



ΕΡΓΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΦΟΙΤΗΤΟΥ: ΚΟΛΟΒΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΎΛΗ, ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

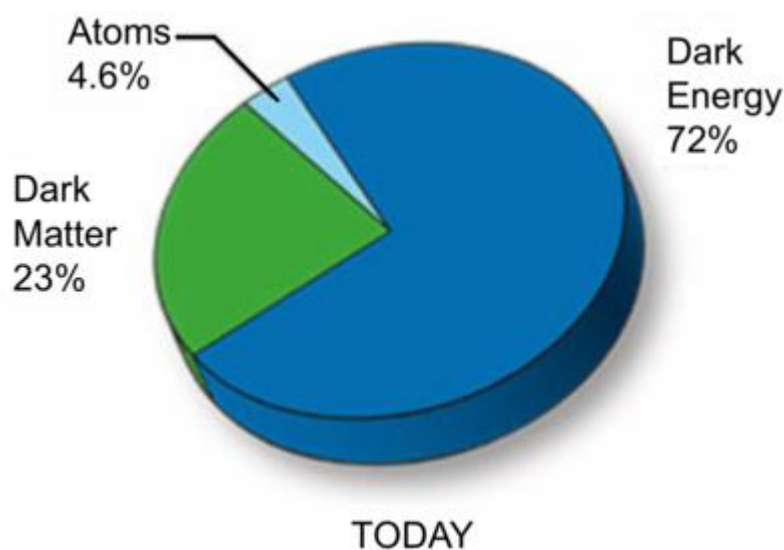
Μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα οι επιστήμονες πίστευαν ότι το σύμπαν αποτελείται από ύλη, η οποία βασιζόταν στα άτομα και τα ως τότε γνωστά υποατομικά σωματίδια τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τα ηλεκτρόνια. Όπου δεν υπήρχε ύλη θεωρούσαν ότι δεν υπήρχε τίποτα ή ότι το σύμπαν ήταν κενό. Με την πρόοδο τεχνολογίας και τις νέες δυνατότητες των τηλεσκοπίων και ανιχνευτών ακτινοβολίας όμως έγιναν νέες παρατηρήσεις και βρέθηκαν νέα δεδομένα που ανέτρεπαν τις τότε θεωρίες των φυσικών. Το περιεχόμενο του Σύμπαντος θεωρείται, σήμερα, ευρέως ότι αποτελείται από τρία είδη ουσιών: κανονική ύλη, σκοτεινή ύλη και σκοτεινή ενέργεια.

SUMMARY:

Until the early 19th century, scientists believed that the universe consisted of matter, which was based on atoms and the then known subatomic particles known as protons, neutrons and electrons. Where there was no matter, they assumed that there was nothing or that the universe was empty. With the advancement of technology and the new capabilities of telescopes and radiation detectors, however, new observations were made and new data were found that overturned the theories of physicists at the time. The content of the Universe is, nowadays, widely thought to consist of three types of substance: normal matter, dark matter and dark energy.

ΓΙΑΤΙ ΣΚΟΤΕΙΝΗ ;

Το μεγαλύτερο μέρος της μάζας-ενέργειας, περίπου το 95%, στο σύμπαν είναι "σκοτεινό". Με τον όρο σκοτεινό εννοούμε ότι δεν εκπέμπει καμία μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η Σκοτεινή Ύλη αποτελεί το 23% της συνολικής πυκνότητας μάζας-ενέργειας του σύμπαντος. Η κυρίαρχη συνεισφορά είναι η Σκοτεινή Ενέργεια, και ένα μικρό ποσοστό οφείλεται στα άτομα ή στη βαρυονική ύλη.



ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΎΛΗ ΚΑΙ Η ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ;

Η σκοτεινή ύλη είναι μια μυστηριώδης ουσία που πιστεύεται ότι αποτελεί ίσως το 27% της σύνθεσης του σύμπαντος. Τι είναι αυτό Είναι λίγο πιο εύκολο να πούμε τι δεν είναι. Δεν είναι συνηθισμένα άτομα - τα δομικά στοιχεία του σώματός μας και όλων όσων βλέπουμε γύρω μας. Η κανονική ύλη αντιπροσωπεύει σχεδόν σίγουρα το μικρότερο ποσοστό του Σύμπαντος, κάπου μεταξύ 1% και 10%.

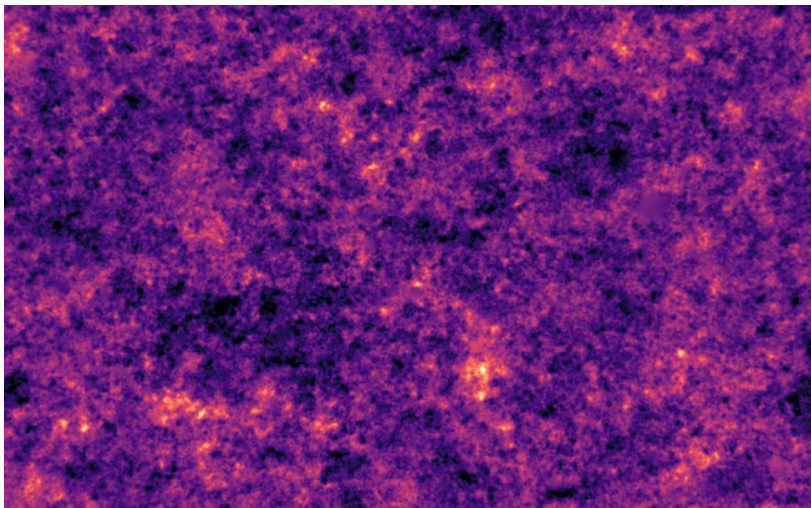
Όσο περισσότερο παρατηρούσαν οι αστρονόμοι το Σύμπαν, τόσο περισσότερη ύλη έπρεπε να βρουν για να τα εξηγήσουν όλα. Ωστόσο, αυτή η ύλη δεν θα μπορούσε να αποτελείται από κανονικά άτομα, διαφορετικά θα υπήρχαν περισσότερα αστέρια και γαλαξίες. Αντιθέτως, επινόησαν τον όρο "σκοτεινή ύλη" για αυτή την ιδιόμορφη ουσία ακριβώς επειδή διαφεύγει της ανίχνευσής μας.

Ταυτόχρονα, οι φυσικοί που προσπαθούσαν να κατανοήσουν καλύτερα τις δυνάμεις της φύσης άρχισαν να πιστεύουν ότι νέα και εξωτικά σωματίδια ύλης πρέπει να υπάρχουν σε αφθονία στο Σύμπαν.

Αυτά δεν θα αλληλεπιδρούσαν σχεδόν ποτέ με την κανονική ύλη και πολλοί πιστεύουν τώρα ότι αυτά τα σωματίδια είναι η σκοτεινή ύλη. Προς το παρόν, αν και πολλά πειράματα βρίσκονται σε εξέλιξη για την ανίχνευση σωματιδίων σκοτεινής ύλης, κανένα δεν έχει επιτύχει.

Η σκοτεινή ενέργεια είναι η τελευταία προσθήκη στο περιεχόμενο του Σύμπαντος. Αρχικά, ο Άλμπερτ Αϊνστάιν εισήγαγε την ιδέα μιας "κοσμικής ενέργειας" που διαπερνά τα πάντα, πριν γνωρίσει ότι το Σύμπαν διαστέλλεται και την αποκαλέσει το μεγαλύτερο λάθος του. Το διαστελλόμενο Σύμπαν δεν χρειαζόταν μια "κοσμολογική σταθερά", όπως είχε ονομάσει την ενέργειά του ο Αϊνστάιν.

Μετά το Big Bang, το σύμπαν άρχισε να επεκτείνεται προς τα έξω. Οι επιστήμονες πίστευαν κάποτε ότι τελικά θα εξαντληθεί από την ενέργεια, επιβραδύνοντας καθώς η βαρύτητα τράβούσε τα αντικείμενα προς τα μέσα. Αλλά οι μελέτες απομακρυσμένων σούπερνοβα(ή υπερκαινοφανών) αποκάλυψαν ότι το σύμπαν σήμερα επεκτείνεται ταχύτερα από ό, τι ήταν στο παρελθόν, όχι πιο αργά, υποδεικνύοντας ότι η επέκταση επιταχύνεται. Αυτό θα ήταν δυνατό μόνο εάν το σύμπαν περιείχε αρκετή ενέργεια για να υπερνικήσει τη βαρύτητα - τη σκοτεινή ενέργεια.



Χάρτης της Σκοτεινής Ύλης ΠΗΓΗ ΕΙΚΟΝΑΣ, N JEFFREY/DARK ENERGY COLLABORATION
Λεζάντα εικόνας,

Αυτός είναι ο πιο λεπτομερής χάρτης της κατανομής της σκοτεινής ύλης στο Σύμπαν. Οι φωτεινές περιοχές αντιπροσωπεύουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις του - όπου σχηματίζονται οι γαλαξίες

ΠΙΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ, ΑΠΟ ΤΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ;

Οι παρατηρήσεις δείχνουν ότι υπάρχει πολύ λίγη ορατή ύλη στο σύμπαν για να καλύψει το 27% που απαιτούν οι παρατηρήσεις. Οι υποψήφιοι για Σκοτεινή Ύλη είναι είτε βαρυονικοί είτε μη βαρυονικοί, ή ένα μείγμα και των δύο. Οι μη βαρυονικές μορφές συνήθως υποδιαιρούνται σε δύο κατηγορίες - τη θερμή σκοτεινή ύλη (HDM) και την ψυχρή σκοτεινή ύλη (CDM). Η HDM απαιτεί ένα σωματίδιο με σχεδόν μηδενική μάζα. Η CDM απαιτεί αντικείμενα επαρκούς μάζας ώστε να κινούνται με υποσχετικιστικές ταχύτητες. Οι συγκρίσεις μεταξύ της παρατηρούμενης δομής μεγάλης κλίμακας και των προσομοιώσεων N-σωμάτων ευνοούν το CDM να είναι η κύρια, αν όχι η συνολική, συνιστώσα της Σκοτεινής Ύλης. Δεν έχει τη μορφή σκοτεινών νεφών κανονικής ύλης, ύλης που αποτελείται από σωματίδια που ονομάζονται βαρυόνια. Το γνωρίζουμε αυτό επειδή θα μπορούσαμε να ανιχνεύσουμε τα βαρυονικά νέφη από την απορρόφηση της ακτινοβολίας που τα διαπερνά. Τρίτον, η σκοτεινή ύλη δεν είναι αντιύλη, επειδή δεν βλέπουμε τις μοναδικές ακτίνες γάμμα που παράγονται όταν η αντιύλη εξαϋλώνεται με την ύλη. Τέλος, μπορούμε να αποκλείσουμε μεγάλες μαύρες τρύπες μεγέθους γαλαξία με βάση το πόσους βαρυτικούς φακούς βλέπουμε. Οι υψηλές συγκεντρώσεις ύλης κάμπτουν το φως που περνά κοντά τους από αντικείμενα που βρίσκονται πιο μακριά, αλλά δεν βλέπουμε αρκετά γεγονότα φακών για να υποθέσουμε ότι τέτοια αντικείμενα αποτελούν το απαιτούμενο 25% της συνεισφοράς της σκοτεινής ύλης. Ωστόσο, σε αυτό το σημείο, υπάρχουν ακόμη μερικές πιθανότητες σκοτεινής ύλης που είναι βιώσιμες. Η βαρυονική ύλη θα μπορούσε ακόμα να αποτελεί τη σκοτεινή ύλη, αν ήταν όλη δεσμευμένη σε καφέ νάνους ή σε μικρά, πυκνά κομμάτια βαρέων στοιχείων. Αυτές οι δυνατότητες είναι γνωστές ως μαζικά συμπαγή αντικείμενα φωτοστεφάνης ή "MACHO". Αλλά η πιο κοινή άποψη είναι ότι η σκοτεινή ύλη δεν είναι καθόλου βαρυονική, αλλά ότι αποτελείται από άλλα, πιο εξωτικά σωματίδια, όπως τα αξιόνια ή τα WIMPS (Weakly Interacting Massive Particles - Ασθενώς αλληλεπιδρώντα μαζικά σωματίδια). Τα στείρα νετρίνα είναι ένας άλλος υποψήφιος. Τα νετρίνα είναι σωματίδια που δεν αποτελούν την κανονική ύλη. Ένα ποτάμι νετρίνων ρέει από τον ήλιο, αλλά επειδή σπάνια αλληλεπιδρούν με την κανονική ύλη, περνούν μέσα από τη Γη και τους κατοίκους της. Υπάρχουν τρεις γνωστοί τύποι νετρίνων- ένα τέταρτο, το στείρο νετρίνο, προτείνεται ως υποψήφιο για σκοτεινή ύλη. Το στείρο νετρίνο θα αλληλεπιδρούσε με την κανονική ύλη μόνο μέσω της βαρύτητας.

ΚΑΙ Η ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΎΛΗ;

Περισσότερα είναι άγνωστα από όσα είναι γνωστά. Ξέρουμε πόση σκοτεινή ενέργεια υπάρχει επειδή γνωρίζουμε πώς επηρεάζει τη διαστολή του σύμπαντος. Κατά τα άλλα, είναι ένα πλήρες μυστήριο. Αλλά είναι ένα σημαντικό μυστήριο.

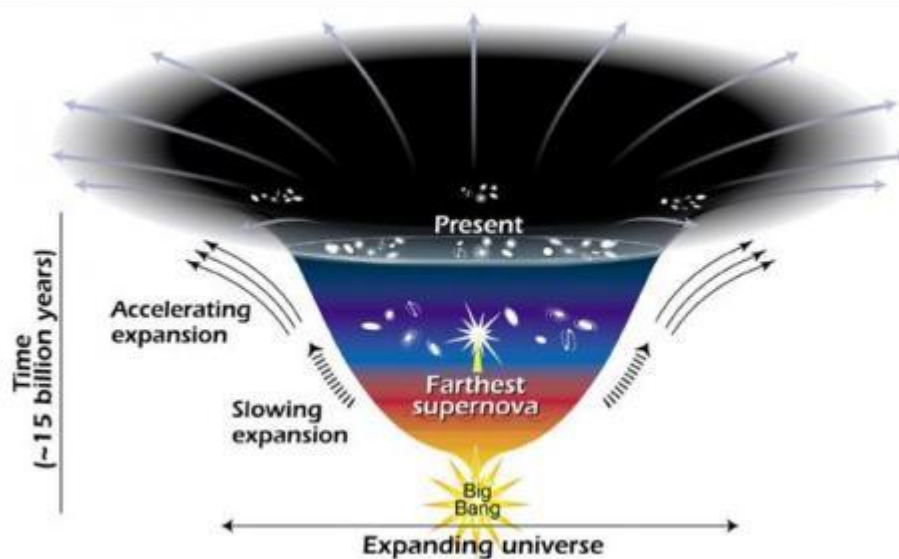
Μια εξήγηση για τη σκοτεινή ενέργεια είναι ότι είναι μια ιδιότητα του χώρου. Ο Άλμπερτ Αϊνστάιν ήταν ο πρώτος που συνειδητοποίησε ότι ο κενός χώρος δεν είναι τίποτα. Το διάστημα έχει εκπληκτικές ιδιότητες, πολλές από τις οποίες μόλις τώρα αρχίζουν να γίνονται κατανοητές. Η πρώτη ιδιότητα που ανακάλυψε ο Αϊνστάιν είναι ότι είναι δυνατόν να υπάρξει περισσότερος χώρος. Στη συνέχεια, μια εκδοχή της θεωρίας της βαρύτητας του Αϊνστάιν, η εκδοχή που περιέχει μια κοσμολογική σταθερά, κάνει μια δεύτερη πρόβλεψη: ο "κενός χώρος" μπορεί να έχει τη δική του ενέργεια. Επειδή η ενέργεια αυτή είναι ιδιότητα του ίδιου του χώρου, δεν θα αραιωνόταν καθώς ο χώρος διαστέλλεται. Όσο περισσότερος χώρος έρχεται σε ύπαρξη, τόσο περισσότερη από αυτή την ενέργεια του χώρου θα εμφανίζεται. Ως αποτέλεσμα, αυτή η μορφή ενέργειας θα έκανε το σύμπαν να διαστέλλεται όλο και πιο γρήγορα. Δυστυχώς, κανείς δεν καταλαβαίνει γιατί η κοσμολογική σταθερά θα έπρεπε να υπάρχει, πόσο μάλλον γιατί θα είχε ακριβώς τη σωστή τιμή για να προκαλέσει την παρατηρούμενη επιτάχυνση του σύμπαντος.

Μια άλλη εξήγηση για το πώς ο χώρος αποκτά ενέργεια προέρχεται από την κβαντική θεωρία της ύλης. Στη θεωρία αυτή, ο "κενός χώρος" είναι στην πραγματικότητα γεμάτος από προσωρινά ("εικονικά") σωματίδια που συνεχώς σχηματίζονται και στη συνέχεια εξαφανίζονται. Αλλά όταν οι φυσικοί προσπάθησαν να υπολογίσουν πόση ενέργεια θα έδινε αυτό στον κενό χώρο, η απάντηση ήταν λανθασμένη - πολύ λανθασμένη. Ο αριθμός βγήκε 10¹²⁰ φορές μεγαλύτερος. Αυτό είναι ένα 1 με 120 μηδενικά μετά από αυτό. Είναι δύσκολο να λάβεις μια τόσο κακή απάντηση. Έτσι το μυστήριο συνεχίζεται.

Μια ακόμη εξήγηση για τη σκοτεινή ενέργεια είναι ότι πρόκειται για ένα νέο είδος δυναμικού ενεργειακού ρευστού ή πεδίου, κάτι που γεμίζει όλο το χώρο, αλλά κάτι του οποίου η επίδραση στη διαστολή του σύμπαντος είναι αντίθετη από εκείνη της ύλης και της κανονικής ενέργειας. Ορισμένοι θεωρητικοί το ονόμασαν "πεμπτουσία", από το πέμπτο στοιχείο των Ελλήνων φιλοσόφων. Αλλά, αν η πεμπτουσία είναι η απάντηση, δεν ξέρουμε ακόμα πώς είναι, με τι αλληλεπιδρά ή γιατί υπάρχει. Έτσι το μυστήριο συνεχίζεται.

Μια τελευταία πιθανότητα είναι ότι η θεωρία της βαρύτητας του Αϊνστάιν δεν είναι σωστή. Αυτό δεν θα επηρέαζε μόνο τη διαστολή του σύμπαντος, αλλά θα επηρέαζε επίσης τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρεται η κανονική ύλη στους γαλαξίες και τα σμήνη γαλαξιών. Το γεγονός αυτό θα μας έδινε έναν τρόπο να αποφασίσουμε αν η λύση στο πρόβλημα της σκοτεινής ενέργειας είναι μια νέα θεωρία βαρύτητας ή όχι: θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε πώς οι γαλαξίες συγκεντρώνονται σε σμήνη.

Αυτό που χρειάζεται για να αποφασίσουμε μεταξύ των δυνατοτήτων της σκοτεινής ενέργειας -μια ιδιότητα του χώρου, ένα νέο δυναμικό ρευστό ή μια νέα θεωρία της βαρύτητας- είναι περισσότερα δεδομένα, καλύτερα δεδομένα.



ΣΚΟΤΕΙΝΗΣ ΥΛΗΣ

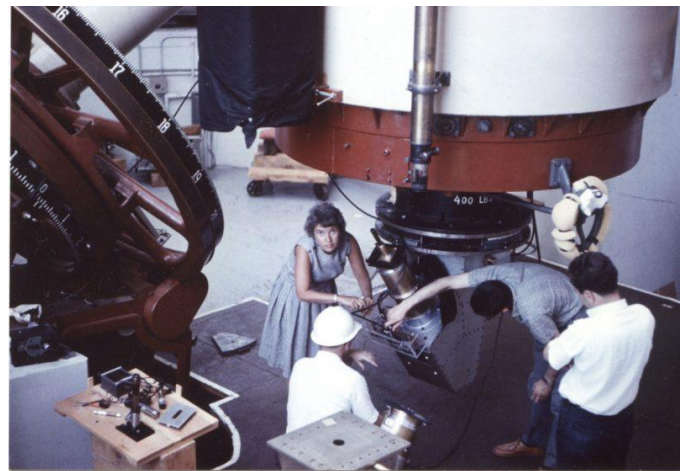
Η ιδέα ότι μπορεί να υπάρχουν πράγματα στο σύμπαν που είναι αόρατα για εμάς, που δεν εκπέμπουν φως, έχει μια μακρά ιστορία που πηγαίνει πίσω εκατοντάδες χρόνια στις μέρες του Νεύτωνα. Με την ανακάλυψη των λεγόμενων "σκοτεινών νεφελωμάτων" - νέφη διαστρικής σκόνης που εμποδίζουν το φως από τα αστέρια του υποβάθρου - και τις εικασίες του Πιερ Λαπλάς τον 18ο αιώνα για αντικείμενα που θα μπορούσαν να καταπιούν το φως, τα οποία αργότερα έγιναν γνωστά ως μαύρες τρύπες, οι αστρονόμοι αποδέχθηκαν την ύπαρξη ενός λεγόμενου "σκοτεινού σύμπαντος"

Αλλά στη σύγχρονη εποχή, ο αστρονόμος Fritz Zwicky, τη δεκαετία του 1930, ήταν αυτός που έκανε τις πρώτες παρατηρήσεις αυτού που σήμερα αποκαλούμε σκοτεινή ύλη. Οι παρατηρήσεις του το 1933 στο σμήνος γαλαξιών Coma έδειξαν ότι έχει μάζα 500 φορές μεγαλύτερη από αυτή που είχε υπολογίσει προηγουμένως ο Edwin Hubble. Επιπλέον, αυτή η επιπλέον μάζα φαινόταν να είναι εντελώς αόρατη. Αν και οι παρατηρήσεις του Zwicky αντιμετωπίστηκαν αρχικά με μεγάλο σκεπτικισμό, αργότερα επιβεβαιώθηκαν από άλλες ομάδες αστρονόμων.

Τριάντα χρόνια αργότερα, η αστρονόμος Vera Rubin παρείχε μια τεράστια απόδειξη για την ύπαρξη της σκοτεινής ύλης. Ανακάλυψε ότι τα κέντρα των γαλαξιών περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα με τα άκρα τους, ενώ, φυσικά, θα έπρεπε να περιστρέφονται ταχύτερα. Σκεφτείτε ένα LP βινυλίου σε ένα δίσκο: το κέντρο του περιστρέφεται γρηγορότερα από την άκρη του. Αυτό υπαγορεύει η λογική ότι θα έπρεπε να βλέπουμε και στους γαλαξίες. Αλλά εμείς δεν το κάνουμε. Ο μόνος τρόπος για να εξηγηθεί αυτό είναι αν ολόκληρος ο γαλαξίας είναι μόνο το κέντρο μιας πολύ μεγαλύτερης δομής, σαν να είναι μόνο η ετικέτα στο LP, που κάνει τον γαλαξία να έχει μια σταθερή ταχύτητα περιστροφής από το κέντρο προς τα

άκρα.

Η Vera Rubin, ακολουθώντας τον Zwicky, υποστήριξε ότι η δομή που λείπει από τους γαλαξίες είναι η σκοτεινή ύλη. Οι ιδέες της συνάντησαν μεγάλη αντίσταση από την αστρονομική κοινότητα, αλλά οι παρατηρήσεις της έχουν επιβεβαιωθεί και θεωρούνται σήμερα ως καίρια απόδειξη της ύπαρξης της σκοτεινής ύλης



Ο αστρονόμος Fritz Zwicky πρόβλεψε πρώτη φορά την ύπαρξη σκοτεινής ύλης στη δεκαετία του 1930 μετά τις παρατηρήσεις του στο Coma Galaxy Cluster

Η πρωτοπόρος στην έρευνα για την σκοτεινή ύλη Vera Rubin(1928-2016)

ΠΩΣ ΑΚΡΙΒΩΣ ΑΝΙΧΝΕΎΕΤΑΙ;

Οι επιστήμονες δεν έχουν ακόμη παρατηρήσει άμεσα τη σκοτεινή ύλη. Δεν αλληλεπιδρά με τη βαρυονική ύλη και είναι εντελώς αόρατο στο φως και άλλες μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, καθιστώντας τη σκοτεινή ύλη αδύνατη να ανιχνευθεί με τα υπάρχοντα όργανα. Αλλά επιστήμονες είναι πεπεισμένοι ότι υπάρχει εξαιτίας των βαρυτικών επιπτώσεων που φαίνεται να έχει στους γαλαξίες και τα συστάδες γαλαξιών. Για παράδειγμα, σύμφωνα με την νευτώνια φυσική, τα αστέρια στις άκρες ενός περιστροφόμενου, σπειροειδούς γαλαξία πρέπει να ταξιδεύουν πολύ πιο αργά από

εκείνους κοντά στο Γαλαξιακό Κέντρο, όπου η ορατή ύλη του συγκεντρώνεται. Αλλά οι παρατηρήσεις δείχνουν ότι τα αστέρια σε τροχιά κινούνται περίπου με την ίδια ταχύτητα ανεξάρτητα από το πού βρίσκονται στον γαλαξιακό δίσκο. Αυτό το αινιγματικό αποτέλεσμα έχει νόημα αν κάποιος υποθέσει ότι τα ακριανά αστέρια αισθάνονται τα βαρυτικά αποτελέσματα μιας αόρατης μαζικής σκοτεινής ύλης-σε ένα φωτοστέφανο γύρω από τον γαλαξία.

Η σκοτεινή ύλη θα μπορούσε επίσης να εξηγήσει ορισμένες οπτικές ψευδαισθήσεις που βλέπουν οι αστρονόμοι στο βαθύ σύμπαν. Για παράδειγμα, οι εικόνες των γαλαξιών που περιλαμβάνουν παράξενα δαχτυλίδια και τόξα φωτός θα μπορούσαν να εξηγηθούν εάν το φως από ακόμη πιο απομακρυσμένους γαλαξίες παραμορφώνεται και μεγεθύνεται από τεράστια, αόρατα σύννεφα σκοτεινής ύλης στο προσκήνιο - ένα φαινόμενο που είναι γνωστό ως βαρυτική φεύγιση.. Διάφορες επιστημονικές ομάδες, συμπεριλαμβανομένης μιας στον Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων του CERN (LHC),εργάζονται επί του παρόντος για τη δημιουργία σωματιδίων σκοτεινής ύλης για μελέτη στο εργαστήριο.

Αρκετές ομάδες προσπαθούν να ανιχνεύσουν τους Wimps με εξαιρετικά ευαίσθητους, βαθιούς υπόγειους ανιχνευτές. Μια σύγκρουση μεταξύ ενός wimp και ενός ατόμου θα αναγκάσει το wimp να αλλάξει κατεύθυνση και οπμή, ενώ το άτομο ανακλάται. Αυτή η ανάκρουση μπορεί να ανιχνευθεί με διάφορους τρόπους. Στους ημιαγωγούς και μερικά υγρά και αέρια, μπορεί να μετρηθεί ένα φορτίο ιονισμού που απελευθερώνεται από το άτομο επανάκλασης.

Τα προϊόντα αποσύνθεσης των Wimps ίσως μπορούν να ανιχνευθούν από το (LHC). Το LHC δεν αναμένεται να ανιχνεύσει τους Wimps, αλλά θα μπορούσε να ανιχνεύσει τα προϊόντα αποσύνθεσης, που ονομάζονται superWimps. Είναι ενδιαφέρον ότι η αστρονομία, και όχι η σωματιδιακή φυσική, μπορεί να είναι σε θέση να λύσει το δικό της «πρόβλημα μάζας». Στα σωματίδια σκοτεινής ύλης, σε ορισμένα μοντέλα, μπορεί να εξαερωθούν και να παράξουν δευτερεύοντα σωματίδια. Δύο Wimps, το καθένα με μάζα μεταξύ 50 - 200 GeV μπορεί να εξαντληθούν και να παράγουν δύο φωτόνια ακτίνων γάμμα, η ενέργεια των οποίων θα ισούται με τη μάζα ενός WIMP . Τα Gamma Ray Telescopes, όπως το Fermi Gamma Ray Space Telescope, παρατηρούν το Γαλαξιακό Κέντρο (όπου πρέπει να υπάρχει η υψηλότερη πυκνότητα της κοντινής σκοτεινής ύλης) και ψάχνουν για συγκεκριμένες οπτικές υπογραφές ενέργειας γάμμα.

ΈΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΎΛΗ

Αν και η σκοτεινή ύλη είναι διαφορετική από τη συνηθισμένη ύλη, υπάρχουν πολλά πειράματα που εργάζονται για την ανίχνευση του ασυνήθιστου υλικού.

Το άλφα μαγνητικό φασματομέτρο (AMS), ένας ευαίσθητος ανιχνευτής σωματιδίων στον διεθνή διαστημικό σταθμό, λειτουργεί από την εγκατάστασή της το 2011.

Μέχρι στιγμής, η AMS έχει παρακολουθήσει περισσότερα από 100 δισεκατομμύρια κοσμικές ακτίνες χτυπήματα στους ανιχνευτές του, έχουν μετρήσει μια περίσσεια positrons [το αντίστοιχο αντιύλης σε ένα ηλεκτρόνιο] και αυτή η περίσσεια μπορεί να προέλθει από τη σκοτεινή ύλη. Αλλά αυτή τη στιγμή, χρειάζονται ακόμα περισσότερα δεδομένα για να

βεβαιωθεί ότι είναι από τη σκοτεινή ύλη και όχι από μερικές παράξενες αστροφυσικές πηγές

Κάτω από ένα βουνό στην Ιταλία, το Xenon1T του LNGS παρακαλουθεί για σημάδια αλληλεπιδράσεων όταν Wimps συγκρούονται με άτομα Ξένου.

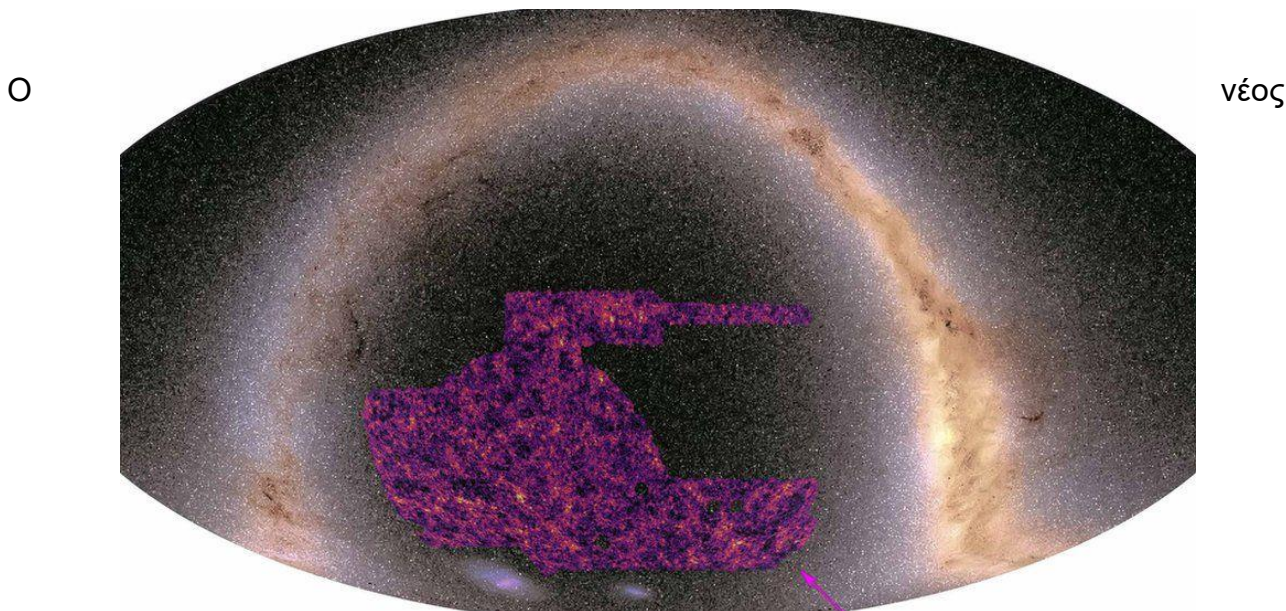
Το Large Underground Xenon dark-matter experiment (LUX), που βρίσκεται σε ένα χρυσωρυχείο στη Νότια Ντακότα, ψάχνει επίσης για σημάδια των αλληλεπιδράσεων Wimp και Ξένου. Όμως, το όργανο δεν βρήκε τίποτα ακόμα.

Το Παρατηρητήριο Neutrino Icecube, ένα πείραμα που θαμμένο κάτω από τον πάγο της Ανταρκτικής, είναι ψάχνει για αποστειρωμένα νετρίνα (sterile neutrinos). Τα αποστειρωμένα νετρίνα αλληλεπιδρούν μόνο με τακτική ύλη μέσω της βαρύτητας, καθιστώντας τον ισχυρό υποψήφιο για σκοτεινή ύλη.

Άλλα όργανα ερευνούν για σκοτεινή ύλη. Το Ευρωπαϊκό Διαστημόπλοιο Planck του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος οικοδομεί ένα χάρτη του Σύμπαντος από τότε που ξεκίνησε το 2009. Παρατηρώντας τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρά η μάζα του σύμπαντος, το διαστημικό σκάφος μπορεί να διερευνήσει τόσο τη σκοτεινή ύλη όσο και τον συνεργάτη της, τη σκοτεινή ενέργεια.

Το 2014, το διαστημικό τηλεσκόπιο της NASA Gamma-Ray Space Telescope έκανε χάρτες της καρδιάς του Γαλαξία μας στο φάσμα ακτίνων γάμμα, αποκαλύπτοντας μια περίσσεια εκπομπών ακτίνων γάμμα που εκτείνεται από τον πυρήνα του.

Η περίσσεια μπορεί να εξηγηθεί από εξόντωση σωματιδίων σκοτεινής ύλης με μάζα μεταξύ 31 και 40 δισεκατομμυρίων ηλεκτρονίων βολτ. Το αποτέλεσμα από μόνο του δεν αρκεί να θεωρηθεί ένα όπλο καπνίσματος για σκοτεινή ύλη. Πρόσθετα στοιχεία από άλλα σχέδια παρατήρησης ή πειράματα άμεσης ανίχνευσης απαιτούνται για την επικύρωση της ερμηνείας.



χάρτης σκοτεινής ύλης δεν μοιάζει πολύ με αυτό που αναμενόταν από τους αστρονόμους. Έχουν μια ακριβή ιδέα της κατανομής της ύλης 350,000 έτη μετά το Big Bang, από ένα παρατηρητήριο της ESA που ονομάζεται Planck. Μέτρησε την ακτινοβολία που εξακολουθεί να υπάρχει από εκείνη τη στιγμή, που ονομάζεται κοσμικό υπόβαθρο μικροκυμάτων

Με βάση τις ιδέες του Αϊνστάιν, αστρονόμοι ανέπτυξαν ένα μοντέλο για να υπολογίσει το πώς έπρεπε να διασκορπιστεί η ύλη τα επόμενα 13,8 δις χρόνια. Αλλά οι πραγματικές παρατηρήσεις από το νέο χάρτη είναι έξω για λίγα τοις εκατό - που δείχνει ότι η ύλη είναι ελαφρώς πιο ομοιόμορφα εξαπλωμένη.

ΚΑΙ Η ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ;

Τα νέα αποτελέσματα της έρευνας δεν εξηγούν την φυσική μέθοδος με την οποία η σκοτεινή ενέργεια προκαλεί την επιταχυνόμενη διαστολή του σύμπαντος. Το απλούστερο και το πιο γνωστό φαινομενολογικό μοντέλο για τη σκοτεινή ενέργεια είναι η ενεργειακή πυκνότητα του κενού, που ενσωματώνεται στις εξισώσεις πεδίου γενικής σχετικότητας από τον όρο της κοσμολογικής σταθεράς Λ . Με την εκτέλεση μιας ανάλυσης συνδυασμού μεγάλης κλίμακας τριών λειτουργιών συσχέτισης δύο σημείων: κοσμική διάτμηση χρησιμοποιώντας 100 εκατομμύρια γαλαξίες πηγής, συμπλέγματα γαλαξιών και η διασταυρούμενη συσχέτιση της διάτμησης αρχικών γαλαξιών με τις θέσεις γαλαξιακών φακών και τα δεδομένα εντός των επίπεδων κοσμολογικών μοντέλων του Λ CDM και του w CDM, περιθωριοποιώντας πάνω από 25 παραμέτρους ενόχλησης. Βρίσκονται έτσι συνεπή κοσμολογικά αποτελέσματα για να υπολογιστεί η ενεργειακή πυκνότητα του κενού $w = -0.98^{+0.32}_{-0.20}$ στο w CDM, το οποίο αν αποδειχθεί ικανοποιητικά ακριβές σημαίνει ότι η διαστολή του σύμπαντος, αντίθετα με τις μέχρι πρότινος παρατηρήσεις, επιβραδύνεται αντί να επιταχύνεται.

ΕΊΝΑΙ ΑΠΑΡΑΪΤΗΤΗ; ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ;

Ο Filippo Fraternali και οι συνάδελφοί του εντόπισαν έξι μυστηριώδεις διάχυτους γαλαξίες, οι οποίοι σε αντίθεση με σχεδόν κάθε άλλο γαλαξία - συμπεριλαμβανομένου του δικού μας - δεν φαινόταν να είναι γεμάτοι με τεράστιες μάζες σκοτεινής ύλης, γεγονός που κανονικά συγκρατεί αυτές τις αστρικές μητροπόλεις με τη βαρύτητά τους. Οι επιστήμονες επέλεξαν έναν για να μεγεθύνουν, έναν μεσαίου μεγέθους γαλαξία περίπου 250.000.000 έτη φωτός μακριά. Αυτά τα παράξενα αντικείμενα ονομάζονται "υπερ-διάχυτοι γαλαξίες". Είναι ακραίοι και υπερβολικοί: από την άποψη της μάζας τους, είναι μικροσκοπικοί, αλλά εξαπλώνονται σε τεράστιες αποστάσεις. Μερικοί είναι τόσο μεγάλοι όσο ο Γαλαξίας μας, αλλά με μόνο ένα

εκατοστό των αστεριών - ή ακόμα λιγότερα. Είναι τόσο κοντά στο να είναι διαφανείς που είναι δύσκολο να κατασκοπεύουν στον νυχτερινό ουρανό

Αλλά οι μετρήσεις από τον Fraternali και την ομάδα του δείχνουν ότι, για τον εξαιρετικά διάχυτο γαλαξία τους, δεν χρειάζεται να υπάρχει σκοτεινή ύλη. Οι ταχύτητες περιστροφής που μετρήθηκαν ταιριάζουν με τη μάζα των αστεριών και τα νέφη αερίου που παρατηρήθηκαν, χωρίς να απαιτείται επιπλέον μάζα που δεν είναι οπτική. Η ερευνητική ομάδα στοχεύει να μελετήσει αυτούς τους γαλαξίες, μεταξύ άλλων στα περίχωρά τους, με περισσότερες λεπτομέρειες σε περίπτωση που υπάρχει έλλειψη μάζας που ο Fraternali δεν έχει ανιχνεύσει

Ορισμένοι αστρονόμοι προσπάθησαν να 'αφαιρέσουν' την ανάγκη για την ύπαρξη της σκοτεινής ύλης εντελώς με τη σύνταξη κάτι που ονομάζεται Modified Newtonian Dynamics (Mond). Η ιδέα πίσω από αυτό είναι ότι η βαρύτητα συμπεριφέρεται διαφορετικά σε μεγάλες αποστάσεις σε σχέση με αυτό που κάνει τοπικά, και αυτή η διαφορά συμπεριφοράς εξηγεί τα φαινόμενα όπως οι καμπύλες περιστροφής των γαλαξιών που αποδίδουμε στη σκοτεινή ύλη. Παρόλο που το Mond έχει τους υποστηρικτές του, ενώ μπορεί να εξηγήσει την καμπύλη περιστροφής ενός μεμονωμένου γαλαξία, οι τρέχουσες εκδόσεις του Mond απλά δεν μπορούν να λάβουν υπόψη τη συμπεριφορά και την κυκλοφορία της ύλης σε μεγάλες δομές, όπως οι συγκεντρώσεις γαλαξιών και, στην τρέχουσα μορφή, θεωρείται ανίκανη να αντιπροσωπεύσει πλήρως την ύπαρξη σκοτεινής ύλης. Δηλαδή, η βαρύτητα συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο σε όλες τις κλίμακες απόστασης. Οι περισσότερες εκδόσεις του Mond, από την άλλη πλευρά, έχουν δύο εκδόσεις βαρύτητας, το ασθενέστερο ένα που συμβαίνει σε περιοχές χαμηλής μάζας συγκέντρωσης όπως στα περίχωρα των γαλαξιών. Ωστόσο, δεν είναι αδιανόητο ότι κάποια νέα έκδοση του Mond στο μέλλον θα μπορούσε ακόμα να αντιπροσωπεύει τη σκοτεινή ύλη.

Στην έρευνα που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό *Astrophysical Journal*, οι επιστήμονες αναφέρουν μικρές αποκλίσεις στις τροχιακές ταχύτητες των μακρινών αστεριών που πιστεύουν ότι αποκαλύπτουν ένα ελαφρύ βαρυτικό αποτέλεσμα - και ένα που θα μπορούσε να τερματίσει τις επικρατούσες ιδέες της σκοτεινής ύλης.

Η μελέτη προτείνει μια ελλιπή επιστημονική κατανόηση της βαρύτητας πίσω από αυτό που φαίνεται να είναι η βαρυτική δύναμη των γαλαξιών και των συμπλεγμάτων γαλαξιών, αντί για τεράστια σύννεφα της σκοτεινής ύλης. Παρόλα αυτά, η θεωρία της MOND διατυπώθηκε για να λογοδοτήσει τις διαφορές περιστροφής στους γαλαξίες, η δοκιμή του στους γαλαξίες αναμένεται να επιστρέψει πειστικά αποτελέσματα. Αντίθετα, το Mond χρειάζεται να δοκιμαστεί με επιτυχία σε άλλα αντικείμενα, όπως ομάδες των γαλαξιών

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η φύση της σκοτεινής ύλης και ενέργειας παραμένει άγνωστη. Ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρούν με την ύλη και τον χωροχρόνο όμως μας επιτρέπουν να συμπεράνουμε την ύπαρξή τους και να υπολογίσουμε την ποσότητά τους. Μάλιστα μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε και να εξηγήσουμε την διαστολή τους σύμπαντος με βάση την ενεργειακή πυκνότητα του κενού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

https://www.darkenergysurvey.org/wp-content/uploads/2021/05/desy3_3x2_results.pdf

<https://www.wired.com/story/astonomers-discover-a-strange-galaxy-without-dark-matter/>

<https://www.bbc.com/news/science-environment-57244708>

<https://www.nationalgeographic.com/science/article/dark-matter>

<https://www.space.com/20930-dark-matter.html>

<https://www.britannica.com/science/dark-matter>

<https://astronomy.swin.edu.au/cosmos/d/Dark+Matter>

<https://earthsky.org/astronomy-essentials/definition-what-is-dark-matter/>

<https://www.livescience.com/dark-matter.html>

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/What_are_dark_matter_and_dark_energy

<https://science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/what-is-dark-energy>