

## ΑΣΕΠ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ 2009

Κλάδος: ΠΕ 0401 Φυσικών

### ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ

#### ΕΡΩΤΗΜΑ 1<sup>ο</sup>

##### Διδακτικοί Στόχοι

Οι μαθητές μετά το τέλος του μαθήματος να είναι σε θέση να ενημερωθούν μόνοι τους για την αρχή λειτουργίας και τις εφαρμογές ενός επιταχυντή φορτισμένων σωματιδίων.

##### Διδακτική Μορφή

Τονίζεται ότι ο ρόλος του εκπαιδευτικού θα είναι καθοδηγητικός και συντονιστικός σε όλη τη διάρκεια της συζήτησης. Οι μαθητές ανάλογα με το ενδιαφέρον τους και το υπόβαθρό τους θα καθορίσουν τα θέματα αλλά και το βάθος των θεμάτων που θα αναπτυχθούν.

##### Μαθησιακή Πορεία

Ζητώ από έναν ενημερωμένο μαθητή να περιγράψει στην τάξη το σκοπό των πειραμάτων στο Cern. Περιληπτικά αναφέρεται ότι η επικρατέστερη θεωρία της γένεσης του Σύμπαντος είναι η θεωρία της μεγάλης έκρηξης. Εξηγώ ότι οι νόμοι των στοιχειωδών σωματιδίων είναι αυτοί που καθόρισαν την εξέλιξη του σύμπαντος. Για να δούνε οι επιστήμονες αυτό που συνέβη προσομοιώνουν στο εργαστήριο του Cern τις συνθήκες που επικρατούσαν, δηλαδή προσπαθούν να δημιουργήσουν κάποια συγκεκριμένα σωματίδια που θεωρούν ότι υπήρχαν στην αρχή και τους δίνουν υψηλή ενέργεια. Η γνώση της αλληλεπίδρασης των φορτισμένων σωματιδίων με την ύλη μπορεί στο μέλλον να έχει κι άλλες εφαρμογές σε άλλα επιστημονικά πεδία όπως είναι η διαγνωστική και η θεραπευτική ιατρική.

Ένας επιταχυντής φορτισμένων σωματιδίων χονδρικά λειτουργεί σε τρία στάδια:

Στο πρώτο στάδιο δημιουργούνται φορτισμένα σωματίδια ενώ στο δεύτερο στάδιο επιταχύνονται ώστε να αποκτήσουν υψηλή κινητική ενέργεια. Τέλος στο τρίτο στάδιο τα φορτισμένα σωματίδια πέφτουν πάνω σε στόχους όπου συμβαίνουν πυρηνικές αντιδράσεις .

Στη συνέχεια αναλύουμε ένα ένα τα στάδια λειτουργίας κάνοντας αναφορά στις γνώσεις που ήδη έχουν οι μαθητές.

## **Στάδιο 1 – Παραγωγή φορτισμένων σωματιδίων (ηλεκτρική εκκένωση, β<sup>-</sup> διάσπαση, θερμιονική εκπομπή)**

Προκαλώ συζήτηση θέτοντας ερωτήσεις της μορφής:

Πως μπορώ να παράγω φορτισμένα σωματίδια;

Πως μπορώ να παράγω πρωτόνια;

Ποιο είναι το συνηθέστερο ισότοπο του Υδρογόνου;

Γνωρίζετε κάποιον τρόπο με τον οποίο μπορώ να παράγω ηλεκτρόνια;

Υπενθυμίζω στους μαθητές ότι το συνηθέστερο ισότοπο του υδρογόνου είναι το  ${}^1_1\text{H}$ . Εξηγώ ότι αν διασπάσουμε το άτομο αυτό θα έχουμε ένα ηλεκτρόνιο κι ένα πρωτόνιο. Αυτό μπορεί να συμβεί με ηλεκτρική εκκένωση. Ηλεκτρική εκκένωση πραγματοποιείται με την εφαρμογή ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου σε αέριο υδρογόνου, όποτε κάποια ηλεκτρόνια του ατόμου αποκτούν μεγάλη κινητική ενέργεια κι εγκαταλείπουν το άτομο. Έτσι έχουμε ένα ζεύγος ελεύθερου ηλεκτρονίου και πρωτονίου. Στη συνέχεια τα ελεύθερα αυτά ηλεκτρόνια επιταχύνονται από τη διαφορά δυναμικού και συγκρούονται με άλλα άτομα υδρογόνου και προκαλούν νέους ιονισμούς δηλαδή νέα ζεύγη πρωτονίων και ηλεκτρονίων. Όσο αφορά τη δημιουργία ελεύθερων ηλεκτρονίων μπορούμε να τα παράγουμε με πολλούς τρόπους. Ένας τρόπος είναι με ηλεκτρική εκκένωση που μόλις περιγράφηκε τοποθετώντας ένα διαφορετικό στοιχείο από το υδρογόνο σε φάση αερίου όπως για παράδειγμα ένα μέταλλο. Τους ζητώ να αιτιολογήσουν την επιλογή του μετάλλου. Υπενθυμίζω στους μαθητές ότι ένας δεύτερος τρόπος παραγωγής ηλεκτρονίων είναι να έχουμε ένα β<sup>-</sup> ραδιενεργό. Αναφέρω ότι ένας ακόμη τρόπος να παράγω ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι με θερμιονική εκπομπή. Εξηγώ ότι θερμιονική εκπομπή είναι η εκπομπή ηλεκτρονίων από τα άτομα μετάλλου όταν αυτά θερμαίνονται με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος. Κατά τη θέρμανση μετάλλου τα ηλεκτρόνια του νέφους αποκτούν υψηλότερη κινητική ενέργεια κι εγκαταλείπουν το πλέγμα. Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζεται ένα νέφος ηλεκτρονίων γύρω από το μέταλλο.

## **Στάδιο 2 – Επιτάχυνση φορτισμένων σωματιδίων (κίνηση φορτίων σε ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, δημιουργία μαγνητικού πεδίου από ρευματοφόρο αγωγό, ημιαγωγιμότητα, κρούσεις)**

Στη συνέχεια, αφού δημιουργήσαμε τα φορτισμένα σωματίδια προσπαθώ να αναλύσω το β<sup>-</sup> στάδιο ενός επιταχυντή. Θέτω ερωτήσεις της μορφής:

Ποια πεδία δυνάμεων γνωρίζετε;

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη βαρυτική ή την πυρηνική δύναμη για να επιταχύνουμε τα φορτισμένα σωματίδια;

Επιταχύνει ένα μαγνητικό πεδίο τα φορτισμένα σωματίδια;

Αλλάζει την κινητική ενέργεια των φορτισμένων σωματιδίων το μαγνητικό πεδίο;

Τι κίνηση εκτελούν τα φορτισμένα σωματίδια μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο;

Μπορεί το ηλεκτρικό πεδίο να αλλάξει την κινητική ενέργεια των φορτισμένων σωματιδίων;

Προκαλώ συζήτηση και τους καθοδηγώ να συμπεράνουν ότι δε μπορώ να αλλάξω το βαρυτικό πεδίο για να επιταχύνω τα φορτία, ούτε μπορώ να χρησιμοποιήσω την πυρηνική δύναμη λόγω μικρής εμβέλειας. Τους υπενθυμίζω ότι το μαγνητικό πεδίο δε μπορεί να αλλάξει την κινητική ενέργεια των φορτίων αλλά μπορεί να τα επιταχύνει αν τα φορτισμένα σωματίδια εισέρχονται στο πεδίο αυτό πλάγια. Στην ειδική περίπτωση κατά την οποία τα φορτισμένα σωματίδια εισέρχονται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου, διαγράφουν κυκλική κίνηση.

Αντίθετα το ηλεκτρικό πεδίο μπορεί να αυξήσει την κινητική ενέργεια των φορτισμένων σωματιδίων. Αν για παράδειγμα θέλω να επιταχύνω ηλεκτρόνια και βάλω μια συστοιχία ηλεκτροδίων που θα έχουν την ιδιότητα το κάθε ηλεκτρόδιο να έχει ψηλότερο δυναμικό από το προηγούμενο κατά  $V$  τότε όταν τα ηλεκτρόνια κινούνται ανάμεσα σε δύο διαδοχικά ηλεκτρόδια τότε η κινητική τους ενέργεια θα αυξάνει κατά  $eV$ . Με αυτόν τον τρόπο λειτουργούν οι γραμμικοί επιταχυντές φορτισμένων σωματιδίων.

Μπορούμε όμως να κάνουμε ταυτόχρονη χρήση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Αυτό συμβαίνει στους κυκλικούς επιταχυντές. Σε γενικές γραμμές τα ηλεκτρικά πεδία χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν την κινητική ενέργεια των φορτίων ενώ τα μαγνητικά χρησιμοποιούνται για να κινούνται τα φορτία σε κυκλική τροχιά. Οι κυκλικοί επιταχυντές αποτελούνται από ένα κυκλικό δακτύλιο σε υψηλό κενό, για να αποφεύγονται οι συγκρούσεις με τα μόρια του αέρα, μέσα στον οποίο αναγκάζονται να κινούνται τα φορτισμένα σωματίδια υπό την επίδραση εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Ο δακτύλιος αυτός σε κάποιες περιοχές του έχει κατάλληλη διαφορά δυναμικού έτσι ώστε κάθε φορά που τα φορτισμένα σωματίδια διέρχονται από αυτήν την περιοχή να κερδίζουν κινητική ενέργεια. Με αυτόν τον τρόπο τα φορτισμένα σωματίδια αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη κινητική ενέργεια σε κάθε περιστροφή.

Υπενθυμίζω στους μαθητές τη σχέση που μας δίνει την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς όταν τα φορτισμένα σωματίδια κινούνται σε επίπεδο κάθετο με την ένταση του μαγνητικού πεδίου  $R = m u / (B q)$

Τους θέτω ερωτήσεις της μορφής:

Πως πρέπει να μεταβάλλεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου με το χρόνο για να διατηρείται η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς σταθερή;

Πώς μπορώ να δημιουργήσω ένα μαγνητικό πεδίο;

Πως μεταβάλλεται η αντίσταση ενός αγωγού με τη θερμοκρασία;

Με διάλογο τους καθοδηγώ να συμπεράνουν ότι για να διατηρήσουμε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς σταθερή, δεδομένου ότι η ταχύτητα αυξάνεται σε κάθε περιστροφή θα πρέπει και η ένταση του μαγνητικού πεδίου να αυξάνεται με το χρόνο. Τους υπενθυμίζω ότι γύρω από ρευματοφόρο αγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο που εξαρτάται από το σχήμα του. Σε κάθε περίπτωση όμως η ένταση του μαγνητικού πεδίου αυξάνεται όταν ο αγωγός διαρρέεται από υψηλότερο ρεύμα. Επίσης, στη συζήτηση αναφέρεται ότι η αντίσταση ενός μετάλλου αυξάνεται με τη θερμοκρασία, συνεπώς, ένα μέταλλο έχει χαμηλή αντίσταση σε χαμηλή θερμοκρασία. Εξηγώ ότι υπάρχουν κάποια υλικά που σε χαμηλές θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν, έχουν μηδενική αντίσταση. Τα υλικά σε αυτήν την κατάσταση καλούνται υπεραγωγοί και το φαινόμενο καλείται υπεραγωγιμότητα. Αναφέρω ότι ένα υλικό σε κατάσταση υπεραγωγιμότητας από τη στιγμή που θα γίνει ρευματοφόρο θα διαρρέεται συνέχεια από ρεύμα. Τα μαγνητικά πεδία που χρησιμοποιούνται στους επιταχυντές για να κρατήσουν τα φορτισμένα σωματίδια σε κυκλική τροχιά είναι υπεραγωγοί.

Στη συνέχεια θέτω ερωτήσεις της μορφής:

Τι γνωρίζετε για τον επιταχυντή LHC;

Σε μια κρούση δύο σωμάτων πότε θα είχαμε μέγιστη ανταλλαγή ορμής; Αν οι ορμές των σωμάτων είχαν την ίδια ή αντίθετη φορά;

Εξηγώ ότι σε αυτόν τον επιταχυντή επιταχύνονται ταυτόχρονα δύο δέσμες πρωτονίων και συγκρούονται με τέτοιο τρόπο ώστε οι ορμές των δεσμών να έχουν αντίθετη φορά. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η μέγιστη ανταλλαγής ορμής. Θα μπορούσα ακόμη να αναφέρω ότι τα πρωτόνια της δέσμης δεν έχουν ακριβώς την ίδια κινητική ενέργεια αλλά παρουσιάζουν μία διασπορά.

Τονίζω ότι επειδή τα φορτία αποκτούν ταχύτητες που πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός η μάζα τους αυξάνεται. Έτσι, στις σχέσεις που αναφέραμε απαιτούνται κάποιες διορθώσεις.

### Στάδιο 3 – Ανίχνευση σωματιδίων

Τέλος στο γ' στάδιο του επιταχυντή τα σωματίδια βλήματα βάλλονται προς τους στόχους και προσπαθούμε να τα ανιχνεύσουμε με κατάλληλες διατάξεις τα προϊόντα των αντιδράσεων.

#### Αξιολόγηση

Χωρίζω τους μαθητές σε ομάδες και αφού εξασφαλίσω τη διαθεσιμότητα της νησίδας υπολογιστών του σχολείου, τους αναθέτω να βρουν σχετικές πληροφορίες στο διαδίκτυο και να γράψουν μία εργασία. Τα θέματα των εργασιών θα προκύψουν από τα ενδιαφέροντα των μαθητών αλλά ενδεικτικά αναφέρονται παρακάτω:

Αρχή λειτουργίας γραμμικών επιταχυντών

Αρχή λειτουργίας κυκλικών επιταχυντών

Πως χρησιμοποιούνται οι υπεραγωγοί σε έναν επιταχυντή φορτισμένων σωματιδίων

Να βρείτε τουλάχιστον τρεις τρόπους παραγωγής φορτισμένων σωματιδίων.

Εφαρμογές επιταχυντών στη διαγνωστική ιατρική.

Εφαρμογές επιταχυντών στη θεραπευτική ιατρική.

#### ΕΡΩΤΗΜΑ 2<sup>ο</sup>

Σε αυτό το ζήτημα αναφέρεται ότι το φαινόμενο της ανάλυσης και της σύνθεσης του φωτός ανήκει στην ύλη της Β' γυμνασίου ενώ σύμφωνα με το ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα η συγκεκριμένη ενότητα ανήκει στην ύλη της Γ' γυμνασίου. Το ερώτημα που τίθεται είναι το εξής: έγινε απλά ένα τυπογραφικό λάθος ή μήπως με τον τρόπο αυτό θέλουμε να δούμε πώς θα τροποποιήσουμε το περιεχόμενο της διδασκαλίας μας ώστε να γίνει πιο προσιτό και πιο κατανοητό σε νεώτερους μαθητές; Κατά την προσωπική μου άποψη, θεωρώ ότι για να είναι ένας υποψήφιος καλυμμένος, θα πρέπει να αναφέρει το νόμο του Snell αν είναι στη διδακτέα ύλη αλλά να τονίσει ότι δε θα δοθεί έμφαση αφού το αναλυτικό πρόγραμμα προτάσσει ότι σκοπός της φυσικής σε αυτές τις ηλικίες είναι η ποιοτική κι όχι ποσοτική εξήγηση των φαινομένων.

#### Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές μετά το τέλος του μαθήματος θα πρέπει να είναι σε θέση να:

Περιγράφουν ότι το λευκό φως είναι σύνθετο κι ότι αποτελείται από τις ακόλουθες περιοχές χρωμάτων: κόκκινο – πορτοκαλί – κίτρινο –πράσινο –κυανό κι ιώδες.

Περιγράφουν την ανάλυση και τη σύνθεση του φωτός

Ερμηνεύουν απλά καθημερινά φαινόμενα κάνοντας χρήση την ανάλυση και τη σύνθεση του λευκού φωτός.

### **Προαπαιτούμενες γνώσεις**

Οι μαθητές θα πρέπει να περιγράφουν τη διάθλαση, να προβλέπουν και να σχεδιάζουν την πορεία μιας ακτίνας όταν αυτή διαθλάται σε διαφορετικά μέσα.

Επίσης οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης.

### **Εννοιολογικές δυσκολίες**

Οι μαθητές συχνά δε θεωρούν ότι το λευκό φως είναι σύνθετο κι ότι αποτελείται από τις έξι περιοχές χρωμάτων.

Επίσης, ενώ συσχετίζουν το ουράνιο τόξο με τη βροχή, δεν το συσχετίζουν με τα αιωρούμενα σταγονίδια της βροχής στην ατμόσφαιρα.

Τέλος, συνήθως δεν αναφέρουν τη σχετική θέση ηλίου παρατηρητή και ουρανού τόξου όταν βλέπουμε το ουράνιο τόξο

### **Μαθησιακή πορεία Δραστηριότητες**

Με αφορμή το ουράνιο τόξο θέτω ερωτήσεις της μορφής:

Πότε σχηματίζεται το ουράνιο τόξο;

Όταν βλέπουμε ένα ουράνιο τόξο ποια η σχετική του θέση σε σχέση με τον ήλιο και τον παρατηρητή;

Γιατί πιστεύετε ότι σχηματίζεται ένα ουράνιο τόξο- μετά τη βροχή; Τι υπάρχει τότε στην ατμόσφαιρα;

Γιατί δεν εμφανίζεται το ουράνιο τόξο κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης μέρας που δεν έχει βρέξει;

Υπάρχει κάποια συγκεκριμένη σειρά με την οποία εμφανίζονται τα χρώματα στο ουράνιο τόξο;

Με ποιο τρόπο πιστεύετε ότι εμφανίστηκαν όλα αυτά τα χρώματα στο ουράνιο τόξο;

Προκαλώ συζήτηση και καθοδηγώ τους μαθητές να συμπεράνουν ότι το ουράνιο τόξο σχηματίζεται μετά τη βροχή όπου δεν υπάρχει συννεφιά. Έμφαση δίνω στο γεγονός ότι μετά τη βροχή υπάρχουν σταγονίδια νερού στην ατμόσφαιρα τα οποία μάλλον διαδραματίζουν κάποιον ρόλο. Ακόμη, τους ζητώ να παρατηρήσουν ότι για να δούμε ένα ουράνιο τόξο πρέπει να έχουμε την πλάτη μας στραμμένη προς τον ήλιο.

Στη συνέχεια τους ζητώ να περιγράψουν σύντομα την πορεία μιας δέσμης φωτός όταν διαθλάται. Αναφέρεται στην τάξη ότι όταν μια ακτίνα φωτός πηγαίνει από οπτικά αραιό σε οπτικά πυκνότερο σώμα, τότε η διαθλώμενη ακτίνα πλησιάζει την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια. Επίσης, όταν μια ακτίνα φωτός πηγαίνει από οπτικά πυκνό σε οπτικά αραιότερο σώμα τότε η διαθλώμενη απομακρύνεται από την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια. Αν ο νόμος του Snell είναι στη διδακτέα ύλη τότε αναφέρω το νόμο της διάθλασης και συνάγω τα παραπάνω συμπεράσματα για την πορεία φωτός με τη χρήση της σχέσης. Δε δίνω μεγάλη έμφαση αφού η ερμηνεία της ανάλυσης και της σύνθεσης του φωτός μπορεί να γίνει και χωρίς μαθηματικές σχέσεις.

Στη συνέχεια, σχεδιάζω στον πίνακα μια ορθή τομή ενός τετραεδρικού πρίσματος και μια δέσμη φωτός να προσπίπτει πλάγια σε μια έδρα του. Τους ζητώ να σχεδιάσουν την πορεία της διαθλώμενης ακτίνας μέσα κι έξω από το πρίσμα και σχολιάζουμε.

### **1<sup>ο</sup> Πείραμα Επίδειξης : Πορεία μονοχρωματικής ακτινοβολίας κατά τη διέλευσή της μέσα από ένα τετραεδρικό πρίσμα.**

Εκτελώ πείραμα επίδειξης με μια πηγή μονοχρωματικής ακτινοβολίας π.χ. στυλό laser, και ένα τετραεδρικό πρίσμα. Η μονοχρωματική ακτινοβολία προσπίπτει στο πρίσμα με τέτοιο τρόπο ώστε η τελική διαθλώμενη να προβάλλεται στον πίνακα ή σε μία οθόνη. Μεταβάλλω τη γωνία πρόσπτωσης στο πρίσμα. Τους ζητώ να παρατηρήσουν ότι δεν εμφανίζονται άλλα χρώματα. Στη συνέχεια σχεδιάζω στον πίνακα την πορεία της δέσμης που προσπίπτει πλάγια στο πρίσμα. Το σχήμα αυτό παραμένει στον πίνακα και θα συμπληρωθεί στη συνέχεια.

### **2<sup>ο</sup> Πείραμα Επίδειξης: Πορεία λευκού φωτός κατά τη διέλευσή της μέσα από ένα τετραεδρικό πρίσμα**

Εκτελώ πείραμα επίδειξης με τον προβολέα και με ένα τετραεδρικό πρίσμα. Κατά τη διάρκεια του πειράματος περιγράφω αναλυτικά στους μαθητές αυτό που κάνω και το σκοπό για το οποίο το κάνω. Εν συντομία, δημιουργώ μια λεπτή δέσμη λευκού φωτός τοποθετώντας δύο σελίδες A4 σε απόσταση 0,5cm μεταξύ τους πάνω από το φακό του προβολέα στο οριζόντιο επίπεδο. Ανάβω τον προβολέα και τοποθετώ το πρίσμα με τέτοιο τρόπο ώστε αφενός η δέσμη να προσπίπτει στο πρίσμα πλάγια, αφετέρου να σχηματίζεται το φάσμα του λευκού φωτός ευκρινώς στον πίνακα ή στην οθόνη.

Θέτω ερωτήσεις της μορφής:

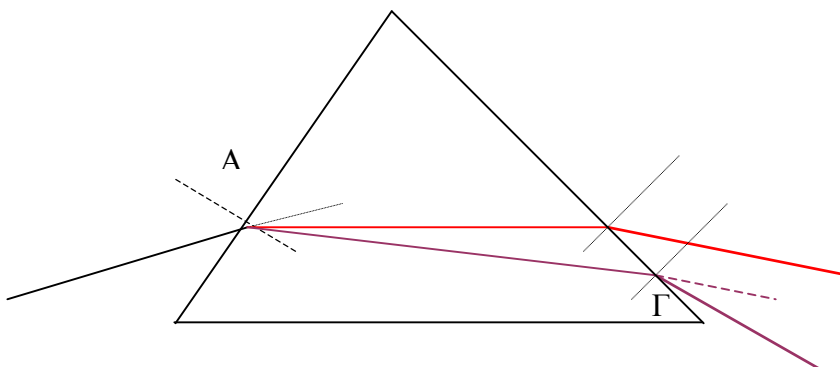
Τι διαφορετικό συνέβη σε αυτό το πείραμα σε σχέση με το προηγούμενο πείραμα;

Πού βρέθηκαν αυτά τα χρώματα;

Είναι η σειρά με την οποία εμφανίζονται ίδια με αυτή στο ουράνιο τόξο;

Εισάγω την ιδέα ότι αυτά τα χρώματα υπήρχαν στη δέσμη του λευκού φωτός κι έμφαση δίνω στο γεγονός ότι το πρίσμα απλά τα διαχωρίζει. Αναφέρω ότι το λευκό φως είναι το 'χρώμα' που προκύπτει όταν βλέπουμε όλα τα χρώματα του φάσματος μαζί. Εξηγώ ότι μόνο στο κενό και προσεγγιστικά και στον αέρα όλα τα χρώματα έχουν την ίδια ταχύτητα, δηλαδή ο αέρας έχει την ίδια οπτική πυκνότητα σε όλα τα χρώματα. Τονίζω ότι όλα τα άλλα υλικά όπως και το πρίσμα, εμφανίζουν διαφορετική οπτική πυκνότητα σε κάθε χρώμα. Η οπτική πυκνότητα του πρίσματος αυξάνει με την ακόλουθη σειρά στα χρώματα; κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο κυανό, κι ιώδες. Έτσι λοιπόν, το πρίσμα είναι οπτικά πυκνότερο στο ιώδες και οπτικά αραιότερο στο κόκκινο χρώμα. Δηλαδή το κόκκινο και το ιώδες είναι τα άκρα του φάσματος και ανάμεσά τους εμφανίζονται τα υπόλοιπα χρώματα με τη γνωστή σειρά. Τονίζω ότι και το ιώδες και το κόκκινο κατά την πρώτη διάθλασή τους από τον αέρα στο γυαλί του πρίσματος πηγαίνουν από οπτικά αραιό σε οπτικά πυκνότερο σώμα, συνεπώς και οι δύο ακτίνες θα πλησιάζουν την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια. Επειδή όμως το πρίσμα είναι οπτικά πυκνότερο στο ιώδες από ότι είναι στο κόκκινο, το ιώδες 'βιώνει' μεγαλύτερη διαφορά οπτικής πυκνότητας οπότε θα πλησιάζει περισσότερο την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια σε σύγκριση με την κόκκινη ακτίνα. Με όμοια λογική, στη δεύτερη διάθλαση κατά την έξοδο των ακτινών από το πρίσμα, και το ιώδες και το κόκκινο χρώμα θα απομακρύνονται από την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια. Σε αυτήν την περίπτωση όμως επειδή οι δύο ακτίνες έχουν ακολουθήσει διαφορετική διαδρομή δεν έχουν την ίδια γωνία πρόσπτωσης, όπως στην πρώτη διάθλαση.

Στη συνέχεια αν υποθέσουμε ότι στον πίνακα ήταν σχεδιασμένη η πορεία της κόκκινης ακτίνας στο πρίσμα, συμπληρώνω σχολιάζοντας και την πορεία της ιώδους όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Στο σημείο αυτό, αν ο νόμος της διάθλασης είναι στη διδακτές ύλη θα μπορούσα σύντομα να εφαρμόσω δύο φορές το νόμο της διάθλασης – μία φορά για το κόκκινο χρώμα και μια για το ιώδες και να συγκρίνω τις γωνίες διάθλασής τους με ανισότητες.

Επανέρχομαι στο ουράνιο τόξο και τονίζω ότι το λευκό φως του ήλιου διαθλάται στα σταγονίδια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα μετά τη βροχή. Εξηγώ ότι όταν μια δέσμη λευκού φωτός συναντά μία σταγόνα συμβαίνουν τα ακόλουθα φαινόμενα με την εξής σειρά:

Διάθλαση κατά την οποία η δέσμη λευκού φωτός εισέρχεται από τον αέρα στη σταγόνα και διαχωρίζεται σε χρώματα

Ολική ανάκλαση όπου κατά κάποιον τρόπο η πορεία της δέσμης αναστρέφεται μετά την ανάκλασή της και

Δεύτερη διάθλαση κατά την οποία τα χρώματα, διακριτά πλέον, εξέρχονται από τη σταγόνα στον αέρα.

Με αυτή τη διαδικασία εξηγείται και ο προσανατολισμός που πρέπει να έχουμε για να δούμε το ουράνιο τόξο.

Σχεδιάζω στον πίνακα τον προσανατολισμό που πρέπει να έχουμε για να δούμε ένα ουράνιο τόξο καθώς επίσης και την πορεία μιας κόκκινης και μιας ιώδους ακτίνας στο εσωτερικό μιας σταγόνας. (εδώ κάνουμε τα αντίστοιχα σχήματα)

Στη συνέχεια θέτω στην τάξη ερωτήματα της μορφής:

Αν το λευκό φως αναλύεται από τα χρώματα αυτά (κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, κυανό κι ιώδες) θα μπορούσα να προκαλέσω το αντίστροφο; Δηλαδή θα μπορούσα να δω λευκό φως αν είχα όλα αυτά τα χρώματα και με κάποιον τρόπο τα συγκέντρωνα;

Τι θα έπρεπε να κάνω για να επαληθεύσω ότι όταν και τα έξι χρώματα συναντιούνται δημιουργείται λευκό φως;

### **3<sup>ο</sup> Πείραμα Επίδειξης: Σύνθεση του λευκού φωτός**

Εκτελώ πείραμα επίδειξης χρησιμοποιώντας τον προβολέα και δύο τετραεδρικά πρίσματα. Αναλύω το φως στο πρώτο πρίσμα και στη συνέχεια το φάσμα αυτό προσπίπτει στο δεύτερο πρίσμα οπότε η τελική διαθλώμενη από το δεύτερο πρίσμα είναι μια δέσμη λευκού φωτός.

Προκαλώ συζήτηση και τους ζητώ να ερμηνεύσουν αυτό που παρατηρούν.

## Αξιολόγηση

1. Να χαρακτηρίσεις τις ακόλουθες προτάσεις με Σ αν είναι σωστές και με Λ αν είναι λανθασμένες
  - A. Ένα πρίσμα είναι οπτικά πυκνότερο στην πράσινη ακτινοβολία σε σχέση με την κίτρινη
  - B. Σε ένα πρίσμα η κίτρινη ακτινοβολία έχει μεγαλύτερη ταχύτητα διάδοσης σε σχέση με την πράσινη
  - Γ. το λευκό φως αποτελείται από ακτινοβολίες με διαφορετικές περιοχές χρωμάτων
2. Μια δέσμη λευκού φωτός προσπίπτει πλάγια από τον αέρα σε παραλληλεπίπεδο γυαλί. Να σχεδιάσεις την πορεία της πράσινης και της κίτρινης ακτινοβολίας
3. Όταν προσπίπτει λευκό φως σε ένα πρίσμα παίρνουμε μια ταινία από χρώματα. Να αναφέρεις τη σειρά με την οποία εμφανίζονται τα χρώματα. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;
4. Ένας μαθητής είδε ένα ουράνιο τόξο στην ατμόσφαιρα χωρίς να έχει βρέξει καθόλου την ίδια μέρα. Όταν το είδε έβλεπε ένα μεγάλο χωράφι που ποτιζόταν αυτόματα. Μπορείς να εξηγήσεις πως δημιουργήθηκε αυτό το ουράνιο τόξο και να αναφέρεις τη θέση του μαθητή σε σχέση με το χωράφι και τον Ήλιο;
5. Ένα CD όταν φωτίζεται με λευκό φως εμφανίζει μια σειρά από χρώματα. Μπορείς να εξηγήσεις το φαινόμενο αυτό;
6. Γιατί ο δίσκος του Νεύτωνα μας φαίνεται άσπρος όταν περιστρέφεται γρήγορα ενώ όταν είναι ακίνητος βλέπουμε τις έξι 'πίτες' με τα διαφορετικά χρώματα: κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, κυανό κι ιώδες; (Σε περίπτωση που οι μαθητές δε γνωρίζουν το δίσκο του Νεύτωνα, τον περιγράψω)
7. Τι πιστεύατε πριν για το ουράνιο τόξο; Τι πιστεύετε τώρα; Γιατί αλλάξατε γνώμη;