# عالم السُّدم: محركات التطور المجرّي والتركيب الكيميائي

جمال ميموني
مركز البحث في الإعلام العلمي والتقني (CERIST) وجامعة قسنطينة 1
الرئيس السابق للجمعية الفلكية الأفريقية (AfAS)
jamal.mimouni@gmail.com

لنستكشف في هذا المقال السُّدُم؛ تلك السُّحب الكونية الغريبة والجميلة، والتي تُعدّ ضرورية لخيمياء المجرات، بل هي في الواقع محرّكاتها الكونية. إنها قصة كيف تتنفس المجرة، وتموت، ثم تُولد من جديد لتكوّن التربة التي نقف عليها . فهي ليست مجرد عجائب بعيدة، بل هي أسلافنا القدامى.

## 1. سطائر الكون الملوّن

إن النظر إلى سديم عبر التلسكوب يشبه إلقاء نظرة خاطفة على أروع تحفة فنية في الكون. لقرونٍ مضت، كانت هذه الأجرام تُرى كمجرد "لطخات" ضوئية (Nebulae)، سحبٌ أثيريةٌ ملونةٌ يبدو أنها تنجرف في سكونٍ أبديٍ وهادئٍ. ولكن مع تطور الفيزياء الفلكية، تطور فهمنا أيضًا. فبعيدًا عن كونها سحبًا ساكنة، تُعدّ السُّدُم أكثر المختبرات ديناميكية وعنفًا في الكون. إنها الجسور الرابطة بين موت الشموس (النجوم) القديمة وولادة عوالم جديدة، وتعمل كمراكز أساسية لإعادة التدوير الكيميائي للكون.

**الشكل 1**. "أعمدة الخلق" (Pillars of Creation) (M16): محراب كوني من الغاز والغبار، حيث تقف الأعمدة الشاهقة كنُصُب صامتة لدورة ميلاد النجوم وإعادة تدويرها المستمرة . تظهر الصورة على اليسار بعدسة تلسكوب هابل (2014)، وعلى اليمين بعدسة تلسكوب جيمس ويب (JWST) الذي مكّننا من اختراق المزيد من الغبار في منطقة تشكل النجوم هذه بفضل قدرته في نطاق الأشعة تحت الحمراء.

داخل مجرتنا درب التبانة، تُعدّ سحب الغاز والغبار هذه هي المكوّنات الخام للوجود. فكل ذرة في أجسادنا كانت يومًا ما محتضنة داخل هذه الستائر المتوهجة. واليوم، ومن خلال عيون التلسكوبين الفضائيين هابل وجيمس ويب،

اكتشفنا أن هذه الهياكل ليست مجرد صور جميلة؛ بل هي المحركات عالية الطاقة التي تدفع تطور مجرتنا بأكملها. إنها تُمثل "الوسط بين النجمي" (ISM) في حالته الأكثر وضوحًا وحيوية، وهي بمثابة "الخميرة" الكونية التي ترفع الجيل القادم من النجوم.

### 2. تصنيف الضوء والظلال

يُصنِّف الفلكيون هذه السحب بناءً على كيفية تفاعلها مع الضوء، مما يكشف عن الحالة الفيزيائية الخفية للفضاء بين النجوم:

- **السُّدم الانبعاثية**: هي نجوم العرض، تتوهج بتألق يشبه أضواء النيون حيث تكتسب طاقتها من الإشعاع العنيف للنجوم حديثة الولادة القريبة.
- **السُّدم الانعكاسية**: تُقدّم جمالًا أكثر نعومة، وتظهر كوشاح من اللون الأزرق الياقوتي حيث ينعكس ضوء النجوم على حبيبات الغبار المجهرية، تمامًا مثل انعكاس ضوء الشمس على ضباب الصباح.
- **السُّدم المظلمة**: هي الأجزاء "الأبرد" والأكثر غموضًا في المجرة. وهي عبارة عن ظلال كثيفة معتمة تحجب النجوم التي خلفها. ورغم أنها تبدو كفراغات، إلا أنها في الواقع أكثر أماكن الكون خصوبة؛ ففي أعماق هذه الشرانق المظلمة، تسحب الجاذبية الغاز معًا حتى يشتعل، مولّدًا شمسًا جديدة.

أخيراً، لدينا "إعادة الضخ":

- **السُّدم الكوكبية** (Planetary nebulae) وبقايا المستعرات العظمى (SNR)، وهي الزفير الأخير والمذهل للنجوم المحتضرة التي تنثر عناصر الحياة مرة أخرى في الفراغ.

**الشكل 2.** سديم رأس الحصان (Horsehead Nebula B33) على اليمين، حيث يرتفع ظل فارس سماوي مظلم ضد ستارة متوهجة غنية باللون الأحمر القرمزي، كاشفًا عن الطبقات الخفية للفراغ بين النجمي. ويظهر سديم الشعلة (Flame Nebula) على اليسار.

### 3. فك رموز اللوحة الكونية

ألوان السديم ليست للعرض فقط، بل هي البصمة الكيميائية للكون. فمن خلال قراءة هذه الألوان، يمكننا معرفة مكونات السحابة بالضبط:

- **التوهج القرمزي (الأحمر الداكن):** هو نبض المجرة، وهو بصمة الهيدروجين، العنصر الأكثر وفرة والوقود الأساسي للنجوم.
- **الأخضر الزمردي:** عندما تراه، فأنت تنظر إلى الأكسجين. في فراغ الفضاء الرقيق، يبعث الأكسجين ضوءًا "محظورًا" محددًا نادرًا ما نراه على الأرض، وهو ما يميز الأجزاء الأكثر سخونة وحيوية في السحابة.
- **اللون الأزرق:** يشير عادةً إلى "الغبار" الذي يشتت ضوء النجوم، تمامًا مثل العملية التي تجعل سماءنا تبدو زرقاء.
- **البرتقالي الداكن والبنفسجي:** غالبًا ما يشيران إلى وجود الكبريت أو النيتروجين.

تخلق هذه الألوان معًا خارطة لدرجة الحرارة الداخلية للسديم وثروته الكيميائية.

**الشكل 3.** سديم الجبار (Orion Nebula M42)، أشهر مشتل في مجرتنا وتحفة من الألوان: الأحمر البنفسجي للهيدروجين، والوهج الزمردي (emerald) للأكسجين.

### 4. مشتل النجوم

تُعدّ السُّدُم المنظم الرئيسي لدورة حياة المجرة. داخل السُّحب الجزيئية العملاقة، تنتصر الجاذبية في النهاية على الضغط الداخلي، وتولد النجوم. لكن العملية عبارة عن رقصة دقيقة بين الخلق والدمار. فبمجرد اشتعال النجم، تبدأ رياحه القوية وإشعاعاته في دفع السحابة التي خلقته بعيدًا.

هذا "التفاعل العكسي" ضروري؛ فلو كانت العملية فعّالة للغاية، لاستهلكت المجرة غازها في لمح البصر. وبدلًا من ذلك، يعمل السديم كبوابة، حيث يبطئ معدل ميلاد النجوم ويضمن استمرار مجرة درب التبانة في إنتاج أجيال جديدة من النجوم لمليارات السنين. فالسديم هو مهد الحياة ومنظم استقرار المجرة على المدى الطويل.

### 5. ما وراء المشاتل النجمية: مسرح الأعماق الصاخب

خلف مشاتل النجوم المألوفة، يمتلئ الكون بمسرح صاخب من الضوء والظلال، بدءًا من الأنقاض المذهلة لبقايا **المستعرات** العظمى. وهي الحطام المتناثر لنجوم ضخمة أنهت حياتها في انفجارات هائلة، مرسلةً خيوطًا غازية ممزقة

وفوضوية، مثل تلك التي نراها في سديم السرطان الشهير، تتسابق في الفراغ لتنثر العناصر الثقيلة اللازمة لعوالم المستقبل.

في المقابل، نجد السُّدُم الكوكبية، وهي "الزفرات النهائية" الرقيقة والمتوهجة لنجوم تشبه شمسنا. ورغم اسمها، لا علاقة لها بالكواكب؛ بل هي أصداف غازية متوهجة تشبه الجواهر، تنفثها النجوم المسّنة لتضيء الظلام كفقاعة كونية شفافة قبل أن تتلاشى في الليل بين النجمي. وتنضم إليها السُّدم المظلمة، تلك الظلال الباردة والصامتة التي تعمل كمستودعات غامضة للمواد الخام في المجرة.

ومن بين هذه العجائب النادرة أيضًا: سديم وولف-رايت (Wolf-Rayet stars)، وهي "فقاعات عملاقة" تنفثها الرياح العاتية للنجوم شديدة الحرارة، وأجرام هاربغ-هارو (Herbig-Haro objects)، التي تعمل كمنافث لولادة النجوم. وتكتمل المجموعة بـ "**السُّدُم الكوكبية الأولية**" العابرة، وهي مرحلة شرنقة قصيرة لموت النجوم، و"**السُّدم المتغيرة**"، وهي تلك الحرباء الكونية التي تغير ظلالها خلال أسابيع أو أشهر فقط.

**الشكل 4.** جرم "هاربغ-هارو 24" (HH 24) يبدو كأنه سيف ليزر مزدوج من ملحمة خيال علمي، ويظهر القوة العاتية لنجم في مهده، حيث ينفث النجم الوليد نفاثات ضيقة من الغاز تصطدم بالفراغ المحيط.

### 6. لغز "الفقاعة المزدوجة"

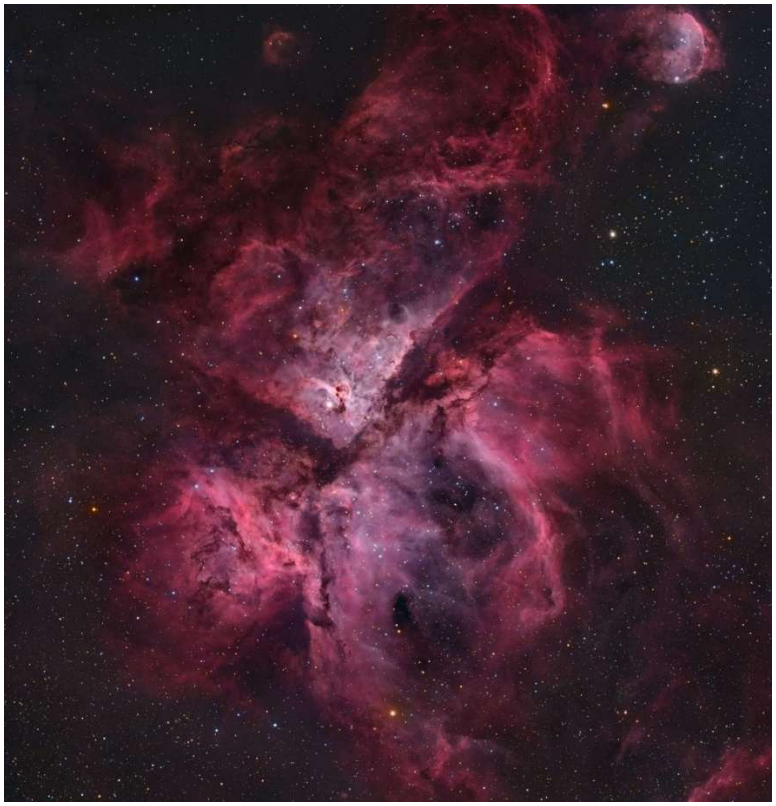
يتعلق بالسُّدُم الكوكبية، وهي أصداف متوهجة تقذفها النجوم الشبيهة بشمسنا في نهاية حياتها. لعقود من الزمن، اعتقدنا أن هذه النجوم تموت عبر نفاث غازية مستديرة وبسيطة، لكننا كنا ننظر إليها من "منظور خاطئ".

لقد كشفت الملاحظات الحديثة أن غالبية هذه السُّدُم ليست كروية على الإطلاق، بل هي أنظمة حلقات متداخلة ومعقدة وأشكال تشبه الساعة الرملية أو "الفقاعة المزدوجة". والسر وراء هذا "السحر" هو الرفقة؛ فمعظم هذه النجوم المحتضرة ليست وحيدة، بل لديها "شريك خفي"، نجم مرافق أصغر أو حتى كوكب ضخم يدور حولها. تعمل جاذبية هذا الشريك مثل عجلة الفخار الكوني، حيث تدور الغازات المطرودة في قرص مسطح وتجبر الرياح النجمية على الانطلاق من الأقطاب. إن أجسامًا أيقونية مثل سديم الحلقة الجنوبية هي نتيجة لهذه الرقصة المدارية العنيفة والجميلة، مما يثبت أن الموت المذهل غالبًا ما يتطلب شريكًا لتشكيل العرض النهائي.

**الشكل 5.** سديم الحلقة الجنوبية (NGC 3132). يظهر هنا بواسطة تلسكوب جيمس ويب نجمان يرقصان في قلب هذه "الفقاعة المزدوجة"، ينحتان طبقاتهما المطرودة في جوهرة متألقة ومتعددة الأوجه. في حين أن الصورة البصرية تكاد تخطئ النجم الثاني.

### 7. مصانع الكيمياء: صياغة جزيئات الحياة

ربما يكون أعمق إدراك في العقد الماضي هو أن السُّدم هي "مصانع كيميائية" نشطة. كنا نعتقد سابقًا أن الكيمياء المعقدة مستحيلة في البيئة القاسية والمليئة بالإشعاع لنجم محتضر، لكننا كنا مخطئين.



**الشكل 6.** سديم القاعدة (NGC 3372)، هو السديم العظيم الذي يهيمن على سماء جنوب إفريقيا، وهو حيز ناري هائل غير مرئي في الشمال.

لقد رصدت التلسكوبات الآن جزيئات عضوية معقدة، وهي السلائف المكونة لوحدات بناء الحياة، تتشكل حاليًا داخل هذه السحب العنيفة. حتى في البيئات "الغنية بالأكسجين"، وجدنا سلاسل كربونية معقدة ومكونات أساسية للحياة، تقوم هذه السحب فعليًا بـ"طهي" الجزيئات ونثرها في جميع أنحاء المجرة. وعندما تتشكل كواكب جديدة من بقايا هذه السُّدُم، تكون مشبعة بالفعل بالكيمياء الأساسية اللازمة لبدء الحياة. إن الزفير الناري الأخير للنجم لا ينثر الغبار فحسب، بل يوفر البذور لسيمفونية بيولوجية مستقبلية.

## 8. الخاتمة: نحن رفات النجوم

قصة السديم هي في النهاية قصتنا نحن. فهذه السُّحب ليست مجرد أجرام جميلة وبعيدة، بل هي المراكز النشطة لإعادة التدوير الكوني. فكل ذرة كربون في حمضنا النووي وكل نَفَس أكسجين في رئتينا صُهر يومًا ما في فرن نجمي وحُمِل إلى الفراغ بواسطة هذه السحب الملونة والعنيفة.

**الشكل 7.** مجمع سحابة الجبار الجزيئية: يمكنك رؤية النجوم الثلاثة المميزة لحزام الجبار، والعديد من النجوم والسُّدُم المعروفة، بما في ذلك "حلقة برنارد" المذهلة (Barnard's Loop)، وهي قوس ضخم متوسع من الغاز نحتته بقايا انفجارات مستعرات عظمى قديمة. هي في الواقع صورة مركبة، لكن مكونها الأساسي يعتمد على طول موجة هيدروجين-ألفا.

بينما ننظر إلى "اللطخة" في الجبار أو "فقاعات" الحلقة الجنوبية، فإننا ننظر إلى أصلنا. تُذكّرنا السُّدُم بأن الموت في الكون ليس نهاية أبدًا، بل هو تحوّل "الخميرة" التي تزرع المستقبل. نحن حقًا "غبار نجوم"، المنتجات الحية لأكثر تحوّلات الكون دراماتيكية وجمالًا.