



The 38th International Physics Olympiad
Iran
Theory Competition
Sunday, 15 July 2007

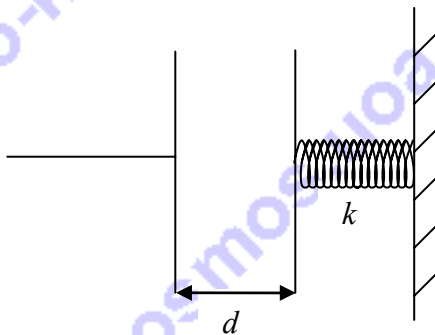
1. Αυτός ο φάκελος περιέχει 4 φύλλα Ερωτήσεων (Q) , 3 φύλλα Απαντήσεων (A) και έναν αριθμό φύλλων Γραψίματος (W)
2. Αυτή η ερώτηση είναι η **πορτοκαλί (orange)**, γι' αυτό παρακαλούμε γράψτε την απάντηση σε πορτοκαλί φύλλα και μετά βάλτε τα πορτοκαλί φύλλα σε αυτό το φάκελο *με κατάλληλη σειρά*. Βάλτε τα φύλλα **Απαντήσεων (A)** στη δεξιά θήκη πρώτα, μετά τα **φύλλα Γραψίματος (W)** τα οποία έχετε χρησιμοποιήσει για να απαντήσετε στην ερώτηση με τη σειρά, ακολουθούμενα από τα **φύλλα Γραψίματος (W)** τα οποία δεν επιθυμείτε να βαθμολογηθούν. Βάλτε τα αχρησιμοποίητα φύλλα και τα τυπωμένα **φύλλα Ερωτήσεων (Q)** στην αριστερή θήκη. Στο τέλος βάλτε και τους τρεις φακέλους στο μεγάλο φάκελο.

Στο πρόβλημα αυτό θα ασχοληθούμε με ένα απλοποιημένο μοντέλο ενός επιταχυνσιόμετρου σχεδιασμένου να ενεργοποιεί τους αερόσακους ενός αυτοκινήτου σε μια σύγκρουση. Θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα ηλεκτρομηχανικό σύστημα με τέτοιο τρόπο ώστε όταν η επιτάχυνση υπερβεί ένα προκαθορισμένο όριο, μια από τις ηλεκτρικές παραμέτρους του συστήματος όπως το δυναμικό σε συγκεκριμένο σημείο του κυκλώματος θα ξεπεράσει το κατώφλι και ο αερόσακος ως αποτέλεσμα θα ενεργοποιηθεί.

Σημείωση: Αγνοήστε τη βαρύτητα στο πρόβλημα αυτό.

- 1 Θεωρήστε ένα πυκνωτή με παράλληλες πλάκες όπως στο Σχήμα 1. Η επιφάνεια κάθε πλάκας του πυκνωτή είναι A και η απόσταση μεταξύ των δύο πλακών είναι d . Η απόσταση μεταξύ των δύο πλακών είναι πολύ μικρότερη από τις διαστάσεις των δύο πλακών. Μια από τις πλάκες αυτές είναι σε επαφή με ένα τοίχο μέσω ελατηρίου με σταθερά k , και η άλλη πλάκα είναι στερεωμένη και ακλόνητη. Όταν η απόσταση μεταξύ των πλακών είναι d το ελατήριο δεν είναι συμπιεσμένο ούτε τεντωμένο, με άλλα λόγια δεν ασκείται καμία δύναμη στο ελατήριο στην κατάσταση αυτή. Υποθέστε ότι η ηλεκτρική διαπερατότητα του αέρα μεταξύ των πλακών είναι ίση με εκείνη του κενού ϵ_0 . Η χωρητικότητα που αντιστοιχεί σ'αυτή την απόσταση μεταξύ των πλακών του πυκνωτή είναι $C_0 = \epsilon_0 A/d$. Φορτίζουμε τις πλάκες με ηλεκτρικά φορτία $+Q$ και $-Q$ και αφήνουμε το σύστημα να φτάσει σε μηχανική ισορροπία.

2

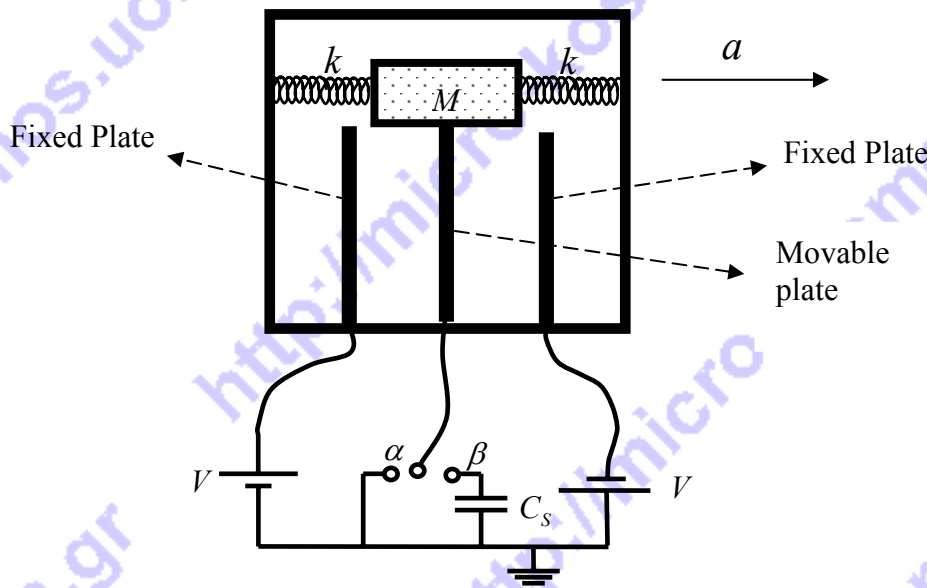


Σχήμα 1



1.1	Να υπολογίσετε την ηλεκτρική δύναμη, F_E , την οποία ασκεί η μία πλάκα στην άλλη.	0.8
1.2	Έστω x η μετατόπιση της πλάκας η οποία είναι συνδεδεμένη με το ελατήριο. Να υπολογίσετε το x .	0.6
1.3	Στην κατάσταση αυτή, να εκφράσετε την ηλεκτρική διαφορά δυναμικού V μεταξύ των πλακών του πυκνωτή σε σχέση με τα μεγέθη Q, A, d, k .	0.4
1.4	Έστω C η χωρητικότητα του πυκνωτή, η οποία ορίζεται ως ο λόγος του φορτίου προς τη διαφορά δυναμικού. Να βρείτε το λόγο C/C_0 συναρτήσει των Q, A, d και k .	0.3
1.5	Να εκφράσετε τη συνολική αποθηκευμένη δυναμική ενέργεια, U , του συστήματος σε σχέση με τα μεγέθη Q, A, d , και k .	0.6

Το Σχήμα 2, δείχνει μια μάζα M η οποία είναι προσαρτημένη σε μια αγωγίμη πλάκα αμελητέας μάζας και επίσης δύο ελατήρια τα οποία έχουν ίδιες σταθερές k . Η αγωγίμη πλάκα μπορεί να κινείται πίσω και μπροστά στο χώρο μεταξύ των δύο ακλόνητων αγωγίμων πλακών. Όλες αυτές οι πλάκες είναι όμοιες και έχουν το ίδιο εμβαδόν A . Έτσι αυτές οι τρεις πλάκες σχηματίζουν δύο πυκνωτές. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, οι ακλόνητες πλάκες είναι συνδεδεμένες στα δεδομένα δυναμικά V και $-V$, και η μεσαία πλάκα συνδέεται με το έδαφος μέσω ενός μεταγωγού (διακόπτη). Το σύρμα με το οποίο συνδέεται η κινητή πλάκα δεν διαταράσσει την κίνησή της και οι τρεις πλάκες παραμένουν παράλληλες. Όταν ολόκληρο το κουτί δεν επιταχύνεται, η απόσταση μεταξύ κάθε ακλόνητης πλάκας και της κινητής πλάκας είναι d η οποία είναι πολύ μικρότερη από τις διαστάσεις των πλακών. Το πάχος της κινητής πλάκας είναι αμελητέο.



Σχήμα 2

Ο διακόπτης μπορεί να είναι είτε στο α είτε στο β . Υποθέστε ότι το κουτί με τους πυκνωτές επιταχύνεται μαζί με το αυτοκίνητο, και ότι η επιτάχυνση είναι σταθερή. Υποθέστε ότι όσο χρόνο είναι σταθερή η επιτάχυνση το ελατήριο δεν ταλαντώνεται και όλα τα περιεχόμενα αυτού του κουτιού δεν κινούνται το ένα σε σχέση με το άλλο, συνεπώς και σε σχέση με το αυτοκίνητο.

Λόγω της επιτάχυνσης, η κινητή πλάκα θα είναι μετατοπισμένη κατά x από το μέσον της απόστασης των δύο ακλόνητων πλακών.

3 Θεωρήστε την περίπτωση κατά την οποία ο διακόπτης είναι στη θέση α , η κινητή πλάκα τότε συνδέεται με το έδαφος μέσω ενός σύρματος, τότε

2.1	Να υπολογίσετε το φορτίο του κάθε πυκνωτή ως συνάρτηση του x .	0.4
2.2	Να υπολογίσετε τη συνολική ηλεκτρική δύναμη που ασκείται στην κινητή πλάκα, F_E , ως συνάρτηση του x .	0.4
2.3	Υποθέστε ότι $d \gg x$ και ότι οι όροι x^2 μπορεί να αγνοηθούν συγκρινόμενοι με τους όρους d^2 . Να απλοποιήσετε το αποτέλεσμα του προηγούμενου ερωτήματος.	0.2



2.4	Να εκφράσετε τη συνολική δύναμη στην κινητή πλάκα (το άθροισμα της ηλεκτρικής δύναμης και των δυνάμεων από τα ελατήρια) στη μορφή $-k_{eff}x$ και να εκφράσετε τη σχέση για την k_{eff} .	0.7
-----	---	-----

2.5	Να εκφράσετε τη σταθερή επιτάχυνση a ως συνάρτηση του x .	0.4
-----	---	-----

- 3 Υποθέτουμε τώρα ότι ο διακόπτης είναι στη θέση β , με τον τρόπο αυτό η κινητή πλάκα συνδέεται με το έδαφος διαμέσου πυκνωτή, με χωρητικότητα C_s . Εάν η κινητή πλάκα μετακινηθεί κατά x από την αρχική της θέση,

3.1	Να προσδιορίσετε τη σχέση που δίνει τη διαφορά δυναμικού V_s στα άκρα του πυκνωτή C_s ως συνάρτηση του x .	1.5
-----	--	-----

3.2	Υποθέστε ξανά ότι $d \gg x$ και επομένως αγνοήστε όρους της τάξης του x^2 σε σύγκριση με τους όρους της τάξης του d^2 . Απλοποιήστε την απάντηση του προηγούμενου μέρους.	0.2
-----	---	-----

- 4 Θα θέλαμε να προσαρμόσουμε τις παραμέτρους στο πρόβλημα έτσι ώστε ο αερόσακος να μην ενεργοποιηθεί σε ένα κανονικό φρενάρισμα αλλά να ανοίγει αρκετά γρήγορα κατά τη διάρκεια μιας σύγκρουσης για να αποφευχθεί η σύγκρουση της κεφαλής του οδηγού με τον παρμπρίζ (ανεμοθώρακα) ή το τιμόνι. Όπως είδατε στο μέρος 2, οι δυνάμεις που ασκούνται στην κινητή πλάκα από τα ελατήρια και τα ηλεκτρικά φορτία των πλακών μπορούν να αντικατασταθούν από μια δύναμη που ασκείται από ένα ελατήριο με μια ενεργό σταθερά k_{eff} . Το σύστημα με τους πυκνωτές και τα ελατήρια είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα που αποτελείται από μια μάζα M σε ελατήριο σταθεράς ελατηρίου k_{eff} και υπό την επίδραση σταθερής επιτάχυνσης της βαρύτητας g , η οποία στο πρόβλημα είναι η επιτάχυνση του οχήματος.



Σημείωση: Σε αυτό το μέρος του προβλήματος, η υπόθεση ότι η μάζα και το ελατήριο είναι σταθερά σε σχέση με το όχημα, δεν ισχύει πλέον.

Αγνοήστε τριβές και θεωρήστε τις ακόλουθες αριθμητικές τιμές για τις παραμέτρους στο πρόβλημα:

$$d = 1.0 \text{ cm}, \quad A = 2.5 \times 10^{-2} \text{ m}^2, \quad k = 4.2 \times 10^3 \text{ N/m}, \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2, \\ V = 12 \text{ V}, \quad M = 0.15 \text{ Kg}$$

4.1	Χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα, να υπολογίσετε την αναλογία της ηλεκτρικής δύναμης που βρήκατε στο μέρος 2.3 με τη δύναμη των ελατηρίων και να δείξετε ότι μπορούμε να αγνοήσουμε τις ηλεκτρικές δυνάμεις σε σύγκριση με τις δυνάμεις των ελατηρίων.	0.6
-----	--	-----

Αν και δεν υπολογίσαμε τις ηλεκτρικές δυνάμεις στην περίπτωση που ο διακόπτης είναι στη θέση \mathcal{A} , μπορεί να αποδειχθεί, εντελώς ανάλογα, ότι και σε αυτή την περίπτωση οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι τόσο μικρές που μπορεί να αγνοηθούν.

4.2	Εάν το όχημα καθώς κινείται με σταθερή ταχύτητα, ξαφνικά ο οδηγός πατά φρένα με σταθερή επιτάχυνση a . Να βρείτε το μέτρο της μέγιστης μετατόπισης της κινητής πλάκας, ως συνάρτηση παραμέτρων.	0.6
-----	---	-----

Υποθέστε ότι ο διακόπτης είναι στη θέση \mathcal{B} και το σύστημα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε όταν η διαφορά δυναμικού στα άκρα του πυκνωτή φτάσει την τιμή $V_S = 0.15 \text{ V}$, ενεργοποιείται ο αερόσακος. Θα θέλαμε ο αερόσακος να μην ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια ενός κανονικού φρεναρίσματος όταν η επιτάχυνση του οχήματος είναι μικρότερη από την επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, αλλά να ενεργοποιείται σε αντίθετη περίπτωση.

4.3	Να υπολογίσετε την τιμή του C_S σε αυτή την περίπτωση.	0.6
-----	--	-----

Θα θέλαμε να ανακαλύψουμε εάν ο αερόσακος ενεργοποιείται αρκετά γρήγορα ώστε να αποφευχθεί η σύγκρουση της κεφαλής του οδηγού με τον ανεμοθώρακα ή το τιμόνι. Υποθέστε ότι ως αποτέλεσμα μιας σύγκρουσης, το όχημα δέχεται επιβράδυνση ίση με αυτή της βαρύτητας g αλλά ο οδηγός συνεχίζει να κινείται με σταθερή ταχύτητα.



4.4	Κάνοντας μια εκτίμηση της απόστασης μεταξύ της κεφαλής του οδηγού και του τιμονιού, να υπολογίσετε το χρόνο t_1 που απαιτείται για να έρθει σε επαφή το κεφάλι του οδηγού με το τιμόνι.	0.8
-----	---	-----

4.5	Υπολογίστε το χρόνο t_2 για να ενεργοποιηθεί ο αερόσακος και συγκρίνετέ τον με το χρόνο t_1 . Ο αερόσακος ενεργοποιείται στον απαιτούμενο χρόνο; Υποθέστε ότι ο αερόσακος ανοίγει στιγμιαία.	0.9
-----	--	-----



Part 1

Section	Answer	Mark
1.1	$F_E =$	0.8
1.2	$x =$	0.6
1.3	$V =$	0.4
1.4	$\frac{C}{C_0} =$	0.3
1.5	$U =$	0.6



Part 2

Section	Answer	Mark
2.1	$Q_1 =$ $Q_2 =$	0.4
2.2	$F_E =$	0.4
2.3	$F_E =$	0.2
2.4	$k_{eff} =$	0.7
2.5	$a =$	0.4

Part 3

Section	Answer	Mark
3.1	$V_S =$	1.5
3.2	$V_S =$	0.2



Part 4

Section	Answer	Mark
4.1	$\frac{\text{Ηλεκτρική Δύναμη}}{\text{Μηχανική Δύναμη}} =$	0.6
4.2	Μέγιστη Μετατόπιση =	0.6
4.3	$C_S =$	0.6
4.4	$t_1 =$	0.8
4.5	$t_2 =$ Ναι <input type="checkbox"/> Όχι <input type="checkbox"/>	0.9