توسع الكون

إعداد:

Ricardo Moreno, Susana Deustua,

Rosa M. Ros, Beatriz García

الاتحاد الدوليّ لعلم الفلك

معهد ريتامار من مدريد

، إسبانيا معهد علوم تلسكوب الفضاء

، الولايات المتحدة جامعة البوليتكنيك في كاتالونيا ، إسبانيا

ITeDAوالجامعة التكنولوجية الوطنية ، الأرجنتين

ترجمة: الشيماء

الأهداف

- فهم معنى توسع الكون.
- فهم حقيقة أنه لا يوجد مركز الكون.
- فهم قانون هابل.
- تحليل كيفية رصد المادة المظلمة.

العرض

نتطرق في هذه الورشة إلى المواضيع التالية:

- أصل الكون: نظرية الانفجار العظيم.
- المجرات : لا تتحرك في الفضاء، لكن الفضاء نفسه من يتمدد.
- ثابت هابل : $v = H^* D$
- لا يوجد مركز للكون كما لا يوجد بلد مركزي.
- الخلفية الإشعاعية الكونية CMB.
- العدسات التجاذبية.

نموذج ، التنبؤات، التحقق :
تجربة باستعمال غطاء طاولة

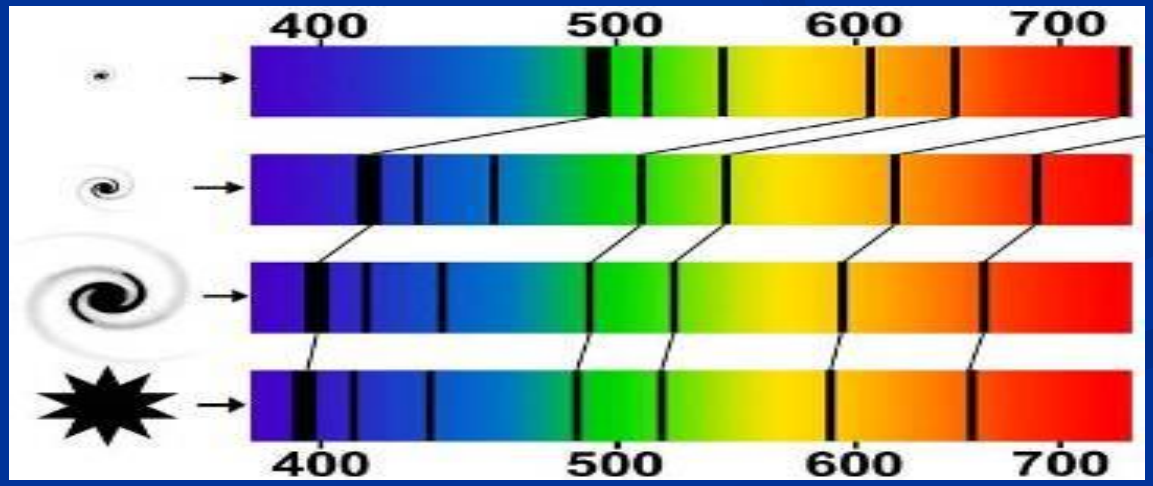
إذا قمت بسحب غطاء الطاولة بسرعة كبيرة، لن يسقط أي شيء من على الطاولة. اذا باستطاعتنا التحقق من هذا، فيكون بهذا تنبؤنا صحيح.

إذا سحبنا غطاء الطاولة بسرعة، لن يكون الوقت كافيا لقوى الاحتكاك للتأثير على الأشياء الموجودة على الطاولة، و هذا ما يفسر سبب عدم سقوطها. التجربة ناجحة لأن الفيزياء علم يتنبأ بماذا سيحدث.

الفيزياء التي طورناها و نطبقها على سطح الأرض هي نفسها الذي نطبقها على بقية الكون.

الانزياح نحو الأحمر

- يُظهر الضوء الذي تم اصداره من كل عنصر خطوطًا: إنه الطيف الذي المميز لكل عنصر.
- من خلال رصدنا للضوء القادم من المجرات ، نلاحظ أن خطوط الطيف مزاحة نحو اللون الأحمر في نهاية الطيف. كلما زاد بعد عنا المجرة ، كلما زاد الانزياح الأحمر.
- يتم تفسير هذا كنتيجة ابتعاد المجرة منَّا.



الانزياح نحو الأحمر

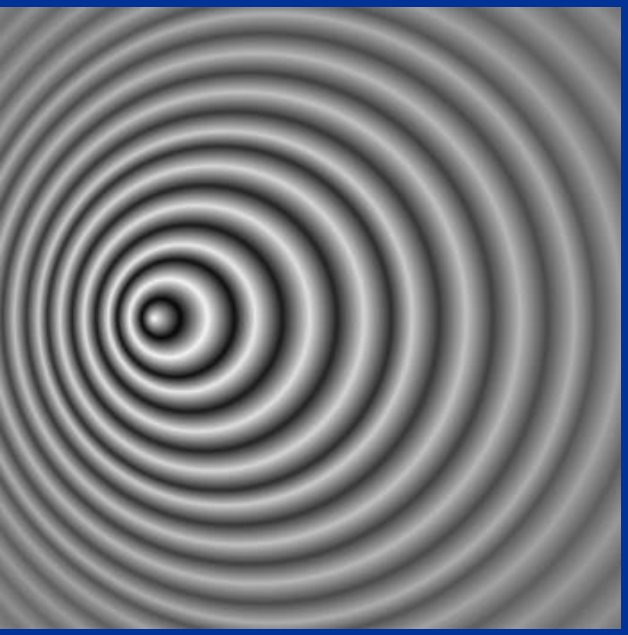
- حركة المجرات القريبة منا، صغيرة نسبيًا وغير منتظمة مثل : سحابة ماجلان الكبرى 13+ كم / ثانية، سحابة ماجلان الصغيرة 30- كم/ثانية، مجرة أندروميدا 60- كم/ ثانية ، مجرة M32 21+ كم/ثانية.
- في عنقود العذراء المجري، (الذي يبعد عنا 50 مليون سنة ضوئية)، كل المجرات تبتعد عنا بسرعة بين 1000 و 2000 كم / ثانية.
- **في مجموعة عنقود برنيس الفائق (على بعد 300 مليون سنة ضوئية) ، تتراوح السرعات بين 7000 و 8500 كم / ثانية.**

الانزياح نحو الأحمر

- في الاتجاه المعاكس ، تتحرك M 74 بسرعة 800 كم / ثانية و M 77 بسرعة 1130 كم / ثانية.
- إذا رصدنا مجرات بعيدة وخافتة ، فإن سرعة الركود تكون أكبر: المجرة NGC 375 تتحرك بعيدًا بسرعة 6200 كم / ثانية ، NGC 562 بسرعة 10500 كم / ثانية و NGC 326 بسرعة 14500 كم / ث.
- بغض النظر عن الاتجاه الذي نلاحظه ، كل المجرات باستثناء المجرات القريبة جدًا تبتعد عنا.

تأثير دوبلر

بنفس الطريقة كما في مثال غطاء المائدة، يمكننا تطبيق المبادئ الفيزيائية الأخرى لدراسة الكون.



- إذا كانت سيارة إسعاف، دراجة نارية أو قطار يقترب منا، سوف نسمع صوت عالي الحدة، و كلما ابتعدت عنا نسمع صوت منخفض الحدة.
- طبقة صوت أعلى ← طول الموجة قصير.
- طبقة الصوت المنخفضة ← طول الموجي كبير.

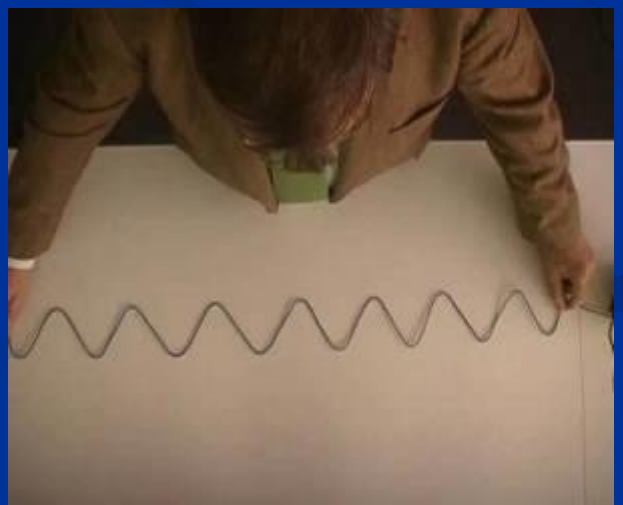
النشاط 1: تأثير دوبلر

- يمكن سماع تأثير دوبلر عن طريق تدوير المنبه أو الجرس في مستوى أفقي.
- عندما يقترب من المستمع ، يتم تقصير λ وتكون درجة الصوت أعلى..
- عندما يتحرك بعيدًا ، يتمدد λ وتنخفض درجة الصوت.
- يحدث هذا مع أصوات الدراجات النارية وسيارات الإسعاف والقطارات ...

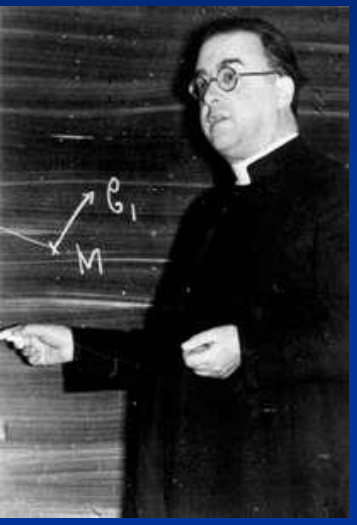
- في التجربة ، يرجع تأثير دوبلر إلى الإزاحة النسبية للمصدر والمستقبل ويتم تمييزه بالأصوات. في حالة تمدد الكون يحدث التأثير مع الموجات الكهرومغناطيسية

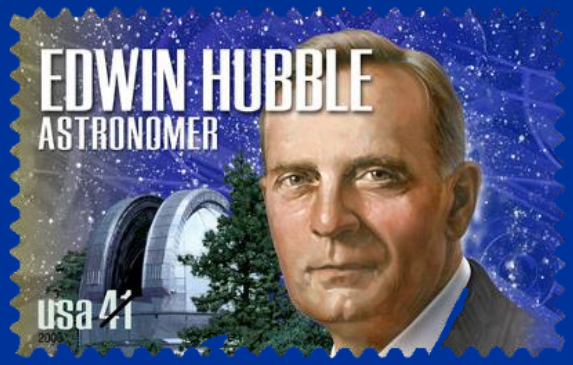
النشاط 2: "شد" الفوتونات

- الكون عندما يتمدد "تتمدد" الفوتونات الموجودة فيه..
- يمكنك عمل نموذج لهذا التمدد باستخدام كبل شبه صلب من النوع المستخدم في الأسلاك المنزلية.
- كلما زاد طول مسار الفوتون ، زاد تمدده.



قانون هابل ليمايتر



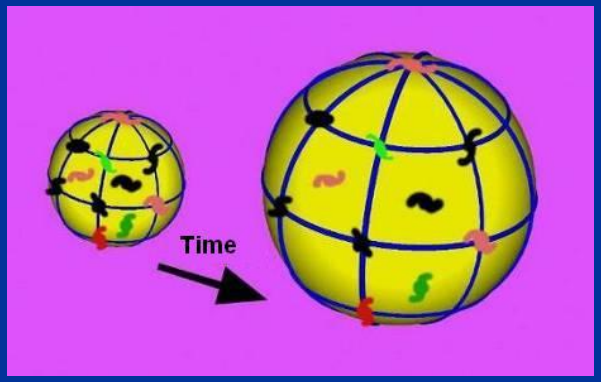


بين عام 1920 و 1930، أدرك جورج ليمايتر وإدوين هابل أن المجرات البعيدة تبتعد أسرع من المجرات القريبة.

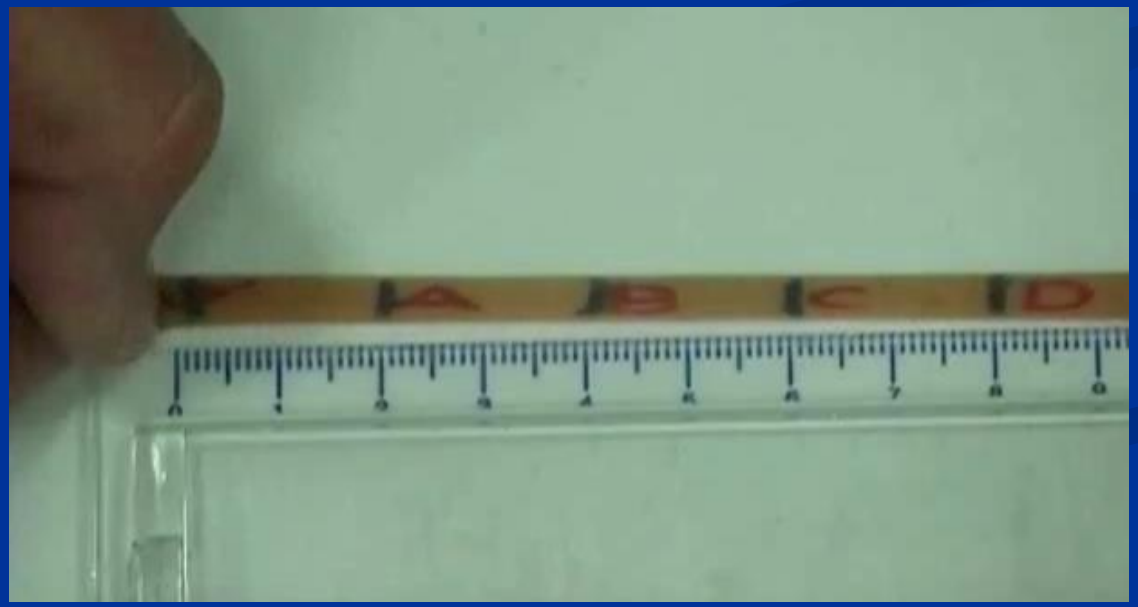
قانون هابل-ليميتر:

$$v = H \cdot d$$

لا تتحرك المجرات في الفضاء:بل إن الفضاء هو الذي يتمدد ، ويسحب المجرات معه.



النشاط 3: الكون في شريط مطاطي



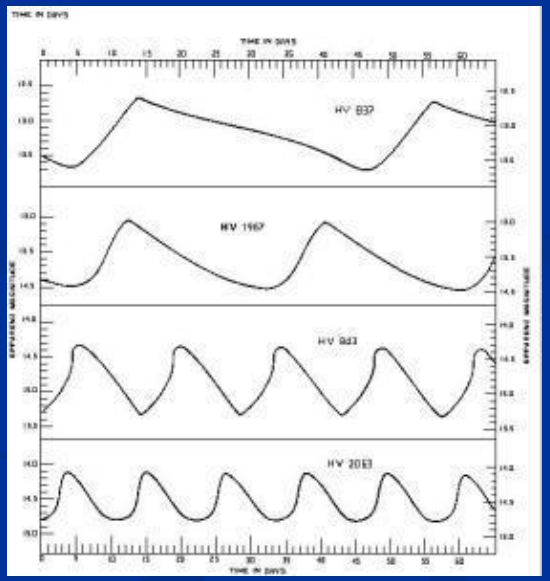
النشاط 4: الكون في بالون

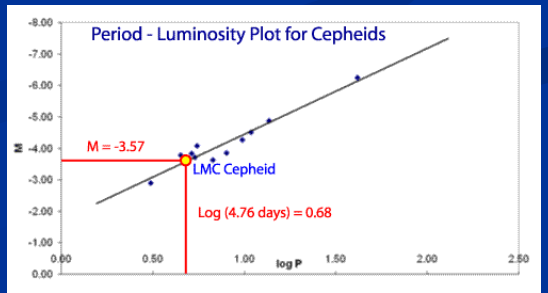
- تزداد المسافة بين المجرات مع التوسع الكوني.
- المجرات لا تتحرك عبر البالون.
- عندما نحدد مكاننا في أي "مجرة" على البالون ، نرى أن المجرات الأخرى تبتعد عنا.

توسع الكون

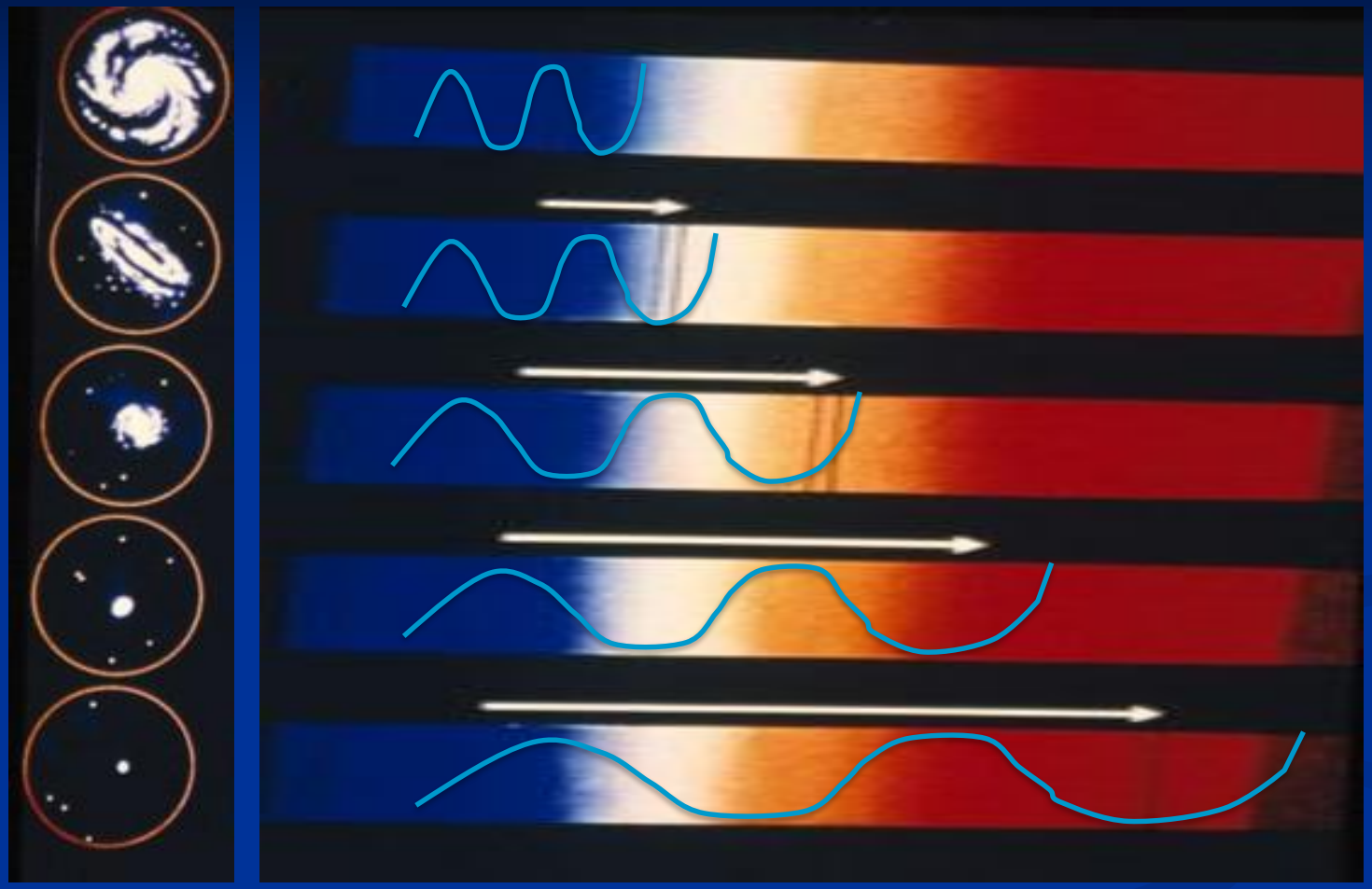
يمكن الحصول على مسافة أقرب المجرات الينا من العلاقة التي تربط اللمعان بالدور لنجوم Cepheidالمتغيرة (اكتشفتها Henrietta Leavitt، في هارفارد ، في أوائل القرن العشرين)

- من منحنى الضوء يمكن الحصول على الدور P.
- من العلاقة التي تربط اللمعان بالدور يمكننا الحصول على المقدا
  المطلق M
- باستخدام M و m، من الممكن قياس المسافة إلى المجرة =
  10 (m-M + 5) / 5 فسرخ فلكي
- لتحديد مسافات المجرات الأبعد ، يمكن لعلماء الفلك استخدام
  نوع معين من المستعرات الأعظمية (النوع Ia)التي لها ذروة
  سطوع متشابهة.



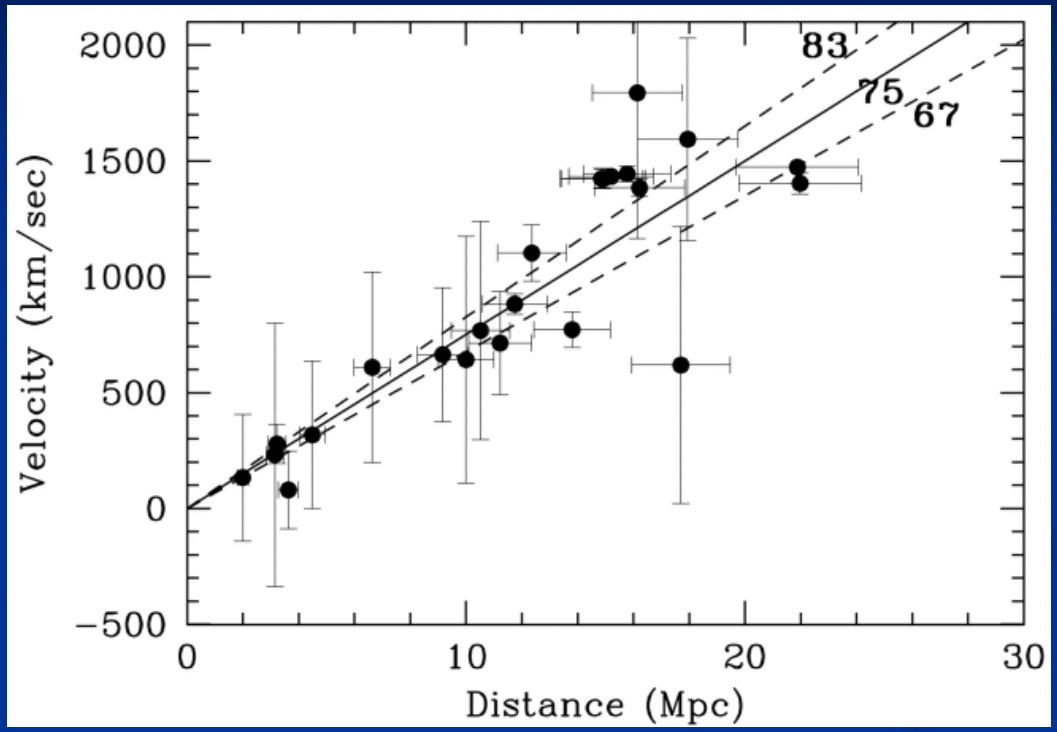


توسع الكون



تقاس سرعة الركود من انزياح خطوط الامتصاص في الطيف باستخدام المعادلة: $v = (\Delta \lambda / \lambda) * c$

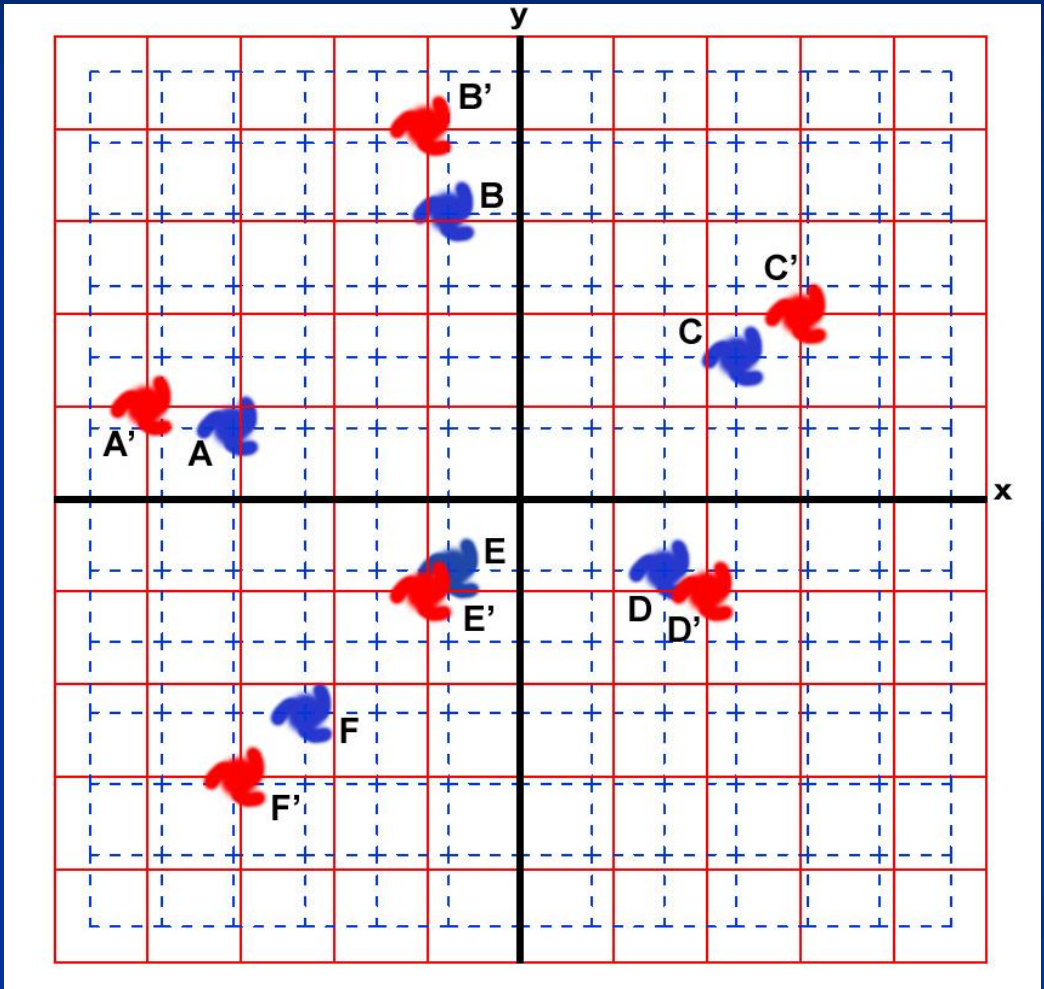
توسع الكون



(from Freedman et al, 2001).

3)ثابت هابل هو ميل الرسم البياني للدالة: $v = H0 \times d$، حيث H0هو معدل تمدد الكون: $H0 = 72\ km / s.$

النشاط 5: حساب ثابت هابل-ليميتر

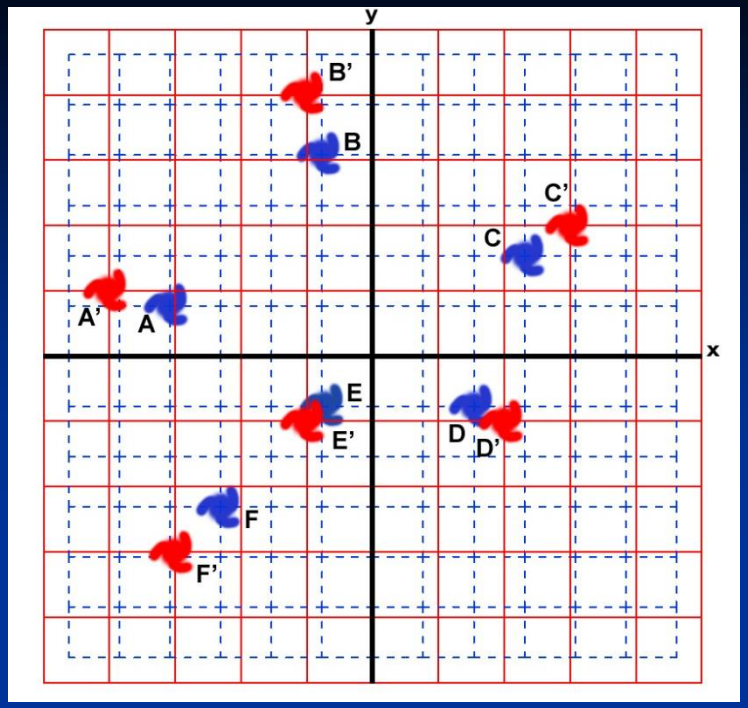


الأزرق = الكون قبل التوسع

الأحمر = الكون بعد التوسع

النشاط 5: حساب ثابت هابل-ليميتر

Galaxy	*Coordinates x,y*	*d=distance to origin*	Δd	$v=\frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H=\frac{v}{d}$
A					
A'					
B					
B'					
C					
C'					
D					
D'					
E					
E'					
F					
F'					

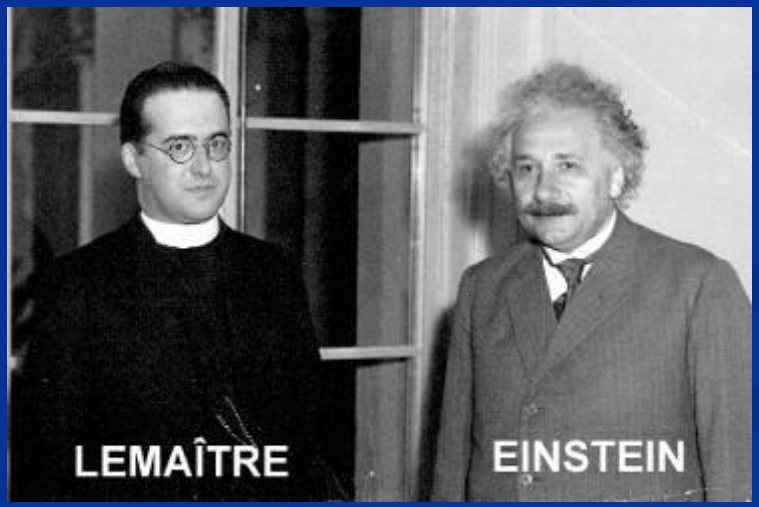


Galaxy	Coordinates x,y	d=distance to origin	Δd	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H = \frac{v}{d}$
A	(-4, 1)				
A'	(-4, 1)				
B	(-1, 4)				
B'	(-1, 4)				
C	(3, 2)				
C'	(3, 2)				
D	(2, -1)				
D'	(2, -1)				
E	(-1, -1)				
E'	(-1, -1)				
F	(-3, -3)				
F'	(-3, -3)				

الانفجار العظيم

- إذا عدنا إلى الوراء ، كان هناك وقت كان فيه كل شيء متحدًا: الكون في التوسع.

- جاء جورج ليميتر ، الذي حل معادلات النسبية ، إلى فكرة الكون المتوسع الذي بدأ كـ "بيضة كونية".



الانفجار العظيم

- اسم الانفجار العظيم: انفجار كبير..

- اعتقد فريد هويل ، مع بعض التحيزات المعادية للدين ، أنها تبدو متسقة للغاية مع فكرة الخالق.
- أجرى S & T مسابقة لإعادة تسميتها. كان هناك 12000 اقتراح. لا شيء كان أفضل من الأخير..

الانفجار العظيم

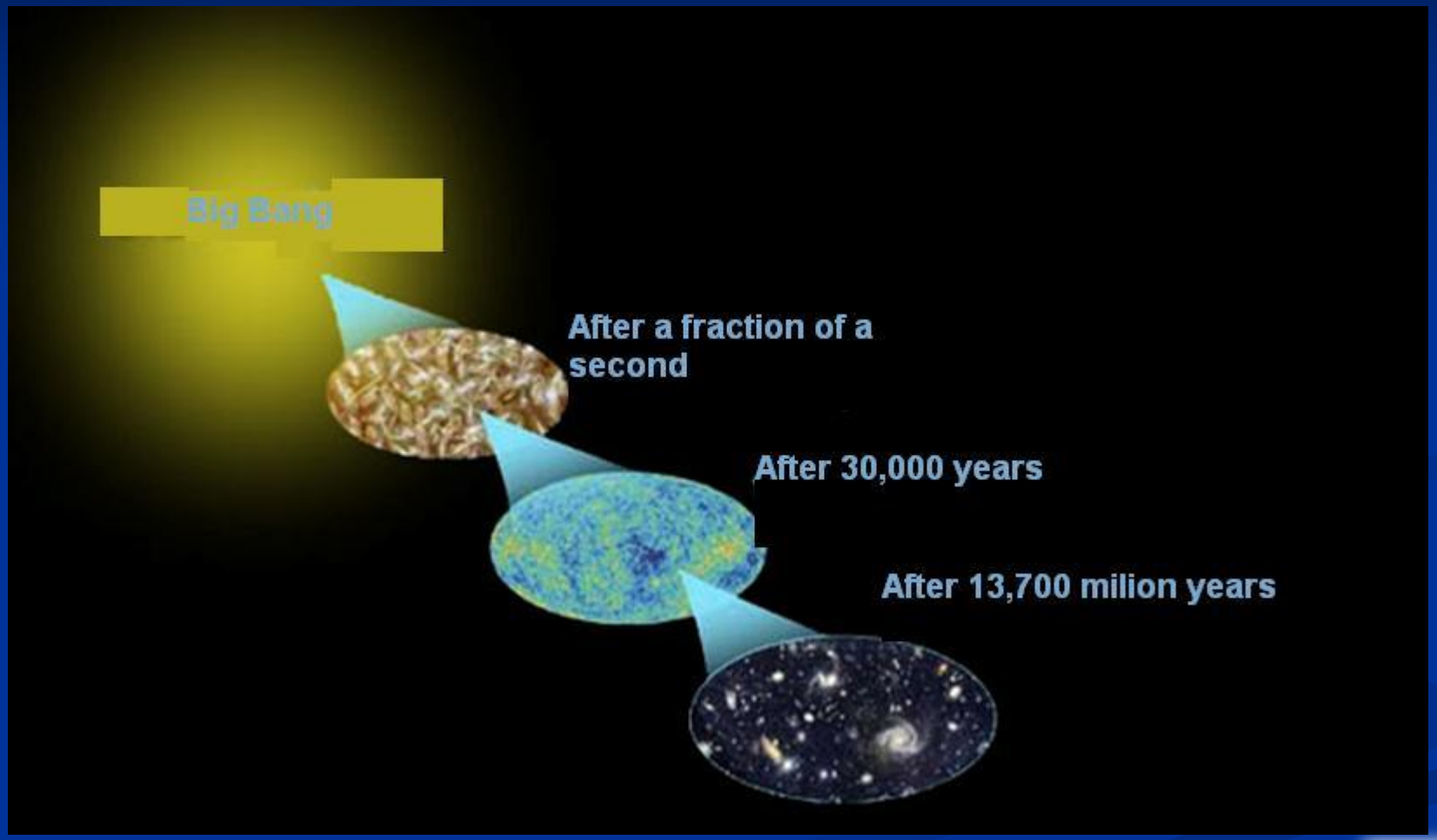
- قبل الانفجار العظيم؟ نحن لا نعرف أي شيء.
- ما هو السبب؟ لماذا حصل هذا؟ لماذا تتبع نفس القوانين الفيزيائية في كل مكان؟
- تهتم الفيزياء بكيفية عمل الأشياء الموجودة ، وليس سبب وجودها.

- تدرس الفيزياء المسألة من أصلها (منذ الانفجار العظيم) ، ليس قبل ذلك ، ولا تدرس سبب أو الغاية من وجودها. هذه أسئلة فلسفية ودينية ولكنها ليست أسئلة علمية.

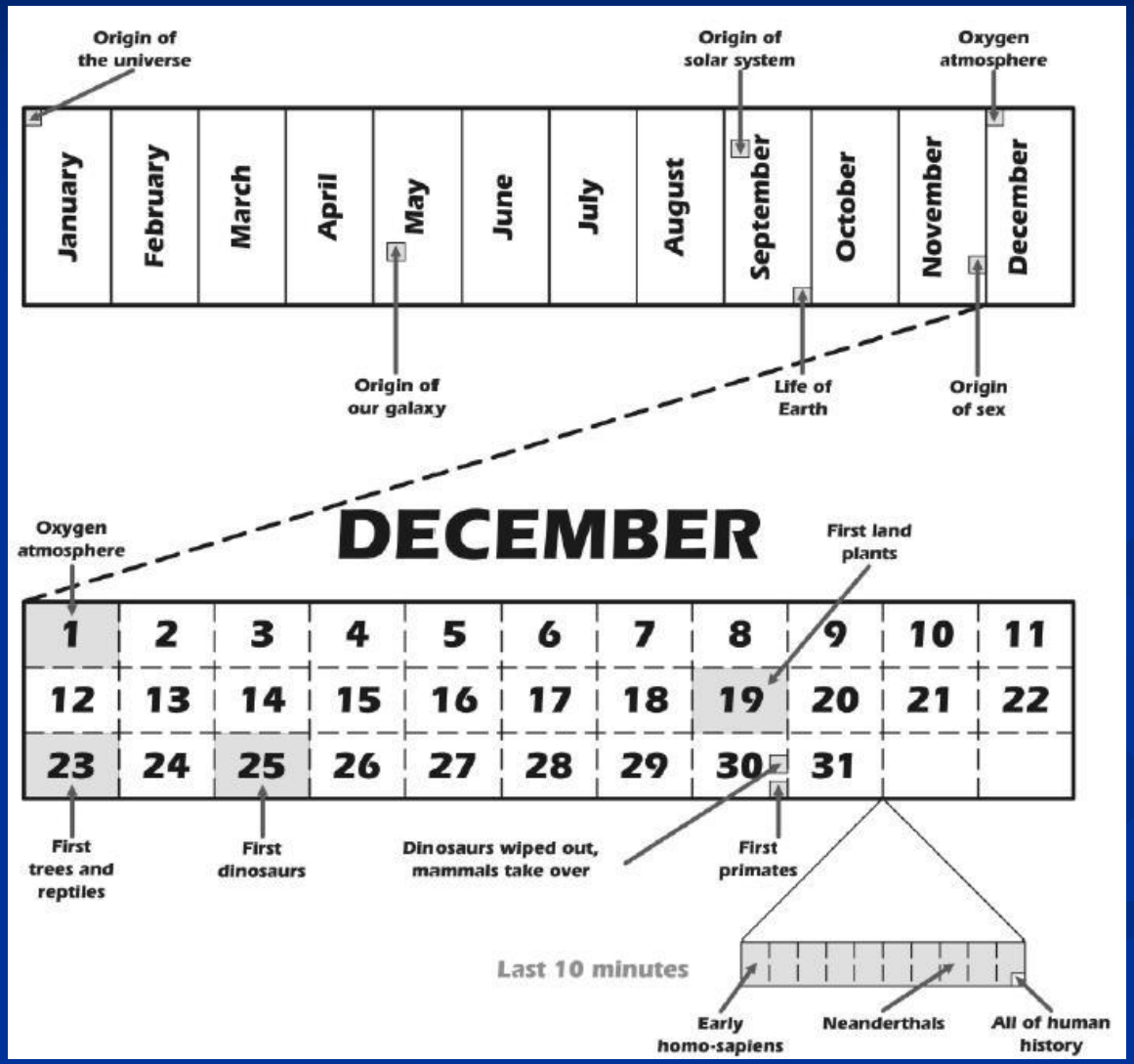
الانفجار العظيم

- تذبذب الفراغ الكمومي؟
- الفراغ ليس لا شيئ ، إنه موجود.
- أكوان متعددة؟ لا يمكنا اثباته بحكم التعريف.

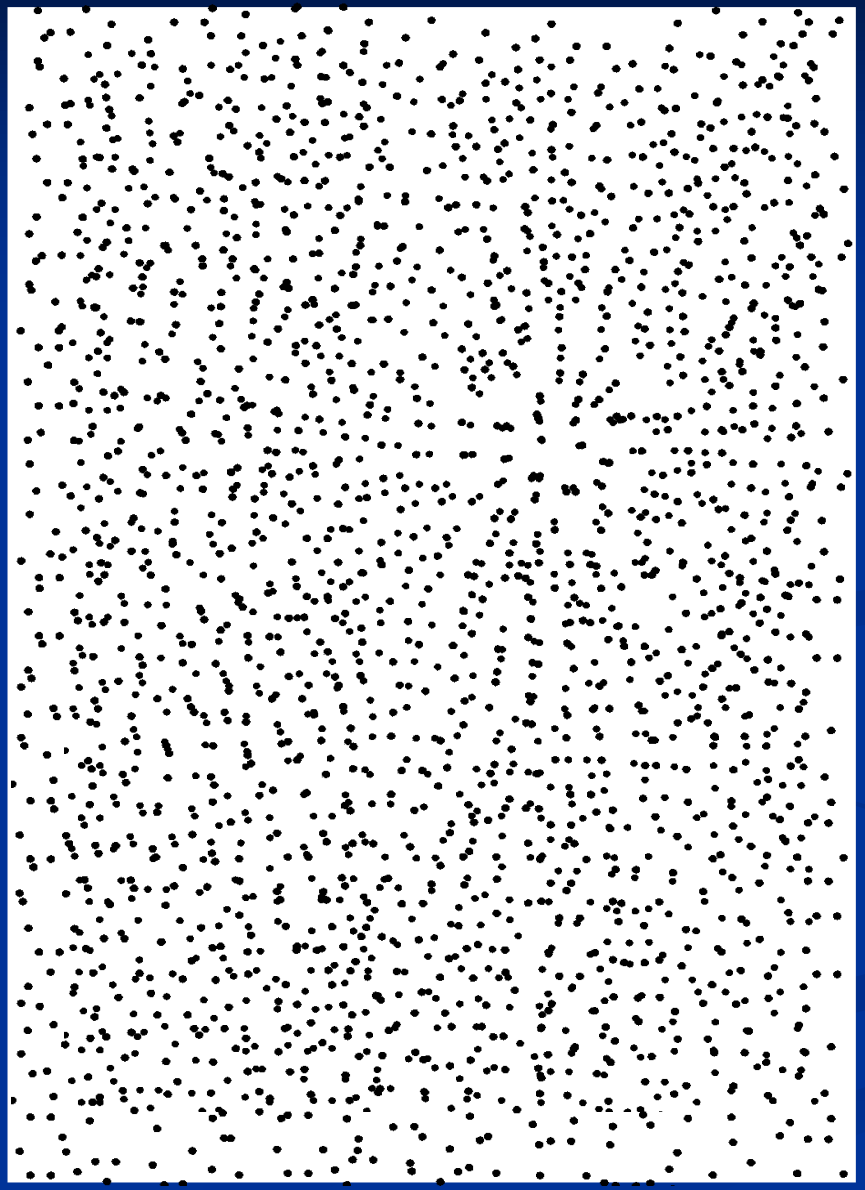
تطور الكون


Big Bang
After a fraction of a second
After 30,000 years
After 13,700 milion years

تطور الكون في سنة واحدة



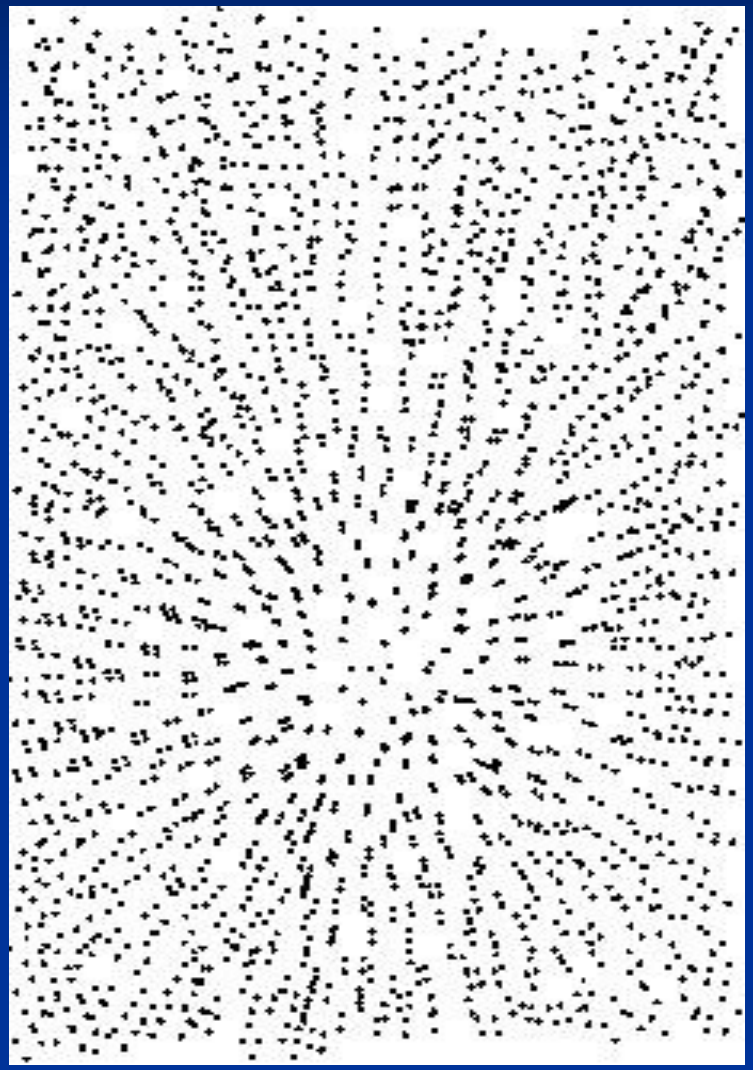
النشاط 6: لا يوجد مركز للتوسع

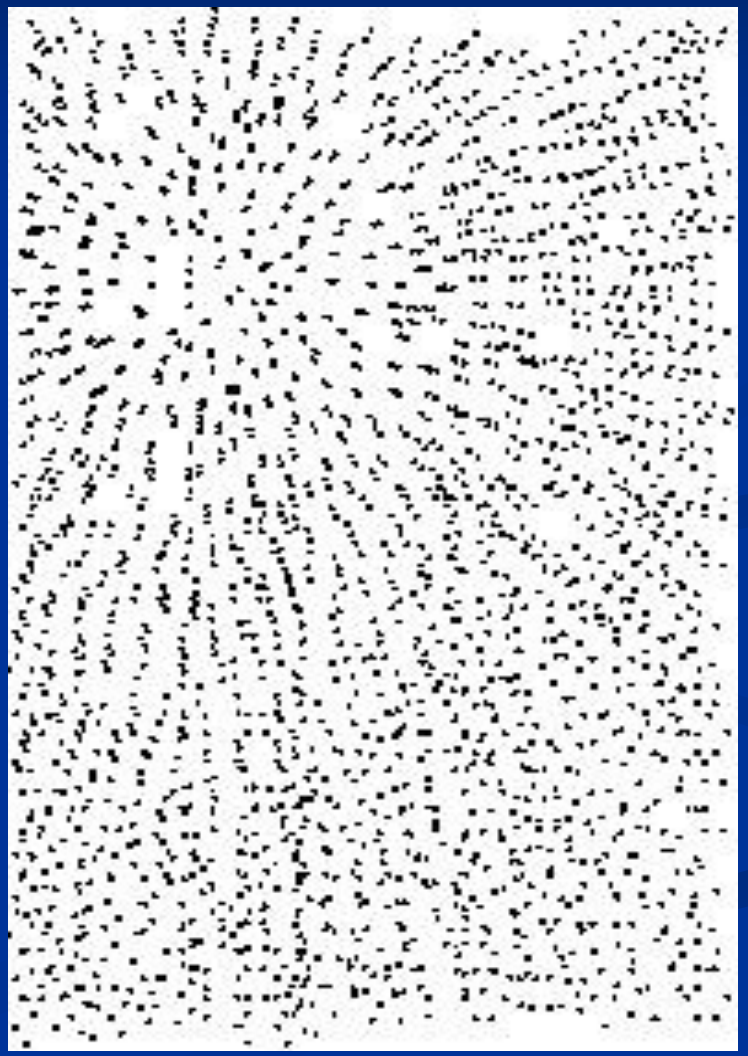


100%

105%

Activité 6: Il n'y a pas de centre d'expansion

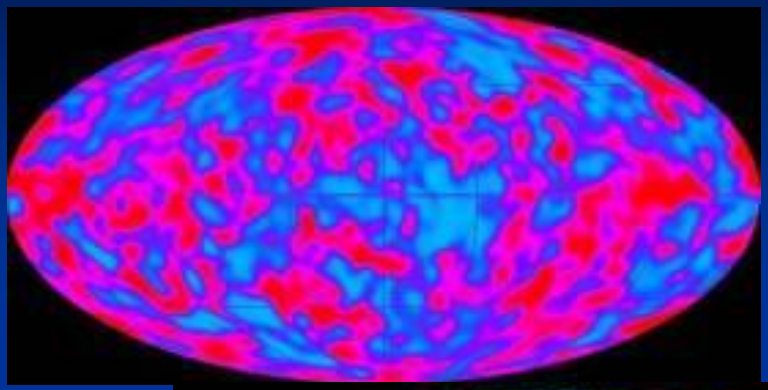


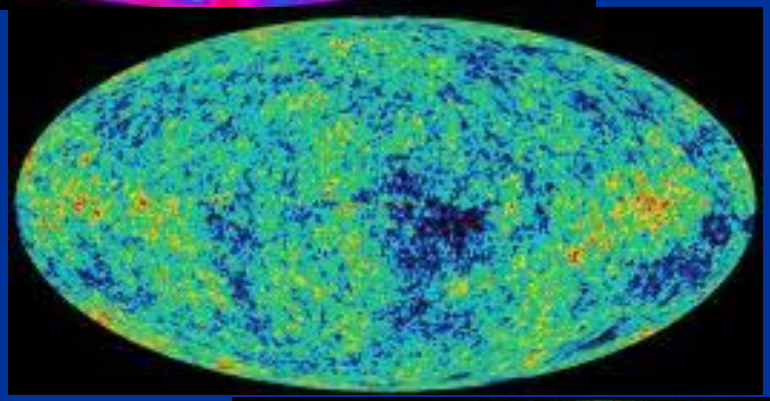


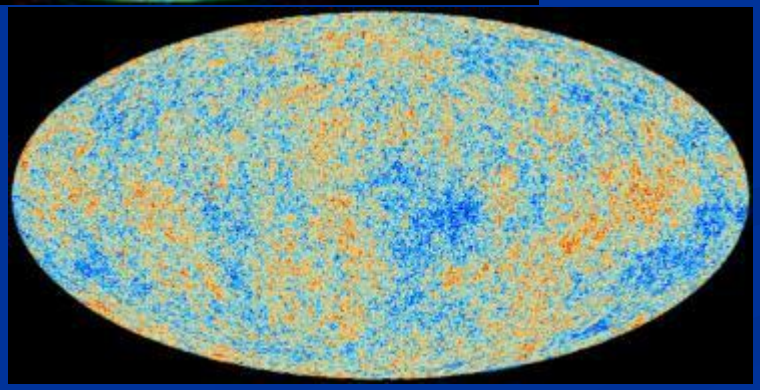
إشعاع الخلفية الكونية إشعاع (CMB

- الإشعاع الذي أصبح حرًا بعد 380000 سنة من الانفجار العظيم.
- بمرور الوقت ، مع توسع الفضاء ، استطالت فوتونات إشعاع الخلفية الكونية في الطول الموجي.
- هي الآن في مجال الميكروويف.

إشعاع الخلفية الكونية إشعاع (CMB







- قامت مهمات COBEو WMAPو PLANCKبعمل خريطة سماء لإشعاع CMB، في كل مرة بتفاصيل أدق ، اكتشفوا تقلبات وتذبذبات: آثار كتل من المادة التي بدأت منها المجرات بالتشكل.

النشاط 7: إشعاع الخلفية الكونية الميكروويف

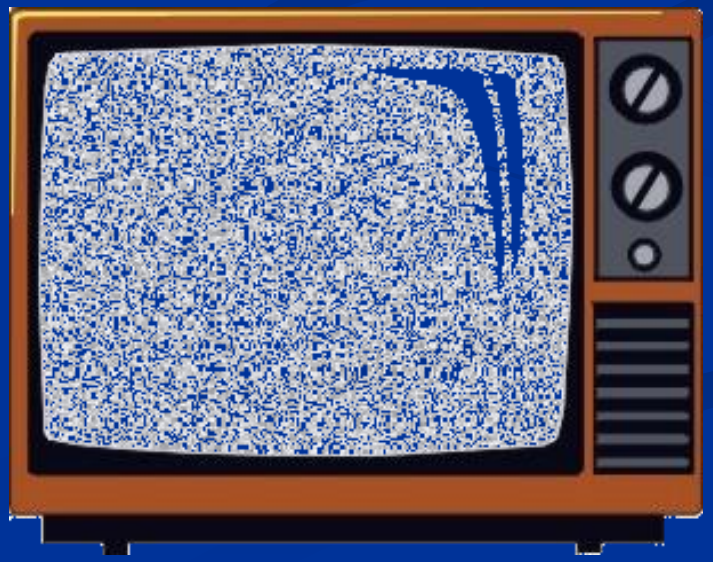
- بعد أكثر من 300000 عام من الانفجار العظيم ، انفصلت الفوتونات عن المادة وبدأت في السفر بحرية عبر الكون.

- من خلال توسيع الفضاء ، تعمل الفوتونات على تمديد طولها الموجي ، حاليًا $\lambda = 2$ مم، أي ما يعادل

$$T = 2.7\ K = -270\ ^\circ C$$

النشاط 7: إشعاع الخلفية الكونية الميكروويف

- يمكننا رصد CMB باستخدام تلفزيون. في تردد فارغ، واحدة من أصل عشر نقاط تأتي من إشعاع الخلفية الميكروويف.
- يمكن سماع تأثير مماثل على راديو VHF الذي يتم ضبطه خارج المحطة .



المادة المظلمة: طاولة الدوران التي تعوض قوة الجاذبية الأرضية

على الرغم من أن المادة المظلمة غير مرئية ، إلا أن هناك طريقة واحدة لاكتشافها من خلال مراقبة ودراسة حركة الأذرع الحلزونية للمجرات.

الثقوب السوداء غير مرئية ، لكننا نعلم أنها موجودة لأن قوة جاذبيتها تجعل الأنظمة النجمية تتحرك حولها.

طريقة أخرى لاكتشاف المادة المظلمة:
عدسة التجاذبية

تعمل العدسة التجاذبية مثل العدسة البصرية ، تشوه كتلتها الفضاء المحيط وتنحرف ضوء الجسم البعيد.

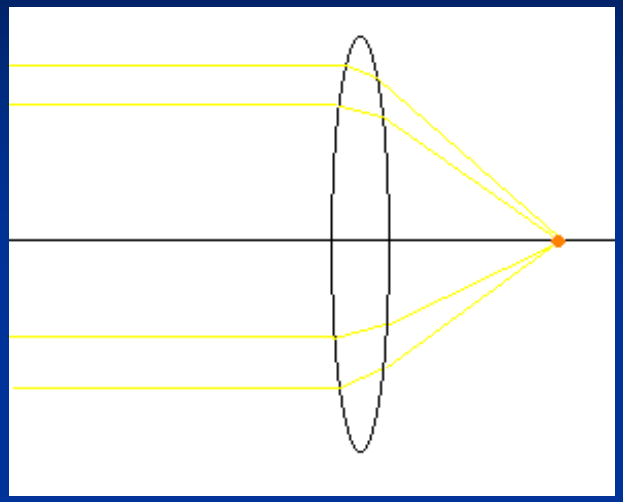
العدسات التلجاذبية

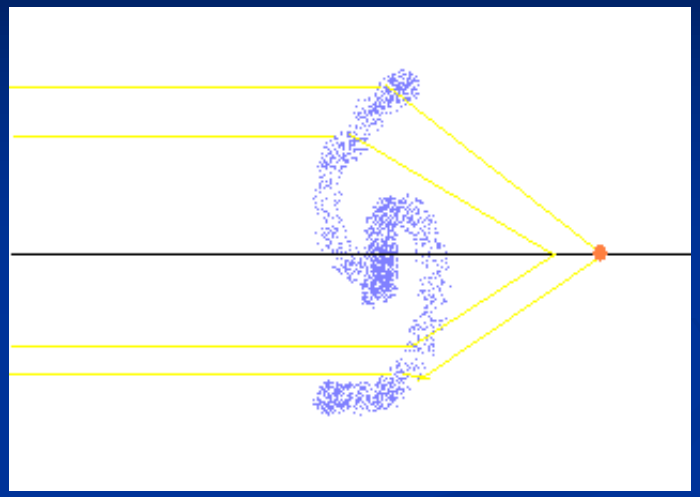
- يتبع الضوء دائمًا أقصر مسار ممكن.
- إذا كان السطح منحنيًا ، يكون المسار منحنيًا.

لماذا ينحني الضوء عند المرور بالقرب من جسم؟

- إذا كانت هناك كتلة مادة ، فإن الفضاء يكون منحنيًا وأقصر مسار بين نقطتين هو منحنى.
- يمكن أن يكون رؤية نفس الوضع باستخدام مجسم كرة أرضية.

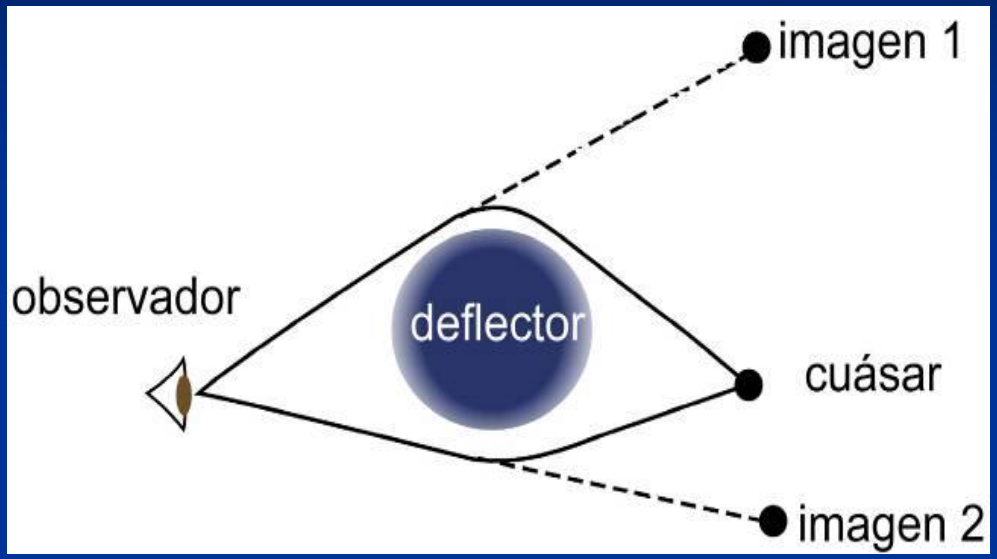
كيف تعمل العدسات التجاذبية؟

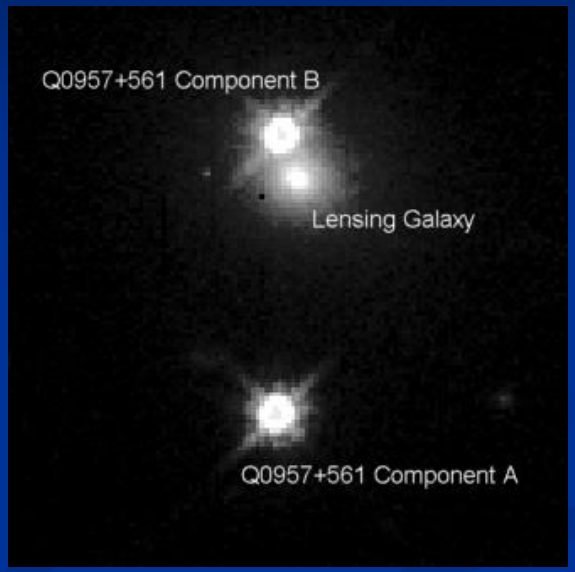




- تركز العدسة البصرية المحدبة أشعة الضوء المتوازية في نقطة واحدة: التركيز.
- تقوم العدسة التجاذبية (مثل المجرة أو مجموعة / مجموعة المجرات) بتركيز أشعة الضوء في خط بدلاً من نقطة ؛ يمكن أن يؤدي ذلك إلى حدوث العديد من التشوهات في الصورة. .

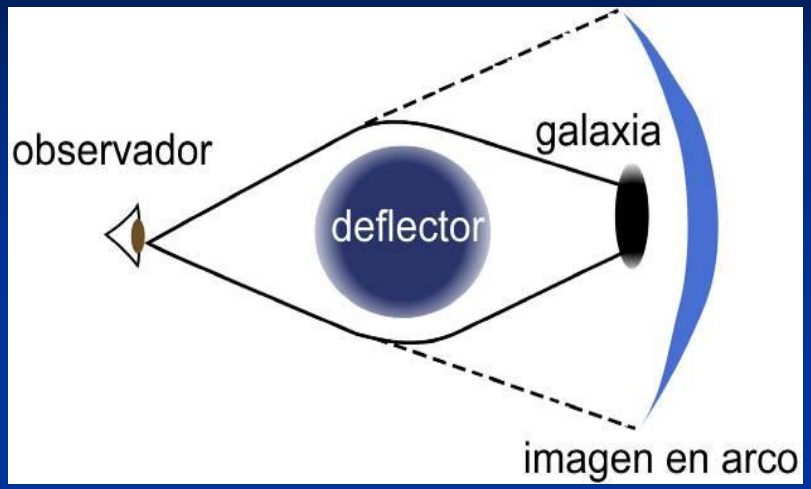
يتغير الموقع و التعددات

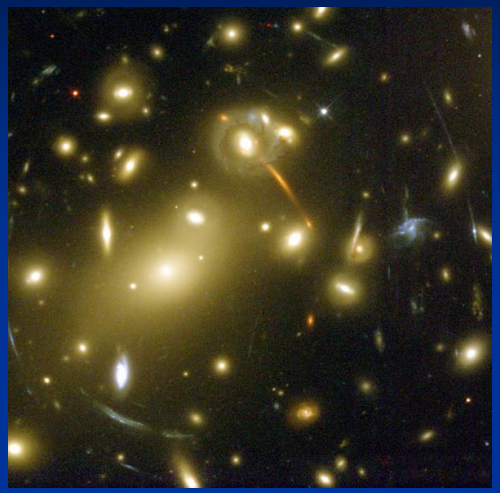




- نتج عن هذا الانحراف الموقع الظاهري للنجم والمجرة والكوازار.
- العدسات التجاذبية ليست مثالية ، أكبرها العدسات يمكن أن تنتج صورًا عديدة..

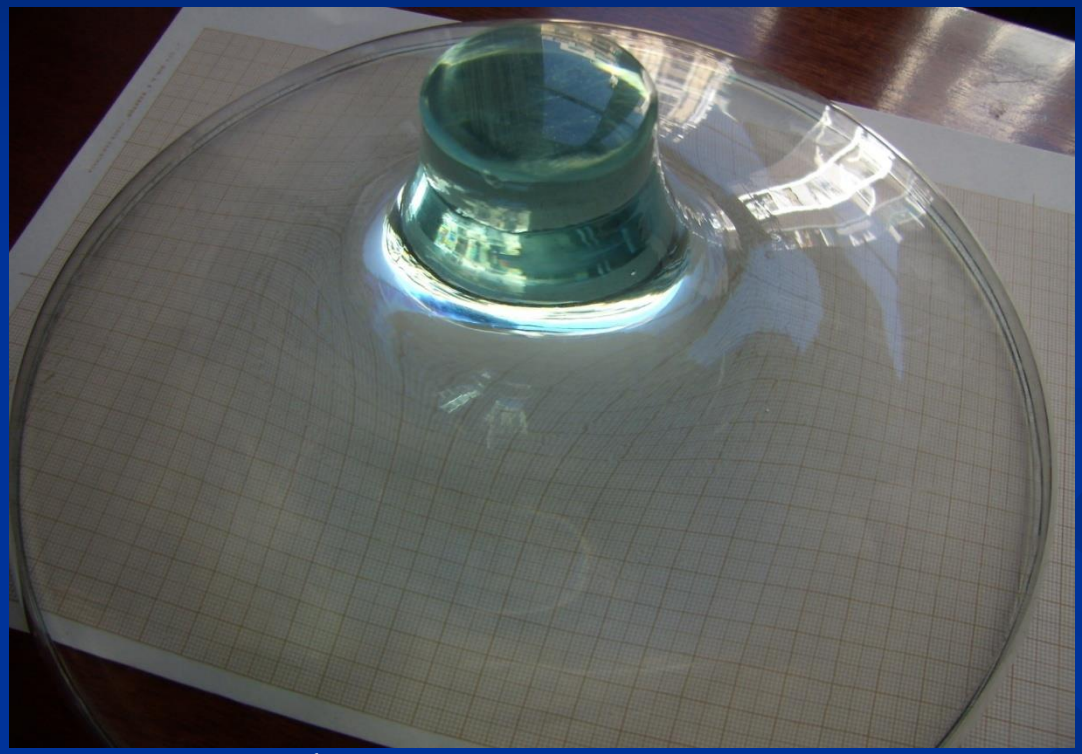
انحراف





- إذا كان الجسم المنحرف هو مصدر فلكي ممتد ، فإن الصور الناتجة هي مجموعة من الأقواس الساطعة.
- *"إذا كان نظام العدسة متناسقًا تمامًا، فإن الأشعة تتقارب وتكون النتيجة حلقة - حلقة أينشتاين.*
- إذا كان الجسم المشوه نجمًا أو كوازارًا ، فإن الصورة تظهر كنقطة.

النشاط 8: محاكاة التشويه المكاني في قاع الكأس



- إذا وضعنا قاعدة زجاج الكأس على ورق شبكي ، يمكننا أن نرى التشوه.

النشاط 8النظر من خلال "قاع كأس"

- ببساطة اقطع الجزء السفلي من الكأس.

+

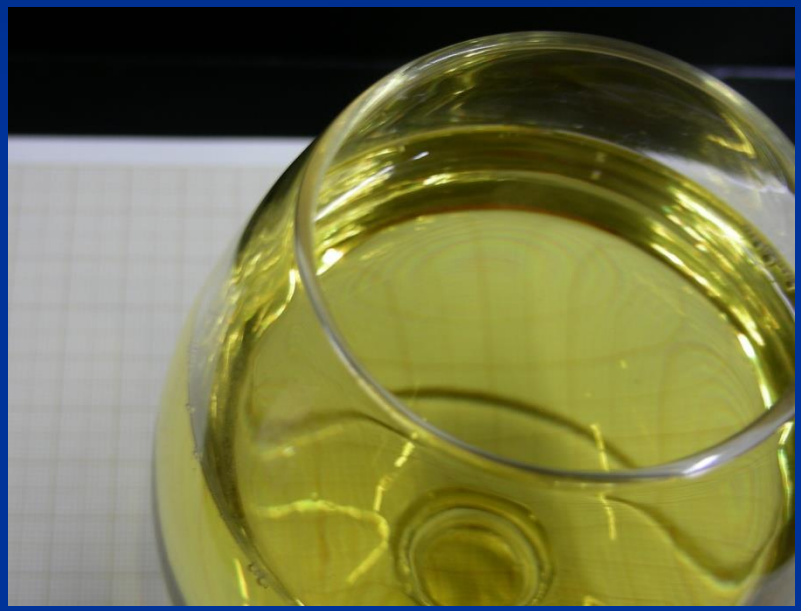
=

جزء القوس

صليب أينشتاين

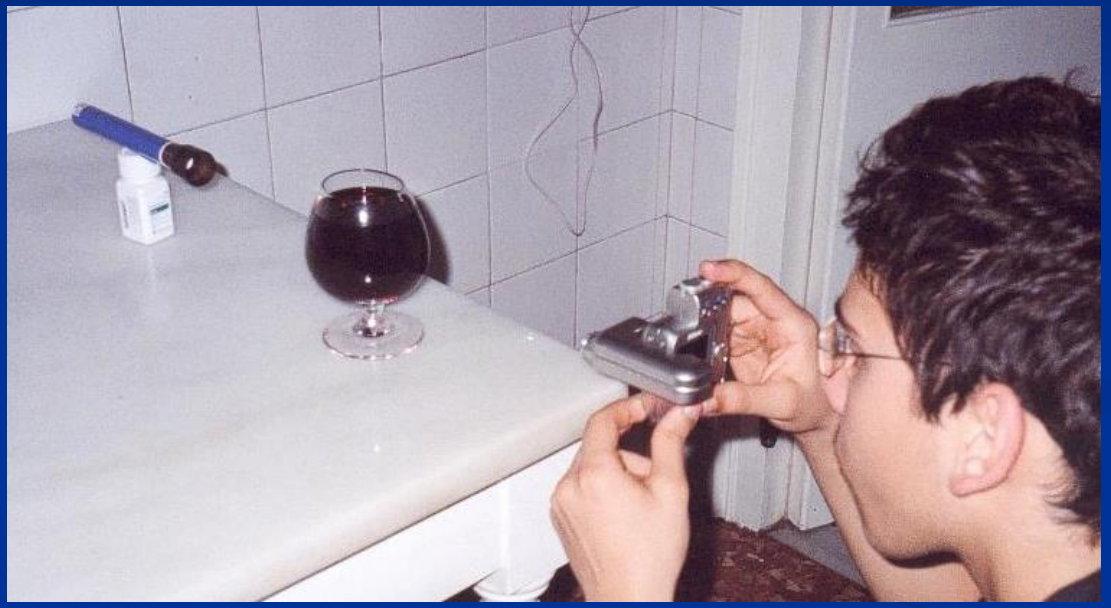
خاتم أينشتاين

النشاط 9: محاكاة تشوه الفضاء بكأس الماء الملون



- إذا وضعت كأسًا من النبيذ الأبيض على ورق الرسم البيانيوننظر من خلال النبيذ ، يمكنك أن ترى هذاتشوه.

النشاط 9: أصلح المصباح اليدوي وتحرك ببطء و انظر من خلال كأس الماء الملون

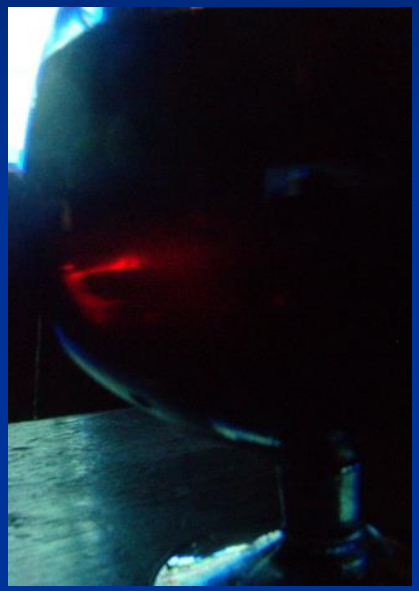


- يوضح هذا النموذج البسيط أن "المادة" يمكنها إنتاج التشوهات في الصور التي يتم ملاحظتها من خلالها.

النشاط 9: أصلح المصباح اليدوي وتحرك ببطء و انظر من خلال كأس الماء الملون

صليب أينشتاين.

شخصية غير متبلورة



جزء من القوس

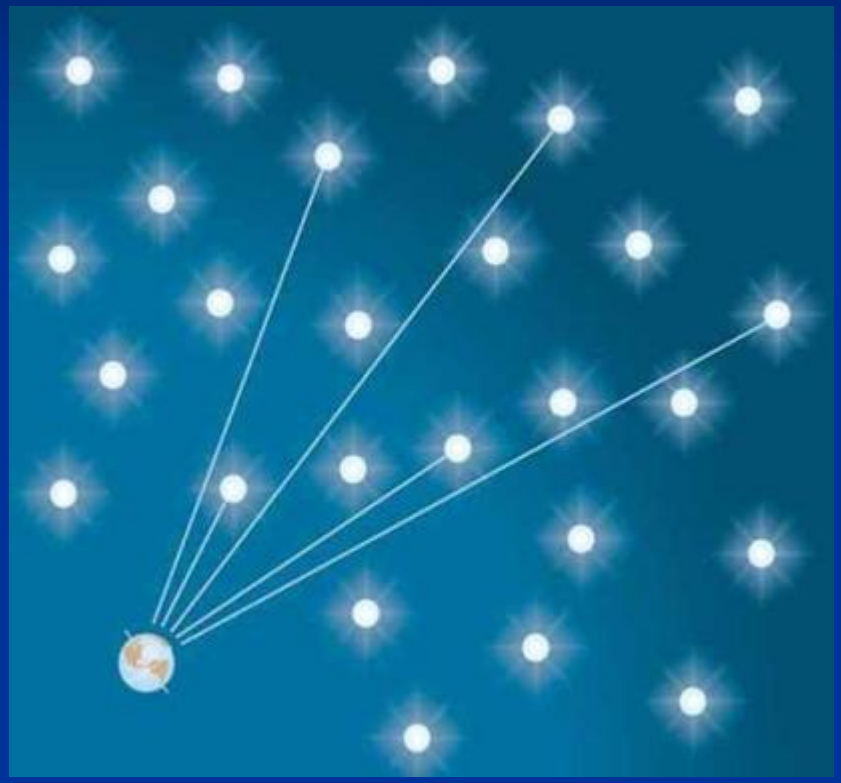
خاتم اينشتاين

موضوع خارج موضوع الورشة:
لماذا السماء مظلمة في الليل؟

في عام 1923 ، اقترح أولبرز ما يلي::

- الكون لانهائي في الامتداد.
- النجوم موزعة بشكل موحد في جميع أنحاء الكون.
- كل النجوم لها نفس اللمعان في جميع أنحاء الكون ، ثم ...

موضوع خارج موضوع الورشة:
لماذا السماء مظلمة في الليل؟



...الكون اللانهائي له عدد لا نهائيمن الأشياء فمن المفروض أن يكون لامعا ساطعاً أثناء الليل.

لماذا السماء سوداء ليلا؟

إذن:

- بمأنه سيكون هناك دائمًا نجوم لامعة و على مسافة بعيدة، فلن تكون السماء مظلمة و لكن كل نقطة فيه تكون لامعة.
- يتناسب عدد النجوم في كل "طبقة بصل" في السماء مع r^2 ويتناسب ضوءها عكسياً مع r^2، حيث توفر كل طبقة نفس القدر من الضوء على الأرض. إذا كان هناك عدد لا حصر له من الطبقات ، يجب أن تظهر السماء مشرقة في الليل..

لماذا السماء سوداء ليلا؟

لكن هناك أخطاء في هذا المنطق:

بسبب التوسع الكوني، تبدو النجوم البعيدة أكثر احمرارًا.. بسبب بعد مسافتها تبدو أقل لمعاناً.

- لكن قبل كل شيء ، للكون عمر محدد لا يملك عمر لا نهائي، لأنه لا توجد طبقات لا نهائية من النجوم.
- إدغار آلان بو هو الذي يشرح بشكل صحيح هذه الظواهر في مقالته "يوريكا" المنشورةفي عام 1848.

فيمكن أن يكون الليل مظلما!

شكرًا للمتابعة