لأول مرة: صورة للفجوة السوداء

أ. د. فخري حسن

أستاذ الفيزياء – جامعة الخليل - فلسطين

مقدمة : تتزن النجوم العادية مثل الشمس تحت تأثير قوة جاذبيتها نحو الداخل والقوة الناتجة عن ضغط الفوتونات المنطلقة من تفاعلات الاندماج النووي في لب النجم نحو الخارج. وعند نفاذ الوقود النووي (الهيدروجين) الموجود في لب النجم بعد ملايين أو بلايين السنين تبعا لكتلة النجم فإنه ينهار تحت تأثير قوة الجاذبية . إذا كان النجم ضخما وكتلته اكبر من كتلة الشمس بعشرات المرات فإنه ينفجر في حدث هائل يسمى انفجار السوبرفوفا (supernova 2) وينكمش لبه بصورة كبيرة جدا وتصبح جاذبيته هائلة ولا يمكن لشيء حتى الضوء مغادرته. يسمى لب النجم في هذه الحالة بالفجوة السوداء أو الثقب الأسود (Black Hole) .يفصل الفجوة السوداء عن الفضاء والمواد الاخرى حولها ما يعرف بأفق الحدث(Event Horizon) الذي إذا وصله أي شيء فانه سيدخل الى الفجوة السوداء لا محالة و’يفقد الى الأبد . لا احد يعرف ماذا يوجد داخل الفجوة السوداء التي لا يغادرها أي شيء، فقوانين الفيزياء التي نعرف لا تعمل في الفجوة السوداء . بالطبع فإن الأرض لا يمكن ان تتحول الى فجوة سوداء بسبب صغر كتلتها ولكنها لو تحولت بفعل مؤثر خارجي فإنها تصبح كرة صغيرة واصغر من كرة تنس الطاولة. إن الأرض وما عليها تصبح بهذا الحجم الصغير مما يدل على غرابة الفجوات السوداء وكما قال أحد العلماء فإنها تحول العلم الى خيال علمي. تنبأت النظرية النسبية العامة التي نشرها البرت اينشتين عام 1916 بوجود الفجوات السوداء دون أن يتمكن العلماء من تأكيد ذلك بصورة عملية مباشرة .كان الكشف عنها يتم بصورة غير مباشرة من خلال مجالها الجذبي الكبير وتأثيره على ما حولها.

الكشف عن الفجوة السوداء :استخدم الفيزيائي باردين(J. Bardeen) معادلات النظرية النسبية العامة عام 1973 في محاولة منه لإيجاد طريقة عملية يمكن من خلالها الكشف عن الفجوة السوداء بصورة مباشرة. وجد من الدراسة ان الفجوة السوداء إذا ما مرت أمام مصدر للضوء (نجم مثلا) فإنه يمكن مشاهدة ظل(Showed) الفجوة السوداء فيما يعرف بالرسم بالظلال(Silhouette)، ومع ذلك فقد توقع عدم إمكانية حدوث ذلك بصورة عملية .

ومع تطور وبناء تلسكوبات راديو حديثة خلال العقد الأخير من القرن الماضي فقد أعاد أجول(E .Agol) من جامعة واشنطون وهيليا (F.Helia) من جامعة أريزونا وفالك (H .Falcke) من جامعة راد بود( Radboud) , ألمانيا وهم أساتذة في الفيزياء الفلكية دراسة وتحليل معادلات باردين وكان استنتاجهم أنه يمكن مشاهدة ظل الفجوة السوداء باستخدام تلسكوب ضخم باتساع الكرة الأرضية . وبينت الدراسة إمكانية الحصول على بقعة مركزية مظلمة (سوداء) قطرها يساوي حوالي(10) أضعاف قطر أفق الحدث يحيط بها حلقة متوهجة من الضوء أو الإشعاع الذي يصدر من الالكترونات والمواد الاخرى التي تدور حول الفجوة السوداء تحت تأثير جاذبيتها ومجالها المغناطيسي الكبيرين.

محاولات أولية :حاول دوليمان (S. Doeleman) أستاذ الفيزياء الفلكية في مرصد (Haystack) التابع لمعهد (MIT) الأمريكي وفريقه عام 2007 استخدام ثلاث تلسكوبات راديو معا للحصول على ظل أو صورة الفجوة السوداء ساغيتاريوس (Sagittarius A) الموجودة في مركز مجرتنا ، مجرة درب التبانة .استخدم الفريق تلسكوبات في أريزونا وكاليفورنيا وجزيرة هاواي وحصلوا على شيء غير واضح لم يتمكنوا من استخدامه للحسابات ولكنه يشبه ما هو مطلوب .أعاد الفريق التجربة مرة ثانية بعد عامين باستخدام أربعة تلسكوبات وحققت التجربة بعض النجاح ولكن لم تكن قدرة فصل التلسكوبات وتكبيرها كاف للحصول على صورة واضحة يمكن استخدامها لحساب خصائص الفجوة السوداء مثل الكتلة والقطر وغيرها.

تلسكوب افق الحدث : استنتج الفريق من التجارب السابقة بأنهم بحاجة لعدد اكبر من التلسكوبات في مواقع متباعدة على سطح الكرة الأرضية . وقد شجعت نتائج المحاولات السابقة باحثين آخرين للمشاركة في التجربة . تعود فكرة تلسكوب افق الحدث للدكتور فالك (H. Falcke) وقد عمل الدكتور دوليمان(S. Doeleman) أستاذ الفيزياء الفلكية في معهد (MIT) على تطوير الفكرة وتنفيذها. تقرر عام 2012 إضافة تلسكوبات اخرى ليصبح العدد (8) تلسكوبات تنتشر على سطح الكرة الأرضية من جزيرة هاواي و أمريكا الشمالية (أريزونا) الى أوروبا (اسبانيا) و أمريكا الجنوبية (تشيلي والمكسيك) وأخيرا الى منطقة القطب الجنوبي .إذا عملت هذه التلسكوبات معا في نفس اللحظة فإنها تعمل كتلسكوب افتراضي واحد.أطلق على مجموعة التلسكوبات اسم تلسكوب افق الحدث (Event Horizon Telescope EHT) وعين الدكتور دوليمان مديرا لمشروع التلسكوب . استخدم الفريق لتزامن (synchronization) ،أي عمل التلسكوبات معا، ساعات ذرية في منتهى الدقة إذ انها لا تتغير بأكثر من ثانية واحدة خلال 100 مليون عام .يشكل عمل التلسكوبات في نفس اللحظة صحن افتراضي للتلسكوب بضخامة الكرة الأرضية. ان القدرة التحليلية الزاوية للتلسكوب هائلة وتساوي (25) ميكروثانية وهي أفضل من دقة تلسكوب هابل الفضائي بأكثر من (2000) مرة .إذا ما توفرت هذه الدقة لعيني شخص موجود في باريس فانه يتمكن من قراءة شاشة موبايل موجود في مدينة نيويورك بسهولة.

تسجيل البيانات : تؤثر الأحوال الجوية وخاصة الرطوبة والغيوم على دقة ووضوح الصورة ويجب بالتالي ان تكون الأحوال الجوية مناسبة في جميع المحطات في نفس الوقت. كان الثلث الاول من شهر ابريل 2017 مناسبا للعمل وتم توجيه جميع التلسكوبات في نفس اللحظة للفجوة السوداء الموجودة في مركز المجرة (M87) .تبعد هذه المجرة عن الأرض 55 مليون سنة ضوئية وبالتالي فإن الإشعاع الذي ستسجله المراصد كان قد غادر المجرة قبل 55 مليون عام. استخدم الفريق في التجربة ترددات راديو عالية لزيادة وضوح الصورة ولأن هذه الترددات لا تمتص خلال الغلاف الجوي.عملت التلسكوبات خلال 4 أو 5 ليال ما مجموعه (65) ساعة .قدر الباحث كرو(G. Crew) من معهد(MIT)المعلومات التي تم تسجيلها بحوالي بليون مليون بايت(أي واحد وأمامه 15 صفرا من البايت)، تعادل هذه المعلومات سماع موسيقى من (mp3) لمدة (5000) عام .سجلت المعلومات على سواقات صلبة(hard drives) سريعة ودقيقة صنعت خصيصا للتجربة في معهد(MIT).أرسلت الأقراص الصلبة التي قدر وزنها بحوالي نصف طن الى معهد (MIT) والى معهد ماكس بلانك في ألمانيا للفحص والتدقيق. استخدم الخبراء حواسيب خاصة (supercomputer) لتدقيق وفحص البيانات واستمرت العملية مدة عام كامل.أرسلت البيانات بعد ذلك الى أربعة مجموعات منفصلة من الفريق لرسم أربعة صور ومقارنتها. استخدمت المجموعات الأربعة حواسيب وبرمجيات معقدة كتبت خصيصا للتجربة وحصلت على صور متشابهة لحد كبير

صورة الفجوة السوداء: تبين الصورة التي تم الحصول عليها من المجموعات الأربعة دائرة مركزية مظلمة (ظل الفجوة السوداء) يحيط بها حلقة متوهجة من الإشعاع. تم الإعلان عن الصور ونتائج التجربة في نفس الوقت خلال (6) مؤتمرات حول العالم يوم الأربعاء بتاريخ 10 ابريل2019 . تؤكد هذه الصورة صحة ودقة النظرية النسبية العامة .إن الألوان في الصورة ليست حقيقية وتبين الفرق في شدة الإشعاع الصادر من الالكترونات التي تدور حول الفجوة السوداء، إذ أن اشعاعات الراديو التي سجلتها التلسكوبات لا لون لها .اختار الباحثون اللون الاصفر ليبين اعلى شدة في الاشعاعات الصادرة يليه اللون البرتقالي. اما اللون الاسود فيعنى انعدام الاشعاعات الصادرة من الفجوة السوداء .عند اقتراب المادة من افق الحدث فإن الذرات تتحطم وفيما تسقط النوى في الفجوة السوداء (داخل افق الحدث) لغير رجعة ،فإن الالكترونات تدور بسرعة قريبة من سرعة الضوء حول الفجوة تحت تأثير قوة جاذبيتها ومجالها المغناطيسي. تمثل الدائرة المظلمة المركزية ظل الفجوة السوداء، أما الحلقة المتوهجة حولها فتبين الالكترونات والأجسام المشحونة الأخرى التي تدور حولها بسرعة كبيرة جدا..قدر الباحثون كتلة الفجوة السوداء بحوالي (6.5) ألف مليون كتلة شمس(أي 13 وأمامه 39 صفرا كيلوغرام). أما قطر افق الحدث(الفجوة السوداء) فكان 38 بليون (ألف مليون)كيلومترا، وهي بالتالي اكبر من مدار كوكب نبتون حول الشمس الذي يستغرق في دورانه 200 عام .ويبدو حجمها لنا وبسبب بعدها الشاسع كحجم برتقالة على سطح القمر. إذا دار حولها كوكب أو نجم فإن سرعته وبسبب قوة جاذبيتها الهائلة تكون قريبة من سرعة الضوء ويكمل دورته حولها خلال ما يقرب من أسبوع .

شارك في التجربة التي كلفت حوالي(50) مليون دولار 200 من العلماء حول العالم بتخصصات الفلك والفيزياء والرياضيات والهندسة. انضم لتلسكوب افق الحدث تلسكوبات اخرى ليصبح عددها في الوقت الحاضر(11) تلسكوبا

.يعمل الفريق على دراسة وتحليل معلومات الفجوة السوداء الموجودة في مركز مجرة درب التبانة . يتوقع ان يحصل بعض أعضاء الفريق على جائزة نوبل في الفيزياء خلال الأعوام القليلة القادمة.