

# ما هو الزمكان؟

د. سلوى الصالح

قسم الفيزياء و الفلك - جامعة الملك سعود

٢٤ تشرين أول / ٢٠١٦

# زمان + مكان = زمكان

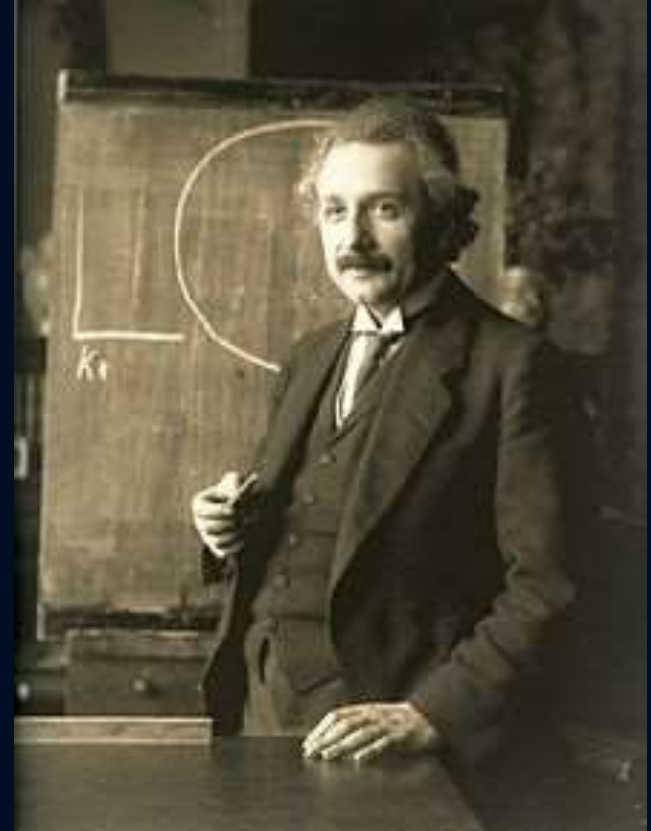
- نألف عادة مفهومى الزمان و المكان ككيانين مستقلين عن بعضهما.
- لتلتقي شخصاً، فإنك تحدد معه موعد اللقاء، و مكانه.. و بالتالى نحن بحاجة لمعلومات الزمن و المكان كي نحدد حدث ما.



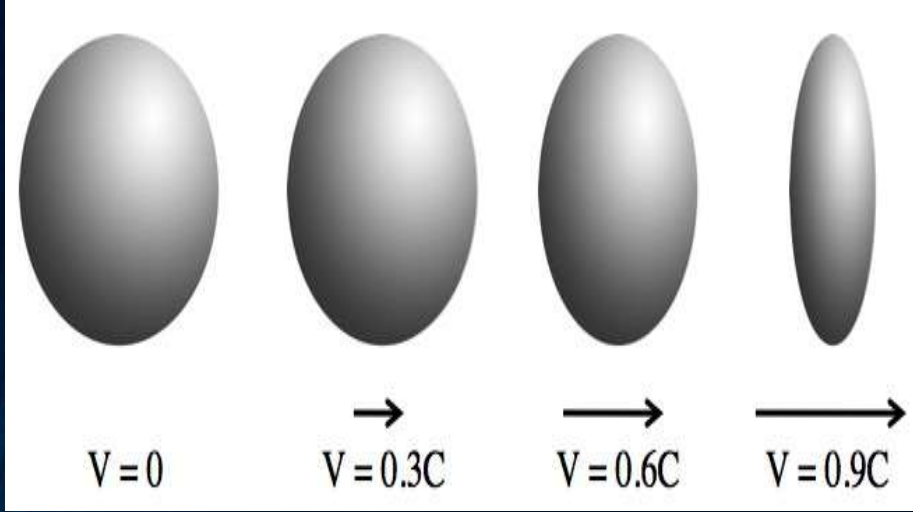
- و لكن، و في حياتنا اليومية ، الزمان و المكان مفهومين مجردين لا يتغيران ، ظلت هذه الصورة للزمان و المكان حاضرة لأزمة طويلة.. قبل أن يأتي ألبرت أينشتاين و آخرون بمفهوم النسبية الخاصة.

- تنص النسبية الخاصة، أن المراقبين ذو سرعات مختلفة يختبرون الزمان و المكان بشكل مختلف عن بعضهم.

- بحيث لو كان مراقب A يتحرك بالنسبة لمراقب B بسرعة (ما). فإن ساعاتهما لن تعود تقيس الزمن بالمعدل نفسه!



# النسبية الخاصة و الزمكان



- سرعة الضوء ثابتة لجميع المراقبين.
- بالنسبة لراصد ساكن، فإن جسيم يتحرك بسرعة ما سيشهد بطئا في الزمن و انكماشاً في الطول.
- يمكن تشبيه الأمر و كأن الجسيم المتحرك قد اكتسب زمناً على حساب الطول.

الزمن	الطول	السرعة
1 min	1 m	0
1.1547 min	0.866 m	50 % c
7.089 min	0.141 m	99% c
223.607 min	0.0045 m	99.999% c

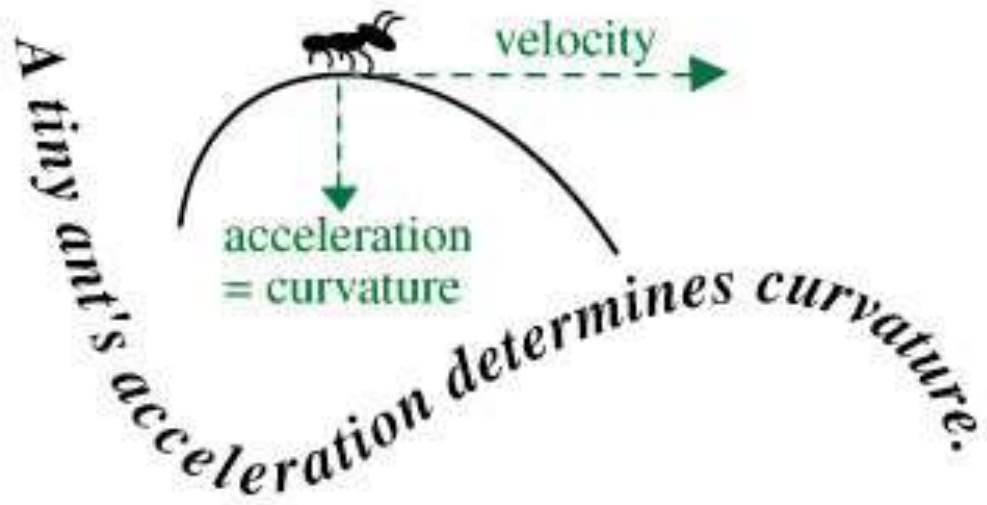
# النسبية العامة و الزمكان

- لم يتوقف الأمر عند دمج الزمان و المكان في كينونة واحدة و حسب. بل و عندما حاول أينشتاين و آخرون تطبيق مفهوم النسبية على المجالات التجاذبية ( بالقرب من مجال تجاذبي)، كشف الستار عن خاصية عميقة للزمكان.
- قد لوحظ ان الزمكان يصبح " مرئًا " و **ينحني** تحت تأثير **الجاذبية** !
- هكذا، تفسر **النسبية العامة** الجاذبية، على أنها تغير في " هندسة " الزمكان، تحت تأثير الكتل و الطاقة و كمية الحركة.



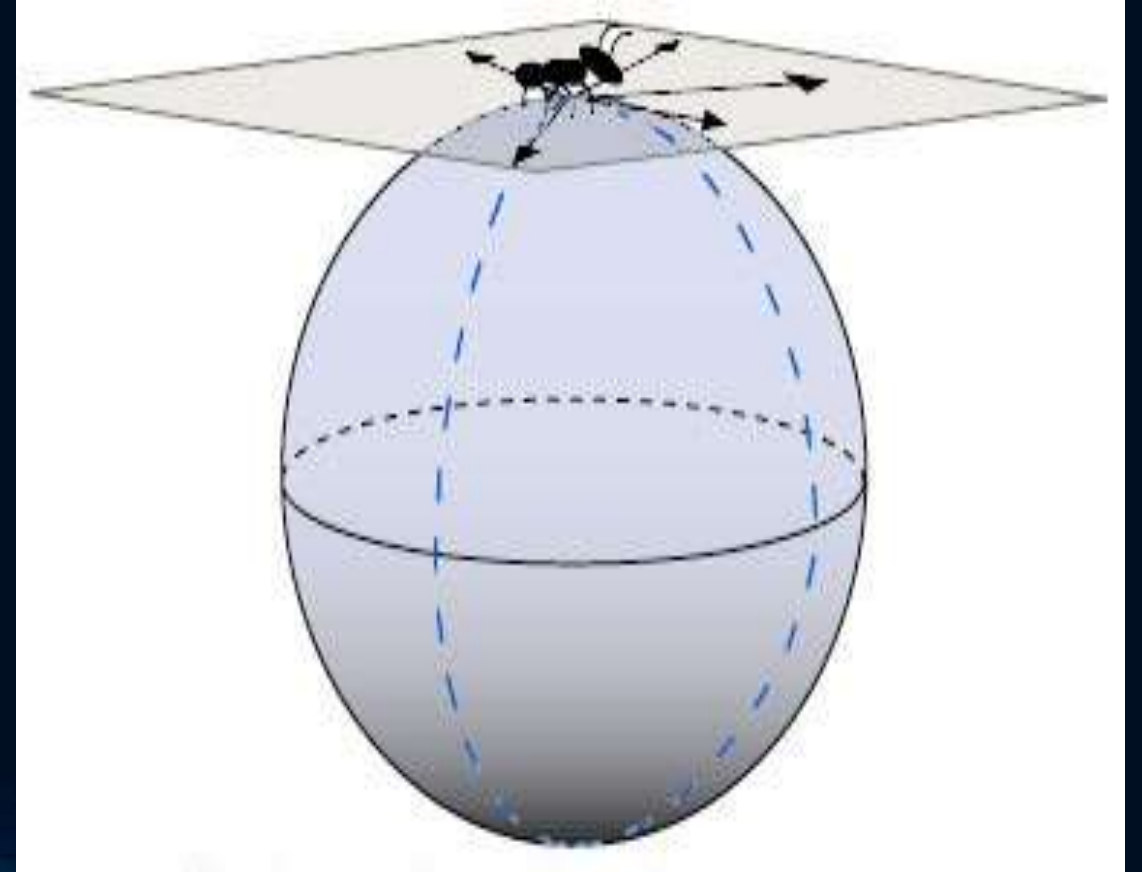
# الطاقة تؤثر في الزمكان... و الزمكان يرد!

- و بهذه الصورة، لم تعد الجاذبية "قوة" بل هي فقط انحناء الزمكان نتيجة لوجود طاقات متموضعة عليه.
- و هذا الانحناء، يغير من شكل مسارات الأجسام في الزمكان.. فالمسار المستقيم محليًا، لم يعد بالضرورة مستقيمًا بالصورة الكبيرة.. الأمر أشبه بنملة تمشي على سطح كرة، يبدو لها محليًا أنها تمشي بخط مستقيم، بينما في الصورة الكبيرة هي تمشي بمسار "منحني".



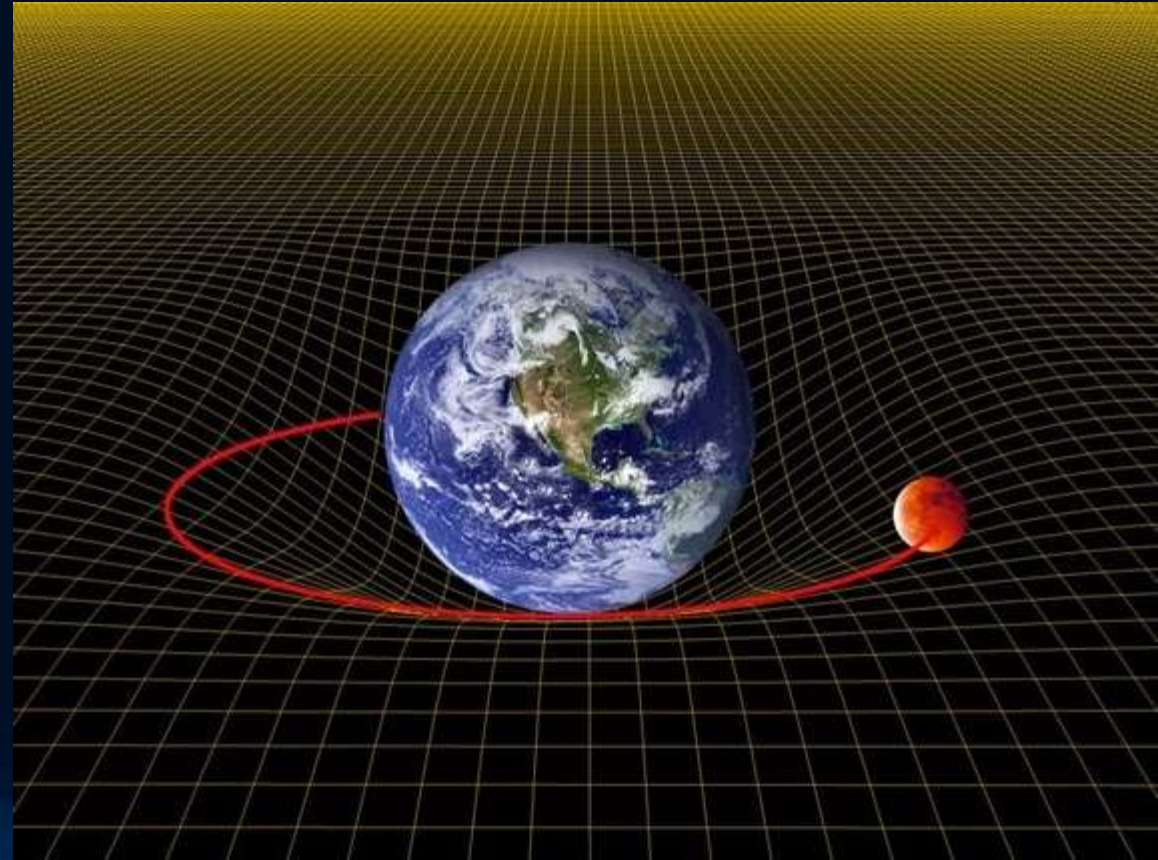
يكافئ المسار المنحني تسارع الجاذبية، و بهذا  
يمكن الاستغناء كلياً عن التصور الغير دقيق  
للجاذبية على أنها " قوة " .. بل مجرد تغيير في  
هندسة الزمكان.

على سطح الكرة، يمكن للنملة التحرك بأي  
اتجاه، و لكن إن التزمت بالحركة بشكل  
مستقيم، سترسم دائرة



و بهذا يمكن تفسير دوران الكواكب و الأجرام  
السماوية و حركتها من خلال جعل الزمكان ،  
شيئاً بحد ذاته و يتمتع بخصائص **ديناميكية**...  
يلتف و ينحني .. إلخ

هذه النظرية – المؤكدة – هي ما جعل  
أينشتين مشهوراً، لأنها قد غيرت و للأبد  
مفهومنا عن الزمان و المكان.. اللذان لطالما  
اعتُبرا مطلقين و مسلم بهما.



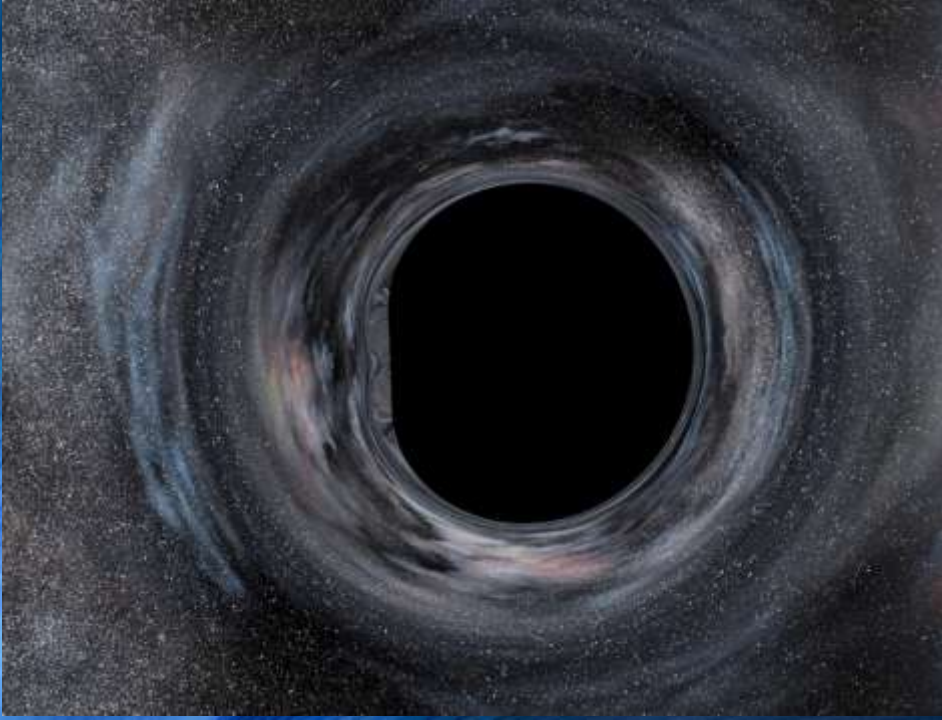
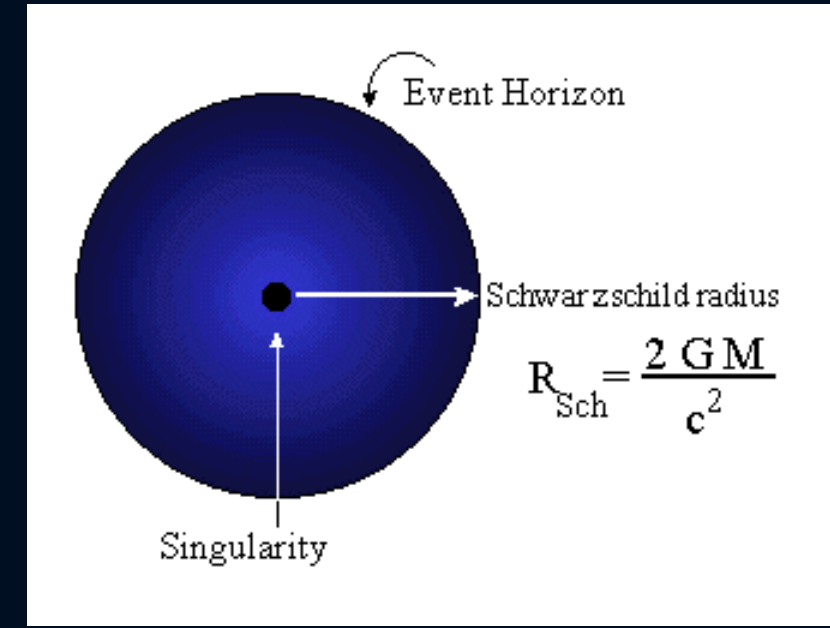


## من الثقوب السوداء إلى موجات الجاذبية ....

- إن تصور الزمكان كيانًا مرنا له ديناميك خاص به، من خلال المعادلات الرياضية للنسبية العامة كان له تبعات غريبة و غير مألوفة بالمطلق.
- حيث تنبأت **معادلات حقل أينشتاين**، إن تم حصر كتلة في حجم صغير جدًا، فإن هذه الكتلة ستتهار على ذاتها تجاذبياً، و تخسر أي تكوين داخلي لها... مكونة **ثقبًا أسودًا**..
- جاذبية الثقب الأسود مهولة للغاية، بحيث أن الضوء لا يمكنه الإفلات منها... و **يتوقف الزمن** عند منطقة حرجة قرب الثقب الأسود تعرف **بأفق الحدث**.

يمكن تعريف الثقب الأسود على أنه منطقة يتحرك فيها الزمكان أسرع من الضوء.

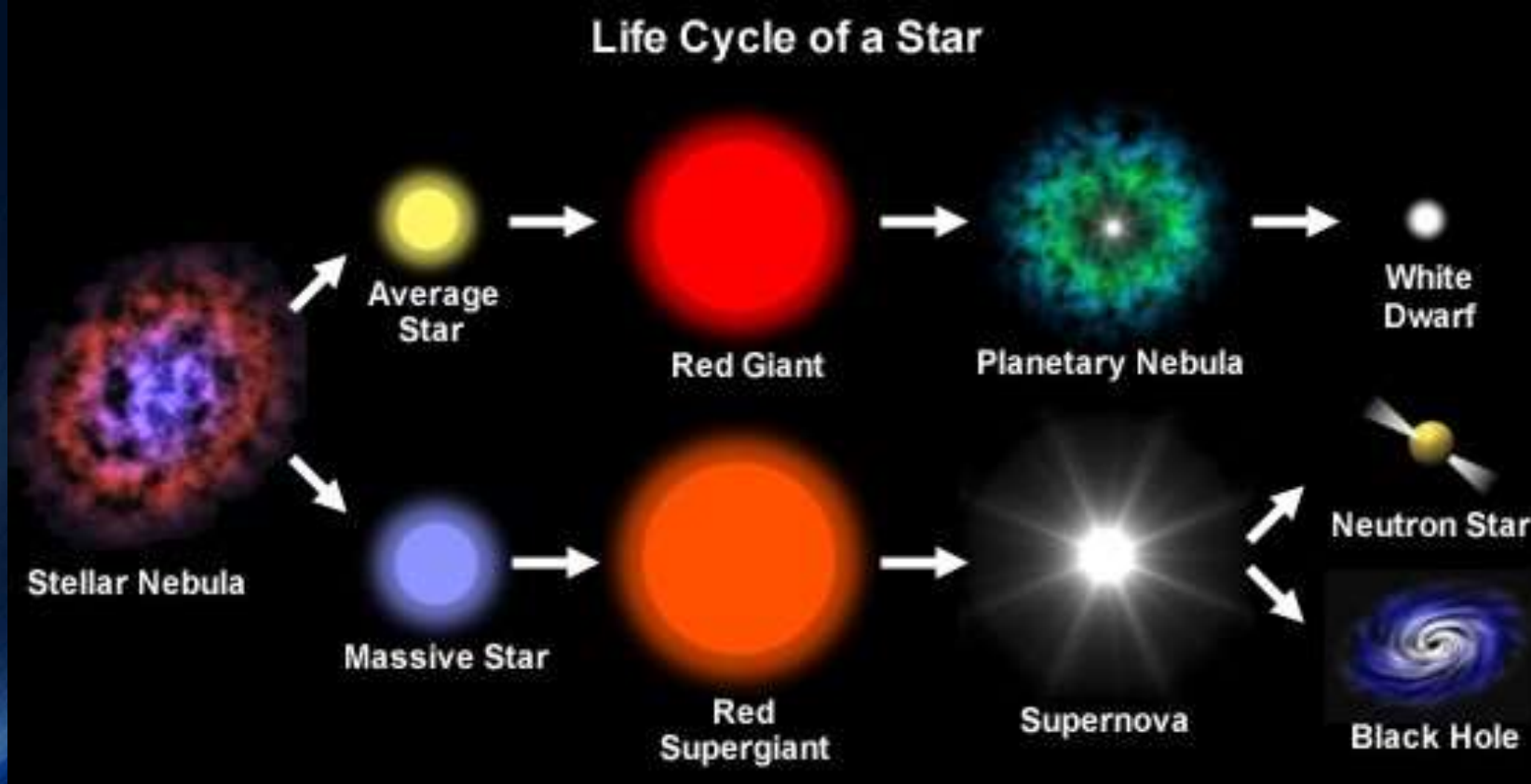
و بالرغم من غرابة هذا الجرم، إلا أن العديد من المشاهدات الفلكية تؤكد وجوده، و بالأخص في قلب مجرتنا، حيث يوجد ثقب أسود فائق الكتلة.



الثقوب السوداء ليست أجسام فلكية كبيرة فقط، بل يمكن ان تكون " مجهرية " . و تلك لها أهمية نظرية في دراسة فيزياء الجسيمات، إلا انه لم يُؤكد وجودها بعد.

- الثقوب السوداء الكبيرة تتكون بعد موت نجم كبير و انفجاره ( بما يسمى بالمستعر الأعظم) ليبقى موضعه نجم فائق الكثافة يعرف بالنجم النيوتروني.

إن بقيت كتلة النيوتروني كبيرة، فإنه ينهار على ذاته مكونًا ثقبًا أسودًا.



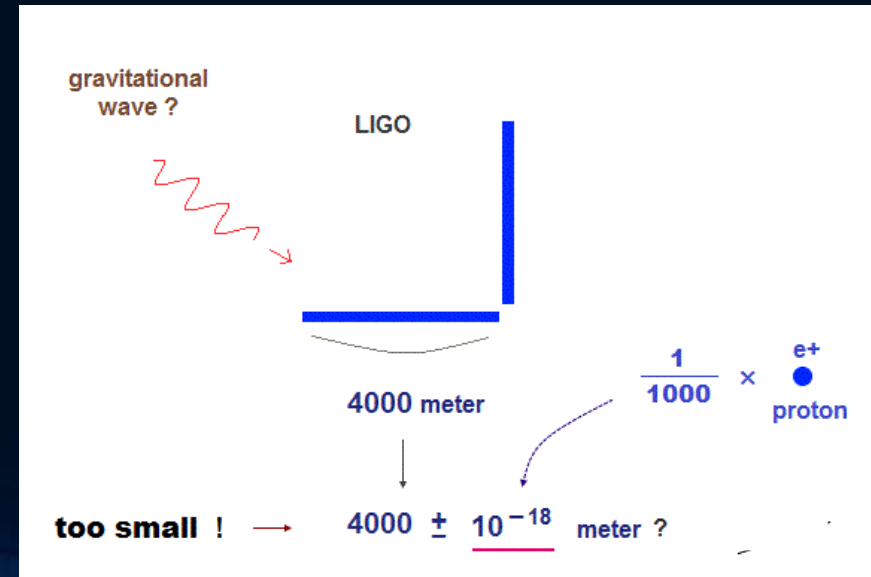
# الثقوب السوداء المتصادمة !

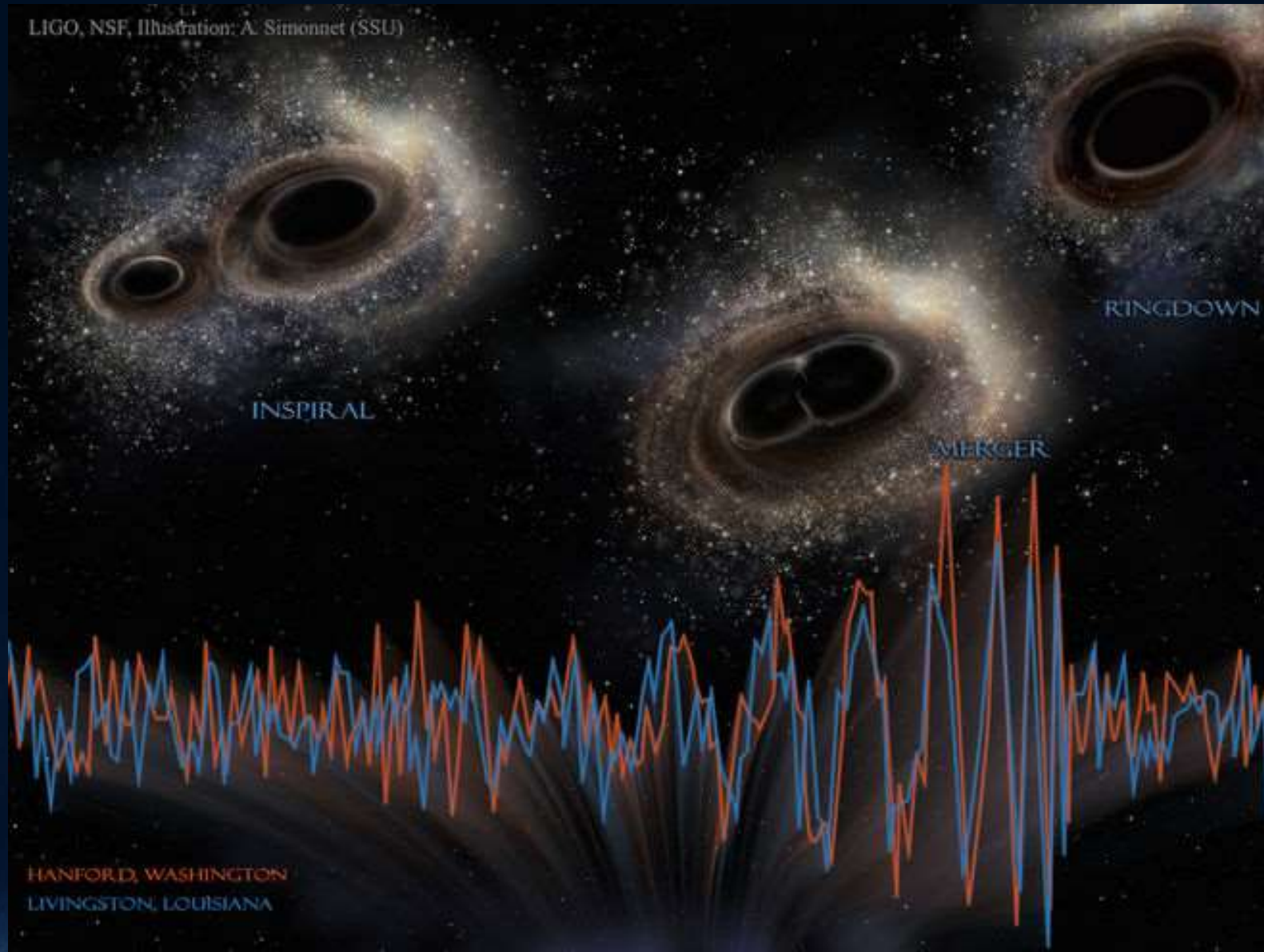
- الثقوب السوداء أجرام ذات خصائص فائقة ، من حيث الطاقة التي تحملها...  
تخليوا إذا حينما يتصادم ثقبان أسودان عملاقان !!
- رُصد هذا الحدث في شهر أيلول/ سبتمبر ٢٠١٥ ، و قد قدرت الطاقة المطلقة بـ ٥٠ ضعف ما تشعه النجوم في الكون مجتمعة !!



- إن أحد التبعات الأخرى لكون الزمكان ديناميكيا، هو قابليته للتموج – كما الماء على سطح بركة - ، و يمكن رصد هذه التموجات في الزمكان إن كانت مصادرها ذات طاقة عالية، كما تلك التي أطلقها حدث تصادم ثقبين أسودين..

- بالرغم من أن الطاقة المطلقة في التصادم مهولة، إلا أن سعة **الموجات التجاذبية**، لم تكن سوى جزء من الألف من قطر البروتون !!





- تصور لحدث تصادم الثقبين الأسودين و اندماجهما بعد ذلك. مخلفا ذلك تموجات في الزمكان. تم قياسها في أيلول ٢٠١٥.

# الإنفجار العظيم

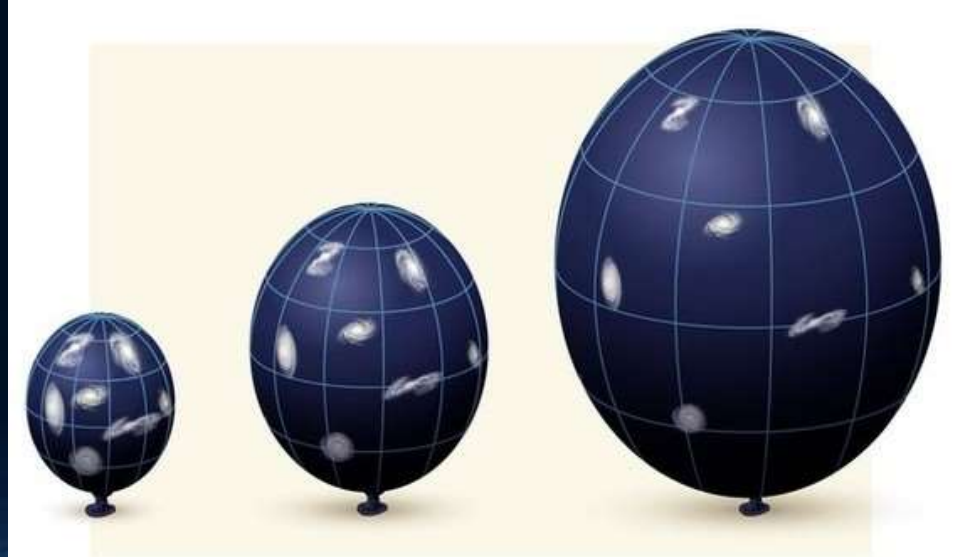
- إن دراسة الزمكان، من خلال النسبية العامة، و مقارنة المشاهدات الفلكية .. بأن الفضاء يتوسع – المجرات البعيدة تتحرك بسرعة مبتعدة عنا- . أدى للكشف أن لكوننا بداية كجسيم متناه الصغر، ثم توسع بشكل كبير جدا، بما يعرف **بالإنفجار العظيم** .

- حيث توسع الكون من حجم أقل من البروتون بمليار مليار مرة، إلى  
حجم البرتقالة في أقل من ١ .....  
ثانية
- 





- واستمر الكون بعدها بالتوسع، و البرود حتي تكونت الجسيمات الأساسية، و النوى و الذرات و بعدها بدأت الأجرام السماوية الكبيرة بالتكون بسبب الجاذبية .
  - لا زال الكون يتوسع إلى يومنا هذا بمعدل كبير.. حيث تعجز الفيزياء التي نعرفها عن تفسير معدل التوسع هذا..
- مما أدى لافتراض وجود نوع مجهول من " الطاقة " و قد سميت **بالطاقة المظلمة** ، و التي تعد لغزا محيرا للعلماء عن تفسير ماهيتها، بالرغم أنها يجب أن تكون ما يقارب ال ٧٠% من إجمالي مكونات الكون !





# A History Shaped by Dark Forces

## The big bang

13.8 billion years ago

Our universe blossoms from a hot, dense state smaller than an atom. Within milliseconds it inflates enormously.

## Composition of the universe

## Dark matter forms

First seconds of the universe

Dark matter also emerges in the first second. Interacting with particles of normal matter only through gravity, it begins to pull them together.



## Stars light up

100 million years after the big bang

Clouds of hydrogen assembled by the gravity of dark matter collapse to form the first scattered stars. Nuclear fusion inside them creates heavier elements—and lights space.



## The expansion slows

1 billion years after the big bang

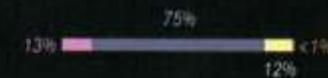
Stars clump into galaxies, galaxies into clusters along a scaffolding of dark matter. The mass of all matter, most of it dark, is so great that its gravity slows cosmic expansion.



## Dark energy rises

4-6 billion years after the big bang

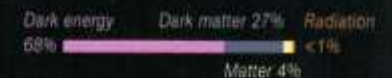
After slowing for billions of years, the expansion accelerates again. Why? A mysterious repulsive force, dubbed dark energy, has begun to counteract the pull of dark matter.



## Ever onward

Today

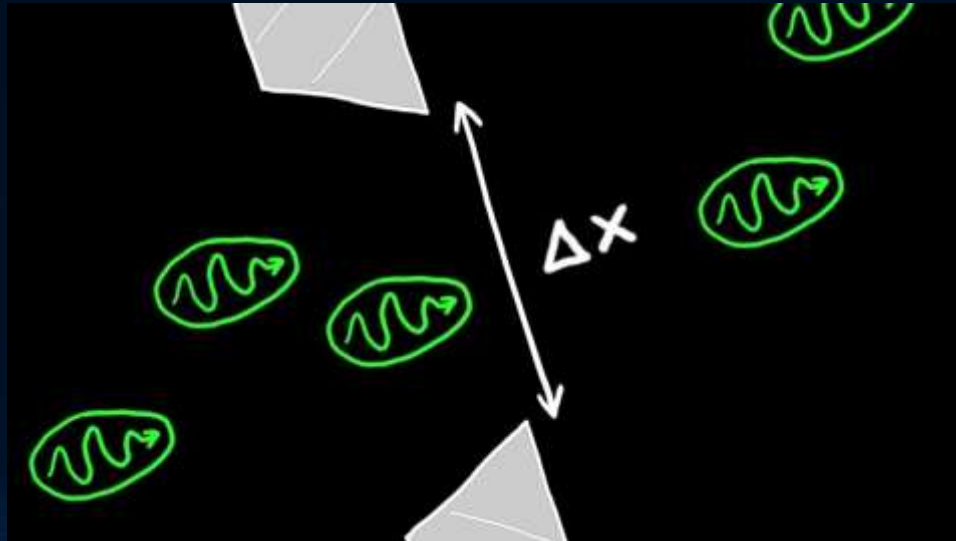
The universe hurtles outward toward an uncertain future.



\*Percentages do not add up to 100 due to rounding

## مما يتكون الزمكان ؟؟

- إن أردنا معرفة مما يتكون الزمكان، علينا التكبير و النظر عن قرب لمعرفة تركيبه، كما هو الحال عندما نريد معرفة تركيب اي شيء.
- و لكن، قد علمتنا ميكانيك الكم، أن النظر عن قرب يحتاج لادخال طاقة للنظام المراد دراسته... كلما أردنا التمعن أقرب، علينا إدخال طاقة أعلى!

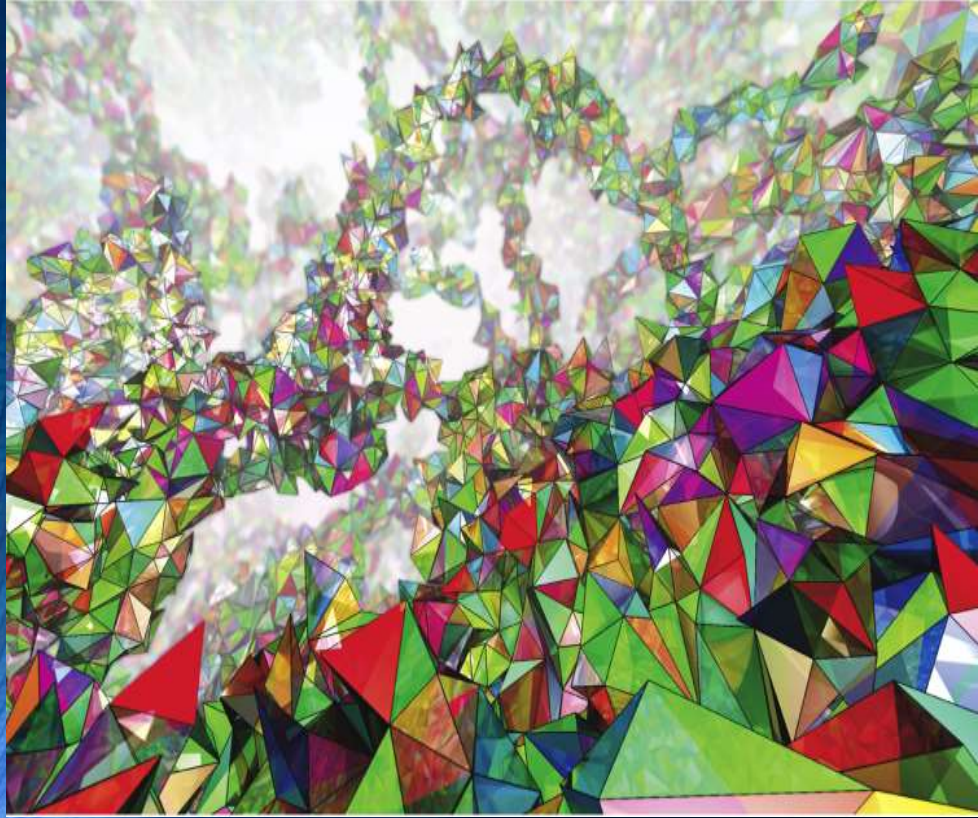


- ولكن وجود الجاذبية، يضع حداً على مقدار الطاقة التي يمكن حصرها في حجم صغير، إن وصلت هذه الطاقة لحد معين ( كتلة بلانك = 0.22 g ) في طول معين ( طول بلانك ). فإن ثقباً أسوداً سيتكون!

- و بهذا إن نظرنا للزمكان على مستوى فائق الصغر، مستوى طول بلانك... فإننا سنرى " رغبة " من الثقوب السوداء التي تنشأ و تتبخر بسرعة .. تعرف بالرغبة الكمومية



# الاجاذبية الكمومية... نظرية كل شيء؟؟



- لا نستطيع فهم، و اختبار الزمكان على مستوى بلانك، بسبب الطاقة الموهلة التي نحتاجها لدراسة هذا المستوى من الصغر... و أيضا، لأننا لا نملك بعد نظرية تصف الجاذبية كنظرية كمومية بشكل متكامل.

- بالرغم من محاولات انشاء مفاهيم، كما الجاذبية الكمومية الحلقية LQG التي تتبنى فكرة الرغبة الكمومية بشكل رياضي عميق



- نظرية الأوتار – و نظرية M- التي تحاول النظر للجاذبية على أنها تفاعل كما التفاعل الكهرموغناطيسي، و توحيدها مع باقي التفاعلات من خلال افتراض أن كل شيء مكون من أجسام على مستوى بلانك ذات بعد واحد تعرف بالأوتار ...
- تتجنب نظرية M التطرق لبنية الزمكان مباشرة/ بل تكتفي بدراسة الجرافيتون، الجسيم الافتراضي الناقل للجاذبية.



## هل توصلنا لحل ؟

- كلتا النظريتين بهما عيوبهما الخاصة التي تجعل منهما نظريات غير مكتملة.. و لكن نظرية الأوتار ، بعيدة كليا عن كونها نظرية تنبئية.. حيث تفترض ١١ بعدا للزمكان... أكوان متعددة و الكثير من الافتراضات الغير مشاهدة ..



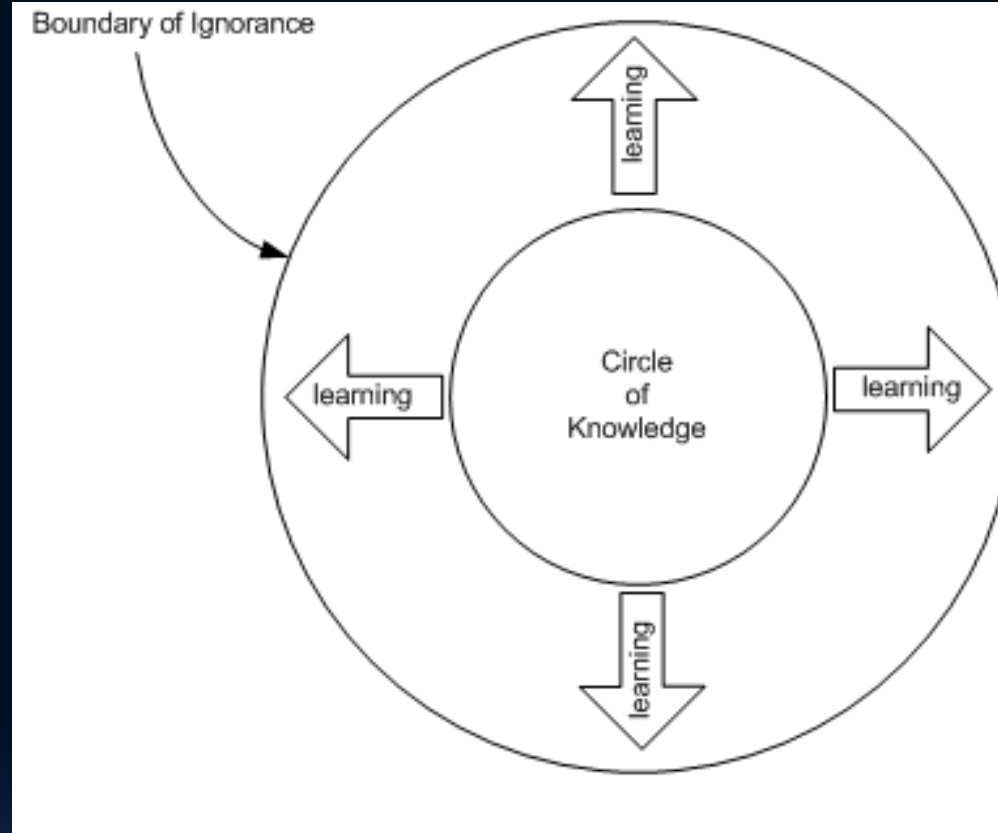
إذا، ماهو الزمكان؟؟



نحن لا نعلم !!

- يمكن تشبيه المعرفة البشرية بما هو داخل دائرة ، و ما خارجها فضاء مهول من المجهول...

كلما اكتسبنا معرفة أكبر و أكبر، توسعت الدائرة، و لكن محيطها – و الذي يمثل الحدود بين المجهول و المعلوم- يكبر، و بذلك ندرك أننا نجهل الكثير كلما عرفنا أكثر !!







شكرا لكم !