چنین‌چیزی غیرممکن است. همه ثوابت‌بنظرمیرسیدند که بآسمان چسبیده ومتصل‌اند وقطعه واحدی‌بشمارمیآیند. چون‌سیارات‌درمیان‌ستارگان ازنقطه‌ای‌به‌نطقهٔ دیگر حرکت‌میکردند، مطمئناً نمی‌توانستندبه‌آسمان‌چسبیده‌باشند ومیبایست در محلی بین آسمان پرستاره وخود ما باشند. آنها میبایستی به‌ما از ستارگان نزدیکترباشند. دیگراینکه کاملاً امکان‌داشت سیارات مختلف درمسافات متفاوتی ازما قرارگرفته باشند.

یك راه برای تعیین اینکه کدام سیاره بما نزدیکتر و کدامیك دورتر است، بررسی سرعت انتقالی هریك ازآنها از غرب به شرق در سراسر آسمان پرستاره میباشد. سیاره دورتر

۱- Mars (مریخ) ۲- Cronos ۳- Saturn(کیوان-زحل)

دایره بزرگتری را هنگام حرکت درآسمان طی میکند وبرای تکمیل این دایره وقت بیشتری میگیرد. اگریك سیارهٔ بسیار دوربرای اجرای دورکاملی درآسمان وقت بیشتری از سیاره نزدیکترلازم داشته باشد، حرکت آن سیاره دورتر خیلی کندتر ازسیارهٔ نزدیکتربنظرمیرسد.

ولی چگونه میتوانیم سرعت حرکت یك سیاره ومسافتی راکه درزمان مخصوصی طی میکند اندازه‌گیری کنیم؟ مانمیتوانیم مسافت ستارگان‌را بایارد چوبی اندازه بگیریم!

سومریان قدیم روشی‌را بکارمیبردند. آنها محیط هردایره‌را، از جمله‌دایره بزرگی که یك‌سیاره بطورکامل درآسمان طی‌میکند،به ۳۶۰ قسمت مساوی تقسیم‌می کردند که ما آنهارا درجه‌میگوئیم. انتخاب‌این عددازیك‌نظربدان‌علت‌است که‌گاهی به‌اعداد کوچکتری‌تقسیم میشود، بطوریکه استفاده‌ازآن درمواردیکه تقسیمات کوچکتری‌ضرورت‌دارد آسان شود.

هرگاه چیزی یك دورکامل درآسمان حرکت کند، میگویند ۳۶۰درجه حرکت کرده ومعمولاً «°۳۶۰» نوشته میشود. اگرآن‌چیز نیم‌دور درآسمان حرکت‌نماید، یعنی ازافق شرقی به‌افق‌غربی، °۱۸۰ حرکت کرده است. ازافق تا سمت‌الرأس (بالاترین نقطه درآسمان) °۹۰ میباشد وبهمین‌ترتیب.

پهنای ماه نیز بقسمی است که اگر ۷۰۰ ماه درکنار هم دریك خط مستقیم قراربگیرند، گرداگرد آسمان‌رامیپوشانند. بنابراین‌پهنای ماه $\frac{۳۶۰}{۷۰۰}$ یاحدودنیم‌درجه یا °۰/۵ میباشد،چنانچه بخواهیدازعشرات

استفاده کنید. خورشید نیز همان اندازهٔ ظاهری ماه را دارد و پهنایش °۵/۰ است.

اگر ماه شب به‌شب دقیقاً بررسی شود، معلوم میگردد که حدود °۱۳ ازغرب به‌شرق، درمیدان آسمان پرستاره، دریک روز حرکت میکند. ازسوی‌دیگر، خورشید تنها حدود یك‌درجه دریك‌روزحرکت مینماید. (اینکه خورشیددرمدت کمی‌بیش‌از ۳۶۰ روز یك دورکامل به دور آسمان‌میچرخد، دلیل‌دیگری بر تصمیم سومری‌ها به‌تقسیم دوایربه ۳۶۰ قسمت مساوی‌میباشد).

چون‌ماه‌سی‌مرتبه تندتر ازخورشید به‌دور آسمان حرکت‌میکند، منطقی بنظرمیرسد که ماه ازخورشید خیلی بما نزدیکترباشد. مابرای اینکاردلیل داریم، زیرا هرچندوقت یکبارماه ازبرابرخورشید میگذرد وایجاد کسوف یاخسوف میکند. ماه نمیتواند ازبرابر خورشید عبور کند مگر آنکه بیش‌ازخورشید به‌ما نزدیك باشد.

سیارات ستاره‌ای‌شکل مسیرهای پیچیده‌تر ازخورشید وماه، در آسمان دارند. ضمن اینکه حرکت خورشید وماه کاملاً یکنواخت میباشد، سیارات ستاره‌ای شکل باسرعتهای مختلفی حرکت میکنند. بااینحال اگرما آنهارا شب‌به‌شب بررسی وحداکثر سرعت‌هایشان را یادداشت کنیم، معلوم‌میشود که عطارد وزهره میتوانند گاهی تندتراز خورشید حرکت کنند، ولی هرگزسرعت ماه‌راندارند. مریخ، مشتری وزحل همه‌وقت کندتر ازخورشید حرکت‌مینمایند.

سرانجام یونانیان نظرادادند که ماه نزدیکترین سیارات است و

بعدازآن‌بترتیب،عطارد،زهره،خورشید،مریخ،مشتری‌وزحل‌قراردارند.

سپس‌معلوم شد که مشتری سیارهٔ موردبحث این کتاب، دومین سیارهٔ دوردست ازسیارات هفتگانه‌میباشد. ولی فاصله این‌دومین‌سیاره دوردست چقدر است؟

در زمانهای قدیم هیچکس نمیتوانست به‌این سؤال پاسخ دهد زیرا تمام‌آنچه ستاره‌شناسان بسیارقدیمی میتوانستند بگویندآن‌بود که همهٔ سیارات بسیارنـزدیك هستند. آسمان خیلی بلند بنظرنمیرسد، و آسمان وهرچه دراو میباشد باقلل بلندترین کوهها تماس‌دارد. بالاخره ابرهائی که درست درزیرآسمان دیده میشوند، غالباً درقلل کوههاگرد میآیند. شایدحتی دورترین سیاره تنهاچند ده‌میل فاصله داشته‌باشد.

بااینحال درسال ۳۰۰ قبل‌از میلاد یونانیان برجسته‌ترین ستاره‌شناسان جهان‌بودند. آنهاهندسه‌را نیزتکمیل کرده واستفاده ازروشهای هندسی‌رابرای‌محاسبه مسافات‌فراگرفته‌بودند، بقسمی که‌لازم نبودآنها رابا یارد چوبی اندازه‌گیری کنند.

مثلاً درسال ۲۳۰ قبل‌از میلاد، یـك ستاره‌شناس یـونانی به‌نام اراتوستن[1] موقعیت خورشیدرا درآسمان ازدوشهرمختلف دریك‌روز اندازه‌گیری‌کرد. سپس‌اوبااستفاده‌ازهندسه نشان‌داد که ازنقاط‌مختلف آسمـان وازمسافت بین‌شهرها، زمین حتماً مانند گلوله یـاکره بسیار بزرگی‌با۸۰۰۰میل‌ازیك‌طرف‌تاطرف‌دیگر(قطرآن) و۲۵۰۰۰میل‌دوره وسط‌آن (محیط) میباشد. (درآن هنگام باورکردن اینکه زمین تـااین

1- Eratostenes

حد بزرگ‌باشد مشکل‌بود، ولی‌صحت‌محاسبهٔ اراتوستن‌بعدازگذشت زمان، هیجده قرن‌بعد، که‌انسانهایك‌دورکامل کرهٔ زمین‌راباکشتی طی کردند به‌ثبوت‌رسید).

تقریباً درحدودسال ۱۳۰قبل‌ازمیلاد، ستاره‌شناس یونانی‌دیگری بنام هیپارکوس[1] ازهندسه برای اندازه‌گیری فاصله‌ماه استفاده کرد. اواین‌فاصله‌را حدود۳۰ برابرقطرزمین یاتقریباً ۳۸۴۰۰۰ کیلومترتعیین نمود. صحت این‌محاسبه نیزثابت‌گردید.

وقتی فاصلهٔماه معلوم‌شد، ستاره‌شناسان ازروی اندازه‌آن‌درست میتوانستند بزرگی آنرا بگویند ومعلوم شد که ماه کره‌ایست که حدود ۳۴۶۰ کیلومتر قطردارد. البته ماه بهیچوجه به‌بزرگی زمین نبود ولی بازهم بزرگ‌بود.

آیا درباره سیارات دیگر چه‌میدانستند؟

ستاره‌شناسان یونانی اطلاع داشتند که خورشید خیلی بیش‌از ماه اززمین دورمیباشد. مفهوم اینکه‌خورشید باچنین بعدمسافت،اینقدر بزرگ بنظرمیرسید آن‌بود که خیلی بزرگتر ازماه وحتی بزرگتر از زمین‌میباشد. آنها نمیتوانستند بررسیهائی که بقدرکافی دقیق‌باشد برای تعیین فاصله هیچیك ازاجرام سماوی بجزماه کـه نزدیکترین آنها بود بعمل آورند.

هیچ ستاره‌شناس یونانی نتوانست فاصله مشتری‌را معلوم کند، جزآنکه این مسافت باید میلیونها کیلومترباشد. شاید بسیاری‌ازستاره‌

۱- Hipparchus

شناسان قرون گذشته متوجه شده‌بودند که بشرهرگـز دراین راه موفق نخواهدشد زیرااین مسئله مشکل‌تراز آن است که حل‌شود.

مداریا خط‌سیر سیارات

بـا اینهمه، مردم به‌بررسی دربارهٔ آسمان ادامـه دادند. مسائل دیگری وجودداشت که لازم‌بود حل‌شوند. مثلاً، درباره طرزحرکت سیارات درمیان ستارگان معماها ومشکلاتی وجودداشت. خورشید و ماه دائماً ومرتباًازغرب به‌شرق درمیان ستارگان سیروحرکت میکنند. خـورشید در $۳۶۵\frac{۱}{۴}$ روز دایره کاملی به دور آسمان میزند. ماه کـه اندکی بیش‌از ۱۳ مرتبه تندتر حرکت میکند، دایره کامل خود را در $۲۷\frac{۱}{۳}$ روزطی مینماید. بااینحال‌سیارات دیگربطرزپیچیده‌تری‌حرکت میکنند. سرعت آنها متغیر است وگاهـی زیاد وزمانی کـم میشود. دورترین سیارات، مریخ، مشتری وزحل، هرچند یکبارگردش کرده و ازشرق به‌غرب بطرف عقب‌حرکت میکنند.

بطورمثال، مشتری‌معمولاً حدود ۳۹هفته‌ازغرب به‌شرق‌حرکت مینماید، سپس بـرگشته و۱۷هفته ازشرق بغرب حرکت میکند. بعد دوباره ازغرب به‌شرق میرود، این‌حـرکت به‌عقب شرق به‌غـرب را «حرکت‌قهقرائی»[۱] میگویند. پس‌از آنکه مشتری دورکامل خودرا در آسمان در۱۲ سال طی‌میکند، حرکتش‌را معکـوس نموده و۱۲مـرتبه

۱- Retrograde Motion

(هرسال یکبار) حرکت قهقرائی انجام میدهد.

این یك معمابود، وروشی که یونانیان برای محاسبه این حرکت ویژه وعجیب سیارات دوردست بکارمیبردند کاملا پیچیده‌بود.

پس‌از آنکه تقریباً دوهزار سال ازهنگامی که یونانیان بااین فرضیه که زمین مرکز عالم است (همانطورکه ظاهراً بنظرمیرسید) گذشت، یکنفرتصمیم‌گرفت مسئله را ازجنبه دیگری مورد توجه قرار دهد. ستاره‌شناس لهستانی بنام نیکلائوس کوپرنیکوس[1] سعی کرد سیستمی‌را که درآن‌خورشید مرکزعالم‌باشد پیدا کند. درآن‌ایام‌بیشتر ستاره‌شناسان‌کاملا اطمینان‌داشتند که خورشیدباید خیلی بزرگتراز کرهٔ زمین و به‌احتمال قوی بزرگترین جرم آسمانی باشد وچون مسلماً نورانی‌ترین آنها است چرانباید درمرکزجهان باشد؟

در۱۵۴۲ کوپرنیك‌جزئیات‌فرضیه‌خودراباذکراینکه‌خورشید در مرکزقراردارد وکلیه سیارات بجای‌گردش بدورکره زمین، به‌دورآن میگردند انتشارداد. وی درحقیقت فرض‌میکرد که‌کره زمین نیزبه‌دور خورشید حرکت میکند. با این سیستم خورشید نمیتوانست سیاره محسوب شود، زیرا مرکز بیحرکت سیستم سیاره‌ای بشمار میآمد و سیارات‌بدور او ردیف‌شده بودند.

نخست عطارد بود که نزدیکترازهرسیاره دیگری خورشید را دورمیزد. دوم زهره بود. سوم کرهٔ زمین‌بود (همراه ماه که درسیستم کوپرنیك به دور زمین میچرخید وبدین ترتیب نمیتوانست سیاره

1- Nicolaus Copernicus

جداگانه‌ای محسوب شود). چهارمی مریخ، پنجمی مشتری وششمی زحل بودند.

بدینقرارخورشید بوسیله شش سیاره احاطه شده‌بود و کلیه این اجرام منظومهٔشمسی را کـه از کلمه لاتینی خورشید اقتباس شده بود تشکیل‌میدادند زیرااین خورشید بود که درمرکزقرارداشت. درمنظومهٔ کوپرنیك ژوپیتر بعداز دوردست‌ترین سیاره بود، ولـی فاصله‌اش از خورشیداندازه‌گیری میشد، نه‌اززمین.

سیستم کوپرنیك توضیح میداد چرا سیارات بیرونی گـردش دورانی کرده وهرچندگاه یکبارازشرق بغرب‌میروند. زمین که‌دایره‌ای کوچکترازسیارات دورتراز خورشیدگردش میکند حرکت سریعتری دارد. مثلاوقتی‌زمین درهمان‌سمت خورشیدبود که مشتری‌قرارداشت، تندترگردش‌میکرد وبرمشتری سبقت‌میگرفت وبنظرمیرسید که مشتری عقب‌افتاده وبسمت‌عقب حرکت‌میکند. (اگر دوقطار راه‌آهن روی دو خط مجاور دریك‌جهت حرکت کنند شماهمین چیزرا میبینند. اگرشما درقطاری هستید کـه تندتر حرکت میکند، قطاردیگر بنظرشما به‌عقب حرکت می‌نماید).

در۱۶۰۹ یك‌ستاره‌شناس آلمانی‌بنام یوهان کپلر[1] نظریهٔاصلاحی دیگری اضافه کرد. وی‌باترصد ومشاهدات دقیق‌محلهای صحیح‌سیارهٔ مریخ درآسمان شب‌به‌شب، ثابت کرد آن‌طوریکه ستاره‌شناسان تاآن وقت تصور میکردند، این سیاره روی یك‌دایره واقعی به‌دورخورشید

۱- Johann Kepler

حرکت‌نمیکند درعوض، مدارمریخ (مسیرش به‌دورخورشید) یك‌خط منحنی بنام‌بیضی است که تا اندازه‌ای شبیه یك دایره پهن شده بنظر میرسد.

چنانکه‌میدانیم هربیضی دوکانون[۱] دارد که هر کدام دریکطرف مرکزقرارگرفته‌است. محل این کانونهارامیتوان‌بامحاسبات‌هندسی‌دریك بیضی تعیین کرد. خورشید همیشه دریك کانون بیضی قرار دارد و سیاره‌ای که به‌دورآن میچرخد آن‌را دنبال‌میکند، یعنی‌مثلاسیاره‌مریخ همیشه دریك فاصله ازخورشیدنیست. وقتی درهمان‌طرف بیضی‌است که‌کانون‌حاوی‌خورشید وجود دارد بخورشید نزدیکترازمواقعی‌است که درطرف مخالف باشد.

کپلر عقیده داشت که این‌موضوع درباره همه سیارات صدق میکند. همه‌آنها درروی بیضیهائی که بعضی‌ازآنها پهن‌تر ازبقیه‌هستند دورخورشید گردش میکنند. هرسیاره درمدارخود نقطه‌ای دارد که در آن به‌خورشید نزدیکتر است وبه‌آن (سمت الشمس) یا (حضیض)[۲] میگویند. درسمت مخالف این مدارنقطه‌ای است که ازخورشیددورتر است وآنرا (اوج)[۳] مینامند. کپلر توانست شکل‌های صحیح همه مدارات کواکب‌را بدست‌آورد. او کشف کرد که مدارزهره یك‌بیضی است که اندکی پهن‌بوده وتقریباً دایره‌ای‌را تشکیل میدهد. مدارمریخ بیضی خیلی پهن‌تری است. بااینحال ستاره‌شناسان دوست ندارند از

۱- درمفرد Focus ودرجمع Foci ۲- Perihelion

۳- Aphelion

عبارات «کمی پهن‌شده» یا «پهن‌شده‌تر» استفاده کنند. آنها درصورت امکان مایلند هرچیزی‌را دقیقاً اندازه‌گیری کرده و آنرا باعدد شرح‌دهند.

مثلا، هرچه‌بیضی پهن‌ترباشد فاصلهٔ بین‌دوکانون‌آن بیشتراست. دراینصورت این فاصله قسمت بزرگتری از فاصله کلی سرتاسر قطر بزرگ (محور بزرگتر) بیضی را تشکیل میدهد. این قسمت «دوری ازمرکز» بیضی نامیده‌میشود. دریك‌دایره، دوکانون‌درست‌درمرکزقرار دارند. فاصلهٔ بین‌کانونها صفربوده وقطعه‌ای ازقطر دایره که نمایشگر فاصله‌بین‌کانونها میباشدنیزصفراست. به‌این‌دلیل‌مامیگوئیم که‌دوری از مرکزیك دایره‌نیزبرابرصفرمیباشد.

اگرشما یك بیضی خیلی‌پهن راکه چیزی شبیه به‌شکل سیگار درازو نازکی باشد بگیرید، کانونها تقریباً در دوانتهای مخالف قرار دارند. فاصله بین‌کانونها تقریباً برابرخود محوربزرگتراست. ازاینرو دوری ازمرکزیك بیضی خیلی پهن نزدیك به ۱ میباشد.

هنگامی که کپلرمدارهای سیارات‌را به‌دورخورشید تعیین کرد، کشف نمودکه این بیضی‌ها خیلی پهن نیستند. دوری از مرکزهای مدارهای هریك ازشش سیاره‌ای که اوشناخته‌بود درجدول ۱ مشاهده میشود.

(این کتاب شامل چندین جدول‌است. ارائه‌ارقام صحیح‌ودقیق، همیشه بسیارمفیدتراز استعمال کلمات نادرست میباشد. این آمارهای واقعی تصویرروشن‌تری ازمشتری که باکلمات ساده بدست نمیآیددر اختیارشما قرارمیدهد).

یوهان کپلر در ۱۵۷۱ در آلمان جنوب‌غربی متولد شد. در ۱۶۰۹ ابراز عقیده کرد که سیارات در مدار بیضی‌هائی بدور خورشید گردش میکنند. این نظریه به‌او امکان‌داد کیفیت کنونی منظومه‌شمسی را برای نخستین‌بار پیدا کند. او اولین کسی بود که استفاده از کلمه «اقمار» را برای جهانی که دور سیارات میگردد پیشنهاد کرد. وی در ۱۶۳۰ درگذشت.

جدول ۱

دوری ازمرکزهای مدار

سیارات	دوری‌ازمرکز
عطارد	۰/۲۰۶
زهره	۰/۰۰۷
زمین	۰/۰۱۷
مریخ	۰/۰۹۳
مشتری	۰/۰۴۸
زحل	۰/۰۵۶

همانطورکه درجدول ۱ میبینید، دوری ازمرکز (درتمام موارد بجزدرموردعطارد) خیلی کوچك است، یعنی بیضی‌ها بسیارنزدیك به دوایر میباشند. اختلاف بین حضیض واوج دراین مواردکم است و خورشید به‌سیاراتی که دوری از مرکز ناچیزی (مثل زمین) دارند خیلی نزدیکترنیست بهمین‌علت است که خورشید همیشه بیك اندازه بنظرما میرسد.

دوری ازمدارمشتری کمی بیشتر اززمین است ولی چندان زیاد نمیباشد.

چیزدیگری‌راکه‌میتوان درباره مدارهائی که‌با سیستم کپلر تعیین میشوند معلوم کرد آن است که همه آنها تقریباً همتراز میباشند یعنی: فرض کنید یك صفحه بسیار بزرگ‌کاغذی درهمهٔ سمت‌های خورشید

بقسمی گسترده‌شود که زمین دقیقاً در انتهای آن کاغذ به دور خورشید گردش کند. آن صفحه کاغذ نمایشگر سطح مدار زمین است و آن سطح مدار خورشید نامیده میشود. معلوم شده است که همه سیارات دیگر در طول مدارهائی که خیلی به آن تراز، نزدیکند حرکت میکنند. هر مدار اندکی بسمت مدار خورشید کج و منحرف شده است ولی این انحراف زیاد نیست.

این کجی یا «انحراف» مدار بازاویه‌ای که درجات زیاد دارد اندازه گیری میشود.

برای پی بردن باین مطلب، فرض کنید دو خط در یك طرف بهم برسند یکی از این خطوط ثابت ولی دیگری متحرك باشد. اگر خط متحرك یك دایره کامل طی کند، ۳۶۰° گردش کرده است. اگر حرکت خود را از خط ثابت شروع کند یك چهارم دور بزند و بایستد دو خط یك زاویهٔ ۹۰° میسازند. اگر $\frac{۱}{۳۶۰}$ دور دایره را طی کند در خط یك زاویه ۱° میسازند. گردش $\frac{۱}{۳۶۰}$ به دور دایره زیاد نیست و زاویه ۱° آن دو خط را کاملا بهم نزدیك می کند.

در جدول شماره ۲، برای هریك از سیاراتی که کپلر میشناخت، انحرافاتی داریم. این زاویه‌ها از مدار خورشید، سطحی که زمین در آن دور میزند، اندازه گیری میشوند. (بنابراین انحراف زمین ۰° میباشد). باز هم به استثنای عطارد، این انحراف زیاد نیست. انحراف مشتری فقط ۱/۳° میباشد.

پس، همانطور که میبینید، تاجائی که‌به دوری‌ازمرکزوانحراف مربوط میشود، مشتری تفاوت‌قابل‌ملاحظه ومخصوصی باسیارات‌دیگر نـدارد. درواقـع چنانچه سیاره‌ای بااختلاف بیشتری بنظر برسد، این سیاره عطارد میباشد.

جدول ۲

انحرافات مدارها

سیاره	انحرافات (برحسب درجه)
عطارد	۷/۰
زهره	۳/۴
زمین	—
مریخ	۱/۹
مشتری	**۱/۳**
زحل	۲/۵

درخشندگی سیارات

نمونه دقیق‌منظومه‌شمسی کپلرعلت‌این‌امررا که‌چرا درخشندگی سیارات‌گاه‌بگاه متفاوت‌است‌توضیح وتشریح‌میکند. بطورمثال‌به‌مریخ توجه کنید. اگراز خارج خورشید شروع کنیم، مریخ اولین سیاره‌ای است که درآنطرف زمین‌به اومیرسیم. وقتی زمین ومریخ دریك‌سمت خورشید باشند، میتوانندکاملا نزدیك یکدیگرباشند. طبق نمونهٔ کپلر، مریخ‌گاهی‌فقط یك‌سوم مسافتی‌را که خورشیدبازمین‌دارد، باکره زمین

دارا میباشد. ازسوی دیگـر، وقتـی مریخ وزمین دردوطرف مخالف خورشیدهستند، بافاصلهٔ خیلی‌بیشتری‌ازیکدیگرجدا میباشند. دورترین فاصله مریخ وزمین، وقتی هردو دردوسمت جداگانه خورشیدباشند، هفت مرتبه بیشترازموقعی است کـه هردو دریك سمت خورشید قرار گیرند.

این‌امر در درخشندگـی مریخ تأثیرمیکند. طبعاً وقتی مریخ به زمین نزدیك است، خیلی درخشان‌تر ازموقعی که دورباشدبنظرمیرسد. درواقع هنگامی که ازهروقت دیگری به ما نزدیك‌تر است، ۵۰ مرتبه نورانی‌ترازموقعی که دورتراست دیده میشود. حقیقت نیزهمین‌است.

این‌یکی‌ازدلایلی‌بود که‌نظریه منظومه شمسی‌بامرکزیت‌خورشید را منطقی‌تر ازنظریه قدیمی یونان ساخت کـه طبق آن زمین را مرکز منظومه شمسی میدانستند. یونانیان در توضیح اینکه چرا مریخ دریك زمان‌خیلی درخشان‌تراز زمان دیگراست‌دچاراشکال‌شده بودند. باطرح جدید کوپرنیك و کپلر، دلیل این‌امر روشن گردیـد. ولی‌چگونه باید درخشندگی را بااعداد بیان کرد؟

دردورانهای یونان باستان، هیپارکوس، نورانی‌ترین‌ستارگان را «درخشندگی یکم[1]» نامیـد، درصورتیکه تاریك‌ترین آنهـا در درجـهٔ

۱ــ درخشندگی (Magnitude) مقیاس اندازه‌گیری درخشندگی‌اجرام سماوی است. این‌سیستم را منجم یونانی هیپارکوس درسال ۱۵۰ قبل‌از میلاد بنا نهاد وستارگان را ازلحاظ درخشندگی به ۶ طبقه تقسیم‌بندی‌کرد. منجمین بعدی‌هم دراینمورد تقسیم‌بندیهائی‌کرده‌اند.

«درخشندگی ششم» بودند. درمیان آنها ستاره‌هائی از لحاظ درخشندگی دردرجهٔ دوم، سوم، چهارم وپنجم قرارداشتند. دراین‌مورد قضاوت او مبتنی برچشم غیرمسلح بود.

دردورانهای جدید ادواتی اختراع شدند که درخشندگی ستارگان را بسیارصحیح ودقیق وخیلی بهتر از آنچه هیپارکوس میتوانست فقط باچشمهایش ببیند، اندازه‌گیری میکردند. معلوم شدتاریك‌ترین ستارگان فقط $\frac{۱}{۱۰۰}$ درخشانترین ستارگان نور دارند.

ستاره شناسان تصمیم گرفتند هر درخشندگی را ۲/۵ برابر درخشندگی بعدی منظور کنند، بنابراین یك ستاره بادرخشندگی(۱) ۲/۵ برابر نورانی‌تر از ستاره‌ای بود که درخشندگی(۲) داشت. ستاره اخیر نیز بنوبهٔ خود ۲/۵ برابر نورانی‌تر از درخشندگی (۳) بود وبهمین ترتیب الی آخر. بدینطریق یك ستاره با درخشندگی(۱) تقریباً ۱۰۰ = ۲/۵×۲/۵×۲/۵×۲/۵×۲/۵ بار نورانی‌تر از ستاره‌ای می‌شد که درخشندگی(۶) را داشت.

ستارشناسان توانستند درخشش ستارگان را چنان بخوبی اندازه‌گیری کنند که بتوانند بگویندفلان‌ستاره دارای درخشندگی ۲/۴ ۳/۵ میباشد.

درخشندگی ۱/۰ بعنوان میانگین‌برای ۲۰ ستاره درخشان‌مقرر گردید. یعنی که نیمی‌از آنها نورانی‌تر ازمیانگین بود ودرخشندگیهائی کمتر از ۱ داشتند. ستاره آلفاسنتوری[1] دارای درخشندگی ۰/۳ میباشد.

۱ــ Alpha Centauri (اولین ستاره دراجرام فلکی).

درخشنده‌ترین ستارگان در آسمانها (سیریوس[۱]) دارای درخشندگی کمتر از صفر در این مقیاس بوده و به عدد منفی (۱/۴ —) میرسد.

(در اندازه‌گیری درخشندگی همیشه بخاطر داشته باشید که هرچه درجه درخشندگی عدد کوچکتر باشد، روشنی ستاره زیادتر خواهد بود، بنابراین درخشندگیهای درجهٔ منفی مخصوصاً نورانی‌تر میباشند).

در جدول ۳ درخشندگیهای هریك از سیاراتی که کپلر میشناخت برای موقعی ارائه شده است که آن سیارات درخشان‌تر از سایر مواقع می‌باشند.

جدول ۳

درخشندگی‌های سیارات

سیاره	حداکثر درخشندگی
عطارد	—۱/۲
زهره	—۴/۳
زمین	—
مریخ	—۲/۸
مشتری	**—۲/۵**
زحل	—۰/۴

بطوریکه مشاهده میکنید، سیارات گاه‌بگاه به‌اندازه هریك از سایر ستارگان درخشندگی دارند یاحتی از آنها نورانی‌تر میباشند.

---

۱ ــ Sirius (ستاره کاروان‌کش یا شعرای یمانی بکسر شین).

شگفت‌آورنیست که حرکات عجیب‌وغریب آنها در آسمان پرستاره به این آسانی بوسیله زیج‌نشینان اولیه کشف شده بود.

وقتی مریخ درنزدیکترین فاصله‌اش‌باشد، مثل گوهرسرخ‌رنگی بادرجه درخشندگی یاتجلی ۲/۸ـ در آسمان میدرخشد. ازاینرو تقریباً چهارمرتبه ارستارهٔ کاروان‌کش که درخشانترین ستاره معمولی میباشد نورانی‌تراست. بااینحال وقتی مریخ در دوردست‌ترین نقطه قراردارد درخشندگی آن فقط ۱/۴+ بوده وبیش‌از ۱۲ ستاره معمولی از او درخشانترهستند.

ولی‌اینك که وضع مریخ رابررسی کردیم، ببینیم وضع‌مشتری چگونه است؟ طبق طرح کپلر، مشتری ۳/۵ برابرمریخ از خورشید فاصله دارد. وقتی زمین، مریخ ومشتری دریك سمت‌خورشید باشند، مشتری۸ مرتبه دورترازمریخ تا زمین میباشد.

هنگامیکه مشتری درآنطرف زمین است، به‌اندازه عرض‌کامل مدارزمین ازما دورترمیباشد، بااینحال مشتری چنان ازما فاصله دارد که عرض‌کامل مدارزمین درحساب چندان زیاد نیست.

مریخ‌چنان به‌مانزدیك است که افزایش مدار زمین به فاصله‌آن تفاوت‌بزرگی ایجادمیکند ومشتری هم چنان دوراست که افزایش‌مدار زمین اختلاف کمتری بوجودمیآورد وموقعیکه درسمت دیگرخورشید اززمین‌باشد، ۱/۵ برابردورترازما خواهدبودتا زمانیکه درهمان‌سمت خورشید اززمین قرارگرفته است. مقصوداین‌است که درخشش‌مشتری خیلی کمترازدرخشش مریخ تغییرمیکند. وقتی مشتری درنزدیکترین

فاصله و نورانی‌ترین حالت خود باشد، درجهٔ درخشندگی آن ۲/۵ـ است. وقتی دردورترین فاصله و تاریکترین حالت باشد، درخشندگی آن ۲/۰ـ است. مشتری همواره بمقدار زیادی حتی از نورانی‌ترین ستارگان نورانی‌ترمیباشد وباستثنای مدت کوتاهی که مریخ درنزدیکترین فاصله تاماقراردارد، همیشه ازمریخ درخشانتراست.

(بطورقطع، وقتی مریخ ومشتری درسمت مقابل خورشید ازما باشند، خورشید بین ما و آنها قرارمی‌گیرد ونمیتوانیم آن سیارات را ببینیم. بااینحال حتی اگرنتوانیم آنها را رؤیت کنیم میتوانیم درخشش آنها رااگرمیتوانستیم ببینیم محاسبه کنیم).

ولی‌این‌موضوع نکتهٔ جالبی رامطرح میسازد: اگرمشتری‌خیلی زیادترازمریخ ازما فاصله دارد، چرا مشتری باید نورانی‌ترازهردوی آنها باشد؟ برای پاسخ به این پرسش باید پرسید روشنی سیارات از کجا میآید؟ آیااین سیارات‌مثل خورشید می‌سوزند و بانور خودشان می‌درخشند؟ دراینصورت بایدقضیه چنین باشد که مشتری فقط باشعلهٔ روشن‌ترازمریخ میسوزد.

امااینکه سیارات بانورخودشان بدرخشند مشکوك بنظرمیرسد. زمین‌یکی‌ازاین سیارات است ومسلماً ازخودش نوری ندارد. آنطرف زمین که مقابل‌خورشید قراردارد روشن است وباید وقتی ازفضا دیده میشود بدرخشد؛ وآن سوی زمین که مواجه خورشیدنیست‌تاریك‌بوده ونمیدرخشد.

درموردماه نیزقضیه بهمین‌ترتیب‌است. یونانیان‌قدیم متوجه‌شده

بودند آنطرف ماه که مقابل خورشید است نورمیافشاند. علت اینکه ماه شکلهای مختلفی نشان میدهد آن است که قسمتهای مختلف آن (که از زمین دیده میشوند) مقابل خورشید قرارمیگیرند. بعبارت دیگر زمین و ماه فقط نوری را که ازخورشید میگیرند منعکس میکنند.

شاید سیارات دیگرهم اینکاررا بکنند. شاید آنهاهم، مثل زمین و ماه، کراتی باشند که نوررا ازخورشید گرفته ودرفضا منعکس میکنند. شاید به این جهت باشد که آن سیارات که آنقدر دورند بنظرما مانند کرات بسیار کوچکی میآیند، آنقدر کوچکند که بیش از نقطه‌های روشنی دیده نمی‌شوند.

فرض کنید کـه ما مریخ ومشتری راکراتی تصور کنیم که نور خورشید را منعکس میسازند. باوجوداین مشتری خیلی بیش ازمریخ از خورشید فاصله دارد. نوری که ازخورشید به مشتری می‌تابد وسپس از مشتری به ما منعکس می‌گردد باید مسیری را طی کند که بطورمتوسط ۴/۵ مرتبه طولانی‌تر ازمسیری باشد که نوراز خورشید به مریخ رفته و بزمین برمیگردد.

نوربه‌نسبت مجذورفاصله کم‌رنگ ومحومی‌شود. یعنی که اگر یك‌شعاع نورمسیری ۴/۵ برابرشعاع دیگررا بپیمایـد، (با درخشش مساوی‌درآغازحرکت) مقدارنوری که به‌منطقه معینی‌می‌تابدبرابراست با۴/۵×۴/۵ یا ۲۰/۲۵ مرتبه بیشترازنوری کـه فاصله کوتاهتری را می‌پیماید.

بعبارت دیگر، نوری که مسافت طولانی‌ازخورشیدبه مشتری و

به زمین را طی میکند، باید چنان کمرنگ شود که مریخ بیست مرتبه روشنتر از مشتری بنظرمی‌رسد (وقتی هردو درنزدیکترین فاصله با ما باشند).

درعوض، مریخ در آن شرایط اندکی روشن‌ترمیباشد.

چرا باید چنین باشد؟ آیا کره مشتری درخشنده‌تراز کره مریخ است، بطوریکه مشتری‌نوربیشتری می‌افشاند؟ آیا کره مشتری بزرگتر از کره مریخ است، بطوریکه مشتری‌نوربیشتری برای‌انعکاس میگیرد؟ اینها را نمیشد فقط ازطرح کپلرمعلوم کـرد. در آن موقـع چیزبیشتری لازم بود وحتی وقتی کپلرشروع به‌تهیه طرح خود کرد آن «چیزبیشتر» درحال ایجاد بود.

فصل دوم

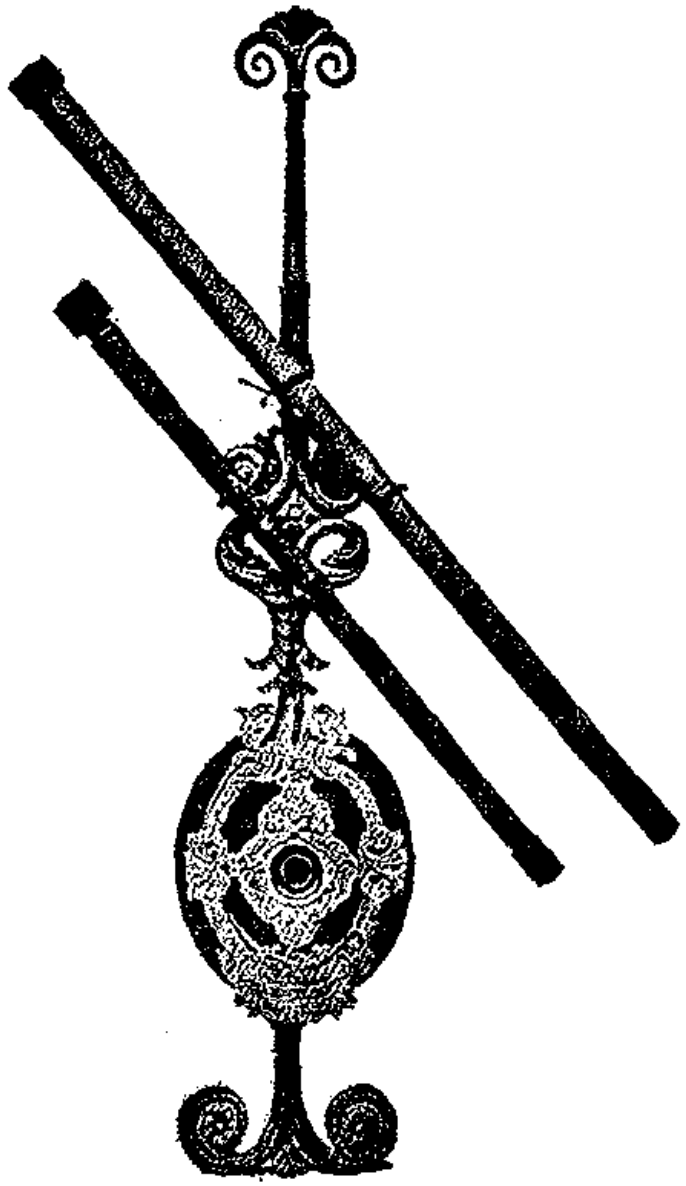
بزرگترین سیاره

تلسکوپ بکمك میرسد

در ۱۶۰۹ دانشمند ایتالیائی گالیلئو گالیله[1] (که معمولا فقط به‌اسم اولش شهرت دارد) شایعه جالبی را شنید. به او گفته بودند درهلند شخصی لوله‌ای ساخته است که دوعدسی درطرفین خود دارد وبانگاه کردن‌ازداخل آن، اجسام دور، نزدیکتردیده میشوند. گالیله به‌آزمایش این‌لوله‌ها وعدسی‌ها پرداخت وبه‌زودی‌چنین‌دستگاهی‌ازخوداختراع کردونامش‌را«تلسکوپ[2]»گذاشت که‌ازالفاظ یونانی‌بمعنای «دوربینی» اقتباس شده‌بود. وی بیدرنگ تلسکوپ خودرا متوجه آسمانها نمود وهمینکه به‌ماه نگاه کرد، آنرا بزرگتر وروشن‌تر دیـد. تلسکوپ وی نه‌تنها ماه را بزرگترنشان می‌داد، بلکه جزئیات وچیزهائی‌را هم که در

۱ـ Galileo Galilei ۲ـ Telescope

سطح ماه بودندبزرگترمی کرد. اشیائی که باچشم‌غیرمسلح قابل‌رؤیت نبودند، باتلسکوپ مرئی می‌شدند. گالیله بااستفاده از تلسکوپ خود توانست کوهها ودهانه‌های آتش‌فشانی را درسطح ماه مشاهده کند.



امروزه تلسکوپ‌ها میتوانند دستگاههای بسیار بزرگی باشندکه باید با ماشین‌آلات‌ظریف ودقیق حرکت‌داده شوند. بااینحال‌تلسکوپ‌های اولیه فقط نوعی تلسکوپ‌های کوچك بودند. تصویر بالادوتلسکوپ مورد استفاده‌گالیله میباشندکه کمی‌بهتر‌ازدوربین‌های اپرا بودند، ولی وی‌باآنها کشفیات شگفت‌انگیزی‌بانضمام چهارقمربزرگ مشتری را انجام داد.

هنگامیکه باتلسکوپ به ستاره‌ها نگاه می کرد، آنها روشن‌تر بنظر می‌رسیدند. اوصدها ستاره را دید که تاریك‌تراز آن بودند که بدون تلسکوپ دیده شوند. تاریکترین ستارگانی که باچشم دیده می‌شوند، درجهٔ درخشندگی۶ را داشتند. ولی حتی ستارگان تاریکتر که درخشندگی ۸،۷ وغیره را داشتند نیزباتلسکوپ‌قابل رؤیت‌بودند. بااینحال حتی باتلسکوپ‌هم این ستاره‌ها چیزی بیش‌از نقاط روشنی نبودند.

آنها باوجود نورانیت خودبازهم نقطه محسوب میشدند، اگر هم کراتی‌بودند، آنقدر کوچك بودند که حتی‌بادرشت سازی‌تلسکوپ نیزچیزی بیش‌ازلکه‌های کوچك رؤیت نمیشدند.

پس‌از آن‌گالیله به‌سیارات نگاه کرد وباخوشحالی متوجه‌شد که آنهانه‌تنهاباتلسکوپ روشن‌تردیده میشدندبلکه‌بصورت کرات کوچکی نیزبودند. اینموضوع به اوامکان داد چیزهای تازه‌ای درباره سیارات کشف کند. در دورانهای بعدی ستاره‌شناسان توانستند پهنای کرات شمسی راکه باتلسکوپ‌دیده میشدند بادقت زیادی اندازه‌گیری کنند. آنهابااطلاع دقیق ازاینکه تلسکوپ تاچه اندازه میتواند اجسام را درشت‌تر کند، توانستندپهنای واقعی‌یك‌سیاره رامحاسبه نمایند. بدیهی است که ما پهنای یك‌جرم سماوی را بادرجات اندازه‌گیری می کنیم. پهنای‌خورشید وماه درحدود °۵/۰ میباشد. بااینحال سیارات‌بصورت ظاهرخیلی کوچکتر ازخورشید وماه هستند واگر ازدرجات بعنوان واحدهای اندازه‌گیری استفاده کنیم باید اعشار کوچك را بکار بریم.

همانطور که گفته شده، سومری‌ها درجه را به ۶۰ قسمت مساوی که ما «دقیقه‌های قوس» مینامیم تقسیم کرده بودند. ما این علامت (′) را برای دقیقه بکار میبریم و میگوئیم ′۶۰ = °۱ پس هر دقیقه نیز به ۶۰ قسمت مساوی که آنرا «ثانیهٔ قوس» میگوئیم تقسیم شده است و علامتش این (″) است. بدین ترتیب ″۶۰ = ′۱ (یك دقیقه برابر است با ۶۰ ثانیه).

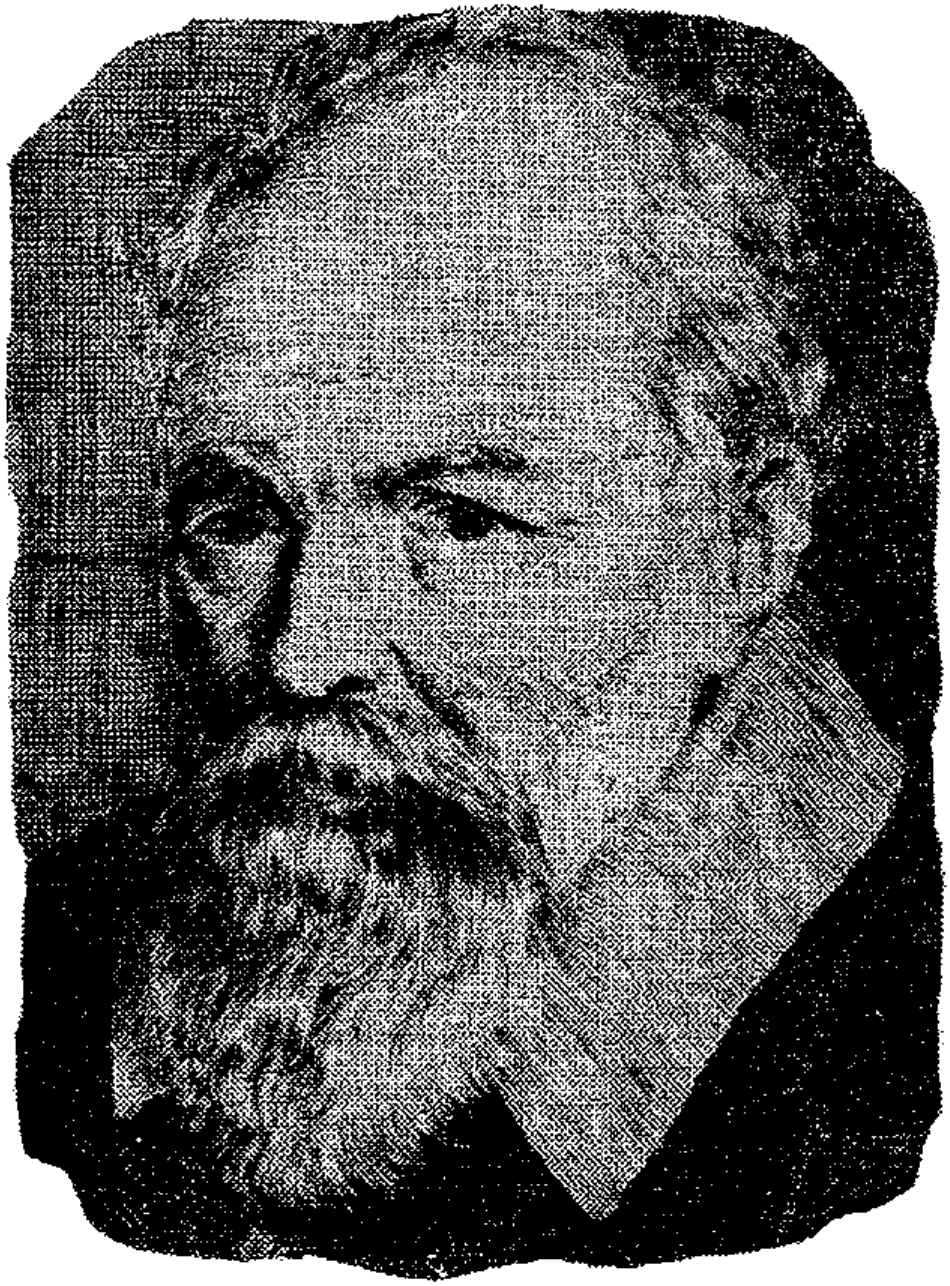
بدینقرار بجای آنکه گفته شود قطر ماه حدود °۰/۵ است میتوانیم بگوئیم حدود ′۳۰ پهنا دارد، اگر بخواهیم دقیق‌تر گفته شود، میتوانیم بگوئیم که میانگین پهنای ماه بطوری که از سطح زمین دیده میشود سی و یك دقیقه و ۵ ثانیه «″۵/′۳۱» میباشد. چنانچه ۱/۳۱ در ۶۰ ضرب کرده و عدد ۵ را به آن بیفزائیم میتوانیم این پهنا را برحسب ثانیه بگوئیم و معلوم میشود که میانگین عرض ماه ″۱۸۶۵ میباشد.

قطر خورشید بطوریکه از زمین دیده میشود اندکی بیش از عرض ماه است و برابر ″۵۹/′۳۱ یا ″۱۹۱۹ میباشد.

حال ببینیم قطر ظاهری سیارات مختلف که با مشاهدات تلسکوپی تعیین شده است، چگونه با قطر ظاهری ماه سنجیده میشود؟ شما این ارقام را برای سیاراتی که گالیله شناخته بود در جدول ۴ پیدا میکنید. در هر مورد، حداکثر قطر ظاهری هر سیاره در نزدیکترین موقعیتش با زمین و حداقل قطر ظاهری در دورترین فاصله‌اش با آن داده شده است.

همانطور که در جدول مشاهده میکنید، مشتری در موقعیکه بزمین نزدیکتر باشد، قطر ظاهریش ″۵۰/۰ است و فقط $\frac{۱}{۳۷}$ پهنای ظاهری ماه

رادارد. کرهٔ مشتری حتی درحداکثرعرض ظاهری چنان کوچک است که مانند لکه‌ای ازنور دیده میشود.



گالیلئو گالیله که مشهور به گالیله میباشد، در ۱۵۶۴ در پیزای ایتالیا متولدشد، اولین ستاره‌شناسی بود که ازتلسکوپ استفاده کرد. کشفیات حیرت‌انگیزی داشت که شامل کوههای ماه، لکه‌های خورشید واشکال زهره بود. وی همچنین ۴ قمر بزرگ مشتری را درسال ۱۶۱۰ کشف کرد. وی در ۱۶۴۲ درگذشت.

جدول ٤

پهنای ظاهری سیارات

سیاره	قطر (برحسب ثانیه) حداکثر	حداقل
عطارد	۱۲/۷	۴/۷
زهره	۶۴/۵	۹/۹
زمین	—	—
مریخ	۲۵/۱	۳/۵
مشتری	**۵۰/۰**	**۳۰/۸**
زحل	۲۰/۶	۱۴/۹

ولی به‌مریخ توجه کنید که وقتی درنزدیکترین موقعیت خود بزمین‌باشد پهنای ظاهری‌آن "۲۵/۱ است.

موضوع جالبی‌است. وقتی هردوسیارهٔ نامبرده تاحداکثربزمین نزدیك‌باشند، مشتری ۸مرتبه بیش‌ازمریخ تامافاصله دارد. هرچه‌دوری اجسام بیشترباشد کوچکتر دیده‌میشوند واگرمشتری ومریخ تقریباًبیك اندازه‌بودند، مشتری بعلت فاصله زیادترش خیلی کوچکتردیده‌میشد. بااینحال چیزی نیست، باوجود فاصلهٔ بیشتری که مشتری دارد، قطر ظاهری‌آن دوبرابر مریخ بنظرمیرسد.

برای بیان علت بزرگتربودن اندازهٔ ظاهری مشتری، ولواینکه خیلی دورترازمریخ میباشد، بایداین واقعیت‌را بپذیریم که قطرمشتری بسیار بزرگتر ازقطرمریخ است. درحقیقت باقضاوت ازآنچه بوسیلهٔ

تلکسوپ میتوان دید، مشتری بزرگترین سیاره‌ای است که در آسمان دیده میشود.

این سیاره حداقل بزرگترین سیاره‌ای است که دردوران گالیله شناخته‌شده‌بود. بعدازگالیله سه‌سیاره دیگر کشف‌شد. درباره آنها چه بایدگفت ؟

در ۱۷۸۱ یك ستاره‌شناس انگلیسی به‌نام ویلیام‌هرشل[۱] هفتمین سیاره راکشف کرد وبااقتباس ازناخدای آسمان دراساطیر یونانی نام آنرا اورانوس[۲] گذاشت. در ۱۸۴۶ یك ستاره‌شناس فرانسوی بنام اوربن‌لوریه[۳] هشتمین سیاره راکشف کرد وبااقتباس‌ازخدای دریا نام نپتون[۴] راروی آن گذاشت.

بالاخره در ۱۹۳۰ یك ستاره‌شناس امریکائی بنام کلایدتومبو[۵] نهمین سیاره‌راکشف نمود که بااقتباس ازخدای زیردنیا نام‌پلوتو[۶] را برآن‌نهاد.

برای آگاهی از مشخصات این سیارات جدید، جدول۵ حاوی اطلاعاتی درباره آنها میباشد، مانند آنچه درباره سیارات دیگر در جدولهای قبلی ارائه‌شد.

اگر دوری ازمرکز وانحراف مدارهای اورانوس ونپتون را بررسی کنیم، میبینم که‌آنها نوعاً جزوسیارات واقعی محسوب‌میشوند

۱- William Herschel ۲- Uranus ۳- Urbain Leverrier
۴- Neptune ۵- Clyde Tombaugh ۶- Pluto

ولی ازطرف دیگر، مدارپلوتو بسیارغیرعادی میباشد. دوری مدارآن ازمرکزبیشتر است وانحراف‌بیشتری ازهرسیارهٔ دیگردارد. فقط‌برای همین‌یك دلیل بایدکتابی درباره‌آن نوشته‌شود، ولی دراین‌کتاب که درباره مشتری بیشتربحث میشود فقط اشاره زودگذری به‌پلوتو بعمل آمده است.

درجه درخشندگی اورانوس، درروشن‌ترین حالتش۵/۷است. این‌سیاره برخلاف سیاراتی که در زمانهای قدیم شناخته شده بودند بکلی تاریك‌است وفقط بقدری که دیده‌شود روشنی‌دارد. تعجبی‌ندارد که پیشینیان متوجه‌نشده بودند که یك‌ستاره‌خیلی تاریك‌برخلاف سایر سیارات به‌آهستگی ازمیان‌ستارگان حرکت‌میکند وبنابراین بایدسیاره حساب شود. این‌نتیجه درشت نشان‌دادن وروشن‌سازی تلکسوپ بود که اورانوس‌را قابل‌رؤیت کرده وحرکتش‌را آشکارساخت.

دربارهٔنپتون وپلوتونیزبایدگفت که‌آنهاحتی تاریکترازاورانوس

جدول۵

سیارات کشف شده درعصر جدید

سیاره	دوری ازمرکز	انحراف برحسب درجه	درخشندگی (حداکثر)	پهنای ظاهری برحسب‌ثانیه (حداکثر)
اورانوس	۰/۰۴۷	۰/۸	۵/۷	۴/۲
نپتون	۰/۰۰۹	۱/۸	۷/۶	۲/۴
پلوتو	۰/۲۴۹	۱۷/۱	۱۴/۵	زیر ۱

بوده وباچشم غیرمسلح مطلقاً قابل‌رؤیت نمیباشند.

دلیل تاریکی غیرعادی این سه‌سیاره خیلی ساده‌است. آنها از خورشید (وازما) بیش‌ازهریك ازسیارات شناخته‌شده فاصله دارند. از میزان حرکت آنها درزمینهٔ پرستارهٔ آسمان‌میتوان دریافت که اورانوس دوبرابرفاصله زحل تاخورشید مسافت‌دارد. این‌فاصله برای نپتون سه برابروبرای پلوتو چهاربرابراست.

ازاندازه ظاهری این‌سیارات جدید، آنطورکه درتلسکوپ‌دیده میشود، وازموقعیت آنها درمنظومهٔ شمسی، بسهولت معلوم میشود که هیچیك از آنها نمیتوانند ازنظراندازه بامشتری رقابت کنند.

فرض کنید قطرمشتری‌راباعدد ۵۰نشان دهیم. قطرسیارات دیگر ازجمله سه‌سیاره‌ای‌راکه درزمان کپلروگالیله ناشناخته‌بودند، میتوان بااعداد دیگری به‌تناسب‌نشان‌داد، اینگونه قطرهای نسبی درجدول ۶ نشان‌داده شده‌است.

اختلاف منظر[1] بکمك میرسد

توجه داشته باشید که فهرست سیارات جدول ۶ شامل زمین نمیباشد.

اگرفقط نمونهٔ کپلررا دراختیار داشته‌باشیم، میتوانیم‌اندازه‌های نسبی سیارات‌دیگررا بدست‌آوریم ولی اندازه‌های قطعی آنها بدست نمیاید. مامیتوانیم بگوئیم که قطر مشتری سه‌برابر نپتون است، ولی

۱ــ Parallax

جدول ۶

قطرهای نسبی سیارات

سیاره	قطر نسبی (مشتری = ۵۰)
مشتری	**۵۰**
زحل	۴۲
اورانوس	۱۷
نپتون	۱۶
زهره	۴/۳
مریخ	۲/۴
پلوتو	۲/۳
عطارد	۱/۷

نمیتوانیم قطرهریك از آنهارا برحسب میل یا کیلومتر بگوئیم. مشتری ممکن است قطری برابر ۹۰۰ میل ونپتون برابر ۳۰۰ میل داشته باشد، یا مشتری ممکن است قطری برابر ۹۰۰۰۰۰۰ میل ونپتون برابر ۳۰۰۰۰۰۰ میل دارا باشد. درهریك ازاین موارد قطرمشتری سه‌برابر نپتون است ولی بهیچوجه نمیتوان گفت کدام یك از آنها صحت دارد. درباره این واقعیت که قطرمشتری همانطور که اززمین دیده میشود ″۵۰ میباشد چه میتوانیم بگوئیم؟ اگرمشتری واقعاً بمانزدیك‌بود، نمیتوانست آنقدر بزرگ‌باشد که مانند کره‌ای باقطر ″۵۰ بنظربرسد. بطورمثال، جسمی به‌اندازهٔ زمین (که‌قطرش برابر ۸۰۰۰ میل است) چنانچه ۳۲۰۰۰۰۰۰

میل ازما دورباشد مانند کره‌ای بقطر ″۵۰ دیده میشود. بـرای اینکه جسمی باقطر ″۵۰ ازفاصلهٔ دوری رؤیت‌شود، باید بـزرگتر از زمین باشد؛ وبرای‌اینکه بااین قطرازفاصله کمتری دیده‌شود باید کوچکتراز زمین‌باشد.

تمام‌آنچه‌کـه گالیله میدانست این بودکـه مشتری بایستی در نزدیکترین موقعیتش بزمین کمتراز ۳۲۰۰۰۰۰۰ میل‌باآن فاصله‌داشته باشد، ازاینرو کوچکتر اززمین است. البته سیارات دیگر کوچکتراز آنند، بطوریکه زمین باید غولی درمنظومهٔ شمسی‌باشد.

این‌موضوع امکان داشت ولی‌آیا چنین‌بود؟ اگرمقیاس منظومه شمسی بقدرکافی‌بزرگ‌بود واگر کلیه سیارات خیلی دوردست‌بودند، حتی عطارد امکان داشت در واقع بـزرگتراز زمین بـاشد ومـا ساکن کوچکترین کـره منظومه شمسی باشیم. بدین‌قرارهرگونه بررسی در مشخصات سیارات درمقیاس منظومهٔشمسی تابع‌اطلاع ازمیزان‌فاصلهٔ آنها میباشد.

چنانچه فـاصله حتی‌یك سیاره‌را بتوان درمنظومهٔ شمسی تعیین کرد، فـواصل بقیه‌را میتوان ازروی طرح کپلر بـدست آورد. ولی چگونه بایدفاصله این‌سیارهٔ مهم‌را ابتدا معین‌نمود؟.

درعصرگالیله تنهاراه‌برای اندازه‌گیری فواصل اجرام‌آسمانی، درنظرگرفتن تغییرمحل‌آنها هنگام مشاهده ازنقاط مختلف بود. برای درك اینموضوع انگشت‌خودرا جلوچشمهایتان نگاهدارید. حال‌هربار بایك چشم به‌آن نگاه کنید. ابتدا چشم راست‌را ببندید وباچشم چپ

به‌آن بنگرید و به‌محل آن نسبت به‌چیزی که درعقب قرار گرفته توجه نمائید. اگردر زیرسقفی هستید محل آنرا دربرابر دیوارملاحظه کنید، این‌محل میتواند مثلاً نزدیك لبهٔ یك تصویر باشد. حال ضمن اینکه انگشت خودرا بیحرکت نگاه میدارید، چشم چپ‌را بسته وباچشم راست‌آنرا نگاه کنید. انگشت‌شما تغییرمحل داده‌است!

این تغییرمحل «اختلاف‌منظر» نامیده‌میشود واندازهٔ‌آن به‌فاصله بستگی‌دارد. اگرانگشت خودراکاملاً نزدیك چشمهایتان نگاه دارید، تغییرمحل زیاد خواهد بود؛ واگرانگشت خودرا دورتراز چشمهایتان نگاهدارید تغییرمحل کوچکتر میشود.

ازمقدار اختلاف‌منظر شما میتوانید فاصلهٔ انگشت خودرا از چشمهایتان با استفاده از مثلثات که شعبه‌ای از ریاضیات است حساب کنید.

درست همانطورکه انگشت شما اختلاف منظری را دربرابر دیوار دورترنشان میدهد، ماه نیز اختلاف‌منظر را دربرابر ستارگان دورتر ارائه‌میکند. بااینحال ماه‌آنقدر ازانگشت شما دورتر است که اختلاف‌منظر بسیارکوچك میباشد. اگرابتدا باچشم راست وسپس با چشم چپ خود به‌ماه نگاه کنید، هیچگونه تغییری درمحل ستارگانی که ممکن است نزدیك ماه باشند نخواهیددید.

دراینصورت‌ماه‌را ازدومحل(هریك ازدوانگشت شما) که‌فقط چندسانتیمتر بایکدیگرفاصله‌دارندنگاه‌میکنیم. فرض کنید ازرصدخانهٔ نزدیك لوس‌آنجلس به‌ماه نگاه‌میکنید، درحالیکه ستاره‌شناس دیگری

درهمان‌وقت ازرصدخانه دیگری درنیویورك به‌آن نگاه کند. اختلاف نقاط دیدبـانی درحدود ۳۰۰۰ میل است و «اختلاف‌نظر» آنقدر زیاد میباشد که بتوان اندازه‌گیری کرد.

بااین روش میتوان دوری واقعی ماه‌را تعیین نمود. معلوم شده که میانگین فاصله ازمرکزماه تامرکززمین قدری کمتراز ۲۳۹۰۰۰میل میباشد. بـا اینحال مـاه جزو مدل کپلرنیست وشما نمیتوانید فواصل سیارات‌را ازروی فاصله‌ماه بدست‌آورید.

سیارات درآسمان خیلی دورترازماه هستند. اختلاف‌منظرهای آنها بقدری کم است کـه حتی یك‌تغییر چندهزار میلی درمحل رصد کننده، آنهارا چندان‌بزرگ نمیکند که باچشم غیرمسلح قـابل‌رؤیت باشند. این‌است دلیل‌آنکه چرا فاصله خورشید اززمین یافاصله هریك ازسیارات‌را نتوانستند حتی‌درعصرگالیله بدست‌آورند.

ولی‌آیا بـااستفاده ازتلسکـوپ چه‌وضعی پیش میآید؟ قدرت بزرگ‌نمائی تلسکوپ میتوانـد تغییرجزئی وکوچکی درمحل ایجاد کند که برای اندازه‌گیری‌کافی باشد ـ بـایك تلسکوپ خوب میتوان اختلاف‌منظرهای خیلی کم‌را اندازه‌گرفت.

در۱۶۷۱اختلاف‌منظریك‌سیاره‌برای‌نخستین‌باراندازه‌گیری شد. در پـاریس ، یـك ستاره‌شناس ایتالیائـی ـ فـرانسوی بنام جیوانی‌ـ دومینکوکاسینی[1] اندازه‌گیریهای دقیقی‌ازمحل مریخ درزمانهای معینی بامقایسه بـامحل ستاره‌های نزدیك آن بعمل آورد. درکرانـه شمالی

۱ـ Giovanni Domenico Cassini

امریکای‌جنوبی‌ستاره‌شناس فرانسوی‌دیگری‌بنام ژان‌ریشر[۱] اندازه‌گیری مشابهی انجام‌داد.

کاسینی اندازه‌هایش را باندازه‌های ریشربعد ازمراجعت وی‌به پاریس مقایسه کرد وازاین مقایسه، اختلاف‌منظر بدست‌آمد. وی‌بدین ترتیب فاصلهٔ مریخ وفواصل سیارات دیگررا درمنظومهٔ شمسی تعیین کرد.

مردم‌برای نخستین‌بار ازمقیاس منظومهٔشمسی مطلع‌شدند. پس ازدورهٔ کاسینی، اندازه‌گیریهای اختلاف‌منظرها دقیق‌ترانجام گرفت و ازروش‌های دیگرتعیین مسافات استفاده شد ولی‌کاسینی برای اولین‌بار برای‌تعیین مسافت کسب‌اعتبار کرد.

درجدول۷ میانگین فاصله هریك از۹ سیاره ازخورشید بـه‌سه طریق‌داده شده‌است:

اول ـ برحسب میل که معمول‌ترین واحد انـدازه‌گیری بـرای مسافات دور درایـالات متحده‌آمریکا میباشد.

دوم ـ بـرحسب کیلومتر که واحد اندازه‌گیری بـرای مسافات دور دربیشتر کشورهای جهان خارج ازامریکااست. کیلومتر کوچکتر از دوواحد دیگرتقریباً برابر با $\frac{۵}{۸}$ میل‌است. این‌یك‌واحداندازه‌گیری درسیستم متریك بـوده وهمه جدولهای این کتاب انـدازه‌های متری و همچنین اندازه‌های معمول درایالات‌متحده رادارا‌هستند.

۱ـ Jean Richer

جدول ۷

میانگین فواصل سیارات از خورشید

سیاره	میانگین فاصله برحسب میلیون میل	برحسب میلیون کیلومتر	برحسب واحد نجومی
عطارد	۳۶	۵۸	۰/۳۹
زهره	۶۷	۱۰۸	۰/۷۲
زمین	۹۳	۱۵۰	۱/—۱
مریخ	۱۴۱	۲۲۸	۱/۵۲
مشتری	**۴۸۳**	**۷۷۹**	**۵/۲۵**
زحل	۸۸۶	۱۴۲۸	۹/۵۴
اورانوس	۱۷۸۲	۲۸۷۲	۱۹/۲
نپتون	۲۷۹۲	۴۵۰۱	۳۰/۰
پلوتو	۳۶۷۱	۵۹۰۶	۳۹/۵

سوم ــ واحدهای نجومی یا «A.U» هم‌داده‌شده وهرواحد برابر میانگین فاصله زمین ازخورشید است. شما با استفاده ازاین واحد میتوانید فوراً بگوئید فاصله یك‌سیاره معینی ازخورشید، بامقایسه با فاصله زمین‌ازخورشید چقدراست.

توجه داشته باشید که درجدول ۷ میانگین فاصلهٔ سیارات از خورشیدداده شده‌است. چنانچه سیارات دردایره کاملی‌به‌دورخورشید حرکت کنند، فاصله ازخورشید درتمام اوقات برای هرسیاره یکسان میباشد. بااین وجود سیارات درمسیربیضی که خورشید درکانون آن

قرارگرفته حرکت میکنند، یعنی که خورشید درفواصل مختلفی است. مقدارتغییر درمورد سیارات زیاد نیست زیرا دوری ازمرکز کم است ولی درهرصورت وجود دارد. (به‌جدول شماره۱مراجعه کنید).

مثلاً زمین بطورمتوسط ۹۳۰۰۰۰۰۰ میل ازخورشید فاصله دارد. بااینحال وقتی که همان‌زمین در سمت‌الشمس ودر نزدیکترین نقطه ازمدارش به‌خورشید باشد فقط ۹۱۴۰۰۰۰۰ میل دور است. در نقطه مقابل مدارخود، وقتی درمنتهای اوج ودورترین نقطه‌ازخورشید باشد، فاصله‌ای برابر ۹۴۶۰۰۰۰۰ میل دارد، این اختلاف ۳۲۰۰۰۰۰ میل‌است ولی بامقایسه بااندازهٔ کل مدارزمین خیلی‌زیادنیست.

معمولاً اندازهٔ خورشید موقعی که زمین دورمدارخود میگردد تغییرمیکند. وقتی زمین نزدیکتر میشود خورشید بزرگتربنظر میرسد، ووقتی‌زمین دورترحرکت میکند کوچکتربنظرمیرسد. میانگین پهنای خورشید ''۵۹ و ′۳۱است. باوجوداین وقتی زمین درنزدیکترین‌نقطه به‌خورشیدباشد، خورشید′۳۰و′۳۲قطرداردووقتی‌دردورترین‌فاصله‌اش باآن‌باشد خورشید′۲۸و′۳۱ قطردارد. این‌اختلاف‌بجزدراندازه‌گیری دقیق‌قابل‌توجه‌نیست. خورشید درتمام اوقات بیك‌اندازه بنظرمیرسد. فقط عطارد وپلوتو که زیادترین دوری از مرکز مداری را دارند، اختلاف واقعاًزیادی‌را درمسافت نشان میدهند.

برای‌مشتری، یك‌دوری‌ازمرکزمناسب‌بدان‌معنی‌است که گاهی‌در فاصله۵۰۷۰۰۰۰۰میل‌ازخورشیدبوده وگاهی درفاصله۴۶۰۰۰۰۰۰ میلی‌آن قراردارد. نزدیکترین‌فاصله‌مشتری‌بزمین‌موقعی‌است که مشتری

درسمت‌الشمس وزمین درهمان طرف خورشید باشد که مشتری قرار دارد. دراینموقع مشتری میتواند فاصله کمی برابر ۳۶۵۰۰۰۰۰۰ میل اززمین داشته‌باشد. هنگامی که مشتری درمنتهای اوج‌بوده وزمین در طرف دیگر خورشید است، فاصله مشتری از ما میتواند بمیزان ۶۰۰۰۰۰۰۰۰ میل باشد.

حرکت سیارات

همینکه مقیاس منظومهٔ شمسی تعیین‌شود، تعدادی ازنسبت‌های

جدول ۸

حداکثر وحداقل فاصله سیارات ازخورشید

سیاره	فاصله ازخورشید برحسب (A.U) حداکثر	حداقل
عطارد	۰/۴۷	۰/۳۱
زهره	۰/۷۲	۰/۷۲
زمین	۱/۰۲	۰/۹۸
مریخ	۱/۶۶	۱/۳۹
مشتری	**۵/۴۵**	**۴/۹۵**
زحل	۱۰/۱	۹/۰
اورانوس	۲۰/۰	۱۸/۳
نپتون	۳۰/۲	۲۹/۲
پلوتو	۴۸/۳	۲۹/۷

درجدول۸حداکثروحداقل‌فواصل‌هرسیاره ازخورشیدبرحسب واحدهای نجومی داده شده‌است.

جالب سیارات‌را میتوان محاسبه کرد.

مثلاً فرض کنید ماازاینجا شروع کنیم زمین‌در $۳۶۵\frac{۱}{۴}$ روز یك بار بدور خورشید میگردد. این‌مدت زمان‌را یك «سال» میگویند. ستاره‌شناسان بامحاسبه حرکت زمین میتوانند ازحرکت سیارات در آسمان برای‌تعیین طول‌مدتی که هریك از آنها برای‌انجام یك‌دورکامل به‌دورخورشید لازم‌دارد استفاده کنند. زمانی که هرسیاره برای اینکار لازم‌دارد «مدت‌حرکت انتقالی» آن‌میباشد.

همانطورکه درجدول ۹ ملاحظه میکنید معلوم میشود که هرچه یك‌سیاه ازخورشید دورترباشد، مدت‌طولانی‌تری‌برای‌اجرای یك‌دور کامل لازم‌دارد. اینموع‌مسلماً شگفت‌آورنیست زیرا هرچه‌یك‌سیاره‌از خورشید دورتراست دایره‌ای که‌باید به‌دورآن طی کند بزرگترمیباشد. ضمناً توجه‌داشته‌باشید که بین‌مدت حرکت‌انتقالی مریخ‌ومشتری‌فاصلهٔ زمانی‌زیادی وجود دارد. چهارسیاره اولیه دارای مدت‌حرکت‌انتقالی کمترازدوسال‌هستند، ازاینرو همانطورکه درجدول۹ نشان‌داده شده بهترآنست که مدت‌حرکت انتقالی آنها برحسب روزمحاسبه‌شود. از طرف‌دیگرپنج سیاره آخرمدت حرکت‌انتقالی بیش‌ازیازده‌سال‌دارند.

این‌یکی ازفرقهای جالب‌بین دودسته ازسیارات‌میباشد که باعث میشود ستاره‌شناسان به‌عطارد، زهره، زمین‌ومریخ (دریك‌گروه)بعنوان «سیارات‌درونی» اشاره کنند. مشتری‌وسیارات‌دورتر «سیارات‌بیرونی» میباشند (فرقهای دیگری نیزبین این‌دوگروه وجود دارد که به‌آنهاهم

جدول۹

مدت حرکت انتقالی سیارات

سیاره	مدت حرکت انتقالی سال	روز
عطارد	۰/۲۴	۸۸
زهره	۰/۶۲	۲۲۵
زمین	۱/۰۰	۳۶۵
مریخ	۱/۸۸	۶۸۶
مشتری	۱۱/۸۶	
زحل	۲۹/۴۶	
اورانوس	۸۴/۰۲	
نپتون	۱۶۴/۸	
پلوتو	۲۴۸/۳	

اشاره خواهیم کرد).

بااینحال این‌مطلب که یك‌سیاره دورتر مدت حرکت انتقالی طولانی‌تر ازیك‌سیاره نزدیکتردارد، تنهابه‌فاصله‌مربوط نمیباشد. سیاره دورتر نه‌فقط فاصله‌طولانی‌تری برای‌گردش به‌دورخورشید لازم دارد بلکه کندتر نیزحرکت میکند.

مامیتوانیم این‌موضوع‌را بااستفاده ازمقیاس منظومه‌شمسی‌برای محاسبه سرعت واقعی‌حرکت به‌دورخورشید نشان‌دهیم: مثلاً زمین‌در فاصلهٔ ۹۳۰۰۰۰۰۰ میلی‌خورشید قراردارد وبدین‌ترتیب طول مدارش ۵۸۵۰۰۰۰۰۰ میل میباشد (برای بدست‌آوردن طول مدار، شمابابد

فاصله ازخورشید را در۶/۲۸ ضرب کنید. این محاسبه تنهـا موقعی صحت دارد که مدار دایـره باشد، ولی مدارات بیضی‌شکل سیارات چنان به دایره نزدیك‌اند که عمل‌ضرب نتایج تقریباً دقیقی‌بما میدهد).

زمین‌این سفر ۵۸۵۰۰۰۰۰۰ میلی رادرست دریك‌سال‌طی‌میکند. برای اینکار(باتوجه به‌اینکه ۳۱/۵ میلیون‌ثانیه دریك‌سال وجود دارد) زمین‌بایدباحدمتوسط سرعتی برابر۱۸/۵ میل درثانیه به دورخورشید گردش کند.(زمین‌درپایان سمت‌الشمس (حضیض) مدارخود که ازحد متوسط‌به خورشید نزدیکتراست، اندکی تندترگردش میکند ودرپایان منتهـای اوج کمی کندتر گردش مینمایـد ولی این اختلاف‌ها زیـاد نیست).

مشتری ۵/۲ برابراز زمین‌به خورشیددورتراست. یعنی که‌طول مدارش ۵/۲ مرتبه ازطول‌مدارزمین بیشترمیباشد. مدارمشتری حدود ۳۰۰۰۰۰۰۰۰۰ میل طول دارد واگر باسرعت زمین‌گردش می کـرد سفربه‌دورخورشید را در۵/۲ سال می‌پیمود. ولی اینکار را نمیکند و وقت بیشتری میگیرد. مشتری تقریبـاً ۱۲ سال برای این‌کار وقت لازم دارد. بنابراین‌میانگین سرعت مداری این سیاره کمترازنصف سرعت گردش زمین است. درجدول ۱۰ میانگین سرعت مداری کلیه سیارات داده شده است. شما دراین جدول ملاحظه میکنید که هرچه سیاره‌ای ازخورشید دورترباشد، درمدارخود کندترحرکت می کند.

علت‌این امرآن است که‌گردش هرسیاره به دورخورشید تحت تأثیرنیروی جاذبه خورشید قرار می‌گیرد. این‌نیروبوسیله میدان جاذبه

خورشید تولید میشود و این میـدان با افزایش فاصله دائماً ضعیف‌تر می‌گردد.

سیاره‌ای که‌ازخورشید دورتراست‌تحت‌تأثیرمیدان‌جاذبه‌ضعیفی ازخورشید قرار میگیرد وبنابراین کندتراز سیاره نزدیکتربه خورشید حرکت میکند که درمعرض میدان جاذبه نیرومندتری قراردارد.

در۱۶۸۷ اسحق نیوتن دانشمند انگلیسی روش صحیحی‌را که طبق‌آن میدان‌جاذبه باافزایش‌فاصله ضعیف‌ترمیشود پیدا کرد. اوثابت نمود که این‌ضعف طبق‌مجذورفاصله تغییرمیکند (شما میتوانیدمجذور یك‌عددرا باضرب کردن‌آن عدد درخودش پیدا کنید. بدینقرارمجذور عدد ۲ عدد ۴ است زیرا ۴ = ۲ × ۲ میشودبهمین‌ترتیب مجذور۳ عدد ۹، مجذور ۴ عدد ۱۶ میباشد الی‌آخر).

پس‌فرض کنید که میدان جاذبه خورشید درفاصله ۱۰۰ میلیون میلی ازآن دارای نیروی معینی باشداین فاصله در۲۰۰ میلیون‌میلی به دوضرب می‌شود ونیروی‌میدان جاذبه تا $\frac{1}{4}$ کاهش مییابد.

فاصله مزبوردر۳۰۰ میلی به سه ضرب می‌شود ونیروی میدان جاذبه به $\frac{1}{9}$ میرسد. در۴۰۰ میلی‌به ۴ ضرب می‌شود ونیـروی میدان جاذبه به $\frac{1}{16}$ میرسد.

نیوتن‌ثابت کرد که‌اگرمیدانهای‌جاذبه،به‌این روش‌عمل‌میکردند، لازم بودسیارات دربیضی‌هائی که خورشید دریك‌کانون‌آنهاقرارداشت

حرکت کنند، یعنی یك سیاره وقتی به خورشیدنزدیك میشودسرعتش را زیاد کند ووقتی دورازخورشید حرکت میکند سرعتش کندترشود، سرعت مداری سیارات درفواصل مختلف ازخورشید دقیقاً همانطور باشد که ستاره‌شناسان پیدا کرده بودند.

جدول ۱۰

میانگین سرعت مداری سیارات

سیاره	میانگین سرعت مداری	
	میل درثانیه	کیلومتردرثانیه
عطارد	۲۹/۸	۴۷/۹
زهره	۲۱/۸	۳۵/۱
زمین	۱۸/۵	۲۹/۸
مریخ	۱۵/۰	۲۴/۱
مشتری	**۸/۱**	**۱۳/۱**
زحل	۶/۰	۹/۶
اورانوس	۴/۲	۶/۸
نپتون	۳/۴	۵/۴
پلوتو	۲/۹	۴/۷

این کندی حرکت سیارات بیرونی ضمناً تعیین محل سیارات دورتراز زحل رامشکل کرده است. جدول ۱۱ میانگین‌فاصله زاویه‌ای راکه هریك ازسیارات بیرونی دریك‌روز دورخورشید می‌گردند، و

مدتی را که هریك برای طی فاصلهٔ مساوی باپهنای ماه لازم دارند، نشان می‌دهد.

اسحق نیوتون در ۱۶۴۲ در لینکلن‌شایر انگلستان متولد شد. او احتمالا بزرگترین دانشمند تا آن زمان بود وپیداکردن قانون جاذبه در۱۶۸۷ شاهکار وی بشمارمیرفت. این قانون نشان دادکه چطورسیارات دورخورشید میگردند و چگونه اقمار وسیارات گردش میکنند. وی در۱۷۲۷ درگذشت.

مشتری مسافت مساوی باپهنای ماه را اندکی بیش‌از۶ روزطی میکند درحالیکه زحل آن مسافت را اندکی‌بیش‌از۱۵ روز می‌پیماید، همانطور که زیج نشینان اولیه شب‌به‌شب تماشا میکردنـد. این گردش بویژه برای اجرام درخشانی مانند مشتری وزحل کـه چشم را جلب میکردند، کاملا محسوس شد.

جدول۱۱

حرکت مرئی سیارات‌بیرونی

سیاره	حرکت مرئی در۲۴ ساعت (برحسب ثانیه دایره)	مدت پیمایش پهنای ماه (برحسب روز)
مشتری	۳۰۰	۶/۲
زحل	۱۲۰	۱۵/۵
اورانوس	۴۲	۴۴
نپتون	۲۲	۸۵
پلوتو	۱۴	۱۳۰

بااینحال، اورانوس جرم بسیارتاریکی است. مهمتراینکه‌بطور متوسط ۶ هفته تمام برای‌طی پهنای‌ماه وقت لازم دارد. حتی اگر کسی متوجه اورانوس می‌شد، دلیلی نداشت همه‌شب ناظریك‌جرم تاریك و غیرجالب باشد. واگر کسی‌اینکار را انجام میداد بنظرش میرسید که‌این سیاره چندین شب دریك نقطه متوقف است وعلاقه زیج نشین ازبین میرفت. کشف‌اینکه اورانوس‌یك سیاره میباشدکاملا اتفاقی‌بود. هرشل

باتلسکوپ خود آنرا تصادفاً مشاهده کرد ومتوجه شد بجای آنکه نقطه‌ای نورانی باشد، یك کره محسوب میشود.

پیدا کردن نپتون وپلوتو حتی دشوارتربود زیرا آنهانه‌تنهاخیلی تاریکتراز اورانوس میباشند بلکه کندترنیزحرکت میکنند. پلوتوبرای طی مسافتی برابرماه، مدت سه ماه وقت لازم دارد.

اندازهٔ سیارات

مشتری‌درمرکزگروه سیارات‌قراردارد وپنجمین‌سیاره‌ازسیارات نه‌گانه میباشد. چهارسیاره نزدیکترازمشتری به خورشیدهستند وچهار سیاره دورتر از او به خورشیدنـد. این وضع متوسط ازنظر مسافت، مشتری را درهرچیزی که‌به مسافت‌بستگی‌دارد متوسط میکند: درطول دورهٔ حرکت انتقالی متوسط‌است، درمیانگین سرعت مداری درحد متوسط است، ودرسرعتی که باآن درآسمان کرهٔ زمین‌گردش میکند نیزمتوسط می‌باشد.

باوجوداین درهمه چیز متوسط نیست. بخاطرداشته باشید کـه مشتری ازهرسیاره دیگرآسمانی بزرگتراست وفقط رابطه اندازه‌اش باانـدازه زمین درعصرگالیله نامعلوم مانده بـود. این رابطه اخیر را می‌توانستند باپیدا کردن مقیاس منظومهٔ شمسی تعیین کنند.

معلوم شده که وقتی مشتری درحداکثر اندازه مرئی "۵۰قرار دارد، فاصله‌اش تازمین ۳۶۰ میلیون‌میل است. بـرای اینکه ژوپیتراز چنین‌فاصله‌ای باآن اندازه دیده شود، لازم‌است ازآنچه انتظارمیرفت

بزرگترباشد. درحقیقت این‌سیاره خیلی اززمین بزرگتراست.

درجدول شماره ۱۲ قطرسیارات مختلف بااندازه‌گیری درخط استوا داده شده‌است. بطوریکه می‌بینید مشتری ازاین لحاظ دروضع متوسط قرارندارد ودرحداعلی واقع شده زیرا بزرگترین سیاره در منظومه شمسی میباشد. قطرش ۱۱/۲مرتبه ازقطر زمین بیشتر است. بعبارت دیگراگر یازده کره باندازهٔزمین درکنار یکدیگر قرار گیرند بازهم کاملاً به‌پهنای کرهٔ عظیم مشتری‌نمیشوند.

جدول۱۲

قطر سیارات

سیاره	قطردرخط استوا برحسب میل	برحسب کیلومتر	زمین = ۱
عطارد	۳۱۰۰	۵۰۰۰	۰/۳۹
زهره	۷۵۷۰	۱۲۲۰۰	۰/۹۵
زمین	۷۹۲۷	۱۲۷۵۷	۱/۰۰
مریخ	۴۲۰۰	۶۷۵۰	۰/۵۳
مشتری	**۸۸۷۰۰**	**۱۴۲۹۰۰**	**۱۲/۲**
زحل	۷۵۱۰۰	۱۲۰۹۰۰	۹/۵
اورانوس	۲۹۰۰۰	۴۶۵۰۰	۳/۶
نپتون	۲۸۰۰۰	۴۵۰۰۰	۲/۵
پلوتو	۴۰۰۰	۶۵۰۰	۰/۵

مامیتوانیم ازاین‌هم جلوتربرویم، زیاارقام قطرسیارات‌مختلف درواقع بمانمیگویند مشتری تاچه‌اندازه بزرگترین سیاره‌میباشد.بطور

مثال، آنچه درباره‌زمین برای‌ما اهمیت‌دارد اندازهٔ قطرومساحت‌سطح آن‌نیست. ازاینهاگذشته ما درسطح زمین زندگی میکنیم.

مساحت هر کره متناسب بامجذورقطرش میباشد. بدین‌معنی که اگر کره (الف) دارای‌قطری دوبرابر قطر کره (ب) باشد، مساحتش ۲×۲یا۴ برابر کرهٔ (ب) خواهدبود واگرقطر کرهٔ (الف) ده‌برابر کره (ب) باشد مساحتش ۱۰×۱۰یا۱۰۰ برابرخواهد شد.

اکنون فرض کنید مساحت کره زمین را (که برابر با ۲۰۰۰۰۰۰۰۰ میل‌مربع است) مساوی با (۱) درنظر بگیریم آیا نسبت مساحت سیارات دیگرنسبت به‌آن چه‌خواهد شد؟ پاسخ این سؤال درجدول۱۳ داده‌شده‌است.

جدول۱۳

مساحت سیارات

سیاره	مساحت (زمین=۱)
عطارد	۰/۱۵
زهره	۰/۹۰
زمین	۱/۰۰
مریخ	۰/۲۷
مشتری	۱۲۵
زحل	۹۰/۰
اورانوس	۱۳/۰
نپتون	۱۲/۰
پلوتو	۰/۲۵

(البته وقتی درباره سطح صحبت میکنیم، فرض میکنیم همهٔ سیارات مثل زمین سطح محکم وزیبائی داشته‌باشند، دراین کتاب بعداً توضیح بیشتری دراینمورد داده‌خواهدشد ولی فعلاً فرضیه‌ما بقسمی است که گفته شد).

همانطور که درجدول ۱۳ ملاحظه میکنید، مساحت مشتری به بزرگی مجموع هشت سیارهٔ دیگر میباشد. درحقیقت، اگربتوانید تصور کنید که سطح زمین گسترش یافته وبه‌مشتری بچسبد، تقریباً نیمی‌از مشتری‌را (مثل نسبت ایالات‌متحده با کره‌زمین) شامل میشود.

حال‌ببینیم ازچه‌راه دیگری‌میتوان به‌اندازهٔ مشتری دست‌یافت. ممکن است ازفضائی که مشتری اشغال کرده تعجب کنیم. هر کره قطر معین ومساحت معینی دارد، ولی مقدارمعینی‌ازفضارا نیزاشغال میکند، یعنی «حجم» معینی دارا میباشد.

حجم هر کره برابرمکعب‌قطر آن‌میباشد. بعبارت دیگراگر کرهٔ (الف) دوبرابر کره (ب) قطرداشته‌باشد، حجم کرهٔ الف ۲×۲×۲یا ۸برابرحجم کره ب خواهد بود. ماازقطر هر کره میتوانیم حجم آنرا حساب‌نموده وباحجم کره زمین مقایسه کنیم. این مقایسه درجدول۱۴ ارائه‌شده است.

ازاین نقطهٔ‌نظر، مشتری‌بیش‌ازپیش‌بزرگتربنظرمیرسد. حجم‌مشتری تقریباًدوبرابرحجم‌بزرگترین‌سیاره‌بعدی، یعنی‌زحل‌میباشد. حجم‌مشتری ازمجموع حجم‌سیارات‌دیگربیش‌ازیک‌برابرونیم زیادتراست. شمااگر بتوانید مشتری را یک کرهٔ کاملاً میان تهی فرض کنید، میتوانید ۱۴۰۰

کره باندازهٔزمین رادرون آن جای دهید.

درمورد اندازهٔ سیارات، همانطور که درجدولهای ۱۲و۱۳و۱۴ ملاحظه‌میکنید، بهتر است‌سیارات‌را به‌دوگروه تقسیم کنیم: چهارسیاره درونی، باضافه‌پلوتو هریك دارای قطر کمتراز ۸۰۰۰میل‌هستند.

جدول۱۴

حجم سیارات

سیاره	حجم (زمین=۱)
عطارد	۰/۰۶
زهره	۰/۸۶
زمین	۱/۰۰
مریخ	۰/۱۵
مشتری	۱۴۰۰
زحل	۸۶۰
اورانوس	۴۷
نپتون	۴۳
پلوتو	۰/۱۲

این پنج‌سیاره که زمین بزرگترین آنهاست بنام«سیارات‌زمینی»[1] که‌ازکلمهٔ لاتینی زمین اقتباس شده‌است گروه‌بندی میشوند. مشتری، زحل، اورانوس ونپتون همه بیش‌از ۲۵۰۰۰ میل قطردارند ومشتری ازهمه‌آنها بزرگتراست. «سیارات برجیسی»[2] که ازاسم دیگرمشتری

۱ــ Terrestrial Planets ۲ــ Jovian Planets

گرفته شده است نامیده میشوند.

تقسیم سیارات به‌گروه زمینی وگروه برجیسی مفیداست زیرا بطوریکه خواهیم دید بجزاندازه، فرقهای بسیاردیگری نیزدارند.

مشتری بااینکه خیلی دور وبزرگترین سیاره درمنظومه شمسی میباشد ولی بزرگترین جرم درآن منظومه بشمار نمیرود. خورشید ۹۳۰۰۰۰۰۰میل اززمین فاصله‌داردکه فقط یك‌چهارم فاصله‌مشتری‌در نزدیکترین موقعیتش بما میباشد؛ ازاینرو زیاد شگفت‌آور نیست که بزرگترازمشتری بنظربرسد. بااینحال خیلی بزرگتردیده میشود وقطر ظاهری‌آن ۳۸برابرقطر مشتری میباشد.

باتوجه به‌اندازهٔ ظاهری‌خورشید وفاصله‌اش ازما، معلوم‌میشود که کره‌ای باقطر ۸۶۵۰۰۰میل‌است. این قطر۱۰۹برابرقطرزمین وتقریباً ده‌برابرقطرمشتری‌میباشد. پهنای‌خورشیدبامقایسه بامشتری‌باتقریب زیاد برابرپهنای مشتری بامقایسه‌با زمین‌است. اندازه‌های مشتری وخورشید درجدول ۱۵مقایسته شده است.

جدول۱۵

مقایسه خورشید بامشتری

	مشتری	خورشید
قطر	۱	۹/۸
مساحت	۱	۹۵/۰
حجم	۱	۹۲۵/۰

بزرگی‌اندازهٔ مشتری بامقایسه بااندازهٔ سیارات دیگر به‌پرسش دربارهٔ درخشندگی‌آن تاحدودی پاسخ میدهد. مشتری بیش ازمریخ

تاخورشید فاصله دارد ونور کمتری میگیرد.

ضمناً فاصله‌اش تازمین نیزبیش ازمریخ است، بقسمی که نور منعکس‌شده ازمشتری بایدراه بیشتری طی کند وتاریکترازنورمنعکس شده ازمریخ میگردد.

باوجود این مشتری روشن‌ترازمریخ بنظرمامیرسد زیرا سیارهٔ بسیاربزرگی‌است. کرهٔپهناورمشتری خیلی بیشترازکرهٔ کوچك مریخ نورخورشیدرا جذب میکند.

مادراینمورد میتوانیم به‌نکتهٔ دیگری‌توجه کنیم. هرجسم همان مقدارنوری‌راکه میگیرد منعکس‌نمیسازد. یك‌سنگ تیره‌وتار، قسمت بیشترنوری‌راکه‌به‌آن‌برخورد میکند جذب‌مینماید وسپس آنرابصورت اشعهٔنامرئی مادون‌قرمز[1] پس میدهد ومقدار بسیار ناچیزی ازنورمرئی منعکس‌میسازد. بهمین‌جهت‌است که تیره‌وتاریك بنظرمیرسد.

امایك‌جسم درخشان صیقلی مقدارزیادی ازنوری‌راکه بر آن می‌افتد به‌شکل نورمرئی منعکس‌میکند ازاینرو درخشنده وبراق دیده میشود.

حالا دربارهٔسیارات این‌وضع چطوراست؟ چون‌فاصله‌های‌آنها ازخورشید واندازه‌آنها، معلوم است، میتوان حساب کرد که اگرتمام نوری‌راکه ازخورشیدبه‌آنهامیرسد منعکس کنند تاچه حددرخشندگی دارند. ماازدرخشندگی واقعی‌آنهامیتوانیم بگوئیم چه‌مقدارازنور را منعکس میسازند.

۱ــ Infrared

مثلاً ماه‌فاقد جو وهوا میباشد. نوری که به‌روی آن می‌افتد به سنگ‌های تیره‌ای که سطح‌ماه‌را تشکیل میدهند برخورد میکند وفقط ۰۶/۰ آن‌نورمنعکس‌میشود. این رقم‌را «آلبدو»[۱] یاسفیدی ماه‌می‌نامند که از کلمهٔ یونانی آن اقتباس‌شده است.

اگرماه جوداشت، هوا قسمتی‌ازنوررا بهترازسنگهای سطح آن منعکس میکـرد . ابـرهائی که در هـوای آن تشکیل میشدند نـور را مخصوصاً بخوبی منعکس‌میکردند. ازسفیدی‌های سیارات مختلف که درجدول ۱۶داده‌شده‌است میتوان‌اطلاعاتی درباره کیفیت وماهیت سطح بدست آورد.

چون‌عطارد نوررابهترازماه منعکس‌نمیکند، احتمالاآنهم‌دارای جو نمیباشد. مریخ‌مسلماًهوا دارد. این کره‌را باتلسکوپ میتوان‌دید و گاهی‌حتی‌مه وغباری درآن‌مشاهده میشود. نوروسفیدی مریخ‌دوبرابر ونیم سفیدی ماه‌است.

تبصره ـپلوتو، آنقدر کوچك ودورافتاده است که خیلی کمتراز سیارات دیگـر شناخته شده میباشد. من درچند جـدول نمیتوانم (مثل همین جدول) ارقامی برای‌آن ذکر کنم وحتی وقتی‌لازم باشد ارقامی ارائه دهم، ندرتاً مانند ارقـام مربوط به‌سیارات دیگرمعتبر میباشند.

آن سیاراتی که سفیدی‌هائی بیشتراززمین دارند، بـاید جوی باابرهای ضخیم‌ترداشته‌باشند. مثلازهره که سفیدی آن‌ازهرسیاره دیگر بیشتراست، ازیك‌لایه‌ابرهای جاویدانی‌سفید مستورمیباشد. آنچه‌را که

۱ـ Albedo (بمعنای سفید)

جدول۱۶

نور یا سفیدی سیارات

سیاره	سفیدی
عطارد	۰/۰۷
زهره	۰/۵۹
زمین	۰/۳۰
مریخ	۰/۱۵
مشتری	۰/۴۴
زحل	۰/۴۲
اورانوس	۰/۴۵
نپتون	۰/۵۲
پلوتو	؟

باتلسکوپ اززهره میتوان دید، یك فضای سفید بی‌شکل است.

بهمین ترتیب، همه اوقات ابرهای پیوسته‌ای روی سیارات برجیسی وجود دارد. مثلاما هیچگاه رویه سخت واقعی مشتری رابیش از آنچه درزهره میتوان دید، مشاهده نمیکنیم. بااینحال سیارات برجیسی سفیدی‌هائی تقریباً کمتر اززهره دارند. علتش باید آن باشد که ابرهای روی سیارات برجیسی کاملا باابرهای زهره همنوع نیستند ونوررا بخوبی منعکس نمیکنند (دراین کتاب بعداً به‌اینموضوع میپردازیم)، اینکه سفیدی مشتری سه‌برابرمریخ میباشد نیزبه‌درخشندگی زیادمشتری کمك میکند.

فصل سوم

شکل مشتری

اکنون به بررسی‌هـای اولیه دربارهٔ مشتری بـوسیلهٔ تلسکوپ میپردازیم. در ۱۶۹۱ کاسینی، که ابتدا مقیاس منظومه شمسی راپیدا کرد، سرگرم بررسی مشتری بود. او از تلسکوپ بهتر از آنچه گالیله داشت استفاده میکرد وبرای او کاملا روشن بود که مشتری دایرهٔ کاملی از نور نمیباشد. یعنی شکل سیاره‌ای آن نمی‌توانست بصورت کرهٔ کاملی باشد.

محیط مرئی مشتری بیضی‌شکل است، بقسمی که طرح کره‌ای را دارد کـه ازدوطرف پهن شده وبیشترشبیه نـارنگـی میباشد. این شکل بوسیله ریاضی‌دانان «شبه کره‌شلجمی»[1] نامیده‌می‌شود. اینموضوع پس از آنکه اعلام شد تاحدودی شگفت‌آوربود. تنها اجرام آسمانی که با چشم غیرمسلح بیش‌ازیك‌نقطه روشن‌دیده‌میشدند، خورشیدوماه‌بودند،

۱ـ Oblate Spheroid

جیووانی‌دومنیکو کاسینی[۱] در ۱۶۲۵ درنزدیکی نیس[۲] تولدیافت. نیس در آن‌زمان جزو سرزمین ایتالیا بود ولی اودرپاریس به‌ستاره‌شناسی پرداخت ودورهٔ حرکت‌انتقالی مشتری واقمارش‌را بررسی کرد. اونخستین کسی‌بودکه ازسایه‌هائی که‌اقمار مشتری به‌سطح آن انداخته بودند خبرداد، اول شخصی بودکه متوجه‌شد مشتری‌شلجمی‌شکل است‌وباپیداکردن مقیاس‌منظومه شمسی‌اولین دانشمندی بودکه فاصله مشتری‌را تعیین‌کرد. کاسینی در ۱۷۱۲ درپاریس درگذشت.

۱- Giovanni Domenico Casstni ۲- Nice

وهردوی آنها دوایر کاملی از نوربنظرمی آمدند. یعنی آنها کرات کاملی بشمارمی رفتند. مدتهای طولانی تصورمی رفت که زمین هم کره کاملی باشد.

چرا باید مشتری غیرازاین باشد؟ توضیح این مطلب را میتوان از قانون جاذبهٔ اسحق نیوتن بدست آورد.

کشش جاذبه‌ای یك جرم به ماده اصلی خوداوست که بصورت یك کره درمی آورد. یك جرم کوچك، مثلا اگر قطعه سنگی به ابعاد یك میل درفضاشناورباشد، چنان جاذبه ضعیفی دارد که نمیتواند هیچگونه شکلی را دارا شود، گرچه نامنظم هم باشد. یك جرم بزرگ، باقطری بیش از یکصد میل، شایددارای کشش کافی برای نزدیك کردن کلیه قطعاتش به به مرکزخود میباشد. وقتی همهٔ اجزای یك جرم تاحدامکان بمرکزش نزدیك شوند آن جرم شکل یك کره را بخود میگیرد.

البته ممکن است ناهمواریهائی نیزوجود داشته باشد. مثلا در سطح زمین کوهها ودره‌هائی دیده می شوند که ممکن است ناهمواربنظر برسند، ولی حتی بلندترین کوه ارتفاعی دارد که فقط برابر $\frac{۱}{۳۰۰۰}$ قطر زمین است. اگرشما نمونه‌ای باندازهٔ یك توپ بیلیارد از کرهٔ زمین بسازید، واگر کوهها وتمام ناهمواریهای دیگررا طبق مقیاس صحیح برروی آن قراردهید، این ناهمواریها آنقدر کوچك میباشند که زمین صاف‌تر وهموارتر ازیك توپ بیلیارد معمولی بنظرمیرسد.

آیاچیزی وجود دارد که باجاذبه مبارزه کند ومانع کروی شدن کامل یك جرم بزرگ شود؟ بلی!

فرض کنید این جرم میچرخد. اگر بچرخد اینکاررا به‌دوریك‌خط مرکزی یامحور انجام میدهد. این محور درقطب‌ها به‌سطح آن جرم میرسد. بدینقرار، زمین به‌دور محوری گردش میکند که درقطب شمال وقطب جنوب آن به‌سطح‌میرسد. خطی به‌دور زمین که دقیقاًدرنیمه‌راه بین دوقطب باشد «استوا» نامیده میشود.

درحالیکه زمین به‌دور محورش گردش میکند، قسمتهای سطح زمین به‌طرق‌مختلفی حرکت می کنند. نقطه‌ای که درست در قطبها باشد باچرخش‌زمین حرکت‌نمی کند. نقطه‌ای که‌درفاصله کمی‌ازقطبها باشدباچرخش زمین دایره کوچکی‌را طی‌می‌نماید. اما نقطهٔ دورتراز قطب‌ها دایره بزرگتری می‌پیماید ونقطه‌ای که دراستوا باشدبزرگتربن دایره‌را طی‌می کند.

چون همهٔ زمین بطور یك‌پارچه گردش می کند، هرنقطه‌ای در سطح آن دایره کاملی را در همان مدت ۲۴ ساعت طی میکند ، خواه دایره کوچکی درنزدیکی قطب‌ها وخواه دایره‌بزرگی در استوا باشد.

بطورمثال، اگرشما درلنینگراد، اتحاد جماهیرشوروی، زندگی میکنید، که ۲۰۰۰میل‌ازقطب شمال‌فاصله دارد، دایره‌ای بطول ۱۲۵۰۰ میل به دور زمین طی‌مینمائید، شما ایـن مسافت را دقیقاً در۲۴ ساعت می‌پیمائید، پس سرعت حرکت شما ۵۰۰ میل درساعت خواهدبود.

اگرشما درفیلادلفیای ایالات متحده‌امریکا، که ۳۵۰۰ میل‌ازقطب شمال فاصله دارد بسرمیبرید، مسافت ۱۹۰۰۰میل را در۲۴ساعت طی می کنید وسرعت حرکت شما ۸۰۰ میل درساعت خواهدبود.

بالاخره اگـرشما در کوئیتو[۱]، اکـوادور[۲]، که در استواست و ۶۲۰۰ میل از قطب شمال فاصله دارد زنـدگی کنید، مسافت ۲۵۰۰۰ میل را در۲۴ساعت می‌پیمائید وسرعت حرکت شمابیش‌از ۱۰۰۰میل درساعت می‌باشد.

هرگاه جسمی دردایره‌ای به دورمرکزی‌گردش کند، گرایش‌به گریزازمرکزدراوپیدا می‌شود. (اگرگلوله کوچکی‌رابه ریسمان‌نازکی ببندید وآنرا دورسرخود بچرخانید، درحالیکه‌گلوله ازمرکزمیگریزد ریسمان کشیده‌شود)، این‌خاصیت‌را «تأثیرگریزازمرکز»[۳]مینامند. هرچه جسمی راتندتربچرخانید، اثرگریزازمرکزش‌بیشترمی‌شود وفاصله‌اش ازمرکزافزایش‌بیشتری پیدا می کند.

وقتی زمین‌گردش می کند، جرم‌آن‌ازمحورمرکزی دورمی‌شود وهرچه حرکت سطح تندتـر باشد ازقطب دورترمی‌شود وسریعترین حرکت را در استوا پیدا می کند، هرچه فاصله از قطب دورتر میشود قوه‌گریزازمرکز افزایش میابد ودراستوا به بالاترین درجه می‌رسد. جرم زمین بعلت‌گریزازمرکزبالا میرود. درنزدیکی قطب این‌بالارفتن بسیارخفیف است ولی هرچه دورترازقطب حرکت‌کند بیشترمیشود و دراستوا بحد اعلای خود میرسد.

بهمین علت یك برآمدگی وتورم دراطراف زمین وجود دارد که ازیك قطب به‌قطب دیگر امتداد می‌یابد ودراستوا ازهمه جابیشتر وضخیمتراست. ارتفاع این برآمدگی‌استوائی چقدراست؟ اگرسطح

۱ـ Quito ۲ـ Ecuador ۳ـ Centrifugal effect

زمین فقط یك اینچ درنتیجه نیروی گریز ازمرکزبلند میشد (ودرنقاط دیگر کمتر از آن بود)، هرگزقابل‌توجه نبود. بااینحال نیوتن‌بااستفاده ازقانون جاذبه خود حساب کرد که‌اگرنقشه‌برداری دقیقی‌ازسطح‌زمین بعمل‌آید، برآمدگی استوائی ارتفاع کافی را برای اندازه‌گیری دارا خواهدبود. این‌اندازه‌گیری دردهه ۱۷۳۰، یك دهه‌بعدازمرگ‌نیوتن، بعمل‌آمد ومعلوم‌شد که صحیح است.

برآمدگی زمین که‌ناشی‌ازقوه‌گریزازمرکزاست، دربعضی‌جاها به ارتفاع چندین میل میرسد. دراستوا سطح زمین ۱۳/۵ میل دوراز مرکزی است که اگرزمین‌گردش‌نمی‌کرد، درآنجاقرارداشت. مقصود این است که زمین یك شبه‌کره شلجمی می‌باشد. اگر شما دایره‌ای را کاملا به دور زمین، ازقطب شمال‌به‌قطب جنوب وازآنجا دوباره‌بقطب شمال‌بکشید، نتیجه یك بیضی‌خواهدبود، نه یك دایره. شما می‌توانید بگویید که زمین دراستوا برآمدگیهائی دارد ودرقطب‌ها پهن‌است. در هرصورت زمین‌یك کرهٔ کامل نمی‌باشد.

درنتیجه، قطرزمین ازنقطه‌ای دراستوا تا نقطه مقابل‌آن درهمان استوا اندکی بیش‌ازقطرزمین ازقطب شمال تاقطب جنوب است. قطر استوائی ۷۹۲۷ میل‌است، درحالیکه قطرقطبی فقط ۷۹۰۰میل می‌باشد (بهمین علت درجدول۱۲قطرسیارات ازاستوا داده شده‌است که‌همیشه حداکثرقطرمیباشد).

تفاوت این دوقطر (۲۷میل) فقط $\frac{۱}{۲۹۲}$قطر استوائی است. این عددکسری را (یا ۰/۰۰۳۴ بعدد اعشاری) «فرورفتگی شلجمی» زمین

مینامند. درحقیقت این فرورفتگی زیاد نیست ومسلماً بایك‌نظراجمالی دیده نمی‌شود. اگر می‌توانستید زمین را از کره ماه نگاه کنید مانند یك دایره‌کامل بنظر شما میآمد ومتوجه نمیشدید که کمترین برآمدگی دروسط‌یافرورفتگی درقطب‌هایش دارد. معذلك این‌فرورفتگی‌شلجمی وجود دارد ومی‌توان‌آنرا اندازه‌گرفت.

ولی چرا ماه هیچگونه فرورفتگی محسوسی ندارد؟ آیا بدان علت‌است که به دورخود نمیچرخد؟

نه‌خیر، ماه بدور خود میچرخد ولی‌این‌گردش سریع نیست. ماه درعین‌حالیکه یکباربه دورزمین می‌چرخدیکبارنیزنسبت‌به‌ستارگان بدور خودگردش می کند. بدین معنی که مدت‌گردش آن ۶۵۶ ساعت است.

محیط ماه ۶۸۰۰ میل‌است. یك نقطه دراستوای ماه ۶۵۶ساعت برای طی ۶۸۰۰ میل وقت لازم دارد وساعتی ۱۰/۴ میل‌طی‌می کند، با مقایسه با زمین که سرعتش دراستوا ساعتی ۱۰۰۰میل‌است. ازاینرو نیروی‌گریزازمرکزدرماه حقیقتاًضعیف‌است‌وعجیب‌نیست که‌برآمدگی استوائی محسوسی نداشته باشد.

خورشید نیز به دورخود میگردد. مدت‌گردش وضعی‌آن ۶۰۱ ساعت و تقریباً برابر ماه است. ازطرف دیگر، خورشید جرم بسیار بزرگی است ومحیطش ۲۷۰۰۰۰۰ میل میباشد. دراستوای خورشید، سطح‌آن‌باسرعت ۴۵۰۰ میل درساعت‌حرکت می کند که بیش‌ازچهار برابرسرعت حرکت سطح استوائی زمین میباشد.

بااینحال نیروی جاذبه خورشید خیلی بیشتر از زمین است. نیروی گریز از مرکز خورشید برای تولید یك برآمدگی استوائی محسوس در برابر جاذبه عظیم خورشید کافی نیست. ازاینرو خورشید یك کره کامل بشمار میرود.

برآمدگی در استوا

حال درباره سیارات گفتگو می کنیم. جدول ۱۷ فرورفتگی شلجمی هریك را که باندازه گیریهای دقیق تلسکوپی بدست آمده است نشان میدهد.

عطارد و زهره درواقع برآمدگی استوائی ندارند ومیتوان گفت کرات کاملی هستند. خود این موضوع بما نشان میدهد که احتمالا با سرعت بسیار کمی بدور خودگردش میکنند. ازسوی دیگر سیارات برجیسی بسیار شلجمی میباشند (اینهم اختلاف دیگری بین آنها وسیارات زمینی است).

فرورفتگی شلجمی مشتری ۰/۰۶۲ میباشد. بدین معنی که اختلاف بین قطر استوائی و قطر قطبی آن ۰/۰۶۲ ازقطر استوائی است. قطر استوائی آن ۸۸۷۰۰ میل و ۰/۰۶۲ آن برابر ۵۴۰۰ میل میباشد. بنابراین قطر قطبی آن ۵۴۰۰ میل کمتر ازقطر استوائی بوده وفقط ۸۳۳۰۰ میل است.

زحل حتی ازمشتری شلجمی تراست. قطر استوائی آن ۷۵۱۰۰ میل و ۰/۰۹۶ آن ۷۲۰۰ میل است. پس قطر قطبی آن ۶۷۹۰۰ میل می باشد.

جدول ۱۷

فرورفتگی شلجمی سیارات

سیاره	فرورفتگی شلجمی
عطارد	۰/۰۰۰
زهره	۰/۰۰۰
زمین	۰/۰۰۳۳
مریخ	۰/۰۰۵۲
مشتری	**۰/۰۶۲**
زحل	۰/۰۶۹
اورانوس	۰/۰۶
نپتون	۰/۰۲
پلوتو	؟

ازفرورفتگی شلجمی سیارات برجیسی می‌توان فرض کرد که بدورخود می‌گردند، وخیلی‌هم تند می‌گردند.

کاسینی که در۱۶۹۱ ازفرورفتگی شلجمی مشتری خبرداده‌بود، ۲۶سال پیش‌ازآن، یعنی‌در۱۶۶۵مدت‌گردش‌آن را نیزتعیین کرده‌بود.

اواینکاررا باتوجه دقیق‌به‌بعضی‌لکه‌هائی که در کرهٔ مشتری کشف کرده بود انجام داد ومتوجه شد که لکه‌های مزبور روی این کره‌تغییر محل می‌دهند تا درطرف دیگرناپدید شوند.

بالاخره از جهت مقابل کره که از آنجا ناپدید شده بود دوباره ظاهرمی‌شدند. کاملا واضح‌بود که این‌لکه‌ها دراثرگردش کره مشتری بدورآن انتقال‌میابند. وی‌بامراقبت شب‌بشب‌بالاخره‌نظرداد که مشتری درکمتراز ۱۰ ساعت دورمحورش‌گردش می کند (باهمین روش‌مشابه بود که مدت‌گـردش خورشید معلوم شد. دراینمورد ازعبور لکه‌های خورشید درجلووعقب سطح آن‌استفاده‌گردید).

از دوران کاسینی باینطرف وسایل پیشرفت‌بیشتری برای تعیین زمانهای‌گردش ایجاد شده است. جدول۱۸زمان‌گردش سیارات‌مختلف

جدول ۱۸

زمان گردش سیارات

سیاره	زمان‌گردش وضعی برحسب‌ساعت	برحسب روز
عطارد	۱۴۰۹	۵۹
زهره	۵۸۳۴	۲۴۳
زمین	۲۴	
مریخ	۲۴/۶	
مشتری	**۹/۸۵**	
زحل	۱۰/۲۳	
اورانوس	۱۰/۸۲	
نپتون	۱۵/۷	
پلوتو	۱۵۰	۶/۴

را برحسب ساعت، ودرمورد سه سیاره‌ای که زمان گردش طولانی‌تری دارند برحسب روز نشان میدهد.

(ضمناً اشاره‌می‌شود به‌اینکه برخی‌ازاطلاعات دربارهٔ سیاراتی که ازمدتها پیش شناخته‌شده بوذند، تااین اواخر بدست نیامده بود، زمانهای حرکت‌وضعی عطارد وزهره دردهه ۱۹۵۰ ودهه ۱۹۶۰معلوم گردید).

همانطورکه درجدول ۱۸ ملاحظه می کنید، مشتری در مدت کوتاهتری ازهرسیاره دیگر به‌دورمحورش می‌چرخد. اینموضوع با توجه به‌اندازهٔ مشتری تا حدودی شگفت‌آور است. مشتری ۱۱مرتبه پهن‌تراز زمین است وبنابراین محیطی ۱۱برابرآن دارد، بااینحال در کمترازنصف مدت گردش‌زمین به‌دورمحورش می‌چرخد. بدیهی‌است که سطح‌استوائی مشتری باید خیلی‌تندتر ازسطح زمین حرکت کند.

جدول ۱۹ سرعت‌گردش دراستوا رابرای هرسیاره میدهد، و ملاحظه می کنید که این‌سرعت برای‌مشتری تاچه‌اندازه زیاداست.

استوای زحل تقریباًباهمان سرعت‌گردش میکند اماهمهٔ‌سیارات دیگرگردش خیلی کندتری دارند.

باگردش خزیده‌وار سطح استوائی‌عطارد وزهره، نباید تعجب کنیم که‌برآمدگی استوائی‌محسوسی نداشته‌باشند. اگرچه‌مانمیتوانیم کرهٔ‌دورافتادهٔ پلوتورا بمنظوراندازه‌گیری‌فرورفتگی‌شلجمی آن‌مطالعه کنیم ولی می‌توانیم کاملا مطمئن باشیم که آن سیاره نیز برآمدگی استوائی قابل ذکری ندارد.

جدول ۱۹

سرعت حرکت استوائی سیارات

سیارات	سرعت سطح استوائی	
	برحسب میل در ساعت	برحسب کیلومتر در ساعت
عطارد	۷	۱۱
زهره	۴	۶/۵
زمین	۱۰۴۰	۱۶۸۰
مریخ	۵۴۰	۸۷۰
مشتری	۲۸۰۰۰	**۴۵۰۰۰**
زحل	۲۳۰۰۰	۳۷۰۰۰
اورانوس	۸۵۰۰	۱۳۷۰۰
نپتون	۵۶۰۰	۹۰۰۰
پلوتو	۸۵	۱۴۰

بااینحال درسطح استوائی مشتری، نیروی گریز از مرکز بسیار زیاداست. حتی باتوجه به‌این حقیقت که پیروی جاذبهٔ مشتری اندکی بیش‌ازنیروی جاذبه زمین است، نباید تعجب کرد که چنین برآمدگی استوائی عظیمی داشته‌باشد.

گرچه مشتری کوتاهترین زمان حرکت‌وضعی وتندترین‌سرعت استوائی‌را دارد، بالاترین فرورفتگی‌شلجمی‌را ندارد، ولی‌زحل‌دارد. دراینجا باید بخاطرداشته‌باشیم که سرعت‌استوائی کمتر زحل‌بانیروی

جاذبه‌ای که کمتر از نیروی جاذبه مشتری است مبارزه می کند، بقسمی که زحل از نظر برآمدگی بیشتر جانشین آن می‌شود. (بهمین ترتیب مریخ سرعت استوائی کمتر اززمین دارد، ولی جاذبهٔ کمتری نیزدارا میباشد، بطوری که برآمدگی پهن‌تری به‌نسبت اندازه‌اش ایجادمی کند).

از فرورفتگی شلجمی یك سیاره، وازجهت حرکت لکه‌های سطح آن، می‌توان گفت استوایش دقیقاً در کجااست. خط استوا همیشه درپهن‌ترین قسمت کره قرار دارد. محورگردش در زوایای مستقیمی نسبت به‌خط استوا وازوسط باریکترین‌قسمت سیاره‌عبور می کند.

برای اینکه سیاره‌ای حرکت وضعی انجام دهد باید محورش عمود برسطحی باشد که درآن به‌دورخورشید گردش‌می کند. درآن صورت، سطح استوای سیاره نیز سطح حرکت انتقالی آن خواهد بود. کسی که روی خط‌استوای چنین‌سیاره‌ای بایستد، همیشه‌خورشید را وقت ظهرمستقیماً دربالای سریادر (سمت‌الرأس)[1] مشاهده‌می کند.

اگرفرض کنیم سیاره‌ای دریك‌سطح‌افقی به‌دورخورشیدحرکت می کند، درآن‌حال محورش خط‌مستقیمی ازبالا تاپائین‌می‌باشد، قطب شمال دربالا (مثلا همانطور که‌ما معمولا کره زمین‌را مجسم می کنیم) وقطب جنوب درزیرقرار می‌گیرد.

طبق نظریه‌های امروزی درباره منشأ پیدایش منظومه شمسی، توضیح این‌موقعیت آسان است ولی قضایا ازاین قرارنیست. محور چرخش کاملا عمودی‌نمیباشد، بلکه انحنائی‌دارد وهمیشه‌زاویه خاصی

1- Zeoith

باخط‌عمودی درست‌می کند. مثلادرمورد زمین، محورچرخش ۲۳/۵° ازخط‌عمودی انحراف‌دارد.

بعلت‌همین انحراف است که مادارای فصول چهارگانه هستیم، سمت‌انحراف هرگزباگردش‌زمین به‌دورخورشید تغییروضعیت‌نمیکند. دریك طرف یـاانتهای مدار، انحراف محور درنیمکره شمالی بیشتر متمایل بطرف خورشیداست، ودرنیمکرهٔ جنوبی انحـراف بیرون از خـورشید است. پس درنیمکرهٔ شمالی‌جهان تابستان است باخورشید نیروز دربالای آسمان ودرنیکرهٔجنوبی زمستان‌است باخورشیدنیمروز درپائین آسمان. درانتهای دیگرمدار، نیمه‌شمالی به‌بیرون، نیمه‌جنوبی بداجل منحرف مـی‌شود، و کیفیت برعکس می‌باشد. بین این‌دوانتها بهاروپائیزهستند.

انحراف‌محوری سیارات‌مختلف درجدول. ۲داده‌شده که‌حاوی معماهای زیادی‌می‌باشد. چرااینهمه محورهای‌سیاره ی‌انحراف‌زاویه‌ای بین ۲۳°و ۲۹° دارند؟ زمین، مریخ، زحل، نپتون واحتمالاعطارد،بیش ازنیمی ازمجموع‌سیارات، جزواین دسته‌هستند.

انحراف این‌محورها احتیاج به‌توضیح‌دارد ولی‌چرا همیشه و چرااینقدرزیاد؟ بازهم‌چرا محوراورانوس‌با زاویهٔ بیش‌از ۹۰° منحرف می‌شود، بطوریکه‌بنظرمـی‌رسد که به‌سمت خود گردش می کند، چرا محورزهره باچنین‌زاویه بزرگی‌منحرف‌شده که می‌شودگفت‌این‌سیاره روی‌سرش ایستاده است وقطب شمالش متوجه به‌سمت پـائین وقطب جنوبش‌متوجه سمت‌بالا می‌باشد؟

جدول ۲۰

انحراف محوری سیارات

سیاره	انحراف برحسب درجه
عطارد	۲۸ (؟)
زهره	۱۷۷
زمین	۲۳/۵
مریخ	۲۵/۲
مشتری	**۳/۱**
زحل	۲۶/۷
اورانوس	۹۷/۹
نپتون	۲۸/۸
پلوتو	۹۰ (؟)

فعلا ستاره‌شناسان پاسخی برای هیچیك این سؤالات ندارند و فقط می‌توانند با آسودگی‌خاطر به‌مشتری، تنها سیاره‌ای که محورش قویاً عمودی می‌باشد یااقلا چنین بنظر می‌رسد، اشاره کنند: انحراف محوری آن فقط ۳/۱° می‌باشد.

جرم

من‌تاکنون درموارد زیادی به‌جاذبهٔ سیارات اشاره کرده‌ام: مشتری میدان جاذبهٔ نیرومندتری اززحل دارد، خورشید میدان جاذبه

نیرومندتری اززمین دارا می‌باشد. چگونه ازاین‌موضوع اطلاع‌یابیم؟ برای پاسخ به این سؤال فرض کنید مدت کوتاهی به‌جاذبه بیندیشیم.

هنگامی که نیوتن قوانین ریاضی‌را دربارهٔ نیروی‌جاذبه وضع میکرد، تذکرمی‌داد که نیروی‌جاذبهٔ هرجسم باافزایش مساحت‌کاهش می‌یابد. هرگاه جسمی درفضا حرکت کرده واز زمین دورتر وبازهم دورترشود، اثرجاذبه زمین‌برآن جسم‌کاهش می‌یابد. این موضوع را می‌توان با جسمی که به‌دورزمین می‌گردد نشان داد. هرجسمی که در فاصلهٔ‌معینی به‌دورزمین‌گردش کند، همیشه‌باسرعتی که بستگی‌به‌نیروی میدان‌جاذبه زمین‌دارد حرکت می‌نماید.

مثلا ماه که‌میانگین فاصله‌اش تامرکززمین ۲۳۹۰۰۰ میل‌است، باسرعت متوسط ۶۴/۰میل درثانیه به‌دور زمین می‌گردد. اگرماه از زمین دورتربود کندتر واگربزمین نزدیکتربود تندترمی‌گردید. اگردو جرم به‌دورزمین گردش می کردند، جرم دورتر کندترازجرمی که به‌ما نزدیکتربود حرکت می‌نمود.

این‌همان چیزی است که نظریه نیوتن‌به‌ما می‌گوید، ولی‌آیا ما می‌توانیم مطمئن‌باشیم؟ فعلافقط یك‌جرم به‌دور زمین‌می‌گردد: فقطماه ونه‌جرم دیگر. ماچگونه می‌توانیم این‌رابدانیم؟ دربارهٔ اجرام‌دیگری که دورتریا نزدیکترباشند چطور؟ آیاواقعاًچون‌دیده نمی‌شوند وجود ندارند؟ اگربجای زمین خورشیدرا درنظربگیریم چطور؟ خورشید ۹ جرم (سیارات ۹گانه) دارد که درفواصل مختلف به‌دورآن گردش می‌کنند. هرسیاره‌ای که دورترباشد کندتر گردش می‌کند (بجدول ۱۰

مراجعه شود).

اینکه هرچه فاصله آنهـا بیشترشود سرعت مداری آنهاکاهش می‌یابد. بدرستی ودقیقاً بانظریهٔ نیوتن تطبیق‌می کند.

اکنون فرصت‌داریم دونیروی‌جاذبه‌را مطالعه کنیم. مامی‌توانیم نیروی‌جاذبه زمین‌را برماه‌تحت بررسی قراردهیم زیرا میدانیم که ماه چقدر از زمین دور بوده است وباچه سرعتی به‌دور سیارهٔ مـاگردش می کند. همچنین‌می‌توانیم‌به‌تحقیق‌دربارهٔنیروی جاذبهٔخورشیدبرزمین بپردازیم ، چونکه می‌دانیم زمین چقدر ازخورشید فاصله دارد وباچه سرعتی به‌دورآن می گردد.

فاصلهٔ زمین‌ازخورشید (۹۳۰۰۰۰۰۰میل) خیلی بیشتراززمین‌تا ماه (۲۳۹۰۰۰ میل) است وباوجود این کشش جاذبهٔ خورشید برزمین خیلی قویترازفشار جاذبه زمین‌برماه می‌باشد .

زمین ماه را وادار مـی کند فقطبا سرعت ۰/۶۴میل درهرثانیه گردش‌نماید، ولی‌خورشید زمین‌را به‌گردش باسرعتی برابر۱۸/۵میل درثانیه مجبورمی کند، گواینکه خورشید خیلی دورترمی‌باشد.

درمورد اختلاف‌مسافات، مامی‌توانیم ازمعادلات ریاضی‌نیوتن استفاده کنیم تانشان‌داده‌شود که اختلاف سرعتهای مداری ماه‌وزمین به این‌معنی است که میدان جاذبه خورشید ۳۳۳۴۰۰ برابر نیرومند تراز میدان‌جاذبه زمین می‌باشد.

طبق‌نظریه نیوتن، قدرت‌میدان‌جاذبه هرجسم‌به‌چیزی بنام«جرم» آن بستگی‌دارد، پس می‌توان گفت که جرم خورشید ۳۳۳۴۰۰ مرتبه

بیش‌ازجرم‌زمین‌است.

آسان‌ترین راه برای مجسم کـردن جرم ازنظر کلی ودرشرایط عادی، ذکراین‌مطلب‌است که جرم بامقدارماده‌ای که درهرجسم‌میباشد تغییرمی کند. فیل‌ازمواد بیشتر ازانسان ترکیب شده وانسان ازمـواد بیشتر ازموش ایجادگردیده‌است. ازاینرومی‌توان انتظارداشت که فیل بیشترازانسان جرم‌داشته ویا «توپر» ترازانسان باشد. بهمین‌ترتیب یك انسان توپرترازیك موش است .

بطور کلی شما مـی‌توانید اجسام بزرگ را توپرتر از اجسام کوچك‌بدانید. ضمناًشما می‌توانید انتظارداشته‌باشید اجسامی که‌حجم بزرگتری دارند، جرم بزرگتری داشته باشند، زیرا جای بیشتری‌برای گذاشتن‌چیزهائی درون‌آنها وجود دارد.

نیروی کشش زمین براشیاء مختلت، به‌جرم‌آن‌ها و نیز به جرم زمین بستگی دارد. مثلا یك‌فیل بیشترازیك انسان بوسیلهٔ زمین کشیده می‌شود. انسان‌هم بیشترازیك موش بوسیلهٔ زمین‌جذب می گردد.

برای اندازه‌گیری کشش زمین برجسم معینی، آن‌جسم‌را وزن می کنیم. اگرما روی سطح‌زمین‌بایستیم (بقسمی که‌نیروی جاذبه زمین یکسان‌باشد)، می‌توانیم به‌جرم یك جسم بـااندازه‌گیری وزن‌آن پی ببریم.

بهمین‌دلیل جرم‌باهمان واحدهای‌وزن سنجیده‌می‌شود. درایالات متحده واحدهای‌معمولی مستعمله‌برای اندازه‌گیری وزن اونس وپوند هستندوهرپوند برابربا ۱۶اونس است. درسیستم متری که درسایرنقاط

جهان و بوسیلهٔ همه دانشمندان بکار می‌رود (حتی در امریکا) واحد وزن گرم است که تقریباً برابر $\frac{۱}{۲۷}$ اونس می‌باشد. هزار گرم معادل بایك کیلو گرم و کیلو گرم هم معادل با ۲/۲ پوند است.

تکاثف یا درجه غلظت

باوجوداین وقتی اجسام‌را وزن می کنیم متوجه می‌شویم که ما همیشه نمی توانیم ازوزن جرم فقط باتوجه به اینکه یك جسم به چه بزرگی است مطمئن باشیم. ،یك آجر توپر و محکم، از نوعی که برای بنای دیوار بکار میرود مقدار معینی وزن دارد. یك آجر چوبی توپر بهمان اندازه آجر قبلی وزن خیلی کمتری دارد ویك آجر آهنی محکم باهمان اندازه، وزن خیلی بیشتری دارد.

پس آنچه از بعضی جهات بحساب می آید فقط اندازهٔ جسم نیست بلکه آن مقدار ماده‌ای است که دریك حجم معین جاگرفته. این‌را تکاثف یادرجه غلظت می نامند.

بطور مثال، حجم خورشید ۱۴۰۰۰۰۰ برابر حجم زمین است، ولی جرم خورشید فقط ۳۳۳۴۰۰ برابر جرم زمین می‌باشد. اگر مادهٔ تشکیل دهندهٔ خورشید عیناً مثل مادهٔ زمین بود، شما انتظار داشتید حجم خورشید فقط حاوی ۱۴۰۰۰۰۰ برابر جرم آن باشد؛ وحال آنکه درواقع حجم خورشید فقط حاوی ۰/۲۴ مرتبه ازجرم مورد انتظار آن است. تکاثف خورشید فقط ۰/۲۴ تکاثف زمین می‌باشد.

شاید این امرباعث تعجب نشود. دانشمندان توجه کرده‌اند که

هروقت جسمی گرم‌شودمعمولامنبسط می گردد، یعنی‌جرم آن‌حجم‌جای بیشتری مـی‌گیرد، بطوریکه تکاثف آن‌کاهش می‌یابد. خـورشید خیلـی خیلی گرم‌تر اززمین است وبهمین دلیل تکاثفش باید کمتر باشد. پس خورشیدممکن‌است‌ازموادی‌ساخته‌شده‌باشد که‌باموادتشکیل‌دهندهٔزمین متفاوت‌بوده وبطور کلی تکاثف کمتری داشته‌باشد. مادراین کتاب بعداً دراینمورد بحث خواهیم کرد.

ماتاحال، جرم وتکاثف خورشیدرا بازمین مقایسه‌می کردیم‌ولی آیاارقام واقعی کدامند؟ جرم وتکاثف واقعی‌زمین چقدر است؟ اگراین رامی‌دانستیم، جرم و تکاثف‌خورشیدرا هم‌بدست‌می آوردیم.

تعیین‌جرم واقعی دشواراست. راه‌صحیح آن قراردادن زمین در کفه‌های ترازو وتوزین آن است، ولی‌البته این‌کاررا نمی‌توان کرد. با اینحال اگرقطعه‌ای از آنرا دریك‌طرف ترازوبگذاریم می‌توانیم‌تکاثف را ملاحظه کنیم. چطورآنرا اندازه‌گیری کنیم؟ تکاثف هرجسم برابر باجرم حجم‌معینی ازمحتویات آن‌است. درایالات‌متحده حجم‌برحسب اینچ‌مکعب‌اندازه‌گیری‌میشود وهردواینچ‌مکعب‌را می‌توانیم‌مثل‌مکعب کوچکی تصور کنیم که هرطرفش یك‌اینچ باشد. بنابراین می‌توانیم بگوئیم کـه تکاثف هرجسم برابر باتعداد اونس‌هـا در هـراینچ مکعب است.

بـا اینحال در سیستم متری حجم بـرحسب سانتیمتر مـکعب انـدازه‌گیری می‌شود. یك‌سانتیمتر مکعب عبارت ازمکعبی است‌کـه

طول هرطرف آن یك‌سانتیمترمی‌باشد. یك‌سانتیمتر برابربا $\frac{۲}{۵}$ اینچ است، ویك سانتیمتر مکعب تقریباً مساوی با $\frac{۱}{۱۶}$اینچ مکعب میباشد. درسیستم‌متری تکاثف برحسب تعدادگرم درهرسانتیمتر مکعب اندازه‌گیری می‌شود.

پس آیا می‌توانیم یك‌تکه جامد اززمین‌را برداریم وآن‌را وزن کنیم وحجمش‌را اندازه بگیریم وسپس تکاثف آن‌را حساب کنیم؟

بلی می‌توانیم، ولی اینکارفقط تکاثف آن قطعهٔ بخصوص‌را بما می‌دهد وتکاثف همه زمین‌را دراختیار ما نمی‌گذارد، مگر آنکه زمین ازمواد همان قطعه درشرایط واحدی ساخته شده‌باشد، که حقیقت امر اینطور نیست.

درسطح زمین مقدار زیادی‌آب و مقدار زیادی‌هم هوا موجود است. تکاثف آب یك‌گرم درهرسانتیمترمکعب وتکاثف هوای نزدیك سطح زمین ۰/۰۰۱۳ گرم درهرسانتیمترمکعب می‌باشد.

اما این‌بطورکلی‌معرف تکاثف زمین‌نیست، زیرا تخته سنگهائی که ماده جامد زمین راتشکیل‌می‌دهند متراکم‌ترند. مسلماً یك‌سانتیمتر مکعب سنگ، بیش‌ازیك‌گرم جرم دارد.

اگرنمونه‌هائی‌ازهمهٔ انواع سنگهای مختلف را درنقاط متفاوت زمین‌گرفته ومیانگین تکاثف آنها را بدست‌آوریم، متوجه میشویم که سنگهای سطح زمین‌بطورمتوسط ۲/۸ گرم درهرسانتیمترمکعب‌تکاثف دارند.

پس آیا تکاثف همه‌جای زمین بهمین ترتیب است؟ به‌احتمال‌قوی، چنین نیست، زیرا وقتی به سنگهای اعماق زمین در ۱۰ میلی، ۱۰۰ میلی و ۱۰۰۰ میلی، توجه کنیم، می‌توانیم ببینیم سنگهائی که در اعماق زمین قرار دارند بوسیله وزن سنگهای بالاتر فشرده شده‌اند. سنگهائی که در عمق زیاد قرار گرفته‌اند چنان بهمدیگر فشرده شده‌اند که جرم آنها فضای کمتری را اشغال می‌کند. ازاینرو تکاثف آنها بیشتر است.

دیگر آنکه وقتی زمین شکل گرفت، مواد بسیار مترا کمی بمرکز آن فرو رفتند، درصورتیکه موادی که تراکم کمتری داشتند در بالای آن شناور بودند. دراینصورت، تکاثف سنگهای سطحی نمونه صحیحی از تکاثف مجموع زمین بحساب نخواهد آمد و تکاثف سطح زمین کمتر از تکاثف همه آن خواهد بود.

این مطلب مطمئناً صحت دارد. دانشمندان از کیفیت تکانهای زمین لرزه کاملا یقین دارند که مرکز زمین از سنگهای معدنی آهن مذاب که خیلی متراکم‌تر از سنگهای سطحی می‌باشند ساخته شده است.

پس تنها راه بـرای تعیین میانگین تکاثف زمین، تعیین جرم کلی زمین و حجم مجموع آن و بعداً تقسیم جرم به حجم می‌باشد. تعیین حجم با دانستن قطر زمین آسان است، ولی هنوز مشکل تعیین جرم آن باقی می‌ماند.

شاید بتوانیم نیروی میدان جاذبه زمین را بانیروی میدان جاذبه جسم کوچکی مقایسه کنیم. میدان جاذبهٔ زمین بمیزان معینی بیش از آن جسم کوچك است و جرم زمین هم بزرگتر از جرم آن جسم بهمان

مقدارمی‌باشد. پس می‌توانیم وزن آن جسم کوچك را بدست آوریم. از وزن آن به جرمش پی ببریم وازجرم آن به جرم زمین دست‌یابیم.

اینکاردر۱۷۹۸بوسیله یك دانشمندانگلیسی‌بنام هنری‌کاوندیش[۱] انجام گرفت. او نیروی کششی بسیارکم بر یك گلوله کوچك فلزی را با نفوذ جاذبه یك‌گلوله بزرگ فلـزی اندازه‌گیری کرد. ازاین راه معلوم شد که‌جرم زمین درحدود شش بیلیون‌بیلیون‌بیلیون‌گرم:

(۶،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰)گرم می‌باشد وجرم خورشید ۳۳۳۴۰۰ برابر آن است.

دانستن جرم زمین‌برای ماخیلی مفیداست، ولی‌با آن همه صفر، شرح‌وتعیین‌جرم‌سیارات دیگربرحسب‌اینکه چندبرابرجرم زمین‌میباشد آسانترخواهد بود.

وقتی جرم وحجم زمین را دانستیم، می‌توانیم‌تکاثف آنرا تعیین کنیم. این تکاثف ۵/۵۲ گرم در هر سانتیمتر مکعب می‌باشد. تکاثف خورشید به‌آسانی محاسبه می‌شود و۱/۴۱ گرم در هرسانتیمترمکعب است.

اینك به سؤالی می‌رسیم که مـوضوع این کتاب است و مورد علاقهٔ مخصوص‌مامی‌باشد: جرم وتکاثف مشتری چقدرمی‌باشد؟ ماجرم وتکاثف خورشید را به‌آن علت تعیین کردیم که توانستیم جاذبه‌آن بر زمین را با جاذبهٔ زمین برماه مقایسه کنیم. اکنون آیا می‌توانیم جاذبه مشتری برزمین را با جاذبه زمین برماه مقایسه نمائیم؟

۱ـ Henry Cavendish

بدبختانه خیر. مشتری میدان جاذبه دارد، ولی خیلی کمتر از میدان جاذبهٔ خورشید است ومشتری فاصله‌اش با ما بیش از خورشید می‌باشد. حوزه جاذبهٔ مشتری در همسایگی زمین وماه آنقدر کوچك است که‌اندازه‌گیری‌دقیق آن‌برای محاسبه جرم‌وتکاثفش تقریباً غیرممکن می‌باشد .

اگر کراتی نزدیك مشتری بودند، مثل ماه ما که بزمین نزدیك می‌باشد، می‌توانستیم تأثیرجاذبه مشتری را بر آنهااندازه‌گرفته وپاسخ خود را پیدا کنیم .

تصادفاً کراتی به مشتری نزدیکتر می‌باشند واین موضوع ما را به‌گالیله واولین نگاهش به مشتری بوسیله تلسکوپ، برمی‌گرداند...

فصل چهارم

اقمار مشتری

همراهان سیارات

در۷ ژانویه ۱۶۱۰ گالیله کـه باتلسکوپ خود به مشتری نگاه می کرد، دفعتاً سه جرقه نورانی کوچك را درنزدیکی آن مشاهده‌نمود که دوتای آنهـا دریك سمت ویکی درسمت دیگروهمه روی یك خط مستقیم قرارداشتند. اوهرشب‌به مشتری مینگریست وهمیشه آن سه‌جرم کوچك درآنجا بودند. محل آنها متغیر بود. گاهی اندکی به مشتری نزدیکتر، گاهی‌اندکی دورتر وزمانی‌دریك‌سمت وزمانی درسمت‌دیگر بودند، ولی هرگز رویهمرفته ازمشتری دور نمی‌شدند. در۱۳ ژانویه چهارمین جرم را مشاهـده نمود. وی به‌این نتیجه رسید که چهار جرم کوچك، درست مثل ماه ماکه به دور زمین می گـردد، به دورمشتری گردش می کنند.

کشف گالیله به چندین دلیل فوراً کسب اهمیت کرد: یکی آنکه برای نخستین مرتبه در تاریخ، اجرامی در منظومه شمسی کشف شده بودند که با چشم غیرمسلح دیده نمیشدند. دیگر آنکه در عصر گالیله هنوز دربارهٔ صحت نظریهٔ کوپرنیکوس مبنی براینکه سیارات به دور خورشید گردش می کنند، تردید وجود داشت.

تعدادی از محافظه کاران همچنان براین نظر بودند که تمام اجرام منظومه شمسی به دور زمین میگردند. در اینجا اقلا چهار جرم وجود داشت که به دور چیزی غیر از زمین گردش می کردند. آنها به دور مشتری میگردیدند.

کپلر پس از اطلاع از این کشف، اجرام جدید را «اقمار[1]» نامید. این یك کلمه لاتینی برای افرادی اطلاق می‌شود که به امید دعوت شدن به صرف شام یا دریافت هدایائی به دور شخص ثروتمند و مقتدری جمع می‌شوند. بهمین ترتیب بنظر می‌رسد که این دنیاهای کوچك به دور مشتری جمع شده باشند.

این اصطلاع باقی ماند و ما اکنون از ماه بعنوان قمر زمین سخن میگوئیم. گاهی ما اقمار را «ماه‌ها» می‌خوانیم مثلا «از ماه‌های مشتری» صحبت می کنیم. ولی این روش مطلوب نیست و کلمه «ماه» باید برای قمر خود ما نگاهداری شود. (با اینهمه وقتی که ما اجسامی را به مدار زمین میفرستیم، آنها را «قمرهای مصنوعی» مینامیم، و آنها را «ماه‌های مصنوعی» نمی‌خوانیم).

1- Satellites

گالیله کـه در عصر خود مـورد پشتیبانی کوسیمودومدیسی[۱]، گراندوك توسکانی[۲] بود، پیشنهاد کرد که این اجرام جدید به افتخار کوسیمو «سیارات مدیسی» نامیده شوند. ولی خوشبختانه این نامگذاری ادامه نیافت. درعوض راههای مختلفی برای اشاره به آنها وجود دارد. گاهی به آنها «اقمار گالیله‌ای» میگویند که حداقل احترامی به آن مرد بزرگ محسوب میشود. ضمناً آنها را از یك تاچهارشماره گذاری کرده‌اند واین شماره گذاری از نزدیکترین آنها به مشتری آغاز میگردد.

بااینحال معمولا اقمار مشتری بانامهائی که از اساطیر یونانی اقتباس شده است شناخته میشوند، سیمون ماریوس[۳] ستاره‌شناس هلندی، اندکی بعد از کشف گالیله، نامهائی را از بین کسانی که در افسانه‌های یونانی جزو یاران زئوس (مشتری) بودند انتخاب کرد که هنوزهم بکاربرده میشوند.

درونی‌تـرین اقمار گالیله‌ای (آیو[۴])، دومی اوروپا[۵] وچهـارمی کالیستو[۶] نامیده میشود که از اسامی پریان دریائی کـه زئوس دراوقات مختلف عاشق آنها شده بود اقتباس گردیـده است. سومی را گانیمد[۷] مینامند که از نام جوان زیبائی که زئوس برای ساقی‌گری خدایـان به آسمانها برده بود، اقتباس شده است.

بااینکه اقمار گالیکه‌ای اولین اقماری بودند کـه برای سیاره‌ای غیراززمین کشف شدند، ولی بهیچوجه آخرین اقماربشمار نمی‌رفتند و

۱ـ Cosimo de Medici ۲ـ Grand Duke of Tuscany
۳ـ Simon Marius ۴ـ Io ۵ـ Europa (شاهزاده‌فینیقی معشوقه زئوس). ۶ـ Callisto (معشوقه زئوس). ۷ـ Ganymede

باگذشت زمان اقماری‌برای سیارات مختلف دیگرنیز کشف گردیدند. درحال‌حاضر سی‌ودوقمر شناخته‌شده‌اند.

برخی ازاقمار بسیار بـزرگ کند ودویا سه‌هزار میل قطردارند. ماه یکی‌ازاین اقماربزرگ می‌باشد.

اقمارگالیله‌ای نیز همانطوریکه خواهیم دیـد جزو همین دسته محسوب‌می‌شوند. هفت قمربزرگ وجود دارد وبیست‌وپنج قمردیگر اقمار کوچك باقطرهائی کمتراز هزارمیل تافقط ۱۰میل می‌باشند.

امکان زیادی وجود دارد که اقمار کـوچك دیگری هنوز کشف نشده‌باشند. جدیدترین کشف که یك قمرزحل بود در۱۹۶۶ بعمل آمد. بااینحال مسلماً تعداد اقماربزرگ‌کامل شده‌است وتصور نمـی‌رود قمر بزرگ دیگری برای‌سیاراتی که شناخته شداند کشف شود. جدول۲۱ تعداد اقمارهرسیاره‌را نشان‌می‌دهد.

شما دراین‌جدول فرق دیگری بین سیارات برجیسی وسیارات زمینی‌مشاهده‌می کنید. سیارات برجیسی اقمارزیادی دارند (۲۹قمر)و ۳قمربقیه متعلق به‌سیارات‌زمین می‌باشند. ازاین سه‌قمرنیزدوقمر مریخ اجرام کوچکی باقطرچندین میل‌هستند. شش‌قمر ازهفت‌قمربزرگ به سیارات بـرجیسی تعلق‌دارند. تنهایك قمربزرگ (ماه) بدوریك سیارهٔ زمینی (سیارهٔخودما) گردش مـی کند، وستاره‌شناسان ازاین موضوع دچارحیرت شده‌اند. دربارهٔایجاد شدن ماه‌فرضیه‌های زیادی که چندان رضایت‌بخش‌نیستند وجود دارد.

شاید عجیب‌نباشد که سیارات‌بزرگ، بامیدانهای جاذبهٔبزرگ،

جدول۲۱

اقمار سیارات

	اقمار	
عطارد	بزرگ	جمع
عطارد	۰	۰
زهره	۰	۰
زمین	۱	۱
مریخ	۰	۲
مشتری	**۴**	**۱۲**
زحل	۱	۱۰
اورانوس	۰	۵
نپتون	۱	۲
پلوتو	۰	۰
	۷	۳۲

اقماربیشتر وبزرگتری‌ازاقمار سیارات کوچك‌را به‌میدانهای جاذبه‌خود کشانده‌باشند. ضمناًتعجبی ندارد که مشتری، غول‌منظومهٔشمسی،اقمار بیشتری ازهرسیاره دیگر واقمار بزرگتری ازهرسیاره داشته‌باشد. در واقع مشتری‌تنها سیاره‌ای است که‌بیش‌ازیك قمربزرگ دارد.

جرم سیارات

بمحض آنکه اقمار گـالیله‌ای کشف شد، تعیین‌مدت حرکت انتقالی آنها امکان‌پذیر گردید و مدت لازم برای دورزدن هر قمر ازیك طرف مشتری بطرف‌دیگر وعکس، اندازه‌گیری‌شد. این‌مدتی بود که هرقمربرای طی‌مدارخود به‌دورمشتری لازم‌داشت.

چیز دیگری راکه میشد اندازه‌گرفت، میزان دوری هرقمـراز مرکز مشتری درپایان دوران‌آن بـود. شما درجدول ۲۲ مدت حرکت انتقالی وحداکثردوری هریك ازاقمارگالیله‌ای‌را ملاحظه‌می کنید.

کالسیتو (دورتـرین قمراز چهار قمر بزرگ مشتری) فاصله یك طرف تاطرف‌دیگررا درقطعه‌ای بیش‌از ۱۷′ طی‌می کند. این‌قطعه‌بیش ازنیمه پهنای ماه‌است، بقسمی که اززمین دیده‌میشود. ازاینرومشتری و اقمارش قطعه بزرگی ازآسمان‌را می‌پوشانند.

جدول ۲۲

مدت حرکت انتقالی و دوری اقمار گالیله‌ای

سیاره	مدت‌مرحله‌انتقالی (برحسب‌روز)	حداکثردوری (برحسب‌دقیقه‌های قوس)
J_I آیو	۱/۷۷	۱/۹۴
J_II اوروپا	۳/۵۵	۳/۱۰
J_III گانیمد	۷/۱۶	۱۶/۹۳
J_VI کالیستو	۱۶/۶۹	۸/۶۶

همه اقمارگالیله‌ای در کمتراز زمانی که ماه‌برای گردش به‌دور زمین لازم دارد، دورمشتری مـی‌گردند. حتی کالیستو، دورتـرین قمر گالیله‌ای مشتری، مدت‌حرکت‌انتقالی خودرا دراندکی بیش ازنصف مدت (۲۷/۳۲روزهٔ) ماه‌انجام می‌دهد.

آیاعلت این‌امر آنست که اقمارمشتری به‌آن‌کره نزدیکتر ازماه تازمین هستند، بقسمی که می‌توانند مدارهای کوتاهتر خودرا درمدت کمتری طی کنند؟ یـا بدان علت است کـه نیروی جاذبهٔ مشتری بیش از نیروی جاذبـه زمین است و بنابـراین اقمارش را تندتر بـه گـردش درمی‌آورد؟

تنهاراه اینکه بدانیم کدامیك ازدونظربالا صحت‌دارد، اطلاع‌از فاصله واقعی‌مشتری ازمـا می‌باشد، تابتوان فاصله اقمار راکه برحسب زاویه‌داده‌شده به‌میل تبدیل کرد وسرعت حرکت انتقالی آنهارا تعیین نمود.

همانطورکـه قبلاگفته شد، فاصله‌مشتری معلوم است ومـی‌توان فاصله هریك ازاقمارگالیله‌ای‌را معین کرد، سپس طـول مدار وسرعت مداری‌را محاسبه نمود. فاصله وسرعت هـرقمر درجدول۲۳ داده شده است.

فاصله‌ماه اززمین وسرعت‌مداری آن بمنظورمقایسه دراین‌جدول وجود دارد. (اصطلاح «سیارهٔ مادر» دراین‌جدول بکاررفته واین‌نام بـه سیاره‌ای که یك‌قمر به‌دورآن‌می‌گردد داده شده است.

بطوریکه ملاحظه می‌کنید، چهارقمرمشتری همان وضعی‌راکه

سیارات نسبت به خورشید دارند، دارا می‌باشند. هرقدریك قمر ازمشتری دورتر باشد، گردش مداری آن کندتر است. این موضوع بانظریهٔ جاذبهٔ نیوتن کاملا تطبیق می کند.

نکتهٔ مهم درجدول۲۳ آن‌است که گردش مداری اقمار مشتری خیلی تندتر ازماه زمین‌می‌باشد، حتی کالیستو که فاصله‌اش از (سیارهٔ مادر) پنج برابر فاصله ماه اززمین‌است، باسرعتی۱۲برابر سرعت‌ماه به‌دور سیاره مادر گردش می کند.

جدول۲۳

فاصله وسرعت اقمار گالیله‌ای

قمر	فاصله‌ازسیاره مادر		سرعت‌مداری	
	میل	کیلومتر	میل‌درثانیه	کیلومترهرثانیه
J_I آیو	۲۳۹۰۰۰	۳۸۴۰۰۰	۱۰/۸	۱۷/۴
J_II اوروپا	۴۱۷۰۰۰	۶۷۱۰۰۰	۸/۶	۱۴/۸
J_III گانیمد	۶۶۵۰۰۰	۱۰۷۰۰۰۰	۶/۸	۱۰/۹
J_IV کالیستو	۱۱۷۰۰۰۰	۱۸۸۰۰۰۰	۵/۰	۸/۰
E_L ماه	۲۳۹۰۰۰	۳۸۴۰۰۰	۰/۶۴	۱/۰۳

مقصود این‌است که فقط یك‌علت برای‌پرش وحرکت تنداقمار گالیله‌ای‌می‌توان وجود داشته‌باشد: این‌علت درنزدیك‌بودن آنها نسبت به‌سیارهٔ مادرنیست زیرا نزدیکی‌بخصوصی‌ندارند. این‌علت‌ممکن‌است شدت‌زیاد میدان‌جاذبهٔ مشتری وبزرگی جرم آن باشد.

ازروی‌فاصله وسرعت‌مداری اقمارمی‌توان حساب کرد که‌شدت میدان‌جاذبهٔ مشتری بامقایسه بازمین چقدروجرم آن نسبت به‌زمین‌چقدر است. ازاقمار سیارات دیگرمی‌توان بهمین روش برای محاسبهٔ اجرام آن سیارات‌استفاده کرد. درمورد سیاراتی (زهره، عطارد، پلوتو) که اقمار شناخته شده ندارند،تعیین جرم دشوارتراست وتأثیرات جاذبه دقیق‌تری بایدمورد استفاده قرارگیرد.

درجدول۲۴ اجرام سیارات داده‌شده است.

جدول ۲۴

اجرام سیارات

سیاره	جرم (زمین = ۱)
عطارد	۰/۰۵
زهره	۰/۸۲
زمین	۱/۰۰
مریخ	۰/۱۱
مشتری	**۳۱۸/۴**
زحل	۹۵/۲
اورانوس	۱۴/۷
نپتون	۱۸/۳
پلوتو	۰/۱

مشتری ازلحاظ جرم‌سیاره غول‌پیکری درمنظومه شمسی‌بشمار می‌رود ودوبرابر بزرگتر ازمجموع سیارات دیگرمیباشد. حدود۷۰

درصد کلیه جرمی که درمنظومه شمسی، غیراز خود خورشید، وجود دارد، تنها دراین‌سیاره، یعنی مشتری یافت میشود.

هر کس از فاصلهٔ دور به‌منظومه‌شمسی نگاه کند ممکن است بگوید: «تنها چیزی که در آنجا به‌حساب میآید این‌سیاره بزرگ است که پنجمین سیاره ازخورشیدمیباشد. اجرام دیگر آنقدر کوچکند که لزومی ندارد به آنها بپردازیم».

بااینحال، مشتری‌غول‌پیکر، سیارهٔ کوچکی و کوتوله‌ای‌دربرابر خورشیدمحسوب‌میشود وجرم خورشید ۱۰۴۰ برابرجرم مشتری‌است، یعنی که۹۹/۹ درصد کلیهٔجرم منظومه شمسی‌دراین گلوله آتش‌ومذاب، یعنی خورشیدیافت میشود. ازسوی دیگر، جرم مشتری بطورحیرت‌آوری کم است. حجم‌این سیاره ۱۴۰۰ برابرحجم زمین میباشد (به جدول ۱۴ مراجعه شود)، بااینحال‌جرم آن‌فقط ۳۱۸/۴ برابرجرم‌زمین است. ازاینرو جرم مشتری درحجم بزرگتری به نسبت جرم زمین‌به حجم آن، گسترش یافته ودر نتیجه، تکاثف مشتری خیلی کمتراز زمین می‌باشد.

تکاثف سیارات درجدول ۲۵ داده شده‌است. بطوریکه ملاحظه میکنید تکاثف مشتری فقط یك‌چهارم تکاثف زمین میباشد. این‌خاصیت دیگری است که سیارات برجیسی را ازسیارات زمینی متمایزمیسازد، زیرا تکاثف آنها خیلی کمتراست. اورانوس ونپتون نیزتکاثفی تقریباً برابریك‌چهارم تکاثف زمین دارند. بااینحال تکاثف زحل کمتراز آنها بوده وازتکاثف آب‌هم کمتراست.

جدول ۲۵

تکاثف سیارات

سیاره	تکاثف گرم درهر سانتیمترمکعب	تکاثف زمین = ۱
عطارد	۵/۱	۰/۹۲
زهره	۴/۸۵	۰/۸۸
زمین	۵/۵۲	۱/۰۰
مریخ	۳/۹۶	۰/۷۲
مشتری	۱/۲۴	۰/۲۴
زحل	۰/۷۱	۰/۱۳
اورانوس	۱/۲۷	۰/۲۲
نپتون	۱/۵۸	۰/۲۹
پلوتو	۴	۰/۷

درمورد کمی تکاثف سیارات برجیسی دوباره دراین کتاب بحث خواهیم کرد ولی فعلا به اقمارگالیله‌ای می‌پردازیم.

اندازه‌های اقمار

بااطلاعی که‌ازفاصله مشتری داریم، می‌توانیم‌قطرهریك‌ازاقمار گالیله‌ای را ازروی اندازه مرئی آنهادرتلسکوپی که میزان درشت‌نمائی آن معلوم باشد حساب کنیم.

درجدول ۲۶قطرهریك ازاقمارمشتری وقطرسه‌قمربزرگ‌دیگر، یعنی ماه که دور زمین میگردد، تیتان (S_VI) که دور زحل گردش میکند وتریتون (N_I) که بدورنپتون میگردد، داده شده است.

جدول ۲۶

قطر اقمار بزرگ

قمر	قطر برحسب میل	قطر برحسب کیلومتر
آیو	۲۲۸۰	۳۶۶۰
اوروپا	۱۹۳۰	۳۱۰۰
گانیمد	۳۴۹۰	۵۶۰۰
کالیستو	۳۱۵۰	۵۰۵۰
ماه	۲۱۶۰	۳۴۷۰
تیتان	۳۰۰۰	۴۸۰۰
تریتون	۲۳۰۰	۳۷۰۰

همانطورکه جدول ۲۶بالانشان میدهد، سه قمرازاقمارگالیله‌ای بزرگتر ازماه هستند. تیتان وتریتون هم ازماه بزرگترند. ازهفت قمر بزرگ، ماه بعدازکوچکترین آنهاقرار دارد. فقط اوروپا که قطرش از ۲۰۰۰ میل کمتراست، باعث میشودکه ماه درانتهای‌جدول قرارنگیرد.

گانیمد نه تنها بزرگترین قمرگالیله‌ای بلکه بزرگترین قمر در منظومه شمسی میباشد. کالیستو درهردو طبقه‌بندی دومین قمر محسوب

میشود.

گانیمد و کالیستو بااینکه جزو اقمارمیباشند، هر کدام آنها خیلی بزرگتر ازسیاره عطارد هستند.

اینك به‌بررسی مساحت اقمارمی‌پردازیم: مساحت سطح ماه حدود ۱۴۷۰۰۰۰۰ میل‌مربع یادرست برابرمجموع مساحت قاره‌های افریقا واروپا میباشد. این مساحت‌را چگونه میتوان بامساحت سایر اقماربزرگ مقایسه کرد؟ آمارواطلاعات مربوط درجدول۲۷ داده‌شده است.

ازاین لحاظ گانیمد حتی وضع جالبتری دارد. مساحت سطح آن دو برابسرونیم مساحت کرهٔ ماه است. این مساحت ۳۸۴۰۰۰۰۰ میل مربع وبرابر مجموع مساحت آسیا، افریقا و امریکای شمالی میباشد.

اگرفرض کنیم ستاره‌شناسان به کشف‌سطح هرچهارقمر گالیله‌ای مشتری‌مبادرت کنند، به‌مساحتی بالغ‌بر ۱۰۰۰۰۰۰۰ میل‌مربع‌میرسند که شش برابرمساحت سطح‌ماه وتقریباً نصف مساحت کل سطح‌زمین است. ضمناً مابايد حجم اقمار بزرگ‌را نیزمحاسبه کنیم. در اینمورد محاسبه تعداد میل‌مکعب درهریك آنها لزومی‌ندارد. بلکه برای‌منظور ماکافی است که حجم هرقمربزرگ بااین مقیاس که حجم‌ماه برابربا یك میباشد محاسبه شود. حجم اقماربزرگ در جدول ۲۸ داده شده است.

حجم گانیمد بیش‌ازچهار برابرحجم ماه‌میباشد. (بعبارت دیگر

جدول ۲۷

مساحت سطح اقمار بزرگ

سیاره	نام‌قمر	مساحت سطح برحسب‌میل‌مربع	برحسب‌کیلومترمربع	ماه = ۱/۰
J_I	آیو	۱۶۲۰۰۰۰۰	۴۱۸۰۰۰۰۰	۱/۱
J_II	اوروپا	۱۱۷۰۰۰۰۰	۳۰۲۰۰۰۰۰	۰/۸
J_III	گانیمد	۳۸۴۰۰۰۰۰	۹۹۰۰۰۰۰۰	۲/۶
J_IV	کالیستو	۳۱۲۰۰۰۰۰	۸۰۵۰۰۰۰۰	۲/۱
E_I	ماه	۱۴۷۰۰۰۰۰	۳۸۰۰۰۰۰۰	۱/۰
S_VI	تیتان	۲۸۴۰۰۰۰۰	۷۳۲۰۰۰۰۰	۱/۹
N_I	تریتون	۱۶۶۰۰۰۰۰	۴۲۹۰۰۰۰۰	۱/۱

اگراین قمرمیان تهی‌بود چهارماه را مـی‌توانستیم درآن جای‌بدهیم). چهارقمر گالیله‌ای جمعاً بیش‌از۹ برابرحجم ماه‌را دارند. جای تردید نیست که مشتری بیش‌اززمین، هم‌ازنظر تعداد وهم ازنظراندازه، قمر دارد واقمارش درحقیقت ازهرسیارهٔ دیگری بیشتراست.

دربارهٔ جرم‌های اقمارگالیله‌ای چه‌بایدگفت؟ متأسفانه تعیین آنها دشوار است.

مـا ازجرم ماه خودمان دقیقاً خبرداریم زیرا میدان جاذبه‌اش تأثیرقابل محاسبه‌ای برزمین دارد. ازاینرو میتوانیم بگوئیم کـه جرم زمین ۸۱برابر جرم ماه‌میباشد. ازطرف دیگر، زمین ۵۱مرتبه حجیم‌تر

جدول۲۸

حجم اقمار بزرگ

سیاره	قمر	حجم(ماه=۱)
J-I	آیو	۱/۲
J-II	اوروپا	۰/۷
J-III	گانیمد	۴/۲
J-IV	کالیستو	۳/۱
E-I	ماه	۱/۰
S-VI	تیتان	۲/۶
N-I	تریتون	۱/۲

ازماه‌است، یعنی که درکالبد سیارهٔزمین، ۸۱جرم ماه فقط در۵۱ حجم ماه فشرده شده‌است وتکاثف زمین باید $\frac{۸۱}{۵۱}$برابرتکاثف ماه‌باشد.چون زمین‌تکاثف‌متوسط ۵/۵۲گرم درهرسانتیمترمکعب‌را دارد، پس‌تکاثف ماه‌حدود ۳/۴گرم درهرسانتیمترمکعب میباشد.

مانمیتوانیم آنچه برای‌ماه می‌توانیم انجام بدهیم برای اقمار گالیله‌ای‌هم‌اجرا کنیم.مشتری‌خیلی‌بزرگتراززمین‌است‌و کمترتحت‌تأثیر میدانهای جاذبه اقمارش قرار میگیرد. مانمی‌توانیم نفوذ وتأثیر اقمار رابرروی مشتری‌اندازه‌بگیریم. ولی‌میتوانیم‌تأثیرات محقرهرقمربرقمر دیگررا محاسبه کنیم بااینحال تعیین جرم وتکاثف طبق این‌رویه دارای دقت بسیار کمتری برای اقمارگالیله‌ای دارد تابرای ماه.

بادرنظرگرفتن این‌مطلب معهذا درجدول ۲۹ ارقامی برای جرم وتکاثف وارقامی برای‌ماه وتیتان بمنظورمقایسه داده‌شده‌است.

جدول۲۹

جرم و تکاثف اقمارگالیله

سیاره	قمر	جرم برحسب تریلیون درتریلیون‌گرم	ماه=۱	تکاثف برحسب‌گرم در سانتیمترمکعب	ماه=۱
J-I	آیو	۱۱۲	۱/۵	۴/۰	۱/۲
J-II	اوروپا	۴۹	۰/۶	۳/۱	۱/۹
J-III	گانیمد	۱۸۵	۲/۵	۱/۹	۰/۶
J-IV	کالیستو	۱۲۰	۱/۶	۱/۶	۰/۵
S-VI	تیتان	۱۲۰	۱/۶	۱/۰	۰/۶
E-I	ماه	۸۳/۵	۱/۰	۳/۴	۱/۰

بمنظور تعیین سفیدی[1] یاقدرت انعکاس اقمار گالیله‌ای، مایاید درجهٔ درخشندگی[2] فعلی آنها را اندازه بگیریم وسپس آنرا بامقدار درخشندگی مقایسه کنیم که درصورت انعکاس کلیه نوردریافتی دارا میشوند.

درجدول۳۰درجه‌درخشندگی‌اقمارگالیله‌ای وسفیدی‌آنهاداده‌شده است. جالبترین جنبهٔ‌آمار موجود درجدول۳۰، روشنی‌اقمارگالیله‌ای

۱- Albedo ۲- Magnitude

میباشد. هریك‌از آنها روشنی کافی برای رؤیت‌باچشم غیرمسلح دارند، چنانچه درفضاتنهاباشند. بااینحال مشتری ۲۵۰مرتبه‌ازگانیمد که‌نورانی‌ترین اقمارمیباشد روشن‌تراست، واقمارچنان به‌این سیاره نزدیکند که درخشش آن باعث‌عدم رؤیت اقماربا‌چشم غیرمسلح‌میشود.

Io ، اوروپا، و گانیمد که نوررا بیشترازماه منعکس میکنندو معلوم میشود که جنس وساختمان آنها باجنس سطح‌ماه تفاوت زیادی دارد. ازسوی دیگرکالیستو ازلحاظ سفیدی خیلی نزدیك‌تربه‌ماه‌است.

دربارهٔ جرم اقمارگالیله‌ای نکتهٔ دیگری است که بایدموردتوجه قرارگیرد: آیاجرم هریك ازاقمار بامقایسه باسیارهٔ بزرگی که بدورآن میگردند چقدراست؟ مسلماً باید کم‌باشد.

درجدول۳۱جرم هرقمرنسبت به‌جرم‌مشتری بصورت‌عدد کسری داده‌شده‌است.

جدول ۳۰

درخشندگی وسفیدی اقمارگالیله‌ای

سیاره	قمر	حداکثر درخشندگی	سفیدی
J_I	آیو	۴/۸	۰/۳۷
J_II	اوروپا	۵/۲	۰/۳۸
J_III	گانیمد	۴/۵	۰/۲۱
J_IV	کالیستو	۵/۵	۰/۰۹
E_I	ماه	—۱۲/۶	۰/۰۶

بمنظورمقایسه، اقماربزرگ دیگرنیز بانسبت جـرم آنها به‌جرم سیارهٔ مادر بصورت کسری درجدول۳۱ دیده میشود (اطلاعات و آمار جالبی که درجدول۳۱ وجود دارد، اساساًشامل اقمارگالیله‌ای نمیشود. آنهابطوریکه انتظارمیرفت بـامقایسه بامشتری بسیار کوچك میباشند).

حتـی گـانیمـد فقـط $\frac{۱}{۱۲۰۰۰}$ جرم مشتری را دارد. تیتان بـه‌نسبت سیارهٔ مادرش، یعنی زحل وضع بهتری دارد و وضع تریتون دربرابر نپتون از آن‌هم بهترمیباشد.

ولی به‌ماه توجه کنید! جرم‌ماه $\frac{۱}{۸۱}$ جـرم سیارهٔ مـادرش زمین میباشد. هیچ قمردیگری درمنظومه‌شمسی چنین‌نسبتی‌را باسیاره‌مادرش ندارد. اقماربزرگ گالیله‌ای درمقایسه بامشتری فاقـد اهمیت هستند و مجموع‌جرم چهارقمر نامبرده کمتراز $\frac{۱}{۵۰۰۰}$ جرم مشتری‌است. دراین مورد زمین ازنظرقمر غنی‌ترین سیاره درمنظومهٔشمسی به‌شمارمیرود و حتی به‌مجموعه زمین‌وماه‌گاهی بعنوان یك‌سیارهٔ مضاعف‌اشاره میشود که مسلماً درمنظومهٔشمسی منحصربفرد میباشد.

پنجمین قمر

ازموقعی که گالیله کشف اقمار مشتری‌را اعلام کرد، تا۴۵ سال بعد اجرام‌تازه‌ای که متعلق به‌منظومهٔ شمسی‌باشند کشف نگردید وفقط پنج قمر،یعنی ماه وچهارقمر گالیله‌ای شناسائی شده‌بودند.

جدول ۳۱

جرم اقمار بزرگ نسبت به‌سیارات مادر

قمر	جرم نسبت به‌سیاره مادر به‌عددکسری	به‌اعشار
J_I آیو	$\frac{۱}{۲۶۰۰۰}$	۰/۰۰۰۰۳۸
J_II اوروپا	$\frac{۱}{۴۰۰۰۰}$	۰/۰۰۰۰۲۵
J_III گانید	$\frac{۱}{۱۲۰۰۰}$	۰/۰۰۰۰۸۱
J_IV کالیستو	$\frac{۱}{۲۰۰۰۰}$	۰/۰۰۰۰۵۰
S_VI تیتان	$\frac{۱}{۴۱۰۰}$	۰/۰۰۰۲۴
N_I تریتون	$\frac{۱}{۷۶۰}$	۰/۰۰۱۳
E_I ماه	$\frac{۱}{۸۱/۳}$	۰/۰۱۱۳

در ۱۶۵۵ کریستیان‌هویگنس[۱] ستارشناس هلندی، قمری‌را که

۱ــ Christian Hoygens

دور زحل میگردید کشف نمود. فاصله این قمر از زحل تقریباً برابر فاصله گانیمد ازمشتری، وبه‌بزرگی اقمار گالیله‌ای بود. این قمر باهمان سرعت وسهولت اقمار گالیله‌ای کشف نشد، زیرا فاصله زحل واقمارش دوبرابر فاصله مشتری واقمارش ازما میباشد وبهمان نسبت تاریك‌ترند.

هویگنس این قمر تازه‌را «تیتان»[۱] نامید زیرا کرونوس[۲] (زحل) و دارودسته‌اش‌را درافسانه‌های یونانی تیتان‌ها میگفتند.

بدین ترتیب فعلاً شش قمردرمنظومهٔ شمسی شناسائی شده وهمه آنهابا قطر ۲۰۰۰ میل یابیشتربودند. ولی آیاتمام قمرهاباید به‌این‌بزرگی باشند؟ براساس شش قمر کشف شده، باید همینطور باشد. ولی تأمل کنید...

نخستین اقماری که ستاره‌شناسان کشف کردند، طبیعتاً بزرگترین آنهابودند، زیرا احتمالانورانی‌ترین اقماربوده وآسانتردیده میشوند. بعدازآنکه تلسکوپ تکامل یافت، اجرام کوچکتر وتاریکتر، قابل‌رؤیت شدند. دردهه ۱۶۷۰ و ۱۶۸۰، کاسینی چهارقمردیگر راکه دور زحل میگردیدند کشف کرد. این قمارجدید به‌وضوح کوچکترازماه بودند و قطرهمهٔ آنها چندصدمیل بود.

درواقع ازکلیه اقماری که بعداز کشف تیتان بوسیله هویگنس کشف گردیدند، فقط یکی‌ازآنها به‌اندازهٔ‌ماه‌بود. این قمر تریتون[۳] بودو ازاقمارنپتون بشمارمیرفت (به‌اسم پسرپوزیدون[۴] که‌نزد رومیان‌به‌نپتون

۱ـ Titan ۲ـ Cronos ۳ـ Triton ۴ـ Poseidon

شهرت‌داشت نامگذاری‌شده‌بود). تریتون در۱۸۴۶بوسیله ویلیام‌لاسل[۱] ستاره‌شناس انگلیسی، درمدت کمترازیکسال پس‌از کشف خود نپتون، کشف‌شد. (بعضی ازخصوصیات تیتان وتریتون درجدولهای ۲۶، ۲۷، ۲۸، و۳۱ داده‌شده است).

در یك مورد، وضع مشتری غیرمنتظره بود. بعد از کشف اولیهٔ گالیله ، قمر بعد از قمر برای سیاره بعد از سیاره کشف گردیده ولی برای مشتری چنین نبود. در دههٔ ۱۶۰۰ پنج قمر زحل کشف شد. دردههٔ ۱۷۰۰ دوقمردیگر زحل ودوقمر اورانوس کشف گردید. دردههٔ ۱۸۰۰ دوقمر مریخ ویك قمردیگر اورانوس ویك‌قمر نپتون کشف شد.

تا۱۸۹۲ پانزده کشف بعدازگالیله بعمل آمده ومجموعاً بیست قمرشناسائی شده‌بودند، یکی‌برای‌زمین، یکی برای نپتون، دوتابرای مریخ، چهارتا برای اورانوس، هشت تابرای زحل، ولی‌برای مشتری هنوزچهارقمر وجود داشت.

پنجمین‌قمرمشتری تاسه‌قرن بعدکشف نشده‌بود. آیاگالیله همهٔ اقمار مشتری راکشف کرده‌بود؟ باوجود این درهمان سال۱۸۹۲، یك ستاره‌شناس آمریکائی‌بنام‌ادوارد امرسون‌بارنارد[۲] بایك‌تلسکوپ‌نیرومند ۳۶اینچی به‌تحقیقاتی درمجاورت مشتری پرداخت. این تلکسوپ از دوربین کوچك ومحقری که گالیله چهارقمر مشتری‌را باآن پیدا کرد، بسیارنیرومندتربود .

۱ـ William Lassel ۲ـ Edoward Emerson Barnard

در۹ سپتامبربارنارد یك لكه كوچك روشن درنزدیكی مشتری مشاهده كرد. این لكه آنقدربه مشتری نزدیك و آنچنان كمرنگ بود كه مشاهده آن درپرتو نورمشتری تقریباً امكان‌نداشت، بعضی‌ها معتقدبودند كه این كشف برجسته‌ترین كشفی بود كـه باچشم آدمی در آسمانها بعمل آمد. (بعداز۱۸۹۲ همه اقمارجدید بوسیله عكاسی كشف شدند).

بارنارد این لكه را با دقت تعقیب كرد وسرانجام توانست‌اعلام كند كه یك قمرجدید مشتری راكشف كرده است. این‌قمرجدید ابتدا «قمربارنارد» نامگذاری شد. ولی طبق‌معمول «مشتری –V» یا«V–J» نامیده میشد زیرا پنجمین قمر كشف‌شده مشتری محسوب میگردید.

مشتری –V هنوز رسماً نام افسانه‌ای بخودنگرفته است. كامیل فلاماریون[1] ستاره‌شناس فرانسوی حدودصدسال‌قبل پیشنهاد كرد كه‌این قمر آمالتا[2] نامیـده شود. آمالتا اسم زن زیبا (یابزی) بـود كـه طبق افسانه‌های‌یونانی به زئوس كودك (یامشتری) شیرمیداد. این‌نامگذاری مناسب بنظرمیرسد زیـرا وقتی قراراشد به اقمار بزرگ اسم رفقای سالهای بلوغ مشتری داده شود باید به قمر كوچك نزدیك‌تر بـه اونام پرستار كودكی او را بدهند. گرچه این اسم هنوز رسمی‌نیست، ولی دراین كتاب بكاربرده خواهدشد.

آمالتایكی‌ازاقمارگالیله‌ای‌نیست وقمرگالیله‌ای فقط‌به چهارقمر بزرگی كـه‌گالیله كشف كـرد، اطلاق میشود. در جدول ۳۲ بعضی از خصوصیاتی كه قبلا برای اقمار گالیله‌ای داده شده بود، برای آمالتا

۱– Camille Flammarion ۲– Amalthea

جدول ۳۲

مشخصات قمر آمالتا

مدت حرکت	روز	۰/۵۰
	ساعت	۱۱/۹۵
حداکثر فاصله	دقیقه قوسی	۰/۸۴
	ثانیه قوسی	۵۰/۵
فاصله از مرکز مشتری	میل	۱۱۲۰۰۰
	کیلومتر	۱۸۱۳۰۰
سرعت مداری	میل هر ثانیه	۱۷/۲
	کیلومتر هر ثانیه	۲۷/۸
قطر	میل	۷۰
	کیلومتر	۱۱۰
مساحت سطح	میل مربع	۱۵۴۰۰
	کیلومتر مربع	۳۸۲۰۰

حداکثر درخشندگی ۱۳

داده شده است.

فاصله آمالتافقط ۱۱۲۰۰۰ میل ازمرکزمشتری است. چون سطح مشتری ۴۴۰۰۰ میل ازمرکزش میباشد، این بدان معنی است که مشتری ـ ۷ تنها ۶۸۰۰۰ میل بالای سطحش گردش میکند.

چون آمالتا بااین نزدیکی به دورمشتری حرکت میکند، هرگز دوراز این سیاره دیـده نمیشود. حتی وقتی درحداکثر فاصله ازیك طرفش باشد، ازمرکزمشتری (همانطورکه از زمین مشاهده میشود) با زاویه‌ای بمیزان ۵۰/۵ ثانیهٔ قوس درموقعیکه مشتری نزدیکترازاوقات دیگراست فاصله پیـدا می کند. آمالتا ازلبهٔ روشن مشتری حداکثربا ۳۰ ثانیه قوس جـدا شده است، این جدائی کمتراز پهنای کره مشتری میباشد.

آمالتاحتی درزیادترین فاصلهٔ خودبزحمت دیده میشود وباچنان سرعتی دورمشتری میگردد (کمتراز ۱۲ ساعت) که دربیشترین فاصله‌اش فقط یك ساعت یا دراین حدودباقی میماند.

بخاطر داشته باشید کـه آمالتا بامقایسه بااقمار گالیله‌ای جـرم کوچکی بوده و در درجهٔ سیزدهمین درخشش میباشد. قمرآیو کـه نزدیکترین اقمارگالیله‌ای به‌مشتری محسوب میشود، سه برابرآمالتا از لبه مشتری فاصله دارد و ۵۵۰۰ مـرتبه ازآن درخشان‌تـر است. بهمین علت بودکه گالیله توانست آنرا فوراً باتلسکوپ کوچك خودکشف کند، بااینحال کشف بارنارد درحدودسه قرن بعدازآن بایك‌تلسکوپ خیلی بهتر، واجد اهمیت میباشد.

بزرگترین تفاوت آمالتا با اقمار گالیله‌ای، اندازه آن است. سزتاسر آن فقط ۷۰ میل میباشد.

با اینحال مساحت سطح آن (حدود ۱۵۴۰ میل مربع) به بزرگی مساحت دانمارك وسه‌بار بزرگتر از سطح ایالت کنکتیکات[1] است.

آمالتا آخرین قمر مشتری نبود که کشف شد. درقرن بیستم هفت قمر دیگر این سیاره غول آسا کشف شد وتعداد اقمار شناخته شدهٔ مشتری را به دوازده رسانید. با اینحال این هفت قمر حالت ویژه‌ای دارند وبعداً به آنها اشاره خواهیم کرد.

سرعت نور

چهار قمر گالیله‌ای، وهمچنین آمالتا، باتقریب زیادی سطح استوای مشتری ویك مدار مدور را دورمیزنند. اختلاف زاویه‌ای سطح گردش هرقمر باسطح استوای مشتری ودوری ازمرکز مدار هرقمر در جدول ۳۳ داده شده است.

این نظام مدار قمر، یعنی انحراف جزئی از سطح استوائی قمر «مادر» کمی گریز و انحراف ازمرکز، همان چیزی است که ما انتظار داریم. اگر سیستمهای اقمار بنحوی موجودیت یابند که اغلب ستاره‌شناسان تصور میکنند، همه اقمار اورانوس درمدارهای مدور درسطح استوای آن سیاره دورمیزنند. اقمار مریخ وهشت قمر زحل نیز بهمین قسم عمل می کنند.

۱ــ Connecticut (از ایالات کشور امریکای شمالی).

جدول ۳۲

مدارهای پنج قمرداخلی مشتری

	قمر	انحراف برحسب دقیقه قوس	دوری ازمرکز
J–V	آمالتا	۳	۰/۰۰۲۸
J–I	آیو	۳	۰/۰۰۰۰
J–II	اوروپا	۱	۰/۰۰۰۳
J–III	گانیمد	۲	۰/۰۰۱۵
J–IV	کالیستو	۲۱	۰/۰۰۷۵

معذلك این قاعده ثابت نیست. قمرخود ما (ماه) مداری‌دارد که تا ۱۸° بطرف سطح استوای زمین منحرف شده است. انحراف از مرکزمداراه برابر ۰/۰۵ وسه برابر مدار خود زمین میباشد. این دو موضوع معماهای دیگری هستند که ستاره‌شناسان تاکنون دربارهٔقمرما حل نکرده‌اند.

نظام مدارهای اقمارمشتری بطوری است که اگر مامشتری رابا محورش که مستقیماً دربالا وپائین‌است‌ببینیم، مدارهای‌اقماررا درست زیرلبه مشاهده میکنیم. هرقمربنظرمیرسد که‌ازغرب‌به شرق دریك‌خط مستقیم حرکت میکند وسپس از شرق به غرب درهمان خط مستقیم حرکت نموده ودریك‌سمت درست بهمان فاصله سمت دیگرازمشتری عقب میکشد.

وقتی هرقمراز غرب به شرق حرکت کند، ازجلومشتری عبور

نموده ودرطول‌خط استوا به حرکت درمی‌آید. سپس هنگامی که در جهت مخالف، یعنی ازشرق‌به غرب حرکت نماید، از عقب مشتری گذشته وخسوف میکند وبعدازمدتی ازخسوف خارج میشود. هر قمر هنگام حرکت از شرق به غرب نیز به همین ترتیب دچار خسوف می‌شود.

بااینحال ماازمحل خود درزمین، مدارهای قمری راکاملاً لب‌به لب نمیبینیم. مدار مشتری دارای انحرافی برابر ۱/۳° نسبت‌به مدار زمین ما میباشد وخط استوای مشتری بمیزان ۳/۱° نسبت به مدارش انحراف دارد. ترکیب این انحرافات بدان معنی است که مااز زمین گاهی مدارهای اقمار مشتری را اندکی بالاتر وگاه اندکی پائین‌تر می‌بینیم.

کالیستو درحداکثرفاصله ازمشتری واقع‌است ومدارش بیش‌از سایراقمارپنجگانه مشتری‌نسبت به خط استوای آن‌سیاره‌انحراف دارد، (گواینکه انحراف‌مذکورفقط یك‌سوم درجه‌است) وبعلت این‌انحراف مدار، کالیستو درموقع عبورازپشت سیاره‌گاهی دربالا وگاهی درپائین کره مشتری دیده میشود.

اگرچه‌کالیستو دراغلب موارد درخسوف قرار دارد، سایراقمار گالیله‌ای وآمالتا نیز درهرگردش مجزا بدون استثناء بوسیله مشتری (بطوریکه از زمین مشاهده میشود) دچارخسوف میشوند.

پس‌ازآنکه‌گالیله چهارقمربزرگ مشتری‌را کشف کرد، ستاره‌شناسان‌به‌این‌خسوف‌هاشدیداً علاقمندشدند. باتوجه به‌انحراف‌مختصر

مدار وخط استوای مشتری وانحراف کمتر مدارهای قمری، به‌آسانی میتوان پیش‌گوئی کرد که چه وقت هریك ازقماربه خسوف میروند و دوباره خارج میشوند.

بعضی‌ازستاره‌شناسان قرن‌شانزدهم‌ازاینکه ازاقمارمشتری‌بعنوان ساعت بسیار بزرگی درآسمانها استفاده نمیشود تعجب میکردند. اگر یکی‌ازاین‌اقماربه خسوف‌برود، لحظه دقیقی که ناپدید میشودنمایشگر وقت‌معینی‌میباشد ومیتوان ساعتهای رصدخانه (وهرنقطهٔ دیگردرزمین) را باآن تنظیم کرد. بااین روش ماهیچگاه درباره تندی یا کندی‌ساعتها دچارنگرانی نخواهیم شد وآنهـا را میتوانم همیشه باساعت‌آسمانی اقمارمشتری میزان وتصحیح کنیم.

پس‌طبعاً ستاره‌شناسان به بررسی دقیق اقمار پرداختند و زمـان واقعی هرخسوف را بمنظورکسب آمـار واطلاعات لازم بـرای تهیه پیش‌بینی‌هائی برای آینده ثبت کردند. بااینحال مشکلاتی نیز بوجود آمد. باهردقتی‌هم که ستاره‌شناسان جدولهای خسوف اقمار مشتری را تهیه میکردند، بازهم هرگزکامل نبود. بعضی‌ازاوقات‌خسوف‌هااندکی دیرتراز زمان مقرره وگاهی‌اندکی زودتر اتفاق می‌افتاد. میانگین این اوقات درست بود، ولی‌چه فایده داشت؟ فایده ساعتی که وقت‌صحیح را برحسب میانگین نشان میـداد ولی‌گاهی چند دقیقه جلو میرفت و گاهی چند دقیقه عقب می‌ماند چه بود؟

ستاره‌شناسان نمیتواتستند دلیلی پیداکنند که چرا اقمار مشتری گاهی۸ دقیقه زودتر وگاهی۸ دقیقه دیرتر به‌خسوف‌میروند. رویهمرفته

۱۶ دقیقه اختلاف وجود داشت.

در ۱۶۷۵ یك ستاره‌شناس دانمارکی بنام اولوس‌رمر[1] (۱۷۱۰-۱۶۴۴) این مسئله را موردتوجه قرارداد وملاحظه کرد که هر وقت مشتری وزمین دریك طرف خورشید باشند، خسوف‌ها همیشه زودتر ازحدمتوسط روی میدهند. وقتی زمین پیشروی کند وبطرفی از خورشید که مخالف‌سمت مشتری است‌حرکت‌نماید، خسوف‌ها دیرتر ودیرترحاصل میشوند.

بالاخره وقتی زمین‌به دورخورشیدگردیده ودرطرفی که‌مشتری قراردارد‌ظاهرشود، خسوفها زودتر و زودتر روی‌میدهند. وقتی زمین ومشتری به نزدیکترین فاصله ازیکدیگر برسند، خسوف‌ها حدود۱۶ دقیقه زودترازموقعی روی‌میدهند که زمین ومشتری دورترین فاصله را داشته باشند.

رمرمیگفت فرض کنید عبور نور ازیك فاصله معین مدتی وقت بگیرد. ممکن‌است که ماماقمارگالیله‌ای را درست درلحظه‌ای که درنقطهٔ معینی باشند نبینیم، بلکه فقط وقتی که نوراقماربعداً بما برسند ودیگر درآن نقطه معین‌نباشند آنهارا مشاهده کنیم.

هنگامی که یك‌قمرازپشت مشتری‌میگذرد، نورش قطع میشود. بااینحال ما در زمین قطع نوررا نمی‌بینیم وقمر دچار خسوف میشود تاآن نقطه قطع شده بما برسد.

موقعی که مشتری وزمین هردو در یك طرف خورشید باشند

۱- Olaus Roemer

اولهرمردر ۱۶۴۴ در دانمارك متولد شد. در۱۶۷۵ پس‌از مطالعه دقیق حرکات اقمار مشتری، سرعت نور را برای اولین‌بار تعیین‌کرد. وی در ۱۷۱۰ وفات یافت.

میانگین فاصله بین آن درحدود ۳۹۰۰۰۰۰۰۰ میل است. وقتی مشتری وزمین در دو طرف مخالف خورشید باشند، حد متوسط فاصلهٔ آن‌درحدود ۵۸۶۰۰۰۰۰۰ میل میباشد.

موقعی که مشتری وزمین دردو طرف مخالف خورشید باشند، نوراقمار باید بطور متوسط ۱۸۶۰۰۰۰۰۰ میل‌دیگر را که برابر پهنای کامل مدارزمین‌است طی‌می کند. فرض کنیدعبوراشعه نورازاین‌مسافت اضافی۱۶دقیقه وقت‌بگیرد، این‌مدت‌دقیقاًبرابر بازمان وقفه خسوف‌ها هنگامی‌است که زمین ازمشتری دورمیشود وموقعی که زمین به‌سمت مشتری میرود خسوف‌هابه‌جلوحرکت میکنند.

مقصود این‌است که نورباید حدود صدوهشتادهزارمیل‌را درهر ثانیه‌طی کند. درواقع سرعت‌نوربرحسب‌اندازه‌گیریهای امروزی‌برابر (۱۸۶۲۸۲) میل درثانیه‌میباشد.

این سرعت با مقایسه با زمانهای زمینی سرعت فوق‌العاده‌ای محسوب میشود. نور باچنان سرعت حرکت میکند که هیچکس در کارهایش به‌آن توجه‌ندارد. اگرشماچیزی‌را درمحل‌معینی ببینید، جای واقعی اودرهمان محل‌است، زیرانوربرای عبوراز آن‌چیزتا چشم‌شما، فقط کوچکترین بخشی‌ازیك‌ثانیه وقت میگیرد ودرآن‌مدت بسیار کم، آن‌چیزوقت حرکت کردن‌راندارد.

درحرکت اجرامی خارج اززمین، سرعت نورباید موردتوجه قرارگیرد. نورماه در۱/۲۸ ثانیه برزمین میرسد. این‌فاصله زمانی برای اجرام دورتردوراززمین، طولانی‌تروطولانی‌ترمیشود.

مساوی ۱۸۶۲۸۲ میل در ثانیه‌را (یعنی مسافتی که نوردریك ثانیه می‌پیماید) یك «ثانیهٔ نوری» مینامند. پس میانگین فاصلهٔ ماه اززمین ۱/۲۸ ثانیه نوری میباشد. یك «دقیقه‌نوری» اندکی، بیش‌ازیازده‌میلیون میل و ۶۰برابریك «ثانیهٔ‌نوری» است، زیرافاصله‌ای است که نوردر ۶۰ ثانیه طی‌میکند. بهمین‌ترتیب یك «ساعت‌نوری» تقریباً ۶۷۱میلیون‌میل یا ۶۰برابر یك «دقیقه‌نوری» میباشد.

درجدول ۳۴ میانگین فاصله سیارات از خورشید برحسب «واحدهای‌نوری» داده‌شده‌است.

جدول ۳۴

فاصله سیارات از خورشید برحسب واحدهای نوری

سیاره	حدمتوسط فاصله‌ازخورشید برحسب‌دقیقه‌نوری	برحسب‌ساعت‌نوری
عطارد	۳/۲	۰/۰۵۳
زهره	۶/۰	۰/۱۰
زمین	۸/۳	۰/۱۴
مریخ	۱۲/۶	۰/۲۱
مشتری	۴۳/۳	۰/۷۲
زحل	۷۹/۴	۱/۳۲
اورانوس	۱۶۰	۲/۶۸
نپتون	۲۵۰	۴/۱۶
پلوتو	۳۲۰	۵/۳۳

شما مـی‌توانید مشاهده کنید که اندکی بیش‌از ۸ دقیقه برای رسیدن نورخورشید به‌ماوقت لازم‌است. بااینحال بیش‌از۵ساعت‌برای طی نورخوشید به‌پلوتو طول می کشد. میتوان‌گفت که‌نزدیك۱۱ساعت برای‌عبور نورازیك‌طرف مدار «پلوتو» به‌طرف دیگروقت لازم‌است. بقسمی که قطرنهائی منطومه‌سیاره‌ای خورشید تقریباً۱۱ «ساعت‌نوری» میباشد.

این مقدارخیلـی زیاد بنظر میرسد، ولی وقتی به‌مسافات خارج منظومهٔ شمسی‌توجه شود، حکم صفروهیچ‌را پیدا میکند.

درقرن نوزدهم معلوم‌شد ستاره‌هاچنان بعدمسافت دارند که‌سالها وقت‌لازم‌است تانورآنها بزمین‌برسد. «سال‌نوری» برای‌ستاره‌شناسانی که علاقمندبه‌ستارگان‌بودند یك‌واحد معمولی‌مسافت‌گردید.

مهمترآنکه‌سرعت‌نوریکی‌ازمهمترین معیارهای شناخته‌شده‌برای دانش‌گردید وبرای‌سرعت حرکت اجسام، حدواندازهٔ قاطعی‌برجای گذاشت. نظریـهٔ معـروف نسبیت انشتین[1] بـراساس سرعت نورمبتنی شده‌است.

سرعت نورابتدا در۱۶۷۵ بابررسی خسوف‌های اقمارگالیله‌ای مشتری اندازه‌گیری شد.

۱ـ Einstein

فصل پنجم

نفوذ وتأثیر مشتری

مشتری وزحل

همانطور که قبلا دراین کتاب گفته‌ام، میدان جاذبه هرجسم به نسبت مجذورفاصله‌کاهش میابد. ولی‌باوجوداین هرقدرهم که مسافت زیادباشد، هیچگاه به‌صفرنمیرسد. بنابراین هرجرمی درعالم تـأثیری برجرم دیگردارد، درهرفاصله‌ای که‌باآن‌باشد، چه‌دور وچه‌نزیك.

البته اگراین‌فاصله تااندازه‌ای زیاد وآن‌اجرام بقدرکافی کوچك باشند، کشش‌بین‌آنها بقدری ناچیزمیشود که میتوان‌آنرا عملا نـادیده گرفت. مثلا نیروی جاذبهٔ سیارهٔ کوچك عطارد را برسیاره دوردست «پلوتو» میتوان درمحاسبات ستاره‌شناسی بدون تأثیردانست.

هرقدرتکاثف یك‌جرم بیشترباشد، تأثیرش درفضا، هرچه دورتر گسترش میابد، قبل‌ازآنکه بقدرکافی کوچك وصرف‌نظرکردنی‌شود،

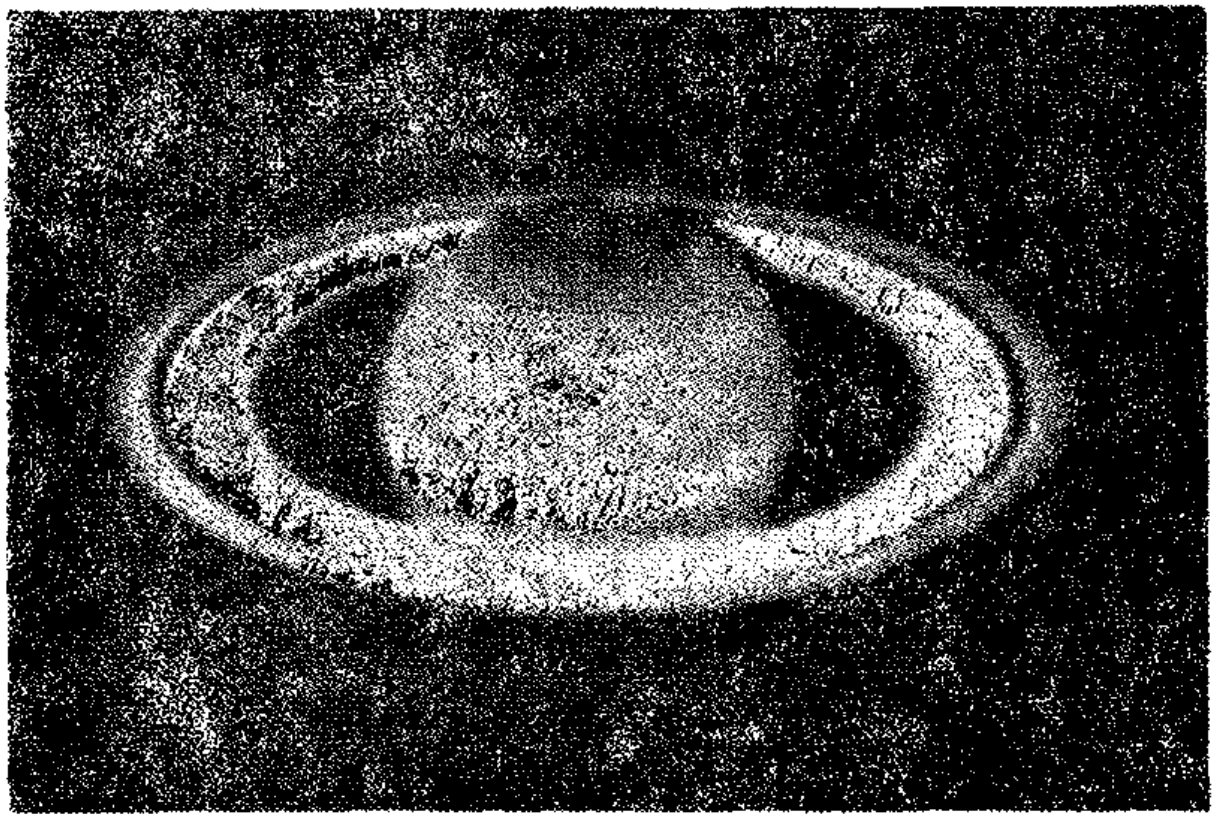
چـون تاکنون مشتری بزرگترین سیارات درمنظومـه شمسی شناخته شده تأثیرجاذبه‌اش نیزاهمیت بیشتری دارد و چون زحل دومین سیاره بزرگ وبا مشتری همسایه است، پس تأثیرجاذبه‌بین آنها بیش‌ازتأثیر دربین هردوسیارهٔ دیگرمیباشد.

وقتی مشتری وزحل دریك طرف خورشید بوده وتا حدامکان‌به یکدیگرنزدیك‌باشند ۳۲۸۰۰۰۰۰۰میل‌ازهم فاصله دارند. دراینصورت زحل ۲۸۰برابرکالیستوازمشتری دوراست. ازطرف دیگر زحل ۵۷۰۰ مرتبه‌ازکالیستومتکاثف‌تراست،پس‌میتوان حساب کرد که کشش‌جاذبه‌ای بین مشتری وزحل وقتی که بهم خیلی نزدیکترباشند $\frac{۱}{۱۴}$ کشش بین مشتری وکالیستومیباشد ودرواقع ۱/۱ برابر قویتر از کشش جاذبه‌ای بین زمین وماه است.

این یك جاذبهٔ واقعـی بشمار میرود. اگرمشتری وزحل باهمان فاصله‌ازیکدیگرجدابوده ودرعالم‌هستی تنهابودند، درنقطه‌ای درحدود ۷۶۰۰۰۰۰۰میلی مشتری‌به دوریکدیگرگردش میکردند. آنهایك سیاره مضاعف راتشکیل میدادند وهریك از آنهایك دورکامل‌به دورآن «نقطهٔ واسطه» را دراندکی‌بیش‌از۴/۵ سال سی میکردند.

علت‌آنکه اینکاررا نمیکنند وجـود خـورشید میباشد. بااینکه خورشید دوبرابـر مشتری اززحل فاصله دارد، تکاثف عظیمش باعث ایجاد نیروی جاذبه فوق‌العاده زیادی برزحل میشود. جاذبه خورشید برزحل ۱۵۰ مـرتبه بیش‌ازجاذبه مشتری برزحل حتی درنزدیکترین موقعیت‌آنها میباشد .

ولی با اینکه زحل ازجاذبهٔ زیاد خورشید تبعیت کرده وبه دور آن میگردد، بدان معنی نیست که تحت‌تأثیرجاذبهٔ مشتری‌نیزقرارندارد. درحالی که مشتری به دورخورشیدگردش کرده وبه محل زحل نزدیك می‌شود (بخاطر داشته باشید که‌گـردش مشتری درمدارهایش به دور خورشید تندتر ازگردش زحل میباشدکه دورتر است)، نیروی جاذبه بین‌آنها افزایش مییابد. جاذبه مشتری درهنگام رسیدن به زحل‌حرکت



زیباترین‌جسمی که‌میتوانیم درافلاك مشاهده‌کنیم‌زحل‌نامیده میشود ومسلماً هیچ‌چیز دیگرنظیرآن وجود ندارد. دراین تصویرحلقه‌هائی را بهمان وضوحی‌که احتمالا از زمین مشاهده میشود میبینیم. محور این سیاره نیز تاجائیکه امکان داشته به سمت ما منحرف شده است.

آن سیاره را کند میسازد. ازطرف دیگر جاذبهٔ زحل به مشتری سرعت حرکت میدهد.

پس از آنکه مشتری اززحل عبور کرد وضع برعکس میشود. حالا مشتری در جلو قرار دارد و جاذبه‌اش به زحل سرعت میدهد درحالی که جاذبهٔ زحل، حرکت مشتری را کند می‌کند.

درپایان هیچ کدام ازدوسیاره بطوردائم زیرتأثیرقرار نمیگیرد. سرعت‌ها و کندی‌ها همدیگررا جبران میکنند. با اینحال دانشمندانی که‌سعی دارند سیستم‌هائی رابرای محاسبه‌اینکه مشتری وزحل‌چه‌وقت دقیقاً در مدارهای خود هستند، تهیه کنند، باید جاذبه بین‌آنها را به‌حساب بیاورند.

اگرفقط لازم بود به‌نیروی جاذبه بین‌خورشید وسیاره‌بخصوصی توجه شود، محاسبهٔ حرکات‌آن سیاره بسیارآسان بود. باوجود این جاذبه‌های کوچکتربین سیارات، این‌حالت ساده را مختل میسازد وبهم میزند وستاره‌شناسان باید مقداراین «اختلالات»[1] را محاسبه کنند.

چون مشتری متکاثف‌ترین‌سیاره منظومه شمسی‌میباشد،بزرگترین اختلالات را درسیارات دیگرایجاد میکند ومحاسبات را برای ستاره‌شناسان دشوارمیسازد. طبیعتاً هیچیك ازسیارات دیگربه‌اندازه زحل بوسیله مشتری دچاراختلال نمیشوند. هیچ سیاره دیگری به‌جزمریخ (برحسب‌تصادف) بقدر زحل به مشتری‌نزدیك‌نمیشود.

فرض کنید جاذبه بین مشتری وزحل‌را درنزدیکترین فاصلهٔ‌آنها برابر ۱۰۰۰۰ منظورکنیم، آنگاه میتوانیم اعدادی متناسب با جاذبه

مشتری برهر سیاره دیگردر نزدیکترین فاصله آنها درنظـر بگیریم ، (براساس این مقیاس، جاذبه بین زمین وماه ۹۱۰۰ میباشد). جاذبه مشتری بر سیارات دیگـر برحسب این مقیاس درجدول شماره ۳۵ داده شده است .

جدول ۳۵

جاذبه مشتری برسیارات دیگر

سیاره	جاذبه مشتری (زحل = ۱۰۰۰۰)
عطارد	۳/۳
زهره	۶۰
زمین	۸۹
مریخ	۱۳
مشتری	-
زحل	۱۰۰۰۰
اورانوس	۱۲۰
نپتون	۳۸
پلوتو	۰/۲

بدیهی است کـه جاذبه مشتری برسیارات دیگـرخیلی کمتراز جاذبه‌اش برزحل میباشد. بااینحال کمیتش را نمیتوان نادیده گرفت . وقتی مشتری درنزدیکترین فاصله‌اش با زمین باشد، جاذبه‌اش بر زمین بیش‌ازجاذبه هرسیاره دیگر بوده ودوبرابر جاذبه زهره درنزدیکترین

حالتش میباشد، ضمن اینکه زهره نزدیکترین همسایهٔ سیاره‌ای ما محسوب میشود. درمحاسبه جزئیات حرکت زمین در منظومه شمسی، جاذبهٔ خورشید باید ابتدا مورد توجه قرار گیرد وسپس جاذبهٔ ماه منظورشود. بعداز آن نوبت سومین سیاره، یعنی مشتری فرا میرسد.

مشتری وخورشید

مشتری تأثیرجاذبه‌ای جالب‌توجهی برخورشید دارد، ولی این موضوع نیازمندبه بعضی توضیحاتی است:

وقتی دوجرم بانیروهای‌جاذبه خودیکدیگرراجلب میکنند، این کشش دوطرفه است. زمین ماه را جذب میکند، و ماه نیز زمین را. خورشید مشتری ومشتری خورشید را جذب‌میکند.

اگردوجرم که بانیروی جاذبه خودیکدیگررا جلب مینمایند از نظرتکاثف برابر باشند، هیچیك از آنها دور مرکزجرم دیگرگردش نمیکند. آنها که ازنظرجاذبه تأثیر متقابلی بریکدیگر دارند هردو دور نقطه‌ای که دقیقاً درنیمه راه فیمابین قرارگرفته‌است، می‌چرخند. این نقطه «مرکزثقل یامرکزجاذبه[1]» نامیده میشود.

اگردوجرم دارای تکاثف‌های نامتشاوی باشند، جسمی که بیشتر متکاثف است کمترجذب میشود. اینك دوباره این فرضیه را درمورد مشتری وزحل که ۳۲۸۰۰۰۰۰۰ میل ازیکدیگر فاصله دارند، چنانچه مثل‌یك‌ستاره مضاعف دوریکدیگرگردش کنند، بررسی مینمائیم: چون

۱- Center of Gravity

جرم مشتری ۳/۳ برابرجرم زحل میباشد، تأثیربیشتری برروی آن‌دارد ومیتواند زحل را ۳/۳ برابرتندترازسرعتی به‌گردش‌درآورد که زحل میتواندمشتری را گردش دهد.

اگرزحل‌ومشتری‌دوریکدیگرگردش کنند، باتوجه‌به‌اینکه زحل ۳/۳ برابرتندترمیگردد، زحل دایره‌ای‌طی‌میکند که قطرآن ۳/۳ مرتبه زیادتراست. مرکزثقل باید همیشه بین مشتری وزحل باشد ولی باید ۳/۳مرتبه‌ازمشتری‌دورترباشدتازحل. تنهادراین‌حالت‌است که‌زحل‌دایره بزرگتری طی کرده وباسرعت بیشتری گردش‌مینماید.

مرکز ثقل در۷۶۰۰۰۰۰۰ میلی مشتری (همانطور که قبلا گفته شد) و۲۵۲۰۰۰۰۰۰ میلی زحل خواهدبود.

البته مشتری وزحل دوریکدیگرنمیگردند، ولی آیا وضع زمین وماه چگونه است؟

ماه معمولا دورزمین‌میگردد ولی دورمرکز زمین‌گردش‌نمیکند واینکاررا نمیتواند انجام دهد. هم ماه وهم زمین باید دور مرکزثقلی که همیشه بین مرکززمین ومرکزماه واقع است‌گردش کنند.

چون جرم ماه $\frac{۱}{۸۱}$ جرم زمین است، مرکز ثقل باید ۸۱ مرتبه دورترازمرکز ماه باشدتا ازمرکز زمین. فقط بدین‌ترتیب است که ماه تحت تأثیر جرم بیشتر زمین قرار دارد، تازمین تحت تأثیر جرم کمتر ماه، بدین‌جهت میتواند ۸۱ مرتبه تندترازززمین حرکت کند.

مقصود این است که مرکز ثقل سیستم زمین- ماه ۲۹۵۰ میل‌از

مرکز زمین فاصله دارد و تقریباً در هزار میلی زیر سطح زمین واقع است .

هربار که ماه بزرگترین دورخود را بـه دوراین مرکز ثقل طی میکند، مرکز زمین دایره بسیار کوچکتری به دورهمان مرکزثقل طی مینماید. هریك ازاین دوجرم دایره‌کاملی‌به دوراین مرکزثقل در۲۷/۳ روزطی‌میکنند ومرکزماه ومرکززمین همیشه هنگام‌گردش‌آنهادرست درجهات مخالف مرکزثقل واقع میباشند.

بهمین‌دلیل وقتی زمین‌به دورخورشید میگردد، اینکار را به دور مرکزخورشید انجام نمیدهدبلکه دورمرکزثقل که بین مرکزخورشید ومرکززمین واقع است گردش میکند. طبیعتاً چـون تکاثف خورشید خیلی بیشترازتکاثف زمین میباشد، مرکزثقل سیستم «خورشید-زمین» باید خیلی نزدیك‌به مرکزخورشید باشد.

ما درمـورد هر سیاره میتوانیم دوری مـرکز ثقل را از مرکز خورشیدمحاسبه کنیم. بدیهی است هرچه سیاره دارای تکاثف بیشتری باشد، مرکزثقل از مرکزخورشید دورتـر است. ضمناً هرچـه فاصلهٔ سیاره‌ای دورترباشد مرکزثقل‌ازمرکزخورشید دورترخواهدبود.چون تکاثف مشتری ۳۱۸ برابرتکاثف زمین‌است وپنج برابر دورتر از زمین نسبت‌به‌خورشیدمیباشد، میتوانیم انتظارداشته‌باشیم که مرکزثقل‌سیستم «خورشیدـمشتری» ازمرکزثقل سیستم «خورشیدـ زمین»، از مرکـز خورشید خیلی دورترباشد.

درجدول ۳۶ موقعیت مرکزثقل هریك‌ازسیستمهای «خورشیدـ

سیاره» داده شده است.

جدول ۳۶

مرکز ثقل سیستم‌های خورشید ـ سیاره

سیاره	مرکز ثقل (برحسب میل ازمرکزخورشید)
عطارد	۶
زهره	۱۶۰
زمین	۳۰۰
مریخ	۵۰
مشتری	۴۶۰۰۰۰
زحل	۲۵۰۰۰۰
اورانوس	۸۰۰۰۰
نپتون	۱۵۰۰۰۰
پلوتو	۱۲۰۰

چهارسیاره درونی «داخلی» منظومه شمسی آنچنان به‌خورشید نزدیك و آنقدر کوچك‌اند که تغییر قابل‌توجهی درمرکز ثقل نمیدهند. حتی تغییرمکان ۳۰۰ میلی زمین که متکاثف‌ترین سیارات خارجی‌است، باتوجه به‌اینکه فاصلهٔ مرکزخورشید ازسطح آن ۴۳۲۰۰۰ میل است، بسیارناچیزمیباشد.

پلوتو، آنقدرازخورشیددوراست که‌بااینکه تکاثفش‌بیش‌ازمریخ نمیباشد، به دورمرکزثقلی که ۱۲۰۰ میل‌ازمرکز خورشیدفاصله دارد

گردش میکند. بااینحال این نیزچندان زیاد نیست وفقط $\frac{۱}{۳۶۰۰۰}$ راه بین مرکز وسطح خورشید میباشد.

فقط چهارسیاره برجیسی (مشتری، زحل، اورانوس ونپتون) به دورمرکزثقلی که ازمرکز خورشیدکاملا دوراست گردش میکنند. ازاین چهارسیاره، مشتری به دورمرکزثقلی می گردد که دورترین فاصله را ازمرکزخورشید دارد. مرکزثقل سیستم «خورشید- مشتری» تنها مرکزثقلی است که خارج ازجرم خورشید میباشد. این مرکز ثقل ۴۶۰۰۰۰ میل ازمرکز خورشید فاصله دارد وفاصله سطح خورشید از مرکزش فقط ۴۳۲۰۰۰ میل است. بنابراین مرکزثقل سیستم «خورشید- مشتری» ۲۸۰۰۰ میل بالای سطح خورشید (درجهت مشتری) قراردارد، وخورشید در۱۱/۸۶ سال به دورآن میگردد وکاملا بامشتری همگام میباشد.

اگرمشتری تنها سیاره درمنظومه شمسی بود، دایرهٔکاملی را با خورشید در۱۱/۸۶ سال طی می کرد و دایره مشتری بزرگتر ودایره خورشید کوچکتر می‌شد.

تحت آن شرایط، هرگاه کسی ازفاصلهٔ دوری به‌منظومه شمسی نگاه می کردممکن بودنتواند مشتری را ببیند وباوجوداین‌چیزدیگری را مشاهده می کرد. اومتوجه میشد که خورشیدمقداربسیار کوچکی در محل‌خود دچارجنبش وتغییرجا[1] میشود واین‌جنبش را در۱۱/۸۶سال

۱- Wobble

تکمیل میکرد. این ناظر میتوانست نتیجه‌گیری کند که سیاره بزرگی به دورخورشید میگردد، اگرچه نمیتواند آن را ببیند. وی ازطرز صحیح این تغییرمحل حتی میتوانست استنباطی ازجرم و فاصلهٔ آن سیاره نامرئی بدست بیاورد.

البته این موضوع که سیارات دیگری علاوه برمشتری درمنظومه شمسی وجود دارد پیچیدگیهای دیگری تولید میکند. خورشید باید درواقع به دور مرکزثقل تمام منظومه شمسی که همه سیارات در آن شرکت دارند گردش نماید. اگرهمه سیارات دیگر تصادفاً درست در جهت مخالف مشتری می‌بودند، شرکت آنها درگردش نامحدودی بیشتر ازمشتری میشد. ازاین‌رو مرکز ثقل منظومه شمسی چهل‌هزارمیل از مرکزخورشید، درطرف مخالف مشتری، فاصله پیدا می کرد.

مرکزثقل منظومه شمسی باگردش سیارات به دورخورشید به طرزپیچیده‌ای تغییرمحل میدهد، ولی بیشتراوقات به‌سمت کلی مشتری متوجه میباشد.

سیارات کوچک[1]

آیا تأثیرجاذبه‌ای مشتری چه‌کار دیگری انجام میدهد؟ ماتابحال دربارهٔ اختلالات آن برروی سیارات دیگر وتأثیرش برخورشید، بحث کرده‌ایم، والبته این کیفیت وجود دارد که مشتری اقمارش را درمدار خودش نگاه میدارد. آیا مطلب دیگری هست؟

۱- Asteroids

یکباردیگر بـه منظومهٔ شمسی بنگریـد وبه فواصل سیارات از خورشید توجه کنید:

آیافاصله سیاره بخصوصی ازسیارهٔبعدی که به خورشیدنزدیکتر است چقدرمی‌باشد؟ مثلا زهره بامیانگین ۶۷ میلیون میل فاصله‌اش‌از خورشید، ۱/۹ مرتبه از همسایه‌اش‌عطارد ازخـورشید دورتـر است، درحالی کـه میانگین فاصله همین عطارد از خورشید ۳۶ میلیون میل است.

جدول ۳۷ نسبت فاصله خورشید ازهریك جفت سیاره رانشان می‌دهد. این‌نسبت‌ازسیاره به‌سیاره تغییرمی کند وبجزدریك‌موردچندان زیادنیست. همهٔ این‌نسبت‌ها بجزیك مورد، بین۱/۳ و۲ قرارگرفته‌اند. با کنارگذاشتن آن یك‌نسبت استثنائی می‌توان‌گفت که هرسیاره اندکی بیش‌ازیك‌برابرونیم دفعه ازسیاره قبلی ازخورشید دورتراست.

آن موردی کـه‌استثنا دارد فاصله بین مشتری ومریخ می‌باشد. مشتری ۳/۴ مرتبه بیش‌ازمریخ تاخورشید فاصله دارد. فاصله بین این دوسیاره دوبرابربیش‌ازمقدارموردانتظارمی‌باشد،چنانکه‌گوئی‌سیاره‌ای بین‌آن دو وجود دارد درحالی که چنین نیست.

ولی آیا سیاره‌ای کـه کشف نشده است دربین مشتری ومریخ وجود دارد؟

این‌امر بعیدبنظرمی‌رسد. مشاهده مریخ ومشتری درآسمان‌حتی بدون تلسکوپ‌آسان است. آیا دربین‌آن دوکره سیاره‌ای وجود دارد که تا پایان قرن هفدهم موردتوجه قرارنگرفته است. تنهـا راه برای

وجود چنین سیاره‌ای آن است که بسیار کوچك ودرنتیجه بسیار تاریك بوده باشد.

دراواخر قرن هفدهم ستارشناسان که درباره این‌گونه سیارات فکرمیکردند بیك‌بررسی تلکسوپی درآسمان‌پرداختند تاشایدیك‌ستاره ناپیدا یا هر جرمی را مشاهده نمایند که برخلاف ستارگان تندتر از مشتری ولی کندتر ازمریخ حرکت کند.

دریکم‌ژانویه۱۸۰۱، یك‌ستاره‌شناس‌ایتالیابی‌بنام جوسپ‌پیازی[1] (۱۷۴۶-۱۸۲۶) چنین سیاره‌ای راکشف کرد ونامش‌را بااقتباس ازالههٔ کشاورزی رومیها سرس[2] گذاشت. این کشف آغازجالبی برای قرن جدیدبود. مدار سرس‌بوسیلهٔ یك ریاضی‌دان آلمانی‌بنام کارل‌فردریك گوس[3] محاسبه شد ومعلوم‌گردید که بین‌مریخ ومشتری قرار دارد.

میانگین فاصله «سرس» ازخورشید ۲۵۰ میلیون میل‌است. این سیاره ۱/۸ مرتبه بیش ازمریخ تاخورشید فاصله دارد ومشتری ۱/۹ مرتبه بیش‌از سرس ازخورشید دوراست. اگرسرس درجدول داخل میشد، نسبت‌ها تقریباً بهمین‌ترتیب باقی میماند.

از لحاظی، کشف سرش مشکلاتی نیز ببارآورد. مریخ تاآن زمان چهارمین‌سیاره ومشتری پنجمین سیاره محسوب میشد، وتغییراین شماره‌گذاری غیرممکن‌بنظرمیرسید. آیا ممکن‌بودسرس‌را سیاره $4\frac{1}{2}$ خواند. خوشبختانه بزودی معلوم‌شد دلیل‌موجهی برای شماره‌ندادن‌به

۱- Giuseppe Piazzi ۲- Ceres ۳ Carl Friedrich Gauss

سرس وجود دارد.

سرس فقط ۴۶۰ میل قطر دارد و از هر سیارهٔ دیگری بسیار کوچکتر است. این سیاره فقط $\frac{۱}{۷}$ قطر عطارد را دارد که کوچکترین سیاره قبل از کشف سرس محسوب میشد. سرس در واقع کوچکترین جسمی بود که در منظومه شمسی تا آن زمان کشف شده بود. این سیاره آنقدر کوچك بود وچنان نور کمی منعکس میکرد که حتی وقتی در نزدیکترین فاصله اش با زمین قرار داشت، آنقدر درخشان نبود که با چشم غیرمسلح دیده شود.

سرس آنقدر کوچك بود که ستاره شناسان تعجب می کردند که فقط همین یك سیارهٔ صغیر در شکاف بزرگ بین مریخ و مشتری وجود داشته

جدول ۳۷

نسبت‌های فواصل سیارات از خورشید

سیارات مجاور همدیگر	میانگین نسبت فاصله
زهره ـ عطارد	۱/۹
زمین ـ زهره	۱/۴
مریخ ـ زمین	۱/۵
مشتری ـ مریخ	۳/۴
زحل ـ مشتری	۱/۸
اورانوس ـ زحل	۲/۰
نپتون ـ اورانوس	۱/۶
پلوتو ـ نپتون	۱/۳

باشد. آنهابه‌ترصد خود ادامه دادند ودرمارس ۱۸۰۲ یك ستاره‌شناس آلمانی بنام هاینریش اولبرس[۱] سیاره دومی‌را درآن شکاف کشف کرد که مدارش ازسرس‌دورنبود. این‌سیاره پالاس[۲] نامیده‌شد که اسم‌دیگر آتنا الهه‌یونانی بود.

این کشف تاحدودی‌بی‌سابقه محسوب‌میشد؟ دوسیاره‌تقریباًبایك مدار! مهمتراینکه پالاس حتی ازسرس نیز کوچکتربود وفقط ۳۰۰میل قطرداشت. در۱۸۰۴ سومین سیاره بنام ژونو[۳] «همسر مشتری» کشف گردید ودر۱۸۰۷چهارمین‌سیاره‌بنام وستا[۴] (الهه‌آتشدان‌رومیان) کشف شد. هردو درامتداد مدارهائی دربین مدارات مریخ ومشتری حرکت میکردند وقطرهردو کمتراز ۱۰۰ میل‌بود.

بااینکه این‌چهارجرم سماوی که همه‌آنها بین‌مریخ ومشتری‌قرار داشتند کوچك بودند، ولی‌بازهم سیاره‌محسوب میشدند. آنها مستقلا دورخورشید میگردیدند، پس‌شایستگی این‌نام‌را دارابودند. بااینحال بعلت کوچکی اندازه خود گاهی «سیارات صغیر» یا «خرده سیاره» خوانده میشوند.

ولی معمولی‌ترین نام‌آنها «شبه‌سیاره» است واین‌نام را هرشل کاشف اورانوس به‌آنهاداده است. اواین نام‌را بدان‌جهت انتخاب کرد که اجرام جدید آنقدر کوچك بودند که وقتی با تلسکوپ به‌آنها مینگریستند، مانند سیارات‌دیگر بشکل کره‌نبودند، بلکه‌نقاط نورانی

۱- Heinrich Olbers ۲- Pallaas ۳- Juno
۴- Vesta

مثل ستارگان بشمار میرفتند.

قطر شبه سیارات را نمیتوان از اندازه دایره آنها تعیین کرد، بلکه از نوری که منعکس میکنند بدست میآید. اگر فاصله یك شبه سیاره معلوم باشد و فرض شود که بقدر یك جسم بدون هوا مانند ماه، نور را منعکس کند، میتوان قطرش را تعیین نمود.

مناسبتی نداشت که بهریك ازاین چهارسیارهٔ کوچك شماره‌ای داده شود و مشتری نهمین سیاره منظومهٔ شمسی محسوب گردد. اگر بازهم سیارات کوچك بیشتری کشف میشد تکلیف چه بود؟ وانگهی چنانچه اجرام کوچك بعوض سیاره، شبه سیاره خوانده میشدند، شماره ندادن بآنها آسان بود. شبه سیارات و سیارات را میتوان جداگانه شماره گذاری کرد: شبه سیارات را بترتیب تاریخ کشف آنها و سیارات را بترتیب فاصلهٔ آنها.

بعداز ۱۸۰۷ ستاره‌شناسان تامدتی دراین عقیده باقی بودند که فقط چهار شبه سیاره که دور کمربند بین مریخ و مشتری میگردند، موجود میباشند، ولی بعدها در ۱۸۴۵ یك ستاره‌شناس آلمانی بنام کارل هنکه[1] پنجمین شبه سیاره را کشف کرد و آنرا بااقتباس از الهه «عدالت» یونان آستراثه[2] نامید.

پس از آن بازهم شبه سیارات بیشتر و بیشتر کشف شد و تا این تاریخ بیش از ۱۶۰۰ شبه سیاره کشف و نامگذاری شده و ممکن است هزاران شبه سیاره دیگر که هنوز کشف نشده‌اند وجود داشته باشد.

۱- Karl Hencke ۲ Astraea

مشتری و شبه سیارات

اکنون این پرسش درمیان است که چرا این کمربند شبه‌سیاره‌ای بین مدارهای مریخ ومشتری وجود دارد؟

دوپاسخ باین سؤال داده‌شده که هردوممکن است شامل مشتری شوند:

اول آنکه شایدسیاره‌ای، یك‌سیارهٔ تنهادرابتدا وجود داشته‌است. این‌سیاره بزرگ‌نبوده وشاید بزرگترازماه نیزبوده است. اگرآن‌سیاره زمانی منفجر گردیده است آیا شبه سیارات قطعاتی از آن انفجار بوده‌اند؟

ولی چرا این سیاره منفجرشده است؟ آیاامکان داردکه انفجار نتیجه میدان‌جاذبهٔ مشتری بوده‌است؟ هیچیك ازسیارات بزرگ‌بیش‌از ۴۰۰میلیون میل به‌مشتری نزدیك‌نمیشوند، ولی هرهفت‌سال یکبار،این شبه‌سیاره تا ۲۰۰میلیون‌میلی مشتری‌آمده است.

آیاتأثیرجاذبه‌ای مشتری، که درهرهفت‌سال یکباربکاررفته چنان باعث لرزش شبه‌سیاره شده که به‌انفجارآن منجرگردیده است؟

این‌فرضیه سؤالات دشواری‌را مطرح‌میکند. بیشترستاره‌شناسان درمورد نظریهٔ انفجارکاملاً مردد میباشند.

معکوس‌این‌قضیه چه‌صورتی‌دارد؟ فرض کنید منطقهٔ‌بین‌مدارهای مریخ ومشتری باقطعات زیادی شروع شودکه هرگزبرای تشکیل یك سیاره بایکدیگرجمع نشوند؟

طبق نظریهٔ جدید در ابتدا تشکیل منظومهٔ شمسی از ابر بسیار بزرگی از غبار و گاز بوده است. این ابر به آهستگی گردش کرده و به آهستگی زیر فشار جاذبه‌ای خود تجمع یافته است.

هرچه این ابر بصورت جسم کوچکتری منقبض گردیده، تندتر و تندتر گردش کرده است. سرانجام، قسمت مرکزی آن بصورت خورشید در آمده، درصورتیکه قسمتی از آن که در وسط قرار داشته، مانند بر آمدگی بزرگ استوائی، بعلت تأثیر گریز از مرکز در اطراف آن حفظ شده است. ابر نازکتری از غبار و گاز که در خارج قسمت میانی خورشید گسترش یافته اجرام بزرگتر و بزرگتری را تشکیل داده که بیکدیگر برخورد کرده و بهم چسبیده و بصورت سیاراتی در آمده‌اند که کم و بیش در سطح استوائی خورشید دور میزنند.

آیا ممکن است آن قسمت از ابر غبار که بین مدارهای مریخ و مشتری بوده بصورت اجرام سخت کوچك به اندازه‌های مختلف در آمده ولی نتوانسته است آخرین مرحلهٔ پیوستگی را طی کند و بصورت جرم بزرگ مجزائی در آید؟

چرا نتوانسته است؟ باز هم پای مشتری به میان میآید. چون مشتری بدور خورشید میگردد، تأثیر جاذبه‌اش شبه سیارات را تکان میدهد و از نزدیك شدن آهستهٔ آنها بیکدیگر جلوگیری میکند. یا حداقل ممکن است چنین بنظر بیاید.

این نظریهٔ دوم نسبتاً جالب است. حتی میتواند توضیحی باشد براینکه چرا سیارهٔ مریخ اینطور کوچك است.

اگر به‌چهارسیاره داخلی‌منظومه توجه کنیم، عطارد که‌بخورشید نزدیکتراست کوچکتراز همه میباشد.

زهره که دومین سیاره است خیلی‌بزرگترازعطارد بوده وزمین اندکی بزرگتراز زهره میباشد. حال چرامریخ نبایدحتی بزرگتراز زمین‌بوده ودرعوض‌فقط یك‌نهم آن‌ازلحاظ جرم‌باشد؟ شایدتأثیرمشتری باعث‌این موضوع شده‌است.

مشتری‌بیش‌ازشبه‌سیارات‌ازمریخ دورتراست. ازاینرواز تشکیل یك سیاره جلوگیری کرده است. شاید حوزه جاذبه بزرگ مشتری مانع‌تجمع‌قطعات‌برای‌تشکیل‌مریخ شده‌است. شایدحوزه‌جاذبه‌مشتری بسیاری ازقطعات بین مریخ ومشتری را جمع‌آوری کرده وبرخلاف معمول قطعات کمی را برای مریخ باقی‌گذاشته است.

شاید بعلت حرص زیاد مشتری است که مریخ فقط $\frac{۱}{۹}$ جرم زمین را دارد وجرم مجموع شبه سیارات کمتراز $\frac{۱}{۹}$جرم‌مریخ‌میباشد!

تأثیرمشتری‌درشبه‌سیارات‌منحصربه‌گذشتهٔدورونامعلوم‌نیست، این تأثیررا‌امروزه‌نیزمیتوان‌بوضوح مشاهده کرد. تا۱۸۶۶شبه‌سیارات‌کافی کشف‌گردیده است، بطوریکه میتوان دید که میانگین‌مسافات به‌تساوی بین‌مدارهای مریخ‌ومشتری گسترش‌یافته ولی‌این تساوی‌کامل نمیباشد. یك‌ستاره‌شناس امریکائی‌بنام دانیل کرك‌وود[۱] متوجه شد که بنظرمیرسد درفواصل معینی‌ازخورشید هیچ شبه‌سیاره‌ای وجودندارد. بطورمثال،

۱- Daniel Kirkwood

در ۲۳۰ میلیون‌میلی یا۲۷۵میلیون‌میلی یا۳۰۵میلیون‌میلی یا ۳۴۰ میلیون میلی‌خورشید، شبه‌سیاراتی وجود دارد. آیادلیل امرچیست؟

اینك به‌شبه سیارهٔ میانگین توجه کنید.

مسلماً مهمترین اختلالاتـی که این‌شبه سیاره دریـافت میکند از حوزه عظیم جاذبه‌ای مشتری‌است. هروقت این‌شبه‌سیاره درقسمتی‌از مدارش کـه درآن‌وقت تصادفاً نزدیك محل مشتری باشد گردش کند، جاذبه مشتری‌را مخصوصاًشدیدتر احساس مینماید.

اگرمشتری درنزدیکترین حالت اندکی درجلوشبه‌سیاره باشد، آنرابسمت جلومیراند. اگرمشتری اندکی عقب‌باشدآنرا بسمت عقب می‌کشد. بطورکلی شبه سیاره درنزدیکترین حالت به سمت جلوودر نزدیکترین‌حالت‌دیگربه‌سمت‌عقب‌رانده‌میشود. درحالت‌متوسط، کشش های‌عقب‌وجلوسرانجام‌یکدیگرراخنثی کرده‌ومدارشبه‌سیاره‌ثابت‌میماند.

فرض کنید شبه‌سیاره‌ای دارای‌مداری باشد که‌آنرا بطورمتوسط درمسافت ۳۰۵ میلیون‌میلی‌خورشید قراردهد، دراین‌صورت شبه‌سیاره درکمتراز شش‌سال یکبار به‌دورخورشید میچرخدکـه درست نصف مدت‌گردش مشتری میباشد.

فرض کنید چنین‌سیاره‌ای به‌نقطه‌ای درمدارش نردیك مشتری‌در موقعی که این‌سیاره عظیم‌اندکی جلوتراست‌نزدیك شود. همینکه شبه سیاره‌به‌آن‌برسد، مداربیضی‌شکل آن‌شبه‌سیاره‌اورا دورترمیبرد،یعنی که نیرومندترین کشش مشتری برشبه‌سیاره درجلوخواهد بود. وقتی شبه سیاره دو دورکامل بزند وبه‌آن‌نقطه درمدار خود برگردد، مشتری یك دورکامل‌زده وبازهم‌اندکی جلوتراست واین دوجرم درهمان موقعیتی

وجائی که دوازده‌سال‌قبل‌بودند قرارمیگیرند.

در واقع، هردوازده شبه سیاره ومشتری درهمان موقعیت‌های مربوط بیکدیگرمیباشند. اگردرآن وقت‌مشتری اندکی جلوباشد، شبه سیاره درهربارجلوتر کشیده میشود. اگرمشتری اندکی عقب‌باشد شبه سیاره هر بار به‌عقب کشیده میشود. ولی دراختلالات تعادلی وجود ندارد.

شبه سیاراتی که مرتباً به‌جلو کشیده میشوند ازخورشید دورتر میشوند وشبه سیاراتی که مرتباً به‌عقب کشیده میشوند به خورشید نزدیك‌تر میشوند ودرهرحال درجائی که بودند باقی نمیمانند. بهمین علت است که شبه سیاراتی بافاصله متوسط ۳۰۵ میلیون میلی وجود ندارد. هرشبه سیاره‌ای‌ازاین‌نوع بوسیله مشتری به‌داخل یاخارج‌رانده میشود.

اینموضوع که‌همیشه‌مدت‌گردش‌یك‌شبه‌سیاره کسرساده‌ای‌ازمدت گردش‌مشتری‌است‌حقیقت‌دارد. هرشبه‌سیاره‌درفاصله‌متوسط ۲۳۰میلیون میلی‌ازخورشیدمدت‌گردشی دارد که درست برابر $\frac{۱}{۳}$ مدت گردش مشتری است و باز هم در هر ۱۲ سال در همان موقعیت‌های مربوط قرار دارند.

در۱۷۷۶ ژوزف لوئی لاگرانژ[۱] ستاره‌شناس ایتالیائی-فرانسوی تذکر داد که اینکار درشرایط مخصوصی صورت میگیرد. درآن‌زمان

۱- Joseph Louis Lagrange

شبه سیارات کشف نشده بودند و لاگرانژ ازجابجا شدن بعضی از مدارات اطلاع نداشت وازلحاظ نظری مخص آنرا پیدا کرده بود.

بااینحال ۹۰سال بعداز کشف نظری لاگرانژ، کرك وود، نشان داد که این کشف کاملاً به مشتری وشبه سیارات تعلق میگیرد. نقاط بین مریخ که شبه سیاراتی بعلت اختلالات مشتری یافت نمی‌شدند به (شکافهای کرك وود) موسوم شده‌اند.

شبه سیارات تروژان[۱]

رابطهٔ نزدیکتر بین مشتری وسیارات در۱۹۰۶ معلوم‌شد. درآن سال ماکس ولف[۲] ستاره‌شناس آلمانی شبه‌سیارهٔ شماره ۵۸۸ را کشف کرد. این شبه‌سیاره غیرعادی بود زیرا باسرعت بسیار کم وتعجب آوری حرکت می کرد وبنابراین بطورشگفت آوری ازخورشید دوربود. این شبه‌سیاره دوردست‌ترین شبه سیاره‌ای بشمارمیرفت که تاآن‌زمان کشف شده‌بود وبه اقتباس ازپهلوان یونانی جنگ تروا «آشیل» نامیده شد. (بااینکه به‌شبه‌سیارات معمولا نام زنان‌را میدادند، به‌شبه سیاراتی که مدارهای غیرعادی‌دارند اسامی‌مذکرداده شده است.

اندازه‌گیری دقیق نشان داد که آشیل باسرعت ۸/۱ میل‌درثانیه حرکت‌می کرد، یعنی که بقدرمشتری ازخورشید ازفاصله‌داشت، زیرا مشتری نیز با همان سرعت حرکت مینماید. آشیل در مدت خیلی طولانی‌برای محاسبهٔشکل‌مدارش‌مورد بررسی‌قرارداشت. اغلب‌شبه‌

۱- Trojan (منسوب به‌شهرباستانی تروی Troy) ۲- Max Wolf

سیارات دارای مدارهای بیضی شکل‌تراز مدارهای سیارات معمولی بودند. بااینحال مدار آشیل فرق میکرد وتقریباً مدوربود.

ولی‌اگر آشیل‌به‌دوری مشتری‌بوده ومثل آن‌سیاره مدار دائره‌ای داشته باشد، پس‌باید درمدار مشتری‌گردش میکرد. اتفاقاً همینطور هم بود! وحدود۶۰ درجه درجلو مشتری قرار داشت، یعنی که فاصلهٔ بین مشتری و آشیل حدود۴۸۰ میلیون میل وبرابر فاصله هریك ازآنها از خورشید بود.

مشتری،آشیل وخورشید در زوایای یك‌مثلث متساوی‌الاضلاع قرار دارند. در۱۷۷۲ لاگرانژ که روی نظریهٔ جاذبه‌کارمی کردحساب کرده بودکه اگر سومین جرم بامقایسه بادوجرم دیگرخیلی کوچك باشداین موقعیت‌ثابت‌میماند. هرسه جرم باید مثلث متساوی‌الاضلاعی را تشکیل دهندکه وقتی مثلث دور رأس زاویه‌ای‌که خورشید درآن قراردارد‌گردش میکند، شکل خودرا حفظ نماید.

اما آشیل بامقایسه بامشتری وخورشید بسیارکوچك بود وفقط ۱۰۰ میل طول داشت. ازاینرو بایستی همیشه ۶۰ درجه جلو مشتری قرارمیگرفت زیرا هردو دورخورشید حرکت میکردند.

مطمئناً، آشیل‌بوسیله اختلالات‌اجرام دیگربه‌اینطرف وآنطرف کشانده شده بود، بطوریکه چندمیلیون میل دریك‌جهت یاجهت دیگر حرکت‌می کرد وبطورمتوسط در۴۸۰ میلیون میلی‌جلوآن سیاره‌بسیار بزرگ،یعنی مشتری باقی می‌ماند.

ولی مامیتوانیم مثلث متساوی‌الاضلاعی درجهت دیگربکشیم.

درآنجا نقطه‌ثابت دیگری درمدارمشتری در ۴۸۰ میلیون‌میلی پشت آن سیاره وجود داشت. آیا شبه‌سیاره دیگری درآن محل بود؟

قبل‌ازپایان‌آن سال، شبه‌سیاره دیگری درآن محل پیدا شد. این شبه‌سیاره شمارهٔ ۶۱۷ بود(درماههای فیمابین۲۸ شبه‌سیاره دیگر کشف شده بودند) وشبه سیاره نامبرده به «پاتروکلوس[۱]» از روی‌اسم‌دوست آشیل درافسانه هومر درجنگ تروژان اسم‌گذاری‌گردید.

ستاره‌شناسان ناگهان متوجه شدند که احتمال زیاد دارد بیش‌از یك شبه سیاره درآن محل‌ها وجود داشته باشد. هر شبه سیاره‌ای که تصادفاً درموقعیت ۶۰ درجه درجلو یاعقب مشتری قرارمیگرفت، ودر نتیجه اختلالات به عقب وجلورانده میشد و باسرعت درست وحقیقی حرکت میکرد وازآن پس درهمانجا باقی میماند ودرچنگال مشتری گرفتارمیشد.

تحقیقات ادامه یافت وشبه سیارات بیشتری درهرمحل پیداشدند وهمه‌آنها ازروی‌سایرشخصیتهای‌افسانه‌ای ایلیاد نامگذاری‌گردیدند.

درمحل‌جلومشتری، همراه‌آشیل، شبه‌سیارات‌موسوم‌به‌هکتور[۲]، نستور[۳]، آگاممنون[۴]، ادیسوس[۵]، آژاکس[۶]، دیومدس[۷]، آنتیلوکوس[۸]، وجود دارند که همه‌آنهابجزهکتورازروی‌جنگجویان‌یونان نامگذاری شده‌اند. درمحل‌دیگر،یعنی‌عقب‌مشتری، همراه‌پاتروکلوس‌شبه‌سیارات

۱ـ Patroclus ۲ـ Hector ۳ـ Nestor
۴ـ Agamemnon ۵ـ Odysseus ۶ـ AJax
۷ـ Diomedes ۸ـ Antilochus

پریاموس[۱]، آئناس[۲]، آنشیزس[۳] و ترویلوس[۴] قرار گرفته‌انـد کـه‌بجز پاتروکلوس‌ازتروژانها نام‌گرفته‌اند.

چون تمـام این‌شبه سیارات ازروی شخصیت‌هـای جنگ‌تروا درافسانه هومرنامگذاری‌شده‌اند، شبه‌سیارات «تروژان» نامیده‌میشوند. بهمین‌دلیل به هرمحلی که درسومین‌نقطهٔ یك‌مثلث‌متساوی‌الاضلاع‌قرار بگیرد ودونقطهٔ دیگرش بوسیله اجرام بزرگ اشغال شده باشد «محل تروژان»گفته میشود.

خورشید، مشتری وشبه‌سیارات تروژان تنها نمونـه مثلث‌های متساوی‌الاضلاع ثابت درآسمان هستند. آیاممکن‌است شبه‌سیاراتی‌در محلهای تروژان ازسیارات دیگر وجود داشته باشند؟ شاید! ولی اگر اینطورباشدآنهایاخیلی دور ویا خیلی کوچك ویاهردوحالت رادارند، برای‌اینکه دیده شوند.

۱ـ Priamus ۲ـ Aeneas ۳ـ Anchises ۴ـ Troilus

فصل ششم

فشار مشتری

اقمار بیرونی (خارجی)

بازهم راه بهتر وحتی کامل‌تری برای ارتباط واشتراك مشتری با شبه سیارات موجوداست.

توجه داشته‌باشید که برخی ازشبه‌سیارات به‌اندازه مدارمشتری دورازخورشیدند. این‌موضوع دربارهٔ شبه سیارات تروژان‌صدق‌میکند که بمخاطرهٔ همان دورافتادگی دچارشدند وهمان وضع وسرنوشت ساکنان شهرتروآ را پیدا کردند وبدام افتادند. (درواقع حداقل‌یك‌شبه سیاره بنام هیدالگو[1] که در۱۹۲۰ کشف شد وجود داردکه به‌اندازه مدار زحل‌دورمیباشد).

آیا ممکن است بعضی‌از شبه سیارات بعلت اختلالات مختلف

۱- Hidalgo

به‌مداری کشانده شده باشند که آنها را تصادفاً به‌چند میلیون میلی‌خود مشتری برده باشد؟ اگراینطورباشد، امکان داردمشتری این‌شبه سیارات را عملا اسیرخود سازد. فشار جاذبه مشتری میتواند مدارشبه‌سیاره را چنان تغییردهد که باعث شود بطور نامحدود دور این‌سیارهٔ غول‌پیکر بگردش درآید.

حتی‌پیش‌ازآنکه کشف آشیل بوسیله ولف،نشان دهـد، ممکن است شبه‌سیاراتی وجود داشته باشند که مسافت آنها ازمشتری باندازهٔ خورشید باشد. یك‌ستاره‌شناس امریکائی‌بنام چارلزدیلون‌پرین[1] ازاینکه مشتری می‌توانسته است‌اقماری‌ازاینگونه شبه‌سیارات تسخیر کنددچار حیرت شده بود. این‌شبه سیارات تسخیر شده احتمالا خیلی کوچك و بسیارتاریك بودند وبهمین علت‌هنوز کشف نشده‌اند.

پرین در۱۹۰۴ برای کشف این اقمار تاریك بـه بررسی فضای نزدیك‌مشتری پرداخت. طولی‌نکشید کـه اودوشبه سیاره را، یکی در دسامبر۱۹۰۴ ودیگری در ژانویه ۱۹۰۵ کشف کـرد. آنها ششمین و هفتمین اقمار کشف‌شدهٔ مشتری بشمارمیرفتند.

این‌اقمارجدیدبااقمار قبلی‌اختلاف زیادی داشتند. آنهاازیك‌نظر خیلی کوچك بودند. ششمین قمراحتمالا ۵۰ میل‌وهفتمین قمر۳۵میل طول داشت. ضمناً آنها دورترازسایراقماربه مشتری بودند. فاصلهٔ آنها تامشتری هفت‌میلیون میل بود که شش‌برابرکالیستو (بیرونی‌ترین اقمار گالیله‌ای) ازمشتری فاصله داشت.

۱ـ Charles Dillon Perrine

اکتشافات پرین ستاره‌شناسان دیگر را به جستجو برای اقمار کوچك مشتری تشویق کرد. در۱۹۰۸ ملوت[1] انگلیسی هشتمین قمر را کشف نمود.

هشتمین قمرحتی ازاقمارششم وهفتم غیرعادی‌تربود. این‌قمر جرم کوچکی بود که کمتراز ۲۰ میل طول داشت وفاصله‌اش تامشتری دوبرابراقمارپرین‌بود. میانگین‌فاصله‌اش ازمشتری ۱۴ میلیون میل‌بود. طی کردن مدارش بدوراین سیاره دوسال طول میکشید.

درسالهای بعدی چهار قمر خیلی کوچك‌تر دیگر بوسیله ست‌نیکولسون[2] ستاره‌شناس‌امریکائی کشف‌گردید. اونهمین‌قمررا در۱۹۱۴ ودهمین ویازدهمین قمررا در ۱۹۳۸ و دوازدهمی را در۱۹۵۱ کشف کرد.

اقمار نیکولسون همه اجرام کوچکی باکمتراز ۲۰ میل طول هستند ودلیلی وجودندارد که تصورشوداینهانمایشگر کلیه‌اقمارموجود باشند. مسلماً تعداد ۱۲ قمرمشتری کامل نیست، ولی اقماردیگر، بفرض اینکه وجود داشته باشندکوچك بوده وتاریکتراز آنندکه از زمین مشاهده شوند.

اقمار خارجی مشتری اسامی رسمی ندارند. این اقمار، و داخلی‌ترین قمر مشتری (که‌آنرا آمالتا نامیده بودیم) تنها اقمار این مجموعه هستند (یعنی تنها اجرام شناخته شده ازهرقسم) که فاقدنامند. آنها معمولا باحرف جی J اولین حرف ژوپیتر که مشتری باشد وارقام

۱- P.J.Melotte ۲- Seth Nicholson

رومی که معرف ترتیب کشف آنها است شناخته میشوند.

نامهائی نیز بطور غیر رسمی پیشنهادشده که همه آنها به‌افسانه‌های مربوط به‌مشتری یا (زئوس) ارتباط میابد. بدین ترتیب J–VI گاهی هستیا[۱] نامیده می‌شود که اسم خواهر زئوس میباشد، درصورتیکه J–VII هرا[۲] است که‌هم‌خواهرزئوس‌وهم‌همسروی‌میباشد. J–VIII پوزئیدون[۳] و J–IX هادس[۴] که برادران زئوس‌هستند، نامیده شده‌انـد و J–X را دمتر[۵] نامیده‌اند که خواهر زئوس است. J–XI به‌پان[۶] نوهٔ زئوس، و J–XII به‌آدراستیا[۷] پری زیبائی که مثل آمالتا پرستارهنگام طفولیت وی بوده موسوم شده‌اند.

درجدول۳۸ میانگین‌فواصل ومدت‌گردش‌هریك‌ازاقمارخارجی واسامی آنها درپرانتز داده شده‌است. کالیستو، بیرونی‌ترین‌قمرگالیله‌ای برای مقایسه درجدول ذکرشده است.

توجه داشته باشید که اقماربیرونی در دوگروه قرار می‌گیرند: سه قمربامیانگین‌فاصله‌برابر کمی‌بیش‌از۷میلیون‌میل‌وچهارقمربامیانگین فاصله برابر ۱۴ میلیون میل ازمشتری میباشند.

مقصوداین‌نیست که اقمارسه‌گانه وچهارگانه دریك مدارباشند. بعضی‌ازآنها دریك مدارقراردارند واین درصورتی است که مدارهای مزبور مدور ودر سطوح‌استوای مشتری باشند، همانطورکـه درمورد اقمار درونی صدق میکند.

۱ـ Hesita ۲ـ Hera ۳ـ Poseidon ۴ـ Hades
۵ـ Demeter ۶ـ Pan ۷ـ Adrastea

جدول ۳۸

فاصله و مدت گردش اقمار بیرونی مشتری

قمر	فاصله برحسب میل	فاصله برحسب کیلومتر	مدت گردش برحسب روز	مدت گردش برحسب سال
J–IV کالیستو	۱۱۷۰۰۰۰	۱۸۸۰۰۰۰	۱۶/۶۹	۰/۰۴۵
J–VI (هستیا)	۷۱۵۰۰۰۰	۱۱۴۷۰۰۰۰	۲۵۰	۰/۶۸
J–X (دمتر)	۷۳۰۰۰۰۰	۱۱۷۱۰۰۰۰	۲۶۳	۰/۷۲
J–VII (هرا)	۷۳۲۵۰۰۰	۱۱۷۴۰۰۰۰	۲۵۹	۰/۷۱
J–XII (آدراستیا)	۱۲۹۰۰۰۰۰	۲۰۷۰۰۰۰۰	۶۳۱	۱/۷۳
J–XI (پان)	۱۳۹۰۰۰۰۰	۲۲۳۵۰۰۰۰	۶۹۲	۱/۹۰
J-VIII (پوزئیدون)	۱۴۵۰۰۰۰۰	۲۳۳۰۰۰۰۰	۷۳۸	۲/۰۲
J–IX (هادس)	۱۴۷۵۰۰۰۰	۲۳۷۰۰۰۰۰	۷۵۸	۲/۰۷

بااینحال درمورد اقمار بیرونی، مدارها اصلا مختلف‌المرکز میباشد. بدین‌معنی که هرمدار بیضی مجزا ومشخصی است که محور طولی آن به‌سمت‌مخصوصی متوجه میباشد. اینکه دوقمریابیشترفاصله میانگین مشابهی داشته باشند،بدان‌معنی‌نیست که مداروا حدی‌نیزدارند. درجدول ۳۹ دوری ازمرکزهریك ازاقمار بیرونی باحداقل و

جدول ۳۹

دوری ازمرکز اقمار بیرونی مشتری

قمر		دوری ازمرکز	حداقل فاصله میلیون میل	حداقل فاصله میلیون کیلومتر	حداکثر فاصله میلیون میل	حداکثر فاصله میلیون کیلومتر
J–VI	(هستیا)	۰/۱۵۵	۶/۱	۸/۳	۹/۷	۱۳/۲
J–X	(دمتر)	۰/۰۸	۶/۷	۷/۹	۱۰/۸	۱۲/۶
J–VII	(هرا)	۰/۲۰۷	۵/۸	۸/۹	۹/۳	۱۴/۲
J–XII	(آدراستیا)	۰/۱۵۵	۱۰/۸	۱۵/۰	۱۷/۴	۲۴/۱
J–XI	(پان)	۰/۲۱	۱۱/۰	۱۶/۸	۱۷/۷	۲۷/۰
J–VIII	(پوزئیدون)	۰/۳۷۸	۹/۰	۱۴/۴	۲۰/۰	۳۲/۲
J–IX	(هادس)	۰/۲۷	۱۰/۷	۱۸/۸	۱۷/۲	۳۰/۲

حداکثر فاصله آنها ازمشتری داده شده است.

J-VIII مختلف‌المرکزترین مدار را دارد و در دورترین نقطه‌اش ۲۰ میلیون میل دورازمشتری می‌باشد، یعنی دورترین‌فاصله‌ای که هر قمر شناخته شده ازسیارهٔ مادر دارد. مقصود این است که وقتی مشتری و اقمارش در نزدیکترین فاصله تازمین باشند، میتوانیم قمر J-VIII را درفاصله ۳° ازمشتری که برابر۶ مرتبه پهنای ظاهری ماه میباشد مشاهده کنیم.

قمرJ-VIII درانتهای مخالف مدارخود ۹ میلیون‌میل‌بامشتری فاصله داردکه همان فاصله گروه J-VI،J-X وJ-VII از آن سیاره میباشد.

چنانچه‌تمام مدارها روی قطعه‌کاغذی رسم شوند، نقاط زیادی وجودخواهند داشت که‌درآنجا یك مدار، مداردیگر را قطع می‌کند. آیا مفهومش این‌است که احتمال برخوردی بین‌اقماربیرونی‌گوناگون وجود دارد؟ آیا ممکن‌است هریك ازدوقمر دریك زمان به‌نقطهٔ‌تقاطع مدارهای خود نزدیك شوند؟

نه‌خیر! این‌امرغیرممکن‌است. مدارها فقط‌به‌آن جهت که روی کاغذ رسم شده‌اند متقاطع‌بنظر میرسند. نمونهٔ واقعی مدارهارامیتوان درفضای سه بعدی سیم‌های بیضی‌شکل به دوریك‌گلوله بدست‌آورد. دراینصورت‌میتوان دید که‌هر کجادومدارپس‌ازترسیم روی‌کاغذمتقاطع بنظرمی‌رسند، یکی‌ازآنها خیلی‌بالاترازدیگری‌است. درفضا، یك‌میلیون میل یابیشتر میتواند اقمار را درنقطه‌ای که متقاطع بنظر می‌رسند از

یکدیگرجدا کند .

درجدول ۴۰ انحنای مداری هریك ازاقمارداده شده‌است واین میزان انحنای سطح مدارقمرنسبت به سطح مدارمشتری میباشد.

جدول ۴۰

انحنای مداری اقمار بیرونی مشتری

قمر		انحنای مداری (برحسب درجه)
J–VI	(هستیا)	۲۹
J–X	(دمتر)	۲۸
J–VII	(هرا)	۲۸
J–XII	(آدراستیا)	۱۴۷
J–XI	(پان)	۱۶۳
J–VIII	(پوزئیدون)	۱۴۸
J–IX	(هادس)	۱۵۷

استوای مشتری سه درجه به سمت مدارش کج شده و سطوح مداری اقمارگالیله‌ای نیزهمینطورمیباشند. ولی سطوح مدارات اقمار بیرونی چنین نیستند ودر سطوحی که انحنای زیادی دارندگردش می کنند.

حتی وقتی دوقمریابیشتردارای خمیدگیهائی بیك مقدارباشند، این انحنا معذلك میتواند درجهات مختلف باشد. اگردومدار با یك

زاویه ولی درجهات مختلف کج‌شده‌باشند، نقطهٔ بالای یکی‌از آنها در هیچ محلی نزدیك نقطهٔ بالای دیگری نخواهد بود.

انحناهای مداری چهاراقماربیرونی‌ترمخصوصاً خیلی زیاداست وبه نقطه جالبی می‌رسد که باتوجه به‌گردش‌یك سیاره می‌تواندبه‌نحو بهتری تشریح گردد.

فرض کنید کـه باتلسکوپ به سیاره‌ای نگاه میکنیم. اگـرقطب شمالش مستقیماً روبه سمت بالا وقطب جنوبش به سمت پائین‌باشد، بایدگردش آنرا ازغرب به شرق ببینیم. مشتری بهمین ترتیب‌گـردش میکند وگردش زمین‌نیزبهمین‌قسم است واین‌طرزعادی‌گردش‌میباشد.

ولی اگرمحور سیاره (همانطورکه باتلسکوپ میبینیم) اندکی کج باشد چه میشود؟ دراینصورت‌گردش هنوز ازغرب به شرق‌بنظر ما می‌رسد ولی حرکتی‌ازشمال‌به جنوب نیزهست.

هرچه انحراف محوری بیشترباشد، گردش بیشتری ازشمال به جنوب دیده میشود وگردش کمتری ازغـرب به شرق. وقتی انحراف محور ۹۰° باشد، محورهمانطورکه می‌بینیم افقی بوده وسیاره از بالا به‌پائین ،یعنی ازشمال به جنوب‌گردش میکند.

اگر انحراف محوری اندکی بیش‌از ۹۰° درجه باشد،گردش بازهم بیشترازشمال به جنوب است ولی‌بازهم اندکی‌ازشرق به‌غرب میباشد .

بعبارت دیگراگرانحراف محوری کمتراز۹۰°درجه‌باشد،گردش حداقل تااندازه‌ای ازغرب به‌شرق است. اگرانحراف محوری‌بیش‌از

°۹۰ درجه باشد، گردش، حداقل تا حدودی ازشرق به‌غـرب میباشد. انحرافات محوری، تقریباً همیشه کمتراز °۹۰ است بقسمی که ماگردش غرب به شرق را عادی یا «مستقیم» تصورمیکنیم .

گردش‌شرق به غرب قهقرائی یا «رتروگرید»[1] میباشد که‌از کلمه لاتینی بمعنای «بطرف عقب» گرفته شده است. (گاهی گردش مستقیم «پروگرید»[2] که از کلمه لاتین‌بمعنای «بطرف جلو» گرفته شده خوانده میشود).

اگربه جدول ۲۰ نگاه کنید خواهید دید که انحرافات محوری اورانوس وزهره بیش‌از °۹۰ است.

این دوسیاره گردش‌قهقرائی‌انجام میدهند. بقیه سیارات، ازجمله زمین ومشتری، حـرکت به جلودارند. همهٔاین‌مطالب شامل‌انحـراف مداری اقمار نیز میشود وتقریباً درکلیهٔ موارد انحراف اقمار کمتر از °۹۰ است. مثلا این موضوع درماه ما واقمارگالیله‌ای مشتری‌نیزصدق میکند وهمهٔآنهابشکل قهقرائی گردش مینمایند. وضع آمالتا وسه قمر گروه درونی اقمارکوچك مشتری نیزبهمین‌ترتیب است .

بااینحال چهار قمربیرونی‌ترمشتری نیزانحرافات مداری‌بیش‌از °۹۰ دارند وهمهٔآنها بشکل‌قهقرائی به دورمشتری میگردند.

دراینکار رمزی ومعمائی وجـود ندارد. ستاره شناسان اطمینان کامل دارند که اقمار بیرونی کـوچك مشتری شبه سیارات تسخیرشده هستند. این چهار قمر بیرونی‌تر، فقط‌بـزحمت درچنگال مشتری قرار

۱ــ Retrograde قهقرائی. ۲ــ Prograde پیش رونده.

گرفته‌اند وباید به دشواری تسخیرشده باشند.

وقتی شبه سیاره‌ای به مشتری (یا هرسیارهٔ دیگر) درمسافتی که درحاشیهٔ حوزه نفوذش باشد وجائیکه آن سیاره‌فقط می‌تواندبر کشش خورشید بسختی چیره شود نزدیك‌گردد، اگر آن شبه سیاره بتواند بجای‌یك مدار «پیشرو» بیك مدارقهقرائی وارد شود، به‌سهولت‌بیشتری تسخیرمیگردد.

سه قمری که‌گروه نزدیك‌تربه اقمار بیرونی را تشکیل میدهند آنقدرنزدیك شدند که درمدارهای پیش‌رونده تسخیرگردیدند. چهار قمری که‌گروه دورتراز اقماربیرونی را تشکیل میدهندآنقدرازمشتری دورند که نمیتوانند درمدارپیشروتسخیرشوند. آنها تصادفاً ازسمتی به مشتری نزدیك شده‌اند که‌بیك مدارقهقرائی‌امکان دادآنهارا تسخیر کند.

اگراقماربیرونی‌تسخیرشده بودند وازآغازمشتری درآنجاقرار نداشتند، ممکن‌است بدان جهت باشد که برای همیشه جزوآن سیستم باقی‌نخواهند ماند.

کشش خورشیدبرای تولید تغییرات پیچیده‌ای درمدارات‌آنها نیرومندی‌کافی دارد. درهنگام لزوم، اختلالات سیارات دیگر (بویژه زحل) میتواند مدارJ-VIII یاJ-IX را بقسمی تغییر دهد که کشش خورشید را چنان نیرومند سازد که‌آنرا ازمشتری دورتر براند. آنگاه موقعی فرا می‌رسد که یکی‌از آن اقمارممکن‌است‌یك مدارشبه‌سیاره‌ای مستقل را دارا شود.

ازسوی دیگردرآن وقت ممکن‌است مشتری شبه سیارات دیگر

راتسخیر کند واقمارجدیدی بسازد.

ستارگان دنباله‌دار

ما اینك خـورشید، سیارات وشبه سیارات را بررسی کرده و دیده‌ایم که تاچه حد زیرنفوذکشش جاذبه‌ای مشتری قرار دارند. آیا اجرام دیگری نیزوجود دارند؟آری، اینها ستارگان دنباله‌دارمیباشند.

برخی‌ازستاره‌شناسان عقیده دارند که خیلی دورازخورشید، در فاصله چندین تریلیون میلی وصدها مرتبه دورتراز پلوتو، پوششی از شبه سیارات کوچك شاید بتعداد صدهابیلیون وجود دارد. طول‌هریك ازآنها یك میل یا کمتراست،بقسمی که جرم آنها شاید بیشترازجرم کره ماه نمیباشد .

این شبه سیارات دوردست به‌آهستگی خورشید را دورمیزنند. حتی درآن فاصله نیزحوزه جاذبه خورشید کنترل دارد ولی‌این کنترل آنقدر ضعیف است کـه اجرای یك دورکامل بوسیله این‌شبه سیارات ۳۰ میلیون سال یا درهمین‌حدود طول می کشد.

این‌شبه سیارات دوردست دچاراختلالاتی ازتأثیرجاذبه‌ستارگان نزدیکترمیشوند. بعضی‌ازآنها ممکن‌است چنان به جلورانده شوند که بتوانند مداری راکه ازخورشید دورتراست اشغال کنند. برخی‌ممکن است حتی بطورکلی ازنفوذ خورشید آزاد بشوند. بقیه ممکن است به‌عقب رانده شده ومداری نزدیکتربه خورشید را اشغال نمایند .

گاهی تأثیراختلالات ممکن‌است برروی شبه سیارهٔ مخصوصی

وتانقطه‌ای تمرکزیابد که مداری را اشغال کند وآنرا مستقیماً به‌طرف خورشید سوق دهد. وقتی بطرف خورشید حرکت کند مرتباً سرعت میگیرد. ولی موقعیکه به خورشید نزدیك شود در هرثانیه ده‌ها میل سرعت دارد وبا همان سرعت به دورخورشیدگردش میکند وسپس خیلی دوراز پلوتوبه جای خود برمیگردد.

این شبه سیاره مدارتازه‌ای داردکه بیضی‌شکل است وبمحض تشکیل این مدارتازه، شبه سیاره درآن توقف میکند تا اختلالات‌بعدی تغییرات تازه بوجودآورند.

این شبه سیارات دوردست نه‌تنها مانند شبه سیارات معمولی از مواد سنگی‌ساخته شده‌اند، بلکه علاوه برآن حاوی موادی هستندکه دردرجات حرارت مشابه زمین‌گداخته وتبخیر میشوند.

شبه سیارات معمولی چنان بخورشید نزدیك‌اند که اگر در ساختمان خود چنین موادی داشتند، حرارت‌خورشید مدتهاپیش آنهارا ذوب وتبخیر کرده بود. این موادکه در نقاط دوردست فضا ودوراز خورشیدمیباشند، برای‌همیشه بحالت انجمادبوده وقسمتی ازساختمان شبه‌سیارات دوردست‌را تشکیل‌میدهند.

بااینحال، وقتی یك شبه سیاره دوردست به‌خورشید نزدیك و حرارتش افزایش‌یابد، مواد مزبور تبخیرمیشوند وشبه‌سیارات باابری ازگازپوشیده میگردد. ضمناًمواد منجمد مثل‌سیمان محافظ‌گردوغبار و شن عمل میکند. همینکه این مواد تبخیرشوند، گردوغبار وشن نیز ازبین می‌رود.

خـورشید همیشه جریانهائـی از ذرات پرسرعت بتمام جهات میفرستد واین‌جریانها «باد شمسی» را تشکیل‌میدهند. بادشمسی بخار وگردوغبار را به‌دور شبه‌سیاره تازه‌وارد می‌زند وآنرابافشارازخورشید دورمیسازد.

شبه‌سیاره‌ای که جاذبه ضعیفش نمی‌تواند بخارخاك‌را بخوبـی نگاهدارد، یك‌دنبالهٔ طولانی ازآنهارا درسمتی که دورازخورشیدباشد میکشاند. مواد این‌دنباله بـرای‌همیشه ازآن شبه‌سیاره ناپدید می‌شود.

وقتی‌این شبه‌سیاره آنقدربزمین نزدیك‌شود که قابل‌رؤیت‌باشد، مثل‌یك جرم کمی درخشان وریش‌ریش که دنبالهٔ طولانی‌را مـی کشد بنظرمـی‌رسد. این دنباله به‌موئی که بـاد میخورد شباهت دارد وجرم نامبرده‌را «کومت»[1] می‌گویند که ازکلمهٔ یونانی‌بمعنی «موی» اقتباس شده است.

موقعی که‌یك‌ستاره دنباله‌دار وارد مداری‌شود که‌آنرا به‌نزدیکی خورشید میفرستد، مدت زیادی دوام نمی‌آورد، هربارکـه بخورشید نـزدیك شود، غبار وبخارش را ازدست میدهـد وبعداً چندصد مرتبه نزدیکی، چیزی بجزیك مغزوتخمهٔ سنگی کوچك ازآن باقی‌نمیماند. سپس غبار وبخار پـراکنده میشود، تامدارستاره دنباله‌دار را پر کند و احتمالاً همین‌غبار است که باعث‌ایجاد میلیونهاقطعات شهابی‌می‌گردد (به‌اندازه یك سنجاق یاکمتر) که هرروزه وارد جوزمین میشود.

ستاره‌دنباله‌دارکه ازفاصله بسیاردور به‌سمت خـورشید میافتد،

۱-Comet، یعنی ستاره‌دنباله‌دار.

میلیونها سال طول‌میکشد تابخورشید برسد، دورآن بچرخدوبرگردد. چنین ستاره‌ای یکبار بنظرافراد علاقمند می‌رسد. اگرچنین ستاره‌ای امسال درآسمانهای ما خودنمائی کند، نمیتوان انتظار رؤیت مجدد آنرا درطی ده‌هاهزارسال داشت.

این ستاره‌های‌دنباله‌دار معمولاً بسیاردرخشان وتماشائی‌میباشند زیرافقط چندین‌بار ازمنظومه‌شمسی داخلی عبورمیکنند وهنوز مواد زیادی برای تشکیل ابری ازبخار وگردوغبار که دنبالهٔ درخشان‌آنها می‌گردد دراختیار دارند.

بااینحال چه‌زودتر ویا دیرتر، همینکه ستاره دنباله‌دار ازداخل منظومهٔ شمسی عبورمیکند، بالاخره به‌سیاره‌ای چنان نزدیك میشود که دچاراختلالات شدیدگردد. میدان‌جاذبه‌آن سیاره باعث میشود که آن ستارهٔ‌دنباله‌دار اندکی درمسیرخود به‌دورآن‌خم‌شود وبعدازآن‌مدارش تغییر کند.

غالباً اتفاق می‌افتد که تأثیراختلال سیاره‌ای درخمیدگی مسیر ستاره‌دنباله‌دارچنان‌است که مدارش‌را کوتاه میکند. این‌ستاره دنباله‌دار دیگرازخورشید چندان دورنمیشود. درواقع مدارکاملش ممکن است دردرون‌قسمت سیاراتی‌ازمنظومهٔ شمسی‌باقی‌بماندوامکان‌داردهرصدسال یاکمتر به‌حومهٔ خورشید برگردد. زیرااکنون تسخیرشده ویك «ستارهٔ دنباله‌دار کوتاه‌مدت» گردیده‌است.

اولین‌ستاره‌شناسی که مداریك ستاره دنباله‌دارا به‌تفصیل‌مطالعه

کرد، یك انگلیسی بنام ادموندهالی[1] بود. اومتوجه شد که تعدادی ازستارگان دنباله‌دار که درگزارشهای تاریخ گذشته ثبت شده‌اند همان قسمت از آسمان را پیموده ودر ۷۵ سال تقریباً ازهم جدا شده‌اند. وی ثابت کرد که همان ستاره‌مداری را درخورشید تعقیب میکرده ودوباره برمیگشته است.

اودر ۱۷۰۵ این نظریه را اعلام نموده وپیشگوئی کرد که ستاره دنباله‌دار در ۱۷۵۸ خواهدبرگشت. این پیشگوئی اتفاق افتاد وابتدا در روز کریسمس آن سال رؤیت گردید واز آن پس «ستاره‌دنباله‌دار هالی» نامیده شد. دوباره در ۱۸۳۵ و ۱۹۱۰ برگشت، ودربازگشت بعدی خود در ۱۹۸۶ دیده خواهد شد.

مدارستاره‌دنباله‌دار «هالی» بااستانداردهای سیاره‌ای کاملا بیضی است ووقتی این ستاره به‌نزدیکترین فاصله‌اش بخورشید برسد، فقط ۵۴ میلیون میل از آن فاصله دارد ودراین حال اززهره بخورشید نزدیکتر است. با وجود این در انتهای مقابل مدارش ۳۲۰۰ میلیون میل از خورشید فاصله دارد ودورتر ازسیاره نپتون است. دوری از مرکز آن ۰/۹۶۷ میباشد.

بااینکه ستاره‌دنباله‌دار «هالی» ازداخل مدارزهره به آن طرف مدار نپتون حرکت میکند، ازهیچیك ازمدارت نامبرده نمیگذرد. مدارش تا ۲۸ درجه به‌سطح مدارزمین منحرف می‌گردد، بطوریکه هیچگاه نزدیکتر ازمیلیون‌هامیل ازهیچ سیاره‌ای عبورنمیکند.

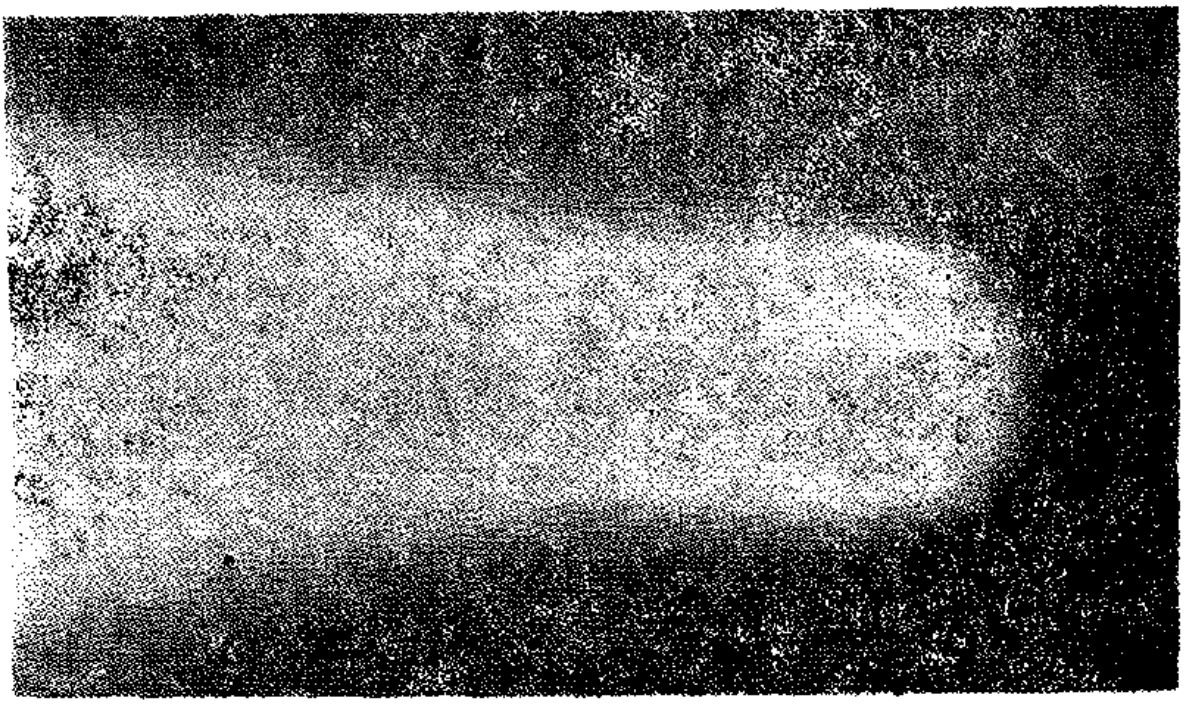
حتی در اینصورت نیزستارگان دنباله‌دار تحت تأثیر کشش

---

۱ – Edmund Halley

سیارات دوردست قراردارند. بطور مثال، ستاره‌دنباله‌دار هالی که در ۱۷۵۸ برگشت، ۶۹ روز تأخیر داشت و تا سال ۱۷۵۹ به حومه خورشید نرسید، علتش آن بود که کشش دوردست مشتری آن را نگاهداشته بود. اگر فقط مشتری در اینکار دخالت داشت، تأخیر به ۱۳۵ روز می‌رسید. با اینحال کشش جاذبه‌ای زحل، اورانوس وحتی زمین درجهت مخالف عمل کرده و ۶۶ روز از آن ایام را کاهش داده بودند.

اگر ستارهٔ دنباله‌داری مخصوصاً به‌سیاره‌ای خیلی نزدیك شود، ممکن است چنان انحراف شدیدی حاصل کند که مدارش در آینده آنرا



ستاره‌دنباله‌دار هالی مشهورترین ستارگان دنباله‌دار کوتاه‌مدت است. در آسمانهای قرن بیستم هیچ‌ستارهٔ دنباله‌داری روشن‌تر ازاین دیده نشده‌است و آخرین ظهورش در ۱۹۱۰ بود. دراین تصویر رأس این‌ستاره که بایك تلسکوپ خوب‌نشان داده‌شده مشاهده میشود.

به‌نقطه‌ای برگرداند که‌انحراف در آنجا انجام‌گرفته‌است. دراینصورت دورترین نقطهٔ‌مدارش نزدیك به‌مدارسیاره‌ای خواهد بود که روی آن تأثیر کرده‌است.

بدین‌ترتیب ستارهٔ دنباله‌دار «هالی» که دورترین نقطه‌اش در آنسوی مدارنپتون قرارگرفته، ممکن‌است بوسیله‌نپتون به‌مدار کنونی خودمنحرف شده باشد. بهمین‌علت‌گاهی ازاین ستاره بعنوان عضوی از «خانواده‌نپتون» صحبت‌میشود. بااینحال بعلت انحراف مدارستارهٔ دنباله‌دارهالی، بیش‌ازیك بیلیون‌میل ازمدارنپتون دوراست، درموقعی که هردوجرم‌فاصله‌مساوی ازخورشید داشته باشند ودراینکه‌این‌ستاره درنتیجهٔ تأثیرنپتون تسخیرشده‌باشد تردید است.

ستاره‌دنباله‌دارهالی‌خیلی به‌مدارمشتری نزدیکتراست، درموقعی که‌هردوجرم فاصله‌مساوی باخورشید داشته‌باشند، ستارهٔ‌دنباله‌دارهالی میتواند تا ۲۰۰میلیون‌میل مشتری نزدیك شود ومشتری البته متکاثف‌تر ازنپتون‌است ومیدان‌جاذبه بسیارنیرومندتری دارد. شاید نفوذ مشتری باعث‌کوتاه شدن مدارستارهٔ دنباله‌دار هالی شده باشد.

بعضی ازستاره‌شناسان تصورمی‌کنند فقط مشتری‌است که‌باجرم زیادخود امکانات بیشتری برای ایجاد اثرات واقعاً مهم برمدارهای ستارگان دنباله‌دار دارد. آنها گمان می‌کنند که هردنباله‌داری که‌وارد قسمت‌سیارات منظومهٔ شمسی‌شود دیریازود بوسیلهٔ تأثیرمشتری تسخیر خواهد شد.

مسلماً یك «خانوادهٔ مشتری» ازستارگان دنباله‌دار وجود دارد. معلوم‌شده که بیش‌از ۵۰ستاره دنباله‌دارمداراتی‌دارند که بوسیله‌مشتری سخت دچاراختلال شده‌اند.

قسمتهائی ازمدارات این ستارگان دنباله‌دار نزدیك مدارمشتری هستند که‌دلیل مطمئن بشمار می‌رود.

شاید غیرعادی‌ترین عضو ازخانواده مشتری ستارگان دنباله‌دار «ستاره‌دنباله‌دار انکه»[1] باشد. این‌ستاره در ۱۸۱۸بوسیلهٔژان‌لوئی‌پون[2] ستاره‌شناس فرانسوی کشف‌شد، ولی درسال‌بعد مدارش بوسیله یوهان فرانز انکه[3] ستاره‌شناس آلمانی محاسبه‌گردید ونام شخص اخیربود که برای‌آن ستاره بکار رفت.

دنباله‌دار «انکه» دوران‌گردشی کوتاهتراز هردنباله‌دار شناخته شده‌دارد ودرمدت۳/۳ سال‌گردش‌خودرا به‌دورخورشید انجام‌میدهد. درحضیض‌الشمس تا۳۱میلیون‌میلی خورشید نزدیك‌میشود. این‌مسافت خیلی نزدیك به‌مدارعطارد است وتأثیرمختل‌کننده عطارد بردنباله‌دار انکه بـرای محاسبه جرم آن‌سیاره کوچك مورد استفاده قرار گرفته است.

درمنتهای اوج، دنباله‌دار «انکه» ۳۸۰ میلیون میل ازخـورشید فاصله دارد، بطوریکه هیچگاه دورتـراز مـدار مشتری نمی‌رود. هیچ دنباله‌داردیگری‌دارای‌منتهای‌اوجی که‌اینقدربخورشیدنزدیك‌باشدنیست

۱ـ Encke ۲ـ Jean Louis Pons ۳ـ Johann Franz Encke

دنباله‌دار «انکه» ازوقتی کشف شد ودرهرگردش مورد بررسی قرارگرفت ومشاهده‌گردید که ۵۰مرتبه بخورشید نزدیك‌شده‌است. این ستاره‌طبعاً کوچك وتیره‌است، بیشتربخارات وغباری که درآغاز دارا بوده‌بوسیله بادشمسی رانده‌شده‌است وآنچه که باقی‌مانده فقط باعث رؤیت‌آن میشود.

درواقع تمام‌اعضای خانواده‌مشتری ستارگان‌دنباله‌دار، کوچك وکمرنگ میباشند. همه‌آنها دورانهای ۹ساله یاکمتر دارند، بطوریکه بارها بخورشید نزدیك‌شده وغباروبخاری راکه برای رؤیت یك‌ستاره دنباله‌دار لازم‌است ازدست داده‌اند. مانباید این موضوع‌راکه مشتری میتواند درمدار دنباله‌دار خیلی مؤثرباشد فرضیه‌ای تلقی کنیم، زیرا میتوانیم عملاً مشاهده کنیم که این امرگاهی‌اتفاق‌می‌افتد.

دنباله‌دار پون‌وینکه[1] مداری‌داشت که وقتی ستاره‌شناسان آنرا تماشا میکردند واقعاً بزرگ‌شده‌بود. طی۱۹قرن‌فاصلهٔ حضیض‌الشمس این ستاره دنباله‌دار دائماً افزایش میبافت. در۱۸۱۵ به۷۲ میلیون‌میلی خورشیدرسید که‌تقریباً برابرفاصلهٔ زهره‌ازخورشیدبود. اکنون مسافت حضیض‌الشمس‌آن ۱۰۵ میلیون میل‌است وبیش ازاین حتی به‌اندازهٔ زمین به‌خورشید نزدیك نمیشود.

در۱۸۸۹ ستاره‌دنباله‌داربروکس[2] کشف‌شد که فاصلهٔ حضیض‌الشمس آن برابر ۱۷۵ میلیون‌میل (تاحدودی خارج ازمدار مریخ) و فاصله اوج آن برابر ۵۰۰ میلیون‌میل (کاملا نزدیك به‌مدارمشتری)و دوران‌گردش‌آن حدود ۷سال‌بود. چرا قبل‌ازآن‌رؤیت نشده‌بود؟

۱- Pons_Winnecke ۲- Brooks

محاسبات نشان داد که این‌مدارنوع جدیدی است. قبل‌ازاینکه کشف‌شود به‌اندازه ۵۵۰۰۰ میلی مشتری گـذشته وبه‌سختی منحرف شده‌بود. پیش‌ازآن دوره‌گردش‌آن ۲۹سال‌بود وهمیشه اززمین دورتر ازآن بود که قابل توجه باشد.

دنباله‌دار لکسل[1] حتی زیباتر وتماشائی‌تراست. این‌ستاره‌ازروی اسم آندرس‌لکسل[4] ستاره‌شناس سوئدی که در ۱۷۷۰ آنرا کشف کرد نامگذاری‌شد. این‌ستاره درآن زمان درمداری بادورهٔ‌گردش ۵/۵ساله حرکت‌میکرد، ولی مدارنامبرده‌هم مدارکاملا نوظهوری‌بود. در۱۷۶۷ ازمیان سیستم قمری مشتری عبورکرده وبه‌سمت مدار جدیـد منحرف شده‌بوده.

حین عبور ازسیستم قمری مشتری، این‌دنباله‌دار تأثیربارزی بر روی‌حرکات‌مشتری یااقمارگالیله‌ای‌نداشت. چرامی‌بایستی داشته‌باشد؟ این دنباله‌دار قطعهٔ‌کوچکی بایك‌میل طول یادراین حدودبود. حرکت ستارهٔ دنباله‌دار لکسل درواقـع‌هنگام عبورازمدار زمین‌اندکی کندشده بود بقسمی که ۲/۵روز رابرای تکمیل‌مدارخود ازدست‌داد. زمین‌هم تحت‌تأثیر قرارنگرفته بود.

موقعی که دنباله‌دار لکسل‌بعداز دوبارگردش به‌منتهای اوج‌خود نزدیك شد، بخت بدی برای عبورمجدد ازنزدیکی مشتری را داشت. یکباردیگر منحرف‌شد واین‌بار مداری‌راکه مدت طولانی‌تری داشت پیمود. ازآن زمان‌رؤیت نشده‌است، یاحداقل درصورت رؤیت شدن،

۱ـ Lexell ۲ـ Anders Lexell

ستاره دنباله‌دار تازه‌ای بنظر آمده است که هیچ ارتباطی بادنباله‌دار قدیمی ۱۷۷۰ نداشت.

جاذبه سطحی

حالابیائید به‌خود سیارات واقمار برگردیم :

اگرمابخواهیم اثرات جاذبه‌ای کواکب‌را درفاصله‌زیادی‌بدانیم باید جرمهای آنهارا مقایسه کنیم. اگرجسمی صدبرابر جرم جسم دیگر باشد، تأثیرجاذبه‌ای جسم اول صدباربیش ازدیگری درمسافت مساوی میباشد.

بطورمثال، جرم‌زمین ۸۱برابرجرم ماه‌است. بنابراین جسمی که درصدهـزارمیلی مرکززمین قراردارد، با ۸۱ برابرنیروئی کـه بوسیله زمین‌نگاهداری میشود، بوسیله ماه‌نیزنگاهداری میگردد، درصورتیکه صدهزارمیل از کره‌ماه فاصله داشته باشد.

بااینحال اگردرنظر بگیریم که نیروی جاذبه زمین، بامقایسه بـا نیروئی که درسطح‌ماه‌وجود دارد چقدراست، موضوع‌اندکی‌پیچیده‌تر میشود. (البته اکنون‌ماازِ «کشش سطحی» بحث‌می کنیم).

زمین‌میتواند ۸۱برابر اثرجاذبه‌ای‌ماه را درفاصله مساوی داشته باشد، ولی سطوح این دوسیاره درفواصل مساوی ازمراکز آنها قرار نگرفته‌اند. فاصله‌سطح‌زمین‌ازمرکزش ۳۹۵۰میل‌وفاصله‌سطح‌ماه‌ازمرکز آن‌فقط ۱۰۸۰میل است. هرچه فاصله ازمرکزکاهش یابد، تأثیر جاذبه به‌نسبت مجذور فاصله بیشترمیشود وبالعکس.

سطح‌زمین ازمرکزش ۳/۶۵ برابر دورتراز سطح ماه تامرکز آن است. از اینرو کشش جاذبه‌ای زمین ۶۵×۳×۳/۶۵ یا ۱۳/۴ میباشد وبامقایسه کشش‌سطحی زمین‌وماه، بایدنسبت جرم۸۱رابه۱۳/۴ تقسیم کنیم که نسبت ۶ به‌نفع زمین بدست می‌آید یعنی:

بطورخلاصه، جاذبه سطح ماه $\frac{۱}{۶}$ کشش زمین در سطح آن میباشد. چنانچه درباره کشش سطحی‌صحبت کنیم میتوانیم‌بگوئیم که کشش جاذبه‌ای ماه $\frac{۱}{۶}$ کشش‌جاذبه‌ای زمین‌است.

بامحاسبه جرم واندازهٔ هرسیاره میتوانیم کشش سطحی‌را درهر مورد که درجدول ۴۱داده شده‌است پیدا کنیم (درجدول ۴۱فرض‌شده است که سطح هرسیاره، همانطورکه درتلسکوپ دیده میشود، مانند سطح زمین سخت بوده ومیتوان روی‌آن ایستاد. این موضوع مسلماً درسیارات‌برجیسی صدق‌نمیکند ولی‌ما فعلاً آنرا نادیده میگیریم).

تعجب‌آور نیست که مشتری بزرگترین جاذبهٔ سطحی‌را نسبت به‌هرسیاره دیگرداشته‌باشد. شاید اندکی‌شگفت‌آورباشد که این کشش سطحی باتوجه باینکه جرم مشتری ۳۱۸ برابرجرم زمین است خیلی بیشتر نیست.

حتی ممکن است شگفت‌آورترباشد که سایرسیارات برجیسی دارای کشش‌های سطحی اندکی بیشتراززمین هستند، چنانکه کشش سطحی اورانوس درست برابرکشش سطحی زمین‌میباشد.

جدول ۴۱

کشش سطحی سیارات

سیاره	کشش سطحی (زمین = ۱)
عطارد	۰/۳۸
زهره	۰/۹۰
زمین	۱/۰۰
مریخ	۰/۳۸
مشتری	**۲/۶۸**
زحل	۱/۱۵
اورانوس	۰/۹۹
نپتون	۱/۲۸
پلوتو	۰/۴

البته در کلیهٔ موارد، سطح مرئی سیارات برجیسی خیلی بیشتر از سطح زمین از مرکز سیاره‌ای فاصله دارند که باعث کاهش کشش جاذبه‌ای درسطح مرئی مشتری وسیارات برجیسی دیگرمیشود. اندازه سیارات بیرونی «خارجی» وفاصلهٔ سطح آنها تا مرکز، حتی بیشتر از آن است که باید باشد، زیرا تکاثف کم آن سیارات، آن فاصله‌را برای جرمش بزرگ میکند.

حتی دراینصورت، کشش سطحی ۲/۶۸ نیزبقدرکافی خطرناك است. فرض کنیدفضانوردانی درسطح مرئی مشتری بایستند. اگریکی

ازآنها ۱۵۰ پوند درروی زمین وزن داشته باشد، درمشتری ۴۰۰پوند وزن خواهد داشت. مهمترآنکه هر۱۵ پوند وسائلی که حمل میکند، ازقبیل لباس فضائی ومخزن اکسیژن، ۴۰ پوند درمشتری وزن خواهد داشت. این خود مشکلی بشمار می‌رود ولی مشکلات‌بدتری‌نیزوجود دارد:

حالایکباردیگربزمین توجه کنیم. فرض کنیدگلوله‌ای را به‌هوا بیندازیم. این گلوله تا ارتفاع معینی بالا می‌رود وسپس دوباره پائین میآید. اگرآن را باشدت بیشتری پرتاب کنید، پیش‌از پائین‌آمدن تا ارتفاع بیشتری بالا میرود.

ممکن‌است فکرکنید که باهرشدتی که گلوله پرتاب‌شودهمیشه سرانجام پائین میآید، ولی این تصور اشتباه است. نکته‌ای راکه باید بخاطر داشت این است است که نیروی جاذبه زمین باازدیاد فاصله کاهش‌مییابد. اگرگلوله‌را باشدت‌کافی پرتاب کنید، آنقدربالامیرودکه نیروی جاذبه زیادمییابد، ودراینصورت‌گلوله‌بیش‌ازآنچه انتظار دارید بالاتر خواهد رفت.

درواقع چنانچه‌گلوله‌را باسرعت‌کافی پرتاب کنید، ممکن‌است آنقدربالابرودکه نیروی جاذبهٔزمین تندتراز سرعت گلوله‌کاهش یابد. دراینصورت، گلوله هرگزبزمین برنخواهد گشت.

باچه‌سرعتی دراول بایدگلوله را پرتاب کردکه آنقدربالا برود که‌کاهش نیروی جاذبه سریع‌ترباشد ونتواندآن‌را برگرداند؟ درزمین معلوم‌شده است که سرعت اولیه‌گلوله باید حداقل۷میل درثانیه باشد.

هرچیزی که بااین سرعت یابیش‌از آن پرتاب‌شود زمین را ترك میکند وهرگز برنمیگردد.

ما ازسرعت۷ میل درثانیه بعنوان «سرعت‌گریز» زمین صحبت میکنیم (بازوی انسان نمیتواند هیچ‌چیز را بااین سرعت پرتاب کند و بهمین‌علت هرچیزی را که پرتاب‌میکنیم دوباره بزمین برمیگردد.حتی تفنگ‌یاتوپ‌هم‌نمیتواندگلوله‌ای رابا آن‌سرعت‌پرتاب کند. فقطموشك میتواندچنین سرعتی راکم کم ایجاد نماید. این‌یکی‌ازدلایلی است که ماازموشك‌ها برای بردن انسان بماه استفاده میکنیم).

درسیاره‌ای مثل مشتری، سرعت‌گریزباید معمولا بیش‌از زمین باشد. اولا کشش سطحی مشتری ۲/۶۸ مرتبه بیش‌از کشش سطحی زمین است. ثانیاً بدتراز آن نه‌تنها نیروی جاذبه مشتری درسطح آن بیش‌از زمین میباشد، بلکه کشش مشتری‌با ازدیاد فاصله خیلی آهسته‌تر کاهش پیدا می کند.

نیروی جاذبه هرجسم به‌نسبت مجذورفاصله ازمرکزش ضعیف میشود. درسطح زمین، فاصله‌گلوله ازمرکز زمین ۳۹۵۰ میل است. واگر ۳۹۵۰ میل بالاتر ازسطح زمین برود، فاصله‌اش تا مرکز زمین دوبرابرمیشود ونیروی جاذبه زمین برآن‌گلوله فقط $\frac{1}{4}$ این‌نیرو در سطح زمین خواهد بود .

با این‌حال، درمشتری، فاصلهٔ سطح (دراستوا) تا مرکز برابر ۴۴۰۰۰ میل است. اگر گلوله‌ای تا ۳۹۵۰ میلی سطح آن بالا رود،

فاصله‌اش تا مرکز فقط کمتر از ۱۰ درصد افزایش میابد و نیروی جاذبه مشتری هنوز ۹۰ درصد آنچه درسطح بود میباشد. گلوله باید ۴۴۰۰۰ میل ازسطح مشتری بالابرود، قبل‌از آنکه قدرت جاذبهٔ این‌سیاره بحد $\frac{۱}{۴}$ آنچه درسطح بود پائین بیاید.

سرعت‌گریزازمرکزمشتری بیش‌از سرعت‌گریز زمین است که نه‌تنهابعلت کشش‌سطحی زیاد مشتری است بلکه‌بعلت کندی کاهش‌های نیروی کشش سطحی می‌باشد. نتیجه‌این‌است که سرعت‌گریزازمرکز مشتری بیش از ۵ برابر سرعت‌گریزازمرکز زمین‌است. درجدول ۴۲ سرعت‌های‌گریزازمرکزهمهٔ سیارات داده شده است.

بدین‌ترتیب، مشکل‌پیاده‌شدن درمشتری‌تنها به وزن فضانوردان برروی‌آن بستگی‌ندارد، بلکه به مقادیرزیادی سوخت نیزبستگی‌دارد که برای‌کاهش سرعت سفینهٔ فضائی وحفظ‌آن ازسقوط سریع بعلت جاذبهٔ‌مشتری لازم است. ضمناً به‌سوخت‌بسیارزیادی‌برای‌ایجادسرعتی ۵ برابرآنچه درزمین مورداحتیاج است ارتباط خواهدداشت تاسفینه راازآن سیاره غول‌پیکرمشتری برکند وبزمین برگرداند.

تاکنون‌مابه‌مسافرت‌بماه پرداخته، درآنجاپیاده شده وبرگشته‌ایم ولی بخاطرداشته باشید که فاصله مشتری ۱۵۰۰ برابرفاصله ماه است، حتی وقتی درنزدیکترین فاصله‌اش بزمین ما قرار بگیرد. دیگراینکه کشش سطحی مشتری ۱۷ برابر کشش سطحی ماه وسرعت‌گریزش ۲۵ برابرآن میباشد وبهمین‌علت مطمئناً میتوان‌گفت که انسان هرگز

نخواهد توانست درسیاره مشتری پیاده شود وموانع وعلل دیگری‌نیز وجود دارد که بعداً آنها را بیان خواهیم کرد.

جدول۴۲

سرعت گریز ازمرکز سیارات

سیاره	سرعت گریز برحسب میل‌درثانیه	سرعت گریز برحسب کیلومتردرثانیه	زمین=۱
عطارد	۲/۶	۴/۲	۰/۳۷
زهره	۶/۴	۱۰/۳	۰/۹۱
زمین	۷/۰	۱۱/۳	۱/۰۰
مریخ	۳/۱	۵/۰	۰/۴۴
مشتری	**۳۷/۶**	**۶۰/۵**	**۵/۳۵**
زحل	۲۲	۳۵/۲	۳/۱
اورانوس	۱۳/۵	۲۱/۷	۱/۹
نپتون	۱۵	۲۲	۲/۱
پلوتو	۳	۵	۰/۴

قدم‌گامها

ولی مابرای اینکه بتوانیم اطلاعات دقیقی ازمشتری بدست آوریم‌لازم نیست‌بتوانیم در آن پیاده شویم. یکی‌اینکه میتوانیم‌موشك فضائی بی‌سرنشینی را(یك «دستگاه خبریاب‌مشتری») بطرف آن‌سیاره

بفرستیم. این موشك میتواند حامل ادواتی باشد کـه اندازه‌گیریهای مختلف راثبت‌نماید وآنها را بزمین‌مخابره کند. چنین دستگاه‌خبریابی در۱۹۷۲ پرتاب شده است.

حتی مامیتوانیم بمحض‌آنکه طرزپشتیبانی از انسان را درسفر طولانی به‌مشتری وبازگشت‌ازآن‌فراگیریم، ایستگاههای‌سرنشین‌داری درنزدیکی‌مشتری، بجای خودآن سیاره، دایر کنیم. گذشته ازاینهالازم نیست انسانها برای مطالعه وتحقیق درمشتری پیاده شوند. در سرراه مشتری قدم‌گاههائی بصورت اقمارمشتری موجوداست.

آیا لازم است‌ازنیروههای جاذبه خودآن‌اقمارنیزنگران باشیم؟ جواب‌این‌سؤال‌آنست‌که اقمار کوچك‌نیروی‌جاذبهٔ بسیارضعیفی‌دارند وحتی اقمارگالیله‌ای نیز که به بزرگی‌مـاه میباشند حتماً کشش‌هـای سطحی شبیه ماه دارند که مطمئناً قابل کنترل میباشند.

درجدول ۴۳ کشش سطحی اقمارگالیه‌ای بامقایسه با مـاه داده شده است.

حالاببینیم سرعت‌های‌گریز درچه وضعی هستند؟ آیا چیزهـای شگفت‌آوری دربارهٔ‌آنها وجود دارد؟ درجدول۴۴سرعتهای‌گریزاقمار گالیله‌ای بامقایسه باماه داده شده است. بطوریکـه ملاحظه می کنید اقمارگالیله‌ای چه درکشش سطحی وچه درسرعت‌گریز شباهت زیادی به ماه دارند.

سطوح‌آنها نیزبه‌احتمال‌قوی ازبعضی‌جهات مثل‌سطح‌ماه‌است. اطلاع ازجزئیات سطوح اقمارگالیله‌ای بعلت فاصله زیادآنها ازمـا و

بجهت درخشندگی اطراف‌مشتری دشواراست. بااینحال ستاره‌شناسان اطمینان کامل دارند که آنها دارای هوائی بیش ازماه نیستند. ضمناً شواهدی وجود دارد که سطح آنها عموماً مانند سطح‌ماه‌ناهمواراست. ولی در دسامبر ۱۹۷۲ ستاره‌شناسان M.I.T گزارش دادند که اقمار

جدول ۴۳

کشش سطحی اقمار گالیله‌ای

قمر	کشش سطحی (ماه = ۱)
J-I آیو	۱/۱
J-II اوروپا	۰/۹
J-III گانیمد	۱/۰
J-IV کالیستو	۰/۷

جدول ۴۴

سرعت گریز ازاقمار گالیله‌ای

قمر	سرعت گریز میل‌درثانیه	سرعت گریز کیلومترردرثانیه	ماه = ۱
J-I آیو	۱/۵	۲/۴	۱/۰
J-II اوروپا	۱/۳	۲/۱	۰/۹
J-III گانیمد	۱/۸	۲/۹	۱/۲
J-IV کالیستو	۰/۹	۱/۴	۰/۶

گالیله‌ای برخلاف‌ماه ازشبنم یخ‌زده پوشیده شده‌اند. بعبارت دیگر چنانچه هریك‌ازاقمارگالیله‌ای‌بجای‌ماه‌بود، مشکل‌ویژه‌ای درپیاده‌شدن وبلندشدن ازآنرا برای باردیگرنداشتیم.

این کیفیت حتی در مورد شبه‌سیارات کوچك ساده‌تر میباشد. مثلاً آلماتا (J-V) حدود ۷۰میل طول دارد. اگرفرض کنیم این شبه سیاره ازموادی شبیه‌موادماه تشکیل یافته‌باشد، کشش سطحی آن فقط $\frac{۱}{۳۰}$ کشش سطحی‌ماه‌یاحدود $\frac{۱}{۱۸۰}$ کشش سطحی زمین خواهد بود. یك‌فضانورد ۱۵۰پوندی فقط۱۳ اونس درآلماتا وزن خواهد داشت. درکوچکترین اقماربیرونی مشتری، فضانور وزن کمتری داشته وشاید درحدود یك یا دوانس باشد. سرعت‌های گریزنیز بسیارناچیز خواهد بود.

بااینحال اشکال دراین است که هیچیك ازاین اقمار درفضا تنها نیستند ومشتری بزرگ درنزدیکی آنهااست. آیانیروی جاذبهٔ مشتری چه‌وضعی دارد؟ مثلاً آیامیتوان یك‌سرعت موشکی ایجادکردکه یك سفینه فضائی‌را ازگانیمد رهائی دهد وباوجود این دردام نیروی جاذبهٔ مشتری نیفتد؟ آیا این‌سفینه ازگانیمد خلاص خواهدشد تادر مدار اطراف‌مشتری قراگیرد؟

برای پاسخ به‌این پرسش میتوان سرعت گریز از مشتری‌را در فاصله هریك ازاقمار حساب کرد. این محاسبه درجدول ۴۵ داده شده است.

جدول۴۵

سرعت گریز ازمشتری درفواصل قمری

درفاصله از		سرعت گریز ازمشتری برحسب میل درثانیه	سرعت گریز ازمشتری برحسب کیلومتر درثانیه
J—V	آمالتا	۲۳/۸	۳۸/۲
J—I	آبو	۱۵/۴	۲۴/۸
J—II	اوروپا	۱۱/۹	۱۹/۱
J—III	گانیمد	۹/۸	۱۵/۷
J—IV	کالیستو	۷/۰	۱۱/۲
J—VI ، J—X ، J—VII (میانگین)		۲/۸	۳/۱
J—VII، J—IX، J—XI، J—XII (میانگین)		۲/۱	۲/۴

درمورد اقمار کوچك که سرعتهای گریز کمی ازخود دارند، کشش مشتری باید بحساب آورده شود. اگرشما جدولهای۴۴و۴۵راباهم مقایسه کنید، حتی دربارهٔ اقمارگالیله‌ای میبینید که کشش مشتری خیلی مهمتراز کشش خودآن اقماراست.

ازآمالتا، سرعت گریزی حدود ۲۴میل درثانیه لازم‌است تایك سفینه فضائی ازمشتری دورشود. این‌سفینه درهرسرعت کمی ازجاذبهٔ آمالتا خارج‌میشود (که ابداً ایجاد اشکال نمیکند) ولی‌مانند قمری در مداری به‌دور مشتری باقی میماند. ضمناً توجه داشته باشید که ۲۴میل درثانیه بیش ازسه برابرسرعت لازم‌برای فرار اززمین است. حتی در فاصلهٔ کالیستونیز، سرعت گریز از مشتری برابرسرعت گریزاز زمین

میباشد.

این موضوع آنقدرها بدنیست وازسرعت خود اقمارنیزمیتوان استفاده کرد. آمالتا باسرعت ۱۷/۲میل‌درثانیه درمدارش گردش‌میکند. اگرسفینهٔ فضائی درجهت‌آن گردش پروازکند، سرعت اولیه‌اش برابر ۱۷/۲میل درثانیه خواهد بود. سپس‌اگرسرعت ۷میل درثانیه خودش را به‌آن‌بیفزاید (سرعتی که باید برای رهاشدن ازجاذبهٔ زمین‌لازم‌دارد) بسرعتی بیش‌ازآنچه برای فرارازمشتری لازم‌است خواهد رسید.

گانیمد باسرعت ۶/۸ میل درثانیه‌گردش میکند. سفینهٔ فضائی چنانچه درسمت گردش‌گانیمد پرتاب‌شود باید فقط ۳میل درثانیه به سرعتش بیفزایدتانه‌تنها ازجاذبه‌گانیمد، بلکه ازخود مشتری نیزبیرون شود.

بازهم اشکالی وجودندارد ولی این‌مانورکه مثل‌اقمار گالیله‌ای درنزدیکی مشتری انجام‌میگیرد حیله‌ای بشمارمیرود:

ممکن‌است پیشروی بااحتیاط بطرف اقماربیرونی کوچك بهتر باشد. به J.VIII که فقطدارای سرعت‌گریزناچیزی ازخود دارد توجه کنید. یك سفینه فضائی درحداکثر فاصله ازمشتری (۲۰میلیون میل)، سرعتی کمترازا/۸ میل درثانیه برای فرارازمشتری لازم داردکه فقط حدود یك‌چهارم سرعت لازم برای فرارازمین میباشد.

ضمناً ممکن است‌انتخاب اولین پروازهای فضائی باسرنشین مطمئن‌ترباشد وبانزدیك شدن به‌اقماربیرونی‌تر مشتری بجای خود آن سیاره‌بزرگ، یعنی شبه‌سیارات کوچك تسخیرشده، درمصرف سوخت

صرفه‌جوئی شود.

شاید باایجاد پایگاههائی درآن اجرام کوچك وتهیه موتورهای نیرومندتر وروشهای نوینی برای رانندگی سفینه‌های فضائی، بتوانیم هرچه نزدیکتر به‌این سیاره نفوذکنیم وخط اقمار قدمگاه‌را پائین‌تر آوریم.

فصل هفتم

مناظر مشتری

خورشید در آسمان اقمار

اگروقتی دراقمارباشیم، ازیك موضع مساعد چه‌چیزی خواهیم دید؟

ابتدا خورشید را بصورت کاملا منقبض و فشرده‌ای می‌بینیم. مشتری واقمارش پنج برابرماازخورشید فاصله‌دارند وخورشید در آن نقاط قطری حدود شش ثانیه قوس دارد، بجای‌قطرسی‌ودوثانیه که از زمین می‌بینیم. خورشید در آن جاها فقط $\frac{۱}{۲۵}$ نور و حرارتی را که به‌زمین وماه میفرستد پخش میکند.

این خورشید کوچك ازدایرهٔ کوچکی ازنورتشکیل شده‌است. بااینحال ذکراین موضوع مهم است که کاهش نورش کاملا ناشی از کوچکی منطقه‌ای میباشد که در آسمان اشغال کرده است. روشنی‌این

دایرهٔ کوچك برابر روشنی منطقهٔ مساوی آن ازخورشیدی است که در آسمان کره زمین میباشد واگرمستقیماً به آن نگاه کنیم ممکن است به چشمهایمان آسیب برساند.

(حتی اگراین خورشید چنان دوربود که تنهامثل ستاره کوچك وتیره‌ای دیده‌میشد، درخشندگی آن به‌زیادی همان لکهٔ بزرگ‌خورشید بود که اززمین دیده میشود. اگرچه این لکه چنان کوچك بود که کلیه نوری که داخل چشم میشد برای آسیب رساندن کفایت نمیکرد).

درحالیکه اقماردورمحورهای خودگردش می کردند، خورشید بنظرمی آید که دروسط آسمان حرکت می کند، مثل‌خورشیدی که در آسمان‌ما حرکت می‌نماید. بااینحال برای اطلاع ازجزئیات‌حرکتش باید اطلاعاتی درباره میزان‌گردش اقمار داشته باشیم.

تاجائی که به‌اقمار بیرونی کوچك مشتری مربوط میشود ماازمیزان‌گردش آنهاخبرنداریم، ازاینرو نمیتوانیم درباره‌حرکت‌ظاهری خورشید درآسمانهای آنها چیزی بگوئیم.

باوجود این درمورد آمالتا واقمار گالیله‌ای، این فرضیه صحیح بنظر میرسد کـه همیشه یك طرف آنها مقابل مشتری قراردارد. اثرات کششی یك جرم بزرگ بریك جرم کوچکتر باعث میشود کـه جرم کوچکتر بصورتی درآید که وقتی دورجرم بزرگتر گـردش میکند، یك سمت ازآن مقابل آن جرم بزرگتر قرارگیرد. نیروی جاذبهٔ زمین همین کار را بـاماه انجام میدهد وماه همیشه همان طرفش را بمانشان میدهد. مسلماً نیروی جاذبه بسیارقوی‌تر مشتری نیزبااقمارداخلی‌خود

چنین کرده است.

وقتی یك‌قمر همیشه یك‌طرفش‌را به‌سیاره‌ای که دور آن‌میگردد نشان میدهد، مدت حرکت وضعی آن باید درست برابرمدت حرکت انتقالی آن باشد. مثلا کالیستو در۱۶/۷ روز دورمشتری میگردد، اگر همیشه یك‌طرفش مقابل‌مشتری باشد، باید در۱۶/۷روز دور محورش گردش کند. یعنی که اگرشما درسطح کالیستوبایستید مشاهده‌میکنید که خورشید در۱۶/۷ روز دایرهٔکاملی‌را درآسمان طی میکند. درآنجا خورشید ازمشرق طلوع میکند زیرا کالیستو به‌شیوه حرکت به‌جلو گردش می‌نماید واگرکالیستو به‌شیوهٔ قهقرائی گردش کند، خورشید ازمغرب طلوع می‌نماید. درکلیه‌اقماردرونی خورشید ازمشرق طلوع میکند.

در کالیستو برای اینکه خورشید به‌بلندترین نقطه آسمان برسد، اندکی بیش‌از۴ روز زمین وقت لازم‌دارد وسپس‌غروب آن نیزاندکی بیش‌از۴ روز زمین وقت‌میگیرد. هرروز وهرشب آنجا$\frac{1}{3}$۸روززمین طول میکشد.

اقماری که ازکالیستو به‌مشتری نزدیك‌تر میباشند، تندتر به‌دور آن میگردند و بنابراین گردش تندتری دور محورهای خود دارند. اختلاف وقت ازطلوع تاغروب خورشید درهریك ازاقمار درونی در جدول ۴۶ داده شده است.

جدول ۲۶

طول روز وشب دراقمار درونی

قمر	زمان بین‌طلوع وغروب یا بین غروب وطلوع	
	برحسب‌ساعت	برحسب‌روز
J_V آمالتا	۶/۰	۰/۲۵
J_I آیو	۲۱/۲	۰/۹
J_II اوروپا	۴۲/۷	۱/۸
J_III گانیمد	۸۴/۰	۳/۵
J_VI کالیستو	۲۰۰/۲	۸/۳
زمین	۱۲/۰	۰/۵
ماه	۳۵۴	۱۴/۸

زمین وماه برای مقایسه درجدول فوق گنجانده شده‌اند.

ستاره‌ها هنگـام شب (بشرط اینکه مشتری در آسمـان نباشد) بیشترمثل آنچه اززمین دیده میشوند بنظرمیرسند. کلیه اجرام فلکـی وستاره‌های درخشانی‌مانند اوریون[1] ودب اکبر وبقیه درآسمان رؤیت میشوند.

(این ستاره‌ها آنقدر دورند که فواصل بین سیارات بامقایسه با آنها ناچیزاست).

۱ـ Orion ستاره‌ای دراستوای شرق‌ثور که درنقشه بشکل یك‌شکارچی با کمروشمشیر نشان داده می‌شود.

(از اینرو الگوی ستارگان از یکطرف تـاطرف دیگر منظومهٔ شمسی تفاوت مهمی ندارد).

چون دراقمار، هوا وجود نـدارد هیچگاه مه یاابر ستاره‌ها را نمی‌پوشاند. آنها چشمك نمی‌زنند وهرستاره اندکی درخشانتراست ازآنچه اززمین دیده میشود، زیرا حتی روشن‌ترین هوا قسمتی ازنور ستارگان‌را جذب میکند. یعنی‌بعضی ازستارگانی که کمرنگ‌ترازآنند که اززمین دیده شوند، دراقمار برجیسی قابل رؤیت هستند. مجموع ستارگانی کـه میتوانیم باچشم غیر مسلح ازسطح زمین ببینیم حدود شش‌هزارمیباشد. این‌تعداد دراقمارمشتری، با احتساب‌شش‌هزارستارهٔ خیلی تیره‌ای که اززمین قابل‌رؤیت نیستند دوبرابر میشوند.

شکل‌ستاره‌هاشب‌به‌شب‌فرق میکند. چون‌مشتری واقمارش دور خورشید میگردند، خورشید هرروز درقسمت مختلفی ازآسمان دیـده میشود وقسمت دیگرآسمان هرشب قابل رؤیت است. این مـوضوع برای زمین نیزرخ میدهد. چون زمین درمدت یکسال دورخـورشید میگردد، یك‌دایره فرضی‌را درظرف یـك‌سال تشکیل میدهد. مشتری حدود ۱۲سال خورشید را دورمیزند وبنابراین ۱۲سال طول میکشد تا همه ستاره‌ها دردوران‌کامل دایره درشب دیده‌شوند.

اقماربرجیسی بدون هوا هستند واز این جهت طلوع خورشید آسمان‌آنهارا آبی‌نمیکند ونیزبرای پخش نورآبی دارای هوا نیستند حتی وقتی خورشید درآسمان باشد، آسمان اقماربـرنگ سیاه باقی میماند وحداقل بعضی ازستارگان قابل‌رؤیت میشوند. بااینحال فروغ

خورشید رؤیت ستارگان تیره‌را دشوارمیکند.

مشتری درآسمان اقمار

تااینجا بنظرنمیرسد که مناظر آسمان، آنطوریکه ازاقمار دیده میشوند، خیلی حیرت‌انگیزباشند. درآنجا خورشیدی فشرده‌تر وکم تأثیرترازخورشید زمین، وتعدادی‌ستارگان‌جدید،ولی‌بسیارتیره‌مشاهده میشود. روزوشب طولانی‌تراست (به‌استثنای مالتا) ولی چندان‌درازتر از روزوشب زمین نیستند. درواقع چیزهائی که دراقمار دیده میشوند بطورمشابهی ازماه ماقابل‌رؤیت میباشد.

ولی‌آیا درمشتری چه وضعی وجود دارد؟ وچگونه درآسمان اقمار دید میشود؟

چون‌کالیستو (وسایراقمار درونی) همیشه یك سمت خودرا به مشتری ارائه‌میدهند، بنظرنمیرسد که مشتری درآسمان کالیستو (یا در آسمان سایراقمار درونی) حرکت کند. اگرشما درسطح کالیستو، در سمتی که مقابل مشتری قراردارد، ایستاده باشید، مشتری را درآسمان بی‌حرکت مشاهده میکنید. این سیاره نه‌طلوع ونه‌غروب میکند ولی همیشه درست دریك محل دیده میشود.

ازطرف‌دیگر، اگردرکالیستو درسمت مخالف مشتری بایستید، مشتری هرگزدرآسمان نخواهدبود!

درواقع، اگر بتوانید مخلوق زنده‌ای‌را درکالیستو تصورکنید که مثل درختی درزمین جایگیرشده ودرسمت مخالف مشتری‌زندگی

کند، ممکن است هرگز از وجـود مشتری آگاه نشود و امکان دارد موجودیت مشتری را باتجزیه وتحلیل حرکات کالیتسو درك کند وباین نتیجه برسد که یك چیزی بایدبه آن قمرفشاربیاورد.

اگر درسطح کالیستو سفر کنید، بنظرشما چنان خواهد آمد که مشتری درسمت مخالف باسمت حرکت شمادر آسمان حرکت میکند. اگر شما بقدرکافی دورتر بروید، میتوانید ببینید که مشتری به افق میرسد. آنگاه چنانچه دیگرحرکت نکنید، میتوانیدناظر «غروب دائمی» مشتری باشید. ازسوی دیگراگرشما درسمت مخالف مشتری باشید ودرجهت معینی سفر کنید، سرانجام طلوع مشتری رادرآن قسمت ازافق خواهید دید که دربرابر شما قرارگرفته است.

این موضوع تاحدودی به آنچه ماازماه خودمیتوانیم ببینیم شباهت دارد، زمین ازسطح ماه همیشه درست دریك محل آسمان بنظرمی‌رسد.

بااینحال قطرمشتری درهنگامی که از کالیستودیـده شود '۲۶۰ است که هشت برابرعرض ماه کامل خواهدبود که از زمین دیده شود، و دوبرابرعرض زمین که ازسطح ماه مشاهده گـردد. مشتری درآسمان کالیستومنظرهٔ بسیارجالب تری از زمین درآسمان ماه دارد.

طبیعتاً مشتری وقتی ازاقمار کوچك بیرونی دیده شود کوچکتر بنظرمیرسد وهنگامی کـه از اقماری کـه ازکالیستوبه مشتری نزدیك تر میباشند دیده شودبزرگتربنظرمیآید. درجدول ۴۷ عرض مرئی ونمایان مشتری آنطور که ازهریك ازاقمارش دیده میشود داده‌شده است:

حتی ازفاصله بیرونی ترین اقمار کوچك، مشتری تقریباً همانطور

جدول ۴۷

قطر مشتری آنطور که از اقمارش دیده میشود

رؤیت از فاصله:	قطر مشتری برحسب درجه	ماه آنطور که از زمین دیده میشود = ۱
J-VIII، J-IX، J-XI، J-XII (میانگین)	۰/۴	۰/۷
J-X، J-VII، J-VI (میانگین)	۰/۷	۱/۳
کالیستو	۴/۳	۸/۳
گانیمد	۷/۳	۱۴
اوروپا	۱۱/۷	۲۵
آیو	۱۹	۳۸
آمالتا	۴۶	۹۲

که ماه بنظر ما میرسد دیده میشود. وقتی از چهار قمر دورتر نگریسته شود، اندکی کوچکتر از ماه ما، و موقعی که از سه قمر کوچك کـه بمشتری نزدیك‌ترند دیده شود، اندکی بزرگتر از قمر ما بنظر میرسد. با اینحال از اقمار گالیله‌ای، آسمان را فرامیگیرد و درحالی که در زمین بهمین ترتیب نیست، مخصوصاً از آمالتا، مشتری در فاصله‌ای کـه از نیمه راه افق تا سمت‌الرأس را فرا میگیرد، گسترش دارد و $\frac{۱}{۳۰}$ آسمان بالای سر را پر می کند.

آیا درخشندگی مشتری هنگامی که ازاقمارگوناگون دیده شود چقدراست؟

چون مشتری‌بیش‌ازماه ازخورشید دوراست، دریك منطقه‌معین درخشندگی کمتری دارد، ولواینکه شش‌برابربیشترازماه، نوردریافتی را منعکس میکند.

بطورمثال، مشتری‌ازقمرJ-VI اندکی بزرگترازماه برای زمین، بنظرمیرسد. مشتری‌قطری ۱/۳ برابرقطرماه را دارد، ازاینرومساحتش ۱/۷ برابرماه ما میباشد، بااین وجـود چون ازنورخورشید درمسافت دورتری بهره‌مند میشود، روشنائی آن، هنگام مشاهده از قمـرJ-VI $\frac{1}{3}$ روشنائی ماه‌کامل برای زمین است.

درحالیکه ما زیرخط اقمارحرکت کنیم، ومشتری بزرگتر بنظر میرسد، طبعاًروشن‌تر وروشنترخواهدشد.این موضوع درجدول‌شماره ۴۸ ارائه شده است.

پس‌مشتری‌ازاقمارگالیله‌ای‌خود درنتیجهٔ اندازه ظاهری‌بزرگش خیلی درخشانترازماه درنظرما دیده خواهدشد. مشتری‌حتی‌ازکالیستو نیز ۱۲/۵ برابر درخشندگـی ماه ما را دارد و از آمالتا ۱۲۰۰ برابر درخشان‌تر است.

آیا درخشندگی کـرهٔ بزرگ مشتری بامقایسه با درخشندگـی خورشیدی که ازاقمارگوناگون دیده میشود چقدر است؟

این مقایسه که باعث‌تعجب‌شما میشودکاملابه‌نفع خورشیداست. حتی باتوجه دوری مشتری، خـورشید ۱۷۰۰۰ برابردرخشندگی ماه

جدول ۴۸

درخشندگی مشتری هنگام مشاهده از اقمار

هنگام مشاهده ازقاصله:	حداکثر درخشندگی مشتری (حداکثر درخشندگی ماه هنگام مشاهده از زمین = ۱)
J_VIII، J_IX، J_XI، J_XII (میانگین)	۰/۰۸
J_VI، J_VII، J_X (میانگین)	۰/۳
کالیستو	۱۲/۵
گانیمد	۳۵
اوروپا	۸۵
آیو	۲۲۰
آمالتا	۱۲۰۰

جدول ۴۹

درخشندگی خورشید با مقایسه بامشتری

قمر	درخشندگی ظاهری خورشید (درخشش مشتری آنچنان که ازقمر دیده میشود = ۱)
J_VIII، J_IX، J_XI، J_XII	۲۱۰۰۰۰
J_VI، J_VII، J_X	۵۶۰۰۰
کالیستو	۱۳۵۰
گانیمد	۴۹۰
اوروپا	۲۰۰
آیو	۷۷
آمالتا	۱۴

کامل‌نسبت به‌مارا دارد. درنتیجه، درهریك ازاقمارمشتری، خورشیدی کـه به‌اندازه یك نخود دیده میشود، همانطورکه درجدول ۴۹ ارائه گردیده خیلی درخشان‌تراز مشتری میباشد.

خورشید، موقعی‌که ازکالیستو دیده شود، بیش‌از۱۰۰۰ برابر این سیارهٔ بزرگ درخشندگی دارد.

حتی‌درآمالتا، کره بزرگ‌مشتری هیچگاه‌بیش‌از $\frac{1}{14}$ خورشید درخشندگی نخواهد داشت.

منازل وصور مشتری

درمورد درخشندگی مشتری نکته مهمی را باید بخاطر داشت: این سیاره مثل ماه ما فقط با منعکس‌کردن نور خورشید می‌درخشد. تنها نیمی ازآن بوسیله خورشید روشن میشودکه بستگی به‌موقعیت خورشید نسبت به‌مشتری واقمار دارد.

قسمتی ازمشتری‌که برابرقمرباشد ممکن‌است کلا روشن، کاملا تاریك، یا تااندازه‌ای (جزأً) روشن وتااندازه‌ای‌تاریك‌باشد.

بعبارت دیگر وقتی مشتری ازاقمار دیـده میشود، صورمختلفی نشان میدهدکـه مانند ماه هنگام رؤیت اززمین (یا مانند زمین هنگام رؤیت ازماه) میباشد.

وقتی همهٔسطح مشتری برابرقمر قرارگرفته وبوسیلهٔ خورشید روشن‌شود، مانندکرهٔ مدوربزرگی میدرخشد ودرحداکثردرخشندگی خود میباشد. درجدولهای ۴۸ و۴۹ درخشندگی مشتری دراین‌حداکثر

محاسبه شده است. با وجود این اغلب اوقات فقط قسمتی ازسطح مشتری (که ازقمر دیده میشود) درنور خورشید غوطه‌وراست. درآن اقات مشتری تاریکتراست.

هرچه قسمت کمتری ازسطح مرئی آن روشن باشد، تاریکتر بوده و ممکن است اوقاتی باشد که سطح مقابل قمر ابداً نوری از خورشید نمیگیرد ودرخشندگی مشتری درحدود صفر میباشد.

اینك بیائیم این موضوع را بااین تصور که دوباره در کالیستو هستیم بررسی کنیم: مامیتوانیم خودرا درنقطه‌ای که خورشید مستقیماً بالای‌سرما،درسمت‌الرأس[1] (اوج)باشدتصور کنیم. طبیعتاًخورشیدتاوقتی که‌ما درآن نقطه درسطح کالیستو متوقف باشیم درآنجا باقی خواهد ماند. وقتی درآنجابایستیم می‌بینیم که خورشیدازمشرق طلوع میکند، آسمان‌را می‌پیماید و $۸\frac{۱}{۳}$ روز بعد درمغرب غروب می‌نماید. سپس $۸\frac{۱}{۳}$ روز دیگر دوباره طلوع کرده واین عمل را تکرار می‌نماید.

ولی درهمانوقت که خورشید از آسمان عبور میکند، برای مشتری چه‌اتفاقی می‌افتد؟ تصور کنید درکالیستو موقع طلوع خورشید باشد. این خورشید کوچك در افق شرقی میدرخشد و مشتری‌را از مشترق روشن میسازد ووقتی درآسمان‌به‌خورشید خیره شویم فقط‌نیمه شرقی مشتری روشن میباشد. نیمهٔ غربی نوری ازخورشید نمیگیرد و تاریك است. از این‌رو مایك «نیمه مشتری» را (مثل نیمهٔ ماه خودمان ولی البته خیلی بزرگتر ودرخشان‌تر) مشاهده میکنیم.

۱ـ Zenith

در حالیکه خورشید بـه کندی در آسمان طلوع میکند، مقدار بیشتری ازنورش به‌آن قسمت ازمشتری کـه ازما دوربوده ونمیتوانیم آنرا ببینم میتابد ومقدار کمتری به آن قسمتی که میتوان دید میتابد. قسمت روشن مشتری کاهش‌یافته ودرطرف شرقی مبدل به‌هلال میشود. این هلال در ابتدا درشت است ولـی هرچه خورشید بالاتـر می‌آید کوچکتر میشود. سرانجام بعداز ۴ روز، خورشید تقریباً دراوج بوده وبنابراین به‌مشتری بسیار نزدیك میباشد. البته بامشتری تماس حاصل نمیکند، زیرا خورشید خیلی دوراست ولی در اینحال خورشید تقریباً تمام طرف دیگرمشتری را که مانمی‌توانیم ببینیم روشن میسازد. فقط کوچکترین هلال ممکنه‌را میتوان درشرق دید وتنها راهی که بتوانید آنرامشاهد کنید، کاهش نورخورشید کوچك‌است که درغیراینصورت انحنای نازك نورمشتری‌را ازبین میبرد. آنگاه خـورشید پشت مشتری رفته و کسوف میکند.

همانطور که ازکالیستو مشاهده‌می‌شود، حدود۴/۵ ساعت‌برای عبورخورشید ازیك طرف مشتری بطرف دیگـر وقت لازم است. در سراسراین‌مدت، همهٔ نورخورشید درسمت دیگرمشتری بوده وطرفی که‌ما می‌بینیم بکلی تاریك خواهد بود. این‌خود منظره‌ای از «مشتری جدید» بشمار میرود.

بااینحال مشتری عملا بکلی تاریك‌نمیشود. این کره دارای‌هوا است واین هوا که درهمه اطراف آن سیاره وجود دارد بـاعبور نور خورشید روشن میشود ودایرهٔ سرخ‌گونـه‌ای ازنور دیوارهٔ مشتری‌را

مشخص میکند. در داخل این دایره، تاریکی مشتری با تاریکی بقیهٔ آسمان فرق‌دارد زیرا هیچ‌ستاره در آن دایره مرئی نمیباشد.

در آغاز کسوف، نیمهٔشرقی دایرهٔ نورانی روشنتر از نیمهٔ غربی است. در وسط کسوف تمام اطراف دایره بطور یك‌نواخت روشن میشود، سپس نیمه‌غربی بتدریخ روشن‌میگردد، درحالی که نیمه‌شرقی تاریك میشود.

بالاخره درپایان کسوف، خورشید درسمت غربی مشتری مانند الماس درخشانی پدیدارمیشود. آرام وبه‌آهستگی عقب‌رفته به‌غرب دورترحرکت میکند، ودرآنجا دوباره مشتری این‌دفعه درطرف غربی هلالی‌گردیده ومرتباً بزرگتروبزرگترمیشود. بتدریج خورشید به‌افق غربی (تقریباً ۱۰۰ساعت بعداز کسوف) می‌رسد وسیاره‌بازهم‌درمرحلهٔ «نیمه‌مشتری» قرارمیگیرد ولی‌حالا «نیمه‌غربی» مشتری‌روشن‌میشود.

سپس خورشید غروب میکند وبیش‌ازاین دیگردرآن قسمت‌از کالیستو که شماایستاده‌اید نخواهددرخشید ولی هنوزبه‌مشتری‌می‌تابد. درواقع درآن‌طرف مشتری که روبروی‌کالیستو قرارگرفته بیش‌ازپیش درخشانترمیشود. نیمه‌مشتری شروع به‌گسترش‌می کند وبه‌مشتری‌کامل نزدیك‌ترمیشود. سرانجام، ۱۰۰ساعت‌ازغروب آفتاب،درنقطه‌ای که‌شما درکالیستوایستاده‌اید «نیمه‌شب» است. دراین‌حال، خورشید، کالیستوو مشتری روی یك‌خط مستقیم قراردارند. اشعه خورشید از کلیه جهات کالیستومی‌گذرد وتمام‌آن طرف مشتری‌راکه مقابل‌شماست‌کاملاروشن میکند. اکنون مشتری دایره بزرگی ازنوراست و «مشتری کامل» را

تشکیل میدهد.

ولی سپس خورشید از نقطه نیمه‌شب میگذرد و طرف غربی مشتری شروع به‌روشن‌شدن میکند. دایره نور از طرف غربی شروع به‌فرورفتن میکند و بتدریج خورشید دوباره بحال طلوع درمیآید، مشتری یکبار دیگر « نیمه ـ مشتری » می‌گردد، ولی این بار طرف شرقی آن روشن است.

سطوح مدارات اقماردرونی بطرف سطح مدارمشتری نسبت‌به خورشیدتا ۳° انحراف‌دارند. یعنی گاهی خورشید، آنچنانکه‌ازکالیستو دیده‌میشود، هنگام عبوراز آسمان دقیقاً اززیریا بالای مشتری‌میگذرد. دراین‌موقع کسوفی وجود ندارد، گرچه مشتری ازمرحله جدید خود عبور میکند بـاهلالی ازنور ضعیف که دیده نمیشود وهوای اطرافش روشن میباشد. با این‌حال این‌حلقه نوردرسمت روشن‌تراست ودربرابر تابش نورآن محووضعیف‌تر بنظرمیرسد.

دراقمار درونی که به‌مشتری ازکالیستو نزدیك‌ترمیباشند،مشتری آنقدر بزرگ دیده میشود که باوجود انحراف مدارات، خورشید هر بار ازپشت‌آن عبورمیکند. گاهی ازپشت آن بالا یاپائین خط میانی مشتری عبورمی‌نماید ولی هیچگاه این‌دو مسیررا ازدست نمیدهد.

اگرشما خودتان‌را درهریك ازاقمار درونی در محلی ازسطحی که مستقیماً زیرمشتری است فرض کنید مشتری دراوج خسود میباشد. آنچه شما می‌بینید درست همانطوراست که درکالیستومشاهدمی کنید. خورشید (که ازهریك ازاقمار بیك‌اندازه دیده میشود) ازشرق‌به‌غرب

حرکت میکند و از پشت مشتری عبور کرده واز «نیمه مشتری» به «مشتری جدید» ودوباره به‌نیمه مشتری میرود ودرنیمه شب «مشتری کامل» میشود.

البته هرچه قمر به‌مشتری نزدیکتر باشد، حرکت خورشید در آسمانش تندتر(به‌جدول ۴۶مراجعه شود) وعبورش‌ازپشت مشتری نیز سریعتر خواهدبود. ازسوی‌دیگر، هرچه شخص ازقمری‌به‌قمر دیگر بطرف مشتری حرکت کند این سیاره بزرگتر وبزرگتر دیده میشود و طول معبرافزایش مییابد. باتوجه به‌این دوعامل، جدول ۵۰ نشان‌میدهد که طول مدت کسوف درهریك ازاقمار درونی مشتری چقدراست.

این‌مسئلهٔ مهمی‌نیست ولی‌منظره درآمالتافوق‌العاده جالب‌است. کره بزرگی مثل‌مشتری که عرض‌آن بیش‌از ۹۰برابرماه‌کامل مامیباشد، مراحل تغییرش‌را باسرعت خیلی زیاد طی میکند وسه ساعت بعداز غروب‌آفتاب ازمرحلهٔ نیمه‌مشتری به‌مشتری‌کامل تبدیل میشود، ودرسه ساعت دیگرازمشتری‌کامل به‌نیمه مشتری دیگری مبدل میگردد زیرا خورشید دوباره طلوع‌میکند ووقتی به‌مشتری نگاه‌کنیم شاهدگسترش آن خواهیم‌بود.

درطول مدت کسوف دایره بزرگی ازنور خورشید را مشاهده میکنیم که ازلبه‌های جومشتری میتابد. بخاطرداشته باشید که درداخل آن دایرهٔ بزرگ هیچ ستاره‌ای وجود ندارد.

مشتری‌کامل درحالی که ازآمالتا دیده میشود، چقدر باشکوه و عالی بنظرمی‌آید! نه تنها دایره عظیمی ازنور مشاهده میشود، بلکه

جدول ۵۰

کسوف‌های خورشید هنگام رؤیت آن از اقمار

قمر	حداکثر طول مدت کسوف (بساعت	حداقل زمان بین کسوفها (بساعت)
کالستو	۴/۶	۳۹۶
گانیمد	۳/۵	۱۶۵
اوروپا	۲/۸	۸۳
آیو	۲/۲	۴۰
آمالتا	۱/۵	۱۰/۵

همانطور که بعداً خواهیم دید، این دایره باابرهای رنگینی مشخص است که کمربندها، مناطق ولکه‌هائی را تشکیل میدهند و تلاطم آنهارا ممکن است بتوان باچشم غیرمسلح مشاهده کرد.

مشتری کامل، حتی اگر از آمالتا دیده شود، خیلی درخشان نیست که قابل نگاه کردن باشد. اگرچه درخشندگی مشتری $\frac{1}{14}$ درخشندگی خورشید (هنگام مشاهده از آمالتا) میباشد ، این درخشندگی بطور یکسان درصفحهٔ قرص بزرگ مشتری گسترش مییابد. هرقطعه کوچکی از مشتری روشن به‌همانگونه که از آمالتا دیده میشود، درخشندگی بسیار کمتری ازقطعه‌ای بهمان اندازه ازماه هنگام رؤیت از زمین را دارد ونگاه کردن به‌مشتری ابداً زحمتی نخواهد داشت.

نکته دیگر آنکه اگرما درنقاط مختلفی ازسطح یك قمر درونی بایستیم، مشتری درقسمت دیگری از آسمان بوده وچگونگی جزئیات

منظره تغییرمیکند. برخی ازاین‌تغییرات ممکن‌است بسیارجالب باشد.

مثلا فرض کنید شما در نقطه‌ای ازسطح آمالتا ایستاده‌اید و مشتری‌را درمشرق با افقی که دونیم شده‌باشد می‌بینید. وقتی خورشید درغرب غروب میکند، مشتری در «مرحله کمال» میباشد. نیمه بالای افق کاملا روشن بوده وازسه ساعت‌قبل، ظهراست. بااینحال آنطورکه باید جالب‌بنظرنمی‌آید زیرا خورشید هنوز درآسمان قرار دارد.

پس ازغروبهای خورشید، قسمت مرئی مشتری شروع به‌جمع شدن‌می کند و۳ساعت بعداز غروب درجائی که ایستاده‌اید نیمه شب است واین سیارهٔ عظیم درمرحله «نیمه مشتری» بوده ونیمهٔ زیرافق آن‌درروشنائی خورشیدمیباشد. شمادربالای افق‌فقط تاریکی‌رامیتوانید ببینید که قطعهٔ نیم دایره‌ای است وستاره‌ای درآن نمی‌درخشد.

این کیفیت تادوساعت ادامه میابد، سپس اتفاقی روی میدهد. یك نیم‌دایره نوربسیار کمرنگ درافق شرقی پدیدار میشود. خورشید تقریباً عبورازپشت مشتری‌را آغازمیکند وآنقدر درزیرافق می‌ماند که شما نمیتوانید آنرا ببینید، ولی نورش از لبه های جو مشتری دیده میشود.

این‌نیم‌دایره تایك‌ساعت‌ونیم روشن‌میباشد تاموقعی که‌خورشید دربالای مشتری پیروزمندانه پدیدارمیشود ودرحالی که به طلوع‌خود ادامه میدهد، نور به‌آن نیمه از مشتری که ما میتوانیم ببینیم گسترش میابد.

ظهورغیرمنتظرهٔ این‌نیم‌دایره روشن دراولین‌باری که آنرا ببینید

بسیارمهیج میباشد (مگراینکه از آن اتفاق قبلا آگاه باشید).

اقمار درآسمان کالیستو

اکنون نیمه‌شب دوباره به‌کالیستوبرگشته وفرض میکنیم که به «مشتری کامل» در سمت‌الرأس چشم دوخته‌ایم. آیا فقط مشتری را خواهیم‌دید؟ ابداً چنین نیست. بلکه ماسایراقمار رانیزخواهید دید.

البته ما همه‌آنهارا، حداقل باچشم غیرمسلح نمیتوانیم ببینیم. اقمار کوچك بیرونی آنقدر دور وکوچك میباشند که ازهیچیك از سیارات درونی قابل رؤیت نیستند. آمالتا بزرگتر ونزدیکتر از اقمار بیرونی است ولی بازهم کوچکتر ازآن است که چیزی بحساب‌آید. فقط اقمارگالیله‌ای دربیرون‌آسمان قمری قرار دارند وهمین‌کاملا کافی است زیراماازکالیستو میتوانیم هریك‌ازسه‌قمر: دیگریعنی‌آیو، اوروپا وگانیمد را مشاهده کنیم. مدار هریك ازاین ۳ قمر نزدیك‌تر از مدار کالیستوبه مشتری می‌باشند: یعنی هرسه قمرهنگامی که ازکالیستو دیده شوندازیك‌طرف مشتری‌به‌طرف‌دیگرتغییرمحل‌میدهند وهیچگاه‌بیش‌از مسافت معینی ازمشتری دور نمیشوند.

مثلا به‌گانیمد توجه‌کنید: این قمرازکالیستو درحال حرکت‌از غرب به‌شرق درجلو مشتری وسپس ازشرق به‌غرب در پشت‌آن دیده میشود. چه در شرق وچه درغرب، گانیمد فقط حدود ۳۵° ازمرکز مشتری فاصله میگیرد. اگر مشتری دراوج باشد، گانیمد فقط اندکی بیش‌از یك‌سوم فاصله تاافق درهرسمت حرکت میکند. پس گانیمد هرگز غروب نمی‌نماید، اما همواره درآسمان می‌ماند وبه‌عقب وجلو

دراطراف مشتری حرکت میکند.

البته اگرما درطرف مقابل کالیستو باشیم، هرگز کالیستو یاسایر اقمار گالیله‌ای‌را درآسمان نمی‌بینیم. آنهاهمیشه زیرافق قرارمیگیرند. اگر درنقطه‌ای باشیم که مشتری همیشه درنزدیکی افق شرقی یا غربی قرار دارد، گانیمد غروب میکند، سپس دوباره درهمان نقطه طلوع می‌نماید. اگرمشتری درست درزیرافق‌شرقی‌یاغربی‌باشد، گانیمدطلوع کرده ومقداری درآسمان بالا میرود وسپس برمیگردد ودوباره‌غروب میکند. ولی حالا بیائید در وضعی که مشتری مستقیماً دربالای سرما قراردارد باقی بمانیم وببینیم چه میشود:

گانیمد در ۷/۱۵ روز، دورمشتری گردش میکند، ولی کالیستو آنرا درهمان سمت تعقیب ودر ۱۶/۶۹ روز دورمشتری میگردد. اگر آنها با هم دریك سمت مشتری حرکت کنند، در زمانی که گانیمد دایره‌کاملی‌را به‌دور مشتری پیموده است، کالیستو تقریباً نصف‌مدارش را طی کرده‌است. این قمرپنج روز دیگر برای رسیدن به‌گانیمد لازم دارد وهردوی آنها دوباره درهمان سمت مشتری میباشند.

پس اگراز کالیستو مشاهد شود، گانیمد ازیك سمت مشتری به سمت دیگرعبور کرده وسپس در ۱۲/۵ روز دوباره برمیگردد.

این استدلال درمورد اوروپا وآیو نیزصدق میکند. چون آنهابه مشتری‌نزدیکترندوتندترحرکت‌میکنند، پس‌دایرهٔ‌خودرادرمدت کمتری پیموده وزودتر به‌کالیستو میرسند. اگرازکالیستو نگریسته‌شود، اوروپا گردش ومسافرت ازغرب به‌شرق وبازگشت به‌غرب را در۴/۵ روز و

آیو در۲ روزانجام میدهد.

اندازهٔ ظاهری اقمار گالیله‌ای درحالی کـه دایرهٔ مدار خود را تشکیل میدهند تغییرمی کند. مثلا وقتی گانیمد درمنتهی‌الیه‌غربی‌مدار خودباشد، حدود ۹۰۰۰۰۰ میل ازکالیستو فاصله دارد ودارای قطری برابر ´۱۲ است که‌اندکی بیش‌ازیك‌سوم قطرظاهری ماه‌میباشد. وقتی گانیمد به‌طرف مشرق حرکت میکند، بین‌مشتری وکالیستو دورمیزند، بطوریکـه وقتی در جلـو کـره مشتری در حال حرکت است فقط ۵۰۰۰۰۰ میل ازکالیستو فاصله دارد وقطرش تا ´۲۲ افـزایش مییابد. سپس وقتی گانیمد ازمشتری‌عبور کرده وبه‌سمت‌مشرق می‌رود،دوباره دورمیزند ووقتی درمنتهی‌الیه شرقی است‌باقطر ´۱۲برمیگردد.

هنگامی که‌گانیمد دوباره شروع به‌حرکت‌بطرف مغرب میکند، درحالیکه به‌طرف دیگر مشتری روی می‌آورد ازکالیستو دورمیشود و قطرش‌کاهش مییابدتابه۱۸۴۰۰۰۰میلی‌کالیستو می‌رسد. دراین‌موقع به پشت مشتری رفته وپنهان میشود. درآن وقت قطـرش فقط ´۶ است و بزحمت تشخیص داده میشودکه یك‌کره کوچك است.

همینکه ازپشت مشتری سردرمی‌آورد وبسمت‌غرب برفتن‌ادامه میدهد، اندازهٔ ظاهریش دوباره افزایش مییابد تادرمنتهاالیه غرب ´۱۲ میرسد وبازهم شروع بحرکت می‌کند.

اوروپا وآیو وقتی ازکالیستو دیده شوند همین مسیر تکاملی را انجام میدهند وچون ازگانیمد به‌مشتری نزدیك‌تـر میباشند، درآسمان کالیستو نزدیك‌تر به‌مشتری میمانند. اوروپـا هیچگاه دورتراز °۲۱ از

مرکزمشتری و آیو هرگزبیش‌از ۱۲° از آن نقطه دورتر گردش نمیکند.

مدارات اوروپا و آیو کوچکتر از گانیمد میباشند ووقتی همه دریك سمت مشتری قرارگیرند، بقدر گانیمد به‌کالیستو نزدیك نیستند. وقتی همه درسمت مخالف مشتری باشند باندازهٔ‌گانیمد ازکالیستودور نیستند. یعنی که اوروپا و آیودرطول مدارات خسود بقدرگانیمد تغییر اندازه نمیدهند.

ازاین دو قمر، آیو بیش‌از اوروپا (وقتی هـردو در یك سمت مشتری‌باشند) ازکالیستو فاصله‌دارد. ازسوی دیگر آیوبزرگتراز‌اوروپا است. بنابراین هردوی آنها هنگام مشاهده ازکالیستو انـدازهٔ مساوی درحدود ′۷ قوس‌دارند. هردوی‌آنها درمسیرمدارخود اندکی بزرگتر واندکی کوچکتر میشوند واین تحول در اوروپا بیش از آیو میباشد ولی درهیچ موردی این اختلاف قابل‌توجه نیست.

اقمار مشتری مانند خود آن سیاره مناظر مختلفی ارائه میدهند. هریك از این سه قمر در آسمان کالیستو، وقتی کـه این قمر به‌مشتری نزدیك باشد، همان منظره‌ای را کـه خود مشتری ارائـه میدهد نشان میدهند. این امـرباعث تغییر وتنوع دیگری میشود: وقتی گانیمد از جلو مشتری عبور میکند، و این عبور موقعی انجام گیرد که خورشید درسمت دیگرکالیستو میباشد، ممکن است هر دوی آنها یعنی مشتری وگانیمد درشکل کمال خودباشند. چنانچه خورشید درلحظه عبور در نزدیکی مشتری در آسمان باشد، هم‌گانیمد و هم مشتری ممکن است بشکل هلال‌های کوچکی دیده شوند، یاچیزی فیمابین آن دو شکل

باشند.

یك منظره جالب میتواند بوجود بیاید، وقتی که گانیمد درجلو مشتری عبور کند وهردوی آنها درمرحله نیمه کمال باشند، بویژه اگر آنرا ازنقطه‌ای درکالیستو نگاه کنید که خورشید درآن موقع در زیر افق باشد. در نیمه راه این عبور، گانیمد از نیمه‌ای از سطح مشتری خواهدگذشت که تاریك است، دراینحال درقطعه کوچکی از زمینهٔ بی‌ستاره بصورتی خیلی کوچکتر ازشکل عظیم اولیه خود دیده میشود که شاید ازهرموقع دیگر واضح‌تر باشد.

بین اقمار و خورشید چه کیفیتی وجود دارد؟ آیا یك قمرمیتواند خورشید را در موقعی که ازکالیستو دیده میشود پنهان کند؟ قطر خورشید هنگام رؤیت ازکالیستو فقط ′۶ میباشد، یعنی‌امکان دارد بوسیلهٔ هریك ازسه قمرگالیله‌ای درآسمان‌کالیستو کاملاً پوشیده شود. حتی در موقع مناسب ممکن است بوسیله هر یك ازآنها چنان مخفی شود که اکلیل خورشید بصورت تیره‌ای رؤیت گردد و شبیه نمونهٔ‌کوچکی از کسوف باشد که اززمین دیده میشود.

ولی ، افسوس این اتفاق هرگز روی نمیدهد. مدارات اقمار °۳/۱ نسبت به‌مدار مشتری انحراف دارند . یعنی خورشید همیشه اندکی بالاتر یا اندکی پائین‌تر ازاقمار عبورمیکند. تنها موقعی که یك قمراز جلو خورشید میگذرد (همانطورکه ازکالیستویا هریك ازاقمار درونی دیده میشود) وقتی است که قمر و خورشید در عقب مشتری

باشند، یا وقتی که مشتری درست دروسط آنها باشد. درهردو صورت کسوفی دیده نمیشود.

آیا یك قمر میتواند باعث کسوف قمر دیگری باشد؟ این خود مطلب دیگری است. تمام اقمار تقریباً در یـك سطح حرکت میکنند بطوریکه آیو، اوروپا وگانیمد هنگام مشاهده ازکالیستودریك خط‌عقب وجلومیروند. متأسفانه مدارکالیستو بیشترازهمه انحراف دارد،بطوری که ازکالیستومیتوان کمی پائین یااندکی‌بالا به‌مدارات دیگرنگاه کرد. یعنی که اقمار هنگام عبور ازیکدیگر به‌بالا یابه‌پائین حرکت میکنند.

بااینحال گاهی کالیستودرنقطه‌ای قرارمی‌گیرد که میتوان‌حرکت یك قمررا ازجلو دیگری مشاهده کرد. اینکار درهر مرحله‌ای میتوانـد انجام‌گیرد، بقسمی که هرنوع کسوفی وجودپیدا میکند. (ازسایراقمار گالیله‌ای که مدارات آنها تقریباً دریك ردیف قـرار دارند، کسوف یك قمربوسیله قمردیگر منظرهٔ عادی‌تری است تاازکالیستو، یعنی بطوریکه گفتیم منظرهٔ کالیستو خیلی زیبا وشگفت‌انگیز است).

آیا یك قمرنمیتواند بین خورشید ومشتری حرکت کند؟ چرا میتواند واین کاررا هم میکند: هرقمر یکبار درهرگردش انتقالی خود، بین‌خورشیدومشتری حرکت می‌نماید. هریك‌ازآنها سایه‌ای‌می‌اندازد و وقتی قمربین خورشید و مشتری عبـور میکند ، ایـن سایه در سمت مشتری گسترش می‌یابد ومیتواند روی آن کـره بیفتد. طبعاً این سایه کلیه سطح عظیم مشتری‌را نمی‌پوشاند وفقط قسمت مدورکوچکی از سطح آن راکه حدود ۲هزارمیل طول دارد مستور میکند.

مثلا وقتی گانیمد در جلـو مشتری (هنگام مشاهده ازکالیستو) حرکت کند، اگر هردوی آنها در «مرحله کمال» باشند سایه‌اش بطرف مشتری گسترش می‌یابد. سپس خورشید مستقیماً روی گانیمد ومشتری می‌تابد و سایه گانیمد که همیشه دور از خورشید است بطرف مشتری میباشد.

اگرهم گانیمد وهم مشتری هنگام مشاهده ازکالیستو در «مرحله کمال» خود باشند، سایه گانیمد مستقیماً به‌سمت عقب گسترده‌میشود، آنوقت گانیمد سایهٔ خودرا می‌پوشاند.

بااینحال چنانچه گانیمد سراسر مشتری‌را طی کند درموقعی که هردوی آنها اندکی کمتر ازمرحله کمال یا کمی بعدازآن مرحله‌باشند، خورشید در زاویهٔ کوچکی به‌گانیمد برخورد میکند وسایه‌اش روی مشتری کمی‌درپشت‌ویادرجلوگانیمد می‌افتد. دراینحال میتوان‌حرکت این سایه‌را که بشکل تیکهٔ‌دایرهٔ تاریکی میباشد درسطح روشن مشتری مشاهده کرد وبا چشم غیرمسلح نیز دیـده میشود. (البته با استفاده از تلسکوپ ما میتوانیم سایه اقماررا هنگام عبور ازقسمت روشن مشتری اززمین مشاهده کنیم).

بعضی از اوقات در موقعی که مشتری در مرحله کمال بـاشد، سایه‌ای برروی آن می‌افتد، حتی اگرچه قمری درآسمان آن نباشد. این سایه گاهی در ارتفاع زیاد یا در ارتفاع کم از روی مشتری عبور کرده و گاهی اصلا از روی آن نمیگذرد. این سایه مسلماً سایه خود کالیستو میباشد. باتوجه به‌این موضوع می‌بینیم که آن طرف کالیستو

که رویاروی مشتری قرار گرفته ، یـك پدیده عجیب سماوی بوجود میآورد که باهرچیزی که از آسمان کره زمین دیده شود مغایرت دارد. بخاطربیاورید که کالیستو دورترین قمرگالیله‌ای ازمشتری، وآسانترین وکم‌هزینه‌ترین آنها برای دست‌یابی میباشد (زیرا به‌موشکی باحداقل سوخت‌نیازدارد) وروزی‌میرسد که‌بهترین‌جای‌برای جهانگردان بشود!

آسمان‌های اقمار دیگر

اینك باعطف توجه ازکالیستو به‌گانیمد، مطالب زیادی بـرای گفتن جزئیات نداریم زیرا ازبعضی جهات این دوقمر کیفیت مشابهی بایکدیگر دارند.

فرض کنید ما درنقطه‌ای ازسطح گانیمد که مشتری دراوج‌باشد بایستیم. مشتری‌دراینجاازآنچه‌ازکالیستودیده میشود بزرگتربنظرمیآیدو خورشید نصف مدتی‌راکه برای حرکت درآسمان کالیستو لازم دارد درآسمان این قمر،یعنی گانیمد صرف میکند، ولی کسوف‌ها ومراحل، حالت واحدی دارند.

ازگانیمد، اوروپا وآیو در حال حرکت به‌عقب وجلو از روی مشتری دیده‌میشوند وکیفیف شگفت‌آوری‌را ارائه نمیدهند، بااینحال کالیستو که بیش ازگانیمد ازمشتری فاصله دارد هـرگز بین گانیمد و مشتری گردش نمیکند.

ازگانیمد میتوانیم کالیستو را در حال حرکت در پشت مشتری ببینیم که ازمشرق به مغرب میرود. وقتی درگردش وسفر خودبه‌سمت

غرب ازمشتری عبور کند، به‌حرکتش ادامه‌میدهد تااینکه غروب‌نماید وفقط باعبور ازپشت گانیمد به‌سمت دیگـر آن سیاره میرود. پس‌از انجام این‌کار، درمشرق طلوع کرده ودوباره پشت مشتری میرود.

منظور این است که اگرشما در آن طرفی ازگانیمد که مستقیماً ازمشتری دور میباشد بـایستید، هرچند گاه یکبار کالیستو را مشاهده میکنید. کالیستو در مشرق طلوع کـرده آسمان را طی می‌نماید و در مغرب غروب میکند. بدین‌ترتیب از آن طرف گانیمد که دورازمشتری میباشد چیزی که‌هیچگاه درکالیستو دیده‌نمیشود، یعنی کسوف‌خورشید بوسیله یك قمر، مشاهده میگردد.

هرچندگاه یکبار، کالیستو درست بین گانیمد وخورشید قـرار میگیرد و درآن موقع تـا حد امکان به گانیمد نزدیك بوده و حـدود ۵۰۰۰۰۰ میل باآن فاصله دارد. دراینحال طولش ′۲۲ یـا بیش از ۳ برابر عرض مرئی خورشید است. چون‌کالیستو ازجلو خورشید عبور میکند، میتواند تا ۱۲ دقیقه آنراکاملا بپوشاند وسایه‌اش قسمت‌زیادی ازگانیمد را مستور میسازد.

یعنی اگر از کالیستو نگاه کنیم، آن سایهٔ کالیستو هنگامی کـه روی مشتری‌بیفتد اتفاقاًمیتواند به‌دایره نورانی مرکزمشتری (موقعیکه درمرحله کمال باشد) برسد، درست درحالی که گانیمد ازجلومشتری عبورمی کند. دراین صورت سایهٔکالیستو روی آن خواهد افتاد.

اگر هنگامی که مشتری دراوج باشد روی قمر اوروپا بایستیم، تنها قمرآیو ازیك طرف مشتری بطرف جلـو وعقب حرکت میکند.

گانیمد و کالیستو در آسمان آن طرف که از مشتری دوراست مشاهده میشوند.

اگر در آیو بایستیم، آنوقت اوروپا، گانیمد و کالیستو هرسه در آسمان طرف مخالف مشتری رؤیت میشوند. بااینحال امکان دارد که از آیو، آمالتا را از هر قمر گالیله‌ای دیگری واضح‌تر مشاهده کنیم. وقتی آمالتا بین مشتری و آیو در نزدیکترین موقعیت به آیو باشد، قطری برابر ′۳ خواهد داشت که برای ارائه آن بعنوان یك کرهٔ مشخص کفایت نمیکند و مانند ستاره درخشانی بنظر خواهد آمد. بااینحال ستارهٔ نوع ویژه‌ای خواهد بود که میتواند توجه کسی را که در سمت مشتری آیو ایستاده باشد جلب کند.

از آن طرف، سه قمر بزرگ اوروپا، گانیمد و کالیستو تنها هنگامی رؤیت میشوند که از فاصله دوری در پشت مشتری عبور کنند. اوروپا که نزدیکترین قمر گالیله‌ای به آیو میباشد در موقعی که درمشرق طلوع کند ′۲۸ قطر دارد و تقریباً به اندازه ماه دیده میشود. بااینحال وقتی به سمت مغرب حرکت کند از آیو دورتر میشود و اندازه ظاهری آن کاهش می‌یابد و هنگام عبور از پشت مشتری طولش فقط ′۱۸ میرسد. گانیمد و کالیستو ظاهر کوچکتری پیدا میکنند و بنظر میرسد که هرسه آنها کاملا جالبتر و روشنتر از آمالتا هستند که قمر ستاره‌مانندی است. ولی هیچیك از این سه قمر گالیله‌ای هنگام رؤیت از آیو از مقابل مشتری عبور نمیکنند، اما آمالتا این کار را انجام میدهد.

آمالتا هنگام رؤیت از آیو هیچگاه دورتر از °۲۵ از مشتری در

هیچ سمتی نخواهد بود. این قمر در ۱۶/۴ ساعت از غرب بـه‌شرق میرود ودوباره برمیگردد.

چنانچه آمالتا در موقعی که مشتری در «مرحله کمال» خـود میباشد از آن عبور کند، آنهم بمرحله کمال رسیده ودر روشن‌تـرین حالت خود قرار میگیرد . ولی در مقابل درخشندگی مشتری نمایشی ندارد ومثل اینست که گم‌شده. اگر آمالتا هنگامی ازمشتری عبور کند که هر دوی آنها درحالت هلال باشند، این قمرخیلی تیره و کمرنگ خواهدبود، زیرا قسمت کمی از آن روشن‌خواهدبود ووجودخورشید که در آن نزدیکی در آسمان است وضع‌را مختل خواهد کرد.

شاید بهترین وضعیت وقتی باشد که مشتری و آمالتا از نقطه‌ای درسطح آیو که خورشید درزیر افق قراردارد درمرحله نیمه‌کامل دیده شوند. آمالتا که هنوزهم تقریباً مانند ستارهٔ درخشانی خواهد بود از قسمت تاریك شده قرص مشتری عبورخواهد کرد که نیمدایره‌ای بـا مساحت ۷۰۰ برابر مساحت ماه‌کامل ما میباشد.

در برابر این منطقه تاریك وبـی‌ستاره، یك ماه بزرگ بـاقرص درخشان خود تا اندازه‌ای قابل توجه خواهد بود. بااینحال یك قمـر کوچك که مثل‌ستاره درخشانی بنظرمیرسد، ممکن است معمولا دیده نشود ولی این کیفیت نه‌درموقعی است که از آن‌منطقه تاریك که‌ستارهٔ دیگری وجود ندارد وباسرعت تقریباً مرئی حرکت میکند زیرا دراین حالت منظرهٔ جالبی‌را که یك‌جهانگرد میتواند درانتظارش باشدتشکیل خواهد داد.

حال اگر درخود آمالتا باشیم چه‌وضعی پیش میآید؟ در آنجا ممکن است زیباترین وجالبترین همه مناظر وجود داشته باشد. درآن قمردرونی، کلیه چهارقمر گالیله‌ای مانند قرصهائی مرئی خواهند شد. این تنها قمرمشتری وتنها خاك‌محکمی است که یك ستاره‌شناس میتواند درآن ایستاده وچهار قمر بزرگ را تماشا کند.

بعلت موقعیت درونی آمالتا، همه چهارقمر گالیله‌ای ازقسمتی‌از سطح آن که ازمشتری دورمیباشد درآسمان دیده میشوند. همه آنها از مشرق طلوع ودر مغرب غروب کرده وباسرعت نسبتاً زیادی درآسمان حرکت‌میکنند ولی‌سرعت درنتیجهٔ حرکت خودآنهانبوده وبلکه‌بعلت حرکت آمالتا میباشد.

آمالتا درمدت ۱۲ ساعت به‌دور مشتری‌گردش میکند بطوریکه دائماً اقمار گالیله‌ای که باید مدارهای طولانی‌تر را و بـا سرعت‌های کمتری طی کنند سبقت می‌جوید.

کالیستو که دورترین اقمار گالیله‌ای است خیلی کندتر حرکت میکند. درمدتی که آمالتا گردش ۱۲ ساعته خودرا به‌پایان میرساند، کالیستو وقتی برای حرکت زیاد نداشته وآمالتا در ۱۲ دقیقه دیگر در محل جدیدش باآن‌برخورد میکند،، بهمین دلیل کالیستو یك دایره‌کامل درآسمان‌آمالتا را در۱۲/۲ ساعت، یعنی دوازده ساعت ودوازده دقیقه می‌پیماید.

گانیمد تندتر از کالیستو حرکت میکند وآمالتا بـرای اجرای یك‌گردش وسبقت‌گیری ازآن بوقت بیشتری احتیاج دارد. این وقت

برای اوروپا بیشتروبرای آیوبازهم بیشتراست. گانیمد آسمان آمالتا را در۱۲/۷ ساعت، اوروپا در۱۳/۷ ساعت و آیودر۱۶/۴ ساعت دور میزنند.

آیو که نزدیکترین قمر به آمالتا میباشد، موقعی که دراوج قرار داشته واز آن سمت آمالتا که ازمشتری دور است دیده شود ′۵۳ طول دارد وپهنایش۲ برابرماه میباشد. درهرافق فاصله بیشتری با آمالتا داشته وطولش فقط ′۳۴ وتقریباً به‌بزرگی ماه ما میباشد. این موضوع تحول جالبی راکه‌برای ما در کره زمین غیرعادی است‌بوجود میآورد :

دایره‌ای ازنورتابانی را تصور کنید که وقتی به‌سمت‌الرأس‌بالا میرود مرتباًوبطورمرئی‌بزرگترشود وسپس‌موقعی که‌به‌افق‌دیگرحرکت کند دوباره کوچك شود.

سایراقمارهنگام حرکت ازسمت‌الرأس به‌افق کوچکتر میشوند وتغییراندازه کمتری‌میدهند. اوروپا وگانیمددرافق به‌طول ′۱۷ میشوند ودرسمت‌الرأس به ′۲۳ درمورد اوروپا و′۲۰ درموردگانیمد میرسند. کالیستو که دورترین همه اقمار ازآمالتاست کوچکترین اقمار خواهد شد: ′۹ درافق و′۱۰ درسمت‌الرأس طول‌خواهد داشت.

اقمارمشتری‌به روشنی ماه ما دیده نمیشوند (حتی آیودرموقعی هم که بزرگترین وضعیت را دارد) زیرا آنها ۵ برابر ماه ماتا خورشید فاصله دارنـد و بنابراین نـور کمتری دریافت میکنند. بااینحال بعلت درخشندگی نرم خودممکن‌است‌سایهٔ آنهااثرات‌زیباتری‌روی‌سطوحشان داشته باشد.

همه اقمارتقریباً در روی یك مسیرحرکت میکنند. اقمار دورتر گردش تندتری درآسمان آمالتا دارند وازاقمارنزدیکترسبقت میگیرند واز نزدیکی آنها عبور میکنند. گاه‌گاهی اقمار دورتر درپشت اقمار نزدیکترقرارمی‌گیرند ویك‌قمربوسیله قمر دیگر دچارکسوف میشود.

البته خورشیدهم درآسمان آمالتا حرکت می کند ودایره‌کاملی را در۱۲ ساعت طی می‌نماید وبنوبهٔ خودازهرقمرسبقت میگیرد، نوع حرکت‌چهارقمر گالیله‌ای‌پیچیده‌تراست زیرا درحقیقت‌دائماً تغییرمنظره و وضعیت میدهند.

مهمتراینکه ممکن‌است اقمار مختلف مناظر مختلفی درآسمان داشته‌باشند که‌به موقعیت خورشید بستگی دارد. اگرخورشید درست درغرب افول کند، گانیمدنزدیك افق شرقی درحال «بدر» درحالیکه اوروپای نزدیك به‌افق غربی درحال «هلال» وآیو و کالیستو دربالای آسمان احتمالا درمرحله وسط خواهندبود.

گاهی ممکن است خورشیدبه پشت یك قمر دیگربرود واگراز آسمان‌آمالتا نگاه کنیم، اقمارچهارگانه‌آنقدربزرگ هستندکه میتوانند آنراکاملا بپوشانند. بااینحال مسیرخورشید نسبت به مسیراقمار ۳/۱° انحراف دارد. خورشید تنها هنگامی ممکن‌است به‌پشت یك قمررفته وکسوف کندکه به‌نقطهٔ تقاطع دومسیرکاملا نزدیك باشد ویك قمر هم تصادفاً درآن نقطه باشد.

اگرما درسطح آمالتا درنقطه‌ای که‌مستقیماً روبروی‌مرکزمشتری باشد،بایستیم، این‌تقاطع دقیقاًدرسمت‌الرأس«اوج»انجام میگیرد. اگر

خورشید ویك‌قمرهمزمان به‌سمت‌الرأس‌برسند، کسوفی برای خورشید بوجود خواهدآمد وطبعاً این‌اتفاق اغلب رخ نمیدهد.

بازهم مشکل دیگری درآسمان‌آمالتا را شرح میدهیم: درهر ۱۲ساعت‌آمالتایکبارازسایه مشتری‌عبورکرده ویك‌ساعت‌ونیم درآنجا می‌ماند. ارآن سمت که آمالتا ازمشتری دور میباشد، نه مشتری ونه خورشید رامی‌توان دید، بقسمی که این سایه ممکن‌است مشاهده‌نشود جزاینکه فقط براقمارگالیله‌ای اثر بگذارد. هرقمری که تصادفاً درآن موقع نزدیك‌سمت‌الرأس ودرمرحله کمال‌باشد نیزازداخل‌سایه مشتری عبورخواهدکرد ونورش بتدریج‌کاهش خواهدیافت.

درواقع هروقت یك قمرگالیله‌ای درمرحله کمال بوده و فرق نمی‌کند درهرنقطه ازآسمان که باشد، به‌حال‌کسوف خواهد افتاد و تاریك خواهدشد (گرچه‌کالیستوممکن است‌گاهی ازاین‌پیش‌آمد فرار کند).

بطورکلی اگرچهارقمرگالیله‌ای وخورشید را درآسمان ودر آن قسمت ازآمالتا که دورازمشتری است، موردتوجه قرار دهیم وبه سرعت حرکت آنها درمیدان آسمان توجه کنیم، و بزرگ‌شدن و کوچك‌شدن‌اندازه‌آنها وتغییرشکل‌آنها، پوشاندن ونپوشاندن‌همدیگر وگاهگاهی‌پوشیده شدن‌خورشید بوسیله‌آنها وتاریك‌شدن‌آنها راهنگام وصول بمرحله کمال، بررسی‌نمائیم، تقریباً میتوانیم بگوئیم که‌آسمان آمالتاپیچیده‌ترین ونیز دلفریب‌ترین‌حالت را درسراسرمنظومهٔ شمسی دارد.

باوجوداین ممکن‌است جهانگردان مایل به توقف در آن طرف دورازمشتری نباشند که از آنجا همه اینها را می‌توان بوضوح مشاهده کردو شاید آنها طرف سمت مشتری راترجیح‌بدهند. ازاین‌سمت‌اقمار گالیله‌ای خیلی دورتراز آمالتا و کوچکترمیباشند ودرحالیکه درسمت مشرق‌پشت‌مشتری‌حرکت‌می‌کنندودرمغرب سردرمیآورند، کمترجالب وزیبا هستند.

ولی وقتی کسی بتواند به مشتری بزرگ وعظیم که ۴۶° طول دارد نگاه کند، چرا اقمار رادرمدنظرداشته‌باشد؟ درهیچ زمین‌محکمی ودرهیچ‌جای منظومه شمسی منظره‌ای به بزرگـی وعظمت و وحشت وهیبت‌مشتری‌وجودندارد. هرقدرهم آسمان‌آمالتا، خواه دورازمشتری وخواه درسمت آن، فریبنده وجالب‌باشد، این‌حقیقت‌تلخ ودلسرد کننده وجود دارد. آمالتا درسایهٔ نیروی جاذبه فوق‌العاده مشتری دشوارترین اقماربرای دست‌یابی ونیز فراراز آن میباشد. حتی بعدازآنکه مردانی به سیستم برجیسی رسیده دربعضی ازاقمار پیـاده شوند و پایگاههائی تأسیس کنند، بازهم برای اینکه بتوانند به‌اندازه‌آمالتا بمشتری‌نزدیك شوندمدت‌زیادی وقت‌لازم است. ولی‌اگرزمانی‌بیاید که انسانهابتوانند این‌کارمهم ومشکل را انجام دهند خواهند دریافت کـه این کوشش و زحمت ارزش آن موفقیت را داشته است.

فصل هشتم

جو مشتری

سیارات و ابرها

اکنون که به سفرخود در دستگاه اقمار مشتری پایان داده‌ایم، بایدبه‌خودمشتری برگردیم، اگربرحسب تصور در روی هریك‌ازاقمار بنوبت ایستاده باشیم، آیا اینك میتوانیم تصور کنیم که روی مشتری ایستاده وبه آسمان مینگریم؟

اگربتوانیم این‌کاررا انجام دهیم همان‌نوع آسمانی را خواهیم دید که‌از آمالتا درطرف دورازمشتری‌مشاهده کرده‌ایم (زیرا مسلماً اگر روی سطح مشتری بایستیم، خود مشتری درآسمان نخواهد بود). آن چهارقمربزرگ‌درآسمان‌مشتری‌خواهندبودوهریك‌از آنها کمی کوچکتر ازموقعی که از آمالتا دیده میشوند بنظرمیرسند. آیو، تقریباًبه‌اندازه ماه ما، اوروپا وگانیمد به‌اندازه نصف‌قطرماه وکالیستو به اندازه یك‌سوم

قطرماه و آمالتا مثل‌ستاره درخشانی دیده میشود.

چون مشتری در ۱۰ ساعت به‌دور خود گردش میکند، ازاقمار مختلف سبقت میگیرد ومثل آنچه از آمالتا دیده میشد، اقمار ازمشرق برخاسته ودر مغرب افول میکنند.

ازکالیستو که بیش‌از اقماربزرگ از مشتری فاصله دارد، زودتر سبقت می‌گیرد زیرا این قمر کندتر ازهمه حرکت میکند. کالیستو در ۱۰/۲۵ ساعت دایره‌کاملی را درآسمان مشتری می‌پیماید، بقسمی که فقط ۵ ساعت‌بعداز طلوع خود غروب میکند. گانیمد دایرهٔ‌کامل‌ر ادر ۱۰/۷ ساعت، اوروپا در ۱۱/۳ ساعت، و آیو در ۱۳ ساعت طی می‌نماید. فقط آمالتا تأخیر دارد وچون مشتری را در۱۲ ساعت دور میزند، باسطح مشتری که در۱۰ساعت به‌دورخودگردش‌میکند، برابری دارد. اگر در سطح مشتری بایستید ونگاه کنید آمالتا آنقدر عقب می‌افتد که برای طی دایره حرکت‌خود ۶۰ ساعت وقت میگیرد وپس ازطلوع از مشرق، $۱\frac{۱}{۲}$ روز زمین دیرتر درغرب افول میکند.

شکل کسوف‌های اقمار وخورشید کاملا باآنچه ازآمالتا دیده میشودشباهت دارد. ولی‌اگردرسطح‌محکم مشتری‌بایستیم (یااگروسیله بررسی درآن سطح راداشته باشیم زیرا خودمانمیتوانیم مدت زیادی در برابر نیروی جاذبه دوام بیاوریم)، آیا واقعاً می‌توانیم تغییر شکل آسمانهارا مشاهده کنیم؟ یا چیزی در سرراه‌ما پدیدار میشود.

برای پاسخ‌دادن به‌این پرسش، باید به‌آنچه هنگام نگاه کردن

به‌سطح یك كرهٔ آسمانی می‌بینیم توجه كنیم:

مثلا ماه ما سطح‌بسیار روشنی‌را ازتلسكوپ‌نشان میدهد. درآن كره كوهها، دهانه‌های آتش‌فشانی، مناطق تاریك وغیره وجود دارد كه هیچگاه ناپیدا نبوده وهمیشه كاملا مرئی میباشند. علتش آن است كه درماه هوا وجودندارد وبدین‌ترتیب‌می‌توانیم‌مطمئن‌باشیم كه‌هر كس‌در ماه بایستد میتواند همیشه آسمان را روشن وواضح ببیند وهرگز ابر، مه یا گرد وغباری برای تیره كردن آسمان وجود ندارد.

بعبارت دیگر اگرما بتوانیم سطح جامد یك سیاره‌را بروشنی ووضوح ببینیم بعلت آنكه ابرهای آن سیاره دید مارا تاریك نمیكند پس، دید كسی كه روی آن سطح ایستاده باشد نیز تاریك نمیشود واو هم‌مثل‌ماهمه چیزرا واضح می‌بیند.

عطارد رانیزوقتی‌بوسیله‌تلسكوپ نگاه كنیم، چگونگی وعلائم سطح خودرا نشان میدهد ولی ترکیبات سطحی‌آن تیره‌تر ازترکیبات سطح ماه میباشد. بااینحال علتش تاریكی آنها نیست زیرا شواهدی برای این تصور داریم كه درعطارد هوا بیشتر از ماه وجود ندارد. با وجود این‌عطارد خیلی دورتر ازماه‌است وحتی درنزدیكترین‌فاصله‌اش باما ۲۰۰ برابر ماه تازمین فاصله‌دارد. مهمتراینكه وقتی درنزدیكترین فاصله‌اش باما باشد خیلی هم نزدیك بخورشید است وحتی اگر آن سیاره را در جوار خورشید مشاهد كنیم، فقط طرفی ازآن سیاره را خواهیم دید كه‌ازخورشید دورشده ودرتاریكی‌فرورفته‌است.

هنگامی كه عطارد را روشنترازهرزمان دیگرمشاهده میكنیم در

یك طرف خورشید قراردارد و ۴۰۰ برابر فاصله ماه تـا زمین‌را دارا میباشد. حتی وقتی دریك طرف خورشید است، آنقدر دورنیست که درخشندگی خـورشید برروی آن تأثیر نکند. بطور کلی شگفت‌آور نیست که ما سطح عطارد را به‌این بدی وسختی می‌بینیم، ولـی دلیلی نیست تصور کنیم شخصی که در سطح شبانه آن سیاره ایستاده بـاشد نتواند آسمان پرستاره‌را بروشنی کاملی مشاهده کند.

اقمارمشتری همان کیفیت عطارد را دارند وتصورمیرود که آنها هم هوا ندارند وصرفاً دوری فاصله سطح آنهـا را پنهان میسازد. اقمار مشتری درنزدیکترین موقعیت خود ۱۶۰۰ برابر ماه تاما فاصله دارند. مابوسیله تلسکوپ می‌توانیم سطوح مبهمی درآن اقمار مشاهده کنیم ولی ازجزئیات این سطوح نمی‌توان چیزی گفت.

آیا وضع مریخ چطوراست؟ این‌سیاره‌بیش‌ازعطارد به‌مانزدیك میشود ودر نزدیکترین موقعیت خود فقط ۱۴۰ برابرماه تازمین فاصله دارد. دیگرآنکه مادرنزدیکترین موقعیت مریخ، طرف رو به‌خورشید آنرا می‌بینیم مانند اینکه به‌یك «مریخ‌کامل» نگاه میکنیم.

پس تعجبی ندارد کـه بتوانیم برآمدگیها و علائم و نشانه‌های مریخ را روشن‌تر ازهرجرم فلکی دیگر بجزماه رؤیت کنیم. بااینحال به‌آن روشنی کـه انتظار داریم دیـده نمی‌شونـد. برآمدگیهای مریخ تاریك‌تر ازآن است که از فـاصله‌اش انتظار میرود وعلتش وجود هوا درآن سیاره میباشد. جو این‌سیاره یك‌صدم رقت هوای زمین‌را دارد ولی بازهم در رؤیت آن مؤثراست.

بخارات وگازهای هوا مقداری ازنور را جذب می کنند واشعه نور را وادار میسازند مسیری منحنی را در پیش گیرند وعلت این امر اختلاف درجه حرارت درنقاط مختلف می باشد. به نظر می رسد که خمیدگی اشعهٔ نور باعث حرکت مخصوصی ازسطح به نقاط دیگر میشود، بقسمی که سطح مزبور درهم برهم و متحرك دیده می شود (همین خمیدگی اشعهٔ نور درجوزمین است که باعث حرکت ستارگان ازنقطه‌ای به نقطه دیگر می‌شود وبنظر میرسد که ستاره‌ها چشمك میزنند).

هرچند یکبار ابرهائی در جو مریخ پیدا می‌شود که به‌تاریك کردن قسمتهائی ازسطح آن کمك میکند، این موضوع به‌ندرت اتفاق میافتد زیرا مریخ کرهٔ خشکی است، ولی گاهی وزش باد باعث ایجاد طوفانی ازشن میشود که جلودید مارابکلی میگیرد. (موشکهای آزمایشی که ازنزدیکی مریخ عبور کرده‌اند تصویرهائی ازسطح آن فرستاده‌اند که از آنچه اززمین می‌بینیم روشن‌تراست ولی این خود مطلب دیگری است).

هر کسی که در سطح مریخ بایستد می‌تواند آسمان را مشاهده کند ولی آسمان به‌روشنی آسمان ماه نمیباشد. اگر طوفانی ازشن ایجاد شود که سطح مریخ‌را برای ماتاریك کند، آسمان مریخ‌را برای ناظری هم که درسطح آن‌باشد تیره‌میسازد. باوجود این، ستاره‌شناسی که درمریخ است خوشبخت‌تر ازهمکار خود درزمین بوده ومیتواند آسمان را بطور متوسط بهتر مشاهده کند.

ضخامت جو زمین بیشتر از جو مریخ است. دیگر آنکه زمین یك سیاره آبدار بااقیانوسهای پهناوری میباشد، بقسمی که جوماغالباً

پراز ابرهائی از قطرات کوچك آب است. چنانچه از سطح ماه به زمین‌نگاه کنیم، سطح آن‌پوشیده‌ازابرهای‌سفید مجعدوپیچ درپیچ‌است که قسمت زیادی ازخشکی ودریارا درچشم یك ناظر خارجی تیره و تار میکند.

مطمئناًاین ابرها همه سطح زمین‌را درتمام اوقات‌تاریك‌نمیکنند وبایك نگاه قسمتهای مختلفی ازسطح اقیانوسها وخشکی‌هارا می‌توان گاه‌به‌گاه مشاهده کرد. بعضی‌ازمناطق صحرائی (شامل افریقای‌شمالی، عربستان، استرالیای مرکزی، جنوب غربی‌امریکای شمالی وغیره) که به‌ندرت ازابرپوشیده‌اند به‌وضوح دیده میشوند. نقاط دیگرگاهگاهی دیده میشوند، ولی‌هرناظر باحوصله‌ای که درماه‌باشد میتواند اقیانوسها وبیابانهای زمین‌را بقدرکافی مشاهد کند.

اشکالی که دردیدن ازمیان ابرهای زمین از«خارج» وجود دارد شاخص ومقیاس اشکال دیدن از داخل است: ستاره‌شناسانی که سعی می کنند اجرام سماوی‌را سطح زمین مطالعه نمایند غالباً دچار موانع ابرها ومه وگرد وغبار میشوند. برای اینکه این موانع را به‌حداقل برسانند سعی‌میکنند رصدخانه‌های خودرا دربیابان‌هائی که ابرکمتری باشد یا درقله کوهها که درآنجا هوا رقیق‌است بناکنند.

ولی اگرهوای سیاره‌ای غلظ‌تر وپرابرتر از هوای زمین باشد چه میشود؟ برای مثل به‌زهره توجه کنید: زهره نزدیکترین سیاره به مامیباشد وگاهی فقط ۱۰۰ برابر فاصله ماه تازمین را دارد. بااینحال مثل عطارد با فاصله کمترازما به‌دور خورشید میگردد، بقسمی که وقتی

درنزدیکترین موقعیت خود باشد ما فقط طرف شب آنرا می‌بینیم. با وجود این زهره بزرگتر ازعطارد است، و چون بما نزدیك‌تر است، بدون تابش مزاحم خورشید قابل‌رؤیت است. ازاینرو میتوانیم‌انتظار داشته‌باشیم که‌بر آمدگیهاوفرورفتگیهای سطح‌زهره‌را واضح‌ترازعطارد مشاهده کنیم. ولی ما نمیتوانیم‌اینکاررابکنیم و کیفیات سطحی زهره‌را اصلا نمی‌بینیم. آنچه هنگام نگاه کردن به زهره می‌بینیم سفیدی یکپارچه‌ای است که آن قسمت از این کره را می‌پوشاند که بوسیله خورشید روشن شده‌است. مشکل در آن‌است که زهره‌هوای غلیظ‌تری از هوای زمین دارد وآنچه مانند سطحی از آن سیاره بنظر ما میرسد بهیچوجه یك سطح جامد واقعی نمیباشد، بلکه پوششی ازابرهای بهم پیوسته ودائمی است که مانع مشاهده هرسطح جامدی میشود که در زیر آن است.

گاهی‌ستاره‌شناسان‌اشعه‌ای‌ازامواج رادار روی زهره انداخته‌اند (امواج رادار مثل امواج نور میباشند ولی چندین برابر آنها طول دارند). امواج بلند رادار می‌توانند در لایه های ابر رخنه کنند (که امواج نور قادر به‌این‌کار نیستند)، وبه‌سطح جامد زهره که زیر ابرها قرارگرفته برسند. امواج رادار از سطح زهره منعکس شده ویکبار دیگر به‌ابرها رخنه میکنند ودوباره به‌زمین میرسند.

ستاره‌شناسان ازتغییراتی که درجریان این انعکاس بوجود میآید می‌توانند بعضی مختصات سطح جامد زهره‌را استنباط کنند. مثلا آنها توانسته‌اند رشته کوههائی در آن کره کشف کنند.

اگر کسی بتواند در سطح زهره ایستاده و به‌آسمان نگاه کند چیزی بیشترازما ازپشت ابرها نمی‌بیند وتا موقعی که از رادار استفاده نکرده باشد فقط پوششی ازابرهای خاکستری سیر را مشاهده میکند. ما در روی زمین ابرهای زهره‌را سفیدرنگ می‌بینیم زیرا بوسیله نور زیادی که منعکس میکنند رؤیت میشوند. کسی که در سطح زهره ایستاده باشد، ابرهارا به‌رنگ خاکستری سیر می‌بیند زیرا فقط بوسیله نوری که ازداخل آنها نفوذمیکند می‌تواند آنهارا مشاهده کند. خوب، اگرما بخواهیم بدانیم چه مقدار از سطح مشتری از آسمان پرستاره دیده‌میشود مابایدبه آنچه‌هنگام‌نگاه کردن‌به‌مشتری می‌بینیم‌توجه کنیم.

کمربندها ولکه‌ها

البته مشتری به‌اندازه اقمارش باما فاصله دارد، و اگر نتوانیم کیفیات سطحی قابل‌ذکری‌را دراقمار ببینیم، آیاما باید انتظارمشاهدهٔ آنهارا درسطح مشتری داشته باشیم؟ بلی ممکن است چنین انتظاری داشته باشیم.

مشتری خیلی بزرگتراز اقمارش‌بوده و۳۰ برابر بزرگترین آنها طول دارد. ازاین‌رو باید قاعدتاً کیفیات طبیعی بزرگی دراین کره مشاهده کنیم ولواینکه نتوانیم به‌جزئیات آنها پی‌ببریم.

البته درآغازچیزی نوشته‌نشده بود ودرتلسکوپ ابتدائی گالیله فاقد کیفیت خاص کوچکی از نوربنظر میرسید.

نخستین گزارش درباره وجود چیزهای بیشتری در۱۶۵۹ داده

شد،یعنی نیم‌قرن بعداز اینکه گالیله تلسکوپ خودرا به‌آسمان وستارگان متوجه کرده بود. درآن سال کریستیان‌هویگنس[1] کتابی انتشارداد که طرح مشتری درآن بقسمی که در تلسکوپ اودیده شده بود، دو خط مستقیم راکه ازوسط آن عبورمیکردند نشان میداد.

در ۱۶۶۳ کاسینی[2] تلسکوپ‌هائی داشت که می‌توانستند سطح مشتری را روشن‌تر ببینند. اوتوانست رگه‌هائی را مشاهده کند که ناهمواریهای طولی ایجادکرده بودند. وی با مطالعه این ناهمواریها متوجه شدکه آنها درطول سطح مشتری ازلبه غربی به‌لبه شرقی در حرکت میباشند.

رگه‌ها درپشت لبه شرقی ناپدید شده و سرانجام در لبه غربی دوباره پدیدار میشدند.

برای کاسینی مسلم شد که مشتری دورمحورخود مانندزمین ازغرب به‌شرق گردش میکند. وی با اندازه‌گیری زمانی که برای حرکت ناهمواریها ازغرب به‌شرق ودوباره به‌غرب لازم بود، توانست زمان گردش مشتری رابه‌دورمحورش دریك بار محاسبه کند.

ضمناً کاسینی توانست از سمت حرکت این ناهمواریها ثابت کند که محور مشتری به‌نسبت سطح گردش خود به‌دور خورشید، انحراف مختصری دارد، وخود ناهمواریهانیزبااستوای‌مشتری موازی میباشند. واضح‌ترین ناهمواری رگه‌ای درشمال استوای مشتری است که پهن‌ومعمولا تاریك‌بوده و «کمربند استوائی شمالی» نامید میشود

۱ـ Christian Huygens ۲ـ Cassini

درجنوب استوا رگه مشابهی وجود دارد که چندان واضح‌نیست زیرا رگه روشنی درپائین مرکز آن قـرارگرفته است و «کمربند استوائی جنوبی» خوانده می‌شود. در ۱۹۵۱، کمربند استوائی جنوبی چنان کمرنگ بود که تقریباً دیده نمی‌شد، ولی در ۱۹۵۶ نوك آن بقدری تیره گردید که مثل کمربند استوائی شمالی قابل رؤیت بود. این دو کمربند را هویگنس وکاسینی درسه‌قرن پیش دیده ومورد مطالعه‌قرار داده بودند.

تلسکوپهای بهتر کمربندهای کمـرنگ‌تر وظریف‌تری راکه در پشت کمربند های برجستهٔ استوائی قرارگرفته بودند کشف کردند. از این‌نوع کمربندها درشمال‌بنام«کمربند معتدل شمالی» و«کمربندمعتدل شمال شمالی»، والبته دو کمـربند در جنوب «کمربند معتدل جنوبی» و کمربندمعتدل«جنوب‌جنوبی»وجوددارد. مناطق‌قطبی نیز تاریك‌هستند. در بین کمربندها قسمتهای‌روشن‌تری بنام «مناطق[1]» موجود است.

رویهمرفته رنگ مشتری زرد است ولی کمربندها ممکن است دارای رنگهائی اززرد کمی سیر تا قهوه‌ای خیلی سیرباشند. گاهی نیز با رنگهائی آبی وخاکستری دیده می‌شوند.

کمربندها درامتداد خود دورمشتری کاملا متحدالشکل نیستند و پهنای آنهـا درنقاط مختلف فرق می کند. علاوه براین همانطـورکه کاسینی درآغاز کار خود متوجه شد، لکه‌هائی درطـول کمربندها در زمانهای کوتاهتر یا طولانی‌تر ممکن است دیده شوند. این‌لکه‌ها گاهی

1- Zones

روشن‌تر و گاهی تیره‌تر از خود کمربندها هستند.

بطور خلاصه سطح مشتری هنگام مشاهده با تلسکوپ منظره‌ای نشان میدهد که همیشه در حال تغییر است. بعید است که یك سطح جامد بتواند چنین کیفیاتی داشته باشد که همواره جزئیات آن اینطور تغییر کند. به‌احتمال زیاد آنچه در موقع نگاه کردن به مشتری می‌بینیم پوشش ابرهای آن سیاره باشد.

این حقیقت وقتی مسلم شد که زمانهای گردش به دور محور برای اجسامی که در فواصل مختلف از استوا بودند بدست آمد، یك ناهمواری در کمربندهای استوائی یا در بین آنها، در ۹ ساعت، ۵۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه (۹/۸۴۲ ساعت) دور مشتری می‌گردد. یك ناهمواری پشت هر یك از کمربندهای استوائی در ۹ ساعت و ۵۵ دقیقه و ۴۱ ثانیه (۹/۹۳۰ ساعت) دور مشتری گردش می‌کند. اختلاف چندان زیاد نیست، ولی همان اندازه هم اهمیت دارد. اگر ما سطح جامد مشتری را میدیدیم، قبول می‌کردیم که این سیاره بطور یك پارچه گردش می‌کند و زمان گردش در هر نقطهٔ سطح که اندازه‌گیری شود، دقیقاً همان خواهد بود.

اگر یك لایه ابر را بررسی کنیم بهیچوجه غیرممکن نیست که بعضی قسمتها تندتر از قسمتهای دیگر گردش کند. پس به این نتیجه میرسیم که وقتی آنچه را می‌بینیم که سطح مشتری بنظر می‌آید، ما به سطح جامد مشتری نگاه نمی‌کنیم. بلکه ما فقط ابرها را می‌بینیم و سطح جامد در زیر آن ابرها قرار گرفته است. همانطور که در زهره

مشاهده شد، کسی که درسطح جامد مشتری ایستاده باشد وبه‌بالانگاه کند، نمی‌تواند چیزی از اجرام فلکی را ببیند، بلکه فقط زیر سطح لایهٔ ابر را می‌بیند.

ولی اگـر به جو مشتری نگاه کنیم، چرا آن کمربندها تشکیل شده‌اند؟ زهره جو ضخیمی دارد ولی ابرهایش به شکل کمربند در- نمی‌آیند. ابرهای زهره کاملا بی‌شکل و نامشخص میباشند، این امـر ممکن است نتیجهٔ اختلاف در سرعت های گردش باشد. زهره خیلی آهسته (یکبار در ۵/۸۳۴ ساعت)گردش می کند، بقسمی که سطح آن حتی دراستوا که حرکتش تندتر است فقط ساعتی۴ میل حرکت مینماید. از سوی دیگر مشتری زیر ۱۰ ساعت گردش میکند بطوری که سطح استوائی آن ساعتی ۲۸۰۰۰ میل حرکت می کند.

اکنون به‌اختلاف سرعت توجه کنید. سطح زهره با سرعت ۴ میل درساعت دراستوا، تاصفرمیل درساعت درقطب‌هاحرکت‌می کند. سطح مشتری از ۲۸۰۰۰ میل درساعت دراستوا تا صفرمیل در ساعت درقطب‌ها می‌گـردد. این اختلاف سرعت، جـومشتری را درصورت حرکت به شمال وجنوب مانندآنچه درزمین روی می‌دهد، به‌صورت مارپیچ‌هائی درمی‌آورد. (زمین هنگام مشاهده ازفضا ابرهائی به‌شکل مارپیچ دارد،گواینکه سرعت سطح آن از ۱۰۰۰میل درساعت دراستوا به صفرمیل درساعت‌در قطب‌ها میرسد).

ظاهراً مادهٔ رنگینی درجومشتری وجود دارد، وآن هوابقسمی پیچاپیچ می‌شود که آن مواد رنگی تا درجه زیادی دربعضی ارتفاعات

تمرکزمییابند و کمربندها را تشکیل می‌دهند. دراین مورد که چرا در بعضی‌ارتفاعـات چنین می‌شوند ودربعضی دیگـر نمی‌شوند، چیزی نمی‌توانیم‌بگوئیم. بیان جریان جو زمین هنوزهم برای مامشکل‌است وامیدی به درك جزئیات دقیق جومشتری نداریم.

اگرفقط موضوع‌گردش درمیان بود، می‌توانستیم انتظار داشته باشیم که کمربندهای مشتری‌کاملا مستقیم وهمواریاشند. ولی‌همانطور که قبلا گفتیم چنین نیستند. آنهـا همیشه اندکی محدب ومیان تهی هستند وگاه‌بگاه لکه‌هائـی درحال انقباض وانبساط وتاریك یا روشن دیده می‌شوند. شاید اینها نتایج طوفانهائی در مشتری باشند که شدت کافی‌برای غلبه‌برجریان جوعادی را دارند که تولید حلقه‌هایی می کنند ومسیرهائی را دنبال می کنند که نه‌تنها باگـردش مشتری بلکه بوسیله ناهمواریهای سطح جامد سیاره به‌آنها تحمیل می‌شود.

اگرمی‌توانستیم مشتری را ازفاصلهٔنزدیك‌تری ببینیم، ممکن‌بود ناهمواریهای بیشتری وجزئیات زیادتری درآن مشاهده کنیم، کـه‌کافی برای درك ساختمان‌آنها وعلت پوشش حلقه‌ها باشد. شاید فقط فاصله زیاد ما وناتوانی ما در مشاهده جزئیات است که اختلافات کوچك را محومی کندو کمربند، کم‌وبیش‌همواری‌راپدیدارمیسازد واین‌دورنمای بسیار متغیری را تولید می کند.

گاهی برخی ازناهمواریها سالها باقی می‌مانند، ولی همه آنها در برابر لکه وعلامت مخصوص روی مشتری که بسیار حیرت‌آور و معمائی است ناچیزوبی‌اهمیت‌اند. این لکه بزرگ به‌شکل‌بیضی‌است

که کمربند استوائی جنوبی را قطع می کند.

این لکه و کلف ابتدا بـوسیله رابرت هوك[۱] دانشمند انگلیسی در ۱۶۶۴ مشاهده شد و مدتی به «لکه هوك» موسوم بود. کاسینی در همان سال به مطالعه آن پرداخت ودر نقشه‌ای که در ۱۶۷۲ ازمشتری ترسیم کردآنرا به‌شکل لکهٔگرد بزرگی نشان داد. درقرنهای بعدی نیز دیگران چیزهای مشابهی درنقشه‌های خود نشان دادند. در ۱۸۳۱ یك ستاره شناس آلمانی‌بنام هاینریش ساموئل اشوابه[۲] نقشهٔ بسیار روشنی ازمشتری که‌آن لکه رانشان میداد ترسیم کرد. بااینحال‌باتوجه‌به‌سوابق امـر، گزارشهای جالبی بدست میآید. تایك قـرن پیش، این‌گزارشها تك‌تك وجداگانه‌بودند وتصورمی‌شد که این‌لکه کیفیت موقتی دیگری ازمشتری بوده واهمیتی بیش ازبقیه ندارد.

ولی در ۱۸۷۸ که این لکه بوسیله ستاره شناس آلمانی دیگری بنام ارنست ویلهلم تمپل[۳] مشاهده‌گردید تغییری دراین نظریه پیدا شد. اواین لکه را به صورت یك جسم بیضی شکل درحدود ۲۰ درجه در جنوب استوای مشتری که‌قطرطولانی‌آن با استوا موازی‌بود توصیف کرد. رنگ آن مایل به قـرمز بود و از آن پس «لکه بـزرگ قرمز» نامیده شد .

از ۱۸۷۸ به‌بعد این لکه پیوسته زیرنظرقرارداشت ویك کیفیت دائمی بشمار رفت. رنگ‌آن تغییرمیکند وگاهی سرخی درخشان‌تری

۱ـ Robert Hooke ۲ـ Heinrich Samuel Schwabe

۳ـ Ernest Wilhelm Tempel

ازدیگرمـواقع دارد. این لکه ممکن است کاملا کمرنگ شده ودهها سال به این حالت باقی بماند. در اینصورت کاملا قابل رؤیت نیست ومخصوصاً با یك تلسکوپ ضعیف ممکن‌است اصلا دیده نشود.

ظاهراً ستاره شناسان اولیه باتلسکوپ‌های ضعیفی کـه داشتند، این لکه بزرگ قرمز را فقط درموقعی که رنگش سیرمی‌شد مشاهده میکردند. نتیجه این‌بود که‌گزارشهای مربوط دائمی‌نبودند ودرمواقعی که این لکه دیده نمی‌شد، گـزارشها را فـرامـوش میکردند. دراواخر قرن ۱۹ رنگ‌آن قرمزسیرشد وباتلسکوپ نیرومندی به مشتری نگاه کردند، منظره‌اش چنان تماشائی و آشکار شدکه جزومشهودات قطعی ستاره شناسان قرارگرفت.

امروزه‌مامی‌توانیم‌حتی‌درموقعی که کمرنگ‌باشد آنرارؤیت کنیم وحتی اگررنگی ازخود نشان‌ندهد ازوجودش درآنجا اطلاع داریم، زیرا درکمـربند استوائی جنوبـی یك دندانه وبریدگی موجود است که لکه بزرگ قرمز در داخل‌آن قرار دارد واین بریدگی حتی وقتی رنگ لکه غیرمرئی باشد بجای خود باقی میماند.

این لکه بزرگ قرمزعلاوه براینکه ظاهراً دائمی میباشد ازنظر اندازه نیز قابل‌توجه است. صفت «بزرگ» برای این لکه بی‌مـورد نیست زیرا حدود ۳۰۰۰۰میل (۴۵۰۰۰ کیلومتر) درازا وحدود ۸۰۰۰ میل (۱۳۰۰۰ کیلومتر) پهنا دارد. مساحت آن حدود ۱۷۵،۰۰۰،۰۰۰ میل مربع یابسیارنزدیك به مساحت زمین میباشد. این‌لکه ابری شکل است وبه سطح جامد ستاره متصل نمیباشد .

گاهی به‌سمت جلوحرکت میکندیاپشت بقیه دسته‌های ابرقرار میگیرد، لبه یاآویزه‌ای پیدا میکند یاآنرا ازدست میدهد وگاهی‌بیشتر هموار است. با اینحال فقط تغییر طولی دارد وهیچگاه به‌سمت شمال یا جنوب محل خـود که ۲۰ درجـه در جنوب استوای مشتری است حرکت نمیکند.

این‌لکه‌قرمزچیست؟ چراقرمزاست؟ چرارنگش‌سیرتروروشن‌تر می‌شود؟ چرا این لکه قـرمز متناسب با قسمتهای دیگر سیاره حرکت میکند؟ چرا به‌شرق وغرب حرکت میکند نه‌به شمال وجنوب؟

حتی‌امروزه نیزبا وجودنظریه‌های زیادی کسی‌ازاین لکه‌بزرگ قرمزچیزی درك نمی کند؟ یکی‌ازفـرضیه‌های اولیه که تاپایان قرن ۱۹ شیوع زیادی داشت این‌بود که همه سیارات‌بیرونی هنوزداغ میباشند. تصور می‌شد که این سیارات ازماده‌ای ازخورشید سرچشمه گرفته و متدرجاًسرد شده‌اند. اجرام کوچکتربسرعت سرد شده واینك، حداقل درسطح خود، کاملا سرد وجامد میباشند. (وجود آتش‌فشانها وبیرون ریختن سنگهای مذاب،گواه بارزی بود که هنوزگرمای زیادی در زیر سطح آنها حتی درزمین ما وجود دارد).

سیارات بزرگتر گرمای بیشتری داشتند وباکندی بیشتری سرد شدند وتصور می‌شد که هنوزهم باوجود فعالیت های آتش‌فشانی،گرم هستند. ممکن است کمربندهای رنگین درمناطقی که گرمای بیشتر (یا کمتری) دارند موجود باشند. ممکن‌است این‌لکه بزرگ قرمز، دهانهٔ یك آتش‌فشان بسیاربزرگ باشد وما می‌توانیم ناظرآتشهائی باشیم که

بافعالیت آن تیره یاروشن میشوند. با اینحال هیچیك از اینها واقعیت ندارد. دیگر کسی عقیده ندارد که سیارات مستقیماً از خورشید تولید شده باشند، بلکه آنها از توده‌هائی از گرد و غبار وگاز در حوالی جرم دوار بسیار بزرگی کـه برای تشکیل خورشید متراکم گردیده تشکیل شده‌اند.

به‌این‌دلیل سیارات درابتدا گرم‌نبوده بلکه ازماده سردی‌تشکیل شده‌اند. البته ممکن است کم کم گرم شده باشند زیـرا وقتی این ماده متشکل شد تا کرات بزرگی را تشکیل دهد، نیروهای جاذبه متراکـم شده ومراکز کرات‌را گرم کردند. مثلا حتی زمین نیزهسته بزرگی‌از آهن مذاب‌دارد، علاوه براین، عناصر رادیواکتیو که درقشرخارجی جمع‌شده‌اند، درحالیکه‌پوسیده وفاسدمیشوند حرارت‌را کم کم‌بیرون میدهند واینموضوع کمك میکند که قشرزمین گرمتر شود.

مشتری که کره‌ای بسیار بـزرگتر از زمین است فشار وحرارت بیشتری در مرکز خود دارد و ممکن است دارای مـواد رادیواکتیو بیشتری نیزباشد. باوجود این ستاره‌شناسان عقیده‌ندارند جریان منطقی حوادث درتشکیل مشتری، آنرا چنان گرم کرده باشد که سطح آن تا حد سرخی گرم شده باشد.

دیگرآنکه میزان گرمای تابیده شده بوسیله مشتری‌را می‌توان بادستگاهای بسیار دقیق اندازه‌گیری کرد، وستاره‌شناسان می‌تـوانند حرارت سطحی را که ما می‌توانیم ببینیم محاسبه کنند. در ۱۹۲۶ یك

ستاره‌شناس امریکائی بنام دونالد هوارد منزل[1] ثابت کرد که حرارت سطح مشتری بیش‌از ۱۳۵ درجه سانتیگراد نمیباشد.

البته این درجه حرارت، لایهٔ مرئی‌ابراست که می‌توان انتظار داشت ازسطح جامدی که در زیرآن قرار گرفته سردتر باشد. (هوای فوقانی‌ما خیلی سردتر ازسطح زمین است) با اینحال، چنانچه حساب فوق‌راهم قبول داشته باشیم، این‌حرارت پائین‌تر ازآن است که سطح آنرا تفته وسرخ نماید. ستاره‌شناسان اطمینان دارند که مشتری وسایر سیارات بیرونی اجرام سردی بوده وعلائم سطح آنها را باید باتوجه باین‌حقیقت توضیح وتوجیه کرد.

جو اکسیژن

اینك با فرض اینکه مشتری سرد است، ببینیم درباره رگه‌ها و لایه‌های‌ابرهای‌آن چه‌میتوان گفت؟ آیا آن‌ابرهامثل‌ابرهای زمین‌هستند؟ اگرچنین است چراآنها رنگی هستند وچرا رنگ آنها عوض‌میشود؟ اگر اینطور نیست این ابرها ازچه‌چیز درست شده‌اند؟

بیائید یك لحظه به‌بررسی کلی جوها بپردازیم. شاید بتوانیم‌به آن پرسش‌ها پاسخ بدهیم.

ذراتی که یك جسم جامد را تشکیل میدهند بوسیله «نیروهای‌الکترومغناطیسی» مثل‌الکترونها که فوق‌العاده نیرومندهستند بیکدیگر چسبیده‌اند. با اینحال جوها از گازهایی تشکیل شده‌اند که

۱- Donald Howard Menzel

ذرات مجزای آنها (یامولکولهائی که ازچندین اتم‌ساخته‌شده وبوسیله نیروهای مغناطیسی‌بهم‌چسبیده‌اند) به‌یکدیگر نچسبیده‌اند، بلکه‌مستقلا دور یکدیگرحرکت میکنند. آنها درسطح سیاره فقط بوسیله‌نیروهای جاذبه که خیلی ضعیف‌تر ازنیروهای الکترومغناطیسی میباشند نگاه‌داشته شده‌اند.

اتمها، یا مولکولها در جو بطرز نامرتبی دور هم میچرخند ، بیکدیگر برخورد کرده به‌حال اولیه برمیگردند. بعضی از آنها راه خود را (صرفاً برحسب تصادف) به‌آن قسمت ازجو که صدها میل بالای سطح سیاره است بازمیکنند. این جو نسبت به‌ارتفاع رقیقتر و رقیقتر میشود (لایه‌های پائین‌تر بوسیله وزن لایه‌های بالاتر متراکم میشوند)، وقتی اتم‌ها و یا مولکولها بقدر کافی بالا بروند ، آنقدر تعدادشان کم میشود که احتمال‌برخورد بین آنها فوق‌العاده‌کاهش‌میابد. درآن‌صورت یك اتم یا مولکولی که بطرف بالا حرکت میکند ممکن است بدیگری برخورد نکند تا به‌نقاط دور دست فضا برسد و امکان مراجعتش به‌نزدیکی سیاره کم میشود.

بعبارت‌دیگر هرجوهری‌گرایش دارد که کم کم وآهسته‌بطرف فضا حرکت کند.

طبیعتاً برای اینکه یك اتم یامولکلول مخصوصی‌بطورنامحدود ببالای فضا برود باید ازسرعت گریزازمرکز خارج شود. هرچه‌میدان جاذبه نیرومندترباشد سرعت گریز بیشتر است وکمتر احتمال دارد یك اتم یا مولکول برای گریز سرعت‌کافی داشته باشد.

برای جرمی مثل ماه که جاذبه سطحش فقط $\frac{۱}{۶}$ جاذبه‌سطح‌زمین است، شانس اینکه یك اتم یا مولکول بتواند درسرعت‌هائی بیش‌از ۱/۵ میل در ثانیه فرارکند خیلی زیاد است. یعنی کـه هوایش نسبتاً تندتر خالی میشود بقسمی که امروزه ماه بطورکلی فاقد هـوا است. شایدماه هرگزهوائی نداشته وفاقد نیروی‌جاذبه برای گردآوری‌گازها بوده است، ولی حتی اگرزمانی هم دارای هوا بوده مدتها است که ازبین‌رفته است.

بهمین دلیل سایر اجرام‌کوچك مثل عطارد واقمارمشتری هوا ندارند.

ازطرف دیگرمریخ که جاذبهٔ سطح آن۲/۵ برابرماه‌است‌هوای رقیقی داردکه فقط بضخامت $\frac{۱}{۱۰۰}$ جوزمین‌است ولی‌درهرحال‌هوائی درآن وجود دارد. جومریخ‌نیزنشدمیکندولی‌این‌نشد آنقدر کم‌است که قسمتی ازآن درچند بیلیون سالی که این سیاره وجود دارد باقی‌مانده است.

جاذبهٔ سطح زهره ۲برابر مریخ وجاذبه سطح زمین ۲/۵برابر مریخ‌میباشد وهردوی‌آنها هواهای تقریباًمتراکمی دارند. پس‌شگفت‌آورنیست که‌سیارات‌بیرونی که جاذبه‌سطح آنها برابرزمین‌یانیرومندتر میباشدهواهائی‌داشته‌باشند که‌به‌تراکم‌هوای‌زمین‌یامتراکم‌تراز آن‌است. این‌موضوع‌برای مشتری‌نیزصدق میکند که جاذبهٔقوی‌تروسرعت‌گریز بیشتر ازهرسیارهٔ دیگر درمنظومه شمسی دارد.

ولی جوهای مختلفی وجود دارد. بعضی از آنها ممکن است از دسته‌ای از گازها به‌نسبت‌های مخصوص و بقیه از همان دسته به‌نسبت‌های متفاوتی تشکیل شده‌باشند. تعداد دیگری نیز ممکن است رویهم رفته از گازهای گوناگونی تشکیل شده باشند.

ما میدانیم که هوای زمین بیشتر از ازت و اکسیژن به‌نسبت ۴ بر ۱ تشکیل شده‌است. ضمناً مقادیر مختصری از گازهای دیگر دارد. مثلا گازی بنام آرگون[1] یك درصد هوای زمین را تشکیل میدهد و اکسید کربن ۰/۰۳ درصد هوای زمین را تشکیل میدهد. عجیب‌ترین مطلب درباره هوای زمین، وجود مقدار زیادی اکسیژن آزاد است که ۲۱ درصد آنرا فراگرفته و با اینحال گاز بسیار فعالی بشمار میرود. می‌توان انتظار داشت که اکسیژن با مواد مختلف شیمیائی در قشر زمین ترکیب و بسرعت ناپدید شود.

هر حیوانی در زمین اکسیژن را تنفس میکند و آنرا در غذایش با کربن برای تشکیل اکسید کربن ترکیب میکند. وقتی که چوب یا زغال‌سنگ میسوزد، کربن با اکسیژن ترکیب‌شده و اکسید کربن تولید میکند. چرا همه اکسیژن هوا برای تشکیل اکسید کربن با کربن مخلوط نمیشود، و چرا در هوا بجای اکسیژن، اکسید کربن وجود ندارد؟

دلیل اینکه چنین اتفاقی روی نمیدهد آن است که نباتات اکسید کربن را مصرف میکنند و از انرژی نور خورشید برای ترکیب آن با

۱ــ Argon

آب ومواد دیگر بمنظور تشکیل موادی که در ساختمان نباتات وجود دارد استفاده مینمایند. در این عمل، اکسیژن آزاد میشود. این عمل نباتات، اکسیژن راباتشکیل آن بهمان‌سرعتی که مصرف‌میشود، درهوا نگاه میدارد.

آیا وضع جو درسیاراتی که فاقد حیات میباشند چگونه است؟ اگر هوای آنها مثل هوای زمین بود، میبایست از نظر اکسید کربن غنی باشند زیرا درآنها انواع حیات برای تبدیل آن به‌اکسیژن وجود ندارد.

یکی‌ازراههای کشف هوا درسیارات دیگر، بررسی‌نوری است که ازآنهامنعکس میشود. مولکولهای مختلف قسمتهای مختلف نور خورشید را جذب میکنند. باتوجه به «جذب طیف» نورمنعکس شده بوسیله دستگاههای ویژه ، امکان دارد نتایجی درباره هوای سیارات بخصوصی بدست‌آید.

هوای مریخ وزهره از نظر اکسیدکربن بسیار غنی هستند و تقریباً ازاین گاز پرشده‌اند. این موضوع به‌تنهائی برای ماروشن‌میکند که احتمالا حیاتی درآن سیارات، حداقل شبیه به‌حیات کره زمین، وجود ندارد. (البته ممکن‌است انواع دیگری ازحیات بامواد‌شیمیائی دیگر وجود داشته باشند).

آیا باید باتجربیاتی که اززمین و همسایگانش درفضا در دست داریم فرض کنیم که همه جوهای سیاره‌ای ازترکیبات مختلف‌گازهائی مثل ازت،اکسیژن واکسیدکربن ساخته شده‌اند؟

فعلا می‌توانیم کاملا مطمئن باشیم که اینطور نیست. بـا مطالعه نوری که ازخورشید وستاره‌های دیگر بما میرسد، کشف میکنیم کـه برخی از طول امواج نـور وجود ندارد. در طیف‌های آن ستارگان خطوط تاریکی وجود دارد (طیف عبارت ازنوری‌است که درطولهای موج مختلف آن گسترده شده باشد). این‌خطوط تاریك نمایشگرطول موجهائی است که بوسیله‌گازهای نزدیك سطح ستاره جذب شده‌اند. هرطول‌موج مختلف می‌توانـد فقط بوسیله نوع معینی از اتم جذب شود، به‌قسمی که با بررسی طول‌موجهای مفقود می‌توانیم نوع‌اتمهای موجود درستارگان را تعیین کنیم. معلوم شده است که میانگین ستاره بیشترئیدروژن میباشد.

ستاره‌شناسانی که طیف را مفصلا مطالعه کرده‌اند نظر داده‌اند که حدود ۹۰ درصد کلیه اتمهای عالم هستی ئیدروژن است و۹درصد دیگر هلیوم ویك درصد بقیه شامل انواع اتمهای دیگر است.

مثلابیائیدفرض کنیم که یك نمونه کوچك ازجسمی‌را که معرف میانگین ترکیب عالم میباشد بدست آورده‌ایم. این نمونه حاوی یك اتم فسفرمیباشد. چون کلسیم موجودجهان ۵برابرفسفرآن‌است، انتظار داریم که نمونهٔ مزبورحاوی ۵اتم کلسیم باشد. بهمین روش می‌توانیم تعداد اتمهای مختلف موجود را بقسمی کـه در جدول ۵۱ داده شده است بدست آوریم.

جدول ۵۱

تعداد نسبی اتمهای عناصر مختلف جهان

عنصر	تعداد اتم‌ها (فسفر = ۱)
ئیدروژن	۴۰۰۰۰۰۰
هلیوم	۳۱۰۰۰۰
اکسیژن	۲۱۵۰
نئون	۸۶۰
ازت	۶۶۰
کربن	۳۵۰
سیلیکون	۱۰۰
منیزیوم	۹۱
آهن	۶۰
سولفور	۳۸
آرگون	۱۵
آلومینیوم	۱۰
کلسیم	۵
سدیم	۴
نیکل	۳
فسفر	۱

فقط ۱۶عنصراز۱۰۵ عنصرشناخته شده دراین‌فهرست‌قراردارد. مقدار کلیه عناصردیگرحتی ازفسفرنیز کمتراست، احتمال این‌میرود که حتی یك اتم ازعناصرمزبوردرآن نمونه وجود نخواهدداشت.

ئیدروژن‌ساده‌ترین‌اتم‌هاست، بطوریکه‌جرم‌یك‌اتم‌ئیدروژن‌برای سهولت‌کارعدد(۱) تعیین شده است. درشرایط سیاره‌ای، ئیدروژن در مولکولهائی که هرکدام ازدو اتم‌ئیدروژن‌ترکیب‌شده‌اند وجود دارد. بنابراین‌جرم مولکول ئیدروژن۲ میباشد.

هلیوم دومین‌اتم‌ساده است وتحت‌شرایط سیاره‌ای‌بعنوان‌اتمهای مجزا وجود دارد وجرمش ۴ است.

هرچه جرم یك اتم یا مولکول کوچکترباشد دردرجه حرارت معین‌تندترحرکت‌میکند. در درجه‌حرارت‌زمین،نگاهداری‌مولکولهای ئیدروژن واتم‌های‌هلیوم که‌حرکت‌تند دارندبعلت‌جاذبه زمین‌غیرممکن است، ضمناً نمیتوان نئون را نیزنگاه‌داشت که بصورت اتمهای مجزا باجرم ۲۰ وجود دارد.

بااینحال اکسیژن (یك مولکول دواتمی باجرم ۳۲)، ازت (یك مولکول دواتمی باجرم ۲۸)، واکسید کربن (یك‌مولکول۳ اتمی، یك اتم کربن ودو اتم اکسیژن، باجرم ۴۴) میتوانند بوسیله جاذبه زمین نگاهداری‌شوند. به‌این‌دلیل‌است که جوزمین ازاکسیژن وازت‌تشکیل شده است. آنها چنان بکندی نشد میکنند که چنین هوائی میتواند بیلیون‌ها سال دوام داشته باشد.

اکسید کربن که پرجرم‌ترین این‌گازها میباشد، کندترازهمه آنها

نشد ورخنه میکند وحتی جاذبهٔ ناچیز مریخ میتواند آنرا نگاهدارد. البته همهٔ ئیدروژن زمین را ترك کرده است. برخی ازاتمهای ئیدروژن ترکیباتی باعناصر دیگرساخته وبجای مانده‌اند. قمست بیشتری از آن اکنون‌با اکسیژن‌برای‌تشکیل آب(بامولکول‌هائی که ازدو اتم ئیدروژن ویك‌اتم‌اکسیژن‌ساخته شده)ترکیب‌شده‌است.این‌مولکول‌هااقیانوسهای پهناوراین سیاره راتشکیل داده‌اند. بااینحال‌هلیوم ونئون باعناصردیگر ترکیب نمیشوند.آنهـا فقط بشکل اتمهـای انفـرادی باقی می‌مانند و رویهمرفته ازبین رفته‌اند. فقط رگه‌های کوچکی ازآنها در زمین باقی مانده است.

جو یا آتمسفرئیدروژن

اما وضع مشتری‌چطوراست؟ مشتری درفاصله خیلی بیشتری‌از زمین‌تاخورشید، تشکیل‌شد ودرجه حرارتش‌پائین‌تربود. هرچه‌حرارت کمترباشد، حرکت‌اتمها ومولکولهای‌مختلف کندتراست. حتی‌اتمهای خیلی‌ریز ئیدروژن وهلیوم‌آنقدرآهسته حرکت کردند کـه‌گریز ازیك نیروی جاذبه برای‌آنها نسبتاً دشوار شد.

ئیدروژن‌وهلیوم که‌درنتیجهٔ سرما کرخت‌شده بودند، ازمشتری‌به آن سهولتی که بمحض تشکیل از زمین نشد می کردند بخارج رخنه نکردند. بنابراین‌ئیدروژن وهلیوم بیشتری درمشتری‌جمع‌شد، بقسمی که این‌سیاره دائماً بزرگتراززمین‌گردیـد. این‌موضوع اثریك «گلوله برفی» را داشت. هرچه مشتری بزرگتر شد، نیروی جاذبه‌اش افزایش

یافت وقدرت بیشتری برای نگاهداری ئیدروژن وهلیوم پیدا کرد، بقسمی که مثل یك گلوله برفی که ازتپه‌ای بسمت پائین بغلتد، بازهم بزرگتر، بزرگتر وبزرگتر گردید.

درجائی بین مریخ ومشتری نقطه عطفی بوجود آمد. دراین نقطه درجه حرارت تامیزانی کاهش یافت که ئیدروژن وهلیوم کافی انباشته شده وبه نقطه‌ای کـه اثر گلوله برفی میتوانست شروع شود رسید. شایـد بهمین علت است که سیارات درونی کوچك وسیارات بیرونی بزرگ وغول آسا میباشند.

مشتری بزرگترین سیارهٔ غول آسا است زیـرا ازهمه آنهـا بـه خورشید نزدیکتر است. هرچه سیاره‌ای به‌خورشید نزدیکتر باشد گرد و غبار وگازی که آنرا احاطه کرده‌اند غلیظ‌تر است وتازمانی که سیاره‌ای آنقدر به خورشید نزدیك نباشد که گلوله برفی عمل نکند، پیوسته بزرگتر می‌شود.

ولـی علت اینکـه مشتری اینقـدر بـزرگ شده آن است کـه توانسته به‌ئیدروژن وهلیوم متکی باشد، درحالیکه زمین نتوانسته است. مقصود این است که مشتری وسیارات برجیسی دیگر بایستی حتماً ازنظر موادشیمیائی بازمین وسایرسیارات زمینی کاملا متفاوت باشند.

هوای مشتری بایدمحصول عناصرشیمیائی آن بوده وبیشتر ازدو گاز ئیدروژن وهلیوم مرکب شده باشد. بااینحال آزمایش این امر آسان نیست زیرا ئیدروژن وهلیوم (همچنین نئون) امواج نور رابقسمی جذب میکنند که کشف آنها دشوار است. ازنورمنعکس شدهٔ مشتری، مشکل

است بگوئیم اینکه آیا ئیدروژن، هلیوم یا نئون در آن وجود دارد و به‌چه نسبت‌هائی میباشد.

بااینحال کار به اینجا ختم نمیشود. شاید بتوانیم نتایخ دیگری بدست آوریم که قابل نظارت و آزمایش باشند. ئیدروژن باچنان مقدار زیادی وجود دارد که تقریباً باهر نوع اتم موجود دیگری ترکیب میشود. البته باهلیوم یا نئون ترکیب نمی‌شود زیرا هیچ عنصری بااین دو گاز نمیتواند ترکیب شود. پس ببینیم وضع عناصر دیگر چطور است؟

اگر ماهلیوم و نئون غیرقابل ترکیب را نادیده بگیریم، معمول‌ترین اتمهای عالم هستی بعداز ئیدروژن، اکسیژن، ازت و کربن میباشند. برای تشکیل یك سیاره اتمهای اکسیژن، ازت و کربن بااتمهای ئیدروژن که به مقادیر بسیار زیادی وجود دارد ترکیب میشوند. هراتم اکسیژن با دو اتم ئیدروژن برای تشکیل یك مولکول آب[۱] ترکیب میشود. هراتم ازت با ۳ اتم ئیدروژن برای تشکیل یك مولکول گاز آمونیاك[۲] ترکیب میگردد وهر اتم کربن با ۴ اتم ئیدروژن برای تشکیل یك مولکول متان[۳] ترکیب میشود.

این ترکیبات میتوانند گازهائی باشند وقسمتی ازیك جو راتشکیل دهند. درجدول ۵۲ درجات حرارت میعان (درجه حرارتهائی که در پائین تر از آنها یك ماده مایع بوده، یادرمورد اکسید کربن، جامد میباشد) مواد مختلف متداول که ممکن است درجوها یافت شوند داده شده است.

۱- H_2O ۲- NH_3 ۳- CH_4

در درجهٔ حرارت زمین، آب مایع است. باوجوداین بسهولت تبخیرمیشود، بقسمی که درهوا بمقادیرمختلف‌بصورت بخارآب وجود دارد. مقداری ازاین بخارپیوسته متراکم شده وابرها راکه ازقطرات کوچك‌آب یا حتی کریستالهای کوچك یخ درست شده‌انـد تشکیل میدهد. سایرمواد جدول ۵۲ در درجهٔ حرارت زمین‌بشکل بخارند.

درمشتری که درجهٔ حرارتش خیلی کمترازحرارت زمین‌است،

جدول ۵۲

درجهٔ حرارت مایع کنندهٔ برخی ازمواد

ماده	درجهٔ حرارت مایع کننده (به‌درجه‌سانتیگراد)
هلیوم	-۲۶۸/۹
ئیدروژن	-۲۵۲/۸
نئون	-۲۴۵/۹
ازت (نیتروژن)	-۱۹۵/۸
آرگون	-۱۸۵/۷
اکسیژن	-۱۸۳/۰
متان	-۱۶۱/۵
اکسیدکربن	-۷۸/۵
آمونیاك	-۳۳/۴
آب	+۱۰۰/۰

آب همیشه بشکل یخ میباشد. احتمال نمیرود در هوای مشتری بخار آب وجود داشته باشد.

آمونیاك درمشتری احتمالاهمان وضع آب درزمین را دارد. این ماده ممکن است مایع ویاجامدباشد ولی به آسانی تبخیرمیشود. ممکن است بخار آمونیاك درهوای مشتری وجود داشته باشد وبصورت ابرهای بزرگی درآید. شاید لایه‌های ابری که ما در جو مشتری می‌بینیم بیشتر از آمونیاك ترکیب شده باشند. متان درحرارتی آنقدر کم تبدیل به مایع می‌شود که ممکن است فقط بصورت بخار حتی درحرارتهای مشتری موجود باشد.

پس میتوانیم حدس بزنیم که هوای مشتری بیشترشامل ئیدروژن وهلیوم به‌اضافه اندکی متان بوده وبابخار و ابرهای آمونیاك اشباع شده باشد.

ولی آیا این حدس وگمان ضرورت دارد؟ـ نوری که ازمشتری میآید نورخورشید است که درقسمتی ازهوای آن نفوذ کرده وسپس منعکس شده است. درجریان این نفوذ، طول بعضی ازموجها بوسیله مولکولها درهوای مشتری جذب شده‌اند. اتفاقاً آمونیاك ومتان قدرت جذب زیادی دارند وحتی درصورت وجودمقادیر کمی از آنها درهوا، قابل کشف میباشند، واگروجود داشته باشند، دلیل آن است که احتمال زیادی برای وجود ئیدروژن، هلیوم ونئون نیزدرمیان خواهدبود.

در۱۹۳۲ یك‌ستاره شناس آلمانی بنام روپرت‌ویلت[1] توانست نور

۱ـ Rupert Wildt

منعکس شده را باجزئیات کافی مطالعه وثابت کند که طول موجهای نامعلومی وجود داشته که بطورقطع آمونیاك ومتان‌را درجو مشتری‌جا داده‌اند.

آمونیاك ومتان در جوهای سایر سیارات برجیسی کشف شدند ولی‌درمطالعه‌سیارات‌دوردست‌تر، علائم آمونیاك‌ضعیف‌تروعلائم وآثار متان بیشتربود. این موضوع شگفت‌آور نمیباشد. هرچه سیاره‌ای از خورشیددورترباشدسردتراست. درسیارات دورتردرجهٔ حرارت آنقدر پائین است که آمونیاك منجمد میشود ومقدار کمی از آن می‌تواند در هواتبخیرگردد. متان که‌فقط درحرارت فوق‌العاده پائین منجمدمیشود، حتی درسیاره‌ای مثل نپتون که فاصله‌زیادی تاخورشید دارد نیزدرهوا باقی میماند.

بااینکه وجود آمونیاك ومتان مسلم میکند که ئیدروژن نیز در جو مشتری وجود دارد، مدرك مستقیمی نیز بدست آمده است.

در ۱۹۵۲مشتری ازمقابل ستاره سیگماآریتس[1] میگذشت. این حادثه دقیقاً بوسیله دوستاره‌شناس امریکائی به‌اسامی ویلیام‌آلوین‌بوم[2] وآرتورداد کود[3] مشاهده گردید. چون تماس این ستاره بامشتری قابل رؤیت بود، فوراً هیچ چشمك‌نزد. ابتدا ازداخل هوای رقیقی که‌بالای لایه ابرمشتری بود عبورکرد ووقتی دردرون رگه‌های متراکمتر جو دیده‌شد، نورش متدرجاً کاهش‌یافت ودرپشت‌ابرها بکلی پنهان‌گردید.

۱ـ Sigma Arietis ۲ـ William Alvin Baum

۳ـ Arthur Dodd Code

میزان‌کاهش نور به‌چند چیز ازجمله جرم مولکولهائی که‌ازبین آنها عبور میکرد بستگی داشت. تعیین میزان این تیرگی باابزارهائی که‌آن ستاره‌شناسان دراختیارداشتندمشکل‌بود ولی‌اندازه‌گیریهای آنها نشان داد که میانگین جرم مولکولهائی که نورستاره از آنها میگذشت ۳/۳بود. یعنی که‌قسمت‌بیشتری‌ازجومشتری‌را هیلوم وئیدروژن‌تشکیل میداد زیرا گازهای دیگر دارای وزن اتمی یامولکولی پائین‌تری کـه باا۳/۳ تطبیق کند نبودند.

رقم ۳/۳ نشان میداد که هلیوم بیشتراز ئیدروژن در جومشتری وجود دارد، ولی تحقیقات دقیق‌تر بعدی نشان داد که قضیه به‌این قرار نمیباشد. در ۱۹۶۳ یك ستاره‌شناس امـریکائی بنام هایرون‌اسپینراد[1] به مطالعه منطقه روشنی که مولکولهای جذب شده ئیدروژن درآنجاقابل کشف نبودند پرداخت ونظرداد که جو مشتری تقریباً دارای ۰٫۶درصد ئیدروژن و ۳۶ درصد هلیوم میباشد. ضمناً ۳ درصد نئون ویك درصد متان نیزدارد. بخارآمونیاك هم بمقادیرکمتری وجود داشت.

چون اتمهای ئیدروژن بسیار سبك هستند، تعدادخیلی زیادی از آنها برای ایجاد وزنی برابر ۰٫۶درصد لازم است. یعنی کـه حدود ۸۵ درصدکلیه اتمهای موجود در جومشتری را ئیدروژن‌تشکیل میدهد.

در۱۳مه۱۹۷۱مشتری‌ازبرابرستاره‌دیگری که‌اینباربتااسکورپی[2] نام داشت عبورکرد. بررسی دقیقی ازطرز ناپدیدشدن نور مشتری با ادواتی که پیشرفته‌تراز ۲۰سال قبل ازآن بودند نشان داد کـه قسمت

۱ـ Hyron Spinrad ۲ـ Beta Scorpii

بیشتر جو مشتری را ئیدروژن تشکیل میدهـد (قمر آیو نیز ۷ ساعت بعداز مقابل آن ستاره عبور کرد و ثابت شده که هوا ندارد).

در واقع، ستاره‌شناسان چنان مهارتی در بررسی جو مشتری بدست آورده‌اند که می‌توانند حتی ایزوتوپ‌ها یاانواع مختلف‌عناصر را کشف کنند. مثلا ئیدروژن مرکب از ایزوتوپی بنام ئیدروژن ـ۱ میباشد. ضمناً مقادیر کمی‌ازیك ایزوتوپ سنگین‌تر بنام ئیدروژن‌ـ۲ یا دئوتریوم[1] در آن وجود دارد.

در ۱۹۷۲ ستارشناسان امریکائی در دانشگاه تکزاس نوارهای جذب کننده‌ای‌را درنور مشتری کشف کردند که بعلت وجودمتان[2] بود ویکی ازاتم‌های ئیدروژن ازنوع دئوتریوم در آن وجود داشت.

۱ـ Deuterium ۲ـ CH_4

فصل نهم

معماهای مشتری

رنگ وامواج رادیوئی

اگرجومشتری‌مرکب‌ازئیدروژن، هلیوم، نئون، متان وآمونیاك میباشد، رنگهای نوارها ازچه چیزنـاشی میشود؟ همهٔ این مواد وقتی که بحالت بخار یامایع‌باشند بیرنگ ووقتی جامد باشند سفیدهستند.

یك‌امکان، که بوسیله فرانسیس‌اون‌رایس[1] شیمی دان‌انگلیسی‌ـ امریکائی در ۱۹۵۵ اظهار شده آن است‌که مابا قطعات مولکولهاسرو کار داریم نه‌با اتمها.

معمولا اتمهای مولکولها باجفتهای‌الکترونی که بین‌آنها وجود دارد تجمع یافته‌اند. ممکن است یك اتم والکترون آن حرکت کند وقطعه‌ای ازیك مولکول را بایك الکترون جفت نشده برجای گذارد.

۱ـ Francis Owen Rice

این قطعه «رادیکال» نامیده میشود.

درشرایطی مثل کرهٔ زمین، دوام رادیکال‌ها طولانی نیست. آنها بسیارفعال‌اند وبسهولت خودشان رابه سایراتمها یامولکولهامیچسبانند. سپس دوباره باکلیه الکترونهای زوجی خود باقی میمانند ودراینحال بیرنگ هستند .

درمشتری کـه درجهٔ حرارت هوا پائین‌تراز زمین بوده وکلیه مولکولهایش حرکت کندتری دارند، رادیکالها به اتمها یا مولکولهای دیگربا شدت کمتری حمله میکنند واز «رادیکالهای آزاد» بیشتر دوام و حیات دارند. بالاخـره حتی درمشتری نیز دوباره ترکیب می‌شوند، ولی مرحله‌تشکیل آنها ادامه می‌یابد، بقسمی که تعدادآنهابرای رنگین کردن هواکافی میباشد .

شایدآنها درجو پائین‌تری تشکیل شده‌اند ولی جریان هوا آنها را به‌بالافرستاده ودربعضی ارتفاعات تمرکز داده وکمربندها را ایجاد کرده است. وقتی نسبت تشکیل رادیکال آزاد ازترکیب رادیکال‌آزاد بیشترشود رنگهاتیره میگردند. ووقتی این‌نسبت کمترشود رنگها ناپیدا می‌شوند. طبیعی‌است که ما راهی برای درك این‌جزئیات نداریم .

طوفانهای محلی که‌بیش‌ازحد معمول شدت دارند، ممکن‌است لکه‌هائی درکمربندها ایجادکنند واین لکه‌ها می‌توانندبرحسب مقدار رادیکالهای آزادکه بوسیله‌آن طوفانها بگردش افتاده‌اند، کمرنگ یا پررنگ باشند .

«لکه بزرگ قرمز» ممکن است بعلت ناهمواری مخصوص و

بی‌مانندی درسطح جامدمشتری‌تولید شده باشد که هنگام حرکت‌هوا ازروی‌آن، رادیکالهای‌آزاد را درارتفاعات پخش‌میکنند. (این‌موضوع بخودی خود بسیاری از سؤالات را بدون جواب باقی میگذارد. چرا این لکه‌آنقدر قرمز است؟ آیا این‌نوع دیگری ازرادیکال‌آزاد است؟ چرا به شرق وغرب حرکت میکند. ولی به شمال وجنوب نمیرود؟ چرا فقط یك لکه قرمز وجود دارد؟).

ضمناً در ۱۹۷۰ نظریه‌ای‌بوسیله ستاره شناسان مؤسسه‌تکنولوژی ماساچوست ارائه شده که این رنگ ممکن است ناشی از رادیکالهای آزاد نبوده و بلکه مربوط به سولفور(گوگرد) باشد. سولفور بمقدار کمی بصورت مرکب‌با دو اتم ئیدروژن برای هراتم سولفور، یعنی ئیدروژن سولفید[1] درهوای‌مشتری وجود دارد .

ئیدروژن‌سولفیدبیرنگ‌است ولی‌سولفورآزاد زرد رنگ‌میباشد ومولکولهای محتوی‌سولفور رنگی زیادی وجود دارد. می‌توان‌تصور کرد که‌این‌مولکولهای رنگی درشرایط جوی‌مشتری‌ازئیدروژن‌سولفید تشکیل شده باشند.

دلیل‌وجوداین رنگها چه رادیکالهای‌آزاد وچه‌ترکیبات سولفور باشند، مقداری انرژی لازم است. بدون انرژی، اتمها ومولکولهای هوای مشتری درساده‌ترین و کم انرژی‌ترین شکل‌خود بطور بیرنگ باقی میمانند.

آیااین انرژی از کجا میآید؟ تنهاپاسخ‌این‌سؤال وجود خورشید

---

۱ - H_2S

است. با اینکه شدت تابش خورشید در فاصله مشتری فقط $\frac{1}{۲۵}$ شدت تابش آن‌به زمین میباشد، برای اینکه هوای مشتری را درتلاطم دائمی نگاهدارد کفایت می کند. (زحل که فاصله‌اش‌بیش‌ازمشتری تاخورشید است، دارای هوائی با تلاطم خیلی بیرنگ‌تر از آن میباشد) با اینحال بعید بنظر میرسد که انرژی خورشید علت مستقیم تشکیل ترکیبات رنگی باشد. اگرچنین بود، آیا سراسرهوای مشتری رنگین نمی‌شد؟ منطقی‌تر آن است که ظاهراً مواد رنگی درهوای پائین‌تر تشکیل شده وبوسیله بادهابطرف بالا رفته‌باشند. آنگاه کیفیت جریان هوای‌مشتری ترکیبات رنگ دار را دربعضی ارتفاعات متمرکز ساخته و کمربندها را تشکیل داده باشد.

ولی منبع انرژی در هوای پائین‌تر کجاست؟ چنانچه انرژی خورشید باعث تلاطم هوا شود، آن تلاطم ممکن است ایجاد رعد و برق نموده و انرژی زیادی را به‌شکل برق رها کند. این امر درهوای زمین اتفاق می‌افتد، پس چرا نباید درهوای وسیعتر وضخیم‌تر مشتری روی دهد؟

مسلماًمانمیتوانیم آثاری ازبرق درهوای مشتری ببینیم. هربرقی که تولید شود در زیرلایه‌های ابرخواهد بود ولی برق زدن چیزهای بیشتری غیرازنور آزاد میکند. برق امواج رادیوئی را هم رها میسازد وقسمتی‌ازآنها می‌توانند درپوشش ابرنفوذ کنند. پس آیا عاقلانه‌است به جستجوی امواج رادیوئی که منشأ آنها در هوای مشتری باشد بپردازیم ؟

درحقیقت درجهٔ حـرارت هرجسم موجود، بالای صفر مطلق است، وهرجسمی که حرارتش بالای صفرمطلق‌باشد امواج رادیوئی پخش می‌کند. دراغلب اجسام معمولی این انتشاراامواج ضعیف‌تر از آن است که کشف شود، ولی درتمام سیارات وضع‌نوع دیگری‌است مخصوصاً وقتی که هوای متلاطمی داشته باشند مقادیرزیادی ازامواج نامبرده را انتشارمیدهند.

بعدازجنگ جهانی دوم بود که ستاره شناسان رادیوتلسکوپهای نیرومندی تهیه کردند که نه‌تنها می‌توانست امواج رادیوئی را در فضا کشف کند، بلکه منشأ آنها را (که‌کارخیلی دشوارتری بود) نیزتعیین نماید.

در۱۹۵۵ دوستاره شناس‌آمریکائی به اسامی کنت‌لین‌فرانکلین[۱] وبرك[۲] بمطالعه امواج رادیوئی پرداختند که سالها رصدبانان را دچار اشکال کرده بود وبالاخـره ثابت کـردند که مشتری نقطه ومبنا و منشأ این امواج میباشد. ازآن‌پس، امواج رادیوئی که‌ازمشتری‌می‌آیدمورد مطالعه دقیقی قرارگرفته است.

بعضی‌ازاین امواج درست ازهمان‌نوع امواجی‌است که انتظار انتشارآن‌را ازجسمی دردرجهٔ حرارت مشتری دارید. با اینحال امواج دیگری باچنان نیرومندی زیاد وجـود داردکه اگر فقط دراثرحرارت جسم‌تابنده‌ای انتشارمی‌یافتند ما انتظارداشتیم مشتری به‌گرمی‌خورشید باشد. بدیهی است که این امـواج رادیوئی بایـد منشأ دیگری غیراز

۱ــ Kenneth Linn Franklin ۲ــ B.F. Burke

فقط درجهٔ حرارت داشته باشند.

بعضی از آنها می‌توانند بوسیله جریانهای برقی که یك بیلیون برابربرق جو کرهٔ زمین قدرت دارند منتشرشوند. پس منطقی است فرض کنیم که ممکن است رعد وبرقی درمشتری باشد که هم امواج رادیوئی وهم کمربندهای رنگین سیاره‌ای را تولید میکند.

برخی‌ازامواج رادیوئی که بوسیله مشتری منتشرمی‌شود ظاهراً ازنوعی‌است که مستلزم توضیح دیگری میباشد. پاسخ این‌موضوع از مطالعاتی که در زمین بعمل میآید داده می‌شود.

وقتی درسال ۱۹۵۸ ایالات متحده امریکا ارسال موشکهائی را به فضا آغاز کرد، یکی از هدفهایش کشف تشعشع در ماوراء جو بود وتشعشع خیلی بیشتراز آنچه انتظارمیرفت کشف گردید.

بنظرمیرسد که زمین‌یك میدان مغناطیسی دارد که‌قطب مغناطیسی شمالی آن درقطب شمال وقطب مغناطیسی جنوبی آن درقطب جنوب است. خطوط‌نیروی مغناطیسی‌فرضی‌را می‌توان ازیك قطب مغناطیسی به‌قطب دیگر رسم کرد، بقسمی که هریك از آنها معرف منطقه‌ای با قدرت معین درحوزه محیط برزمین باشد.

تعداد معینی ذرات ازباد خورشیدی وارد حوزه مغناطیسی‌شده به دورخطوط نیروی مغناطیسی محکم پیچیده وبین قطبهای مغناطیسی به عقب وجلو حرکت میکنند. آن مناطقی که زمین را احاطه میکنند (مناطق‌ماوراء جو)وازنظراینگونه‌ذرات‌باردارغنی‌هستند،«ماگنتوسفر[1]»

۱ـ Magnetosphere (جومغناطیسی).

نامیده میشوند. درابتدا آنها را کمربندهای «وان‌آلن» مینامیدند زیرا جیمز آلفرد وان آلن[1] فیزیك دان امریکائی ریاست طرحی را برعهده داشت که باراول تشعشع را کشف وتشریح کرد.

هر سیاره‌ای حوزهٔ مغناطیسی ندارد. ستاره‌شنان مطمئن نیستند چه‌چیزی حوزه مغناطیسی را تولید میکند. ولی توضیح جالبی وجود دارد حاکی ازاینکه یك هسته مرکزی مایع می‌تواند حوزه مغناطیسی ایجاد کند واگراین میدان مغناطیسی بچرخد ومیزان گردش‌سیاره بحد کافی سریع باشد باعث آن چـرخشها درهستهٔ مرکـزی گردد. زمین دارای هسته‌ای‌ازآهن مذاب میباشد وباگردش سریع خود چرخشهائی بوجود می‌آورد، پس حوزه مغناطیسی دارد.

مریخ باسرعت متوسطی گردش میکند وفقط هستهٔ کوچکی از آهن دارد. زهره باید هسته آهن داشته باشد، ولی خیلی کند گردش میکند. ماه هستهٔ آهن ندارد وحرکت آن‌هم بسیار کند است، بنابراین هرسه کرهٔ نامبرده فاقد حوزهٔ مغناطیسی وماگنتوسفر میباشند.

بااینحال مشتری گردش تندتری ازهرجرم دیگری میکند که در منظومه شمسی وجود دارد. اگرهستهٔ مناسبی داشت هم دارای حوزه مغناطیسی و هم ماگنتوسفر میشد. میتوان فرض کـرد امواج رادیوئی که ازمشتری منتشرمیشوند ناشی ازانرژی‌گم‌شده بوسیله الکترونهائی هستند که محکم به‌دور خطوط نیروی مغناطیسی پیچیده‌اند.

بنابراین ستاره‌شناسان کاملا متقاعد شده‌اند که ماگنتوسفرمشتری

۱ـ James Alfred Van Allen

کشف شده وموجودیت خودرا ثابت کرده است. حتی این دانشمندان می‌توانند بگویند که قطب‌های مغناطیسی مشتری نزدیك قطب‌های جغرافیائی آن سیاره قرارگرفته‌اند، بهمانگونه که در مورد زمین صدق میکند، با اینحال قطب‌های مغناطیسی مشتری ۷ درجه از قطب‌های جغرافیائی آن سیاره فاصله دارند وازنظر مقیاس زاویه‌ای نزدیك‌تر از قطب‌های مغناطیسی زمین به‌قطب‌های جغرافیائی آن هستند.

امواج‌رادیوئی مشتری ازانفجار انرژی درمدتهای منظم‌ومعینی ناشی میشوند. در ۱۹۶۴ یك ستاره‌شناس امریکائی بنام بیگ[1] اظهار داشت که این‌انفجارات ظاهراً باوضع آیو، درونی‌ترین اقمارگالیله‌ای، تطبیق‌میکند. علت واقعی‌این امرهنوز معلوم‌نشده‌است. اقمارگالیله‌ای تأثیرات کشش جزر ومدی برروی مشتری دارند، درست همانطورکه ماه برزمین دارد.

آیو، که نزدیکترین اقمارگالیله‌ای‌است بیشتر ازهمه اقمار تأثیر جزرومدی را بکارمی‌برد. این موضوع می‌تواند به‌تلاطم جو درجهت آیو کمك کند ودلیل انفجار رادیوئی باشد.

ساختمان درونی

آیا عمق هوائی که زیرلایه‌های ابرمرئی‌مشتری قراردارد چقدر است؟ اولین حدس ممکن است فقط چند میل باشد. در زمین، ابرها ازیك‌تا ده میل بالای سطح جامدآن قراردارند. این موضوع درمورد

۱- E.R. Bigg

سیارهٔ زمینی‌ابردار دیگر، یعنی «زهره» نیزصدق میکند. اشعهٔ امواج رادار به‌سطح جامد زهره نفوذ کرده و نشان داده‌اند که فاصله زیادی تا زیر ابرها ندارد.

ولی آیا موضوع درمورد مشتری ودیگر سیارات برجیسی نیز صدق میکند؟ دراینجا مسئله کمی تکاثف[1] آنها (که درجدول ۲۵ داده شده است) بمیان میآید. چون معلوم شده کـه مشتری مقادیر زیـادی ئیدروژن، هلیوم ونئون را درخود جمع آوری کرده‌است، تعجبی‌ندارد که‌آن سیاره وسیارات برجیسی دیگـر جرم کمتری ازسیارات زمینی داشته‌باشند. ئیدروژن، هلیوم، نئون، آمونیاك ومتان‌دارای تکاثف‌بسیار کمتری ازمواد سنگی وفلزی می‌باشند که‌کره زمین وسایـر سیارات زمینی‌را تشکیل میدهند.

بااینحال اگرفرض کنیم که این‌موادگازی کم تکاثف‌برای‌تشکیل یك هوای رقیق دراطراف یك مرکز سنگی و فلـزی کفایت میکنند، برای‌ایجاد تکاثف کم‌سیارات برجیسی کافی‌نخواهدبود. هارولدجفری[2] ستاره‌شناس انگلیسی در۱۹۲۴ به‌این موضوع اشاره کرده است.

ضمناً شلجمی بودن مشتری‌را نیز (طبق جدول ۱۷) موردتوجه قرارداده است. چنانچه اختلاف تکاثف زیـادی بین مناطق بیرونی و مناطق‌درونی یك‌سیاره وجود داشته‌باشد، میزان شلجمی بودن‌افزایش می‌یابد. فرض کنید سیاره‌ای درنظرگرفته شود که جرم ودوران‌گردش مشتری را داشته ولی تکاثف‌آن در همه‌جا یکنواخت باشد، این سیاره

۱- Density ۲- Harold Jeffreys

شلجمی خواهد بود ولی شکل شلجمی واقعی مشتری را ندارد. اگر جرم بیشتر وبیشتری درمرکز متمرکز شود وتکاثف کمتروکمتری در مناطق بیرونی برجای گذارد، شلجمی‌بودنش افزایش‌می‌یابد ولواینکه مجموع جرم ومیزان‌گردش زیادنشود. هرچه‌مناطق‌بیرونی کم‌تکاثف‌تر باشند باسهولت بیشتری ازنیروی جاذبه رها میشوند وبالاتر میروند.

جفری خاطرنشان کرد که بین غلظت کم مشتری و تمرکز زیاد جرم درلایه‌های عمیق‌تری که برای شلجمی‌شدنش لازم است‌این‌سیاره بایدجوی به‌عمق ۴۰۰۰میل در زیرلایه ابر داشته باشد.

روپرت‌ویلت‌این نظریه را در۱۹۳۸ (که برای‌کار به‌امریکا رفته بود) دنبال‌کرد وبه‌جزئیات بیشتری پرداخت. او براین عقیده شد که جوی به‌عمق ۴۰۰۰ میل بحالت بخارباقی نمی‌ماند. ئیدروژن وهلیوم هوا در زیر کشش نیروی جاذبه فوق‌العاده مشتری چنان درلایه‌های پائین‌تر فشرده میشود که بحال جامد درمیآید، درصورتیکه حتی در حرارت‌هائی خیلی بالاتر معمولا در شرایط زمینی ذوب شده بجوش می‌آید. وی با توجه به مطالب بالا به‌بررسی اوضاع داخلی مشتری پرداخت.

به‌زمین‌توجه کنید. جرم جامدسیاره ماازیك لایهٔ ناهموارضخیم سنگی دور یك مرکزفلزی ساخته شده‌است. البته‌مااین رویهٔ صخره‌ای را می‌بینیم وآنرا لیتوسفر[1] می‌نامیم (که از کلمات یونانی به معنای گلوله سنگی اقتباس‌شده است). دور لیتوسفر دیواره‌ای ازآب وجود

۱ــ Lithosphere

دارد که برای فروبردن همه خشکی‌ها عمق کافی ندارد ولی به‌خشکی زمینی که‌بالای‌سطح‌اقیانوس‌قراردارد‌نفوذمیکند. این‌لایه آب‌ئیدروسفر[۱] (گلوله‌آب) نامیده‌میشود. بالاخره بخاراتی وگازهائی دربالای‌خشکی وآب وجود دارد که آتمسفر[۲] (گلوله بخار) را تشکیل‌میدهند.

لیتوسفر زمین از اتمهای پیچیده‌ای که با نیروهای الکترو-مغناطیسی قوی بهم چسبیده‌اند تشکیل شده‌است. هیچیك ازاین اتمها دردوران تشکیل زمین ازبین نرفته‌است. بااینحال ئیدروسفر وآتمسفر ازمولکولهای سبکی تشکیل‌شده‌اند که بهم محکم نچسبیده وبسهولت ازبین میروند.

ازطرف دیگر، مشتری که همه‌چیزرا درخود نگاهداشته است، باید ئیدروسفر وآتمسفر بزرگی داشته باشد و لیتوسفر چندان بزرگی ندارد.

سپس ویلت فرض کرد که مشتری درمرکزخودباید یك‌لیتوسفر صخره‌ای و فلزی داشته باشد که با مقایسه با خود سیاره بطور کلی کوچك‌است. دورآن اقیانوسی ازآب به‌اضافه مقداری‌آمونیاك‌منجمد وجود دارد که ئیدروسفر را تشکیل میدهد. دور آن، لایهٔ ضخیمی از موادی وجود دارد که درزمین بشکل بخار ورقیق میباشد (ئیدروژن، هلیوم، متان، بخارآمونیاك) ولی درمشتری باچنان تراکمی بهم‌فشرده شده که می‌تواند جامد محسوب شود.

ویلت‌حتی‌اندازه هریك ازاین حوزه‌ها را محاسبه کرد، بقسمی

۱- Hydrosphere ۲- Atmophere

که میزان واقعی تکاثف کلی وتمرکز جرم در مرکز را برای شلجمی بودن بدست آورد.

پس فرض کنید شخصی خود را در مرکز مشتری تصور کند و سوراخی ونقبی بطرف آن ایجاد نماید، ازضخامت لیتوسفر، وبعد از ئیدروسفر وپس ازآن از آتمسفر عبور کند تاسرانجام به‌ابرهابرسد.

دراینصورت آیا قطر هرلایه چقدر خواهد بود؟ نتیجه برای هر یك ازسیارات‌برجیسی طبق طرح ویلت درجدول ۵۳ داده شده‌است.

جدول۵۳

ساختمان احتمالی سیارات برجیسی

	مشتری	زحل	اورانوس	نپتون
شعاع‌لیتوسفر(برحسب‌میل)	۱۸۵۰۰	۱۴۰۰۰	۷۰۰۰	۶۰۰۰
« « (برحسب کیلومتر)	۳۰۰۰۰	۲۲۵۰۰	۱۱۰۰۰	۹۷۰۰
ضخامت‌ئیدروسفر(برحسب‌میل)	۱۷۰۰۰	۸۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰
« « (برحسب‌کیلومتر)	۲۷۰۰۰	۱۳۰۰۰	۹۷۰۰	۹۷۰۰
ضخامت‌آتمسفر(برحسب‌میل)	۸۰۰۰	۱۶۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰
« « (برحسب‌کیلومتر)	۱۳۰۰۰	۲۶۰۰۰	۴۸۰۰	۳۲۰۰

همانطورکه ملاحظه میکنید زحل، بااینکه کوچکتر ازمشتری است، آتمسفر ضخیم‌تری با دوبرابر ضخامت آتمسفر مشتری‌را دارد که دلیل قلت غیرعادی تکاثف زحل وزیادی غیرعادی خاصیت‌شلجمی آن است.

بااینهمه ازنقطه نظرویلت، زمین آنچنانکه تصورمیشود کوچك نیست. این کره را ازنظر حجم نمی‌توان باجرم کامل هریك ازسیارات برجیسی مقایسه کرد بلکه فقط بالیتوسفر آنها قابل مقایسه میباشد زیرا زمین واقعاً لیتوسفر است. در اینمورد، نتایخ را در جـدول ۵۴ نشان داده‌ایم.

حتی‌چنانکه تنها لیتوسفر به‌حساب‌گرفته‌شود، هریك ازسیارات بـرجیسی از لحاظ حجم بزرگتر اززمین است. لیتوسفر مشتری، در صورتیکه این‌طرح ساختمانی سیارات برجیسی درست باشد، بیش‌از صد برابر حجم زمین خواهد بود. این اختلاف شاید حتی‌ازنظرجرم نیزبیشترباشد زیرادرزیروزن فوق‌العاده ئیدروسفروآتمسفر، لیتوسفر-های سیارات برجیسی کاملا در یکدیگر فشرده شده و متراکم‌تر از لیتوسفر زمین میباشد.

جدول ۵۴

حجم لیتوسفرهای سیارات

سیاره	حجم لیتوسفر (حجم زمین = ۱)
مشتری	۱۰۴/۰
زحل	۴۴/۰
اورانوس	۵/۵
نپتون	۳/۵

باوجوداین، اختلاف حجم یاجرم درسیارات‌برجیسی آنقدرها

زیاد نیست (به‌جدولهای ۱۴ و ۲۴ مراجعه شود).

سؤالی که پیش میآید این است که همه آن سنگها وفلزاتی که لیتوسفر مشتری را تشکیل میدهند از کجا آمده‌اند؟ لیتوسفر ازموادی که فقط یك درصد کل مادهٔ عالم‌را تشکیل‌میدهد ساخته شده‌است. در فاصله صدمیلیون میلی‌خورشید مقدارکافی ازاین‌مواد برای ایجاد کره زمین‌وجودداشته ومیتوان انتظارداشت که درپانصدمیلیون‌میلی‌خورشید مواد کمتری موجودباشد. آیادرآنجا موادکافی برای‌تشکیل‌لیتوسفری صد برابراندازه زمین وجود داشته است.

چرابابد مشتری‌بیشترازئیدروژن وهلیوم تشکیل نشده‌باشد؟ این موضوع دربدو امرغیرممکن‌بنظرمیرسد، زیراصرفنظرازاینکه‌ئیدروژن وهلیوم تاچه‌حد متراکم شده‌باشند، تکاثف‌آنها برای ایجاد تمام‌حجم و جرم مشتری کافی نبوده است. با اینحال در ۱۹۳۵، اوژن ویگنر[1] فیزیکدان‌مجارستانی‌ـامریکائی‌نظرداد که‌چنانچه‌ئیدروژن زیرفشارکافی قرارگیرد، به‌نقطه‌ای می‌رسد که‌ئیدروژن‌جامدمعمولی‌ناگهان‌به‌ئیدروژن جامد غلیظ‌تری‌تبدیل‌میشود که الکترون‌هایش آزادی‌بیشتری‌برای جدا شدن‌اتمهایش‌داشته‌باشند، این‌عمل‌به‌نوع جدیدئیدروژن‌جامد خواصی میدهد که‌برای‌فلزات قائل‌هستیم. ازاینرو آنرا «ئیدروژن فلزی»می‌نامیم وآنرا متکاثف‌تراز ئیدروژن‌جامد معمولی میدانیم.

دردهه ۱۹۵۰ ستاره‌شناسان مختلفی سعی کردند ساختمانی را برای مشتری که مرکزش از ئیدروژن فلزی تشکیل شده باشد درنظر

۱ ـ Eugene Wigner

بگیرند، بقسمی کـه تمام جرم لازم درحجم مشتری فشرده‌شده وباعث شلجمی شدنش نیزگردیده باشد.

در۱۹۵۸ دومارکوس[1] ستاره‌شناس امریکائی نظرداد که مشتری باجرمی که ۷۸درصد آن ازئیدروژن وبقیه‌اش ازهلیوم تشکیل‌شده‌باشد موردتوجه قرارگیرد. یعنی که یك‌اتم هلیوم دربرابرهر۱۴اتم ئیدروژن وجود داشته وحالت ترکیب شیمیائی خورشیدرا به‌مشتری بدهد.

درچنین سیاره‌ای، فشار در ۸۰۰۰ میلی زیرلایه‌های ابرآنقدر زیاد میشود که ئیدروژن‌را با مخلوط هلیوم خود بصورت فلزی تبدیل میکند. این ئیدروژن فلزی پیوسته غلیظ‌تر میشود تازمانی می‌رسد که تکاثف ئیدروژن درمرکزمشتری به ۳۱گرم درسانتیمتر مکعب برسد و تکاثفی ۱/۵ برابر تکاثف پلاتین درزمین داشته باشد.

بـااینحال هنوز روشی وجود ندارد که بوسیله آن بتوانیم از ساختمان درونی‌مشتری وسایرسیارات برجیسی‌اطلاع مستقیمی‌بدست آوریم، ولی بنظرمی‌رسد که نظریه دومارکوس بیش ازنظریات دیگر موردتوجه ستاره‌شناسان قرارگرفته باشد.

پیونیر[2] یا(پیشگام)!

طبیعتاً اسرارمربوط به‌جو مشتری، رنگهایش، ساختمان مناطق درونی آن والبته ماهیت آن، ترکیب وساختمان اقمارش وفضائی که‌آن سیاره را احاطه کـرده است، باعث اشتیاق ستاره‌شناسان به بررسی

۱ــ W.C. DeMarcus ۲ــ Pioneer (پیش‌آهنگ)

بیشتری می‌شود.

آنها در ۲ مارس ۱۹۷۲ شروع به‌بررسی کردند که یك سفینه آزمایشی به‌وزن ۵۷۰پوند (۲۶۰ کیلوگرم) باسرعت اولیه۹میل‌درثانیه (۱۴/۵ کیلومتر درثانیه) که بالاترین سرعتی بود که یك‌سفینهٔ ساخت بشر تا آن‌زمان بدست‌آورده بود، زمین را به‌مقصد مشتری فرستادند. این سفینه که پیونیر۱۰ نامیده‌شد به‌عمیق‌ترین ناحیه فضائی که تا آن زمان سفینه‌ای بچنین فاصله‌ای نرسیده بود راه یافت.

این سفینه ازمدارمریخ وازمیان حلقه شبه سیارات عبورکرد و ذراتی‌را که ستاره‌شناسان درآن منطقه انتظار داشتند کشف نمود. پس ازآنکه پیونیر ۱۰ ازکمربند آن سیاره به‌سلامت عبور کرده در ۳ دسامبر ۱۹۷۳ به‌نزدیکی مشتری رسید، از ۸۵۰۰۰ میلی (۱۳۵۰۰۰ کیلومتری) سطح مشتری گذشت وداخل حوزه مغناطیسی این سیاره گردید که بزرگتر و فشرده‌تر از آن بود که ستاره شناسان می‌پنداشتند.

درمدت چهارروزیکه صرف پرواز پیونیر۱۰ به‌مشتری‌گردید، آلات دقیق سفینه که ۶۵ پوند (۳۰ کیلوگرم) وزن داشت واز چهار باطری رادیوایزوتوپ (که در برابر تشعشع نیرومند حوزه مغناطیسی دوام آورد) کسب نیرومیکردند، تشعشع مشتری‌را بدست آوردند، ذرات‌را محاسبه کردند، حوزه‌های مغناطیسی‌را اندازه‌گرفتند، درجات حرارت‌را یادداشت کردند، ونور خورشید راکه ازجو مشتری عبور میکرد تجزیه نمودند. درنزدیکترین موقعیت پیونیر، مشتری درمرحله

نیمه کمال که هرگز اززمین دیده‌نشده بود روایت‌گردید.

اطلاعات جمع‌آوری‌شده باسرعت نوردرظرف ۴۵دقیقه‌بزمین فرستاده‌شد. حتی مسیر پیونیر ۱۰ هنگام عبوراز مشتری مهم بود زیرا اطلاعاتی درباره جرم مشتری واقمار گالیله‌ای بدست آمد. پیونیر ۱۰ تقریباً ازنزدیکی آیو، اوروپا وگانیمد عبور کرد. همانطور که دراین کتاب‌نوشته شده است. دانشمندان هنوز روی اطلاعاتی که دریافت شده است‌کار میکنند.

وقتی پیونیر به‌مشتری رسید، مقدارزیادی ازسرعت اولیه‌اش‌را ازدست داده‌بود، ولی هنگام گردش به‌دور این سیاره بزرگ دوباره سرعت‌گرفت وسرعت‌کافی برای دفع فشار جاذبه خورشید وعبور از مدارهای کلیه سیارات بدست‌آورد، وهمانطور که گفته شد معلوم کرد که بادهای خورشیدی‌تاچه فاصله‌ای قابل کشف میباشند. در۱۹۷۷از مدار زحل عبور میکند ودر ۱۹۸۰ ازمداراورانوس‌خواهدگذشت. در ۱۹۸۴ ازپشت پلوتو عبور خواهد کرد. سپس باسرعت ۷میل (۱۱/۵ کیلومتر) درثانیه حرکت کرده وبه‌فضای بین ستارگان خواهد رفت و هیچگاه به‌منظومه شمسی‌برنخواهدگشت.

پیونیر ۱۰ نخستین سفینه ساخت بشربرای ترك منظومه شمسی میباشد و ۱۰۰۰۰۰ سال طول میکشد تافاصله بین ما و آلفاسنتوری[1] نزدیکترین ستاره‌را طی کند. البته‌درجهت آلفاسنتوری حرکت‌نمیکند بلکه به‌احتمال قوی درجهت ستاره آلده‌باران[2] حرکت خواهد کرد. پیونیر ۱۰ برای اینکه به‌مجاورت آن‌ستاره برسد ۱۷۰۰۰۰۰ سال‌وقت

۱ـ Alpha Centauri ۲ـ Aldebaran

لازم‌دارد.

پیونیر ۱۰، درهنگام ورود به‌دنیای ناشناخته، پیامی‌اززمین‌را که روی یك لوحه آلومینیومی مطلا به‌ابعاد ۹ × ۶ اینچ ثبت شده است همراه خواهدداشت. این‌پیام‌بوسیلهٔ فرانك‌دونالددریك[۱] وکارل‌ادوارد-ساگان[۲] ستاره‌شناسان امریکائی تهیه و توسط لینداساگان[۳] ترسیم شده است.

جالبترین مطالب‌گفتنی درباره این‌پیام، تصویریك مردویك زن بدون لباس وباتعیین اختلافات جنسی آنها که‌حداقل‌اطلاعات را درباره نوع مخلوقاتی میدهد که پیونیر ۱۰ را ساخته به‌مسیرش فرستاده‌انـد. مرد دستش‌را بشکلی که نمایانگر دوستی وصلح است بطرف‌بالا نگاه داشته وچهارانگشت وشست وی نمایان میباشد.

درپشت مردو زن طرحی ازپیونیر ۱۰وجود داردکه اگر روزی پیداشده وابعادش‌اندازه‌اگیری‌شود، اندازه انسانهارا بدست‌می‌آورند.

درپائین لوحه دوایری که نماینده خورشید وسیارات ۹گانه‌اش میباشند، باقرائنی‌ازاندازه نسبی‌آنها وحلقه‌های دور زحل، وخطی که مسیرپیونیر ۱۰ را دربین سیارات نشان میدهد تـرسیم شده است. این علائم برای تعیین منظومه شمسی بعنوان‌محل اولیه سفینه‌کافی‌میباشد. علائم دیگری‌هم موجود است که حاکی‌ازمحل خورشید در کهکشان بوده ونمونه‌ای ازپیشرفت علمی مارا ارائه میدهد.

۱ـ Frank Donald Drake ۲ـ Cart Edward Sagan
۳ـ Linda Sagan

شاید ارسال چنین پیامی به دنیای ناشناخته، نامعقول بنظر برسد. اگر کسی آنرا پیدا کرده و تصمیم بگیرد به منظومه شمسی آمده و زمین را تسخیر کند چه خواهد شد؟ در وهله اول خیلی بعید است که پیونیر ۱۰ آنقدر به ستاره‌ای نزدیك شود که از سیستم سیاره‌ای آن عبور کند و امکان اینکه برای همیشه در اعماق فضا باقی بماند بسیار زیاد است. هر مخلوق باهوشی که آنرا پیدا کند راههائی برای سفر به اعماق فضا در پیش دارد و امید می‌رود پیشرفته‌تر از آن باشد که احساس احتیاج به پیدا کردن سیاره کوچکی که شاید هزاران سال نوری دورتر باشد بنماید و آنرا تسخیر کند!

دوم آنکه ما درهرحال اسرار موجودیت ومحل خودرا بوسیلهٔ همهٔ امواج رادیوئی که نتیجه تمدن وتکنولوژی ما میباشد بتمام نقاط وجهات فضائی باسرعت نور می‌فرستیم. اگر این پیام که اولین پیامی است که بوسیله نوع بشر به اعماق فضا فرستاده شده است بدست آید، شاید میلیونها سال طول بکشد که انسانی از این صحنه عبور کند، وحداقل سابقه‌ای بوجود خواهد آمد که انسانی وجود داشته وتلاش کرده است که عالم هستی را ازموجودیت خود آگاه نماید.

مشتری‌های دیگر

آیا مشتری درعالم هستی منحصربفرد است؟ آیا مشتریهائی در نقاط دیگروجود دارند که به‌دورسیارات دیگر گردش کنند؟

در دهۀ ۱۹۳۰ پاسخ ممکن بود چنین باشد که اگر مشتریهای

دیگری‌هم باشندتعدادشان کم است. درآن روزها ستاره‌شناسان براین عقیده بودند که سیارات تنها موقعی بوجود می‌آیند که دوستاره چنان ازنزدیك یکدیگر عبور کنند که نیروی جاذبه یکی از آنها جرم ومواد دیگری‌را بطرف‌خود بکشد وازاین‌مواد ستاره‌تشکیل میشود. ستارگان آنقدر ازیکدیگر جدابوده وچنان به‌آهستگی حرکت میکنند که‌امکان اینکه دوستاره از نزدیکی یکدیگر عبور کنند آنقدر کم است که در تمام تاریخچه عالم هستی برخورد وتصادم‌آنها بیش‌ازیکی دومرتبه‌در هر کهکشان بعید بنظر می‌رسد. درنتیجه، منظومه‌های سیاره‌ای بسیار نادرند.

بااینحال دردهه ۱۹۴۰ وبعدازآن شواهد دیگری بدست‌آمد که ظاهراً هرستاره که ابرپهناوری ازغبار‌را تشکیل میدهد، باسیاراتی که درجوار آن ابر تشکیل میشوند همراه میباشد. اگرچنین باشد، آیا می‌توانیم سیارات ستاره‌های دیگررا کشف کنیم؟

البته نمی‌توانیم امیدی به‌کشف سیارات بوسیله چشم داشته باشیم. حتی درخشان‌ترین ونزدیکتربن ستارگان بعلت فاصله دور و زیادی که بامادارند، فقط جرقه‌هائی ازنور میباشند. سیاره‌ایکه نزدیك چنین‌ستاره‌ای‌باشد، باسطح‌بسیار کوچکتری که ازآن‌ستاره دارد وفقط با نورآن‌ستاره روشن می‌شود، آنقدرتاریك است که درپرتودرخشش ستاره‌ای که به‌دورآن‌میگردد محوشده وحتی نیرومندترین تلسکوپهای ماامکان رؤیت آنرا نخواهد داشت.

ولی برای اینکه ازوجود جسمی اطلاع حاصل کنیم لازم‌نیست که آنرا ببینیم. دربارهٔ تأثیر میدان جاذبه‌اش چه باید گفت؟ در این

کتاب قبلا توضیح داده‌شد که مشتری وخورشیدبه دورمرکزثقل مشترك خودگردش میکنند. مقصوداین‌است که خورشید درهر۱۲ سال به دور نقطه‌ای که‌اندکی‌خارج‌ازکره خودش‌قرارگرفته‌گردش‌میکند. بااینحال این‌گردش آهسته کمتراز آن‌است که درفواصل زیاد قابل کشف‌باشد.

ولی فرض کنید جسمی که به‌دور یك ستاره میگردد، از سیارهٔ مشتری جرم بیشتر وبزرگتری داشته باشد. آیا این جسم آن ستاره را مجبور نمیکند چنان دایره بزرگی دور یك مرکزثقل طی نماید که حرکتش اززمین قابل رؤیت باشد؟

چنین حرکتی سالها پیش در۱۸۴۴ کشف شد وقتیکه فردریك ویلهم‌بسل[1] درباره ستاره سیریوس[2] که ۸ سال نوری با زمین فاصله دارد مطالعه میکرد. (این فاصله برای یك ستاره دورنیست، ولی‌فاصله زیادی‌است وبرابر ۵۰تریلیون میل‌میباشد). بسل‌یك حالت موجی‌رادر حرکت سیریوس کشف کردونظرداد که‌ستاره سیریوس دورمرکزثقلی بین‌خودش وستاره‌قرینه‌ای‌گردش میکند. برای‌بیان وتوضیح علت این فاصله مرکز ثقل از سیریوس می‌گوئیم که ستارهٔ قرینه بایستی جرم خورشید را داشته باشد. (در ۱۹۱۴ معلوم شد که ستارهٔ قرینه اگر چه جرم خورشید را داشت ولی بزرگتر ازسیارهٔ اورانوس نبود. بلکه یك ستاره کوچك سفید بود!).

بااینحال، چیزی که ما میخواهیم دقیقاً این‌مطلب نیست. ستاره قرینه‌ای که کم‌وبیش به‌اندازهٔ جرم خورشید باشدمیتواند کشف شود.

۱ــ Friedrich Wilhelm Bessel ۲ــ Sirius

جرم مشتری فقط $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ جرم خورشیداست. آیا جرمی به بزرگی مشتری میتواندباحرکت نوسانی یك‌ستاره کشف شود؟

تا کنون‌پاسخ این‌سؤال، چنانچه جرم ستاره‌ای که‌گردش میکند بقدرجرم خورشیدباشد، منفی‌است. ولی‌فرض کنید ستاره‌ای که‌گردش میکندخیلی کم‌جرم‌تر‌ازخورشیدباشد. حال‌اگرسیاره‌ای‌به‌اندازه‌مشتری دورآن‌گردش کند، مرکزثقل دورتر‌ازآن ستاره کوچك خواهدبود تا ازخورشید، وقابل‌توجه‌ترحرکت خواهد کرد.

در۱۹۴۳ یك ستاره‌شناس‌هلندی‌ـ امریکائی بنام پتروان‌دوکامپ[۱] حرکات ستاره‌ای بنام سیگنی[۲] را مطالعه میکـرد. این ستاره درواقع شامل دوستاره (سیگنیA) و(سیگنیB)بود که دوریکدیگرمیگردیدند وازدورمانند یك جرقه نوردیده میشدند ولی یك تلسکوپ نیرومند دو ستاره جداگانه را نشان میداد. آنها دوستاره کوچکند وفقط $\frac{۱}{۴}$ جـرم خورشید را دارند. (وان دوکامپ) جنبش وحرکت یکی‌از آنهـا را تشخیص داد. وی‌حضورسومین‌جرم کوچك (سیگنی C) را که معلوم شد فقـط $\frac{۱}{۳۰}$ جرم ستاره‌ای را دارد که دورآن میگردد وبنابراین $\frac{۱}{۱۲۰}$ جرم خورشید ما را دارا میباشد. جرم این ستاره ۸ برابر جرم مشتری است وحقیقتاً سیاره بزرگی بشمار میرود واولین سیاره‌ای می‌باشد که دربیرون منظومهٔ شمسی کشف شده است.

۱ـ Peter Van Dekamp ۲ـ Sygni

از آن پس سیارات بزرگ دیگری نیز کشف شدنـد. در۱۹۶۳ دومین ستارهٔ نزدیك «ستاره بارنارد» که فقط ۶ سال نوری فاصله دارد و $\frac{۱}{۵}$ جرم خورشید را دارا میباشد جنبشی نشان داد.

در ۱۹۶۹ وان دوکامپ متوجه شد که این‌جنبش بعلت وجـود دوسیاره که‌یکی‌از آنها ۱/۱ برابرجرم مشتری ودیگری ۰/۸ برابرجرم آن را دارد میباشد.

بنظر میرسد که هردوسیاره درمدارهای تقـریباً مدوری به دور ستارهٔ بارناردگردش میکنند. سیاره بزرگتربه ستاره بارنارد نزدیکترو فاصله‌اش بافاصله کمربند شبه سیاره از خورشید ما برابراست. فاصله سیاره کوچکش‌برابرفاصله مشتری ازخورشید است. دورانهای مداری آنها به ترتیب۱۲ و۲۶ سال هستند.

رویهمرفته ۶ ستاره که کوچك‌بوده ونسبتاً به ما نزدیك میباشند، بقرارمعلوم سیاراتی‌باندازه مشتری‌یابزرگتردارند. وقتی‌این‌همه مشتری بااین‌فاصله کم وجود داشته و کشف آنها مشکل باشد، بایدنتیجه‌گرفت که مشتریها اجرام بسیار عادی بوده ودرصد زیادی ازستارگان همراه بامشتریها هستند. یعنی که درصدبزرگی ازآنهـا منظومه‌های سیاره‌ای دارند، زیرا بعیداست تنهابایك مشتری همراه باشند و باید «زمینهای[۱]» زیادی دربین‌ستارگان‌نیزوجود داشته‌باشد. بااینحال چنانچه مشتریهای زیادی هم موجود باشد، تعدادکمی از آنها ممکن است درست شبیه

۱ـ Eorths

مشتری ما باشد.

اینك به مرکز مشتری توجه کنید. خـواه قسمت مرکزی آن سنگلاخ وفلزی بوده وخواه بیشتر آن ئیدروژن فلزی باشد، فشارهای مرکزی‌فوق‌العاده زیاداست و ۳۰ برابرفشارهای مرکزی سیاره کوچك ما یعنی زمین میباشد.

فشارمرکزی مشتری ممکن است ۱۵۰۰۰۰۰۰۰۰ پوند در هر اینچ مربع‌یا ۱۰۰۰۰۰۰۰ کیلوگرم درهرسانتیمترمربع‌باشد. درچنین فشاری اتمها تقریباً به نقطهٔ تجزیه وانهدام میرسند.

درشرایط عادی هسته‌های کوچك اتمها (که فقط $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰}$ قطر اتم را دارند) بوسیله الکترونها محصور شده‌اند. کلیه الکترونهـا بار الکتریکی[۱] منفی دارند ویکدیگررا دفع میکنند. الکترونهای اطراف اتمهای‌مجاور هنگام دفع یکدیگرمانع‌نزدیك شدن زیاد اتمهابهمدیگر میشوند.

بااینحال، اگرفشاربقدرکافی زیادشود، الکترونهاخارج‌ازاندازه فشرده میشوند. قشرالکترون فرومیریزد وهسته‌های کوچك اتمها آشکار میشوند. ممکن است هسته‌های مجاور بیش از موقعی که زیر حمایت الکترونها هستند بیکدیگر نزدیك شوند.

تقریباً تمام جرم اتمها درهسته‌ها میباشند و موقعیکه هسته‌ها بهم نزدیك‌شوند، حجم خیلی کمتری را اشغال‌میکنند ولی هنوزکلیه جرم

۱ـ Electric Charge

اتمها را دارا میباشند. این مادهٔ درهم ریخته میتواند بسیارمتراکم‌شود وصدها مرتبه وگاهی میلیونها مرتبه متراکم‌ترازمواد معمولی‌گردد.

وقتی اتمها ضایع شده وهسته‌ها بتوانندبه‌آزادی حرکت کنند، ممکن‌است بیکدیگربرخورد کرده و واکنشهای هسته‌ای ایجادنمایند. واکنشهای هسته‌ای از عکس‌العملهای مواد شیمیائی معمولی انرژی بیشتری‌بیرون‌میدهند که فقط شامل‌الکترونهای‌خارجی اتمهاست. همین واکنشهای هسته‌ای که در مواد متلاشی شده که در مرکز اجرامی به بزرگی خورشید وسایرستاره‌ها انجام میگیرد، موجب‌تشعشع انرژیهای زیادی درفضا میشود که میلیونها سال دوام دارد.

سیارات‌اجرام‌سردی هستند، زیرا فشار درمرکزاین‌گونه‌اجرام کوچك‌برای درهم شکستن‌اتمها وایجاد واکنشهای هسته‌ای بقدرکافی زیاد نیست. ولی‌آیا یك سیاره پیش ازفروریختگی و واکنشهای‌بعدی هسته‌ای تاچه حد میتواند بزرگ باشد؟

شایدمشتری درست درهمان نقطهٔ بحرانی قرار دارد. پیونیر۱۰ نشان داده حرارتیکه مشتری بیرون میدهد سه برابرمقدارحرارت‌تابش خورشید برآن میباشد. مشتری حتماً باید منبع حرارتی ازخود داشته باشد و شاید برخی واکنشهای هسته‌ای تصادفی در مرکز آن انجام می‌گیرد.

سیاراتیکه جرم‌آنهاچندین برابرمشتری‌میباشد (سیگنی C) باید متحمل فروریختگی و واکنشهای هسته‌ای‌کافی برای‌گرمترشدن، حتی درسطح خودشده باشند. اگراین‌سیاره بحدکافی بزرگ است مثلا ۵۰

برابر جرم مشتری را دارد، ممکن است باحرارت سرخ تیره‌ای مشتعل شود.

به‌احتمال زیاد بهمان‌اندازه که یك سیاره میتوانـد بزرگ باشد بزرگ بوده وباوجوداین‌سطح کاملا سردی دارد. ستارگان دیگرممکن است اجرام بزرگتری که به دورآنهاگردش کند داشته باشند، ولی آنها سیارات بسیاربزرگی‌نباشند وستارگان کوچکی بشمار روند.

خورشید مابزرگترین سیارهٔ «واقعی» را دارد ونام‌آن «مشتری» است.

پایان

Copyright 1978 by B. T. N. K.
Printed in Khousheh Press
Tehran, Iran

General Knowledge Series

No : 127

JUPITER

The Largest Planet

by

ISAAC ASIMOV

Translated into Persian

by

'Ali Akbar Fardi

B.T.N.K.

Tehran, 1978

قرنهاست که ستاره‌شناسان دربارهٔ مشتری بزرگترین سیارات و معمای اسرارآمیز « لکهٔ سرخ » آن اندیشه‌ها کرده و فحص و تحقیق نمـوده‌اند . اینك دانشمند معروف معاصر و نویسندهٔ برجستهٔ آثار علمی ، معلومات و اطلاعات محققان و علمای جهان گـذشته و حاضر را دراین‌کتاب گردآورده و خود نیز ، با احاطه و دید دقیق و کنجکاوی که بویژه در زمینهٔ ستاره‌شناسی دارد ، دربارهٔ مشتری ، کشف آن ، ترکیب وتشکیل آن ، انتشار امواج آن ، کشش وجاذبهٔ عظیم وبالاخره نفوذ و تأثیر آن برسائرکرات آسمانـی و همچنین برزمین ما بحثهای علمی جالبی نموده است .

همهٔ خـوانندگان ، حتی‌کسانیکه آشنائی به نجوم ندارند می‌توانند بدون اشکال ، این سرگذشت تحقیق سیارهٔ مشتری را با اشتیاق تمام مطالعه‌کنند واز مضامین سودمند آن بهره‌مند شوند .