



**45<sup>η</sup> Διεθνής Ολυμπιάδα Φυσικής  
Αστανά, Καζακστάν  
Θεωρητική Εξέταση  
Τρίτη, 15 Ιουλίου 2014**

**Παρακαλώ διαβάστε προσεκτικά αυτή τη σελίδα πριν ξεκινήσετε να λύσετε:**

Η εξέταση διαρκεί 5 ώρες και αποτελείται από 3 προβλήματα που βαθμολογούνται συνολικά με **30 μονάδες** οι οποίες δεν είναι υποχρεωτικό να μοιράζονται εξ ίσου στα διάφορα ερωτήματα.

Για να γράψετε τις απαντήσεις σας χρησιμοποιήστε μόνο το στυλό που σας δίνεται. Για τους υπολογισμούς σας χρησιμοποιήστε μόνο τον υπολογιστή τσέπης που σας δίνεται. Λάβετε υπόψη σας πως όλες οι αριθμητικές απαντήσεις **πρέπει να γραφούν** με το μέγιστο πλήθος ψηφίων που είναι κατάλληλο για τα δεδομένα που σας δίνονται. Μην ξεχάσετε να συμπεριλάβετε τις μονάδες.

Χρησιμοποιήστε το **Φύλλο Απαντήσεων** που σας δόθηκε για να γράψετε τα αποτελέσματά σας. Αναλυτικές λύσεις πρέπει να αναγραφούν στα **Πρόχειρα Φύλλα** που επίσης σας δόθηκαν. Γράψτε στα πρόχειρα φύλλα οτιδήποτε θεωρείτε απαραίτητο για τη λύση που θέλετε να βαθμολογηθεί. Σε κάθε περίπτωση όμως χρησιμοποιήστε **το ελάχιστο δυνατό κείμενο**, περιοριζόμενοι κυρίως σε εξισώσεις, αριθμούς, σύμβολα και διαγράμματα. Χρησιμοποιήστε μόνο τη μπροστινή όψη **όλων των φύλλων και σιγουρευτείτε ότι οι απαντήσεις σας βρίσκονται μέσα στις οριοθετημένες περιοχές**.

Πρέπει **οπωσδήποτε** να συμπληρώσετε τον **Κωδικό Μαθητή** στα πλαίσια που θα βρείτε στην κορυφή κάθε Φύλλου που θα χρησιμοποιήσετε. Για κάθε πρόβλημα που λύσετε, όλα τα Φύλλα θα πρέπει να περιλαμβάνουν τον Αριθμό Προβλήματος (**Problem No.**), τον Αριθμό Ερωτήματος (**Part**), τον αριθμό σελίδας (**Page No**) και το σύνολο των σελίδων (**Total No. of Pages**) που έχετε χρησιμοποιήσει και επιθυμείτε να βαθμολογηθούν. Διαγράψτε με ένα X τα πρόχειρα Φύλλα τα οποία περιλαμβάνουν σημειώσεις που δεν επιθυμείτε να βαθμολογηθούν και μην τα συμπεριλάβετε στην αρίθμηση.

Ολοκληρώνοντας, τακτοποιήστε τα φύλλα για κάθε **Πρόβλημα** με την ακόλουθη σειρά:

- Φύλλα Απαντήσεων,
- Πρόχειρα Φύλλα,
- Φύλλα που δεν επιθυμείτε να βαθμολογηθούν,
- μη χρησιμοποιημένα φύλλα,
- εκφωνήσεις.

Τοποθετήστε όλα τα Φύλλα στον κατάλληλο φάκελο και αφήστε τα πάντα στο θρανίο σας. **Δεν επιτρέπεται να πάρετε μαζί σας οποιοδήποτε φύλλο.**

Αν χρειαστεί να πάτε στην τουαλέτα, παρακαλώ σηκώστε τη μπλε κάρτα με την επιγραφή "TOILET". Αν αντιμετωπίσετε οποιοδήποτε άλλο πρόβλημα (υπολογιστής τσέπης εκτός λειτουργίας, πρόσθετα φύλλα), παρακαλώ σηκώστε την κόκκινη κάρτα με την επιγραφή "HELP".



**45<sup>th</sup> Διεθνής Ολυμπιάδα Φυσικής  
Αστανά, Καζακστάν  
Θεωρητική Εξέταση Τρίτη, 15 Ιουλίου 2014**

**Κατάλογος Θεμελιωδών Φυσικών Σταθερών**

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Ταχύτητα του φωτός στο κενό       | $c = 299792458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$                                  |
| Σταθερά Παγκόσμιας Έλξης          | $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ |
| Επιτάχυνση της βαρύτητας          | $g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$                                       |
| Σταθερά Avogadro                  | $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$                                    |
| Παγκόσμια σταθερά των αερίων      | $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$                 |
| Σταθερά Boltzmann                 | $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$                        |
| Κβάντο φορτίου                    | $e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  |
| Μάζα ηρεμίας ηλεκτρονίου          | $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$   |
| Μάζα ηρεμίας πρωτονίου            | $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$   |
| Ανηγμένη σταθερά Planck           | $\hbar = 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$                         |
| Διηλεκτρική σταθερά του κενού     | $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$               |
| Μαγνητική διαπερατότητα του κενού | $\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-6} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$                     |

**Χρήσιμοι μαθηματικοί τύποι**

$$(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x + \frac{1}{2} \alpha(\alpha-1)x^2$$

, όπου  $|x| \ll 1$  και  $\alpha$  τυχαία σταθερή τιμή

$$\sin x \approx x - \frac{x^3}{6}, \text{ όπου } |x| \ll 1$$

$$\cos x \approx 1 - \frac{1}{2}x^2, \text{ όπου } |x| \ll 1$$

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C, \text{ } n \neq -1, \text{ όπου } C \text{ τυχαία σταθερά}$$

$$\int \frac{dx}{x-a} = \log|x-a| + C, \text{ όπου } C \text{ τυχαία σταθερά}$$

$$\cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

$$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$$

$$\cosh^2 x - \sinh^2 x = 1$$

$$\tanh x = \frac{\sinh x}{\cosh x}$$

$$(e^x)' = e^x$$

$$(\log x)' = \frac{1}{x}$$

$$(x^n)' = nx^{n-1}$$

$$u_z(x(t)) = u_x(x(t))v_z(t)$$

$$(u(x)v(x))' = u(x)'v(x) + u(x)v(x)'$$

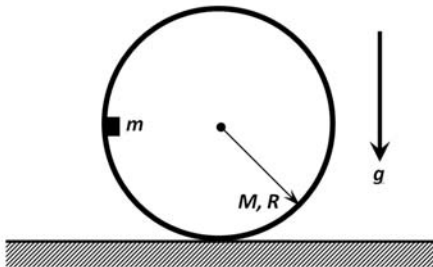
$$\left(\frac{u(x)}{v(x)}\right)' = \frac{u(x)'v(x) - u(x)v(x)'}{v(x)^2}$$

**Πρόβλημα 1 (9 μονάδες)**

Το πρόβλημα αυτό αποτελείται από τρία ανεξάρτητα μέρη.

**Μέρος Α (3 μονάδες)**

Σώμα μικρών διαστάσεων μάζας  $m$  τοποθετείται προσηκτικά στην εσωτερική επιφάνεια ενός κυλίνδρου, που είναι κενός στο εσωτερικό του και έχει μάζα  $M$  και ακτίνα  $R$ . Αρχικά η κύλινδρος ηρεμεί σε οριζόντιο επίπεδο και το σώμα βρίσκεται σε ύψος  $R$  από το επίπεδο, όπως στο σχήμα. Βρείτε τη δύναμη αλληλεπίδρασης  $F$  ανάμεσα στο σώμα και στον κύλινδρο, τη στιγμή που το σώμα διέρχεται από το χαμηλότερο σημείο της τροχιάς του. Υποθέστε ότι δεν υπάρχει τριβή ανάμεσα στο σώμα και στην εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου και ότι ο κύλινδρος κινείται στο επίπεδο χωρίς να ολισθαίνει. Η επιτάχυνση της βαρύτητας θεωρείται ίση προς  $g$ .



**Μέρος Β (3 μονάδες)**

Μια φυσαλίδα ακτίνας  $r=5,00$  cm, και με πάχος τοιχωμάτων  $h=10,0$  μm περιέχει ιδανικό διατομικό αέριο και έχει τοποθετηθεί στο κενό. Το τοίχωμα της φυσαλίδας παρουσιάζει επιφανειακή τάση ίση προς

$$\sigma = 4,00 \cdot 10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}} \text{ και πυκνότητα } \rho = 1,10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}.$$

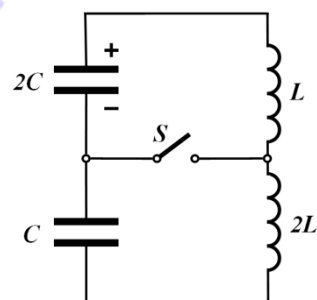
1) Βρείτε μια σχέση για τη μοριακή θερμοχωρητικότητα του αερίου μέσα στη φυσαλίδα για μια διεργασία κατά την οποία το αέριο θερμαίνεται με βραδύ ρυθμό, ενώ η φυσαλίδα παραμένει σε μηχανική ισορροπία και υπολογίστε την τιμή της. 2) Βρείτε μια σχέση για τη συχνότητα  $\omega$  των μικρών ακτινικών ταλαντώσεων της φυσαλίδας και υπολογίστε την τιμή της με την προϋπόθεση ότι η μοριακή θερμοχωρητικότητα της φυσαλίδας είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από τη μοριακή θερμοχωρητικότητα του αερίου μέσα σε αυτή. Υποθέστε ότι η επίτευξη θερμικής ισορροπίας στο εσωτερικό της φυσαλίδας απαιτεί πολύ λιγότερο χρόνο από την περίοδο των ταλαντώσεων.

ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Ο Laplace απέδειξε ότι υπάρχει διαφορά πιέσεων μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού μιας καμπύλης επιφάνειας, που προκύπτει από την επιφανειακή τάση της επιφάνειας αυτής, για την οποία

$$\text{ισχύει } \Delta p = \frac{2\sigma}{r}.$$

**Μέρος C (3 μονάδες)**

Αρχικά, ο διακόπτης  $S$  στο κύκλωμα του σχήματος είναι ανοικτός. Ο πυκνωτής χωρητικότητας φέρει ηλεκτρικό φορτίο  $q_0$ , ενώ ο πυκνωτής χωρητικότητας  $C$  είναι αφόρτιστος. Κανένα από τα δύο πηνία, με συντελεστές αυτεπαγωγής  $L$  και αντίστοιχα, δε διαρρέεται από ρεύμα. Ο πρώτος πυκνωτής αρχίζει να εκφορτίζεται και, τη στιγμή που το ρεύμα στα δύο πηνία λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του, ο διακόπτης  $S$  κλείνει ακαριαία. Βρείτε το μέγιστο ρεύμα  $I_{\max}$  που διαρρέει τον  $S$  μετά από τη στιγμή αυτή.



9 μονάδες

| Απάντηση                   | μονάδες |
|----------------------------|---------|
| <b>Μέρος Α (3 μονάδες)</b> |         |
| $F =$                      |         |
| <b>Μέρος Β(3 μονάδες)</b>  |         |
| $C =$                      |         |
| $\omega =$                 |         |
| <b>Μέρος C (3 μονάδες)</b> |         |
| $L =$                      |         |

Θα ακολουθήσει, σύντομα, η ανάρτηση και των απαντήσεων / λύσεων