الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح – ورقلة –
كلية الطب وعلوم المادة
قسم الفيزياء

مذكرة مقدمة لنيل شهادة
ماستر أكاديمي
تخصص فيزياء نظرية
من إعداد الطالبتين:راشدي شريفة - شمباع أمال
**تحت عنوان :**

# حلول معادلات آينشتاين والكسمولوجيا الحديثة

**نوقشت بتاريخ : 2018/06/07**

**أمام لجنة المناقشة المكونة من :**

**أعضاء اللجنة :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| خوجة محمد الأمين | أ.ت.ع | جامعة ورقلة | رئيسا |
| بن طويلة عمر | أ.ت.ع | جامعة ورقلة | مناقشا |
| بن بيتور عبد الوهاب | أ.ت.ع | جامعة ورقلة | مؤطرا |

**2018 / 2017**

# إهداء

إلى

أمي و أبي

هما أملي في الحياة .....

وإلى كل أفراد عائلتي فهم قارب النجاة .....

وإلى كل صديق قريب وبعيد فهم عونني في الحياة....

أهدي هذا العمل المتواضع لهم جميعا ، أسئل الله أن ينفعنا

به في المحيا والممات .....

# شكر وتقدير

الحمد لله أولا ودائما على جميل إحسانه وحسن توفيقه

لي في إنجاز هذا العمل المتواضعة ، الذي أرجو أن

يكون مقبولا عنده فلك الحمد ربي حتى ترضى ولك الحمد إذا

رضيت ولك الحمد على نعمة الحمد .

لايسعني في هذا المقام وكل مقام إلا أن أتقدم بجزيل الشكر

والامتنان و أسمى عبارات التقدير إلى من علمني وأنار لي درب العلم

والمعرفة وقدم الكثير والكثير دون كلل أو ملل الأستاذ المشرف " بن

بيتور عبد الوهاب" الذي أسأل الله أن يجزيه خير جزاء .

كما أتقدم بجزيل الشكر لقسم الفيزياء بجامعة قاصدي مرباح لكل من

ساعدني وأرشدني ولكل من قدم لي يد العون ولو بكلمة طيبة

## قائمة الصور


الصورة (1-1): على اليسار نيوتن في الأرض و على اليمين آينشتاين في الفضاء، لا يمكن ان يعرف كل منهما إذا كان في الأرض او يتحرك بتسارع ثابت 06

الصورة (1-2): تمثل إنحناء الزمكان 06

الصورة (1-3): تمثل ثقب أسود 11

الصورة (1-4): تمثل ثقب أسود دوار 14

الصورة (2-1): توضح شكل هندسة الكون وفق قيمK 18

الصورة (2-2): توضح سطح مستوي، سطح ذي تحدب سالب، سطح كروي أو ذي تحدب موجب 22

الصورة (2-3): توضح نسب المادة المرئية و المادة المظلمة و الطلقة المظلمة المشكلة للكون 23

الصورة (2-4): توضح المادة المظلمة 24

الصورة (2-5): توضح تمدد الكون بفعل الطاقة المظلمة 25

الصورة (2-6): توضح عمر الكون إبتداءا من الإنفجار العظيم 26

## الفهرس


مقدمة 1

### الفصل الأول : بعض الجوانب من النسبية العامة

I-1-1 نظرية النسبية العامة 4

I-1-2 تاريخ النسبية العامة 4

I-2 جاذبية نيوتن 4

I-3 مبدأ التكافؤ في النسبية العامة 5

I-4 النتائج الهندسية 6

I-5-1 معادلات أنشتاين للمجال 7

I-5-2 العلاقات الرياضية 7

I-5-3 لا خطية المعادلات 7

I-5-4 الثابت الكوني 8

I-6-1 أهم مفاهيم المترية في نظرية النسبية العامة 8

I-6-2 مترية شوارتزشيلد 9

I-6-3 الفردانية والثقب الاسود 10

I-6-4 الأرض والشمس كثقب اسود 11

I-6-5 الثقوب السوداء 11

I-6-6 خصائص الثقوب السوداء 11

I-7-1 ثقب روي كير الدوار 12

I-7-3 مترية كير 12

I-7-3 نقطة التفرد الجذبوي لكير 13

## الفصل الثاني : الكسمولوجيا الحديثة


II-1 علم الكون 16

II-2 الكون الرصدي 17

II-1 فرضيات الكسمولوجيا الحديثة 17

II-3-1 النموذج المعياري 17

II-3-2 كون متماثل المناحي لكن غير متجانس 21

II-4 توسع الكون 22

II-5 المادة المظلمة والطاقة المظلمة 23

II-5-1 المادة المظلمة 24

II-5-2 الطاقة المظلمة 24

II-6الإنفجار الأعظم 25


## الفصل الثالث : كون كهربائي


III-1 كون كهربائي 28

III-2 إفتراض المترية 28

III-3 تنسور الطاقة-المادة 28

III-4 مركبات الحقل الكهربائي $\vec{B}$ والحقل المغناطيسي $\vec{\mathbf{E}}$ 29

III-5 إيجاد حلول المترية $\mathbf{V^2}$ و $\mathbf{h_{ij}}$ 35

III-6 مترية الكون الكهربائي 38

III-7 أفق الحدث لكون كهربائي 39

خاتمة 43

قائمة المراجع 45

# مقدمة

الكون عُمره مقدّر بنحو 13.7 مليار سنة، ولك أن تُطلق العنان لمخيلتك في محاولةٍ لإدراك حجم ومَقْدرة هذا الخلق العظيم على التماسك طيلة تلك الفترة السحيقة، وأيضاً مقدرته على التماسك لفتراتٍ زمنية قادمة لا يُعرف لها موعد نهايةفإذا ما أدركت هذاستتيقن أن هذا الكون ليس عبثياً أو عشوائياً، وإنما يسير وفق قوانين مُحكمة أفنت من عمره 13.7 مليار سنة؛ ولازال يفنى عُمُرَه في عزف سمفونيته الكونية التي أنتج بها تسلسلاً للأحداث قبل مجيئنا إليه وحتى هذه اللحظ .فعِظَم الكون في حاضرنا، أعطانا تساؤلات عديدة عن أصله، ومن أين أتى؟ ولماذا نحن فيه؟ وإلى أين سيأخذنا؟أمّا تلك المشاهدات الرائعة التي نرصدها في فضائنا من سُدمٍ لإنفجارات نجمية، وتلألؤ للنجوم ليلاً في سمائنا، غلغلت في أعماق نفوسنا فضولاً قاتلاً عن معرفة ما الذي خَلّف كل تلك الموجودات بهيئتها الحالية؟ وماذا يمكن أن يوجد غيرها؟ وأكثر من ذلك مُستقبلاً مما لا تبصره أعيننا، ولا تتصوره عقولنا!من أجل ذلك الجمال والروعة الكونية؛ جاهد كثيرٌ من العلماء في وضع نظرياتٍ متعددة من أجل فهم أو تقريب الصورة لنشأة الكون.فظهرت لتلك المحاولات؛ العديد من النظريات والتساؤلات والتصورات حول نشأة الكون ووجوده بما فيه، بعضها فُنّد بنظرياتٍ أكثر قابلية للتصديق ودلائل علمية صحيحة، وأخرى لا زالت قيد الدراسة ولكنهاكلهاإجابات من المرجح أنهاستتحسن تحسناكبيرًابماسيحدث من تقدم علمي خلال السنوات العشرالتاليةمالدينابالفعل من إجابات مؤقتةهوأفضل إلى حدهائل من ألاتكون هناك أي إجابات مطلقا .

لذلك وإجابة على بعض هذه التساؤلات قمنا في هذا البحث بدراسة عدة نماذج كونية وذلك بعد تقديم عدة شروط لهذا الكون ثم رؤية ما النتائج التي سنتحصل عليها والمقارنة بينها وهذا بإستخدام معادلات النسبية العامة التي كانت المنطلق لهذه الابحاث والتي قادت حلولها إلى نتائج جد متقاربة هوأن للكون بدية اي تشكل من انفجار عظيم وأنه يتمدد بتسارع.

لذلك جعلنا الفصل الأول تمهيد للبحث المطروح بتقديم لمحة تاريخية عن نظرية النسبية العامة و نشأتها والفكرة التي إستوحاها ألبيرت أينشتاين لبناء هذه النظرية ومعرفة مبادئها ومعادلة الحقل المشهورة فيها. وأهم تطبيقات النسبيةالعامة, ثم تليها إحدى حلول معادلة الحقل وهي مترية شوارتزشيلد والتي أدت الى نشوء فكرة الثقوب السوداء ومترية كير وهي أهم الحلول البسيطة لمعادلات الحقل .

أما الفصل الثاني : فكان أكثر شمولا في تطبيق نظرية النسبية إلى المجال الكوني حيث تم بإستعمال فرضيات الكسمولوجيا الحديثة كالنموذج المعياري التوصل إلى حلول معادلات الحقل لكل مجال الكون مع إبراز أهم علاقات الفيزياء الفلكية و النتائج التي قدمتها فيم يدان علم الكون .

أما الفصل الثالث: فقد تم فيه دراسة حلول معادلات الحقل إنطلاقا من كون لا يوجد فيه أي مادة حيث يحوي على شحنة فقط وأدت حلول معادلات الحقل الجاذبي لهاذا الكون الكهربائي إلى مترية تشبه مترية شوارتزشيلد حيث أفق الحدث لهاذا الثقب الأسود هو الشحنة مربع .

وبذلك القيام بتقديم بعض الحلول الواقعية والنظرية والتي تتوافق بدرجة كبيرة مع الملاحضات التجريبية والإجابة عن الأسئلة التي قدطرحت في بداية البحث كماتم إستخلاص النتائج لكل نموذج وإختتام البحث بخلاصة عامة .

# الفصل الأول :

# بعض الجوانب من النسبية العامة

### I–1–1 نظرية النسبيةِ العامة :

النظرية النسبية العامة :هي نظرية نشرها ألبرت أينشتاين في عام 1915 وهي تمثل الوصف الحالي للجاذبية في الفيزياء الحديثة كما أنها تعميم للنظرية النسبية الخاصة حيث توحد بين النسبية الخاصةوقانون نيوتن للجاذبية، لقد ظل قانون إسحاق نيوتن عن الجاذبية يُعد أعمق جزء في الفيزياء لما يزيد عن مائتي سنة ،إبتداءا من ثمانينيات القرن السابع عشرحتى بداية القرن العشرين. وكانت هناكأمور قليلةتبدوضئيلة الشأن لم يستطع النموذج النيوتوني أن يفسرها أويتنبأبها،بمافي ذلك مداركوكب عطارد وطريقةانحناءالضوء عندما يمر عبر الشمس حتى صمم ألبرت أينشتاين نموذجه للجاذبيةعلى أساس نظريته عن النسبيةالعامة وهو نموذج يفسركل شيءيفسره نموذج نيوتن،ولكنه يفسرأيضا تلك التفاصيل الدقيقة لمدارات الكواكب وإنحناءالضوء.

وبهذاالمعنى فإن نموذج أينشتاين أفضل من نموذج نيوتن الأقدم،وهو يصنع تنبؤات صحيحةخاصةعن الكون عمومالايصنعها النموذج الأقدم، وأضافت النظرية النسبية العامة فكرة تقعر الفراغ بوجود المادة، وهو الأمر الذي يعني أن الخطوطالمستقيمة تتشوه بوجود الكتلة أي تصف الجاذبية كخاصية لهندسة المكان والزمان، أو ما يعرف بالزمكان

### I–1–2 تاريخ النسبية العامة :

بعد وقت قصير من نشره للنظرية النسبية الخاصة في عام 1905 بدأ أينشتاين التفكير في كيفيةدمج الجاذبية بالنسبية في إطار جديد. في عام 1907 بدأ في تجربة فكرية بسيطة تشمل مراقبة سقوط حرو إستمر البحث لمدة ثماني سنوات للوصول إلى نظرية نسبية بالجاذبية، بعد العديد من البدايات الخاطئة، بلغ عمله ذروته في عام 1915 حيث عرض في الأكاديمية البروسية للعلوم ما يعرف الآن بإسم معادلات أينشتاين للمجال هذه المعادلات تحدد تأثير هندسة المكان والزمن على أي مادة، وتشك لهذه المعادلات جوهر نظرية أينشتاين في النسبية العامة[10].

### I–2 جاذبيةنيوتن :

القوى الخارجيةالمطبقةعلى جسم متحرك وفق قانون نيوتن الثاني والذي ينص على أن مجموع القوىالخارجيةبشكل شعاعي المطبقةعلى جسم يساوي إلىجداءكتلةالعطالةللجسم بالقيمةالشعاعية للتسارع.

$$F = ma \qquad (1.1)$$

F قوةالجذب بين الجسمين

m كتلة الجسم

بالتعويض بقانون الجذب العام نجد :

$$G\frac{mM}{r^2} = ma \qquad (1.2)$$

حيث :

M كتلةالأرض

نختزل m من طرفي المعادلةنجد :

$$\frac{GM}{r^2} = a$$

هذه المعادلةتبين أن التسارع نحو الأ رض لايعتمدعلى كتلة الجسم الساقطmولوإستخدمنا القيم المعروفة لكتلة الارض M وثابت الجذب العامGونصف قطرالارضrسنحصل على :

$$a = g = 9.8\,{}^{m}/_{s^2}$$

وهذه هي القيمةالعملية المقاسة لتسارع الجاذبية الأرضية هذه القيمة موجودة من أيام غاليل ولكن بدون أن تاخذ المعنى الفيزيائي الموجودفي النسبية العامة .

**I–3 مبدأ التكافؤ في النسبية العامة :**

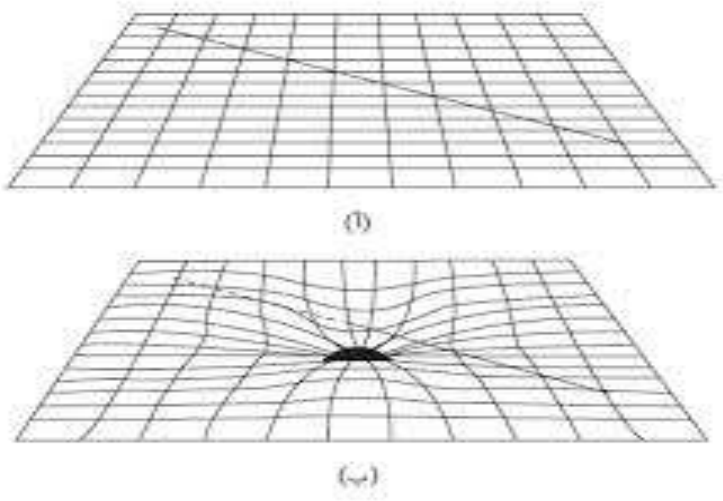
نميز في الفيزياء بين مراجع عطالية(جمل مرجعية عطالية ) ومراجع غير عطالية حيث يمكن لأي جسم أن يحافظ على حركته المنتظمة في الجمل العطالية ما لم يخضع لقوة ما أو يتأثر بجسم آخر ضمن نفس الجملة، في حين تكتسب الأجسام في الجمل غير العطالية تسارعا ناتجا عن حركة الجملة نفسها وتسارعها وليس نتيجة تأثير جسم داخلي ضمن الجملة. تتم تفسير مقاومة هذا التسارع بقوى افتراضية ندعوها قوى العطلة في حالة الحركة المستقيمة للجمل المرجعية أو قوى العطالة النابذة في حالة الحر كة الدورانية للجمل المرجعية. هذه القوى تعتبر قوى إفتراضية غير فيزيائية في الميكانيك الكلاسيكي النيوتنيه لكن في النسبية العامة ليس هناك مجالا لمثل هذا التمييز حسب مبدأ التكافؤ.

و قد إستند أينشتاين في الواقع على حقيقة معروفة منذ غاليليو ألا وهي تماثل الكتلتين الثقالية والعطالية للأجسام، مما يؤكد أن التسارع الحركي والثقالة *gravity*)(هي مظاهر لأمر واحد ويفترض أنه لا وجود لأي تجربة يمكن أن تميز بين حقل ثقالي– جاذبية – و تسارع منتظم [11].

**الصورة (1–1): على اليسار نيوتن في الأرض و على اليمين آينشتاين في الفضاء، لا يمكن ان يعرف كل منهما إذا كان في الأرض او يتحرك بتسارع ثابت**

**I–4 النتائج الهندسية :**

إن التصور الأساسي للفضاء بقي إقليديا طيلة قرون لتوافقه مع معظم النظريات الفيزيائية بخاصة ميكانيك نيوتن لكن ظهور النسبية العامة فتح الباب للاعتقاد حول لاإقليدية الزمكان ( الزمان + المكان = الزمكان) وقد أكدت الكثير من التجارب هذه الحقيقة وقام عددمن علماء الرياضيات بصياغة هندسات لاإقليديةمثل لوباتشووفسكي وريمانو وغاوس وغيرهم ففي الإطار المرجعي التقليدي للميكانيك الكلاسيكي فإن الجسم ذوالحركة الحرة يتحرك على طول خط مستقيم وفق سرعةثابتة. أماوفق المصطلح ا لجديدفإن المسار هومسارجيوديسي فهوخطوط مستقيمةضمن فضاءمنحني [10].




**الصورة (1–2): تمثل إنحناء الزمكان**

### I–5–1 معادلات آينشتاين للمجال :

معادلات أينشتين للمجال ($EFE$) ( هي مجموعة عشر معادلات في نظريةألبرت أينشتاين للنسبية العامة ، تعادل معادلات أينشتينللمجال انحناء الزمكان يعبر عنها بمؤتر أينشتاين( مع الطاقة وكمية الحركة ضمن ذلك الزمكان )المعبرعنها بموتر الإجهاد– الطاقة ، تستعمل معادلات أينشتين للمجال لإيجاد الهندسة الفضائية للزمكانمن وجود الكتلة والطاقة ، أي أنها تعطي المؤتر المتري للزمكان بدلالة كل من الإجهاد–والطاقة في الزمكان [11].

تؤول معادلات أينشتين للمجال إلى قانون نيوتن إذا كان المجال الثقالي ضعيفا والسرعات أقل بكثير من سرعة الضوء و تتضمن الحلول التقنية لمعادلات أينشتاين للمجال تبسيط الفرضيات مثل التماثل($homogenity$).يمكنالحصول على تبسيطات أفضل بتقريب الزمكان الفعلي كزمكان$K = 0$ .

### I–5–2 العلاقات الرياضية :

يمكن كتابة معادلات أينشتاين للحقل$Einstein\ Field\ Equation\ EFE$)(على الشكل التالي:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R + g_{\mu\nu} \Lambda = K T_{\mu\nu} \quad (1.3)$$

حيث :

$$K = \frac{8\pi G}{C^4}$$

$R_{\mu\nu}$ تمثل إنحناءريتشي،$R$*إنحناء*سلمي، $g_{\mu\nu}$ موتر المترية، $\Lambda$تمثل ثابت كوني، $G$ثابتالجذب العام ، $C$هي سرعة الضوء و $T_{\mu\nu}$ كثافة المادة.

معادلات أينشتاين للحقل هي معادلة تربط بين مجموعة من موترات 4x4تماثلية. لكل موتر توجد 10 مركبات مستقلة، تؤول المعادلات المستقلة إلى 6عدديا بالرغم من أن معادلات أينشتاين للمجال تمت صياغتها في السياق بداية من نظرية رباعية الأبعاد،فقد قام بعض النظريين بتوسيع نتائجها إلى$n$من الأبعاد .

### I–5–3 لا خطية المعادلات :

بالرغم من المنظر البسيط الذي تبدو عليه المعادلات، إلا أنهامعقدة في الواقع. إذا علم توزيع معين للمادة والطاقة على هيئة موتر كتلة – طاقة فإن معادلات أينشتاين للحقل تفهم على أنها معادلتان للموتر للمترية وموتر ريشي والإنحناء السلمي معتمد على

المترية بطريقة لا خطية معقدة، في الحقيقة، إن معادلات أينشتاين للحقل تمثل جملةمن 10معادلات تفاضلية جزئية، مرتبطة لا خطية .

يمكن للمرء كتابة معادلات أينشتاين للحقل بصورة أكثر اندماجية بتعريف موترأينشتاين[7]

$$G_{\mu\nu} = \mathrm{R}_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R \mathrm{g}_{\mu\nu}$$

و يمكن كتابة معادلات أينشتاين للحقل على الشكل:

$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi \mathrm{G}}{c^4} T_{\mu\nu} - \mathrm{g}_{\mu\nu}\Lambda$$

باستعمال وحدات هندسية حيث $G = c = 1$يمكن إعادة كتابتها كما يلي:

$$G_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu} - \mathrm{g}_{\mu\nu}\Lambda$$

الحد الأيسر يمثل تقوس الفضاء والزمان الزمكان الذي يتم إيجاده من المترية بينما الحد علىالطرف الأيمن يمثل محتوى الطاقة والمادة من الزمكان. بالتالي يمكن تفسير معادلات أينشتاين للحقل كمجموعة من المعادلات تملي علينا كيفية ارتباط تقوس الزمكان بمحتوى المادةوالطاقة في الكون [6].

**I–5–4 الثابت الكوني :**

قامأينشتاينبتعديلمعادلاتهاالأصليةللمجالأيتتضمنحداكونيامتناسبامعالمترية :

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\mathrm{g}_{\mu\nu} + \mathrm{g}_{\mu\nu}\Lambda = \frac{8\pi \mathrm{G}}{c^4} T_{\mu\nu}$$

حيث قدم ثابت الحدالكوني أصلالوصف كون ستاتيكي.

هناك تقنيات فلكية متطورة قد وجدت أن القيمة الموجبة لـ $\Lambda$ ضرورية لتفسير بعض المشاهد الكونية التي هي جوهر البحوث العلمية المعاصرة. كان آينشتاين يعتقد بأن الثابت الكوني وسيط مستقل،لكن حده في المعادلة يمكن أن ينتقل إلى الطرف الآخر جبريا، المكتوب كجزء من موترا لإجهاد والطاقة.

**I–6–1 أهم مفاهيم المترية في نظرية النسبية العامة :**

من خلال المترية يمكن تعيين نوع الفضاء وتقوسه و حساب حقل جاذبيته تتم هذه المحاسبات من خلال تنسور ريمان وريتشي والاهم معادلات حقل أينشتاين سواء في الفراغ او في وجود المادة في حقل الجاذبية سنتطرق إلى أهم المتريات التي طرحت في نظرية النسبية العامة[3].

الصورة العامة لمترية في فضاء الزمكان هي :

$$ds^2 = g_{\mu\vartheta}dx^{\mu}dx^{\vartheta}(1.4)$$

أوبصورة اخرى :

$$ds^2 = Adt^2 + Bdx^1dt + \cdots Edx_1^2 + \cdots Hdx_2dx_3$$

المعاملات A وB....هي توابع ل $x_1$ ،$x_2$ وt وغيرها لكن في حقل ساكن الحالة الخاصة لهاذه المترية هو :

$$ds^2 = Adt^2$$

الزمكان حول كتلة ضخمة مثل الشمس تقريبا منكوفسكي أي:

$$ds^2 = c^2dt^2 - dx_1^2 - dx_2^2 - dx_3^2(1.5)$$

في حقل ضعيف معامل هذه المترية متساوية يمكننا التعبير عن كل مركبات المتري كمصفوفة للأبعاد المكانية x y zوالبعد الزمني t كالتالي :

$$g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} g_{tt} & g_{tx} & g_{ty} & g_{tz} \\ g_{xt} & g_{xx} & g_{xy} & g_{xz} \\ g_{yt} & g_{yx} & g_{yy} & g_{yz} \\ g_{zt} & g_{zx} & g_{zy} & g_{zz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

**I–6–2مترية شوارتزشيلد :**

حصل العالم الفيزيائي الألماني كارل شفارتزشيلد عام 1915على حل دقيق لمعادلة أينشتاين للمجال الجذبوي خارج جسم كروي حيث إلتزم بثلاث شروط لإيجاد المتري وحل معادلة المجال وهي :

- الجسم المسبب لإنحناء الزمكان متناظر كرويا وغير دوار أو يدور ببطء شديد
- الزمكان المنحني مستقر أي لا يتغير مع الزمن
- المتري سيصف تحدب الزمكان في منطقة بعيدة جدا عن مصدر الإنحناء منطقة زمكانية تكاد تكون مسطحة أي فضاء منكوفسكي وبإستخدام معادلة أنشتاين للفراغ أي إهمال تنسور الطاقة $T_{\mu\nu} = 0$[3].

وبذلك تكتب معادلة أينشتاين بالشكل التالي :

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu} + g_{\mu\nu}\Lambda = 0 \qquad (1.6)$$

وتكتب المترية كالتالي :

$$ds^2 = c^2\left(1-\frac{2M}{Gr}\right)dt^2 + \left(1-\frac{2M}{Gr}\right)^{-1}dr^2 - r^2(d\theta^2+\sin^2\theta d\varphi^2)(1.7)$$ بحيث :

$$M = \frac{Gm}{c^2}$$

يحتوي الحل على جزءمن صيغة المعادلة بالشكل:

$$\left(1-\frac{2M}{Gr}\right)$$

لنساويه بالصفر:

$$\left(1-\frac{2M}{Gr}\right) = 0$$

نحصل على :

$$r = 2M = \frac{2Gm}{c^2}(1.8)$$

$r$ هي نقطة غامضة القيمةتجعل جزء المعادلة متفردة وأحد أهم نتائج مترية شوارتزشيلد وهي نظرية الثقوب السوداء .

**I– 6–3 الفردانية والثقب الاسود :**

الفردانية هو المسافة المحيطة بمركز جرم عظيم الكتلةب إفتراض أن جميع مادةالجرم مركزةو منضغطة في نقطة المركز والتي تصبح عندهاسرعة الإفلات مساوية لسرعة الضوء ولقد نوقش لمدة عشرات السنين المعنى الفيزيائي لذلك التفرد الجذبوي وعن احتمال وجوده فعلا في ا لطبيعة ، ولم يكن احتمال تكوّن ثقب أسود غير معروف في ذلك الوقت وإنما عرفناذلك من التقدم العلمي الذي أحرزه العلماءفي النصف الثاني من القرن العشرين[5].

وحصل "شفارتزشيلد "علىالمعادلة:

$$R_S = \frac{2GM}{c^2}$$

حيث تعطي هذه القيمة المترية أو المسافة بين نقطتين بالشكل :

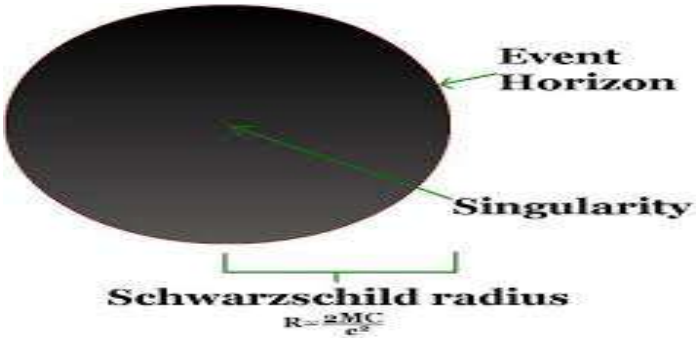
$$ds^2 = \infty$$

**I– 6 –4الأرض والشمس كثقب اسود :**

يتناسب نصف قطر شوارتزشيلد تناسبا طرديامع الكتلة وعلى ذلك فالشمس لهانصف قطر شفارتزشيلد قدره3 كيلومتر بينما الأرض لها نصف قطر شفارتزشيلد يبلغ 9مليمتر فقط . وهذا يعني أنه لو تجمعت كتلة الشمس في كرة نصف قطرها 3 كيلومتر فإن حجم الشمس سوف يستمرفي التقلص والإنكماش حتى يصل إلى"التفردsingularity "بسبب قوى الجاذبية .وتصل الأرض إلى حالةتفردجذبوي بإفتراض أن كتلتهاتتجمع في كرةنصف قطرها9مليمتروأماكتلةالكون فلهانصف قطر شفارتزشيلدقدره10 مليارسنةضوئيةتقريبا [5].

**I–6– 5الثقوب السوداء :**

تعتبر الثقوب السوداء الظاهرة الأعنف والأكثر غموضا فالثقب الأسود يمثل المرحلة الأخيرة من حياة النجم حيث ينتج الثقب الأسود من إنهيار نجم هائل على نفسه فتتكدس مادة النجم في حجم صغير جدا وبالتالي تكون كثافة الثقب الأسود هائلة وجاذبيته مهولة بحيث أنها لا تسمح لأي شيء بالإفلات حتى الضوء نفسه ويزداد تركيز الكتلة نتيجة تداخل جسيمات ذراته وانعدام الفراغ البيني بين الجزيئات وتصبح قوة جاذبيته قوية بل وإلى أبعد من ذلك فحسب النظرية النسبية العامة فإن الجاذبية تقوس الفضاء الذي يسير فيه الضوء بشكل مستقيم [1].




**الصورة (1–3): تمثل ثقب أسود**

**I-66 خصائص الثقوب السوداء :**

بمجرد أن يتكون الثقب الأسود فإن كل خصائصهتحدد فقط بثلاث معاملات وهي:الكتلة ، الشحنة ، كمية الدفع الزاوي وكل المعلومات الفيزيائية الأخرى ستختفي خلف أفق الحدث وهذا ما جعل الفيزيائي جون ويلر يطلق عبارته الشهيرة" ليس للثقوب السوداء شعر" فهي كلها متشابهة وتحدد من خلال ثلاث معاملات فقط وهذا يعني أننا نستطيع نظريا دراسة أنواع من الثقوب السوداء منها [2] :

- ثقب أسود ساكن بدون شحنة يوصف بحل شوارتزشيلد
- ثقب أسود دوار يوصف بحل كير

**I–7– 1ثقب روي كير الدوار :**

إن كرة الزمكان التي تحيط بالنجم تدور مع إتجاه دوران النجم حول نفسه ، هنالك نجوم تدور حول نفسها بقوة غزل عالية جدا أشهرها النجوم النيترونية و الثقوب السوداء كنتيجة حتمية بعد إنهيار النجوم النيترونية ناحية مراكزها أي أن مترية شوارتزشيلد لا يصف فعليا الزمكان التي تحيط بالثقب الأسود بل يصف زمكان بطيء ذي دوران مغزلي شديد هذا المتري وجده عالم رياضيات إسكتلندي روي كير ويسمى مترية كير[2] .

**I– 7– 2مترية كير :**

في عام 1963 وجد روي كير مجموعة من الحلول لمعادلات النسبية العامة تصف الثقوب السوداء الدوارة ف إذا كان الدوران صفر$a=0$ يكون الثقب الأسود كروي تماما ويكون الحل مماثلا لحل شوارتزشيلد أما إذا كان الدواران لايساوي الصفر ينتفخ الثقب الأسود نحو الخارج قرب مستوي خط استوائه تماما مثل الأرض المنبعجة من أثير دورانها[4].

ونأخذ مترية كير الشكل التالي

$$ds^2 = -\left(1-\frac{2m}{\rho^2}\right)dt^2 - \frac{4Mra\sin^2\theta}{\rho^2}dtd\varphi + \frac{\rho^2}{\Delta}dr^2 + \rho^2 d\theta^2 + \left(r^2 + a^2 + \frac{2Mra^2\sin^2\theta}{\rho^2}\right)\sin^2\theta\, d\varphi^2 \qquad (1.9)$$

نعرف :

$a = \frac{J}{M}$ : كمية الدفع الزاوي على وحدة الكتل

حيث :

$$\rho^2 = r^2 + a\cos^2\theta$$

و:

$$\Delta = r^2 - 2Mr + a^2$$

M : كتلة الجسم الأسود

**I–7–3نقطة التفرد الجذبويلكير :**

بتبسيط المترية وأخذ الزاوية$\theta = 0$تاخذ المترية الشكل :

$$ds^2 = -\left(1-\frac{2m}{r}\right)dt^2 - \frac{4\mathrm{Ma}}{r}dtd\varphi + \left(\frac{1}{\left(1-\frac{2m}{r}+\frac{a^2}{r^2}\right)}\right)dr^2 - \left(1+\frac{a^2}{r^2}+\frac{2ma^2}{r^3}\right)r^2d\varphi^2 \qquad (1.10)$$

إن متري مركبة الزمان $g_{00} = \left(1-\frac{2M}{r}\right)$ نفسه الموجود في مترية شوارتزشيلد لنساويه بالصفر :

$$1-\frac{2M}{r} = 0$$

نجد$r = 2M$وهو نصف قطر شوارتزشيلد أي أنه حالة خاصة من مترية كير.

بالإنتقال لإحداثية المكان :

$$\frac{1}{\left(1-\frac{2m}{r}+\frac{a^2}{r^2}\right)} = 0$$

نجد :

$$r_{\pm} = \frac{2m \pm \sqrt{4\mathrm{m}^2-4a^2}}{2} (1.11)$$

وهي كما في مترية شوارتزشيلد نقطة التفرد الجذبوي لكير حيث في هذه النقطة لايفلت حتى الضوء من جاذبية الثقب الأسود االقوية وهنا يوجد لدينا قيمتين أي نقطتين للتفرد الجذبوي.

إذا أخذنا القيمة الموجبة فإن هذا الحل يسمى أفق الحدث الخارجي

$$r_+ = m + \sqrt{\mathrm{m}^2-a^2}$$

أما إذا أخذنا القيمة السالبة فإن هذا الحل يسمى أفق الحدث الداخلي أو أفق كوشي

$$r_- = m + \sqrt{\mathrm{m}^2-a^2}$$

**الصورة (1–4): تمثل ثقب أسود دوار**

الثقوب السوداء لا دليل عليها سوى حسابات مبنية على النسبية لذلك كان هنالك من لم يصدق بها وفي عام 19 رصد مارتن سميث وهو عالم فلكي أمريكي طيف جسم باهت يشبه النجم لكن إزاحة طيفه غيرالنجوم العادية تماما فالإنزياح الشديد نحو الأحمر يدل على سرعة ابتعاده عنا أو إبتعادنا نحن عنه سمي هاذا الجسم بالكوازارات له طاقة عالية جدا وتصل سرعته حتى 80من سرعة الضوء وهي تقع على حدود الكون أي تبعد بمسافة مليار سنة ضوئية .

وبذلك تحولت الأراء حول الثقب الأسود إلى حقيقة وجعل نظرية النسبية حقيقة علمية مقبولة[1] .

# الفصل الثاني :

# الكسمولوجيا الحديثة

## II – 1علم الكون :

الكون أو الكسمولوجيا هو العلم الذي يدرس الكون بمجمله بكل مافيه من مادة وطاقة كمكان يعيش به الإنسان ويتفاعل معه [8] وتأتي كلمة كوسمولوجيا(*cosmos*) من الكلمة الإغريقية وتعني الكون والإضافة(*logia*) بمعنى خطبة أو محاضرة وهي تلحق بمعظم الكلمات لتشير إلى العلم الذي يدرس هذا الموظوع ورغم حداثة هذا العلم من حيث تداخله مع الفيزياء الحديثة فإن جذوره تمتد إلى العصور القديمة بمعالجتها الفلسفية والدينية الغيبية ( ميتافيزيقية ) لموظوع أصل الكون والوجود [12].

وظل الوضع هكذا حتى نشر أنشتاين نظريته النسبية العامة بعدها تغير كل شيء وصار للكون علم رسمي يسمى علم الكونيات ولم يعد للميتافيزيقيا أي مكان في تفسير الكون أواصله وشكله وتطوره ونهايته و قد احكم العلم قبضته عليه وصار للكون معادلاته الخاصة به مثلما لميكانيكا الكم والديناميكا الحرارية معادلات خاصة بهما **[2]**.

إن رياضيات علم الكونيات على غرار المتوقع سهلة نسبيا على الأق لإذا ما قورنت بالمواضيع الأ خرى في النسبية العامة كالثقوب السوداء مثلاوهذه السهولة تعود لسببين هو أن الجاذبية تحكم الكون كله على المدى الواسع جدا هذا يعني اننا لا نحتاج أن نأخذ في الحسبان تلك التاثيرات المحلية القادمة من القوى الأخرى في الكون مثل الكهرومغناطيسية والنووية السبب الثاني هو انه على المدى الواسع بشكل كاف يصبح الكون متجانسا ومتناضرا كليا والمقصود بالمدى الواسع جدا هو النضر للكون على أكبر تركيباته مثل العناقيد المجرية العملاقة وليس النظر مثلا إلى المجموعة الشمسية او المجرات المحلية فهذه بنى صغيرة ونحن هنا نهتم ب أكبر بنى الكون **[2]**.

الفرق بين الكون ) (*Cosmos*والفضاء الكوني (*Universe*) أن التسمية الأولى تعبر عن الكون المرئي لنا أما الثانية فهي مجمل الزمكان في كوننا سواء أكان مرئيا لها أم لا[8] .

ومن عجائب أننا لانعلم من الكون إلا مايقارب 4% فقط والباقي من الكون 96% مجهول لانعلم عنه أي شيء**[11]**.

## II– 2 الكون الرصدي (*observational cosmology*):

الكون المشاهد أو المرصود هو الكون الذي نستطيع مشاهدته من الأرض يوميا من مجرات ومادة عن طريق مايصل إلينا من ضوء أو إشارات صادرة من مرحلة الانتفاخ الكوني التي حدثت بعد الإنفجار العظيم ب إستعمال الأجهزة الفلكية والأقمار الصناعية [7]. ولدراسة الكون المشاهد و المرصود فيزيائيا كان لزاما علينا إستعمال وسائط وحسابات فلكية وكونية مستخلصة من النظريات الفلكية أهمها :

- الإنزياحنحوالأحمر( *Red shift* )
- ثابت هابل ( *Hubble constant*)

## II – 3 فرضيات الكسمولوجياالحديثة :

لحل معادلات الحقل في كل مجال الكون وضعت فرضيات :

### II – 3 –1 النموذج المعياري (**Friedmann–Lemaitre–Robertson–Walker** ) :

أي أن الكون يكون متجانس و متماثل المناحي حيث أعتبر الكون عبارة عن جملة واحدة و هو غاز مثالي ذراته هي المجرات وبالتالي تحل معادلات أنشطاين للحقول وفق هاته الفرضية .

لدينا :

$$R_{\mu\upsilon} - \frac{1}{2} g_{\mu\upsilon} R + \Lambda g_{\mu\upsilon} = \mathrm{K} T_{\mu\upsilon}$$

بإعتبار $T_{\mu\upsilon}$ في حالة غازمثالي أي :

$$T_{\mu\upsilon} = (\rho + p) u_{\mu} u_{\upsilon} + p g_{\mu\upsilon} \qquad (2.1)$$

حيث :

$\rho$ هي الكثافة ،$p$ هو *الضغط* ، $u_{\mu}$ و $u_{\upsilon}$ هي *السرعة الرباعية*

نتحصل على المترية التالية :

$$ds^2 = c^2dt^2 - a^2(t)\left[\frac{dr^2}{1-kr^2} + r^2d\Omega^2\right] \quad (2.2)$$

حيث :

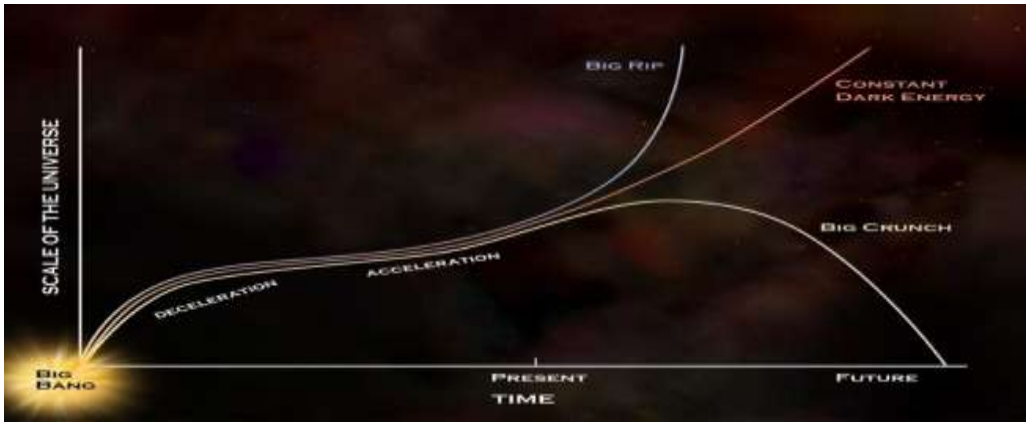
$\frac{dr^2}{1-kr^2} + r^2d\Omega^2$ تعبر عن المسافة

وكذلك :

$$d\Omega^2 = d\theta^2 + sin^2\theta d\emptyset^2$$

k يمكن أن تتواجد في 3 حالات :

- ✓ K = 1 الكون متسع بتقوس موجب أي أنه يتسع لوقت معين ثم ينكمش في زمن آخر ويعود إلى 0
- ✓ K = 0 الكون متسع بتقوس معدوم أي أنه يتسع بطريقة مماسية حيث يتسع في البداية يتسع بقوة ثم يبدأ في الإنقاص في الإتساع و في $\infty$ يتوقف .
- ✓ K = -1 كون متسع بتقوس سالب بإستمرار لل$\infty$ .




**الصورة (2-1): توضح شكل هندسة الكون وفق قيم K**

من الجداء $a^2(t)\left[\frac{dr^2}{1-kr^2} + r^2d\Omega^2\right]$ يتبين أن المسافة تتعلق بالزمن أي أن المسافة تتغير مع مرور الزمن .

$a(t)$هي حل للمعادلة :

$$(\dot{a})^2 = \frac{8\pi G}{3} a^2 \rho - kc^2 + \frac{\Lambda c^2}{3} a^2 \qquad (2.3)$$

حيث :

G ثابت الجاذبية ، c سرعة الضوء

وجد أنشتايرأن معادلاته لايوجد فيها حل يوصف كونا ساكنا ( ستاتيكيا ) لايتغير بالزمان وبدلا من أن يتخلى عن كون يبقى دائما على هذه الحال كما كان يعتقد هو ومعظم الأخرين فإنه لفق في معادلاته بأن أضاف حدا سماه بالثابت الكوني ، يؤدي إلى إنحناء المكان بالمعنى المضاد بحيث تتحرك الأجسام متباعدة ويستطيع هذا التاثير التنافري للثابت الكوني أن يوازن التأثير التجاذبي للمادة وبالتالي فإن هذا يتيح حلا ستاتيكيا للكون ، كانت هذه واحدة من أكبر الفرص الضائعة في الفيزياء النظرية ، فلو أن أنشتاين تمسك بمعادلاته الاصلية لأمكنه من أن يتنبأ بأن الكون يجب أن يكون إما متمددا أو منكمشا .

كشفت الأرصاد بتلسكوب المائة بوصة في مرصد مونت ويلسون عن أنه كلما زاد بعد المجرات الأخرى عنا زادت سرعة حركتها متباعدة فالكون يتمدد بحيث أن المسافة بين مجرتين تتزايد بالزمن زيادة مطردة ، أدى هذا الاكتشاف إلى زوال الحاجة إلى ثابت كوني حتى يعطينا حلا ستاتيكيا للكون ، وقد قال أنشتاين فيما بعد ان الثابت الكوني هو أكبر خطأ في حياته [4].

نستطيع إختيار قيم $\Lambda$ بحيث نتحصل على كون سكوني أي :

$$\dot{\alpha}(t) = 0 \qquad (2.4)$$

أما بعض العلماء فقد حذفو هذا الثابت من معادلة الحقول فأصبحت بالشكل التالي :

$$R_{\mu\upsilon} - \frac{1}{2} g_{\mu\upsilon} R = K T_{\mu\upsilon}$$

*عند حل هاته المعادلات نتحصل على المترية السابقة :*

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a^2(t) \left[ \frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2 d\Omega^2 \right]$$

$a(t)$هي حل للمعادلة :

$$(\dot{a})^2 = \frac{8\pi G}{3} a^2 \rho - Kc^2 \qquad (2.5)$$

و لدينا :

$$H = \frac{\dot{\alpha}}{\alpha} = \sqrt{\frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{KC^2}{\alpha^2}} \qquad (2.6)$$

وهذا لايتوافق مع الملاحظات الفلكية .

**ثابت هابل :**

كان هابل يسجل أطياف الضوء القادم من المجرات البعيدة ، وجد أن الطيف يميل إلى جهة الأحمر، ويزداد ميلان الطيف كلما إزداد بعد المجرة ، ولم يكن أمامه و أمام غيره من العلماء إلا تفسير واحد غريب صعب التصديق وذلك أن المجرات كلها تنفر من بعضها البعض وتهرب من بعضها بعضا بسرعات خارقة .مستهجنة حتى على العلماء الفلكيين أصحاب الأرقام العجيبة الغريبة ، فقد بلغ تباعد أقصى المجرات التي رآها التيلسكوب جيل ولسن 25000 ميل – الثانية ( أي 0.14 سرعة الضوء ) ، ورأى تلسكوب جيل بالومار مجرات تتباعد بسرعة 40000 ميل – ثانية ( أي أكثر من 0.20 سرعة الضوء ).

وبناء على ذلك فالمجرات في هذا الكون تشبه النقط المرسومة على سطح بالون من المطاط ينفخ في بإستمرار ، فتجد النقطة أن أختها القريبة تبعد عنها بسرعة معينة ، ولكن النقط الأخرى تزداد سرعة إبتعادها كلما إزداد بعدها ، وهكذا نتوهم كل نقطة أنها أصيب بداء تنفر منه الأخريات .

وبالتالي المجرات تتباعد عن بعضها ، والفضاء يتمدد وينتفخ [5] .

وإستطاع هابل أن يضع العلاقة التالية :

$$V = Hd \qquad (2.7)$$

والتي توضح أن كل المجرات تقريبا تبتعد عنا بسرعة $V$ تتناسب مع مسافة بعدها عن الأرض $d$.

وبالتالي وجب إرجاع $\Lambda$ في المعادلة لكن بشرط $\dot{\alpha} \neq 0$

وبالتالي :

$$H = \frac{\dot{\alpha}}{\alpha} = \sqrt{\frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{kc^2}{\alpha^2} + \frac{\Lambda c^2}{3}} \qquad (2.8)$$

بوضع k = 0

$$H = \frac{\dot{\alpha}}{\alpha} = \sqrt{\frac{8\pi G}{3}\rho + \frac{\Lambda c^2}{3}}$$

$$H = \frac{\dot{\alpha}}{\alpha} = \sqrt{\frac{8\pi G}{3}(\rho + \frac{\Lambda c^2}{8\pi G})}$$

حيث $\rho + \frac{\Lambda c^2}{8\pi G}$ هي المادة المرئية والمادة التي لانراها

$$\frac{\Lambda c^2}{8\pi G} = \rho'_{\text{dark-Mater}} + \rho'_{dark-Energy}$$

$$\Lambda > 0 ; \frac{\Lambda c^2}{8\pi G} = \text{كثافة المظلمةالمادة}$$

## II – 3 –2 كون متماثل المناحي لكن غير متجانس :

حل معادلات أنشتاين للحقول يعطى بالشكل التالي :

$$ds^2 = c^2 dt^2 - \frac{\left(\frac{\partial R}{\partial r}\right)^2}{1 - k(r)} dr^2 - R^2 d\Omega^2 \qquad (2.9)$$

وهي مشابهة لحل معادلات أنشتاين وفق فرضية النموذج المعياري حيث :

$\frac{\partial R}{\partial r} = a(t)$ وكذلك k تتعلق ب r

ولدينا :

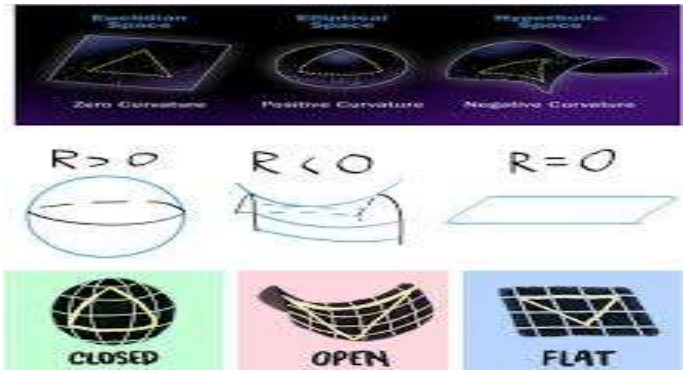
$$\left(\frac{\frac{\partial R}{\partial t}}{R}\right)^2 = \frac{2M}{R^3} - \frac{k}{r^2} + \frac{\Lambda}{3} \qquad (2.10)$$

R مسافة معممة ،Mكتلة جاذبية

نستطيع إختيار قيم $\Lambda$ بحيث $\left(\frac{\frac{\partial R}{\partial t}}{R}\right)^2 = 0$ أو تجاهلها وسوف نتحصل على كون متسع كذلك .

## II – 4توسع الكون :

تبين المشاهدة أن الكون يتمددبإستمرار،ولايحدد التمددمالانهائي إنحناءالكون،فقديكون الكون كونا مفتوحا ( ذو معامل إنحناء سالب ) أو يكون مسطحا أو مغلقا ( ذو معامل إنحناء موجب ) ، مع إستمرار تواجد الطاقة المظلمة فيه ( حالة مغلقة ) ، ستعمل على مقاومة قوى الجاذبية للمادة و أي قوى أخرى تكون من خصائصها العمل على إنكماش الكون .وفي حالتي الكون المنبسط والمفتوح فإن الكون في تلك الحالتين سيستمر التمدد و الإتساع حتى في حالة غياب الطاقة المظلمة.




**الصورة (2–2): توضح سطح مستوي، سطح ذي تحدب سالب، سطح كروي أو ذي تحدب موجب**

وتستنبط مشاهدات إشعاع الخلفيةالكونيةالتي تجريها تجربة ويلكسون الميكرونية أن الكون منبسط, وأنه توجد فيه قدراكبيرامن الطاقة المظلمة .وفي هذه لحالة فسوف يستمر تمدد الكون مع زيادة معدل تسريعه .وتؤيدمشاهدات المستعرات العظمى البعيدة زيادةسرعة تمدد الكون .[10].

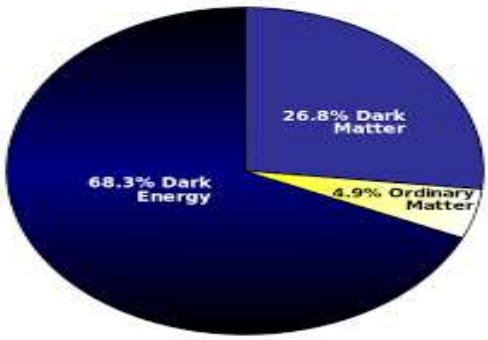
غيرت النسبية العامة تماما من النقاش حول أصل ومصير الكون فلو كان الكون ثابتا لأمكن أن يكون موجودا منذ الأبد ولأمكن أن يكون قد تم تكوينه بشكله الحالي عند وقت ما من الماضي ، ولكن إذا كانت المجرات تتحرك الآن متباعدة فإن هذا يعني أنها كانت ولابد في الماضي أكثر تقاربا معا ، وهكذا فإن المجرات منذ مايقرب من خمسة عشر بليون عام ستكون كلها معا إحداها فوق الأخرى وتكون الكثافة عندها كبيرة جدا ، سميت هذه الحالة بالذرة البدائية وذلك بواسطة القس الكاتوليكي جورج ليميتر الذي كان أول من بحث في أصل الكون الذي نسميه نحن الإنفجار العظيم [4].

## II – 5 المادة المظلمة والطاقة المظلمة :

عندما ترى كلمة مظلم ( Dark) في الفيزياء فـأعلم أنّنا نتحدّث عن شيء لا نعلم كثيرًا من تفاصيله ولا تمكننا رؤيته، مثل المادة المظلمة أو الطاقة المظلمة أو حتى الثقوب السوداء.

وبعمل بعض الحسابات وُجد أنّ نسبة الطاقة – الكتلة المكوّنة للكون عبارة عن:

- المادة العادية بنسبة 4.9٪
- المادة المظلمة (DarkMatter) بنسبة 26.8٪
- الطاقة المظلمة (Dark Energy) بنسبة 68.3٪

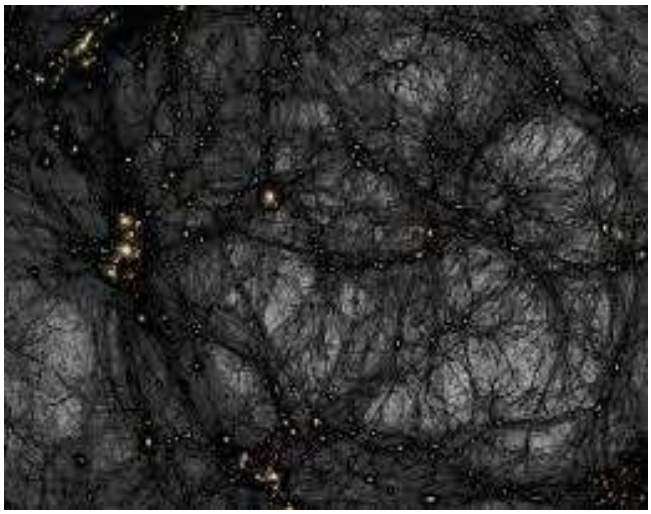



**الصورة (2–3): توضح نسب المادة المرئية و المادة المظلمة و الطلقة المظلمة المشكلة للكون**

أي أنه توجد مادة إضافية تمثل 26.8 % من إجمالي الطاقة والمادة الموجودتين في الكون، ونحن لا نراها وهي سبب تماسك المجرّات .

## II– 5 –1المادة المظلمة :

نحن لا نرى المادة المظلمة لأنها لا تتفاعل مع الضوء الذي هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية فلا تعكس الضوء أو تمتصّه أو تتأثر به بأي طريقة، ووجود مادة لا تتفاعل مع قوى معينة في الطبيعة أمر طبيعي لا يستدعي الغرابة. إلا أنها لها كتلة وبالتالي تؤثر بجاذبيتها على باقي الأجسام، فوجود المادة المظلمة يؤثر على مدارات النجوم والكواكب، ويعتقد العلماء أن جاذبية المادة المظلمة لعبت دورًا في تخليق النجوم الأولى في بداية الكون، وأنها تتكون من جسيمات تحت ذرية لكننا لا نعلم بعد أيًّا من خصائصها، ولم يتمّ التأكّد تجريبيًّا من وجودها، وأطلقوا على هذه الجسيمات تحت الذرية اسم"النيوترونات العقيم".



**الصورة (2–4): توضح المادة المظلمة**

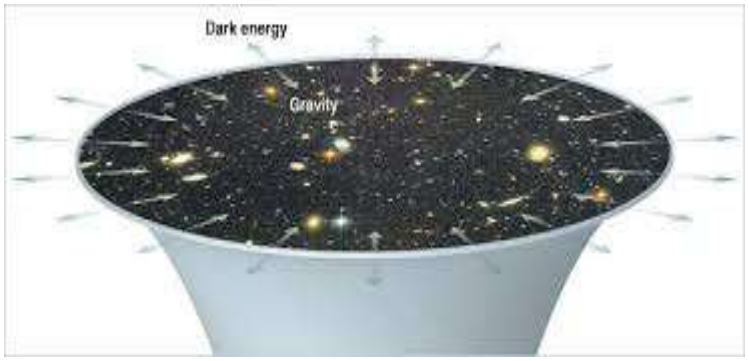
## II– 5 –2الطاقة المظلمة :

الطاقة المظلمة تتخلّل كلّ الكون وتعاكس تأثير الجاذبية، فالمادة العادية لها تأثير جذب فتسبب إقتراب أجزاء الكون والأجرام السماوية من بعضها، لكنّ الطاقة المظلمة تسبب العكس، فهي تجعل أجزاء الكون تتنافر وتبتعد عن بعض مسببةً تمدّد الكون.

وبذلك يوجد عندنا قوّتين :

- القوة الأولى: الناتجة عن كلٍّ من المادة المظلمة والمادة العادية وتسبّب اقتراب أجزاء الكون من بعضها البعض.
- القوة الثانية: الناتجة عن الطاقة المظلمة التي تسبب تباعد أجزاء الكون عن بعضها البعض وزيادة حجم الكون.

ولأنّ الطاقة المظلمة منتشرة في الكون أكثر من المادة بكثير، لذلك تأثيرها هو الغالب على الكون لذلك فإنّ الكون يتمدّد ولا ينكمش، وتبتعد كلّ المجرات عن بعضها البعض دائمًا ما عدا حالات خاصة جدًا ..مثل إقتراب مجرة أندروميدا من مجرتنا وذلك فقط بسبب إقترابهما الشديد النسبية من بعضهما، فيصبح التجاذب بينهما نتيجة كتلتيهما أقل من التنافرنتيجة الطاقة المظلمة .



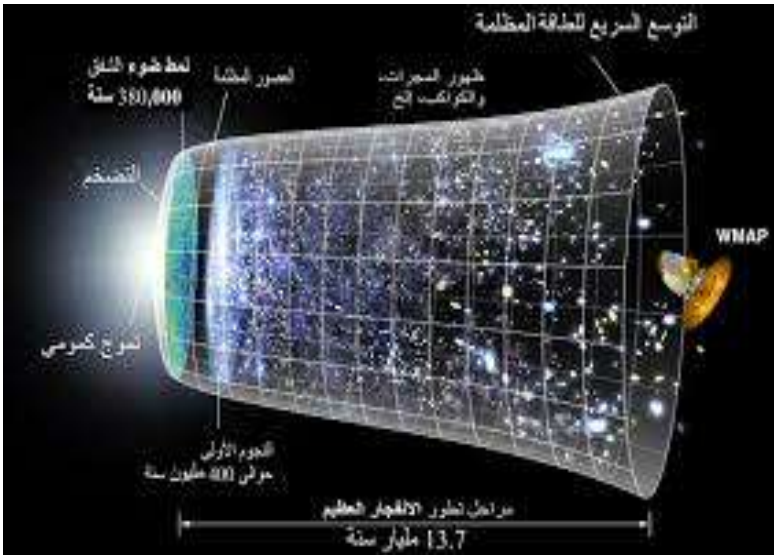

**الصورة (2–5): توضحتمدد الكون بفعل الطاقة المظلمة**

## II–6 الإنفجار الأعظم ( Big bang):

الإنفجار الأعظم نظرية في علم الكون التي ترى بأن الكون قدنشأمن وضعيةحارة شديدة الكثافة تقريبا قبل حوالي 13.7 مليارسنة . نشأت نظرية الإنفجار العظيم نتيجة لملاحظات ألفريد هبل حول تباعد المجرات عن بعضها . مما يعني عندما يؤخذ بعين الإعتبارمع المبدأ الكوني أن الفضاء المتري يتمدد وفق نموذج فريدمان للنسبية العامة ، هذه الملاحظات تشير إلى أن الكون بكل مافيه من مادةوطاقةإنبثق من حالةبدائيةذات كثافة و حرارة عاليتين .

فإذا كان الكون يتمدد فما من شك أن حجمه في الماضي كان أصغر من حجمه اليوم، أي كان الكون قبل الإنفجارالعظيم بحجم رأس المسمارو أن حجمه في المستقبل سيكون أكبرمنهما،وإذاتمكنامن حساب سرعة التمدد يمكننا التنبؤب الزمن الذي احتاجه الكون حتى وصل إلى الحجم الراهن وبالتالي يمكننا تقدير عمرالكون وهونحو 13.7 مليار سنة تقريبا، تتحدث نظرية الإنفجار العظيم عن نشوء وأصل الكون ،فعندما كان الكون صغيرا جدا و قبل تكون النجوم والمجرات كان شديد الحرارة جدا

وكان يملأه دخان ساخن جدا موزعا متساويا في جميع أنحائه ومكونات هذاالدخان كانت بلازماالهيدروجين أي بروتونات وإلكترونات حرةمن شدة الحرارة و عظم الطاقة التي تحملها ، وبدأ الكون يتمدد و يتسع فبدأت بالتالي درجة حرارة البلازما تنخفض إلى الحد الذي تستطيع فيه البروتونات الإتحادمع الإلكترونات مكونة ذرات الهيدروجين ، وبدأ الكون أن يكون شفافا وإنتهت فترة تعتمه ، وكانت الفوتونات الموجودة تنتشر في جميع الأرجاء إلاأن طاقتهابدأت تضعف، حيث يملأ نفس عدد الفوتونات الحجم المتزايد بسرعة للكون وهذه الفوتونات هي التي تشكل اليوم إشعاع الخلفية الميكروويفي الكوني ، وإنخفضت درجة حرارتها عبر نحو 13.7مليار من السنين هي العمر المقدر فلكيا للكون إلى أن وصلت إلى درجة الحرارة الخلفية في الوقت الحالي [13].




**الصورة (2–6): توضح عمر الكون إبتداءا من الإنفجار العظيم**

# الفصل الثالث :

# كون كهربائي

### III–1 لكون كهربائي "electrovacuniverse"

نفترض كون فيه شحنة كهربائية وحيدةفي موضع معين كيفي،لاوجود للمادة في هذا الكون فيه فقط حقل كهربائي.

### III–2إفتراض المترية:

نفترض أن المتريةتبعا للتناظر هي من الشكل :

$$ds^2 = V^2(x)dt^2 - h_{ij}(x)dx^i dx^j \qquad (3.1)$$

حيث: $g_{00} = V^2(x)$ و $g_{ii} = -h_{ij}(x)$

بإستغلالالتناظراتنبحثعن$V^2(x)$و$h_{ij}(x)$وهيعبارةعن 6 دوال :

$$(h_{11}(x), h_{12}(x), h_{13}(x), h_{22}(x), h_{23}(x), h_{33}(x))$$

لدينا معادلة الحقل الجاذبي :

$$R_{\mu\upsilon} - \frac{1}{2} g_{\mu\upsilon} R = KT_{\mu\upsilon}$$

حيث: $K = \frac{8}{c^4}$

### III–3 تنسور الطاقة – المادة :

بوجود الحقل الكهربائي فقط نكتب تنسور الطاقة– المادة بالشكل :

$$T_{\mu\upsilon} = \frac{1}{4} g_{\mu\upsilon} F_{\alpha\beta} F^{\alpha\beta} - F_{\mu\alpha} F^{\alpha}_{\upsilon} \qquad (3.2)$$

حيث : $F_{\alpha\beta}$ هو التنسور الكهرومغناطيسي

$$F_{\alpha\beta} = \partial_\alpha A_\beta - \partial_\beta A_\alpha \qquad (3.3)$$

و $A_\alpha$ هي مركبات الكمون الشعاعي

$$A = \begin{pmatrix} A^0 = \frac{\emptyset}{c} \\ A^1 \\ A^2 \\ A^3 \end{pmatrix}$$

### III–4 مركبات الحقل الكهربائي $\vec{E}$ والحقل المغناطيسي $\vec{B}$:

نحسب مركبات الحقول $\vec{B}$ و $\vec{E}$ بالطريقة المعتادة أي بإستعمال معادلات ماكسويل في الكهرومغناطيسية .

أولا مركبات الحقل المغناطيسي تكون بالشكل :

$$\vec{B} = \overrightarrow{\text{rot}}\vec{A} \qquad (3.4)$$

أي :

$$B_x = \frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_Y}{\partial z}$$

$$B_y = \frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}$$

$$B_z = \frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}$$

*ثانيا مركبات الحقل الكهربائي تكون بالشكل التالي :*

$$E_x = -c\frac{\partial A_0}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial t}$$

$$E_y = -c\frac{\partial A_0}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial t}$$

$$E_Z = -c\frac{\partial A_0}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial t}$$

إذا أخذنا الحقل الكهربائي فقط بدون $\vec{B}$ يكون لدينا :

$$\mathrm{A} \equiv \begin{pmatrix} A^0 = \dfrac{\emptyset}{C} \\ \vec{\mathrm{A}} = 0 \end{pmatrix} \equiv \begin{pmatrix} A^0 = \dfrac{\emptyset}{C} \\ A^1 = 0 \\ A^2 = 0 \\ A^3 = 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{\mathrm{E}} = -\vec{\nabla} g_{00} \emptyset = -c\vec{\nabla} g_{00} A^0 \qquad (3.5)$$

نحسب $\mathrm{F}_{\alpha\beta}$ :

$$\mathrm{F}_{\alpha\beta} = \partial_\alpha A_\beta - \partial_\beta \mathrm{A}_\alpha$$

المركبات الغير معدومة :

$$\mathrm{F}_{0\mathrm{i}} = \partial_0 A_\mathrm{i} - \partial_\mathrm{i} \mathrm{A}_0$$

حيث : $\partial_0 A_\mathrm{i} = 0$

وبالتالي يصبح لدينا :

$$\mathrm{F}_{0\mathrm{i}} = -\partial_\mathrm{i} \mathrm{A}_0 = -\partial_\mathrm{i}(g_{00} A^0) = -\partial_\mathrm{i}\left(V^2(x)\frac{\emptyset}{c}\right) \qquad (3.6)$$

بالعودة إلى العلاقة $(3.2)$ نجد :

$$\mathrm{T}_{\mu\upsilon} = \frac{1}{4} \mathrm{g}_{\mu\upsilon} \mathrm{F}_{0\mathrm{i}} \mathrm{F}^{0i} - \mathrm{F}_{\mu\alpha} \mathrm{F}^{\alpha}_{\upsilon} \qquad (3.7)$$

المركبات الغير معدومة $\mathrm{T}_{\mu\upsilon}$ هي :

$$\mathrm{T}_{\mathrm{ij}} = \frac{1}{4} \mathrm{g}_{\mathrm{ij}} \mathrm{F}_{0\mathrm{i}} \mathrm{F}^{0i} - \mathrm{F}_{\mathrm{i}\alpha} \mathrm{F}^{\alpha}_{\mathrm{j}}$$

بحيث :

و بتعويض $F_{\alpha\beta}$ بدلالة كمون الحقل نجد :

$$T_{ij} = \frac{1}{V^2(x)}\left(\frac{1}{2}h_{ij}\Delta_1\emptyset - \frac{\partial\emptyset}{\partial x^i}\frac{\partial\emptyset}{\partial x^j}\right) \quad (3.8)$$

حيث :

$$\Delta_1\emptyset = h^{\alpha\beta}\frac{\partial\emptyset}{\partial x^\alpha}\frac{\partial\emptyset}{\partial x^\beta} \quad (3.9)$$

بالتعويض نجد :

$$T_{ij} = \frac{1}{V^2(x)}\left(\frac{1}{2}h_{ij}h^{\alpha\beta}\frac{\partial\emptyset}{\partial x^\alpha}\frac{\partial\emptyset}{\partial x^\beta} - \frac{\partial\emptyset}{\partial x^i}\frac{\partial\emptyset}{\partial x^j}\right) \quad (3.10)$$

وكذلك :

$$T_{oo} = -\frac{1}{2}h^{ij}\frac{\partial\emptyset}{\partial x^i}\frac{\partial\emptyset}{\partial x^j} \quad (3.11)$$

وبالتعويض في معادلة الحقل :

$$R_{\mu\upsilon} - \frac{1}{2}g_{\mu\upsilon}R = KT_{\mu\upsilon}$$

أولا :نضع $\mu = 0$ :

$$R_{0\upsilon} - \frac{1}{2}g_{0\upsilon}R = KT_{0\upsilon}$$

في حالة $\upsilon = 0$ تكون لدينا :

$$R_{oo} - \frac{1}{2}g_{oo}R = KT_{oo}$$

حيث :

$$g_{oo} = V^2(x)$$

بالتعويض نجد :

$$R_{00} - \frac{1}{2}\mathrm{V}^2(x)R = KT_{00}$$

في حالة $\upsilon = \mathrm{i}$ تكون لدينا :

$$R_{0i} - \frac{1}{2}g_{0i}R = KT_{0i}$$

ولدينا :

$$g_{0i} = T_{0i} = 0$$

ومنه

$$R_{0i} = 0$$

ثانيا :نضع $\mu = \mathrm{i}$ :

$$R_{i\upsilon} - \frac{1}{2}g_{i\upsilon}R = KT_{i\upsilon}$$

في حالة $\upsilon = 0$ يكون :

$$R_{i0} - \frac{1}{2}g_{i0}R = KT_{i0}$$

ولدينا:

$$g_{i0} = T_{i0} = 0$$

أي :

$$R_{i0} = 0$$

في حالة $\upsilon = j$ يكون لدينا :

$$R_{ij} - \frac{1}{2}g_{ij}R = KT_{ij}$$

حيث :

$$g_{ij} = h_{ij}(x)$$

وبالتعويض نجد :

$$R_{ij} - \frac{1}{2} h_{ij}(x) R = KT_{ij}$$

وبالتالي نتحصل على معادلات الحقل التالية :

$$R_{i0} = R_{0i} = 0$$

$$R_{00} - \frac{1}{2} V^2(x) R = KT_{00}$$

$$R_{ij} - \frac{1}{2} h_{ij}(x) R = KT_{ij}$$

لدينا كذلك من جهة أخرى :

$$\Sigma R_{ii} - \frac{1}{2} \Sigma h_{ii} R = k \Sigma T_{ii}$$

$$R - \frac{1}{2} (\Sigma h_{ii}) R = 0$$

$$R \left(1 - \frac{1}{2} \Sigma h_{ii}\right) = 0$$

ومنه :

$$R = 0$$

إذا نتحصل على :

$$R_{i0} = R_{0i} \qquad (3.12)$$

$$R_{00} = KT_{00} \qquad (3.13)$$

كنا قد وجدنا :

$$T_{ij} = \frac{1}{V^2(x)}\left(\frac{1}{2}h_{ij}h^{\alpha\beta}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^{\alpha}}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^{\beta}} - \frac{\partial \emptyset}{\partial x^{i}}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^{j}}\right)$$

وكذلك :

$$T_{00} = -\frac{1}{2}h^{ij}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^{i}}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^{j}}$$

بتعويض كل من $T_{00}$ و $T_{ij}$ في معادلات الحقل السابقة نجد معادلات الحقل الاكثر تفصيلا التالية :

$$R_{ij} = K\frac{1}{V^2(x)}\left(\frac{1}{2}h_{ij}\Delta_1 \emptyset - \frac{\partial \emptyset}{\partial x^{i}}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^{j}}\right) \qquad (3.15)$$

$$R_{00} = -\frac{k}{2}\left(h^{ij}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^{i}}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^{j}}\right) = -\frac{K}{2}\Delta_1 \emptyset (3.16)$$

تعتبر هذه المعادلات هي المنطلق الأساسي في إيجاد مترية الفضاء أوالكون الكهربائي.

ومن جهة أخرى لدينا صيغة تنسورريتشي بدلالة المترية :

$$R_{\beta\upsilon} = \frac{1}{2}g^{\mu\sigma}\left(g_{\sigma\upsilon,\beta\mu} - g_{\sigma\mu,\beta\upsilon} + g_{\beta\mu,\sigma\upsilon} - g_{\beta\upsilon,\sigma\mu}\right)$$

ومنه :

$$R_{00} = \frac{1}{2}g^{\mu\sigma}\left(g_{\sigma 0,0\mu} - g_{\sigma\mu,00} + g_{0\mu,\sigma 0} - g_{00,\sigma\mu}\right)$$

$$R_{00} = \frac{1}{2}g^{\mu 0}g_{00,0\mu} - \frac{1}{2}g^{\mu\sigma}g_{\sigma\mu,00} + \frac{1}{2}g^{0\sigma}g_{00,\sigma 0} - \frac{1}{2}g^{\mu\sigma}g_{00,\mu\sigma}$$

$$= \frac{1}{2}g^{00}g_{00,00} + \frac{1}{2}g^{00}g_{00,00} - \frac{1}{2}g^{\mu\sigma}g_{\sigma\mu,00} - \frac{1}{2}g^{\mu\sigma}g_{00,\mu\sigma}$$

$$= \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2}{c^2\,\partial t^2}(v^2) - \frac{1}{2}g^{00}g_{00,00} - \frac{1}{2}g^{ij}g_{ij,00} - \frac{1}{2}g^{00}g_{00,00} - \frac{1}{2}g^{ij}g_{00,ij}$$

الإشتقاقات بالنسبة للزمن معدومة $h_{ij}(\vec{x})$ و $V(\vec{x})$

$$R_{00} = -\frac{1}{2} g^{ij} g_{00,ij}$$

$$= \frac{1}{2} h^{ij} \frac{\partial}{\partial x^i} \frac{\partial}{\partial x^j} (V^2)$$

$$R_{00} = V \frac{1}{2} h^{ij} \frac{\partial}{\partial x^i} \frac{\partial}{\partial x^j} (V) =$$

$$V \Delta_2 V$$

$$= \frac{k}{2} \Delta_1 \emptyset$$

نتحصل على :

$$\frac{k}{2} \Delta_1 \emptyset = V \Delta_2 V \qquad (3.17)$$

**III–5 إيجاد حلول المترية $V^2$و $h_{ij}$:**

باستخدام العلاقات السابقة نقوم بالبحث عن قيم كل من $V^2$و $h_{ij}$ لإيجاد مترية هذا الفضاء .

سنضع أولا :

$$V' = \frac{dV}{d\emptyset} (3.18)$$

وبالتالي سبكون المشتق الثاني يكتب بالشكل :

$$V'' = \frac{d^2 V}{d\emptyset^2} (3.19)$$

لدينا:

$$\Delta_2 V = h^{ij} \frac{\partial}{\partial x^i} \frac{\partial}{\partial x^j} (V) = h^{ij} \frac{\partial}{\partial x^i} \left( \frac{\partial \emptyset}{\partial x^j} \frac{dV}{d\emptyset} \right)$$

ومنه :

$$= h^{ij}\frac{\partial^2 \emptyset}{\partial x^i \partial x^j}\frac{dv}{d\emptyset} + h^{ij}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^j}\frac{\partial}{\partial x^i}\left(\frac{dv}{d\emptyset}\right)$$

نجد :

$$\Delta_2 v = \Delta_2 \emptyset v' + h^{ij}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^j}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^i}v''$$

$$= \Delta_2 \emptyset v' + \Delta_1 \emptyset v'' (3.20)$$

من المساوات $\frac{k}{2}\Delta_1 \emptyset = V\Delta_2 V$ وبالتعويض نتحصل على :

$$\frac{K}{2}\Delta_1 \emptyset = VV'\Delta_2 \emptyset + V\Delta_1 \emptyset V'' \qquad (3.21)$$

أي:

$$VV'\Delta_2 \emptyset + \left(VV'' - \frac{K}{2}\right)\Delta_1 \emptyset = 0$$

باستخدام كل من قيم $\Delta_2 \emptyset$ و$\Delta_1 \emptyset$ بالشكل التالي :

$$\Delta_1 \emptyset = h^{ij}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^i}\frac{\partial \emptyset}{\partial x^j} (3.22)$$

$$\Delta_2 \emptyset = h^{ij}\frac{\partial^2 \emptyset}{\partial x^i \partial x^j} (3.23)$$

لدينا :

$$V\,\Delta_2 \emptyset = \Delta_1 \emptyset V' \qquad (3.24)$$

وروجوعا إلى المعادلة نتحصل على معادلة V أي:

$$VV'\Delta_2\emptyset + \left(VV'' - \frac{K}{2}\right)\Delta_1\emptyset = 0 \qquad (3.25)$$

نستعمل ما تحصلنا عليه سابقا $V\,\Delta_2\emptyset = \Delta_1\emptyset V'$ لنجد المعادلة التالية :

$$\left(VV'' + V'^2 - \frac{k}{2}\right)\Delta_1\emptyset = 0 \qquad (3.26)$$

القيمة $\Delta_1\emptyset \neq 0$ أي :

$$VV'' + V'^2 - \frac{k}{2} = 0 \qquad (3.27)$$

من جهة أخرى لدينا :

$$(VV')' = V'V' + VV'' = (V')^2 + VV''$$

نقوم بتعويض قيمة $(V')^2 + VV''$ ب $(VV')'$ نجد:

$$(VV')' - \frac{k}{2} = 0 \qquad (3.28)$$

نكامل على $\emptyset$ نتحصل على المعادلة :

$$(VV') - \frac{k}{2}\emptyset = \beta$$

نعلم أن :

$$(V^2)' = 2VV'$$

ومنه :

$$\frac{1}{2}(V^2)' - \frac{K}{2}\emptyset = \beta$$

أي :

$$(V^2)' = 2\beta + k\emptyset$$

نكامل مرة أخرى لنجد في الاخير حل المعادلة وهو :

$$V^2 = 2\beta\emptyset + \frac{k}{2}\emptyset^2 + C \quad (3.29)$$

من جهة أخرى حل المعادلة :

$$R_{ij} = K\frac{1}{V^2(x)}\left(\frac{1}{2}h_{ij}\Delta_1\emptyset - \frac{\partial\emptyset}{\partial x^i}\frac{\partial\emptyset}{\partial x^j}\right)$$

هو :

$$h_{ij} = \delta_{ij}\frac{1}{V^2} \quad (3.30)$$

**III –6 مترية الكون الكهربائي :**

بعد إيجاد كل من $h_{ij}$و $V^2$ وبالتعويض في المعادلة المترية العامة أي :

$$ds^2 = V^2(x)dt^2 - h_{ij}(x)dx^i dx^j$$

نجد المترية للكون الكهربائي والذي تكون فيه شحنة فقط وتكتب كالتالي :

$$ds^2 = V^2(dt)^2 - \frac{1}{V^2}\delta_{ij}dx^i dx^j \quad (3.31)$$

لدينا :

$\emptyset^2 = \frac{Q^2}{(r4\pi\epsilon_0)^2}$ و $\emptyset = \frac{Q}{r4\pi\epsilon_0}$ ومنه تكتب $V^2$ على الشكل التالي :

$$V^2 = 2\beta\frac{Q}{r4\pi\epsilon_0} + \frac{k}{2}\frac{Q^2}{(r4\pi\epsilon_0)^2} + C$$

عند وضع $Q = 0$ نتحصل على مترية منكوفسكي وبالتالي تكون :

$$C = 1$$

وعندما تؤول $r \to \infty$ تكتب $V^2$ بالشكل :

$$V^2 = 2\beta\frac{Q}{r4\pi\epsilon_0} + 1$$

تؤول إلى مترية شوارتزشيلد حيث :

$$V^2 = 1 - \frac{2m}{Gr}$$

وبالمساوات طرفا الى طرف نجد :

$$2\beta\frac{Q}{r4\pi\epsilon_0} = -\frac{2m}{Gr}$$

أي قيمة $\beta$ تكون بالشكل :

$$\beta = -\frac{4\pi\epsilon_0 m}{GQ}$$

وبالتعويض نجد :

$$V^2 = 1 - \frac{2m}{Gr} + \frac{k}{2}\frac{Q^2}{(r4\pi\epsilon_0)^2} \quad (3.32)$$

### III –7 أفق الحدث لكون كهربائي :

يمكننا إيجاد أفق الحدث للكون الكهربائي كما في مترية شوارتزشيلد أي نقوم بجعل الطرف المتعلق بالزمن يؤول إلى الصفر والذي يعني تقلص الزمن والطرف المتعلق ب $r$ يؤول الى الملانهاية والذي يقصد به تمدد الطول .

بالمقارنة بمتربة شوارتزشيلد و وضع $\frac{k}{2(4\pi\epsilon_0)^2} = 1$ لنتحصل على :

$$\frac{Q^2}{r^2} - \frac{2m}{Gr} = 1 \qquad (3.34)$$

بالضرب في $r^2$ نجد :

$$Q^2 - \frac{2mr}{G} = r^2$$

بإعادة ترتيب الحدود نتحصل على :

$$r^2 + \frac{2mr}{G} - Q^2 = 0$$

وهي معادلة من الدرجة الثانية يعطى المميز $\Delta$ لها بالشكل :

$$\Delta = \left(\frac{2m}{G}\right)^2 + 4Q^2$$

وبالتالي الحلول تكون كالتالي :

$$r_+^* = \frac{-\frac{2m}{G} + \sqrt{\left(\frac{2m}{G}\right)^2 + 4Q^2}}{2}$$

أي :

$$r_+^* = \frac{m}{G}\left(\sqrt{1 + \frac{4GQ^2}{2m}} - 1\right)$$

حيث : $\frac{2GQ^2}{m} \ll 1$

وبالتعويض نجد :

$$r_+^* = \frac{m}{G}\left(1 + \frac{GQ^2}{m} - 1\right)$$

أي :

$$r_+^* = \frac{G}{m}Q^2 \qquad (3.35)$$

أي أن منطقة الأفق للكون الكهربائي هي قيمة $Q^2$ .

# خاتمة

في هذا البحث قمنا بدراسة بعض الحلول لمعادلة النسبية العامة من الحلول البسيطة لحلول أكثر شمولاوعرفنا عدة مميزات نشأت من هذه الحلول انطلاقا من جاذبية نيوتن إلى معادلات الحقل الجاذبي حيت أدت حلول هذه المعادلات إلى عدة نتائج متباينة وعدة إكتشافات مهدت لثورة علميه كبيرة .

وتطرقنا في كل فصل الى جانب من هاته الحلول .

الفصل الأول: تم فيه تعريف بعض الجوانب التاريخية للنسبية العامة والمبادئ التي قامت عليها و كيف تصف معادلات الحقل الجاذبي الجاذبية بتقعر الزمكان واعتماد هاته المعادلات على كل من كمية الطاقة لتصف لنا الانحناء بجوار هاته الكتلة وتمثل أحد أهم الحلول البسيطة في حلول او مترية شوارتزشيلد التي تكون قرب أجسام ساكنة أو ذات دوران بطئ والتي قادت إلى وجود الثقوب السوداء بينما الحلول بجوار كتل ذات عزم ودوران شديد فإنها توصف الثقوب السوداء بمترية كير .

أما الفصل الثاني:تطرقنا فيه الى الكسمولوجيا الحديثة وتم فيها دراسة وتعميم الحلول إلى كل مجال الكون بدراسة نموذجي كل من فريدمان والكر روبريسون والنموذج المعياري والذي قاد إلى فكرة تسارع توسع الكون والذي تم إثباته بمشاهدات هابل وتم تفسيره وجود هاذا التوسع بتسارع بالطاقة أو المادة المضلمة .

أما الفصل الثالث : فتم فيه البحث عن المترية بإفتراض كون كهربائي أي خال من المادة بوجد به شحنة فقط حيث أدت حلول الحقل الجاذبي لهاذا النموذج الى مترية تشبه مترية شوارتزشيلد و افق الحدث لهاذا الثقب الاسود هو الشحنة مربع .

# المراجع

# قائمة المراجع

[1] – د. محمد هاشم البشير محمد ,فيزياء الكون الحديث ,دار الحامد , 2011.

[2] – يوسف البناي,البنية الواسعة للزمان والمكان مقدمة إلى النظرية النسبية العامة,الطبعة الأولى 2016 .

[3] – جلال الحاج عبد, نظرية النسبية العامة لأنشتاين, 2007 .

[4] – ستيفينهوكينج ترجمة د. مصطفى إبراهيم فهمي ,الكون فيقشرةجوز, 2002 .

[5]– د.عبد الرحيم بدر,الكونالأحدب,بيروت , لبنان,1980.

[6]- N.J. Poplawski, *Phys. Rev.* D **74**, 084032 (2006).

[7 ] - L. Amendola, R. Gannouji, D. Polarski, and S. Tsujikawa, *Phys. Rev*.D**75**, 083504 (2007).

[8 ] - N. Mebarki, "Dark Dynamical Cosmology in a Noncommutative Geometry" in *4th InternationalWorkshop on the Dark Side of the Universe*, edited by S.Khalil, AIP Conference Proceedings 1115, American Institute of Physics, Cairo, Egypt, 2008, pp 248-253.

[9] - N. Mebarki, F. Khelili, S.Kalli and M.Haouchine*Chin.J.Phys.* **44**, 180-188 (2008).

[10]- T. P. Sotiriou and V. Faraoni, *Rev. Mod. Phys.* **82**, 451-497 (2010).

[11] - S. Nojiri and S. D. Odintsov, *Int. J. Geom. Meth. Mod. Phys.* **4**, 115-146 (2007).

[12] - N. Mebarki and F. Khelili, *Electron.J.Theor.Phys* .**5**, 65-68 (2008).

[13 ] - F. Khelili, J. Mimouni and N. Mebarki,,, *J.Math.Phys.* **42**, 3615-3627 (2007).

## ملخص

الكوسمولوجيا المبنية على نظرية نيوتن تصف كون غير مستقر نهائي أوغير نهائي، أما الكوسمولوجيا الحديثة المبنية على معادلات النسبية العامة قد تصف كون سكوني أو متغير وله تاريخ أي أن حلول معادلات الحقل الجاذبي تتعلق بشدة بالشروط من كثافة الكون، كمية الزخم، المادة المظلمةوالطاقة المظلمة.



**الكلمات المفتاحية** :النسبية العامة_ شوارزشيلد_ فريدمان_ هابل_ كسمولوجيا-كون كهربائي



## Résumé

La cosmologique qui est basé sur la théorie de Newton descripatif l'univers n'on stable peut-être finie ou infinie, mais la cosmologique moderne basé sur les équation la théorie de la relativité générale peut exprimé l'univers statique ou variable et il est un histoire ça vous dire que les solutions de les équation de champ de gravitation correspond de l'intensité des conditions comme la densité de l'univers et la quantité de mouvement et la quantité de mouvement et la matière noir et l'énergie noir.



**Mots clés :** La relativité générale-schwarzchild-Friedmann –hubble- Cosmologie-univers électrique