25

الأنظمة الشمسية الأخرى

Other solar systems

قبل اكتشـــاف أول الكواكب الخارجية، كان علـــماء الفلك يعتقدون أن الأنظمة الشمسية الخارجية تتبع نمطًا شـــبيهًا بالنمط الخاص بنا، إلا أن الاكتشـــافات الحديثة قد كشـــفت عن مجموعة كاملة من أنواع كواكب ومـــدارات جديدة غير متوقعة مما يشـــير إلى أن الأنظمة الكوكبية تتطور تطورًا كبيرًا طوال التاريخ.

منـــذ اللحظة التي أعلن فيها «مايور»، و«كويلز» في 1995 اكتشـــافهما «للفرس الأعظم 51 بي»- أول الكواكب الخارجية التي أثبت دورانها حول نجم يشـــبه الشمس (انظر صفحة 151)- وجد علماء الكواكب أنفســـهم في مواجهة لغـــز، فالكوكب الجديد يدور حول نجمه فقط في 4.23 يوم، وهو 7 مرات أقرب من عطارد بالنسبة للشمس. والأهم من ذلك أن كتلة الكوكب كانت على الأقل نصف كتلة كوكب المشـــتري (ربما أكثر بكثير). ما الذي كان يفعله كوكب غازي عملاق محتمل على مقربة شديدة من نجمه؟

الخط الزمني

1995م	2005م	2007م
اكتشـــف «مايـــر»، و«كويلز» أول «مشـــتري حـــار» وهـــو «الفرس الأعظم 51 بي».	اكتشـــف «أوجينو ريفـــيرا»، وآخرون «جليـــز 867 d» أول كوكـــب أرض عمـــلاق حـــول أحد نجـــوم النســـق الأساسي.	استنتج «ســـنيلين» وآخرون وجود ريـــاح عاليـــة الســـرعـــة في الغلاف الجوي لـ«HD209548 b».

ومع بداية ظهور عوالم جديدة بمعدل متزايد، سرعان ما أصبح من الواضح أن «الفرس الأعظم 51 بي» لم يكن الوحيد، ففي الواقع، اتضح أن جزءًا كبيرًا من جميع الاكتشافات المبكرة تندرج تحت ما يطلق عليه اسم «كواكب المشتري الحارة» - وهي كواكب عملاقة تدور في مدارات قريبة حول نجومها، وقد كان ذلك جزئيًا نتيجة لطريقة السرعة نصف القطرية المستخدمة لاكتشاف هذه الاكتشافات الأولية: الكواكب الكبيرة فقط كتلتها تكفي للتأثير على إزاحة دوبلر لضوء نجمها والإزاحات المتكررة لأن الكواكب التي في المدارات قصيرة المدة ستكون أسهل في العثور عليها، كما أن طريقة العبور أيضًا منحازة نحو العثور على كواكب قريبة من نجومها، ليس فقط بسبب أن أحداث عبورها تحدث على نحو متكرر أكثر لكن أيضًا لأن احتمالات حدوث محاذاة مسببة للعبور أكبر كثيرًا في الكواكب ذات المدارات الأصغر.

«يبدو أنه ليس هناك أي سبب مقنع يجعل الكواكب النجمية الافتراضية لا ينبغي لها أن تكون أقرب كثيرًا من نجومها الأم.»
أوتو ستروف عام 1952

لكن هذا لا يسهم إلا بالنزر اليسير في تغيير حقيقة أنه طبقًا للنماذج الناجحة الأخرى لتكون الكواكب (انظر صفحة 31) فإن الكواكب من نوع العملاق الغازي ينبغي ألا تكون قادرة على أن تتكون على مقربة شديدة من نجم.

كواكب ليست في مكانها

أحد الحلول الممكنة لمشكلة «المشتري الحار» التي تنشأ من نظريات هجرة الكواكب هو فكرة أن الكواكب تغير من مواضعها تغيرًا كبيرًا على مدى فترات زمنية طويلة. ومع وجود

2009م

أحدث إطلاق «كيبلر» تحولًا في أنواع الكواكب الخارجية التي يمكن اكتشافها.

2012م

حدد «نيكي مادوسودان» وآخرون كوكب السرطان 55 ككوكب كربوني محتمل.

ظروف ابتدائية مناسبة، ليس من الصعب جدًّا وضع نموذج لسيناريو فيه يبدأ كوكب عملاق حياته بعد خط الثلج لنظامه الشمسي حيث يكون هناك وفرة من الغاز والجليد، لكن بعد ذلك يتحرك في حركة حلزونية نحو الداخل بسبب التفاعل المدي مع الغاز في السديم الكوكبي الأول. وواحدة من الاحتمالات غير المرغوب فيها هي أن وجود كوكب عملاق على مسار بطيء نحو الداخل كهذا سيعطل مدارات أي عوالم ربما تكون قد تكونت على مقربة من نجمها - تحديدًا نوع العوالم الصخرية الصغيرة التي قد تكون مواتية لحياة خارج كوكب الأرض.

قياس الأغلفة الجوية للكواكب

حتى الآن، لا يمكن سوى تصوير الضوء المباشر للكواكب الخارجية في حالات نادرة للغاية. ومع ذلك، يمكن لملاحظات الكواكب العابرة أحيانًا أن تسفر عن بيانات بشأن الأغلفة الجوية لهذه الكواكب. فعندما يمر الكوكب أمام نجمه تمتص الغازات التي في غلافه الجوي أطوالًا موجية معينة مما يتسبب في تغير نمط طيف الامتصاص لدى النجم نفسه وشدته (انظر صفحة 94). في عام 2001، استخدم هذا الأسلوب للتعرف على الصوديوم في الغلاف الجوي لكوكب «HD 209548b» وهو أحد كواكب المشتري الحارة على بعد حوالي 154 سنة ضوئية من «الحصان المجنح». كشف المزيد من الدراسات لهذا الكوكب المثير للفضول عن غلاف غني بالهيدروجين، والكربون، والأكسجين يمتد إلى أكثر من ضعف نصف قطره، وهذه إشارة إلى أن الكوكب يفقد غلافه بسبب لفحة الحرارة من كوكبه الأم مما يؤدي إلى رفع درجة حرارته إلى حوالي 1000 درجة مئوية (1800 فهرنهايت). وعن طريق قياس إزاحة دوبلر لخطوط امتصاص أول أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للكوكب استطاع فريق يقوده «إجناس سنيلين» من جامعة ليدن في هولندا ليس فقط قياس سرعة الكوكب الدقيقة في مداره بل أيضًا اكتشف وجود رياح عالية السرعة في الغلاف الجوي تهب ما بين سرعة 5000 إلى 10000كم/ ساعة (3000-6000 ميل/ ساعة).

حتى الآن اكتشفت كواكب مشتري حارة ذات مجموعة واسعة من الكتل تتراوح بين ما هو أقل قليلًا من كوكب المشتري نفسه إلى ما يصل إلى حوالي ما هو أثقل منه 10 أضعاف أي تقريبًا

في نفس حجم أصغر نجوم «الأقزام البنية» (انظر صفحة 139). في الطرف الأقل ضخامة من هـذا النطاق، يمكن للحرارة الصادرة عن النجم القريـب أن تجعل الغلاف الجوي للكوكب يتضخم حجمه ضد الجاذبية الضعيفة نسبيًا مما يؤدي إلى جعل الكوكب منتفخًا وقليل الكثافة، وقـد أثبت هذا التأثير المتنبأ به نظريًا بفعل ملاحظـات متتابعة لكواكب خارجية عابرة يمكن حساب قطرها مباشرة.

ومع ذلك، تبدو بعـض الكواكب الأخرى الأكثر ضخامـة وذات الجاذبية العالية أكبر وأكثر سـخونة مما تتوقعه النظرية، ففي عام 2013، حدد «ديريك بوذاسي» من جامعة ساحل خليج فلوريـدا رابطًا محتملًا بين هذه الكواكب الأضخم مما هو متوقع والنشـاط المغناطيسي لنجومها الأم، مما يشير إلى أن المغناطيسية قد تلعب دورًا كبيرًا في رفع حرارتها.

حديقة حيوان خارج المجموعة الشمسية

كانت كواكب المشـتري الحـارة الأولى من عدة فئات جديدة مـن الكواكب ظهرت من بيانات الرصد ونمذجة الكمبيوتر منذ التسعينيات. وتشمل هذه الفئات:

- كواكب نبتون الحارة. وكما يوحي اسـمها، هذه الكواكب هي كواكب عملاقة في مثـل كتلة نبتون تدور في مـدارات قريبة حول نجومها. ومـن المدهش أن بعض نماذج تكون الكوكب تشـير إلى أن الكواكب العملاقة التـي تنتمي إلى هذه الفئة يمكن أن تتشـكل على مسافة من نجومها الأم تشـبه مسافة الأرض دون أن تكون هناك ضرورة للهجرة.
- الكواكب الكاثونية. اكتشـف العديد من الأنظمة التي يجرد فيها الإشـعاع والرياح النجمية الطبقات الخارجية من كوكب المشتري الحار مكونة ذيلًا يشبه المذنب.

الكواكب الكائونية هـي النهاية الافتراضية لهذه العملية فالرياح الشمسـية عديمة الرحمة لا تترك إلا اللب الصخري المكشوف للكوكب الذي كان عملاقًا ذات مرة، مما يؤدي إلى تقليل كتلته ليصبح ذا كتلة مثل كتلة كوكب الأرض.

- الكواكب الأرضية العملاقة كتلتها ما بين 5 إلى 10 أضعاف كتلة كوكب الأرض وتشير الملاحظات إلى أن الكواكب الأرضية العملاقة لها مجموعة متنوعة من الكثافات ومن ثم مجموعة من التراكيب، فبعضها قد يكون ببسـاطة كواكب صخرية متضخمة، بينما بعضها الآخر يمكن أن يكون «كواكب غازية قزمة»، والقرب من النجم المركزي يحدد ظروف السـطح التي يحتمل أن تتراوح ما بين بحار من الحمم البركانية شبه المنصهرة، وحتى جليد شديد التجمد. الكواكب المحيطية هي مجموعة فرعية مثيرة للفضول على نحو خاص، وبها نسـبة عالية من الماء، يعتقد أنها تكونـت عندما هاجر عالم جليدي ابتدائي إلى موقع أقرب إلى نجمه.

التركيب

يبين هذا الجدول مدى اختلاف حجم الكواكب الخارجية الشبيهة الأرض بالأرض اعتمادًا على كل من الكتلة والتركيب.

	حديد	صخور سيليكاتية معادلة للأرض	كربون	ماء	أول أكسيد الكربون	هيدروجين ثلجي
كوكب كتلته مثل كوكب الأرض		مغناه البروتون				
أرض عملاقة						20.000 كم (12.400 ميل)

كواكـب الحديد والكربون. اعتمادًا على الظروف في السـديم الكوكبي الأولي، قد تنتهي الكواكب الأرضية بكميات أكبر من الكربون أو الحديد بدلًا من الصخور السـيليكاتية التي تهيمـن على كوكب الأرض. قد تتكـون أيضًا العوالم التي يهيمن فيهـا الحديد عندما يقصف

الكوكب بفعل تأثيرات كبيرة تنزع العناصر الخفيفة الموجودة في طبقة الوشـــاح الخاصة به. في نظامنا الشمسي، يعتقد أن شيئًا من هذا القبيل قد حدث لكوكب عطارد.

حتى الآن، لا تزال دراســة هذه الأجرام الزاهرة في مهدها لكن من الممكن بالفعل تحديد مجموعة مذهلة من الخواص الفيزيائية للكواكب التي ليس بوسعنا ملاحظتها مباشرة حتى الآن. يجري التخطيط بالفعل لجيل جديد من التلسكوبات العملاقة التي ستتمكن من تحليل الكواكب الخارجية الفردية ودراستها ، مما يكشف المزيد عن هذه العوالم المثيرة للاهتمام والمتنوعة.

الفكرة الرئيسة

تكوين نظامنا الشمسي ليس إلا واحدًا من الاحتمالات العديدة