قصة الكوكب الافتراضي "ڤولكان"

غَسَّان القَيْمَري
أستاذ في علوم الحاسوب، جامعة الفجيرة، الإمارات
ghassan@uof.ac.ae

عزيزي القارئ،

في مقالةٍ سابقة، تحدّثنا عن قصة اكتشاف كوكب نِبتون، الكوكب الثامن في نظامنا الشمسي، وأول كوكب يُكتشف بواسطة معادلات رياضية، لا من خلال المشاهدة بالعين المجردة أو باستخدام التلسكوب.

وقد ذكرنا في المقالة ذاتها قصة المنافسة بين عالمين فلكيين، أحدهما في فرنسا، ويُدعى أوربان لو ڤاريه[1] (Urbain Le Verrier)، والآخر في إنجلترا، ويدعى جون آدامز[2] (John Adams)، وكيف أقرّ جون آدمز بأن الاكتشاف الفعلي لكوكب نِبتون يعود الفضل فيه إلى مجهود لوڤاريه.

وذكرنا أيضًا أن اكتشاف نِبتون كان حدثًا مثيرًا في تطور علم الفلك في القرن التاسع عشر؛ فقد كان تأكيدًا دراميًا وانتصارًا لقانون نيوتن[3] (Newton) للجاذبية الذي أثار الجدل في وقتها. ذلك أن نِبتون هو أول كوكب يتم اكتشافه بالوسائل الرياضية، بدلًا من وسائل الرصد والملاحظة. وتلك كانت نقطة تحوّل مهمة، بدأ فيها الاستنباط الرياضي وتكوين النظرية العلمية بأخذ زمام المبادرة في البحث الفلكي.

ولقصة اكتشاف نِبتون ثمة بقية شائقة، نرويها في هذه المقالة. فقد أخذت الحماسة أوربان لو ڤاريه، الذي درس مدار أورانوس واكتشف نِبتون، فقرر أن يستخدم الأسلوب نفسه لدراسة مدار عطارد وفهم سبب الانحراف في مداره؛ حيث افترض وجود كوكب آخر - أيضًا - غير معروف، يؤثر على سير دورانه.

وُلد أوربان لو ڤاريه عام 1811. التحق في عام 1833 بجامعة النخبة في باريس، جامعة العلوم التطبيقية (Ecole Polytechnique). وفي عام 1839، قدّم عمله الأول إلى أكاديمية العلوم الفرنسية، والذي ناقش فيه مسألة استقرار النظام الشمسي، بناءً على عمل لابلاس[4] (Laplace). فقد كان لابلاس من العلماء الكلاسيكيين الذين طوروا نظرية الاضطرابات[5] (Perturbation theory) المتعلقة بكيفية تأثر حركة كوكب من الكواكب التي تدور حول الشمس

---

[1] أوربان لوڤاريه (1811–1877) كان رياضيا وفلكيًا فرنسيًا، وهو مشهور بتنبؤه بوجود كوكب نبتون باستخدام الحسابات الرياضية فقط.

[2] جون آدامز (1819–1892) كان رياضياً وفلكيًا إنكليزيًا. درس الاضطرابات في مدار كوكب أورانوس وافترض أن هناك كوكبًا غير معروف يؤثر على حركته. قام بحساب موقع نبتون بشكل مستقل عن لوڤاريه، ولكن لم يتم التصرف بناءً على تنبؤه بالسرعة الكافية مقارنةً بأوربان لوڤاريه، وبالتالي ارتبط اكتشاف كوكب نبتون باسم لوڤاريه.

[3] إسحق نيوتن (1642–1727) هو عالم فيزياء ورياضيات وفلك إنكليزي. يُعتبر واحدًا من أعظم العقول في تاريخ العلم، وكان له تأثير هائل في الثورة العلمية. من أبرز إنجازاته: قوانين الحركة الثلاثة، قانون الجذب العام، اكتشاف أن الضوء الأبيض يتكون من ألوان الطيف المختلفة، وأسس، بالتوازي مع لايبنتز (Leibniz)، فرعًا جديدًا من الرياضيات وهو التفاضل والتكامل. كتب مؤلفه الشهير "الأصول الرياضياتية للفلسفة الطبيعية" (Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica) عام 1687، الذي وضع فيه قوانينه للحركة والجاذبية.

[4] بيير سيمون لابلاس (1749-1827) هو عالم رياضيات وفيزياء وفلك فرنسي، ويُعد من أبرز العلماء الذين ساهموا في تطوير العلوم الطبيعية والرياضية خلال القرن الثامن عشر. له إسهامات رائدة في: الميكانيكا السماوية، وبيّن في نظرية الاضطرابات أن النظام الشمسي مستقر على المدى الطويل، وهو إنجاز كبير في علم الفلك. وله مقولة مشهورة، هي "يمكننا اعتبار الحالة الراهنة للكون نتيجةً لماضيه وسببًا لمستقبله."

[5] نظرية الاضطراب هي طريقة رياضية مستخدمة في الفيزياء والرياضيات لتحليل نظام معقد. فعندما لا يمكننا حل معادلة فيزيائية أو رياضية بدقة (لأنها معقدة جدًا)، نستخدم نظرية الاضطراب لتقريب الحل. نبدأ من نظام نعرف حله جيدًا، ثم نضيف تأثيرًا صغيرًا (الاضطراب)،

بالكواكب الأخرى. فقد بيّنت نظرية الاضطرابات توازن النظام الشمسي واستقراره، وأصبح بالإمكان إجراء حسابات الجاذبية بين أكثر من كوكبين بدقة عالية جدًا. وقد اعتُبر اكتشاف كوكب نبتون من قِبل أوربان لو ڤاريه، الذي اعتمد في حساباته على الانحرافات في حركة كوكب أورانوس، انتصارًا لقانون نيوتن للجاذبية ولنظرية الاضطراب.

بعد اكتشافه لكوكب نبتون، بدأ أوربان لو ڤاريه في دراسة كوكب عطارد، وكان هو أول من ذكر بأنه لا يمكن تفسير مدار عطارد من خلال التأثير المشترك للشمس والكواكب الأخرى المعروفة باستخدام قانون نيوتن للجاذبية.

كانت المشكلة هي أن النقطة التي كلما يقترب فيها عطارد من الشمس، في حضيضه الشمسي (Perihelion)، تتحرك أكثر مما ينبغي. يُطلق على هذه الإزاحة، أو التغير في اتجاه محور دوران جسم ما بمرور الوقت، بالترنح المداري[6] (Precession). اعتقد لو ڤاريه أن التحرك الإضافي يمكن حسابه إذا كان هناك كوكب صغير بين عطارد والشمس، فاقترح تسمية الكوكب الجديد، إن وُجد، بڤولكان (Vulcan) على اسم إله النار في الأساطير الرومانية، مما يجعله اسمًا مناسبًا لكوكب قريب جدًا من الشمس.

في 22 ديسمبر 1859، ادّعى أحد هواة علم الفلك، واسمه إدموند ليسكاربولت[7] (Edmond Lescarbault)، أنه شاهد عبور الكوكب. وبعد زيارة قصيرة قام بها لو ڤاريه إلى مرصد ليسكاربولت، أعلن لو ڤاريه، في 2 يناير 1860، عن اكتشاف ڤولكان، الكوكب الافتراضي داخل مدار عطارد، وذلك في اجتماع لأكاديمية العلوم في باريس، رغم تعذّر وجود أي رؤية موثوقة لڤولكان.

كان أوربان لو ڤاريه مقتنعًا أيّما اقتناع - وحتى وفاته - بأنه اكتشف كوكبًا جديدًا. ونظرًا لاكتسابه سمعة طيبة بين العلماء المعاصرين، وبسبب نجاحه في البحث عن نِبتون، فقد بدا هذا التفسير جديرًا بالثقة إلى حد بعيد. وهكذا بدأ الفلكيون في البحث عن الكوكب الافتراضي ڤولكان.

انتشرت أخبار اكتشاف ڤولكان بسرعة، مع ذلك، لم يقبل كل العلماء هذا الاكتشاف. فقد أعلن العالِم إيمانويل لايس[8] (Emmanuel Liais) بأنه لم يرَ الكوكب المدعو ڤولكان، مؤكدًا أنه كان يدرس سطح الشمس باستخدام تلسكوب أقوى مرتين من تلسكوب ليسكاربولت، وقام بدراسته في الوقت نفسه التي ذكر فيه ليسكاربولت أنه لاحظ عبور الكوكب الغامض.

قام أوربان لو ڤاريه بحساب مدار الكوكب بناءً على ملاحظة ليسكاربولت وملاحظات عدد من علماء الفلك الهواة الذين أرسلوا إلى ليسكاربولت رسائل يدّعون فيها أنهم لاحظوا عبور ڤولكان أيضًا، ولكن بقي الأمر غير مؤكد.

كانت عمليات رصد جسمٍ داخل مدار عطارد في ذلك الوقت صعبة للغاية، لأنه يجب توجيه التلسكوب إلى نقطة قريبة جدًا من حافة الشمس، حيث لا تكون السماء مظلمة أبدًا. وفضلاً عن ذلك، فإن أيّ خطأ في توجيه التلسكوب قد يُلحق أذًى بالغًا ببصر الراصد، وقد يسبّب ضررًا لا رجعة فيه للعين. كما يمكن أن يتسبب السطوع الشديد بانعكاسات ضوئية في البصريات تربك المراقب وتجعله يرى أشياء غير موجودة. ولأكثر من نصف قرن، حاول علماء الفلك تعقّب الكوكب الافتراضي ڤولكان، خاصة أثناء كسوف الشمس، ولكن دون الوصول إلى نتائج مؤكدة أو قاطعة.

ونحسب كيف يتغير الحل تدريجيًا. ولهذه النظرية تطبيقات مهمة في علم الفلك لدراسة تأثيرات الجاذبية الصغيرة بين الكواكب على مداراتها. وأيضًا لحساب التأثيرات الثانوية على الأنظمة المستقرة في ميكانيكا الكم وميكانيكا السوائل وديناميكا السوائل والديناميكا الحرارية والكهرومغناطيسية.

[6] مقدار الإزاحة، أو الترنح المداري، هو بالنسبة لعطارد 43 ثانية قوسية (arcseconds) تقريبًا في كل قرن.

[7] إدموند ليسكاربولت (1814-1894) كان طبيبًا فرنسيًا هاويًا في علم الفلك، اشتهر بادعائه في القرن التاسع عشر أنه رصد كوكبًا غير معروف مرَّ بين الأرض والشمس، أُطلق عليه اسم "ڤولكان" (Vulcan).

[8] إيمانويل لايس (1826-1900) هو عالم فلك ومهندس ومستكشف فرنسي عاش في القرن التاسع عشر، ويُعد من الشخصيات المرموقة في تاريخ الفلك والجغرافيا. تميز بإسهاماته العلمية من جهة، وبأنشطته السياسية والإدارية من جهة أخرى، لا سيما في البرازيل.

قضى أوربان لو ڤاريه معظم حياته المهنية في مرصد باريس. وأصبح في النهاية مديرًا لتلك المؤسسة، من عام 1854 إلى عام 1870، ومرة أخرى من عام 1873 إلى عام 1877، وهي السنة التي توفي فيها، وهو لا يزال مقتنعًا باكتشاف كوكب آخر. غير أنه ومع تواصل البحث عن ڤولكان، بدأ معظم علماء الفلك يشكون شكوكًا بائنة في وجوده.

فيما بعد، اتضح أن قوانين نيوتن للجاذبية لا تنجح في تفسير حركة الأجسام المدارية القريبة من الشمس، مثل مدار كوكب عطارد؛ إذ إن مدارات الكواكب القريبة تتغير بمرور الوقت. يمتلك عطارد مدارًا إهليلجيًا (Elliptical orbit) واضحًا على خلاف معظم الكواكب. وتتراوح المسافة بين عطارد والشمس ما بين 45,926,546 كيلومتر عند الحضيض، أقرب نقطة له من الشمس، و69,862,206 كيلومتر عند الأوج (Aphelion)، أبعد نقطة له عن الشمس، وهذا الاختلاف بين موقعيه في الأوج والحضيض يزيد عن 50%.

تتبع الكواكب الأخرى مدارات شبه دائرية حول الشمس، حيث تتفاوت مواقعها من الشمس بين الحضيض والأوج بنسب مئوية بسيطة. على سبيل المثال، يبلغ بُعد الأرض عن الشمس في الحضيض 147,098,000، بينما يبلغ بُعدها في الأوج 152,098,000 وهذا الاختلاف لا يزيد عن 3.4%.

تبيّن أيضًا أن مدارات الكواكب القريبة تتغير بمرور الوقت كلما اقترب كوكب صغير بحجم عطارد من الشمس، حيث إن أقرب نقطة لعطارد من الشمس لا تحدث دائمًا في المكان نفسه. ويُطلق على هذه الإزاحة (أو التغير في اتجاه محور دوران جسم ما بمرور الوقت) بالترنح المداري. ونتيجة لذلك، يتخذ مدار عطارد حول الشمس شكل زهرة. وتُعرف هذه الظاهرة باسم ترنح شوارزشيلد المداري[9] (Schwarzschild Precession)، لوصفها هذا النوع من الدوران في المدارات الإهليلجية للأجسام المدارية القريبة من شمسها.

أخيرًا، وفي عام 1915 فقط، أصبح بالإمكان فهم طبيعة دوران كوكب عطارد، الذي يشبه الوردة حول الشمس، من خلال النظرية النسبية العامة لألبرت آينشتاين[10] (Albert Einstein)، والتي كانت طريقة مختلفة تمامًا لفهم الجاذبية مقارنة بميكانيكا نيوتن الكلاسيكية. فنظرية آينشتاين مكّنتنا من التنبؤ بدقة بحركة عطارد في الحضيض الشمسي دون اللجوء إلى افتراض وجود ڤولكان.

بعد أربعمئة عام، جاء آينشتاين ليُقدّم وجهة نظر مختلفة عن الجاذبية، ووجهة نظر منطقية لطبيعة دوران عطارد حول الشمس. فبدلًا من "قوة" جاذبة، استنتج أن كل جسم يؤدي إلى انحناء نسيج الزمان والمكان (الزمكان[11])،

---

[9] ترنح شوارزشيلد المداري: بما أن الإزاحة (الترنح المداري) لكل قرن تقدر بحوالي 43 ثانية قوسية (arcsecond)، وإجمالي التقدم المطلوب لدورة كاملة: 360 درجة = 1,296,000 ثانية قوسية، فإن الزمن اللازم لعطارد لإكمال وردة كاملة يصبح 30140 سنة بحسب إزاحة شوارزشيلد.

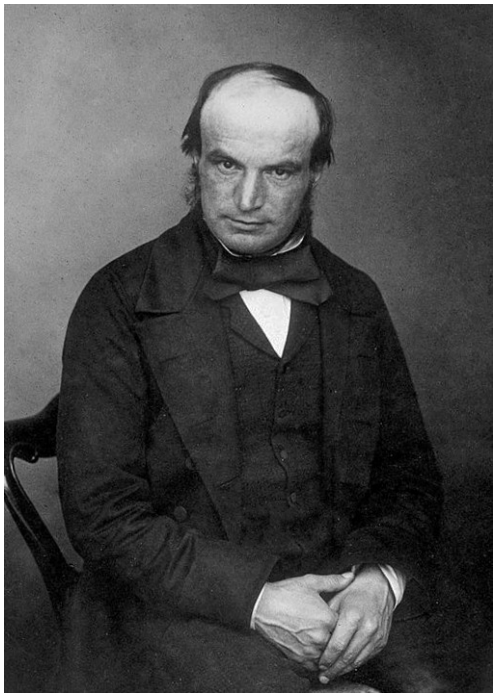
[10] ألبرت آينشتاين (1879-1955) طوّر فكرة الزمكان في النظرية النسبية الخاصة (1905)، حيث أظهر أن الزمن ليس ثابتًا، بل يعتمد على سرعة المراقب. في النظرية النسبية العامة (1915)، وصف الزمكان بأنه نسيج يمكن أن ينحني بسبب وجود الكتلة والطاقة، مما يفسر الجاذبية بطريقة جديدة. وأن الكتل الكبيرة (مثل الأرض أو الشمس) تقوم بثني نسيج الزمكان، مما يؤدي إلى ما نعرفه بالجاذبية. الزمكان هو الأساس لفهم الكون، الجاذبية، الثقوب السوداء، وتمدد الكون. بدون هذا المفهوم، لم نكن لنفهم كيف يعمل الكون على نطاقه الواسع.

[11] الزمكان (Spacetime) هو مفهوم في الفيزياء يدمج الأبعاد الثلاثة للمكان (الطول، العرض، الارتفاع) مع البعد الرابع (الزمن) في كيان واحد يُعرف بـ الزمكان. بدلًا من اعتبار الزمان والمكان منفصلين كما في الفيزياء الكلاسيكية، ويُنظر إليهما على أنهما نسيج مترابط يؤثر كل منهما على الآخر. قدم هرمان مينكوفسكي Hermann Minkowski (1864-1909)، عالم الرياضيات الألماني، في عام 1908، النموذج الرياضي للزمكان، والذي أصبح يعرف باسم فضاء مينكوفسكي، موضحًا أن الفضاء والزمن مرتبطان في بنية رباعية الأبعاد. مينكوفسكي كان من أساتذة آينشتاين، ومفهوم فضاء مينكوفسكي أصبح الإطار الهندسي الأساسي الذي استخدمه آينشتاين لتطوير نظرية النسبية الخاصة في عام 1905. فضاء مينكوفسكي كان أساسيًا لفهم النسبية الخاصة، حيث قدّم الإطار الرياضي للزمكان رباعي الأبعاد. لكنه لم يكن كافيًا لوصف الجاذبية، مما دفع آينشتاين إلى استخدام الهندسة غير الإقليدية (الريمانية) في نظريته عن النسبية العامة، في عام 1915.

وهذا ما يؤدي إلى الجاذبية. وقد مكّن هذا النموذج الجديد من حل مشكلة عطارد؛ إذ أظهر أن الشمس تحني الفضاء لدرجة أنها تُشوّه مدارات الأجسام القريبة منها، بما في ذلك مدار عطارد.

تبيّن هذه القصة الاختلاف بين طبيعة العلم وطبيعة الاعتقاد. فدليل واحد يكفي لدحض أي نظرية تبدو غير قابلة للجدل، حتى لو كانت نظريات لنوابغ مثل نيوتن أو أينشتاين. لقد ثبت، على سبيل المثال، خطأ النظرية المتعلقة بالأنتروبيا[12] (Entropy) التي اقترحها أحد أكثر الفيزيائيين تبجيلًا في جيلنا، ستيفن هوكينج[13] (Stephen Hawking). هذا لم يحرج العالم الكبير، لأن جوهر العلم هو أن يتحدى العلماء وجهات نظر بعضهم البعض باستمرار، وأن يكونوا مستعدين للتخلي عن نظرياتهم، مهما كانت متقبلة، إذا تثبت فيما بعد عدم صحتها بالدليل العلمي.

يحمل البشر معتقدات وأساطير تعود إلى عصور طويلة، تجعلهم في كثير من الأحيان يتحيزون لأفكار غير عقلانية، وهذا يعود في كثير من الأحيان لكون الطبيعة البشرية قادرة على خداع الذات. قصة ڤولكان تجعلنا ندرك مدى صعوبة فهم ما تخبرنا به الطبيعة، خصوصًا عندما تريد أن تقول "لا". وهذا يفسر لماذا بقي العلماء لأكثر من ستين عامًا يحاولون اكتشاف ڤولكان، لأن الصورة التي رأوا بها العالم تطلبت أن يكون به ڤولكان.



جون آدامز John Adams (1819-1892)

أوربان لو ڤاريه Urbain Le Verrier (1811-1877)

[12] في الفيزياء الكلاسيكية، كان يُعتقد أن الثقب الأسود لا يُمكنه أن يُصدر أي إشعاع، وبالتالي لا يفقد طاقة ولا يمكن أن يكون له "إنتروبيا" (درجة الفوضى أو عدم الانتظام). لكن هذا المفهوم تغير بشكل جذري بعد مساهمات يعقوب بيكنشتاين (Jacob Bekenstein)، الذي اقترح أن للثقوب السوداء إنتروبيا تتناسب مع مساحة أفق الحدث.

[13] ستيفن هوكينغ (1942–2018)، كان عالم فيزياء نظرية وكونيات بريطاني، ويُعتبر من أعظم علماء العصر الحديث. اشتهر بأبحاثه حول الثقوب السوداء وأصل الكون. اشتهر باكتشافه لإشعاع هوكينغ، وساهم في تطوير نظريات حول الانفجار العظيم (The Big Bang). أشهر كتبه: "تاريخ موجز للزمن" (A Brief History of Time)، والذي حاول فيه شرح طبيعة الزمان، والثقوب السوداء، ونشأة الكون بأسلوب بسيط للقارئ العادي.