

Η ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΥΛΗ ΡΙΧΝΕΙ ΦΩΣ ΣΤΗ ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Τι είναι η σκοτεινή ενέργεια; Υπάρχει πραγματικά, ή μήπως είναι «η σκιά της αντανάκλασης της σκοτεινής ύλης»;

Στην δεκαετία του 1970 άρχισε να μελετάται συστηματικά το πρόβλημα της σκοτεινής ύλης, η ύπαρξη της οποίας δεν αμφισβητείται πλέον, χωρίς όμως να είναι γνωστά, ούτε η προέλευση, ούτε η φύση.¹

Δύο δεκαετίες αργότερα προστέθηκε ακόμη ένα πρόβλημα στην σύγχρονη Κοσμολογία αυτό της σκοτεινής ενέργειας. Συγκεκριμένα στα 1998 μια ομάδα φυσικών, μελετώντας έναν συγκεκριμένο τύπο μακρινών υπερκαινοφανών (SNe Ia), παρατήρησαν ότι οι υπερκαινοφανείς αυτοί φαίνονταν να βρίσκονται πιο μακριά απ' ό,τι αναμενόταν με βάση την θεωρητική πρόβλεψη του κοσμολογικού μοντέλου.

Την απόκλιση αυτή της θεωρητικής πρόβλεψης της αποστάσεώς τους από την παρατηρούμενη θέση τους την απέδωσαν (λανθασμένα, όπως θα αναλύσουμε παρακάτω) στην επιταχυνόμενη διαστολή του Σύμπαντος.²

Την επιτάχυνση αυτή της κοσμικής διαστολής την απέδωσαν πάλι αυθαίρετα στην κοσμολογική σταθερά Λ , η οποία είχε εισαχθεί από τον Albert Einstein για να περιγράψει ένα «στατικό σύμπαν» και είχε ήδη προ πολλού εγκαταλειφθεί ακόμη και από τον ίδιο, ως το «μεγαλύτερο σφάλμα» του. Αυτή η κοσμολογική σταθερά, αυθαίρετα για ακόμη μία φορά, θεωρήθηκε ότι περιγράφει ένα άγνωστης φύσεως εξωτικό ρευστό, αρνητικής μάλιστα πίεσεως, το οποίο ονομάστηκε Σκοτεινή Ενέργεια, αντανakλώντας στο όνομα αυτό την πλήρη άγνοια και αυθαιρεσία.

Η αυθαίρετη θεώρηση της ύπαρξης της σκοτεινής ενέργειας προέκυψε ως ανάγκη να εξηγηθεί η απόκλιση μεταξύ θεωρητικής πρόβλεψης της αποστάσεως των υπερκαινοφανών SNe Ia και της παρατήρησης που η ομάδα των Perlmutter, Schmidt και Reiss έπαιρναν στα τηλεσκόπιά τους. Αν η απόκλιση αυτή δεν εμφανιζόταν δεν θα ήταν απαραίτητη και η επινόηση της μυστηριώδους σκοτεινής ενέργειας.

Από το 2011 οι καθηγητές Ν. Κ. Σπύρου και Κ. Κλεϊδης, με μια σειρά δημοσιεύσεων ([7], [8], [9], [10], [11] και [12]) έδειξαν ότι αυτή η απόκλιση δεν υφίσταται, αλλά είναι αποτέλεσμα εσφαλμένης επιλογής του θεωρητικού μοντέλου Λ CDM, το οποίο ελάμβανε υπ' όψιν στην δυναμική περιγραφή του κοσμικού ρευστού μόνον την πυκνότητα μάζας.³

Σύμφωνα με του Κλεϊδη και Σπύρου η απόκλιση προέκυψε λαμβάνοντας υπ' όψιν (λανθασμένα) στην δυναμική περιγραφή του κοσμικού ρευστού, **μόνον** την πυκνότητα

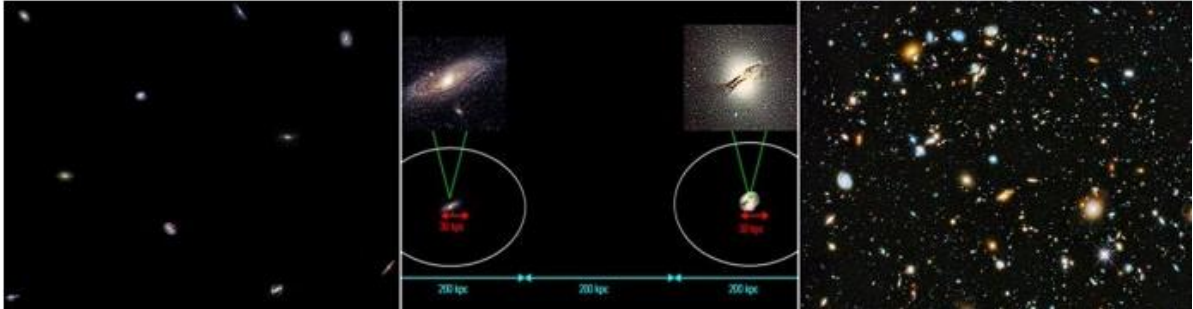
¹ Η σκοτεινή ύλη κάνει αισθητή την παρουσία της όχι από την ακτινοβολία της (όπως η συνήθης-βαρυονική ύλη-), αλλά από την βαρυτική επιρροή στο περιβάλλον της. Οι «Flat Rotation Curves» (επίπεδες καμπύλες περιστροφής των γαλαξιών) και οι «Gravitation Lenses» (δηλαδή οι βαρυτικοί φακοί) αποτέλεσαν τις ενδείξεις αλλά και αποδείξεις της ύπαρξης της σκοτεινής ύλης. (βλέπε [2], [3] της βιβλιογραφίας, καθώς και στις σελίδες από 18-23 του [13]).

² Εδώ θα πρέπει να τονισθεί ότι η επιτάχυνση της κοσμικής διαστολής είναι πράγματι υπαρκτή και συμβαίνει στο Σύμπαν από το 8.000.000.000 έτος περίπου μέχρι και σήμερα, αλλά δεν σχετίζεται με την μη υπαρκτή αυτή απόκλιση των υπερκαινοφανών.

³ Στα 1932 είχε προταθεί από τους Einstein και de Sitter ένα κοσμολογικό μοντέλο, το οποίο προέβλεπε ένα χωρικά επίπεδο (με μηδενική καμπυλότητα), διαστελλόμενο Σύμπαν, του οποίου η ενεργειακή πυκνότητα οφείλονταν αποκλειστικά στην ύλη και με μηδενική κοσμολογική σταθερά ($\Lambda=0$).

Αργότερα, που έγινε γνωστή η επιταχυνόμενη διαστολή του Σύμπαντος, το μοντέλο παραμετροποιήθηκε στο σημερινό Λ CDM με την κοσμολογική σταθερά πλέον μη μηδενική. Στην εποχή που οι Einstein και de Sitter επινόησαν το μοντέλο τους η σκοτεινή ύλη δεν ήταν ακόμη γνωστή και η κατανομή των γαλαξιών στο Σύμπαν ήταν αραιή, οπότε η παραδοχή ενός μοντέλου με την πυκνότητα μάζας κυρίαρχη δεν ήταν ασύμβατη με την (τότε) πραγματικότητα. Αντίθετα, αργότερα και όταν υιοθετήθηκε το Λ CDM μοντέλο μαζί με την σκοτεινή ενέργεια (DM) η ίδια παραδοχή, με ένα Σύμπαν που η ενεργειακή του πυκνότητα να οφείλεται μόνον στην πυκνότητα μάζας, απείχε πολύ από την πραγματική του εικόνα, οδηγώντας την κοσμολογία σε σημαντικά, άλυτα (έως και ολέθρια) προβλήματα.

μάζας, αγνοώντας όλα τα εσωτερικά συμβατικά φυσικά χαρακτηριστικά του, όπως την πίεση, τις εσωτερικές κινήσεις και γενικά το θερμοδυναμικό του περιεχόμενο.



Εικόνα 1: *Αριστερά:* Η εικόνα ενός Σύμπαντος ως πρακτικά κενός χώρος, όπως τον φανταζόμασταν έως τώρα, χωρίς να λαμβάνουμε υπ' όψιν την Σκοτεινή Ύλη. Τους γαλαξίες (μικρά λευκά σημάδια που μόλις διακρίνονται) τους θεωρούσαμε απομονωμένους, πολύ μακριά ο ένας από τον άλλον.

Κέντρο: Η ακτίνα του οπτικού δίσκου των γαλαξιών αυξάνεται 7-10 φορές με την παραδοχή της Σκοτεινής Ύλης. Οι γαλαξίες έρχονται πολύ κοντά στους διπλανούς τους, σχεδόν εφάπτονται.

Δεξιά: Η Σκοτεινή Ύλη που περιέχεται και περιβάλλει τους γαλαξίες, τους κάνει να βρίσκονται εγγύτερα ο ένας στον άλλον, γεμίζει τον κενό χώρο, αλλάζοντας την αντίληψή μας για το Σύμπαν.

Συγκεκριμένα με την «προσθήκη» της σκοτεινής ύλης οι γαλαξίες είναι πλέον μεγαλύτερων διαστάσεων (έως και 10 φορές) και πολύ πιο σύνθετοι απ' ό,τι δηλώνει η οπτική τους εικόνα. Επομένως το Σύμπαν, με τους γαλαξίες του να βρίσκονται πιο κοντά ο ένας στον άλλον, δεν θα πρέπει να θεωρείται πλέον ως «πρακτικά κενός χώρος», αντίθετα θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μια συνεχής κατανομή ύλης-ενέργειας, ως ένα συνεχές βαρυτικό μέσο, στο πλαίσιο ενός Πολυτροπικού Ρευστού Σκοτεινής Ύλης με συγκρούσεις και θερμοδυναμικό περιεχόμενο, τα συστατικά του οποίου αλληλεπιδρούν με αποτέλεσμα η ενέργειά τους να εξαπλώνεται. Σ' ένα τέτοιο κοσμικό ρευστό οι παρατηρούμενες κινήσεις δεν είναι οι μέχρι τώρα θεωρούμενες γεωδαισιακές κινήσεις γαλαξιών, αλλά οι υδροδυναμικές ροές του ρευστού.

Στο Πολυτροπικό Μοντέλο των Κλειδή και Σπύρου πέραν της μάζας ηρεμίας (πυκνότητα μάζας) το κοσμικό ρευστό χαρακτηρίζεται επίσης και απ' όλα τα συνήθη εσωτερικά θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά, όπως: η πίεση, η θερμοκρασία ύλης, οι εσωτερικές θερμοδυναμικές κινήσεις, η εσωτερική θερμοδυναμική ενέργεια, η εντροπία, η θερμοχωρητικότητα, οι θερμοδυναμικές μεταβολές κ.α.

Τα χαρακτηριστικά αυτά είχαν μέχρι τώρα αγνοηθεί, με αποτέλεσμα ένα «έλλειμα» ενέργειας, το οποίο δεν υπολογίζονταν στα θεωρητικά στοιχεία του κοσμικού ρευστού, πράγμα που είχε ως επακόλουθο τη θεωρητική πρόβλεψη της θέσεως των υπερκαινοφανών (SNe Ia) εγγύτερον της πραγματικής που παρατήρησαν στα τηλεσκόπια οι Perlmutter, Schmidt και Reiss.

Προέκυψε λοιπόν (λανθασμένα) αυτή η απόκλιση, που οδήγησε (επίσης λανθασμένα) στην ανάγκη της αυθαίρετης προσθήκης της σκοτεινής ενέργειας.

Αν όμως λάβουμε υπ' όψιν όλα τα εσωτερικά, συμβατικά, φυσικά χαρακτηριστικά του κοσμικού (πολυτροπικού πλέον) ρευστού, η θεωρητικά αναμενόμενη θέση των υπερκαινοφανών (SNe Ia) συμπίπτει με εκείνη που προκύπτει από τα παρατηρησιακά δεδομένα και επομένως δεν υφίσταται πλέον η απόκλιση, η οποία αυθαίρετα οδήγησε στην θεώρηση της σκοτεινής ενέργειας, άρα δεν υφίσταται και η αναγκαιότητα της ίδιας της σκοτεινής ενέργειας.

Το νέο (πολυτροπικό) μοντέλο αποτελεί ένα πλήρες μοντέλο, συμβατό με όλες τις σύγχρονες κοσμολογικές παρατηρήσεις και απαντά σε όλα τα κοσμολογικά ερωτήματα, χωρίς την αχρείαστη έννοια της σκοτεινής ενέργειας, εσωκλείοντας εκ θεωρήσεώς του την εσωτερική ενέργεια των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών του κοσμικού ρευστού, που

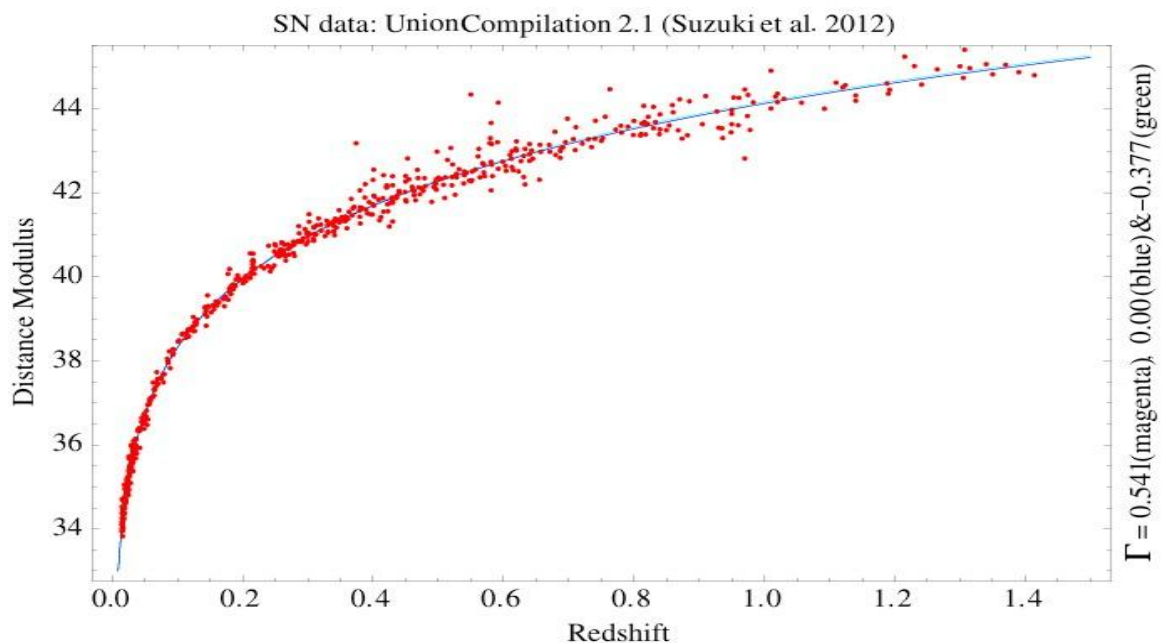
την αντικαθιστά. Παρακάτω αναφέρονται μερικές από τις σημαντικότερες κοσμολογικές παρατηρήσεις με τις οποίες είναι συμβατό το νέο μοντέλο.

- Στο πολυτροπικό μοντέλο η μετάβαση της κοσμικής διαστολής σε επιταχυνόμενη γίνεται χωρίς την αναγκαιότητα επιπλέον (σκοτεινής) ενέργειας. Συγκεκριμένα: η πυκνότητα μάζας του κοσμικού ρευστού προκαλεί βαρυτική έλξη, ενώ αντίθετα η ενεργειακή πυκνότητα των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών του προκαλούν διαστολή. Έτσι όταν η συνεισφορά των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών γίνεται συγκρίσιμη με εκείνη της πυκνότητας μάζας (ενεργειακή πυκνότητα θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών = 0,441 πυκνότητας μάζας)⁴ τότε η διαστολή του Σύμπαντος γίνεται επιταχυνόμενη, αβίαστα με εντελώς φυσικό και αναμενόμενο τρόπο, χωρίς να είναι απαραίτητη η πυκνότητα του κενού, η κοσμολογική σταθερά Λ , και η σκοτεινή ενέργεια.

- Ο κοσμικός χρόνος στον οποίο γίνεται αυτή η μετάβαση (από το επιβραδυνόμενα στο επιταχυνόμενα διαστελλόμενο Σύμπαν) υπολογίζεται από το πολυτροπικό μοντέλο και ο υπολογισμός αυτός (περίπου 8,8 δις έτη) είναι πολύ κοντά στα παρατηρησιακά δεδομένα.⁵

- Το πολυτροπικό μοντέλο υπολογίζει με πολύ ικανοποιητική ακρίβεια την ηλικία του Σύμπαντος στα 13,778 δις έτη.⁶

- Η πλήρης συμβατότητα του πολυτροπικού μοντέλου με τα παρατηρησιακά δεδομένα που σχετίζονται με τους υπερκαινοφανείς (SNe Ia) προκύπτει με την υπέρθεση (γραφικά) των θεωρητικών προβλέψεων του μοντέλου στο διάγραμμα Hubble της έρευνας (συλλογής) «Union 2.1».[14] Όπως μπορεί να διαπιστώσει κανείς, στην «Εικόνα 2» η ταύτιση των (600 περίπου) δεδομένων στο θεωρητικό διάγραμμα του μοντέλου είναι εκπληκτική.⁷



Εικόνα 2: Οι 600 υπερκαινοφανείς της συλλογής «Union 2.1» πέφτουν με εκπληκτική ακρίβεια πάνω στο θεωρητικό διάγραμμα (κυανή γραμμή) της πρόβλεψης του πολυτροπικού μοντέλου.

- Τέλος στο πολυτροπικό μοντέλο, η επιπλέον ενέργεια που απαιτείται για την χωρική επιτεδότητα του Σύμπαντος έχει τη μορφή της κινητικής ενέργειας των εσωτερικών θερμοδυναμικών κινήσεων τις οποίες προσδίδουν στο κοσμικό ρευστό τα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά του. Έτσι η ενεργειακή πυκνότητα των εσωτερικών θερμοδυναμικών

⁴ Βλέπε αναλυτικά στην παράγραφο 6.5, στις σελίδες 109-110 του [13] της βιβλιογραφίας.

⁵ Βλέπε αναλυτικά στην παράγραφο 6.5, στη σελίδα 110 του [13] της βιβλιογραφίας.

⁶ Βλέπε αναλυτικά στην παράγραφο 6.1, σελίδες 91-93 του [13] της βιβλιογραφίας.

⁷ Βλέπε αναλυτικά στην παράγραφο 6.3, σελίδες 98-103 του [13] της βιβλιογραφίας.

χαρακτηριστικών του πολυτροπικού κοσμικού ρευστού 68% ($\Omega_{int}=0,68$) μαζί με την ενεργειακή πυκνότητα της σκοτεινής ύλης 28% ($\Omega_{DM}=0,28$) και εκείνη της βαρυονικής ύλης 4% ($\Omega_{BM}=0,04$) δίνουν για την παράμετρο ενεργειακής πυκνότητας μάζας-ενέργειας ($\Omega_0=1$), όπως ακριβώς αναμένεται από τις παρατηρήσεις της Κοσμικής Ακτινοβολίας Μικροκυμάτων Υποβάθρου (CMB).⁸

- Αυτό που κάνει το πολυτροπικό κοσμικό ρευστό μοναδικό και επιτυχημένο είναι το γεγονός ότι μπορεί να αποτελέσει μία σχετικά «ανέξοδη» λύση για το ζήτημα της σκοτεινής ενέργειας (δηλαδή λύση βασισμένη στην κλασσική -μη κβαντική- φυσική και θερμοδυναμική), υπό την έννοια ότι μπορεί να αντιμετωπίσει σε ένα μόνο μοντέλο, τόσο την επιπλέον ενέργεια που απαιτείται για την χωρική επιπεδότητα του Σύμπαντος ($\Omega_0=1$), όσο και την επακόλουθη επιταχυνόμενη διαστολή. Αυτό επιτυγχάνεται λαμβάνοντας (επιτέλους) υπ' όψιν τα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά που προσδίδει στο κοσμικό ρευστό η αύξηση της συνολικής μάζας του Σύμπαντος μετά την προσθήκη της σκοτεινής ύλης η οποία *τελικά ... ρίχνει φως στην αγωνιωδώς (και ανεπιτυχώς) αναζητούμενη σκοτεινή ενέργεια.*

Ιωάννης Χρ. Αγαπάκης
Θεσσαλονίκη, 03 Σεπ 2026

⁸ Βλέπε Εξ.6.23 και αναλυτικά στις σελίδες 81-87 του [13] της βιβλιογραφίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Borriello A., Salucci P. (2001) «*The Dark Matter Distribution in Disc Galaxies*», MNRAS 323, 285-292.
- [2] Begeman K. G., Broeils A. H., Shanderson R. H., (1991) «*Extended Rotation Curves of Spiral Galaxies – Dark Haloes and Modified Dynamics*», MNRAS 249, 523 - 537
- [3] Moustakas L. A., Metcalf R. B. (2003). «*Detecting Dark Matter Substructure Spectroscopically in Strong Gravitational Lenses*», MNRAS 339, 607 - 615.
- [4] Perlmutter S. et al. [Supernova Cosmology Project Group] (1998) «*Discovery of a Supernova Explosion at Half the Age of the Universe*», Nature, 391, 51.
- [5] Schmidt B. P. et al. [High-z Supernova Search Team] (1998) «*The High-z Supernova Search: Measuring Cosmic Deceleration and Global Curvature of the Universe, using Type Ia Supernovae*», Astrophysics Journal 507, 46-63.
- [6] Riess A. G. et al. [High-z Supernova Search Team] (1998) «*Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant*» Astronomy. Journal, 116, 1009-1038.
- [7] Kleidis K., Spyrou N. K. (2011) «*A Conventional Approach to the Dark Energy Concept*», A&A 529, A26.
- [8] Kleidis K., Spyrou N. K. (2015) «*Polytropic Dark Matter Flows Illuminate Dark Energy and Accelerated Expansion*», A&A 576, A23.
- [9] Kleidis K., Spyrou N. K. (2016) «*Dark Energy: The Shadowy Reflection of Dark Matter*», Invited Review in Entropy 18, 94, doi:10.3390/e 18030094.
- [10] Kleidis K., Spyrou N. K. (2017) «*Cosmological Perturbations in the Λ CDM-like Limit of a Polytropic Dark Matter Model*», A&A 606, 116.
- [11] Kleidis K., Spyrou N. K. (2022) «*Polytropic Dark Matter Fluid an Occam's Razor Approach to the Dark Energy Concept*», K. Kleidis and N. K. Spyrou in Proceedings of the XXXI Assembly of the IAU Astronomy Focus Meeting 3. Espinosa J. (ed) Cambridge University Press.
- [12] Kleidis K., Spyrou N. K. (2023) «*The Dark Energy as a Natural Property of Cosmic Polytropes – A tutorial*», Review Article, Dynamics, 3(1), 71-95.
- [13] Αγαπάκης Ι. Χρ. (2024) «Σκοτεινή Ενέργεια: Η Σκιώδης Αντανάκλαση της Σκοτεινής Ύλης;» Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Αθήνα.
- [14] Suzuki N. et al. [Supernova Cosmology Project Group] (2012) «*The Hubble Space Telescope Cluster Supernova Survey, V. Improving the Dark Energy Constraints Above $z>1$ and Building an early-type-hosted Supernova Sample*», Astrophysics Journal 746, A85.