بـنـــيـــة الـكـون

structure Universe

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى المكتبة الوطنية
(٢٠١٦/٥/٢٤٨٥)

آغا، شرين منذر
بنية الكون/ شرين منذر آغا: - عمان: دار غيداء للنشر والتوزيع٢٠١٦
( ) ص
ر. ا. : (٢٠١٦/٥/٢٤٨٥)
الواصفات: نشوء الكون//
يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعتبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية آخرى.

Copyright ®
All Rights Reserved

جميع الحقوق محفوظة

ISBN 978-9957-96-٢٤٠-١

لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب، أو تخزين مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أي وجه أو بأي طريقة إلكترونية كانت أو ميكانيكية أو بالتصوير أو بالتسجيل و خلاف ذلك إلا بموافقة على هذا كتابة مقدماً.

دار غيداء للنشر والتوزيع

تلاع العلي - شارع الملكة رانيا العبدالله
تلفاكس : 5353402 6 962+
ص.ب : 520946 عمّان 11152 الأردن

مجمع العساف التجاري - الطابق الأول
خلوي : 95667143 7 962+
E-mail: darghidaa@gmail.com

بنية الكون

تأليف

شيرين منذر زبير آغا

الطبعة الأولى

٢٠١٧ م – ١٤٣٨ هـ

الاهداء

إلى الشمس.. أبي.
إلى القمر.. أمي
إلى الخمس كوكبآ إخواني و أخواتي
الذين يطوفون في سمائي ويمنحوني النور،
والدفء، والسعادة

تحياتي

الفهرس

مقدمة ٩

الفصل الأول

(السباق الى الفضاء)

الإدارة الوطنية للملاحة الفضائية والفضاء ناسا nasa ١٥
سباق الفضاء بعد سبوتنيك ١٧
السباق الى القمر ٢٥
رحلة ابولو ٣٢
المحطة الفضائية الدولية..... ٣٧
قائمة رائدات فضاء..... ٤٣
تعرف على بذلة رائدي الفضاء ٤٥

الفصل الثاني

(الكون)

الكون ولد من العدم ٤٩
الانفجار العظيم ٥٤
الطاقة المظلمة ٥٧
ماذا حصل قبل الانفجار العظيم ٦١
الكون المتوسع ٦٤
الكون المجهول ٦٩
هل هناك أكون متوازية؟ ٧٠
ثورة كوبرنيكوس العلمية الكون المتعددعلم ام تخمين ٧٦
شكل وعمر الكون ٨٦
لماذ نحن هنا وهل هناك داع لوجود خالق؟ وماهو المبدأ الإنساني ٩٢
نظريات الضوء فيما قبل نيوتن النظرية الموجية لهيجنز ٩٧

الفصل الثالث

(الثقب الأسود)

مقدمة ١١٥
اشعاع الثقب الأسود ١٢٠
اختبار قياس لتسارع الكون ١٢٥
عدد الثقوب السوداء الموجودة ١٢٦
فكرة الزمان والمكان ١٢٧
سرعة الضوء ١٦٧
النجوم ١٧٩

الفصل الرابع

(المجرات)

مقدمة ٢٠١
درب التبانة ٢٠٩
المرأة المتسلسلة ٢١١
الشمس ٢١٣
المجموعة الشمسية هل نكتشف قريبا حياة (نباتية) على كوكب خارجي؟ ٢١٥
لما لم تزورنا الكائنات الفضائية؟ ٢٣٧

الفصل الخامس

(المذنبات)

مذنب هالي ٢٥١
الكويكبات ٢٧٣
تخليق العناصر ٣٠٥
حياة علماء ٣١٠

مقدمة

﴿ ٱلَّذِى خَلَقَ سَبۡعَ سَمَٰوَٰتٖ طِبَاقٗاۖ مَّا تَرَىٰ فِى خَلۡقِ ٱلرَّحۡمَٰنِ مِن تَفَٰوُتٖۖ فَٱرۡجِعِ ٱلۡبَصَرَ هَلۡ تَرَىٰ مِن فُطُورٖ ﴾ (الملك:٣).

الفضاء ذلك الساحر الغامض الممتد ابدا والى ما لانهاية ذلك السر الذي سحر الانسان منذ ان خطا أولى خطواته على ظهر كوكب الأرض.

يقول كارل سأغان[١] " ان ابعاد الكون هي من الاتساع بحيث لا تجدي معها وحدات قياس المسافة العادية ولو افترضنا اننا وقفنا عند نقطة عليا تسمح لنا بأوسع افق للرؤيا بين المجرات فسوف نرى أجزاء متناثرة من الضوء تبدو كالزبد فوق أمواج الفضاء وبأعداد لا تحصى وتلك هي المجرات التي يجول بعضها وحيدا او معزولا بينما يشكل اغلبها عناقيد مجمعة تتحرك مندفعة معا الى ما نهاية عبر الظلام الكوني الكبير.." كان حلم استكشاف الفضاء يراود الانسان منذ ان انتهى من تأمين احتياجاته الضرورية ووصل الى عصر التطور والاختراعات حيث بدأ بتأمل الكون من حوله وظهر هذا الشغف بالفضاء في ادبيات كل الشعوب تقريبا حيث كانت مسلسلات باك روجر Buck rogers وستار ترك star trek حافزا لخيال الصبية في الخمسينات والستينات وكما يحدث دائما كان الخيال سابقا للواقع. فقد اقترب الانسان اكثر من الفضاء عن طريق كتابات الكاتب الفرنسي جول فيرن (١٨٢٨-١٩٠٥) رائد الخيال العلمي الذي كتب في عام ١٨٦٥ قصته الشهيرة "من الأرض الى القمر" والتي انطلق فيها رواد من الأرض داخل كبسولة فضائية ليدوروا حول القمر وفي هذي القصة لم تطلق الكبسولة الفضائية من صاروخ عملاق وانما كان الانطلاق من مدفع كبير ليتغلب على الجاذبية الأرضية وكان اهم ما يميز كتابات فيرن اهتمامه بالدقة في الحسابات التي قدمها في كتابه للسرعات والازمنة مما اعطى لكتابته مصداقية تتعدى حدود الاستمتاع العابر بقصة خيالية وكان يطلب من صهره الذي كان أستاذا للفلك ان يجري له الحسابات التي عكست المعلومات العلمية الدقيقة في عصرها في قالب من الخيال العلمي.

وبرزت في كتابات جول فيرن عدة تصميمات تدل على بعد نظر مدهش ويكفي ان ملامح من تصميماته الخيالية يمكن تعرفها في مركبات الفضاء التي

---

(١) كارل سأغان: هو فلكي أمريكي من أبرز المساهمين في تبسيط علوم الفلك والفيزياء الفلكيه وغيرها من العلوم الطبيعية وكان له دور رائد في تعزيز البحث عن المخلوقات الذكية خارج الكرة الأرضية.

صنعت في العصر الحديث للفضاء وحملت ركابا الى المدار فمثلا تحدث عن صواريخ مثبته في المركبة لقيادتها بعد وصولها الى الفضاء و هو ما يتبع في سفن الفضاء التي أرسلت بعد ذألك بأكثر من قرن كامل حلم الانسان كثيرا في الوصول الى المجهول والتعرف عليه ذالك الكون المجهول ويسعى الى تحقيق أحلام الانسان للتعرف على كل زاوية من زواية الكون الواسع الذي يستمر بالتوسع هذا الفضاء الشاسع سعى الانسان الى تحقيق أحلامه المستحيلة مما جعل المستحيل غير موجود في قاموس البشرية مما ظهر العديد من العلماء الكبار ظهرو بالعديد من الأفكار والنظريات مما أدى إلى تطور الكثير في مجال الفضاء أستطاع البشر خلالها تخطي حدود الكون واكتشاف المجهول وظهر الانسان المتطور المثقف في تفكيره اللامحدود تخيل هذا الكون اجلس في ليلة مظلمة تحت النجوم فكر استكشف واستنتج لاتجعل فكرك محدود وسع عقلك ابحث وستجد ماتبحث عنه لاتستسلم افشل، حاول، انجح لتصل الى ماتبحث عنه وماتحلم به لتصنع مستقبلك ومستقبل العالم المتطور الجديد لتضع لمستك في هذا الكون المتنامي.

يحتوي هذا الكتاب كل ماكتشفه العلماء عن الكون في مسيرتهم للعلم وتمت ترجمة بعض من مقالاتهم. بداية ذكرت معلومات عن الوكالة الامريكية للطيران والفضاء ناسا وبعض الرحلات التي بها الوكالة بعدها الفصل الثاني يتحدث عن الكون وفيه الكثر من التساؤلات التي تدور في ذهن أي أنسان واجوبت العلماء عليها. الفصل الثالث يتكلم عن لغز حير العلماء بجماله الثقب الأسود. تناول الفصل الرابع تفصيلا عن المجرات في الفضاء وكيف تكونت اما الفصل الخامس والأخير تناول المعلومات المتوفرة عن المذنبات وتخليق العناصر ،وجمع هذه المعلومات والأرقام والتي تم إنجازها بفضل علماء الفيزياء والفلك والرياضيات الذين قمت باختصار ذكر حياتهم ،ولا ادعي لنفسي الانفراد بهذا الكتاب وإنما هو ثمرة الجهود المبذولة في الاستقصاء والتحري عما هو جديد في ميدان الفضاء وأتمنى ان أكون أوفيت في تقديم المعلومات والحقائق.

شيرين منذر مبدر
١/تشرين الاول/٢٠١٥

الفصل الأول

السباق الى الفضاء

الفصل الأول

السباق الى الفضاء

الإدارة الوطنية للملاحة الفضائية والفضاء ناسا

National Aeronautics and Space Administration

هي وكالة تابعة لحكومة الولايات المتحدة الامريكية وهي المسؤولة عن البرنامج الفضائي للولايات المتحدة وأنشئت في العام ١٩٥٧ وكان تمويلها السنوي يقدر ب ١٦ مليار دولار. بالإضافة للمسؤولية عن البرنامج الفضائي فإن وكالة ناسا أيضاً مسؤولة عن الأبحاث المدنية والعسكرية الفضائية طويلة المدى ووكالة ناسا معروفة على أنها وكالة الفضاء الرائدة للوكالات الأخرى حول العالم بعد تفكك الاتحاد السوفييتي.

يعد الرئيس الأمريكي السابق دوايت أيزنهاور من مؤسسي الوكالة حيث تم تأسيسها سنة ١٩٥٨ لكي تكون وكالة مدنية وليست عسكرية للنهوض بالبحث العلمي السلمي وبدأت العمل بتاريخ ١ أكتوبر ١٩٥٨.

-البحث العلمي

-الطب في الفضاء

تجري مجموعة متنوعة واسعة النطاق من الدراسات الطبية في الفضاء من قبل وكالة الفضاء والمعهد الوطني الأمريكي للبحوث الطبية الحيوية ومن أبرز هذه البحوث هي الموجات فوق الصوتية التشخيصية المتقدمة في دراسة الجاذبية الصغرى التي يختبر ها رواد الفضاء أيظاً تم مسح الموجات فوق الصوتية تحت إشراف خبراء عن بعد التشخيص و العلاج يحتمل مئات من الحالات الطبية في الفضاء عادة لا يوجد طبيب على متن محطة الفضاء الدولية رائد الفضاء عرضة لمجموعة متنوعة من المخاطر الصحية بما في ذلك ،ضغط الدم،نقص المناعة و فقدان العظام و العضلات، و التعصب الانتصابي بسبب فقدان الصوت، اضطرابات النوم، و الإصابة بالإشعاع.المودات فوق الصوتية توفر فرصة فريدة لرصد هذه الظروف في الفضاء.

استنفاذ الاوزون

في عام ١٩٧٥، وجهت وكالة ناسا عن طريق التشريع للبحث ورصد طبقات الجو العليا هذا أدى إلى برنامج دراسة الغلاف الجوي العلوي وبرنامج بحوث في وقت لاحق نظام رصد الأرض وإرسال أقمار لدراسة طبقة الآوزون تم الحصول على أول قياسات عالمية شاملة في عام ١٩٧٨ بعد إرسال القمر الصناعي ٧ نيمبوس واستفاد منها علماء وكالة ناسا في معهد غودارد للدراسات الفضائية.

تبخر الملح والطماطم

في واحدة من المشاريع في الولايات المتحدة ساعدت وكالة ناسا بالترميم و تقديم التكنولوجيا حيث ساعد الدولة و الحكومة الأمريكية الاتحادية استعادة مياه بقدر ١٥١٠٠ فدان من برك تبخير الملح في جنوب خليج سان فرانسيسكو وتم استخدام أجهزة استشعارالآقمار الصناعية من قبل العلماء لدراسة تأثير الملح على التبخر في البيئة المحلية.

علوم الأرض

ساعدت أبحاث ناسا على فهم التغيرات الطبيعية والتي هي من تأثير الإنسان على البيئة العالمية والهدف الرئيسي لدراسة علوم الآرض التابع لناسا تملك ناسا في الوقت الحالي أكثر من عشرة مركبات فضاء لدراسة علوم الأرض في المدار و دراسة جميع جوانب نظام الارض (المحيطات والارض والغلاف الجوي والغلاف الحيوي، بالإضافة إلى الغلاف الجليدي)، مع عدة خطط لإطلاق مراكب فضائية في السنوات القليلة القادمة برامج لاحقة برنامج الذقل الكوكبي اوريون و هي مركبة فضائية تستخدم للسفر للمريخ لصالح ناسا بالتعاون مع [وكالة الفضاء الاوربية وحدة الخدمة محطة الفضاء الدولية] بنجاح.

الميزانية

مثلت ميزانية ناسا ١% تقريبًا من الميزانية الاتحادية للولايات المتحدة منذ أوائل ستينيات القرن الماضي لكنها ارتفعت ارتفاعًا حادًا لتصل إلى ٤.٤١% في ١٩٦٦ على خلفية برنامج أبولو أجري استفتاء لعامة الأمريكيين أظهر أن معرفتهم بميزانية ناسا مختلفة كثيرًا عن الواقع حيث رأوا في المتوسط - أن ٢٠% من الميزانية الاتحادية تذهب لناسا بانتهاء تنفيذ برنامج أبولو انخفضت ميزانية ناسا المخصصة لها من الميزانية الاتحادية ومنذ ٢٠١٢ تقدر ميزانية ناسا بحوالي ٠.٤٨% من الميزانية الفيدرالية في مارس ٢٠١٢ شهد نيل ديجراس تايسون _ أمام لجنة العلوم بالكونجرس الأمريكي حيث قال "الآن ميزانية ناسا السنوية تمثل نصف قرش من دولار الضرائب بضعف هذا قرش من الدولار يمكن أن نحول هذا البلد من حالة الحقد والكآبة والانهاك الاقتصادي إلى حالة تسترجع فيها حقها بالولادة في القرن العشرين حيث تحلم بالغد تأسست منظمة بني فور ناسا في ٢٠١٢ بواسطة جون زيلر و هي مؤسسة غير ربحية تدعو إلى مضاعفة ميزانية ناسا إلى واحد بالمائة من الميزانية الفيدرالية."

سباق الفضاء بعد سبوتنيك

منذ ان اطلق القمر الصناعي الروسي سبوتنيك في ٤ أكتوبر ١٩٥٧ اصبح الفضاء هو ساحة التنافس الرئيسية بين القوتين العظيمين عسكريا وتقنيا في ذلك الوقت ولم يكن لدى الولايات المتحدة الامريكية عندئذ أي برنامج حقيقي للخروج الى الفضاء ولكن اطلاق القمر الصناعي السوفيتي سبوتنيك-١ والذي يعتبر إشارة البدء في سباق القرن العشرين لغزو الفضاء كان حافزا كافيا لأيقاظ البرنامج الأمريكي ووضع الولايات المتحدة كل امكانياتها العلمية والتقنية وراء هذا الهدف الكبير.

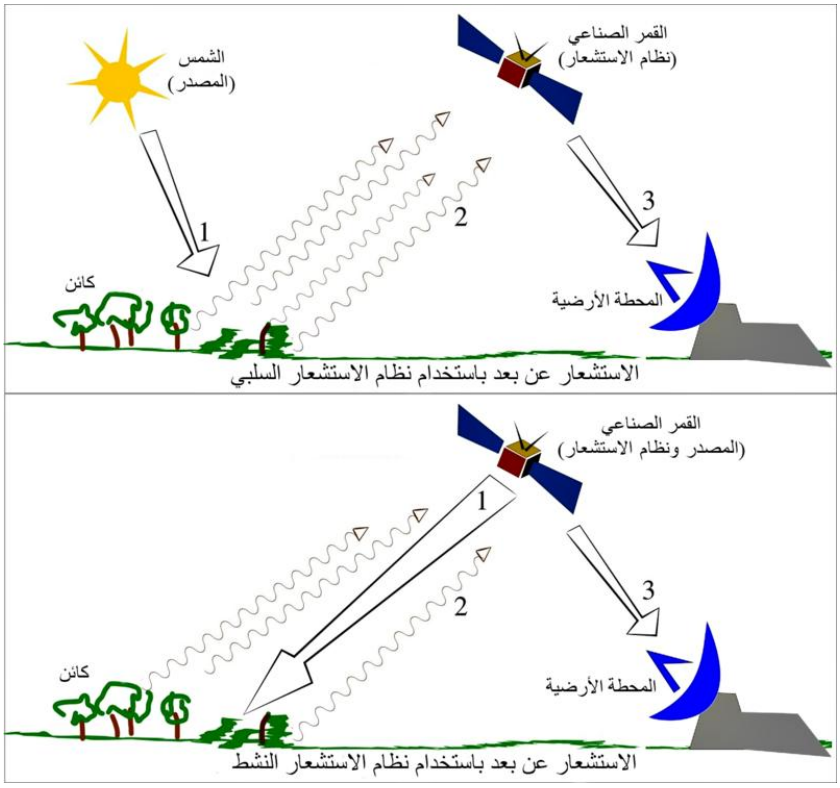
ورغم ان حلم الانسان بغزو الفضاء كان له دور كبير على الأقل في الحشد المعنوي وراء هذه الجهود فان العامل الأكبر كان التنافس بين العملاقين الدوليين : الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي فمما لاشك فيه انه عندما بدأت الولايات المتحدة وروسيا سباق الفضاء والذي استعرت حدته في الستينات والسبعينات من هذا القرن كان الهدف بكل تأكيد استغلال الفضاء كجزء من وسائط فرض الهيمنة العسكرية وتحقيق التفوق الاستراتيجي في الصراع الذي كان دائرا بين القوتين ابان الحرب الباردة غير ان تغير الظروف العالمية وارتفاع تكاليف برامج الفضاء أدى الى توجيه النظر الى ضرورة الاستغلال الاقتصادي للفضاء لاستعادة جزء من تكاليف التطوير الباهظة كما ان دخول لاعبين جدد الى هذا المجال وهم أوربا والصين واليابان والهند وليس لأي منهم بصفة عامة طموحات عسكرية كونية أدى الى احتدام التنافس في

مجال الاستغلال التجاري للفضاء والتركيز على الجانب الاستثماري في هذا الانفاق الهائل

وكان السبب الأخير والقوي هو تطور الفضاء بالقدر الذي جعلها تعطي نتائج تطبيقية إيجابية كشفت عن الإمكانيات الهائلة الكامنة في هذه التقنيات الجديدة وإمكان استغلالها لصالح الانسان والتنمية وتحسين مستويات المعيشة.

واهم هذه التقنيات الفضائية هي المسح الفضائي للمواد (الاستشعار عن بعد* انظر شكل١) والتي اصبح كوكب الأرض بعدها ككرة معلقة في الفضاء تحيط بها أصابع خفية تمتد من الأقمار الصناعية المحلقة حولها يستطيع الانسان عن طريقها ان يصل الى أي نقطة فيها لينقب فيها او يكتشف عن اسرارها ونحن نتكلم هنا عن الموارد المائية والمياه الجوفية والثروات البترولية والمعدنية وكلها لم تعد في حاجه الى بعثات مجهزة تجوب الصحاري وتحفر تحت التربة لتستكشف الموارد وتزود بها مراكز المعلومات التي تلتقطها الأقمار الصناعية في كل ثانية وتزود بها مراكز المعلومات في الدول التي تمتلك تلك التقنيات ثم يأتي بعد ذألك دور البعثات الأرضية لتمد يدها بالحفر في المواقع التي حددتها الأقمار.

استخلاص المعلومات والبيانات عن سطح الأرض والمسطحات المائية باستخدام صورة ملتقطة من أعلى بواسطة تسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من سطح الأرض وتنبأ عدد غير قليل من العلماء بضرورة استخدام الصور الجوية الرقمية والمرئية الفضائية وذلك لما يليه من أحداث ستزود البشرية بأداة لدراسة أشكال سطح الأرض واحتمالات الملاحظات الجوية. وقد ارتبط ذلك بالتطور التكنولوجي في تسجيل البيانات ونظم معالجتها ووسائل النقل الجوي وقد بدأت التطبيقات في أول الأمر بصورة محدودة بالملاحظة البصرية فقط وأصبحت المنصات الجوية ذات أهمية كبيرة، حينما اكتشفت معالجات الصور الضوئية على أساس وجود مركبات كيميائية معينة ذات حساسية للضوء.



وهناك تقنيات الاتصال او ما يسمى بثورة الاتصالات و هي الشق الاخر من ثورة المعلومات التي يعتبر الحاسب الالكتروني وتقنيات معالجة المعلومات شقها الأول.

ثم هنالك تطبيقات الملاحة الجوية والبحرية والتي أصبحت الطائرة في كل جزء من الثانية تحت مراقبة ومتابعة مستمرة من الأقمار الصناعية مما يتيح امكان التحكم في مسارات هذه الطائرات وزيادة كثافة حركتها نتيجة الاستغلال الأمثل للمسارات وهو تطبيق يزيد كفاءة حركة الطيران المدني اضعاف مضاعفة.

وتأتي بعد ذألك تطبيقات الأرصاد الجوية وارتفاع دقة التنبؤ بها نتيجة اذنا اصبحنا باستخدام الأقمار الصناعية نستطيع ان نرى العناصر الجوية و هي تتفاعل ونرى الأعاصير وهي تتكون ونلتقط لها صور ينقلها التلفزيون وامكن عن طريق هذه التقنية تقليل اثر الكوارث الطبيعية بتحذير سكان المناطق المهددة في وقت مبكر كما استخدمت تقنيات الأقمار الصناعية في الإغاثة والإنقاذ في كوارث الانهيارات الجليدية وعلى منصات البترول في وسط المحيطات واستطاعت الدول وبدرجات مختلفة ان تضع تقنيات الفضاء في خدمه شعوبها واقتصادها وبدأت الدول المنتجة

للتقنية في تسويق هذه التقنيات والخدمات الناتجة عنها واخذت كل دولة منها بالقدر الذي تستطيع استيعابه من الفوائد والعائد التقني والتطبيقي.

ولاشك في انه من الانصاف ان نقول ان الدافع الرئيسي وراء برامج الفضاء لم يكن استخدام هذه التقنيات المذهلة للأغراض المدنية السليمة بل كان في الواقع خوف كل من القوتين ان تنجح الأخرى في استخدام الفضاء كمنصة عسكرية لشن معركة نهائية وفاصلة تنهي كل المعارك وتنهي لعبة التنافس ذاتها و هو في الحقيقي ما حدث بالفعل اذ ان هناك ما يدل على ان بداية انهيار الاتحاد السوفييتي و هو الانهيار الذي تسارع لأسباب داخلية تتعلق ببنية النظام نفسه كان هو مبادرة (حرب النجوم) التي اعلنها الرئيس ريجان والتي بدا انه مصمم على المضي فيها الى النهاية ر غم التكلفة المالية الباهظة ور غم معارضة عدد كبير من الاستراتيجية والعلماء بدعوى ان التقنيات الرئيسية لهذه المبادرة لم تستوفي بعد.

وتعتمد مبادرة حرب النجوم على انشاء مظلة من الأقمار الصناعية تدور حول الأرض بصفة مستمرة وترصد أي صواريخ عابرة للقارات تخرج من مكامنها (يتم ذألك عن طريق رصد الاشعاع واتجاه الصاروخ الحراري لفوهة الصاروخ أساسا) وترسل المعلومات بموقع وسرعه واتجاه الصاروخ الى أقمار أخرى ترسل حزما من اشعة الليزر لتدمير الصواريخ المهاجمة و هو سلاح لم يكن قد تطويره عند اعلان المبادرة او كمرحلة أولى ترسل إشارات لصواريخ مضادة تعترض الصواريخ المهاجمة وتدمرها.

ادرك الاتحاد السوفيتي انه لن يكسب هذه الجولة التي تعتمد اكثر ما تعتمد على تقنيات الاتصال والتحكم الالكتروني والحاسبات التي حققت فيها الولايات المتحدة سبقا لا يمكن تجاوزه وحيث ان خسارة الجولة كانت تعني مباشرة خسارة الحرب فان الاتحاد السوفيتي اثر ان ينسحب ويعلن تخليه عن تلك الجولة الامر الذي أدى الى تداعيات انتهت بفك الاتحاد السوفييتي وهكذا انتهى الصراع الذي بدأ بين القوتين بعدا انتهاء الحرب العالمية واتخذ فيجانب كبير منه صورة تنافس حاد في الفضاء منذ عام ١٩٥٧ حتى ١٩٨٧ او نحو ثلاثة عقود كاملة.

و خلال هذه العقود شنت دول الفضاء وخاصة الولايات المتحدة او الاتحاد السوفييتي برامج هائلة لغزو الفضاء واستغلاله في تطبيقات مختلفة لكل منها تقريبا جاذباه السلمي والعسكري كانت هناك البرامج التي تهدف أولا الى تطوير تقنيات الفضاء والتعامل مع المشاكل التي يطرحها صعود الانسان الى الفضاء مثل ميركوري وجيني وفوستوك وفوسخود وكانت هناك البرامج التي تهدف الى سبر اغوار الفضاء واستكشاف النظام الشمسي وكواكبه وحتى الخروج منه مثل برنامج ما ينر الأمريكي لاستكشاف المريخ وفينيرا الروسي للهبوط على الزهرة.

وكان هناك برنامج أقمار الاستطلاع العسكري وتطوير تقنياتها و هو ما تطور في جانبه السلمي الى برنامج الاستشعار عن بعد وكانت هناك برامج للرصد الجوي و هو تطبيق في اغلبه سلمي و برامج أقمار الملاحة الجوية والبحرية ولها جانبها المدني والعسكري وهناك برامج أقمار الاتصالات وهو احد انجح ثمار غزو الفضاء والتي أعطت عوائد مدنية وسلمية كبيرة في مجالات تسهيل الاتصالات وربط العالم كله بشبكة كثيفة من أقمار الاتصال والبث التلفزيوني وهذه الأخيرة تثير قضايا عديدة تتعلق بالهيمنة الثقافية كناتج للهيمنة التكنولوجية.

ورغم انه من الصعب ان نقدم حصرا شاملا وكاملا لكل برامج الفضاء فانه قد يكون من المناسب هنا ان نحيط بشكل موجز وشامل ببرامج الفضاء الأولى التي قام بها كل من الاتحاد السوفييتي (روسيا حاليا) والولايات المتحدة وأهدافها ويمكننا من خلال فحص هذه البرامج ان نلم بالتطور الذي اتخذته مغامرة الانسان في الفضاء في سنواتها الأولى.

ويقدم الجدول (١) ملخصا لبرنامج الفضاء في العشرين عاما الأولى من خروج الانسان الى الفضاء وتاريخ واهداف كل منها وقد رتبت حسب العام الذي بدأ فيه البرنامج بينما يقدم الجدول (١) قائمة بالأحداث الرئيسية في غزو الفضاء وبهما معا نستطيع ان نكون صورة مبدئية عن حجم الإنجاز الإنساني في الفضاء ويمكن لنا بعد ذألك ان نبدأ رحلتنا لنتعرف بشيء من التفصيل هذا الإنجاز الكبير الذي تم في النصف الثاني من القرن وهي الفترة التي يطلق عليها بحق عصر الفضاء.

جدول (١) برنامج الفضاء السوفيتية والامريكية من بداية عصر الفضاء حتى ١٩٧٨

رقم	اسم البرنامج	الدولة	السنوات	الهدف	عدد الاطلاقات
١	سبتوتنيك	الاتحاد السوفيتي (روسيا حاليا)	١٩٥٨-٥٧	اطلاق اقمار في مدار حول الارض	٣
٢	اكسبلورر	الولايات المتحدة (امريكا)	١٩٥٩-٥٨	اطلاق اقمار علمية في مدار حول الارض	٣٨
٣	فانجارد	الولايات المتحدة	١٩٥٩-٥٨	اطلاق اقمار حول الارض	٣
٤	بيونير ٥-٩	الولايات المتحدة	١٩٦٨-٦٠	قياس خصائص الفضاء بين الكواكب	٥
٥	لونيك١_٣	الاتحاد السوفيتي	١٩٥٩	الجيل الاول _ تصوير القمر	٣
٦	فوستوك	الاتحاد السوفيتي	١٩٦٤_٦١	اطلاق رائد فضاء حول الأرض	٦
٧	رينجر	الولايات المتحدة	١٩٦٥ -٦١	تصوير سطح القمر تمهيدا للنزول عليه	٩
٨	ميركوري	الولايات المتحدة	١٩٦٣ -٦١	اطلاق كبسولات بها قرود ثم برواد فضاء	٢٦

رقم	اسم البرنامج	الدولة	السنوات	الهدف	عدد الاطلاقات
٩	أبولو	الولايات المتحدة	١٩٧٢ -٦١	تصوير سطح القمر ثم الهبوط عليه	١١
١٠	فينيرا	الاتحاد السوفيتي	١٩٨٣ -٦١	اطلاق كبسولة للزهرة	١٦
١١	مارس	الاتحاد السوفييتي	١٩٧٣ -٦١	وضع كبسولة في مدار المريخ	١٦
١٢	مارينر	الولايات المتحدة	١٩٧٣ -٦٢	مسبار فضائي للزهرة والمريخ وعطار	١٠
١٣	لونا(٤-١٤)	الاتحاد السوفييتي	١٩٦٨ -٦٣	الهبوط الالي على القمر	١١
١٤	فوسخود	الاتحاد السوقييتي	١٩٦٦ -٦٤	السير على الفضاء	٢
١٥	زوند	الاتحاد السوفييتي	١٩٦٩ -٦٤	تصوير القمر والطيران بين الكواكب	٦
١٦	جيميني	الولايات المتحدة	١٩٦٦ -٦٥	البقاء في المدار تمهيدا لابولو	١٢
١٧	سويوز	الاتحاد السوفييتي	١٩٦٧		
١٨	لونار اوربيتر (الطواف القمري)	الولايات المتحدة	١٩٦٧-٦٦	تصوير القمر من المدار لاختيار موقع الهبوط تمهيدا لابولو	٥
١٩	سرفيور(الراصد)	الولايات المتحدة	١٩٦٨-٦٦	انزال مسبار على سطح القمر تمهيدا لابولو	٧
٢٠	لونا(١٥-٢٤)	الاتحاد السوفييتي	١٩٧٦-٦٩	احضار عينات من تربة القمر _ انزال مركبة الية	١٠
٢١	بيونير(١٠-١١)	الولايات المتحدة	١٩٧٣-٧٢	المتشري وزحل	٢
٢٢	بيونير(١٠-١١)	الولايات المتحدة	١٩٧٨	قياس جو وسطح الزهرة	٢
٢٣	فايكنج	الولايات المتحدة	١٩٧٦	الهبوط بمركبه اليه على المريخ	٢
٢٤	فوايجر	الولايات المتحدة	١٩٧٧	استكشاف اربعة كواكب خارجية في النظام الشمسي	٢

جدول(٢)

يبين جدول الرحلات على مدار الاعوام (الاحداث الرئيسية في تحدي الفضاء) حتى ١٩٩٦

	التاريخ	الدولة	الحدث
١	١٦ مارس ١٩٢٦	الولايات المتحدة	اطلاق اول صاروخ بالوقود السائل (روبرت جودارد)
٢	١٣يونيو١٩٤٢	المانيا	اطلاق الصاروخ الالماني A_4(واصبح فيما بعد V2)
٣	٤اكتوبر ١٩٥٧	الاتحاد السوفييتي	اطلاق اول قمر صناعي في الفضاء_سبوتيك-١-
٤	٣١يناير ١٩٥٨	الولايات المتحدة	القمر الصناعي اكسبلوررر
٥	١ اكتوبر ١٩٥٨	الولايات المتحدة	انشاء الهيئة القومية للطيران والفضاء (ناسا)
٦	٤ اكتوبر ١٩٥٩	الاتحاد السوفييتي	اول مركبه تصل الى القمر وتصوير الجانب المظلم لونيك-٣
٧	١٩٥٨	الولايات المتحدة	اطلاق اول قمر صناعي للاستخدامات المدنية (الاتصالات)
٨	١٢ابريل ١٩٦١	الاتحاد السوفييتي	يوري كاكارين يدور حول الارض فوستك _١
٩	١٩٦٢	الولايات المتحدة	اول مسبار فضائي (مارينر_٢) يصل للزهرة
١٠	١٦ يونيو١٩٦٣	الاتحاد السوفييتي	صعود اول رائد فضاء سوفيتي
١١	١٨مارس ١٩٦٥	الاتحاد السوفييتي	اول انسان يمشي في الفضاء _فوسخود٢
١٢	١٩٦٥	الولايات المتحدة	المركبة مارينر _٤ تصل الى المريخ
١٣	٢٦ نوفمبر ١٩٦٥	فرنسا	اطلاق اول قمر صناعي فرنسي
١٤	٣١يناير ١٩٦٦	الاتحاد السوفييتي	اول هبوط بمركبة الية على سطح القمر- المركبة لونا-٩
١٥	ديسمبر ١٩٦٨	الولايات المتحدة	اول انسان يدور حول القمر
١٦	٢٠ يونيو ١٩٦٩	الولايات المتحدة	ابوللو-١١اول انسان يهبط على القمر
١٧	٢٤ابريل ١٩٧٠	الصين	الصين تدخل سباق الفضاء –اطلاق اول قمر صناعي صيني
١٨	١٩ابريل ١٩٧١	الاتحاد السوفييتي	اول محطة مدارية_سالبوت١
١٩	١٩٧٤_	الولايات المتحدة	اول مسبار يصل الى المشتري(بيونير١٠)
٢٠	٩سبتمبر ١٩٧٥	اليابان	اليابان تدخل عصر الفضاء-اول قمر صناعي ETS-1
٢١	١٨ يوليو١٩٨٠	الهند	الهند تدخل عصر الفضاء-القمر الصناعي روهيبني-٢
٢٢	١٩٨٤	الولايات المتحدة	صعود اول رائد فضاء امريكي
٢٣	ابريل ١٩٨٤		استخدام المقعد النفاث خارج المكوك
٢٤	ابريل ١٩٨٤		اصلاح اول قمر صناعي برواد المكوك
٢٥	٨فبراير ١٩٨٥		اطلاق القمر الصناعي العربي الاول
٢٦	١٨ يونيو١٩٨٥		اطلاق القمر الصناعي العري الثاني

	التاريخ	الدولة	الحدث
٢٧	١٨يونيو ١٩٨٥		طيران اول رائد فضاء عربي(سعودي)
٢٨			طيران ثاني رائد فضاء عربي (سوري)
٢٩	٢٨يناير ١٩٨٦		احتراق مكوك الفضاء الامريكي كولومبيا
٣٠	١٩٨٧	الاتحاد السوفييتي	اول محطة مدارية ماهولة بصفة مستمرة (مير)
٣١	١٩سبتمبر ١٩٨٨	اسرائيل	اسرائيل تطلق اول قمر صناعي افق_١
٣٢	٢١ديسمبر ١٩٨٨	الاتحاد السوفييتي	اول انسان يقضي عام كاملا في الفضاء
٣٣	١٩٩٥		بدء التدريب على المحطة الفضائية الدولية ألفا
٣٤	ابريل ١٩٩٥		اطلاق اول مرصد فضائي هابل
٣٥	١٦مايو ١٩٩٦		اطلاق القمر الاسرائيل للاتصالات
٣٦	يوليو ١٩٩٦		اطلاق اول اقمار الجيل الثاني للعربسات

السباق الى القمر..

الولايات المتحدة تتخذ استراتيجية جديدة...

والاتحاد السوفييتي يبدأ برنامج استكشاف القمر....

من الممكن ان تخدع كل الناس بعض الوقت ولكن لا يمكن ان تخفي التفوق التكنولوجي عن العالم مدة طويلة كانت أمريكا تعلم اكثر من غير ها حجم الفجوة التقنية ولم يكن ممكنا ان تسمح لها بان تبقى او بان تزيد وكانت نقطة البداية هي الطريقة التي يدار بها البحث العلمي في مجال الفضاء والتنافس المدمر بين قطاعات القوات المسلحة الثلاثة وشهد عام ١٩٥٨ تغييرات مهمة في هذا المجال كان على راسها انشاء (الهيئة القومية للطيران والفضاء ناسا) والتابعة مباشرة للرئيس الأمريكي واسند الى الهيئة الجديدة التنسيق والاشراف على جميع أنشطة الفضاء كما تقرر بناء قاعدة اطلاق جديدة في كيب كانافيرال في فلوريدا وعلى الفور بدأت ناسا برنامجا جديدا اطلق عليه "ميركوري" كان الغرض منه اطلاق كبسولة فضاء مأهولة وفي الوقت نفسه بدأت في كل من الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة سلسلة من الاطلاقات المتعلقة باستكشاف القمر.

البرامج الأولى لاستكشاف القمر

كان من الطبيعي ان يكون القمر هو الهدف الأول لبرنامج الفضاء فهو ليس قريبا فحسب(٢٥٠,٠٠٠ ميل) ولكنه يحتوي على مفاتيح كثيره من الاسرار التي تراكمت على مر عصور من تعلق الانسان بالقمر ومراقبته ورصده كما انه اذا كان هناك استيطان للفضاء في أي زمن منظور فسوف يكون ذألك على القمر وفي الوقت نفسه كانت هناك امال باستغلال ثروات القمر والعثور في تربته على العناصر

النـادرة علـى الأرض وهـاهي الفرصـة قـد حانـت لاختبـار كـل هـذه النظريـات والتصورات فما اشد شوق العلماء اذن للإسراع بالصعود الى هذا الكوكب الجميل قمرنا.

كان هناك ثلاث أنواع من سفن الفضاء يمكن الاستعانة بها لهذه الأغراض :

الكبسولات المأهولة manned space capsules او غير المأهولة unmanned و "مسبارات" الفضاء probesو هي كبسولات تمر مرة واحدة بالقرب من جسم سماوي بغرض "سبر" اغوار الفضاء والحصول على المعلومات... ثم سفن الفضاء المأهولة manned space shipsوهي التي يتحكم رجل الفضاء في حركتها ومهامها بدرجة ما.

وكان من الطبيعي ان يبدأ الاستكشاف باستخدام المسبارات الأكثر امناً من حيث انها غير مأهولة كما ان تكنولوجيا الفضاء لم تكن قد وصلت بعد الى الثقة الكاملة اللازمة بالمجازفة بأرسال انسان الى الفضاء وان كانت تسير نحو ذألك الهدف بخطى حثيثة.

وفي العقد الذي تلا سبوتنيك ١٩٦٦_١٩٥٧ بلغ مجموعة ما اطلقه الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة فيما بينهما حوالي خمسين مسبارا لاكتشاف القمر وكانت المسابر الأول معنية اما بالمرور عن قرب شديد من القمر يسمح لها بالحصول على معلومات ذات قيمة او النزول عليه نزولا ارتطاميا ثقيلا (hard lading) ويقصد بالنزول "الثقيل " ذألك النزول الذي لا يتطلب تحكما دقيقا ومن ثم فان مركبة الفضاء او المسبار يتحطم عند ارتطامه بسطح القمر ولذألك يكون الحصول على المعلومات مركزا في تلك الفترة التي تلي الاقتراب من سطح القمر وتسبق الارتطام به وهي لا تتعدى ثواني قليلة.

أما النزول "اللين" او "البطيء" (soft landing) فيتطلب مقدرة تقنية عالية في التحكم في مركبة الفضاء ويفترض في هذا النوع من المهام ان تصل أجهزة القياس والمجسات المختلفة سالمة لتؤدي مهامها على سطح القمر ومن الطبيعي ان يتأخر النزول اللين عن النزول الارتطام الثقيل سنوات عدة اذ لم يتحقق ذألك النوع الأول الا في عام ١٩٦٦ وبين هذين النوعين من النزول حاولت الولايات المتحدة نوعا وسيطا سمي النزول "شبه اللين" وفيه يتم ابطاء السفينة الى اقصى حد ممكن وفي الوقت نفسه تدعم الأجهزة وتقويتها لتتحمل صدمة متوسطة وتستمر في أداء مهمتها وكانت نتائج هذا النوع مخيبة للآمال اذ تحطمت الأجهزة والمعدات تماما في المحاولات الخمس التي أجريت لانزال من هذا النوع في مركبات من طراز رينجر بالإضافة الى هذه الأنواع كان هناك نوع اخر من المهام بهدف الى البقاء في مدار مستقر حول القمر مدة طويلة يتم فيها اجراء تجارب ومهام عديدة.

كان لدى كل من الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة برامج لكل نوع من هذه المهام وفي جميع هذه النوعيات من المهام المتدرجة في التقدم التقني كان الاتحاد السوفييتي يسبق الى تحقيق الهدف ثم كانت تلحق به الولايات المتحدة في تحقيق الهدف نفسه ولكن بدرجة اعلى من الإنجاز العلمي والتقني واستمر هذا النمط سائد حتى حققت الولايات المتحدة فوزا حاسما في مجال غزو الفضاء بأنزال اول رجل على سطح القمر في عام ١٩٦٩ كان لهذا الحدث نجاحا ساحقا للولايات المتحدة في مجال الفضاء واكتشاف الكون.

برنامج لونا السوفيتي ورينجر وسيرفيور الامريكيان

بدأ الاتحاد السوفييتي السباق الى القمر ببرنامج "لونا" حيث اطلقت اولى كبسولاته لونيك-١ في ١٩٥٩ وفي سبتمبر من العام نفسه ارتطمت لونيك_٢ بسطح القمر وكانت لونا-٣ (*) التي اطلقت في ذكرى اطلاق سبوتنيك (٤اكتوبر) هي اول كبسولة تلتقط صورا للجانب المظلم من القمر الذي مرت على بعد ٦٥٠٠ ميل منه ثم توالت اقمار لونا -٤ حتى ١٤ ومن اهم ما كشفته صور لونا ١٩ سطح القمر مفككا ويمكن المشي عليه لأنه متماسك.

كان البرنامج الامريكي لاستكشاف القمر بمركبات غير مأهولة معتمدا على برنامج رينجر (Ranger) والذي حاولت المركبات الخمس الأولى منه ان تهبط برفق عليه بأجهزة محمية بشكل يمتص جزءآ كبيرا من الصدمة لكن هذه المحاولات فسلت جميعها وتم التخلي عن الفكرة وبداية ١٩٦٤ بدأت مركبات رينجر في ارسال صور للقمر من ارتفاع اقل من ميل..مظهرة تفاصيل فجوات على سطح القمر لا يزيد قطرها على عدة أمتار باعتبار سرعة الكبسولة عند الاقتراب فأن هذا يعني ان الكبسولة كان امامها جزء من الثانية لإتمام مهمتها.

كان السبق الى كل الإنجازات الكبيرة في مجال استكشاف القمر من نصيب برنامج لونا باستثناء الإنجاز الحاسم الأخير والذي حصلت عليه الولايات المتحدة فيما عرف بانه اكبر مشروع علمي اخذته البشرية على عاتقها على الاطلاق فيما عرف بأنه اكبر مشروع علمي اخذته البشرية على عاتقها على الاطلاق وهو مشروع ابوللو ففي عام ١٩٥٩ حققت لونا اول وصول للقمر وأول تصوير للجانب المظلم وبعد عدة سنوات وفي فبراير عام ١٩٦٦ كانت لونا -٩ هي اول مسبار تهبط هبوطا بطيئا على سطح القمر وكانت لونا-١٠ هي اول مسبار يدور في مدار حول القمر في ابريل ١٩٦٦.

(*)الاقمار الثلاثة الاولى من السلسلة اطلق عليها لفظ "ولنيك" تصغير لونا لصغر حجمها.

وفي عام١٩٦٩ كانت اول خطوات الانسان على سطح القمر والتي عبر عنها نيل ارمسترونغ باقتدار بعبارته المشهورة "انها خطوة صغيرة لأنسان ولكنها خطوة كبيرة للجنس البشري "

وتلا برنامج رينجر برنامج سيرفيور(surveyor) (الراصد) والذي كان هدفه تحقيق الهبوط البطيء بمركبة غير مأهولة على سطح القمر وحققت مركبة سيرفيور-١ هذا الهدف في يونيو ١٩٦٦ أي بعد ستة اشهر من الهبوط الروسي وكانت تحمل بالإضافة الى الكاميرات التليفزيونية أجهزة لقياس صلابة التربة وتكوينها كانت الرحلات الى سطح القمر بمركبات ألية غير مأهولة ضرورية تمهيدا لأرسال رائد فضاء الى سطح القمر أما الهدف التالي فكان البقاء في مدار مستقر حول القمر وحقق الاتحاد السوفييتي هذا الإنجاز بالكبسولة لونا-١٠ في ابريل ١٩٦٦ وتبعته الولايات المتحدة في أغسطس ١٩٦٦ كانت هناك ثلاث سنوات للقمر :١٩٦٩,١٩٦٦,١٩٥٩.

في ٤اكتوبر ١٩٥٩ وبعد عامين تماما على بدء عصر الفضاء وصلت لونيك-٣ الى القمر وصورت الجانب المظلم منه...

وكان ١٩٦٦ هو عام الانجازات للمركبات غير المأهولة الى القمر وفيه هبطت مركبة سوفييتية على سطح القمر ودارت اخرى حوله في مدار قمري مستقر.

وبين مايو ١٩٦٦ نوفمبر ١٩٦٨ اطلقت الولايات المتحدة سبع مسبار من طرز سيرفييور وخمس مسبار في مدارات حول القمر في حين اطلق الاتحاد السوفييتي عدة اطلاقات ناجحة وصلت بالكبسولات الى مدار القمر وعادت منه الى الارض وأخيرا جاء العام ١٩٦٩ وفيه تحقق الانجاز الكبير وهبط الانسان على سطح القمر.

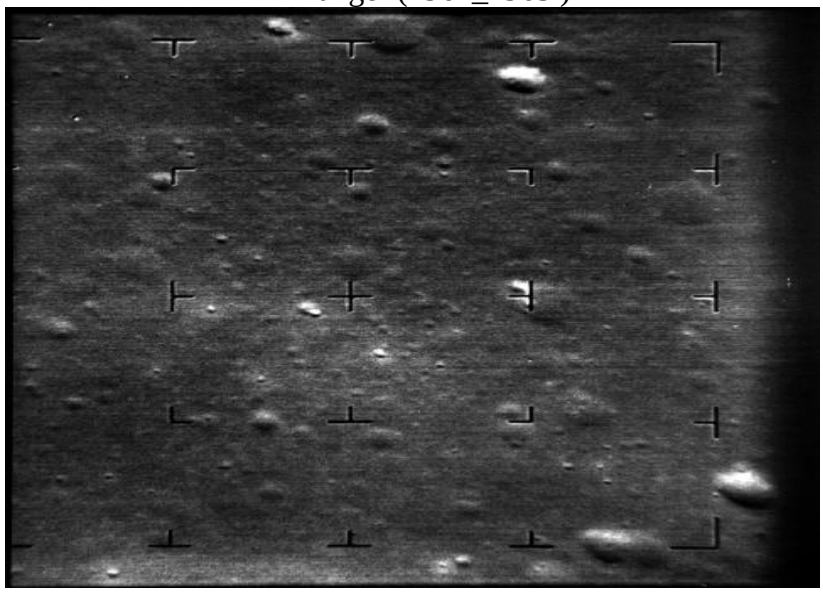
جدول (٣)

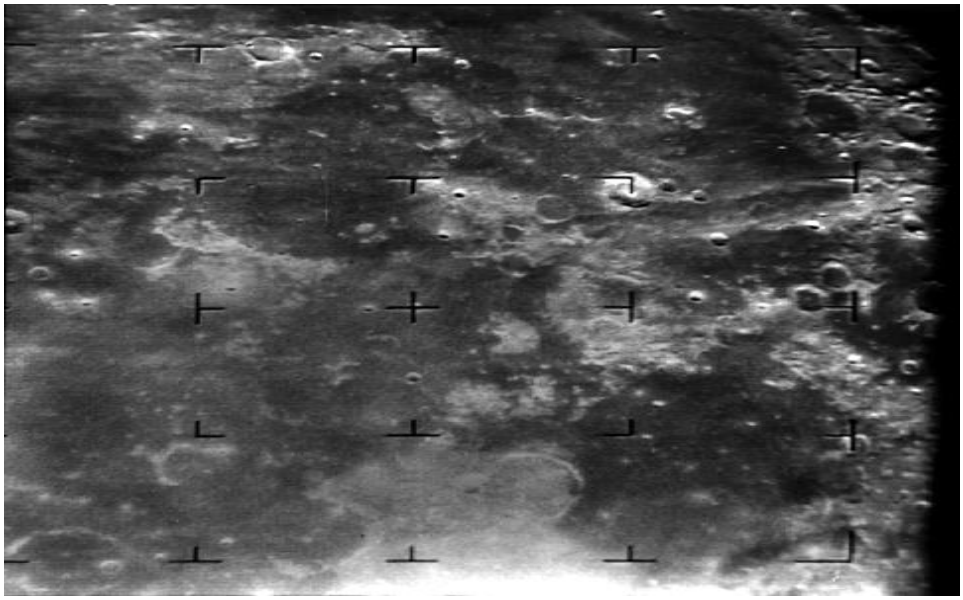
البرامج غير المأهولة لاستكشاف القمر

	المسبار او الكبسولة الفضائية	الدولة	التاريخ	المهمة المنجزة
١	لونيك ١,٢	الاتحاد السوفييتي	يناير وسبتمبر ١٩٥٩	قياس خصائص جو القمر
٢	لونيك ٣	الاتحاد السوفييتي	٤ اكتوبر ١٩٥٩	تصوير الجانب المظلم من القمر
٣	بيونير ١-٤	الولايات المتحدة	١٩٥٨	لم تصل الى المدار القمري
٤	رينجر ١-٦	الولايات المتحدة	١٩٦١_١٩٦٤	لم تصل الى المدار القمري او وصلت ولم تعمل الاجهزة

	المسبار او الكبسولة الفضائية	الدولة	التاريخ	المهمة المنجزة
٥	لونا ٤	الاتحاد السوفييتي	٢ ابريل ١٩٦٣	اختبار المشاكل الفنية لاستكشاف القمر
٦	رينجر٧-٩	الولايات المتحدة	١٩٦٤-١٩٦٥	ارسال صور للقمر من المدار القمري الى الارض
٧	لونا ٥	الاتحاد السوفييتي	٩ مايو ١٩٦٥	اختبار اجهزة الهبوط على سطح القمر
٨	لونا٦	الاتحاد السوفيتي	٨ يونيو ١٩٦٥	اخطأت المدار
٩	لونا ٧-٨	الاتحاد السوفييتي	اكتوبر وديسمبر ١٩٦٥	الاعداد للهبوط على القمر
١٠	لونا-٩	الاتحاد السوفييتي	٣١ يناير ١٩٦٦	اول هبوط على سطح القمر
١١	لونا -١٠ -١٤	الاتحاد السوفييتي	مارس- ديسمبر ١٩٦٦	اول اقمار صناعية توضع في مدار حول القمر _اختبار جو القمر وقياس تركيب سطحه باستخدام الاستشعار عن بعد

Ranger (1961_1965)





صور من مسبار رينجر للقمر
النزول على القمر

برنامج ابولو

"اذني اعتقد ان هذه الامة يجب ان تلتزم بالسعي للوصول قبل نهاية العقد الحالي الى هدف انزال انسان على سطح القمر والعودة به سالما الى الارض."

الرئيس الامريكي جون ف كينيدي من خطبته الى الكونغريس الامريكي

٢٥مايو ١٩٦١

لم يكن ممكنا للولايات المتحدة ان تسكت على التحدي الواضح الذي وضعه امامها الاتحاد السوفييتي في اوج الحرب الباردة بانتصاراته الكبيرة في الفضاء ووجه الرئيس ايزنهاور الجنرال المنتصر في الحرب العالمية بهذا التحدي وكان قراره بأنشاء هيئة تجمع كل انشطة الفضاء في جهة واحدة تتبع الرئيس وهي "ناسا" وبدأ نشاط مكثف في مجال الفضاء بدأته ناسا ببرنامج ميركوري وتتبعه برنامج ابولو تكونت ناسا في بدايتها من اربعه مراكز للأبحاث قسم العمل بينهما هي مركز "لانجلى" لأبحاث الفضاء بفرجينيا واختص بدراسة الهياكل والمواد المصنعة الداخلة فيها ومركز "لويس" في ولاية اوهايو واختص بأبحاث الصواريخ والوقود السائل ثم مركز "مارشال" في ولاية الاباما وكان مجاله دراسة وتقويم مركبات الفضاء المقترحة وتصميمها اما مركز "ايمز" بكاليفورنيا فكان مسئولا عن المسائل المتعلقة

بالملاحة للقمر واخيرا كانت هناك مجموعة التنسيق لأنشطة الفضاء space task force وتولت التنسيق بين هذه المراكز.

- أبولو-١١
- الهبوط على القمر
- وأخيرا جاء اليوم المشهود.... وكان يوم ٦ أيلول ١٩٦٩ تم اختيار رواد الفضاء الثلاثة:

١-أدوين ألدرن - ربان المركبة القمرية

٢-نيل أرمسترونج (القائد) - أول إنسان يمشي على سطح القمر

٣- مايكل كولينز - ربان المركبة الرئيسي

طاقم الرحلة أبولو ١١، من اليمين إلى اليسار بز ألدرن مايكل كولينز - نيل أرمسترونج

النسر من مركبة كولومبية

بدأ احداث يوم لم تملكه الولايات المتحدة فحسب ولكن كان ملكا للبشرية بأسرها

سنحاول ان نستعرض معا احداث تلك الرحلة وتلك الأيام الباهرة منذ اكثر من خمسين سنة تقريبا عن طريق استعادة شريط الاحداث كما اذاعته ناسا في ذالك الحين.

رحلة ابولو الصعود الى القمر

٢ يوليو:

اجراء عد تنازلي تجريبي لرحلة أبولو _١١ في مركز كنيدي للفضاء.

٥ يوليو:

الرواد الثلاثة يعقدون مؤتمرا صحفيا في مركز مارشال للفضاء ولكنهم يجلسون على بعد خمسين قدما من الصحفيين لتفادي احتمال اصابتهم بأي ميكروبات قد تعطل الرحلة.

١٠ يوليو:

بدأ العد التنازلي لابولو_١١ قبل ٩٣ دقيقيه من لحظة الاطلاق

١٦_يوليو:

في الساعة ٩:٣٢ صباحا بتوقيت شرق الولايات المتحدة جاء اليوم المشهود...وعلى مشهد من العالم والتي تابع الاطلاق بواسطة التليفزيون في سبع قارات وثلاث وثلاثون دولة ومن المقدر ان عدد المشاهدين في الولايات المتحدة يبلغ خمسة وعشرون مليونا وطبقا للخطة فأن المرحلة الثالثة S-IV-B التي تحمل سفينة الفضاء تدور في مدار انتظار ارضي على ارتفاع ١١٨,٥ ميل من سطح الأرض.

وبعد فحص الكمبيوتر جميع الأجهزة يتم اشعال محرك المرحلة الثالثة للمرة الثانية للانتقال نحو مدار قمري سفينة القيادة تنفصل من المرحلة الثالثة بواسطة

محركات صغيرة وتستدير لتلتحم بالمركبة القمرية الموجودة داخل المرحلة S-IV-B ثم تنفصل سفينة القيادة الملتحمة بالمركبة القمرية عن المرحلة الثالثة.

١٧ **يوليو:**

كان انتقال سفينة الفضاء ابولو اليوم الى مدار نحو القمر دقيقا بحيث ان تصحيح المسار لم يكن ضروريا وقد قام الطاقم بأرسال تليفزيوني من السفينة استمل على صور للأرض من ارتفاع ١٢٨ الف ميل.

١٩ **يوليو:**

في الساعة ١:٢٨ مساء ابولو تمر بجوار القمر وتتجاوزه ثم تستخدم الصاروخ الرئيسي لاعاتها الى المدار القمري.

٢٠ **يوليو:**

ارمسترونغ وألدرين يدخلان الى داخل المركبة القمرية ويختبران أجهزتها ويمدان ارجل الهبوط في الساعة ١:٤٦ مساء المركبة القمرية (النسر) تنفصل عن كولومبيا (سفينة القيادة الام) فيما تستمر كولومبيا بقيادة كولينز في الدوران حول القمر.

٢٠ **يوليو _**١٨:٤ **مساء:**

المركبة القمرية تهبط على سطح القمر في المنطقة المسماة "بحر الحدود" ارمسترونغ يبلغ الأرض "هيوستون هنا قاعدة بحر الحدود لقد هبط النسر.."

٢٠ يوليو _٥٦:١٠ مساء:

ارمسترونغ يأخذ الخطوة الأولى للجنس البشري على سطح القمر بينما يظل ألدرين داخل المركبة ويسجل الحدث وعلى الأرض يشاهد ٦٠٠ مليون شخص الارسال التلفزيوني المباشر ويسمعون كلمات ارمسترونغ و هو يصف الحدث الكبير :

"انها خطوة صغيرة لانسان ولكنها خطوة عملاقة للجنس البشري ".

٢٠ يوليو_١٥:١١ مساء

ألدرين ينزل على سطح القمر بينما يصوره ارمسترونغ يزيح الاثنان الستار عن لوحة مثبته على عمود خلف المركبة القمرية ويقأن ماعليها :طهنا وضع رجال من كوكب الأرض اقدامهم على القمر _يوليو ١٩٦٩ ب.م لقد جئنا في سلام لكل الجنس البشري " وقد قام الرائد بغرس العلم الأمريكي و هو داخل اطار خشبي حتى لايتهدد لانعدام الهواء.. واجرى الرئيس الأمريكي نيكسون حوارا حياهما فيه واثنى مجهودهما.

ارمسترونغ يصور سطح القمر بينما يختبر ألدرين حركة الانسان على القمر فيمشي ويعدو ويقفز بنصب الرجلان أجهزة القياس والتجارب والتي تشمل قياس الزلازل القمرية و"عاكس ليزري" وجهازا لقياس الرياح الشمسة ثم يجمعان عينات قمرية في صناديق خاصة.

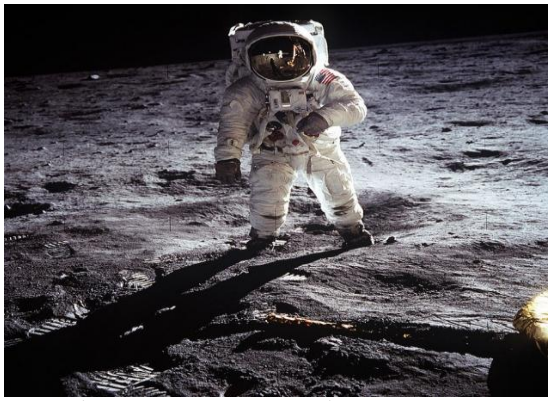
٢١يوليو _١:٥٤م

الفضائيان يرتفعان عن سطح القمر في الجزء العلوي من المركبة القمرية بعد ٢١ ساعة و٣٦ دقيقة على سطح القمر يلحقان بكولينز وقد احضروا معهم نحو ٢١ كيلوجرام من صخور القمر وعينات من تربته لدراستها في المعامل على ألارض.

٢٤ يوليو _١٢:٤٦م:

سفينة القيادة تدخل جو الارض ويتم اول اتصال بينهما و بين حاملة الطائرات "هورنت" المنتظرة في البحر لانتشال المركبة

وبعد اربع دقائق ترتطم مركبة القيادة بمياه المحيط الهادىء ليخرج منها رواد القمر بعد مهمة استغرقت ١٩٥ ساعة في الفضاء وتكلفت نحو عشرين بليون دولار(بحسب فترة الستينات) هذه اللحظة التاريخية شغلت العلماء وجيلا كاملا مما جعلهم ينظرون للكون بنظرة اوسع امتلكت رغبة البشرية باكتشاف الكواكب الاخرى والكون للبحث عن حياة.



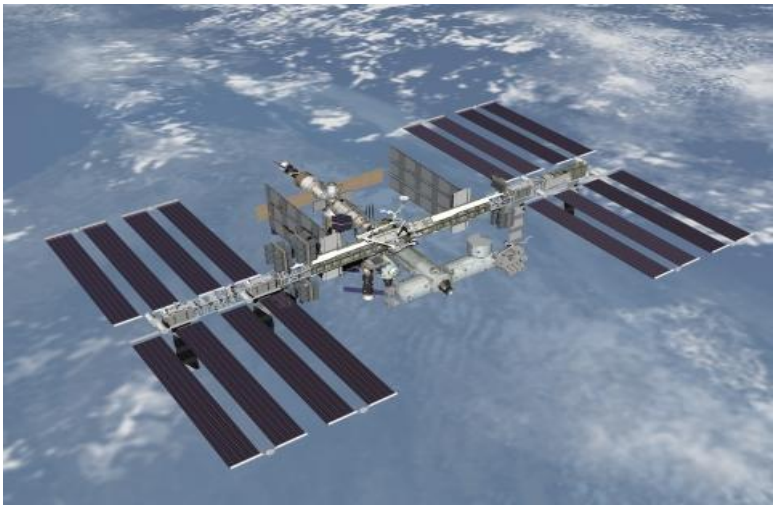
بز ألدرين يمشي على سطح القمر صورة التقطها نيل أرمسترونج

المحطة الفضائية الدولية

المحطة الفضائية الدولية (International Space Station) وتختصر(ISS) هي محطة فضاء دولية تدور على ارتفاع ٣٩٠ كيلومترا عن سطح كوكب ألارض وبسرعة ٢٨ ألف كم في الساعة واطلقت لتأخذ محل ومهام المحطة الفضائية الروسية مير ويتم الإشراف عليها بتعاون دولي هدفها تحضيرالانسان لتمضية اوقات طويلة في الفضاء وإجراء التجارب خارج منطقة الجاذبية ألارضية تم بنائها بموجب تعاون دولي بقيادة الولايات المتحدة وروسيا وتمويل من كندا واليابان و ١٠ دول اوربية بدأ البناء بها سنة ١٩٩٨

صورة حقيقية للمحطة الفضائية الدولية(ISS) من الفضاء

وبلغت تكلفتها ١٠٠ مليار يورو على متن المحطة الدولية هذه اللحظة أربعة رواد يوجد هناك على الأقل أربعة مختبرات تحتوي على أجهزة لإجراء بحوث واسعة النطاق في مجالات مختلفة مثل المواد، السائل علوم الحياة والاحتراق والتقنيات الجديدة.



المحطة والطاقم البشري

هي عبارة عن مختبر يشغله فريق دولي في مدار على ارتفاع ٣٩٠ كيلومترا (٢٤٠ ميلا) عن سطح كوكب ألارض وتشكل المحطة المشروع العلمي والتكنولوجي الأكثر تعقيدا على الإطلاق في تاريخ استكشاف الفضاء ارتفاعها عن سطح الأرض يتراوح من ٤٦٠-٣٧٠كم، ويبلغ وزنها نصف مليون كغم وتبلغ سرعتها ٢٨ألف كم في الساعة لذا فالمحطة الدولية تكمل دورة واحدة حول الأرض كل ٩٠دقيقة وتكمل حوالي ١٦دورة حول الأرض يومياً وحيث أن الشمس تشرق على روادها وتغرب ١٦مرة خلال اليوم الواحد لذا ومنعاً للتشويش فقد حددوا الوقت الوسطي (جرينتش) ليكون هو المعتمد على متن المحطة الدولية وعندما تغرب الشمس في لندن تغلق نوافذ المحطة آليا لإعطاء الرواد شعوراً بالليل ليناموا ومن ثم يستيقظون الساعة السابعة صباحاً ليعملوا عشر ساعات يومياً عدا يوم السبت خمس ساعات هناك محطتين أرضيتين للتحكم بالمحطة الدولية الأولى بهيوستون بالولايات المتحدة الامريكية والثانية بموسكو عاصمة روسيا.

(طاقم المحطة الفضائية)

تطوير المحطة الفضائية

كان إسهام كندا عبر وكالة الفضاء الكندية في المحطة الفضائية نظام الخدمة المتنقل الذي يتألف من جهاز المحطة الفضائية للتحكم عن بعد الذي أطلق عليه اسم "كندا آرم٢" (Canadarm2)، ونظام قاعدة متحرك وجهاز التحكم المتقن للأغراض الخاصة والذي يعرف بـ"ديكستر" أما وكالة الفضاء الاوربية فقامت بصنع مختبر مكيف الضغط يدعى كولومبوس وحاملة شحن لا يشغلها ملاح تدعى عربة النقل المؤتمتة وساهمت الوكالة كذلك بذراع آلية هي عبارة عن جهاز أطلق عليه اسم "كيوبولا"، وبعدد من حجيرات الوصل بين أجزاء المركبة المختلفة وبنظام لإدارة البيانات وصندوق علمي للجاذبية المصغرة وصندوق تجميد في المختبر وقدمت اليابان مختبر كيبو الذي يضم حجيرة أو وحدة مكيفة الضغط وذراعا آلية ووحدة ثالثة هي عبارة عن منصة خارجية مكشوفة للتجارب وعربات الأغراض اللوجستية وساهمت روسيا بوحدتي أبحاث وأماكن السكن الأولى للملاحين التي كانت تعرف باسم وحدة الخدمة والمجهزة بأنظمة خاصة للعيش والبقاء على الحياة وبمنصة طاقة علمية مؤلفة من منظومة لوحات شمسية تنتج ٢٠ كيلوواط من الكهرباء هذا بالإضافة إلى عربات نقل لوجيستية تعرف بـ"بروغريس" ومركبة سويوز الفضائية لإعادة الملاحين العاملين في المحطة ونقلهم وغير ذلك من المعدات والخبرة

مشاريع مستقبلية

ستقدم أيطاليا والبرازيل معدات للمحطة الفضائية الدولية من خلال اتفاقات مع الولايات المتحدة وقد تم اكتمال انشاء المحطة الفضائية الدولية المدارية في عام ٢٠١٠ بمساهمات كل من الولايات المتحدة وكندا واليابان وروسيا والبرازيل وإيطاليا وبلجيكا والدنمرك وفرنسا وألمانيا وهولندا والنرويج واسبانيا والسويد وسويسرا والمملكة المتحدة وسيصل وزن المحطة لدى اكتمالها إلى حوالي ٤٥٠ ألف كيلوغرام وستكون بعرض ١١٠ أمتار وطول ٨٨ مترا وستكون مجهزة بألواح شمسية تبلغ مساحتها مجتمعة زهاء نصف هكتار (١,٢ أكرا) تؤمن الطاقة الكهربائية لست مختبرات وستؤدي قدرات مختبرات المحطة الفذة إلى اكتشافات تفيد في المهمات التي يتم القيام بها في أمكنة أبعد في الفضاء وتعود بالنفع على الناس في جميع أنحاء المعمورة، حاضرا ومستقبلا.

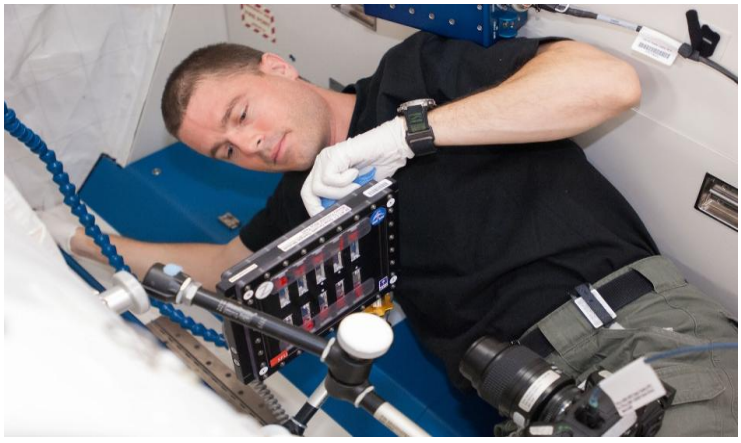
MaterialsLab تحسن أبحاثنا على الأرض وفي الفضاء

حين تسعى شركة ما لـ "صنع مصيدة فِئران أفضل" فإن العملية تشمل العديد من الدراسات والفحوص الداخلية لأنواع الخامات المستخدمة والتصاميم الفعالة وقد يتطلب ذلك الكثير من الوقت لكنه ضروري للعملية فهو يعني اختصار الوقت الذي تستغرقه الأداة في حل مشكلة معينة تتعاون وكالة ناسا مع المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا NIST على مساعدة العلماء والمبتكرين في بناء مصيدة الفئران الجديدة تلك من خلال تسريع عملية تطوير المواد والتوصل إلى اكتشافات جديدة باستخدام بيانات المئات من الأبحاث في محطة الفضاء الدولية International Space Station نتج عن المبادرة بين كلتا الوكالتين الحكومتتين ما يعرف باسم (MaterialsLab) وهو نهج جديد في أبحاث "علم المواد" من شأنه تحقيق تعاون عالمي لم يسبق له مثيل حيث ستمد كل محطة فضائية العلماء بالبحوث اللازمة لفهم أفضل لخواص المواد الكيميائية والفيزيائية مم يمكنهم من تقدير سلوك المادة وكيفية تطورها في غياب قوى الجاذبية التي قد تؤثر على النتائج كما سيعزز اتجاه الـ (MaterialsLab) النهج الذي يتبعه الباحثون في تطوير الأبحاث وتبادل المعلومات بالحكومة والصناعة والأوساط الأكاديمية يقول مارشال بورترفيلد Marshall Porterfield مدير ناسا للحياة في الفضاء والعلوم الفيزيائية بقسم إدارة بعثات الاستكشاف البشري والعمليات في مقر الوكالة بواشنطن: "نحن بصدد خلق فرصة جديدة لتطوير التجارب على المواد في الفضاء ما يسهل على العلماء إجراء مثل تلك البحوث ومشاركتها على نطاق واسع مع المجتمع العلمي كما يتيح للعديد من الباحثين حول العالم إمكانية الولوج إلى بيانات وأبحاث المحطة والإضافة إلى أعمال بعضهم البعض".

توضح الصورة تشكيلات الدندريت (بلورات شبيهة بالأشجار) التي تعتري عملية سبك المعادن تعد نتائج أبحاث محطة الفضاء الدولية فيما يتعلق بهذا الآمر لإحدى بيانات علم المواد التي ستتضمنها قاعدة بيانات ال(MaterialsLab).

وقعت مؤخراً كل من ناسا وNIST مذكرة تفاهم لتعزيز التعاون بين "برنامج علم المواد تحت الجاذبية الميكروية" التابع لناسا و"مختبر قياس المواد" التابع لـ NIST و"مبادرة جينوم للمواد" Materials Genome Initiative المتعددة الوكالات وستشارك محطة الفضاء الدولية قاعدة البيانات الخاصة بأبحاثها في الماضي والحاضر مع (MaterialsLab) من خلال نظام "العلوم الفيزيائية المعلوماتية" التابع لناسا وهو نظام يهدف إلى معالجة وتصنيف بيانات التجارب العلمية الفيزيائية التي أُجريت على متن المختبر المداري (Orbiting Laboratory) والهدف من ذلك هو تعزيز نهج وصول حر لتحليل البيانات العلمية وإدارة المئات من البحوث العلمية الجديدة التابعة للمحطة تتبع ناسا مع (MaterialsLab)مسلكآ مغايرآ في إجراء البحوث ففي الآونة الأخيرة استهدفت بحوث المواد في المحطة الفضائية الدولية حل المشاكل الهندسية ليس المتعلقة بالسفر في الفضاء فحسب بل كذالك تلك المرتبطة بمجال الصناعة من أجل تحقيق النتائج المرجوة أو مواجهة مشاكل المواد جزن فيكرزJohn Vickers مديرالمركز القومي للصناعات المتقدمة بمركز مارشال لرحلات الفضاء Marshall Space Flight Center التابع لناسا في هنتسفيل-الاباما:"نرغب في أجراء أبحاث جديدة تلبي الحاجة لصناعة معينة أو ربما تؤدي الى تطبيق تجاري جديد فاذا واجهت في المحطة لنتوصل الى حل لم يكونوا لتوصلوا اليه

من خلال الأبحاث على الأرض لايتوقف الامر عندنا على دراسة المادة فحسب بل ايضآ على توفير بيانات قيمة ذات تاثير مباشر على الشركات والمستهلكين في الأرض" تغير ناسا من طريقة العلماء في مشاركة بياناتهم وتقديم تجاربهم من خلال ال(MaterialsLab) يقول بورترفيلد:"ينبغي ان يكون من السهل على الباحثين الولوج الى بيانات التجارب الحالية واستخدامها لتحديد ماذا كان هناك ثغرات يمكن معالجتها بالابحاث الجديدة" يرغب قادة ناسا في مواصلة التجارب العلمية لاكتساب المزيد من المعرفة عن العالم والكون من حولنا كما يرغبون في تغر طرق اجراء التجارب من خلال تعزيز روح التعاون ومشاركة نتائج الأبحاث بالمختبر المداري في اسرع وقت ممكن ان مشاركة نتائج أبحاث ال(MaterialsLab) في مصدر شامل ومفتوح والبناء المتواصل للمعلومات المتوافرة قادرة على تطوير علم المواد بوتيرة أسرع ماقد يمكننا من رؤية مصيدة الفئران الجديدة تلك على رفوف المتاجر أسرع مما نتوقع.



رائد الفضاء ريد وايزمان يجري أحدى جلساته مستخدمآ سبيكة التجارب الغروية ثنائية المعادن C1أثناء مهمته على متن المحطة الفضائية الدولية رائدات فضاء

قائمة رائدات الفضاء

العشرة نساء الآوائل اللواتي صعدن الى الفضاء..

إن النساء كان لهن مشاركة مبكرة في الرحلات المأهولة إلى الفضاء للأسف لم تصل أي من هذه الرحلات إلى القمر ولكن بالمجموع هنالك أكثر من ٥٠ إمرأة سافرت إلى الفضاء.. وإحداهن في الواقع سافرت إلى الفضاء قبل ذيل أرمسترونغ وغيره من رواد أبولو.

هذه قائمة بأسماء النساء العشرة الأوائل اللواتي صعدن إلى الفضاء:

١- فالينتينا تيريشكوفا من الاتحاد السوفيتي السابق كانت أول إمرأة سافرت إلى الفضاء في رحلة فوستوك ٦ في العام ١٩٦٣.
٢- سفيتلانا سافيتسكايا من الاتحاد السوفيتي السابق سافرت إلى الفضاء لأول مرة في العام ١٩٨٢.
٣- سالي رايد من الولايات المتحدة كانت أول إمرأة أمريكية لتسافر إلى الفضاء لأول مرّة في العام ١٩٨٣.
٤- جوديث ريزنيك من الولايات المتحدة سافرت إلى الفضاء لأول مرة في العام ١٩٨٤. (جوديث توفيت في حادثة تشالينجر في العام ١٩٨٦).
٥- كاثرين سوليفان من الولايات المتحدة سافرت إلى الفضاء لأول مرة في العام ١٩٨٤.
٦- أنا فيشر من الولايات المتحدة سافرت إلى الفضاء في العام ١٩٨٤.
٧- مارغريت سيدون من الولايات المتحدة سافرت إلى الفضاء لأول مرة في العام ١٩٨٥.
٨- شانون لوسيد من الولايات المتحدة سافرت إلى الفضاء لأول مرة في العام ١٩٨٥.
٩- بوني دوذبار من الولايات المتحدة سافرت إلى الفضاء لأول مرة في العام ١٩٨٥.
١٠- ماري كليف من الولايات المتحدة سافرت إلى الفضاء لأول مرة في العام ١٩٨٥

لقاء ٢٢ رائدة فضاء في خريف ٢٠١٢ على شرف رائدة الفضاء سالي رايد

بذلة الفضاء

بذلة الفضاء أو رداء فضاء هي بذلة ترتدى للحفاظ على حياة رائد الفضاء حيث يجري عمله في الفضاء في بيئة قاسية ليست صالحة للحياة تتصف بالفراغ وخلوها من الهواء ودرجات الحرارة منخفضة جدا غالباً ما يتم إرتداء بذل الفضاء داخل المركبة الفضائية قبل الإقلاع كإجراء احتراسي في حالة فقدان الضغط في قمرة القيادة ويكون ضروريا للنشاط خارج المركبة الفضائية بعد الصعود وقد تلبس بدلات الفضاء لمثل هذا العمل في مدار حول الأرض أو على سطح القمر أو حين عودة رواد الفضاء من القمر إلى الأرض حلت دراسات الفضاء الحديثة زيادة ضغط الملابس باستخدام نظام معقد من النظم واستعمال مواد أساسية بيئية مصممة للحفاظ على راحة مرتديها وتقليل الجهد المطلوب منه لثني أطرافه ومقاومة نزعة نعومة الثوب الطبيعية لتشديد الضغط ضد الفراغ وتضخ بشكل متكرر امدادات الاكسجيين بذاتها وهناك نظام تحكم للسماح بحرية الحركة الكاملة بغض النظر عن المركبة الفضائية لا يحمي رداء الفضاء رائد الفضاء من الاشعة الكونية والاشعة فوق البنفسجية أثناء وجوده في مركبة الفضاء أو خارجها بسبب خفتها فالحجب من الأشعة الكونية يحتاج إلى حوائل ثقيلة من الرصاص وهذه لا تدخل لا في صناعة مركبة الفضاء ولا في صناعة رداء الفضاء ويحصل رائد الفضاء أثناء إقامة طويلة في الفضاء على قدر هائل من تلك الأشعة عالية الطاقة الضارة بعض من هذه الشروط تنطبق أيضا على طيران الاستطلاع على ارتفاعات عالية لقلة الضغط وانخفاض درجة الحرارة وازدياد الأشعة الكونية التي يحجب بعضها الغلاف الجوي للأرض

وقد تم تصميم أول طقم كامل مقاوم للضغط للاستخدام على علو شديد من قبل المستثمرين الأفراد في وقت مبكر من ١٩٣٠ وكانت البدلة الفضائية الأولى التي يرتديها الإنسان في الفضاء للسوفياتي SK-1 يوري غاغارين في عام ١٩٦١.

رداء فضاء رائد الفضاء ديفيد سكوت من رحلة أبولو١٥.

الفصل الثاني

الـــكـــــون

الفصل الثاني

الـــكـــــون

هل تعتقدون أن الكون ولد من العدم وبرأيكم كيف تنظر الفيزياء إلى مفهوم العدم؟ هل الحياة وليدة الصدفة أم أنها قدر حتمي؟ وما علاقة الفيزياء بالأمر؟ الكون ولد من العدم...برهان رياضي على أن الكون ربما قد تشكل بطريقة تلقائية ومن لا شيء يفترض علماء الكون أن الاهتزازات الكمومية الحيادية سمحت للانفجار العظيم بالحصول بشكل تلقائي والآن لديهم بر هان رياضي تقول إحدى أعظم نظريات علم الكون الحديث بأن الكون بدأ بانفجار عظيم هذه ليست مجرد فكرة وإنما نظرية علمية يدعمها الكثير من الأدلة في البداية هناك الخلفية الكونية الميكروية وهي نوع من الصدى الناجم عن الانفجار العظيم بعدها هناك توسع مستمر للكون فعند تخيل العودة بالزمن إلى الوراء يدل الأمر على الانفجار العظيم ووفرة في العناصر الأولية مثل الهليوم-٤ والهليوم-٣ والديتريوم وغير ها وكل تلك العناصر يمكن حسابها باستخدام النظرية لكن لا يزال هناك لغز ضخم: ما الذي أدى إلى الانفجار العظيم؟ لسنوات عديدة اعتمد علماء الكون على فكرة أن الكون تشكل تلقائياً وان الانفجار العظيم كان نتيجة لاهتزازات كمومية والتي ادت الى ظهور الكون إلى حيز الوجود من العدم هذا الأمر منطقي عند الأخذ بعين الاعتبار ما نعرفه عن ميكانيك الكم لكن الفيزيائيين يحتاجون في الواقع إلى المزيد -برهان رياضي من أجل تجسيد الفكرة.

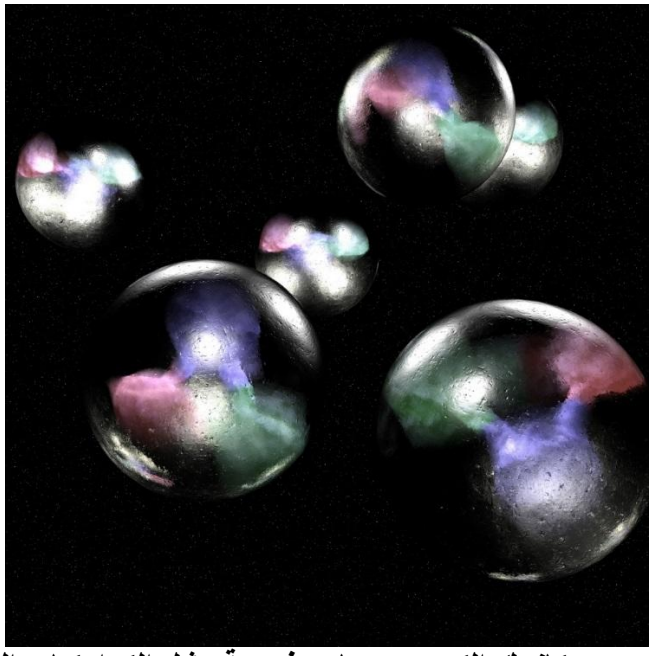
اليوم حصل العلماء على أمنيتهم والفضل في ذلك يعود إلى عمل دونغشان هي (Dongshan He) ورفاقه من معهد و هان للفيز ياء والرياضيات في الصين توصل أولئك الرجال على أول بر هان صارم على امكانية حصول الانفجار العظيم بشكلٍ تلقائي نتيجة للاهتزازات الكمومية يعتمد البر هان الجديد على مجمو عة خاصة من الحلول لمدخلات رياضية تُعرف بمعادلة ويلر-دويت في النصف الأول من القرن العشرين ناضل علماء الكون من أجل الجمع بين ركيز تي الفيز ياء الحديثة ميكانيك الكم والنسبية العامة -من أجل الحصول على وصف معقول للكون. بقدر ما يمكن أن نقول بأن تلك النظر يات كانت غريبة بالكامل بالنسبة إلى بعضها البعض. حصل الإنجاز في ستينات القرن الماضي عندما قام الفيزيائيان جون ويلر (John Wheeler) وبريس دويت (Bryce DeWitt) بجمع الأفكار المتضاربة داخل إطار رياضي يُعرف اليوم بمعادلة ويلر دويت ويستكشف العمل الجديد لدونغشان ورفاقه بعض الحلول الجديدة لهذه المعادلة في جوهر طريقتهم في التفكير يو جد مبدأ الارتياب لهايزنبرغ يسمح هذا المبدأ لفضاء فارغ و صغير بالظهور إلى حيز الو جود بشكل احتمالي

ونتيجة لاهتزازات داخل ما يدعوه الفيزيائيون بالفراغ الخاطئ والمستقر لفترة طويلة (metastable false vacuum) عندما يحصل ذلك هناك احتماليتين إذا لم تتوسع هذه الفقاعة من الفضاء بشكل سريع ستختفي من جديد وغالباً لحظياً لكن إذا كان باستطاعتها التوسع إلى حجم كبير بشكل كاف يمكن أن ينشأ حينها كون بطريقة لا عكوسة (باتجاه واحد) والسؤال هو: هل تسمح معادلة ويلر-دويت بذلك؟ دونغشان وزميله: "برهنا أنه حالما تنشأ فقاعة فراغ حقيقية وصغيرة يكون لديها فرصة من أجل التوسع بطريقة أُسية" يعتمد نهجهم على الأخذ بعين الاعتبار فقاعة كروية وتوصف بشكلٍ كامل عبر نصف قطرها وقاموا بعد ذلك باشتقاق معادلة تصف المعدل الذي يستطيع عنده لنصف القطر التوسع ومن ثم أخذوا بعين الاعتبار أيضاً ثلاث سيناريوهات خاصة بهندسة الفقاعة -مغلقة أو مفتوحة أو مسطحة في كل حالة من تلك الحالات وجدوا حلّاً تستطيع الفقاعة عبره التوسع بشكل أُسي وبالتالي تصل إلى حجم قادر على تشكيل كون -الانفجار العظيم وهذه نتيجة يمكن لعلماء الكون أن يبنوا عليها وتقدم أيضاً عواقب مهمة جداً يعرف أحد أهم العوامل الموجودة اليوم في نماذج الكون بالثابت الكوني ويصف هذا التعبير كثافة طاقة فراغ فضاء ما قدم اينشتاين هذاالتعبير للمرة الأولى في نظريته النسبية العامة ولاحقاً استبعده بنفسه بعد اكتشاف هابل لتوسع الكون حتى تسعينات القرن الماضي افترض معظم علماء الكون أن الثابت الكوني يساوي الصفر لكن بعد ذلك وجدوا أدلة على وجود شيء ما يجعل التوسع الكوني يتسارع، مما يؤكد استحالة أن يكون الثابت الكوني معدوم نتيجة لذلك يجب على أي نظرية جديدة للكون أن تسمح بوجود قيمة غير صفرية للثابت الكوني من الذي يلعب دور الثابت الكوني في النظرية الجديدة لدونغشان ورفاقه؟ يقول أولئك الرجال وبشكلٍ ملفت للنظر بأن كمية تعرف بالكمون الكمومي (quantum potential) تلعب دور الثابت الكوني في الحلول الجديدة ينتج هذا الكمون عن فكرة نظرية الموجة المرشدة المطورة في أواسط القرن العشرين من قبل الفيزيائي ديفيد بوم (David Bohm). تعيد هذه النظرية إنتاج كل التنبؤات التقليدية لميكانيك الكم لكن شرط قبول حد إضافي يعرف بالكمون الكمومي تتمتع هذه النظرية بتأثير جعل ميكانيك الكم حتمية بشكل كامل بما انه بالإمكان استخدام الكمون الكمومي من أجل حل مسائل كالموقع الحقيقي لجسيم ما على أية حال لم يأخذ التيار الرئيسي من الفيزيائيين بفكرة "الانفجار الكبير" لأن تنبؤاتها متطابقة مع النسخة التقليدية من النظرية ولذلك لا تُوجد طريقة تجريبية من أجل جعلهم يميزون بينهما على أية حال دفعت النظرية الفيزيائيين إلى القبول بالتفسير الاحتمالي والاحصائي لطبيعة الواقع - وفي الواقع هو شيء يَسعدون جداً بقبوله فكرة أن الكون الكموي هو جزء ضروري في هذا الاشتقاق الرياضي الجديد لأصل الكون هو أمر مذهل فربما قد حان الوقت من أجل إعطاء أفكار "الانفجار الكبير" دفعة أخرى.

ما هو اللاشيء، وهل ولد الكون من لا شيء؟

هل يوجد مكان ما في الكون حيث لا وجود لشيء فيه حقاً؟ خذ على سبيل المثال الفجوات بين النجوم والمجرات؟ أو الفجوات بين الذرات؟ ما هي خواص اللاشيء؟

أريد منك أن تأخذ ثانية وتفكر حول اللاشيء أغلق عينيك وتصور الأمر في عقلك ركز وركز جداً على اللاشيء... من الصعب جداً القيام بذلك أليس كذلك؟ خصوصاً عندما استمر بالثرثرة إليك بدلاً من ذلك دعنا نأخذ بعين الاعتبار الفضاءات الواسعة الموجودة بين المجرات والنجوم أو الفجوات الكامنة في الذرات والجسيمات المجهرية الأخرى. عندما نتحدث عن اللاشيء في أقاصي الفضاء الواسع فهو ليس لا شيئاً في الواقع هل فهمت الأمر؟ إنه ليس باللاشيء... هناك شيء ما موجود هناك حتى في الأماكن الموجودة في الفضاء بين-المجري يوجد مئات أو آلاف الجسيمات في كل متر مكعب وحتى لو تمكنت من استئجار خادمة "MegaMaid" من متجر القبعة المظلمة وقمت بكنس تلك الجسيمات سيبقى هناك أطوال موجية من الإشعاع الذي سيتمدد على طول المسافات الواسعة في الفضاء هناك جاذبية لا يمكن الإفلات منها في كافة أرجاء الكون وحقل مغناطيسي ضعيف قادم من كوازار بعيد إنه ضعيف جداً لكن ليس لا شيئاً إنه لا يزال شيئاً ما يجادل الفلاسفة وبعض الفيزيائيون في أن ذلك اللاشيء ليس هو نفسه اللاشيء "الواقعي" ينظر الفيزيائيون المختلفون إلى أشياء مختلفة على أنها لا شيء انطلاقاً من اللاشيء الذي يعتبر الفراغ الكلاسيكي (classical vacuum) ووصولاً إلى فكرة اللاشيء كمصطلح غير قابل للتمييز حتى لو تمكنت من إزالة كل الجسيمات وتجنب الحقول الكهربائية والمغناطيسية فإن صندوقك سيستمر باحتواء الجاذبية لأنه لا يمكن تفادي الجاذبية أو إلغاؤها لا تنتهي الثقالة وهي قوة جاذبة دوماً ولذلك لا يمكنك القيام بأي شيء لحجبها وفي فيزياء نيوتن ينتج ذلك عن كونها قوة لكن الأمر مختلف في النسبية فكل من المكان والزمن يمثلان الجاذبية حسناً تخيل أنك أزلت كل الجسيمات والطاقة والجاذبية... كل شيء من النظام عندها كل ما سيبقى لديك هو الفراغ الحقيقي (true vacuum) حتى عند المستويات الطاقية الأقل يوجد هناك اهتزازات في الفراغ الكمومي (quantum vacuum) للكون هناك جسيمات كمومية تستمر بالظهور إلى حيز الوجود في كافة أرجاء الكون إذاً هناك اللاشيء ثم يظهر فجأةً بعض الشيء وبعد ذلك تتصادم الجسيمات مع بعضها وسيعود اللاشيء إلى الظهور من جديد إذاً حتى لو تمكنت من إزالة كل شيء من الكون سيبقى لديك هذه الاهتزازات الكمومية (quantum fluctuations) المدفونة في نسيج الزمكان (spacetime).



تحتوي ميكانيك الكم جسيمات غريبة مثل الكواركات المشاهدة في هذه الصورة.

هناك فيزيائيون مثل لورانس كراوس (Lawrence Krauss) يجادلون بأن "كوناً من لا شيء" يعني في الواقع "كوناً ممكناً" وهو كون يأتي إلى حيز الوجود إذا أضفت كل الكتل والطاقات الموجودة في الكون وأيضاً كل الانحناء الثقالي وكل شيء آخر يبدو الأمر مشابهاً لكون مجموعها جميعاً مساوٍ للصفر ولذلك من المحتمل أن يكون الكون قد ولد من لاشيء وإذا كان ذلك صحيحاً فإن ذلك "اللاشيء" هو في الواقع "كل شيء" نراه حولنا و"كل الشيء" هو لا شيء ما رأيك؟ كيف ستبدو عندما تفكر بفكرة اللاشيء؟

توضيح لانفجار الكبير

الانفجار العظيم

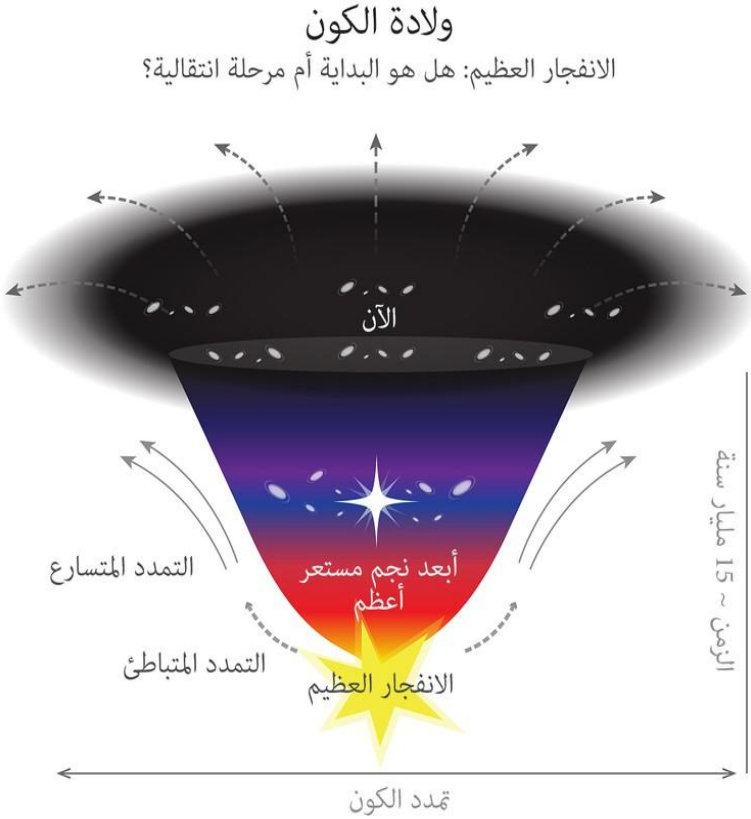
في علم الكون الفيزيائي الانفجار العظيم هوالنظرية السائدة حول نشأة الكون تعتمد فكرة النظرية أن الكون كان في الماضي في حالة حارة شديدة الكثافة فتمدد وأن الكون كان يوما جزء واحد عند نشأة الكون بعض التقديرات الحديثة تقدر حدوث تلك اللحظة قبل ١٣.٨مليار سنة والذي يعتبرعمر الكون وبعد التمدد الأول برد الكون بما يكفي لتكوين جسيمات دون ذرية كالبروتونات والنيترونات والالكترونات ورغم تكون نويات ذرية بسيطة خلال الثلاث دقائق التالية للانفجار العظيم إلا أن الأمر احتاج آلاف السنين قبل تكون ذرات متعادلة كهربيا معظم الذرات التي نتجت عن الانفجار العظيم كانت من الهيدروجين والهيليوم مع القليل من الليثيوم ثم التئمت سحب عملاقة من تلك العناصر الأولية بالجاذبية لتكون النجوم والمجرات وتشكلت عناصر أثقل من خلال تفاعلات الانصهار النجمي أو اثناء تخليق العناصر في المستعرات العظمى تقدم نظرية الانفجار الكبير شرحاً وافياً لمجموعة واسعة من الظواهر المرئية بما في ذلك وفرة من العناصر الخفيفة والخلفية الاشعاعية للكون

والبنية الضخمة للكون وقانون هابل ونظرا لكون المسافة بين المجرات تزداد يوميا فبالتالي كانت المجرات في الماضي أقرب إلى بعضها البعض و من الممكن استخدام القوانين الفيزيائية لحساب خصائص الكون كالكثافة ودرجة الحرارة في الماضي بالتفصيل وبالرغم من أنه يمكن لمسرعات الجسيمات الكبرى استنساخ تلك الظروف لتأكيد وصقل تفاصيل نموذج الانفجار الكبير إلا أن تلك المسرعات لم تتمكن حتى الآن إلا البحث في الانظمة عالية الطاقة وبالتالي فإن حالة الكون في اللحظات الأولى للانفجار العظيم مبهمة وغير مفهو مة ولا تزال مجالاً للبحث كما لا تقدم نظر ية الانفجار العظيم أي شرح للحالة الأولية للكون بل تصف وتفسر التطور العام للكون منذ تلك اللحظة قدم الكاهن الكاثوليكي والعالم البلجيكي جورج لومتر الفرضية التي أصبحت لاحقا نظرية الانفجار العظيم سنة ١٩٢٧ م ومع مرور الوقت انطلق العلماء من فكرته الأولى حول تمدد الكون لتتبع أصل الكون وما الذي أدى إلى تكون الكون الحالي اعتمد الإطار العام لنموذج الانفجار العظيم على النظرية النسبية العامة لآينشتاين وعلى تبسيط فر ضيات كتجانس نظم وتو حد خواص الفضاء و قد صاغ ألكسندر فريدمان المعادلات الرئيسية للنظرية وأضاف ويليم دي سيتر صيغ بديلة لها وفي سنة ١٩٢٩ م اكتشف أدوين هابل أن المسافات إلى المجرات البعيدة مرتبطة بقوة بانزياحها الاحمر استنتج من ملاحظة هابل أن جميع المجرات والعناقيد البعيدة لها سرعة ظاهرية تختلف عن فكرتنا بأنها كلما بعدت زادت سرعتها الظاهرية بغض النظر عن الاتجاه ور غم انقسام المجتمع العلمي يو ما بين نظريتي تمدد الكون بين مؤيد لنظر ية الانفجار العظيم ومؤيد لنظرية الحالة الثابتة الا أن التأكيد بالملاحظة والرصد على صحة سيناريو الانفجار العظيم جاء مع اكتشاف الخلفية الاشعاعية للكون سنة ١٩٦٤ م واكتشاف أن طيف تلك الخلفية الإشعاعية يتطابق مع الإشعاع الحراري للاجسام السوداء منذ ذلك الحين أضاف علماء الفيز ياء الفلكية إضافات رصدية ونظرية إلى نموذج الانفجار العظيم وتمثلها الوسيطى كنموذج لامبدا_سي دي أم الذي هو بمثابة إطار للأبحاث الحالية في علم الكونيات النظري.

تمدد الفضاء

تصف النسبية العامة الزمكان وفق نظام متري يمكن من خلاله تحديد المسافات التي تفصل أي نقطة عن نقطة قريبة هذه النقاط قد تكون مجرات أو نجوم أو أشياء أخرى هذه النقاط نفسها يتم تحديدها باستخدام متعدد شعب أو "شبكة" تشمل كل الزمكان ينص المبدأ الكوني أن هذا النظام المتري يجب أن يكون متجانس وموحد الخواص في المقاييس الكبيرة يمكن تمييزه باستخدام أحداثيات روبرتسون – ووكر هذه الإحداثيات تحتوي على مقياس يصف تغير حجم الكون عبر الزمن مما يسر اختيار نظام أحداثي مناسب يدعى مسافة المسايرة وفق هذا النظام الإحداثي

تتمدد الشبكة بتمدد الكون وتبقى الأجسام التي تتحرك بتمدد الكون في مواضع ثابتة على الشبكة وتبقى مسافاتها الإحداثية (مسافات المسايرة) ثابتة في الوقت الذي تتزايد فيه المسافات الفعلية بين الأجسام طرديًا بتمدد الكون لا يعد الانفجار العظيم انفجارًا للمادة يتحرك نحو الخارج لملء كون فارغ ولكن بمرور الوقت يتمدد الكون في كل اتجاه وتتزايد المسافات الفعلية بين الأجسام المتحركة ونظرًا لكون إحداثيات روبرتسون-ووكر تفترض توزيعًا منتظمًا للكتلة والطاقة فإنها تنطبق فقط على القياسات الكبيرة أما النطاقات المحدودة من المادة مثل مجرتنا المترابطة تجاذبيا فلا تنطبق عليها نظرية التمدد واسع النطاق كما في الفضاء خارج مجرتنا.



وفقا لنموذج الانفجار العظيم فإن الفضاء الكوني يتمدد من حالة حارة شديدة الكثافة وما زال يتمدد إلى اليوم يوضح هذا المخطط تمدد الكون حيث تتباعد المجرات مع التمدد.

الطاقة المظلمة

أوضحت قياسات العلاقة بين الانزياح الاحمر القدر الظاهري لمستعر اعظم من النوع A1أن تمدد الكون بدأ في التسارع منذ كان الكون في نصف عمره الحالي ولتفسير هذا التسارع تقول نظرية النسبية العامة بأنه يتطلب أن تكون معظم طاقة الكون سلبية التي تعرف باسم "الطاقة المظلمة" تحل الطاقة المظلمة العديد من المشاكل فقياسات الخلفية الإشعاعية للكون توضح أن الكون تقريبًا مسطح وبالتالي ووفقًا للنسبية العامة لابد وأن يكون للكون قيمة كتلة/طاقة تمامًا وفق حسابات معادلات فريدمان ولكن بحساب كثافة الكتلة من خلال جاذبيتها ووجد أنها تعادل فقط حوالي ٣٠% من كثافتها الحرجة ونظرًا لافتراض النظرية أن الطاقة المظلمة لا تتجمع بالطريقة الاعتيادية فيكون ذلك هو التفسير الأمثل للفقد في كثافة الطاقة وتساعد الطاقة المظلمة في تفسير مقياسين حجميين للمنحنى الكلي للكون الأول باستخدام تردد عدسات الجاذبية والآخر يستخدم النموذج المميز للكون المرصود كمسطرة كونية يعتقد أن الضغط السلبي هو أحد خواص طاقة الفراغ لكن طبيعة ووجود الطاقة المظلمة لا يزال أحد أكبر ألغاز الانفجار العظيم. وفي سنة ٢٠٠٨ م توصل فريق مسبار ويلكنسون إلى أن الكون يتكون من ٧٣% طاقة مظلمة و ٢٣% مادة مظلمة و٤.٦% مادة عادية وأقل من ١% نيوترينوات ووفقًا للنظرية فإن كثافة الطاقة في المادة تقل مع تمدد الكون ولكن تبقى كثافة الطاقة المظلمة ثابتة مع تمدد الكون ولذا كانت المادة في الماضي تمثل جزءً أكبر من الطاقة الكلية للكون أكثر مما هي عليه اليوم وستقل نسبة مساهمتها في المستقبل البعيد عندما تصبح الطاقة المظلمة أكثر هيمنة.

المادة المظلمة

خلال سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين أظهرت عدة أعمال رصد عدم وجود مادة مرئية كافية في الكون لتشكل قوة جذب واضحة داخل وبين المجرات أدى ذلك إلى التفكير بأن نحو ٩٠٪ من المادة في الكون هي مادة مظلمة لا ينبعث منها ضوء ولا تفاعل مع المادة الباريونية العادية. ورغم أن فرضية وجود المادة المظلمة مثيرة للجدل إلا أنه يستدل عليها من خلال عمليات الرصد المختلفة: مثل عدم التجانس في الخلفية الإشعاعية للكون وانخفاض سرعات عناقيد المجرات وتوزيع بنية الكون ودراسات عدسة الجاذبية وقياسات الاشعة السينية لعناقيد المجرات كما أن هناك دلائل أخرى غير مباشرة على وجود المادة المظلمة مثل تأثيرها الجذبوي على المواد الأخرى ومازال العديد من المشاريع البحثية الجارية في فيزياء الجسيمات للتعرف على طبيعة المادة المظلمة لعبت المادة المظلمة دوراً أساسياً في تخليق النجوم في البدايات الأولى من الكون إذا كانت المادة المظلمة على هذه الحالة على أية حال يجب أن يشتمل المادة المظلمة على الجزيئات المعروفة بـ"النيوترونات

العقيمة" قام بيتر بير مان من معهد ماكس بلانك لعلوم الفلك الإشعاعي في بون وألكسندر كوسينكو من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس باظهار أنه عندما تضمحل النيوترونات العقيمة فإنها تسرع عملية خلق جزيئات الهيدروجين هذه العملية ساعدت على إضاءة النجوم الأولى فقط منذ حوالي ٢٠ إلى ١٠٠ مليون سنة بعد الانفجار الكبير كل هذه المعطيات تعطينا تفسيراً بسيطاً لبعض الملاحظات المحيرة الأخرى التي تتعلق بالمادة المظلمة النيوترونات العقيمة والمادة المضادة اكتشف العلماء بأن تلك النيوترونات لها كتلة خلال تجارب قياس ذبذبة النيوترونات هذا قاد إلى افتراضات بإن النيوترونات العقيمة الموجودة هي كذلك معروفة أيضا بالنيوترونات اليمينية وبأنها لا تشارك في التفاعلات الضعيفة مباشرة ولكنها تتفاعل من خلال خلطها مع النيوترونات العادية.إن العدد الكلي للنيوترونات العقيمة غير واضح إذا كانت كتلة المادة المظلمة تعادل بضعة كيلو إلكترونوفولتز (١ KeV تعادل مليون كتلة ذرة الهيدروجين) فإنها توضح ضخامة الكتلة المفقودة في الكون أحيانا تسمى المادة المظلمة ودعمت ملاحظات الفلكيين الفيزيائيين وجهة نظر باحتمال بأن المادة المظلمة تشتمل على النيوترونات العقيمة.

المادة المظلمة الباريونية والمادة المظلمة الغير باريونية

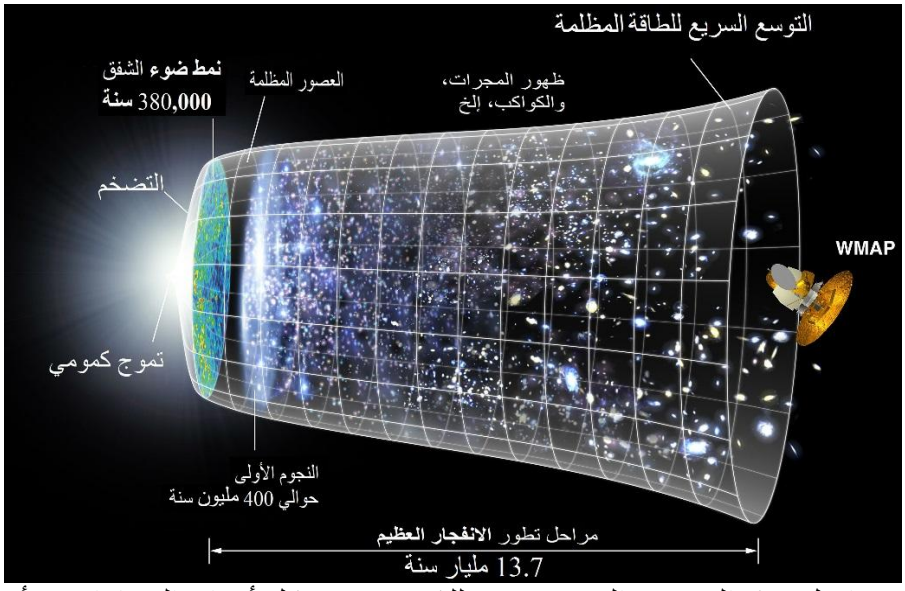
من الممكن لنسبة صغيرة من المادة المظلمة أن تكون مادة مظلمة باريونية: الأجسام الفلكية مثل هالة الأجسام الثقيلة المدمجة المؤلفة من مادة عادية تبعث القليل أو لاتبعث على الإطلاق أي اشعاع كهرومغناطيسي ويشير التوافق مع المشاهدات الأخرى إلى عدم إمكانية الغالبية العظمى من المادة المظلمة الموجودة في الكون لأن تكون مادة مظلمة باريونية أي أنها غير مشكلة من الذرات ولا يمكنها التآثر مع المادة العادية عبر القوى الكهرو مغناطيسية ولا تحمل جسيماتها أي شحنة كهربائية وتتضمن المادة المظلمة الغير باريونية النيوترينو هات مع إمكانية وجود جسيمات افتراضية مثل الأكسيومز أو الجسيمات فائقة التناظر وعلى عكس المادة المظلمة الباريونية لاتساهم المادة المظلمة غير الباريونية في تشكيل العناصر في بداية الكون "الاصطناع النووي للانفجار العظيم" وبالتالي يتم الكشف عن وجودها فقط من خلال تجاذبها الثقالي، بالإضافة إلى ذلك، لو كانت الجسيمات المؤلفة للمادة المظلمة غير الباريونية فائقة التناظر فإنها من الممكن أن تخضع لتفاعلات الإفناء مع نفسها مما يؤدي إلى ملاحظتها من النواتج الفرعية مثل الفوتونات والنيوترينو هات "كشف غير مباشر" تصنف المادة المظلمة غير الباريونية من حيث كتلة الجسيمات المفترضة لتشكيلها و السرعة النموذجية لانتشار تلك الجسيمات (حيث أن الجسيمات الأثقل تكون أبطأ) هناك ثلاثة افتراضات بارزة للمادة المظلمة الغير باريونية و هي المادة المظلمة الساخنة والدافئة والباردة مع إمكانية المزج بينهم النموذج الأكثر مناقشة

للمادة المظلمة الغير باريونية مبني على فرض المادة المظلمة الباردة ويفترض الجسيم المرتبط به ليكون في الغالب جسيم ثقيل ضعيف التآثر من الممكن للمادة المظلمة الساخنة أن تتألف من النيوترينوهات الثقيلة تؤدي المادة المظلمة الباردة إلى تشكيل "قاعدي-علوي" لبنية الكون والمادة المظلمة الساخنة إلى تشكيل "قمي-سفلي" لنفس البنية.

مؤشر لآكتشافها

من الصعب اكتشاف جسيمات المادة المظلمة مباشرة حيث أن تآثر ها وتفاعلها مع المادة العادية ضعيف جدا جداً كما لو كان ليس لها وجود ملايارات من تلك الجسيمات تمر خلال جسمك وأنت تقرأ هذا ولا تشعر بها ولكن يمكن قياس نواتجها فعند اصطدام جسيمان من المادة المظلمة ينتج عنه جسيمان معروفان الالكترون و نقيض الإلكترون المسمى بوزيترون وقد زود علماء محطة الفضاء الدولية بمطياف خاص يقيس البوزيترونات وقد مضى على وجوده في الفضاء نحو عامين سجل مطياف البوزوترونات خلال السنتين نحو ٤٠٠.٠٠٠ بوزيترونا يعتقد أنها ناشئة عن اصطدامات جسيمات المادة المظلمة ويأمل العلماء التأكد من ذلك بحيث لا تكون تلك البوزيترونات ناشئة عن مصدر آخر لا يعرفونه الآن هذا الرقم يتمشى مع تقديرات العلماء عن احتمال تصادم جسيمات المادة المظلمة بعضها البعض ولكن لا بد من التأكد أن البوزيترونات ليست من مصدر آخر لهذا سيتواصل عمل المطياف في الفضاء لزيادة المعلومات والتأكد من مصدر البوزيترونات

ماذا حصل قبل الانفجار العظيم؟

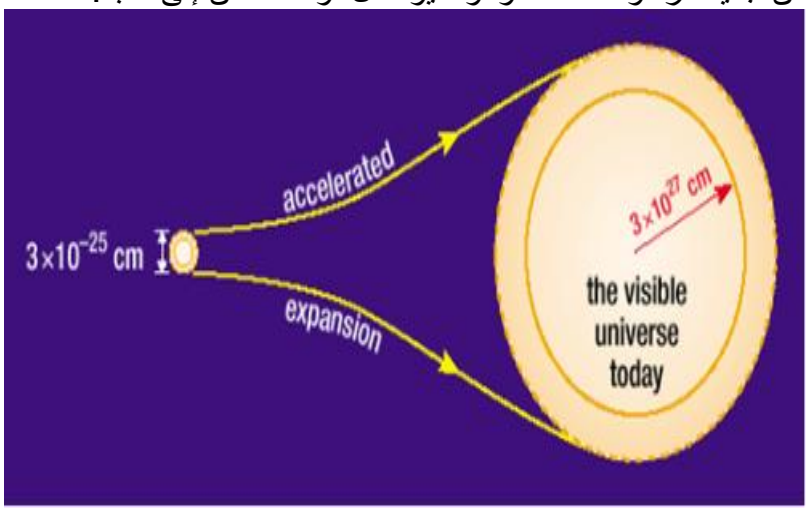


داخل هذه الصورة التي رسمت للكون يوجد كل أنواع الخيارات ويأخذك أحدها عودة بالزمن الى الوراء لتصل الى المرحلة المبكرة من عمر الكون وهي المرحلة التي كان فيها اكثر سخونة وكثافة بكثير وستصل أيظآ الى زمن سيكون فيه كل من الكثافة ودرجة الحرارة أذا صدقت معادلاتك لانهائيين تقدم لنا نظرية أينشتاين في الجاذبية وسيلة لحساب زمن حصول هذه الحالة الانهائية وذالك الزمن مساول١٣.٧ مليار عام حقآ أنه لأمر مذهل جدآ فبأمكانك المسير في أماكن مثل اسكندنافيا واسكوتلندا والتقاط صخور عمرها ٣ مليارات عام وبما ان عمر النظام الشمسي حوالي ٤.٦ مليار عام ولذالك فنحن قريبون من النقطة التي أعتبرت بداية لكل شيء.

صورة للعنقود النجمي الكروي NGC 639 ملتقطة من قبل تلسكوب هابل

عند تلك النقطة يبدأ العلماء بالقلق لأن التنبؤ بشيء لانهائي غالباً ما يكون إشارة إلى أن النظرية التي استخدمتها لصناعة التنبؤ قد وصلت في الحقيقة إلى أقصى حدود إمكانية تطبيقها على سبيل المثال تخيل أنك عالم إيروديناميك وتريد التنبؤ بسرعة تدفق الهواء إذا كان نموذجك بسيطاً جداً لنقل أهملت احتكاك الهواء فإنه قد يتنبأ بأن شيئاً ما سيتغير بسرعة لانهائية خلال زمن محدد لكن لن يصدق أي من علماء الإيروديناميك أن ذلك هو ما حصل في الواقع وسيأخذون ذلك التنبؤ على أنه دليل على عودتك المؤكدة إلى المربع الأول لتحاول جعل نموذجك أفضل بقليل مثلاً عبر طرح فكرة احتكاك الهواء وبعد أخذك للأفكار الجديدة بعين الاعتبار وحل المعادلات ستجد أن الأشياء تغيرت بسرعة كبيرة جداً لكن تلك السرعة ليست لا نهائية لذلك يعمل علماء الكون اليوم بجدية على توسيع نظرية أينشتاين في النسبية لتأخذ في الحسبان النظرية الكمومية التي يمكنها إعطاءنا وصفاً دقيقاً للبداية الظاهرية للكون لا وجود لاتفاق محدد على كيفية القيام بذلك لكن ذلك الأمر يشكل محط

اهتمام الأبحاث الحالية تتنبأ بعض النظريات أن الكون لا يمتلك بداية على الإطلاق وإذا عدت بالزمن إلى الوراء سيرتد الكون ككرةٍ تقريباً ليعود إلى الحالة السابقة ربما يتصرف الكون بشكل دوري ينكمش ويتوسع ومن ثم ينكمش من جديد أو أنه عاد ليتوسع من جديد مرةً واحدة فقط وهو سيواصل توسعه الآن إلى الأبد.



تتنبأ نظرية التضخم بأن الجزء الكامل من الكون المرئي بالنسبة لنا اليوم توسع من منطقة كان صغيرة جداً يخبرنا احتمال اخر ان الكون بدأ من حالة ساكنة وغير مهمة وبعد ذالك بدأ بالتوسع جراء تأثير الاهتزازات الكمومية (quantum fluctuations) وفي هذا السيناريو للتوسع بداية لكن ليس بالضرورة ان يكون للكون بداية محددة.

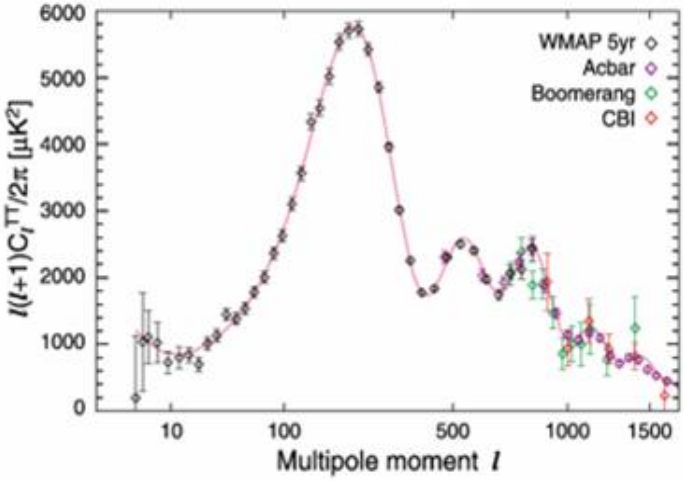
الكون المتوسع

يعتقد الكثير من الناس ان توسع الكون مشابه لانفجار لابد من وجود مركز له بالاضافة الى حافة اذا كنا نشاهد كل شيء يتوسع من حولنا في الكون فأن ذالك لايعني بالضرورة أننا في مركزه ؟ فليس هناك مركز للكون ولاوجود لحواف للتوسع وأسهل طريقة لتصور ذالك هي ان الكون لانهائي دعنا نفكر بكون ثنائي الابعاد كصفيحة مطاطية لانهائية الابعاد في كل الاتجهات اذا كانت تلك الصفيحة تتعرض للتوسع فلا يهم ابدآ مكان وقفك عليها لانك ستشاهد كل شيء يتوسع مبتعدآ عنك يمكنك حينها رسم دائرة حولك لتصف من خلالها حافة الكون الرصدي وسيكون نصف قطر تلك الدائرة ممثلآ للمسافة التي تمكن الضوء من السفر عبرها منذ ان بدأت الصفيحة بالتوسع نسمي تلك المسافة بالافق ولايعني ذالك انه لايوجد صفيحة خلف حدود الدائرة وأنما تعبر هذه الدائرة عن محدودية رؤيتنا فقط.

لكن كيف سيكون الحال لو كان الكون محدوداً؟

اذا مالتقطت قطعة من الورق سيظهر لك وبشكل واضح كل من المركز والحافة لكن يمثل الكون كل شيءموجود فهو ليس انفجارآ وليس عملية توسع داخل شيء ما ولذالك ليس بمقدور كون ثنائي الابعاد ان يكون مشابهآ لقطعة من الورق لكن قد يشابه سطح كرة ما! فيي هذه الحالة يكون الكون محدودآ لكن لو كنت نملة تسير حوله فأنك لن تتمكن من مشاهدة الحافة ولذالك يستطيع السطح المنحني ان يكون محدودآ ودون حافة هذه هي الطريقة التي علينا اتباعها عند التفكير بكون متوسع ومحدود فاذا نفخنا بالونآ مارسم عليه صلبان ستتباعد كل الصلبان عن بعضها اثناء انتفاخ البالون واذا كنت جالسآ فوق بالون سترى كل الصلبان وهي تتحرك مبتعدة عنك ومركز ذالك التوسع لايوجد في حال من الاحوال على البالون.

يوضح المخطط الانسجام الجيد بين تنبؤات نظرية التضخم وعمليات الرصد



الكون المتضخم

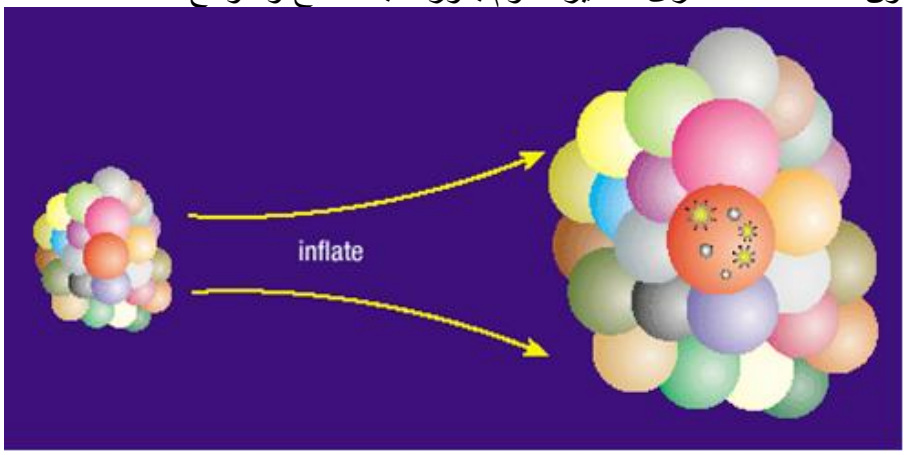
هناك أيظا مزيد من الاحتمالات الاكثر غرابة والتي ظهرت الى الضوء خلال السنوات العشر الاخيرة وتترافق تلك الاحتماليات في العادة مع فكرة الكون المتعدد(multiverse) فقد يكون كوننا واحداً بين العديد من الاكوان المحتملة او بشكل أكثر تحديداً فأن الجزء الذي نحتله من الكون ربما يتصرف بشكل مختلف تمامى عن الأجزاء الأخرى منه تخيل كوناً يتوسع بطرقم ختلفة في اماكن مختلفة منه ففي بعض الاماكن يكون بارداً مثل ذالك الجزء الذي نعيش فيه لكن في اماكن اخرى قد يكون اكثر سخونة بكثير وفي بعض الاحزاء ربما يعاني من عملية انهيار بدلاً من التوسع واذا كان الكون لانهائي لن يكون هناك أية حدود على عدد التغيرات الممكنة داخله جاء هذا النوع من السيناريوهات من نظرية الكون التضخمي (inflationary universe)،وتشرح هذه النظرية بشكل جيد العديد من الخواص التي نرصدها للجزء المرئي من الكون وتتطلب تلك النظرية وجود فترة قصيرة جداً من الزمن في الماضي البعيد كان فيها التوسع الكوني متسارعاً ينتج عن ذالك معدل توسع قريب جداً من ذالك المشاهد في أيامنا هذه وتتنبأ تلك التي نرصدها اليوم وقسم من تلك الاهتزازات تحول الى مجرات ونجوم يمكننا اختبار هذه النظريات باستخدام مراقبات الأقمار الصناعية وحتى الان صمدت هذه النظريات أمام الاختبارات التي أجريناها عليها فقد حصل توافق جيد جداً بين المراقبات والنظرية

لكن هناك توسيع لتلك النظرية وهذا التوسيع أكثر للجدل والخلاف وينص على ان الانفجار الأول للتوسع المتسارع لابد وأنه أثر على الأجزاء المختلفة من الكون

وبطرق مختلفة واذا أمكننا النظر الى أماكن أبعد بكثر في الكون سنشاهد في النهاية مناطق بكثافات مختلفة وبهياكل مختلفة عما نراه في جوارنا الكوني الذي يمتد على طول ١٤مليار سنة ضوئية وينتج ذالك الامر عن التوسع المتسارع للجزء الذي نحتله من الكون.

الكون المتعدد الفقاعي

ينص أحد الجوانب الاخرى من نظرية التضخم و هو جانب اكتشفه علماء الكون على أن الموجة الاولى من التوسع تستطيع ان تكون ذاتية الاستمرار في كل جزء من أجزاء الكون ولذالك ستندفع كل منطقة للتوسع لوحدها وداخل هذه المنطقة سيكون هناك قطعة أخرى صغيرة تقوم بدورها بالاندفاع والتوسع.



كون متعدد فقاعي ومتضخم

يشابه الأمر رغوة من الفقاعات حيث تخلق كل فقاعة عدداً جديداً من الفقاعات التي تتوسع أيضاً ويمكنك التفكير بكل فقاعة داخل تلك الرغوة على أنها كامل الجزء المرئي من كوننا وإذا ما أمكننا النظر خارج فقاعتنا سنشاهد فقاعة أخرى من الرغوة حيث ستكون الشروط مختلفة أحد الأشياء الصادمة والمتعلقة بتلك الفقاعة هو أن تلك العملية لا تحتاج على الإطلاق إلى بداية أو نهاية وفي الحقيقة تتنبأ المعادلات التي تصفها بعدم امتلاكها لنهاية وعلى الأغلب لم يكن لديها بداية لكن تنص النظرية في الوقت نفسه على أن كل فقاعة مفردة كتلك الموجودين داخلها لها بداية وقد تمتلك نهايةً أيضاً فجأة يصبح السؤال المتعلق بوجود بداية للكون سؤالاً تصعب الإجابة عنه ويصير أكثر تعقيداً يشابه الأمر قليلاً حياة الجنس البشري فلكل فردٍ حياته الخاصة والمحددة لكن عمر الجنس البشري ككل هو سؤال أصعب رغم تأكدنا من أن ذلك العمر أكبر بكثير ونتيجة لما سبق تولد احتمالية جديدة تقول باحتمالية أن يصبح الكون أكثر اختلافاً بكثير إذا ما نظرنا إلى الأحجام الكبيرة جداً داخله وتاريخ ذلك

الكون معقد للغاية قبل البداية المفترضة للجزء الذي نحتله من الكون لا بد وأن "رغوة" كمومية كانت مفقودة في كوننا لكن ومن ناحية أخرى حاز كوننا على العديد من "رغوات" كمومية أخرى وكانت مختلفة جداً في بنيتها أعتقد أن الكون التضخمي نظرية تحتوي جزءاً كبيراً من الحقيقة لأن تنبؤاتها تتناسب مع مراقباتنا بشكل ممتاز ولذلك لدينا بعض الثقة بأن المكان الصغير الذي نحتله من الكون عانى من تلك الزيادة السريعة جداً في التوسع.

فقاعاتنا

تتنبأ نظرية الكون المتضخم بأن الفقاعات التضخمة قد تكون مختلفة كثيراً عن بعضها البعض وهناك بعض الفقاعات فقط التي بامكننا التواجد فيها على سبيل المثال فان الفقاعات التي تستمر لثانية واحدة فقط ليست جيدة اذ يمكننا الوجود في فقاعات طويلة العمر وتستمر على الاقل لعشرة مليار عام لتتمكن من ان تصبح كبيرة حقا ذالك الامر ناتج عن حقيقة حاجتنا الى الوقت اللازم لتشكل النجوم والوقت الازم لقيام النجوم بتشكيل عناصر مثل الكربون والنيتروجين والاوكسجين التي تتيح الفرصة أمام وجود وتطور حياة معقدة اذآ يجب ان نوجد في فقاعة كبيرة ومعمرة وباردة ايظآ لايزال هناك مشكلة مهمة لم تحل وهي محاولة معرفة احتمال حصولك على فقاعات بميزات خاصة وماهي فرصة حصولك على فقاعة كبيرة ومعمرة ومن النوع الذي تحتاجه الحياة ؟ هل هذا الامر غير محتمل الى حد بعيد أم أنه محتمل بشكل كبير ام بين الاثنين؟ تلك مجموعة من المشاكل التي نأمل حلها قريبآ فمن الصعب حقآ ان يكون لديك مسألة رياضية تتعلق بصياغة احتمال مافي مثل هذه الحالة الكونية.

الفقاعات الأخرى

تكمن مشكلة أخرى في قدرتنا على التأكد من وجود الفقاعات الأخرى إذ لا يمكننا رؤيتها لأنها تقع خلف الأفق المرئي لكوننا الممتد على ١٤ مليار سنة ضوئية في الحقيقة ذالك السؤال فلسفي ويشابه الى حد كبير سيناريو خيال علمي فأذا لم يكن باستطاعتنا مشاهدة الفقاعات الأخرى هل يجب ان نسمح لها باقحام نفسها في جزء من الصورة الت رسمناها للكون؟ في ثلاثينات القرن الماضي ساد شك واسع حول وجوب اعتماد فلسفة العلم على التحقق (verificathion) أي يجب أن تضع التنبؤ ومن ثم عليك اختباره بالتجربة وأذا تحققت من صحته ستكون النظرية صحيحة وسريعآ لم يعد ذالك النهج مرغوبآ من قبل الكثيرين فاذا تنبات نظريتك ان كل التفاحات خضراء ولم تجد الاتفاحة خذ ضراء واحدة فذالك لن يثبت صحة نظريتك على الاطلاق ربما يوجد بعض التفسيرات الأخرى وقد تكون مختلفة حقآ عن نظريتك فنظريتك تشرح فقط سبب ظهور كل التفاحات خضراء لكن وببساطة ربما لم تصل بعد الى التفاحات الحمراء وعوضآ عن التحقق ركز فلاسفة ككارل بوبر على الزيف

(flalsification) فقد يكون بأمكانك تزييف نظريتك: فأذا وجدت تفاحة حمراء يمكنك استبعادها وبالمثل تستطيع أيظآ استبعاد الكثير من النظريات الأخرى أيظآ ليس بمقدورنا التحقق من وجود الفقاعات الأخرى لكن قد لايزال بإمكاننا تزييف النظرية اذا كانت الفقاعات الأخرى موجودة فربما توجد ميزة خاصة وقابلة للرصد وهي نفسها في كل الفقاعات وبالتالي اذا لم ترصد هذه الميزة في فقاعتنا ستكون النظرية مزيفة لذالك وعلى الرغم من عدم قدرتنا على رؤية الفقاعات الأخرى لازال بأمكاننا اختبار نظريتنا لانها تقول أشياء حول كل الفقاعات وليس عن فقاعة بعينها وربما تكون تلك الطريقة اقصى مايكن أن نأمله في الواقع وهذه مجرد نظريات لما يتخيله العلماء عما كان عليه الكون.

الكون المجهول

الكون... بحر أبدي..لانهائي.. تبحر فيه اعداد هائلة من النجوم والكواكب والمجرات بعضها له سرعة الشهب والاخرى تتحرك في مدارات فلكية وحتى نتمكن من الدخول الى هذا العالم العلوي غير المنظور يجب ان نفتح عقولنا حتى تتسع..لكل مالم نكن نصدقه من قبل اعداد هائلة مجموعات خيالية ومتنوعة من الاجرام السماوية اتساع لا حدود له للدوامة الكونية يجب ان ننسى السرعات والمسافات المألوفة لنا في حياتنا اليومية علينا ان نلقي بثوانينا وسنواتنا وحتى اعمارنا كلها كوحدات لقياس السرعة والزمن يجب ان نفكر بدلالة الالف مليون عام وهو عمر الكون نفكر بمقياس اللانهائية كعمق الكون.. علينا ان نسمح لأفكارنا ان تتعلق بشعاع الشمس الباهر او بضوء نجم متألق يبعد عنا بملايين من الاميال على افكارنا ان تمر بسرعة الضوء الهائلة عليها ان تبحر وتسافر وتنطلق بمسافات طويلة بسرعة الضوء لتصل الى المدى الذي لم تبلغه العين البشرية من قبل فأذا سمحنا لعقولنا لخيالنا ان ينطلق بلا حدود فأذنا عندئذ نبدأ في تصور لجزء من المشهد المجسم الرائع بالغ الروعة الذي نطلق عليه الكون فمهما تكلمنا عن هذا الكون الشاسع فيبقى لغز غامض عميق ومهما دخلنا في تفسيرات للمجهول تتعالى هائمة بين النجوم والمجرات فائقة قدرة العقل البشري في تفسير هذا الكون الغامض.

الاكوان المتوازية

هل هناك أكوان موازية؟؟

هل يوجد أكوان موازية؟ أكوان تكون فيها نائما بدلًا من قراءتك لهذا الكتاب تكون فيها أكثر سعادة أو أقل سعادة أو أكثر غنى أو أكثر فقرا أو ربما ميتا؟

الإجابة هي: "ربما" يعتبر هذا الادعاء ادعاء مختلفا عليه ولكنه كسب عددا متزايدا من المتابعين على مدى العقود القليلة الأخيرة يكمن أصل هذا التوازي في فيزياء الأجسام شديدة الصغر طور الفيزيائيون في أوائل القرن الحادي والعشرين كيمياء الكم (Quantum mechanics) ليفهموا العالم على أصغر المقاييس فتفترض النظرية أن الحقيقة في هذا العالم الصغير تكون مشوشة فالجسيمات الصغيرة كالإلكترونات على سبيل المثال لا تحتاج إلى أن تكون إما هنا أو هناك فيمكن أن تكون في عدة أماكن في نفس الوقت كما أنها يمكن أن تمتلك خصائص أخرى بشكل متزامن خصائص كنا لنعتبر ها في وقت آخر على أنها حصرية ولا تشترك عندما يحدث ذلك يقول الفيزيائيون أن الجسيمات موجودة في وضع تراكب (Superposition) في حالات عديدة مختلفة تظهر التجارب أن التراكب أمر حقيقي

حتى الجزيئات الكبيرة بحجم كرات البوكي جزيئات البوكميستر فوليرين والتي تتكون من ٦٠ ذرة كربون يمكنها حقا أن تكون في عدة أماكن في ذات الوقت

قد يأخذ منك الأمر وقت لتستوعب الموضوع ومن ثم سوف تسأل مباشرة ذلك السؤال الواضح "لماذا عندما أنظر إلى جسيم ما فإني أجده في مكان واحد فحسب؟" هذه هي "مشكلة القياس" المشهورة في ميكانيكا الكم وكذلك وبشكل أكثر إثارة بما أننا جميعا مكونون من جسيمات فلماذا نتواجد نحن في مكان واحد فقط (كما هو واضح)؟

لا توفر كيمياء الكم بذاتها إجابة لهذا السؤال وأحد الاحتمالات الموجودة هو أن النظرية نفسها لا تعطيك صورة كاملة عن الموضوع وربما تكون هناك ميكانيكية أخرى في الطبيعة ميكانيكية لم نفهمها بعد ميكانيكية تجبر الواقع على التقاط حالة واحدة فقط من الحالات المتراكبة عندما نقوم بعملية قياس ما قد يكون الواقع مشوشًا على المقاييس الأكثر صغرا ولكن عندما يقوم مختبر ما او أداة قياس ما بملاحظة الأشياء الأكبر فإن الواقع يجبر على اتخاذ طريق احدة فقط يقول أدريان كينت Adrian Kent وهو عالم فيزياء كمية في جامعة كامبريدج: "إذا ما ظننت أن هناك شيئًا ما إضافيا فإنك تقع في مشكلة وصف ماذا يمكن أن يكون هذا الشيء الإضافي؟" ويضيف: "كيف نصفهُ رياضيا كيف يمكن اختباره تجريبيًا؟ يمثل هذا السؤال أساس برنامج بحث كبير جار الآن".

أخذ الرياضيات بشكل حرفي

هناك احتمالية أخرى وهي احتمالية تحتاج منك إلى نفس عميق آخر قد تكون كل النتائج المحتملة لعملية قياس ما حقيقية كلها: عندما تقوم بعملية القياس لترى على سبيل المثال مكانَ الجسيم ينقسم العالم إلى فروع مختلفة في كل فرع منها توجد نسخة منك ترى الجسيم في واحد من الأماكن المحتملة كان أول من اقترح فكرة "العوالم العديدة" هذه هو الفيزيائي هيو إيفرت Hugh Everett في أطروحته للدكتوراه والمنشورة عام ١٩٥٧ قد تبدو هذه الفكرة جنونية ولكنها مؤصلة بالرياضيات التي تشكل الأساس لكيمياء الكم لا توحي معادلات كيمياء الكم أن شيئًا ما مميزًا يجب أن يحدث عندما تقوم بعملية القياس إذا فلم لا تترك القياسات تأخذ مجراها ومن ثم نرى ماذا سيحدث؟ يوضح دافيد والاس David Wallace وهو عالم بفلسفة الفيزياء في جامعة أوكسفورد: "إن ما تخبرنا به الرياضيات هو أنه إذا ما كان جسيم ما في حالة تراكب مكونة من الحالتين A و B فإن الشخص القائم بعملية القياس ينتقل إلى حالة تراكب مكونة من حالتين يرى في إحداهما الجسيم في الحالة A وفي الأخرى يرى فيها الجسيم في الحالة B" وبذلك يتحول التراكب من تراكب مجهري (Microscopic superposition) إلى تراكب عياني (Macroscopic superposition)

مع أن الرياضيات لا تختار حالة بعينها سواءً A أو B كما أنها لا تقوم بدمج الحالتين في حالة أخرى بحيث لا يمكن فهمها إلا أن التعبير الرياضي الذي يصف الوضع يمكن فصله إلى جزأين يصف كل منهما عالما يرى فيه المختبِر واحدًا فقط من الاحتمالين إذا أخذت هذا المفهوم بحرفيته فإنك لا بد وأن تقر بأن الواقع قد انفصل.

الكون المتفرع

ولكن هل يكون الفيزيائي القائم بالقياس هو الأمر الوحيد الذي يتسبب في انفصال الواقع؟ الإجابة هنا هي لا تعتبر عملية قياس نظام ما موجود في حالة تراكب تفاعلًا معه كما أن هناك عمليات فيزيائية أخرى يمكن أن تتفاعل معه أيضًا فعلى سبيل المثال يمكن للإشعاعات الكونية أن تكون في حالة تراكب من حيث ذهابها في العديد من الاتجاهات المختلفة فإذا كان واحدًا من هذه الاتجاهات مصوبًا نحو بلورة موجودة على الأرض فإن اصطدام الشعاع بها سيترك أثرًا عليها وبالتالي فإن البلورة سوف تقيس بكفاءة مكان الشعاع وكذلك بما أن الشعاع موجود في حالة تراكب يكون فيها مصوبًا نحو البلورة وغير مصوبٍ نحوها فإن البلورة موجودة في حالة تراكب تمتلك البلورة فيها أثرًا للشعاع ولا تمتلك أثرًا له وبهذا الفهم كما يبين تفسير إفريت (Everett interpretation)، يكون الواقع قد انفصل قام الفيزيائي إرفين شرودنجر Erwin Schrödinger بتصميم التجربة الفكرية المشهورة التي تكون فيها قطة موجودة في صندوق وتكون هذه القطة في حالة تراكب مكونة من حالتين: حية أو غير حية بحسب تفسير إفريت فعندما تقوم بفتح الصندوق وملاحظة القطة ينقسم العالم إلى فرعين: تكون القطة في أحدهما ميتة وفي الآخر حية مع وجود الحاجة إلى إزالة المراقب من المشهد يمكنك تخيل لعبة التفرع هذه وكأنها مستمرة منذ بدء الدهر يقول كنت:"-بحسب تفسير العوالم العديدة فإن هذا الأمر ما زال جاريًا بدءًا من الانفجار العظيم ربما بدأ الكون في حالة كمومية بسيطة ولكنها سرعان ما صارت في حالة تراكب للكثير من الوصوفات لهذا الكون العديد من الهيئات للمجرات ففي بعض هذه الفروع تكون الأرض قد تكونت وفي بعضها الآخر لا تكون وفي بعض الفروع التي تكونت فيها الأرض نكون قد تطورنا بشرًا وفي بعضها الآخر لا نكون".

سعدت بمقابلتي

ولكن لماذا لسنا مدركين أبدًا لهذه النسخ الأخرى من أنفسنا؟ لماذا لا نرى قط أشياء كبيرة كالثلاجات والناس في أكثر من مكان واحد في ذات الوقت؟ فكما هو ملحوظ فإن تعبير إفريت الأصلي لم يستبعد هذا الأمر كمبدأ فإن الواقع قد ينفصل في الطريق الخطأ بحيث يرى المختبر إلكترونًا في مكان متوسط غريب على سبيل المثال ولكن إفريت لم يأخذ العالم الخارجي بالحسبان ففي الوقت الذي يتفاعل فيه

الإلكترون مع العالم الخارجي وبوجود الفوتونات أو الشعاعات الكونية محومة هناك فإن أي تدخل قابل للإدراك بين الحالتين "الإلكترون في الموقع A" و"الإلكترون في الموقع B" سيتسرب إلى العالم الخارجي ويتبعثر يمكن تشبيه الأمر بالموجات التي يتسبب بها حجر ألقي في بحيرة والتي تتلاشى كلما انتشرت أكثر فإن التداخل بين الحالتين يصير صغيرًا جدًا لدرجة يكون معها غير قابل للإدراك ويرى المراقب فقط نتيجة واحدةً نهائية عندما ينظر للإلكترون تحدث هذه العملية والتي تدعى بـ"انعدام التماسك" (Decoherence)، بشكل سريع جدًا خلال جزء من الثانية ولذلك فلسنا مدركين لها أبدا.

بما أن الناس والثلاجات تتفاعل مع عدد يفوق الحصر من الجسيمات طوال الوقت فإن انعدام التماسك يسيرها بشكل محكم في عالم ذي مسار واحد فهي إما هنا أو هناك إذا كنت تتعامل مع شيءٍ مجهري كالإلكترون فإنه يمكن أن تكون قادرًا على أن تعزله عن العالم الخارجي عزلًا كافيًا لتلاحظ التراكب ولا يكون ذلك عن طريق ملاحظتها بشكل مباشر ولكن عن طريق تركها وحدها ومن ثم النظر إليها لترى علامات حكاية حكيت تخبر عن التراكب الذي لا بد وأن يكون حدث كانت هذه بالضبط هي الطريقة التي استخدمها العلماء والتي جعلتهم قادرين على تأكيد أن هذا التراكب موجود يوضح والاس: "ولكن كلما كبر النظام زادت صعوبة عزله عن البيئة الخارجية وبالتالي تزداد صعوبة تحديد أن ما نملكه هنا هو حدثان متفاعلان بدلًا من حدث واحد".

أيهم "أنا" الحقيقي؟

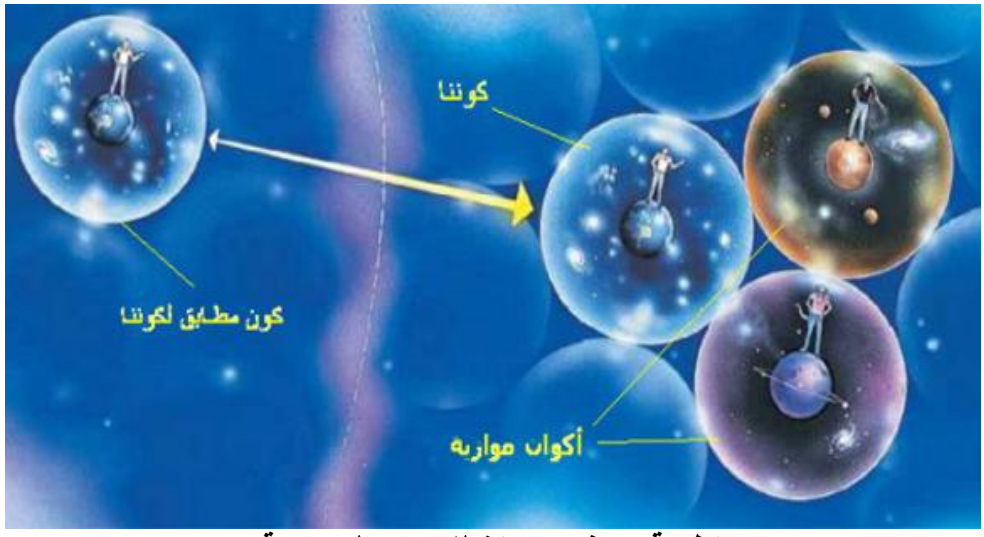
ماذا يعنينا في ذلك؟ يقول كينت: "بحسب رؤية إفريت فإن كل الفروع متواجدة في الواقع وهناك العديد من النسخ منك وليس من المنطق أن تسأل أي من هذه النسخ هو الحقيقي توجد ديمقراطية بين هذه النسخ وكل هذه النسخ موجودة بأحقية وجود متساوية ستملك أنت نفس الذكريات وكذلك الأمر مع كل النسخ الأخرى منك وذلك حتى اللحظة التي تنفصل فيها بعد ذلك قد يكون هناك فروق بسيطة بين النسخ منك أو ربما بعد بعض الوقت يكون هناك فروق كبيرة." يشير كينت والذي يعد غير مناصر لتفسير العوالم العديدة أيضًا إلى أن هذه الأمر له تبعات بليغة على سلوكك في الحياة "من الممكن أن يجعلك ذلك شديد العدمية[1] لأنه وفي نهاية المطاف ما هو الهدف من القيام بمجهودات كبيرة فعلى كل الأحوال سينجح الأمر الذي تحاول فعله في

---

(١) العدمية (Nihilism): موقف فلسفي يقول بأن الحياة كلها بما فيها الإنسان خالية من كل مضمون وعديمة القيمة.

بعض هذه الفروع كما أنه يمكنك أن تكون مليئًا بالأسى فكل مرة تقود فيها مركبتك على الطريق السريع فإن القليل من التفرعات ستبدأ بالتلاشي لأنك تتحطم فيها وتموت ويمكنك أيضًا أن تكرس حياتك لتكون مجتنبًا للمخاطر قدر الإمكان من أجل أن تحافظ على النسخ المستقبلية منك بقدر الإمكان ويجدر بأولئك الذي يتخذون نظرة إيثارية للمجتمع مائلين إلى الاشتراكية أو المساواتية أن يتبنوا نفس تلك النظرة (المجتنبة للمخاطر) لأولئك الذين سيخلفونهم بل إنك يجب أن تتشدد في تبنيك لتلك النظرة وذلك لأن كل تلك النسخ هي أنت وبالتالي فإن عليك واجبًا أخلاقيًا أقوى تجاههم من اجل.ان(تحافظ.عليهم)
قد لا يستهوي المنطق السليم تفسير العوالم العديدة هذا ولكن مناصريه يولون تقديرا لجماله العلمي فهي تعتمد على الرياضيات الموجودة لميكانيكا الكم لا تحتاج إلى أن تقترح وجود ذلك "الشيء الإضافي" الغامض والذي يجعل الواقع يخرج من حالة التراكب إلى حالة واحدة نهائية يقول والاس: "ليس هناك افتراض جديد وليس هناك مبدأ فيزيائي جديد هذا التفسير فقط هو ما ينبع من أخذنا للنظرية التي نملكها أصلًا ومعاملتها بجدية".

كل الناس ليسوا مؤمنين بذلك كما لا يشمل ذلك الجنون الواضح لهذه النظرية ففي النهاية بدت العديد من النظريات جنونية عندما ابتكرت لأول مرة أما الآن فلا يوجد فيزيائي معتد يلقي بالًا لهذا الأمر ينتهي الأمر في النهاية إلى مشكلتين بعض الناس بمن فيهم كينت لا يؤمنون بأن انعدام التماسك كاف لتفسير الانفصال الجميل للعالم إلى فروع بحيث يظهر العالم كما يظهر لنا الآن هم قلقون أذنا سنحتاج في النهاية إلى بعض الافتراضات الإضافية لنجعل من انعدام التماسك أمرًا فاعلا المشكلة الثانية هي أن الرياضيات تعطي للفروع المختلفة من العالم ما يظهر وكأنه "احتمالات" ولكن إذا كانت كل الفروع حقيقية بنفس النسبة كيف يكون من المنطق أن نقول أن أحدها أكثر احتمالا من الآخر؟ في تسعينيات القرن الماضي جاء الفيزيائي دافيد دويتش David Deutsch بطريقة جذابة لنجعل من هذا الأمر منطقيا: تخيل أنك تراهن على ذواتك المستقبليين.



نظرية ستيفن هوكنغ للاكوان المتوازية

ثورة كوبرنيكوس العلمية

تمكن اربعة علماء اوربيون عاشوا في القرن السادس عشر والسابع عشر من تقويض فكرة بطليموس لان الارض مركز الكون.

ففي سنة ١٥٤٣ قلب الفلكي نيكولا كوبرنيكوس (١٥٤٣_١٤٧٣ ميلادية) هذه النظرية راسا على عقب حين قال في كتابه (دوران الاجسام السماوية) ان الشمس يجب ان تكون مركزا لكل شيء حتى تتمكن من ان تمد سائر الكواكب السيارة بالضوء وعندما جرب بعض علماء الفلك الانجليز والالمان بشكل خاص ان يعتنقوا فرضيات كوبرنيكوس وحسبوا مواضيع الكواكب بناء على نظرياته وجدوا من الناحية العلمية ان نظام كوبرنيكوس copernical system اسهل استخداما من نظام بطليموس ويعطي تنبؤات اكثر دقة برغم ان كوبرنيكوس قد افترض خطأ ان الكواكب السيارة تتبع في حركات مدارات دائرية تماما وحيث ان كل نظرية علمية يجب ان تخضع لتجارب عديدة وقياسات ارصاد كثيرة باستمرار الا ان كوبرنيكوس عندما توفي في عام ١٥٤٣ لم يترك سوى سبعة وعشرين رصدا بدلا من الألاف اللازمة لذألك ومع هذا فكانت نظريته عن مركزية الشمس ادق وأوضح مما سبقها ولقد قدر لأعمال الفلكي الدانماركي تايخو براهي (١٥٤١_١٦٠١) ميلادي ان تؤدي دورا حيويا في اثبات نظرية كوبرنيكوس فقد ولد براهي بشخصية تنسجم انسجاما وثيقا مع تنظيم الأرصاد الفلكية فقد ولد براهي بشخصية تنسجم انسجاما وثيقا مع تنظيم الأرصاد الفلكية فقد كان ابن نبيل دانماركي على درجة كبيرة من الثقافة العلمية كما كانت له طاقة بلا حدود على العمل وقد حدثت سلسلة من الاحداث

الغريبة جاءت بتايخو براهي الى علم الفلك ففي الثالثة عشر من عمره رأى كسوفا جزئيا للشمس فأثر في نفسه ابلغ تأثير كما راعه ان رأى في السماء انفجارا هائلا لنجم (سوبرنوفا) وهذا الحدث نادر جدا في حياه البشرية فأخذ يقيس بعد هذا النجم من عدة مدن كما انه صمم أجهزة فلكية اكبر واكثر اتقانا من الناحية الهندسية والعلمية تفوق أية أجهزة أخرى سبق استخدامها في أي وقت من الأوقات بنى براهي مرصدا فريدا في عام ١٥٧٦ ميلادية اطلق عليه (يورانيبرج) ومعناه (قلعة السماء) وقد اخذ ومعاونوه بقياس مواضع النجوم والكواكب في السماء مدة تزيد على عشرين سنة جامعين البيانات اللازمة لرصد الاجرام الفضائية وكان براهي يؤمن بنظام ثالث اطلق عليه (النظام التايخوي) وهو غير نظامي بطليموس وكربرنيكوس ويقول فيه ان الكواكب تدور حول الشمس وان كل هذه المجموعة تدور حول الأرض وكان هذا النظام الجديد تسوية بين النظامين الاخرين فبينما تدور الكواكب حول حول الشمس حسب رأي كوبرنيكوس الان الأرض ثابتة راسخة حسب نظرية بطليموس وبرغم هذا فأن أبحاث تايخو براهي الفلكية التي زاد عليها علماء لاحقون ساعدت على إقامة الدليل على صحة نظرية كوبرنيكوس.

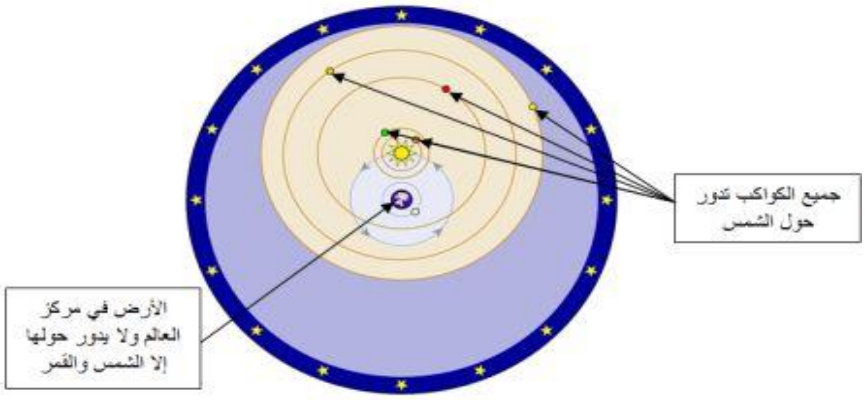
لقد كانت نظرية تايخو براهي بغير الحسابات الفلكية اللازمة مجرد خيال لا طائل تحته ومن ثم كان بحاجة الى عالم رياضي يساعده والا ضاعت كل ارصاده وعمل السنوات العشرين هباء وكان الشخص الوحيد الذي يستطيع ان يمد له يد العون هو جوهان كيلر (١٥٧١_١٦٣٠) الشاب الذي يدرس الرياضيات وقد بدت منه مهارة فائقة عندما كان يحسب مدارات الكواكب السيارة ليست دائرية تامة كما كانت تقضي قواعد الكون عند كوبرنيكوس بل هي قطع ناقص او اهليجية Eliptical وان الشمس تحتل احدى بؤرتي القطع الناقص وكان هذا اول قانون من قوانين كبلر الثلاثة التي تحكم النظام الشمسي.

اما القانون الثاني فهو ان الكواكب السيارة تزيد سرعتها عندما تقترب في مداراتها البيضاوية من الشمس بالمقارنة بسرعتها في أجزاء مداراتها البعيدة عن الشمس.

وقال كبلر في قانونه الثالث ان مربع زمن الدورة لأي كوكب يدور حول الشمس تتناسب مع مكعب بعده عنها وبالجمع بين هذه القوانين الثلاثة يتضح ان ثمة قوة جاذبية تعمل بين الاجرام السماوية لقد كان من طموحات كبلر منذ شبابه ان يكتشف العلاقة بين ابعاد الكواكب لكي يتجلى امام عينيه ذألك الانسجام الرائع ولهذا يسمى القانون الثالث أيضا بالقانون الترافقي Harmonic فهو يبين في الواقع ان هناك تأثيرا جوهريا بين الكواكب والشمس وهذا القانون التوافقي هو الذي قاد نيوتن الى نظرية الجاذبية فالوقت الذي يستغرقه الكوكب في قطع الرحلة الواحدة حول الشمس بادئة ومنتهية في نقطة تقع على خط يصل بين احد النجوم البعيدة هو ما يسمى

(بالفترة الفلكية) تمكن كبلر ايظاً من حساب مدارات القطع الناقص (الإهليجي) لكواكب المجموعة الشمسية في مداراتها حول الشمس و من ثم حطم الفكرة القديمة القائلة بأن مسارات الكواكب السيارة دائرية الشكل وأوضح بذألك معالم القوانين الأساسية للنظام الشمسي كما هو معروف في الوقت الحاضر.

و جاء جاليليو جاليلي (١٥٦٤_١٦٤٢) ليصوب للمرة الأولى التلسكوب الى السماء عام ١٦٠٩ ويظن المؤرخون ان صانع النظارات الهولندي هانز ليبرشي هو الذي صنع اول تلسكوب في العالم انتابته الدهشة اذ وجد نفسه وجها لوجه مع نظام كوبرنيكوس الفلكي الذي ينص على ان الشمس وليست الأرض هي مركز مجموعتنا الشمسية لقد رأى جاليليو أربعة أقمار تدور حول كوكب المشتري هو ما يثبت ان الأرض ذات القمر الواحد لا يمكن أن تكون أبرز عضو في المجموعة السماوية كذألك أمكن ان يراقب كوكب الزهرة فوجد أنه يظهر وجها كامل الإضاءة حين يكون قريبا من الشمس و هذه الظاهرة لا يمكن تفسيرها على أساس نظام بطليموس بل يمكن تعليلها حسب نظام كوبرنيكوس الذي يقضي بأن يدور كوكب الزهرة حول الطرف البعيد من الشمس وقد اقنعت هذه المشاهدات الفلكية جاليليو بالتحمس لنظرية كوبرنيكوس.



نظام كوبرنيكوس

سديم رأس الحصان وهي سحابة من الغبار الكوني البارد تنصب امام طاقة متوهجة تنبعث من النجوم القريبة.

الكون المتعدد: علم أم تخمين؟

صورة التقطها تلسكوب هابل لعنقودين مليئين بالنجوم فائقة الكتلة التي قد تكون في مرحلة الولادة.

إذا أردت أن ينفجر دماغك فإن علم الكون سيكون مجالاً جيداً للقيام بذلك هناك حديث عن أكوان أخرى وأبعاد إضافية وحتى عن عقول غير متجسدة تهتز بشكل عشوائي لتظهر إلى حيز الوجود وكل ذلك باسم العلم لكن هل هذا علم حقاً؟

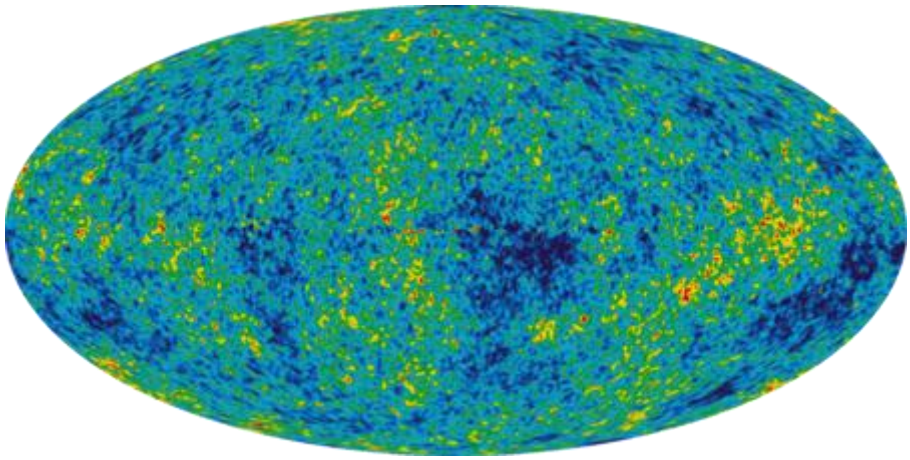
الكثير من الأشياء التي يتحدث عنها علماء الكون لا يمكن اختبارها في التجارب وربما لن يحدث ذلك أبداً إذا هل يجب الاستغناء عن قسم من علم الكون واعتبار ذلك القسم مجرد تخمين؟ وفقاً لعالم الرياضيات والفلك برنارد كار (Bernard Carr): نعم ربما بالإمكان اعتباره كتخمين لكن ألن يقود ذلك بالضرورة إلى الاستبعاد ويتابع: "عندما تصل إلى أقاصي حدود الفيزياء تظهر وبشكل واضح وأنت تصارع مفاهيم جديدة جدا ومعظم علماء الفيزياء غير معتادين عليها" ويضيف: "قد يأخذك ذلك إلى ما وراء مفهوم العلم الذي نطبقه عادةً" علمنا التاريخ في العديد من المناسبات أن النظريات التي ظهرت يوماً على أنها تخمينية (مثل كون الأرض كروية) تحولت في النهاية إلى حقيقة راسخة ويضيف كار: "مفاهيم العالم والقوانين التي تحكمها وفي الواقع حتى طبيعة العلم نفسها تغيرت منهجياً في كل مرحلة كان هناك معارضة وقال الناس : هذا ليس علماً مناسباً إنه مجرد تخمين غيبي في ذلك الوقت ربما ظهرت وجهة نظرهم منطقية لأنه لم يبدو لهم أن الشخص قد طرح أفكاراً يمكن اختبارها مع ذلك أرانا التاريخ أنه إذا انتظرت لفترة أطول بقليل فإن تطور التلسكوبات أو الأفكار الخيالية سمح لنا باستيعاب هذا الجزء الموسع من الظواهر" ذلك صحيح دون أدنى شك لكن لدى علم الكون مشكلة خاصة تسبق التجارب العلوم الأخرى فأنت ترصد شيئاً ما لنقل تفاعل كيميائي وتأتي بعدها بنظرية

لشرح ما شاهدته وبعد ذلك ترصد العديد من التفاعلات الأخرى لمعرفة فيما إذا كانت نظريتك مناسبة عندما تقوم بممارسة علم الفلك لا تستطيع القيام بذلك لكن هناك على الأقل ملايين وملايين النجوم والمجرات الموجودة في مراحل مختلفة من تطورها وترصدها لتجري تجربة تشمل كافة أنواع الظواهر التي تريد دراستها بالتالي أصبح علم الفلك جزءاً مقبولاً في العلوم لكن حالما تتحدث عن ظواهر تقع عند حدود ما يمكنك رؤيته زمانياً ومكانياً تصبح في حالة غريبة جداً فأنت لم يعد بامكانك اختبار الأشياء أحد الأفكار التي تلخص هذه المسألة هي فكرة الكون المتعدد (multiverse) تنص هذه الفكرة على أننا كون واحد موجود داخل فقاعة مليئة بأكوانٍ أخرى يتمتع كل من تلك الأكوان بقوانينه الطبيعية الخاصة فبعضها قد يكون مختلفاً كثيراً عن كوننا وبعضها الآخر ربما يشابهه قد يكون بعضها بارداً ولا حياة فيه وكل ما فيه فضاء فارغ في حين قد يحتوي بعضها الآخر على بشر بثلاثة رؤوس إنه شيء محير جداً وجميل.

كار برنارد عالم رياضيات وفيزياء فلك في جامعة لندن

طور علماء الكون فكرة الكون المتعدد لأسباب نظرية جيدة وقد لا تكون نظرية الكون المتعدد صادمة إلى الدرجة التي تبدو عليها للوهلة الأولى فمثل الكثير من الأفكار السابقة إنها وببساطة تحركنا كبشر مع تجاربنا بعيداً عن فكرة كوننا مركز العالم يقول كار: "بالنسبة لي يبدو من الغرور افتراض أن الجزء الصغير المرئي هو كل شيء موجود في الحقيقة ذلك خاطئ دون أدنى شك لا يمكن أن يكون ما نرصده كامل الكون ولن ينكر أي شخص ذلك السؤال هو: إلى مدى يتوسع الكون وفيما إذا كان هناك الكثير من الأكوان الأخرى المنفصلة" تكمن المشكلة في تعريف تلك الأكوان إذ أنه من المستحيل أن تكون متاحة بالنسبة لنا إذا ما كان هناك أمل

بزيارة إحداها يوماً ما حينها لن تكون أكواناً أخرى وإنما مجرد أجزاء بعيدة من كوننا كار: "السؤال هو فيما إذا كان التخمين حول هذا الشيء أمر علمي" ويتابع قائلاً: "يعود ذلك الأمر إلى إمكانية وجود أية أدلة رصدية عليها لا يمكنك رؤية الأكوان الأخرى مباشرة وفقاً للتعريف لكن ذلك لا يعني بحال من الأحوال عدم إمكانية وجود أدلة غير مباشرة عليها" بالنسبة لنظرية الكون المتعدد هناك بعض الأمل في الحصول على دليل غير مباشر على وجودها وينتج ذلك جزئياً عن ظاهرة نعرفها بالتدفق المظلم (dark flows) كار: "الفكرة هي أنه هناك منطقة كبير في الكون الرصدي تمتلك حركة غريبة ووفقاً لبعض الراصدين تولد هذه الحركة جراء وجود كمية كبيرة من المادة وراء أفقنا المعطى بالمسافة التي يستطيع الضوء قطعها منذ الانفجار العظيم (Big Bang)" لذلك قد يوجد كون ما خارج أفقنا ويضيف كار: "لكن الأدلة جدلية ولا يقبل الجميع هذا التفسير" ربما يوجد مكان آخر يحمل أدلة على الكون المتعدد و هذا الشيء هو إشعاع الخلفية الكونية الميكروي (CMB) الإشعاع الذي تركه وراؤه الانفجار العظيم والذي نستطيع قياسه بدقة كبيرة جداً



صورة لإشعاع الخلفية الكونية الميكروي

تكمن الفكرة في أن بعض الفقاعات الأخرى الموجودة داخل الكون المتعدد قد تصادمت مع فقاعتنا وترك ذلك التصادم بصماته في الـ CMB كار: "حتى الآن لا نمتلك أي دليل محدد على ذلك لكن أشخاصاً أجروا عمليات محاكاة لنماذج الكون المتعدد ومن الواضح من حيث المبدأ أنه يمكنك إيجاد أدلة" مع احتمالية الحصول على دليل غير مباشر في المستقبل لا يتوجب علينا استبعاد الكون المتعدد واعتباره تخميناً خصوصاً إذا ما عرفنا أن هذه الفكرة تتمتع بالعديد من المميزات الجذابة

نظرياً إنها جذابة إلى درجة اقتراح البعض أنها قد تغير من معايير العلم حتى نستوعبها كار: "السؤال الرئيسي هو: ما مقدار أهمية وجوهرية القابلية للاختبار؟" ويضيف: "وجهة نظري هي أن تلك القابلية أمر جوهري ويجب أن تكون قادراً على اختبار نظرية ما لتجعلها علماً" يدافع كار عن تصنيف أفكار مثل الكون المتعدد في فهرسٍ خاص دعاه علم الكون الماورائي (meta-cosmology) أي كل ما هو موجود خارج حدود العلم لكنه ليس بواقعٍ عند النهاية البعيدة من الخيال.

كار: "إنها حالة وسطية حالة بين الجنة والنار هي الحالة الموجودة قبل أن تقرر فيما إذا كان شيء ما علماً صحيحاً أم لا" بالنظر إلى افتقادنا إلى الأدلة فإن السهولة التي يرتبط بها الفيزيائيون بفكرة الكون المتعدد قد تكون مفاجئة لكن العلم لن يتطور كما يفعل الآن لو أن الناس لم يتجرؤوا على الوقوف عند حافة المعرفة المقبولة لكن هناك أفكار أخرى لا يتجرأ معظم الفيزيائيون على الاقتراب منها وأحد تلك الأفكار هو السؤال عن الوعي وعلاقته بالواقع الذي نشاهده يقول كار: "شخصياً أعتقد أنه من الممكن أن يكون الوعي أمراً جوهرياً عوضاً عن كونه ميزة عرضية للكون" ويتابع: "تقع مسألة الوعي حتمياً في إطار علم الكون الماورائي ومن المرجح أن تبقى هناك لفترة طويلة من الزمن" لكن الناس مخلوقات وجدت لتحرز نجاحات مؤقتة في مؤتمر جمع علماء الكون والفلاسفة لمواجهة بعض المسائل المعقدة في علم الكون تكلم كار "بشكل من الأشكال ذلك الحوار الذي جمع علماء الكون والفلاسفة هو الذي أدى إلى ظهور هذا الموضوع المهيب".

اكبر جسم في الكون؟

ان أكبر هيكل او جسم في الكون يدعى بـ "جدار هرقل كورونا القطبي العظيم Hercules-Corona Borealis Great Wall" او "سور انفجار أشعة جاما العظيم – Great Gamma-Ray Burst Wall(GRB Wall)" انفجارات أشعة جاما هي انفجارات ذات طاقة عالية جدا تبعث أشعة جاما الحدث الكهرومغناطيسي الأكثر بريقا في الكون يعتقد بأن مصدر انفجارات أشعة جاما مرتبط بسكرات الموت لنجوم كبيرة داخل المجرات البعيدة بالنسبة للعلماء هذه الإشعاعات عبارة عن منارات تشير بأن تلك المناطق محاطة بطبقة كثيفة من الغبار الكوني مؤخرا وجد العلماء منطقة كثيفة من الفضاء بعدد كبير بشكل غريب من هذه المنارات ١٤ تحديدًا قام العلماء بربط هذه الأجسام بسور حيث ترتب الأجسام الهائلة هذه مثل لَبنات البناء لكن بدلًا من أن تمتد من جانب منزل إلى أخر هذا السور يمتد مِن سنوات ضوئية عبر الفضاء الواسع إن بعد السور عنا الكبير جدًا يجعله أخفت وأصعب لتحديد موقعه بدقة مع ذلك التقدير الأولي لحجمه يتراوح من ٥.٤ مليار سنة ضوئية (وهو كبير بشكل لا يمكن تخيله) إلى ١٨ مليار سنة ضوئية (وهذا رقم لا يمكن تحمل تخيله حتى). وإذا

كان تخيل هذا الجسم صعبا فما بالك بتخيل الصعوبة التي واجهها العلماء لمعرفة كيفية تشكله وهذا ما يجعله كبيرًا جدًا لأن يكون موجودًا حتى أنه كبير جدًا حتى يتم اعتباره بقايا مِن الانفجار العظيم أو نتيجة لتلاحم المادة جون هاكيلا (Jon Hakkila) أحد مؤلفي الدراسة وبروفيسور في كلية تشارليزتون (College of Charleston)، علق قائلًا: "إن النماذج النظرية التي تصف تركيب هذه الأجسام تبدو غريبة عن المراقبات" والأكثر غرابة هذا الجسم يبدو وكأنه يزداد حجمًا "أسوار انفجارات أشعة جاما يتم تحديدها بمعدل ثابت نسبيا وهذا يعني أنها تنمو ببطئ" هناك جسم آخر يبدو مقاربا بالحجم لهذه السحابة الهائلة ولكن إذا توخينا الدقة فإنه ليس بجسم وبدلا من أن يكون من أكبر أماكن تجمع المادة فإنه أكبر منطقة لغياب المادة: إنه الفراغ العظيم الفراغ العظيم هو مساحة كبيرة جدا تبلغ تقريبًا ١.٤ مليار سنة ضوئية وعندما نقارنه بسور أشعة جاما فإن الفراغ العظيم سيكون ضئيل الحجم بالرغم من اسمه منطقة الفضاء هذه ليست فارغة حقًا: إنها رشات من المجرات والمادة المظلمة لكن كثافة المادة في هذه المنطقة أقل بشكل ملحوظ من باقي الفضاء ما الذي يجعل هذه البقعة الكونية غير ملفتة للمجرات وباقي المادة لزيارتها؟ إستفان سزابودي (Istvan Szapudi) الذي قاد فريق العلماء الذي بحث في أصل الفراغ العظيم في جامعة هاواي سيساعدنا لفهم هذا الأمر إن الانفجار العظيم هو التوسع في الزمكان (الزمان والمكان) كان موحدًا – نفس الشكل في كل اتجاه يتوسع بشكل مثالي وعلى كل فإن بعض الأماكن غير ثابتة أحيانًا توجد هناك تغيرات طفيفة على المستويات تحت الذرية سزابودي فسر كيف لهذه العيوب الكمية أن تأخر عملية التكوين"ووفقآ لنظريتنا الفراغ العظيم يتوافق مع التقلبات الكمية الأساسية للتضخمات التي حدثت مباشرةً بعد الانفجار العظيم" كما يقول سزابودي "وبالأصل كانت تقلبات صغيرة لكن عندما توسع الكون كبرت التضخمات فأصبحت منطقة فارغة كبيرة تفتقد لعشرات الآلاف من المجرات" بسبب وجود نقصان للمادة في هذه المنطقة أصبحت هذه المنطقة أبرد من المناطق المحيطة بِها و هذا ما يعطي الفراغ العظيم اسمهُ المستعار: البقعة الباردة هذان الجسمان تقريبآ متعاكسان هما الجباران المسيطران على أكبر هيكل وفراغ في الكون إن حجمهما غير القابل للتخيل كافٍ لإذهال أي أحد وفي الوقت نفسه الفلكيون والمناظير مشغولون بتفحص السماء ومن يدري؟ لربما يوجد ما هو اكبر منهما.

شكل الكون

إنه 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 ألا ترى أنه من الفظاظة أنك لا تعلم الكثير عن الكون ذاته؟ فمثلاً ماذا كنا سنرى إن كان باستطاعتنا النظر إليه من الخارج؟ ظلاماً مطبقاً؟ أم بحراً من الفقاعات؟ أم كوناً كالثلج؟ أم متاهة فئران؟ إن الإجابة كما يبدو أبسط وأغرب من جميع تلك الخيارات فشكل الكون هو مسألة نحب الخوض فيها مع اختلاق كل ضروب الحماقات تصف النصوص الدينية الهندوسية الكون على أنه يبدو مثل بيضة كونية بينما يعتقد الجينيون[١] بأنه يبدو مثل شكل الإنسان أما الرواقيون الإغريق فقد رأوا الكون مثل جزيرة منفردة تسبح في فراغ لا متناه من نوع آخر وقد كان أرسطو يؤمن بأنه كان يتكون من سلسلة محدودة من أجسام كروية متحدة المركز أو ربما أذها ببساطة " تتقوقع كلما اتجهت إلى الأسفل" والله اعلم يعود الفضل إلى عبقرية أينشتاين الرياضية في أن علماء الكونيات يستطيعون اختبار صحة نماذج متعددة تصف شكل الكون وقواقعه ومتاهاته وكل شيء آخر.

ويفضل العلماء أخذ ثلاثة أشكال رئيسية بالحسبان وهي:

الشكل المنحني الإيجابي والشكل المنحني السلبي والشكل المسطح ونحن نعلم أنه يتواجد ضمن أربعة أبعاد على الأقل ولذلك فإن أيا من هذه الأشكال التي نتحدث عنها ستكون محتوية على هندسة الجنون التي تتميز بها أعمال الرعب اللوفكرافتي[٢] إذا كان شكل الكون منحنياً إيجابياً (تخيل ذألك) فسيبدو ذلك تقريباً مثل كرة رباعية الأبعاد وسيكون هذا الشكل محدوداً في الفضاء إلا أن حافته لا يمكن إدراكها وفي الواقع إذا ما كان هنالك جزيئان بعيدان عن بعضهما البعض يسافران في خطين مستقيمين فسيتقاطعان على الأرجح قبل وصولهما لمكان انطلاقهما إليك تجربة يمكنك تطبيقها في المنزل أمسك ببالون وارسم عليه خطاً مستقيماً باستخدام قلم خطاط عندها سيلتقي الخط مع نقطة انطلاقه وإذا ما رسمت خطاً ثانياً على الجانب المعاكس من البالون فستحصل على نفس النتيجة وسيتقاطع مع الخط الأول قبل التقائه مع طرفه الآخر مجدداً وهذا الشكل من أشكال الكون والذي يسهل علينا تخيله في ثلاثة أبعاد سيظهر فقط في حال احتواء الكون على كمية ضخمة محددة من الطاقة.

ومن أجل أن يكون الكون منحنياً أو مغلقاً إيجابياً عليه أن يتوقف عن التمدد وهو الأمر الذي سيحدث فقط في حال احتوائه على طاقة كافية لتسليم الجاذبية زمام الأمور إلا أن المراقبات الحالية في علم الكونيات تشير إلى أن الكون آخذ في التمدد

---

(١) الجينيون: أتباع الطائفة الجينية وهي طائفة دينية فلسفية يشكل أتباعها أقلية في الهند.

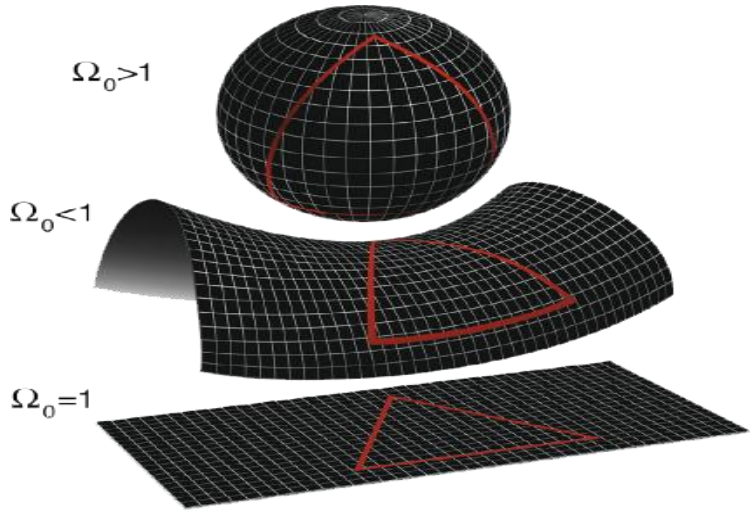
(٢) اللوفكرافتي Lovecraftian: نوع من أنواع قصص الرعب التي تركز الرعب الكوني والخوف من المجهول وهي تنسب إلى المؤلف الأمريكي هوارد فيليبس لوفكرافت.

إلى الأبد ولذلك فسنستبعد في الوقت الراهن السيناريو سهل التخيل وإذا كان شكل الكون منحنياً سلبياً فسيبدو مثل سرج حصان ذي أربعة أبعاد وسيكون مفتوحاً حيث لا يوجد حدود للمكان والزمان كما أنه سيحتوي على كمية ضئيلة من الطاقة والتي لن توقف التمدد كما أنه في هذا الشكل إذا ما كان هنالك جزيئان يسافران في خطين مستقيمين فإنهما لن يلتقيا أبداً في الواقع سيستمران في التباعد عن بعضهما البعض بينما يتصاعد الوقت اللامحدود أما إذا ما تبين أن الكون يحتوي على كمية قليلة من الطاقة في منطقة خصلات الذهب Goldilocks تتذبذب بين الأطراف على نحو خطر فسيبدأ بالانفجار بعد مدة غير محدودة من الزمن وهذا ما يدعى بالكون المسطح حيث تستمر الجزيئات في بالسير في طريقها اليسير في مسارات متوازية مستقيمة فهي لا تلتقي مطلقاً فضلاً عن أنها لا تتباعد كذلك.

الكرة، سرج الحصان، والسطح المستوي، كلها أشياء يمكن تخيلها بسهولة كما أن هنالك خيارات أخرى مثل كرة القدم أو الدونات أو آلة البوق فكرة القدم تبدو أقرب إلى الكون الكروي إلا أنه كون ذو علامة مميزة وهي أنه يشبه قاعة من المرايا مطبوعة على الخلفية الميكروية للكون. أما الدونات فهي تشبه الكون المسطح إلا أنه يكون متصلاً في أماكن متعددة حيث يعتقد بعض العلماء أن البقع الكبيرة الدافئة في الخلفية الميكروية للكون قد تكون دليلاً على هذا النوع من الأشكال اللذيذة وأخيراً نصل إلى آلة البوق وهي طريقة أخرى لتصور الكون المنحني سلبياً فهو يبدو مثل سرج حصان منحن ليدخل في أنبوب طويل مع نهاية واحدة واسعة ونهاية أخرى ضيقة حيث أن أحداً ما ممن يقطنون في النهاية الضيقة سيرى الكون ضيقاً وسيكون له بعدين فقط بينما سيكون بمقدور شخص آخر ممن يقطنون في النهاية الواسعة أن يسافر بعيداً قبل أن يجد نفسه قد التف وأصبح في الطريق المعاكس من دون معرفة السبب.

إذا، فأيها هو الشكل الصحيح؟ هل يبدو كوننا مثل برتقالة أم كعكة؟ هل يبدو مثل رقائق شيبس برينغلز؟ أو مثل شريحة جبنة؟ أو مثل قطعة نقود معدنية أو آلة موسيقية نفخيه؟ كما أن العلماء لم يستبعدوا بعد أكثر الاقتراحات سخافة وهو الشكل المنحني سلبياً مثل السرج أو آلة البوق. لمعرفة شكل كوننا يستمر الفلكيون في محاولة الحصول على قياس دقيق لشكل الكون وتنبا اكثر النظريات قبولا ب: تحديد كثافة الكون وهندسته أو شكله وإذا ما كانت كثافة الكون زائدة عن حد يعرف بـ "الكثافة الحرجة"، بالتالي فإن شكل الفضاء سيكون منحني بشكل مشابه لكرة عملاقة وإذا كانت كثافة الكون أقل من "الكثافة الحرجة" سيكون شكل الفضاء منحني بشكلٍ مشابه لسطح السرج اما إذا كانت كثافة الكون مساوية تماماً للكثافة الحرجة سيكون

شكل الكون مسطحاً مثلا صفيحة من الورق لذا لن نعرف شكل الكون كيف هو الا من خلال النظر لخارج الكون وهذا مستحيل !! يتم اجراء الاختبارات وارسال الاقمار الصناعية للوصول لخارج كوننا بالعودة إلى أحدث بيانات مرصد بلانك الفضائي والمنشورة في شباط ٢٠١٥ فإن شكل الكون على الأرجح هو مسطح فهو محدود بشكل لا محدود كما أنه ليس منحن تماماً وإنما فيه القليل من الانحناء و هو يحتوي على كمية قليلة محددة من الطاقة التي توفرها كل من المادة المظلمة والطاقة المظلمة أعلم ان الأمر مربك وممل ولكن إليك ما آمل أنك ستدركه من كل ما سبق إنه لمن المذهل أنه لا يمكننا إلا أن نخمن شكل كوننا الرائع ولكن هنالك أشخاص عباقرة يعملون من دون ككلل من أجل مساعدتنا على فهمه و هو أحد الأمور التي تجعلني أشعر بسعادة أكبر عند الحديث عن الكون وعلم الفضاء فأنا متشوقة ولا أستطيع الانتظار لأرى الخطوة المقبلة.



شكل الهندسات الممكنة للكون

ما هو مصير الكون؟

يخمن علماء الكون بوجود مصيرين محتملين أمام الكون: التجمد الكبير (big freeze) او الانسحاق العظيم (big crunch) يتحدد تطور الكون بوساطة التنافس الكائن بين زخم الحركة المتجه نحو الخارج والناتج عن التوسع وبين السحب نحو الداخل والناجم عن الجاذبية تعتمد قوة الجاذبية على كثافة الكون وإذا كانت كثافة الكون أقل من الكثافة الحرجة سيتوسع الكون إلى الأبد أما إذا كانت كثافة الكون أكبر من الكثافة الحرجة بالتالي ستنتصر الجاذبية في النهاية وسينهار الكون على نفسه كما ذكر.

يعتبر الكون مسطحاً وليس كروي الشكل؟

غالباً ما يساء فهم معنى الانفجار العظيم(Big Bang) الكثير من الناس يعتقدون بأن شيئاً ما قد انفجر في مكان ما ثم توسع فنشأ الكون و هذا اعتقاد خاطئ فلم يكن هناك مكان ولا زمان قبل الانفجار العظيم أي أنه لا يوجد شيء خارج نطاق الانفجار العظيم إن الكون بدأ بحجم صغير جداً ثم توسع إلى حجمه الحالي الضخم جداً ولا يزال توسعه مستمراً حتى اليوم لذا فإن حجم المكان الذي نحن فيه الآن يطابق حجم الكون في وقت مبكر من عمره بمعنى أن الانفجار العظيم حدث في كل مكان في الكون بما في ذلك المكان الذي نحن فيه الان لقد كان سؤال "لماذا يبدو الكون مسطحاً؟" إن معظم علماء الفلك يؤمنون بنظرية التضخم(Inflation) وهناك العديد من الأدلة التي تدعمها أيضاً وهي نظرية تفترض بأن الكون قد خضع لتوسع هائل بعد حوالي ٨١٠-٣٠ ثانية من الانفجار العظيم بحيث بدأ بحجم ذرة ثم توسع إلى حجم يماثل حجم النظام الشمسي في نهاية حقبة التضخم وبما أن الحال هكذا فسوف يبدو الكون مسطحاً بالنسبة لنا بغض النظر عن شكله الأصلي تماماً مثل نفخ بالون كروي ليبلغ حجماً كبيرا توضع على سطحه نملة صغيرة تظن أنها موجودة على سطح ممتد كسطح ورقة فهي لا يمكن أن تلاحظ التقوس لسطح البالون نظراً لصغر حجمها نسبة إلى حجم البالون وبعبارة أخرى فإن المسافات التي نتحقق منها ونكتشفها صغيرة جداً لكشف أي انحناء في الكون هناك مفهومان ينبغي التمييز بينهما وهما: "الكون (Universe) "و"الكونالمرصود(Observable Universe)"، إذ يعبر مصطلح الكون تقنياً عن كل شيء موجود بالمطلق بينما الكون المرصود يعبر عن كل شيء موجود داخل أفقنا أي ما تمكنا من رصده لحجم الكون من خلال الضوء الذي تسنى له الوقت الكافي للوصول إلينا وإلى حد الآن اقتصرت كل عمليات الرصد في الأوقات التي مضت على الكون المرصود، كما أنه ما من طريقة لمعرفة ما يحدث بالضبط وراء هذا الأفق ومع هذا فإن معظم الناس يستخدمون مصطلح الكون إختصاراً لمصطلح الكون المرصود مما قد يؤدي إلى الخلط بينهما ولذلك عندما

نقول: مسبار ويكليذسون لتباين الأشعة الكونية WMAP قدم أدلة على أن الكون مسطحا" فنحن نعني بهذا أن الكون المسطح هو ذاته الكون المرصود ووفقاً لنظرية التضخم فإن الكون المرصود ينبغي أن يكون مسطحاً على المستوى الذي نستطيع قياسه حتى لو كان للكون إنحناء طفيف لكننا لا نعلم إذا ما كانت نظرية التضخم صحيحة تماماً لذلك فمن المهم القيام بالمزيد من التجارب مثل تجارب رصد مسبار WMAP، وإذا تسنى لنا كشف إنحرافات في تسطح الكون المرصود فسيقدم ذلك أدلة ضد نظرية التضخم.

عمر الكون

يقدر عمر الكون حالياً بـ ١٣.٨ مليار سنة في حين يقدر عمر نظامنا الشمسي بـ ٤.٦ مليار سنة يتم تقدير عمر الكون من خلال قياس توزع المادة والطاقة في الكون بالإضافة إلى قياس سرعة التمدد.

البنية

في بداية الكون لم تكن بنية الكون واضحة بسبب التوزع المتساوي للمادة والطاقة إلا أن تأرجحاً صغيراً بذلك التوزع كان كفيلاً بنشوء المجرات، العناقيد المجرية، النجوم، وغيرها، وذلك في المناطق التي زادت كثافتها في حين أن المساحات الأقل كثافة بقيت كمساحات فارغة مظلمة فمثلاً زيادة ٠.٥% في المنطقة التي تحوي مجرتنا درب التبانة عن المناطق المجاورة بعد ٥٠٠ ألف سنة من الانفجار العظيم كان سبباً لنشوء مجرتنا.

المحتوى

قبل ٣٠ سنة كان الاعتقاد السائد أن المادة الباريونية هي ما يشكل الكون (المقصود بالمادة الباريونية هي كل المواد التي تتشكل من صنف الجسيمات الأولية المعروف باسم "الباريونات" والتي منها البروتونات والنترونات) كما ذكر اليوم تغير ذلك فنحن نعرف أن الكون يتشكل من: ٤.٦% مادة عادية ٢٣% المادة المظلمة والباقي هو الطاقة المظلمة المسؤولة عن تسارع تمدد الكون.

لماذا نحن هنا؟ وهل هناك داع لوجود خالق خير؟ وماهو المبدأ الإنساني؟

قدم ديفيد سلوان (David Sloan) إجابة لشخص يسأله عن العمل الذي يعيش من وراءه لقد أجاب سلوان: "أحسب احتمالية وجود الكون".

جاء هذا الوصف نتيجة لعمل سلوان كطالب أبحاث ما بعد الدكتوراه في جامعة كامبريدج وهو يعمل في مشروع يعرف بتأسيس فلسفة علم الكون (Establishing the Philosophy of Cosmology) يهدف المشروع إلى جمع الفلاسفة وعلماء الكون معاً

لمعالجة الأسئلة الفلسفية الكبيرة الموجودة في مجال علم الكون ويعمل سلوان على مسألة القياس في علم الكون (measure problem)، والتي تلخص بالسؤال التالي: "ما هو احتمال أن ينتهي بك المطاف في كون يشبه كوننا إذا افترضنا وجود شروط ابتدائية عشوائية" استحضرت هذه الفكرة البسيطة مباشرة نطاقاً واسعاً من الأسئلة الفلسفية وتلك التي تنتمي إلى علم الكون وكان منها: كيف نتنبأ بالنهاية التي سيؤول إليها الكون انطلاقاً من بعض الشروط الابتدائية؟ وكيف نحسب احتمالية أن يظهر كون ما مشابه لكوننا؟ وماذا نعني بعبارة "كون مشابه لكوننا" على أية حال؟

كيف جئنا إلى هنا؟

يوصف تطور الكون بمعادلات فريدمان التي وضعها عام ١٩٢٢ عالم الفيزياء الكسندر فريدمان (Alexander Friedmann)، حيث استخدم فريدمان نظرية أينشتاين في النسبية العامة للتنبؤ بتوسع الكون وفي ذلك الوقت كانت تلك الفكرة ثورية وقادت أينشتاين إلى رفض معادلات فريدمان واعتبرها مثيرة رياضياً لكنها أصبحت الآن جزءاً من الصورة القياسية لعلم الكون تصف المعادلات كيفية تطور الكون أثناء المراحل المبكرة من التضخم (inflation)، سلوان: "ركز عملي على مجال المعاملات الابتدائية التي قادت إلى المراقبات التي نشاهدها كتلك التي رصدتها الأقمار الصناعية بلانك و WMAP في الخلفية الكونية الميكروية وركز أيضاً على كيفية وضع قياس محتمل لتلك الخلفية" هنالك العديد من الحلول المحتملة لمعادلات فريدمان ويمثل كل منها كوناً محتملاً فقد تكون بعض تلك الأكوان ككوننا في حين تختلف أخرى كثيراً عنه فمنها ما يستمر للحظات قليلة فقط ومنها أكوان لا تتشكل فيها مجرات ونجوم أبدا تمثل كل الأفكار السابقة فضاء الحلول المحتملة وتشكل الأكوان ذات الخواص المختلفة مناطق مختلفة داخل هذا الفضاء كما تشير الأحجام النسبية لتلك المناطق إلى احتمالات مختلفة لظهور نوع محدد من الأكوان التي ستتطور بشكل مطابق لنموذجنا يعمل سلوان على تحديد شكل فضاءات الحلول تلك وتحديد المناطق المختلفة وكيفية حساب أحجامها لتقديم الاحتمالية الخاصة بتطور مجموعة من الأكوان التي تتمتع بخواص معينة لقد كانت الحسابات الفعلية التي عمل عليها معقدة للغاية لكن بإمكانك تصور الأمر وتبسيطه كثيراً عند أخذ بعض القيم المحتملة للمعاملات بعين الاعتبار.

فلنفترض أنه لدينا معامل ما يدعى x وهو موجود في نموذجنا الخاص بتطور الكون ويمكن لهذا المعامل أن يأخذ أي قيمة بين ٠ و١ وستعتمد خواص الكون الناتج على قيمه فإذا كانت $x_{>=}$ ١.٤ *١٠^-١١، لن يوجد بالتالي تضخم كاف ليطابق المراقبات التي نشاهدها في بيانات الأقمار الصناعية التي تدرس الكون وإذا كان $x_{=<}$ ١.٤ *١٠^-١١، يكون التضخم الحاصل كاف والمراقبات الكونية الناجمة ستبدو كتلك الخاصة بكوننا لذلك فعند الأخذ بعين الاعتبار أن x تستطيع أخذ مجموعة من القيم فإنه من المرجح بشكلٍ ساحق (أي احتمالية بقيمة مشابهة لـ ٠.٩٩٩٩٩) أن ذلك النموذج سيعطي كوناً مشابهاً لكوننا.

معادلة فريدمان

تأخذ معادلة فريدمان الخاصة بكون مسطح الشكل التالي:

$$H(t)\ 2 = 8\pi G 3c\ 2 \in (t)$$

يمثل التابع (أوبسيلون) طاقة الكون المؤلفة من الطاقة المخزنة في الحقول والمادة بفضل معادلة أينشتاين وتتغير هذه الطاقة بمرور الزمن أما التابع H(t) فهو معامل هابل (Hubble parameter)، الذي يوضح توسع الكون إذا لم تكن قيمته مساوية للصفر عندما رصد هابل انزياحاً نحو الأحمر في المجرات البعيدة (الانزياح نحو الأحمر هو المكافئ الضوئي لمفعول دوبلر الذي تسمعه عندما تمر بجوارك سيارة إسعاف) برهن على أن قيمة H موجبة أما الأجزاء المتبقية في المعادلة فكلها مألوفة بالنسبة لنا.

أنت هنا

لكن ماذا نعني بالتحديد عندما نقول "كون مشابه لكوننا"؟ تجيب الطريقة البراغماتية على هذا السؤال بالقول بأننا في كون يقدم مراقبات مشابهة لتلك التي نرصدها بأنفسنا فقد ساهمت بيانات كتلك الخاصة بإشعاع الخلفية الكونية الميكروي وبشكل جذري في رسم الصورة الخاصة بكوننا ويجب أن ينتج أي كون "مشابه لكوننا" نفس المراقبات التي نراها في الـ CMB ومصادر البيانات الأخرى وعلى الرغم من ذلك إلا أن هنالك تعقيد آخر حيث أننا لا يوجد لدينا إلا كوننا لننظر إليه ولا نمتلك أية أمثلة بديلة لإجراء عملية مقارنة أو لسبر المعلومات سلوان: "ما يميز علم الكونيات عن غيره من أقسام الفيزياء ويضعنا على نفس الخط المتصل مع العلوم الاجتماعية هو أنه بإمكاننا إجراء التجارب الطبيعية فقط حيث أنه لا يمكننا تصميم كون ولا يمكننا بناء آلة ووضع بعض الشروط الابتدائية داخلها ومن ثم تشغيلها في المختبر ورؤية ما يحصل لا يمكننا إلا أن نرصد الكون كما هو" هذا الأمر مشابه لحالة علم الفلك (astronomy)، لكن مع وجود فرق واحد أساسي فحسبما يقول سلوان: "لا يحتاج علماء الفلك إلى بناء النجوم ومعرفة ما يحصل إذ يمكنهم رصدها فقط إلا أن لديهم الكثير الكثير من النجوم لينظروا إليها أما بالنسبة لنا فلدينا نقطة بيانية واحدة فقط: كون وحيد هو ذلك الذي نعيش فيه وكما سيقول لك أحد دارسي العلوم فإن النقطة البيانية الوحيدة تعد مشكلة كبيرة عند محاولة ممارسة العلوم".

يتطلب هذا النقص في نقاط البيانات استخدام نهج مختلف وهنا بالتحديد تصبح وجهة النظر الفلسفية مفيدة فقد تؤدي مشكلة امتلاكنا لجزء مقنع من الدليل وهو أن الكون موجود وافتقادنا لأجزاء أخرى إلى تفسير ينص على أن الكون ضبط بشكل دقيق من أجل ظهور الحياة إذا ما أخذت بالحسبان وفرة الكربون في الكون فقد تعتقد أن تلك الوفرة ما هي إلا معجزة لأن الكربون ضروري لوجود الحياة كما نعرفها ويضيف سلوان: "إذا ما غيرنا المعاملات بطريقة ما لن يكون هنالك أي كربون وما كنا لنوجد" لكن قد يصير ذلك التفسير ضعيفاً عند تغيير طريقة التفكير بالأمر سلوان: "طرح دوغلاس آدامز Douglas Adams فكرة جيدة عندما افترض أن هنالك حوضاً

داخل ثقب وحينها ستسأل: يا للعجب! أليس من المذهل أن يكون هنالك ثقب يبدو بشكل يناسبني تماماً؟ لا بد وأن هذا الثقب قد صمم من أجلي" إذاً وبدلاً من تفسير الضبط المثالي لكوننا عبر إقحام وجود خالقٍ محب للخير تستطيع استدعاء شيء ما يعرف بالمبدأ الإنساني (anthropic principle)، وهو ينص على أن كوننا مفضل بالنسبة للحياة لأنه ما كنا لنرصده في حالات أخرى علينا العودة خطوة إلى الوراء والنظر إلى طيفٍ واسعٍ من الأكوان المحتملة التي تنتج عن حلول لمعادلات فريدمان فهل نحن مهتمون فقطً بالأكوان التي يمكننا أن نوجد داخلها أو هل سيكون أي من الأكوان التي تسمح بوجود مراقب ذكي واحدا من تلك الحلول التي سنسمح بها وبإمكانية وجود كائنات كالبشر لتراقب؟ ويضيف "إذا أجريت حساباً وكان العدد ثلاثة بدلاً من سبعة وعرفت أن كل شيء سيكون كما هو الآن عدا فرق واحدٍ هو أن لوننا سيكون أخضراً فهل سنقول حينها أن ذلك مقبول أم لا؟ والان لنقل أن الأعداد المختلفة الناتجة أشارت إلى حالات مؤداها أن الأشياء الحية يجب أن تكون مركبة من السيليكون بدلاً من الكربون فهل سيكون ذلك مقبولاً أيضاً؟ بالطبع من الصعب جداً معالجة هذا النوع من الأسئلة ولا نملك أي تكنولوجيا قادرة على تطوير الأشياء وصولاً إلى نقطة الحياة ولكن ما نستطيع قوله مع وجود شروط محددة هو أنه سيكون هناك كمية اكبر بكثير من الإشعاع وبالتالي فقد يتم استبعادنا من العملية أو على الأقل فإن الحياة كما نعرفها لن تظهر وبوجود شروطٍ أخرى ستعيش النجوم لحوالي ١٠ ثانية وبذلك يُمكننا استبعاد أي شيء قد ينتج عن تطور تلك النجوم".

لماذا نحن هنا؟

يبدو كل ذلك مثل لعبة ممتعة بالنسبة للفلاسفة وأولئك الساعين وراء تفسير مكاننا في الكون إلا أن بحث سلوان يقدم كذلك أداة عملية لاختبار نظريات الفيزياء ويشرح سلوان الأمر قائلاً: "يعطينا استكشاف (مسألة القياس) درجة من الثقة أو فقداناً للثقة في قدرة نماذج الفيزياء على التفسير". فقد افترض مثلاً أن حساباته تقول أن نموذجاً معيناً في الفيزياء يشير إلى أن تطور كون مشابه لكوننا هو أمر غير مرجح بشكل كبير بمعنى أن احتمالية تطور مثل هذه الأكوان ستكون قريبة من الصفر عندها يمكننا أن نسأل أنفسنا هل يغلب على الظن أن النموذج صحيح وبالتالي سينتهي بنا المطاف هنا بصرف النظر عن الاحتمالية الصغيرة أم أنه من المرجح أكثر أن نموذجنا خاطئ منذ البداية؟.

يضيف سلوان: "إذا ادعيت أنه إما أن الفيزياء خاطئة أو أنني رميت نرداً لستة مليارات مرة وحصلت على الرقم ستة في كل الأوقات فأي الحالتين هي الأرجح؟ في تلك الحالة يغلب على الظن أن الفيزياء خاطئة وكونك عالماً فإنك ستتخلى عن

الفيزياء حينها" بناء على ذلك تفتح تلك الحسابات الاحتمالية نافذة على أسئلة ما كنا لنختبرها في أحوال أخرى ما يقدم لنا طريقة لاختبار الأمور غير القابلة للاختبار.

يقول سلوان: "إن من طبيعة تلك الأمور أنه من العادي أن تكون الاحتمالات قريبة جداً من الصفر أو من الواحد" فإذا ما تبين لك أن الاحتمالية قريبة من الواحد يمكنك أن ترتاح وتدعي أن نموذجك في الفيزياء يقدم تفسيراً جيداً لتطور الكون فعلى سبيل المثال استخدم سلوان هذا النهج لفحص نظريات الجاذبية الكمومية الحلقية (loop quantum gravity)، وفيها يرتد الكون من الانكماش إلى التوسع بدلاً من البدء من انفجار عظيم ابتدائي تكمن ميزة هذه النظرية عن غيرها في أنه بإمكانك إجراء الحسابات عند نقطة الارتداد في حين تتحطم بقية النظريات عند تلك النقطة سلوان: "تجد هناك احتمالية كبيرة جداً لوجود كون يظهر بنفس الشكل الذي يأخذه حالياً وبوجود افتراضات معينة في النموذج ستكون الاحتمالية التي ستحصل عليها من مراقبات WMAP مساوية لحوالي ١ مطروح منه جزء من مليون أو ما شابه ولذلك فإنّ هذه النظرية مرجحة كثيراً" يعد ذلك دعماً كبيراً وقوياً لأنصار هذه النظرية يضيف "إنها تقول: نعم إذا كانت هذه النظرية هي النظرية الصحيحة في الفيزياء فلا تقلق فعمليات الرصد لم تخبرك أبداً أن تقوم بالاستغناء عن النظرية الفيزيائية هذه"

في النهاية يود سلوان تطوير نوع من الصناديق السوداء لمعالجة مسألة القياس ويقول: "إن أحد الأمور التي ستكون جميلة إلا أنه سيتطلب الكثير من العمل هو خلق نموذجٍ لأخذ النماذج الأساسية للفيزياء ويشمل ذلك نظريات الأوتار ونظريات السببية والاقتراحات الإحادية وكل امتدادات النسبية العامة هذه وبعد ذلك القيام بمعالجتها وسينتج عن كل ذلك رقم سيخبرك أنها مرجحة على نحو مدهش أو أنها غير مرجحة على نحو مدهش ومن ثم سيكون بإمكانك استخدام هذا (الصندوق) كاختبار لنظريات ستكون في حالات أخرى غير قابلة للاختبار على الإطلاق" تسمح لنا دراسة مسألة القياس بإلقاء نظرة على الإجابة للسؤال : لماذا نحن هنا؟ بحث سلوان سيعطينا بالتأكيد لمحة عن تلك الإجابة.

رؤية الفيزياء الكلاسيكية للضوء والاشعاع

نظريات الضوء فيما قبل نيوتن

علمنا مما سبق أن الفيزياء الكلاسيكية كانت قد تبنت النموذج الجسيمي للوصف والتفسير والذي كان قد اكتسب مشروعيته الكونية من نجاحه المنقطع النظير في تطبيقه على ما لا يحصى من الظواهر الميكانيكية والفلكية والحرارية حيث تتم معالجة الكينونات الملحوظة بوصفها جسيمات مادية والتي تمتلك في جميع الأوقات قيما محدودة لمواضعها وسرعاتها وبجملة واحدة فإن النموذج الجسيمي قد نجح في استيعاب جميع مستويات الوجود المادي تقريبا وعلى الرغم من ذلك فلقد بدا أن الكثير من الظواهر البصرية تتملص من إمكانية الخضوع لهذا النموذج الجسيمي والتي استدعت بقوة إنشاء نموذج آجر للوصف والتفسير على تخوم النموذج الجسيمي ألا و هو: النموذج الموجي والذي حاول تفسير الظواهر الضوئية بدلالة الموجات والاضطرابات في الأثير طبقًا لما أوضحته تجارب جيرمالدي، وهيجنز، ويانج، وفرنل، وأخيرًا ماكسويل، وهيرتز.

فإن هذه التطورات التي حدثت في مجال البصريات Optics لم تكن منبتة الجذور ولا منقطعة الأواصر عن التطورات العلمية التي كانت قد سبقتها ومن أجل تبيان ذلك فإنه يجدر بنا أن نعطي لمحة تاريخية موجزة عن تطور علم البصريات.

نظريات الضوء فيما قبل نيوتن

فقد كان من المعروف منذ أيام اليونانيين القدماء أن أشعة الضوء تتمتع بخصائص عديدة كقدرتها على الانتشار propagation في الفراغ في خطوط مستقيمة وقدرتها على الإنعكاس reflection عن طريق المرايا وقدرتها على الانكسار refraction فلقد أُدرِكت خاصية انتشار الضوء في خطوط مستقيمة منذ أيام إمبادوقليس Empedocles، حيث رأى أن الضوء هو عبارة عن تدفق مادي material effluence والذي ينطلق من الجسم المضيء وينتشر في الفضاء المادي بسرعات محددة فيما عرفت بنظرية الانبعاث أو الإصدار أو نظرية نسخة الجسم والتي طورها الذريون وعلى وجه الخصوص أبيقور (Epicure 341- ٢٧٠ ق.م)، والتي تقوم على دعوى مفادها: أن الأجسام تبث بشكل متواصل ردودها في جميع الاتجاهات وتقطع هذه الردود الهواء بخط مستقيم في تكتلات أو تجمعات متماسكة من الذرات محافظة على الاتجاه والشكل واللون الذي كانت تملكه عن الجسم الصادرة عنه وتدخل هذه الأغشية الدقيقة عين المراقب كذلك أُدرِكت خاصية انعكاس الضوء عن طريق المرايا منذ أيام إقليدس Euclid، وأعطى هيرو الإسكندري Herou of Alexandria وصفاً للظروف الميكانيكية لانعكاس الأشعة المرئية وأوضح فيه أن زوايا سقوط الأشعة على جسم عاكس تساوي زوايا انعكاسها (المعروف بقانون الانعكاس) كما تمت البرهنة بشكل تجريبي على هذا القانون عن الانعكاس البصري عن طريق بطليموس Ptolemyكذلك فإن خاصية انكسار الضوء قد أدركت منذ أيام بطليموس

والـذي قـام بالدراسـة التجريبيـة الجـادة الأولـى عـن انكسـار الضـوء حيـث أوضـح بطليموس أن أشعة الضوء يمكنها أن تنكسر refracted أو تنحني bent مبتعدة عن سيرها في خط مستقيم عند مرورها من وسط مادي لآخر مختلفين في الكثافة على سبيل المثال من الهواء للماء وأوضح أن مقدار الانحراف عن المسار الأصلي يعتمد على درجة الاختلاف في الكثافة حيث أن الدرجة الأكبر من الكثافة ينتج عنها درجة أكبر من انحراف الأشعة ان النقطة الجديرة بالاعتبار هنا بالنسبة لبطليموس هي وجهة نظره حول عملية الرؤية حيث أن بطليموس ما يزال يعتقد ومتابعًا في ذلك إقليدس وخلافًا لإمبادوقليس أن أشعة الضوء تنبعث من العين والتي تتلمس طريقها في الفضاء حتى تسقط على الجسم المرئي فيما عرفت بالنظرية الحسية للإبصار أو نظرية البث والتي تقوم على دعوى مفادها أن العينين تطلقان شعاعين غير مرئيين يتم بهما إدراك الأجسام كقرني الاستشعار عند الحشرات وينقلان إحساسهما إلى المخ وبذلك يحدث الإحساس البصري حيث كان يفترض بداهة أن الأشعة لا تقطع الفضاء إلا بخطوط مستقيمة تمتد من العين إلى اللانهائي ولقد كانت هذه النظرية مقبولة أول الأمر ولكنها ما لبثت أن انهارت عندما فشلت في تفسير استحالة رؤية الأجسام في الظلام.

إن التطور الهام في ميدان البصريات قد جاء على يد ثلة من الفلاسفة العرب والمسلمين في القرن التاسع للميلاد فلقد كتب أبو يوسف يعقوب بن اسحاق الكندي (al-Kindi 800– 873)، فيلسوف العرب والمسلمين الأول عدة أبحاث عن البصريات والتي برهن فيها على انتشار أشعة الضوء في خطوط مستقيمة كما تناول بالتحليل ظاهرتي الانبعاث والانكسار ولكنه قد نحى منحى بطليموس في قوله بنظرية البث أو النظرية الحسية للأبصار وفي الحقيقة فإننا نجد أن المساهمات الأبرز للحضارة الإسلامية قد جاءت على يد ابن الهيثم (Ibn-al-Haithm 965– 1038)، والمعروف عند فلاسفة العصور الوسطى اللاتينيين باسم ابن الخازن Ibn-al-Hazan، والذي تركزت أبحاثه في مجال البصريات على شرح وتفسير ظواهر انعكاس وانكسار الضوء فلقد فسر ابن الهيثم ظاهرة انعكاس الضوء عن طريق إرجاعها إلى خاصية ما والتي تكمن في الجسم العاكس أي قوة "تنافره" أو "مقاومته" للضوء هذه القوة تكون أقوى في الأجسام المصقولة منها في الأجسام الخشنة بسبب أن أجزاء الأولى أي جسيمات الأجسام المصقولة تكون محتشدة بشكل محكم بالطريقة التي لا تسمح للضوء أن ينفذ من بينها بينما الأجسام الخشنة تكون كثيرة المسام وتكون أجزاء سطحها متفرقة غير متضامه ومن أجل ذلك ينفذ قسم من الضوء في المسام حيث يضيع ثم ينعكس القسم الآخر متفرقا متشتتا مثلما يرى بوضوح.

ومن هنا يتبين لنا أن ابن الهيثم قد أدرك حقيقة أن الضوء يرتد أي ينعكس عن الأجسام الصقيلة إذا وقع عليها كما ترتد الكرة عن الجسم الصلب عندما تصطدم به

مع فارق أن الكرة تتحرك إلى جهة مخصوصة والضوء يتحرك على الاستقامة في جميع الاتجاهات التي يجد سبيله إليها فإذا سقط الشعاع على سطح صقيل بشكل عمودي فإنه ينعكس على نفسه وإذا سقط بشكل مائل فإنه يرتد بشكل مائل مشكلاً مع ذلك السطح زاوية مساوية للزاوية التي يكونها عند السقوط عليه أما إذا سقط الشعاع الضوئي على الأجسام غير الصقيلة فإن قسمًا من الضوء ينفذ من خلال مسامها وينعكس الباقي مشتتا فلا تراه العين.

ابن الهيثم قد تناول ظاهرة الانكسار بالتفسير حيث أوضح أن انكسار الضوء يحدث عندما يصطدم الضوء بسطح وسط ذي كثافة أكبر من الوسط الذي يسقط منه كما أوضح أن الضوء ينتقل بسرعة عالية في الأجسام الشفافة وأن سرعته تكون أعظم في الوسط الأقل كثافة (مثل الهواء) منها في الوسط الأكبر كثافة (مثل الماء أو الزجاج) وبناء على ذلك فإن ابن الهيثم يرى أن انعطاف الضوء أي انكساره عند مروره في أجسام مشفة مختلفة الشفيف أي عند مروره من وسط مشف معين إلى وسط مشف غير متجانس معه إنما يحدث بسبب أن سرعة الضوء في الوسطين ليست واحدة وأن سرعته في المشف الألطف أعظم من سرعته في المشف الأغلظ فإذا مرت الأشعة الضوئية من المشف الألطف إلى المشف الأغلظ انعطفت جهة العامود وإذا مرت من المشف الأغلظ إلى المشف الألطف انعطفت إلى خلاف جهة العامود أما إذا مرت عمودية من وسط معين إلى وسط غير متجانس معه فإن الانعطاف يكون معدومًا كذالك فان ابن الهيثم قد تقدم بمساهمة أخرى غاية في الأهمية وهي تفسيره الصحيح لعملية الرؤية عن طريق القول بأن الرؤية تكون ناشئة عن شيء ما ينبعث من الجسم المرئي باتجاه العين والذي يؤثر في أعصاب الإبصار ليحدث الرؤية في معارضة واضحة لتصورات إقليدس وبطليموس ومن هنا فإنه يمكن القول أن علم البصريات قد بدأ يتخذ صورته الحديثة مع ابن الهيثم وظلت أبحاثه عن البصريات المرجع الرئيسي في هذا الميدان حتى القرن السابع عشر فلقد استبدل ابن الهيثم تمامًا مفهوم الإبصار فقبله كان الاتجاه الأهم عند الرياضيين خاصة هو فكرة الشعاع البصري أي خروج الشعاع البصري من البصر إلى المبصر إلا أن ابن الهيثم عكس الأمر وبين أن خروج الأشعة يكون من المبصر إلى البصر وبالاتفاق مع هذا الاتجاه الجديد الذي دشنه ابن الهيثم تأتي مساهمة كبلر حول طبيعة الرؤية حيث وصفها كبلر بأنها "الإحساس بإثارة الشبكية" فلقد اعتقد كبلر أن الرؤية تكون ناشئة عن طريق شيء ما والذي ينبعث من الجسم المرئي باتجاه العين حيث تكون العدسات البلوريةCrystalline Lenses للعين صورة للجسم المرئي والتي تقع على الشبكية retina.

ان ذلك الاتجاه الجديد الذي دشنه ابن الهيثم والذي لقي قبولاً لدى كبلر باعتباره يشكل تقدماً حقيقياً في علم البصريات عموما وفي تفسير عملية الإبصار

بشكل خاص لم يستحوذ على قبول الجميع على سبيل المثال فإن ديكارت كان ما يزال مصرا على أن عملية الرؤية إنما تتم عن طريق انبعاث ضوء من العين والذي ينتشر بشكل فوري propagated instantaneously عن طريق انضغاطات تنتقل من جسم إلى جسم بسرعة لا نهائية داخل الوسط الأثيري Ethereal medium الذي افترض أنه يملئ الفضاء برمته والذي يكون ممتدا بين العين والشمس والذي يتألف من كريات صغيرة جدًا ذات حجم لا يتغير تتلامس كصف في سلسلة إن النقطة الجديرة بالاعتبار هنا هي أن مبدأ الانتشار الفوري للضوء يكون نتيجة ضرورية لمفهوم ديكارت عن الوسط الذي يستخدمه بوصفه حامل للضوء كما أن طبيعة ذلك الوسط إنما تكون محددة عن طريق التعريف الديكارتي للمادة فطبقاً لديكارت فإن طبيعة الجوهر المادي تتوقف على كونه ممتدًا فالامتداد بالإضافة للحركة هي الخصائص الأساسية للجوهر المادي ومن ثم فإن الوسط المادي لابد وأن يتكون من جسيمات متناهية الصغر تكون حاملة للضوء تقدماً هاماً قد حدث في مجال البصريات عن طريق أول رومير Ole Romer في عام ١٦٧٦ عندما أعلن ولأول مرة عن اكتشافه للسرعة المحددة للضوء عن طريق قياساته في المرصد الملكي في باريس والتي أوضح أنها تبلغ ٢١٤٣٠٠ كم/ث في معارضة تامة مع تصور أرسطو وكبلر و ديكارت والذين رأوا أنها تكون غير محددة ومن ثم أدى اكتشاف رومير لمحدودية سرعة الضوء إلى هدم نتيجة أساسية في طريقة انتشار أشعة الضوء و هي الانتقال في اللحظة والآن للظاهرات الضوئية أعني التصور الديكارتي للانتشار الفوري للضوء أن المساهمة الأخرى الجديرة بالاعتبار بالنسبة لرومير Romer هي محاولته إعطاء تصور محدد حول طبيعة الضوء ذاته وذلك من خلال دراسته لظاهرة طيف الألوان المعروف منذ القدم أي قوس قزح rainbow فلقد خمن رومير أن اختلاف ألوان الطيف يكون ناتجا عن جسيمات تدور بسرعة محددة ومن ثم فإن الجسيمات التي تدور بشكل أكثر سرعة تنتج الإحساس باللون الأحمر في العين بينما الجسيمات التي تدور بشكل أبطأ تنتج الإحساس باللون الأصفر والأزرق والأخضر على الترتيب ينبغي علينا أن نلاحظ أن تصور رومير حول طبيعة الضوء لم يكن إلا تخميناً فحسب ولم يرتقي إلى مرتبة البرهان وربما يعزى ذلك لنقص الأدوات التجريبية التي لم تكن متاحة في ذلك الوقت والتي يمكن من خلالها اختبار افكار روميرو وثلة من الافكار الاخرى بيد أنه من الأهمية بمكان التأكيد على أن غالبية التصورات والنظريات التي تجلت حتى الآن تقريباً إنما تتضمن بشكل أو بآخر وصف الضوء باعتباره يتكون من سيل من الجسيمات سواء ما كانت تلك الجسيمات تنبعث من العين باتجاه الجسم المرئي طبقاً للتصور الزائف لإقليدس وبطليموس وديكارت أو تنطلق من الجسم باتجاه العين طبقاً للتصور الصحيح لإمبادوقيلس وأبيقور وابن الهيثم وغيرهم وبكلمات أخرى فإن الوصف المتبنى حتى هذه اللحظة

في وصف الضوء ومعالجة خصائصه المختلفة إنما يعتمد وبشكل جوهري على النموذج الجسيمي أي على كون الضوء ذو طبيعة جسيمية بشكل أكثر أو أقل برغم أن هذه الطبيعة لم تكن معلنة بوضوح في كثير من النظريات لكن السيادة المطلقة لهذا النموذج الجسيمي في تفسيره للظواهر البصرية قد بدأت في الانحسار والأفول في عام ١٦٦٥ عندما أعلن فرانسيسكو جيرمالدي Francesco Grimaldi(1618– 1663) أن أشعة الضوء لا تسير في خطوط مستقيمة ولكنها تميل ميلاً خفيفًا أو تتشتت عندما تقترب من حواف الأجسام ومن ثم فإن جيرمالدي قد أرجع كلتا الظاهرتين إلى أن الموجات الضوئية تتصرف مثل الموجات المائية الخفيفة أو نبضات الصوت أما اختلاف الألوان فعزاه إلى أن لكل لون موجة ضوئية خاصة به والتي تختلف عن موجات الألوان الأخرى في أطوالها ومن هنا أعلن جيرمالدي عن ميلاد نموذج آخر لوصف الضوء ألا وهو النموذج الموجي والذي يكون متطلبًا من أجل وصف ظواهر الحيود diffraction. ففي بحثه المنشور بعد وفاته فإن جيرمالدي قد ادى الى لفت الانتباه أن:الضوء قد يكون منتشرًا أو منتقلاً ليس فقط بطريقة مباشرة أو عن طريق الانكسار أو عن طريق الانعكاس ولكن أيضاً بطريقة رابعة عن طريق الحيود".

وبناء على ذلك فإنه يمكننا القول أن جيرمالدي يعتبر أول من أشار لظاهرة الحيود وهي الظاهرة التي تبدو فيها الخاصية التموجية للضوء بشكل أكثر وضوحٍ وأكثر إقناعٍ ولقد قام جيرمالدي بعمل العديد من التجارب التي اتضح منها أن الضوءً ينثني بمقدارٍ ضيئل عندما يمر عبر ثقب في حاجز ومن ثم فإن الضوء لا يقتصر على الانتشار في خطوط مستقيمة مثلما تفترض ذلك النظرية الجسمية كما اتضح من تجاربه ايضا أنه لم يكن هناك انتقال حاد من الضوء للظلام بل تعاقبات متكررة لمناطق الضوء والظلام والتي ذكرته بتعاقب الموجات عندما يلقى حجر في بركة والذي أدى به لافتراض أن الضوء يكون مرتبطاً بطريقة ما بحركة موجية وبذلك تعتبر مساهمة جيرمالدي مبشرة بإمكانية وجود شكل ما لنظرية موجية والتي تتبنى الوصف الموجي لتفسير ظواهر الحيود وإمكانية تفسير الخصائص البصرية الأخرى هذه البشارة لجيرمالدي بإمكانية وجود شكل ما لنظرية موجية قد تعززت عن طريق روبرت هوك (Robert Hooke 1635– 1703). ففي عام ١٦٦٥ وهي نفس السنة التي تم فيها نشر أبحاث جيرمالدي حول الحيود قام هوك بنشر مجموعة من الأبحاث والتي تناولت طبيعة الألوان من ناحية وتناولت أيضاً طبيعة الضوء من ناحية أخرى فلقد رأى هوك أن الضوء الأبيض المألوف (ضوء الشمس) يكون مؤلفا من مجموعة من الألوان مثل تلك التي تظهر في قوس قزح والذي يكون ناتجا عن اهتزازات سريعة لجسيمات في الجسم المضيء وأن هذه الاهتزازات تنتشر إلى خارج الجسم المضيء على شكل نبضات كروية في وسط شفاف يقول هوك:"إن الضوء ليس

سوى نبضة أو حركة تنتشر عبر وسط شفاف منتظم ومتجانس وأن اللون ليس سوى اضطراب للضوء الأبيض عن طريق اتصال تلك النبضة بأخرى والذي يحدث عن طريقه الانكسار إن بياض وسواد اللون ليس سوى وفرة أو ندرة من أشعـــة الضـــوء غير المضطربة وأن اللـــونين[الأزرق والأحمر] ليسا سوى تأثيرات لنبضة مركبة أو اضطرابات في انتشار الحركة والذي يكون مُسَبَّباً عن طريق الانكسار".

من هنا يتضح لنا بالنسبة لتصور هوك عن الألوان أن الضوء الأبيض يرى كذلك نتيجة لتأثير حركة أو نبضة غير مركبة وغير مضطربة والتي تنتشر في وسط شفاف ومتجانس أعني وسط أثيري وأن جميع الألوان تنشأ بسبب اضطراب الضوء عن طريق الانكسارإن هذا يتضمن أن الألوان التي تظهر في أشعة الضوء كما في قوس قزح ليست خصائص أصلية أو فطرية متضمنة في أشعة الضوء.

وعلـى الـرغم مـن أن مسـاهمة هـوك حـول الألـوان ذات أهميـة كبيـرة إلا أن مساهمته الأكثر أهمية تلك التي كانت حول طبيعة الضوء ذاته حيث يظهر فيها بوضوح السمة التموجية للأشعة الضوئية حيث أنه إذا كان الضوء عبارة عن حركة أو نبضة:"فإن الحركة تكون منتشرة في كل ناحية عبر وسط متجانس في خطوط مستقيمة بسرعة متساوية equal velocity. انه لمن الضروري أن كل نبضة Pulse أو اهتزاز Vibration للجسم المضيء في هذا الوسط سوف تولد مجالاً [تموجيا] والذي سوف يتزايد بشكل مستمر وينمو بشكل أكبر بنفس الطريقة التي تنتشر بها الموجات على سطح الماء (رغم أنها تكون أسرع بشكل غير محدود) والتي تتضخم إلى دوائر أكبر فأكبر حول محورها فعن طريق إلقاء حجر في بركة فإن الحركة تكون قد بدأت إنه ينتج من ذلك بالضرورة أن جميع أجزاء هذه الكرات المتموجة عبر وسط متجانس كهذا تتقاطع مع اتجاه الأشعة بزوايا مستقيمة" من هنا يبدو لنا أن أفكار هوك تحمل بشارة بمولد نظرية موجية عن الضوء والتي لم تكن خالصة تمامًا من التصورات الجسيمة حيث أنه يكاد يوحي لنا بفكرة ازدواجية السمات الجسيمية والموجية بالنسبة للضوء فعلى الرغم من أن الضوء هو في طبيعته جسيمات مضيئة تنبعث من المصدر الضوئي في جميع الاتجاهات بخطوط مستقيمة عبر المائع المادي الأثيـري (لـديكارت) إلا أن هـذه الجسـيمات تتولـد عنهـا اهتـزازات تموجيـه فـي هـذا الوسط والتي تكون عمودية على اتجاه انتشار الأشعة الضوئية والتي تكون مماثلة تمامًا لحركة موجات الماء ومن ثم فإنه يمكن أن يعزى إليها نوعا ما من الحركة الموجية المستعرضة Transverse motion.

يمكننا القول أن هذه الحزمة من الأفكار التي قدمها هوك حول طبيعة الضوء والألوان قد شكلت تقدمًا محدودًا باتجاه تكريس النموذج الموجي لوصف حركة الضوء وطبيعته حيث أنه لم يقل بوضوح أن نبضاته أو موجاته تتبع كل واحدة منها

الأخرى بفترات فاصلة منتظمة regular intervals أي أنه لم يقل بدورية Periodicity موجات الضوء.

النظرية الموجية لهيجنز

في غضون تلك الفترة تقريباً والتي قدم فيها نيوتن اقتراحاته حول الطبيعة الجسيمية للضوء أي بوصفه تدفقاً Flux أو تياراً Stream من الجسيمات المتناهية الصغر فإن نظرية أخرى كانت قيد التكون في هولندا Holland عن طريق كريستيان هيجنز (1629– 1695) Christian Huygens فلقد قدم هيجنز اقتراحاً مضاداً تماماً لاقتراح نيوتن عن الضوء الذي لم يرى فيه نيوتن أي سمة موجية وعلى العكس من ذلك فإن هيجنز قد افترض أن الضوء ذي سمة تموجية تماماً حيث أن أشعة الضوء يمكنها أن تنحني وتلتقي ثانية حيث يقول:

" إن الضوء ينتشر مثلما ينتشر الصوت عن طريق الموجات والأسطح الكروية ولذلك فإنني أسميها بالموجات من خلال تشابهها مع تلك التي ترى موجودة في الماء عندما يلقى حجر فيه." ومن هنا يتبين لنا أن هيجنز قد افترض ومنذ أبحاثه الأولى عن الانكسار في عام ١٦٥٢ أن انتشار الضوء يكون متماثلاً مع انتشار موجات الماء عندما يلقى حجر في بركة ساكنة ولهذا فإن النمط الناتج يكون عبارة عن سلسلة من الموجات الصغيرة المتحدة المركز Concentric ripples والذي تكون فيه ذرى hills الموجات منفصلة بشكل مطرد عن طريق المسافة التي تسمى الآن بالطول الموجي Wave length هذه التماثلات بين موجات الضوء وموجات الماء والصوت هي مقبولة ظاهرا ولكنها تثير تساؤلاً هاماً وهو: ما الوسط الذي يكون متطلبا من أجل انتشار موجات الضوء ؟ إنه لمن الطبيعي القول أنه عندما نلقي حجرا في الماء فإنه يحدث موجات فيه ومن ثم فلكي تنتشر موجات الماء وتنتقل من مكان لآخر فإنها تتطلب وجود وسط تنتشر فيه أي الماء كما أن موجات الصوت تستلزم وسطا أي الهواء لكي تنتشر وتنتقل من مكان لآخر فصوت الكمانViolin على سبيل المثال يصل إلى آذاننا بسبب اهتزاز أوتاره strings ثم تنتشر تلك الاهتزازات vibrations عبر اصطدامها جزيئات الهواء والتي تحدث موجات متضاغطة تنتقل إلى الأذن.

ومن هنا اقتيد هيجنز إلى ضرورة أن يكون هناك وسطا ما من أجل انتقال موجات الضوء وبطبيعة الحال فانه لا يمكن أن يكون ذلك الوسط هو الهواء والذي تحدث فيه موجات الصوت حيث أن الضوء يمكنه أن يمر عبر الفراغ وبدلا من ذلك فإن هيجنز قد سلم بأنه من الضروري وأن يكون هناك شكل آخر للمادة أي مادة أثيرية Ethereal matter ذات مرونة elasticity مطلقة باعتبارها أداة انتقال the vehicle الضوء ومن ثم فإن هيجنز قد افترض وجود الأثير بوصفه جوهرا ماديا

متابعًا في ذلك ديكارت والذي يكون مؤلفًا من جزئيات صغيرة جدًا وذات استجابة سريعة جدًا في نقلها للضوء والذي يشكل كل منها مركزا لحركة ارتجافية وافترض أنه يكون موجودا في تلك الأجزاء من الفضاء التي تعتبر ظاهريا خاوية هكذا إذن شكلت فرضية الإثير قلب وجوهر النموذج الموجي لهيجنز والركيزة الأساسية له فلقد افترض هيجنز مثل ديكارت ونيوتن وآخرين أن الفضاء برمته يعمه الإثير بوصفه وسطا مرنا رقيقاً جداً من أجل تفسير انتشار الضوء والذي يتكون من جسيمات متجاورة ذات أحجام متساوية ويعتبر كل جسيم منها مركزا لموجة كروية ومن ثم تنتقل موجات الضوء عن طريق تتابع حركات تلك الجسيمات الموجودة كصف في سلسلة والتي تحمل كل منها الموجاتالكروية في جميع الاتجاهات وبهذه الطريقة تنتقل وتنتشر موجات الضوء ولكن هذا الانتقال لا يتم بشكل منتظم ولكن على حد وصف هيجنز :"كطرقات percussions عند مراكز هذه الموجات والتي لا تمتلك أي تتابع منتظم إنه ليس من الضروري وأن نفترض أن الموجات نفسها تتبع كل واحدة منها الأخرى بمسافات متساوية."

ومن هنا يتبين لنا أن هيجنز أيضا كسلفه هوك لم يقل بدورية periodicity موجات الضوء بالأحرى فإن موجات هيجنز هي بمثابة نبضات منفصلة isolated pulses والتي تكون متولدة عن طريق اصطدام جسيمات الإثير بها والتي تتبع كل واحدة منها الأخرى بفترات غير منتظمة إن النتيجة المنطقية المترتبة على حقيقة أن انتشار موجات الضوء طبقا لهيجنز يكون بشكل تتابعي والتي تتبع كل واحدة منها الأخرى بفترات غير منتظمة هي أن الضوء لابد وأن يستغرق زمنا ما لكي ينتقل من مكان لآخر أيأن هناك سرعة محددة للضوء وذلك خلافا للتصور الديكارتي القائل بالانتشار الفوري instantaneously للضوء والآن إذا كان الضوء ينتقل على صورة موجات في الايثير طبقاً لهيجنز فما نوع الحركة التي تنتشر وتنتقل بها موجات الضوء ؟ نحن نعلم أن هناك نوعان من الحركة الموجية: حركة طولية Longitudinal motion وحركة مستعرضة Transverse motion فبينما تنتمي حركة موجات الصوت إلى النوع الأول فإن حركة موجات الماء تنتمي إلى النوع الأخير فبالنسبة لموجات الصوت فإن كل جسيم للوسط الحامل لها أي الهواء يتحرك ذهاباً وإياباً على طول الاتجاه الذي تنتشر فيه الموجات أي أن سعة الموجةamplitude تكون موازية لاتجاه انتشارها ولذلك سميت بحركة طولية فعلى سبيل المثال فان موجات الصوت الصادرة من جرس مثلا تصل إلى آذاننا بسبب أن كل جسيم للهواء يتحرك بالتناوب مقتربا ومبتعدا عن الجرس في اتجاه انتشار الموجة لكن الأمر مختلف بالنسبة لموجات الماء حيث أنه وإن كانت موجات الماء تنتشر على طول سطح الماء فإن الجسيمات المفردة للماء لا تنتشر بمثل تلك الطريقة إن حركة تلك الجسيمات تكون لأعلى وأسفل وبزاويا عمودية على السطح

وعمودية على اتجاه انتشار الموجة أي أن سعة الموجة تكون عمودية على اتجاه انتشارها ولذلك سميت بحركة موجية مستعرضة أما فيما يتعلق بموجات الضوء فبينما ذهب هوك Hooke، من قبل إلى أن موجات الضوء تكون متماثلة تماما مع موجات الماء ومن ثم فإنه نسب إليها حركة موجية مستعرضة فإن هيجنز قد رأى وعلى العكس من هوك أن موجات الضوء تكون أكثر شبه بموجات الهواء ومن ثم فإنه نسب إليها حركة موجية طولية ومن ثم فإن فكرة التذبذبات العمودية على اتجاه الانتشار ظلت غريبة على هيجنز والذي رأى أن جزيئات الإثير تتحرك باتجاه الشعاع.

النظرية الموجية لهيجنز قد نجحت في وصف وتفسير عدد من الخصائص المعروفة للضوء مثل الانعكاس والانكسار بشكل مقنع وان لم تؤد لإقناع الجميع بها في تفسيرها لانتشار الضوء في خطوط مستقيمة يتضح لنا مما سبق ملامح منهجية هيجنز فبخلاف نيوتن فإنه لم يكن ملتزماً على الإطلاق بالتعاليم البيكونية فلم يحاول هيجنز صنع قائمة كاملة عن خصائص الضوء عن طريق التجربة مثلما فعل نيوتن كما أنه لم يكن ليعتقد بأن قائمة كهذه تكون ضرورية من أجل أغراضه إن اهتمامه الوحيد كان إعطاء تفسير ميكانيكي واضح لخصائص قليلة عن الضوء والتي اعتقد أن فلاسفة طبيعيين آخرين قد أخفقوا في تفسير ما كان يحاول هيجنز تفسيره هو "وقائع الخبرة "ولكنه لم يكن ليدعي في أي موضع من بحثه أنه ينطلق من تلك الوقائع للبرهنة على النظرية التي قدمها بالأحرى فإن مناقشاته ترتكز على توضيح كيف أن هذه الوقائع تتفق مع مفاهيمه أكثر من تلك المفاهيم التي كانت مفترضة عن طريق الفلاسفة الطبيعيين الآخرين قبله ولذلك فإن نقطة بدايته كانت المشكلات التي تنبثق من النظريات السابقة أكثر من الوقائع ذاتها) على سبيل المثال : مشكلة الانتقال الفوري للضوء في النسق الديكارتي (وعن طريق فحص الصعوبات المتضمنة في الفروض الموجودة من قبله فإنه اقتيد إلى تعديل تلك الفروض أو اقتراح فروض جديدة ومن ثم فإنه يشرع في إيضاح كيف يمكن لفروضه أن تفسر التجارب إنه عادة ما يقدم فروضه بوصفها تفسيرات تخمينية Conjectural explanation للتجارب وبالاختصار فان منهج هيجنز التقليدي كان دائم الانطلاق من الفرض إلى التجربة وليس العكس وبكلمات أخرى فإنه يمكننا القول أن السمة العامة لمنهجية هيجنز تكمن في تبنيه لما عرف بوصفه المنهج الفرضي الاستنباطي -Hypothetico-deductive Method بخلاف المنهج الاستقرائي inductive-Method، المتبنى عن طريق نيوتن والذي يرتكز على الانطلاق من فروض توحي بها معطيات التجربة وملابسات الظواهر المدروسة لبناء نظرية عن طريق الاستنباط نظرية لا يمكن الأخذ بها كنظرية صحيحة إلا إذا أكدتها التجربة أي تاركا مسألة صحتهااو عدم صحتها للتجربة وللتجربة وحدها يبدو لنا أنه بحلول نهاية القرن السابع عشر قد بزغت

نظريتان متعارضتان في مجال البصريات حول طبيعة الضوء أي النظرية الجسيمية والنظرية الموجية حيث تبنت كل منهما نسقاً مفاهيمياً متعارضاً مع الآخر فلقد بدا الجسيم طبقاً للتصور النيوتيني لكي يكون ذي وجود محدد بإحداثيات محددة تماماً أي في موضع معين وفي لحظة معينة كما أن الجسيمات تصطدم وترتد بطاقة متبادلة يمكن حسابها بدقة مطلقة على الأقل من حيث المبدأ بينما بدت الموجة طبقاً للتصور الموجي لكي تكون منتشرة بشكل غير محدود في مكان ما من الوسط الموجي إنها تكون موجة في ذلك الوسط ومن ثم فإن انتشار الموجة ينقص بشكل جوهري من تحديد أية إحداثيات لها.

بالإضافة إلى ذلك فانه لا يوجد شيء في الحركة الموجية يتطابق مع تصادم الجسيمات وارتدادها على الإطلاق فكرات البلياردو وتموجات البركة هي كينونات مختلفة جوهرياً في النوع ومن ثم بدا أن كلاً من النظريتين تكونان مستبعدتين تبادلياً إن كلا منهما لا يمكن أن يكون صحيحًا في الوقت نفسه حيث أنه يكون من المستحيل تصور إمكانية وصف أي حدث عن طريق كل من هاتين الطريقتين للوصف في نفس الوقت إن هذه الاستحالة ليست استحالة تصورية فحسب ولكنها تتضمن أيضًا استحالة ملاحظية notationally impossibility تتعلق بإجراء عمليات حقيقية لإمكانية ملاحظة خصائص الموجة وخصائص الجسيم في نفس الوقت، كما أن اللغات الوحيدة المتاحة حينئذ لوصف ديناميكيات الموجة والجسيم تشكل تعارضا حقيقيا بيد أن الأمر لم يستمر كثيرا على هذا النحو من وجود نظريتين متنافستين تدعي كل منهما أهليتها في وصف وتفسير خصائص الضوء فعلى الرغم من النجاحات المؤزرة للنظرية الموجية في تفسير الكثير من الظواهر البصرية فإنها ما لبثت أن سحقت تماماً تحت وطأة ما أصبح شائعاً بوصفه التأويل الجسيمي النيوتيني للضوء لكي يدشن بوصفه التأويل التقليدي Orthodoxal interpretation، مثلما تم التنويه عنه من قبل ان النموذج الجسيمي عن الضوء قد بدأ بالأُول مع بداية القرن التاسع عشر عندما أثرى توماس يونج (1773– 1829) Thomas Young (وأوغسطين فرنل 1827 –1788) Augustine Fresnel الفرض الموجي بأفكار جديدة حيث اتضح من مساهماتهما أن جميع أنواع الظواهر البصرية المعروفة في ذلك الوقت يمكن تفسيرها بشكل ملائم عن طريق الأفكار الموجية.

التحول الحاسم صوب النظرية"الموجية"

لم يكد يمر عقد ونصف من الزمان على بحث يونج عن النظرية الموجية والذي تم تجاهله حتى تلقت النظرية الموجية تأييدا كبيرا عن طريق أوغسطين فرنل(1788– 1827 Augustine Fresnel)، والذي وضع في اعتباره أن النظرية التموجية تساعد بصورة أفضل على تفسير المسار المعقد للظاهرات الضوئية أي ظواهر الحيود وعندها يعود للظهور التماثل مع الصوت والاعتراض المعتاد القائل بأن الموجات تدور حول الحواجز فرنل قد توصل إلى نفس استنتاجات يونج السابقة في العام ١٨١٥ عندما قام بصياغة أفكار يونج بمهارة رياضية فائقة إنه كان قادراً وللمرة الأولى على القيام بوصف كمي في ضوء النظرية الموجية لعدد هائل من المعطيات التجريبية المتاحة والتي إزاءها فإن معظم المدافعين عن النظرية الجسيمية قد لاذوا بالصمت ومن ثم فإن النظرية الجسيمية قد نحيت جانباً حيث أخفقت في تقديم أي تفسيرات معقولة لظواهر الحيود والتداخل والتي أمكن تفسيرها فقط في ضوء التمثيلات الرياضية المقنعة لفرنل وعلى الرغم من ذلك فإن بعضا من الذيوتينين لم يقتنعوا بأن تصورات يونج والتمثيلات الرياضية لفرنل تعبر عن الحقيقة المطلقة ربما لأنهم وضعوا في اعتبارهم حقيقة أن النجاح المؤزر لإحدى النظريات لا يشكل في حد ذاته تفنيداً لنظرية منافسة فربما يمكن مستقبلاً إنقاذ النظرية الجسيمية عن طريق تعديل بعض من الفروض المساعدة أو وضع عدد من الفروض الغرضية لكنه وبصفة عامة أصبح من المقبول اعتبار الضوء بوصفه يتألف من تموجات حيث أنه من المستحيل أن يؤدي تيار من الجسيمات إلى حيود الآخر وإلغائه بالطريقة الملحوظة في تجربة ذات الشقين.

ان النظرية الموجية قد تلقت تأييداً ساحقاً آخرا عندما قام كل من فيزو Fizeau 1819– 1896)) في العام ١٨٤٩، وفوكو Foucault (1819– 1868) في العام ١٨٥٠، بقياس سرعة الضوء في الفراغ باعتبارها ظاهرة موجية صرفة لقد اكتشف فيزو أن سرعة الضوء في الفراغ تبلغ ٣١٥.٣٠٠ كيلو متر في الثانية بينما اكتشف فوكو أن سرعة الضوء تبلغ ٢٩٨.٦٠٠ كيلو متر في الثانية والتي تقترب من القيمة الصحيحة لسرعة الضوء المكتشفة عن طريق ميكلسون Michelson والتي تبلغ ٢٩٩.٧٧٠ كيلو

متر في الثانية تجربة "فوكو" لقياس سرعة الضوء ذات أهمية مطلقة حيث كان الغرض منها الفصل بين النظرية الجسيمية والنظرية الموجية عن طريق اختبار تفسيراتهما الخاصة بظاهرة الانكسار إن النظرية الجسيمية تتطلب وكنتيجة ضرورية لوجهة نظرها الديناميكية الأولية انتقال الضوء بشكل أسرع more rapidly في الأوساط الأكثر كثافة في حين أن مبدأ هيوجنز يتطلب أن العكس يكون صحيحا في تلك الحالة وعندما نجح فوكو في اختراع الأداة التي أمكنه عن طريقها المقارنة بين سرعات الضوء في الهواء وفي الماء فإنه اكتشف أن الضوء قد انتقل بشكل أسرع في الهواء أي في الوسط الأقل كثافة بينما انتقل بشكل أبطئ في الماء أي في الوسط الأكثر كثافة وعندما أعلن فوكو نتيجة تجربته فإنها كانت قد قبلت بصفة عامة بوصفها تفنيدا حاسما للتفسير الذيوتيني للانكسار واعتبرت تجربته بوصفها تجربة حاسمة Crucial Experiment ضد الرؤية الجسيمية ومؤيدة تماما للنظرية الموجية ومن ثم فقد أصيبت النظرية الجسيمية بالضربة القاضية أو على حد تعبير سير جيمس جينز: "بهذا الأزميل فإنه قد دق المسمار الأخير في تابوت النظرية الجسيمية للضوء" [في الحقيقة فإن وجهة نظر السير جيمس جينز تكون معارضة بوجهة نظر فيلسوف العلم المجري إيمري لاكاتوش (Imre Lakatos 1922- 1974) فيرى لاكاتوش أن وجود براهين مضادة ليست شرطا كافيا لاستبعاد نظرية محددة فبالرغم من ظهور مئات المتناقضات المعروفة فنحن لا نعتبر ها مكذبة حتى نحصل على أفضل منها ذلك لأن هذه المتناقضات يمكن أن تتحول إلى براهين معززة في أي وقت ولذلك فإنه ليس من الحكمة استخدام الحد "تجربة حاسمة" بتهور أكثر مما ينبغي حتى إنه عندما يكتسح برنامج بحث عن طريق سلفه فإنه لا يكتسح عن طريق تجربة حاسمة يبدو أن تاريخ العلم يؤيد وجهة نظر لاكاتوش إذ عادت النظرية الجسيمية عن الضوء والإشعاع للظهور مرة أخرى عن طريق بلانك، وأينشتين, وبور وقع تجربة فوكو على عقول فيزيائيي القرن التاسع عشر كان بعيد الأثر لأقصى مدى حيث أنهم كانوا قد تخلوا عن أي محاولات لتطوير الفرض الجسيمي وذلك لإدراكهم استحالة القيام بمحاولة تطوير النظرية الجسيمية عن الضوء بدون

القيام بتحريف الفيزياء النيوتينية ذاتها حيث أن النتيجة المفندة عن طريق تجربة فوكو هي نتيجة للقانون الثاني للحركة.

الفصل الثالث

الثقب الأسود

الفصل الثالث

الثقب الأسود

مقدمة عن الثقوب السوداء

المادة في الكون

المادة في الكون رغم ما يبدو من تماسكها و هي في حالة الصلابة عبارة عن فراغ كثير ومادة قليلة وحتى على مستوى الذرة الفراغ فيها اكثر بكثير من المادة ويمكن ان نقول في تقريب ذألك للأذهان انه لو فرض ان كبرت نواة ذرة الى حجم الكرة وكبرت تبعا لذألك المسافات بين النواة واقرب الكترون قرابة ٣٠ كيلو متر او تزيد وهذه المسافة كلها فراغ.

بالطبع كما نعرف ان هناك اماكن تولد قبها النجوم وتموت فماذا يحدث عندما يموت احد هذه النجوم؟ تؤكد احدى التوقعات المثيرة للنظرية النقية العامة لأينشتاين على وجود ما يسمى بالثقوب السوداء Black Holes فعندما يموت النجم تنهار مادته وتنطوي وتنكمش وتتراص فيصبح اصغر من حجمه الأصلي بملايين المرات أي ان الفراغ في مادته يقل كثيرا وتتجمع المادة مع بعضها وهذا يجعل قوى الجاذبية تزداد زيادة هائلة حتى انها تمنع كافة الجسيمات داخلها من الانفلات الى الخارج كما انها تنجذب اليها أي جسم يمر بالقرب منها وحتى فوتونات الضوء تنجذب نحوها وتنحبس داخلها ونتيجة لذألك لا يخرج منها ضوء و بذا تبدو سوداء حقا ان النجم عندما يموت ويصبح ثقبا اسود يبقى هناك بكل كتلته المتكدسة كما أنه يحيط نفسه بهالة سوداء وكأنها القبر الأسود لا يخرج منه أي ضوء او حركة او مادة لاشي على الاطلاق سوى السكون والظلام حتى الزمن يبطؤ فهو يتجمد في القبر الأسود ويتوقف.وهكذا يبدو الثقب الأسود وكأنه قد سجن الضوء واعتقل الزمن أيضا فلم يعد للزمن المعنى الذي عرفناه والفناه وتكون لدى الثقب الأسود قدرة نتيجة للضغط الهائل والجاذبية الرهيبة على التهام النجوم والكواكب من حوله وحتى التي تكبره بملايين المرات ان لغز تلك القبور السوداء في الفضاء قد اصبح اعمق يجابه علماء الفلك ليس في الوقت الحاضر فحسب ولكن لسنوات طويلة قادمة أيضا وبالنسبة لعلماء الفيزياء النووي يعتبر الثقب الأسود حالة عجيبة تقلب قوانينهم رأسا على عقب فالمادة التي تنهار لأحداث الثقب الأسود تختفي كما نعرفها ببساطة فالعالم الفيزيائي الذي يبحث في طبيعة الثقب الأسود لا يوجد تعقيدات المادة بجزيئاته وذراتها وتركيبها النووي ولكن هنا يثار تساؤل هو: بما انه لا يمكن رؤية الثقب الأسود ابدا

فكيف يقوم علماء الفلك بالاستدلال عليها الواقع انهم يستدلون على الشيء من اثاره فالهواء لا يرى وكذألك الجاذبية او المغناطيسية ولكن هذه الظواهر نعرفها من اثارها وأيضا في حالة الثقب الأسود يعتمد العلماء على تأثير مجال جاذبيته الهائلة وعلى سلوك المادة القريبة منه وانتشار الاشعة بجواره ان رفات النجم المنهار ليست رفاتا مادية بل حالة مفردة غريبة ليس كمثلها شيء.

ولكن هل تموت النجوم حقا؟

نعم تموت النجوم كما يموت كل شيء في هذا الكون البدء ولكل نجم عمر واجل ويعبر علماء الفلك عن نظام الكون الرائع بمعادلات رياضية وترشدهم هذه المعادلات الى بعض اسرار الكون المثيرة التي قد لا تتقبلها عقولنا في بعض الأحيان مثل لغز الثقوب السوداء فيستخدم العلماء المعادلات الرياضية في تقدير احجام النجوم والمجرات والمجموعات المجرية ويحددون تفاعلاتها والسرعة التي تستنفذ فيها مادتها بالتفاعلات الحرارية والنووية كما يحسب العلماء الطاقات والنبضات التي تخرج من الاجرام السماوية بمختلف اشكالها وانواعها ودرجات حرارتها والمادة المتحولة التي تتجمع في داخلها ثم على المدى الطويل (ملايين السنين) تشل حياتها ثم تنهيها ومن الظواهر والتفاعلات التي تحدث للنجوم خلال حياتها يمكن التنبؤ بآجالها وطريقة موتها والقدر الذي ينتظرها حتى الموت فأما ان تصبح اقزاما بيضاء او نجوما نيوترونيه او كيف يُقدر علماء الفلك كتلة ثقب أسود؟

قياس كتلة الثقوب السوداء

في معظم الأحيان تدور النجوم والغازات حول الثقوب السوداء وبالتالي من الممكن قياس كتلة الثقوب السوداء عبر قياس سرعة المواد التي تدور حوله افترض الحالة التي يوجد فيها ثقب أسود ونجم يدوران حول مركز عطالتهما المشترك فعلى الرغم من عدم إمكانية رؤية الثقب الأسود إلا أنه باستطاعتنا مشاهدة النجم ومن خلال إجراء مراقبات دقيقة يمكننا قياس سرعة النجم تماما كما يمكننا قياس حجم مداره وحالما نقيس هذه الأمور تخبرنا قوانين الجاذبية القيمة الحقيقية لكتلة الثقب الأسود على سبيل المثال دعنا نفترض أن نجما كالشمس يدور حول ثقب أسود. افترض أننا قسنا سرعة النجم ونَتج أنها ١١٧ ميل في الثانية وقسنا قطر مداراه وكان مساويا للمسافة الفاصلة بين الشمس وعطارد يؤكد ذلك أن النجم يدور حول الثقب الأسود لمرة كل ١٢ يوم وبعدها تخبرنا قوانين الجاذبية أن كتلة الثقب الأسود يجب أن تكون مساوية لعشرة أضعاف كتلة الشمس أو أكثر بقليل يمكن اكتشاف الثقوب السوداء فائقة الكتلة والموجودة في مراكز المجرات باعتماد هذه الطريقة على سبيل المثال حسبت كتلة الثقب الأسود الموجود في مركز مجرتنا "درب التبانة" من خلال قياس السرعات التي تتحرك فيها النجوم المنفردة حوله ويثبت ذلك الحساب أن الثقب الأسود له كتلة تفوق كتلة شمسنا بثلاثة ملايين مرة وقدرت كتلة الثقب الأسود الموجود في مركز مجرة اندروميدا عبر قياس السرعات المتوسطة لكل النجوم التي تدور حوله وبلغت كتلته ٣٠ مليون ضعف كتلة الشمس تقريباً.

شكل النجوم التي تكون منها الثقب الأسود

أحدث "ورنر إزرائيل " Werner Israel وهو باحث كندي ولد في برلين ثورة في دراسة الثقوب السوداء عام ١٩٦٧ م عندما بين أن الثقوب السوداء ليست دوارة فوفقا للنظرية النسبية العامة إن كانت دوارة فلابد أن تكون كروية تماماً ولا يتوقف حجمها إلا على كتلتها وأي ثقبين سوداوين بكتلة متساوية هما متساويان بالحجم وقد أمكن وضعهما عن طريق حل خاص لمعادلات أينشتاين قبل النسبية العامة بقليل وكان من المعتقد أن الثقب الأسود لا يتكون إلا عند انسحاق جسم كروي تماما وأن النجوم ليست كروية تماما ولا يمكن بالتالي أن يسحق إلا بشكل تفرد ثقاليا عاريا لكن هناك تفسيرات مختلفة لنتيجة " إزرائيل " تبناها روجر بنروز و "جون ويلر " فقد أبديا أن الحركات السريعة في انسحاق النجم يعني أن موجات الجاذبية المنبعثة منه تجعله أكثر كروية إلى أن يستقر في وضع ثابت ويصبح كروياً بشكل دقيق ووفق هذه النظرية فأن أي نجم دوار يصبح كرويا مهما كان شكله وبنيته الداخلية معقدتين وسوف ينتهي بعد انسحاقه بالجاذبية إلى ثقب أسود كروي تماما يتوقف حجمه على كتلته فقط واكتشف أول نباض عام ١٩٦٧ مؤيدا للنظرية النسبية وتبين ان تلك

النباضات ما هي إلانجوم نيوترونية حتى ذلك الحين كانت النجوم النيوترونية والثقوب السوداء ترى على أنها أجسام نظرية ولا وجود لها في الطبيعة وخلال تلك الفترة كثرت حسابات النظرية الذسبية التي تؤدي إلى امكانية نشأة ثقب أسود من خلال عمل ورنر إزرائيل وبراندون كارتر نشأت " نظرية لا شعر" والتي تشير إلى أن حل الثقب الأسود الثابت يمكن وصفه بثلاثة إحداثيات طبقا لمقياسية كتلة والعزم الزاروي والشحنة الكهربائية وكانت ظواهر الثقب الأسود المحسوبة بواسطة النظرية النسبية لا تزال تعتبر نظرية بحتة وناشئة عن شروط تناظر مفترضة في حل المعادلات كان من العلماء الذين اعتنقوا تلك الفكرة فلاديمير بلينسكي وأيزاك خالاتنيكوف وافيجني ليفشيتز الذي حاول اثبات ظهور تلك الحلول في الحال العام أيضا ولكن في الستينيات من القرن الماضي قام روجر بنروز و ستيفن هوكنج باستخدام طريقة شاملة لإثبات أن حالة التفرد الثقالي تظهر أيضا في الحلول العامة لمعادلات النظرية النسبية العامة.

وفي عام ١٩٦٣ م، وجد "دوي كير " مجموعة من الحلول لمعادلات الذسبية العامة تصف الثقوب السوداء الدوارة التي أغفلها "إزرائيل ". فإذا كانت الدورات صفر يكون الثقب الأسود كروي تماما ويصبح الحل مماثلاً لحل "شفارزشيلد" أما إذا كان الدوران ليس صفرا ينتفخ الثقب الأسود نحو الخارج قرب مستوى خط استوائه تماما مثل الارض منبعجة من تأثير دورانها لقد أفترض إزرائيل أن أي جسم يذسحق ليكون ثقبا أسود سوف ينتهي إلى وضع مستقر كما يصف حل كير.

حجم الثقوب السوداء وأدلة وجودها

في عام ١٩٧٠ م بين "براندون كارتر " أن حجم وشكل أي ثقب أسود ثابت الدوران يتوقف فقط على كتلة ومعدل دورانه بشرط يكون له محور تناظر وبعد فترة أثبت ستيفن هوكنغ أن أي ثقب أسود ذى دوران ثابت سوف يكون له محور تناظر واستخدم "رو بنسون " هذه النتائج ليثبت أنه بعد انسحاق الجاذبية بان الثقب الأسود من الاستقرار على وضع يكون دوارا ولكن ليس نابضا وأيضا حجمه وشكله يتوقفان على كتلته ومعدل دورانه دون الجسم الذي انسحق ليكونه.

مالأدلة على وجود هذه الثقوب؟

الثقوب السوداء لا دليل عليها سوى حسابات مبنية على النسبية لذلك كان هناك من لم يصدق بها وفي عام ١٩٦٣ م، رصد "مارتن سميدت " وهو عالم فلكي أمريكي الانزياح نحو الأحمر في طيف جسم باهت يشبه النجم في اتجاه مصدر موجات الراديو فوجد أنة أكبر من كونه ناتج عن حقل جاذبية فلو كان انزياحه بالجاذبية نحو الأحمر لكان الجسم كبير الكتلة وقريبا منا بحيث تنزاح مدرات الكواكب في النظام الشمسي و هذا الانزياح نحو الأحمر ناتج عن توسع الكون و هذا يعني بدوره أن

الجسم بعيداً جدا عنا ولكي يرى على هذه المسافة الكبيرة لابد وأنه يبث مقدار هائلاً من الطاقة والتفسير الوحيد لهذا ناتج انسحاق بالجاذبية ليس لنجم واحد بل لمنطقة مركزية من إحدى المجرات بكاملها وتسمى الكوازار وتعني شبيه النجوم.

الكوازارات

في عام م١٩٦٧ اكتشفت "جوسلين بل " أجسام في الفضاء تبث نبضات منتظمة من موجات الراديو وكانت يعتقد بأنها أتصلت مع الحضارات غريبة في المجرة ولكنها توصلت إلى أن هذه النبضات ناتجة عن نجم نباض هو في الواقع نجوم نيترونية دوارة تبث هذه النبضات هي بسبب تداخل معقد بين حقولها الجاذبة وبين المادة المحيطة بها وهذه النبضات هي الدليل الأول على وجود الثقوب السوداء ولكن كيف يمكن لنا اكتشاف أو استشعار الثقب الأسود مع أنه لا يبعث الضوء؟ ذلك عن طريق دراسة القوة التي يمارسها الثقب الأسود على الأجسام المجاورة فقد شاهدوا نجما يدور حول آخر غير مرئي ولكن ليس هذا شرطً أن يكون النجم غير المرئي ثقباً أسود فقد يكون نجماً باهتاً ومع هذه الجاذبية العالية والطاقة الهائلة التي يبثها الثقب الأسود فإنه قد تتولد جسيمات ذات طاقة عالية جداً قرب الثقب الأسود ويكون الحقل المغناطيسي شديداً بحيث تتجمع الجسيمات في نفاثتية متضادتين تنطلقا خارجاً على طول محور الدوران ونشاهد مثل هذه الجسيمات في عدد من الكوازار.

إشعاع الثقب الأسود

من فكرة تعريف الثقب الأسود كمجموعة من الأحداث التي لا يمكن الإفلات منها بعيداً ويعني أن الثقب الأسود أي أفق الحدث مكون من مسارات اشعة الضوء في الزمكان وبالتالي لا يستطيع الضوء الابتعاد عن الثقب الأسود بل يحوم عند أطرافه إلى الأبد أن هذه المسارات لا يمكن أن تقترب من بعضها البعض فإذا أقتربت فلابد أن تندمج لتصبح واحدة وفي هذه الحالة تقع في ثقب أسود ولكن إذا أبتلع الثقب الأسود هذه الاشعة فهذا يعني أنها لم تكن على حدوده وهذا يعني أنه يجب أن تكون الاشعة متوازية أو متباعدة وإذا كانت الاشعة التي يتألف منها أفق الحدث لا يمكنها أن تتقارب فإن مساحة أفق الحدث تبقى كما هي أو تتسع مع الزمان وفي الواقع تتسع المساحة كلما وقع في الثقب الأسود مادة أو إشعاع وإذا تصادم ثقبان أسودان واندمجا معا في ثقب واحد فإن مساحة أفق حدث للثقب الجديد تساوي مجموع مساحتي الثقبين الأوليين أو أكبر وبناء على هذا التعريف وهذه الفكرة فسوف تكون حدود الثقب الأسود هي للثقب الأسود وأيضا مساحتهما بشرط أن يكون الثقب الأسود صار إلى وضع مستقر لا يتغير مع الزمن كان هذا السلوك لمساحة الثقب الأسود مستوحى إلى حد بعيد من سلوك مقدار مادي يدعى "أنتروبيا"-وهو مقياس درجة الخلل أو اضطراب نظام ما - ويعرف تقدير أو وصف هذه الفكرة الدقيقة بالقانون الثاني

للديناميكا الحرارية فهو ينص على أن "الأنتروبيا" لنظام معزول تتزايد باطراد وعندما يندمج نظامين معا تكون "أنتروبيا" النظام الموحد أكبر من مجموع الأثنين في كل منهما وأقترح طالب أبحاث اسمه "جاكوب بكنشتاين" إن مساحة أفق الحدث هي مقياس أنتروبيا لثقب الأسود فكلما سقطت فيه مادة تحمل أنتروبيا كلما وأتسعت مساحة أفق الحدث بحيث أن مجموع أنتروبيا المادة خارج الثقوب السوداء ومساحة الآفاق لا تنقص أبدا فإذا كان للثقب الأسود أنتروبيا فلابد أن تكون له حرارة كذلك كل جسم ذي حرارة معينة لابد أن يبث إشعاع بمعدل ما و هذا الإشعاع ضروري لتفادي خرق القانون الثاني للديناميكا أي أنه يجب أن تبث الثقوب السوداء إشعاعاً ولكن الثقوب السوداء بحكم تعريفها بالذات أجسام يفترض أن لا تبث شيئا.

وفي الحقيقة الثقوب السوداء الدوارة تبث جسيمات ذرية ولكن عندما أجرى ستيفن هوكنغ حساباته ظهرت له نتيجة مزعجة و هي أنه حتى الثقوب السوداء غير الدوارة تبث جسيمات ذرية و هذه النتيجة كان يعتقد ستيفن أنها ناتجة عن اعتماده تقديرا خاطئا وأخيرا أكد له طيف هذه الجسيمات هو بالضبط ما قد يصدر عن جسم حار كيف يبدو أن الثقب الأسود يمكنه بث جسيمات مادمنا نعرف أن لا شي يمكنه الإفلات من أفق الحدث؟ الجواب كما تفيد نظرية الكم هو إن الجسيمات لا تصدر من داخل الثقب الأسود بل من (الفراغ) الفضاء الفارغ خارج أفق الحدث للثقب الأسود مباشرة وكي تتضح الصورة لابد من إعادة فكرة إن ما نخاله فضاء فار غا لا يمكن أن يكون فراغا تماما لأن ذلك يعني إن جميع الحقول من الجاذبية ووكهرومغناطيسية ستكون صفرا بالضبط إلا أن قيمة الحقل ومعدل تغيره مع الزمن يشبهان موقع وسرعة الجسم: فمبدأ عدم التأكيد يحتم أنه كلما قمنا بقياس واحدة من هاتين الكميتين بدقة عالية كلما تناقصت دقة قياس الكمية الأخرى ففي فضاء فارغ لا يمكن تحديد الحقل صفرا بدقة لأنه تكون له قيمة صفر ومعدل تغير صفر، و هذا مخالف لمبدأ عدم التأكد إذاً لابد أن تكون هناك جسيمات أولية في الفضاء تظهر تارة وتختفي تارة وهي حينما تفعل ذلك فهي تظهر على هيئة زوجا من الجسيمات أحدهما الجسيم والآخر نقيضه ولا يلبثان طويلا بل يفني كل منهما الآخر ثانيا (من هنا ظهرت فكرة طاقة الصفر حاول البحث عن أعمال وحياة العالم نيكول تسلى).

ولا يمكن رؤية هذه الجسيمات أو اكتشافها بالكشافّات لان تأثيراتها غير مباشرة ويتذبأ مبدأ الارتياب بوجود أزواج أفتراضية متشابهة من جسيمات المادة بحيث يكون أحد الزوجين من المادة والأخر من المادة المضادة وتخيل هذه الجسيمات على حدود الثقب الأسود أي على حدود أفق الحدث من الممكن جدا أن يسقط الجسم الافتراضي الذي يحمل الطاقة السالبة وينجو الجسم ذو الطاقة الموجبة بالنسبة لراصد من بعيد يبدو وكان الجسيم صادر عن الثقب الأسود ومع دفق الطاقة السالبة إلى داخل الثقب الأسود سوف تنخفض كتلة الثقب الأسود ولفقد الثقب الأسود لبعض كتلته

تتضاءل مساحة أفق حدثه فكلما صغرت كتلة الثقب الأسود أرتفعت درجة الحرارة ومع ارتفاع درجة الحرارة يزداد معدل بثه الإشعاع فيتسارع نقصان كتلة أكثر فأكثر ولكن لا أحد يعلم ماذا يحدث للثقب الأسود إذا تقلصت أو انكمشت كتلته إلى درجه كبيرة ولكن الاعتقاد الأقرب أنه سوف ينتهي إلى انفجار نهائي هائل من الإشعاع يعادل انفجار ملايين من القنابل الهيدورجينية فالثقب الأسود الأولى ذو الكتلة البدائية من ألف مليون طن يكون عمره مقاربا لعمر الكون أما الثقوب السوداء البدائية ذات الكتلة دون هذه الارقام فتكون قد تبخرت كليا. وتلك التي لها كتله أكبر بقليل تستمر في بث إشعاعات على شكل أشعة سينية أشعة غاما وهذه الإشعاعات من سينيه وغاما تشبه الموجات الضوئية ولكن بطول موجي أقصر وتكاد هذه الثقوب لا تستحق صفة سوداء فهي حارة في الواقع إلى درجة (الاحمرار- أبيض) وتبث طاقة بمعدل يقارب عشرة آلاف ميغا الواط.

اشعاع هوكينج

طبق ستيفن هوكينج نظريات الترموديناميكا والنظرية النسبية العامة وميكانيكا الكم وتوصل إلى أن الثقب الأسود يمكن أن يصدر أشعة وافترض حدوث أزدتاج زوجي عند أفق الحدث للثقب الأسود ينتج عنه إشعاع سمي "إشعاع هوكينج" كما أستطاع استنتاج أن كتلة الثقب الأسود تتبخر مع الوقت وقدر عمر تبخر الثقب الأسود بنحو ٦٧١٠ سنة.

رصد الثقب الأسود

قد نفتش عن أشعة غاما التي تبثها الثقوب السوداء الأولية طوال حياتها مع إن إشعاعات معظمها سوف تكون ضعيفة بسبب بعدها عنا بعدا كبيرا ولكن اكتشافها من الممكن ومن خلال النظر إلي خلفية أشعة غاما لا نجد أي دليل على ثقوب سوداء أولية ولكنها تفيد بأنه لا يمكن تواجد أكثر من ٣٠٠ منها في كل سنه ضوئية مكعبة من الكون فلو كان تواجدها مثلا أكثر بمليون مرة من هذا العدد فإن أقرب ثقب أسود إلينا يبعد ألف مليون كيلومتر وكي نشاهد ثقبا أسودا أوليا علينا أن نكشف عدة كمات من أشعة غاما صادرة في اتجاه واحد خلال مدى معقول من الزمن كأسبوع مثلا ولكن نحتاج إلى جهاز استشعار كبير لأشعة غاما وأيضا يجب أن يكون في الفضاء الخارجي لأن الغلاف الجوي للأرض يمتص قدرا كبيرا من أشعة غاما الآتية من خارج الأرض إن أكبر مكشاف أشعة غاما يمكنه التقاطها وتحديد نقطة الثقوب السوداء موجود لدينا هو الطبقة الهوائية للأرض بكاملها فعندما يصطدم كم عالي من الطاقة من أشعة غاما بذرات جو الأرض يئولد أزواجا من الآلكترونات والبوزيترونات (نقيض الإلكترون) ونحصل على وابل من الإلكترونات السريعة التي تشع ضوءاً يدعى أشعاع شيرنكوف إن فكرة إشعاع الثقوب السوداء هي من أمثلة التنبؤ الفيزيائي المبني على النظريتين الكبيرتين المكتشفتان في هذا القرن : النظرية النسبية العامة وميكانيكا الكم وهذه أول إشارة إلى أن ميكانيكا الكم قادرة على حل بعض التفردات الثقالية التي تنبأت بها النسبية العامة وعلى الرغم من عدم تمكننا من رؤية أو تصوير الثقوب السوداء فهناك سبل لمعرفة مكانها. وقد استطاع العلماء الالمان في السنوات القليلة الماضية اكتشاف حقيقة تواجد أحد تلك الثقوب السوداء في مركز المجرة بالطبع لم يروه رؤية مباشرة ولكنهم دئبوا على مراقبة حركة نجم كبير قريب من مركز المجرة لمدة سنوات عديدة، ويدور هذا النجم في مدار حول مركز خفي.وعلى أساس معرفة كتلة النجم ونصف قطر فلكه استطاع العلماء استنتاج وجود الثقب الأسود في مجرتنا وحساب كتلته التي تبلغ نحو ٢ مليون ضعف لكتلة الشمس.

الثقوب السوداء والنظريات الفيزيائية

من المعروف أن قوانين الفيزياء مبنية على النظريات وعلى هذا الأساس بما أنه توجد أجسام تسمى ثقوب سوداء يمكن للأشياء السقوط فيها بلا عودة فإنه يجب أن تكون هناك أجسام تخرج منها الأشياء تسمى الثقوب البيضاء ومن هنا يمكن للمرء افتراض إمكانية القفز في ثقب أسود في مكان ما ليخرج من ثقب أبيض في مكان آخر فهذا النوع من السفر الفضائي ممكن نظريا فهناك حلول لنظرية النسبية العامة يمكن فيها السقوط في ثقب أسود ومن ثم الخروج من ثقب أبيض أيضا لكن الأعمال التالية بينت أن هذه الحلول جميعها غير مستقرة : فالاضطراب الضئيل قد يدمر أخدود الدودة أو المعبر الذي يصل بين الثقب الأسود والثقب الأبيض (أو بين كوننا وكون موازي له)، إن كل هذا الكلام الذي ذكر يستند إلى حسابات باستخدام النظرية النسبية العامة لآينشتاين وتعتبر هذه الحسابات تقريبية وغير صحيحة تماما لأنها لا تاخذ مبدأ عدم التأكد في الحسبان اعتبر في الماضي أن الثقب الأسود لا يفقد مادة فهو لا يسمح حتى للضوء بمغادرته ولكن أعاد ستيفن هوكنغ التفكير ويميل إلى أن بعض الجسيمات يمكنها الانطلاق منه ولو أفترضنا أنه كانت هنالك مركبة فضاء قفزت إلى هذا الثقب ماذا يحدث؟ فيقول ستيفن هوكنغ بناءً على عمل أخير له إن المركبة سوف تذهب إلى كون (طفل) صغير خاص بها كون صغير مكتف ذاتيا يتفرع عن منطقتنا من الكون (الكون الطفل يمكن توضيحه وذلك بأن تتخيل كمية من الزيت في حوض ماء وهي متجمعة حرك هذه الكمية بقلم سوف تنفصل كرة صغيرة من الزيت عن الكرة الكبيرة هذه الكرة الصغيرة هي الكون الطفل والكرة الكبيرة هي عبارة عن كوننا ولاحظ أن الكرة الصغيرة قد ترجع وتتصل مع الكرة الكبيرة) وقد يعود هذا الكون الطفل إلى الانضمام ثانية إلى منطقتنا من عالم الزمكان فأن فعل سيبدو لنا كثقب أسود آخر قد تشكل ثم تبخر والجسيمات التي سقطت في ثقب أسود تبدو كجسيمات مشعة من ثقب آخر ويبدو هذا وكأنه المطلوب للسماح بالسفر الفضائي عبر الثقوب السوداء لكن هناك عيوب في هذا المخطط لهذا السفر الكوني أولها أنك لن تستطيع تحديد مكان توجهك أي لا تعلم إلى أين سوف تذهب وأيضا الأكوان الطفلة التي تأخذ الجسيمات التي وقعت في الثقب الأسود تحصل فيما يدعى بالزمن التخيلي يصل رجل الفضاء الذي سقط في الثقب الأسود إلى نهاية بغيضة مؤلمة فهو يستطيل مثل "المعكرونة الاسباجتي" ثم يتمزق بسبب الفرق بين القوى المطبقة على رأسه وقدميه حتى الجسيمات التي يتكون منها جسمه سوف تنسحق تواريخها في الزمن الحقيقي وستنتهي في متفرد ثقالي. ولكن تواريخها في الزمن التخيلي سوف تستمر حيث تعبر إلى كون طفل ثم تعود للظهور كجسيمات يشعها ثقب أبيض، إن على من يسقط في ثقب أسود أن يتخذ الشعار : (فكر تخيليا). وما نعنيه هو إن الذهاب عبر ثقب أسود ليس مرشحا ليكون طريقة مرضية وموثوق بها للسفر الكوني لأنها ما زالت

في طور الفلسفة النظرية ولربما نتمكن بعد سنوات من الدراسات من دخول الثقب الأسود فبعض العلماء قالو ان الثقب الأسود بوابة لمجرة بعيدة أو عالم آخر.

اختبار مباشر للتسارع الكوني

هناك إجماع سائد بين علماء الكون على أن الكون يتسارع لكن هذا الأمر مستنتج من نموذج التاريخ التوسع الكوني والافتراض غير المثبت حول تماثل الكون يمكن أن تقدم عمليات المسح التلسكوبية الراديو ية القادمة رصداً مباشراً للتسارع وذلك من خلال تعقب التغيرات الحاصلة في سرعة سحب الهيدروجين بين المجرية وفقاً لبحث منشور في مجلة "Physical Review Letters" .

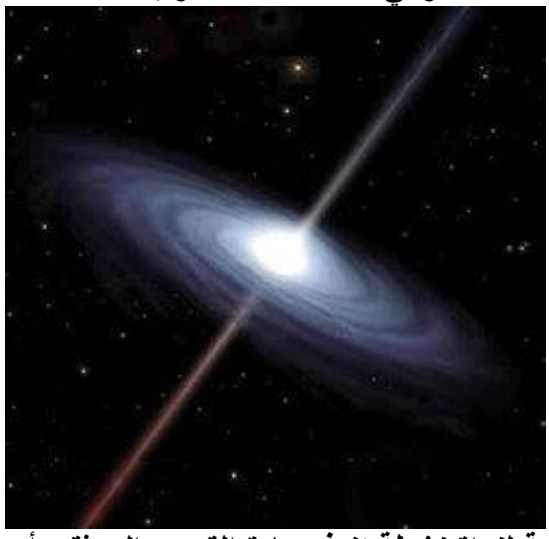
وضح المؤلفون وجود بضع تعديلات على مجموعة البيانات اللازمة من أجل إنجاز قياس دقيق جداً للتسارع الكون ينبع الدعم الأساسي للتسارع الكوني من بيانات السوبر نوفا في العام ١٩٨٩ اكتشف الفلكيون أن نوعاً محدداً من السوبر وفات يكون أكثر خفوتاً – وبالتالي أكثر بعداً عنا من المتوقع نتيجة لذلك الأمر هي أن الكون يتسارع بدلاً من تباطئه كما تتنبأ بذلك التفاعلات الثقالية على أية حال يفترض هذا الاستنتاج صحة نظرية اينشتاين في النسبية العامة وأن الكون متجانس وذلك من أجل اشتقاق المعادلات التي تربط المسافة بالسرعة والسطوع درس Hao-Ran Yu وزملاءه من جامعة بكين في الصين احتمالية استخدام سحب الهيدروجين الكثيفة من أجل قياس التسارع بشكل مباشر اكتشفت هذه السحب التي تحتل المحيط الموجود بين المجرات جراء قيامها بامتصاص الإصدار الراديوي القادم من كوازار موجود في الخلفية يمكن للفلكيين أن يقوموا بقياس سرعة واحدة من بين هذه السحب عن طريق رصد انحراف أو انزياح نحو الأحمر(redshift) ، لخط امتصاص الهيدروجين الموجود عند الطول الموجي ٢١ سنتمتر من الممكن رصد التغيرات الصغيرة جداً في السرعة لأن الخط ٢١-سنتمتر خطٌ ضيق مقارنة مع الخطوط الإصدارية لمجرة ماناقش Yuوآخرون أن عملية المسح الراديوية الواسعة للسماء ستقوم بقياس سرعة مئات آلاف سحب الهيدروجين إذا ما أظهرت هذه السحب بعض التكيفات مثل زيادة في دقة التردد بالتالي يمكن قياس التسارع الكوني المرتبط بها على مدار فترة تمتد لعقود وبقيمة تصل إلى ١ ميليمتر في الثانية الواحدة كل عام..

عدد الثقوب السوداء

ما هو عدد الثقوب السوداء الموجودة؟

هنالك الكثير جدا من الثقوب السوداء في الكون وبالتالي من المستحيل حصر عددها يشبه هذا السؤال التساؤل عن عدد حبيبات الرمل الموجودة على الشاطئ لحسن الحظ، الكون واسع جدا ولا وجود لثقوب سوداء قريبة منا إلى درجة تُشكل

فيها خطراً علينا تتشكل الثقوب السوداء نجمية الكتلة من النجوم فائقة الكتلة عند انتهاء حياتها على شكل انفجار سوبرنوفا تحتوي مجرة درب التبانة على ١٠٠ مليار نجم وهناك نجم فائق الكتلة بين كل ١٠٠٠ نجم متشكل وقد تصبح تلك النجوم ثقوباً سوداء لذلك يجب أن تكون مجرتنا مسكنا لحوالي ١٠٠ مليون ثقب أسود نجمي الكتلة ومعظم هذه الثقوب غير مرئي بالنسبة لنا ولم نستطيع تحديد إلا العشرات منها وأقربها إلينا يبعد حوالي ١٦٠٠ سنة ضوئية عن الأرض وفي المنطقة من الكون المرئية من الأرض يوجد تقريبا حوالي ١٠٠ مليار مجرة ويحتوي كل منها حوالي ١٠٠ مليون ثقب أسود نجمي الكتلة وفي مكان ما آخر هناك ثقوب سوداء نجمية الكتلة تولد في مستعرات فائقة كل ثانية الثقوب السوداء فائقة الكتلة أكبر بملايين إلى مليارات المرات من شمسنا وتوجد في مراكز المجرات وتعتبر معظم المجرات إن لم يكن جميعها موطناً لمثل هذه الثقوب السوداء لذلك في منطقتنا من الكون هناك ١٠٠ مليار ثقب أسود فائق الكتلة وأقرب هذه الثقوب فائقة الكتلة إلينا هو مركز مجرتنا درب التبانة الذي يبعد عنا حوالي ٢٨ الف سنة ضوئية .



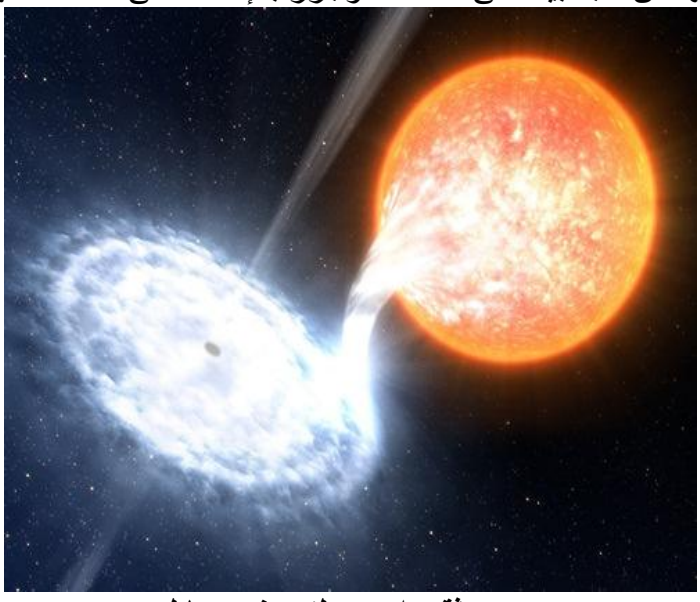
صورة تخيلية لنواة نشطة تندفع مادة القرص الى ثقب أسود في المركز

فكرة الزمن والمكان Spacetime Idea

لقد استعان اينشتاين في نظريته النسبية العامة بفكرة الزمن والمكان والتي تتعلق بارتباط الابعاد الأربعة (الطول والعرض والارتفاع والزمن) أي ثلاثة احداثيات مكانية واحداث زمني لتحديد الحدث و هذا الارتباط بين الزمن والمكان ضروري لفهم طبيعة الكون فالزمن يمكن اعتباره كبعد رابع ولكي يتم ذألك لابد ان

يكون الزمن عموديا على كل الابعاد الثلاثة الباقية (الطول والعرض والارتفاع) وتحدثنا أيضا النظرية النسبية العامة عن تحدب الزمن والمكان curvature واحدى نتائج تحدب الزمن والمكان هي انحراف ضوء النجم المار على حافة الشمس والذي يمكن قياسه اثناء حدوث الكسوف الكلي للشمس.

ويعتبر تحدب الزمن والمكان في نصف القطر التجاذبي (حد شفارز شايلد) للثقب الأسود محدودا ولكن هذا التحدب يزداد باطراد كلما اقتربنا من مركز الثقب الأسود singularity وهذا يعني ان المادة التي انهارت تضغط وتكبس الى ان تصبح كثافتها ما لانهاية في المركز وتصف نظرية النسبية العامة مركز الثقب الأسود بانه منطقة يختلط فيها الزمن والمكان وتخرق فيها كل النظريات الفيزيائية حيث توجد قوة لانهاية لها من الجاذبية على شكل مد وجزر بالإضافة الى المادة المنهارة.



ثقب اسود يلتهم نجم هائل

الثقب الدودي يطرح إمكانية السفر عبر الزمن (إذا كنت فوتوناً)

عند بوابة الثقب الدودي وقف فيزيائي وشاعر قال الشاعر مندهشا وفرحاً: "أريد الدخول إلى هذا الثقب والعودة بالزمن إلى الوراء" الفيزيائي بهدوءه الظاهري المعهود وصخب عالم أفكاره لم يحرك ساكناً وسأل: "لـماذا؟"

أجاب الشاعر لحظة مباشرته بالدخول "لم ينفعني ما كتبت من شعر في كسب هوى من أعشق أريد أن أصبح فيزيائياً أرغب في محبة الطبيعة."

أخبر الفيزيائي نفسه "جيد ما أروعهم الشعراء إنهم يقدمون تجارباً مجانية دوماً هل يريد حقاً أن يصبح فيزيائياً! مستحيل هذا الشاعر كغيره من الشعراء:

يرغب في العودة بالزمن إلى الوراء عله يحصل على فرصة جديدة مع من أحب لكن فكرة دخوله تبدو ممتازة " ربّما يكون الشعراء أول المغامرين فكرة السفر عبر الثقوب الدودية (wormholes) كانت عبارة عن مادة لتغذية الخيال العلمي منذ أن وضعها ألبرت اينشتاين لأول مرة في إطارها النظري عندما قام بصياغة نظريته في النسبية العامة لكن هل الثقوب الدودية موجودة في الطبيعة؟ في الحقيقة ليس لدينا أدنى فكرة عن وجودها أو عدمه ولكن إن كانت موجودة فالفيزيائيون النظريون يؤيدون إمكانية أن تلعب هذه الثقوب دور بوابات بين المستقبل والماضي أو أن تصل بين منطقتين بعيدتين من الفضاء.

لكن قبل أن تختلس النتائج الخاصة برياضتك المفضلة (إشارة إلى الكتاب الشهير Grays Sports Almanac الذي يتنبأ بنتائج المباريات الرياضية منذ العام ١٩٥٥ وحتى العام ٢٠٠٠) وأن تجهز نفسك من أجل القيام ببعض التلاعبات أو العمليات المؤذية فهناك تنبيه هام جدا بخصوص هذه الفكرة – الفوتون فقط هو من يمكنه السفر... و ربما يكون حتى الفوتون صغيراً جداً على أن يستطيع التمدد في النسيج الافتراضي للزمكان.

في ورقة تم نشرها ضمن المخدم العلمي arXiv (وقبلت للنشر في مجلة المراجعات الفيزيائية D)، قام الفيزيائي النظري Luke Butcher من جامعة كامبريدج بمراجعة نظرية الثقب الدودي من جديد فتوصل إلى احتمال وجود طريق يصل بين تلك الكيانات غير المستقرة في وقتٍ متأخر من ثمانينيات القرن الماضي خمن الفيزيائي Kip Throne، من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (Caltech)، بأنه من الممكن صناعة ثقب دودي يسمح بالسفر عبره أي أنه يسمح لهذه الاختصارات في الزمكان بأن تصبح مستقرة بدرجة كافية من أجل أن يتم السفر عبرها –إذا ما وجدت الطاقة السلبية اللازمة لذلك أما في العالم الكمي فيمكن لهذه الطاقة السالبة أن تأتي على شكل طاقة كازيمير (Casimir energy).

من المعروف جيداً انه إذا تم تقريب صفيحتين ناعمتين من بعضهما البعض إلى درجة كبيرة في الفراغ ستؤدي التأثيرات الكمية بين الصفيحتين إلى محصلة قوة تنافر (أو تجاذب وذلك يعتمد على التشكيل الذي تؤلفه الصفيحتين) بين الصفيحتين ينتج هذا الأمر عن وجود أمواج من الطاقة تصبح كبيرة إلى درجة لا يمكنها معها أن تتواجد بين الصفيحتين الأمر الذي يؤدي إلى محصلة طاقة سلبية بين الصفائح عندما يتم مقارنة هذه الطاقة مع الفضاء "العادي" والمحيط بها وفقاً لـ Throne وفريق 'كالتك' يمكن تطبيق طاقة كازيمير هذه على عنق ثقب دودي وبالتالي المحافظة عليه مفتوحاً لفترة كافية من أجل أن يقوم شيء بالمرور عبره ولكن للأسف فنحن هنا نتكلم عن ثقوب دودية بأحجام كوانتية مما يعني بأن " DeLorean " سيارة Marty McFly السريعة إن انطلقت من موقفها سنة ١٩٨٥ فلا يمكن لها المرور و الانضغاط

عبر الثقب الدودي وحتى لو كان بإمكان مسافر بحجم كمي أن يمر عبر عنق الثقب الدودي، فمازال من المرجح أن ينهار الثقب الدودي بسرعة كبيرة حدد Butcher بعد إعادة تقييم هذا السيناريو بعض تشكيلات الثقوب الدودية الأكثر استقراراً كما يرجح أنه في بعض الحالات يمكن منع انهيار الثقب الدودي "لمدة محددة الطول" و من أجل حصول ذلك يجب أن يكون الثقب الدودي طويلا بشكل كاف وأن يمتلك حلقاً ضيقاً جداً وهكذا تُخلق الحالة التي يبدو أنه من الممكن لفوتون أن يقوم بالسفر عبر الثقب الدودي كتب Butcher في نفس الموضوع : ''تسمح طاقة كازيمير السلبية للثقب الدودي بالانهيار بشكلٍ بطيء جداً فحياته تطول دون أن ترتبط بمقدار زيادة طول حنجرته وجدنا أنه وعندما تكون الحنجرة قريبة من المنطقة المركزية يمكن عندها لنبضة من الضوء أن تنتقل بأمان عبر الثقب الدودي '' كما يعترف Butcher بأنه وعلى الرغم من أن حساباته لا توضح فيما إذا كان بإمكان النبضة الضوئية إكمال رحلتها من نهاية إلى أخرى عبر الثقب الدودي إلا أنه توجد احتمالية مذهلة تخبرنا بأنه يمكن إرسال الإشارات بسرعات تتجاوز سرعة الضوء أو حتى يمكننا العودة بالزمن إلى الوراء.

يضيف Butcher قائلا: ''تقترح النتائج وبشكل مؤقت أن الثقوب الدودية التي تسمح بسفر الأشياء الكبيرة عبرها يمكن ان تظل موجودة بالاعتماد على طاقة كازيمير الخاصة بها مما يقدم آلية تسمح بإجراء اتصالات عند سرعات تتجاوز سرعة الضوء والمنحنيات السببية المغلقة''اما حاليا فكل هذا لا يعدو عن كونه عملا نظريا إلى درجة كبيرة ولكن كما أشير سابقاً في مقال لـ Matt Visser من جامعة فكتوريا في موقع New Scientist فيمكن أن يجدد هذا البحث الاهتمام بدراسة الثقوب الدودية وقدراتها المتعلقة بالوصل بين نقاط نسيج الزمكان إذاً إن أردنا البحث عن أدلة فيزيائية عن الثقوب الدودية فهل يمكن لهذا البحث أن يساعدنا؟ أم يجب علينا البحث عن نوع ما من الاستقطاب في الضوء القادم من مكانٍ آخر من الكون أو من زمنٍ آخر والذي يظهر عشوائياً في الحجم الذي نحتله من الزمكان؟ من أجل الإجابة على هذه الأسئلة ومن أجل معرفة إن كان هذا سيؤدي إلى ابتكار نوع اتصالات أسرع من سرعة الضوء فمن المرجح أننا مضطرون إلى الانتظار حتى يقوم الفيزيائيون النظريون بتزويدنا بالمزيد من الأرقام.

نظام من الثقوب السوداء قوي جداً موجود في مجرة بعيدة

اكتشف فلكيون ثلاثة ثقوب سوداء فائقة الكتلة تدور قريبا حول بعضها البعض في مجرة تبعد عنا أكثر من ٤ مليار سنة ضوئية لم يسبق اكتشاف مثل هذا القرب الموجود بين الثقوب السوداء فائقة الكتلة ضمن هذا الثلاثي و هو مهم جداً طالما أن معظم المجرات تحتوي في مراكزها ثقباً أسوداً وحيداً فقط، حيث يمتلك هذا الثقب في

العادة كتلة تقع بين ١ مليون إلى ١٠ مليار ضعف كتلة الشمس يدل هذا الاكتشاف على أن مثل هذه الثقوب السوداء فائقة الكتلة والموجودة عند هذا القرب، أكثر شيوعاً في الكون مما اعتقدناه سابقا أجرى فريق بحث دولي يضم كلا من "هانس راينر " و"كلوكنير"، من معهد ماكس بلانك لعلم الفلك الراديوي في بون بألمانيا (مراقبات VLBI قياس التداخل الأساسي الطويل جداً) بوساطة تلسكوبات راديوية وبشكل متكرر وكل ذلك من أجل اكتشاف الثقبين الأسودين الداخليين والموجودين ضمن النظام الثلاثي تجمع تقنية VLBI الإشارات القادمة من هوائيات راديوية كبيرة ويفصل بينها مسافة تصل إلى ١٠٠٠٠ كيلومتر من أجل رؤية تفاصيل أكثر دقة بخمسين مرة من تلك التي يمكن الحصول عليها بوساطة تلسكوب هابل الفضائي في هذا المشروع أخذ تلسكوب جبل إيفيل الراديوي (١٠٠ متر) دوره في مراقبات شبكة VLBIالأوروبية(EVN) التي تغطي ترددين راديويين يعتقد أن المجرات تطور عبر عمليات الاندماج ويجب أن يقود هذا الأمر إلى ثقوب سوداء فائقة الكتلة ومتعددة في بعض تلك المجرات وعند وقت معين وجد المصدر الذي خضع للبحث في المسح السماوي الرقمي Sloan والمعروف اختصارا بـ SDSS ويتمتع هذا المصدر بالاسم الفهرسي .SDSS J1502+1115 إنه كوازار نواة مجرة نشطة وموجودة عند انزياح نحو الأحمر يبلغ z=0.39، و هذا يوافق مسافة تفوق أربعة مليارات سنة ضوئية تمّ تحديد نظام ثقوب سوداء ثلاثي في هذا المصدر مع وجود لاثنين من الثقوب السوداء قريبين من بعضهما البعض بشكلٍ كبير ويفصل بينهما مسافة تبلغ ٥٠٠ سنة ضوئية فقط.

يقول" روجر دين"، من جامعة كيب تاون في جنوب أفريقيا و هو المؤلف الرئيسي للورقة: ‘‘الأمر الذي يبقى استثنائياً بالنسبة لي هو قيام هذه الثقوب السوداء التي تمثل الحدود القصوى لنظرية اينشتاين في النسبية العامة بالدوران حول بعضها البعض بسرعة تبلغ ٣٠٠ ضعف سرعة الصوت على الأرض ليس هذا فقط لكن باستخدام الإشارات الإجمالية والقادمة من التلسكوبات الراديوية الموجودة في أربع قارات كنا قادرين على رصد هذا النظام الغريب الذي يقع على بعد يصل إلى ثلث عرض الكون يثيرني الأمر كثيراً خصوصاً مع تذكر أنه مجرد قشرة من سطح قائمة طويلة من الاكتشافات التي ستكون ممكنة بوجود الصفيفة الكيلومترية المربعة .’’من المهم جداً فهم مثل هذه الأنظمة للعديد من الأسباب فعند الحديث عن تطور المجرات، من المعروف أن الثقوب السوداء تؤثر على كيفية تطور المجرات وبالتالي فهم كيفية اندماج الثقوب السوداء مع بعضها البعض يعتبر أمراً جوهرياً في هذا العمل أكثر من ذلك الأنظمة التي تدور حول بعضها البعض عند هذه المسافة تعتبر مصدراً للأمواج الثقالية في الكون إذا ما كانت النسبية العامة صحيحة ستكون التلسكوبات المستقبلية مثل الصفيفة الكيلرومترة المربعة (SKA) قادرة على قياس الأمواج الثقالية الصادرة

عن مثل هذه الأنظمة خلال تقلص مداراتها عند هذه النقطة نعرف القليل جداً عن أنظمة الثقوب السوداء القريبة من بعضها البعض كثيراً والتي تقوم بإصدار أمواج ثقالية قابلة للرصد.

يقول" مات جارفيس "من جامعتي اكسفورد وكاب ويسترن'' لا يقترح هذا الاكتشاف فقط أن أنظمة الثقوب السوداء الثنائية شائعة الوجود أكثر بكثير مما اعتقدناه في السابق وإنما يتنبأ بأنه يمكن للتلسكوبات الراديوية مثل MeerKAT و شبكة VLBIالأفريقية أن تقوم بشكل مباشر بالمساعدة في الكشف عن إشارة الأمواج الثقالية وفهمها في المستقبل سيسمح SKAلنا بإيجاد ودراسة هذه الأنظمة بتفصيلٍ رائع وبالتالي يسمح لنا بالحصول على فهم أفضل بكثير لكيفية قيام الثقوب السوداء بنحت المجرات على طول تاريخ الكون.'' في الوقت الذي تعتبر فيه تقنية VLBIأساسية من أجل اكتشاف الثقبين الأسودين الداخليين (اللذين يعتبران في الواقع ثاني أقرب زوج من الثقوب السوداء فائقة الكتلة تم اكتشافه حتى الآن) برهن كل من "دين "والمؤلفين المساعدين على أن وجود انظمة الثقوب السوداء الثنائية يُمكن أن يكشف جراء وجود مميزات كبيرة جداً تترك الحركة المدارية للثقب الأسود بصمات في تدفقاته الكبيرة معطية إياها شكلها الحلزوني أو المشابه لذلك وعلى الرغم من إمكانية وجود الثقوب السوداء عند مسافات قريبة جداً من بعضها البعض بحيث لا يمكن لتلسكوباتنا أن تقوم بفصلها إلا أن تدفقاتها الإعصارية ربما تقدم وسيلة بسيطة تشير إليها وهذا الأمر مشابه لاستخدام شعلة ما من أجل تحديد موقعك في البحر ربما يقدم هذا الأمر طريقةً جديدة للتلسكوبات المستقبلية الحساسة مثل MeerKATو SKA من أجل إيجاد الثقوب السوداء بفعالية أكبر بكثير.

يستنتج" كلوكنير " من معهد ماكس بلانك لعلم الفلك الراديوي و هو مؤلف مساعد في الورقة: ''وجدنا الإبرة الأولى ضمن الكون متوسط العمر وأتمنى أن نقوم بإيجاد أنظمة من هذا النوع أكثر وأشد قرباً إلينا في المستقبل القريب لن تسمح لنا مثل هذه الأنظمة الثنائية القريبة برؤية كيفية نمو الثقوب السوداء فائقة الكتلة أو الطريقة التي تؤثر من خلالها على زمكاننا فقط وإنما ستساعدنا على فهم آلية عمل الداخلية والتفاعل بين التدفقات وبين قرص التراكم المحيط بالثقوب السوداء.'' يعتبر هذا الاكتشاف مثالاً أساسياً عن كيفية عمل علم الفلك الراديوي هذه الأيام فهو عبارة عن جهد وتعاون دولي ينتج عن الوصول إلى البيانات القادمة من منشآت متوزعة في كافة أرجاء العالم سيكون المستقبل مشرقاً بوجود SKA، أكبر تلسكوب راديوي في العالم وسيمكن الحصول على مثل هذه الاكتشافات ضمن أُطر تعاون دولي على أمل ان تقوم ألمانيا بإيجاد طريقة لدعم هذه المحاولة في المستقبل وتمكين العلماء والمهندسين من المشاركة في مشروع .SKA

ماذا يحدث عندما أسقط في ثقب أسود؟

دعنا نفترض أنك بدأت خارج أفق حدث ثقب أسود وأثناء نظرك إليه سوف ترى دائرة مظلمة ومثالية حول الثقب الأسود ستشاهد نجوماً مألوفة لديك في سماء الليل لكن هناك تشوه غريب في أنماطها بسبب انحناء ضوء النجوم البعيدة نتيجة لجاذبية الثقب الأسود مع سقوطك في اتجاه الثقب الأسود ستتحرك بشكل أسرع ثم أسرع وهذا التسارع في الحركة ناجم عن جاذبية الثقب الأسود تشعر قدماك بجاذبية أقوى من تلك التي يشعر بها رأسك لأنها أقرب إلى الثقب الأسود وكنتيجة لهذا يتمدد جسمك في اتجاه سقوطك نحو الثقب الأسود وبالنسبة للثقوب السوداء الصغيرة يكون هذا التمدد قويا بحيث أن جسمك يتمزق إربا قبل أن تصل إلى أفق حدث الثقب الأسود إذا سقطت في ثقب أسود فائق الكتلة سيبقى جسمك سليما حتى أثناء عبورك أفق حدث الثقب الأسود لكن بعد ذلك بوقت قصير ستصل إلى المتفرد المركزي وعندها ينكمش جسمك في نقطة مفردة بكثافة لا نهائية لتتحد مع الثقب الأسود لسوء الحظ لن يكون في استطاعتك مراسلة منزلك لأخبار العائلة عن التجربة التي تعيشها.

مجموعة من الأسئلة التي طرحت على الدكتور اريك كريستاين (Eric Christian)

اريك كريستين هو بروفسور في قسم الفيزياء في جامعة واشنطن في سانت لويس، ويعمل في مجال مختبرات الفيزياء الفلكية التجريبية ويشارك في العديد من الفرق العلمية ومهمات ناسا العلمية ومن أهم المهمات التي يعمل فيها هي مستكشف التركيب المتقدم(ACE) ، ومستكشف الحدود بين النجمية(IBEX) ، والمجس الشمسي (SPP)، ومرصد العلاقات الأرضية الشمسية(STEREO) ، و هذه المهمات جميعها تتبع لوكالة ناسا .

هل الأنفاق الدودية حقيقية في الفضاء أم أنها خيال علمي فقط؟

د. كريستاين: يسمح للأنفاق الدودية بالوجود في رياضيات النسبية العامة التي تعتبر أفضل وصف نملكه للكون وبافتراض صحة النسبية العامة من الممكن إذاً أن توجد الأنفاق الدودية لكن لا أحد يملك أي فكرة عن كيفية نشوئها ولا وجود لأي دليل على أي شيء يشابه النفق الدودي في الكون المرصود على أية حال يعمل العديد من الخبراء في حقل الجاذبية والنسبية العامة مع هذه الفكرة بما فيهم ستيفن هوكينغ وكيب ثورن ومن الكتب الجيدة التي تبحث في هذا الموضوع كتاب " Black holes and Timewarps, Einstein's Outrageous Legacy " لكيب ثورن .

لقد قرأت أن كيفية الاحتفاظ بالنفق الدودي مفتوحاً لا زال أمراً مجهولاً. وأخبرني العديد أنه بإمكان كميات كبيرة من الطاقة السلبية فتح نفق دودي والحفاظ عليه،

مما يجعل الانتقال بين-النجمي وبين الأبعاد أمراً ممكنا عبر هذه الثقوب الافتراضية. ما هو رأيك هنا؟

د. كريستاين: لا توجد طريقة معروفة لإنشاء هذه الكمية الهائلة من الطاقة السلبية ولا نعرف الآن كيفية إنشاء أو الاحتفاظ بنفق دودي.

كنت أبحث عن صورة لنفق دودي على موقعك توضح اتجاهات الحركة داخل النفق الدودي وخارجه بعد ذلك رأيت صورة لإعصار هل النفق الدودي ساكن في الفضاء أم أنه يشابه إعصار يقوم بالدوران؟

د. كريستاين: أول أمر علي ذكره هو أنه لا وجود لدليل أو إثبات علمي على وجود الأنفاق الدودية فهي مسموح بها في رياضيات النسبية العامة لكن لم ترصد تلك الأنفاق على الإطلاق لم يكتشف أي أحد كيفية نشوء نفق دودي وفيما لو كانت موجودة فعندها قد يوجد مواد تدور حول النفق الدودي من الخارج وقد تبدو مشابهة بطريقة أو بأخرى للإعصار.

فيما يتعلق بسؤال: "ماذا علينا أن نفعل كي نجعل من السفر عبر الزمن أمراً ممكنا؟"، فإن إعادتك هذه تعطي انطباعا أن الانتقال عبر الزمن سيكون ممكنا باستخدام نظرية النسبية العامة فقط على الرغم من أنني وخلال بحثي قمت بالمرور على العديد من النظريات الأخرى الملفتة للنظر على سبيل المثال، لقد وجدت أنه من الممكن استخدام النفق الدودي للسفر عبر الزمن طالما أن النفق الدودي قادر على الانتقال عبر الزمكان. ما هي بعض النظريات الأكثر حداثة والتي تتعلق بالسفر عبر الزمن؟

د. كريستاين: النسبية العامة هي النظرية الوحيدة حاليا القادرة على شرح كل شيء نعرفه عن الزمكان اكتشفت الأنفاق الدودية على أنها حل مسموح به في رياضيات النسبية العامة وليست نظرية منفصلة أبدا وفي الحقيقة أيضا لا تمثل الأنفاق الدودية وسائلاً للسفر بالزمن إلى الوراء. باختصار تخبرنا هذه الفكرة أن الأشياء البعيدة جداً عنا بإمكانها أن تصير أكثر قرباً الآن. ما الذي يجب فعله كي يكون السفر عبر الزمن ممكنا؟

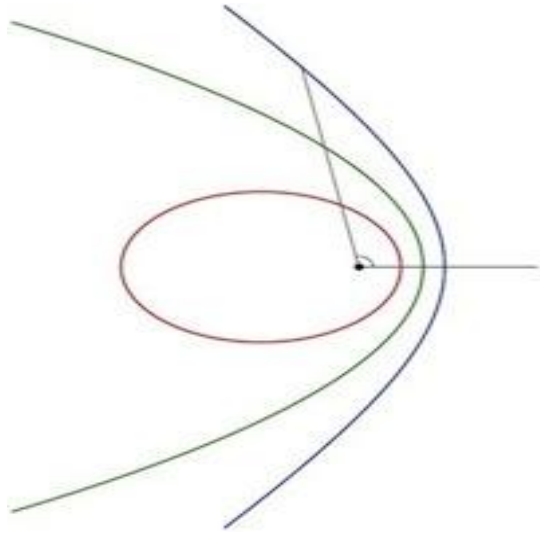
د. كريستاين: أول إجابة أفكر بها هي أنه على قوانين الفيزياء أن تتغير. وهذا لا يعني بالضرورة أن الكون سيتغير فهمنا للكون وقوانين الفيزياء التي نستخدمها غير كامل يبدو أن النسبية العامة تسمح ببعض المسارات في الزمكان والتي بدورها تعطي إمكانية السفر عبر الزمن لكن هذا الأمر يقع خلف إمكانية قدرتنا على فحصه ولذلك في الوقت الحالي لا نعرف أي طريقة للسفر عبر الزمن. هل هناك نظرية تقترح وجود جسيم يمكنه تجاوز سرعة الضوء؟ د. لويز باربير: افترض وجود جسيمات كهذه وتعرف بالتاخيونات ويمكن أن تتجاوز سرعة هذه الجسيمات الافتراضية سرعة الضوء.

هل يحتمل وجود سرعة أكبر من سرعة الضوء؟ إذا كان ذلك ممكنا، فهل يتضمن استخدام نظرية النفق الدودي؟

د. كريستاين: وجود سرعة أكبر من سرعة الضوء أمر مستحيل داخل النظريات الحالية التي نستخدمها للحصول على أفضل شرح للكون ولا يعني ذلك أن الأمر مستحيل تماما طالما أن فهمنا للكون محدود يتمنى العديد منا إيجاد بعض الطرق للتحايل على قوانين الفيزياء وفي الحقيقة لا يعتبر النفق الدودي وسيلة للمضي أسرع من الضوء (أو العودة للوراء أو الذهاب للأمام في الزمن) باختصار تخبرنا هذه الفكرة أن الأشياء البعيدة جداً عنا بإمكانها أن تصير أكثر قرباً الآن فلو تمكنت نملة من طي الورقة وصنع ثقب فيها لعبرت إلى النهاية بشكل أسرع بكثير مما هو عليه الأمر لو قامت بذلك مشيا على أقدامها وهذا ما يعنيه تماما النفق الدودي في الفضاء ثلاثي الأبعاد هل للضوء وزن؟ يعتقد نيوتن ذلك فقد دعم النظرية الجسيمية للضوء (corpuscular theory of light)، حيث اعتبره مكوناً من جسيمات صغيرة جداً لكن لها وزن محدود استنتج نيوتن أن مثل هذه الجسيمات ستتأثر بحقل الجاذبية إذاً وباستخدام قوانين الحركة نستطيع حساب مقدار حرف الجاذبية لشعاع ضوئي

المسارات المنحنية

إنها حقيقة مفاجئة تلك التي تقول أن حركة جسم ما حول جسم آخر فائق الكتلة كالشمس ستكون مستقلة عن كتلة الجسم و بالنظر إلى قوانين نيوتن ستكون تلك الحركة خاضعة للمعادلة التالية:



رسم توضيحي للمسارات الخاصة بالكويكب.

ma=GMmr 2

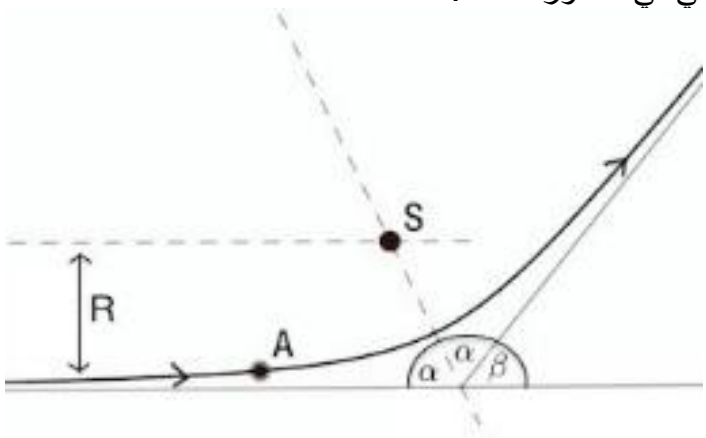
حيث m هي كتلة الجسم، وa قيمة التسارع، وM كتلة الشمس، وr المسافة (تُقاس هذه المسافة بين مركزي الشمس والجسم)، وG ثابت الجاذبية العام لذيوتن يمكننا اختصار الكتلة m من جانبي المعادلة ومن ثم لا تعتمد حركة الجسم على كتلته دعنا نبدأ بافتراض وجود كويكب يقترب من الشمس انطلاقاً من مسافة بعيدة جداً وبالاعتماد على قوانين نيوتن نستنتج أنه باستطاعتنا القول أنه إذا كانت الطاقة الحركية للكويكب صغيرة فإنه سيؤسر من قبل جاذبية الشمس وسيتحرك على مدارٍ إهليجي حولها ليعود دوماً إلى نقطة انطلق منها.

سنفترض أن هذا الكويكب يقترب من الشمس بطاقة عالية ولذلك سيخضع لمدارٍ على شكل قطع مكافئ ليعبر بالقرب من الشمس ولا يعود أبداً يتمتع هذا المدار بالمعادلة التالية:

x 2 a 2 −y 2 b 2 =1

حيث x وy الإحداثيات التي تشير إلى موقع الكويكب في المستوي الذي يحتوي مساره (المدار الذي يأخذ شكل قطع مكافئ) والشمس. الأعداد الحقيقية a وb تعرف بالمحورين الرئيسي والثانوي، وتُعرف هذه القيم شكل القطع المكافئ.

عندما يكون الكويكب بعيداً عن الشمس سيتحرك بسرعة V على طول المسار القريب جداً من المستقيم (الخط المقارب للقطع المكافئ) كما هو موضح على شكل خط أفقي في الصورة اعلاه.



مسار الكويكب أثناء عبوره بالشمس.

سنرمز إلى المسافات الأقصر بـ R أي البعد عن الخط الأفقي المار بالشمس. وستكون الطاقة الحركية للكويكب (لواحدة الكتلة) معطاة بالصيغة المألوفة التالية: E=12 V 2

كمية الحركة الزاوية هي كمية الحركة الخطية mV مضروبة بالمسافة العمودية عن الشمس R. وعندما يكون الكويكب موجود عند مسافة بعيدة عن الشمس ستكون القيمة L=RmV ، أو لواحدة الكتلة كالتالي: L=RV.

مع اقتراب الكويكب من الشمس ينحني مساره جراء الحقل الثقالي للشمس ويتغير كل من سرعته وكمية حركته لكن كمية حركته الزاوية تبقى محفوظة يمكن التعبير عن الكميات E وL بدلالة بارامترات هندسية والمحاور الرئيسية والثانوية a وb للمدار ذو الشكل القطع المكافئ:

$$L^2 = GMb^2 a$$

و

$$E = GM2a$$

يمكننا استخدام تلك التعابير لاستنتاج مقدار الانحراف في مسار الكويكب والناجم عن الشمس أي الزاوية (β) في الشكل في الأعلى وبالاعتماد على هندسة القطع المكافئ ستكون زاوية النصف (α) لمدار ذو الشكل القطع المكافئ معطاة بالعلاقة:

$$\tan\alpha = ba$$

يمكننا الآن أن نعيد ترتيب المعادلات ونجمعها معاً لنجد العلاقة التالية:

$$\tan\alpha = ba = RV^2 GM$$

ونجد أن زاوية الانحراف $\beta = \pi - 2\alpha$ ، ووصلنا إلى تلك القيمة بفضل المتطابقة المثلثية التالية $\tan(\pi/2 - \theta) = \cot(\theta) = 1/\tan(\theta)$

$$\tan(\beta 2) = 1\tan\alpha$$

ويمكننا كتابة العلاقة السابقة بالشكل التالي:

$$\tan(\beta 2) = ab = GMRV^2$$

نعرف أن (ظل) الزوايا الصغيرة مساوٍ تقريباً للزاوية نفسها ولأن (β2) صغيرة جداً يمكننا استبدالها بالظل ليكون لدينا

$$\beta = 2GMRV^2$$

الآن أصبح لدينا صيغة لانحراف الكويكب جراء قوة جاذبية الشمس.

لاحظ أن كتلة الكويكب لا تؤثر على مساره أبداً وزاوية الانحراف (β) هي نفسها بالنسبة لكل الأجسام التي تملك نفس قيم R وV حسناً إذا ما كان للضوء كتلة كما اعتقد نيوتن ولدينا V=c وهي سرعة الضوء يمكننا حينها أن نستخلص مقدار انحراف أشعة الضوء عن الشمس:

$$\beta = 2GMRc^2$$

وبافتراض أن شعاع الضوء يمر قريباً من الشمس يمكننا اعتبار أن R هي نصف قطر الشمس وباستخدام جملة الوحدات الدولية حيث: $G = 6.67 * 10^{-11}$

وكتلة الشمس $M=2*10^{30}$ ونصف قطرها $R=7*10^{8}$ وسرعة الضوء هي $c=3*10^{8}$ ، نجد أن:

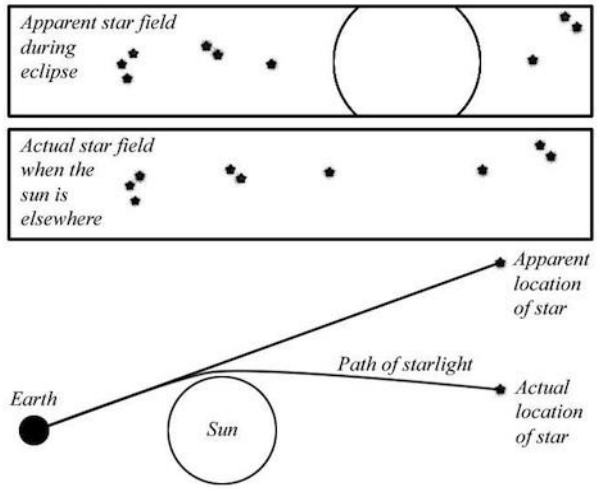
$$\beta \approx 0.423\times 10^{-5} \text{ radians} = 0.87 \text{ arc seconds}$$

ولذلك فإن نظرية نيوتن في الجاذبية تتنبأ أن مسار الضوء المار بالقرب من الشمس سينحني بزاوية تصل إلى ٠.٨٧ ثانية قوسية.

وضع الأمر تحت الاختبار

أكدت سلسلة من الأرصاد التي تم إجراؤها في مايو/أيار عام ١٩١٩ أن الضوء المار بالقرب من الشمس ينحرف جراء جاذبية الأخيرة ونتيجة لذلك يظهر نجم يكون قريباً من حافة الشمس أبعد بقليل في السماء عن الشمس مقارنةً مع الموقع الذي سيحتله لو كانت الشمس غير موجودة.

هذا المفعول قابل لرصد أثناء الكسوف الكلي إذ يقارن مصوري السماء الصور الخاصة بالمنطقة نفسها عندما كانت الشمس موجودة فيها و بين تلك عند الكسوف الكلي وبذلك يمكننا معرفة الاختلاف في الموقع الظاهري للنجوم.



المسار الفعلي للضوء القادم من نجم بعيد أثناء انحنائه جراء المرور بالقرب من الشمس.

اكتشف ألبرت اينشتاين النسبية العامة وتنبأت نظريتها أيضاً أن الشمس ستحرف مسار الضوء ووفقاً لذلك وعندما كانت نظريته غير مقبولة من قبل قطاع واسع فإن تشوه الزمكان جراء وجود الشمس فائقة الكتلة يُعطي زاوية انحراف هي:

$$\beta = 4GMRc^2 \approx 0.847 \times 10^{-5} \text{ radians} = 1.75 \text{arc seconds}$$

وهي ضعف قيمة الانحراف القادمة من قوانين نيوتن وعلى الرغم من كونها زاوية صغيرة إلا أنه كان بالإمكان قياسها بالتقنيات الموجودة في مجال علم الفلك في تلك الفترة وجهز المسرح لاختبار النظريتين.

مضت بعثتان من بريطانيا إحداهما إلى جزيرة براندسيب في افريقيا والأخرى إلى سوبرال في شمال البرازيل لرصد مسار الكسوف الكلي وصف السير ارثر ادنيغتون الذي كان موجوداً في البعثة السابقة، تلك المراقبات والاستنتاجات أعطت مراقبات جزيرة براندسيب قيمة للانحراف وصلت إلى ١.٦١ +/- ٠.٣ ثانية قوسية لتتوافق بشكل ممتاز مع تنبؤ اينشتاين وقدمت نتائج سوبرال تأكيداً أقوى.

لا يمكن التوفيق بين نتائج براندسيب وسوبرال وبين نظرية نيوتن وتبع ذلك ثورة علمية وقذفت تلك التجربة باينشتاين إلى عالم الشهرة ولا يزال منذ ذلك الوقت أيقونة العلوم "قد تتجسد الفكرة الأكثر أهمية في النسبية الخاصة في أن الزمن والمكان ليسا خلفية مقدسة وثابتة للكون وإنما أشياء قد تتغير من نقطة لأخرى ومن شخص لآخر.

أثناء العقود الأولى من القرن العشرين نشر موظف في مكتب براءات الاختراع ألبرت إينشتاين نظرية النسبية وغير وجه الفيزياء وعلم الفلك إلى الأبد.

من الممكن اعتبار نظرية الذسبية (Theory of relativity) أكثر التطورات نجاحاً في تاريخ العلم إذا ما أخذنا بالاعتبار توافقها مع النتائج التجريبية وقدرتها على التنبؤ بظواهر جديدة يمكن فقط لميكانيك الكم (Quantum mechanics) المنافسة على ذلك النجاح.

فسرت نظرية إينشتاين فور صدورها بعضاً من أهم المسائل في الفيزياء وعلم الفلك في تلك الحقبة واستمرت بشرح التطورات الجديدة التي لم تكن موجودة قبل ٩٠ عام، ويشمل ذلك: التأكيد على وجود الثقوب السوداء (Black holes)، والمراقبات الحالية الحاصلة في علم الفلك (Cosmology).

يتطلب قبول نظرية النسبية العامة من قبلنا رمي كل أفكارنا السابقة المتعلقة بالكون جانباً بالإضافة إلى معظم ما ندعوه "الحس الفطري". مثلاً إن المكان والزمن اللذين ربطهما الإنسان بكوكب الأرض يظهران كخلفية ثابتة وغير متغيرة تحصل داخلها كل أحداث الكون وهو أمر بعيد جداً عن الحقيقة يستطيع الفضاء الفارغ (الانكماش والتوسع والانحناء) ويعتمد الأمر على مدى قربك من جسم فائق الكتلة وعلى معدل تغير مرور الزمن أيضاً قد يتغير كل من المكان والزمن وفقاً للراصد فمثلاً ستظهر عقارب الساعة أصغر وتدق بسرعة أبطأ كلما تحركت الساعة بسرعة أكبر بالنسبة لك.

تطبيقات النسبية

نحتاج إلى النسبية العامة كلما قمنا بدراسة أجسام إما (أ) متحركة داخل حقل ثقالي قوي (Strong gravitational field)، أو (ب) بسرعة قريبة من سرعة الضوء إذا كان (ب) صحيحاً و(أ) لا يمكننا الاعتماد على نسخة أبسط من النظرية وتعرف بالنسبية الخاصة (Special relativity). تاريخياً طور إينشتاين هذه النظرية في البداية في حين أتت النظرية الأكثر شمولاً "النسبيّة العامة" (General relativity) في وقتٍ لاحـــق.

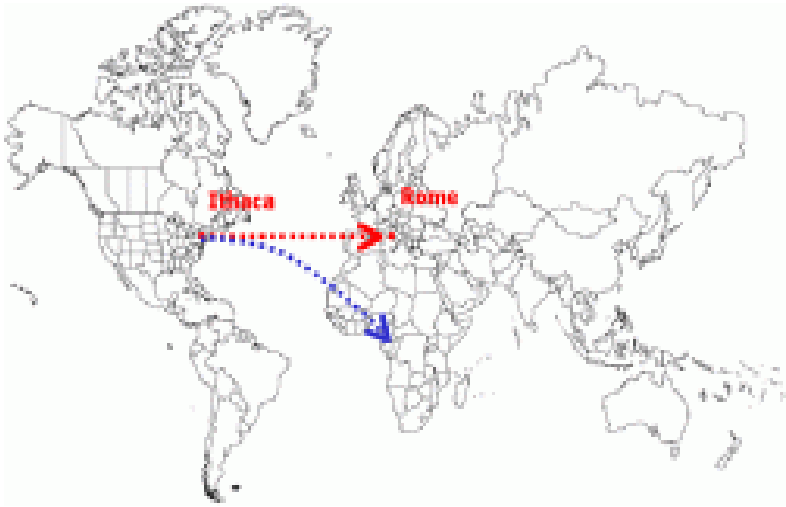
خلال الحياة اليومية على الأرض نجد أن كلا الحالتين (أ) و(ب) خاطئتان ولذلك ليس علينا القلق بخصوص النسبية على الإطلاق مع ذلك تستطيع تأثيراتها أن تبقى مهمة عندما تكون هناك حاجة إلى دقة عالية جداً فعلى سبيل المثال يتضمن أحد أهم تطبيقات النسبية نظام تحديد المواقع (GPS)، الذي لن يعمل على الإطلاق إذا لم نأخذ بالحسبان التأثيرات النسبية "إذا كنت من مستخدمي هذه التقنية فإنك استفدت مباشرة من نظرية النسبية لإينشتاين".

التحرك في حقل ثقالي قوي

يكمن أحد الجوانب المذهلة جداً في نظرية النسبية في قيامها وبشكلٍ كامل بتغيير طريقة فهمنا للجاذبية عرف العلماء خلال فترة طويلة من الزمن أن الجاذبية أمر استثنائي خذ مجموعة من القطع الخشبية الصغيرة والكبيرة وأسقطها من فوق طاولة ستجد أنها ستسقط جميعها بالسرعة نفسها وستصدم الأرض في نفس اللحظة قم بلصق قطعة معدنية بكل قطعة منها واجذبها باستخدام مغناطيس ستجد حينها أنها ستتحرك بسرعات مختلفة ومن ثم حاول سحبها باستخدام حبل ستكتشف أنه عليك ممارسة جهد أكبر كلما كانت الأجسام أكبر لماذا وجدت هذه الجاذبية؟ وهي لوحدها فقط قادرة على سحب كل شيء نحو الأرض وبنفس المعدل؟ أجاب إينشتاين عن هذا السؤال فوفقاً له الجاذبية ليست قوة تمارس على الأشياء وإنما هي عبارة عن انحناء في المكان والزمن (time Curvature of space and) ينتج عن وجود جسم فائق الكتلة بالجوار (مثل الأرض) عندما يقوم شيء ما بالتحرك ماراً بجسم ضخم سيظهر وكأنه يسحب نحوه لكن هذا الأمر غير ما يجري في الواقع ففي الحقيقة يقوم الجسم بالتحرك على طول نفس الخط المستقيم الذي كان يتحرك فوقه في الفضاء الفارغ لكن هذه الخطوط المستقيمة ستظهر الآن منحنية جراء قيام الجاذبية بحني استمرارية "الزمكان".

"المكان المنحني" تشبيه بسيط

إذا لم يكن النص في الأعلى منطقياً بالنسبة لك وهذا من غير المرجح! خذ بعين الاعتبار التشبيه التالي المتعلق بالمكان المنحني والذي تستعمله بشكلٍ أكبر: "إنه سطح الأرض!".



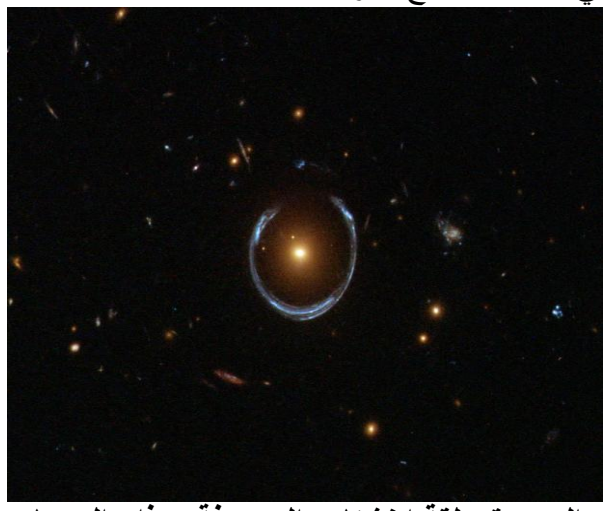
افترض أنك موجود في إيثاكا-نيويورك (موطن جامعة كورنل) وتريد السفر إلى روما-ايطاليا الواقعة شرق إيثاكا تقريباً وعلى بعد يصل إلى ربع الطريق حول العالم قد تعتقد بأن أفضل طريق للذهاب إلى هناك هو البدء بالتوجه شرقاً والمحافظة على الحركة بشكلٍ مستقيم حتى الوصول إلى روما كما هو موضح باللون الأحمر على الخريطة

إذا بدأت بالتوجه شرقاً واستمريت بالحركة المستقيمة سينتهي بك الأمر مسايراً للمسار الأزرق وستجد نفسك في مكان ما في غرب إفريقيا بالقرب من خط الاستواء! (إذا لم تصدق هذا الأمر حاول القيام بذلك مع كرة وجزء من شريط قم بمد الشريط بشكلٍ شديد بحيث يمكن إجباره على أن يكون مستقيماً وبعد ذلك وجهه من الشرق إلى الغرب على طول نيويورك، سيعبر الجزء المتبقي من الشريط إفريقيا وخط الاستواء كما هو الحال تماماً مع المسار الأزرق الموجود في الخريطة).

ماذا يجري هنا؟ لا شيء معقد في الحقيقة

كما نعرف سطح الأرض كروي لكن عندما تحاول تمثيله على خريطة ثنائية الأبعاد سيتسطح وفي عملية التسطح هذه تبين أن تتغير فبعض الخطوط التي تظهر مستقيمة (مثل الأزرق) هي في الواقع منحنية، في حين تبدو خطوط أخرى مستقيمة على الرغم من كونها في الواقع منحنية (المسار الأحمر في الخريطة).

وفقاً لآينشتاين يحصل الأمر نفسه بالقرب من الأجسام فائقة الكتلة لكن هذا الانحناء يصيب شيئاً رباعي الأبعاد (المكان الذي نعيش فيه، وبعد إضافي هو الزمن) بدلاً من كونه ثنائي الأبعاد كسطح الأرض.



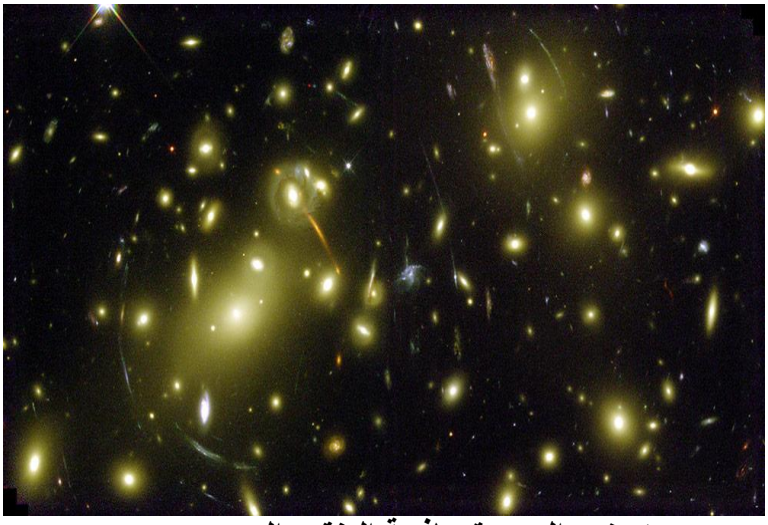
توضح الصورة حلقة اينشتاين المعروفة بحذاء الحصان

ينحني المكان والزمن بالقرب من جسم فائق الكتلة لكننا غير قادرين على قياس هذا الأمر مباشرةً بسبب محدودية رؤيتنا وقدرتنا على مشاهدة الأشياء الموجودة في الأبعاد الثلاثية فقط، وبالتالي تفترض عقولنا أن المكان مسطح وخلال عملية صناعة هذا الافتراض تتغير الأشياء ونتيجة لذلك تظهر الأشياء المتحركة على خطوط مستقيمة كأنها تتحرك على مسارات منحنية ويتم جذبها من قبل الجسم الضخم القريب وذلك وفقاً للخريطة التي وضعناها سابقا حالما يصير هذا المشهد مألوفاً بالنسبة لك ستصبح هذه الطريقة بالنظر إلى الجاذبية أمراً طبيعياً جداً! "هل سبق وشاهدت رواد فضاء في مدار حول الأرض؟ هل يظهرون وكأنه يتم جذبهم من قبل شيء ما؟

لا، لا يبدو ذلك إنهم يختبرون انعدام الوزن (Weightlessness)، وإذا لم ينظروا إلى خارج النافذة لمشاهدة الأرض تحتهم قد يستنتجون منطقياً أن سفينتهم تطفو في الفضاء الفارغ بعيداً عن جاذبية الأرض" وفقاً لإينشتاين هذا استنتاج منطقي جداً ومثالي لأن الحالتين متكافئتان! فسواء أكانت الحركة في الفضاء أو في مدار حول الأرض فإن رواد الفضاء يتحركون على نفس المسار المستقيم. في الحقيقة كنا سنختبر ظاهرة انعدام الوزن أيضاً لو لم تكن غائبة عن سطح الأرض وبفضل الجاذبية نستمر بالسقوط على مسارات مستقيمة نحو مركز الأرض ما نشعر به ليس الجاذبية وفقاً لإينشتاين وإنما ببساطة "دفع الأرض لأقدامنا".

تأثيرات الزمكان المنحني

يمتلك الزمكان المنحني المتنبأ به من قبل آينشتاين بعض العواقب المذهلة والكثير منها تم تأكيد صحته عبر الاختبارات التجريبية وربما تكون قدرة الجاذبية على "حني" الضوء عند مروره في مكان منحنٍ بالقرب من جسم فائق الكتلة واحدةً من أشهر تلك النتائج والتأثيرات. حيث رُصد هذا المفعول للمرة الأولى من قبل آرثر أدينغتون في العام ١٩١٩، الحدث الذي قفز بآينشتاين إلى العالمية.



توضح الصورة جاذبية العنقود المجري

الآن تعتبر النتائج الأصلية لأدينغتون مثيرة للجدل لكن أثبتت التكنولوجيا المتطورة صحة تنبؤات آينشتاين حيث أنه في السنوات الأخيرة لم يقم علماء الفلك بتأكيد قدرة الجاذبية على حني الضوء فقط وإنما اكتشفوا أدلة قوية جداً على وجود الثقوب السوداء -وهي أجسام تحني الضوء بشكل كبير إلى درجة لا يمكنه الإفلات منها. تجسد نجاح آخر لنظرية إينشتاين في إصلاحها لبعض المشاكل الخطيرة التي كانت موجودة في فهم علماء الفلك في أيامه لمدار عطارد "أقرب الكواكب إلى الشمس" حيث اعتقد بعض الناس بوجود كوكب آخر غير مرئي ويُؤثر على مدار عطارد لكن آينشتاين برهن على أن كل المشاكل تختفي في الحال حالما تُؤخذ نظرية النسبية بالحسبان.

هناك تأثيرات أخرى مهمة تتنبأ بها النسبية جراء "انحناء الزمن". يظهر هذا التأثير نفسه عبر التسبب في جعل الزمن يمر بشكل أبطأ بالقرب من الأجسام فائقة الكتلة (إذا ما قمت بالنظر إلى شخص وهو يسقط في الثقب الأسود ستشاهد أن الزمن قد توقف تماماً لديه وسيعاني من "التجمد" والتلاشي).يؤثر تباطؤ الزمن الناجم عن

الجاذبية على تردد الأمواج الضوئية، وبالتالي على ألوانها فمثلاً يصير الضوء أكثر زرقة عد اقترابه من جسم فائق الكتلة وأكثر حمرةً عند ابتعاده عنه رصد هذا المفعول للمرة الأولى في العام ١٩٦٠ من قبل روبرت باوند (Robert Pound) وغلن ريبكا (Glen Rebka)، اللذان أطلقا أشعة غاما على قمة مبنى ومن ثم قاسا التغير الحاصل في لونها كلما أصبحت أكثر بعداً عن الأرض.

خلال السنوات الأخيرة تعرضت نظرية النسبية لاختبارات جدية أثناء محاولة علماء الفلك فهم علم الكون وأصل البُنى الهائلة الموجودة فيه علماء الفلك مهتمون أيضاً بنتائج تجربة LIGO والكواشف الأخرى التي تحاول رصد الأمواج الثقالية (Gravitational waves) التي تنبأت بها نظرية النسبية، وقد يكون بإمكانها إعطاء طريقة جديدة بالكامل للنظر إلى الكون.

التحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء

نوقش سابقاً أكثر الجوانب أهمية في نظرية النسبية لكن الجزء الأول من النظرية (النسبية الخاصة) طور دون أخذ تعقيدات الجاذبية بعين الاعتبار في الحقيقة طور آينشتاين نظرية النسبية الخاصة استجابة لحل مسألة بسيطة واجهها فيزيائيو ذلك العصر تتطلب المسألة لحلها أن يكون لديك معرفة بالرياضيات أكثر بقليل مما هو موجود في المرحلة الثانوية لم تكن إسهامات آينشتاين الرياضية لامعة وقتها بل استعداده للأخذ بعين الاعتبار أفكار رماها معظم الناس واعتبروها سخيفة دون التفكير بها حتى.

ثبات سرعة الضوء

في القرن التاسع عشر فسر فيزيائيون قوانين الكهرومغناطيسية على أنها بحاجة إلى "جملة مرجعية مفضلة" وكونية أي جملة يتحرك داخلها الضوء وبشكل مشابه لما شعرت به عند مرور الرياح بك أثناء حركة السيارة بالنسبة للهواء اعتقد الفيزيائيون أن الأمر نفسه سيحصل مع الضوء الذي يتحرك بسرعة أكبر قليلاً (أو أقل قليلاً) ويعتمد الأمر على حركة الأرض عبر الفضاء بالنسبة للوسط غير المرئي الذي دعي حينها بالأثير (Ether) أو الوسط الذي يتحرك الضوء فيه في ثمانينات القرن التاسع عشر برهنت تجارب أجراها ألبرت ميكلسون وإدوارد مورلي على وجود شيء غريب فقد بدا لهما أن الأثير غير موجود على الإطلاق! أثناء حركة الأرض حول الشمس يتغير اتجاهها وبالتالي فإن سرعتها بالنسبة للأرض يجب أن تتغير أيضاً لكن عندما قام مورلي وميكلسون بقياس سرعة الضوء بشكل حذر جداً وباتجاهات مختلفة وعند أزمنة مختلة على مدار العام وجدا أن السرعة هي ذاتها دوماً كانت النتائج غريبة جداً في ذلك الوقت!

تخيل أنك تريد قياس سرعة شاحنة على طريق سريع أثناء قيادتك لسيارتك عليه ولكن في مسارٍ ثان ولنقل أن الشاحنة تتحرك بسرعة أكبر قليلاً من سرعتك لذلك ستشاهدها وهي تمر عبرك -ستبدأ بتجاوز عجلاتك الخلفية ومن ثم الباب الخلفي لكن فجأة تقرر أن تضغط المكابح وبدلاً من تغير الأمور تستمر الشاحنة بفعل الأمر ذاته لكن في هذه المرة مع بابك الأمامي تقوم الآن بزيادة سرعتك ومع ذلك لا تصبح الشاحنة خلفك بل تستمر في تجاوزك مروراً بعجلاتك الأمامية في النهاية توقف سيارتك بالكامل وتخرج لكن مع ذلك تستمر الشاحنة بتجاوزك.يبدو الأمر مشابهاً لتظليل الشاحنة لكل حركة من حركاتك لكنك بعد ذلك تقارن ملاحظاتك مع صديق كان يقود سيارة على مسارٍ ثالث -على الجانب الآخر من الشاحنة صديقك تعتقد أن الشاحنة كانت تظلل كل حركاتها على الرغم من أنها كانت تقود بسرعة مختلفة كلياً عن سرعتك فهي توقفت عند نفس اللحظة التي توقفت فيها وأبطأت عند نفس اللحظة وأسرعت عند نفس اللحظة! يبدو ذلك مستحيلاً؟ ربما لكن تجربة مورلي وميكلسون برهنت على أن هذا الأمر هو ما سيحصل تماماً لو أن الشاحنة تصرفت مثلما هي الحال مع أشعة الضوء.

حل آينشتاين البسيط

بحث الكثير من الفيزيائيين عن طرق معقدة لاستبعاد نتائج مورلي وميكلسون لكن آينشتاين قام بشيء مختلف تماماً ببساطة قبل تلك النتائج وتساءل عن العواقب المحتملة لو أن الضوء يتبع هذا السلوك الغريب حقاً.

أدرك آينشتاين أنه من أجل بقاء سرعة الضوء ثابتة عند النظر إليها من قبل كل الراصدين فإن الأشياء الأخرى التي طالما افترض الآخرون صحتها ستتغير فكلما تحرك شخصان بسرعة أكبر بالنسبة لبعضهما البعض كلما اختلفا أكثر حول الضوء (أو الشاحنة في المثال السابق) وزاد اعتقاد كل منهما بأن شيئاً ما حصل بشكل خاطئ مع الشخص الآخر برهن آينشتاين أن تلك الأشياء هي الزمن والطول - سيرصد كل شخص من الإثنين الشخص الآخر وقد انكمش طوله في اتجاه الحركة وساعته أصبحت تدق بشكلٍ أبطأ على الرغم من غرابة تلك النتائج إلا أنها لا تطرح أي تناقضات مع قوانين الفيزياء الأخرى. في الحقيقة، تقوم هذه النتائج بتعزيز فهمنا لها. "إذا قبلنا بصحة النسبية الخاصة تبين أن الكهرومغناطيسية لم تعد بحاجة إلى أي نوع من الجملة المرجعية المفضلة كي تعمل داخلها". وعوضاً عن ذلك تعمل الكهرومغناطيسية بشكل صحيح في أي إطار مرجعي تختاره -لا يُوجد أفضلية لجملة مرجعية على أخرى والسرعات التي تتحرك بها تلك الجمل المرجعية بالنسبة لبعضها البعض هي نسبية أي النقيض تماماً للمطلق.

بعد مراقبات آينشتاين البسيطة اكتسبنا الكثير من الرؤى الأقوى والأكثر عمقاً ومن أهمها تكافؤ الكتلة والطاقة (المعبر عنه في معادلة آينشتاين (E=M*C^2)، وأيضاً حقيقة أنه ليس بإمكان المعلومات التحرك بسرعة أكبر من سرعة الضوء تم تأكيد هذه الأفكار وأفكار أخرى في مسرعات الجسيمات (Particle accelerators) الموجودة في كافة أنحاء العالم بالإضافة إلى العديد من التجارب الأخرى قد تكون الفكرة الأكثر أهمية والقادمة من النسبية الخاصة هي أن الزمن والمكان ليسا خلفية مقدسة وثابتة للكون وإنما أشياء يمكن أن تتغير من نقطة لأخرى ومن شخصٍ لآخر إنها الرؤية التي عبدت الطريق أمام نظرية النسبية العامة وتفسيرها الجذري للجاذبية الأمر الذي لا زلنا نشعر بتداعياته حتى يومنا هذا.

الزمكان

اعادة لفكرة الزمكان نظرية اينشتاين النسبية كما ذكرنا تعوض النظرية الذسبية الخاصة عن إحداثيات المكان الثلاثة (x,y,z)بإحداثيات أربع من ضمنها احداثية للزمن فتكون احداثية نقطة في الزمكان (ct,x,y,z) حيث c سرعة الضوء والزمن t.

وتمثل المساحة العنصرية في الميكانيكا الكلاسيكية :

ds^2=dx^2+dy^2+dz^2

أما في الزمكان فتوصف نقطة فيه بالأربعة إحداثيات وتسمى "حدث" وتعرف المساحة العنصرية في الزمكان ب:

Ds^2 =c^2 dt^2- dx^2 –dy^2 – dz^2

أتاحت تلك الفكرة لآينشتاين لدراسة حركة الأجسام بسرعات مقاربة لسرعة الضوء وتبدو عندها ظواهر طبيعية غريبة إذ تشكل سرعة الضوء حدا أقصى لحركة الأجسام وانتقال الطاقة وانتشار الموجات الكهرومغناطيسية وترتبت عليها استنتاجات غريبة ذلك لأننا نعهد في حياتنا العادية سرعات أقل بكثير من سرعة الضوء.

اكتشاف السكون

تتأثر حركة الأجسام بما حولها وتسمى تلك المؤثرات الخارجية بالقوى ويهتم علم الحركة بدراسة تأثير تلك القوى على الأجسام فلنتخيل جسما لا يقع تحت تأثير قوى خارجية ولنتخذ مواقع مختلفة للمشاهدة فنجد أن مساره يتخذ أشكالا مختلفة تختلف باختلاف موقع المشاهدة ومع ذلك لا نذكر أن أفضل مكان للمشاهدة هو ذاك الذي يظهر منه الجسم كما لوكان في حالة سكون. يمكننا بذلك وصف حالة "السكون" وصفا جيدا لايعتمد على حركة الجسم بالنسبة إلى حركة الأجسام الأخرى فالجسم الذي لا تؤثر عليه قوى خارجية يكون في حالة سكون.

المختبر الساكن

نتخيل أن مجموعة من الأجسام الساكنة التي لا تؤثر عليها قوى خارجية بأنها قد كونت مختبرا نسميه " المختبر الساكن " ونبدأ في دراسة خواص الحركة فإذا قمنا بمشاهدة الحركة من مختبر آخر واتضح لنا اختلاف صفات الحركة فيه عن صفاتها من المختبر الساكن أمكننا إثبات أن المختبر الجديد يتحرك يتبين لنا أن الحركة في المختبرات الساكنة تتبع قوانين مغايرة للقوانين المشاهدة في مختبرات متحركة ويتبادر لنا أن مفهوم الحركة يفقد بذلك صفته "النسبية" فعندما نتكلم عن الحركة نقصد ببساطة الحركة بالنسبة إلى "السكون" ونسميها حركة مطلقة نركب الآن قطارا بسرعة منتظمة في خط مستقيم ونبدأ مشاهدة أجسام تتحرك داخله ونقارنها بحركتها المشاهدة في قطار ساكن نعرف من خبرتنا اليومية أنه لا يوجد اختلاف لحركة الأجسام داخل قطار متحرك بسرعة منتظمة وآخر متوقف فإذا قذفنا كرة إلى أعلى داخل القطار عادت الكرة لتسقط في أيدينا ولن يحدث أن تتخذ مسارا منحنيا فبصرف النظر عن الارتجاج البسيط في حركة القطار تكون حركة الأجسام داخل قطار يتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم هي نفسها التي تحدث في قطار ثابت لا يتحرك ويحدث الاختلاف فقط عند تسريع القطار أو تهدئة سرعته ففي حالة تسريع القطار تنتابنا إرتجاجة إلى الخلف وفي حالة تهدئة سرعة القطار والكبح نندفع إلى الأمام وفي كلتا الحالتين نشعر بالفرق بالمقارنة بحالة السكون وإذا استمر القطار سائرا بحركة منتظمة ثم غير اتجاهه فجأه شعرنا بذلك : ففي المنحنيات إلى اليمين الحادة نندفع إلى اليسار وفي المنحنيات اليسارية نندفع نحو اليمين وبتعلم تلك المشاهد نصل إلى النتيجة التالية: لا يمكن اكتشاف أي اختلاف في سلوك جسم بمشاهدته من مختبرين يتحرك أحدهما "بالنسبة للآخر" بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم ولكن بمجرد حدوث تغير في سرعة المختبر المتحرك سواء في مقدار السرعة (التسريع والكبح) أو تغير في الاتجاه (في المنحنيات) يؤثر هذا التغير في سلوك الأجسام الموجودة فيه.

ضاع السكون إلى الأبد

توجد خاصية غريبة لحركة المختبر الذي يتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم تلك هي أن حركته هذه لا تؤثر على سلوك الأجسام الموجودة فيه الشيئ الذي يضطرنا لمراجعة مفهوم السكون فقد يبين لنا أنه لا يوجد فرق بين حالة السكون وأينما وجدنا مختبر يتحرك بانتظام وفي خط مستقيم " بالنسبة" لمختبر آخر ساكن أمكننا اعتبار ذلك المختبر أيضا مختبرا ساكنا و هذا معناه أنه لا توجد حالة فريدة للسكون المطلق وإنما توجد أعداد لا حصر لها من "حالات السكون" المختلفة وبالتالي لا يوجد مختبر واحد في حالة سكون وإنما توجد عدد لا حصر له من المختبرات الساكنة وهي تتحرك بالنسبة لبعضها البعض في خطوط مستقيمة وبسرعات منتظمة ومنها السريع ومنها البطيء.

يتضح من ذلك أن السكون "نسبي" وليس مطلق وأصبح لازماً علينا الإشارة دائما إلى المختبر الذي نجري منه المشاهدة والقياس عند دراستنا لعلم الحركة كذلك يتبين أن محاولتنا قد باءت بالفشل حتى الآن لإعطاء مدلول الحركة صفة مطلقة ولا يزال السؤال مطروحا : "إلى أي حالة من حالات "السكون " ننسب الحركة المشاهدة؟" بهذا نكون قد تعرضنا إلى أحد القوانين الطبيعية البالغة الأهمية والذي يسمى "بمبدأ نسبية الحركة" هذ المبدأ يقول : تتبع حركة الأجسام نفس القوانين في جميع المختبرات التي تتحرك بالنسبة لبعضها البعض في مسارات مستقيمة وبسرعة منتظمة.

قانون القصور الذاتي

نستنتج من مبدأ نسبية الحركة أن جسما لا يقع تحت تأثير قوى خارجية إما أن يكون في حالة سكون أو يكون في حالة حركة منتظمة وفي خط مستقيم ويعرف هذا الاستنتاج في علم الفيزياء بقانون القصور الذتي يلعب هذا القانون دورا هاما في حياتنا اليومية لا يتبادر للعين مباشرة وطبقا لهذا القانون يظل جسم متحرك بانتظام وفي خط مستقيم على حركته هذه بلا حدود طالما لا تؤثر عليه قوى خارجية ومع ذلك نشاهد في حياتنا اليومية أجساما تصل إلى الثبات كما لم تؤثر عليها قوى خارجية وتفسير ذلك أن جميع الأجسام التي نشاهدها تقع تحت تأثير قوى خفية تلك هي قوى الاحتكاك وانعزال الجسم التام عن القوى الخارجية هو الشرط الذي يكتسب به قانون القصور الذاتي فاعليته و هذا الشرط ليس متوفرا في حياتنا العادية فإذا استطعنا تحسين إمكانيتنا التجريبية بعزل قوى الاحتكاك شيئا فشيئا أمكننا الاقتراب من تلك الظروف المثالية ولتمكنا من إثبات أنطباق هذا القانون على حركة جميع الأجسام التي نشاهدها يعتبر اكتشاف مبدأ "نسبية الحركة" من أعظم الاكتشافات جميعا ولولاه لما تقدم علم الفيزياء وقد قام العالم الكبير جاليليو جاليلي باكتشافه و هو

الذي هاجم تعاليم أرسطو القديمة بعزم إذ كانت تعاليمه مسيطرة على العقول حتى العصور الوسطى وكانت الكنيسة الكاثوليكية معضدة لتعاليم أرسطو ورافضة لما أتى به جاليليو وكان من رأي أرسطو أن الحركة المنتظمة ممكنة فقط تحت تأثير قوة وبدونها تتوقف الحركة فأوضح جاليليو من خلال تجارب عديدة عكس ذلك وبين أن قوة الاحتكاك هي التي تؤدي إلى توقف حركة الأجسام وبزوال الاحتكاك تظل الأجسام على حركتها عى الدوام.

السرعة نسبية أيضا

من نتائج مبدأ النسبية حقيقة أن الحديث عن حركة منتظمة وفي خط مستقيم ليس له معني طالما لم نشر إلى المختبر الساكن الذي نقيس منه السرعة كما لا معنى لحديثنا عن مكان ما بتحديد خط الطول الجغرافي المار به دون ذكر دائرة العرض التي تتقاطع معه عنده نكتشف من ذلك أن السرعة مدلول "نسبي"، أي إذا قمنا بقياس سرعة جسم معين من عدة مختبرات ساكنة مختلفة حصلنا على نتائج مختلفة في حين أن أي تغير في الحركة - كالتسريع أو الكبح أو تغيير اتجاه الحركة يأخذ معنى مطلقا بصرف النظر عن المختبر الساكن الذي أجريت منه المشاهدة.

الضوء لا ينتشر آنيا

رأينا أن "مبدأ النسبية" ينطبق على الحركة أيضا وأنه توجد عدد لا حصر له من المختبرات في "حالة سكون" لا تختلف فيها قوانين الحركة والآن يبدو أن هناك نوع من الحركة يكون معارضا لهذا المبدأ تلك هي حركة الضوء فالضوء ينتشر في الفضاء بسرعة قدرها ٣٠٠.٠٠٠كيلومتر في الثانية فهو بذلك ليس آنيا ومن الصعب تصور مثل تلك السرعة لأن السرعات التي تواجهنا في حياتنا اليومية تقل عن ذلك بكثير فتبلغ سرعة صاروخ حديث متعدد المراحل ١٢ كيلومتر في الثانية فقط ومن بين الأجسام التي نعهد حركتها حركة الارض حول الشمس فهي تسير في مدارها بسرعة تصل إلى ٣٠ كيلومتر في الثانية والمدهش أن سرعة الضوء ثابتة دائما وبينما يمكننا تهدئة سرعة قذيفة بوضع حائل في طريقها فعند نفوذ القذيفة فيه تقل سرعتها وتواصل مسمارها بسرعة أقل ويختلف الحال تماما مع الضوء فبينما تعتمد سرعة القذيفة على نوع البندقية وعلى خصائص البارود نجد أن سرعة الضوء تظل ثابتة لجميع المصادر المصدر للضوء إذا وضعنا لوحا زجاجيا في مسار شعاع الضوء تقل سرعة الضوء داخل الزجاج وعند خروجه من الزجاج تعود سرعته إلى سرعته الأصلية التي تبلغ ٣٠٠.٠٠٠ كيلومتر في الثانية في الفراغ (أو الهواء). فللضوء خاصية هامة في الفراغ فلا يمكن تهدئة سرعته أو تسريعه فهو يختلف عن جميع الأجسام الأخرى وأي تغير يحدث لشعاع الضوء في حائل مادي يختفي بمجرد خروجه من الحائل ويواصل حركته بسرعته الأصلية.

سرعة الضوء في قطار

تبلغ سرعة الضوء في الفراغ ٣٠٠.٠٠٠ كيلومتر في الثانية وهي ثابتة لا تتغير سواء كان مصدرها متحركا أم لا وقد تسببت تلك السرعة الفائقة والمحدودة في نفس الوقت في إشكال مع مبدأ نسبية الحركة نتخيل قطارا يسير بسرعة عظيمة قدرها ٢٤٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية. ونتصور أننا نحتل مقدمته بينما يوجد مصباح عند مؤخرته ونريد تعيين الزمن الذي يسنغرقه الضوء لقطع المسافة بين الطرفين.

يبدو أن هذا الزمن سيختلف عن الزمن المشاهد في قطار ساكن ففي حالة القطار المتحرك بسرعة ٢٤٠.٠٠٠ كيلومتر في الثانية نتوقع أن تصل سرعة الضوء إل ٣٠٠.٠٠٠ - ٢٤٠.٠٠٠ == ٦٠.٠٠٠ كيلومتر في الثانية فقط (في اتجاه حركة القطار). فتبدو المسألة كما لو كان الضوء يحاول اللحاق بمقدمة القطار بينما هي تحاول الابتعاد عنه. وإذا كان المصباح في مقدمة القطار وجلسنا نحن في آخره وأردنا قياس الزمن الذي يستغرقه الضوء للوصول إلى آخره توقعنا أن تبلغ سرعة الضوء في هذه الحالة ٣٠٠.٠٠٠ + ٢٤٠.٠٠٠ == ٥٤٠.٠٠٠ كيلومتر في الثانية (لأن الضوء ومؤخرة القطار يتحركان بإتجاه بعضهما). أي نتوقع أن يسير الضوء بسرعتين مختلفتين في الاتجاهين المتضادين داخل القطار المتحرك بينما تتساوى تلك السرعتان في القطار الساكن الذي لا يتحرك.

نجد في حالة القذيفة ظروفا مختلفة عن ذلك فإذا وجهنا قذيفة ونحن في قطار في اتجاه حركة القطار أو عكسه تظل سرعتها بالنسبة لحائطي المقدمة والمؤخرة متساوية وتكون متساوية كذلك لسرعتها في القطار الساكن وترجع تلك النتيجة إلى اعتماد سرعة القذيفة على حركة البندقية بينما لا تتأثر سرعة الضوء بسرعة المصدر كما ذكرنا من قبل.تبعث علينا تلك الأمثلة بالشعور أن سلوك الضوء يخالف مبدأ نسبية الحركة فبينما تتحرك القذيفة بالنسبة لمقدمة القطار ومؤخرته بنفس السرعة في القطار المتحرك والقطار الساكن تبدو كما لوكانت سرعة الضوء تصل إلى نحو ٥/١ سرعته في أحد الاتجاهات وتبلغ ٨ و١ منها في الاتتجاه المضاد وذلك بالمقارنة بسرعته في القطار الساكن.لو كان الحال كذلك لاستطعنا تعيين السرعة المطلقة للقطار عن طريق دراسة سرعة انتشار الضوء فيه ويبدو هنا أننا وجدنا بصيص من الأمل : فهل في الإمكان استخدام خواص الضوء لتعريف السكون المطلق؟

الأثير الكوني

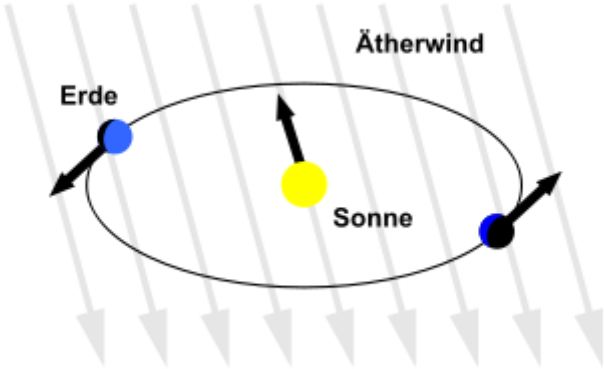
اعتقد الفيزيائيون في الماضي ان انتشار الضوء يسير مثل انتشار الصوت وافترضوا وجود وسط لانتشار الضوء وأسموه "الأثير" مثلما ينتشر الضوء في الهواء والماء وغيره كما افترضوا أن الأجسام لا تجرف معها هذا الأثير أثناء

حركتها كمثل قفص سلكي يتحرك في الهواء لا يزيح الهواء أمامه فإذا كان قطارنا في سكون بالنسبة للأثير توقعنا انتشار الضوء بنفس السرعة في جميع الاتجاهات كما نتوقع ظهور أي حركة للقطار خلال الأثير حيث ستختلف سرعة الضوء باختلاف اتجاه الانتشار ووجد العلماء أنفسهم أمام أسئلة مربكة بسبب افتراض هذا الأثير كوسط تظهر ذبذبته كالضوء وهو افتراض لا يستند على أساس متين فبينما لا نعتمد على انتشار الصوت فقط لدراسة خواص الهواء بل نعتمد أيضا على تجارب كيميائية وفيزيائية عديدة نجد أن هذا الأثير "المفترض" يسلك مسلكا غريبا في تجارب فيزيائية متعددة فهو لا يشارك إطلاقا وبينما يمكننا تعيين كثافة الهواء وضغطه بتجارب بسيطة فقد باءت جميع المحاولات لمعرفة شيء عن الأثير أو كثافته بالفشل وأصبحنا في موقف محير.

مما لا شك فيه أنه من الممكن تفسير بعض الظواهر الطبيعية بافتراض وسط خاص بالصفات المطلوبة ولكن استنباط نظرية سليمة لتفسير ظواهر طبيعية لا بد وأن تكون شاملة وتفسر العديد من الظواهر الطبيعية وليس لظاهرة بمفردها لأن النظرية تأتي بتفسيرات أوسع من الحقائق التي بنيت عليها وعلى سبيل المثال فقد عُرف مدلول الذرة في العلوم عن طريق علم الكيمياء وبدراستنا للذرات أمكن تفسير عدد كبير من الظواهر التي لا تنتمي إلى علم الكيمياء بل والتنبؤ ببعضها فاللجوء إلى الأثير لتفسير انتشار الضوء يماثل تفسير إنسان بدائي صوت الجرامافون بتصور أن عفريتا اتخذ من هذا الصندوق مسكنا.

حالة عويصة تنشأ!

أهم مشكلة تنشأ من مخالفة الضوء لمبدأ " نسبية الحركة " تكون حتمية مخالفة جميع الأجسام لهذا المبدأ ومن المعروف أن أي وسط مادي يقاوم حركة الأجسام فيه وبناء على ذلك كان لا بد ويصحب حركة الأجسام في الأثير احتكاك فتقل سرعة الجسم رويدا رويدا حتى يصل الجسم في النهاية إلى حالة سكون وفي الواقع تدور الأرض (طبقا للمعلومات الفلكية) حول الشمس منذ آلاف السنين وملايين السنين ولا توجد أي علامة تدل أن سرعتها تهدأ تحت تأثير احتكاك موجود. بذلك نكون قد وصلنا إلى طريق مسدود في محاولة تفسير المسلك الغريب للضوء بافتراض وجود "أثير" ؟ فافتراض الأثير لم ينه مشكلة حروج الضوء عن مبدأ النسبية وما يتبع ذلك من مشاكل بالنسبة لحركة الأجسام.



إذا اعتبرنا أن الضوء يتحرك عن طريق وسط "الأثير" فلا بد من أن إمكانية قياس فرق سرعة الضوء في اتجاهين متضادين بسبب حركة الأرض في الأثير

التجربة تفصل !

ماذا نستطيع عمله إزاء هذا الخلاف ؟

قبل أن تبدأ المناقشة نريد جذب الاهتمام إلى الحقائق التالية :

يستند الخلاف الذي اكتشفناه بين سلوك الضوء ومبدأ نسبية الحركة إلى سند واحد فقط. وصحيح أن استنتاجاتنا مقنعة في هذا الشأن لكن محاولة حصر تفكيرنا على هذا السند تماثل تصرف بعض الفلاسفة القدامى الذين حاولوا اكتشاف قوانين الطبيعة في رؤوسهم وإذا تصرفنا بتلك الطريقة لكان الخطر محتما أن يكون ما تخيلناه من كون متناسق لا يمت في الواقع إلى عالمنا الحقيقي الذي نعيش فيه والتجربة العملية هي الحكم الأول والأخير لإثبات صحة نظرية فيزيائية لهذا لا يجب أن نشغل أنفسنا أكثر من ذلك بمناقشة كيف سيكون انتقال الضوء في القطار المتحرك وعلينا الآن القيام بالتجارب فهي التي ستأتي بالإجابة الصحيحة.يعضدنا ونحن نقوم بإجراء التجارب أننا نعيش على كوكب له حركة معلومة غير أن الأرض في دورانها حول الشمس لا تسير في خط مستقيم ولا يمكن لذلك اعتبار ها "مختبرا ساكنا" فلو اعتبرنا الأرض في حالة سكون بالنسبة لمختبرنا في شهر يناير نجد أنها تصبح في حالة حركة بالنسبة له في شهر يوليو إذ أن حركة الأرض دائرية حول الشمس وعلى الرغم من ذلك ان أمكننا دراسة انتشارالضوء على الأرض فإنما ندرس أنتشاره في مختبر يتحرك بسرعة عظيمة قدرها ٣٠ كيلومتر في الثانية (يمكن اهمال سرعة الأرض حول محورها إذ أن تلك السرعة تبلغ نحو نصف كيلومتر في الثانية فقط) فهل يمكن تمثيل الكرة الأرضية بقطارنا المنطلق الذي وصل بنا إلى طريق مسدود؟ اشترط افتراضنا أن القطار يتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم بينما تتحرك

الأرض في مسار دائري ومع ذلك يمكننا الأخذ بهذا التمثيل. فخلال ذلك الجزء من الثانية الذي يستغرقه الضوء داخل مختبرنا يمكننا اعتبار الأرض متحركة بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم فالخطأ الناشيئ عن ذلك التقريب ضئيل ولا يمكن ملاحظته بما أننا نستطيع الآن مقارنة الأرض بالقطار يكون من الطبيعي أن يسلك الضوء على الأرض نفس سلوكه في القطار أي لتوقعنا انتشار الضوء بسرعات مختلفة في الاتجاهات المختلفة.

مبدأ النسبية ينتصر

أجرى "مايكلسون" تجربة عام ١٨٨١ وهو من أعظم علماء القرن التاسع عشر التجريبيين لتعيين سرعة الضوء في التجاهات السماوية المختلفة ولتعيين هذا الفرق البسيط جدا فيالمنتظر في سرعة الضوء وقد أظهر مايكلسون ذكاء حادا في ابتكاره جهازا دقيقا كان من الممكن به قياس فرقافي السرعة حتى ولوكان أقل من المتوقع ولكن التجربة أتت بنتيجة غير متوقعة فلم يجد مايكلسون أي تغير في سرعة الضوء في الاتجاهات المختلفة وأعيدت التجربة مرارا وتكرارا منذ ذلك الحين بوسائل تجريبية مختلفة فأيدت كلها تلك النتيجة الغريبة واتضح أن طريقة انتشار الضوء في مختبر متحرك تحتلف تماما عما كنا نتصوره وأوضح مايكلسون أن الضوء ينتشر على الأرض بنفس السرعة في جميع الاتجاهات أي أن الضوء يسلك نفس سلوك القذيفة فلا تعتمد سرعته على سرعة المختبر وهي متساوية لجميع حوائط المختبر بهذا تكون تجربة مايكلسون قد أتت بعكس ما كنا نتصورهه وبينت في نفس الوقت أن سلوك الضوء يتفق تماما مع " مبدأ نسبية الحركة " ولا يخالفها.

المشكلة تستفحل

بهذا تكون تجربة مايكلسون قد خلصتنا من أول خلاف بين قوانين انتشار الضوء ومبدأ نسبية الحركة. فقد اتضح أن هذا الخلاف ظاهري ولا بد أن يرجع إلى خطأ في الاستنتاج فأين يكمن هذا الخطا؟ شحذ العلماء عقولهم في جميع أقطاب الأرض على مدى ربع قرن منذ عام ١٨٨١ حتى عام ١٩٠٥ في محاولات للإجابة على هذا السؤال فكان كل اقتراح يتوصلوا إليه يؤدي إلى خلاف أعمق بين النظرية والتجربة العملية إذا ركب أحدنا قفصا سلكيا متحركا وكان به مصدرا للصوت شعر بهواء يحف به بسبب الحركة فإذا قام الراكب بقياس سرعة الصوت في القفص وجدها في اتجاه الحركة أقل منها في الاتجاه العكسي فإذا نقلنا مصدر الصوت إلى عربة قطار مغلق وقسنا فيه سرعة الصوت نجد أنها متساوية في جميع الاتجاهات وذلك بسبب مزاملة الهواء لحركة عربة القطار فإذا انتقلنا الآن من الصوت إلى الضوء فقد يصبح في الإمكان تفسير نتيجة مايكلسون كالآتي:

نفرض أن الأرض تجرف الأثير معها أثناء حركتها في الفضاء بحيث يلازمها فنتوقع أن تسلك الأرض مسلكا مخالفا لمسلك القفص السلكي بالنسبة لانتشار الصوت وبذلك تضيع الصعوبة في فهم تجربة مايكلسون لسوء الحظ يخالف هذا التفسير عدد كبير من التجارب العملية مثل التجارب الخاصة بدراسة انتشار الضوء في الماء الجاري فلو صح أن الأثير يصحب حركة المادة لتوقعنا أن تكون سرعة الضوء في اتجاه سريان الماء مساوية لسرعته في الماء الساكن مضافا إليها سرعة الماء ولكن بعملية قياس بسيطة نجد أدنا نحصل على سرعة أقل مما توقعناه بذلك باءت جميع المحاولات التي تستند إلى وجود "أثير" لتفسير النتيجة المفاجئة لتجربة ميكلسون ومورلي بالفشل والنتيجة أن تجربة ميكلسون وورلي لا تؤيد فقط خضوع الأجسام لمبدأ النسبية بل تؤيد أيضا خضوع الضوء له أو بتعبير آخر خضوع جميع الظواهر الطبيعية "لمبدأ نسبية الحركة" وكما رأينا من قبل أدى مبدأ نسبية الحركة مباشرة إلى " نسبية السرعة" : فالسرعة تختلف مشاهدتها من مختبر إلى مختبر تكون متحركة بالنسبة لبعضها البعض. ورأينا الآن أن سرعة الضوء متساوية في جميع المختبرات وتبلغ ٣٠٠.٠٠٠كيلومتر في الثانية ولهذا فهذه السرعة ليست نسبية وإنما هي سرعة مطلقة.

الزمن يفصح عن نسبيته

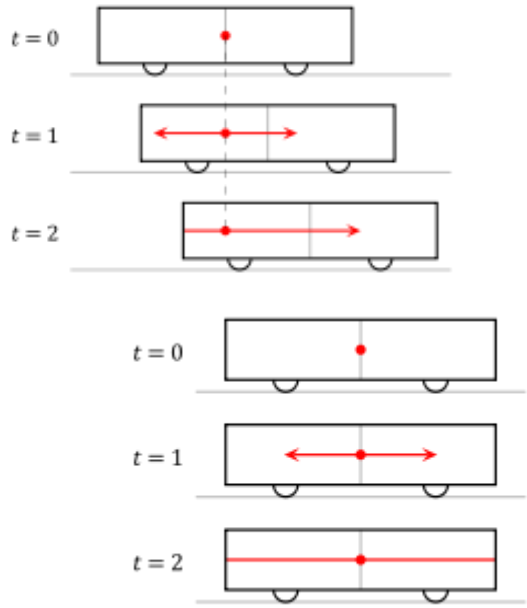
يبدو من الموهلة الأولى أدنا نواجه خلافا منطقيا فتساوي سرعة الضوء في جميع الاتجاهات يتفق مع مبدأ نسبية الحركة ومع ذلك نقول أنها سرعة مطلقة أي تتساوي في جميع المختبرات التي تتحرك بالنسبة لبعضها البعض ولكن لا يوجد تعارض فأحيانا يميل المرء إلى اخذ شيء لى أنه مطلقا بسبب محدوية معرفته وقد يكون هذا الشيئ نسبي في حقيقة الامر خطأ لا بد أن نرتكز مستقبلا على الخبرة العملية المكتسبة.

لنقم برحلة بالقطار:

نتصور أننا نركب قطارا طوله ٥.٤٠٠.٠٠٠ كيلومتر يتحرك في مسار مستقيم بسرعة منتظمة قدرها ٢٤٠.٠٠٠ كليومتر في الثانية ونفترض وجود مصباح في منتصف القطار يضاء في لحظة معينة ونفرض وجود بابين آليين أحدهما في مقدمة القطار والآخر بعربة المؤخرة ينفتحان بمجرد سقوط الضوء عليهما فماذا يرى راكب القطار وماذا يرى الواقفون على رصيف المحطة ؟سيرى الجالس في منتصف القطار الآتي : طبقا لتجربة ميكلسون ينتشر الضوء في جميع الاتجاهات داخل القطار بنفس السرعة أي بسرعة ٣٠٠.٠٠٠ كيلومتر في الثانية فيصل إلى عربة المقدمة وعربة المؤخرة في نفس الوقت مستغرقا زمنا قدره : ٢.٧٠٠.٠٠٠÷ ٣٠٠.٠٠٠ = ٩ ثوان وبذلك ينفتح البابان آنيا.

وماذا يرى الواقف على رصيف المحطة؟

يتحرك الضوء بالنسبة إلى رصيف المحطة بسرعة قدرها ٣٠٠.٠٠٠ كيلومتر في الاثنية أيضا. فبينما تتحرك العربة الأخيرة في اتجاه مضاد لاتجاه شعاع الضوء الصادر من وسط القطار فيصل الضوء إلى الباب الخلفي في زمن مقداره : ٢.٧٠٠.٠٠٠ ÷ (٣٠٠.٠٠٠ + ٢٤٠.٠٠٠) = ٥ ثوان. أما بالنسبة إلى عربة المقدمة فلا بد للضوء من ملاحقتها فيصله في زمن مقداره : ٢.٧٠٠.٠٠٠ ÷ (٣٠٠.٠٠٠ - ٢٤٠.٠٠٠) == ٤٥ ثانية أي يظهر البابان للواقف على رصيف المحطة بأنهما ينفتحان في أوقات مختلفه إذ يرى باب المؤخرة ينفتح أولا ثم ينفتح باب المقدمة بعده بعدد ٤٥ - ٥ == ٤٠ ثانية ونجد أن حدثين متماثلين تماما كانفتاح باب العربة الأمامية و باب عربة المؤخرة يظران لراكب القطار أنهما ينفتحا آنيا بينما يظهران للواقف على رصيف المحطة بفرق زمني قدره ٤٠ثانية .



تجربة القطار المار بمحطة : المشاهد هنا واقف على رصيف المحطة المشاهد هنا في القطار

المنطق السليم في مأزق

تبدو نتيجة التجربة السابقة عجيبة ومع ذلك فهي تتفق تماما مع التجربة العملية. و لن نفعل مثلما فعل ريفي بسيط ذهب لأول مرة لحديقة الحيوان و شاهد الزرافة فقال :" هذا حيوان غير معقول". فالمنطق السليم يخدعنا فهو يميل ببساطة إلى تعميم المدلولات التي نصادفها في حياتنا اليومية ودرجة فهمنا للاشياء ما هي

إلا مرآة لخبرتنا المحدودة والصعوبة في فهم وقبول حقيقة حدثين يظهران للواقف على رصيف المحطة وينهما فرق زمني في حين ظهورهما لراكب القطار آنيا تماثل الصعوبة التي صادفها الريفي الذي ارتبك من منظر الزرافة وقد أصبحنا في نفس موقف الريفي الذي لم يرى حيوانا كهذا من قبل فنحن لم نتحرك إطلاقا بسرعة تبلغ ٢٤٠.٠٠٠ كيلومتر في الثانية فليس من العجيب أن يفاجأ الفيزيائيون بظواهر لا تمت إلى ما نألفه في حياتنا العادية بصلة عند دراستهم لسرعات قريبة من سرعة الضوء وقد واجهت النتيجة الغريبة لتجربة ميكلسون علماء الفيزياء بتلك الحقائق وأرغمتهم على مراجعة مفاهيم مألوفة عديدة لا تبدو واضحة للمنطق السليم مثل آنية حدثين يمكننا بالطبع التمسك بوجهة نظر "المنطق السليم" وإنكار وجود الظواهر الجديدة ولكن إن فعلنا ذلك يصبح مثلنا مثال الريفي في المأثورة.

ما يحدث للمكان يحدث للزمن

لا يخشى العلم من مناقشة ما يسمى "المنطق السليم" ولكنه يخشى فقط معارضة التصورات المألوفة للحقائق التجريبية الجديدة وعند ظهور مثل ذلك الخلاف يقضي العلم بلا رحمة على تلك التصورات التي بناها " المنطق السليم " ويرتفع بمعرفتنا إلى مستوى أعلى ظننا من قبل أن حدثين آنيين يظهرانأنيا لأي مختبر نختاره للمشاهدة فجاءت التجربة العملية بنتيجة مختلفة. ومن الواضح ينطبق هذا فقط على المختبرات التي تكون في حالة سكون بالنسبة لبعضها البعض أما في حالة مختبرين يتحرك أحدهما بالنسبة للآخر فمن الممكن أن يظهر حدثان في أحدهما آنيا ولا يظهران أنيا في المختبر الآخر أي أن آنية الأحداث "نسبية" ويكون لها معنى فقط إذا عرفنا حركة المختبر التي شوهدت منه هذا معناه أن آنية حدثين لا تعتمد الحدثين نفسهما فقط وإنما تعتمد بالإضافة إلى ذلك على المختبر الذي تجري منه الرؤية من المألوف لنا التحرك بسرعات تقل كثيرا عن سرعة الضوء ولهذا لا نستطيع ملاحظة الصفة النسبية لآنية الأحداث فإذا قمنا بدراسة سرعات مقاربة لسرعة الضوء نجدنا مضطرون لمراجعة صفتي "الأسبقية" و"الملاحقة" للأحداث تماما كما اضطر الإنسان لمراجعة مدلولي "فوق " و"تحت" على الأرض بعد قيامه برحلات طويلة مقاربة لأبعاد الكرة الارضية وقبل ذلك لم يجد ما يعارض اعتقاده بأن الأرض قرص مسطح في الواقع لا يوجد لدينا إمكانية للتحرك بسرعة مقاربة لسرعة الضوء نتمكن بها من مشاهدة تلك الظواهر التي تبدو مربكة لتصورنا القديم ولكننا تمكنا من إثبات تلك الظواهر بتجارب علمية عديدة فالقدر المكتوب للمكان هو نفس القدر المكتوب للزمن والقول وقوع حدثين "في نفس الوقت أصبح لا معنى له كالقول بحدوثهما في "نفس المكان" فإذا أردنا تعيين الفترة الزمنية بين حدثين فلا بد

من تعريف المختبر الذي أجرينا منه المشاهدة تماما كما نفعل ذلك عند تعيين المسافة بينهما.

نسبية الزمن

أحدث اكتشاف نسبية الزمن انقلابا عميقا في تصورنا للطبيعة ويمثل هذا لاكتشاف أحد الانتصارات العظيمة للعقل البشري على تصورات مشوشة توارثناها عبر قرون طويلة ويمكن مقارنة هذا الانقلاب في تصور الإنسان للطبيعة بالانتفاضة التي أحدثها اكتشاف الشكل الكروي للأرض توصل العالم ألبرت أينشتاين إلى اكتشاف "نسبية الزمن" فأصبح أعظم عالم في القرن العشرين ووضعه هذا الاكتشاف بين عظماء الفكر الإنساني وهو في سن الخامسة والعشرين من عمره وهو يتبوأ مركزا جليلا بين العلماء مثل كوبرنيكس واسحاق نيوتن اللذان فتحا فتوحات جديدة في العلم.يسمى العلم الخاص بنسبية الزمن وما ترتب عليها من استنتاجات بالنظرية النسبية ولا يصح الخلط بينها وبين نسبية الحركة.

السرعة لها حدود

قبل الحرب العالمية الثانية كانت سرعة الطائرات تقل كثيرا عن سرعة الصوت والآن نبني طائرات أسرع من الصوت. وتنتشر الموجات الكهرومغناطيسية بسرعة الضوء فهل من الممكن بناء مرسل لاسلكي تفوق سرعة إشاراته سرعة الضوء ؟ سيتبين أن هذا مستحيل لو كان من الممكن إرسال إشارات بسرعة لا نهائية لأصبح لدينا وسيلة لإثبات أنية حديثن. إذ بوصول إشارتين لا نهائيتي السرعة ممثلتان للحدث الأول والثاني في نفس الوقت تعطي آنية الحدث صفة مطلقة أي لا تعتمد على حركة المختبر الذي تجرى منه المشاهدة ونظرا لعدم تأييد التجربة العملية لصفة مطلقة للزمن نستنتج أن انتقال إشارات اللاسلكي لا يمكن أن يتم كلمح البصر وكذلك لا يمكن انتقال الطاقة من نقطة إلى أخرى في الفراغ بسرعة لا نهائية. وهذا يعني أن الانتقال لا يمكن أن يتعدى حدا معينا للسرعة يسمى " الحد الأقصى للسرعة".

هذا الحد الأقصى يعادل سرعة الضوء

وطبقا لتماثل القوانين الطبيعية في جميع المختبرات التي تتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم بالنسبة لبعضها البعض (مبدأ نسبية الحركة) ، فاكتشاف وجود حد أقصى للسرعة يمثل أيضا "قانونا طبيعيا" أي أن الحد الأقصى للسرعة يأخذ نفس القيمة بالضبط في جميع المختبرات وللضوء تلك الخاصية بناء على ذلك لا تمثل سرعة الضوء ببساطة سرعة انتشار ظاهرة طبيعية معينة فقط وإنما تلعب دورا مهما كحد أقصى لسرعة المادة والطاقة.أوضحت النظرية النسبية أن وجود حد

أقصى للسرعة يعود إلى طبيعة الكون نفسه ويكون من المضحك لو ظننا أن التقدم التكنولوجي سيمكننا يوما ما من التفوق على سرعة الضوء وتلعب سرعة الضوء دورا غير عادي في الطبيعة فهي تمثل تلك السرعة بالذات التي تحدد انتشار أي حدث على الإطلاق فإما أن يكون الضوء أسرع من الحدث أو تصل سرعته في الحالة القصوى إلى سرعة الضوء.

ماذا إذا انقسمت الشمس؟

كان العلماء في الماضي قبل اكتشاف النظرية النسبية يعتقدون أن التغير في حركة الأرض يتم في لمح البصر بعد انقسام افتراضي في الشمس بسبب عدم معرفتهم بوجود هذا الحد الاقصى للسرعة فالضوء يستغرق ٨ دقائق ليصل من الشمس إلى الأرض. وفي الواقع ستظهر التغيرات في حركة الأرض أيضا بعد ٨ دقائق من انقسام الشمس وخلال تلك الفترة الزمنية ستبقى الأرض كما ولو لم يحدث للشمس أي شيء وبصفة عامة فلا يمكن لحدث معين يحدث للشمس أو عليها أن يؤثر على الأرض إلا بعد مرور تلك الثمان دقائق وبالطبع لا تسلبنا السرعة المحدودة لانتشار الإشارات إمكانية إثبات آنية حدثين إذ يمكننا ببساطة حساب زمن التأخير وأخذه في الاعتبار.بذلك تصبح طريقة إثبات وقوع حدثين آنيا متفقة تماما مع الطبيعة النسبية لهذا المدلول فلحساب زمن التأخير لا بد من قسمة المسافة بين النقطتين التي وقع فيهما الحدثان على سرعة انتشار الإشارتين وقد علمنا من قبل بالمدلول النسبي للمكان.

الأحداث السابقة والأحداث اللاحقة

نريد تسمية قطارنا ذو الأضواء البارقة "بقطار أينشتاين". ونفرض أن ميكانيكية أبوابه لا تعمل كما ينبغي بحيث يلاحظ الراكب انفتاح الباب الخلفي بزمن قدره ١٥ ثانية يرى الواقف على رصيف المحطة أن الباب الخلفي يفتح قبل الباب الأمامي بزمن قدره : ٤٠ - ١٥ = ٢٥ ثانية (انظر نسبية التزامن) هذا معناه انه من الممكن أن يشاهد حدث من أحد المختبرات سابقا لغيره ويشاهد من مختبر آخر لاحقا له. يتبادر لنا في الحال أن نسبية ملولي "الأسبقية" و"التلاحق" لا بد وأن تكون محدودة. فلا يمكن أن نسمح (من وجهة نظر أي من المختبرات) أن يولد ابن قبل أمه.فعند حدوث بقعة على الشمس تظهر للمشاهد الذي يرصد الشمس بمنظاره بعد ٨ دقائق وأي عمل ينجزه بعد ذلك يكون لاحقا مطلقا لظهور بقعة الشمس أي يكون العمل لاحقا للبقعة من وجهة نظر مختبر نراقب منه كلا من المشاهد والبقعة وبالعكس كل شيء يحدث للمشاهد في وقت سابق يزيد ٨ دقائق من لحظة رؤيته للبقعة (بحيث يكون شعاع الضوء الحامل للحدث قد وصل الشمس قبل حدوث البقعة) يكون سابقا مطلقا أما إذا أشعل المشاهد سيجارته مثلا في لحظة بين حدوث البقعة

الشمسة ورؤيته لها فلا تكون العلاقة الزمنية بين حدوث البقعة وإشعال السيجارة علاقة مطلقة.يصبح في إمكاننا التحكم عن طريق ضبط حركتنا بالنسبة لكل من البقعة والمشاهد بحيث نرى المشاهد يشغل سيجارته قبل أو بعد ظهور بقعة الشمس أو حتى في نفس وقت ظهورها لنا ، وذلك بحسب اختيار سرعتنا واتجاه حركتنا.

يبين مبدأ النسبية بذلك وجود ثلاثة علاقات زمنية للاحداث لاحقة المطلقة والتي هي ليست سابقة ولا لاحقة وإنما تعتمد على المختبر الذي نراقب منه الأحداث.

من المستحيل التحرك بسرعة الضوء؟

بالاعتماد على النظرية النسبية الخاصة فإن الطاقة الكلية للجسم تزداد مع ازدياد سرعة الجسم و تصل إلى اللانهاية عندما يصل الجسم إلى سرعة الضوء هذا يعني أننا نحتاج إلى كمية لا نهائية من الطاقة حتى نقوم بتسريع الجسم كي يبلغ سرعة الضوء.

سرعة الضوء

سرعة الضوء عبر الفراغ هي ثابت فيزيائي عالمي هام في العديد من مجالات الفيزياء يرمز له في العادة بالرمز c و تساوي قيمته بدقة ٢٩٩,٧٩٢,٤٥٨ متر لكل ثانية و هو رقم دقيق لأن طول المتر يعرف حالياً وفقاً لقيمة هذا الثابت وللمعيار الدولي للوقت وهو ما يعادل بعد التقريب لثلاثة أرقام معنوية ٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر في الثانية أو حوالي مليار كيلومتر لكل ساعة بموجب النسبية الخاصة سرعة الضوء (أو الثابت c) هي أقصى سرعة تستطيع أن تسافر بها كل أشكال الطاقة أو المادة أوالمعلومات في الفضاء وهي سرعة سفر الجسيمات عديمة الكتلة ومجالاتها المتلازمة (بما في ذلك الاشعاع الكهرومغناطيسي مثل الضوء) عبر الفراغ و هي أيضا سرعة الجاذبية (الخاصة بأمواج الجاذبية) التي تنبأت بها النظريات الحالية وتسافر تلك الجسيمات والأمواج بالسرعة c أيا كانت سرعة المصدر والآطار المرجعي العطالي للمراقب في نظرية النسبية الثابت c يرابط بين المكان والزمان ويظهر أيضا في المعادلة الشهيرة لتكافؤ المادة والطاقة $E = mc^2$ ينتشر الضوء في المواد الشفافة مثل الزجاج والهواء بسرعة أقل من c تدعى النسبة بين c وبين سرعة الضوء في مادة ما v بقرينة الانكسار n لتلك المادة ($n=c/v$) مثال تساوي عادة قرينة انكسار الضوء المرئي عند مروره بالزجاج حوالي ١.٥ معنى ذلك أن الضوء يسير في الزجاج بسرعة $v = c/1.5 \approx 200{,}000$ km/s وللهواء تساوي قرينة الانكسار ١.٠٠٠٣ وبالتالي تقل سرعة الضوء المرئي في الهواء بحوالي ٩٠ كم /ث عن c.

كان الإنسان في الماضي يعتبر أن الضوء ينتقل لحظيا بسبب سرعته العظيمة ثم أوضح أوول رومر عام ١٦٧٦ أن للضوء سرعة محدودة بدراسة الحركة الظاهرية لقمر المشتري أيو في عام ١٨٦٥ اقترح ماكسويل بأن الضوء هو موجة كهرومغناطيسية وبالتالي ظهرت السرعة c في نظريته للكهرومغناطيسية افترض ألبرت أينشتاين استقلال سرعة الضوء عن حركة المصدر لأي اطار عطالي وأثبت ثباتها واكتشف كل العواقب المتعلقة باشتقاقه النظرية النسبية وأوضح أن c هي ثابت طبيعي ولا تنحصر فقط في سياق الضوء والظواهر الكهرومغناطيسية بعد قرون من القياسات المتزايدة الدقة عرفت سرعة الضوء عام ١٩٧٥ بكونها تساوي ٢٩٩,٧٩٢,٤٥٨ م/ث مع ريبة في القياس تساوي ٤ أجزاء بالبليون عام ١٩٨٣ تم

اعادة تعريف المتر في نظام الوحدات الدولي بأنه المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال ٢٩٩٧٩٢٤٥٨/١ ثانية وبالتالي قيمة c العددية بوحدة م/ث هي الآن قيمة ثابتة بالضبط نسبة إلى تعريف المتر.

سرعة الضوء وقياس المسافات

في معظم الحالات العملية يمكن اعتبار أن الضوء يتحرك بشكل فوري حيث أن سرعته كبيرة جدا جدا ولكن عند قياس المسافات الطويلة كقياس بعد نجم عنا أو في تجارب قياس الزمن الدقيقة فلا بد من أخذ سرعة الضوء في الاعتبار فمثلا عند الاتصال بمسبار على المريخ تستغرق الإشارة عشر دقائق ويتأتينا إشارته خلال ١٠ دقائق أخرى (بحسب موقعة بالنسبة للأرض).

و قد ابتكر الفزيائيون والفلكيون طريقة لتسهيل قراءة المسافات بيننا وبين النجوم بسبب بعدها الكبير عنا و هي طريقة قياس المسافات بالسنة الضوئية على أساس أن سرعة الضوء في الفراغ ثابتة دائما وتبلغ نحو ٣٠٠.٠٠٠ كيلومتر في الثانية فيمكننا القول بأن الشمس تبعد عنا ١٥٠ مليون كيلومتر أو القول بأن المسافة بينهما تبلغ ٨ دقائق يستغرق الضوء عند خروجه من الشمس حتى يصلنا الضوء الذي نراه من النجوم يكون قد غادرها منذ سنوات عديدة أي أذنا عندما نشاهد نجوما أبعد إلى أبعد فإذنا نشاهدها على حالها في الماضي. أقرب المجرات إلينا مجرة المرأة المتسلسلة وهي تبعد عنا نحو ٣ و٤ سنة ضوئية.

لا يوجد في الطبيعة سرعة أكبر من سرعة الضوء و هذه السرعة أيضا تحدد السرعة النظرية لعمل الحواسيب حيث أن المعلومات تنتقل داخل الحاسوب كتيارات كهربائية من رقاقة لأخر. وتنتقل جميع الموجات الكهرومغناطيسية أيضا بسرعة الضوء إذ أن الضوء نفسه عبارة عن موجات كهرومغناطيسية.

قيمة الثابت

قيمة c الدقيقة هي ٢٩٩,٧٩٢,٤٥٨ متر في الثانية(١,٠٧٩,٢٥٢,٨٤٨.٨ كيلومتر في الساعة) في الفراغ. لاحظ أن هذه السرعة هي تعريف وليس قياس منذ أن تم توحيد الوحدات العالمية، تم تعريف المتر على أنه المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال ٢٩٩,٧٩٢,٤٥٨/١ من الثانية .

عند عبور الضوء خلال مواد شفافة مثل الزجاج أو الهواء تقل سرعته. النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعته خلال مادة تسمى معامل الانكسار - Index Of Refraction على سبيل المثال معامل انكسار الزجاج يساوي تقريبا ١.٥ و هذا يعني ان الضوء يمر عبر الزجاج بسرعة $200{,}000\ km/s \approx c/1.5$. معامل انكسار الهواء هو ١.٠٠٠٣ إذا فإن سرعة الضوء في الهواء ابطأ من سرعته في الفراغ c بنحو ٩٠ km/s.

كذلك تتغير سرعة الضوء بتأثير الجاذبية ما يولد ظاهرة عدسات الجاذبية - Gravitational Lensing.

في أغلب الحالات العملية يمكن اعتبار سرعة الضوء على أنها سرعة لحظية حيث أن سرعة الضوء كبيرة جدا جدا ولكن حين نأتي لقياس مسافات طويلة مثل بعد النجوم عنا أو القياسات الزمنية الدقيقة فلا بد من أخذ سرعة الضوء في الاعتبار. في الاختبارات والتجارب التي تجريها مركبات فضائية على مسافات بعيده في الفضاء الخارجي فإن إرسال رسالة ما إلى إحدى هذه المركبات أو استقبال أشاراتها يأخذ عدة دقائق إلى ساعات بحسب بعدها عنا فمثلا أرسال إشارة لاسلكية لتشغيل مسبار على سطح المريخ قد يستغرق نحو ١٠ دقائق (بحسب موقعه بالنسبة للأرض حيث يتغير باستمرار) وتصلنا إشارة المسبار هي الأخرى بعد نحو ١٠ دقائق أخرى.

ونظرا لأن المسافات بين الأرض والنجوم مسافات كبيرة جدا فقد ابتكر الفزيائيون والفلكيون طريقة لتسهيل قراءة تلك المسافات و هي قياس المسافة بالسنة الضوئية وطبقا لذلك فنستطيع القول أن المسافة بين الأرض والشمس هي ١٥٠ مليون كيلومتر أو أن المسافة بينهما ٨ دقائق كان اولي رومر أول من برهن ان الضوء يسير بسرعة ثابته وذلك في عام ١٦٧٦ حيث قام بدراسة التحركات الجليه لإحدى اقمار كوكب المشتري في عام ١٨٦٥ افترض جيمس ماكسويل ان الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic waves.

إحدى نتائج قوانين الكهرومغناطيسية (مثل معادلات ماكسويل) هي أن c هي سرعة الأمواج الكهرومغناطيسية و هي لا تتعلق بسرعة الجسم الذي يطلقها أي أن سرعة موجة ضوئية منبعثة من جسم متحرك لا تختلف باختلاف سرعة المصدر. ستكون سرعة الضوء ثابتة (مع أن لون شعاع الضوء ستختلف إذ سيختلف طول موجته وهذا ما يسمى بتأثير دوبلر).

كانت استنتاجات ماكسويل المذهلة هي الصيغة التالية التي تمثل سرعة الضوء:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

حيث:

c - سرعة الضوء أو الموجة الكهرومغناطيسية

μ_0 - معامل النفاذية وقيمته $4\pi \times 10^{-7}$ H/m (هنري\متر)

ε_0 - معامل السماحية وقيمته $8.854187817 \times 10^{-12}$ F/m (فاراد\متر)

إذا ما أضفنا إلى ذلك الاستنتاجات من النظرية النسبية يقودنا ذلك إلى أن جميع المتفرجين سوف يقيسوا سرعة الضوء بالفراغ متساوية باختلاف سرعتهم و سرعة الأجسام التي تطلق الضوء هذا ما قد يقودنا إلى رؤية c كقيمة كونية ثابتة وأساساً

للنظرية النسبية من الجدير بالذكر ان القيمة c هي القيمة الكونية وليس سرعة الضوء فاذا تم التلاعب بسرعة الضوء بطريقة أي كانت لن تتأثر النظرية النسبية بذلك.

حسب التعريف الدارج الذي تم وضعه سنة ١٩٨٣ سرعة الضوء هي بالضبط ٢٩٩,٧٩٢,٤٥٨ متر في الثانية، تقريباً ٣ × ٨٨١٠ متر في الثانية، أو ٣٠ سنتيمتر/نانو ثانية.

العلاقة بين سرعة الضوء وطول الموجة

يمثل طول الموجة عادة بالحرف الإغريقي لامدا الباي (λ). وتربط المعادلة البسيطة التالية العلاقة بين طول الموجة الضوئية وتردد ها وسرعتها ، أي سرعة الضوء c:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

حيث:

fهو تردد الموجة.

سرعة تقدم الموجة الضوئية في الفراغ تساوي ٣10^8m_sec. ، وتمثل دائما بالحرف c.

ونظرا لكون الضوء ما هو إلا موجة كهرومغناطيسية فإن هذه المعادلة تنطبق أيضا على جميع الموجات الكهرومغناطيسية على اختلاف أنواعها من موجة راديوية (لاسلكية) أو أشعة فوق البنفسجية أو أشعة تحت الحمراء أو موجة ميكروويف أو أشعة سينية أو أشعة غاما.

من تلك المعادلة يمكن استنتاج تردد الموجة بمعرفة طول الموجة. فمثلا إذا كان طول موجة شعاع الاسلكي ٣٠ سنتيمتر يكون تردده ١ جيجا هرتز.

ونلاحظ استخدام الوحدات :

- فمثلا نقيس سرعة الضوء بالمتر/الثانية أو السنتيمتر/ ثانية ،
- ونقيس طول الموجة بالمتر أو بالتالي سنتمتر ،
- فينتج التردد ١/ثانية ، أي هرنز ، حيث أن ١ هرتز = ١/ثانية.

اشتقاق سرعة الضوء من معادلات ماكسويل

قام ماكسويل بتجميع أربع معادلات شهيرة في الكهرمغناطيسية هي:

- قانون غاوس لتدفق الحقل الكهربائي : $\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$
- قانون غاوس للمغناطيسية : $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
- قانون الحث لفراداي : $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$

- قانون أمبير : $\nabla \times \mathbf{B} = \mu \mathbf{J}_c$

إضافة لذلك فقد عمل ماكسويل على تعميم قانون أمبير للمجالات المتغيرة زمنياً وأصبحت العلاقة بالصورة $\nabla \times \mathbf{H} = \mu \mathbf{J} + \mu\epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$

حين قام ماكسويل بحل هذه المعادلات الأربع في الفراغ وتوصل إلى الصلة الوثيقة بين سرعة الموجة الكهرومغناطيسية وبين ثابت العازلية وثابت المغناطيسية .

يمكن إعادة المعادلات السابقة على افتراض أن الضوء ينتشر في الفراغ حيث لاتوجد أي شحنات كهربائية أي أن p=0 وJ=0 فتصبح بالصورة

- $\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$
- $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
- $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
- $\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$

لإيجاد معادلة الموجة يجب إيجاد المشتقة الثانية في كل من الزمن والفضاء. بداية بأخذ الالتواء لطرفي المعادلة الثالثة وبتعويض النتيجة في المعادلة الرابعة نجد أن:

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -\frac{\partial \nabla \times \mathbf{B}}{\partial t}$$

من نظرية تفاضل المتجه نعلم أن

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -\nabla^2 \mathbf{E} + \nabla \cdot (\nabla \cdot \mathbf{E})$$

على هذا الأساس تصبح

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

و هذه معادلة موجة في ثلاثة أبعاد، وللتبسيط يمكن دراستها في بعد واحد بالشكل

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

بالبحث عن حل للمعادلة الجيبية، بدلالة السرعة والطول الموجي يفترض أن تكون

$$E = E_0 sin(2\pi \frac{x - vt}{\lambda})$$

بمفاضلة هذه المعادلة مرتين نحصل على

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = -E_0 \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 sin\left(2\pi \frac{x - vt}{\lambda}\right)$$

و

$$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = -E_0 \left(\frac{2\pi v}{\lambda}\right)^2 sin\left(2\pi \frac{x - vt}{\lambda}\right)$$

بالتعويض عنها مرة أخرى في معادلة الموجة نجد أنها تمثل حلاً شريطة أن

$$v^2 = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$$

أثارت هذه النتيجة فضول أينشتاين وكانت السبب الرئيس في تطويره لنظرية النسبية الخاصة

يقول البرت اينشتين في مجلة العلوم:

إن صياغة القوانين الدقيقة للزمان والمكان كانت من نتاج ماكسويل تخيلوا كيف كان شعوره عندما برهنت له المعادلات التفاضلية التي صاغها بأن المجالات الكهرومغنطيسية تنتشر على هيئة موجات مستقطبة، بسرعة الضوء! قلة من الناس في العالم هم تقبلوا مثل هذه التجربة.. لقد أستغرق الفيزيائيون بضعة عقود لاستيعاب اكتشاف ماكسويل بشكل ملحوظ تماماً، فيالها من وثبة جريئة فرضتها عبقريته على زملائه في هذا المجال (العلوم، مايو ٢٤، ١٩٤٠)

سرعة الضوء في المواد

تختلف سرعة الضوء خلال مروره في المواد حسب طبيعة شفافيتها حيث تصبح اقل من تلك المحسوبة في الفراغ وذلك بالعلاقة:

$$n=\sqrt{\epsilon_r \mu_r} = c/v_p$$

حيث:

n معامل انكسار الضوء في المادة أكبر من الواحد لغير الفراغ،

ε_r معامل السماحية النسبي للمادة أكبر من الواحد لغير الفراغ،

μ_r معامل النفاذية النسبي أكبر من الواحد لغير الفراغ.

v_p سرعة الضوء في المادة

تصف الفيزياء الكلاسيكية الضوء على أنه نوع من الموجات الكهرومغناطيسية والتي تنبأت معادلات ماكسويل بأن سرعتها معتمدة على ثابت العازلية ε وثابت المغناطيسية μ بالمعادلة السابقة.

بالمقابل فإن نظرة فيزياء الكم للضوء والمجال الكهرومغناطيسي في كهروديناميكا الكم (QED)، على أنها عبارة عن إثارات أو كمات من المجال الكهرومغناطيسي تدعى الفوتونات هذه الفوتونات عبارة عن جسيمات عديمة الكتلة ووفقاً للنسبية الخاصة.

هناك نظرة أبعد في كهروديناميكا الكم لأحتمال وجود كتلة للفوتونات وبالتالي تكون سرعتها معتمدة على ترددها وعلى السرعة اللامتغيرة والتي يمكن أن تكون سرعة الضوء في الفراغ هي أعلى قيمة حدية لها من النسبية الخاصة حتى اليوم لم تلاحظ أي ظواهر تؤكد ذلك عملياً تم الوصول لقيم حدية عليا بشأن كتلة الفوتون وإن اختلفت من نموذج لآخر على سبيل المثال فإن أعلى قيمة حدية من نظرية بروكا هي حوالي 10^{-57} غرام ألية هيغرز تعطي حداً أعظمياً تجريبياً مقداره، $m \geq 10^{-64}$ ev\c (حوالى 2×10^{-47} g).

هناك سبب آخر يدعو للاعتقاد باعتمادية سرعة الضوء على تردده و هو فشل تطبيق النسبية الخاصة على القياسات الصغرية بنفس ما تنبأت به نظريات مقترحة مثل ثقالة الكم. في ٢٠٠٩، وجدت مراقبة انفجارات غاما عدم وجود أي فرق في سرعة الفوتونات المختلفة الطاقة، مؤكدة صحة لاتباين-لورتنز على الأقل نزولا حتى مقياس طول بلانك ($l_P = \sqrt{\hbar G/c^3} \approx 1.6163\times10^{-35}$ م (مقسومة على ١.٢.

تاريخ

لم تكن سرعة الضوء أمراً مؤكداً حتى عهد قريب كان أمبدوقلس أول من أشار إلى محدودية سرعة الضوء ولذلك فكان لزاماً أن يستغرق وقتاً في انتقاله وعلى العكس من ذلك أصر أرسطو بأن "الضوء هو تعبير عن وجود شيء ما إلا أنه ليس بحركة" اقترح أقليدس نظرية الاشعاع في الابصار (والتي روج لها كذلك بطليموس) القائلة بأن الضوء ينبعث من العين بدلاً من دخوله العين من مصدر آخر وباستخدام هذه النظرية طور هيرون السكندري مقولة أن سرعة الضوء هي حتماً غير محدودة لأن الأجرام البعيدة كالنجوم تظهر فوراً بمجرد أن نفتح أعيننا.بداية وافق الفلاسفة المسلمون المبكرون على وجهة نظر أرسطو في أن سرعة الضوء غير محدودة إلا أنه في عام ١٠٢١ نشر الفيزيائي المسلم ابن الهيثم كتاب البصريات وفيه استخدم تجارب لدعم نظرية الولوج في الابصار حيث ينتقل الضوء من جرم إلى العين، مستخدماً آلات مثل كاميرا اوبسكيورا (صندوق مظلم) الأمر الذي أدى بابن الهيثم لأن يقترح أن الضوء لذلك حتماً له سرعة محددة وأن سرعة الضوء تتغير إذ تنقص في الأجسام الأكثر كثافة وقد جادل بأن الضوء هو "مادة محسوسة" يتطلب انتشارها وقتاً "حتى لو كان مخفياً عن حواسنا" ويقال أن وصول ابن الهيثم لهذه النظريات كانت خلال الأعوام التي قضاها في السجن إبان فترة الحاكم بأمر الله في مصر استمر هذا الجدل في أوروبا والعالم الإسلامي طوال العصور الوسطى.

في القرن الحادي عشر وافق أبو الريحان البيروني على أن الضوء له سرعة محددة ولاحظ أن سرعة الضوء تكون أعلى من سرعة الصوت وفي عقد ١٢٧٠ أخذ ويتلو في الاعتبار احتمال أن ينتقل الضوء بسرعة غير محدودة في الفراغ وأن يبطئ في الأجسام الكثيفة وفي تعليق على آية في ريكفدا في القرن الرابع عشر من الباحث الهندي سايانا يمكن تفسيره على أنه تقدير لسرعة الضوء في اتفاق كبير مع السرعة الفعلية وفي عام ١٥٧٤، وافق الفلكي العثماني والفيزيائي تقي الدين بن معروف مع ابن الهيثم على أن سرعة الضوء ثابتة ولكنها تتغير في الأجسام الأكثف واقترح أن الضوء سيستغرق وقتاً طويلاً للوصول من النجوم التي تبعد ملايين الكيلومترات ليصل الأرض.

في مطلع القرن السابع عشر آمن يوهانس كلير أن سرعة الضوء غير محدودة لأن الفراغ ليس فيه معوقات للضوء وجادل فرانسيس بيكون أن سرعة الضوء لم تكن بالضرورة غير محدودة، إذ أن شيئاً يمكنه السفر بسرعة أعلى من أن ندركها وقد جادل رينيه ديكارت بأنه لو كانت سرعة الضوء محدودة فإن الشمس والأرض والقمر سيظهرون على غير خط واحد أثناء الخسوف القمري ولما كنا لا نشاهد عدم الإتساق هذا فقد استنتج ديكارت أن سرعة الضوء غير محدودة وقد خمن ديكارت بأنه لو وجد أن سرعة الضوء محدودة فإن ذلك سيقوض كل نظام فلسفته!

تأثر سرعة الضوء بسرعة المصدر

نظراً لان المجرة تسير بسرعة عالية جداً ومن ضمنها الأرض والرقم الذي حسبته ٥٠٠٠ كيلومتر في الثانية فلو كان الضوء مستقل على الطاقة الحركية لمصدر الضوء فإن هذا يعني ان سرعة الضوء النسبية لحركة الأرض في المجرة سوف تختلف مما يعني ظهور صورة لجسم ساكن وبعيد سوف يختلف مع دوران الأرض حول نفسها وذلك لان السرعة النسبية سوف تختلف ولكن ظهور صورة الجسم في نفس المكان يعني أن الضوء يسير متأثر بسرعة المصدر.

أسرع من الضوء

أسرع من الضوء تدل على انتقال المعلومات أو المادة بسرعة أكبر من سرعة الضوء تحت تعريف النظرية النسبية لكي نجعل جسم يتحرك بسرعة تصل إلى سرعة الضوء فإننا نحتاج إلى طاقة لا نهائيه أوأن يكون الجسم ذا كتله صغيره جدا تقترب من الانعدام لانه كلما ازدادت السرعة النسبية تزداد معها الكتلة النسبية وبذلك يزداد القصور الذاتي حتى إذا بلغت سرعة الضوء تصبح الكتلة لا نهائية بالرغم من ذلك فإن النسبية لا تقول بعدم وجود جسيمات تتحرك بسرعة أكبر من سرعة الضوء في كل وقت.

النيوترينات

في أواخر سبتمبر ٢٠١١ أعلن خبراء سيرن في إطار الاختبار الدولي "أوبرا" أن نيوترينات اجتازت نفقاً يبلغ طوله ٧٣٠ كيلومترا يفصل بين منشآت المركز الأوروبي للأبحاث النووية "سيرن " في جينيف ومختبر "سان جراس " في أيطاليا بسرعة ٣٠٠٠٠٦ كيلومترات في الثانية أي ٧ كيلومترات في الثانية أكثر من سرعة الضوء (١.٠٠٠٠٢ قدر سرعة الضوء). ونشر علماء المركز الأوروبي للأبحاث النووية "سيرن" نتائج التجربة المعروفة باسم "تجربة أوبرا" الجمعة، والتي استخدمت فيها أجهزة قياس ورصد فائقة الدقة لرصد سرعة ١٥ ألف "نيوترينو" أثناء انتقالها من مركز "سيرن" في سويسرا إلى مركز أبحاث " غران ساسو" قرب العاصمة الإيطالية روما بيد أن تجارب أعيدت لاحقاً شككت في صحة القياسات كما تبين وجود خلل في منفذ استلام إشارة التزامن للحاسوب كانت السبب في ظهور هذا الخطأ.

سرعة ضوء متغيرة

سرعة ضوء متغيرة variable speed of light (VSL) مفهوم ينص على أن سرعة الضوء في الفراغ التي يرمز لها غالباً c قد لا تكون ثابتة في بعض الحالات في غالبية حالات فيزياء المواد المكثفة عندما ينتقل الضوء خلال وسط فإن سرعته تقل بفعالية يمكن للفوتونات الافتراضية في بعض الحسابات في نظرية الحقل الكمي

أن تنتقل بسرعات مختلفة لمسافات قصيرة، ومع ذلك، هذا لا يقتضي أن أي شيء يمكن أن يسافرأسرع من الضوء بينما يعتقد ألا معنى يمكن عزوه إلى كمية بعدية مثل سرعة الضوء المتغيرة زمنياً (بالمقارنة بعدد لابعدي مثل ثابت البنية الدقيقة) في بعض النظريات الكونية المثيرة للجدل تتغير سرعة الضوء أيضا بتغيير فرضيات النسبية الخاصة وبالرغم من ذلك فإن هذا يتطلب إعادة كتابة الكثير من الفيزياء الحديثة لإبدال النظام الحالي والذي يعتمد على الثابت c.

تغير c في الفيزياء الكلاسيكية

يعتقد بأن الفوتون والذي يعد جسيماً وسيطاً في القوة الكهرومغناطيسية هو عديم الكتلة إن ما يدعى بفعل بروكا يصف نظرية عن فوتون كتلي كلاسيكياً من الممكن أن يكون هناك فوتون خفيف الوزن لأبعد الحدود ولكن بكتلة مع ذلك كما هو الحال مع النيوترينو هذه الفوتونات يمكن أن تنتقل بسرعة أقل من سرعة الضوء المعرفة في النسبية الخاصة ولها ثلاثة إتجاهات من الاستقطاب لكن في نظرية الحقل الكمومي لاتتسق كتلة للفوتون مع لاتباين غيج أو أعادة التوحيد ولذلك فإنها تهمل عادة ومع ذلك فإن النظرية الكمومية للفوتون الكتلي يمكن أن تؤخذ بعين الاعتبار في نظرية الحقل الفعالة الويلسونية والمقاربة لنظرية الحقل الكمومي حيث أنه اعتماداً على ما إذا كانت كتلة الفوتون قد تولدت في آلية هيغز أم أُدرجت بطريقة ما لهذا الغرض فإن القيم الحدية المقتضاة من ملاحظات وتجارب مختلفة قد تبدو مختلفة.

تغير c في نظية الحقل الكمي

في نظرية الحقل الكمي يشير مبدأ الريبة لهيزنبيرغ إلى إمكانية انتقال الفوتونات عند أي سرعة للمسافات القصيرة. تعرف هذه في تفسيرمخطط فينمان للنظرية باسم "الفوتونات الافتراضية " ويتم تمييزها من انتشارها بعيداً عن قشرة الكتلة يمكن لهذه الفوتونات أن تمتلك أي سرعة، بما في ذلك سرعات أكبر من الضوء في محاضرة لريتشارد فايمن، يقول فيها:

يقول ريتشارد فاينمان في إحدى محاضراته

بالرغم من ذلك فإن الفوتونات لا تتناقض مع مبدأ السببية أو النسبية الخاصة بما أن ملاحظتها غير ممكنة بشكل مباشر ولا يمكن نقل المعلومات في النظرية على نحو سببي مخططات فيمان والفوتونات الافتراضية لا تفسر على أنها تصور فيزيائي لما هي عليه حقيقة ولكن كأداة حسابية مناسبة بدلاً من ذلك (وهذا يحدث أحياناً مع مسألة متجهات أسرع من الضوء).

النجوم

النجوم عبارة عن كرة من الغازات المرتبطة معاً بوساطة جاذبيتها الخاصة وأقرب نجم إلى الأرض هو شمسنا ولذلك لدينا مثال قريب يستطيع علماء الفلك دراسته بالتفصيل ويمكن تطبيق الدروس التي نتعلمها عن الشمس على النجوم الأخرى.

حياة النجم عبارة عن صراع مستمر ضد قوة الجاذبية إذ تعمل الجاذبية باستمرار محاولةً التسبب في انهيار النجم على أية حال نواة النجم ساخنة جداً مما يؤدي إلى خلق ضغط داخل الغاز ويقاوم هذا الضغط قوة الجاذبية واضعاً النجم في حالة تعرف بالتوازن الهيدروستاتيكي (hydrostatic equiliburum) ويبقى النجم على ما يرام طالما استمر هذا التوازن الحاصل بين جاذبية سحب النجم للداخل والضغط الذي يدفع النجم نحو الخارج.

خلال معظم حياة النجم تقدم التفاعلات النووية الحاصلة في قلب النجم الحرارة والإشعاع الخاصين بالنجم وتعرف هذه المرحلة من حياة نجم ما بالتسلسل الرئيسي (main sequence) قبل وصوله إلى التسلسل الرئيسي ينكمش النجم ولا تعود نواته ساخنة أو كثيفة بما فيه الكفاية لبدء التفاعلات النووية من جديد إذاً حتى وصول النجم إلى التسلسل الرئيسي يستمر تزويده بالدعم الهيدروستاتيكي من قبل الحرارة المتولدة جراء الانكماش.

في مرحلة ما ستنفذ المواد التي يستخدمها النجم من أجل إشعال عملية الاندماج النووي في قلبه وعندما ينفذ الوقود النووي منه تبدأ المرحلة النهائية من حياته في التسلسل الرئيسي إذا كان النجم كبير بما فيه الكفاية قد يعاني سلسلة من التفاعلات النووية الأقل فعالية لينتج الحرارة الداخلية ومع ذلك في نهاية المطاف لن تستطيع هذه التفاعلات بعد ذلك توليد كمية من الحرارة كافية لجعل النجم يقاوم جاذبيته الخاصة وحينها يبدأ النجم بالانهيار.

التطور النجمي

يولد النجم ويعيش ويموت كأي شيءٍ آخر في الطبيعة وباستخدام مراقبات النجوم التي تشمل جميع مراحل حياتها أنشأ علماء الفلك دورة حياة لكل النجوم التي رصدوها ومصير وحياة أي نجم يعتمد بالدرجة الأولى على كتلته.

تبدأ كل النجوم حياتها من انهيار المواد الموجودة في سحابة جزيئية عملاقة هذه السحب عبارة عن سحب تشكلت بين النجوم وتتألف أساساً من الغاز الجزيئي والغبار يتسبب الاضطراب داخل السحابة بتشكل عقد يمكنها الانهيار تحت تأثير جاذبيتها الخاصة مع انهيار هذه العقد يبدأ تسخين المواد الموجودة في المركز ويعرف هذا القلب الساخن بالنجم البدائي protostar) (وسيصبح في نهاية المطاف نجماً مكتملاً.

لا تنهار السحابة إلى نجم واحد كبير فقط، وإنما ستكون كل عقدة مختلفة من المواد

النجم البدائي الخاص بها ولهذا السبب تسمى هذه السحب في كثير من الأحيان بالحاضنات النجمية (stellar nuseries) لأنها الأماكن التي تتشكل فيها العديد من النجوم مع استمرار النجم البدائي باكتساب المزيد من الكتلة يصبح قلبه أكثر سخونة وأكثر كثافة وفي مرحلة ما سيكون ساخناً بما فيه الكفاية، وكثيفاً بما فيه الكفاية لبدء صهر الهيدروجين إلى هليوم وحتى تبدأ عملية الاندماج النووي الحراري هذه يجب أن تكون درجة حرارة القلب ١٥ مليون كلفن وعندما يبدأ النجم البدائي بصهر الهيدروجين سيدخل في طور التسلسل الحقيقي لمراحل حياة النجوم الموجودة في التسلسل الرئيسي هي تلك التي تقوم بصهر الهيدروجين إلى هليوم داخلها ويمنع كل من الإشعاع والحرارة الناجمين عن هذا التفاعل، قوة الجاذبية من التسبب في انهيار النجم خلال هذه المرحلة من حياته وهذه المرحلة هي الأطول في مراحل حياة النجم ستقضي شمسنا حوالي ١٠ مليار سنة وهي تمر في التسلسل الرئيسي ومع ذلك فإن النجوم الأكثر ضخامة تقوم باستهلاك وقودها بشكلٍ أسرع وبالتالي تستمر السلسلة الرئيسية لحياتها ملايين السنين فقط.

في نهاية المطاف يستنفذ قلب النجم الهيدروجين وعندما يحدث ذلك لن يعود النجم قادراً على الصمود في وجه الجاذبية وستبدأ طبقاته الداخلية بالانهيار ما يؤدي إلى سحق القلب وهذا يزيد من الضغط ودرجة الحرارة في قلب النجم.في الوقت الذي ينهار فيه القلب تتوسع الطبقات الخارجية من المواد الموجودة في النجم نحو الخارج ويتوسع النجم إلى حجم كبير لم يبلغه في السابق أبداً -إذ سيكون أكبر ببضع مئات المرات! ويسمى النجم في هذه المرحلة بالعملاق الأحمر .(red giant) وما سيحصل بعد ذلك يعتمد على كتلة النجم.

مصير النجوم متوسطة الحجم

عندما يصل نجم متوسط الحجم (يمتلك كلتة أكبر من كتلة الشمس بحوالي ٧ مرات) إلى مرحلة العملاق الأحمر من حياته سيمتلك القلب ما يكفي من الحرارة والضغط لدفع الهليوم للانصهار مشكلاً الكربون مما يقدم للقلب زمن إضافي قصير قبل أن ينهار.

بمجرد انتهاء الهليوم من القلب سيلقي النجم بمعظم كتلته ليشكل سحابة من المواد التي تسمى بالسديم الكوكبي (planetary nebula) بعد ذلك سيبرد قلب النجم ويتقلص تاركاً خلفهُ كرة صغيرة وساخنة تعرف بالقزم الأبيض .(white dwarf) لا ينهار القزم الأبيض جراء قوى الجاذبية الخاصة به وذلك ناتج عن ضغط الالكترونات التي تقوم بالتنافر فيما بينها في قلب هذا النجم

دوران النجوم حول نفسها يكشف عن أعمارها

عندما كنت طفلاً كان كل عيد ميلاد سبباً للإحتفال لكن مع تقدمك بالعمر تصبح أعياد الميلاد أقل إثارة؛ فربما أنت لا تريد الاعتراف بأنك أصبحت أكبر ولاحظت أنك تصبح أبطأ مع تقدمك بالعمر لست وحدك – الأمر نفسه صحيح مع النجوم إنها تتباطأ مع تقدمها بالعمر وتحتفظ بأعمارها كأسرار يستفيد علماء الفلك حالياً من الحقيقة الأولى من أجل تعقب النجوم وقياس أعمارها بشكل دقيق.

دوران النُجوم حول نَفسِها يَكشِف عَن أعمارها

يقول سورين ميبوم (Soren Meibom) من مركز هارفارد- سيمثسونيان للفيزياء الفلكية (CfA): "هدفنا هو الحصول على ساعة يمكنها قياس الأعمار الدقيقة والصحيحة للنجوم بالاعتماد على سبينها (دورانها حول نفسها) أخذنا خطوة مهمة أخرى نحو بناء تلك الساعة". عرض ميبوم اكتشافات فريقه في مؤتمر صحفي في اجتماع الجمعية الأمريكية لعلم الفلك وتمثل نتائجهم التوسيع الأول لمثل هذه المراقبات المتعلقة بالنجوم ذات الأعمار الأطول من مليار سنة وتمتد نحو تلك التي يبلغ عمرها حوالي ٤.٦ مليار عام – وهو قريب من عمر شمسنا إن القدرة على تحديد أعمار النجوم هي الأساس في فهم كيفية انتشار الظواهر الفلكية التي تتضمن النجوم ومرافقيها مع مرور الوقت ترتبط معرفة عمر النجوم بشكلٍ خاص مع البحث عن إشارات على حياة خارجية موجودة خارج النظام الشمسي فقد تطلب الأمر وقتاً طويلاً حتى بدأت الحياة فوق الأرض بالوصول إلى تعقيدها الحالي وبوجود ساعات

نجمية دقيقة يستطيع علماء الفلك تحديد النجوم والكواكب التي يصل عمرها إلى عمر الشمس أو أكثر.

يعتمد معدل دوران النجم حول نفسه (سبينه) على عمره لأنه يتباطأ بشكلٍ منتظم مع مرور الزمن –بشكلٍ مشابه لمغزل يدور فوق طاولة ويعتمد سبين النجم أيضاً على كتلته فقد وجد علماء الفلك أن النجوم الأكبر والأثقل تميل لأن تمتلك معدلات دوران أسرع من النجوم الأصغر والأخف يوضح هذا العمل الجديد وجود علاقة رياضية وثيقة بين الكتلة، والسبين، والعمر ولذلك عبر قياس المقدارين الأولين يمكن للعلماء حساب الثالث يشرح المؤلف المشارك سيندي بارنز (Sydney Barnes) من معهد لايبنز للفيزياء الفلكية في ألمانيا: "وجدنا أن العلاقة الموجودة بين معدل الدوران والكتلة والعمر محددة بدرجة كافية جراء المراقبات وبالتالي يمكننا استخلاص أعمار النجوم المفردة بهامش خطأ يصل إلى ١٠%".اقترحت بارنز هذه الطريقة في البداية عام ٢٠٠٣ واعتمدت في ذلك على عمل سابق وسمت الطريقة دراسة الدوران الزمني (gyrochronology) هذه الكلمة قادمة من الكلمات الإغريقية (gyros) الدوران، و(chrono) الزمن/العمر، و(logo) دراسة.ولقياس سبين نجم ما يبحث علماء الفلك عن التغيرات الحاصلة في لمعانه والناتجة عن البقع المظلمة الموجودة فوق سطحه –المكافئ النجمي للبقع الشمسية على النقيض من شمسنا فإن النجم البعيد يكون عبارة عن نقطة من الضوء لا يمكن تمييز ما بداخلها ولذلك لا يستطيع علماء الفلك أن يقوموا بشكل مباشر برؤية بقعة شمسية ما أثناء عبورها القرص النجمي وبدلاً من ذلك، يراقب العلماء خفوت النجم قليلاً أثناء ظهور البقعة الشمسية وعودته إلى اللمعان بشكلٍ أكبر بعد اختفاء البقعة الشمسية جراء دورانها خارج حقل الرؤية من الصعب جداً قياس هذه التغيرات لأن النجم النموذجي يعاني من انخفاض لا يتجاوز ١%، وتحتاج البقعة الشمسية الواحدة إلى أيام من أجل عبور وجه النجم أنجز فريق العمل باستخدام بيانات المركبة الفضائية كبلر التابعة لناسا والتي تقدم قياسات دقيقة ومستمرة للمعان النجمي وكي يكون العمر المحدد عبر دراسة الدوران الزمني دقيق يجب على علماء الفلك أن يعايروا ساعتهم الجديدة عبر قياس فترات دوران النجوم حول نفسها – النجوم التي تمتلك أعمار وكتل معروفة درس ميبوم وزملاؤه في السابق عنقوداً نجمياً يبلغ عمره مليار عام وتفحص الطريقة الجديدة نجوم ذلك العنقود المعروف بـ NGC 6819 موسعة بالتالي وبشكلٍ معتبر مجال الأعمار يقول ميبوم: "تمتلك النجوم الأطول عمراً بقعاً أصغر وأقل عدداً ما يجعل من قياس فترات دورانها أمراً صعباً".

تحقق الفريق من نجوم تمتلك كتلة أكبر من كتلة الشمس بحوالي ٨٠% إلى ١٤٠% وكانوا قادرين على قياس فترات دوران ٣٠ نجم وامتدت تلك الفترات على المجال بين ٤ إلى ٢٣ يوم مقارنة مع فترة دوران الشمس حول نفسها البالغة ٢٦ يوم

تمتلك ثمان نجوم مشابهة للشمس فترة دوران تبلغ حوالي ١٨.٢ يوم تقريباً و هو أمر يوضح أن فترة دوران الشمس كانت عند تلك القيمة تقريباً عندما كان عمر ها ٢.٥ مليار عام (قبل حوالي ٢ مليار عام).بعد ذلك، قيم الفريق بضعة سيناريوهات حاسوبية موجودة من أجل حساب معدلات دوران النجوم بالاعتماد على كتلها وأعمارها ليعرفوا بالتالي أي النماذج يطابق المراقبات بشكلٍ أدق يقول ميبوم: "الآن يمكننا اشتقاق العمر الدقيق لعدد كبير من النجوم الباردة والموجودة في مجرتنا بالاعتماد على فترات دوران تلك النجوم هذه أداة جديدة ومهمة وستساعد علماء الفلك على دراسة تطور النجوم ومرافقيها ويمكنها المساعدة أيضاً في تحديد الكواكب ذات العمر المناسب من أجل نشوء وتطور الحياة المعقدة فوقها".

نشر هذا العمل على الانترنت في موقع مجلة بتاريخ ٥ كانون الثاني/يناير وهو جزء من دراسة عنقود كبلر الذي يعتبر ميبوم الباحث الرئيسي فيه.

مصير النجوم فائقة الكتلة

من المقدر أن تكون نهاية النجم العملاق الأحمر الذي يمتلك كتلة أكبر من كتلة الشمس بـ ٧ أضعاف نهاية مذهلة جداً تمر النجوم فائقة الكتلة بنفس الخطوات التي تمر بها النجوم متوسطة الكتلة أولاً تنتفخ الطبقات الخارجية للنجم العملاق بشكلٍ أكبر من نظيرتها الموجودة في النجوم المتوسطة وتُشكل عملاقاً أحمراً فائقاً (red supergiant).

بعد ذلك يبدأ القلب بالتقلص ليصبح ساخناً وكثيفاً جداً ومن ثم تبدأ عملية انصهار الهليوم إلى كربون في النواة عندما تنفذ كميات الهليوم الموجودة، تبدأ النواة من جديد بالانكماش لكن وبسبب امتلاك القلب للمزيد من الكتلة في هذه الحالة فإنه سيصبح ساخناً وكثيفاً بما فيه الكفاية لصهر الكربون إلى نيون في الواقع عندما يستهلك الكربون تحدث تفاعلات اندماج أخرى إلى أن يمتلئ قلب النجم بذرات الحديد حتى هذه النقطة تستمر تفاعلات الاندماج النووي بتقديم الطاقة مما يتيح للنجم محاربة الجاذبية ومع ذلك يتطلب صهر الحديد دَخلاً طاقياً بدلاً من إنتاج الطاقة الزائدة وبوجود قلب مليء بالحديد، سيخسر النجم معركته ضد الجاذبية ترتفع درجة الحرارة النواة إلى أكثر من ١٠٠ مليار درجة، جراء التصادمات الشديدة لذرات الحديد مع بعضها البعض وتتغلب قوى التنافر بين النوى المشحونة إيجابياً على قوة الجاذبية وعندها تنتفض النواة في قلب النجم خالقة موجة صدمة انفجارية في واحدة من أكثر الأحداث إثارة في الكون تقوم الصدمة بدفع المادة بعيداً عن النجم ضمن انفجار هائل يعرف بالسوبرنوفا(supernova) ، وفيه تُقذف المواد إلى الفضاء بين-النجمي وجراء السوبرنوفا يقذف حوالي ٧٥٪ من كتلة النجم إلى الفضاء ويعتمد مصير القلب الذي تركته السوبرنوفا ورائها على كتلته. إذا كانت كتلة القلب المتبقي تساوي حوالي ١.٤ إلى ٥ ضعف كتلة شمسنا سينهار القلب إلى نجم نيوتروني أما إذا

كان القلب أكبر من ذلك سينهار مشكلاً ثقبا أسودا من أجل أن يتحول نجم ما إلى نجم نيوتروني يجب يبدأ بكتلة تساوي ما بين ٧ إلى ٢٠ مرة ضعف كتلة الشمس قبل أن تحصل السوبرنوفا وفقط النجوم التي تمتلك كتلة أكبر من ٢٠ ضعف كتلة الشمس هي القادرة على أن تصبح ثقوباً سوداء لا تتواجد معظم المجرات وحيدة في الفضاء الواسع ولكنها مرتبطةٌ مع بعضها أو مع مجرات أخرى عبر الجاذبية فالقوة نفسها التي تحافظ على وجودك على الأرض تُحافظ على المجرات المفردة مرتبطة مع بعضها.

يمكن أن تكون المجموعات صغيرة مثل مجرتين تدوران حول بعضهما أو كبيرة مثل عنقود كوما الغني بآلاف المجرات التي توجد على مساحة يصل عرضها إلى عشرة ملايين سنة ضوئية هذه هي أكبر الأجسام المعروفة في الكون وتتمتع بكثير من الخواص التي تجعل منها مختبرات فلكيةً عظيمة.

على سبيل المثال:

- تتغير العناقيد ببطء إذ قد يحتاج العنقود النجمي إلى فترة تصل إلى عمر الكون كي يحصل فيه تغير معتبر و من ثم تحتفظ العناقيد ببصمة تتعلق بكيفية تشكلها ويجعل هذا الأمر من العناقيد طريقة جيدة لسبر تاريخ تطور الكون وبنيته.
- على النقيض من المجرات تميل العناقيد للاحتفاظ بالغاز في أنظمتها ففي المجرات يجبر الغاز على الاتجاه نحو الخارج جراء انفجارات السوبر نوفا وبكلمات أخرى فإن العناقيد هي أنظمة مغلقة وبدراسة التركيب الكيميائي للعناقيد يمكننا الحصول على تاريخ الاصطناع النووي في الكون.
- تنتج قوة الجاذبية التي تحافظ على العناقيد مرتبطة بمعظمها عن المادة المظلمة ما يجعل من العناقيد طريقة ممتازة لدراسة المادة المظلمة في الكون.

الجزء المرئي من العناقيد المجرية و هو جميع النجوم الموجودة في المجرات المكونة للعنقود يمثل قسما صغيرا جداً من المكونات الإجمالية للعنقود و من المحتمل أن تكون الجزء الأقل أهمية في العنقود على سبيل المثال يدرس العلماء إصدار الأشعة السينية القادمة من العناقيد المجرية وقد وجدوا أنها قادمة من غاز ساخن (١٠ إلى ١٠٠ مليون درجة) محتجز بوساطة قوة جاذبية العنقود ويجعل هذا الأمر من الغاز الجزء المكون لمعظم كتلة العنقود مقارنة بكتلة النجوم لكنه غير مرئي بالمطلق بالنسبة للعين البشرية يدرس العلماء في مركز غودارد لرحلات الفضاء العديد من الأشياء المتعلقة بالعناقيد المجرية لكن يمكن تقسيم هذه الأشياء إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

- **مم تتكون العناقيد؟**
- **كيف تتطور العناقيد؟**

العناقيد مؤلفة من نوعين أساسيين من المادة هما: المادة اللامعة (مثل النجوم والغاز الساخن) والمادة المظلمة التي لا تسطع بنفسها والطريقة الوحيدة لمعرفة وجودها تعتمد على تأثيرها الثقالي على المادة اللامعة وفيما لو أردنا معرفة كمية المادة المظلمة الموجودة في كامل الكون فإن علينا دراسة شيء يمثل الكون بالمجمل أي شيء كبير إن عناقيدَ المجرات هي أكبر الأجسام المعروفة في الكون ويعتقد بأنها كبيرة إلى درجة امتلاكها لنفس نسبة المادة المظلمة التي يمتلكها الكون وتهدف إحدى حقول دراسات العناقيد إلى استخدام مراقبات الأشعة السينية من أجل فهم كميات المادة اللامعة والمادة المظلمة الموجودة في العناقيد توجد معظم المادة اللامعة في

العناقيد على شكل غاز ساخن بين المجرات ويشع هذا الغاز الذي تبلغ درجة حرارته بين ١٠ إلى ١٠٠ مليون درجة بالأشعة السينية وترتبط كمية الغاز الساخن الموجود في مجرة ما ببساطة بالسطوع الإجمالي للأشعة السينية التي نرصدها من العنقود ومن ثم يمكننا إجراء قياس مباشر للمادة اللامعة بالاعتماد على مراقبات الأشعة السينية لعناقيد المجرات.

مع ذلك يمكن الاستدلال على كمية المادة المظلمة الموجودة في عنقود ما بالاعتماد على المادة اللامعة المرصودة حيث يمكننا القيام بذلك لأن العناقيد المجرية عبارة عن أنظمة "مسترخية" أي يوجد فيها توازن بين المادة المظلمة وضغط العنقود الذي يرتبط بالغاز المُصدر للأشعة السينية التي نرصدها ولذلك باستطاعتنا تقدير كميّة المادة المظلمة عبر افتراض وجود التوازن بينها وبين الغاز.

بعض الاستنتاجات المفاجئة

عندما ندرس كميةَ المادة المظلمة الموجودة في العناقيد نجد أنه على الرغم من كونها أكثر من المادة اللامعة إلا أنها لاتزال أقل بكثير مما تنبأت به "نظريات كل شيء" وأحد عواقب هذا الأمر فيما لو كان صحيحاً هو أن الكون سيستمر بالتوسع إلى الأبد: لن يكون هناك مقدار كاف من المادة لإيقاف التوسع بالاعتماد على قوة الجاذبية.

الوفرة الكيميائية في العناقيد: دليل آخر

يمضي طريق بحث آخر حالياً باستخدام أطياف الأشعة السينية لتحديد ما هي أنواع العناصر الموجودة في الغاز بين المجرات ويمكن استخدام هذه المراقبات كاختبار إضافي لنماذج العناقيد وتطورها المواد اللامعة في العناقيد ليست نفسها في كل مكان فبعض هذه المواد هي هيدروجين وهليوم بدائيان قادمان من الانفجار العظيم وبعضها عناصر أثقل مثل الأكسجين، والنيون، والمغنيزيوم، والسيليكون، والكبريت وهذه الأخيرة ولدت جراء عمليات الاندماج النووي في النجوم، أو في انفجارات السوبر نوفا قد تستطيع النماذج التي شرحت كيفية انطلاق هذه العناصر من النجوم داخل المجرات إلى العناقيد وغازات العنقود، أن تشرح أيضاً السبب الكامن وراء امتلاك بعض العناقيد كميات من المادة المظلمة أكبر من غيرها

حياة العناقيد المجرية

يتعلق بعض أكبر الأسئلة التي يتأملها علماء الكون حالياً بكيفية تشكل الكون ومن هذه الأسئلة: "لو أن كل شيء بدأ مع الانفجار العظيم عندما كانت الأشياء ساخنة جداً وناعمة جدا فكيف أصبحت الأجسام متكتلة إذًا ؟" و"كيف بدأت المجرات بالتشكل؟" تعتبر هذه الأسئلة من بين الأسئلة الأساسية جداً لكن الإجابة عنها تبدو من

الأكثر صعوبة على الإطلاق لقد مضت مليارات الأعوام على حصول الانفجار العظيم وكذلك الأمر بالنسبة لتشكل أولى المجرات فكيف يمكننا النظر إلى ما نشاهده اليوم وتخمين ما حصل سابقاً إذاً؟ إن العناقيد المجرية هي إحدى الأماكن التي يتوجب علينا النظر إليها بحثاً عن الأجوبة فهذه العناقيد عملاقة جداً إذ قد يصل عرض بعضها إلى عشرة ملايين سنة ضوئية وهي تحتوي على آلاف المجرات وفي كثير من النماذج الكونية تتشكل هذه العناقيد فائقة الكتلة انطلاقاً من عناقيد مجرية أصغر وأكثر شيوعا وفيما لو كان ذلك صحيحا فإن العناقيد المجرية المتشكلة منذ وقت طويل يجب أن تكون أصغر وسطياً من العناقيد الحديثة ويجب أن يتغير تابع الكتلة الذي يصف عدد العناقيد كتابع للكتلة بطريقة محددة مع مرور الزمن لكن كيف يمكنك النظر إلى العناقيد التي تشكلت منذ وقت طويل جداً؟ يكمن الجواب في أن الضوء يتحرك عند سرعة محددة تماما والضوء الذي نشاهده اليوم قادماً من بعض الأجسام كان في الواقع قد غادر هذه الأجسام منذ ملايين السنين وبسبب توسع الكون ينزاح مثل هذا الضوء نحو المجال تحت الأحمر وكلما كان الانزياح نحو الأحمر أكبر كلما كان الضوء قد قطع مسافة أكبر ليصل إلينا وهو ما يعني أن بإمكاننا العودة بالزّمن إلى الوراء عبر رصد الأجسام التي تنزاح نحو الاحمر كثيرًا.

وفي هذا الإطار تتجلى إحدى أكبرِ المشاكل في صعوبة النظر إلى الأجسام المنزاحة بشكل كبير نحو الأحمر فهي تميل إلى أن تكون خافتة جداً وهذا الأمر صحيح بشكل خاص عندما تريد الحصول على عينة إحصائية كبيرة كأن يأخذ المرء عينة من أجل الوصول إلى قانون عام حول النزعة المتعلقة بأحجام العناقيد المجرية على مدار أعوام طويلة من الزمن فمثل هذه النزعة مقبولة في حالة وحيدة فقط وهي عندما ترصدها في الكثير من العناقيد.

معالجة السؤال

تستخدم مجموعتنا للأبحاث مراقبات الأشعة السينية لتطوير عمليات مسح للعناقيد المجرية وتابع لمعان الأشعة السينية الإجمالي لها(XLF) فقياس هذا التابع بالنسبة لعنقود أبسط بكثير من قياس تابع كتلتهMF لكن تفسيره أصعب بكثير ولقياس XLF للعناقيد المجرية بدأ مسح ROSATواسع الحقل (أو اختصاراًWARPS (العمل في مركز غودارد للطيران الفضائي يغطّي WARPS منطقة صغيرة من السماء وبالتالي العناقيد الأقل غنى لكن الخرائط الناتجة عنه تأخذ بعين الاعتبار اللمعان المنخفض جداً ولإنجاز هذا المسح نستخدم القمر الصناعي.ROSAT

ما الذي تقدمه عمليات المسح للعناقيد؟

يبين مسح تابع XLF آخر يعرف بمسح ايزشتاين الموسع ومتوسط الحساسية (EMSS)، تقريباً عدم وجود اختلاف في توابع XLFs للعناقيد التي تمتلك قيمة انزياح

نحو الأحمر z>0.3 وتلك التي تبلغ قيمتها .z<0.3 عند الحد الأعلى لتابع اللمعان هناك إشارة على ميل أقل لوجود العناقيد عند لمعان مرتفع وذلك عند انزياحات نحو الأحمر أكبر من ٠.٣ و هذا الأمر مناقض لما توقعناه بالاعتماد على أبسط النماذج الكونية التي تتنبأ بوجود عناقيد لامعة أكثر في المراحل المبكرة.

ماذا يخبئ المستقبل؟

WARPSمشروع مستمر في العمل وقد اكتمل جزيئاً فقط وعندما يتم الانتهاء من المشروع يمكننا استخدامه من أجل توابع XLF بالنسبة للعناقيد منخفضة اللمعان يقدم كل من WARPS وعمليات المسح الأخرى عينة من العناقيد للاستخدام كمدخلات للدراسات المستقبلية التي ستجري بوساطة مهمات الأشعة السينية كمرصد تشاندرا الفضائي وتلسكوب نيوتن XMM، وستكون هذه المهمات قادرة على قياس درجات حرارة الأشعة السينية للعناقيد بما في ذلك تلك الموجودة عند انزياح كبير جدا نحو الأحمر وستسمح قياسات درجة الحرارة للعناقيد بتحديد تابع درجة الحرارة (TF) لتلك العناقيد فارتباط درجة الحرارة بالكتلة أبسط بكثير مما هو الحال مع اللمعان ومن ثم نتجنب الكثير من التعقيدات مثل الحقن الطاقي الناجم عن السوبرنوفات القديمة جداً وستسمح مقارنة توابع TFs لكل من الانزياحات المرتفعة نحو الأحمر وتلك المنخفضة بالوصول إلى قيود أفضل بكثير بالنسبة للنماذج الكونية.

العناقيد المجرية

المجموعة المحلية Local Goup ويبلغ قطرها ٢٠ مليون سنة ضوئية أما عنقود Virgo (تجمع مجرات العذراء) وعنقود مجرات Fornax فتبعد عنا نحو ٦٠ مليون سنة ضوئية ويشكل كل ذلك التجمع واحد من العناقيد الهائلة للمجرات (super clusters)

السوبرنوفا (المستعر الاعظم)

السوبر نوفا هو انفجار نجم ما في الفضاء وللسوبر وفات أهمية بالغة في مجرتنا فهي تعمل على تسخين الأوساط النجمية ونشر العناصر الثقيلة في كافة

أرجاء المجرة كما تقوم بتسريع الأشعة الكونية لكن ما الذي يودي بالنجوم إلى الانفجار؟ وهل هناك أكثر من نوع من السوبر وفات؟ يبدو في الحقيقة أنه يوجد نوعين مختلفين من السوبرنوفات: أحدها ذلك الذي يحدث لنجم وحيد وضخم ونوع آخر هو الذي يحدث لقزم أبيض موجود في نظام نجمي ثنائي جراء عملية امتصاصه للنجم المرافق.

النوع الأول: السوبرنوفا الناشئة عن نجم وحيد وضخم

تنتهي حياة النجوم التي تكبر كتلة شمسنا بحوالي ٨ مرات أو أكثر بشكل أكثر إثارة من غيرها فهي تنفجر على شكل سوبرنوفا ويحدث ذلك عندما يقل الوقود اللازم لعملية الانصهار في قلب النجم عن الحد اللازم لإنتاج ضغط للخارج يضاهي قوة سحب الجاذبية للداخل والتي تتناسب مع كتلة النجم الضخمة يبدأ النجم بالتضخم ليُصبح ما نسميه بـ "العملاق الاحمر" في بداية تلك المرحلة إذ أن لون النجم يكون أحمراً على الأقل من الخارج بينما في الداخل يبدأ قلب النجم بالانكماش تحت تأثير قوة الجاذبية ليصبح أكثر حرارة وأكثر كثافة هذا ما يحفز سلسلة جديدة من التفاعلات النووية لم تكن ممكنة سابقاً يقوم ذلك بعملية انهيار للنجم مؤقتا غير أن هذا الأمر لا يطول للأسف فبعد أن تتحول كل العناصر الموجودة داخل القلب إلى عنصر الحديد لا يبقى فيه شيء لإنتاج الطاقة (فنتيجة لتركيب ذرة الحديد لا يؤدي انصهارها إلى إنتاج أي طاقة، مما يعني عدم جدواها) فيتوقف الانصهار داخل القلب في أقل من ثانية واحدة يبدأ النجم في دخول آخر مراحل الانهيار الثقالي حيث ترتفع درجة حرارة القلب إلى ما يفوق الـ ١٠٠ مليار درجة سيليزية أثناء تصادم ذرات الحديد مع بعضها البعض ورغم وجود قوى تنافر بين الأنوية موجبة الشحنة فإن قوة الجاذبية تنتصر عليها ولذلك ينضغط القلب ومن ثم يرتد فتنتقل طاقة الارتداد تلك على شكل موجات حتى تصل إلى سطح النجم فينفجر وينتج ما نسمية بموجة الصدمة (Shock Wave). وعندما تصادف تلك الأمواج مواداً معينة عند سطح النجم تقوم بتسخينها وبالتالي صهرها مما يؤدي إلى إنتاج عناصر ونظائر مشعة جديدة ومن ثم تعمل نفس الأمواج تلك على دفع تلك المواد إلى الفضاء نطلق على تلك المواد اسم "بقايا السوبرنوفا" وكل ما يتبقى من النجم هو قلب صغير مدمج (شديد الكثافة) يتكون بمعظمه من النيوترونات ولذلك نُسميه حينها "النجم النيوتروني"، أما إذا كان النجم المنفجر شديد الضخامة (أكبر ١٥ مرة أو أكثر من الشمس)، فحتى النيوترونات عندها لا تقوى في تلك الحالة على الصمود جراء انهيار القلب ليتشكل بالتالي ثقب أسود وتقوم المواد الملتهبة الناتجة عن الانفجار والنظائر المشعة والإلكترونات الحرة المتحركة في الحقل المغناطيسي للنجم النيوتروني بإنتاج أشعة غاما وأشعة سينية وهي عبارة عن فوتونات عالية الطاقة يستغلها الفلكيون في دراسة ظاهرة السوبرنوفا ودراسة النجوم النيوترونية.

النوع الثاني: انفجار القزم الأبيض انفجاراً نووياً – حراريا

يحدث نوع آخر من السوبرنوفات على شكل انفجار مفاجئ لقزم أبيض موجود في نظام نجمي ثنائي إن القزم الأبيض هو آخر مراحل حياة بعض النجوم التي كانت كتلتها تساوي ثمانية أضعاف كتلة شمسنا أو أكثر ولكن القزم الأبيض الذي يتبقى يتمتع بكتلة أقل من ١.٤ ضعف كتلة الشمس بينما يصل حجمه إلى حجم الأرض فقط!وغالبا ما يكون رفيق القزم الأبيض في النظام النجمي عبارة عن عملاق أحمر ويحدث أحياناً أن يكون النجمين قريبان جداً من بعضهما البعض بشكلٍ يسمح بانسياب المادة من العملاق الأحمر نحو القزم وما أن تصل كتلة القزم المتزايدة إلى حوالي ١.٤ ضعف كتلة الشمس وهو ما يسمى بحد تشاندراسكار (Chandrasekhar threshold) يفوق الضغط على قلب النجم الحد اللازم لصهر ذرات الأكسجين والكربون مما يؤدي إلى انصهارهما داخله بشكل عشوائي ومن ثم انفجار النجم انفجاراً نووياً حرارياً تاماً بحيث لا يتبقى أي شيء من النجم عدا بعض العناصر المتناثرة التي هربت من القزم المنفجر أو تلك التي تكونت نتيجة انصهار العناصر المختلفة خلال حدوث السوبرنوفا ومن ضمن تلك العناصر التي تقوم السوبرنوفا بتكوينها نجد عناصر مشعة كالنيكل الذي يحرر كميات ضخمة من الطاقة يُوجد بعضها في طيف الضوء المرئي.من الجدير بالملاحظة أن تطور هذه السوبرنوفات يميل إلى أن يكون متشابهاً.

القزم الأبيض

حياته وخصائصه

القزم الأبيض هو نوع من أنواع النجوم في مجرتنا مجرة درب التبانة أو الطريق اللبني وله حجم صغير في حدود حجم الكوكب (ولذلك أطلق عليه اسم قزم مقارنة بأحجام النجوم) ولكن كثافته عالية تصل إلى مليون مرة قدر كثافة الشمس وألوانها ما بين اللون الأبيض والأصفر والأقزام البيضاء نجوم قليلة اللمعان في السماء وبالرغم من كونها داكنة وصغيرة الحجم كحجم كوكب الزهرة فهي تحوي كثافة مادية عالية جدا وهذه المادة في داخل القزم الأبيض مكدسة بشكل مضغوط حيث تكون كثافة السنتيمتر المكعب ما بين طن إلى عشرة أطنان من المادة تقريبا ويرجع السبب إلى أن نجوم الأقزام البيضاء لا تولد الطاقة النووية إذ انها تبدأ بنجم متوسط الحجم (كشمسنا) وتنتهي حياته في هيئة القزم الأبيض يكون النجم قد استنفذ معظم الهيدروجين فيه ويتوقف الاندماج النووي فينكفئ على نفسه وتتكدس كل كتلته في قلبه الذي يصبح شديد الكثافة تعتبر الأقزام البيضاء نجوما تحتضر وسطوحها ساخنة بدرجة غير اعتيادية، بسبب انكفائها على نفسها تحت تأثير الجاذبية وهي تفقد حرارتها رويدا رويدا عن طريق الإشعاع.

الخصائص العامة

يصل قطر النجم القزم الأبيض عدة آلاف الكيلومترات فقط إلى عشرة آلاف كيلومتر أي أن حجمها يقرب من حجم الأرض وتبلغ درجة حرارة سطحها في البداية من ١٠٠٠٠ إلى ١٠٠.٠٠٠ درجة مما يجعلها تبدوذات ضوء أبيض. ثم يبدء القزم الأبيض يفقد حرارته بسبب قلة التفاعلات الداخلية فيه وقلة وقوده النووي فيبرد ويصبح بعد مليارات السنين قزما أسود .تتكون معظم الأقزام البيضاء من عنصري الكربون والاوكسجين التي تكون قد تكونت أثناء الاندماج النووي فيه لأنوية الهيليوم بعد أن استنفذ وقوده النووي من الهيدروجين وتبلغ كثافة القزم الأبيض نحو طن \سنتيمتر مكعب، وذلك يرجع لكتلته التي تعادل كتلة الشمس ولكن ضمن حجمه الصغير فقطر القزم الأبيض يتراوح بين ٠.٠٠٨-٠.٠٢ قطر الشمس وهذا يقترب من قطر الأرض تقريباً وهذا مايفسر كثافته العالية وتحت هذا الضغط العظيم يصل فيها الغاز فيه إلى حالة انفطار (فيزياء) كما يسميها العلماء هذه الحالة تعني انشطار مستويات الطاقة في نظام يتبع ميكانيكا الكم إلى مستويات ثانوية.

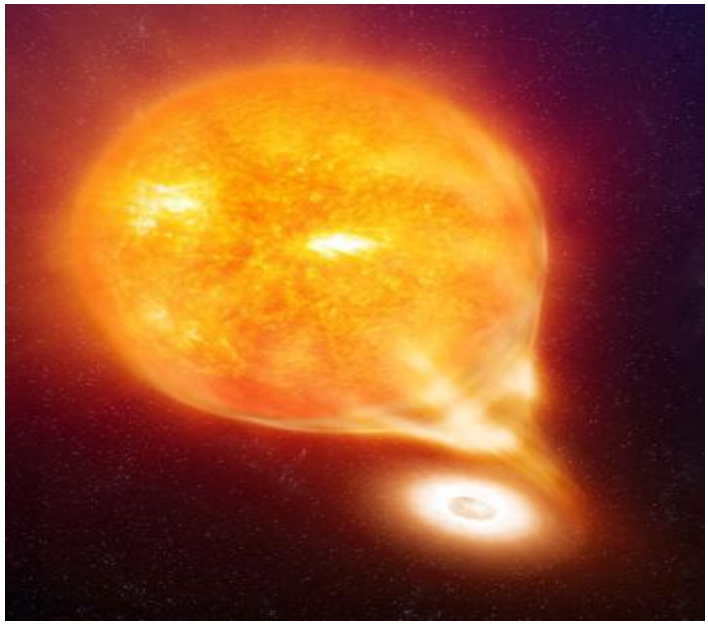
القزم الأبيض وميكانيكا الكم

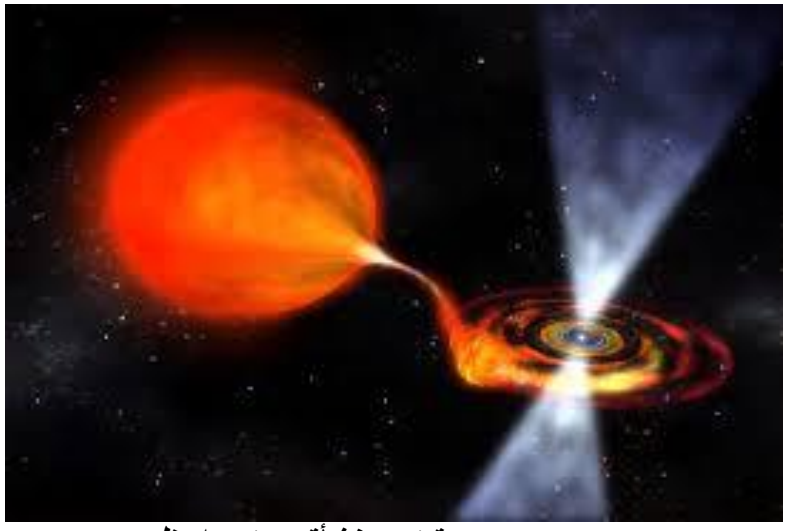
ويتحكم في القزم الأبيض قوى تنبع من مبدأ استبعاد باولى وطبقاً له فلا يمكن لالكترونين شغل نفس مستوى الطاقة في بلازما القزم الأبيض وطبقا لميكانيكا الكم تتوزع مستويات الطاقة الممكنة بحيث تزيد المسافة بينها تزايداً عكسياً مع ضمور حجم النجم ونظرا لاشغال مستويات الطاقة في المتسويات التحتية ينشأ عن الضغط الناشئ عن قوي الجاذبية أن تشغل الإلكترونات مستويات الطاقة العليا في البلازما وينتج عن ذلك ضغطا مضادا يقاوم الضغط الناشئ عن الجاذبية فإذا كانت كتلة النجم في البدء ١,٤٤ من كتلة الشمس فلا يمكن تعادل تلك القوتان بذلك الشكل ومن العجيب ان قطر القزم الأبيض يعتمد على كتلة الالكترون أي أن أحد المقاييس الكونية متعلق بأحد المقاييس الذرية أو تحت الذرية مباشرة كذلك يعتمد التوازن في النجوم النيوترونية على سريان مبدأ استبعاد باولي والذي فيه تشغل النيوترونات مستويات الطاقة في النجم بدلا عن الإلكترونات في القزم الأبيض حيث تمتص البروتونات الإلكترونات وينتج عنها نيوترونات هي بمفردها مكونات النجم النيوتروني.

القزم الأبيض والنسبية العامة

ونظراً لكثافة الأقزام البيضاء العالية (١ طن/ سنتيمتر مكعب) فيعتبر أحد الكتل الضخمة التي تؤثر في هيئة نسيج الزمكان حولها ويمكن أن تتطبق عليه النظرية النسبية الخاصة فهو يُبدي ظاهرة انزياح احمر تجاذبي في مجال جاذبيته، وقد تم رصد ذلك عملياً في خمسينيات القرن العشرين.

ويتطلع العلماء بأمل كبير في العثور نجم مزدوج من الأقزام البيضاء حيث تنتج عنهما موجات جاذبية لم تشاهد بعد ولكن يبذل العلماء جهودا لمشاهدتها عملياً ولهذا قررت إنجلترا وألمانيا على توحيد الجهود والعمل على تنفيذ بناء مرصد بالاقمار الصناعية يسمى ليزا Laser Interferometer Space Antenna (LISA) لتحسس موجات الجاذبية وإثبات تواجدها حيث تنبأ بها أينشتاين في النظرية النسبية العامة.





صورة تبين نشأة مستعر اعظم

كيف يمكن أن يصبح النجم ثقب أسود؟

يصدر النجم الضوء نتيجة لاندماج نوى الهيدروجين وهي عملية تطلق كميات هائلة جداً من الطاقة تنجو النجوم لملايين أو مليارات السنين جراء التوازن الحاصل بين الضغط الناجم عن تفاعلات الاندماج النووي وسحبها الثقالي الذي يتجه إلى الداخل تنتهي حياة النجوم عندما تستنفذ كامل الوقود النووي وفي البداية يتضخم النجم ويضيء ويبرد حتى يصبح عملاقا أحمرا بعد ذلك ينهار إلى بقايا نجمية متراصة وأصغر بكثير من شمسنا لكنها تشابهها بالكتلة تموت النجوم ذات الكتلة الأقل من ثمانية أضعاف كتلة شمسنا بسلام إذ تتلاشى الطبقات الخارجية من النجم عبر الرياح النجمية مما يجعلنا نرى النجم كسديم كوكبي وكل ما يتبقى من النجم هو عبارة عن جسم بحجم الأرض تقريباً ويدعى هذا الجسم بالقزم الأبيض أما النجوم الأثقل فتموت على شكل انفجارات مستعرات فائقة مذهلة إذا كان النجم معتدل الكتلة تشكل البقايا نجما نيوترونيا: وهو عبارة عن كرة كثيفة من الجسيمات الحيادية العنصرية والتي توجد جميعها في مكان قطره أقل من ١٠ ميل ليس لدى النجوم فائقة الكتلة -كتلتها أكبر من كتلة من الشمس بحوالي ٢٥ مرة أوأكثر- وسائل لمقاومة جاذبيتها الخاصة أثناء موتها وبذلك تنهار كليا إلى ثقب أسود. يمكننا إيجاد أمثلة عن دورة حياة النجوم في السماء من حولنا فشمسنا عبارة عن نجم نموذجي متوسط الحجم والعمر ونجم منكب الجوزاء المعروف ما هو إلا عملاق أحمر وتشكل السدم الكوكبية وبقايا السوبرنوفا في السماء مشهدا مذهلا يمكن رصده بالتلسكوبات الصغيرة وأحد الأمثلة الجيدة على ذلك هو NGC 7027 وسديم السرطان ألبيريو(Albireo) هو أيضا مثال

جيد عن نظام ثنائي النجوم يوجد فيه نجمين يدوران حول بعضهما وإذا ما تطور أحد هذين النجمين إلى ثقب أسود يمكن أن يصبح هذا النظام مصدرا لأشعة اكس وفي مجرتنا درب التبانة، يوجد مثال جيد على هذا الأمر هو نظام (Cygnus X-1). ويُمكننا أيضا رؤية العديد من الأمثلة الأخرى في المجرات القريبة مثل المجرة M33.

الفصل الرابع

المجرات

الفصل الرابع

المجرات

مقدمة

المجرة

عبارة عن تجمعات هائلة الحجم تحتوي على مليارات النجوم والكواكب والاقمار والكويكبات والنيازك وتحتوي كذلك على الغبار الكوني والمادة المظلمة وبقايا النجوم وتتخللها مجالات مغناطيسية تتراوح أحجام المجرات وكميّة النجوم فيها ما بين بضعة الآف النجوم للمجرات القزمة وحتى تلك العملاقة ذات المئة ترليون نجم وكلها تتخذ من مركز الثقل الخاص بالمجرة مداراً لها وغالباً ما يتم تصنيف المجرات بناءً على الشكل المرئي لها وذلك أسفل ثلاث فئات رئيسة هي: الاهليجية الحلزونية وغير المنتظمة يعتقد أن الكثير من المجرات تحوي ثقبا أسودآ هائلآ في نواتها النشطة ودرب التبانة مشمولة بذلك لوجود الثقب الأسود الهائل المسمى بـ" الرامي أ " في مركزها وهو ذو كتلة تبلغ أربعة ملايين مرة كتلة شمسنا وحتى مايو لعام ٢٠١٥ فإن المجرة أي جي أس- ٨-١ هي أبعد مجرة تم رصدها على الإطلاق بمسافة تقدر بحوالي ١٣.١ مليار سنة ضوئية عنا وبكتلة تقدر بـ١٥% من كتلة درب التبانة. هناك قرابة ١٧٠ مليار مجرة في الكون المنظور غالبها ذو قطر يبلغ ١.٠٠٠ حتى ١٠٠,٠٠٠ فرسخ فلكي في ذات الوقت الذي تتبعثر فيه مكوناتها على مسافات تصل إلى ملايين الفراسخ و هذا اعتماداً على كتلة المجرة وحجمها الفضاء بين المجري مليء بغازات فضفاضة للغاية بكثافة تقدر بحوالي أقل من ذرة واحدة لكل متر مكعب أغلب المجرات منظمة ثقالياً إلى أحد المجموعات او العناقيد أو العناقيد المجرية وتتراكب بهذا الشكل حتى تُكوّن أكبر الهياكل والبُنى الكونية على الإطلاق وهي الخيوط المجرية المحاطة بالفراغ-أول المجرات المرصودة خارج درب التبانة كانت مجرة المرأة المتسلسة وذلك في العام ٩٦٤ ميلادية من قبل عالم الفلك المسلم عبد الرحمن الصوفي تليها سحابة ماجلان المرصودة من قبل نفس العالم

الانواع والاشكال

تتشكل المجرات من ثلاثة أنواع أهليجية،حلزونية، و شاذة او غير منتظمة على أن هناك أنواعاً أخرى أكثر شمولية تختلف اختلافاً بسيطاً عن تلك سالفة الذكر

موجودة في تصنيف المجرات الذي ابتدعه هابل وطالما أنه يعتمد أساساً على الضوء المرئي لتحديد خصائص المجرات فإنه يفوت خصائص مجريّة مهمة للغاية كمعدل ولادة النجوم في مجرات الانفجار النجمي وكذلك النشاطات التي تحدث في أنوية المجرات النشطة هذه الخصائص لا تظهر بالضوء المرئي وإنما تحتاج معدات أخرى أكثر تعقيداً لاستخراجها كان الاعتقاد السائد لدى هابل وغيره من الفلكيين أن المجرات تبدأ إهليجية ثم تتطور إلى أن تصبح حلزونية ثم تدخل في طور الشاذة أو غير المنتظمة ثبت في العلم الحديث أن هذا الاعتقاد خاطئ تماما وبشكل عام فالمجرات تتكون من ثلاثة عناصر هي انبعاج مركزي أو نواة تتركز فيها معظم كتلة المجرة، قرص، إكليل أو هالة و هي منقطة مشعة تحيط بالمجرة تتكون من العناقيد الكروية والنجوم المعمرة يمكن القول أن المجرات الاهليجية غالباً ما تحوي نجوم حمراء معمرة في حين تحوي المجرات الحلزونية على نجوم حمراء معمرة ونجوم زرقاء فتية أما المجرات الشاذة فهي تحوي في الغالب على نجوم زرقاء فتية.

بعض أنواع المجرات كما حددها هابل في تصنيفه وتلاحظ الاهليجية في المنتصف ودرجات الحلزونية

الإهليجية

في تصنيف هابل يتم تقييم المجرات الإهليجية بناءً على إهليجيتها حيث تتراوح بين E0 لتلك التي تكاد تصبح دائرة وحتى E7 ذات الاستطالة الممتدة إلى حد كبير إذاً كلما زاد الامتداد كلما زاد الرقم والعكس بالعكس صحيح وتظهر هذه المجرات بالمظهر الإهليجي بغض النظر عن الزاوية التي تتم مشاهدتها بها، ومظهرها يوحي بأن بنيتها ضعيفة وكمية المادة في وسطها البين نجمي قليلة نسبياً وبناء على ذلك فإنه بشكل عام هذا النوع من المجرات له عناقيد نجمية مفتوحة قليلة

ومعدل قليل نسبياً من ولادة النجوم إذ عوضاً عن ذلك فإن الصورة المهيمنة عليها هي النجوم المعمرة (ذات الأعمار الطويلة)، وتعتبر كذلك فقيرة بالعناصر الثقيلة لأن أغلب النجوم معمرة وقديمة تشكلت من سدم تاريخية لم تكن غنية بالعناصر الثقيلة في ذلك الوقت (هذاعائد لقلة المستعرات العظمى التي تكون العناصر الثقيلة في تلك الحقبة)، لذا يُفهم أن لها أوجه تشابه كثيرة مع العناقيد النجمية المغلقة أضخم المجرات هي تلك العمالقة الإهليجية حيث يعتقد أن هذا النوع يتشكل أساسً من عمليات الاصطدام المجري حيث يكون هناك نوعٌ من الاندماج والانسياح في بعضها البعض وقد تنمو المجرات الاهليجية إلى أحجام عملاقة للغاية مقارنة بالأنواع الأخرى وتتواجد هذه العملاقة في بعض الأحيان في أنوية العناقيد المجرية وما مجرات الانفجار النجمي إلا نتيجة لهذه الاصطدامات الفلكية العظيمة حيث ينتج عنها تشكل مجرة اهليجية.

مجرة صدفية

المجرة الصدفية أو القشرية هي نوع من المجرات الإهليجية ذات هالة مركزة من النجوم ومرتبة على شكل صدفات حوالي عُشر المجرات الإهليجية لها بذية من هذا النوع وهذه الطريقة في ترتيب الهالة لم تشاهد أبداً في المجرات الحلزونية يعتد أن هذه البنية تتشكل أساساً عندما تقوم مجرة كبيرة بسحب مجرة أصغر منها وحين تقترب أنوية المجرتين من بعضهما البعض يحصل نوع من التذبذب والأرجحة حول مركز الثقالة بينهما حينها تحصل تموجات جاذبية تشكل تلك الأشكال الصدفية أو القشرية من النجوم في الهالة المشتركة (يمكن تشبيه ذلك بالتموجات التي تحصل عند رمي صخرة في الماء)، وعلى سبيل المثال المجرة NGC3923 لديها حوالي عشرين قشرة.

الحلزونية

المجرات الحلزونية يمكن تصورها من اسمها أو يمكن تصورها على شكل يشبه دواليب الهواء في هذا النوع غالباً ما تتوزع النجوم والسدم على شكل مستوٍ في حين تتركز معظم كتلة المجرة في هالة كروية من المادة المظلمة (غير قابلة للرصد بأي حال من الأحوال حتى يومنا هذا) تحوي المجرات الحلزونية على قرص دوار من النجوم والسدم والوسط بين النجمي بالإضافة إلى حوصلة مركزية تحوي غالباً على نجوم معمرة ومن الحوصلة تمتد نحو الخارج أذرع أو استطالات مضيئة في تصنيف هابل تأخذ هذه المجرات التسمية S ويتبعها أحد الأحرف الثلاثة التالية:(a,b,c) حيث تمثل هذه الأحرف مدى ضيق الأذرع الحلزونية - أو توسعها، وكذلك حجم الحوصلة المركزية حيث أن Sa لها امتدادات ضيقة للغاية وأذرع لا تكاد تستطيع تمييزها لكن منطقتها المركزية كبيرة نسبياً أما على اليد الثانية نجد النوع Sc حيث أن هذا النوع على النقيض تماماً من سابقه لأن له أذرع متباعدة يمكن ملاحظتها بوضوح، ومنطقة مركزية صغيرة نسبياً المجرات ذات الأذرع غير الواضحة تسمى أحياناً مجرة حلزونية ندفية وعلى النقيض فالمجرات ذات الأذرع شديدة الوضوح تسمى مجرة حلزونية كروية يبدو أن سبب الاختلاف في مسألة أذرع المجرات الحلزونية وفي مسألة مدى انتفاخ الحوصلة من عدمه نابع من سرعة دوران المجرة

في المجرات الحلزونية تتشكل الأذرع من حلزون خوارزمي وهو نمط نظري يمكن مشاهدته في الأذرع الحلزونية ينتج عن توازيع النجوم ومداراتها غير المنتظمة نحو المركز وتماماً كما النجوم تأخذ الأذرع نفس الوضعية لكن الفرق في أن سرعة الزاوية لها ثابتة عكس النجوم ويعتقد أن الأذرع هي مناطق ذات كثافات عالية من المواد " نظرية موجة الكثافة " وبينما تتحرك النجوم عبر الذراع فإن سرعة كل مجموعة شمسية يتم إعادة ضبطها من خلال قوة الجاذبية للأذرع ذات الكثافة العالية (تعود السرعة إلى طبيعتها عندما تتجه النجوم نحو خارج الذراع)، يمكن تبسيط هذا التأثير من خلال تمثيله بطريق كبير فيه سيارات كثيرة تسير بسرعة ثابتة لكنها تبطئ من سرعتها لأي عارض ومن ثم تعود إلى سرعتها الطبيعية فلو أن شخصاً كان يشاهد هذا المشهد من علو سيلاحظ أنه عندما انخفضت السرعة ثم زادت حصل هناك نوع من الموجات بسبب كثرة أعداد السيارات وكذلك يمكن تشبيه التأثير بملعب كرة قدم مكتض عن آخره بالمشجعين الذين يرفعون أيديهم ويخفضونها وفقاً لتسلسل معين على شكل موجه غالبية المجرات الحلزونية بما فيها مجرتنا لديها تشكيل طولي يشبه الأعمدة مكون من نجوم يمتد من الحوصلة أو المركز حتى طرف نواة المجرة ومن ثم تلتحم مع الأذرع الحلزونية قام هابل

بتصنيف هذا النوع بالذات من المجرات تحت SB متبوعة بأحد الأحرف اللاتينية (a,b,c)، و هي ترمز إلى مدى تشكل الوصف سالف الذكر ويعتقد أن هذه الأعمدة مؤقتة في الأساس لأن من سببها أصلاً هي موجة الكثافة المنبثقة من نواة المجرة نحو الخارج أو أن يكون سببها هو المد والجزر المجري ويعتقد أن سبب نشاط المجرات الحلزونية الضلعية هو وجود الغاز الذي يضغط ويضمن نحو نواة المجرة على إمتداد الأذرع الحلزونية.

مجرة دولاب الهواء مجرة حلزونية تقليدية في كوكبة الدب الأكبر

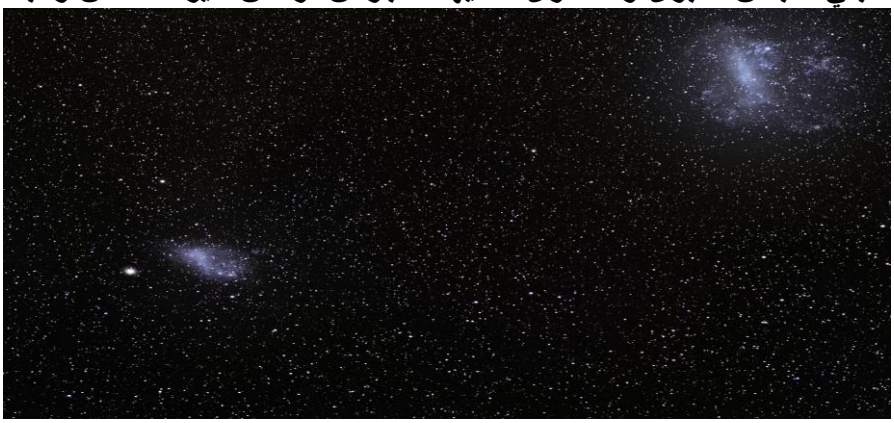
أشكال أخرى

المجرات غير المعتادة هي نوع من المجرات التي تطور أشكالاً غريبة واستثنائية لأسباب تعود إلى عمليات احتكاك مع مجرات أخرى ومثال على هذا النوع هي المجرات الخاتمية ويقصد بها مجرات تكون على شكل خاتم حيث تدور النجوم والغازات والغبار حول نواة المجرة المكشوفة ويكون هذا الدوران على شكل خاتم يحيط بالنواة يعتقد أن هذا النوع يتسبب عندما تحتك مجرة صغيرة بنواة مجرة حلزونية ثم تفقدها أذرعها التي تلتحم مشكلةً طوق أو خاتم حول النواة حدث مشابه يعتقد أنه أثر بمجرة المراة المسلسلة لأن رؤيتها بالأشعة تحت الحمراء تظهر للعلماء أن لها بُنية تشبه عدة خواتم في آن واحد أما المجرات المحدبة فإنها تعتبر شكلاً متوسطاً بين المجرات الإهليجية والحلزونية حيث أنها تجمع خواصهما في وقت واحد، وفي تصنيف هابل يرمز لها بـS0، وتملك أذرع حلزونية غير معينة أو غير واضحة في نفس الوقت الذي تملك فيه هالة إهليجية من النجوم المجرات الضلعية المحدبة يرمز لها في نفس التصنيف بالرمز SB0.

المجرات الشاذة

توجد مجرات لا يمكن تصنيفها تحت أي من الأنواع سالفة الذكر فليست ذات خصائص إهليجية ولا حلزونية ولا محدبة ولا تملك تشكيلاً معيناً بذاته أصلاً وبالتالي تصنف هذه المجرات التي لا يوجد بينها قاسم مشترك على أنها مجرات شاذة ولا يجب أن يفهم من ذلك أن هذا النوع لا يملك بنية مجرية بل يوجد لها تشكيل وبنية ولكنها غير منتظمة وغير واضحة المعالم، لذا فإنها لا تندرج تحت أي تصنيف من تصنيفات هابل وقد تكون هذه المجرات قد تعرضت للتمزيق في الماضي أكثر الأمثلة لهذا النوع من المجرات قرباً لنا هي سحابة ماجلان (مع ملاحظة أنها مجرة قزمة)

سحابتي ماجلان الكبرى والصغرى كلتيهما مجرتان قزمتان غير منتظمان وتابعتان



المجرات القزمة

بمعزل عن المجرات الاهليجية والحلزونية الكبيرة فإن أغلب المجرات في الكون ليست في الحقيقة سوى مجرات قزمة هذه المجرات صغيرة نسبياً إذا ما قورنت بتلك التقليدية حيث قد تكون أقل من ١% من حجم درب التبانة ولا تحوي سوى بضعة مليارات النجوم مقارنة مع مئتي مليار نجم لدرب التبانة بالإضافة إلى أنه تم اكتشاف مجرة قزمة قطرها لا يتجاوز ثلاثمئة سنة ضوئية فقط في حين أن درب التبانة قطرها مئة الف سنة ضوئية الكثير من المجرات القزمة قد تحوم حول مجرات أكبر منها فدرب التبانة مثلاً لديها قرابة الدستة (إثنى عشر) من المجرات التابعة ويعتقد نظرياً وجود ٣٠٠-٥٠٠ مجرة تابعة لدرب التبانة لم تكتشف بعد وتجدر الإشارة إلى أن المجرات القزمة ليست نوعاً مستقلاً من المجرات لأنها قد تتخذ شكلاً إهليجياً أو حلزونياً مصغراً أو حتى قد تكون ذات شكل شاذ ويوجد نوع منها يطلق عليه " مجرة بيضاوية قزمة " هذا النوع يمتلك خصائص المجرات الإهليجية لكن بشكل مصغر في دراسة أجريت على ٢٧ مجرة قزمة من جيران درب التبانة توصل الباحثون إلى أن كل هذه الـ٢٧ مجرة لها منطقة مركزية تبلغ كتلتها قرابة ١٠ ملايين كتلة شمسية بغض النظر هل تتكون تلك المجرة من الآف أو ملايين النجوم يستنتج من هذا أن المادة المظلمة لعبت دور الأسد في تشكيل المجرات على أن ذوات الحجم الأصغر قد يوجد فيها شكل من أشكال المادة المظلمة الدافئة و هذه غير قادرة على اللحم الجاذبي في النطاقات الصغيرة أو الأحجام الصغيرة للمجرات.

درب التبانة

درب التبانة أو درب اللبانة أو الطريق اللبني (Milky Way) هي مجرة حلزونية الشكل. تحوي ما بين ٢٠٠ إلى ٤٠٠ مليار نجم ومن ضمنها الشمس ويبلغ عرضها حوالي ١٠٠ ألف سنة ضوئية وسمكها حوالي ألف سنة ضوئية ونحن نعيش على حافة تلك المجرة ضمن مجموعتنا الشمسية والتي تبعد نحو ثلثي المسافة عن مركز المجرة وإذا نظر الشخص إلى السماء في الليل فقد يرى جزءًا من مجرتنا كحزمة من النجوم ويرى سكان نصف الكرة الارضية الشمالي درب التبانة في الصيف والخريف والشتاء والمنظر في أواخر الصيف أو في مطلع الخريف يأخذ المدى الألمع والأغنى لهذا النهر السماوي: ففي ذلك الوقت من السنة، يمتد درب التبانة من برجي ذات الكرسى (كوكبة) والملتهب (كوكبة) في الشمال عبر النصف الشرقي للسماء وعبر مجموعة نجوم تعرف كمثلث الصيف ثم يغطس نحو الأفق خلال برجي القوس والعقرب وتحجب الغيوم الفضائية بين برجي مثلث الصيف والقوس رقعة مركزية واسعة من درب التبانة مما يجعله يبدو منقسما إلى جدولين وقرب برجي القوس والعقرب، يكون درب التبانة كثيفا ولامعا جدا لأن هذا الاتجاه يدل نحو مركز المجرة ودرب التبانة أكثر تألقا في بعض أقسامها مما هي عليه في أقسام أخرى فالقسم الذي يحيط بكوكبة الدجاجة شديد اللمعان، ولكن القسم الأكثر اتساعا ولمعانا يقع أبعد إلى الجنوب في كوكبة رامي القوس ورؤيتها ممكنة في الفضاء الشمالي على انخفاض كبير في الأمسيات الصيفية لكن مشاهدتها أكثر سهولة في البلدان الواقعة جنوب خط الاستواء.

نشأة درب التبانة

يقدر علماء الفلك أن مجرة درب التبانة تكونت قبل مدة زمنية تقدر بـ١٢–١٤ مليار سنة فيما يعد علماء الفلك المجرة بأنها صغيرة العمر نسبيًا بالنسبة لمجرات كونية أخرى و تم تحديد عمر المجرة باستخدام تقانة علم التسلسل الزمنى الكونى في عام ٢٠٠٧، تم تقدير عمر نجم يدعى HE 1523-0901 ويقع خارج المجرة ويبعد عنا نحو ١٣.٢ مليار سنة أي ما يقارب عمر الكون (عمر الكون ٧و١٣ مليار سنة كما ذكر). و هو يمثل أقدم جرم سماوي آنذاك فقد وضع حدوداً دنيا لعمر مجرة درب التبانة تم التحقق من هذا التقدير بواسطة مطياف UV-Visual Echelle للتلسكوب العظيم يمكن تقدير عمر النجوم الواقعة في القرص المجري الرقيق بطريقة مشابهة لـ HE 1523-0901. كانت نتائج القياسات بحدود ٨.٨ ± ١.٧ مليار سنة مضت و هذا يقترح بأن فجوة عمر ها حوالى ٥ مليار كانت هناك بين فترة تكون الهالة و بين القرص الرقيق.

المجموعة المحلية

كان العلماء و منهم أينشتاين يعتقدون حتى عام ١٩٢٩ أن الكون يتكون من مجرتنا، مجرة درب التبانة فقط ثم بينت القياسات التي أجراها أدوين هابل خلال الأعوام ١٩٢٧ إلى ١٩٢٩ أن مجرة المرأة المسلسلة هي مجرة مستقلة بنفسها وأنها تبعد عنا بنحو ٢و٥ مليون سنة ضوئية ولم تنحصر قياسات هابل على ذلك فقط فقد قام بقياس المئات من المجرات الأخرى و هي تبعد عنا أبعادا عظيمة جدا تفوق بعد مجرة المرأة المسلسة عنا ونحن نعرف اليوم أن الكون يحوي نحو ١٠٠ مليار من المجرات منها الكبير والصغير كما يبين الرصد الفلكي الحديث أن مجرتنا تنضم إلى تجمع مجرات قريب منا يسمى المجموعة المحلية Local Group، ومنها مجرة المرأة المسلسلة وتحوي المجموعة المحلية نحو ٣٠ مجرة هي أقرب المجرات لنا وأكبرهم هي مجرة المرأة المسلسة ومجرتنا وأما المجرات الأخرى فتعتبر مجرات قزمة ويقع مركز المجموعة بين المجرة الكبيرة أندروميدا التي تبعد عنا نحو ٢و٥ مليون سنة ضوئية تشغل المجموعة مكانا في الفضاء يبلغ قطره ١٠ مليون سنة ضوئية أهم أعضاء المجموعة المحلية تشكلها مجرتنا درب التبانة والمرأة المسلسلة (أندروميدا) ومجرة المثلث Triangulum.

وتبلغ كتلة المجموعة المحلية نحو (١.٢٩ ± ٠.١٤)×١٠^{١٢} كتلة شمسية كما أن المجموعة المحلية تنتمي إلى مجموعة أكبر وهي مجموعة العذراء العظمى Virgo Super cluster، وهي تبعد عنا نحو ٥٠ مليون سنة ضوئية.

صورة مركبة من عدة صور لدرب التبانة كما نراها من الأرض

المرأة المسلسلة

مجرة المرأة المسلسلة (Andromeda) هي أقرب المجرات لمجرتنا (أي أقرب مجرة كبيرة، على الرغم من كون مجرة كانس ميجور القزمة أقرب مجرة قزمة إلى درب التبانة)، ويمكن مشاهدتها بالعين المجردة بدون استخدام المقراب و هي تبعد عنا نحو ٢.٥ مليون سنة ضوئية وتحتوى على نحو ٢٥٠ مليار نجم ويبلغ قطرها ١٥٠ ألف سنة ضوئية، وهي بذلك أكبر من مجرتنا التي تحتوي على نحو ٢٠٠ مليار

من النجوم ويبلغ قطرها ١٠٠ ألف سنة ضوئية. تعتبر مجرة أندروميدا من المجرات التي كتب عنها الكثير من الكتاب في روايات الخيال العلمي.

تكوينها

اعطى العالم الفرنسي شارل مسييه مجرة المرأة المسلسلة رقم مسييه ٣١ في فهرسه المعروف بفهرس مسييه و هي قريبة من مجرتنا مجرة درب التبانة ونجد فيها من الأجرام السماوية ما يماثل الأجرام السماوية التي نجدها في مجرتنا. ونظرا لقربها النسبي حيث تبعد عنا نحو ٢٫٥ مليون شنة ضوئية فقط فنحن نراها من الخارج بوضوح، وتظهر لنا بجميع تفاصيلها من حوصلة مجرة وأذرعة حلزونية كما نشاهد فيها أشرطة من غبار كوني قاتمة ومناطق مضيئة هي مناطق نشأة نجوم جديدة. و علاوة على ذلك نرى على حافتها نحو ٤٠٠ إلى ٥٠٠ تجمع نجمي كري الشكل. ومن أهم خصائص مجرة المرأة المسلسلة مركزها : اعتقدنا لمدة طويلة بأنها ذات نوايتين فيهما ثقبين أسودين و عدة ملايين من النجوم المتكاثفة واعتقدنا أن أحد تلك الثقوب السوداء وصل إليها عن طريق استدامها في القديم بمجرة أخرى ولكن الرصد الحديث بواسطة تلسكوب هابل الفضائي يبين أن الحوصلة تتكون من حلقة من النجوم القديمة الحمراء وحلقة أخرى من النجوم الزرقاء الجديدة النشأة والحلقتان تدوران حول ثقب أسود بالغ الكتلة تبلغ كتلة هذا الثقب الأسود نحو ٣٠ مليون مرة كتلة شمسية كما توجد في مركز مجرة المرأة المسلسلة مصادرا للأشعة السينية ربما كانت تلك الأشعة صادرة من نجوم نيوترونية وثقوب سوداء تجذب إليها مادة من أطراف نجوم تابعة لها وتتسبب في إنتاج الاشعة السينية.

~õ;˜Ò__~Y-
FY • Ed–±¢Z©ÇG□´izé™K_í÷)_´ÛP¯ý‚Åü»¦¿_|«Í¨×”Ñ_kÊ¬QSâÂ/-
Æ„£+æ…Íqøuuñ¸_3_ÝY‚bã_-ÕŽea_'£Q_–¤±ÇDR–
ÀKcÀ] • ïüÞ>Ú_l¢+Ó • Ê;éP½GÏ>ì¼x×Y_¹5Ñ(__õ¾C+g_^Ót‚Ï
["¥¡YqÈ1ê';¿ø7+ð_·_kÕ¸_¦y_‘PØØ • Õ)¬ïX£s§ü˜
¬_, • __‚QžvŠ5/*L*Až¢È€m_<”_¯³‚¼øx=_ • Ý]ç«´_¤yŽÉŸ(oÏr)µø‡_G_=Ú
yúU‚Ä÷ÏgÍkr'xUlð=í<ž__k~R_¯Y_j¯9__ý‡×ö‚:»EŽÃ_ª__‘ëcsñ¢Ã%Yp_ú»
øû-_ÑÃ„²Ý_µs'¢Ó_híµoÅw´òö_¡!L ÂÌ¢A_b; • ___®D_»/ZÓ_1ðYÙ
_ök • ¦ø_ån¯_E#□&ü>:°Î‚É.>–ÝoþS¡¥_‚ÐåËç/___Îœ□R™Ö_B[æ£É__Ê–
Öº4¸ß˜J_®Ý_-
8cýâ²kMä8`s¼_5¿û»¿«□)æœÕTº_Á_ž¿hÃÿ½ö°<þ_/>&¬ìî¸Êêmxì3_ýl-·«¦Õ__¿¬‡£|
□3áåy_ànÚ9_°‰4Y›ÍUü8]¾j_Þ^‡“„+Hj□Ë½ú□Ñxr_.Tv