هل يتوسع الكون بسرعة أكبر من سرعة الضوء؟

أجريت في الفترة الأخيرة نقاشاً مع أستاذ جامعي حول بداية الكون وتوسعه السريع جداً، وقد أكد لي أن هذا التوسع لم يحدث بسرعة أكبر من سرعة الضوء. إذاً لماذا يوجد سوء فهم حيال هذا الموضوع؟

تنشأ معظم حالات سوء الفهم المتعلقة بهذا الموضوع، من الارتباك الناتج عن عدم إدراك واستيعاب مغزى قولنا أن الكون "يتوسع بشكل أسرع من الضوء".

على كل حال، أبسط تعليل أو تفسير على سؤالك هذا يكمن في الإجابة التي تقول بأن الكون يتوسع بشكل أسرع من الضوء، ولعلّ ما يثير الدهشة بشكل أكبر، هو أن المجرات التي بإمكاننا رؤيتها في هذه اللحظة، تبتعد عنا حالياً بسرعةٍ أعلى من سرعة الضوء، وبالتالي سيكون

من المحتمل، كنتيجة لسرعة المجرات الكبيرة، فهي لن تبقى مرئية إلى الأبد.

حيث يبعث البعض من المجرات أخر شعاع ضوء قادرٍ على عبور هذا الطريق الطويل في الفضاء للوصول إلينا (مليارات السنين من الآن). وبعد ذلك، سوف نرصدها وهي تتجمد في مكانها وتتلاشى، وبعدها ستغيب عن أسماعنا إلى الأبد.

يتوجب عليّ أن أعترف أنني لا أملك تصوراً واضحاً بالنسبة إلى سؤالك المحدد حول ما كان يحدث أثناء فترة التوسع السريع للكون (**inflation**)، والذي يُعتقد أنه كان علامة فارقة تميّز المرحلة الأولى للكون.

على كل حال، تقول الفكرة الأساسية لنظرية تضخم الكون بأن الجزء الذي نستطيع رؤيته من الكون (أي الكون المرئي)، هو مجرد جزءٍ صغير من الكون ككل، كما تؤكد هذه النظرية أن هذا الكون مر بمرحلة من النمو المتسارع خلال فترة التضخم.

وبناءً على ذلك، يمكننا القول أنه توجد بالتأكيد نقاط وأماكن تحركت بسرعة أكبر من سرعة الضوء بالنسبة إلى بعضها البعض أثناء فترة التضخم، ولكنني لست متأكداً إلى الآن ما إذا تحركت نقاط ما داخل كوننا المرئي بسرعة أعلى من سرعة الضوء دون التأثير على بعضها البعض. ولكني سأحاول تعلم المزيد حول هذا الموضوع وسأقوم بتحديث معلوماتي وبياناتي في حال وجدت شيئاً ما.

ولكي نتمكن من الإجابة بالتفصيل على هذا السؤال الواسع، يتوجب علينا إذن أن نحدد بالضبط ما نعنيه بقولنا أن الكون "يتوسع بسرعة أكبر من سرعة الضوء".

فالكون ليس عبارةً عن مجموعة من المجرات المتموضعة في الفضاء، والتي تتحرك مبتعدةً عن نقطة مركزية. وعلى هذا الأساس فإن فالمقاربة الملائمة التي يجب استخدامها أثناء الحديث عن الكون هي التفكير فيه كأنه عبارة عن قطعة كبيرة من العجين الذي ينتشر الزبيب في جميع أنحائها (يمثل الزبيب المجرات، بينما يمثل العجين الفضاء). وما يحدث تالياً هو أنه عندما نضع العجين في الفرن، فإنه سيبدأ بالتوسع، أو بمعنى أدق بالتمدد، محافظاً على نفس النسب التي كانت موجودة سابقاً. ولكن المتغير هنا هو المسافة بين المجرات التي ستصبح أكبر مع مرور الوقت.

خلاصة القول هي أن أزواجاً مختلفة من المجرات تتحرك بسرعات مختلفة بالنسبة لبعضها البعض، وبالتالي كلما كانت المجرات أبعد، كلما تحركت مبتعدةً بسرعةٍ أكبر. لذا عند سؤالنا عما إذا كان الكون "يتوسع بشكل أسرع من سرعة الضوء"، سأقوم بتفسير ذلك إلى المعنى التالي الذي يقول: "هل توجد هناك مجرتان في الكون تتحركان بسرعة أكبر من سرعة الضوء بالنسبة لبعضهما البعض؟".

إذاً، كيف سنستطيع قياس هذا؟ كما ناقشنا في السؤال السابق، يتم تحديد توسع الكون من خلال شيء يسمى قانون هابل أو ثابت هابل (**Hubble constant**) ، وهو يعادل تقريباً 71، ويتم قياسه بواسطة وحدات تبدو فعالة من الناحية التقنية ولكنها مربكة ومحيرة من ناحية المفهوم "كيلومتر في الثانية لكل ميغابارسيك **megaparsec**".

لذا باستخدام وحدات قياس أكثر منطقية، نجد أن ثابت هابل يعادل تقريباً 0.007% لكل مليون سنة، وهذا يعني أنه كل مليون سنة ستتوسع المسافات في الكون بنسبة تبلغ 0.007%.
(يفترِض هذا التفسير أن "ثابت هابل" سيبقى ثابتاً على مدى مليون سنة، وهذا ما لم يحدث. ولكن على اعتبار أن مليون سنة هي مدة قصيرة جداً قياساً على الجداول الزمنية الكونية، فإن هذا الرقم يمكن اعتباره تقريباً جيداً ومناسباً. كما يفترض هذا التفسير أننا عندما نتكلم عن المسافة بين مجرتين، فإننا نشير إلى المسافة الموجودة بينهما الآن. والمقصود بذلك هو المسافة التي سنقيسها إذا قمنا بطريقةٍ ما بتجميد الكون وإيقاف توسعه، حتى نتمكن من مد شريط قياس طويل بين المجرتين كي نستطيع قراءة المسافة بينهما. وبالطبع، هناك

العديد من المسافات التي يمكن تحديدها في علم الكون، ولكن هذه هي الأكثر فائدة للإجابة على سؤالنا الحالي).

إذا قمنا باستخدام تحديد المسافة المذكور أعلاه (إذا قمنا فقط باستخدامه دون غيره)، سنجد أن ثابت هابل يخبرنا أن لكل ميغابارسيك من المسافة بين مجرتين، ستكون السرعة الظاهرية التي تتحرك فيها المجرات بعيداً عن بعضها البعض أكبر بنسبة تبلغ 71 كيلومتر لكل ثانية. وبما أننا نعلم ان سرعة الضوء تبلغ تقريباً 300 ألف كيلومتر في الثانية، سيكون من السهل جداً حساب مدى البعد الذي يجب أن تكون فيه المجرتان من أجل أن تتحركا مبتعدتين عن بعضهما البعض بسرعة أعلى من سرعة الضوء. والإجابة التي نحصل عليها هنا تقول أنه يجب أن تفصل بين المجرتين مسافة تقدر بـ 4200 ميغابارسيك تقريباً (أي 130,000,000,000,000,000,000,000 كيلومتر).

إذن، لقد قمنا الآن بإعادة صياغة السؤال الأصلي إلى سؤالٍ أبسط وأوضح ألا وهو: هل توجد مجرتان في الكون كله تكون المسافة (التي تم تحديدها أعلاه) بينهما أكبر من 4200 ميغابارسيك؟

حسناً، يمكننا الإجابة على هذا السؤال باستخدام أسلوب مخادعٍ عبر قولنا: إنه من المؤكد وجود مجموعة من المجرات التي تكون بعيدة عن بعضها البعض مسافة تبلغ أكثر من 4200 ميغابارسيك، وذلك على اعتبار أن النظريات الكونية الحالية تنص على أن الكون هو كبير بشكل لا نهائي، وفي الواقع، قد يوجد عدد لا حدود له من تلك المجرات.

لكن على كل حال، إذا أردنا أن نلتزم بشكل أكبر بالمراقبات التي حصلنا عليها، فإننا حقاً لا نستطيع إثبات أن الكون غير محدود ولا نهائي. وفي ضوء جميع هذه المعطيات، يلوح في الأفق تساؤل أكثر منطقيةً يبحث في إمكانية وجود أو عدم وجود مجراتٍ في الكون المرئي (أي الذي نستطيع رؤيته)، تتحرك مبتعدة عنا بسرعةٍ أكبر من سرعة الضوء.

وبشكل يثير الدهشة، فإن الإجابة على هذا السؤال هي أجل. يمتلك دليل نيد رايت التعليمي لعلوم الكون (**Ned Wright's Cosmology Tutorial**) آلة حاسبةً ستسمح لنا بحساب عدد من القيم المختلفة بما في ذلك المسافة، لعدة نماذج من الكون والمجرات في مستويات مختلفة من "الانزياح نحو الأحمر" (**redshifts**)، (يعد الانزياح نحو الأحمر خاصية تجريبية سهلة التحديد لضوء المجرة، حيث يخبرنا كم تمدد الكون بين الوقت الذي تم فيه انبعاث الضوء، وبين الوقت الذي تم فيه استقباله).

وباستخدام أفضل القيم الأرصادية التي تم تحديدها لمعدل التوسع في الكون، والتسارع، وغيرها من المتغيرات (والتي تعتبر بيانات أساسية يتم إدخالها في الحاسبة)، فإنني وجدت أنك إذا استخدمت قيمة يبلغ مقدراها 1.4 للرمز z (الانزياح نحو الأحمر)، فإنك سوف تحصل على المسافة المطلوبة التي تبلغ 4200 ميغابارسيك. وبالإضافة غلى ذلك، يمكننا القول بأن أي مجرة تبلغ نسبة الانزياح نحو الأحمر فيها أكثر من 1.4 ، ستكون بالتأكيد تتحرك حالياً بعيداً عنا بسرعة أكبر من سرعة الضوء.

هل باستطاعتنا رؤية هذه المجرات؟ الإجابة هي أجل بالتأكيد نستطيع فعل ذلك .يتم عادةً رصد المجرات الساطعة من خلال حالات الانزياح نحو الأحمر القليلة، فنسبة الانزياح نحو الأحمر التي تبلغ 1.4 لا تعد في الواقع تلك النسبة الكبيرة، فعلى سبيل المثال، لدينا بعض الصور للكوازارات **quasars** (وهي عبارة عن مجرات تمتلك في مراكزها ثقباً أسوداً نشيطاً بدرجة كبيرة) التي تملك نسبة انزياح نحو الأحمر تقدر بـ 5 تقريباً. كما يمكننا أيضاً رؤية الضوء (وإن لم يكن أجسام فردية) الناتج عن انزياح نحو الأحمر يبلغ مقداره 1000 أو نحو ذلك (والضوء المقصود هنا يشار إليه باسم إشعاع خلفية الكون الميكروي **Cosmic Microwave Background**، والذي انبثق بعد حوالي 380 ألف سنة من حدوث الانفجار الكبير، أي تماماً بعد أن أصبح الكون بارداً بما يسمح بعبور الضوء من خلال المواد المتداخلة).

وفي الوقت نفسه، تخبرنا الأرقام الناتجة عن الحاسبة بأنه بالنسبة إلى مجرة يبلغ مقدار الانزياح نحو الأحمر فيها 1.4، يكون الضوء الذي

نراه حالياً قادماً منها قد انبعث منذ 4.6 مليار سنة بعد حدوث الانفجار الكبير، أي عندما كان الكون بالفعل قد تطور وتشكل .

لعلك الآن في حيرة وتتساءل كيف بإمكاننا رؤية مجرة تبتعد عنا بسرعة أكبر من سرعة الضوء؟
تقول الإجابة على هذا التساؤل أن حركة المجرة ليس لها أي تأثير على الإطلاق على حركة الضوء المنبعث منذ مليارات السنين. فالضوء لا يـتأثر بما تفعله المجرة ولا يهتم بذلك، ولكن ما يهمه حقاً هو امتداد واتساع المسافة بين موقعه الحالي وبيننا.

وبناء على هذا، يمكننا بسهولة تصوّر الحالة التي لم تكن فيها المجرة تتحرك بسرعة أكبر من سرعة الضوء في لحظة انبعاث ذلك الضوء، وبالتالي كان الضوء قادراً على "تجاوز" حالة التوسع في الفضاء والانتقال إلينا، بينما تحركت المجرة مبتعدة عنا مع توسع الكون وتمدده.

وبالأخذ بعين الاعتبار كل ما تعلمناه أعلاه، ندرك أن الأجسام البعيدة تتراجع بسرعة أكبر في كون متوسع نسبياً، ويمكننا رؤية ذلك على الفور بعد انبعاث الضوء. فالمجرة تتحرك بعيداً عنا بسرعة أكبر من النقطة التي نرصد الضوء من خلالها، وهذا التفاوت سيزداد فقط مع مرور الوقت حيث سيفترق الضوء والمجرة أكثر من ذلك.

ولذلك، يمكننا بسهولة إيجاد حالة تحافظ فيها المجرة على ابتعادها عنا بشكل أسرع فأسرع، حتى تتجاوز سرعتها في النهاية سرعة الضوء بالنسبة لنا. في حين أن الضوء المنبعث منذ مليارات السنين ينساب ببطء دون أن يتوجب عليه المرور في مناطق من الفضاء تتوسع تتمدد بسرعة أكبر من سرعة الضوء، وبالتالي يصل إلينا في نهاية المطاف.

على أية حال، ستؤدي الحقيقة القائلة بأن هناك مجرات تتحرك بعيداً عنا بسرعةً أعلى من سرعة الضوء، إلى عواقب حزينةٍ بعض الشيء. حيث يمتلك الآن علماء الفلك دليلاً قوياً على أننا نعيش في مرحلة "الكون المتسارع"، والتي تعني أن سرعة كل مجرة بالنسبة إلينا ستزداد مع مرور الوقت.

وإذا افترضنا أن هذا التسارع سيستمر إلى ما لانهاية ، فإن المجرات التي تتحرك حالياً بعيداً عنا بسرعة أكبر من سرعة الضوء، ستبقى تتحرك محافظة على نفس السرعة إلى أن تصل في نهاية المطاف إلى نقطة يكون فيها الفضاء بيننا وبينها يمتد بسرعة كبيرة جداً، بحيث أن أي ضوء سينبعث بعد هذه النقطة لن يكون بمقدوره الوصول إلينا.

ومع مرور الوقت (مليارات السنين في المستقبل)، سنشاهد هذه المجرات تتجمد ومن ثم تتلاشى دون أن نسمع عنها مرة أخرى. وعلاوة على ذلك، مع قيام المزيد من المجرات بالحركة بسرعة تتجاوز سرعة الضوء، سيصبح أي ضوء ينبعث منها بعد نقطة معينة غير قادر على الوصول إلينا، وبالتالي ستتجمد هذه المجرات أيضاً ومن ثم ستتلاشى.

وفي نهاية المطاف، سنجد أنفسنا متروكين ومعزولين في كونٍ غير مرئي بمعظمه، وسيكون مصدر الضوء الوحيد الذي يصل إلينا هو المنبعث من المجرات القريبة منا (والتي تتأثر حركتها بشدةٍ بتداخل الجاذبية المحلي) وذلك في سبيل إبقائنا ضمن نطاق شركاءها في الفضاء. ولمزيد من التفاصيل، لدينا دراسة تتضمن معلومات تقنية حول هذا الموضوع.

أي من المجرات الحالية سوف يرحل عنا ويودعنا؟ حسناً، إذا تخيلنا لبرهة وجود كائنات فضائية تعيش في تلك المجرات، ويحدوها الأمل في التواصل معنا، فسنتساءل عندها أي من تلك المجرات يدنو أجلها في هذه اللحظة؟ الجواب البديهي على هذا السؤال هو أن المجرات التي تتحرك حالياً بعيداً عنا بسرعةٍ أكبر من سرعة الضوء بالنسبة إلينا (على مسافة 4200 ميغابارسيك ومقدار انزياحٍ نحو الأحمر يبلغ 1.4 كالذي تم نقاشه سابقاً)، تمر حالياً "بمرحلة حرجة" بحيث أن أي ضوء تبعثه وترسله بعد هذه اللحظة لن يكون قادراً على الوصول إلينا.

حسناً، يبدو هذا صحيحاً إذا تكلمنا بشكل تقريبي، ولكن عند القيام بحسابات مفصلةٍ (كتلك الواردة في الدراسة) فإنها ستشير إلى أن أبسط نموذجٍ قابل للحياة والنمو خلال تسارع الكون، هو في الواقع مجرات تبتعد مسافة تبلغ 4.740 ولديها مقدار انزياح نحو الأحمر يبلغ 1.69. وهذه المجرات هي قاب قوسين أو أدنى من الوصول إلى المرحلة الحرجة، في حين أن المجرات التي لديها مقدار انزياح نحو الأحمر يبلغ 1.4 لا تزال تبعث الضوء الذي سيصل إلينا في نهاية المطاف.

ويعتبر هذا الاختلاف نتيجة لحقيقة خفية هي: على الرغم من أن الكون "يتسارع" بمعنى أن كل مجرة تتحرك بشكل أسرع مع مرور الوقت، إلى أن ثابت هابل يتناقص في الواقع مع مرور الوقت.

وبعبارة أخرى، إن المعدل الذي يتسارع فيه الكون، والذي يقاس عند نقطة معينة عندما يكون على مسافة ثابتة بالنسبة إلينا، يصبح أصغر فأصغر مع مرور الوقت. وإذا قمنا بمراقبة مجرة مستقلة وهي تتحرك بعيداً عنا، فسوف نرى هذا التسارع، ولكن في حال قمنا بمراقبة نقطة ثابتة في الفضاء بحيث نشاهد العديد من المجرات المختلفة تتجاوز تلك النقطة، فسنكتشف أن سرعة كل مجرة ستكون أبطأ من تلك التي سبقتها.

(في مقارنة تقريبية، يتصرف الكون كالنهر عند المنحدرات. فإذا قمت بوضع قارب في النهر ومن ثم جعلته يطفو بواسطة تدفق المياه، فإن حركته سوف تتسارع عند اقترابه من مجرى النهر ودخوله إلى المنحدرات. ولكن في حال كنت جالساً على ظهر القارب وتقوم بقياس سرعة الماء في مكان واحد، فإنها ستتغير استناداً إلى مجموعة مختلفة تماماً من العوامل، منها على سبيل المثال، حدوث تغير في منبع المياه الذي يغذي تيار النهر. فبالتالي من الممكن لسرعة المياه في موقعك أن تنخفض مع مرور الوقت، حتى لو كان كل قارب تقوم بإرساله يتحرك بنفس السرعة التي يتحرك بها عند توجهه إلى المنحدرات).

وبسبب هذا التأثير، إن كان الضوء قادراً على "السباحة ضد التيار" والمحافظة على مسافة ثابتة تقريباً بالنسبة إلينا (كما يحدث عندما ينبعث من مجرة تتحرك بعيداً عنا بسرعة الضوء)، مع مراعاة أن ثابت هابل سوف يتناقص مع مرور الوقت، فإن الضوء سيكون قادراً في نهاية المطاف على أن يمضي قدماً في مسعاه "للسباحة ضد التيار"، كما سيجتاز المسافة اللازمة أو الضرورية للوصول إلينا.

- التاريخ: 2015-09-25
- التصنيف: أسئلة كُبرى

#المجرات #سرعة الضوء #ثابت هابل #الكون المتسارع

المصطلحات

- **إشعاع الخلفية الكونية الميكروي (cosmic microwave background)**: أو اختصاراً CMB، وهو الإشعاع الحراري الذي خلفه ورائه الانفجار العظيم، وهي موجودة في كل الاتجاهات بالكثافة نفسها، وتعادل درجة حرارة 2.725 درجة كلفن.
- **ثابت هابل (Hubble constant)**: هو الثابت الذي يُحدد العلاقة بين المسافة التي تفصلنا عن مجرة ما وبين سرعتها الناتجة عن توسع الكون. بعد الكثير من الأعوام التي كان فيها هذا الثابت يمتلك قيمة تقع بين 50 و 100 كيلومتر لكل ثانية لكل Mpc، تم

تحديد قيمته مؤخراً لتكون 70 كيلومتر لكل ثانية لكل Mpc، زائداً أو ناقصاً 7. تم استخلاص هذه القيمة بالاعتماد على تلسكوب هابل الفضائي عبر الفريق الرئيسي للمشروع. المصدر: ناسا

- **الكوازارات أو أشباه النجوم (quasars)**: هي عبارة عن مجرات لامعة جداً وبعيدة جداً، ويُعتقد ان لمعانها ناجم عن قيام ثقب أسود فائق الكتلة وموجود في مركزها بابتلاع المادة.

المصادر

- الصورة
- curious.astro.cornell

المساهمون

- ترجمة
  - سومر عادلة
- مُراجعة
  - ريم المير أبو عجيب
- تحرير
  - نداء البابطين
  - أنس عبود
- تصميم
  - نيكولا رحال
- نشر
  - حور قادري