

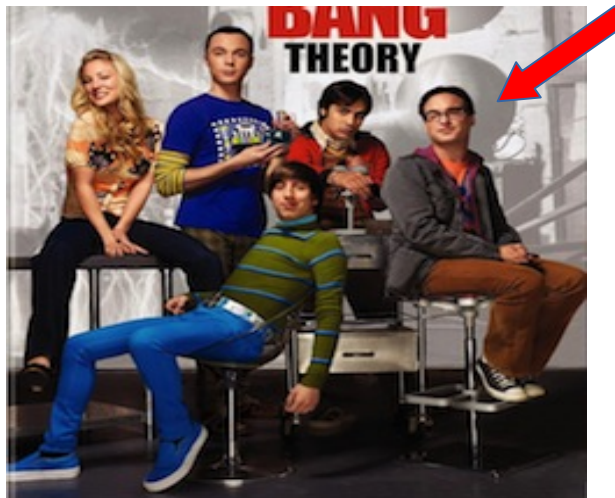
ΤΟ ΑΙΝΙΓΜΑ ΤΗΣ ΣΚΟΤΕΙΝΗΣ ΥΛΗΣ

-
Ελένη Πετράκου

- Τι εννοούμε “σκοτεινή ύλη”
- Τι ξέρουμε για αυτήν
- Προσπάθειες για να βρούμε τι είναι

Ελληνική Ερασιτεχνική Αστρονομική Ένωση
Αστεροσκοπείο Πεντέλης, 15 / 1 / 23

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ



- Φυσικό Πατρών



- Ερευνητικό κέντρο Δημόκριτος

- National Taiwan University
& CERN



- Institute for Basic Science, N.Κορέα



#1 ΤΙ ΕΝΝΟΟΥΜΕ “ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΥΛΗ”;



ΤΙ ΕΝΝΟΟΥΜΕ “ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΥΛΗ”; (DARK MATTER)

“Κανονική” ύλη:



Εδώ και περίπου τέσσερις δεκαετίες, αστρονομικές παρατηρήσεις δείχνουν ότι σε κάθε γαλαξία η “κανονική” ύλη αποτελεί μόνο το $1/6$ της συνολικής!

Δεν ξέρουμε ακόμα από τι αποτελούνται τα υπόλοιπα $5/6$.

ΓΙΑΤΙ “ΣΚΟΤΕΙΝΗ”;



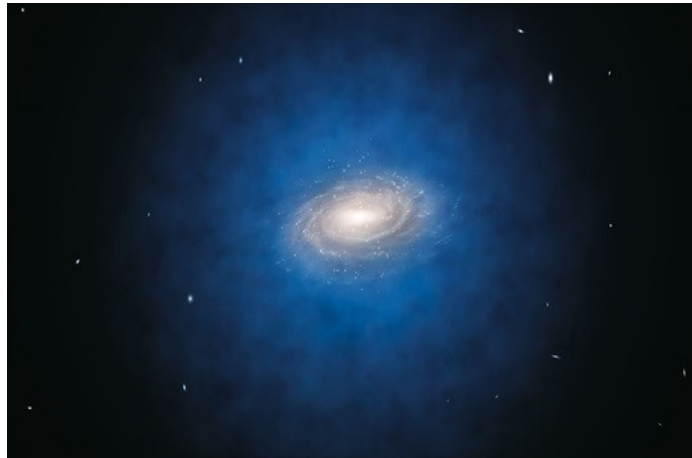
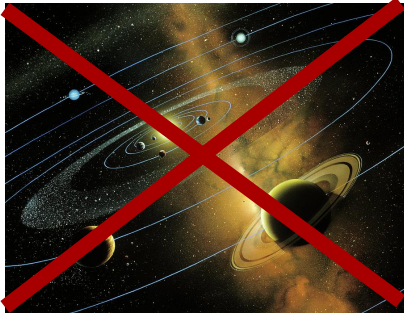
- Δε φαίνεται.
- Δεν εκπέμπει φως. (όχι μόνο ορατό αλλά και ακτίνες-Χ, ραδιοκύματα κτλ.)
- Γενικότερα όχι φυσική που ξέρουμε μέχρι σήμερα, εκτός από βαρυτική έλξη.
- Είναι μυστηριώδης...

#2 ΤΙ ΞΕΡΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗ ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΥΛΗ;

- ♦ Πώς ξέρουμε ότι υπάρχει;
- ♦ Πού βρίσκεται;



ΠΩΣ ΞΕΡΟΥΜΕ ΟΤΙ ΥΠΑΡΧΕΙ;

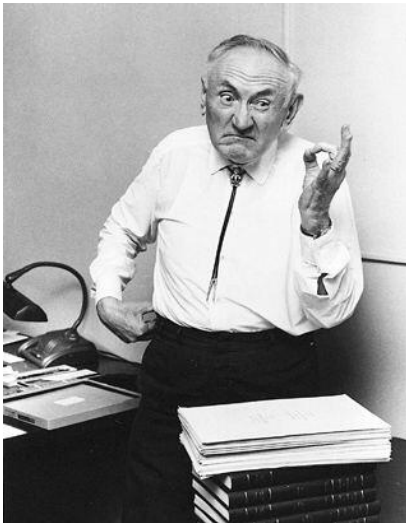


★ Ταχύτητες περιστροφής των άστρων στους γαλαξίες

Τα αστέρια περιστρέφονται γύρω από το κέντρο των γαλαξιών τους το ίδιο γρήγορα, όσο μακριά κι αν βρίσκονται από το κέντρο.

Η πιο απλή εξήγηση είναι πως υπάρχει υψηλή συγκέντρωση μάζας που δε βλέπουμε.

ΠΩΣ ΞΕΡΟΥΜΕ ΟΤΙ ΥΠΑΡΧΕΙ;

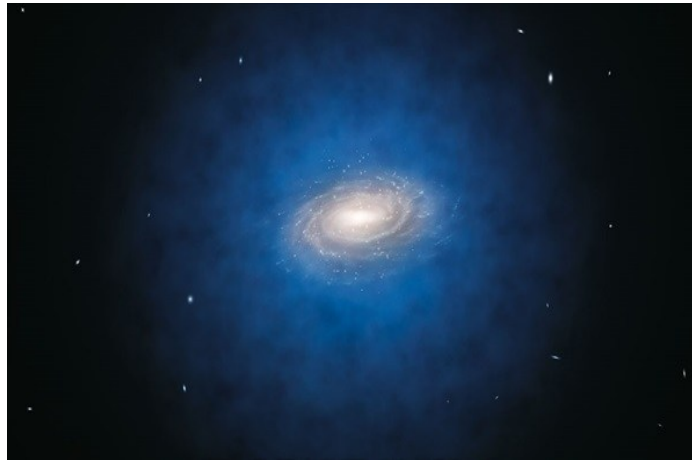


Fritz Zwicky

δεκαετία 1930

Σμήνος της Κόμης

~1.000 γαλαξίες που κινούνται
υπερβολικά γρήγορα



Vera Rubin

δεκαετία 1970

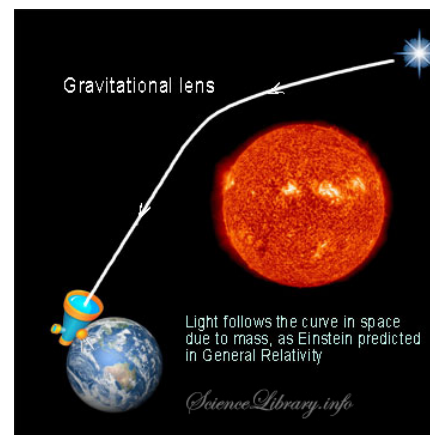
ταχύτητες περιστροφής άστρων

σε ~20 γαλαξίες

ΒΑΡΥΤΙΚΗ ΕΣΤΙΑΣΗ

Η κίνηση του φωτός δεν είναι ευθεία:

Η διαδρομή του καμπυλώνει από ισχυρή βαρύτητα.



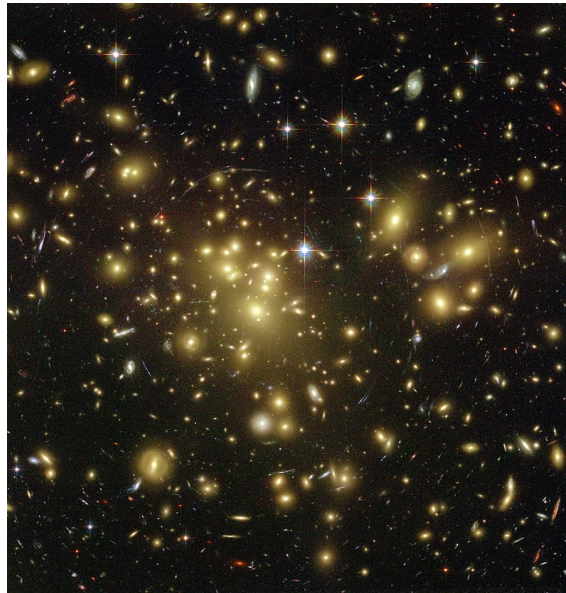
“Εστίαση” του φωτός λόγω βαριών σωμάτων (γαλαξίες, σμήνη, μαύρες τρύπες):

Μετατοπισμένα είδωλα.

Πολλαπλά, παραμορφωμένα είδωλα.

ΠΩΣ ΞΕΡΟΥΜΕ ΟΤΙ ΥΠΑΡΧΕΙ;

→ Από το πόσο έντονη είναι η βαρυτική εστίαση, βρίσκουμε τη μάζα του σώματος που την προκαλεί.



★ Βαρυτική εστίαση σμηνών γαλαξιών

Για δεκάδες σμήνη, η μάζα τους όπως υπολογίζεται από βαρυτική εστίαση είναι 6 φορές μεγαλύτερη από την ορατή.

ΠΩΣ ΞΕΡΟΥΜΕ ΟΤΙ ΥΠΑΡΧΕΙ;

★ Bullet cluster (το σμήνος - βλήμα)



Το κέντρο βάρους των δύο σμηνών είναι μετατοπισμένο έξω από αυτό της “κανονικής” ύλη τους.

ΚΥΡΙΕΣ (ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΕΣ) ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΓΙΑ ΥΠΑΡΞΗ ΣΚΟΤΕΙΝΗΣ ΥΛΗΣ

- ★ Ταχύτητες περιστροφής των άστρων στους γαλαξίες
- ★ Βαρυτική εστίαση σμηνών γαλαξιών
- ★ Bullet cluster

ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ;

Τη χαρτογραφούμε κυρίως μέσω της βαρυτικής εστίασης.



Πιστεύουμε ότι:

- Δε συσσωρεύεται ώστε να σχηματίζει μεγάλα αντικείμενα.
- Δε βρίσκεται έξω από γαλαξίες και σμήνη γαλαξιών.
- Επίσης θεωρείται ότι αποτελεί τη “ραχοκοκαλιά” όπου σχηματίστηκαν οι γαλαξίες.



κοσμικός ιστός (προσομοίωση)

#3 (ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΓΙΑ ΝΑ ΒΡΟΥΜΕ) ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΥΛΗ;



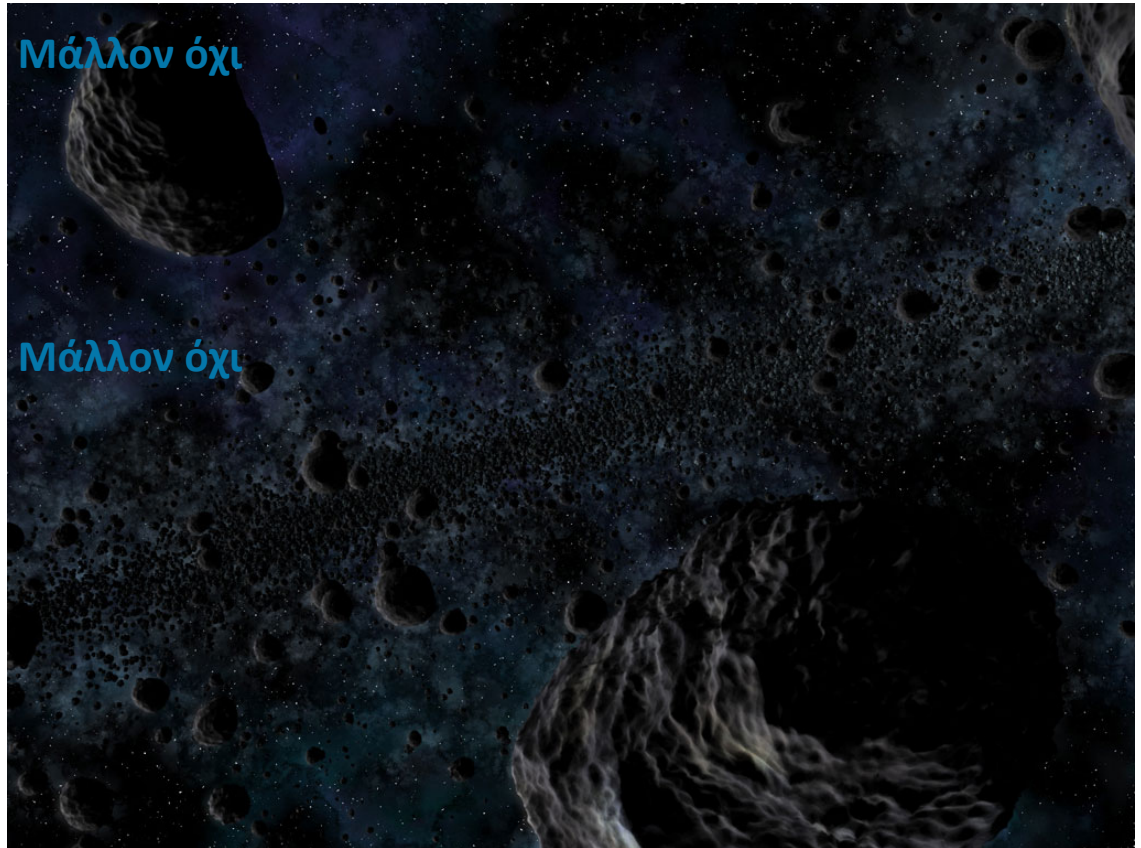
ΤΙ ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΣΕ ΝΑ ΕΙΝΑΙ (ΑΛΛΑ ΔΕΝ)

- Ουράνια σώματα που απλά δεν ακτινοβολούν (π.χ. “καφέ νάνοι” ή αστέρες νετρονίων);

» Μάλλον όχι

- Μαύρες τρύπες;

» Μάλλον όχι



ΕΙΝΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙ ΥΛΗ;

Μήπως απλά δε “ζυγίζουμε” σωστά την κανονική ύλη;

Μήπως οι θεωρίες μας για τη βαρύτητα δεν είναι σωστές σε μεγάλες αποστάσεις; (→ θεωρίες τροποποιημένης βαρύτητας, *modified gravity*)

Επιπλέον, υπάρχουν κάποια διαφορετικά ευρήματα.



Πρώτες παρατηρήσεις του James Webb Space Telescope δείχνουν υπερβολικά αρχέγονους γαλαξίες υπερβολικά μεγάλους.
→ Αντίθεση με το επικρατόν κοσμολογικό μοντέλο και τον ρόλο της σκοτεινής ύλης στο πρώιμο σύμπαν.

ΕΙΝΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙ ΥΛΗ;

Υπάρχουν όμως και πρακτικές ενδείξεις υπέρ της “ύλης”.



Bullet cluster, και πάλι.

✳ Έχουν εντοπιστεί 2 γαλαξίες χωρίς σκοτεινή ύλη.



Ισχυρό επιχείρημα υπέρ της “ύλης”.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΣΚΟΤΕΙΝΗΣ ΥΛΗΣ

Έστω ότι είναι ύλη.

Τι ξέρουμε τότε για αυτή;

- Αποτελείται από σωματίδια (γιατί τα πάντα αποτελούνται από σωματίδια).
- Αποτελείται από σωματίδια άγνωστα μέχρι τώρα.
- Τα σωματίδια αυτά δε σχηματίζουν “ισχυρούς δεσμούς” μεταξύ τους.
- Αυτό είναι όλο.



“ΤΑ ΠΑΝΤΑ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ”

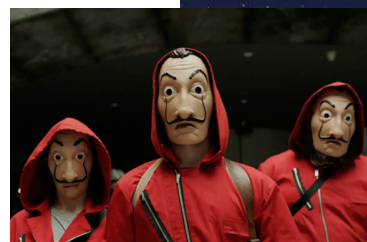
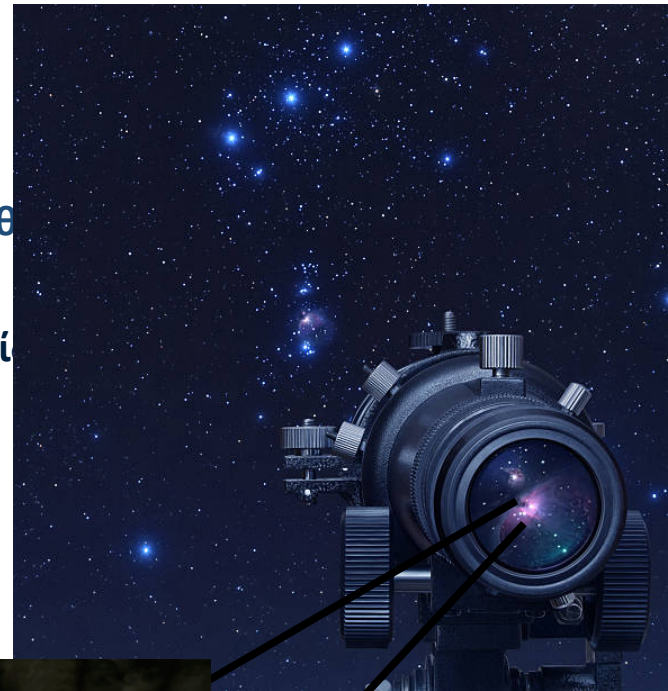
Καθιερωμένο Πρότυπο (Standard Model): το θεωρητικό μοντέλο πίσω από τα στοιχειώδη σωματίδια σήμερα.

- 25 είδη σωματιδίων είναι τα μικρότερα “αντικείμενα” που “χτίζουν” το σύμπαν.
- Πολύ πετυχημένο πειραματικά.

Θεωρίες πέρα από το Καθιερωμένο Πρότυπο.

- Αρκετές.
 - Κάποιες προβλέπουν σωματίδια που θα αποτελούσαν τη σκοτεινή ύλη.
- ➡ Αρκετά υποψήφια καινούργια σωματίδια

Οι αστροφυσικές παρατηρήσεις σκοτεινής ύλης δεν μπορούν να πουν κάτι για το είδος των σωματιδίων της.

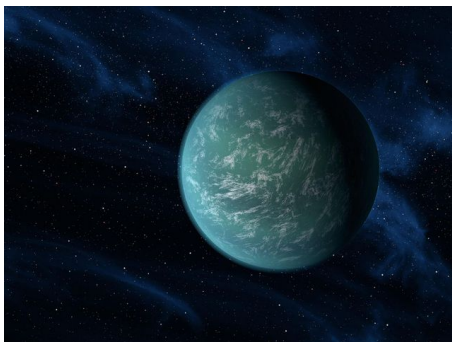


ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΣΚΟΤΕΙΝΗΣ ΥΛΗΣ

Ποια είναι η λύση;

- » Πειράματα που ψάχνουν για συγκεκριμένο σωματίδιο το καθένα.

Πού;



- » Στη Γη. Περνάμε μέσα από την “άλω” του γαλαξία.

Quiz:

Πόσα τέτοια πειράματα βρίσκονται σε λειτουργία σήμερα;

> Περίπου 70 <

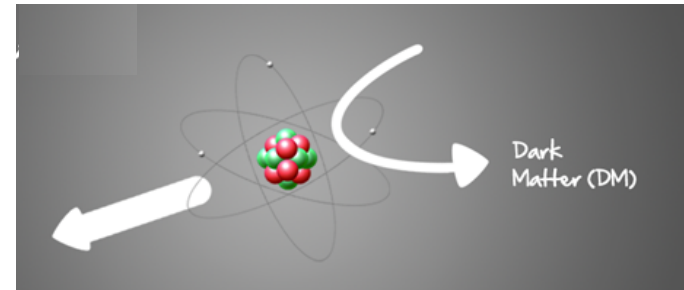
Τα περισσότερα από αυτά κοιτάζουν για δύο είδη υποθετικών σωματιδίων:
WIMPs, Axions.

WIMPs: ΒΑΡΙΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΜΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

(Weakly interacting massive particles)

Δύο χαρακτηριστικά:

- Βαριά.
- Πολύ ασθενείς “δεσμοί” με κάποια από τα γνωστά σωματίδια.



Ανιχνεύονται με υλικά μεγάλης πυκνότητας, σε μεγάλους όγκους, απομονωμένα από το περιβάλλον.



πείραμα SNOLAB, Καναδάς

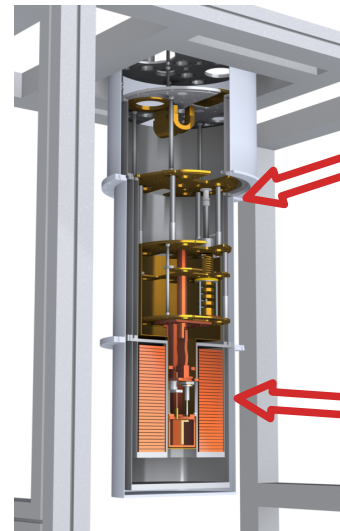
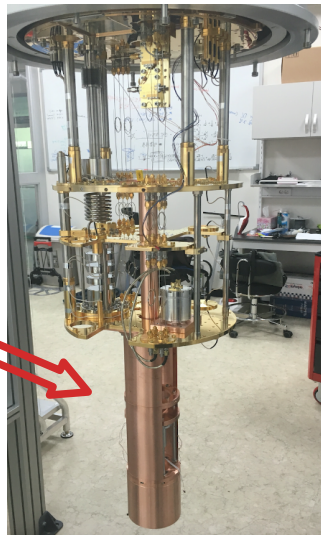
Δύο χαρακτηριστικά:

- Πολύ ελαφριά αλλά σε μεγάλες ποσότητες.
- Όταν βρεθούν σε δυνατό μαγνητικό πεδίο θα προκαλέσουν εκπομπή σήματος (ραδιοκύματα).

Πολύ αδύναμο σήμα (όσο ένα κινητό στον Άρη).



μεταλλική
κοιλότητα



κρυογονικός
θάλαμος

μαγνήτης

πείραμα CAPP-8TB, Ν.Κορέα

Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΗΜΕΡΑ

- ♦ Δεν έχει βρεθεί κάποιο από τα υποψήφια σωματίδια (προφανώς).

Σε αυτές τις περιπτώσεις τα αποτελέσματα των πειραμάτων “κόβουν” τις δυνατές τιμές της μάζας του σωματίδιου.



“ ΤΟ ΑΙΝΙΓΜΑ ΤΗΣ ΣΚΟΤΕΙΝΗΣ ΥΛΗΣ ”

- Οι γαλαξίες ζυγίζουν 6 φορές περισσότερο από ό,τι η “κανονική” ύλη που παρατηρούμε να έχουν.
- Απλούστερη εξήγηση: Τα 5/6 της ύλης έχουν άγνωστη σύσταση. Υπάρχουν και άλλες πιθανές εξηγήσεις αλλά αυτή δείχνει η πιο κοντινή στα μέχρι τώρα δεδομένα.
- Χαρτογραφούμε τη σκοτεινή ύλη μέσω της βαρυτικής εστίασης· αλλά δεν ξέρουμε πολλά περισσότερα γι’ αυτήν.
- Ορισμένες θεωρίες προβλέπουν νέα είδη σωματιδίων που θα μπορούσαν να αποτελούν τη σκοτεινή ύλη. Αρκετά πειράματα ερευνούν την ύπαρξή τους.
- Η δραστηριότητα συνεχίζεται (με εξειδικευμένες αστροφυσικές παρατηρήσεις, προσομοιώσεις, νέες θεωρίες, . . .)



“ ΤΟ ΑΙΝΙΓΜΑ ΤΗΣ ΣΚΟΤΕΙΝΗΣ ΥΛΗΣ ”

- Οι γαλαξίες ζυγίζουν 6 φορές περισσότερο από ό,τι η “κανονική” ύλη που παρατηρούμε να έχουν.

- Απλούστερη εξήγηση: Τα 5/6 της ύλης
Υπάρχουν και άλλες πιθανές εξηγήσεις, αλλά η πιο πιθανή στα μέχρι
τώρα δεδομένα.

- Χαρτογραφώντας τον χώρο, οι αστρονόμοι έχουν ανακαλύψει νέες εστίασης· αλλά δεν
ξέρουμε πολλά.

- Ορισμένες θεωρίες προτείνουν νέα είδη σωματιδίων που θα μπορούσαν να
αποτελούν τη σκοτεινή ύλη. Αρκετά
πειράματα ερευνούν την ύπαρξή τους.

- Η δραστηριότητα συνεχίζεται
(με εξειδικευμένες αστροφυσικές
παρατηρήσεις, προσομοιώσεις,
νέες θεωρίες, . . .)

Το αίνιγμα είναι γνωστό εδώ και σαράντα
χρόνια.
Η λύση του σίγουρα θα αλλάξει την εικόνα μας
για το σύμπαν.



Καλές παρατηρήσεις!



© Shingo TAKEI

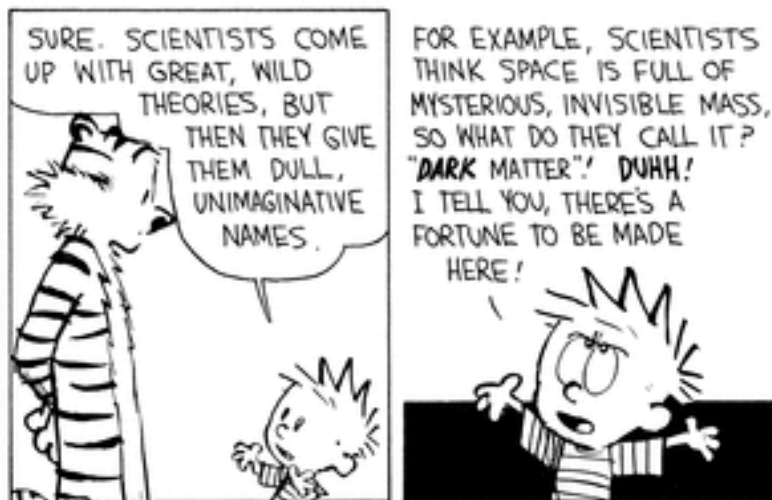
“Το αίνιγμα της σκοτεινής ύλης”

Ελένη Πετράκου

-

Ελληνική Ερασιτεχνική Αστρονομική Ένωση

Αστεροσκοπείο Πεντέλης, 15/1/2023



“ Οι επιστήμονες βγάζουν φοβερές θεωρίες και μετά τους δίνουν βαρετά ονόματα.

Για παράδειγμα, οι επιστήμονες πιστεύουν ότι το διάστημα είναι γεμάτο από μια μυστηριώδη αόρατη μάζα, και πώς πάνε και τη λένε; ‘Σκοτεινή ύλη’! Έλεος! Εδώ μπορούμε να βγάλουμε λεφτα! ”

The Ph-word blog:

