دور الطاقة المظلمة في تمدد الكون

المدرس المساعد
ضي عبد الحسن عبد حمود الياسري
جامعة الفرات الاسط التقنية / المعهد التقني / كوفة

دور الطاقة المظلمة في تمدد الكون

The Role of Dark Energy in the Expansion of the Universe

المدرس المساعد
ضي عبد الحسن عبد حمود الياسري
جامعة الفرات الاسط التقنية / المعهد التقني / كوفة
Assistant Lecture
dhay abdlhasan abdhamood al-yasiri
Al-Furat Al-Awsat Technical University / Al-Kufa Technical Institute
dhay.alhammoud@atu.edu.iq

الملخص:

يتناول هذا البحث الموسوم بـ (دور الطاقة المظلمة في تمدد الكون) دراسة أحد أهم المفاهيم في علم الكونيات الحديث، والمتمثل بالطاقة المظلمة بوصفها عاملاً رئيساً في تفسير ظاهرة التسارع الكوني. تنبع مشكلة البحث من التساؤل حول طبيعة الطاقة المظلمة ومدى إسهامها الفعلي في تسارع تمدد الكون، في ظل التباين بين التفسيرات النظرية والنتائج الرصدية الحديثة. ويهدف البحث إلى توضيح مفهوم الطاقة المظلمة، وبيان خصائصها الفيزيائية، وتحليل دورها ضمن النموذج الكوني القياسي Lambda–CDM model، فضلاً عن مناقشة الأدلة الرصدية التي دعمت فرضية التسارع الكوني. اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة الأدبيات العلمية الحديثة، وتحليل البيانات الفلكية المرتبطة بالمستعرات العظمى من النوع Ia وإشعاع الخلفية الكونية الميكروي، مع الاستناد إلى الأطر النظرية المرتبطة بالثابت الكوني الذي قدمه Albert Einstein. وقد أظهرت النتائج أن الطاقة المظلمة تمثل النسبة الأكبر من مكونات الكون، وأنها تؤدي دوراً حاسماً في تفسير تسارع التمدد، مع بقاء طبيعتها الفيزيائية الدقيقة موضع بحث ونقاش علمي. ويوصي البحث بضرورة دعم الدراسات الرصدية المستقبلية، وتطوير نماذج نظرية أكثر دقة لفهم خصائص الطاقة المظلمة، وتعزيز التكامل بين الفيزياء النظرية والرصد الفلكي من أجل الوصول إلى تفسير أشمل لمصير الكون

الكلمات المفتاحية: الطاقة المظلمة، تمدد الكون.

Abstract:
This research, titled "The Energy Cycle in the Study of the Expansion of the Universe," addresses one of the most important concepts in modern cosmology, a concept clearly considered a key factor in explaining the phenomenon of cosmic expansion. The research problem stems from the question of the nature of nature and its ability to function within the mysteries of the expanding universe, given the recent discrepancies between interpretations and observational results. The research aims to clarify the concept of force, explain its physical properties, analyze its role within the standard Lambda-CDM cosmological model, and discuss the observational evidence supporting the hypothesis of cosmic mysteries.
The research explored modern analytical frameworks by reviewing scientific literature and analyzing other astronomical data, including Type Ia background novae and cosmic microwave background radiation, while also considering other frameworks, including the cosmological constant proposed by Albert Einstein. The research concluded that energy represents a significant component of the universe and is crucial in explaining expansion, while its precise physics remains a subject of ongoing scientific research and debate.
The research recommends supporting future observational studies and more accurate model analysis to understand the properties of direct energy, including the intersection of physics and astronomical observation, in order to arrive at a more comprehensive interpretation of the fate of the universe.
Keywords: Dark energy, Expansion of the universe.

المقدمة:

تعتبر الطاقة المظلمة أحد الظواهر الفيزيائية الأكثر غموضاً وتأثيراً في الكون الحديث، حيث تلعب دوراً رئيسياً في تفسير ظاهرة توسع الكون بسرعات متزايدة. منذ اكتشافها، أثارت هذه الظاهرة الكثير من التساؤلات حول طبيعتها ومصدرها وأثرها على بنية وسلوك الكون على المدى الطويل. يُعتقد أن الطاقة المظلمة تشكل نسبة ضخمة من محتوى الكون الكلي، وتتحكم بشكل رئيسي في معدل التمدد، الأمر الذي أعاد صياغة مفاهيمنا حول الثوابت الكونية والنموذج القياسي في علم الكون الفيزيائي. يُعزى دورها إلى خصائصها الفريدة التي تسمح لها بمواجهة جاذبية المادة، حيث تعمل على تسريع التمدد الكوني بدلاً من مقاومته. برغم من أن طبيعتها لا تزال غير محددة بشكل كامل، إلا أن العديد من الدراسات والنماذج تثبت أنها تملك خصائص ديناميكية، تؤثر بشكل مباشر على تطور متغيرات الكون ومستقبله المحتمل. مع التطور التكنولوجي، تتزايد قياسات الملاحظات الفلكية التي تهدف إلى فهم طبيعة الطاقة المظلمة بشكل أدق، عبر قياس المسافات الكونية وتحليل الملاحظات المتعلقة بتوزيع المادة وخصائص الأشعة الكونية، مما يساهم في تحسين النماذج النظرية وتحديد مدى تأثيرها على البنية الكونية. ومع ذلك، يواجه الباحثون تحديات كبيرة تتعلق

بالقيود التكنولوجية والتحديات النظرية التي تعيق فهم أعمق لهذه الظاهرة، مما يفتح المجال أمام أسئلة مفتوحة تتعلق بمستقبل الكون، ومدى استمراريته في التمدد، حيث تتباين النماذج حول احتمالات الاستقرار أو النهاية. بشكل عام، يمثل دراسة الطاقة المظلمة تحدياً علمياً يقود إلى أفق جديد من المعرفة، ويعد من أهم محاور الفيزياء الكونية الحديثة، حيث تتلاقى فيه النظريات والتجارب لتكوين فهم أكثر عمقاً لظاهرة تتحدى التصورات التقليدية عن الكون. قد تم تقسيم البحث الى أربع أجزاء تناول المبحث الأول منهجية البحث اما المبحث الثاني تناول الجانب النظري للبحث ويتناول المبحث الثالث أبرز التحديات والحلول اما المبحث الرابع فقد تم فيه تناول أبرز ما توصل اليه البحث من استنتاجات وتوصيات.

هيكلية البحث

يتكون البحث من عدة محاور رئيسة، إذ تناول المحور الأول الإطار النظري المتعلق بمفهوم الطاقة المظلمة ونشأة فكرة تمدد الكون. أما المحور الثاني فتضمن عرض الأدلة الرصدية على تسارع التمدد الكوني، مع بيان دور الطاقة المظلمة في تفسير هذه الظاهرة. وخصص المحور الثالث للتحليل الفيزيائي والرياضي وفق النموذج الكوني القياسي، في حين خُتم البحث بعرض النتائج والاستنتاجات والتوصيات.

المبحث الأول: المنهجية العلمية للبحث

أولا: مشكلة البحث

تُعد المادة المظلمة والطاقة المظلمة من أكثر القضايا التي تشغل اهتمام العلماء المتخصصين في علم الفلك، حيث يُعتقد أن لهما تأثيرًا حقيقيًا على الكون. فالتوسع الكبير الذي يحدث حاليًا يؤدي إلى تباعد المجرات بشكل متسارع في جميع الاتجاهات، وكلما زاد هذا التباعد، أصبح تأثير المادة والطاقة المظلمتين أكثر وضوحًا. وتكمن مشكلة البحث من خلال التساؤل الرئيسي التالي: ما الدور الذي تلعبه الطاقة المظلمة في تسارع تمدد الكون؟

ومنة تنبثق الأسئلة التالية:

١-هل تختلف الطاقة المظلمة عن المادة المظلمة من حيث نسبتها وخصائصها ودورها الكوني.

٢- ما الأدلة الرصدية التي تشير إلى أن تمدد الكون يتسارع بمرور الزمن؟

٣. ما أبرز التحديات العلمية التي تواجه فهم طبيعة الطاقة المظلمة؟

ثانياً: فرضيات البحث

- تلعب الطاقة المظلمة دوراً أساسيا في تسارع تمدد الكون.

١- تختلف الطاقة المظلمة عن المادة المظلمة من حيث نسبتها خصائصها ودورها الكوني.

٢- هناك العديد من الادلة رصدية التي تشير إلى أن تمدد الكون يتسارع بمرور الزمن

٣- هناك عدة تحديات التي تواجه فهم طبيعة الطاقة المظلمة.

ثانيا: أهمية البحث:

تنبع أهمية هذا البحث من كونه يتناول أحد أكثر المواضيع غموضاً وإثارة في علم الكونيات الحديث، وهو دور الطاقة المظلمة في تمدد الكون. يُسهم البحث في توضيح مفاهيم علمية معقدة مثل الطاقة والمادة المظلمة، ويعرض النظريات الحديثة التي تسعى لفهم مصير الكون. كما يساعد في ربط النتائج الرصدية بالنماذج النظرية، مما يعزز الفهم العلمي لتسارع التمدد الكوني، ويحفّز الباحثين على التوسع في هذا المجال الحيوي من الفيزياء الفلكية.

رابعا: أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى دراسة دور الطاقة المظلمة في تمدد الكون من خلال توضيح الفروق الجوهرية بينها وبين المادة المظلمة من حيث الخصائص والتأثير الكوني، وتحليل الأدلة الرصدية التي تشير إلى أن تمدد الكون يتسارع بمرور الزمن. كما يسعى إلى استعراض النظريات العلمية التي فسرت هذه الظاهرة، ومناقشة التحديات العلمية والفلسفية التي تواجه فهم طبيعة الطاقة المظلمة، وصولاً إلى تقديم مجموعة من التوصيات التي قد تسهم في توجيه الأبحاث المستقبلية نحو فهم أعمق لمكونات الكون ومصيره.

خامسا: منهج البحث

يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي، حيث تم جمع المعلومات من مصادر علمية معتمدة شملت كتب الفيزياء الفلكية، والأبحاث المحكمة، والمقالات العلمية المتخصصة. وقد تم التركيز على تحليل المفاهيم الأساسية للطاقة المظلمة والمادة المظلمة، واستعراض الأدلة الرصدية التي تؤيد تسارع تمدد الكون، بالإضافة إلى دراسة النظريات والنماذج الكونية ذات الصلة. كما تم استخدام منهج التحليل النقدي لمناقشة التحديات التي تواجه تفسير هذه الظواهر، وتقديم استنتاجات وتوصيات مبنية على المعطيات العلمية الحالية.

سادسا: حدود البحث

الحدود الزمنية: امتدت مدة البحث من (٢٠٢٤/٩/١ **الى** ٢٠٢٥/٨/١٣).

الحدود المكانية: يُعالج البحث اعلى مستوى كوني شامل، معتمداً على بيانات ومصادر فلكية عالمية دون تقييد بموقع جغرافي محدد.

المبحث الثاني: الجانب النظري

المحور الأول: الطاقة المظلمة والمادة المظلمة – المفاهيم والتفسيرات والأدلة العلمية والنظريات

الطاقة المظلمة (Dark Energy)

عندما يستخدم الفيزيائيون والفلكيون مصطلح "مظلم"، فإنهم يشيرون إلى أن الشيء الموصوف

بهذه الصفة لا يتفاعل مع الحقل الكهرومغناطيسي، أي أنه لا يتفاعل مع الأمواج الكهرومغناطيسية (الضوء)، مما يجعله غير مرئي. في هذا السياق، تُستخدم كلمة "مظلم" كمصطلح. يزداد الغموض عندما نعلم أن الطاقة المظلمة تتفاعل فقط مع القوى الأساسية الأربعة، بما في ذلك الجاذبية. مع مرور الزمن وتوسع الكون، ستتناقص كثافة المادة والإشعاع (الكهرومغناطيسي)، مما سيسمح للطاقة المظلمة بالهيمنة على الكون في المستقبل.[١]

وهي موزعة بالتساوي في جميع أنحاء الكون، ليس فقط في المكان، بل في الزمان أيضًا – أي أن تأثيرها لا يضعف مع تمدد الكون. ويعني هذا التوزيع المتساوي أن الطاقة المظلمة ليس لها أي تأثيرات جاذبية محلية، بل تأثير عالمي على الكون ككل. وهذا يؤدي إلى قوة تنافر تميل إلى تسريع تمدد الكون. ويمكن قياس معدل التمدد وتسارعه من خلال الملاحظات المستندة إلى قانون هابل. وقد أكدت هذه القياسات، إلىجانب بيانات علمية أخرى، وجود الطاقة المظلمة، وتوفر تقديرًا لكمية هذه المادة الغامضة الموجودة[٢].

. أطلق عالم الفلك بجامعة شيكاغو، مايكل تيرنر، مصطلح "الطاقة المظلمة" في عام ١٩٩٨ خلال اجتماع للفيزياء في جبل ستروملو بأستراليا. وظهر المصطلح لأول مرة في ورقة بحثية بعنوان "المادة المظلمة والطاقة في الكون". والاسم مستوحى من مصطلح "المادة المظلمة"، الذي تم صياغته عام ١٩٣٣ لوصف مادة غامضة مماثلة موجودة في الكون. قال تيرنر: "كان اختيار الاسم مقصودًا للغاية." عندما بدأت الأدلة على وجود الطاقة المظلمة في الظهور لأول مرة، اعتقد العديد من العلماء أنها مجرد مشكلة بسيطة سيتم تفسيرها بسهولة على أنها الثابت الكوني. وأضاف: "أردت اسمًا يشير إلى أن هذه حقًا لغز كبير، ولا ينبغي التسرع في استخلاص الاستنتاجات. وأعتقد أن ذلك نجح." الطاقة المظلمة انها احدى اشكال الطاقة التي تؤدي الى توسع الكون في علم الكونيات يشير إلى شكل غير معروف من الطاقة تشكل حوالي ٦٨% من الكون. وتتوزع عبر خلاء الكون بشكل منتظم، يجب أن يكون لها ضغط سلبي لأن هذا هو أهم شرط لكي تسبب توسع الكون. والطاقة المظلمة مسؤولة عن التوسع المتسارع للكون، وهي قوة تعمل بعكس الجاذبية، مما يؤدي إلى دفع المجرات بعيدًا عن بعضها البعض بمعدل متزايد. وفقًا لوكالة ناسا، فإن الطاقة المظلمة لا تزال غامضة إلى حد كبير، قد تكون الطاقة المظلمة نوعًا من الطاقة الكامنة الموجودة في الفضاء نفسه، والمعروفة بـ "الثابت الكوني" (اقترحه ألبرت أينشتاين). بديلًا عن ذلك، قد تكون الطاقة المظلمة نتيجة لتعديل قوانين الجاذبية عند مقاييس كونية كبيرة.[٣]

المادة المظلمة (Dark matter)

المادة المظلمة على عكس المادة العادية، لا تتفاعل مع القوة الكهرومغناطيسية، مما يعني انها لا تمتص الضوء ولا تعكسه أو تبعثه. لهذا السبب، يصعب للغاية اكتشافها. في الواقع، تمكن العلماء من الاستدلال على وجودها فقط من خلال تأثيرها الجاذبي المرصود على المادة المرئية.[٤]

المعروفة أيضًا بالمادة السوداء أو المعتمة، هي مفهوم فيزيائي يُستخدم لشرح نسبة كبيرة من الكتلة الكلية للكون. هذه المادة غير مرئية بالأجهزة الفلكية التقليدية لأنها لا تصدر أو تمتص الضوء أو أي نوع آخر من الإشعاع الكهرومغناطيسي بشكل ملحوظ. بدلاً من ذلك، يُستنتج وجود المادة المظلمة من خلال تأثيراتها الجاذبية على المادة المرئية والإشعاع والهياكل الكونية الكبيرة. وفقًا لبيانات بعثة بلانك والنموذج القياسي لعلم الكونيات، يُقدر أن الكون يحتوي على حوالي ٤,٩% من المادة العادية، ٢٧% من المادة المظلمة، و٦٨,٣% من الطاقة المظلمة. وبالتالي، تُشكل المادة المظلمة حوالي ٨٤,٥% من إجمالي الكتلة في الكون، بينما تُشكل الطاقة المظلمة مع المادة المظلمة ما يقارب ٩٥,١% من المحتوى الإجمالي للكون. تم اقتراح وجود المادة المظلمة لأول مرة في عام ١٩٣٢ من قبل العالم جان أورت لتفسير السرعات المدارية للنجوم في مجرة درب التبانة. وقد تبنى فريتز زفيكي هذا المفهوم أيضًا لتقديم تفسير للكتلة "المفقودة" اللازمة نظريًا للسرعات المدارية للنجوم داخل المجرات والعناقيد المجرية. المادة المظلمة لا تتفاعل مع الضوء بشكل مباشر، ولكن يمكن أن تتفاعل ثقاليًا، وهذا ما يسمح لنا بالكشف عن وجودها، خاصة في تأثيراتها على حركة المجرات. تشكل المادة المظلمة حوالي ربع كتلة الكون، مما يجعلها مهمة للغاية. تظهر قوة وجودها بوضوح في منحنيات دوران المجرات، حيث يظل التأثير الثقالي قائمًا حتى بعد مغادرة الأجسام المضيئة، مما يشير إلى وجود كتلة غير مرئية تؤثر على الحركة بشكل ملحوظ، تظل المادة المظلمة لغزاً يحفز العلماء لمزيد من البحث والاستكشاف. نحن لا نراها ضوئيا، ولكن نتابع تأثيرها على الكون من خلال الظواهر الفلكية.[٥]

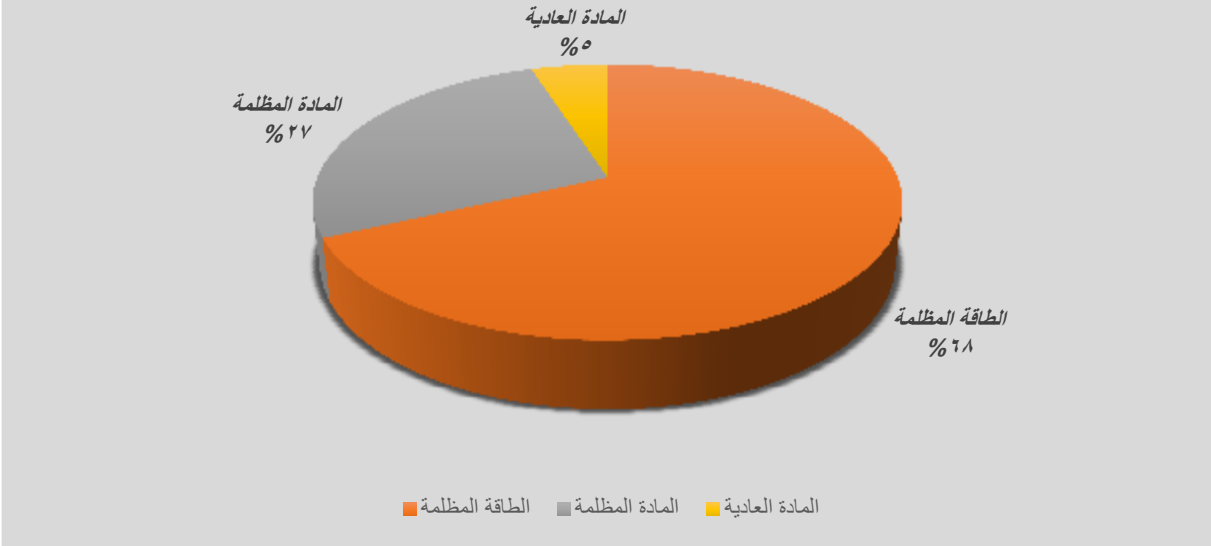
لا يستطيع الفلكيون رؤية المادة المظلمة مباشرة، ولكن يمكنهم دراسة آثارها. يمكنهم رؤية الضوء ينحني بسبب جاذبية أجسام غير مرئية (وهو ما يُعرف بعدسة الجاذبية). كما يمكنهم قياس سرعات دوران النجوم حول مجراتها، التي تكون أسرع مما ينبغي وفقًا للمادة المرئية فقط.[٦]

المادة المظلمة الباريونية والمادة المظلمة الغير باريونية

من الممكن أن تكون نسبة صغيرة من المادة المظلمة مادة مظلمة باريونية، مثل الأجسام الفلكية كالهالات الثقيلة المدمجة التي تتكون من

مادة عادية وتبعث القليل من الإشعاع الكهرومغناطيسي أو لا تبعثه على الإطلاق. ومع ذلك، تشير المشاهدات الأخرى إلى أن الغالبية العظمى من المادة المظلمة في الكون ليست باريونية، أي أنها ليست مكونة من الذرات ولا تتفاعل مع المادة العادية عبر القوى الكهرومغناطيسية، ولا تحمل جسيماتها أي شحنة كهربائية. تشمل المادة المظلمة غير الباريونية النيوترينو هات، وقد تتضمن جسيمات افتراضية مثل الأكسيونات أو الجسيمات فائقة التناظر. وعلى عكس المادة المظلمة الباريونية، لا تساهم المادة المظلمة غير الباريونية في تكوين العناصر في بداية الكون خلال عملية التخليق النووي للانفجار العظيم، وبالتالي يتم الكشف عن وجودها فقط من خلال تأثيرها الجاذبي. بالإضافة إلى ذلك، إذا كانت الجسيمات المكونة للمادة المظلمة غير الباريونية فائقة التناظر، فإنها قد تخضع لتفاعلات الإفناء مع نفسها، مما يؤدي إلى ملاحظتها من خلال النواتج الفرعية مثل الفوتونات والنيوترينو هات (الكشف غير المباشر). تصنف المادة المظلمة غير الباريونية بناءً على كتلة الجسيمات المفترضة لتشكيلها وسرعة انتشار تلك الجسيمات (حيث تكون الجسيمات الأثقل أبطأ). هناك ثلاث افتراضات بارزة للمادة المظلمة غير الباريونية: المادة المظلمة الساخنة، والدافئة، والباردة، مع إمكانية المزج بينها. النموذج الأكثر مناقشة للمادة المظلمة غير الباريونية يعتمد على فرضية المادة المظلمة الباردة، ويفترض أن الجسيم المرتبط بها هو جسيم ثقيل ضعيف التفاعل. من الممكن أن تتكون المادة المظلمة الساخنة من النيوترينو هات الثقيلة. تؤدي المادة المظلمة الباردة إلى تشكيل بنية الكون من الأسفل إلى الأعلى، بينما تؤدي المادة المظلمة الساخنة إلى تشكيلها من الأعلى إلى الأسفل [٧]

هناك ثلاث افتراضات رئيسية للمادة المظلمة غير الباريونية، وهي: المادة المظلمة الساخنة، والدافئة، والباردة، مع إمكانية وجود خليط بينها. يُعد النموذج الأكثر شيوعًا لمناقشة المادة المظلمة غير الباريونية هو نموذج المادة المظلمة الباردة، الذي يفترض أن الجسيم المسؤول عنها هو جسيم ثقيل ضعيف التفاعل. في المقابل، يمكن أن تتكون المادة المظلمة الساخنة من نيوترينوهات ثقيلة. تؤثر هذه الأنواع المختلفة على بنية الكون، حيث تساهم المادة المظلمة الباردة في تكوين بنية "من القاعدة إلى القمة"، بينما تؤدي المادة المظلمة الساخنة إلى تكوين بنية "من القمة إلى القاعدة[٩٨]



شكل (١): مخطط من اعداد الباحثة يوضح الكميات النسبية للطاقة المظلمة والمادة المظلمة والمادة العادية التي يتألف منها الكون.

يمثل هذا المخطط توزيع مكونات الكون وفقاً لأحدث النماذج الكونية حيث تشكل الطاقة المظلمة حوالي ٦٨,٣% هي أكثر المكونات غموضاً في الكون، تعتبر السبب الرئيسي وراء تسارع توسع الكون. اما المادة المظلمة نسبتها ٢٧% هذه المادة لا تصدر الضوء، ولا تتفاعل معه لذا لا يمكن رؤيتها مباشرتا، لكن يمكن استنتاج وجودها من تأثيراتها الجاذبية على الأجسام الفلكية. والمادة العادية تشكل حوالي ٥% متمثلة بالذرات والجزيئات التي تشكل النجوم والكواكب وكل شيء مرئي في الكون وعلى الرغم من انها تشكل نسبة صغيرة من الكون، الا انها تشكل كل العناصر الكيميائية التي نعرفها ونتفاعل معها.

اكتشاف الطاقة المظلمة:

تم اكتشاف الطاقة المظلمة في أواخر التسعينيات عندما درس العلماء ضوء المستعرات العظمى البعيدة. لاحظوا أن الضوء القادم من هذه النجوم كان أضعف مما كان متوقعًا، مما أشار إلى أن الكون يتسارع في تمدده. ومنذ ذلك الحين، واصلت الأبحاث والتجارب الجارية محاولة فهم طبيعة الطاقة المظلمة، من خلال مسوحات المجرات ودراسات التباين في الخلفية الكونية الميكروية.[١١١٠] وكان اكتشاف الطاقة المظلمة في عام ١٩٩٨ صدمة في حد ذاته. قبل ذلك، كان الاعتقاد السائد أن تمدد الكون سيتباطأ تحت تأثير الجاذبية. لكن علماء من الولايات المتحدة وأستراليا وجدوا أن سرعة التمدد تتزايد، ولم يكن لديهم أي فكرة عن القوة المحركة

وراء ذلك، فسموها "الطاقة المظلمة" للدلالة على غموضها. رغم أننا ما زلنا لا نعرف ماهية الطاقة المظلمة، التي تعد من أكبر الألغاز في مجال العلوم، فإن علماء الفلك استطاعوا قياس تأثيرها وملاحظة ما إذا كانت تتغير مع الزمن، من خلال مراقبة تسارع المجرات في ابتعادها عن بعضها البعض عبر مراحل مختلفة من تاريخ الكون. وقد أُجريت العديد من التجارب لمعرفة المزيد عنها، منها جهاز مطياف الطاقة المظلمة (DESI) في مرصد كيت بيك الوطني بالقرب من توسان في ولاية أريزونا. يتكون هذا الجهاز من ٥٠٠٠ ليف بصري، كل واحد منها هو تلسكوب مُتحكَّم به آليًا، يمسح المجرات بسرعة عالية. في العام الماضي، عندما اكتشف الباحثون باستخدام جهاز مطياف الطاقة المظلمة دلائل تشير إلى أن القوة الناتجة عن الطاقة المظلمة قد تكون قد تغيرت مع مرور الزمن، اعتقد الكثير من العلماء أن هذه مجرد إشارة مؤقتة في البيانات، والتي ستختفي بعد المزيد من التحليل. ولكن بدلاً من ذلك، استمر هذا التفاوت في الظهور بشكل متزايد. وقال البروفيسور سيشادري ناداثور من جامعة بورتسموث: "الأدلة الآن أصبحت أقوى من أي وقت مضى. لقد أجرينا العديد من الاختبارات الإضافية مقارنة بالعام الماضي، مما يعزز ثقتنا في أن النتائج ليست بسبب تأثير غير معروف في البيانات لم نكن قد أخذناها في الحسبان. رغم أن البيانات لم تصل بعد إلى حد اعتبارها اكتشافًا رسميًا، فإنها أثارت اهتمام العديد من علماء الفلك، بما في ذلك عالمة الفلك الملكية في اسكتلندا، البروفيسورة كاثرين هيمانز من جامعة إدنبره. وقالت هيمانز في تصريح لبي بي سي نيوز: "يبدو أن الطاقة المظلمة أكثر غموضًا مما كنا نظن". وأضافت: "في عام ٢٠٢٤، كانت البيانات جديدة تمامًا، ولم يكن أحد متأكدًا منها بشكل كامل، وكان هناك شعور بحاجة إلى مزيد من العمل للتحقق منها". وتابعت قائلة: "لكن الآن، ومع توافر مزيد من البيانات وإجراء الكثير من التدقيق من قبل المجتمع العلمي، ورغم احتمال اختفاء هذه الظاهرة، إلا أن هناك فرصة لأن نكون على وشك اكتشاف بالغ الأهمية"[١٢].

ظهور الطاقة المظلمة والتحديات المستقبلية:

ظهرت فكرة الطاقة المظلمة في أواخر القرن العشرين وأصبحت جزءًا أساسيًا من علم الكونيات الحديث. في عام ١٩٩٨، نشر فريقان من العلماء نتائج تشير إلى أن الكون يتوسع بشكل متسارع، بناءً على ملاحظات الضوء المنبعث من المستعرات العظمى البعيدة. الفريق الأول كان من مشروع Supernova Cosmology Project بقيادة عالم الفلك الأمريكي سال بيلوتا، والفريق الثاني من مشروع High-Z Supernova Search Team بقيادة

شين إدواردسون. وقد أظهرت هذه الدراسات أن الكون يتوسع بسرعة أكبر مما كان متوقعًا، ما دفع العلماء إلى استنتاج أن التسارع في توسع الكون يعود إلى نوع غير مرئي من الطاقة، أطلق عليه اسم "الطاقة المظلمة". اليوم، يُعتبر فهم الطاقة المظلمة من أكبر التحديات في علم الفلك والفيزياء الحديثة. لا تزال الأسئلة حول طبيعتها وكيفية تأثيرها على تطور الكون غير مجابة. ولذا، تستمر الأبحاث والدراسات في هذا المجال، بما في ذلك مسوحات المجرات ودراسات الخلفية الكونية الميكروية. كما تم تطوير نماذج متعددة للطاقة المظلمة، مثل "النموذج الثابت الكوني" و"النظريات الديناميكية"، في محاولة لفهم دورها وتأثيراتها في الكون. لقد تم تكريم العلماء الذين ساهموا في اكتشاف الطاقة المظلمة، حيث حصل سال بيلوتا وآدم ريس وشوكي موكي على جائزة نوبل في الفيزياء عام ٢٠١١ تقديرًا لعملهم الذي أظهر أن حوالي ٧٠% من كثافة الطاقة في الكون يمكن أن تُعزى إلى هذه الظاهرة الغامضة. وبهذا، تظل الطاقة المظلمة مجالًا نشطًا للبحث العلمي، وقد تكشف الأبحاث المستقبلية عن إجابات جديدة قد تغير فهمنا لطبيعة الكون وتاريخه.[١٤١٣]

دليل وجود الطاقة المظلمة:

في نهاية القرن العشرين، أظهرت عدة دراسات كونية نتيجة أدهشت العديد من العلماء. على الرغم من أن الكون كان يتمدد منذ الانفجار العظيم، كان يُعتقد أن هذا التمدد يجب أن يتباطأ بمرور الوقت بسبب الجاذبية التي تسحب المجرات معًا. لكن في الواقع، يبدو أن الكون يتمدد حاليًا بشكل متسارع. في عام ١٩٩٨، وجدت مجموعتان من علماء الفلك، أثناء دراسة النجوم المنفجرة المعروفة بالمستعرات العظمى (السوبرنوفا)، أن المجرات البعيدة لا تبتعد فحسب، بل تفعل ذلك بوتيرة متزايدة. ومنذ ذلك الحين، أكدت دراسات أخرى—بما في ذلك قياسات البنية واسعة النطاق للكون، والأشعة السينية من عناقيد المجرات، وإشعاع الخلفية الكونية الميكروي—هذه النتيجة نفسها. بعد التضخم الأولي الذي تبع الانفجار العظيم، بدأ تمدد الكون في التباطؤ تدريجيًا، مما أتاح الفرصة لتشكُّل المجرات والنجوم. وكما أوضح البروفيسور جوشوا فريمان من جامعة شيكاغو، الذي شارك في تأسيس وقيادة مسح الطاقة المظلمة: "لم يكن بإمكان الطاقة المظلمة أن تصبح العنصر المسيطر في وقت مبكر جدًا من عمر الكون، لأن المادة لم تكن ستتمكن من التكتل لتكوين المجرات والنجوم والكواكب ونحن." ولكن منذ حوالي خمس مليارات سنة، بدأ التمدد في التسارع مرة أخرى، وهذا ما نرصده اليوم. المثير للدهشة أنه على الرغم من أننا لا نستطيع رؤية الطاقة المظلمة ولا نعرف ماهيتها بالضبط، فإننا نفهم بشكل جيد مقدارها. يمكن

للعلماء دراسة المستعرات العظمى التي انفجرت قبل مليارات السنين وتتبع سرعة ابتعاد المجرات التي توجد فيها لتقدير مقدار تسارع الكون بمرور الزمن، مما يساعد في حساب كمية الطاقة المظلمة اللازمة لتفسير ذلك. كإجراء للتحقق، يمكن للعلماء أيضًا تحليل الضوء المتبقي من السنوات الأولى بعد الانفجار العظيم والتنبؤ بما يجب أن يكون عليه الحال اليوم بناءً على القوانين المعروفة للكون؛ الفرق بين القيمتين هو مقدار الطاقة المظلمة الموجودة. وتُشير الحسابات إلى أن الطاقة المظلمة تشكل حوالي ٧٠% من إجمالي الطاقة والمادة في الكون[١٥].

تحدد ماهية الطاقة المظلمة:

أفضل طريقة لدينا حاليًا لفهم الطاقة المظلمة هي إجراء قياسات دقيقة للغاية لأجزاء واسعة من الكون. يمكننا استخدام هذه القياسات بطريقتين: الأولى من خلال مراقبة الأجسام الساطعة، مثل المستعرات العظمى (السوبرنوفا)، لمعرفة مدى سرعة حركتها بمرور الزمن، وبالتالي قياس تاريخ توسع الكون. الطريقة الثانية هي دراسة أنماط تطور الهيكل واسع النطاق للكون عبر الزمن.

هناك عدة طرق للقيام بذلك:

- من خلال مراقبة ما حولنا:

قام علماء الفلك باكتشافات مهمة عبر دراسة المجرات لقياس معدل توسع الكون في الحاضر والماضي. هناك العديد من الطرق لاختبار النظريات المختلفة للطاقة المظلمة؛ على سبيل المثال، يمكننا دراسة كيفية انحناء الضوء حول المجرات الضخمة لفهم تأثير الطاقة المظلمة على نمو الهياكل الكونية، مثل العناقيد المجرية الكبيرة. يمكننا أيضًا رسم التوزيع المكاني للمجرات عبر الزمن ومحاولة إيجاد أنماط محددة.

- من خلال التلسكوبات والمسوحات المستقبلية:

مع التقدم في التلسكوبات والمسوحات، مثل تلسكوب جيمس ويب الفضائي التابع لناسا، ومرصد فيرا سي روبين القادم، وتلسكوب نانسي غريس رومان الفضائي، نتوقع اكتشاف المزيد في السنوات القادمة.

- من خلال النظر إلى الماضي:

أحد الأدلة الأساسية التي نملكها هو إشعاع الخلفية الكونية الميكروي—وهو بمثابة "صور طفولة" الكون. هذا الضوء هو بقايا من الفترة التي تلت الانفجار العظيم مباشرة. لقد كان يسافر عبر الكون عبر الزمن، ويمكننا التقاطه باستخدام تلسكوبات وكواشف متطورة للغاية. من خلال دراسة التغيرات الطفيفة في هذا الضوء، يمكننا استنتاج الكثير عن شكل الكون المبكر وسلوكه. على سبيل المثال، ربما تركت نظرية "الجوهر الخامس" (Quintessence) بصمة صغيرة ولكنها مميزة في إشعاع الخلفية الكونية الميكروي يمكننا اكتشافها[١٦]

١-٢ تفسيرات الطاقة المظلمة:

توجد عدة تفسيرات رئيسية للطاقة المظلمة، وقد اعتمدت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) هذه التفسيرات ونشرتها على موقعها الرسمي: https://science.nasa.gov، وسنستعرض فيما يلي أبرز هذه التفسيرات.

١- طاقة الفراغ:

يعتقد بعض العلماء أن الطاقة المظلمة هي طاقة خلفية أساسية وموجودة دائمًا في الفضاء تُعرف باسم طاقة الفراغ، ويمكن أن تساوي الثابت الكوني، وهو مصطلح رياضي في معادلات نظرية النسبية العامة. كان الثابت موجودًا لتحقيق التوازن في الجاذبية، أدى إلى كون ثابت. لكن عندما أكد هابل أن الكون يتوسع بالفعل، أزال أينشتاين الثابت، إذ وصفه بانه "أكبر خطأ ارتكبه"، تبعاً لعالم الفيزياء جورج جامو. عندما تبين لاحقًا أن توسع الكون يتسارع بالفعل، اقترح معظم العلماء وجود قيمة غير صفرية للثابت الكوني الذي فقد مصداقيته سابقًا، واقترحوا أن هذه القوة الإضافية تساهم في تسريع التوسع. وقد افترضت هذه النظرية على أن هذا المكون الغامض يمكن أن يعزى إلى شيء يسمى (طاقة الفراغ)، وهي طاقة نظرية تملأ الفضاء بأكمله. الفضاء ليس فارغًا أبدًا. ووفقا لنظرية المجال الكمي، هناك جسيمات افتراضية، أو أزواج من الجسيمات، يُعتقد أن هذه الجسيمات الافتراضية تظهر وتختفي بسرعة مما يولد طاقة تؤثر على توسع الكون، وأن هذا الفعل من الظهور والخروج من الوجود يمكن أن يصبح ممكنًا عن طريق ((طاقة الفراغ)) التي تملأ الكون وتدفع الفضاء إلى الخارج. أن هذه النظرية كانت موضوعًا شائعًا للمناقشة، قام العلماء الذين بحساب كمية طاقة الفراغ التي يجب أن تكون موجودة نظريًا في الفضاء. تبين ان التوقعات الأولية كانت تفترض وجود كمية هائلة من الطاقة الفراغية، في البداية، الكون قد توسع إلى الخارج بسرعة كبيرة وبقوة كبيرة بحيث لا يمكن أن تتشكل نجوم أو مجرات، أو يجب ألا يكون هناك أي شيء على الإطلاق، هذا يعني أن كمية طاقة الفراغ في الكون يجب أن تكون أقل بكثير مما هي عليه في هذه التوقعات. ومع ذلك، لا يزال حل هذا التناقض يشكل تحدياً، مما يعرف بـ "مشكلة الثابت الكوني".

٢- جوهر:

يفترض بعض الباحثين أن الطاقة المظلمة قد تكون نوعًا من سائل أو مجال الطاقة الذي يملأ الفضاء، ويتصرف بطريقة معاكسة للمادة العادية، يختلف في كميته وتوزيعه عبر الزمان والمكان. أطلق على هذه النسخة المفترضة من الطاقة المظلمة اسم ((الجوهر)) نسبة إلى العنصر الخامس النظري الذي ناقشه الفلاسفة اليونانيون القدماء. وقد اقترح بعض العلماء أن الجوهر يمكن أن يكون مزيجًا من الطاقة

المظلمة والمادة المظلمة، على الرغم من أنهما يعتبران حاليًا منفصلين تمامًا عن بعضهما البعض. بينما يشكل كلاهما لغزًا كبيرًا للعلماء، يُعتقد أن المادة المظلمة تشكل حوالي ٨٥٪ من إجمالي المادة في الكون.

٣- التجاعيد الفضائية:

يعتقد معظم العلماء أن الطاقة المظلمة يمكن أن تكون نوعًا من الخلل في نسيج الكون نفسه؛ عيوب مثل الأوتار الكونية، وهي عبارة عن "تجاعيد" افتراضية أحادية البعد يعتقد أنها تشكلت في الكون المبكر.

٤- خلل في النسبية العامة:

يعتقد بعض العلماء أن الطاقة المظلمة ليست شيئًا ماديًا يمكننا اكتشافه. من الممكن أن تكون هناك مشكلة مع النظرية النسبية العامة لأينشتاين في الجاذبية وكيفية عملها على نطاق الكون المرئي. ضمن هذا التفسير، يعتقد الباحثين ومن الممكن تعديل فهمنا للجاذبية بطريقة تشرح تفسير الكون دون الحاجة إلى الطاقة المظلمة. في الواقع، اقترح أينشتاين فكرة كهذه في عام ١٩١٩ تسمى بـ (الجاذبية الأحادية)، وهي نسخة محدثة من النسبية العامة ويفترض العلماء اليوم أنها لن تحتاج إلى طاقة مظلمة لفهم الكون

الأدلة العلمية للطاقة المظلمة:

١. المستعرات العظمى من النوع Ia:

أدى اكتشاف الطاقة المظلمة إلى ثورة في علم الفلك، وقد جاء هذا الاكتشاف من خلال دراسة نوع معين من النجوم المنفجرة يُعرف بالمستعرات العظمى من النوع Ia. على عكس الأنواع الأخرى من المستعرات التي تنتج عن انهيار النجوم الضخمة بعد انتهاء وقودها النووي، فإن مستعرات النوع Ia تنشأ من نجوم أصغر تعرف بـ "الأقزام البيضاء" في أنظمة نجمية ثنائية، حيث يدور نجم قزم أبيض مع نجم آخر حول مركز كتلتهما المشترك. عندما يكون أحد النجمين أكبر من الآخر، يشيخ بسرعة ويتحول في النهاية إلى قزم أبيض – نجم صغير في الحجم لكنه كثيف جدًا، إذ يمكن أن تكون كثافته أعلى من كثافة الحديد بمئة ألف مرة. وتُعرف مادة القزم الأبيض بأنها "متحللة" بسبب خضوعها لتأثيرات ميكانيكا الكم، والتي تمنعها من الانهيار تحت جاذبيتها الشديدة. في هذه الأنظمة الثنائية، يبدأ القزم الأبيض بجذب المادة الغازية – خاصة الهيدروجين – من رفيقه النجم الأضعف. ومع تراكم هذه المادة على سطحه، ترتفع درجة حرارته وكثافته بشكل كبير. وعندما تتجاوز الحرارة ١٠ ملايين درجة، يبدأ تفاعل اندماج نووي هائل، يشبه في طبيعته القنبلة الهيدروجينية، لكنه أشد قوة بتريليونات المرات، مما يؤدي إلى انفجار كلي للقزم الأبيض في

صورة مستعر أعظم من النوع Ia. ما يجعل هذه المستعرات ذات أهمية خاصة للفلكيين هو امتلاكها لميزتين فريدتين:

أولا: السطوع الشديد: فهي من أكثر الأحداث الكونية إشراقًا، ويمكن رؤيتها من مسافات تصل إلى مليارات السنوات الضوئية.

ثانيا: الاتساق في الخصائص: تحدث انفجارات المستعرات من هذا النوع دائمًا عند بلوغ القزم الأبيض نفس الحد من الكتلة (حوالي ١,٤ مرة كتلة الشمس)، وفي ظروف متشابهة، لذا فهي تطلق نفس كمية الطاقة وتخبو بنفس النمط. هاتان الخاصيتان تجعلان منها شموعًا معيارية، أي أجرام سماوية يمكن للفلكيين استخدامها لقياس المسافات في الكون بدقة، لأنهم يعرفون بالضبط كم يجب أن يكون سطوعها الحقيقي. وعند مقارنة هذا السطوع بما نرصده من الأرض، يمكن حساب المسافة بدقة، لأن السطوع الظاهري يقل كلما زادت المسافة، بحسب قانون التربيع العكسي. عند تطبيق هذه الطريقة على مستعرات Ia البعيدة، لاحظ الفلكيون أنها كانت أقل سطوعًا مما كان متوقعًا – أي أنها كانت أبعد مما يُفترض. وهذا يعني أن الكون لا يتمدد فقط، بل يتمدد بمعدل متسارع، مما لا يمكن تفسيره إلا بوجود طاقة غامضة تدفع بهذا التوسع – وهي ما يُعرف اليوم بـ الطاقة المظلمة[١٧].

٢. الخلفية الكونية الميكروية (CMB):

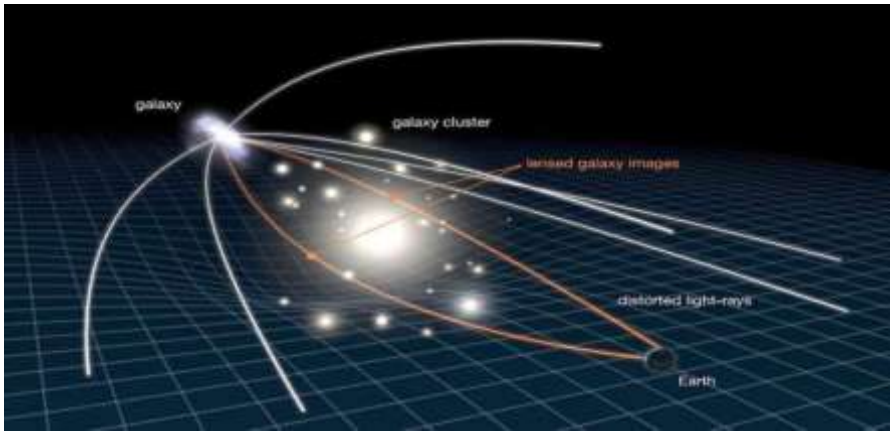
إشعاع الخلفية الكونية الميكروي (CMB) هو إشعاع كهرومغناطيسي يُعد بقايا من المرحلة المبكرة لنشأة الكون، ويُعرف أيضاً باسم "الإشعاع المتبقي". يُمثل هذا الإشعاع خلفية كونية خافتة تملأ الفضاء بأكمله، ويُعد مصدراً مهماً لفهم الكون المبكر، لأنه أقدم إشعاع كهرومغناطيسي يمكن رصده، ويعود إلى فترة تُعرف بعهد "إعادة التركيب". في حين أن التلسكوبات البصرية التقليدية تُظهر الفضاء بين النجوم والمجرات مظلماً، فإن التلسكوبات الراديوية الحساسة تكتشف ضجيجاً باهتاً في هذه الخلفية، وهو توهج شبه متجانس ومتساوي الخواص لا يرتبط بأي نجم أو جرم سماوي، ويظهر بشكل أوضح في نطاق الموجات الميكروية من الطيف الراديوي. تم اكتشاف إشعاع CMB عن طريق الصدفة في عام ١٩٦٥ على يد عالمي الفلك الأمريكيين أرنو بنزياس وروبرت ويلسون، وتتوج هذا الاكتشاف بجائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٧٨. ويمثل هذا الاكتشاف دليلاً حاسماً على صحة نظرية الانفجار العظيم كنشأة للكون. في بدايات الكون، قبل تكون النجوم والكواكب، كان الكون شديد الكثافة والحرارة، ومليئًا ببلازما الهيدروجين التي تشع توهجًا متجانسًا. ومع توسع الكون، بدأت البلازما والإشعاع في التبريد. وعندما انخفضت درجة الحرارة إلى نحو ٣٠٠٠ كلفن، اتحدت

البروتونات مع الإلكترونات لتكوين ذرات الهيدروجين المتعادلة. وعلى عكس الجسيمات الحرة، لم تكن هذه الذرات قادرة على تشتيت الإشعاع الحراري، ما جعل الكون يتحول من حالة ضبابية غير شفافة إلى حالة شفافة. يسمي علماء الكون هذه المرحلة بـ "عهد إعادة التركيب"، وهي الفترة التي تشكلت فيها الذرات المتعادلة من الهيدروجين والهيليوم. وبعدها مباشرة، بدأ الفوتونات في التنقل بحرية عبر الفضاء، دون أن تُشتت مجددًا، في ظاهرة تُعرف باسم "انفصال الفوتونات". الفوتونات التي تحررت في ذلك الوقت ما زالت تنتقل في الفضاء حتى اليوم، رغم أنها أصبحت أضعف وأقل طاقة بسبب توسع الفضاء، الذي يؤدي إلى زيادة أطوالها الموجية مع مرور الزمن (وفقاً لعلاقة بلانك التي توضح العلاقة العكسية بين الطول الموجي وطاقة الفوتون). وهذا هو أصل "الإشعاع المتبقي"، وهو الاسم الآخر لإشعاع الخلفية الكونية الميكروي. يشير مصطلح "سطح التشتت الأخير" إلى تلك النقاط في الفضاء التي انبعثت منها الفوتونات عند انفصالها عن المادة، والتي تصلنا اليوم بعد رحلة طويلة استمرت منذ ذلك الزمن المبكر. [١٨]

٣. العدسات الجاذبيه والبنية الكونية واسعة النطاق:

عدسات الجاذبية هي ظاهرة فلكية تنبأت بها نظرية النسبية العامة لأينشتاين، وتحدث عندما يمر الضوء بالقرب من جسم ذي كتلة كبيرة، مثل مجرة أو ثقب أسود، فينحني مساره بفعل الجاذبية القوية لهذا الجسم. ينتج عن هذا الانحناء ظهور صورة مكبرة أو مشوهة لمصدر الضوء الأصلي، وقد تظهر عدة نسخ من نفس المصدر، ويعتمد شكل هذه الصور على كتلة الجسم الوسيط، وبعده، وزاوية رؤيتنا له.

رسم توضيحي لظاهرة العدسة الجاذبية الناتجة عن عنقود مجري وتأثيرها على مسار الضوء القادم من مجرة خلفية"



المصدر: NASA / ESA – science.nasa.gov

تمثل هذه الصورة تصورًا مبسطًا لظاهرة عدسة الجاذبية، حيث تنحني أشعة الضوء الصادرة من مجرة بعيدة أثناء مرورها بعنقود مجري يقع في المنتصف، قبل أن تصل إلى المشاهد. هذا الانحناء يؤدي إلى ظهور صورة مشوهة للمجرة. يجدر التنويه إلى أن أبعاد العناصر في الصورة لا تعكس المقاييس الحقيقية. تُعد عدسات الجاذبية من أقوى الأدلة على وجود المادة المظلمة، إذ لاحظ العلماء وجود تشوهات في صور المجرات والنجوم لا يمكن تفسيرها بالكتلة المرئية فقط، ما يشير إلى وجود كتلة غير مرئية – يُعتقد أنها المادة المظلمة – تؤثر بجاذبيتها على الضوء. يمكن أن تحدث عدسات الجاذبية على نطاقات مختلفة؛ فعندما تحدث بسبب مجرات أو عناقيد مجرية تُعرف بعدسات جاذبية كبرى، أما عندما تنتج عن أجسام أصغر مثل النجوم أو الكواكب فتُسمى عدسات جاذبية ميكروية، وهي أكثر شيوعًا بسبب العدد الهائل من النجوم مقارنة بالمجرات. وقد رُصدت حالات عديدة في مجرة درب التبانة لنجوم تنحني حولها أشعة ضوء قادمة من نجوم أخرى في مجرات بعيدة. محاكاة عدسات الجاذبية من أبرز الأطروحات المثيرة في هذا المجال هي المحاكاة التي نُشرت عبر أحد مواقع تلسكوب هابل، والتي تُظهر كيف يمكن أن تبدو مجرة الدوامة (M51)، وهي إحدى المجرات القريبة، عند مرورها خلف العنقود المجري الضخم أبيل ٢٤٧٧، المعروف أيضًا بعنقود باندورا (Pandora's Cluster). تعرض المحاكاة تأثير عدسة الجاذبية على مجرة الدوامة عند مرورها خلف العنقود، حيث تظهر صورتها مشوهة أو مكررة نتيجة انحناء الضوء بفعل الجاذبية الهائلة للعناقيد المجرية. ورغم أن المحاكاة لا تعكس الواقع بدقة كاملة – مثل شدة سطوع مجرة الدوامة – فإنها تقدم تصورًا واضحًا لما قد يُرصد عند تعرض مجرة بعيدة لتأثير عدسة جاذبية بفعل عنقود مجري أقرب منها [١٩].

ثانيًا: النماذج النظرية وتفسيرها للدور

١- نموذج ΛCDM نظرية الثابت الكوني:

يواجه النموذج القياسي المقبول على نطاق واسع، وهو نموذج لامبدا مع المادة المظلمة الباردة (ΛCDM)، العديد من التحديات والمشكلات المعقدة المرتبطة بطبيعة الطاقة المظلمة ذاتها، مما يدفع إلى استكشاف مستمر لبدائل محتملة يمكن أن تفسر هذه المشاهدات. يتم تصنيف هذه البدائل الديناميكية إلى عدة مجموعات متميزة، لكل منها خصائص وسلوكيات وآثار مختلفة على فهمنا للكون[٢٠].

وهو مفهوم ابتكره ألبرت أينشتاين في عام ١٩١٧ لموازنة معادلاته لشرح الكون في حالة توازن. ومن دون هذا الثابت الكوني الذي يعوض الجاذبية، سينهار الكون المحدود على نفسه. اليوم يعتقد العلماء أن الثابت قد يمثل طاقة فراغ الفضاء. بدلًا من كونه "فارغًا"، هذا

يعني أن الفضاء يفرض ضغطًا فعليًا على الأجسام الكونية. إذا كانت هذه الفكرة صحيحة، فيجب أن يكون توزيع الطاقة المظلمة متجانساً في جميع المناطق. وقال فريمان بطرافة: "من الصعب ارتكاب خطأ رياضي بهذا الحجم". ويدل هذا الاختلاف الكبير بين النظرية والملاحظة إلى أن علماء الفيزياء الفلكية لا يفهمون بشكل كامل عن مصدر "الثابت الكوني" حتى لو كان هو سبب وراء التسارع الكوني. والاحتمال الآخر هو أن "الطاقة المظلمة" هي التسمية غير صحيحة تمامًا. تفترض نظرية منافسة أن الكون يتوسع بسرعة أكبر من أي وقت مضى لأن الجاذبية تعمل بشكل مختلف على مقاييس أكبر بكثير عما تنبأت به نظرية أينشتاين. أقل من تلك المتعلقة بالثابت الكوني، فأنها لا تزال ممكنة[٢١]

٢- نظرية كوينتيسينس (Quintessence):

هو حقل قياسي تقليدي تم اقتراحه لتفسير تسارع الكون في الزمن المتأخر. يتم في هذا السياق مراجعة الديناميكيات الكونية لنموذج كوينتيسينس[٢٢].

في الفيزياء، تشير كوينتيسينس إلى شكل افتراضي من الطاقة المظلمة، وتُعرَّف بشكل أدق على أنها حقل قياسي (scalar field) مرتبط بالجاذبية ارتباطًا ضعيفًا، وقد طُرحت هذه الفرضية لتفسير ملاحظة تسارع معدّل تمدد الكون. وقد اقترح أول نموذج لهذا السيناريو كل من راترا وبيبيلز في عام ١٩٨٨، وكذلك ويترتش في العام نفسه. لاحقًا، تم توسيع المفهوم ليشمل أنواعًا أكثر عمومية من الطاقة المظلمة المتغيرة بمرور الزمن، وتم إدخال مصطلح "كوينتيسينس" رسميًا في ورقة بحثية نُشرت عام ١٩٩٨ على يد روبرت آر. كالدويل وراهول ديف وبول ستينهارت. وقد اقترح بعض الفيزيائيين أن كوينتيسينس قد تُشكّل القوة الأساسية الخامسة في الطبيعة. تختلف كوينتيسينس عن الثابت الكوني (Lambda) من حيث كونها ديناميكية، أي أنها تتغير بمرور الزمن، بخلاف الثابت الكوني الذي لا يتغير بطبيعته. ويمكن أن تكون كوينتيسينس جاذبة أو نابذة اعتمادًا على نسبة طاقتها الحركية إلى طاقتها الكامنة. ويعتقد الباحثون أن كوينتيسينس أصبحت ذات تأثير نابذ منذ نحو ١٠ مليارات سنة، أي بعد حوالي ٣,٥ مليار سنة من الانفجار العظيم. وفي عام ٢٠٢١، اقترحت مجموعة من الباحثين أن ملاحظات ما يُعرف بتوتر هابل (Hubble tension) قد تشير إلى أن النماذج المقبولة من كوينتيسينس هي فقط تلك التي تتضمن ثابت اقتران غير صفري (nonzero coupling constant)[٢٣]

٣- نماذج الجاذبية المعدّلة (Modified Gravity):

كشف فريق بحثي دولي عن حالة غير معتادة في سلوك الجاذبية، لا يمكن تفسيرها بالفيزياء

التقليدية، بل تتطلب اللجوء إلى نظرية حديثة نسبياً تُعرف باسم "ديناميكا نيوتن المعدلة". وجاء هذا الاكتشاف بعد دراسة نظام من النجوم الثنائية، حيث يدور نجمان حول بعضهما رغم المسافة الكبيرة التي تفصل بينهما. استخدم فريق بحثي دولي حركة النجوم كمجسات مباشرة لدراسة طبيعة الجاذبية، حيث رصدوا تسارعاً ضعيفاً للغاية في النجوم الثنائية، لا يتجاوز نحو ١ نانومتر في الثانية المربعة. وللتحقق من دقة هذه النتائج، قام الباحثون بتحليل مجموعة واسعة من العينات من الأنظمة النجمية الثنائية، مع التركيز بشكل خاص على تلك التي تحتوي على نظام ثنائي داخلي ضمن النظام الثنائي الرئيسي. أوضح فريق من العلماء أن الانحراف الملحوظ عن تنبؤات نيوتن عند هذه المستويات المنخفضة جداً من التسارع يشير إلى ضرورة تعديل نظرية النسبية العامة لآينشتاين أو توسيع نطاقها، رغم النجاحات الكبيرة التي حققتها في مجالات أخرى خارج هذا النطاق. فعلى الرغم من دقة نظريتي نيوتن وآينشتاين في تفسير العديد من الظواهر، إلا أنهما لا تستطيعان تفسير بعض الحالات الكونية، بحسب وكالة ناسا. اقترح الفريق البحثي، في دراستين حديثتين نُشرت إحداهما في دورية "ذا أستروفيزيكال جورنال" والأخرى في "مونثلي نوتيس" الصادرة عن الجمعية الفلكية الملكية، أن الخصائص التي تم رصدها في النجوم الثنائية — استناداً إلى أحدث قاعدة بيانات من مهمة "غايا" التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية — تُظهر انحرافاً عن توقعات نظرية نيوتن، وهو ما يتماشى مع ما تنبأت به نظريات الجاذبية المعدلة. أظهرت الدراسة أن بيانات النجوم الثنائية تكشف بوضوح عن وجود شذوذ في سلوك الجاذبية، حيث تزداد قوتها بنسبة تقارب ٤٠% عندما يكون تسارع أزواج النجوم أقل من نحو ٠,١ نانومتر في الثانية المربعة. وأوضحت الدراسة أن هذا الشذوذ لا يُعتبر غير متوقع إذا ما تم تطبيق نظرية "ديناميكا نيوتن المعدلة" على هذه الحالات. ويُقصد بـ "التسارع المنخفض للغاية" تلك الحالات التي تكون فيها قوة الجاذبية بين نجمين ضعيفة جداً، كما في الأنظمة التي تفصل بين النجوم مسافات كبيرة. تُعد نظرية نيوتن فعالة في تفسير الجاذبية في معظم المواقف اليومية، غير أنه قبل نحو قرن طوّر ألبرت آينشتاين تفسيراً أكثر شمولاً يُعرف بـ "النسبية العامة"، والتي تُعيد تعريف الجاذبية على أنها انحناء في الزمكان وليس مجرد قوة بين الأجسام كما تصور نيوتن. ورغم أن نظرية آينشتاين قدّمت فهماً عميقاً للكون وفسرت العديد من الظواهر بدقة، إلا أن قدرتها على التفسير بدأت تتراجع في بعض المجالات، مثل سلوك المجرات وحركتها داخل التجمعات المجرية، حيث لا تتوافق الملاحظات مع ما تتنبأ به النسبية العامة[٢٤].

المحور الثاني: تمدد الكون: المفهوم والكيفية

تمهيد

لقد مثّل اكتشاف تمدد الكون نقلة نوعية في فهم الإنسان لطبيعة الكون ومستقبله. أن الفضاء ذاته يتوسع مع مرور الزمن، مما يؤدي إلى تزايد المسافات بين المجرات تدريجيًا. وهذا لا يعني أن المجرات تتحرك عبر فضاء ثابت، بل إن الفضاء نفسه يتمدد، حاملاً المجرات معه، وهو ما يؤدي إلى تباعدها دون حاجة إلى حركة فعلية منها.

تمدد الكون

يبدو أن الكون المرئي متشابه في جميع الاتجاهات من حولنا، على الأقل إذا نظرنا إلى مسافات تزيد عن حوالي ٣٠٠ مليون سنة ضوئية. وتكون هذه التماثلية (أو التساوي في الاتجاهات) أكثر دقة بكثير (بمقدار جزء واحد من 10^{-5}) في إشعاع الخلفية الكونية الميكروية فإن هذا الإشعاع قد ظل يسافر نحونا لمدة تقارب ١٤ مليار سنة، مما يدعم الاستنتاج القائل بأن الكون على مسافات كافية يبدو متشابهًا تقريبًا في جميع الاتجاهات. من الصعب أن نتخيل أننا في موقع خاص في الكون، لذا فنحن نقود إلى استنتاج أن الكون يجب أن يبدو متماثلًا (إيزوتروبيًا) للمراقبين في جميع أنحاء الكون. ولكن ليس لجميع المراقبين. فالكون لا يبدو متماثلًا على الإطلاق لمراقبين على متن مركبة فضائية تتحرك بسرعة نصف سرعة الضوء عبر مجرتنا. هؤلاء المراقبون سيرون ضوء النجوم وإشعاع الخلفية الكونية الميكروية قادمين من الاتجاه الذي يتحركون نحوه بشدة أكبر بكثير مقارنة بالاتجاه المعاكس. عند صياغة فرضية التماثل، يجب تحديد أن الكون يبدو متماثلًا في جميع الاتجاهات بالنسبة لفئة من المراقبين "الاعتياديين" الذين يسقطون بحرية: أي أولئك الذين يتحركون بسرعة تُمثل متوسط سرعة المجرات الاعتيادية في جوارهم. أي أن الشروط يجب أن تكون متشابهة في نفس اللحظة الزمنية (مع تعريف مناسب للزمن) في أي نقطتين يمكن نقلهما إلى بعضهما البعض من خلال دوران حول أي مجرة نموذجية. ولكن يمكن نقل أي نقطة إلى أي نقطة أخرى بسلسلة من مثل هذه الدورانات حول مجرات نموذجية مختلفة، وبالتالي فإن الكون يكون أيضًا متجانسًا أي أن المراقبين في جميع المجرات النموذجية يرون في نفس الزمن تقريبًا نفس الشروط. سوف تقودنا فرضية أن الكون متماثل ومتجانس لاختيار نظام إحداثي للزمكان بحيث تأخذ المتريّة شكلًا بسيطًا، وقد تم استنتاج هذا الشكل أولًا بواسطة فريدمان كحل لمعادلات آينشتاين الحقلية، ثم أعيد اشتقاقه لاحقًا بناءً فقط على أساس فرضية التماثل والتجانس من قبل روبرتسون ووكر. تستند معظم الكوزمولوجيا الحديثة إلى هذا المترية المعروفة باسم

"روبرتسون–ووكر"، على الأقل كخطوة أولى تقريبية[٢٥].

كيفية تمدد الكون:

قياس التمدد الكوني والطاقة المظلمة

قام العلماء بمحاولات متعددة لقياس دقيق لتمدد الكون وحساب الإزاحات الفضائية الناتجة عن الطاقة المظلمة، إلا أنهم واجهوا صعوبة كبيرة مما أدى إلى حدوث نسبة خطأ عالية في النتائج. ورغم ذلك، تمكنوا من التوصل إلى بعض الملاحظات دون تحديد أرقام دقيقة، وكان ما تأكدوا منه هو أن الكون في حالة تمدد مستمر. ومع ذلك، فإن قياس الطاقة المظلمة يتطلب التغلب على تأثير الجاذبية [٢٦]

شكل الكون

انه الكون المنزل الوحيد الذي عرفناه وبفضل قوانينه الفيزيائية الجوهرية والثوابت المعروفة للطبيعة وكرات النار المقذوفة المكونة من المعدن الثقيل والتي تدعى سوبرنوفا نعتبر نحن مخلوقات ضئيلة تتشبث بكرة صخرية دائمة الدوران في زاوية بعيدة من المكان والزمان الا ترى أنه من الفظاظة أنك لا تعلم الكثير عن الكون ذاته؟ فمثلا ماذا كنا سنرى ان كان باستطاعتنا النظر الية من الخارج؟ ظلاماً مطبقاً؟ أم بحراً من الفقاعات؟ أم كوناً كالثلج؟ ان الإجابة كما يبدو ابسط واغرب من جميع تلك الخيارات فشكل الكون هو مسالة نحب الخوض فيها مع اختلاق كل ضروب الحماقات تصف النصوص الدينية الهندسية الكون على ما يبدو مثل بيضة كرنية بينما يعتقد الجينيون بأنه يبدو مثل شكل الانسان أما الرواقيون الإغريق فقد رأوا الكون مثل جزيرة منفردة تسبح في فراغ لا متناه من نوع آخر وقد كان أرسطو يؤمن بانه كان يتكون من سلسلة محدودة من أجسام كروية متحدة المركز أو انها ببساطة تتقوقع كلما اتجهت الى الأسفل يعود الفضل الى عبقرية اينشتاين الرياضية في ان علماء الكونيات يستطيعون اختبار صحة نماذج متعددة تصف شكل الكون وقواقعه ومتاهاته وكل شي آخر[٢٧]

١-٢ أصل الكون

النظرية الأكثر قبولاً حول أصل الكون تُعرف بالانفجار العظيم. هذه النظرية تستند إلى ملاحظة أن المجرات الأخرى تتحرك بعيداً عن مجرتنا بسرعة كبيرة في جميع الاتجاهات، مما يشير إلى أنها كانت مدفوعة بقوة انفجارية قديمة.كان القس البلجيكي جورج لومتر أول من اقترح نظرية الانفجار العظيم في عشرينيات القرن العشرين، حيث افترض أن الكون بدأ من ذرة بدائية واحدة. دعمت ملاحظات إدوين هابل هذه الفكرة، حيث أظهرت أن المجرات تبتعد عنا بسرعة في جميع الاتجاهات. بالإضافة إلى ذلك، اكتشف أرنو بنزياس وروبرت ويلسون في ستينيات القرن العشرين الإشعاع الكوني الميكروي، والذي فُسِّر على أنه بقايا الانفجار العظيم.مع مرور الوقت، ساعدت الأبحاث في

توضيح تفاصيل الانفجار العظيم. وفقاً للنظرية، في أول ٨١٠-٤٣ ثانية من وجود الكون، كان مضغوطًا للغاية، بحجم أقل من مليون مليار مليار من حجم الذرة الواحدة. في هذه الحالة الكثيفة والحيوية، يُعتقد أن القوى الأساسية الأربع – الجاذبية، الكهرومغناطيسية، والقوى النووية القوية والضعيفة – كانت موحدة في قوة واحدة. ومع ذلك، لم تتمكن نظرياتنا الحالية من تفسير كيفية عمل هذه القوة الموحدة. لفهم ذلك، نحتاج إلى معرفة كيفية عمل الجاذبية على المستوى دون الذري، وهو ما لا نعرفه حالياً.

يعتقد البعض أن التقارب الشديد بين أجزاء الكون بدايته سمح للجسيمات الأولى بالاختلاط والاستقرار في درجة حرارة متقاربة. في لحظة قصيرة جداً، تمددت المادة والطاقة بشكل متساوٍ تقريباً، مع وجود اختلافات طفيفة ناتجة عن التقلبات الكمومية. هذا التمدد السريع، المعروف بالتضخم، قد يفسر التوزيع المتساوي لدرجة الحرارة والمادة في الكون.

بعد مرحلة التضخم، استمر الكون في التوسع ولكن بوتيرة أبطأ بكثير. لا يزال السبب الدقيق وراء حدوث التضخم غير واضح مع مرور الوقت وبرودة المادة، بدأت أنواع متنوعة من الجسيمات في التشكل، وفي النهاية تكثفت لتشكل النجوم والمجرات في الكون الحالي.

عندما بلغ عمر الكون جزءًا من المليار من الثانية، كان قد برد بما يكفي لانفصال القوى الأساسية الأربع عن بعضها البعض، وتشكلت الجسيمات الأساسية. ومع ذلك، كان الكون لا يزال ساخنًا جدًا، مما منع هذه الجسيمات من التجمع في الجسيمات دون الذرية المعروفة اليوم، مثل البروتون. ومع استمرار التوسع، استمر الحساء البدائي الساخن – المعروف ببلازما الكوارك–الغلوون – في البرودة. بعض مصادمات الجسيمات، مثل مصادم الهدرونات الكبير ((CERN))،

كان الإشعاع في الكون المبكر شديدًا لدرجة أن الفوتونات المتصادمة كانت تشكل أزواجًا من الجسيمات المكونة من المادة والمادة المضادة، والتي تشبه المادة العادية باستثناء الشحنة الكهربائية المعاكسة. يُعتقد أن الكون المبكر كان يحتوي على كميات متساوية من المادة والمادة المضادة. ولكن مع برودة الكون، لم تعد الفوتونات تمتلك الطاقة الكافية لتكوين أزواج جديدة من المادة والمادة المضادة. بطريقة ما، نجت بعض المادة الزائدة، وهي الآن المادة التي تشكل البشر والكواكب والمجرات. وجودنا يشير بوضوح إلى أن قوانين الطبيعة تعامل المادة والمادة المضادة بشكل مختلف قليلاً. وقد لاحظ الباحثون تجريبياً هذا الخلل

في القواعد، المعروف بانتهاك التناظر الشحني. لا يزال الفيزيائيون يحاولون فهم كيف تمكنت المادة من الانتصار في الكون المبكر[٢٨].

نماذج حديثة للكون

المصدر: التلسكوب الجديد أقليدس التابعة لوكالة الفضاء الأوربية

فهم الطاقة المظلمة وتوسع الكون

أصبحت دراسة الطاقة المظلمة محورًا أساسيًا في علم الكونيات، خاصة بعد الاكتشاف الثوري لتسارع توسع الكون. يشير العمل التأسيسي لتشاكاروبورتي [٢٩] إلى أن هذا التسارع، الذي تم رصده لأول مرة من خلال المستعرات العظمى في عام ١٩٩٨، يتعارض مع التوقعات السابقة التي كانت ترجح تباطؤ الكون بسبب هيمنة المادة الباريونية والمادة المظلمة. تؤكد تحليلات تشاكاروبورتي على ضرورة أن تمتلك الطاقة المظلمة خصائص تنتهك شرط الطاقة القوي، مما يضع إطارًا لفهم دورها في التوسع الكوني. ويُطرح الثابت الكوني، الذي قدمه أينشتاين، كأحد أبرز المرشحين لتمثيل الطاقة المظلمة، رغم المشكلات المرتبطة به مثل "مشكلة الثابت الكوني" التي لا تزال دون حل. واستنادًا إلى هذا الأساس، يسلط ديميانسكي وآخرون[٣٠] الضوء على طبيعة الطاقة المظلمة، باعتبارها مكونًا مهيمنًا يشكل حوالي ٧٥% من محتوى طاقة الكون. وتبرز دراستهم أهمية الضغط السلبي ومعامل حالة المعادلة في توصيف الطاقة المظلمة. ويدعو الباحثون إلى اعتماد نهج "الكونيات الوصفية" (Cosmography) لتحليل البيانات الرصدية، لما له من قدرة على التمييز بين النماذج المختلفة للطاقة المظلمة، مثل الثابت الكوني والحقول الديناميكية، مع التأكيد على الحاجة إلى رصدات أكثر دقة لتطوير هذه النماذج. وفي تحليل مكمل، يتناول كل من يو وواتانابي [٣١](النماذج النظرية للطاقة المظلمة، مشيرين إلى النسبة الكبيرة من كثافة الطاقة التي تُنسب إلى هذه القوة الغامضة. كما يسلطان الضوء على التحديات التي تفرضها مشكلات الضبط الدقيق ومشكلة المصادفة المرتبطة بالثابت الكوني، ويستعرضان نماذج بديلة مثل

"الكوانتيسينس" (Quintessence) ونظريات الجاذبية المعدلة. وتشير نتائجهما إلى الجهود المتواصلة داخل المجتمع العلمي للتوفيق بين القيود الرصدية والأطر النظرية، مما يعكس الجدل المستمر بشأن الطبيعة الأساسية للطاقة المظلمة. أما بهار [٣٢] وسّع نطاق النقاش من خلال استكشاف آثار الطاقة المظلمة وتوزيعها المنتظم عبر الزمان والمكان، مؤكدًا أن تأثيرها لا يتضاءل مع توسع الكون. وتشدد دراسته على أهمية القياسات الدقيقة لمعدلات التوسع الكوني والهياكل الكونية واسعة النطاق لفهم دور الطاقة المظلمة بشكل أعمق. وينسجم هذا الطرح مع النموذج الكوني السائد، الذي يعتمد على النسبية العامة ويعتبر الطاقة المظلمة مكونًا جوهريًا يتسم بالضغط السلبي، مما يؤدي إلى تسارع التوسع ويؤخر في الوقت نفسه تشكّل البُنى الكبيرة. وفي الختام، يعرض كل من كليمتشيتسكايا وموستيبانينكو[٣٣] رؤية شاملة للطاقة المظلمة من خلال وضعها في سياق معادلات أينشتاين، والحاجة إلى نوع جديد من المادة لتفسير التسارع المرصود. ويقومان بتصنيف المقاربات النظرية للطاقة المظلمة، بما في ذلك الثابت الكوني والحقول الديناميكية، إلى جانب إدماج رؤى من ميكانيكا الكم. وتؤكد دراستهما على تعقيد مفهوم الطاقة المظلمة بوصفه تحديًا للفيزياء الكلاسيكية، ودعوة لفهم أعمق لمكونات الكون الأساسية.

٢-٢تاريخ توسع الكون

اعتمد علم الكون القياسي للانفجار الكبير الساخن على المبدأ الكوني، الذي ينص على أن الكون متجانس ومناحي الخواص على المقاييس الكبيرة على الأقل. ويدعم هذا عدد من الملاحظات، مثل فوتونات CMB القادمة من أجزاء مختلفة من السماء بنفس درجة الحرارة تقريبًا. يتم استعادة تاريخ التوسع الكوني الماضي عن طريق حل معادلات أينشتاين في خلفية الكون المتجانس والمتناحي. بالطبع نلاحظ عدم التجانس وعدم الانتظام في المنطقة المحلية من الكون مثل النجوم والمجرات. وقد نمت هذه التجانسات بمرور الوقت من خلال عدم استقرار الجاذبية من توزيع المادة الذي كان أكثر تجانسًا في الماضي. ومن ثم يمكن اعتبار عدم التجانس بمثابة اضطرابات صغيرة تتطور على خلفية الكون (المتجانس).[٣٤]

يقدر قطر الكون المرئي بحوالي ٩٣ مليار سنة ضوئية، علما أن السنة الضوئية الواحدة تساوي حوالي ١٠ تريليون كيلومتر وحتى الآن هذا ما تم اكتشافه من بعض الكواكب والنجوم والمجرات، وفي الواقع الكون أكبر بكثير من ذلك فهو في حالة توسع مستمر وبسرعة متزايدة وكما قال الله تعالى ((وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ)) فسبحان الله العلي العظيم لم يعد خفيًا على أحد أن الكون بدأ من نقطة صغيرة جدًا، وهي حقيقة يدركها الجميع في عصرنا

الحالي، كبارًا وصغارًا. فقد نشأ الكون نتيجة لحدث هائل يُعرف بـ "الانفجار العظيم" قبل نحو ١٤ مليار سنة، مما أدى إلى تمدده بسرعة كبيرة. ومع مرور الزمن، استمر اتساعه ليأخذ شكله الحالي، حيث يضم المجرات والنجوم والكواكب والغازات وسائر المواد الكونية.

المبحث الثالث: التحديات والحلول

التحديات:

١. قلة البيانات التجريبية المباشرة:

الطاقة المظلمة لا يمكن رصدها بشكل مباشر، بل تُستدل من آثارها على تمدد الكون.

٢. تنوع النماذج النظرية:

هناك عدة نماذج تفسر الطاقة المظلمة (مثل الثابت الكوني، والطاقة الكمومية، ونماذج أخرى)، وقد يصعب تحديد النموذج الأفضل.

٣. الطبيعة الرياضية المعقدة:

المعادلات المرتبطة بطاقة الفراغ ومعادلات فريدمان قد تكون معقدة للباحث غير المتخصص بالرياضيات الفيزيائية.

٤. ندرة المراجع باللغة العربية:

أغلب الأبحاث المتقدمة في هذا المجال مكتوبة بالإنجليزية، مما قد يشكل عائقًا لمن يفضل المراجع العربية.

٥. التداخل مع المادة المظلمة:

كلا المفهومين "الطاقة المظلمة" و"المادة المظلمة" غير مرئيين ويؤثران على تطور الكون بطرق مختلفة، مما قد يؤدي إلى لبس أو خلط في تفسير البيانات الكونية٦

. قلة الأدلة المباشرة: لا يمكن قياس الطاقة المظلمة مباشرة، وإنما نستدل على وجودها من خلال تأثيرها على تسارع تمدد الكون. وهذا يجعل دراستها معتمدة على النماذج الكونية والتفسيرات غير المباشرة.

٧. الطبيعة المجهولة للطاقة المظلمة:

لا يُعرف ما هي الطاقة المظلمة تحديدًا. هل هي ثابت كوني (كما اقترح أينشتاين)؟ أم نوع من مجال طاقة ديناميكي (مثل الكوينتسيس Quintesence)؟ أم أنها تشير إلى خلل في فهمنا للجاذبية على المقاييس الكونية؟

٨. تناقضات بين البيانات:

توجد اختلافات بين نتائج رصدية مختلفة (مثل قياسات خلفية الأشعة الكونية مقابل المجرات القريبة) والتي قد تشير إلى أن فهمنا الحالي للطاقة المظلمة أو الكون نفسه غير مكتمل.

الحلول المقترحة:

١. الاعتماد على مصادر مرجعية علمية موثوقة:

مثل مقالات NASA، ووكالة الفضاء الأوروبية (ESA)، وأوراق arXiv العلمية في مجال الفيزياء الفلكية.

٢. تحديد نطاق البحث بدقة:

مثلاً التركيز على "أثر الطاقة المظلمة على معدل تمدد الكون" بدلاً من محاولة تغطية كل شيء.

٣. الاستعانة بالرسوم البيانية والمخططات التوضيحية:

لتبسيط فهم المعادلات والبيانات المتعلقة بالكون.

٤. ترجمة وتبسيط المراجع الأجنبية:

يمكن استخدام أدوات الترجمة العلمية أو تلخيص المقالات بلغتك الخاصة.

٥. التعاون مع مشرف أو باحث متخصص:

يساعد في توجيهك إلى أهم النقاط والمصادر الموثوقة.

المبحث الرابع: النتائج التوصيات

أولاً: النتائج

١. تلعب الطاقة المظلمة دورًا جوهريًا في تفسير التمدد المتسارع للكون، حيث تعمل كقوة تنافريه تتغلب على الجاذبية في المقاييس الكونية الكبرى.

٢. تدعم البيانات الرصدية من المستعرات العظمى والانزياح الأحمر الفرضية القائلة بأن الطاقة المظلمة تؤثر على ديناميكية تمدد الكون بشكل مباشر منذ حوالي ٥ إلى ٦ مليارات سنة.

٣. يثبت تحليل الخلفية الكونية الميكروية (CMB) أن الطاقة المظلمة كانت ذات تأثير ضئيل في المراحل المبكرة من الكون، لكن تأثيرها أصبح مسيطرًا تدريجيًا مع انخفاض كثافة المادة.

٤. نموذج ΛCDM (الثابت الكوني Λ والمادة الباردة المظلمة) هو النموذج القياسي الأكثر قبولًا حاليًا لفهم دور الطاقة المظلمة في تمدد الكون، إلا أنه لا يفسر طبيعة هذه الطاقة بشكل نهائي.

٥. يبقى مصدر وطبيعة الطاقة المظلمة غامضين، مما يفتح المجال أمام نظريات بديلة مثل الكوينتيسينس (Quintessence) ونظريات الجاذبية المعدلة كوسائل لتفسير تمدد الكون المتسارع.

ثانيًا: التوصيات

١. ضرورة إجراء أبحاث نظرية متقدمة لفهم الخصائص الفيزيائية للطاقة المظلمة، وتحقيق تكامل بين علم الكونيات وميكانيكا الكم.

٢. تعزيز القياسات الفلكية الدقيقة من خلال مشاريع فضائية ورصدية تهدف إلى تتبع التغير الزمني في معدل التمدد الكوني (ثابت هابل).

٣. تطوير نماذج كونية بديلة أو مكملة لنموذج ΛCDM، يمكنها تفسير سلوك الطاقة المظلمة بشكل ديناميكي وليس كقيمة ثابتة.

٤. تشجيع التعاون العلمي الدولي لمتابعة نتائج مهمات مثل Euclid و DESI، التي ستساهم في إعادة تشكيل فهمنا لطبيعة الطاقة المظلمة ودورها الكوني.

٥. توصية للمؤسسات الأكاديمية بإدراج مساقات متخصصة في الطاقة المظلمة وعلم الكونيات الحديث لتأهيل الباحثين لدراسة هذه القضايا المعقدة والواعدة.

الهوامش:

١ الدين، علاء الدين حسام، نبهان، نور الدين ،٢٠٢١، التطور الكوني والطاقة المظلمة، مجلة جامعة المناذرة، كلية الهندسة، جامعة المناذرة، عدد١، مجلد١، ص٣.

٢ .

http://home.web.cern.ch/about/physics/dark-matter

٣ https://science.nasa.gov

٤ عمري، حسين يوسف راشد ،٢٠٢٠، بناء السماء والطاقة المظلمة والمادة المظلمة في ضوء القران الكريم والعلم الحديث، مركز الاعجاز العلمي في القران والسنة، جامعة مؤتة، الأردن، ص٧.

٥ ydri, Badis, Reality and Time and Fundamental Physics,2019:343.

٦ Dark matter and Dark Energy. The mystery Explained (Infographic) www: space.com

٧ شيرين منذر زبير اغا، بنية الكون ،٢٠١٦، ص٥٩

٨ – طعمة، ريم، المادة المظلمة، جامعة المستقبل، ٢٠٢٢.

٩

https://uomus.edu.iq/SDG/SDGNewsDetails.aspx?SDGID=7&newsID=12035

١٠ ٥– نيل ديجراس تايسون، الفيزياء الفلكية لمن ليس لدية وقت ،٢٠١٧.

١١ https://al Aleem. Science

١٢ https://www.bbc.com

١٣ مروة عبيد علي، الطاقة المظلمة، جامعة كربلاء، كلية التربية للعلوم الإنسانية

١٤ https://cohe.uokerbala.edu.iq

١٥ https://news.uchicago.edu

١٦ https://news.uchicago.edu

١٧ نيل ديجراستايسون ، دونالد جولدسميث، البدايات، مؤسسة الهنداوي، ٢٠٢١،ص٧٠–٧١.

١٨ مصدر سابق، عمري، حسين يوسف راشد،ص٦–٨.

١٩

https://www.iraqispace.com/%D8%B9%D8%AF%D8%B3%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%A7%D8%B0%D8%A8%D9%8A%D8%A9/

٢٠ Motta V, A. García-Aspeitia M, Hernández-Almada A, Magaña J et al. Taxonomy of Dark Energy Models. 2021. [PDF]

٢١ https://science.energy.gov

٢٢

https://arxiv.org/abs/1304.1961?utm_source=chatgpt.com

٢٣

https://en.m.wikipedia.org/wiki/Quintessence_(physics

٢٤

https://www.google.com/amp/s/arabi21.com/stor

٢٥ Steven,2008:1

٢٦اميرة إسماعيل، ترجمة فريق اراجيك ،٢٠٢٠.

٢٧ شيرين منذر زبير آغا، بنية الكون ، دار غيداء للنشر ،عمان ، ط١، ،٢٠١٧، ٨٦.

28 https://www.nationalgeographic.com

29 Chakraborty, W. (2011). Accelerating Expansion of the Universe

30 Demianski, M., Piedipalumbo, E., Rubano, C., & Scudellaro, P. (2012). High redshift cosmography: new results and implication for dark energy. [PDF]

31 Yoo, J. & Watanabe, Y. (2012). Theoretical Models of Dark Energy

32 Bhar, P. (2022). Dark Energy Stars in Tolman-Kuchowicz spacetime in the context of Einstein Gravity.

33 L. Klimchitskaya, G. & M. Mostepanenko, V. (2024). The Nature of Dark Energy and Constraints on Its Hypothetical Constituents from Force Measurements

34 Luca Amendola and Shinji Tsujikaw.٧:٢٠١٠،

المصادر

المصادر العربية

١- الدين، علاء الدين حسام، نبهان، نور الدين ،٢٠٢١، التطور الكوني والطاقة المظلمة، مجلة جامعة المناذرة، كلية الهندسة، جامعة المناذرة، عدد١، مجلد١.

٢- عمري، حسين يوسف راشد ،٢٠٢٠، بناء السماء والطاقة المظلمة والمادة المظلمة في ضوء القران الكريم والعلم الحديث، مركز الاعجاز العلمي في القران والسنة، جامعة مؤتة، الأردن.

٣- شيرين منذر زبير اغا، بنية الكون ،٢٠١٦.

٤- طعمة، ريم، المادة المظلمة، جامعة المستقبل، ٢٠٢٢.

٥- نيل ديجراس تايسون، الفيزياء الفلكية لمن ليس لدية وقت ،٢٠١٧.

٦- نيل ديجراستايسون ، دونالد جولدسميث، البدايات، مؤسسة الهنداوي، ٢٠٢١.

٧- حسين يوسف راشد عمري، بناء السماء والطاقة المظلمة والمادة المظلمة، قسم الفيزياء، جامعة مؤتة - الكرك، الأردن،٢٠٢٠.

٨- اميرة إسماعيل، ترجمة فريق اراجيك ،٢٠٢٠.

٩- شيرين منذر زبير آغا، بنية الكون ، دار غيداء للنشر ،عمان ، ط١.

المصادر الاجنبية

10- ydri, Badis, **Reality and Time and Fundamental Physics**,2019:343.

11- Steven,2008:1

12- Luca

13- Motta V, A. García-Aspeitia M, Hernández-Almada A, Magaña J et al. Taxonomy of Dark Energy Models. 2021.

14- Chakraborty, W. (2011). Accelerating Expansion of the Universe.
15- Demianski, M., Piedipalumbo, E., Rubano, C., & Scudellaro, P. (2012). High redshift cosmography: new results and implication for dark energy.
- Yoo, J. & Watanabe, Y. (2012). Theoretical Models of Dark Energy. 16
17- Bhar, P. (2022). Dark Energy Stars in Tolman-Kuchowicz spacetime in the context of Einstein Gravity.
18- L. Klimchitskaya, G. & M. Mostepanenko, V. (2024). The Nature of Dark Energy and Constraints on Its Hypothetical Constituents from Force Measurements.

روابط مواقع الانترنت

Dark matter and Dark Energy. The mystery Explained (Infographic) www:
19- space.com.
https://uomus.edu.iq/SDG/SDGNewsDetai
20- ls.aspx?SDGID=7&newsID=12035
http://home.web.cern.ch/about/physics/da
21-(rk-matter)
22-(https://science.nasa.gov)

23- (https://al Aleem. Science).
24- https://www.bbc.com
25-(https://news.uchicago.edu)
26- https://science.nasa.gov

27-
https://www.iraqispace.com/%D8%B9%D8%AF%D8%B3%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%A7%D/8%B0%D8%A8%D9%8A%D8%A9
28-.https://science.energy.gov
https://arxiv.org/abs/1304.1961?utm_sour
29- ce=chatgpt.com
https://en.m.wikipedia.org/wiki/Quintessen
30- ce_(physics)
https://www.google.com/amp/s/arabi21.co
31- m/stor
(https://www.nationalgeographic.com
32-
.(7:2010،Amendola and Shinji Tsujikaw