



## Μαθήματα Κοσμολογίας με Απλά Υλικά



Τίνα Νάντσου, Φυσικός  
Επιστημονικός Συνεργάτης Εργαστηρίου Φυσικής Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου  
Αθηνών

# Α. Απλά πειράματα και δράσεις στην Κοσμολογία

## Εισαγωγή

Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε τη θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης και την σύνδεσή της με την Γενική Θεωρία της Σχετικότητας.

## Κεντρικά ερωτήματα

- A. Ποια είναι η επιστημονική γνώση για τη Μεγάλη Έκρηξη;
- B. Τι είναι ο Νόμος του Hubble;
- Γ. Τι είναι η κοσμική ακτινοβολία;

## Εναλλακτικές Ιδέες μαθητών/τριών για την Δημιουργία του Σύμπαντος

Η φύση των ουράνιων σωμάτων, οι αποστάσεις και οι διαστάσεις του Σύμπαντος είναι πολύ δύσκολο να γίνουν αντιληπτές στις μικρές ηλικίες. Τα παιδιά έχουν προσωπικές πεποιθήσεις για τη δημιουργία του κόσμου, πίστη στη μοναδικότητα της Γης και του Ήλιου καθώς και στην αιώνια ύπαρξη τους. Μεγάλο ρόλο στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών διαδραματίζει η Θρησκεία, οι ταινίες επιστημονικής φαντασίας, τα κινούμενα σχέδια και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια που παραβιάζουν συστηματικά τους νόμους της Φυσικής. Τέλος, καθαριστικό ρόλο παίζει η έλλειψη ενημέρωσης για τις τρέχουσες επιστημονικές εξελίξεις και η παροχή ξεπερασμένης γνώσης από το σχολείο.

## Εναλλακτικές Ιδέες μαθητών/τριών για το Διάστημα

- α. Το διάστημα είναι κενό
- β. Οι μαύρες τρύπες είναι μεγάλες
- γ. Οι τροχιές των πλανητών είναι κύκλοι
- δ. Το φως πάντοτε διαδίδεται ευθύγραμμο

## Σκοποί και Στόχοι

Στόχος μας είναι να διερευνήσουμε μαζί με τα παιδιά τις βασικές αρχές της σύγχρονης κοσμολογίας χωρίς να χρησιμοποιήσουμε μαθηματικά ερμηνευτικά μοντέλα.

## Διδακτική Μεθοδολογία

Η προτεινόμενη διδακτική μεθοδολογία είναι η Επιστημονική Μεθοδολογία με Διερεύνηση που περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Έναυσμα ενδιαφέροντος – Παρατηρώ, Πληροφορούμαι, Ενδιαφέρομαι
2. Διατύπωση Υποθέσεων – Συζητώ, Προβληματίζομαι, Αναρωτιέμαι, Υποθέτω
3. Πειραματισμός – Ενεργώ, Πειραματίζομαι

4. Διατύπωση Θεωρίας – Συμπεραίνω, Καταγράφω
5. Συνεχής Έλεγχος – Εφαρμόζω, Εξηγώ, Γενικεύω

Αρχικά, ζητώ από τους μαθητές να δουλέψουν ατομικά και μετά να συγκροτήσουν μικρές ομάδες για να συζητήσουν, προβλέψουν τις διάφορες παραμέτρους της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης που εξετάζεται με βάση τα εναύσματα που τους δόθηκαν ( βίντεο, φωτογραφίες, προσωπικές εμπειρίες παρατήρηση περιβάλλοντος κλπ) . Έπειτα, καταγράφουν τις απόψεις τους και τις υποθέσεις τους.

Ποια είναι τα σημαντικότερα μοντέλα εναλλακτικών ιδεών των μαθητών; Πώς δημιουργήθηκε το Σύμπαν κατά τους μαθητές;

Στόχος μας θα είναι οι μαθητές να ενθαρρύνονται να ελέγξουν τις ιδέες τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να αναπτύξουν νέες ιδέες ή να αντικαταστήσουν τις προϋπάρχουσες με άλλες. Σκοπός του εκπαιδευτικού είναι οι αλλαγές αυτές στις ιδέες των μαθητών να γίνουν αυθόρμητα και να προσεγγίζουν σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο.

Στη συνέχεια καλούμε τους μαθητές να εκτελέσουν το πείραμα της συγκεκριμένης ενότητας και να αιτιολογήσουν τα αποτελέσματα τους.

Εάν επαληθευθούν οι προβλέψεις τους μετά από το πείραμα, τότε έχουμε επαλήθευση της προϋπάρχουσας γνώσης. Εάν όχι, τότε έχουμε γνωστική σύγκρουση.

Αφού προκύψει η γνωστική σύγκρουση, τότε και μόνο τότε θα τους οδηγήσουμε στην επιστημονική γνώση όσον αφορά στην σύγχρονη Φυσική και τις βασικές αρχές της.

Μετά την υλοποίηση των παρακάτω πειραμάτων και δράσεων οι μαθητές θα πρέπει να αναγνωρίσουν τη σημασία όσων ανακαλύψαν και να συγκρίνουν τις αρχικές ιδέες τους με τις νέες απόψεις.

Έτσι θα συνειδητοποιήσουν την διαφορά της προηγούμενης με την τωρινή κατάσταση, καθώς και την πορεία που ακολούθησαν μέχρι να φτάσουν στην αλλαγή ιδεών (μεταγνώση).

Οι βασικές έννοιες στις οποίες θα εισαχθούν οι μαθητές/τριες είναι αυτές της επιταχυνόμενης διαστολής του Σύμπαντος, του Νόμου του Hubble, των μοντέλων εξέλιξης του Σύμπαντος, σύμφωνα με την Γενική Θεωρία της Σχετικότητας.

Τα πειράματα και οι προσομοιώσεις που παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα είναι:

- A. Τι είναι η Μεγάλη Έκρηξη; (Big Bang)
- B. Ο Νόμος του Hubble με μπαλόνι ( προσομοίωση)
- Γ. Μοντέλα Εξέλιξης του Σύμπαντος ( προσομοίωση)
- Δ. Το κοσμικό χωνί ( προσομοίωση)
- E. Το ηλεκτροσκόπιο και η Κοσμική Ακτινοβολία (πείραμα)

Σκόπιμα έχουν επιλεγεί πολύ απλά πειράματα με φτηνά και εύκολα στην εύρεσή τους υλικά. Στόχος είναι να γίνει το πείραμα από κάθε μαθητή/τρια μέσα στην τάξη.

Η σύγχρονη Αστροφυσική και Κοσμολογία στηρίζεται στη θεωρία της βαρύτητας του Einstein, δηλαδή στη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας. Η

θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης αποτελεί λύση των εξισώσεων της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας.

### **Εφαρμογή στο Αναλυτικό Πρόγραμμα**

Φυσική Ε΄ Δημοτικού: Δυνάμεις

Φυσική Ε΄ Δημοτικού: Ηλεκτρισμός Ηλεκτρικά κυκλώματα

### **Σύνδεση με το CERN**

Η μελέτη της βαρύτητας και της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην Αστρονομία και την Αστροφυσική. Η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης προκύπτει από την Γενική Θεωρία της Σχετικότητας . Στο CERN αναπαράγονται συνθήκες όμοιες με αυτές που επικρατούσαν στα πρώτα στάδια εξέλιξης του Σύμπαντος.

**A. Τι είναι η Μεγάλη Έκρηξη; (Big Bang )- Ο Νόμος του Hubble- Τα μοντέλα εξέλιξης του Σύμπαντος**

**Πως θα μπορούσατε να κεντρίσετε το ενδιαφέρον των παιδιών για το θέμα;**

---

---

---

**Ποια είναι η υπόθεσή σας; Πώς δημιουργήθηκε το Σύμπαν;**

---

---

---



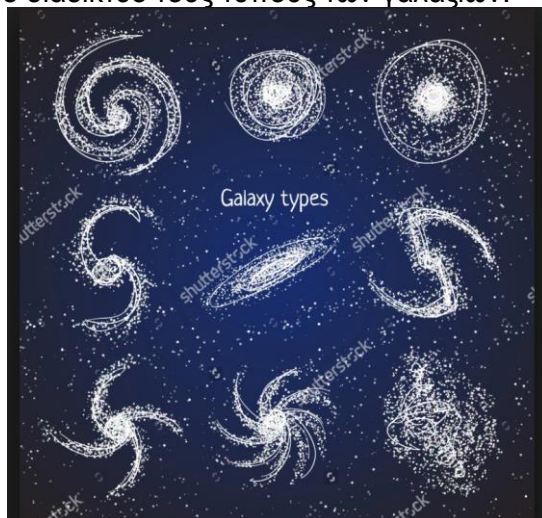
**Η απομάκρυνση των γαλαξιών σε ένα χώρο δύο διαστάσεων**

### **Υλικά**

μπαλόνια  
αυτοκόλλητα  
μαρκαδόροι

### **Βήματα υλοποίησης**

1. Ζωγραφίζουμε πάνω στα αυτοκόλλητα γαλαξίες διαφόρων σχημάτων ψάχνοντας στο διαδίκτυο τους τύπους των γαλαξιών.



2. Σε ένα μισοφουσκωμένο μπαλόνι κολλάμε πάνω τους γαλαξίες που σχεδιάσαμε.

3. Φουσκώνουμε όλο το μπαλόνι και εστιάζουμε την προσοχή μας σε ένα γαλαξία. Τι παρατηρούμε;

---

---

---

---

---

4. Ας φανταστούμε όντα δύο διαστάσεων που βρίσκονται πάνω στο μπαλόνι. Ας φανταστούμε 2 μυρμήγκια

- Πώς θα αντιλαμβάνονταν την απομάκρυνση των γαλαξιών τα όντα των δύο διαστάσεων;

---

---

---

---

---

- Τι θα γίνει αν χρησιμοποιήσουμε διαφορετικά μπαλόνια; Διαφορετικού μεγέθους, σχήματος και χρώματος;

---

---

---

---

---

5. Τι συμπέρασμα βγάζουμε για το μπαλόνι από την κίνηση των γαλαξιών;

---

---

---

---

---

6. Τι συμπέρασμα έβγαλε ο Hubble όταν παρατήρησε ότι οι γαλαξίες απομακρύνονται από εμάς;

---

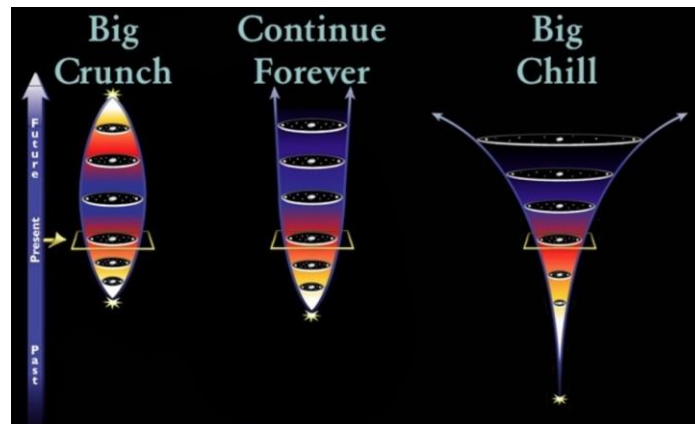
---

---

---

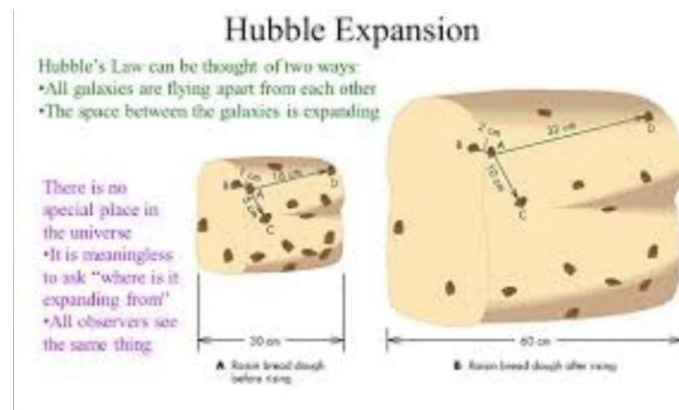
---

7. Φουσκώνοντας και ξεφουσκώνοντας το μπαλόνι υποθέστε ποια είναι τα πιθανά σενάρια εξέλιξης τους Σύμπαντος και σχεδιάστε τα.

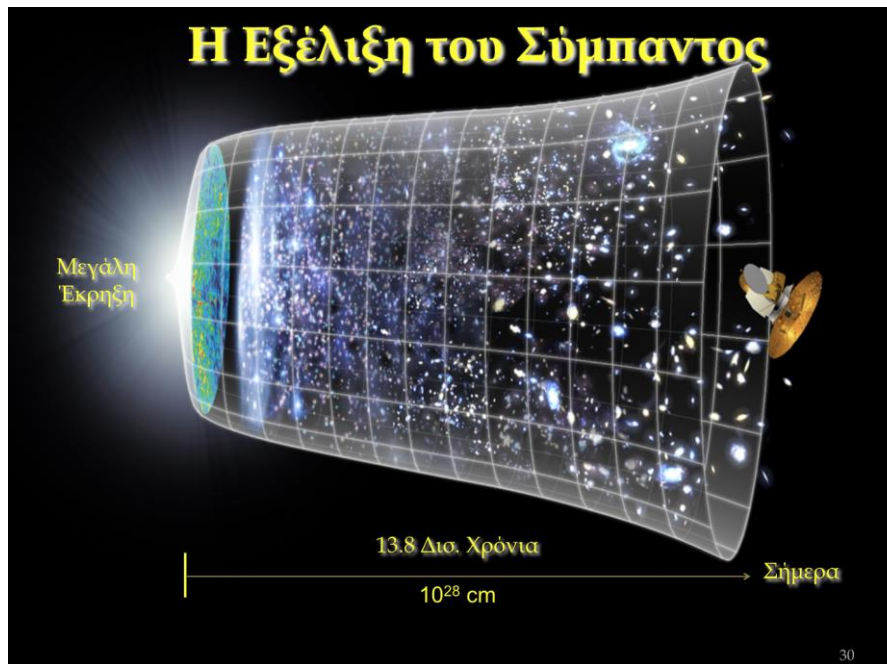


Εφαρμογή στις 3 διαστάσεις:

- Πώς μπορούμε να υπολογίσουμε απλά τον νόμο του Hubble;
- Μετράμε την απόσταση ανάμεσα σε 2 σταφίδες.
- Μετά από 2 λεπτά υπολογίζουμε τη νέα απόσταση.
- Υπολογίζουμε την ταχύτητα με την οποία απομακρύνονται οι σταφίδες.



και λίγη περισσότερη θεωρία....



- Η κοσμολογία έχει, όπως και η σωματιδιακή φυσική, το 'καθιερωμένο πρότυπό' της.
- Η θεωρία αυτή αναπτύχθηκε από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα μετά την ανάπτυξη της Γενικής θεωρίας της Σχετικότητας (1915).
- Η θεωρία του Big Bang δεν είναι μια ακόμη θεωρία που προσπαθεί να εξηγήσει το Σύμπαν και την εξέλιξη του, είναι "Η θεωρία".
- Είναι ενδιαφέρον ότι η θεωρία του Big Bang δεν ήταν πάντα 'της μόδας'.
- Όταν ο Einstein διατύπωσε τη Γενική θεωρία της Σχετικότητας, είδε ότι το Σύμπαν δεν μπορεί να είναι στατικό, όπως ήταν η επικρατούσα θεωρία εκείνη την εποχή.
- Έβαλε, λοιπόν, 'με το χέρι' μια ακόμη παράμετρο στην θεωρία του που έκανε το σύμπαν «με το ζόρι» στατικό.
- Αργότερα παραδέχτηκε ότι ήταν το μεγαλύτερο λάθος της καριέρας του.
- Η θεωρία του Big Bang δεν ασχολείται, ούτε την ενδιαφέρει, τι συνέβη πριν την μεγάλη έκρηξη ή τι την προκάλεσε. Ασχολείται μόνο με το τι συνέβη *μετά* τη Μεγάλη Έκρηξη .
- Η θεωρία άρχισε να καθιερώνεται μετά της μετρήσεις του Hubble και εδραιώθηκε μετά την ανακάλυψη της κοσμικής ακτινοβολίας υποβάθρου.
- Η θεωρία έχει αποδειχθεί πειραματικά.
- Στην επιστήμη υπάρχει μόνο παρατήρηση, μέτρηση που επιβεβαιώνει ή όχι την θεωρία.

Τα ισχυρότερα επιχειρήματα υπέρ της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης είναι:

1. Οι παρατηρήσεις των αστρονόμων που αποδεικνύουν τη διαστολή του σύμπαντος.

(ο Edwin Hubble ήταν ο πρωτοπόρος)

2. Η ανίχνευση της μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου (για πρώτη φορά πραγματοποιήθηκε από τους Penzias και Wilson).



3. Ένα τρίτο ισχυρό επιχείρημα, που δεν αναφέρεται συχνά, είναι το γεγονός ότι η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης αναπαράγει με μεγάλη ακρίβεια τις παρατηρούμενες αφθονίες των ελαφρών στοιχείων  ${}^4\text{He}$ ,  ${}^2\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$  και  ${}^7\text{Li}$ .



**Νόμος Hubble:** η ταχύτητα απομάκρυνσης ενός γαλαξία από εμάς είναι ανάλογη της απόστασής του.

Ο νόμος του Hubble εκφράζεται από την εξής σχέση:

$$v = H_0 r$$

όπου

- $v$  : η ταχύτητα διαστολής του σύμπαντος,
- $H_0$  η **σταθερά του Hubble** (Hubble's constant), με τιμή μεταξύ 50-100 km/sec ανά Mpc
- $r$ : η απόσταση του παρατηρητή από τον γαλαξία.

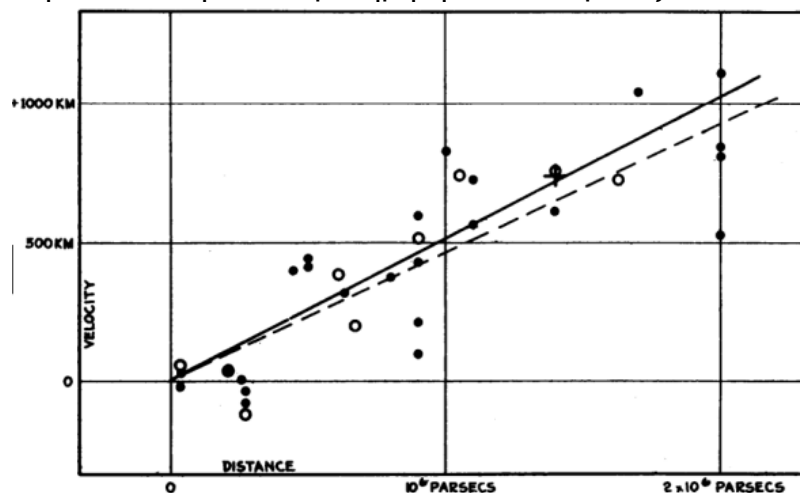


FIGURE 1  
Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

**Διάρκεια πειράματος :** 15 λεπτά

**Βαθμός δυσκολίας :** 1/5

**Εφαρμογή:** Φυσική Ε' Δημοτικού: Μηχανική , Ταχύτητα

## Ενδεικτική Βιβλιογραφία

Πειράματα Φυσικής με Απλά Υλικά  
Πηγή: <https://tinanantsou.blogspot.gr>

### Δ. Κατασκευή : Το κοσμικό χωνί



Στόχος μας είναι να γίνει απεικόνιση της εξέλιξης του Σύμπαντος, σύμφωνα με τη θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης

Πως θα μπορούσατε να κεντρίσετε το ενδιαφέρον των παιδιών για το θέμα;

---

---

---

Ποια είναι η υπόθεσή σας; Πώς θα εξελιχθεί το Σύμπαν;

---

---

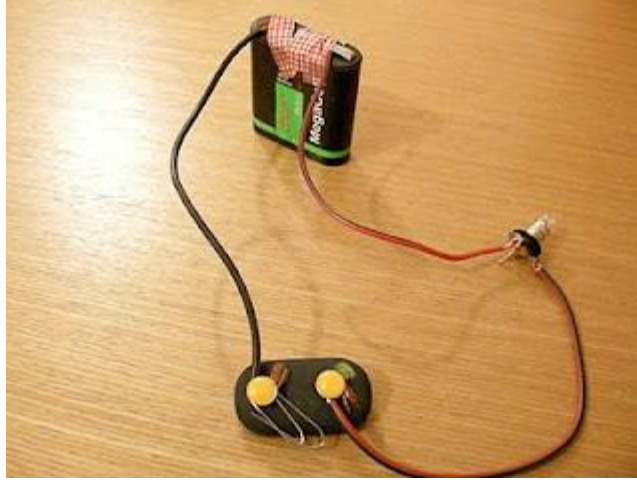
---

### Υλικά

χαρτόνι μαύρο  
μαρκαδόροι  
ψαλίδι  
1 μπαταρία 4,5 Volt  
λαμπάκι με τη βάση του  
καλώδιο  
μονωτική ταινία μαύρη  
κόλλα  
1 γόμα  
συνδετήρες  
πινέζες

## Βήματα υλοποίησης

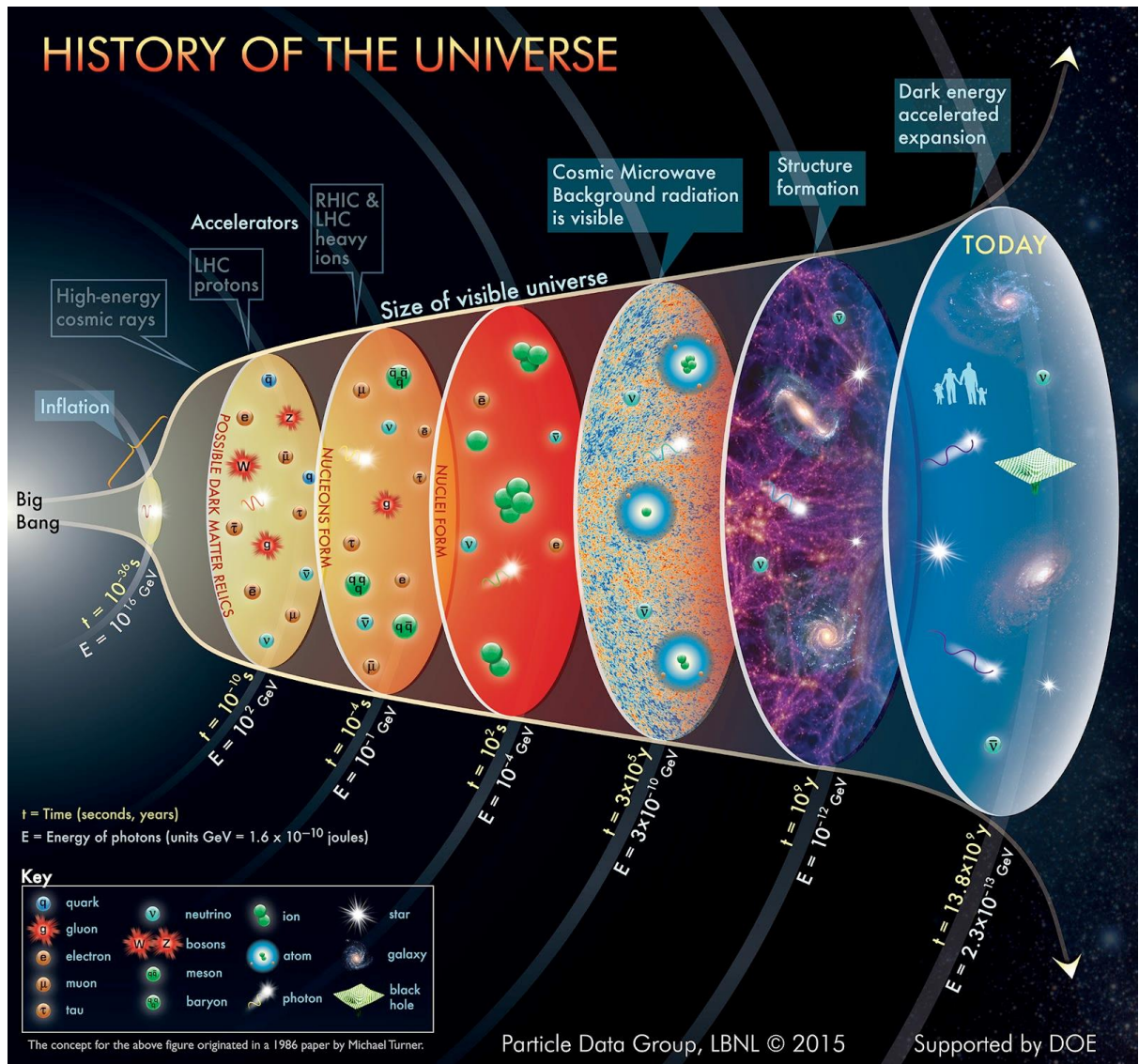
1. Φτιάχνουμε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με την μπαταρία και το λαμπάκι, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.



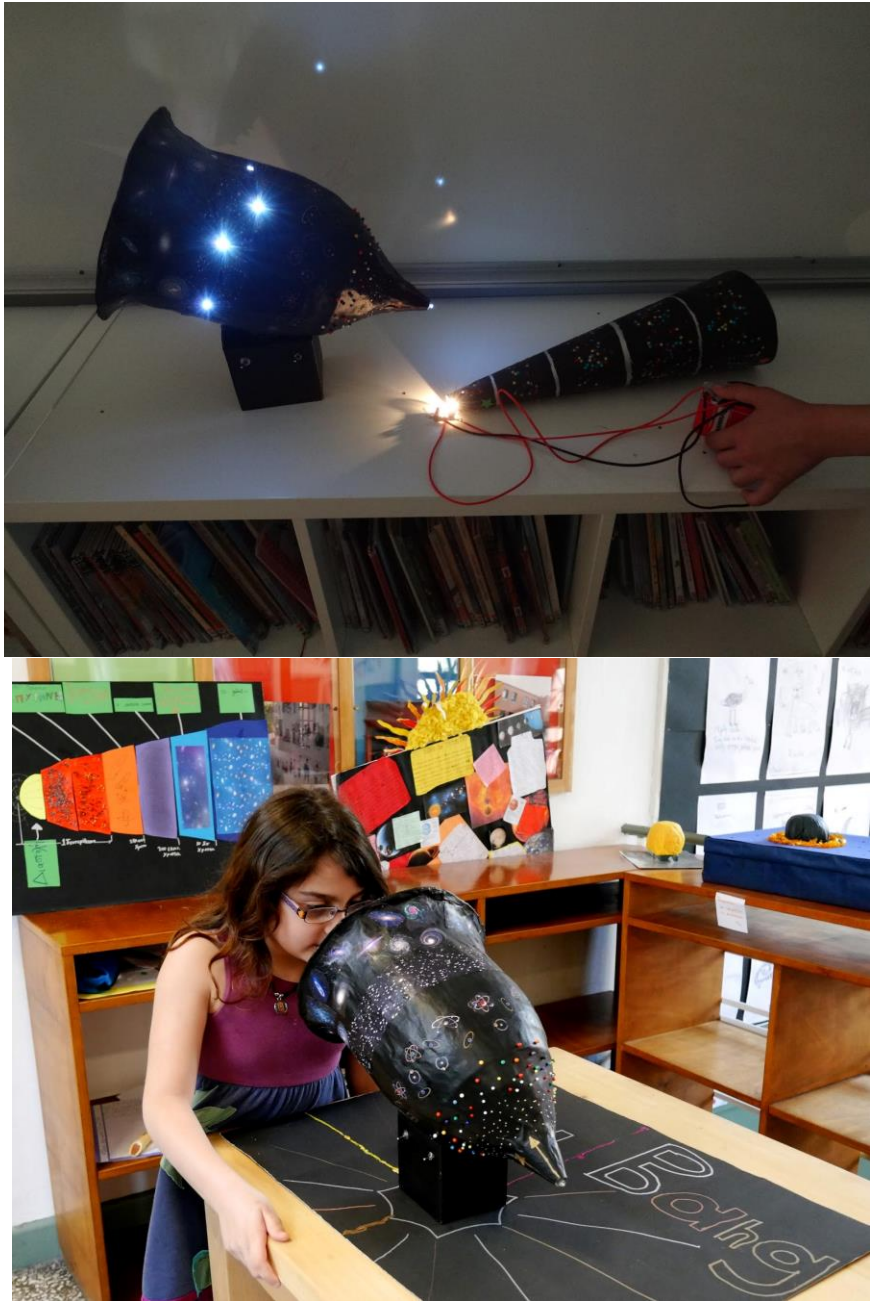
2. Φτιάχνουμε ένα χωνί με το μαύρο χαρτόνι.



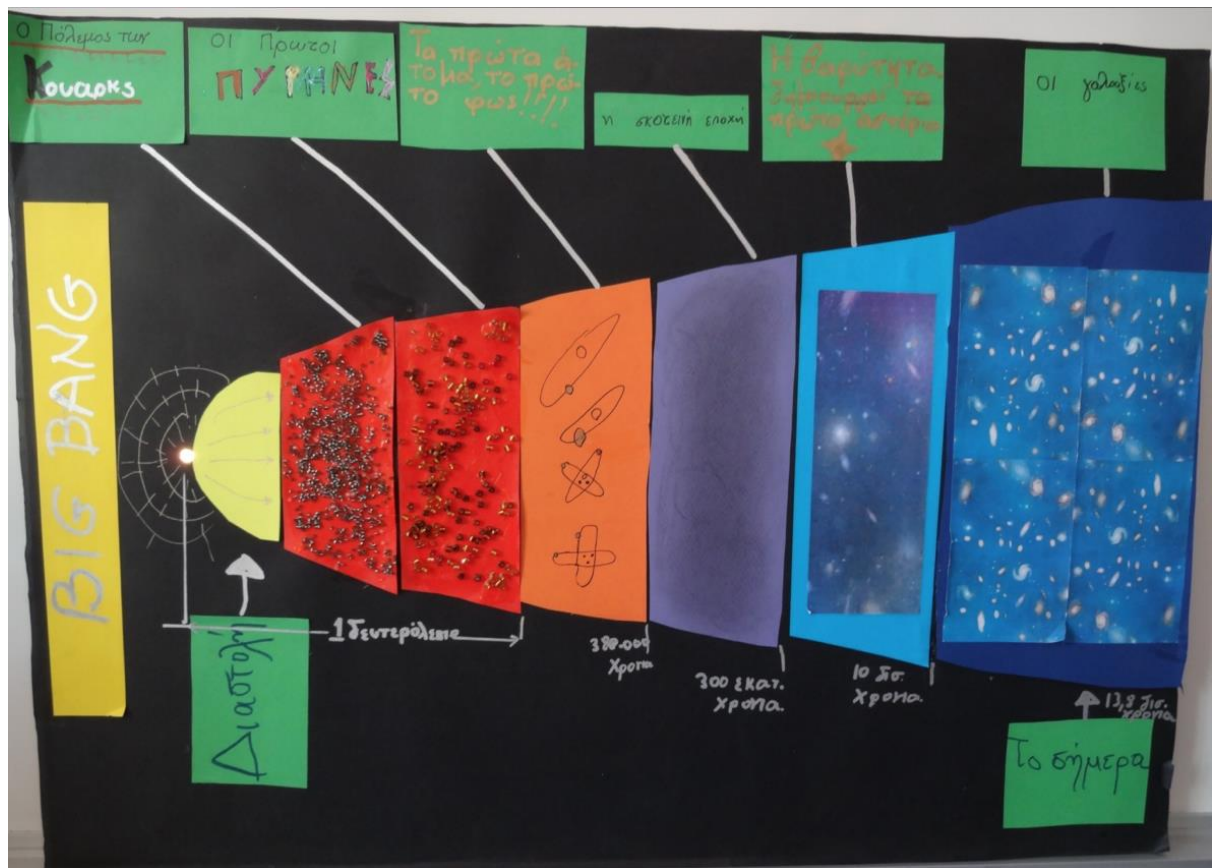
3. Σχεδιάζουμε πάνω στο χαρτόνι τις φάσεις εξέλιξης του Σύμπαντος



4. Τοποθετούμε το ηλεκτρικό κύκλωμα στη μύτη του κώνου και το μοντέλο της Μεγάλης Έκρηξης είναι έτοιμο!



**Διάρκεια πειράματος:** 30 λεπτά. Βαθμός δυσκολίας : 1/5  
**Εφαρμογή στο Αναλυτικό Πρόγραμμα:**  
Φυσική Ε' Δημοτικού: Ηλεκτρισμός Ηλεκτρικά Κυκλώματα



Πηγή: <https://tinanantsou.blogspot.gr>

### Ε. Πείραμα: Το ηλεκτροσκόπιο και η Κοσμική Ακτινοβολία



Πως θα μπορούσατε να κεντρίσετε το ενδιαφέρον των παιδιών για το θέμα;

---



---



---

Ποια είναι η υπόθεσή σας; Πώς ανιχνεύουμε την κοσμική ακτινοβολία και τα ηλεκτρικά φορτία;

---

---

---

### Υλικά

1 γυάλινο μπουκάλι  
σύρμα  
αλουμινόχαρτο  
1 μπαλόني  
χαρτόνι

### Βήματα υλοποίησης

1. Κόβουμε δύο λωρίδες αλουμινόχαρτου ίδιων διαστάσεων, ώστε να χωρούν άνετα μέσα από το στόμιο του μπουκαλιού.
2. Κάνουμε τρύπες και περνάμε ένα σύρμα μήκους όσο το ύψος του μπουκαλιού μας.
3. Κάνουμε μία τρύπα στο καπάκι του μπουκαλιού ή σε ένα χαρτόνι και περνάμε μέσα το σύρμα με τα αλουμινόχαρτα όπως φαίνεται στην φωτογραφία.
4. Στερεώνουμε το χαρτόνι έτσι ώστε τα αλουμινόχαρτα να κρέμονται στο εσωτερικό του μπουκαλιού και να μην ακουμπούν στα τοιχώματά του.
5. Τρίβουμε ένα μπαλόني στα μαλλιά μας και το πλησιάζουμε στο άκρο του σύρματος που είναι εκτός του μπουκαλιού μας. Τι παρατηρούμε;

---

---

---

---

---

Γιατί απωθούνται τα φύλλα αλουμινόχαρτου;

---

---

---

---

---

### Σημεία Προσοχής

Τα αλουμινόχαρτα δεν πρέπει να ακουμπούν στο εσωτερικό του μπουκαλιού. Καλύτερα να μην έχει υγρασία την ημέρα που θα γίνει το πείραμα.

Τα μαλλιά πρέπει να είναι φρεσκολουσμένα!



και λίγη περισσότερη ιστορία της επιστήμης...



Ένα φαινόμενο που είχε παρατηρηθεί από τους φυσικούς του 18ου αιώνα ήταν η αυθόρμητη εκφόρτιση των ηλεκτροσκοπίων, παρά την ενίσχυση της μόνωσής τους. Αναζήτηση για μια ερμηνεία του φαινομένου οδήγησε στην ανακάλυψη των κοσμικών ακτίνων.

Ο φυσικός **Victor Hess** πραγματοποίησε πειράματα με ηλεκτροσκόπιο χρησιμοποιώντας αερόστατο. Σε μετρήσεις που έκανε το 1911 σε υψόμετρο 1.100 μέτρων δεν παρατήρησε καμία ουσιαστική αλλαγή στην ποσότητα της ακτινοβολίας σε σχέση με το έδαφος.

Στις 7 Αυγούστου του 1912 ο Hess έκανε μετρήσεις σε ύψος 5300 μέτρων κατά την διάρκεια μιας σχεδόν ολικής έκλειψης του ηλίου. Επειδή ο ιονισμός της ατμόσφαιρας δεν μειώθηκε κατά τη διάρκεια της έκλειψης, υποστήριξε ότι η πηγή της ακτινοβολίας δεν ήταν ο ήλιος αλλά το απώτερο διάστημα. Ψηλά στην ατμόσφαιρα της Γης ο Hess είχε ανακαλύψει μια φυσική πηγή σωματιδίων υψηλής ενέργειας: τις κοσμικές ακτίνες. Και γι' αυτό βραβεύθηκε με το **Νόμπελ Φυσικής το 1936**.

- Οι κοσμικές ακτίνες ή η κοσμική ακτινοβολία είναι μία κατηγορία ακτινοβολίας που αποτελείται από σωματίδια υψηλών ενεργειών, τα οποία παράγονται σε κάποιο μέρος του Σύμπαντος μακριά από τη Γη και προσκρούουν στην ατμόσφαιρα της Γης με ανιχνεύσιμα αποτελέσματα. Μία





## **Αναστοχασμός**

**Τι σας άρεσε στα πειράματα κοσμολογίας;**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Τι σας δυσκόλεψε στα πειράματα κοσμολογίας με απλά υλικά;**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Τι νομίζετε ότι θα απαντούσαν τα παιδιά στις παρακάτω ερωτήσεις;**

**α. πώς δημιουργήθηκε το Σύμπαν;**

**β. πώς θα εξελιχθεί το Σύμπαν;**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Ποιες εναλλακτικές δραστηριότητες και διδακτικές στρατηγικές θα προτείνατε προκειμένου οι μαθητές να κατακτήσουν τις έννοιες της ενότητας;**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Σύνδεση-χρησιμότητα γνώσεων με την καθημερινότητα των μαθητών**

**Πώς σας βοήθησαν οι γνώσεις στην καθημερινή σας ζωή;**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Βιβλιογραφία**

**Αρχεία των Δρ.Τσεσμελή, Δρ.Γαζή, Δρ .Storr**

<http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=269114>

**LHC στο CERN: Η μεγαλύτερη μηχανή του κόσμου, Αναστασόπουλος Πασχάλης**

[http://www.physics.ntua.gr/GREECE\\_AND\\_CERN/index.html](http://www.physics.ntua.gr/GREECE_AND_CERN/index.html)

<http://hep.physics.uoc.gr/DOC/OUTREACH/MICROCOSM/DETECTORS/w hatiscern.html>

<http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/index.html>

[http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/LHC/lhc\\_atlas.swf](http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/LHC/lhc_atlas.swf)

<http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/BEAMLINe/beamline.html>

<https://www.youtube.com/user/PHYSICSALL?feature=watch>

**ΕΚΦΕ Δημόκριτος παρουσίαση CERN**

<http://www.astro.auth.gr/documents/diplomas/THESIS%20-%20MARIA%20PETROU.pdf>

**Η γοητεία των παράξενων κουάρκ Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης**

**Οι έννοιες της Φυσικής Paul Hewitt Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης**

**Πειράματα Φυσικής με Απλά Υλικά**

<https://tinanantsou.blogspot.gr>

**Ευχαριστώ πολύ την καθηγήτρια Ανδρομάχη Τσίρου (CERN) και τον καθηγητή Γεώργιο Καλκάνη( ΕΚΠΑ) για την πολύτιμη βοήθεια και τις επιστημονικές διορθώσεις.**

Επίσης ευχαριστώ τον Δρ. Απόστολο Παρασκευά, Σχολικό Σύμβουλο ΠΕ 70, την Μίννη Καρρά, Εκπαιδευτικό στη Σχολή Χιλλ, και τον Σαράντη Χέλμη, Εκπαιδευτικό, για τις διορθώσεις τους.

Οι φωτογραφίες των πειραμάτων έχουν τραβηχτεί στα πλαίσια του μαθήματος Φυσικής και των πειραμάτων στην Σχολή Χιλλ.

