

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

KARANLIK MADDE VE KARANLIK ENERJİ
ÇÖZÜMLERİ

E. Canan GÜNAY DEMİREL

Danışman:
Prof. Dr. İhsan YILMAZ

Şubat, 2009
ÇANAKKALE

KARANLIK MADDE VE KARANLIK ENERJİ ÇÖZÜMLERİ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Fizik Anabilim Dalı

E. Canan GÜNAY DEMİREL

Danışman:

Prof. Dr. İhsan YILMAZ

Şubat, 2009

ÇANAKKALE

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

E. CANAN GÜNAY DEMİREL tarafından **Prof. Dr. İHSAN YILMAZ** yönetiminde hazırlanan “**KARANLIK MADDE VE KARANLIK ENERJİ ÇÖZÜMLERİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İhsan YILMAZ
Yönetici

Prof. Dr. Can BATTAL KILINÇ
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ömer Lütfi DEĞİRMENCİ
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Hüsnu BAYSAL
Jüri Üyesi

Doç. Dr. Caner ÇİÇEK
Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi:13/02/2009

Prof. Dr. Neşet AYDIN
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında bana destek olan değerli danıőmanım Sayın Prof. Dr. İhsan YILMAZ'a ve eőim Mehmet DEMİREL'e teşekkür ederim.

E. Canan GÜNAY DEMİREL

SİMGELER VE KISALTMALAR

E	: Enerji
p	: Basınç
V	: Hacim
ρ	: Yoğunluk
ρ_t	: Toplam maddenin yoğunluğu
ρ_b	: Baryonik maddenin yoğunluğu
ρ_{dm}	: Karanlık maddenin yoğunluğu
ρ_{de}	: Karanlık enerjinin yoğunluğu
ρ_{chap}	: Chaplygin gazın yoğunluğu
ρ_p	: Hayalet (phantom) enerjinin yoğunluğu
ρ_k	: Kritik yoğunluk
ρ_ϕ	: Skaler alanda yoğunluk
p_t	: Toplam maddenin basıncı
p_b	: Baryonik maddenin basıncı
p_{dm}	: Karanlık maddenin basıncı
p_{de}	: Karanlık enerjinin basıncı
p_{chap}	: Chaplygin gazın basıncı
p_p	: Hayalet (phantom) enerjinin basıncı
p_ϕ	: Skaler alanda basınç
Ω_t	: Toplam yoğunluk parametresi
Ω_b	: Baryonik maddenin yoğunluk parametresi
Ω_{dm}	: Karanlık maddenin yoğunluk parametresi
Ω_{de}	: Karanlık enerjinin yoğunluk parametresi
ϕ	: Skaler alan
ϕ_b	: Baryonik madde için skaler alan

ϕ_{dm}	: Karanlık madde için skaler alan
ϕ_{de}	: Karanlık enerji için skaler alan
ϕ_{chap}	: Chaplygin gaz için skaler alan
ϕ_p	: Hayalet (phantom) enerji için skaler alan
$V(\phi)$: Skaler alanda etkileşme potansiyeli
$V_b(\phi)$: Skaler alanda baryonik maddenin etkileşme potansiyeli
$V_{dm}(\phi)$: Skaler alanda karanlık maddenin etkileşme potansiyeli
$V_{de}(\phi)$: Skaler alanda karanlık enerjinin etkileşme potansiyeli
V_{chap}	: Skaler alanda Chaplygin gazın etkileşme potansiyeli
V_p	: Skaler alanda hayalet (phantom) enerjinin etkileşme potansiyeli
FRW	: Friedmann-Robertson-Walker uzay-zamanı
G_{ab}	: Uzay-zamanın geometrisini veren Einstein alan tensörü
R_{ab}	: Ricci tensörü
R	: Ricci skaleri ($g^{ab}R_{ab}$)
χ	: Einstein çiftlenim sabiti ($\frac{8\pi G}{c^4}$)
T_{ab}	: Kozmik madde dağılımını tanımlayan enerji momentum tensörü
g_{ab}	: Uzay - zamanın metrik potansiyeli olup, simetrik bir tensör ($g_{ab} = g_{ba}$)
$(\dot{})$: t' ye göre türev

KARANLIK MADDE VE KARANLIK ENERJİ ÇÖZÜMLERİ

ÖZET

Bu çalışmada, öncelikle baryonik madde, karanlık madde ve karanlık enerjiden oluşan evrenin toplam maddesi, genel relativite çerçevesinde yüksek boyutlu Friedmann-Robertson-Walker (FRW) modelinde incelenmiştir. Ayrıca incelenen kozmolojik model için (r, s) durum parametreleri hesaplanmıştır. Bundan başka evrendeki toplam madde içindeki karanlık enerji yerine karanlık enerji adaylarından olan chaplygin gaz ve hayalet enerji alınarak, baryonik madde ve karanlık maddeden oluşan toplam madde genel relativite kapsamında yüksek boyutlu FRW metriğinde ayrı ayrı çözümlenmiştir. Ayrıca, bahsedilen her bir madde içeriğinin yoğunluk ve basınç gibi dinamik bileşenleri skaler alan cinsinden elde edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Genel relativite, baryonik madde, karanlık madde, karanlık enerji, chaplygin gaz, hayalet enerji ve yüksek boyut.

Hazırlanan bu Doktora tezi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından 2006-4 no'lu projeden desteklenmiştir.

DARK MATTER AND DARK ENERGY SOLUTIONS

ABSTRACT

In this study, firstly, general matter of the universe consisting of baryonic matter, dark matter and dark energy have been studied in the higher dimensional Friedmann-Robertson-Walker (FRW) universe in the context of General Relativity. Also, (r, s) the so-called statefinder has been calculated for this cosmological model. Further more, total matter which is consisting of baryonic matter, dark matter and dark energy has been solved in higher dimensional FRW universe by taking one of candidates of dark energy such as chaplygin gas and phantom energy instead of dark energy in the context of General Relativity. Also, dynamical components of each matter contents such as density and pressure have been obtained in terms of scalar field.

Keywords: General relativity, baryonic matter, dark matter, dark energy, chaplygin gas, phantom energy and higher dimension.

The present Ph.D. thesis was supported by the Scientific Research Projects Commission (BAP) of Çanakkale Onsekiz Mart University under the project no of 2006-4.

İÇERİK

Sayfa

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	iv
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2- YÜKSEK BOYUTLU KOZMOLOJİK MODELLER.....	5
2.1. Yüksek Boyutta Baryonik Madde, Karanlık Madde Ve Karanlık Enerji Çözümleri.....	5
2.2. Yüksek Boyutta Baryonik Madde, Karanlık Madde Ve Chaplygin Gaz Çözümleri.....	19
2.3. Yüksek Boyutta Baryonik Madde, Karanlık Madde Ve Hayalet (Phantom) Enerji Çözümleri.....	24
BÖLÜM 3 - SONUÇ VE TARTIŞMA.....	27
KAYNAKLAR.....	32
YAŞAM ÖYKÜSÜ.....	I

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Teorik ve gözlemsel çalışmalara göre evrenimizin madde içeriği yaklaşık olarak %5 baryonik madde, %25 karanlık madde ve %70 de evrenimizin daha gizemli bir bileşeni olan karanlık enerji şeklindedir (Caroll, 2005).

Yapılan astrofizik ve kozmolojik gözlemler galaksi kümelerinin, kümenin içindeki galaksilerin toplam kütesinden çok daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan gözlemler sonucunda küme içindeki bazı galaksilerin özel hareketlerinin o kadar büyük olduğu bulunmuştur ki bunların galaksi kümesinden bu hızla ayrılması gerekir iken bu galaksilerin kümeden ayrılmadığı bilinmektedir. Bu da galaksi kümesinin toplam kütesine katkıda bulunan başka bir maddenin mevcut olduğunu göstermektedir (Esin, 1993). Bunun yanında yine gözlemler galaksi kümelerindeki parlak cisimlerden gelen ışığın başka bir kütle çekiminden dolayı eğildiğini göstermektedir. Bu sonuçlardan yararlanarak maddeyi direk olarak gözlemleyemesek bile miktarı hakkında kolayca bilgi edinebiliriz. Bu görülmeyen maddeye de karanlık madde denilmektedir.

Karanlık maddenin günümüzde yaygın kabul gören adayları süper simetri ile ortaya çıktığı düşünülen zayıf etkileşen kütleli parçacıklar (WIMP) Feng (2005) ve 10keV enerjili nötrinolar olabileceği çeşitli araştırmacılar tarafından önerilmektedir (Abazajian ve diğ., 2001; Kusenko, 2004; Mapelli ve Ferrara, 2005; Munyoneza ve Biermann, 2005).

Son yıllarda birbirinden bağımsız Riess ve diğ. (1998); Perlmutter ve diğ. (1999) gözlemcilerin yaptıkları tip Ia süpernova gözlemleri, büyük ölçekteki gözlemler ve kozmik mikrodalga fon ışınımı deneyleri evrenin evrimi hakkındaki görüşlerimizin büyük bir kısmını değiştirmiştir (Percival ve diğ., 2001; Bennett ve diğ., 2003; Tegmark ve diğ., 2004). 1998 yılında iki ekibin gözledikleri süpernovalar, kırmızıya kayma ölçümlerine göre; olmaları gerekenden daha soluk bu sebeple daha uzaktırlar. Bu da evrenin genişlemesinin olması gerekenden daha hızlı olduğunun

işaretidir (Caroll, 2005). Elde edilen bu sonuçlar evrenimizin yalnızca genişlemediğini aynı zamanda ivmelendiğini de göstermektedir.

Bu ivmelenmenin açıklanabilmesi için Einstein alan denklemlerinin modifikasyonunu (düzeltmelerini) içeren $f(R)$ gravite teorileri ve egzotik madde (karanlık enerji) gibi teoriler önerilmektedir.

Bilindiği gibi $f(R)$ gravite teorileri madde olmaksızın evrenin ivmelenmesini açıklamaya çalışmaktadır. Bu teori çerçevesinde Einstein alan denklemlerinin modifikasyonu uzay-zamanın geometrisinden yararlanılarak yapılmaktadır.

Pozitif yoğunluklu, negatif basınçlı karanlık enerjinin evrenin bugün ki ivmelenmesine sebep olduğu ileri sürülmektedir. Karanlık enerjinin varlığı ve evrende homojen biçimde dağıldığının dışında, niteliği ve özellikleri konusunda bilim insanları pek fazla bilgiye sahip değillerdir (Caroll, 2005).

Termodinamik kanunlarından yararlanarak negatif basıncın nasıl oluşabileceğini kısaca açıklayalım: Bir sisteme termal değişim süresince, hiçbir ısı girişi veya ısı çıkışı olmuyor ise, böyle bir sürece adyabatik süreç denir. Böyle bir süreçte termodinamiğin birinci kanunu

$$dE + p dV = 0 \quad (1)$$

şeklindedir. Burada E enerji, p basınç ve V hacimdir. $E = m c^2$ formülü kütle ile enerjinin birbirine dönüştürülebileceğini söylemektedir. $c = 1$ için $E = m$ olduğu göz önüne alınarak ölçek çarpanı cinsinden enerji aşağıdaki gibi elde edilir (Liddle, 1999).

$$E = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \quad (2)$$

(1) denkleminin zamana göre türevi

$$\frac{dE}{dt} + p \frac{dV}{dt} = 0 \quad (3)$$

şeklindedir. (2) denkleminin zamana göre türevi

$$\frac{dE}{dt} = 4 \pi R^2 \dot{R} \rho + \frac{4}{3} \pi R^3 \dot{\rho} \quad (4)$$

olur.

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \text{ şeklinde tanımlanan hacmin zamana göre türevi ise}$$

$$\frac{dV}{dt} = 4 \pi R^2 \dot{R} \quad (5)$$

şeklindedir. (4) ve (5) denklemleri (3) denkleminde yerine yazıldığında

$$\dot{\rho} + 3H(\rho + p) = 0 \quad (6)$$

elde edilir (Liddle, 1999). Bu denkleme 4 – boyutlu uzay - zaman (FRW) için enerjinin korunum denklemi denir. Bu denklem $(n + 2)$ boyutlu uzay-zaman için genelleştirilecek olursa $(T^{ik}_{;k} = 0)$

$$\dot{\rho} + (n + 1) H (\rho + p) = 0 \quad (7)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $H = \frac{\dot{R}}{R}$ olup, Hubble parametresidir.

$$\dot{\rho} = 0 \Rightarrow \rho = \text{sabit}$$

$$\rho + p = 0 \text{ ise}$$

$$p \cong -\rho \tag{8}$$

elde edilir (Bellido, 2005). Bu durum mevcut enerji şartını ihlal etmektedir.

Negatif olan bu basınca itici kuvvet adı verilir. Bu itici kuvveti pozitif yoğunluklu, negatif basınçlı karanlık enerjinin oluşturabileceği söylenmektedir (Riess ve diğ., 1998; Perlmutter ve diğ., 1999; Verde ve diğ., 2002; Abazajian ve diğ., 2003; Bennett ve diğ., 2003; Hawkins ve diğ., 2003; Spergel ve diğ., 2003; Tonry ve diğ., 2003; Barris ve diğ., 2004; Riess ve diğ., 2004; Tegmark ve diğ., 2004).

Karanlık enerjinin evrimi ile ilgili sonuçlar genellikle “durum denklemi parametresi” denen ve w olarak gösterilen parametre ile ifade edilmektedir. Bu değer karanlık enerjinin basıncının, yoğunluğa oranıdır ($w = \frac{p}{\rho}$). Karanlık enerji adayları w durum parametresine göre sınıflandırılmaktadırlar. Eğer $w = -1$ ise ivmelenmeye sebep olan karanlık enerji kaynağı Λ kozmolojik sabittir (Weinberg, 1989; Sahni ve Starobinsky, 2000; Carroll, 2001; Padmanabhan, 2003; Peebles ve Ratra, 2003; Chang ve diğ., 2007). Eğer $w > -1$ ise karanlık enerji kaynağı skaler alandır (Ratra ve Peebles, 1988; Cardwell ve diğ., 1998; Steinhardt ve diğ., 1999; Zlatev ve diğ., 1999; Sahni, 2002; Turner, 2002; Zhang, 2005 a). Şayet $w < -1$ ise karanlık enerji kaynağı hayalet (phantom) enerjidir (Cardwell ve diğ., 2003; Hao ve Li, 2003; Singh ve diğ., 2003; Elizalde ve diğ., 2004; Guo ve diğ., 2004; Mohseni ve Alimohammadi, 2006).

BÖLÜM 2

YÜKSEK BOYUTLU KOZMOLOJİK MODELLER

2.1. Yüksek Boyutta Baryonik Madde, Karanlık Madde Ve Karanlık Enerji Çözümleri

Büyük ölçekteki gravitasyonel etkileşmeleri açıklayan genel relativite teorisinin temel denklemleri olan Einstein alan denklemleri

$$G_{ab} = R_{ab} - \frac{1}{2} g_{ab} R = \chi T_{ab} \quad (9)$$

şeklindedir. Burada;

G_{ab} : Uzay - zamanın geometrisini veren Einstein alan tensörü

R_{ab} : Ricci tensörü

g_{ab} : Uzay - zamanın metrik potansiyeli olup simetrik bir tensör ($g_{ab} = g_{ba}$)

R : Ricci skaleri ($g^{ab} R_{ab}$)

χ : ($\frac{8\pi G}{c^4}$) sabit

T_{ab} : Kozmik madde dağılımını tanımlayan enerji momentum tensörüdür

Alan denklemlerinin sol tarafı uzay-zaman geometrisiyle diğer yanı ise madde ve madde dağılımıyla (enerji - momentum tensörü ile) ilgilidir. Bu denklemler, ikinci mertebeden lineer olmayan karmaşık kısmi diferansiyel denklemler sistemi oluşturduklarından çözümleri oldukça zordur. Bu yüzden, sol tarafa (geometri kısmına); homojenlik, izotropi, küresel, silindirik, düzlemsel simetri gibi bazı özel fiziksel ve matematiksel koşullardan biri, birkaçı veya bunların bir kombinasyonu yüklenerek; sağ tarafına (madde kısmına) ideal akışkan, viskoz akışkan, ısı akışı, elektromanyetik alan, sicim, domain wall, monopol (tek kutup) ve texture gibi

fiziksel niceliklerden biri, birkaçı veya bunların bir kombinasyonu eklenerek, çözümler elde edilmeye çalışılır (Yılmaz, 1995).

Bu bölümde, baryonik madde, karanlık madde ve karanlık enerji madde içeriklerine sahip yüksek boyutlu bir evren modeli incelenecektir. Yüksek boyutta incelenmesinin nedeni yüksek boyutlu teorilere göre evrenimizin boyutunun 4 boyuttan daha fazla olduğunun ileri sürülmesidir. Alan denklemlerindeki uzay-zamanın geometrisi ile ilgili olarak

$$ds^2 = dt^2 - R^2(t) \left[\frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2(dX_n^2) \right] \quad (10)$$

şeklindeki $(n + 2)$ boyutlu homojen-izotrop Friedmann – Robertson - Walker (FRW) metriği seçilmiştir. Burada $R(t)$ ölçek çarpanı, $k = 0, \mp 1$ eğrilik parametresidir ve

$$dX_n^2 = d\theta_1^2 + \sin^2 \theta_1 d\theta_2^2 + \dots + \sin^2 \theta_1 \sin^2 \theta_2 \dots \sin^2 \theta_{n-1} d\theta_n^2$$

şeklindedir (Huang ve Wang, 2004).

Alan denklemlerinin sağ tarafındaki toplam madde yerine ideal akışkan kullanılacaktır. İdeal akışkanın enerji-momentum tensörü

$$T_{ab} = (\rho_t + p_t)U_a U_b - p_t g_{ab} \quad (11)$$

şeklindedir. Toplam maddenin yoğunluk ve basıncı $\rho_t = \rho_b + \rho_{dm} + \rho_{de}$ ve $p_t = p_b + p_{dm} + p_{de}$ şeklindedir. Burada ρ_b baryonik maddenin yoğunluğu, ρ_{dm} karanlık maddenin yoğunluğu, ρ_{de} karanlık enerjinin yoğunluğu, p_b baryonik maddenin basıncı, p_{dm} karanlık maddenin basıncı, p_{de} karanlık enerjinin basıncıdır. U_a, U_b 'ler ise hız bileşenleridir. Bu durumda (10) metriği ve (11) enerji momentum tensörü için (9) Einstein alan denklemleri

$$\frac{n(n+1)}{2} \left[\frac{\dot{R}^2 + k}{R^2} \right] = \frac{8\pi G}{c^4} \rho_t \quad (12)$$

$$-n \frac{\ddot{R}}{R} - \frac{n(n-1)}{2} \left[\frac{\dot{R}^2 + k}{R^2} \right] = \frac{8\pi G}{c^4} p_t \quad (13)$$

şeklinde elde edilir. Burada $8\pi G = c = 1$ alınacaktır. Elimizdeki denklem sayısı (2) bilinmeyen sayısından (3) az olduğu için alan denklemlerinin çözümünü elde etmek için

$$p_t = w \rho_t \quad (14)$$

şeklindeki barotropik durum denklemini kullanılacaktır. Burada w bir sabittir. (12), (13) ve (14) denklemlerinin birlikte kullanılmasından

$$R \ddot{R} + (\dot{R}^2 + k) \left[\frac{w(n+1) + n - 1}{2} \right] = 0 \quad (15)$$

elde edilir. Bu denklem $k = 0$ eğriliğine sahip düz evren için çözümlendiğinde

$$R = a t^{\frac{2}{(n+1)(w+1)}}, w \neq -1 \quad (16)$$

elde edilir (Chatterjee ve Bhui, 1990). Burada a integral sabitidir (ikinci integral sabiti sıfır alınmıştır). (12), (13) ve (16) denklemlerinden toplam yoğunluk ve toplam basınç

$$\rho_t = \frac{2n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \quad (17)$$

ve

$$p_t = \frac{2 n w}{(n + 1)(w + 1)^2 t^2} \quad (18)$$

olarak bulunur.

Yoğunluk parametresi, evrendeki madde yoğunluğunun kritik yoğunluğa oranıdır ve

$$\Omega_t = \frac{\rho_t}{\rho_k} = \frac{\rho_b + \rho_{dm} + \rho_{de}}{\rho_k} \quad (19)$$

şeklindedir. Burada; Ω_t toplam yoğunluk parametresi ve ρ_k kritik yoğunluktur. Bilindiği gibi gözlemler evrendeki toplam maddenin %5 baryonik madde, %25 karanlık madde, %70 karanlık enerjiden ibaret olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda, gözlemler bugünkü evrenin uzaysal düz bir geometriye sahip olduğunu da göstermektedir. Yani toplam enerji yoğunluğu kritik yoğunluğa eşittir ($\Omega_t \cong 1$) (Spergel ve diğ., 2007).

$$\Omega_t = \Omega_b + \Omega_{dm} + \Omega_{de} = 1 \quad (20)$$

Burada Ω_b baryonik maddenin yoğunluk parametresi, Ω_{dm} karanlık maddenin yoğunluk parametresi, Ω_{de} karanlık enerjinin yoğunluk parametresidir.

Baryonik maddenin toplam madde içindeki yüzdesi göz önüne alındığında baryonik maddenin yoğunluk parametresi

$$\Omega_b = \frac{\rho_b}{\rho_k} \Rightarrow 0,05 = \frac{\rho_b}{\rho_k} \quad (21)$$

şeklindedir. (17) ve (21) denklemlerinden baryonik maddenin yoğunluğu

$$\rho_b = \frac{0,1 n}{(n + 1) (w + 1)^2 t^2} \quad (22)$$

elde edilir.

Karanlık maddenin toplam madde içindeki yüzdesi göz önüne alındığında karanlık maddenin yoğunluk parametresi

$$\Omega_{dm} = \frac{\rho_{dm}}{\rho_k} \Rightarrow 0,25 = \frac{\rho_{dm}}{\rho_k} \quad (23)$$

şeklindedir. (17) ve (23) denklemlerinden karanlık maddenin yoğunluğu

$$\rho_{dm} = \frac{0,5 n}{(n + 1) (w + 1)^2 t^2} \quad (24)$$

olarak elde edilir.

Karanlık enerjinin toplam madde içindeki yüzdesi göz önüne alındığında karanlık enerjinin yoğunluk parametresi

$$\Omega_{de} = \frac{\rho_{de}}{\rho_k} \Rightarrow 0,70 = \frac{\rho_{de}}{\rho_k} \quad (25)$$

şeklindedir. (17) ve (25) denklemlerinden karanlık enerjinin yoğunluğu

$$\rho_{de} = \frac{1,4 n}{(n + 1) (w + 1)^2 t^2} \quad (26)$$

şeklinde elde edilir.

Baryonik madde için durum denklemi

$$p_b = \gamma_b \rho_b \quad (27)$$

göz önüne alındığında baryonik maddenin basıncı

$$p_b = \frac{0,1 n \gamma_b}{(n + 1) (w + 1)^2 t^2} \quad (28)$$

olarak elde edilir. Burada $0 \leq \gamma_b \leq 1$ 'dir.

Karanlık enerji için durum denklemi

$$p_{de} = \gamma_{de} \rho_{de} \quad (29)$$

göz önüne alındığında karanlık enerjinin basıncı

$$p_{de} = \frac{1,4 n \gamma_{de}}{(n + 1) (w + 1)^2 t^2} \quad (30)$$

olarak elde edilir. Burada $-1,5 \leq \gamma_{de} \leq -1$ olarak alınacaktır (Knop ve diğ., 2003; Alam ve diğ., 2004a; Alam ve diğ., 2004b; Hannestad ve Mortsell, 2004; Nesseris ve Perivolaropoulos, 2004; Riess ve diğ., 2004; Wang ve Mukherjee, 2004; Chang ve diğ., 2007). Bu değer aynı zamanda sicim teorisi tarafından önerilen değerdir.

Karanlık madde için durum denklemi

$$p_{dm} = \gamma_{dm} \rho_{dm} \quad (31)$$

göz önüne alındığında karanlık maddenin basıncı

$$p_{dm} = 0 \quad (32)$$

şeklindedir (Chang ve diğ., 2007).

(28), (30) ve (32) denklemleri $p_t = p_b + p_{dm} + p_{de}$ ifadesinde yerine yazıldığında

$$p_t = \frac{n(0,1\gamma_b + 1,4\gamma_{de})}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \quad (33)$$

elde edilir. (18) denklemini ile (33) denklemini karşılaştırılırsa durum parametresi olarak tanımlanan w 'nın değeri

$$w = 0,05\gamma_b + 0,7\gamma_{de} \quad (34)$$

şeklinde bir sabit olarak bulunur. γ_b ve γ_{de} sabitlerinin aralıkları göz önüne alındığında evrendeki toplam maddenin basınç ve yoğunluğu arasındaki orantı sabiti olan w , negatif işaretlidir ($-1,05 \leq w \leq -0,65$). Bu da ivmelenmeye sebep olan karanlık enerjinin negatif basıncının baskın olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu sonuç Melchiorri ve diğ. (2003); Jamil ve diğ. (2008) verdiği gözlem sonuçlarıyla tam uyum içindedir.

Bilindiği gibi evrenin ilk anlarındaki mevcut madde skaler alan ile ifade edilebilmektedir. Bu nedenle yukarıda elde edilen çözümlerin skaler alan cinsinden elde edilmesi evrenin ilk anlarını da içermesi açısından önemlidir.

Baryonik madde, karanlık madde ve karanlık enerji için yukarıda elde edilen dinamik bileşenler (ρ yoğunluğu ve p basıncı) skaler alan cinsinden aşağıdaki şekilde elde edilebilir.

Skaler alanda ρ enerji yoğunluğu ve p basınç değeri düz evrende ($k = 0$)

$$\rho_\phi = \frac{1}{2} \dot{\phi}^2 + V(\phi) = \rho_b + \rho_{dm} + \rho_{de} = \frac{2n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \quad (35)$$

$$p_\phi = \frac{1}{2} \dot{\phi}^2 - V(\phi) = p_b + p_{dm} + p_{de} = \frac{n(0,1\gamma_b + 1,4\gamma_{de})}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \quad (36)$$

şeklindedir. (35) ve (36) denklemlerinin taraf tarafa toplamından

$$\dot{\phi}^2 = \frac{n(2 + 0,1\gamma_b + 1,4\gamma_{de})}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \quad (37)$$

elde edilir. (37) denkleminin integrasyonundan ϕ skaler alan değeri

$$\phi = \ln \left[C t \left[\frac{n(2 + 0,1\gamma_b + 1,4\gamma_{de})}{(n+1)(w+1)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \right] \quad (38)$$

şeklinde elde edilir. Burada $\phi = \phi_b + \phi_{dm} + \phi_{de}$ ve C integral sabitidir. (35)

denkleminde (36) denklemini çıkarıldığında $V(\phi)$ etkileşme potansiyeli

$$V(\phi) = \frac{n(2 - 0,1\gamma_b - 1,4\gamma_{de})}{2(n+1)(w+1)^2 t^2} \quad (39)$$

olur. Burada $V(\phi) = V_b(\phi) + V_{dm}(\phi) + V_{de}(\phi)$ şeklindedir.

(38) denkleminde t çekilip sırasıyla (35), (36) ve (39) denklemlerinde yerlerine yazılırsa skaler alanda yoğunluk, basınç ve etkileşme potansiyel değerleri

$$\rho_\phi = \frac{2n}{(n+1)(w+1)^2 d^2} e^{-\lambda\phi} \quad (40)$$

$$p_\phi = \frac{n(0,1\gamma_b + 1,4\gamma_{de})}{(n+1)(w+1)^2 d^2} e^{-\lambda\phi} \quad (41)$$

$$V(\phi) = V_0 e^{-\lambda\phi} \quad (42)$$

şeklinde elde edilir. Burada $d^2 = \left(\frac{1}{C}\right)^{\frac{(n+1)(w+1)^2}{n(2+0,1\gamma_b+1,4\gamma_{de})}}$, $\lambda = \left[\frac{4(n+1)(w+1)^2}{n(2+0,1\gamma_b+1,4\gamma_{de})}\right]^{\frac{1}{2}}$

ve $V_0 = \frac{n(2-0,1\gamma_b-1,4\gamma_{de})}{2(n+1)(w+1)^2 d^2}$ şeklinde sabitlerdir.

Benzer işlemler sırasıyla baryonik madde, karanlık madde ve karanlık enerji içinde yapılabilir.

İncelenen her bir madde için ϕ skaler alan ve $V(\phi)$ etkileşme potansiyel değerleri aşağıdaki şekilde elde edilir.

(22) ve (28) denklemlerinden baryonik madde için skaler alanda yoğunluk ve basıncın değeri

$$\rho_b = \frac{1}{2} \dot{\phi}_b^2 + V_b(\phi) = \frac{0,1n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} = \frac{0,1n}{(n+1)(w+1)^2 d^2} e^{-\lambda\phi} \quad (43)$$

$$p_b = \frac{1}{2} \dot{\phi}_b^2 - V_b(\phi) = \frac{0,1\gamma_b n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} = \frac{0,1\gamma_b n}{(n+1)(w+1)^2 d^2} e^{-\lambda\phi} \quad (44)$$

şeklinde elde edilir. (43) ve (44) denklemlerinin taraf tarafa toplamından

$$\dot{\phi}_b^2 = \frac{0,1n(1+\gamma_b)}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \quad (45)$$

elde edilir. (45) denkleminin integrasyonunda ϕ_b 'in değeri

$$\phi_b = \ln \left[C_1 t \left[\frac{0,1 n (1 + \gamma_b)}{(n+1)(w+1)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \right] \quad (46)$$

olur. Burada C_1 integral sabitidir. (43) denkleminde (44) denklemi çıkarıldığında $V_b(\phi)$ 'nin değeri

$$V_b(\phi) = \frac{0,1 n (1 - \gamma_b)}{2 (n + 1) (w + 1)^2 t^2} = V_{0(b)} e^{-\lambda \phi} \quad (47)$$

olarak elde edilir. Burada $V_{0(b)} = \frac{0,1 n (1 - \gamma_b)}{2 (n + 1) (w + 1)^2 d^2}$ dır.

(24) ve (32) denklemlerinden karanlık madde için skaler alanda yoğunluk ve basıncın değeri

$$\rho_{dm} = \frac{1}{2} \dot{\phi}_{dm}^2 + V_{dm}(\phi) = \frac{0,5 n}{(n + 1) (w + 1)^2 t^2} = \frac{0,5 n}{(n + 1) (w + 1)^2 d^2} e^{-\lambda \phi} \quad (48)$$

$$p_{dm} = \frac{1}{2} \dot{\phi}_{dm}^2 - V_{dm}(\phi) = 0 \quad (49)$$

şeklindedir. (48) ve (49) denklemlerinin taraf tarafa toplamından

$$\dot{\phi}_{dm}^2 = \frac{0,5 n}{(n + 1) (w + 1)^2 t^2} \quad (50)$$

elde edilir. (50) denkleminin integrasyonundan ϕ_{dm} 'in değeri

$$\phi_{dm} = \ln \left[C_2 t \left[\frac{0,5 n}{(n+1)(w+1)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \right] \quad (51)$$

olur. Burada C_2 integral sabitidir. (48) denkleminde (49) denkleme çıkarıldığında $V_{dm}(\phi)$ 'nin değeri

$$V_{dm}(\phi) = \frac{0,5 n}{2(n+1)(w+1)^2 t^2} = V_{0(dm)} e^{-\lambda \phi} \quad (52)$$

elde edilir. Burada $V_{0(dm)} = \frac{0,5 n}{2(n+1)(w+1)^2 d^2}$ dır.

(26) ve (30) denklemlerinden karanlık enerji için skaler alanda yoğunluk ve basınç değeri

$$\rho_{de} = \frac{1}{2} \dot{\phi}_{de}^2 + V_{de}(\phi) = \frac{1,4 n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} = \frac{1,4 n}{(n+1)(w+1)^2 d^2} e^{-\lambda \phi} \quad (53)$$

$$p_{de} = \frac{1}{2} \dot{\phi}_{de}^2 - V_{de}(\phi) = \frac{1,4 \gamma_{de} n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} = \frac{1,4 \gamma_{de} n}{(n+1)(w+1)^2 d^2} e^{-\lambda \phi} \quad (54)$$

şeklinde elde edilir. (53) ve (54) denklemlerinin taraf tarafa toplamından

$$\dot{\phi}_{de}^2 = \frac{1,4 n (1 + \gamma_{de})}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \quad (55)$$

olur. (55) denkleminin integrali alınırsa ϕ_{de} 'nin değeri

$$\phi_{de} = \ln \left[C_3 t^{\left[\frac{1,4 n (1 + \gamma_{de})}{(n+1)(w+1)^2} \right]^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (56)$$

elde edilir. Burada C_3 integral sabitidir. (53) denkleminde (54) denklemi çıkarıldığında $V_{de}(\phi)$ 'nin değeri

$$V_{de}(\phi) = \frac{1,4 n (1 - \gamma_{de})}{2 (n + 1) (w + 1)^2 t^2} = V_{0(de)} e^{-\lambda \phi} \quad (57)$$

şeklindedir. Burada $V_{0(de)} = \frac{1,4 n (1 - \gamma_{de})}{2 (n + 1) (w + 1)^2 d^2}$ dir.

(43), (48) ve (53) denklemlerinin toplamından tekrar (35) denklemi; (44), (49) ve (54) denklemlerinin toplamından tekrar (36) denklemi; (46), (51) ve (56) denklemlerinin toplamından tekrar (38) denklemi; (47), (52) ve (57) denklemlerinin toplamından tekrar (39) denklemi elde edilmektedir. Bu da çözümlerin doğruluğunu göstermektedir.

Bu bölümde, %5 baryonik madde, %25 karanlık madde ve %70 karanlık enerji içerikli $(n + 2)$ - boyutlu homojen-izotrop bir evren modeli incelenmiştir. Elde edilen çözümler yüksek boyutlarda da karanlık enerjinin evrenin ivmelenmesine sebep olduğunu göstermektedir. Elde edilen çözümler gözlemlerle de uyumaktadır.

Bu bölümde elde edilen sonuçlar bildiri olarak sunulmuştur (Demirel ve Yılmaz, 2008).

Bilindiği gibi karanlık enerji yoğunluk ve basınç arasındaki ilişkiyi gösteren w durum parametresine göre çeşitlerine ayrılabilirdi. Bilim insanları Einstein'in ünlü $G_{ab} \equiv T_{ab}$ alan denklemlerindeki madde \equiv geometri veya geometri \equiv madde

fikrinden yararlanarak karanlık enerjiyi geometri kısmını kullanarak r ve s parametrelerinin aldığı değerlere göre sınıflandırmışlardır. Bu tür bir sınıflandırma Sahni ve diğ. (2003) 4 – boyutlu FRW uzay - zamanı için aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$r = \frac{\ddot{R}}{R H^3} \quad (58)$$

$$s = \frac{r - 1}{3 \left(q - \frac{1}{2} \right)} \quad (59)$$

Sahni ve diğ. (2003) tarafından önerilen karanlık enerji modellerinin birbirinden ayırt edilmesine olanak sağlayan durum parametreleri $(n + 2)$ - boyutlu uzay - zaman içinde genelleştirilecek olursa,

$$r = \frac{\ddot{R}}{R H^3} \quad (60)$$

$$s = \frac{r - 1}{(n + 1) \left(q - \frac{1}{2} \right)} \quad (61)$$

şeklinde elde edilir. Burada $q = -\frac{\ddot{R}}{R H^2}$ yavaşlama parametresi ve $H = \frac{\dot{R}}{R}$ Hubble parametresidir.

Bu durum parametrelerinin ölçek çarpanını içermesinden dolayı geometrik bir tanımla ifade etmektedir. (r, s) parametreleri farklı nitelikteki karanlık enerjileri gösterirler. Bu yüzden, karanlık enerji modellerini birbirinden ayırt etmemize olanak sağlamaktadır. Chang ve diğ. (2007)'ne göre, kozmolojik sabit model için durum

parametreleri $r = 1, s = 0$, Chaplygin gaz kozmolojik model için durum parametreleri $r > 1, s < 0$ ve hayalet (phantom) enerji modeli için durum parametreleri $r < 1, s > 0$ şeklindedir (Alam ve diğ., 2003; Gorini ve diğ., 2003; Sahni ve diğ., 2003; Zimdahl ve Pavon, 2004; Wu ve Yu, 2005; Zhang, 2005 b,c; Zhang ve diğ., 2006; Setare ve diğ., 2007).

İncelenen kozmolojik model için (r, s) durum parametrelerini toplam yoğunluk ve toplam basınca bağlı olarak belirleyebiliriz. (60) denkleminde (12), (13) alan denklemleri ($k = 0$ durumunda) ve (7) denkleminin birlikte kullanılmasından

$$r = \frac{n^2 - n}{2} + \frac{(n - 2)(n + 1)}{2} \frac{p_t}{\rho_t} + \frac{(n + 1)^2 (\rho_t + p_t)}{2 \rho_t} \frac{\dot{p}_t}{\dot{\rho}_t} \quad (62)$$

elde edilir. (12) ve (13) alan denklemlerinden ($k = 0$ durumunda) yavaşlama parametresi

$$q = \frac{1}{2} \left[n - 1 + (n + 1) \frac{p_t}{\rho_t} \right] \quad (63)$$

şeklinde elde edilir. (61) denkleminde (62) ve (63) denklemlerinin birlikte kullanılmasından

$$s = \frac{\left[n - 2 + (n + 1) \frac{\dot{p}_t}{\dot{\rho}_t} \right] \left(1 + \frac{p_t}{\rho_t} \right)}{n - 2 + (n + 1) \frac{p_t}{\rho_t}} \quad (64)$$

elde edilir. (62) denkleminde (17) ve (18) denklemleri ve bunların birinci türevleri yerine yazıldığında

$$r = \frac{1}{2} (n - 1 + w + n w) (n + w + n w) \quad (65)$$

elde edilir. (64) denkleminde (17) ve (18) denklemleri ve bunların birinci türevleri yerine yazıldığında

$$s = w + 1 \quad (66)$$

elde edilir. (62) ve (64) denklemlerinde $n = 2$ alınır (4 - boyutlu uzay - zaman) Chang ve diğ. (2007)'nin verdikleri durum parametreleri elde edilir. (65) ve (66) denklemlerinde $n = 2$ durumunda (4-boyutlu uzay-zaman) w 'nın aralıkları göz önüne alınarak karanlık enerji sınıflamasına ait (r, s) parametreleri hesaplandığında $-1,05 \leq w < -1$ aralığında evrendeki karanlık enerji adayı Chaplygin gaz $(r > 1, s < 0)$; $w = -1$ olduğunda kozmolojik sabit $(r = 1, s = 0)$; $-1 < w \leq -0,65$ aralığında ise hayalet enerji $(r < 1, s > 0)$ biçimindedir. Bu maddelerden mümkün olan Chaplygin gaz ve hayalet enerji durumlarını sırasıyla inceleyelim.

2.2. Yüksek Boyutta Baryonik Madde, Karanlık Madde Ve Chaplygin Gaz Çözümleri

Bu bölümde yüksek boyutta baryonik madde, karanlık madde ve negatif basınçlı Chaplygin gaz madde içeriğine sahip bir evren modeli incelenecektir. Evrenin ivmelenmesine neden olan negatif basınç Chaplygin gaz kozmolojisinde de elde edilebilmektedir (Kamenshchik ve diğ., 2001).

Chaplygin gazın genelleştirilmiş durum denklemi

$$p_{chap} = A\rho_{chap} - \frac{B}{\rho_{chap}^\alpha} \quad (67)$$

şeklindedir. Burada $0 \leq \alpha \leq 1$, A ve B pozitif sabitlerdir (Benaoum, 2002; Debnath ve diğ., 2004; Chakraborty ve Debnath, 2006).

Bir önceki bölümdeki (9) - (28), (31), (32), (35), (40), (43) - (53) denklemleri bu bölüm için de geçerlidir. (26) denklemi ile (67) denkleminin birlikte kullanılmasından Chaplygin gazın basıncı

$$p_{chap} = \frac{1,4 n A}{(n+1)(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,4 n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha} \quad (68)$$

şeklinde elde edilir.

Baryonik madde, karanlık madde ve karanlık enerji yerine Chaplygin gaz ile doldurulmuş bir evren modelini inceleyelim: Bunun için (12) ve (13) alan denklemlerinde ρ_t yoğunluk ve p_t basınç yerine $\rho_t = \rho_b + \rho_{dm} + \rho_{chap}$ ve $p_t = p_b + p_{dm} + p_{chap}$ kullanılacaktır.

(28), (32) ve (68) denklemlerinin toplamından

$$p_t = \frac{n(0,1\gamma_b + 1,4A)}{(n+1)(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,4 n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha} \quad (69)$$

elde edilir. (18) denklemi ile (69) denklemi karşılaştırılırsa durum parametresi olarak tanımlanan w 'nin değeri

$$w = \frac{(0,1\gamma_b + 1,4A)}{2} - \frac{B(n+1)(w+1)^2 t^2}{2n} \left[\frac{1,4 n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha} \quad (70)$$

şeklinde elde edilir. Karanlık enerji adayının Chaplygin gaz olması durumunda durum parametresi zamana bağlı olarak bulunmuştur.

İncelenen kozmolojik model, ϕ skaler alan ve $V(\phi)$ etkileşme potansiyeli cinsinden aşağıdaki şekilde elde edilir. Skaler alanda ρ enerji yoğunluğu (35) denklemi ile aynı olacaktır. p basınç ise düz evrende ($k = 0$)

$$p_\phi = \frac{1}{2} \dot{\phi}^2 - V(\phi) = p_b + p_{dm} + p_{chap}$$

$$= \frac{n(0,1\gamma_b + 1,4A)}{(n+1)(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,4n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha} \quad (71)$$

şeklinde elde edilir. (35) ve (71) denklemlerinin taraf tarafa toplamından

$$\dot{\phi}^2 = \frac{n(2 + 0,1\gamma_b + 1,4A)}{(n+1)(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,4n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha} \quad (72)$$

elde edilir. (72) denkleminin integrasyonundan ϕ skaler alan

$$\phi = -\frac{n(2 + 0,1\gamma_b + 1,4A)}{(n+1)(w+1)^2 t} - \frac{B}{2\alpha + 1} \left[\frac{1,4n}{(n+1)(w+1)^2} \right]^{-\alpha} t^{2\alpha+1} + C_4 \quad (73)$$

olarak bulunur. Burada C_4 integral sabitidir. (35) denkleminde (71) denkleminin çıkarılması durumunda $V(\phi)$ etkileşme potansiyeli

$$V(\phi) = \frac{n(2 - 0,1\gamma_b - 1,4A)}{2(n+1)(w+1)^2 t^2} + \frac{B}{2} \left[\frac{1,4n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha} \quad (74)$$

şeklinde elde edilir.

Chaplygin gaz için skaler alanda yoğunluk (53) denklemi ile aynı olacaktır. Basınç değeri ise aşağıdaki şekildedir.

$$p_{chap} = \frac{1}{2} \dot{\phi}_{chap}^2 - V_{chap}(\phi) = \frac{1,4 n A}{(n+1)(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,4 n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha} \quad (75)$$

(53) ve (75) denklemlerinin taraf tarafa toplamından

$$\dot{\phi}_{chap}^2 = \frac{1,4 n (1+A)}{(n+1)(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,4 n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha} \quad (76)$$

elde edilir. (76) denkleminin integrasyonundan ϕ_{chap} 'in değeri

$$\phi_{chap} = -\frac{1,4 n (1+A)}{(n+1)(w+1)^2 t} - \frac{B}{2\alpha+1} \left[\frac{1,4 n}{(n+1)(w+1)^2} \right]^{-\alpha} t^{2\alpha+1} + C_5 \quad (77)$$

olur. Burada C_5 integral sabitidir. (53) denkleminden (75) denklemi çıkarıldığında $V_{chap}(\phi)$ 'in değeri

$$V_{chap}(\phi) = \frac{1,4 n (1-A)}{2(n+1)(w+1)^2 t^2} + \frac{B}{2} \left[\frac{1,4 n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha} \quad (78)$$

şeklinde. (44), (49) ve (75) denklemlerinin toplamından tekrar (71) denklemi; (47), (52) ve (78) denklemlerinin toplamından tekrar (74) denklemi elde edilmiştir. Bu da bize çözümlerin doğru olduğunu açıkça göstermektedir.

İncelenen kozmolojik model için durum parametreleri (r, s)

$$\begin{aligned}
r = & \frac{n^2 - n}{2} + \frac{(n-2)(n+1)^2(w+1)^2 t^2 \left[-1, 4^{-\alpha} B \left(\frac{n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right)^{-\alpha} + \frac{n(0, 1\gamma_b + 1, 4A)}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right]}{4n} \\
& - \frac{1}{16n^2} (n+1)^4 (w+1)^4 t^5 \left[- \frac{21, 4^{-\alpha} B n \alpha \left(\frac{n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right)^{-\alpha-1}}{(n+1)(w+1)^2 t^3} - \frac{2n(0, 1\gamma_b + 1, 4A)}{(n+1)(w+1)^2 t^3} \right] \\
& \times \left[-1, 4^{-\alpha} B \left(\frac{n}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right)^{-\alpha} + \frac{n(2 + 0, 1\gamma_b + 1, 4A)}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right] \quad (79)
\end{aligned}$$

$$s = \left[n - 2 - \frac{(n+1)^2 (w+1)^2 t^3 \left(-21, 4^{-\alpha} B n^{-\alpha} (n+1)^\alpha (w+1)^{2\alpha} t^{5(1+\alpha)} \alpha - \frac{2n(0, 1\gamma_b + 1, 4A)}{(n+1)(w+1)^2 t^3} \right)}{4n} \right]$$

$$\left[1 + \frac{(n+1)(w+1)^2 t^2 \left(-1, 4^{-\alpha} B n^{-\alpha} (n+1)^\alpha (w+1)^{2\alpha} t^{2\alpha} + \frac{n(0, 1\gamma_b + 1, 4A)}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right)}{2n} \right] /$$

$$\left[n - 2 + \frac{(n+1)^2 (w+1)^2 t^2 \left(-1, 4^{-\alpha} B n^{-\alpha} (n+1)^\alpha (w+1)^{2\alpha} t^{2\alpha} + \frac{n(0, 1\gamma_b + 1, 4A)}{(n+1)(w+1)^2 t^2} \right)}{2n} \right] \quad (80)$$

şeklinde elde edilir.

2.3. Yüksek Boyutta Baryonik Madde, Karanlık Madde Ve Hayalet (Phantom) Enerji Çözümleri

Bu bölümde yüksek boyutta baryonik madde, karanlık madde ve karanlık enerji yerine ise hayalet (phantom) enerjiden oluşan madde içeriğine sahip bir evren modeli incelenecektir.

Skaler alanda hayalet (phantom) enerji için yoğunluk ve basınç

$$\rho_p = -\frac{1}{2}\dot{\phi}_p^2 + V_p(\phi) \quad (81)$$

$$p_p = -\frac{1}{2}\dot{\phi}_p^2 - V_p(\phi) \quad (82)$$

şeklindedir. Hayalet (phantom) enerji için durum parametresi

$$w_p = \frac{p_p}{\rho_p} = \frac{\dot{\phi}_p^2 + 2V_p(\phi)}{\dot{\phi}_p^2 - 2V_p(\phi)} \quad (83)$$

şeklindedir. (83) denkleminde

$$\frac{\dot{\phi}_p^2}{2V_p(\phi)} = -\frac{1+w_p}{1-w_p} \quad (84)$$

elde edilir (Kujat ve diğ., 2006). (81) denkleminin ile (84) denkleminin birlikte kullanılmasından hayalet (phantom) enerjinin yoğunluğu

$$\rho_p = \frac{2 V_p(\phi)}{1 - w_p} = \frac{1,4 n}{(n + 1)(w + 1)^2 t^2} \quad (85)$$

şeklinde elde edilir. (82) denklemi ile (84) denkleminin birlikte kullanılmasından hayalet (phantom) enerjinin basıncı

$$p_p = \frac{2 V_p(\phi) w_p}{1 - w_p} = \frac{1,4 n w_p}{(n + 1)(w + 1)^2 t^2} \quad (86)$$

şeklinde elde edilir. Bu bölümde baryonik madde, karanlık madde ve hayalet (phantom) enerji ile doldurulmuş bir evren modelinin inceleniyor olmasından dolayı (12) ve (13) alan denklemlerinde ρ_t yoğunluk ve p_t basınç yerine $\rho_t = \rho_b + \rho_{dm} + \rho_p$ ve $p_t = p_b + p_{dm} + p_p$ kullanılacaktır.

(9) - (28), (31), (32), (35), (40), (43) - (53) denklemleri bu bölüm için de geçerli olacaktır. Skaler alan cinsinden denklemleri elde etmek için (26) denklemi ile (85) denklemi karşılaştırılırsa hayalet (phantom) enerjinin etkileşme potansiyeli

$$V_p(\phi) = \frac{1,4 n (1 - w_p)}{2 (n + 1)(w + 1)^2 t^2} \quad (87)$$

şeklindedir. (84) ve (87) denklemlerinden hayalet enerjinin skaler alan değeri

$$\phi_p = \ln \left[C_6 t^{\left[\frac{-1,4 n (1 + w_p)}{(n + 1)(w + 1)^2} \right]^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (88)$$

şeklindedir. Burada C_6 integral sabitidir. (46), (51) ve (88) denklemlerinin toplamından skaler alan

$$\phi = \ln \left[C_7 t^{\left[\frac{-n(0,8 - 0,1\gamma_b + 1,4 w_p)}{(n+1)(w+1)^2} \right]^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (89)$$

şeklinde elde edilir. Burada $\phi = \phi_b + \phi_{dm} + \phi_p$ ve C_7 integral sabitidir. (47), (52) ve (87) denklemlerinin toplamından etkileşme potansiyeli

$$V(\phi) = \frac{n(2 - 0,1\gamma_b - 1,4w_p)}{2(n+1)(w+1)^2 t^2} \quad (90)$$

şeklinde elde edilir. Burada $V(\phi) = V_b(\phi) + V_{dm}(\phi) + V_p(\phi)$ şeklindedir.

BÖLÜM 3

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu bölümde, baryonik madde, karanlık madde ve karanlık enerjiden (aynı zamanda karanlık enerji adaylarından) oluşan evren için bulunan sonuçlar, değişik boyuttaki (10, 9, 8, 7, 6, 5 ve 4) evren modellerinde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 1. Değişik boyutlu uzay – zamanda yoğunluk ve basınç değerleri

$n + 2$ (Uzay–zaman boyutu)	Evrendeki maddenin dinamik bileşenleri	
	Yoğunluk	Basınç
$n = 8$ (10 – Boyutlu uzay-zaman)	$\rho_t = \frac{1,7}{(w+1)^2 t^2}$	$p_t = \frac{0,8 (0,1 \gamma_b + 1,4 \gamma_{de})}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_b = \frac{0,08}{(w+1)^2 t^2}$	$p_b = \frac{0,08 \gamma_b}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_{dm} = \frac{0,4}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{dm} = 0$
	$\rho_{de} = \frac{1,24}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{de} = \frac{1,24 \gamma_{de}}{(w+1)^2 t^2}$ $p_{chap} = \frac{1,24 A}{(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,24}{(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha}$ $p_p = \frac{1,24 w_p}{(w+1)^2 t^2}$

$n = 7$ (9 – Boyutlu uzay-zaman)	$\rho_t = \frac{1,75}{(w+1)^2 t^2}$	$p_t = \frac{0,875 (0,1 \gamma_b + 1,4 \gamma_{de})}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_b = \frac{0,0875}{(w+1)^2 t^2}$	$p_b = \frac{0,0875 \gamma_b}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_{dm} = \frac{0,4375}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{dm} = 0$
	$\rho_{de} = \frac{1,225}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{de} = \frac{1,225 \gamma_{de}}{(w+1)^2 t^2}$ $p_{chap} = \frac{1,225 A}{(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,225}{(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha}$ $p_p = \frac{1,225 w_p}{(w+1)^2 t^2}$
$n = 6$ (8 – Boyutlu uzay-zaman)	$\rho_t = \frac{1,714}{(w+1)^2 t^2}$	$p_t = \frac{0,857 (0,1 \gamma_b + 1,4 \gamma_{de})}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_b = \frac{0,0857}{(w+1)^2 t^2}$	$p_b = \frac{0,0857 \gamma_b}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_{dm} = \frac{0,428}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{dm} = 0$
	$\rho_{de} = \frac{1,2}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{de} = \frac{1,2 \gamma_{de}}{(w+1)^2 t^2}$ $p_{chap} = \frac{1,2 A}{(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,2}{(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha}$ $p_p = \frac{1,2 w_p}{(w+1)^2 t^2}$

$n = 5$ (7 – Boyutlu uzay-zaman)	$\rho_t = \frac{1,6}{(w+1)^2 t^2}$	$p_t = \frac{0,8\bar{3} (0,1 \gamma_b + 1,4 \gamma_{de})}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_b = \frac{0,08\bar{3}}{(w+1)^2 t^2}$	$p_b = \frac{0,08\bar{3} \gamma_b}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_{dm} = \frac{0,41\bar{6}}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{dm} = 0$
	$\rho_{de} = \frac{1,1\bar{6}}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{de} = \frac{1,1\bar{6} \gamma_{de}}{(w+1)^2 t^2}$ $p_{chap} = \frac{1,1\bar{6} A}{(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,1\bar{6}}{(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha}$ $p_p = \frac{1,1\bar{6} w_p}{(w+1)^2 t^2}$
$n = 4$ (6 – Boyutlu uzay-zaman)	$\rho_t = \frac{1,6}{(w+1)^2 t^2}$	$p_t = \frac{0,8 (0,1 \gamma_b + 1,4 \gamma_{de})}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_b = \frac{0,08}{(w+1)^2 t^2}$	$p_b = \frac{0,08 \gamma_b}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_{dm} = \frac{0,4}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{dm} = 0$
	$\rho_{de} = \frac{1,12}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{de} = \frac{1,12 \gamma_{de}}{(w+1)^2 t^2}$ $p_{chap} = \frac{1,12 A}{(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,12}{(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha}$ $p_p = \frac{1,12 w_p}{(w+1)^2 t^2}$

$n = 3$ (5 – Boyutlu uzay-zaman)	$\rho_t = \frac{1,5}{(w+1)^2 t^2}$	$p_t = \frac{0,75 (0,1 \gamma_b + 1,4 \gamma_{de})}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_b = \frac{0,075}{(w+1)^2 t^2}$	$p_b = \frac{0,075 \gamma_b}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_{dm} = \frac{0,375}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{dm} = 0$
	$\rho_{de} = \frac{1,05}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{de} = \frac{1,05 \gamma_{de}}{(w+1)^2 t^2}$ $p_{chap} = \frac{1,05 A}{(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{1,05}{(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha}$ $p_p = \frac{1,05 w_p}{(w+1)^2 t^2}$
$n = 2$ (4 – Boyutlu uzay-zaman)	$\rho_t = \frac{1,3}{(w+1)^2 t^2}$	$p_t = \frac{0,6 (0,1 \gamma_b + 1,4 \gamma_{de})}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_b = \frac{0,06}{(w+1)^2 t^2}$	$p_b = \frac{0,06 \gamma_b}{(w+1)^2 t^2}$
	$\rho_{dm} = \frac{0,3}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{dm} = 0$
	$\rho_{de} = \frac{0,93}{(w+1)^2 t^2}$	$p_{de} = \frac{0,93 \gamma_{de}}{(w+1)^2 t^2}$ $p_{chap} = \frac{0,93 A}{(w+1)^2 t^2} - B \left[\frac{0,93}{(w+1)^2 t^2} \right]^{-\alpha}$ $p_p = \frac{0,93 w_p}{(w+1)^2 t^2}$

Yukarıda görüleceği gibi bütün boyutlardaki dinamik bileşenlerin (ρ, p) biçimleri aynıdır. Yani yüksek boyutta da (evrenin ilk anları) karanlık enerjinin biçimi aynıdır. Yapılan çalışmalar da böyle olduğunu göstermektedir. Hayalet (phantom) enerjinin yoğunluk ve basıncı, karanlık enerjinin yoğunluk ve basıncı ile karşılaştırıldığında aynı olduğu görülmektedir. Buradan da w durum parametresinden çıkarılan sonuç gibi karanlık enerji adayının hayalet enerji tipi bir madde olduğu sonucu çıkarılabilir.

(34) denkleminin ve $p_t = w \rho_t$ durum denkleminin irdelenmesinden görüleceği gibi elde edilen $-1,05 \leq w \leq -0,65$ ($w \neq -1$) aralık değeri Melchiorri ve diğ. (2003); Jamil ve diğ. (2008) tarafından verilen gözlemsel sonuçlar ile uyuşmaktadır. Bu da, bugünkü evrenin ivmelenmesine sebep olan karanlık enerjinin evrenin toplam maddesi içinde daha baskın olduğunu göstermektedir. Bunun yanında (65) ve (66) denklemlerinde $n = 2$ durumunda (4 - boyutlu uzay - zaman) w 'nın aralıkları göz önüne alınarak karanlık enerji sınıflamasına ait (r, s) durum parametreleri hesaplandığında $-1,05 \leq w < -1$ aralığında evrendeki karanlık enerji adayı Chaplygin gaz $(r > 1, s < 0)$; $w = -1$ olduğunda kozmolojik sabit $(r = 1, s = 0)$; $-1 < w \leq -0,65$ aralığında ise hayalet enerji $(r < 1, s > 0)$ biçimindedir. Gözlemler evrenin bugünkü ivmelenmesine sebep olan karanlık enerjinin durum parametresinin $\gamma_{de} \cong -1$ olduğunu göstermektedir. Buna göre evreni oluşturan tüm maddenin durum parametresi (34) denkleminde $-0,7 \leq w \leq -0,65$ şeklinde elde edilir. Böylece karanlık enerji adayının hayalet (phantom) enerji biçiminde olabileceğini söyleyebiliriz. Bu çalışmada elde edilen çözümler daha önce yapılmış olan 4 - boyutlu uzay - zamandaki çözümleri de içermektedir.

KAYNAKLAR

Abazajian K., Fuller G.M. ve Tucker W.H., 2001. Direct Detection of Warm Dark Matter in the X-Ray. *Astrophysical Journal*, 562 (2): 593-604.

Abazajian K., Adelman-McCarthy J.K., Agüeros M.A., Alam S.S., Anderson S.F., Annis J., Bahcall N.A., Baldry I.K., Bastian S., Berlind A., Bernardi M., Blanton M.R., Blythe N., Bochanski J.J., Boroski W.N., Brewington H., Briggs J.W., Brinkmann J., Brunner R.J., Budavari T., Carey L.N., Carr M.A., Castander F.J., Chiu K., Collinge M.J., Connolly A.J., Covey K.R., Csabai I., Dalcanton J.J., Dodelson S., Doi M., Dong F., Eisenstein D.J., Evans M.L., Fan X., Feldman P.D., Finkbeiner D.P., Friedman S.D., Frieman J.A., Fukugita M., Gal R.R., Gillespie B., Glazebrook K., Gonzales C.F., Gray J., Grebel E.K., Grodnicki L., Gunn J.E., Gurbani V.K., Hall P.B., Hao L., Harbeck D., Harris F.H., Harris H.C., Harvanek M., Hawley S.L., Heckman T.M., Helmboldt J.F., Hendry J.S., Hennessy G.S., Hindsley R.B., Hogg D.W., Holmgren D.J., Holtzman J.A., Homer L., Hui L., Ichikawa S., Ichikawa T., Inkmann J.P., Ivezić Z., Jester S., Johnston D.E., Jordan B., Jordan W.P., Jorgensen A.M., Juric M., Kauffmann G., Kent S.M., Kleinman S.J., Knapp G.R., Kniazev A.Y., Kron R.G., Krzesinski J., Kunszt P.Z., Kuropatkin N., Lamb D.Q., Lampeitl H., Laubscher B.E., Lee B.C., Leger R.F., Li N., Lidz A., Lin H., Olh Y.S., Long D.C., Liveday J., Lupton R.H., Malik T., Margon B., McGehee P.M., McKay T.A., Meiksin A., Miknaitis G.A., Moorthy B.K., Munn J.A., Murphy T., Nakajima R., Narayanan V.K., Nash T., Neilsen E.H., Newberg H.J., Newman P.R., Nichol R.C., Nicinski T., Nieto-Santisteban M., Nitta A., Odenkirchen M., Okamura S., Ostriker J.P., Owen R., Padmanabhan N., Peoples J., Pier J.R. ve Pindor B., 2003. The First Data Release of the Sloan Digital Sky Survey. *Astronomical Journal*, 126 (4): 2081.

- Alam U., Sahni V., Saini T.D. ve Starobinsky A.A., 2003. Exploring the Expanding Universe and Dark Energy using the Statefinder Diagnostic. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 344 (4): 1057-1074.
- Alam U., Sahni V., Saini T.D. ve Starobinsky A.A., 2004 a. Is there Supernova Evidence for Dark Energy Metamorphosis?. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 354 (063512): 275-291.
- Alam U., Sahni V. ve Starobinsky A.A., 2004 b. The Case for Dynamical Dark Energy Revisited. *JCAP.*, 0406 (06): 008.
- Barris B.J., Tonry J.L., Blondin S., Challis P., Chornock R., Clocchiatti A., Filippenko A.V., Garnavich P., Holland S.T., Jha S., Kirshner R.P., Krisciunas K., Leibundgut B., Li W., Matheson T., Miknaitis G., Riess A.G., Schmidt B.P., Smith R.C., Sollerman J., Spyromilio J., Stubbs C.W., Suntzeff N.B., Aussel H., Chambers K.C., Connelly M.S., Donovan D., Henry J.P., Kaiser N., Liu M.C., Martin E.L. ve Wainscoat R.J., 2004. Twenty-three High-Redshift Supernovae from the Institute for Astronomy Deep Survey: Doubling the Supernova Sample at $z > 0.7$. *Astrophysical Journal*, 602 (2): 571-594.
- Benaoum H.B., (May 14, 2002). *Accelerated Universe from Modified Chaplygin Gas and Tachyonic Fluid*. <http://xxx.lanl.gov/abs/hep-th/0205140>.
- Bennett C.L., Halpern M., Hinshaw G., Jarosik N., Kogut A., Limon M., Meyer S.S., Page L., Spergel D.N., Tucker G.S., Wollack E., Wright E.L., Barnes C., Greason M.R., Hill R.S., Komatsu E., Notla M.R., Odegard N., Peirs H.V., Verde L. ve Weiland J.L., 2003. First Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Preliminary Maps and Basic Result. *Astrophys. J. Suppl.*, 148 (1): 1-27.

- Cardwell R.R., Dave R. ve Steinhardt P.J., 1998. Cosmological Imprint of an Energy Component with General Equation of State. *Phys. Rev. Lett.*, 80 (8): 1582-1585.
- Cardwell R.R., Kamionkowski M. ve Weinberg N.N., 2003. Phantom Energy: Dark Energy with $w < -1$ Causes a Cosmic Doomsday. *Phys. Rev. Lett.*, 91 (7): 071301.
- Carroll S.M., 2001. The Cosmological Constant. *Living Rev. Rel.*, 4: 1.
- Carroll S.M., 2005. Dark Energy and The Preposterous Universe. *Sky & Telescope*, 1 (3): 32-39.
- Chakraborty W. ve Debnath U., 2006. Is Modified Chaplygin Gas along with Barotropic Fluid Responsible for Acceleration of the Universe?. *Modern Physics Letters A*, 22 (24): 1805-1812.
- Chang B., Liu H., Xu L., Zhang C. ve Ping Y., 2007. Statefinder Parameters for Interacting Phantom Energy with Dark Matter. *JCAP.*, 07 (01): 016.
- Chatterjee S. ve Bhui B., 1990. Homogeneous Cosmological Model in Higher Dimension. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 247 (1): 57-61.
- Debnath U., Banerjee A. ve Chakraborty S., 2004. Role of Modified Chaplygin Gas in Accelerated Universe. *Class. Quantum Grav.*, 21 (23): 5609-5617.
- Demirel E.C. ve Yılmaz İ., 2008. N-Boyutlu Uzay Zamanda Karanlık Madde, Karanlık Enerji ve Baryonik Madde Çözümleri. *XVI. Ulusal Astronomi Kongresi*, Çanakkale. 1063-1075.

- Elizalde E., Nojiri S. ve Odintsov D.S., 2004. Late-Time Cosmology in (Phantom) Scaler-Tensor Theory: Dark Energy and the Cosmic Speed-Up. *Phys. Rev. D*, 70 (4): 043539.
- Esin, F., 1993. *Görsel Uzay Ve Kozmolojiye Giriş*. İ.Ü. Fen Fakültesi, İstanbul. 124.
- Feng J.L., (September 27, 2005). *ILC Cosmology*. <http://xxx.lanl.gov/abs/hep-ph/0509309>.
- Garcia-Bellido J., (June 12, 2004). *Cosmology and Astrophysics*. Retrieved February 17, 2005, from <http://xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/0502139>.
- Gorini V., Kamenshchik A. ve Moschella U., 2003. Can the Chaplygin Gas be a Plausible Model for Dark Energy?. *Phys. Rev. D*, 67 (6): 063509.
- Guo Z.K., Piao Y.S. ve Zhang Y.Z., 2004. Attractor Behavior of Phantom Cosmology. *Phys. Lett. B*, 594 (3-4): 247-251.
- Hannestad S. ve Mortsell E., 2004. Cosmological Constraints on the Dark Energy Equation of State and its Evolution. *JCAP*, 0409 (09): 001.
- Hao J.G. ve Li X.Z., 2003. Attractor Solution of Phantom Field. *Physical Review D*, 67 (10): 107303.
- Hawkins E., Maddox S., Cole S., Lahav O., Madgwick D., Norberg P., Peacock J., Baldry I., Baugh C., Bland-Hawthorn J., Bridges T., Cannon R., Colless M., Collins C., Couch W., Dalton G., De Propriis R., Driver S., Efstathiou G., Ellis R., Frenk C., Glazebrook K., Jackson C., Jones B., Lewis I., Lumsden S., Percival W., Peterson B., Sutherland W. ve Taylor K., 2003. The 2dF Galaxy Redshift Survey: Correlation Functions, Peculiar Velocities and the Matter Density of the Universe. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 346 (1): 78-96.

- Huang X.J. ve Wang Y.J., 2004. Higher-Dimensional Cosmological Models with Density-Parameter-Dependent Cosmological Constant. *Chinese Phys. Lett.*, 21 (8): 1670-1672.
- Jamil M., Rashid M.A. ve Qudir A., 2008. Charged Black Holes in Phantom Cosmology. *Physical Journal C*, 58 (2): 325-329.
- Kamenshchik A., Moschella U. ve Pasquier V., 2001. An Alternative to Quintessence. *Phys. Lett. B*, 511 (2-4): 265-268.
- Knop R.A., Aldering G., Amanullah R., Astier P., Blanc G., Burns M.S., Conley A., Deustua S.E., Doi M., Ellis R., Fabbro S., Folatelli G., Fruchter A.S., Garavini G., Garmond S., Garton K., Gibbons R., Goldhaber G., Goobar A., Groom D.E., Hardin D., Hook I., Howell D.A., Kim A.G., Lee B.C., Lidman C., Mendez J., Nobili S., Nugent P.E., Pain R., Panagia N., Pennypacker C.R., Perlmutter S., Quimby R., Raux J., Regnault N., Ruiz-Lapuente P., Sainton G., Schaefer B., Schahmaneche K., Smith E., Spadafora A.L., Stanishev V., Sullivan M., Walton N.A., Wang L., Wood-Vasey W.M. ve Yasuda N., 2003. New Constraints on Ω_M , Ω_Λ , and w from an Independent Set of Eleven High-Redshift Supernovae Observed with HST. *Astrophys. J.*, 598 (1): 102-137.
- Kujat J., Scherrer R.J. ve Sen A.A., 2006. Phantom Dark Energy Models with Negative Kinetic Term. *Physical Review D*, 74 (8): 083501.
- Kusenko A., 2004. Pulsar Kicks from Neutrino Oscillations. *Int. J. Mod. Phys. D*, 13 (10): 2065-2084.
- Liddle A., 1999. *An Introduction to Modern Cosmology*. John Wiley & Sons, New York. 24.

- Mapelli M. ve Ferrara A., 2005. Background Radiation from Sterile Neutrino Decay and Reionization. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 364 (1): 2-12.
- Melchiorri A., Mersini L., Omdan C.J. ve Traddan M., 2003. The State of the Dark Energy Equation of State. *Physical Review D*, 68 (4): 043509.
- Mohseni Sadjadi H. ve Alimohammadi M., 2006. Cosmological Coincidence Problem in Interacting Dark Energy Models. *Physical Review D*, 74 (10): 103007.
- Munyaneza F. ve Biermann P.L., 2005. Fast Growth of Supermassive Black Holes in Galaxies. *Astron. ve Astroph.*, 436 (3): 805-815.
- Nesseris S. ve Perivolaropoulos L., 2004. A Comparison of Cosmological Models using Recent Supernova Data. *Phys. Rev. D*, 70 (4): 043531.
- Padmanabhan T., 2003. Cosmological Constant-the Weight of the Vacuum. *Phys. Rept.*, 380 (5-6): 235-320.
- Peebles P.J.E. ve Ratra B., 2003. The Cosmological Constant and Dark Energy. *Rev. Mod. Phys.*, 75 (2): 559-606.
- Percival W.J., Baugh C.M., Bland-Hawthorn J., Bridges T., Cannon R., Cole S., Colless M., Collins C., Couch W., Dalton G., De Propris R., Driver S.P., Efstathiou G., Ellis R.S., Frenk C.S., Glazebrook K., Jackson C., Lahav O., Lewis I., Lumsden S., Maddox S., Moody S., Norberg P., Peacock J.A., Peterson B.A., Sutherland W. ve Taylor K., 2001. The 2dF Galaxy Redshift Survey: the Power Spectrum and the Matter Content of the Universe. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 324 (4): 1297-1306.
- Perlmutter S., Aldering G., Goldhaber G., Knop R.A., Nugent P., Castro P.G., Deustua S., Fabbra S., Goobar A., Groom D.E., Hook I.M., Kim A.G., Kim

M.Y., Lee J.C., Nunes N.J., Paln R., Pennypacker C.R., Quimby R., Lidman C., Ellis R.S., Irwin M., McMahon R.S., Ruiz-Lapuente P., Walton N., Schaefer B., Boyle B.J., Filippenko A.V., Matheson T., Fruchter A.S., Panagia N., Newberg H.J.M. ve Couch W.J., 1999. Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae. *Astrophysical Journal*, 517 (2): 565-586.

Ratra B. ve Peebles P.J.E., 1988. Cosmological Consequences of a Rolling Homogeneous Scaler Field. *Physical Review D*, 37: 3406.

Riess A.G., Filippenko A.V., Challis P., Clochiattia A., Diercks A., Garnavich P.M., Gilliland R.L., Haon C.J., Jha S., Kirshner R.P., Leibundgut B., Philips M.M., Reis D., Schmidt B.P., Schommer R.A., Smith R.C., Spyromilio J., Stubbs C., Suntzeff N.B. ve Tonry J., 1998. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant. *Astronomical Journal*, 116 (3): 1009-1038.

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 C.C., Benitez N. ve 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. *Astrophysical Journal*, 607 (2): 665-687.

Sahni V. ve Starobinsky A., 2000. The Case for a Positive Cosmological Lambda-Term. *Int. J. Mod. Phys. D*, 9 (4): 373-444.

Sahni V., 2002. The Cosmological Constant Problem and Quintessence. *Class. Quant. Grav.*, 19 (13): 3435-3448.

- Sahni V., Saini T.D., Starobinsky A.A. ve Alam U., 2003. Statefinder-a New Geometrical Diagnostic of Dark Energy. *JETP Lett.*, 77 (5): 201-206.; *Pisma Zh. Eksp. Teor. Fiz.*, 77: 249-253.
- Setare M.R., Zhang J.F. ve Zhang X., 2007. Statefinder Diagnosis in a Non- Flat Universe and the Holographic Model of Dark Energy. *JCAP.*, 0703 : 007.
- Singh P., Sami M. ve Dadhich N., 2003. Cosmological Dynamics of Phantom Field. *Physical Review D*, 68 (2): 023522.
- Spergel D.N., Verde L., Peiris H.V., Komatsu E., Notla 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. ve Wright E.L., 2003. First Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Determination of Cosmological Parameters. *Astrophys. J. Suppl.*, 148 (1): 175-194.
- Spergel D.N., Bean R., Dore O., Notla 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. ve Wright E.L., 2007. Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Three Year Results: Implications for Cosmology. *ApJS.*, 170 (2): 377.
- Steinhardt P.J., Wang L. ve Zlatev I., 1999. Cosmological Tracking Solutions. *Physical Review D*, 59 (12): 123504.
- Tegmark M., Strauss M., Blanton M., Abazajian K., Dodelson S., Sandvik H., Wang X., Weinberg D., Zehavi I., Bahcall N., Hoyle F., Schlegel D., Scoccimarro R., Vogeley M., Berlind A., Budavari T., Connolly A., Eisenstein D., Finkbeiner D., Frieman J., Gunn J., Hui L., Jain B., Johnston D., Kent S., Lin H., Nakajima R., Nichol R., Ostriker J., Pope A., Scranton R., Seljak U.,

Sheth R., Stebbins A., Szalay A., Szapudi I., Xu Y., Annis J., Brinkmann J., Burles S., Castander F.J., Csabai I., Loveday J., Doi M., Fukugita M., Gillespie B., Hennessy G., Hogg D.W., Ivezić Z., Knapp G.R., Lamb D.Q., Lee B.C., Lupton R.H., McKay T.A., Kunszt P., Munn J.A., O'Connell L., Peoples J., Pier J.R., Richmond M., Rockosi C., Schneider D.P., Stoughton C., Tucker D.L., Vanden Berk D.E., Yanny B. ve York D.G., 2004. Cosmological Parameters from SDSS and WMAP. *Physical Review D*, 69 (10): 103501.

Tonry J.L., Schmidt B.P., Barris B., Candia P., Challis P., Clocchiatti A., Coil A.L., Filippenko A.V., Garnavich P., Hogan C., Holland S.T., Jha S., Kirshner R.P., Krisciunas K., Leibundgut B., Li W., Matheson T., Phillips M.M., Riess A.G., Schommer R., Chris Smith R., Sollerman J., Spyromilio J., Stubbs C.W. ve Suntzeff N.B., 2003. Cosmological Results from High-z Supernovae. *Astrophysical Journal*, 594 (1): 1-24.

Turner M.S., 2002. Making Sense of the New Cosmology. *Int. J. Mod. Phys. A*, 17 (1): 180-196.

Verde L., Heavens A.F., Percival W.J., Matarrese S., Baugh C.M., Bland-Hawthorn J., Bridges T., Cannon R., Cole S., Colless M., Collins C., Couch W., Dalton G., De Propris R., Driver S.P., Efstathiou G., Ellis R.S., Frenk C.S., Glazebrook K., Jackson C., Lahav O., Lewis I., Lumsden S., Maddox S., Madgwick D.S., Norberg P., Peacock J.A., Peterson B.A., Sutherland W. ve Taylor K., 2002. The 2dF Galaxy Redshift Survey: the Bias of Galaxies and the Density of the Universe. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 335 (2): 432-440.

Wang Y. ve Mukherjee P., 2004. Model-Independent Constraints on Dark Energy Density from Flux-Averaging Analysis of Type Ia Supernova Data. *Astrophys. J.*, 606 (2): 654-663.

- Weinberg S., 1989. The Cosmological Constant Problem. *Reviews of Modern Physics*, 61 (1): 1-23.
- Wu P.X. ve Yu H.W., 2005. Statefinder Parameters for Quinton Dark Energy Model. *Int. J. Mod. Phys. D*, 14 (11): 1873-1882.
- Yılmaz İ., 1995. Sicim Kaynaklı Bazı Kozmolojik Modeller (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, TÜRKİYE.
- Zhang X., 2005 a. Coupled Quintessence in a Power- Law Case and the Cosmic Coincidence Problem. *Mod. Phys. Lett. A*, 20 (33): 2575.
- Zhang X., 2005 b Statefinder Diagnostic for Coupled Quintessence. *Phys. Lett. B*, 611 (1-2): 1-7.
- Zhang X., 2005 c. Statefinder Diagnostic for Holographic Dark Energy Model. *Int. J. Mod. Phys. D*, 14 (09): 1597-1606.
- Zhang X., Wu F.Q. ve Zhang J.F., 2006. New Generalized Chaplygin Gas as a Scheme for Unification of Dark Energy and Dark Matter. *JCAP.*, 0601 (01): 003.
- Zimdahl W. ve Pavon D., 2004. Statefinder Parameters for Interacting Dark Energy. *Gen. Rel. Grav.*, 36 (6): 1483-1491.
- Zlatev I., Wang L. ve Steinhardt P.J., 1999. Quintessence, Cosmic Coincidence, and the Cosmological Constant. *Phys. Rev. Lett.*, 82 (5): 896-899.

YAŞAM ÖYKÜSÜ

E. Canan GÜNAY DEMİREL, 23 Mart 1977'de Çanakkale'nin ilçesi olan Çan'da dünyaya gelmiştir. İlk, orta ve lise öğrenimini Çan'da tamamlamıştır. 1994 yılında Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği Bölümü'ne başlayıp 1998'de mezun olmuştur. Mart 1999'da Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans'a başlamış ve 2001'de mezun olmuştur.