------مجلة علوم الرافدين، المجلد 24، العدد 4، ص77-84، 2013------

علاقة نسبة اللا تماثل لدرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية بالاتساع المعجل للكون

مؤيد عزيز العبيدي **سجى إسماعيل خليل**

قسم الفيزياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

Email: malobayde@yahoo.com

(تاريخ الاستلام 16/ 10 / 2012 ؛ تاريخ القبول 18 / 2 / 2013)

الملخص

يسعى هذا البحث إلى تقديم دليل يؤيد التعجيل الكوني بالاعتماد على علاقة نسبة اللا تماثل (anisotropy) لدرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية مع مسافة الإضاءة من خلال بيان تماثل هذه العلاقة مع علاقة الزحزحة الحمراء مع مسافة الإضاءة. لذا أوضح البحث العلاقة بين الزحزحة الحمراء واللا تماثل لدرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية. واستنتج علاقة بين الزحزحة الحمراء و مسافة الإضاءة لكونه يحوي المادة غير النسبية والطاقة المظلمة. وتم التوصل إلى علاقة درجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية مع مسافة الإضاءة، يتضح من رسمها الاتساع المعجل للكون. وهو ما يجعل من اللا تماثل لدرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية دليلا على الاتساع المعجل للكون.

الكلمات الدالة: الكون المعجل، الخلفية المايكروية الكونية.

The Relation of the Ratio of the Anisotropy in the Cosmic Microwave Background (CMB) Temperature with the Accelerating Expansion of the Universe

Muayyad A. Al-Obayde **Saja E. Khaleel**

Department of Physics

College of Science

University of Mosul

ABSTRACT

This research seeks to provide evidence to support the accelerating cosmic depending on the relationship between the ratio of the anisotropy in temperature of the cosmic microwave background with the luminosity distance through a statement similar to the relationship between the red shift with the luminosity distance. So, the relationship between the ratio of the anisotropy in temperature of the cosmic microwave background with the red shift was explained. Also, the relationship between the red shift with the luminosity distance concluded for the universe that contains non relativistic matter and dark energy. The relationship between the ratio of the anisotropy in temperature of the cosmic microwave background with the luminosity distance was reached. The accelerated expansion of the universe is clear from the painting of the relation which makes the anisotropy in the temperature of the cosmic microwave background as an evidence for the accelerated expansion of the universe.

Keywords: Cosmic microwave background, accelerating universe.

المقدمة

في الأزمنة المبكرة من عمر الكون - عندما كان الكون محكوما بالإشعاع - كانت طاقـة الفوتونـات كافية لتأين ذرة الهيدروجين بسهولة، لذا كان الكون معتما و مليئا ببلازما مشحونة هي بلازما (بـاريون – فوتون). وبسبب تمدد الكون انخفضت درجة الحرارة وانزاحت الفوتونات زحزحة حمراء خاسرة طاقة، حتى وصلت طاقة الفوتونات الى الحد الذي لم تعد فيه قادرة على تأيين الهيدروجين، تشكل الهيدروجين المتعادل، وانفصلت الفوتونات عن البلازما عند زحزحة حمراء ($z \sim 1100$). وعليه فان إشعاع الخلفية المايكرويـة الكونية (CMB) الذي اكتشفه (Penzias and Wilson, 1965) هو ذلك الإشعاع الذي يصل إلينا - نتيجة الانفجار الكبير وفترة سيادة الإشعاع اللاحقة للانفجار- من سطح الاستطارة الأخير بشكل طيف جسم اسـود متماثل (isotropy) ذي درجة حرارة مقاربة 2.7 كلفن. ولقد كان هذا الاكتشاف الارصادي واحدا من اكبر الاحداث العلمية في العصر الحديث. وعد توزيع الجسم الاسود المرصود دليلا قويا داعما لنظرية الانفجـار الكبير (Cheng, 2005). ولكن فريـق استكـشاف الخلفيـة الكونيـة (Cosmic Background Explorer) (COBE) وجد ان توزيع درجة حرارة الفوتونات التي قاسها ليست متماثلة تماما بل تتقلب في جزء واحد من 10^5. وان لهذه التقلبات صلة مع المعلومات الفيزيائية حول كوننـا (Smoot *et al.*,1992). وقـد توصـلت القياسات الحالية من مجس اللاتماثل الكـوني (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) (WMAP) إلى دقة غير مسبوقة في استخدام هذه التقلبـات لتحديـد المعلمـات الكونيـة (Spergel *et al.*, 2003) (Spergel *et al.*, 2007) (Komatsu *et al.*, 2009). ويشير لا تماثل إشعاع الخلفيـة المايكرويـة الكونيـة وتركيب المقياس الكبير إلى تعجيل الكون (Riess *et al.*, 2004) (Spergel, 2007). ويقدم تسجيلا للكون في زمن ما قبل تطور التركيبات ووقت انفصال الفوتونات عن الباريونات (Hu and Dodelson, 2002). حيث ان مادة الكون اليوم غير متجانسة وعنقودية بدرجة عالية. و يقوم فهمنا لكيفية تطور هذه التركيبـة الكبيـرة على افتراض إنها اضطرابات كثافة صغيرة، وان الكون المتجانس ينمو إلى الأجسام التي نرصدها اليوم من خلال لا استقراري جذبي (Silvestri and Trodden, 2009) .

ويسعى هذا البحث الى تقديم دليل يؤيد التعجيل الكوني بالاعتماد على علاقة نسبة ألا تماثل لدرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية مع مسافة الإضاءة من خلال بيان تماثل هذه العلاقة مع علاقة الزحزحة الحمراء مع مسافة الإضاءة. لذا أوضح البحث العلاقة بين لا تماثل درجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية وبين مسافة الإضاءة. واستنتج علاقة بين الزحزحة الحمراء و مسافة الإضاءة لكون يحوي المادة غير النسبية والطاقة المظلمة. وتم التوصل إلى علاقة درجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية مع مسافة الإضاءة، والتي يتضح من رسمها (الشكل 3) الاتساع المعجل للكون.

الزحزحة الحمراء الكونية ودرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية

تعد العلاقة بين الزحزحة الحمراء (z) ودرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية (T) مفتاح تنبؤ علم الكون القياسي، (Avgoustidis *et al.*, 2012) إذ ترتبط درجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية بالزحزحة الحمراء بالعلاقة (Lima *et al.*, 2000)

$$T_{(z)} = T_0(1 + z)^{1-\alpha} \quad ....\ (1)$$

عند $z = 0$ $(T_0 = 2.725 \mp 0.002\ K)$ و α عدد اقل من الواحد.

عند $\alpha = 0$ نحصل من المعادلة (1) على (Horellou *et al.*, 2005)

$$T_{(Z)} = T_0(1 + z) \quad ....\ (2)$$

والتي يمكن ان تكتب بالصيغة

$$(1+z) = \frac{T_{(Z)}}{T_0} = T_{(ani)} \quad ....\ (3)$$

$T_{(ani)}$ تمثل نسبة اللا تماثل لدرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية، والتي نعني بها نسبة درجة الحرارة كدالة للزحزحة الحمراء إلى درجة الحرارة عند $z=0$. والتي تساوي مقلوب المعيار الكوني (a) الدال على التوسع الكوني. كما توضح المعادلة (3) حيث إن :

$$a=(1+z)^{-1} \quad ....(4)$$

مما يعني إمكانية دراسة التوسع الكوني بواسطة هذه النسبة، إذا ما ربطناها مع مسافة الإضاءة (d_L) التي يحسب التوسع الكوني بواسطتها.

الزحزحة الحمراء الكونية و مسافة الإضاءة

الارصادات الفلكية التي تعنى بالاتساع الكوني تعتمد على علاقة مسافة الإضاءة مع الزحزحة الحمراء للنجوم او المجرات وبالاخص السوبرنوفا حيث تزداد مسافة الاضاءة لهذه الاجسام الكونية بزيادة الزحزحة الحمراء لها. ترتبط مسافة الإضاءة مع الزحزحة الحمراء بعلاقات تعتمد على الكثافة النسبية (Ω) لمكونات الكون - التي هي نسبة كثافة المكون الكوني إلى الكثافة الحرجة للكون - حيث (Padmanabhan, 2003)

$$d_L = 2H_0^{-1}\left[(1+z) - (1+z)^{1/2}\right] \quad ....\ (5)$$

في كون من المادة غير النسبية وخال من الطاقة الظلمة (Ω_{NR}=1, Ω_{Λ}=0) و

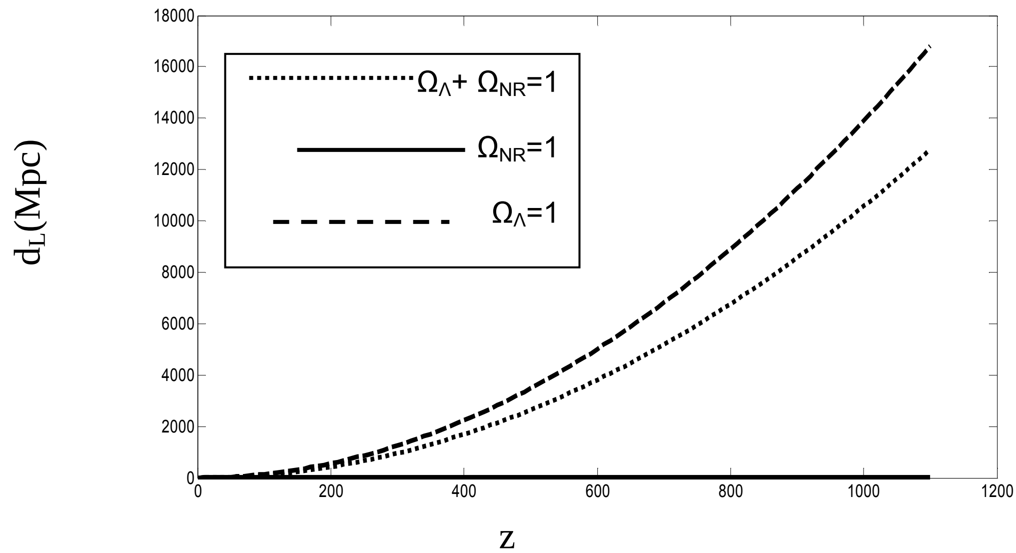
$$d_L = H_0^{-1} z(1+z) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

في كون من الطاقة المظلمة خال من المادة غير النسبية (Ω_{NR}=0, Ω_{Λ}=1).

و(H_0=72 km/Mpc /sec) ثابت هابل. من المعادلتين (6,5)، يمكن ان نحصل على معادلة اعم تحوي تاثيري المادة غير النسبية والطاقة المظلمة ولتتطابق المعادلتان، تضرب المعادلة (5) بالكثافة النسبية للمادة غير النسبية Ω_{NR} . والمعادلة (6) بالكثافة النسبية للطاقة المظلمة Ω_{Λ} وبعد جمعهما. نحصل على المعادلة التالية:

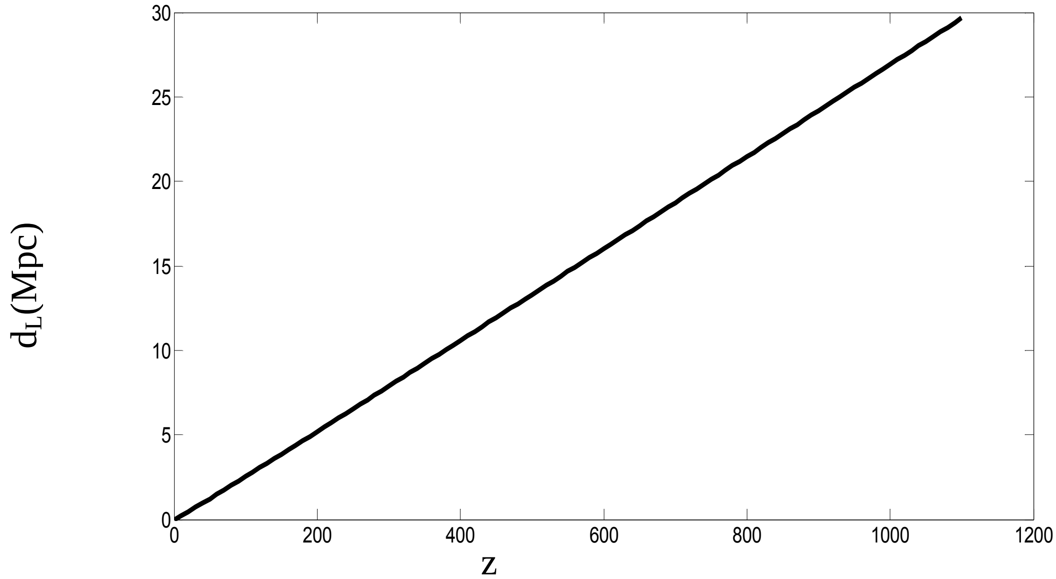
$$d_L=H_0^{-1}[\Omega_{\Lambda}\, z(1+z)+2\,\Omega_{NR}\{(1+z)-(1+z)^{1/2}\}] \quad (7)$$

التي تمثل العلاقة بين مسافة الاضاءة والزحزحة الحمراء الكونية لكون مسطح يحوي الطاقة المظلمة والمادة غير النسبية حيث ان $(\Omega_{\Lambda}+\Omega_{NR}=1)$ باعتبار ان القياسات الكونية تؤكد ان الكون مسطح. الشكل رقم (1) يمثل المعادلات (7,6,5) عند (Ω_{Λ} =0.76 و$\Omega_{NR}=0.24$) (Tegmark *et al.*, 2006) والتي توضح التوسع الكوني من شكل تغاير مسافة الاضاءة مع الزحزحة الحمراء .



الشكل 1: علاقة مسافة الإضاءة مع الزحزحة الحمراء لثلاث حالات كونية

يتضح من الشكل (1) تطابق منحني الحالة الكونية المادية على محور الزحزحة الحمراء بسبب التغير الصغير نسبيا في مسافة الإضاءة مع تغاير الزحزحة الحمراء اذا ما قورن بحالتي كون الطاقة المظلمة فقط او الكون المادي مع الطاقة المظلمة. ولبيان التغاير في حالة كون يحتوي المادة فقط تم رسم هذه الحالة بمقياس رسم صغير يوضحه الشكل (2).



الشكل 2: علاقة مسافة الإضاءة مع الزحزحة الحمراء للنموذج المادي ($\Omega_{NR} = 1$)

علاقة مسافة الإضاءة مع نسبة لا تماثل درجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية

يلاحظ من المعادلات (3, 5, 6, 7) ان مسافة الاضاءة و نسبة لا تماثل درجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية دوال للمعيار الكوني والزحزحة الحمراء. ويمكن الحصول على علاقة تربط بين مسافة الإضاءة ونسبة لا تماثل درجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية $T_{(ani)}$ من هذه المعادلات. وباجراء عمليات جبرية للمعادلات (3, 5, 6, 7) نحصل على علاقات لثلاث حالات للكون: الاولى لكون من المادة غير النسبية وخال من الطاقة المظلمة هي

$$d_L = 2H_0^{-1}\left[\frac{T(z)}{T_0} - \left(\frac{T(z)}{T_0}\right)^{1/2}\right] \Rightarrow d_L = 2H_0^{-1}\left[T_{(ani)} - (T_{(ani)})^{1/2}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(8)$$

والثانية لكون من الطاقة المظلمة خال من المادة غير النسبية هي

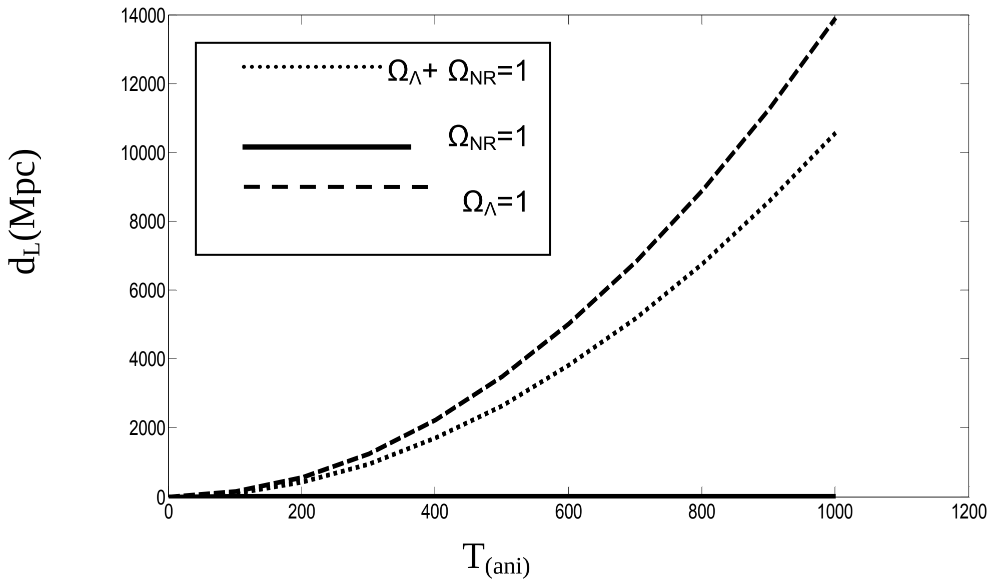
$$d_L = H_0^{-1}\left[\left(\frac{T(z)}{T_0} - 1\right)\left(\frac{T(z)}{T_0}\right)\right] \Rightarrow d_L = H_0^{-1}\left[(T_{(ani)} - 1)(T_{(ani)})\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

والثالثة لكون مسطح يحوي الطاقة المظلمة والمادة غير النسبية هي

$$d_L = H_0^{-1}\left[\Omega_\wedge \left(\frac{T(z)}{T_0} - 1\right)\left(\frac{T(z)}{T_0}\right) + 2\,\Omega_{NR}\left\{\left(\frac{T(z)}{T_0}\right) - \left(\frac{T(z)}{T_0}\right)^{1/2}\right\}\right]$$

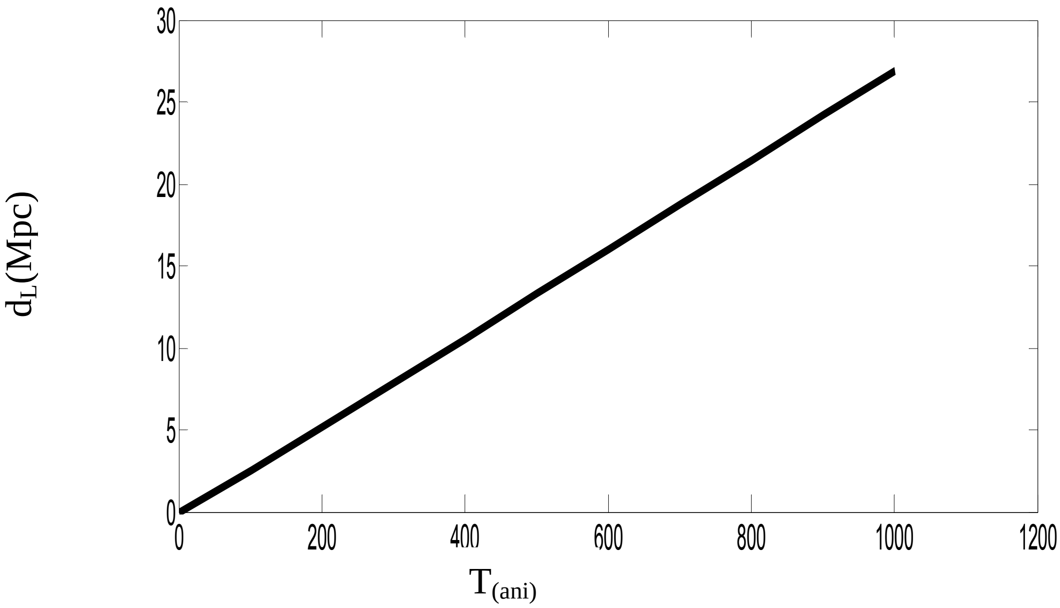
$$d_L = H_0^{-1}\left[\Omega_\wedge (T_{(ani)} - 1)(T_{(ani)}) + 2\,\Omega_{NR}\left\{(T_{(ani)}) - (T_{(ani)})^{1/2}\right\}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(10)$$

و يوضح الشكل (3) علاقة مسافة الإضاءة مع نسبة اللا تماثل في درجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية وأثرها في التوسع الكوني، لحالات الكون الثلاث باستخدام المعادلات (8, 9, 10) ولنفس قيم الكثافات النسبية.



الشكل 3: علاقة مسافة الإضاءة مع نسبة اللا تماثل في درجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية لـثلاث حالات كونية

وهنا أيضا ينطبق منحني الكون المادي على محور $T_{(ani)}$ وهو ما يدل على صغر تغير مسافة الإضاءة مع نسبة لا تماثل درجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية ولبيان شكل التغاير تم رسم هذه الحالة لوحدها كما في الشكل (4)



الشكل 4: علاقة مسافة الإضاءة مع نسبة اللا تماثل في درجة الحرارة الخلفيـة المايكرويـة الكونيـة لكون مادي ($\Omega_{NR} = 1$)

النتائج و المناقشة

يوضح الشكل (1) ان مسافة الإضاءة مع علاقة الزحزحة الحمراء لحالتي الكون $(\Omega_\Lambda + \Omega_{NR} = 1)$ و$(\Omega_\Lambda = 1)$ هي علاقة لا خطية إي أن الزيادة في مقدار الزحزحة الحمراء - التي هي معيار لسرعة الاتساع - هي زيادة ليست ثابتة مع مسافة الإضاءة. بمعنى أن سرعة الاتساع ليست ثابتة. ويشير الازدياد الكبير في مسافة الإضاءة إلى أن الاتساع الكوني معجل في الحالتين. وهو ما أثبتته الارصادات الحالية للكون (Riess *et al.*,1998) و (Perlmutter *et al.*,1999). أما في الحالة المادية للكون $(\Omega_{NR} = 1)$ فان العلاقة خطية كما هو واضح في الشكل (2). وهذا ما يدل على ان التعجيل الكوني ناتج عن وجود الطاقة المظلمة.

ويتضح من الشكل (3) ان تغير مسافة الإضاءة مع نسبة اللا تماثل لدرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية مماثل لتغيرها مع الزحزحة الحمراء كما يبين الشكل (1)، وهو ما يعني إمكانية جس الاتساع الكوني بواسطة نسبة اللا تماثل لدرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية. وهو ما يجعل تغير هذه النسبة واحدا من دلائل الاتساع المعجل. إذ يتضح من الشكل (3) ان علاقة نسبة اللا تماثل لدرجة حرارة الخلفية المايكروية الكونية مع مسافة الإضاءة للحالة للكونية $(\Omega_\Lambda + \Omega_{NR} = 1)$ تتضمن زيادة غير منتظمة اي هي علاقة لا خطية مما يدل على وجود تعجيل كوني. ومن ثم يمكن القول ان المعادلة (10) والشكل (3) يؤيدان الاتساع الكوني المعجل، فتكون الخلفية المايكروية الكونية دليلا إضافيا إلى الدلائل الأخرى التي تتضمن ارصادات السوبرنوفا نوع Ia والانحناء ألجذبي الضعيف والمجرات العنقودية.

المصادر

Avgoustidis, A.; Luzzi, G.; Martins, C.J.A.P. ; Monteiro, A.M.R.V.L. (2012). "Constraints on the CMB Temperature Redshift Dependence from SZ and Distance Measurements". JCAP, 1202- 013.

Cheng, P.T.(2005). "Relativity, Gravitation and Cosmology". Oxford University press Inc., New York, 169 p.

Horellou, C.; Nord, M.; Johansson, D.; L´evy, A. (2005). Probing the cosmic microwave background temperature using the Sunyaev- Zeldovich effect. *Astronomy and Astrophysics*. **441**, 435–442.

Hu, W.; Dodelson, S. (2002). Cosmic microwave background anisotropies. *Annu. Rev. Astron. Astrophys*., **40** ,171.

Komatsu, E.; Dunkley, J.; Nolta, M.R.; Bennett, C.L.; Gold, B.; Hinshaw, G.; Jarosik, N.; Larson, D.; Limon, M.; Page, L.; Spergel, D.N.; Halpern, M.; Hill R.S.; Kogut, A.; Meyer, S.S.; Tucker, G.S.; Weiland, J. L.; Wollack, E.; Wright, E.L. (2009). Five-Year wilkinson microwave anisotropy probe (WMAP) observations: cosmological interpretation. *Astrophys. J. Suppl*. **180**, 330-376

Lima, J.A.S.; Silva, A.I.; Viegas, S.M. (2000). Is the radiation temperature-redshift relation of the standard cosmology in accordance with the data?. *Mon. Not. R. Astron. Soc*., **312**, 747-752.

Padmanabhan, T. (2003). Cosmological constant – the weight of the vacuum. *Phys. Rept.* **380**, 235-320.

Penzias, A.A.; Wilson, R.W. (1965). A measurement of excess antenna temperature at 4080 Mc/s. *Astrophysical J.*, **142**, 419–421.

Perlmutter, S.; Aldering, G.; Goldhaber, G.; Knop, R.A.; Nugent, P.; Castro, P.G.; Destua, S.; Fabbro, S.; Goobar. A.; Groom, D.E.; Hook, M.; Kim, A.G.; Kim, M.Y.; Lee, J.C.; Nunes, N.J.; Pain, R.; Pennypacker, C.R.; Quimby, R.; Lidma, C.; Ellis, R.S.; Irwin, M.; Mcmahon, R.G.; Ruiz-Lapuente, P.; Walton, N.; Schaefer, B.B.; Boyle, J.; Filippenko, A.V.; Matheson, T.; Fruchter, A.S.; Panagia, N. ; Newberg, H.J.M. ; Ouch, W.J. (1999). (The supernova cosmology project). The measurement of omega and lambda from 42 high redshift supernova. *Astrophysical J.,* **517**,565-586.

Riess, A.G.; Strolger, L.G.; Tonry, J.; Casertano, S.; Ferguson, H.C.; Mobasher, B.; Challis, P.; Filippenko, A.V.; Jha, S.; Li, W.; Chornock, R.; Kirshner, R.P.; Leibundgut, B.; Dickinson, M.; Livio, M.; Giavalisco, M.; Steidel, Ch.C.; Benitez, N.; Tsvetanov, Z. (2004). Type Ia supernova discoveries at z >1 from the hubble space telescope: Evidence for past deceleration and constraints on dark energy evolution. *Astrophys. J.*, **607**, 665.

Silvestri, A. ; Trodden, M. (2009). Approaches to understanding cosmic acceleration. *Rept. Prog. Phys*. **72**, 096901.

Smoot, G.F.; Bennett, C.L.; Kogut, A.; Wright, E.L.; Aymon, J.; Boggess, N.W.; (1992). Structure in the COBE differential microwave radiometer first year maps. *Astrophysical J.*, Part 2 - Letters (ISSN 0004-637X), **396**(1), L1-L5**.**

Spergel, D.N.; Bean, R.; Doré, O.; Nolta, M.R.; Bennett, C.L.; Dunkley, J.; Hinshaw, G.; Jarosik, N.; Komatsu, E.; Page, L.; Peiris, H.V.; Verde, L.; Halpern, M.; Hill, R.S.; Kogut, A.; Limon, M.; Meyer, S.S.; Odegard, N.; Tucker, G.S.; Weiland, J.L.; Wollack, E.; Wright, E.L. (2007). Wilkinson microwave anisotropy probe (wmap) three year results: implications for cosmology. *Astrophys. J. Suppl. Ser*., **170**, 377.

Spergel, D.N.; Verde, L.; Peiris, H.V.; Komatsu, E.; Nolta, M.R. ; Bennett, C.L. ; Halpern, M.; Hinshaw, G.; Jarosik, N.; Kogut, A.; Limon, M.; Meyer, S.S.; Page, L.; Tucker, G.S.; Weiland, J.L.; Wollack, E.; Wrigh, E.L. (2003). First year wilkinson microwave anisotropy probe (WMAP) observations: determination of cosmological parameters. *Astrophys. J. Suppl*., **148**,175.

Tegmark, M.; Eisenstein, D.; Strauss, M.; Weinberg, D.; Blanton, M.; Frieman, J.; Fukugita, M.; Gunn, J.; Hamilton, A.; Knapp, G.; Nichol, R.; Ostriker, J.; Padmanabhan, N.; Percival, W.; Schlegel, D.; Schneider, D.; Scoccimarro, R.; Seljak, U.; Seo, H.; Swanson, M.; Szalay, A.; Vogeley, M.; Yoo, J.; Zehavi, I.; Abazajian, K.; Anderson, S.; Annis, J.; Bahcall, N.; Bassett, B.; Berlind, A.; Brinkmann, J.; Budavari, T.; Castander, F.; Connolly, A.; Csabai, I.; Doi, M.; Finkbeiner, D.; Gillespie, B.; Glazebrook, K.; Hennessy, G.; Hogg, D.; Ivezic, Z.; Jain, B.; Johnston, D.; Kent, S.; Lamb, D.; Lee, B.; Lin, H.; Loveday, J.; Lupton, R.; Munn, J.; Pan, K.; Park, C.; Peoples, J.; Pier, J.; Pope, A.; Richmond, M.; Rockosi, C.; Scranton, R.; Sheth, R.; Stebbins, A.; Stoughton, C.; Szapudi, I.; Tucker, D.; Vanden, B.D.; Yanny, B.; York, D. (2006). Cosmological constraints from the SDSS luminous Red galaxies. *Phys. Rev*. D **74**, 123507.