

**The 37<sup>th</sup> International Physics Olympiad**  
**Singapore**  
**Theory Competition**  
**Monday, 10 July 2006**

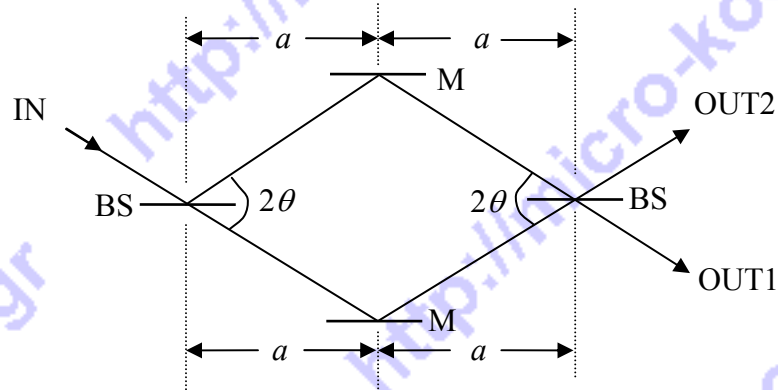
**Παρακαλώ διαβάστε τις πιο κάτω οδηγίες:**

1. Η εξέταση διαρκεί 5 h (πέντε ώρες). Υπάρχουν τρεις ερωτήσεις και κάθε μια από αυτές βαθμολογείται με **10 βαθμούς**.
2. Χρησιμοποιήστε μόνο το στυλό που υπάρχει στο τραπέζι σας.
3. Χρησιμοποιήστε μόνο το μπροστινό μέρος των φύλλων χαρτιού που σας δόθηκαν.
4. Κάθε ερώτηση πρέπει να απαντηθεί σε ξεχωριστά φύλλα χαρτιού.
5. Παρακαλώ χρησιμοποιήστε το **Φύλλο Απαντήσεων** που σας δόθηκε για να γράψετε τις απαντήσεις σας. Σας δίνονται επίσης φύλλα χαρτιού (**Writing Sheets**) για να δείξετε τον τρόπο με τον οποίο εργαστήκατε. Τα αριθμητικά αποτελέσματα πρέπει να γραφονται με τον κατάλληλο αριθμό ψηφίων ανάλογα με τα δεδομένα. **Μην ξεχνάτε να γράφετε τις μονάδες μέτρησης.**
6. Γράψτε στα κενά φύλλα χαρτιού (**Writing Sheets**) οτιδήποτε θεωρείτε ότι χρειάζεται για τη λύση των ζητημάτων και ότι θέλετε να βαθμολογηθεί. Γράψτε **όσο το δυνατό λιγότερο κείμενο** και περιοριστείτε σε εξισώσεις, αριθμούς, σύμβολα και διαγράμματα.
7. Είναι πολύ σημαντικό να συμπληρώσετε τον **κωδικό της χώρας σας (Country Code)** και τον **κωδικό σας (student Code)** στα κουτάκια που βρίσκονται στο πάνω μέρος κάθε φύλλου χαρτιού που θα χρησιμοποιήσετε. Επιπλέον στα κενά φύλλα χαρτιού που θα χρησιμοποιήσετε για κάθε ερώτηση θα πρέπει να γράψετε τον **αριθμό της ερώτησης (Question No.)** τον αύξοντα αριθμό κάθε φύλλου (**Αριθμός Φύλλου (Page No.)**) και το **συνολικό αριθμό των κενών σελίδων (Total No. of pages)** που έχετε χρησιμοποιήσει για κάθε ερώτηση και θα θέλατε να βαθμολογηθείτε. Θα ήταν επίσης χρήσιμο να γράψετε τον αριθμό της ερώτησης και του υποερωτήματος που δίνετε την απάντηση στην αρχή του κάθε φύλλου.
8. Όταν τελειώσετε, τοποθετήστε όλα τα φύλλα με τη σωστή σειρά (για κάθε ερώτηση βάλτε πρώτα τα φύλλα απαντήσεων, μετά τα φύλλα γραψίματος (**Writing Sheets**) σε σειρά ακολουθούμενα από τα φύλλα που δεν θέλετε να βαθμολογηθούν και βάλτε τα φύλλα που δεν χρησιμοποιήσατε και τις τυπωμένες ερωτήσεις στο τέλος). Τοποθετήστε τα χαρτιά κάθε ερώτησης με την σειρά των ερωτήσεων και των αριθμό σελίδων. Συράψτε όλα τα φύλλα με τον συνδετήρα που θα σας δοθεί και αφήστε τα πάντα πάνω στο τραπέζι.

**Δεν επιτρέπεται να πάρετε κανένα φύλλο εκτός του δωματίου!!!**

### Θεωρητικό ερώτημα 1: Βαρύτητα σε ένα Συμβολόμετρο Νετρονίων

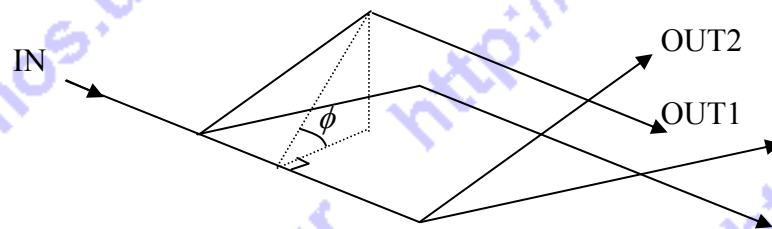
Εισάγετε όλες τις απαντήσεις στο Φύλλο Απαντήσεων / Answer Script



BS - Beam Splitters

M - Mirror

Εικόνα 1a



Εικόνα 1b

Θεωρούμε την περίπτωση του διάσημου πειράματος με το συμβολόμετρο νετρονίων από τους Collela, Overhauser and Werner, εξιδανικευμένου όσον αφορά τη διάταξη αφού θεωρούμε ιδανικούς κατακόρυφους, διαχωριστές δέσμης (beam splitters) και ανακλαστήρες (mirrors) στο συμβολόμετρο. Με το πείραμα αυτό γίνεται μελέτη της επίδρασης της βαρυτικής έλξης στο μήκος κύματος των νετρονίων κατά de Broglie.

Μια κάτωψη της συμβολικής αναπαράστασης αυτού του συμβολόμετρου σε αναλογία με το οπτικό φαίνεται στην εικόνα 1a. Τα νετρόνια εισέρχονται στο συμβολόμετρο από την θύρα IN και ακολουθούν τους δύο δρόμους που φαίνονται. Τα νετρόνια ανιχνεύονται στις θύρες εξόδου, OUT1 ή OUT2. Οι δύο δρόμοι περιβάλλουν μια περιοχή σχήματος διαμαντιού, η οποία τυπικά είναι μερικά  $\text{cm}^2$  σε μέγεθος.

Τα νετρόνια συμπεριφέρονται ως κυματοσωματίδια κατά de Broglie (με τυπικό μήκος κύματος of  $10^{-10}$  m) και συμβάλουν καθώς όλα τα νετρόνια εξέρχονται από την θύρα εξόδου OUT1 στην περίπτωση κατά την οποία το συμβολόμετρο είναι οριζόντιο.

Αλλά όταν το συμβολόμετρο περιστραφεί κατά μια γωνία  $\phi$  ως προς τον άξονα της εισερχόμενης δέσμης νετρονίων (εικόνα 1b), παρατηρείται μια ανακατανομή των νετρονίων μεταξύ των δύο θυρών εξόδου OUT1 and OUT2 η οποία εξαρτάται από την γωνία  $\phi$ .

**Γεωμετρία** Για  $\phi = 0^\circ$  το επίπεδο του συμβολόμετρου είναι οριζόντιο. Για  $\phi = 90^\circ$  το επίπεδο είναι κατακόρυφο και οι θύρες εξόδου βρίσκονται πάνω από τον άξονα περιστροφής.

- 1.1 (1,0) Ποιό είναι το εμβαδόν  $A$  της περιοχής με σχήμα διαμαντιού, η οποία περιβάλλεται από τους δύο δρόμους μέσα στο συμβολόμετρο;
- 1.2 (1,0) Σε ποιό ύψος  $H$  από το οριζόντιο επίπεδο, από το οποίο διέρχεται ο άξονας περιστροφής, βρίσκεται η θύρα εξόδου OUT1;

Εκφράστε το  $A$  και το  $H$  συναρτήσει των  $a$ ,  $\theta$ , και  $\phi$ .

**Μήκος οπτικού δρόμου.** Το μήκος του οπτικού δρόμου  $N_{\text{opt}}$  (ένας αριθμός) είναι ο λόγος του μήκους του γεωμετρικού δρόμου (μιας απόστασης) προς το μήκος κύματος  $\lambda$ . Αν το  $\lambda$  αλλάζει κατά μήκος του δρόμου, το  $N_{\text{opt}}$  προκύπτει ολοκληρώνοντας το  $\lambda^{-1}$  κατά μήκος του δρόμου.

- 1.3 (3,0) Ποια είναι η διαφορά  $\Delta N_{\text{opt}}$  στο μήκος των οπτικών δρόμων των δύο διαδρομών όταν το συμβολόμετρο στραφεί κατά γωνία  $\phi$ ; Εκφράστε την απάντησή σας συναρτήσει των  $a$ ,  $\theta$ , και  $\phi$  καθώς επίσης και της μάζας του νετρονίου  $M$ , του μήκους κύματος κατά de Broglie  $\lambda_0$  των εισερχόμενων νετρονίων, της επιτάχυνσης λόγω της βαρύτητας  $g$ , και της σταθεράς του Planck  $h$ .

- 1.4 (1,0) Εισάγετε την παράμετρο του όγκου

$$V = \frac{h^2}{gM^2}$$

αντικαθιστώντας, εκφράστε το  $\Delta N_{\text{opt}}$  μόνο συναρτήσει των  $A$ ,  $V$ ,  $\lambda_0$ , και  $\phi$ . Υπολογίστε την τιμή του  $V$  για  $M = 1.675 \times 10^{-27}$  kg,  $g = 9.800$  m s<sup>-2</sup>, and  $h = 6.626 \times 10^{-34}$  J s.

- 1.5 (2,0) Πόσοι κύκλοι —από υψηλή ένταση σε χαμηλή ένταση και πάλι σε υψηλή ένταση — συμπληρώνονται στην θύρα εξόδου OUT1 όταν  $\phi$  αυξάνεται από  $\phi = -90^\circ$  σε  $\phi = 90^\circ$ ;

**Πειραματικά δεδομένα.** Το συμβολόμετρο σε ένα αληθινό πείραμα χαρακτηρίζεται από  $a = 3,600$  cm και  $\theta = 22,10^\circ$ , και παρατηρούνται 19,00 πλήρεις κύκλοι.

- 1.6 (1,0) Ποια η τιμή του  $\lambda_0$  σ' αυτό το πείραμα;
- 1.7 (1,0) Εάν παρατηρηθούν 30,00 πλήρεις κύκλοι σε ένα άλλο πείραμα τέτοιου είδους που χρησιμοποιεί όμως νετρόνια με μήκος κύματος  $\lambda_0 = 0,2000 \text{ nm}$ , ποιά θα είναι το εμβαδόν  $A$ ;
- Υπόδειξη: Αν  $|ax| \ll 1$ , μπορείτε κατά προσέγγιση να αντικαταστήσετε το  $(1+x)^\alpha$  με  $1+ax$ .

Country Code/ Κωδικός Χώρας	Student Code/ Κωδικός Μαθητή	Question Number/ Αριθμός Ερώτησης
		1

**Answer Script/ Φύλλο Απάντησης****Γεωμετρία**

1.1 Το εμβαδόν είναι

$$A =$$

1.2 Το ύψος είναι

$$H =$$

For  
Examiners  
Use  
Only

1.0

1.0

Country Code/ Κωδικός Χώρας	Student Code/ Κωδικός Μαθητή	Question Number/ Αριθμός Ερώτησης
		1

**Μήκος Οπτικού Δρόμου**

1.3 Συναρτήσει των  $a$ ,  $\theta$ ,  $\phi$ ,  $M$ ,  $\lambda_0$ ,  $g$ , και  $h$ :

$$\Delta N_{\text{opt}} =$$

1.4 Συναρτήσει των  $A$ ,  $V$ ,  $\lambda_0$ , και  $\phi$ :

$$\Delta N_{\text{opt}} =$$

Η αριθμητική τιμή του  $V$  είναι

$$V =$$

For  
Examiners  
Use  
Only

3.0

0.8

0.2

2.0

1.5 Ο αριθμός των κύκλων είναι

# των κύκλων =

Country Code/ Κωδικός Χώρας	Student Code/ Κωδικός Μαθητή	Question Number/ Αριθμός Ερώτησης
		1

**Πειραματικά δεδομένα**

1.6 Το μήκος κύματος de Broglie ήταν

$\lambda_0 =$

1.7 Το εμβαδόν είναι

$A =$

**For  
Examiners  
Use  
Only**

1.0

1.0