

النجوم السوداء أو المظلمة جزء مهم من كوننا المظلم

إعداد وتحضير د. جواد بشارة

عن نيو ساينتيس أمريكيان

قد يكون هناك خطأ ما في نماذجنا الكونية المُكرّسة

المادة في الكون تزداد تكتلاً، ولكن يبدو أنها تحدث بشكل أبطأ مما كان متوقعًا.

إن هذا التباطؤ في تطور البنية واسعة النطاق للكون يمكن أن يشير إلى أجزاء أو مجالات جديدة، أو يمكن أن يشير إلى أن فهمنا للمادة المظلمة ليس صحيحًا تمامًا.

إن تطور الكون محكوم إلى حد كبير بالدفع والجذب لقوتين متنافستين: الطاقة المظلمة التي تجبر الكون بأكمله على التوسع، في حين تقوم الجاذبية أو الثقالة بسحب المادة معًا. وفقًا لنموذج علم الكون الأكثر قبولاً على نطاق واسع، والذي يسمى λ -CDM، يجب أن يعني هذا أنه بمرور الوقت، تصبح الشبكة الكونية للمجرات أكثر كثافة بينما تنمو الفراغات الكونية وتفرغ من المادة.

ولكن عندما قام نهات مينه نجوين - من جامعة ميتشيغان - وزملاؤه بتجميع بيانات حول بنية الخلايا البدائية المبكرة لاحظ أن الهياكل تتراكم مثل سديم القلب بشكل أبطأ من المتوقع. بعد دراسة الكون وحالته الأحدث من مجموعة متنوعة من المصادر، بما في ذلك مسوحات المجرات وقياسات الضوء المعتمد بعد الانفجار الكبير مباشرة، وجد العلماء أن عملية نمو البنية هذه تتباطأ بمعدل غير متوقع. الشبكة الكونية تزداد كثافة والفراغات تتشكل. قد يكون سبب هذا شيئاً ما والذي الذي يتطلب مجالات جديدة، وأنواع أخرى من الجسيمات أو التفاعلات"، قد تكون أكبر والفراغات أقل كثافة لكن الأمر ليس كذلك ويحصل بأسرع ما توقعه نموذج λ -CDM (رسائل المراجعة الفيزيائية، doi.org/gspg7t).

"العديد من المجسات المختلفة التي تسبر الكون في أوقات مختلفة ومقاييس مختلفة، يشير كل منها إلى نفس الشيء، وهو أن نمو البنية في الأونة الأخيرة تم قمعه أكثر بكثير مما نتوقع من النموذج القياسي. يقول العالم نجوين. "نحن نعلم أننا يجب أن نتوقع تباطؤاً شديداً، لكننا نجد أن التباطؤ أكثر وضوحاً مما توقعنا."

جاءت قياسات فريق البحث مختلفة وتتعارض مع النموذج القياسي عند مستوى 3.7 سيغما، مما يعني أن هناك احتمالاً يبلغ حوالي 1 في 4600 بأن يظهر نمط من البيانات مثل هذا كصدفة إحصائية إذا وصف النموذج القياسي الكون بشكل صحيح. يمكن أن يفسر قمع نمو البنية وأيضاً التوترات الأخرى التي ظهرت

في الملاحظات الكونية الماضية. "لم يستخدموا مجموعات البيانات القديمة الموجودة هناك، ولكن بالنظر إلى نوع من تلك البيانات المحدثة، أعتقد أنها ربما جعلت استنتاجاتهم أقوى. يقول مايك هيدسون في جامعة

واترلو في كندا. "هناك العديد من الاقتراحات في الأدبيات التي تشير إلى أن λ -CDM خاطئة بطريقة سيئة، ولكن معظمها غير مقبول على نطاق واسع في المجتمع - لقد حظي هذا الاقتراح بمزيد من الاهتمام، "من حيث زوايا التباطؤ. فمتى، وكيف يجب علينا تعديل النموذج القياسي لمراعاة ذلك، هذا هو اللغز. يقول جيامين وهو من معهد ماكس بلانك لفيزياء خارج الأرض في ألمانيا: "إن نماذج الجاذبية المعدلة التي نعرفها ستنتج تعزيراً هيكلياً بدلاً من القمع". إن رؤية القمع بدلاً من ذلك هو تلميح مثير للاهتمام لما يمكن أن يحدث".

"ما يمكن أن يسبب هذا قد يكون شيئاً يتطلب حقولاً جديدة، وهو ما يعني أجزاء جديدة أو تفاعلات جديدة، وهو ما يعني قوى جديدة، ربما بين أجزاء المادة المظلمة؛" يقول نجوين: إذا تفاعلت المادة المظلمة أو تم التنبؤ بها، فقد تكون مسؤولة عن القياسات، ولكن سنحتاج إلى المزيد من الملاحظات لنعرفها على وجه اليقين.

النجوم السوداء أو المظلمة:

يمكن حل لغز هائل لفئة جديدة غريبة من النجوم مدعومة بالمادة المظلمة. ولكن بما أنه لغز هائل في علم الكونيات. يتساءل جوناثان أوكالانغان: فهل رصدنا سورين بالفعل؟

في الأيام الأولى - ونحن نتحدث في وقت مبكر جداً، أي بعد وقت قصير من الانفجار الأعظم - ربما كان الكون مليئاً بالأشياء وبحوش نجمية غريبة. واسعة بما يكفي لإغراق نظامنا الشمسي بأكمله، هذه النجوم لن تحصل على الطاقة عن طريق الاندماج النووي، مثل نجم عادي، ولكن بدلاً من ذلك بواسطة المادة المظلمة: على وجه التحديد، جزيئات هذه المادة الغامضة تفني نفسها لتغذي ما يسمى بالنجوم السوداء أو المظلمة".

هذه هي الفكرة على الأقل. ولكن عندما قدمت كاثرين فريز، عالمة الفيزياء الفلكية النظرية بجامعة تكساس في أوستن، العرض لأول مرة في مؤتمر عام 2007، لم يحظ بالقبول بشكل خاص. لقد سمعت عدداً من طلاب الدراسات العليا يصفوننا بالمجانين،" كما تقول. بغض النظر عن مفهوم النجوم السوداء أو المظلمة

لقد تمسكت فريز - Freese. على مدار الأعوام الستة عشر الماضية برأيها، وقامت هي وزملاؤها بتحسين فهمهم لهذه العبارات الافتراضية المثيرة. وكانت المشكلة هي العثور على أدلة بالنسبة لهم بدت دائماً بعيد المنال.

وذلك لأن فريز وزملائها أبلغوا عن رؤية محتملة: لمجرات غير عادية يمكن رؤيتها بواسطة تلسكوب جديد هو تلسكوب ويب. ربما لا تكون بعض هذه المجرات مجرات حقيقية على الإطلاق، ولكنها في الواقع نجوم مفردة - نجوم سوداء أو مظلمة، كما تقول عضوة الفريق جيليان بولين، التي كانت تعمل آنذاك في جامعة كولجيت في نيويورك.

ولا تزال أصداء الشك تتردد بين علماء الفلك الآخرين. إنها فكرة مثيرة للجدل للغاية. يقول كوزمين إيلي، وهو أيضاً من جامعة كولجيت، والذي قاد الفريق. ولكن إذا كانت النجوم السوداء أو المظلمة موجودة بالفعل، فلن تكون النجوم السوداء المظلمة دليلاً على نوع محدد من المادة السوداء أو المظلمة فحسب، بل يمكنها أيضاً المساعدة في حل واحدة من أكبر المعضلات والتحديات في علم الكونيات، وهي الأصول الغامضة للثقوب السوداء الهائلة التي تدفع تطور المجرات.

كوننا مليء بالمادة المظلمة التي لا يمكننا رؤيتها مباشرة، لأنها لا تتفاعل مع الضوء، ولكننا نعرف أنها موجودة. إنها تكشف عن نفسها عن طريق تشويه الزمكان، مما ينتج عنه تأثير عدسة ثقالية يشوه رؤيتنا للأشياء الأخرى التي يمكننا رؤيتها. يمكن أن نرى إن. لدينا الكثير من الأدلة حول طبيعة جاذبية المادة المظلمة؛ كما يقول بيرل سانديك في جامعة ولاية يوتا. "إنها موجودة، لكننا لا نعرف أين هي".

ومن خلال هذه الملاحظات نعرف أن المادة المظلمة تكون 27% من الكون. وحوالي 68% هي الطاقة المظلمة التي لا يمكن تفسيرها بنفس القدر والتي تدفع توسع الكون، مع مجرد 5% هي المادة الطبيعية التي نتكون نحن والأرض والشمس والنجوم والمجرات الكراسي والطاولات والبشر والحيوانات والنباتات والحضارات الأخرى.

نحن لا نعرف بالضبط ما هي المادة المظلمة، على الرغم من أن لدينا أفكارًا خاطئة عنها. في أواخر القرن الثاني الميلادي، تم تقديم مرشح يسمى الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل، أو WIMP. ما يصل إلى 1000 مرة أكبر من البروتونات، ولكن لن تتفاعل الجسيمات الضعيفة مع المادة العادية. إلا أنها ستؤثر على بعضها البعض - وبعنف. اثنان من هذه الجسيمات سوف يفنيان عند الاتصال، مما ينتج عن تفاعلها انفجار من الطاقة في شكل أشعة غاما.

يمكننا أيضًا أن نستنتج كيف تصرفت المادة السوداء أو المظلمة في الكون المبكر. بعد الانفجار الكبير، منذ حوالي 13.8 مليار سنة، كان الكون مليئًا بمستنقع من الجسيمات، دون أي هياكل معقدة. تتفاعل المادة المظلمة بشكل أبطأ من المادة العادية، لذلك تتجمع معًا بسهولة أكبر تحت تأثير الجاذبية. في أول 200 مليون سنة من التاريخ الكوني، ومن تكتلات ضخمة تشكلت مادة مظلمة تسمى الهالات الصغيرة. وفي نهاية المطاف، امتصت هذه المادة العادية تارو، والتي شكلت النجوم والمجرات.

كان إدراك فريز أنه إذا كانت هذه الأشياء الصغيرة المعروفة بالهالات مليئة بالجزيئات الضخمة ضعيفة التفاعل (WIMPs)، فإن من الممكن أن يؤدي ذلك إلى عملية مثيرة للاهتمام تشبه عملية إنشاء نجم عادي. أدركنا أن لدينا هذه العملية التي غاب عنها مجتمع علم الفلك؛ والتي تخبرنا أنه. كان هناك نوعًا جديدًا تمامًا من النجوم.

تتشكل النجوم عندما تتكثف سحابة من الغبار والغاز مكونة من مادة عادية. تسحق الجاذبية ذرات الهيدروجين والهيليوم معًا، وتصل في النهاية إلى العتبة التي يبدأ فيها الاندماج النووي ويتشكل قلب النجم. في النجوم، بفعل قوة الجاذبية التي تدفع إلى الداخل تتوازن تمامًا مع القوة الخارجة الناتجة عن الاندماج. ولكن إذا كانت كثافة المادة المظلمة عالية بما فيه الكفاية في الهالات الصغيرة، فإن إبادة الجسيمات ضعيفة التفاعل (WIMPs) قد ينتج ما يكفي من الطاقة بحيث تمنع القوة الخارجية المادة العادية من الوصول إلى الكثافة الحرجة. عندها لن يبدأ الاندماج النووي أبدًا، وبدلاً من ذلك، سيكون لديك فئة مختلفة من المواد الدنيوية التي ستستقر عند حجم أكبر بكثير، ربما بقطر مماثل لقطر مدار ساتوم وكتلتها تصل إلى مليون مرة كتلة الشمس. هناك يكون مصدر الحرارة هو الذي يمنع تلك السحابة من الانهيار أكثر من ذلك؛ كما يقول فريز. إنها ستكون أجساماً مدعومة بالمادة السوداء أو المظلمة. "سيكون محتوى المادة السوداء أو المظلمة للنجوم منخفضًا، فقط 0.1 بالمائة. ولكن هذا سيكون كافياً لإنتاج تريليونات تريليونات من عمليات الإبادة في الثانية الواحدة، مما يجعل النجم يتألق بشكل لا يصدق باللون الأبيض أو الأزرق اللامع. وبهذا المعنى، فإن "النجم المظلم" هي تسمية خاطئة. وفي الحالات القصوى، يمكن أن تكون النجوم السوداء أو المظلمة كذلك تنمو بشكل هائل حقًا وتتفوق حتى على كامل النجوم المرئية.

النجوم المظلمة (انظر القصة الرئيسية) بعيدة كل البعد عن الظواهر النجمية الغريبة الوحيدة التي قد نكتشفها أو لا نكتشفها في الفضاء في نهاية المطاف.

نجوم جانوس أو يانوس:

وفي يوليو/تموز، قال علماء الفلك إنهم رصدوا نجماً يبدو أنه انقسم فجراً إلى المنتصف، نصفه مصنوع من الهيليوم والآخر مصنوع من الهيدروجين. له وجهان، مثل جانوس في الأساطير الرومانية. يبدو هذا الآن

ربما تم رصد النجم للتو في لحظة غريبة، في منتصف التحول من حرق الهيليوم إلى الهيدروجين، وهي عملية يُعتقد أن العديد من النجوم القزمة البيضاء تمر بها.

النجوم الهجينة:

تُعرف أيضًا باسم كائنات زيتكو Thorne-Zytkow، وتتكون من نجم نيوتروني داخل نجم عادي. إنهم نجوم النجوم الروس، إذا صح التعبير. ربما يتشكلون عندما يصطدم نجمان ويندمجان. خلال حياتهم القصيرة، لا يمكن تمييزهم عن النجوم الكبيرة الأخرى. تظل هذه افتراضية، والطريقة الوحيدة لاكتشافها ستكون من خلال مجموعة من قياسات موجات الجاذبية وملاحظات العناصر الموجودة داخل النجم.

نجوم بوزون:

متى لا يكون الثقب الأسود حقاً أسود؟ عندما يكون نجم بوزون. تتكون النجوم عادة من الفرميونات، الجزيئات التي تشكل المادة. ولكن من الممكن أن تتجمع البوزونات، وهي جسيمات الطبيعة الحاملة للقوة، معاً بأعداد غير محدودة تقريباً وتخلق مادة شفافة لا تفعل شيئاً سوى بذل جهد قوة جاذبية هائلة على كل شيء حولها. سيكون من الصعب تمييز هذه الأجسام عن الثقوب السوداء، ولهذا السبب لم يبتكر علماء الفلك بعد أي طرق سهلة للعثور عليها.

المجرات في الكون المبكر. يمكن أن تصبح أكثر سطوعاً بمليار مرة من الشمس؛» كما تقول فريز التي نشرت سلسلة من الأوراق البحثية حول ظهور النجوم السوداء أو المظلمة Dark Stars، أولها، التي كتبتها مع زملائها دوغلاس سبوليار وباولو جوندولو، في عام 2008. ويتذكر دان هوير من جامعة شيكاغو أنه كان هناك "نقاش حاد" عندما تم نشرهما. الصراخ على بعضهم البعض؛" هو يقول. مرحباً لم أكن أعرف من هو على حق ومن هو على خطأ. "وقد حظيت الفكرة بدعم كبير. يقول سانديك أعتقد: "إنها فكرة رائعة للغاية، وهي ممكنة تماماً". كما أنها بعيدة كل البعد عن النجم الغريب الوحيد الذي تم اقتراحه

هناك سبب وجيه للأمل في وجود هذه النجوم النظرية. بصرف النظر عن كونها نوعاً جديداً تماماً من النجوم، يمكن للنجوم السوداء أو المظلمة أن تقوم بتقديم حل للغموض الكوني الكبير: أصل الثقوب السوداء الهائلة. وهي الثقوب السوداء الضخمة، الكثيفة جداً لدرجة أنه حتى الضوء لا يمكنه الهروب منها، والتي تقع في مركز المجرات.

عندما ننظر إلى الكون البعيد والمبكر، نرى مجرات يقل عمرها عن مليار سنة تحتوي على ثقوب سوداء هائلة تبلغ كتلتها مليار مرة كتلة شمسنا في مراكزها. إن كيفية نمو هذه الثقوب السوداء بهذه السرعة هو لغز محير. كما إن ظهور مثل هذه الثقوب السوداء الضخمة في بداية الكون يطرح مشكلة كبيرة؛ كما يقول محمد لطيف من جامعة الإمارات العربية المتحدة. ربما تكون هذه الثقوب قد نشأت عن اندماج ثقوب سوداء أصغر حجماً، لكن لا يبدو أن هناك وقتاً كافياً لحدوث ذلك.

يمكن أن تكون النجوم السوداء أو المظلمة هي الإجابة، لأنها يمكن أن تكون البذور المراوغة للثقوب السوداء الهائلة. من المحتمل أنها عاشت بسرعة وماتت صغيرة، ولم تدوم سوى ملايين السنين. قد تولد النجوم المظلمة الأصغر حجماً، والتي ربما تبلغ كتلتها 100 مرة تقريباً كتلة شمسنا، من جديد كنجوم عادية بمجرد توقف إبادة جسيمات الـ WIMP. وبمجرد نفاذ وقود المادة المظلمة، فقد يبدأ الاندماج النووي؛ تقول فريز.

لكن النجوم السوداء أو المظلمة بمجرد نفاذ الوقود تماماً فيها، سوف تنهار وتتحوّل إلى ثقوب سوداء. وفي حالة النجوم السوداء أو المظلمة فانقطة الكتلة، ونظراً لكتلتها الضخمة، فإن الثقوب السوداء الناتجة عنها سيكون بنفس القدر من الضخامة، حيث يصل إلى مليون كتلة شمسية. لقد قمنا بالفعل بحل مشكلة الثقب الأسود الكبير المعقدة؛ كما تقول فريز. إذا بدأت بنجومنا السوداء أو المظلمة، سيكون لديك بذور كتلتها مليون كتلة شمسية يمكن أن تندمج معاً لتصنع ثقوباً سوداء تبلغ كتلتها مليار كتلة شمسية."

" يمكن للنجوم السوداء أو المظلمة القدرة على خلق شقبة أسود عملاق يكون بكتلة تفوق مليار مرة كتلة الشمس" ومع ذلك، خلال العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، واجهت قضية النجوم السوداء أو المظلمة عقبة. ظهرت مرشحات أخرى للمادة المظلمة وحالة الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل (WIMPs).

ومع عدم وجود دليل على وجود الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل (WIMPs)، أصبحت الأجزاء النظرية الأخف التي تسمى الأكسيونات رهان العديد من الفيزيائيين لتفسير المادة المظلمة. وستكون الأكسيونات خفيفة جدًا بحيث لا يمكنها إنتاج طاقة كافية لتكوين نجوم مظلمة. ويفضل آخرون، مثل برنارد كار من جامعة كوين ماري في لندن، فكرة أن المادة المظلمة لا تتكون من جزيئات غامضة على الإطلاق، ولكنها تتكون من ثقوب سوداء نشأت في بداية الكون، تسمى الثقوب السوداء البدائية.

ومع ذلك، ظلت فريز متفائلة بشأن آفاق النجوم السوداء أو المظلمة، ولا تزال الأمور تتحسن. وفي عام 2022، قامت هي وزملاؤها بحساب المرشح الآخر للمادة المظلمة. يمكن للأطراف أن تشكل نجومًا داكنة. "ليس من الضروري أن تكون تلك الكائنات ضعيفة التفاعل؛" تقول فريز: هناك بديل حيث لا يزال يتم تصور المادة المظلمة كجسيم، ولكن كجسيم يتفاعل بقوة أكبر مع نفسه. إن مفهوم المادة المظلمة ذاتية التفاعل شائع في الوقت الحالي، كما تقول فريز. ثم، في وقت سابق من هذا العام، رصدت التلسكوبات الأبعد في السماء شيئًا ما.

اللطخات الحمراء: إن تلسكوب جيمس ويب الفضائي (JWST)، الذي تم إطلاقه في ديسمبر 2021، قادر على التعمق في تاريخ الكون بفضل مرآته الكبيرة المطلية بالذهب والتي تراقب مكونات الكون المرئي في ضوء الأشعة تحت الحمراء. لقد رصد بالفعل مجرات يرجع تاريخها إلى بضع مئات الملايين من السنين الأولى من عمر الكون، أي أقدم من أي مجرات يمكن رؤيتها بواسطة أي تلسكوب آخر. وقد أظهرت هذه النتائج قاعًا أكثر سطوعًا في الكون المبكر يحدث بصورة أكثر مما كان متوقعًا. يقول كار: "لم يكن من المتوقع أن تنمو المجرات كثيرًا إلا بعد مليار سنة تقريبًا من الانفجار الكبير، ولكن يبدو أن تلسكوب جيمس ويب الفضائي قد اكتشف الكثير من المجرات التي تتشكل قبل ذلك بكثير".

في يونيو، أعلن علماء الفلك في المسح المتقدم العميق خارج المجرة (JADES) التابع لـ JWST عن حفنة من المجرات المرشحة الجديدة التي كانت الأقدم حتى الآن. مع نجم يعود تاريخه فقط إلى مابعد 320 مليون سنة من الانفجار الكبير. ومع ذلك، قامت فريز وزملاؤها بنشر ورقة بحثية ما قبل الطباعة، وهي دراسة لم تخضع بعد لمراجعة النظراء، مما يشير إلى أن هذه قد لا تكون مجرات. وبدلاً من ذلك، يعتقدون أن النجوم الدنيوية، التي تظهر على شكل بقع حمراء في تلسكوب جيمس ويب الفضائي، هي نجوم داكنة منفردة. ومنطقتهم يقول أن ثلاثة من الأشياء تبدو مستديرة، مثل النجم، وتفتقر إلى السمات الضعيفة للمجرة. كما تتناسب الأجسام أيضًا مع شكل النجوم السوداء أو المظلمة، مع كمية ما تم إنتاجه من الضوء بما يتوافق مع ما يمكن توقعه. ويقدر أن اثنين من المرشحين يفوق حجم وكتلة شمسنا بمليون مرة، وواحد منهم في نصف ذلك.

لا يزال من الممكن أن تظهر هذه الأمور لتكون مجرات صغيرة جدًا، وربما تظهر كمصادر نقطية فردية بسبب نقص الدقة. "مازلنا نفضل الحل الأبسط؛" تقول ساندر تاتشيليا من جامعة كامبريدج، والتي هي جزء من فريق JADES. وفي الوقت الحالي، لا يوجد دليل واضح على وجود نموذج للنجم الأسود أو المظلم. كما تقول مارسيا ريكي من جامعة أريزونا، وهي أيضًا جزء من فريق JADES الذي حذر بالمثل، مشيرًا إلى ذلك وقد تكون اللطخات البعيدة التي شاهدها تلسكوب جيمس ويب الفضائي نجومًا داكنة غريبة.

يبدو أن اثنين من المرشحين الثلاثة يتمتعان بملامح ضعيفة تتفق مع مجرة صغيرة، في حين يمكن أن يكون الثالث ببساطة مجرة مدمجة. "للدعاء بأن شيئاً ما هو نجم مظلم، تحتاج حقاً إلى دليل قوي جداً!".

هناك فرصة أننا قد نحصل عليه. في أكتوبر، سيقوم فريق JADES بجمع النصف الثاني من بياناته، بما في ذلك الأطياف التفصيلية لهذه الأجسام، مما يعني قياس الضوء الذي تنبعث منه عبر مجموعة من الأطوال الموجية. يجب أن نكون قادرين على التقاط توقيع الشكل المتأين من الهيليوم، المعروف باسم الهيليوم-II. إذا كانت الأجسام الغامضة عبارة عن نجوم سوداء أو مظلمة، فإن علماء الفلك يتوقعون رؤية الهيليوم-2 يمتص الضوء عند طول موجي محدد. ومن ناحية أخرى، إذا كانت مجرات، فإنهم يتوقعون أن يصدر الهيليوم-2 ضوءاً عند هذا الطول الموجي. "التوقيع الدليلي للنجم المظلم هو سمة الهيليوم-إيل؛" كما تقول بولين.

قد يكون هناك المزيد من المرشحين للنجوم السوداء أو المظلمة، يقول تاو. في حين يقول إيل إنه يعمل على ورقة بحثية جديدة تتضمن مشاهدات جديدة من ملاحظات تلسكوب جيمس ويب الفضائي. "لن نفتقر إلى المرشحين". ويضيف إن تلسكوب جيمس ويب JWST هو الوحيد الذي لديه القدرة على العثور على النجوم السوداء أو المظلمة في الوقت الحالي، على الرغم من أن أمثال التلسكوب الفضائي الروماني القادم التابع لناسا، والذي من المقرر إطلاقه في عام 2027، قد يكون لديه أيضاً ما يلزم.

بالنسبة لغالبية علماء الفلك، الذين يتبنون هذه الفكرة، يظل من الصعب ابتلاع النجوم السوداء أو المظلمة. "يفضل معظم الناس أن يكونوا محافظين وألا يستحضروا أي شيء غريب مثل النجوم السوداء أو المظلمة؛" كما يقول كار. ولكن مرة أخرى، فإن كوننا مليء بالأشياء غير المتوقعة، من الثقوب السوداء إلى النجوم المغناطيسية. يقول كار: "نحن محاطون بالغرابة. لماذا لا نحاط بالنجوم المظلمة أيضاً؟".





