

**University of Mosul**  
**College of Sciences**



**Time and Thermal Evolution of Some Cosmological  
Parameters**

**Ahmed Subhi Ali Hussein**

M. Sc. Thesis

**Physical Sciences**

**Supervised by**

**Asst. Prof. Dr. Mohammed Khayri Zeki Abed Khalil**

---

**1442 A.H**

**2020 A.D.**

## Abstract

Starting with homogeneous and isotropic universe, Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker model was introduced as a solution for Einstein's equations to obtain different sets of equations defining cosmological parameters. In this thesis, the time and temperature evolution of various cosmological parameters such as, energy density, pressure, equation of state, scale factor, Hubble parameter, deceleration parameter and redshift across radiation, matter and dark energy eras, have been studied. The nature of time variations of these quantities is in accordance with that obtained from other cosmological models that have accounted for astrophysical observations. Time and temperature variations of these parameters have been shown graphically. These parameters provided strong evidence about the expansion and acceleration of the universe. The variation of the scale factor as a function of time, it increases with time from  $4.59E-11$  to  $8.81E+26$  meters between the radiation era and now, while the energy density decreases from  $4.51E+16$   $\text{kg/m}^3$  at radiation to  $8.69E-27$   $\text{kg/m}^3$  now. On the other hand Hubble parameter, redshift and temperature decrease with time, is a strong indication of cosmic expansion. Finally the pressure ( $p$ ), equation of state ( $\omega$ ) and the deceleration parameter ( $q$ ) show a change of sign from positive values at the radiation era to negative values now and beyond, indicating that the universe has a transition from a phase of decelerated expansion to accelerated expansion, an sign of unknown energy, it has been named dark energy or cosmological constant  $\Lambda$ .

## المخلص

انطلاقاً من فرضية ان الكون متجانس وموحد الصفات في جميع الاتجاهات عرض فريدمان - لوميتير- روبرتسون ووكر نموذجاً يمثل حلاً لمعادلات اينشتاين للحصول على مجموعة معادلات لتعريف المعلمات الكونية.

تم في هذه الرسالة دراسة التطور الزمني والحراري لمعلمت كونية مختلفة مثل كثافة الطاقة ، الضغط ، معادلة الحالة ، معامل القياس ، معامل هابل ، معامل التباطؤ ، الانزياح الاحمر عبر حقبة الاشعاعية والحقبة المادية وحقبة الطاقة المظلمة .

ان طبيعة التغيرات مع الزمن لهذه المعلمات جاءت متطابقة مع النتائج المستحصلة لنماذج كونية اخرى المحسوبة من المشاهدات الفيزياء الفلكية . التغيرات لهذه المعلمات مع الزمن ودرجة الحرارة تم عرضها في علاقات بيانية .اظهرت هذه المعلمات دليلاً قاطعاً حول تمدد الكون وتسارعه . اظهر تغير معامل القياس كدالة للزمن ،زيادة في قيمته من  $4.59E-11$  الى  $8.81E+26$  متر ما بين زمن الحقبة الاشعاعية والزمن الحالي . بينما اظهرت كثافة الطاقة نقصاناً في قيمتها من  $4.51E+16 \text{ kg/m}^3$  الى  $8.69E-27 \text{ kg/m}^3$  ما بين الحقبين الاشعاعية والحالية .من ناحية اخرى شهد كل من معامل هابل والانزياح الاحمر ودرجة الحرارة نقصاناً مع زيادة الزمن ، وهذا يعطي دلالة واضحة التوسع الكوني .

واخيراً اظهر كل من الضغط (p) ومعادلة الحالة ( $\omega$ ) ومعامل التباطؤ (q) تغيراً في قيمتها الموجبة عند الحقبة الاشعاعية الى قيمهم السالبة في الزمن الحالي وما بعده ،وهذا يشير على ان الكون قد انتقل من طور التمدد التباطؤي الى التمدد التسارعي ، واعزى ذلك الى وجود طاقة ذات ضغط سالب اطلق عليها باسم الطاقة السوداء او الثابت الكوني  $\Lambda$  .



جامعة الموصل  
كلية العلوم

## التطور الزمني والحراري لبعض المعلمات الكونية

أحمد صبحي علي حسين

رسالة ماجستير

علوم الفيزياء

بإشراف

الأستاذ المساعد الدكتور محمد خيرى زكى عبد خليل