

Διημερίδα

# «Αιχμαλωτίζοντας το νου και την καρδιά κατά τη διδασκαλία του ουράνιου τόξου»

*Ηλίας Καλογήρου, Φυσικός – Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ηλείας*



Τετάρτη 24 & Πέμπτη 25 Απριλίου 2013  
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του ΕΚΦΕ Ευρυτανίας  
(1<sup>ο</sup> ΕΠΑ.Λ. Καρπενησίου – 1<sup>ος</sup> όροφος)  
Καρπενήσι

Συνδιοργάνωση από το ΕΚΦΕ Ευρυτανίας,  
το ΕΚΦΕ Ηλείας και το ΚΠΕ Καρπενησίου.

Σας προσκαλούμε στην Δημερίδα με θέμα: «**Αιχμαλωτίζοντας το νου και την καρδιά κατά τη διδασκαλία του ουράνιου τόξου**», την Τετάρτη 24 Απριλίου και Πέμπτη 25 Απριλίου 2013, σύμφωνα με το πρόγραμμα το οποίο σας επισυνάπτουμε.

Η Δημερίδα συνδιοργανώνεται από το ΕΚΦΕ νομού Ηλείας, το ΕΚΦΕ νομού Ευρυτανίας και το ΚΠΕ Καρπενησίου, και θα διεξαχθεί στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του ΕΚΦΕ Ευρυτανίας (1<sup>ο</sup> ΕΠΑ.Λ. Καρπενησίου – 1<sup>ος</sup> όροφος).

<b>Πρόγραμμα Δημερίδας 24 &amp; 25 Απριλίου 2013</b>		
<b>Τετάρτη 24-4-2013</b>		
<b>Ωράριο</b>	<b>Εισηγητής</b>	<b>Θέμα</b>
12:00 – 14:00	<b>Ηλίας Καλογήρου</b> Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ηλείας	« <b>Αιχμαλωτίζοντας το νου και την καρδιά κατά τη διδασκαλία του ουράνιου τόξου</b> » 1 <sup>ο</sup> Γυμνάσιο Καρπενησίου (20 μαθητές)
16:00 – 18:00	<b>Ηλίας Καλογήρου</b> Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ηλείας	« <b>Αιχμαλωτίζοντας το νου και την καρδιά κατά τη διδασκαλία του ουράνιου τόξου</b> » 2 <sup>ο</sup> Γυμνάσιο Καρπενησίου (20 μαθητές)
18:30 – 20:30	<b>Ηλίας Καλογήρου</b> Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ηλείας	« <b>Αιχμαλωτίζοντας το νου και την καρδιά κατά τη διδασκαλία του ουράνιου τόξου</b> » 20 εκπαιδευτικοί του νομού Ευρυτανίας
<b>Πέμπτη 25-4-2013</b>		
<b>Ωράριο</b>	<b>Εισηγητής</b>	<b>Θέμα</b>
12:00 – 14:00	<b>Ηλίας Καλογήρου</b> Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ηλείας	« <b>Αιχμαλωτίζοντας το νου και την καρδιά κατά τη διδασκαλία του ουράνιου τόξου</b> » 1 <sup>ο</sup> ΕΠΑ.Λ. Καρπενησίου (20 μαθητές)
16:00 – 18:00	<b>Ηλίας Καλογήρου</b> Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ηλείας	« <b>Αιχμαλωτίζοντας το νου και την καρδιά κατά τη διδασκαλία του ουράνιου τόξου</b> » Λυκείου Καρπενησίου (20 μαθητές)

Η εργασία/ μοντέλο του κ. Ηλία Καλογήρου «**Αιχμαλωτίζοντας το νου και την καρδιά κατά τη διδασκαλία του ουράνιου τόξου**», έχει αποσπάσει το 1<sup>ο</sup> βραβείο στον πανευρωπαϊκό διαγωνισμό «Science on Stage» του 2011.

Το **Ουράνιο Τόξο** είναι ένα πολύχρωμο οπτικό και μετεωρολογικό φαινόμενο, κατά το οποίο εμφανίζεται το φάσμα των χρωμάτων που συνθέτουν το ορατό φως στον ουρανό.

Στα 578 π.χ., ο **Αναξίμενης**, Έλληνας φιλόσοφος, παρατήρησε τη σχέση μεταξύ του Ουράνιου Τόξου και του Ήλιου. Αντί να αποδώσει το Τόξο σε ουράνιες δυνάμεις, πρότεινε ότι τα σύννεφα αλλάζουν την πορεία του ηλιακού φωτός και παράγουν το Τόξο των χρωμάτων.

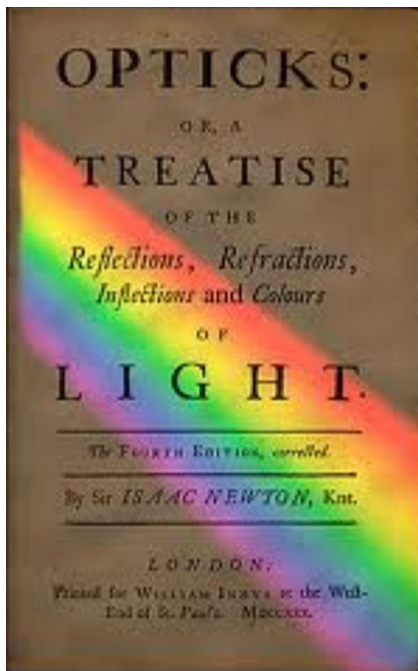
Πρώτος ο **Αριστοτέλης** συνέλαβε την ιδέα ότι το ουράνιο τόξο δεν είναι υλικό αντικείμενο που κρέμεται από τον ουρανό, αλλά ένα φυσικό φαινόμενο. Χρησιμοποίησε προσεκτικά την τότε γεωμετρία, αλλά λάθος νόμους ανάκλασης, για να εξάγει το κυκλικό σχήμα του Τόξου.

Σταδιακά, οι ενασχολούμενοι με αυτό λόγιοι και φιλόσοφοι άρχισαν να συνειδητοποιούν ότι τόσο το φαινόμενο της ανάκλασης όσο και εκείνο της διάθλασης είχαν κάποιας μορφής σχέση με το φαινόμενο του Ουράνιου Τόξου.



Την πρώτη ικανοποιητική εξήγηση έδωσε ο **Καρτέσιος** κατά τον 18ο αιώνα.

Σύμφωνα με την θεωρία του το ουράνιο τόξο παράγεται από τις ακτίνες που πέφτουν πάνω στα σταγονίδια και που ανακλούνται στην εσωτερική τους επιφάνεια τουλάχιστον μια φορά.



Η Οπτική του **Νεύτωνα** πρόσφερε σοβαρές βελτιώσεις στην ερμηνεία του φαινομένου βασιζόμενες στο ότι η μπλε ακτινοβολία «λυγίζει» περισσότερο από την κόκκινη.

Η οικοδόμηση μιας ολοκληρωμένης ερμηνείας συνεχίστηκε τον 19ο αιώνα μετά την παρέμβαση και του **Thomas Young** ο οποίος υποστήριξε ότι το φως είναι κυματική οντότητα με μήκος κύματος κάτι που ο Νεύτων τον είχε αρνηθεί.

Τον 20ο αιώνα η σύγχρονη ερμηνεία εμπλουτίστηκε με την θεωρία του **Gustav Mie** για τη σκέδαση του φωτός σε σωματίδια.

Κατά έναν γνωστό ευρωπαϊκό μύθο, στη βάση του ουράνιου τόξου ένα τσουκάλι γεμάτο χρυσάφι περιμένει όποιον καταφέρει να φτάσει εκεί, πράγμα φυσικά αδύνατο καθώς το ουράνιο τόξο είναι «οφθαλμαπάτη» που δεν εντοπίζεται στο χώρο.

Το φαινόμενο εμφανίζεται όταν οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν πάνω σε σταγονίδια βροχής στην ατμόσφαιρα της Γης και αποτελεί ένα παράδειγμα διάθλασης, μετά από ανάκλαση.

Το κάθε χρώμα (δηλαδή κάθε μήκος κύματος) διαθλάται υπό διαφορετική γωνία μέσα στα σταγονίδια (που δρουν σαν μικρά πρίσματα), παθαίνει διαφορετική εκτροπή κι έτσι το ορατό λευκό φως αναλύεται στα διάφορα χρώματα που το συνθέτουν, δηλαδή στο φάσμα του.

Έτσι εμφανίζεται το φάσμα του ηλιακού φωτός ως ένα πολύχρωμο τόξο, με το κόκκινο χρώμα να κυριαρχεί στην εξωτερική του πλευρά, και το βιολετί στην εσωτερική. Η διαφορετικότητα της γωνίας του κάθε μήκους κύματος (χρώματος) και του σχήματος των σταγονιδίων εξηγεί και το τοξοειδές σχήμα του φαινομένου και όχι κάποιο άλλο.

Τέλος, για να γίνει αντιληπτό/ ορατό το ουράνιο τόξο από τον παρατηρητή θα πρέπει αυτός να έχει στραμμένα τα νότα του στον Ήλιο. **(Του Ανδρέα Ι. Κασσέτα)**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

### Αιγματοπίζοντας το νου και την καρδιά κατά τη διδασκαλία του ουράνιου τόξου

Ηλίας Καλογήρου, Φυσικός – Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ηλείας

14<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ε.Ε.Φ. , 29 Μαρτίου – 1 Απριλίου 2012, Καμένα Βούρλα

### Εισαγωγή

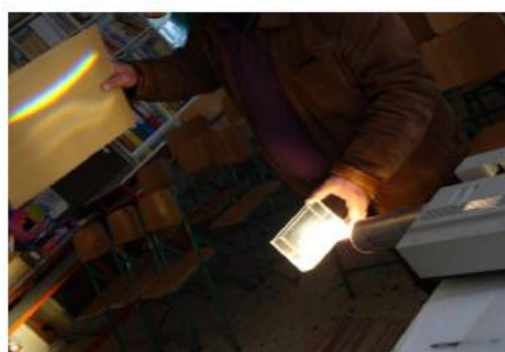
Πρόκειται για μια διδακτική ενότητα που είναι αφιερωμένη στην ανάλυση του φωτός από το νερό. Κατά τη παρουσίαση της ενότητας οι μαθητές συμμετέχουν διαδραστικά καθώς καλούνται να απαντήσουν διάφορες ερωτήσεις, να διαλέξουν το κατάλληλο όργανο από μία σειρά οργάνων που έχουν στη διάθεσή τους και να επινοήσουν διατάξεις για την επίτευξη των στόχων.

### Διάθλαση και ανάλυση του φωτός

Δέσμη ακτίνων από ένα διασκόπιο (προβολέας slides ) εισέρχεται σε ένα ορθό πρίσμα Plexiglas τριγωνικής διατομής (εικόνα 1). Το φως αναλύεται και παίρνουμε μια έγχρωμη λωρίδα σε μια οθόνη. Όταν το φως αλλάζει μέσο διάδοσης υφίσταται διάθλαση. Το ίδιο συμβαίνει αν δημιουργήσουμε πρισματικό όγκο νερού βάζοντας ποσότητα νερού σε ένα δοχείο σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου (εικόνα 2).



Εικόνα 1



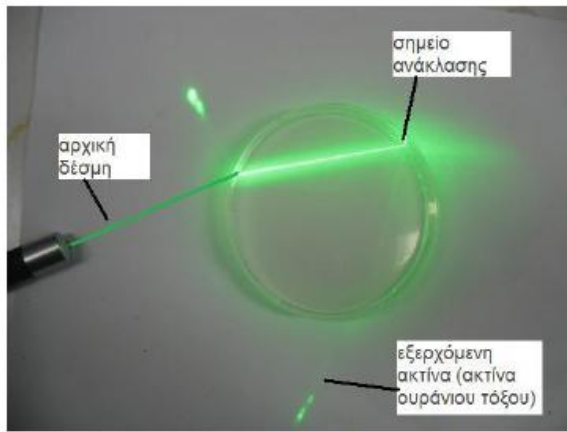
Εικόνα 2

Θέτοντας τον πρισματικό όγκο νερού μπροστά από το λευκό φως του προβολέα έχουμε και πάλι ανάλυση στα διάφορα χρώματα από τα οποία συντίθεται το φως. Όταν το φως αλλάζει μέσο διάδοσης υφίσταται διάθλαση. Το κάθε χρώμα διαθλάται σε διαφορετικό βαθμό κι έτσι τελικά έχουμε την ανάλυση.

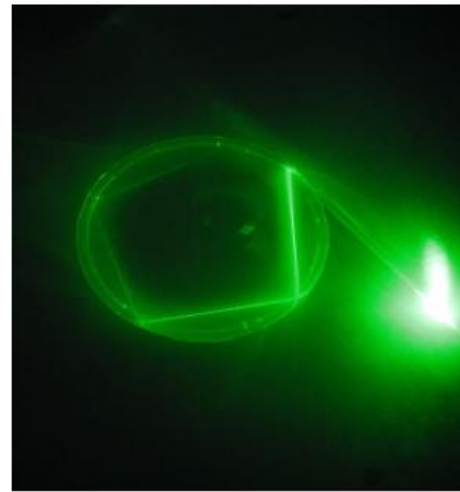
### Πορεία της ακτίνας στο εσωτερικό της σταγόνας βροχής

Επειδή η σταγόνα βροχής θεωρείται σφαιρική, η διατομή της που διέρχεται από το κέντρο θα είναι ένας κύκλος. Σ' ένα τρυβλίο Πέτρι βάζουμε νερό (με μία σταγόνα γάλα) ή πηγμένη ζελατίνα. Ρίχνουμε μία δέσμη πράσινου φωτός από Laser (βλ. εικόνα 3 ) και παρατηρούμε τη πορεία της μονοχρωματικής ακτίνας στο εσωτερικό και το εξωτερικό του τρυβλίου. Ό, τι συμβαίνει εκεί, συμβαίνει και στη πραγματική σταγόνα βροχής.

Δηλαδή έχουμε ανάκλαση της αρχικής δέσμης στο δοχείο πριν την είσοδο και διάθλαση κατά την είσοδο. Ακολουθώς έχουμε μία εσωτερική ανάκλαση και δεύτερη διάθλαση στο σημείο αυτό (έξοδος μέρους του φωτός από το δοχείο). Τελικά παίρνουμε την εξερχόμενη ακτίνα μετά τη τρίτη διάθλαση. Για τη περίπτωση της σταγόνας βροχής αποδεικνύεται ότι η εξερχόμενη ακτίνα αντιστοιχεί σε ζωηρότερο φως για συνολική εκτροπή περίπου  $138^\circ$ .



Εικόνα 3



Εικόνα 4

Αυτή ακριβώς η εξερχόμενη ακτίνα λέγεται ακτίνα ουράνιου τόξου.

Όταν έχουμε μία εσωτερική ανάκλαση τότε σχηματίζεται το πρωτεύον ουράνιο τόξο, ενώ για δύο εσωτερικές ανακλάσεις έχουμε το δευτερεύον ουράνιο τόξο . Στην εικόνα 4 έχουμε πετύχει 3 εσωτερικές ανακλάσεις.

### Εξεργόμενο φως από σφαιρική ποσότητα νερού

Αν σε μία σφαιρική γυάλινη φιάλη βάλουμε νερό και τη φωτίσουμε με τη λάμπα ενός διασκοπίου (προβολέας σλαϊντς) (βλ. εικόνα 5), τότε θα παρατηρήσουμε πάνω σε μία οθόνη ότι σχηματίζεται ένας έγχρωμος κύκλος με το κόκκινο χρώμα εξωτερικά και το ιώδες εσωτερικά (ενδιάμεσα τα υπόλοιπα χρώματα της ίριδας). Η οθόνη πρέπει να τοποθετηθεί ανάμεσα στη φιάλη και τη πηγή φωτός. Η σφαιρική ποσότητα νερού παριστάνει τη σφαιρική σταγόνα βροχής. Αν απομακρύνουμε τη φιάλη από τη πηγή, παρατηρούμε ότι η ακτίνα του κύκλου μεγαλώνει.



Εικόνα 5



Εικόνα 6

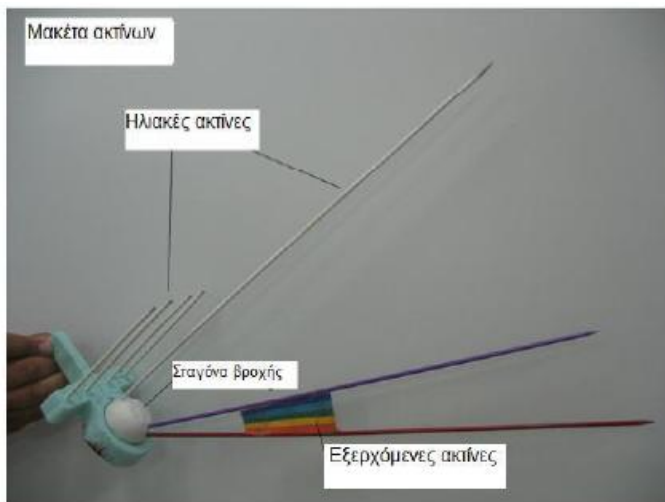
Από αυτό συμπεραίνουμε ότι όταν οι (παράλληλες) ηλιακές ακτίνες συναντούν τη σφαιρική σταγόνα βροχής τότε το φως αναλύεται και προκύπτει ένας έγχρωμος κώνος με το κόκκινο χρώμα εξωτερικά και το ιώδες εσωτερικά.

Αυτό το φαινόμενο το έχουμε προσεγγίσει με μία μακέτα που φαίνεται στην εικόνα 6. Τα παράλληλα ξύλινα καλαμάκια αναπαριστούν τις ηλιακές ακτίνες, η λευκή σφαίρα από φελιζόλ τη σφαιρική σταγόνα και οι έγχρωμοι κώνοι το φως που εξέρχεται. Για να βλέπει ένας παρατηρητής κόκκινη μια σταγόνα θα πρέπει μια κόκκινη ακτίνα (του κόκκινου κώνου ) να εισέρχεται στο μάτι του. Αντίστοιχα θα ισχύουν για τα άλλα χρώματα. Όπως είπαμε προηγουμένως αυτή η ακτίνα λέγεται ακτίνα ουράνιου τόξου.

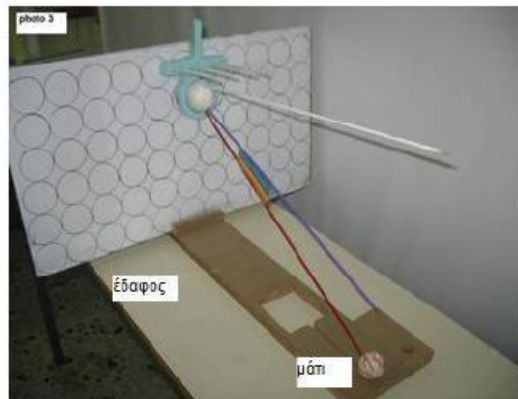
## Γιατί το ουράνιο τόξο είναι τόξο (κύκλου):

Για να απαντήσουμε με εποπτικό τρόπο έχουμε φτιάξει τη μακέτα ακτίνων του ουράνιου τόξου (βλ. εικόνα 7). Το σιέλ φελιζόλ είναι λαβή και βάση συγκράτησης και δεν συμμετέχει στο φαινόμενο. Η λευκή σφαίρα από φελιζόλ αναπαριστά τη σφαιρική σταγόνα βροχής, τα άσπρα καλαμάκια τις ηλιακές ακτίνες και το μεγαλύτερο από αυτά την ακτίνα που εισέρχεται στη σταγόνα και η οποία δίνει κατά την ανάλυση τις ακτίνες του ουράνιου τόξου.

Τα έγχρωμα καλαμάκια αναπαριστούν τις ακτίνες του ουράνιου τόξου που εξέρχονται από τη σταγόνα. Σε μια άλλη κατασκευή ένα κομμάτι ξύλου αναπαριστά το έδαφος και πάνω σε αυτό έχουμε προσαρμόσει ένα κατακόρυφο κομμάτι Plexiglas (βλ. εικόνα 8).

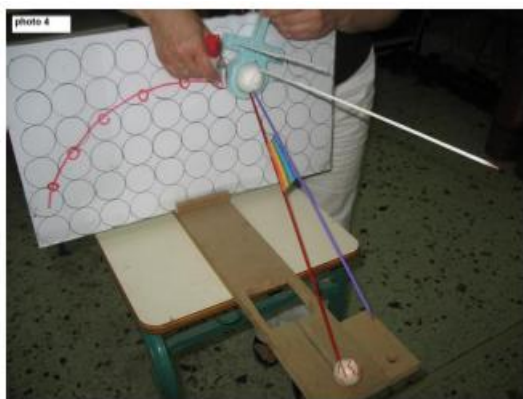


Εικόνα 7

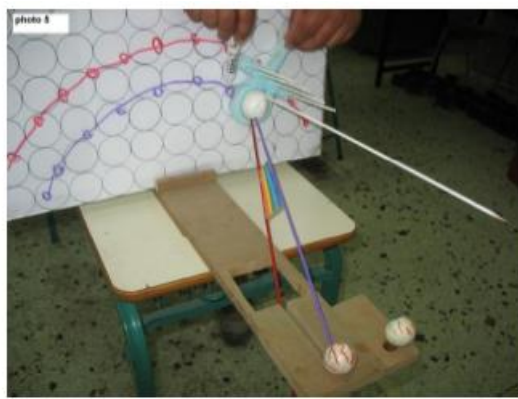


Εικόνα 8

Το Plexiglas έχει ζωγραφισμένους μαύρους κύκλους που αναπαριστούν τις σταγόνες βροχής στην ατμόσφαιρα. Πάνω στο ξύλο είναι τοποθετημένο ένα ομοίωμα οφθαλμικού βολβού που παριστάνει τον παρατηρητή στο έδαφος. Αν η σταγόνα της μακέτας ακτίνων ακουμπήσει πάνω στο Plexiglas και η κόκκινη ακτίνα εισέλθει στο μάτι, τότε μετακινώντας τη σταγόνα πάντα σε επαφή με το Plexiglas (καθώς λόγω κατασκευής οι ηλιακές ακτίνες παραμένουν παράλληλες), βρίσκουμε ότι όλες οι σταγόνες που στέλνουν τις κόκκινες ακτίνες στο μάτι θα βρίσκονται πάνω σε κυκλικό τόξο. Το ίδιο για τα υπόλοιπα χρώματα (βλ. εικόνα 9 και 10).



Εικόνα 9

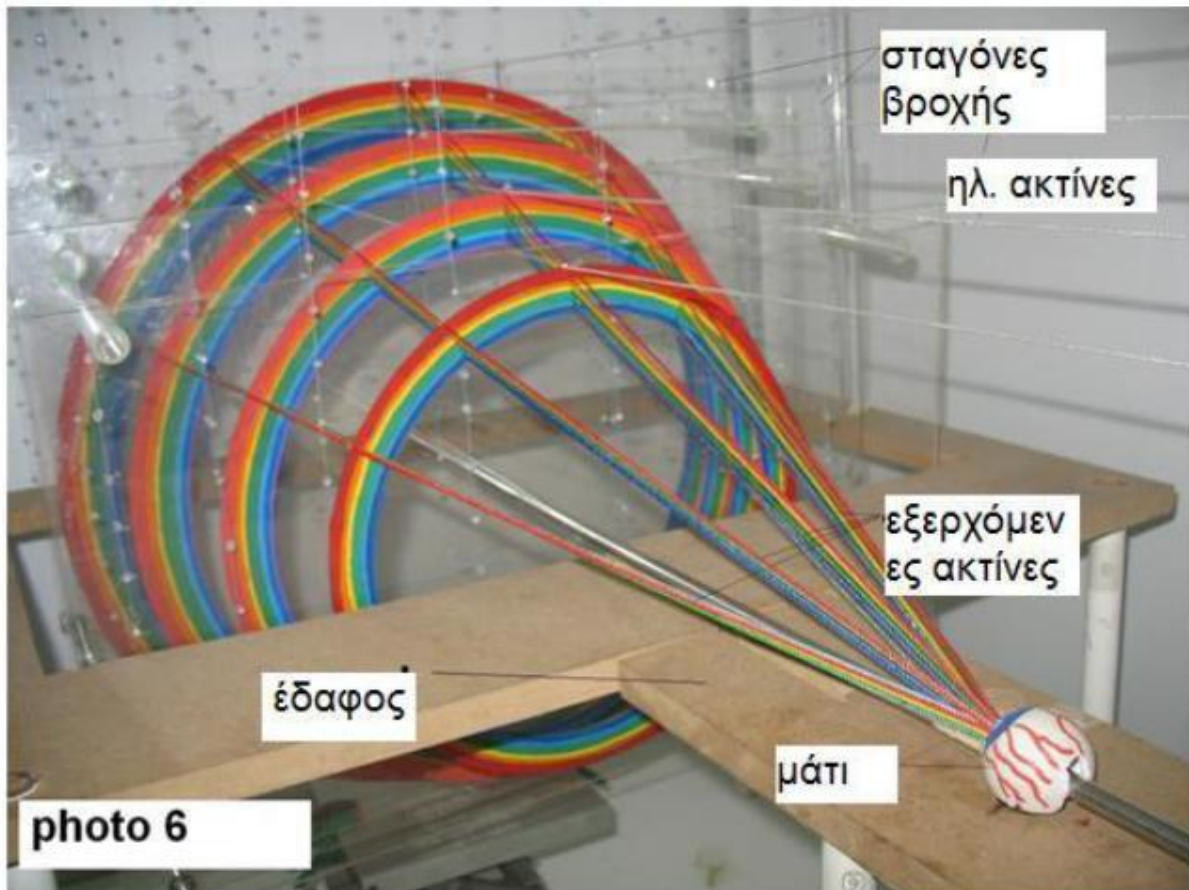


Εικόνα 10

Ο δεύτερος οφθαλμικός βολβός (εικόνα 10) έχει προβλεφτεί για να δηλώνει τη παρουσία δεύτερου παρατηρητή, δίπλα στο πρώτο. Αν γίνει η ίδια εργασία στο μάτι του δεύτερου παρατηρητή με τη μακέτα ακτίνων, τότε διαπιστώνουμε ότι αυτός βλέπει άλλο ουράνιο τόξο. Έτσι βλέπουμε πάντα το «προσωπικό» μας ουράνιο τόξο!



## Το ουράνιο τόξο έχει «βάθος»



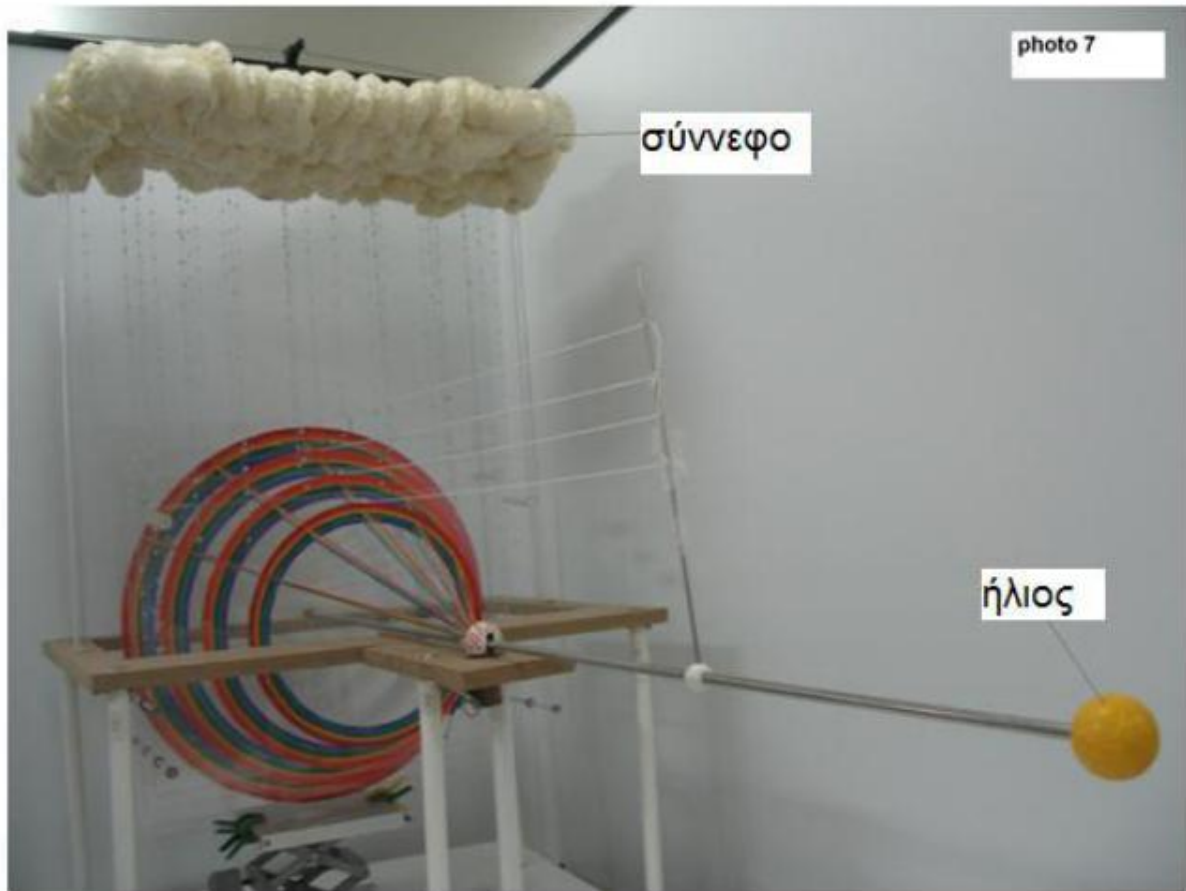
Εικόνα 11

Επειδή η περιοχή της ατμόσφαιρας που περιέχει τις σταγόνες έχει κάποιο πλάτος, μπορούμε να θεωρήσουμε μεγάλο πλήθος παράλληλων κατακόρυφων επίπεδων που περιέχουν σταγόνες σαν αυτό της εικόνας 8. Κατά συνέπεια το ουράνιο τόξο έχει κάποιο βάθος.

Όμως εμείς το βλέπουμε σαν μία επίπεδη έγχρωμη ζώνη διότι δεν υπάρχουν αντικείμενα στη περιοχή σχηματισμού του για να μας δώσουν την αίσθηση του βάθους. Σαν τέτοια αντικείμενα θα μπορούσαν να ήταν σύννεφα, σμήνος πουλιών ή δέντρα.

Η επόμενη μακέτα που φαίνεται στην εικόνα 11 περιλαμβάνει 4 από αυτά τα επίπεδα σταγόνων για να αναπαρασταθεί το βάθος του ουράνιου τόξου. Επίσης υπάρχουν έγχρωμοι σπάγκοι που καταλήγουν στο μάτι του παρατηρητή και αναπαριστούν τις ακτίνες διαφόρων χρωμάτων που ξεκινάνε από τις σταγόνες και οι οποίες σχηματίζουν νέο διπλό κόνο που στη κορυφή του βρίσκεται το μάτι. Οι σταγόνες βροχής αναπαριστώνται από χάντρες και οι ηλιακές ακτίνες από 4 λευκούς σπάγκους παράλληλους προς το έδαφος (ήλιος στη δύση ή ανατολή).

Ολόκληρη η μακέτα φαίνεται στην εικόνα 12 όπου διακρίνεται η αναπαράσταση του σύννεφου και του ήλιου. Εδώ φαίνεται ότι ο ήλιος, το μάτι και το κέντρο του ουράνιου τόξου είναι σε ευθεία και ότι το τόξο είναι ημικύκλιο όταν ο ήλιος είναι στην ανατολή ή τη δύση. Στη κατασκευή έχει προβλεφτεί η δυνατότητα να ανέλθει ο ήλιος για να φανεί ότι τότε το ουράνιο τόξο θα είναι μικρότερο. Επίσης έχει σχεδιαστεί ολόκληρος ο κύκλος του ουράνιου τόξου για να δηλωθεί ότι αν δεν υπάρχει «έδαφος» (παρατήρηση από ύψωμα ή από αεροπλάνο), τότε θα βλέπουμε ολόκληρο κύκλο.



Εικόνα 12

### Βιβλιογραφία

- 1) Paul G. Hewitt: Οι έννοιες της Φυσικής, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2004.
- 2) Περιοδικό The Physics Teacher (μηνιαία έκδοση της American Association Physics Teacher, AAPT)