

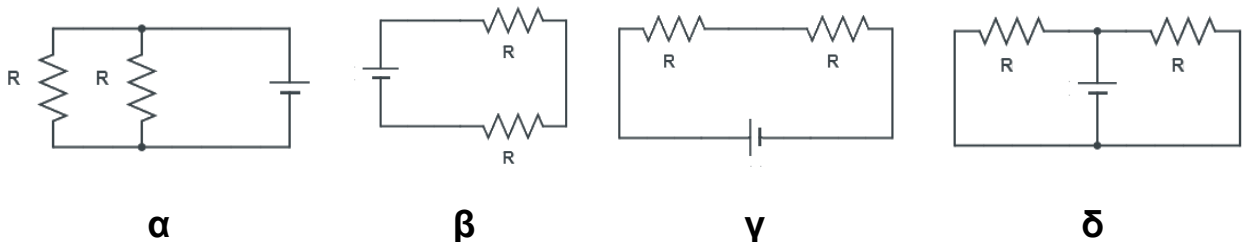
ΟΔΗΓΙΕΣ:

1. Οι απαντήσεις σε όλα τα ερωτήματα θα πρέπει να αναγραφούν στο **Φύλλο Απαντήσεων** που θα σας δοθεί χωριστά από τις εκφωνήσεις, εκτός αν η εκφώνηση ορίζει διαφορετικά.
2. Η επεξεργασία των θεμάτων θα γίνει γραπτά σε φύλλα Α4 ή σε τετράδιο που θα σας δοθεί. Τα υλικά αυτά θα παραδοθούν στο τέλος της εξέτασης μαζί με το **Φύλλο Απαντήσεων**.
3. Τα γραφήματα που ζητούνται θα το σχεδιάσετε στους ειδικούς χώρους του **Φύλλου Απαντήσεων**.

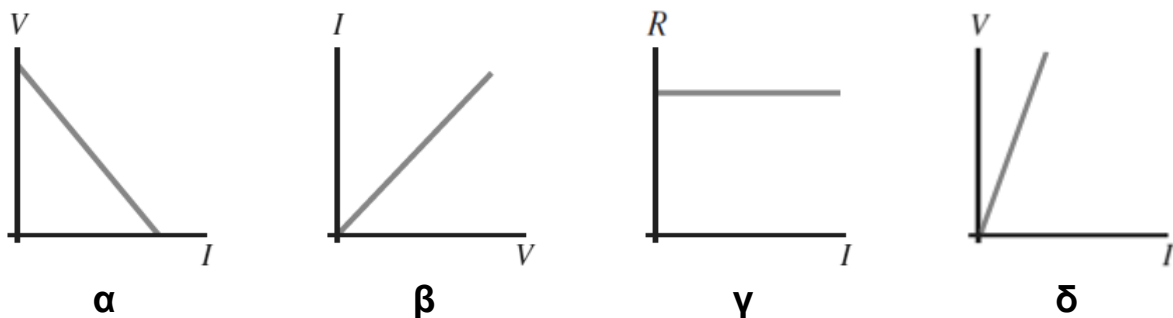
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1^ο ΘΕΜΑ

A.1. Σε ποια από τα παρακάτω κυκλώματα οι αντιστάσεις είναι συνδεδεμένες παράλληλα; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



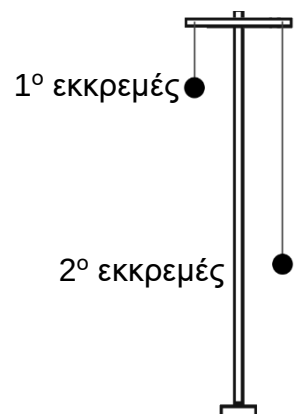
A.2. Έστω μεταλλικός αγωγός αντίστασης R και σταθερής θερμοκρασίας. Συμβολίζουμε με V την τάση στα άκρα του και με I την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει. Να επιλέξετε τα σωστά διαγράμματα μεταξύ των ακόλουθων και να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



2^ο ΘΕΜΑ

Κατασκευάζουμε τη διπλανή διάταξη (πλάγια όψη) με σκοπό να θέσουμε κάθε μικρό σφαιρίδιο σε ταλάντωση, το επίπεδο της οποίας είναι κατακόρυφο και κάθετο στο επίπεδο της σελίδας.

Προσθέτουμε στη διάταξη δύο πηνία, καθένα στερεωμένο στο επίπεδο ταλάντωσης του αντίστοιχου εκκρεμούς και σε κατάλληλο ύψος (βλ. επόμενο σχ., Πρόσοψη, όπου το επίπεδο ταλάντωσης κάθε εκκρεμούς είναι παράλληλο με το επίπεδο της σελίδας). Τα δύο πηνία είναι συνδεδεμένα στο ίδιο κύκλωμα, του οποίου ο διακόπτης είναι κλειστός. Τα σφαιρίδια παραμένουν ακίνητα στις άκρες των πηνίων, με αποτέλεσμα τα νήματα να φαίνονται σε επικάλυψη από την οπτική γωνία της πρόσοψης, όπως ακριβώς δείχνει το δεύτερο σχήμα. Τα νήματα είναι κατασκευασμένα από πλαστικό και μη ελαστικά.



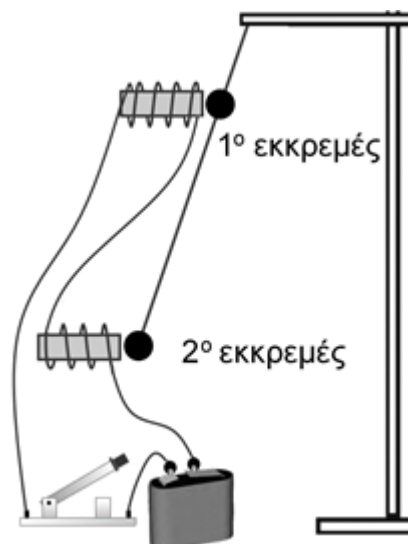
Σχ. 2. 1: Πλάγια όψη

Τη στιγμή που ανοίγουμε το διακόπτη, τα δύο εκκρεμείς αρχίζουν να πραγματοποιούν ταλάντωση ταυτόχρονα.

B.1. Από τι υλικό μπορεί να είναι κατασκευασμένες οι μάζες των σφαιριδίων; Γιατί;

B.2. Αν το χρονικό διάστημα που πέρασε από τη στιγμή που άνοιξε ο διακόπτης έως την επιστροφή του σφαιριδίου του 1^{ου} εκκρεμούς στην αρχική του θέση για πρώτη φορά είναι 1s, ποια είναι η συχνότητα ταλάντωσης του;

B.3. Τη στιγμή που το σφαιρίδιο του 1^{ου} εκκρεμούς επιστρέφει στην αρχική του θέση για πρώτη φορά, το σφαιρίδιο του 2^{ου} εκκρεμούς έχει περάσει από τη θέση ισορροπίας του μια φορά και βρίσκεται στη θέση της μέγιστης απομάκρυνσης. Ποια είναι η συχνότητα του 2^{ου} εκκρεμούς;



Σχ. 2. 2: Πρόσοψη

B.4. Για το χρονικό διάστημα που ο διακόπτης παραμένει κλειστός, σχεδιάστε μια πυξίδα (με το σωστό προσανατολισμό της μαγνητικής βελόνας της) σε κάθε μια από τις θέσεις 1, 2 και 3 του σχήματος που θα βρείτε στο Φύλλο Απαντήσεων.

3^ο ΘΕΜΑ

Ο λαμπτήρας πυράκτωσης της διπλανής εικόνας ονομάζεται λαμπτήρας 3 θέσεων και μας παρέχει τη δυνατότητα επιλογής τριών διαφορετικών επιπέδων φωτισμού, μέσω του διακόπτη λειτουργίας που συνοδεύει τον λαμπτήρα (στις θέσεις χαμηλό, μεσαίο και υψηλό). Ο λαμπτήρας αυτός είναι κατασκευασμένος για να συνδέεται σε τάση 48V.

Στο Εργαστήριο Φυσικής οι μαθητές θέλουν να χρησιμοποιήσουν έναν τέτοιο λαμπτήρα για να φωτίσουν έναν πάγκο εργασίας. Για τον σκοπό αυτό, διαθέτουν: έναν λαμπτήρα ισχύος 30W, 60W ή 90W (ανάλογα με την επιλογή), μια μπαταρία 48V, τον συνοδευτικό διακόπτη και μερικές ασφάλειες.

Οι μαθητές αποφασίζουν να χρησιμοποιήσουν μια ασφάλεια, προκειμένου να προστατέψουν τη διάταξη.

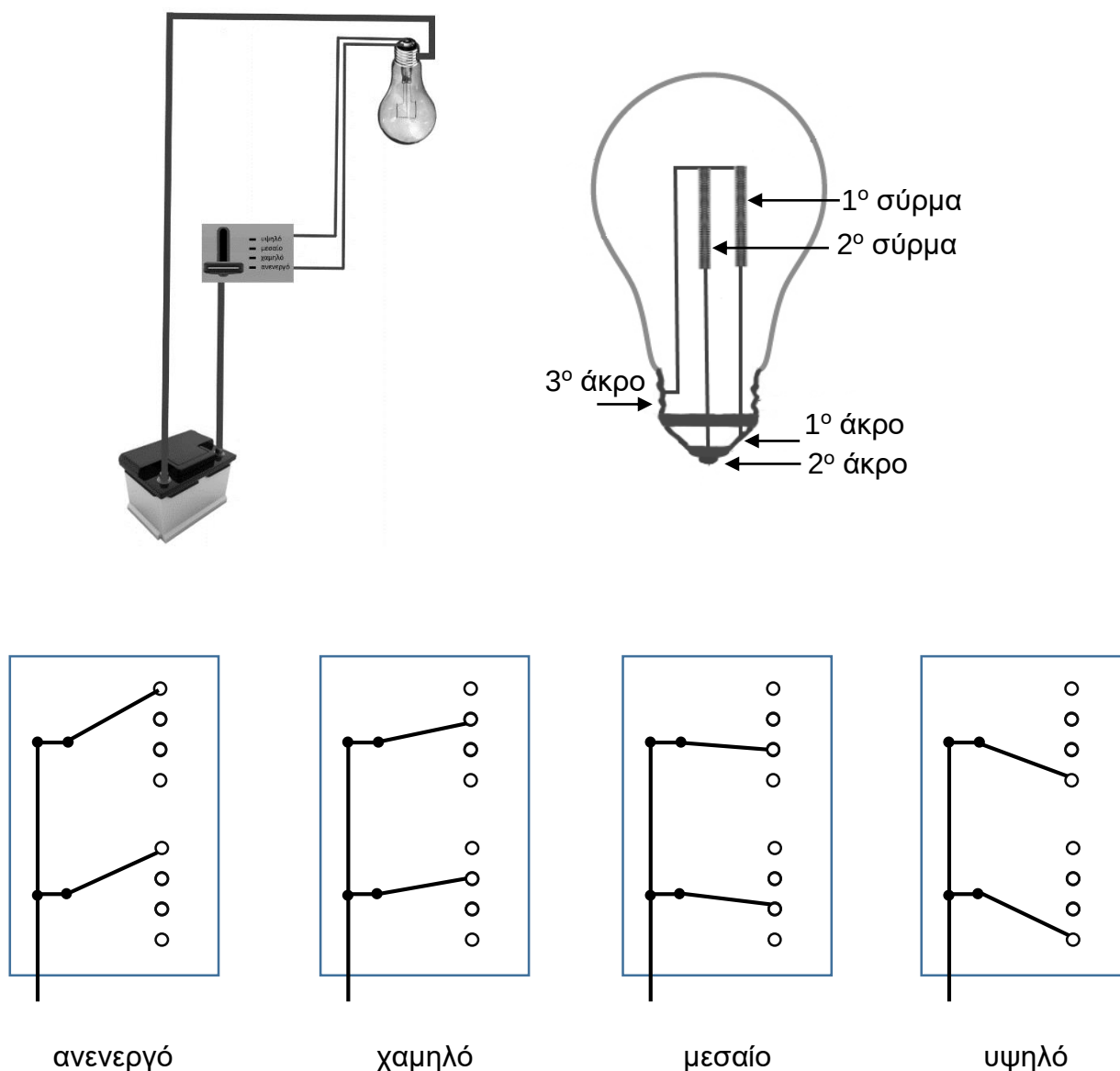
Γ.1. Ποια είναι η μικρότερη τιμή της ασφάλειας σε A που θα πρέπει να επιλέξουν, ώστε η διάταξη να λειτουργεί χωρίς πρόβλημα σε όλες τις θέσεις του διακόπτη;

Γ.2. Πώς πρέπει να συνδεθεί η ασφάλεια στο κύκλωμα και γιατί;



Η συγκεκριμένη λάμπα αποτελείται από δυο σύρματα διαφορετικών αντιστάσεων και ο διακόπτης, με την αντίστοιχη επιλογή από τους μαθητές, τροποποιεί τη συνδεσμολογία του κυκλώματος κατάλληλα κάθε φορά.

Τα παρακάτω σχήματα δείχνουν τον τρόπο πραγματοποίησης της διάταξης από τους μαθητές, τη συνδεσμολογία του λαμπτήρα πυρακτώσεως και το εσωτερικό του διακόπτη τριών θέσεων, για κάθε δυνατή επιλογή.



Εσωτερικό του διακόπτη τριών θέσεων για κάθε δυνατή επιλογή

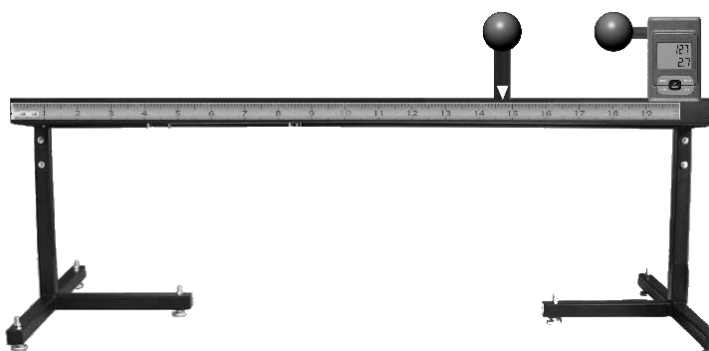
Γ.3. Ποια είναι η τιμή της αντίστασης κάθε σύρματος;

Γ.4. Για τις θέσεις χαμηλό, μεσαίο και υψηλό, πώς είναι συνδεδεμένα τα σύρματα στο κύκλωμα κάθε φορά;

Γ.5. Δημιουργήστε τις κατάλληλες συνδέσεις στο εσωτερικό του διακόπτη, εντός του διακεκομμένου πλαισίου στο σχήμα του ερωτήματος Γ.5. του Φύλλου Απαντήσεων, ώστε το κύκλωμα να λειτουργεί με τον τρόπο που έχει περιγραφεί πιο πάνω. Για τις συνδέσεις πρέπει να ενωθούν τα άκρα – επαφές του κυκλώματος με γραμμές, οι οποίες αντιστοιχούν σε αγωγίμα σύρματα.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στο Εργαστήριο Φυσικής υπάρχει η παρακάτω διάταξη για τη μελέτη των ηλεκτρικών δυνάμεων. Στο ένα άκρο της, υπάρχει ακλόνητα τοποθετημένος αισθητήρας κατασκευασμένος από μονωτικό υλικό, που μετρά και καταγράφει τη δύναμη που ασκείται σε μια σφαίρα, η οποία προσαρμόζεται κατάλληλα σε αυτόν. Διαθέτει επίσης κατάλληλα διαμορφωμένο διάδρομο, στον οποίο μπορεί να τοποθετηθεί και να κινηθεί βάση, επίσης κατασκευασμένη από μονωτικό υλικό, η οποία φέρει στην πάνω επιφάνειά της μια υποδοχή για την τοποθέτηση σφαίρας.



Μέσω μιας μετροταινίας, ακρίβειας ενός mm, υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης της απόστασης της βάσης από τον αισθητήρα και ταυτόχρονα των κέντρων των δυο σφαιρών.

Τέλος, η διάταξη περιλαμβάνει όμοιες σφαίρες ακτίνας $r = 19 \text{ mm}$, οι οποίες μπορούν να φορτιστούν με τη βοήθεια μιας ηλεκτροστατικής μηχανής. Η μεταφορά των σφαιρών πραγματοποιείται από ειδικά κατασκευασμένες λαβίδες που αποτρέπουν την εκφόρτισή τους.

Δύο από τις σφαίρες φέρονται σε επαφή και φορτίζονται με τη βοήθεια της ηλεκτροστατικής μηχανής. Ακολούθως διαχωρίζονται, η πρώτη τοποθετείται στον αισθητήρα, ενώ η δεύτερη στη βάση. Η ένδειξη του αισθητήρα είναι $5,84 \text{ mN}$.

Στη συνέχεια, και χωρίς να μεταβληθεί η απόσταση αισθητήρα – βάσης, η σφαίρα που είναι τοποθετημένη στη βάση έρχεται σε επαφή με μία τρίτη αφόρτιστη σφαίρα. Μετά την απομάκρυνση της τρίτης σφαίρας, η ένδειξη του αισθητήρα γίνεται ίση με $2,72 \text{ mN}$.

Στη συνέχεια, μία τέταρτη σφαίρα, επίσης αφόρτιστη, έρχεται σε επαφή με τη σφαίρα της βάσης. Μετά την απομάκρυνση της τέταρτης σφαίρας, η ένδειξη του αισθητήρα γίνεται $1,49 \text{ mN}$.

Επαναλαμβάνεται το ίδιο και για πέμπτη σφαίρα, με τελική ένδειξη του αισθητήρα $0,68 \text{ mN}$.

Δ.1. Συμπληρώστε τις κενές στήλες του πίνακα που θα βρείτε στο Φύλλο Απαντήσεων με τις κατάλληλες τιμές.

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Γυμνασίου "ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ" 2018 - Γ' Τάξη
 10/03/2018

Επειδή δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε ακριβώς το φορτίο κάθε σφαίρας σε Coulomb (C), μπορούμε, θεωρώντας ως μονάδα μέτρησης κάποια αυθαίρετη / τυχαία ποσότητα φορτίου q (που σε κάποια βιβλία αναφέρεται και ως arbitrary unit, arb. Unit ή a.u.), να εκφράζουμε τις τιμές του φορτίου κάθε σφαίρας σε σχέση με αυτή (π.χ. $2q$, $28q$, $-7q$, $q/2$, ...).

Δ.2. Κατασκευάστε το διάγραμμα της δύναμης μεταξύ των δυο σφαιρών σε συνάρτηση με την τιμή του γινομένου των φορτίων τους.

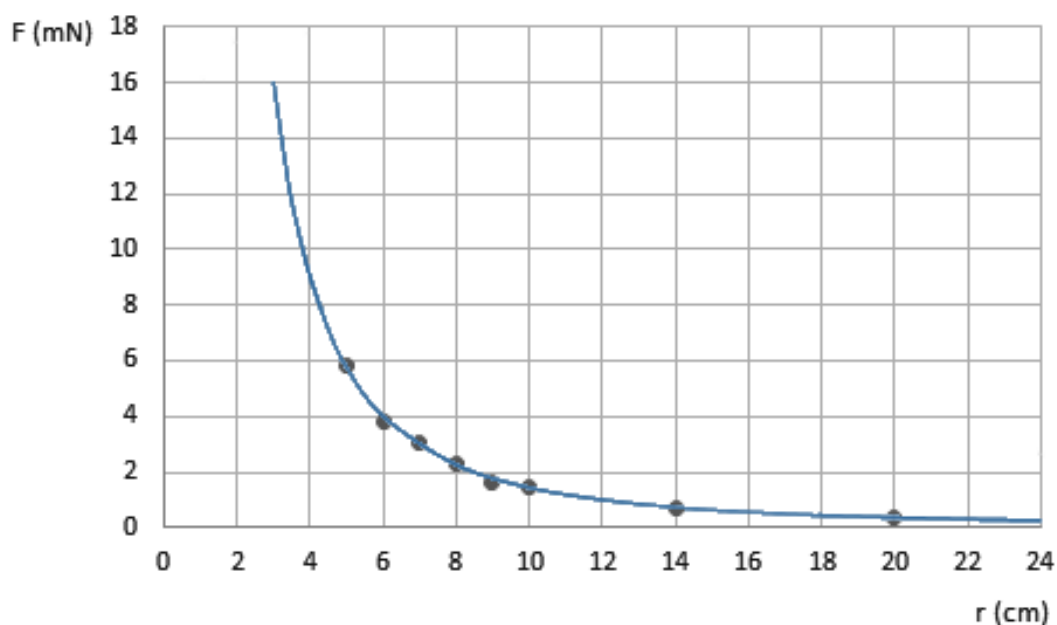
Ποιο ή ποια συμπεράσματα προκύπτουν από το διάγραμμα που κατασκευάσατε;

Δ.3. Οι δυνάμεις μεταξύ των δύο σφαιρών στους παραπάνω πειραματισμούς, που τις τιμές τους κατέγραψε ο αισθητήρας, ήταν ελκτικές ή απωστικές; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Δ.4. Ένας μαθητής φόρτισε δύο σφαίρες, τις τοποθέτησε στον αισθητήρα και στη βάση και κατέγραψε τις ενδείξεις του αισθητήρα για διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ τους. Οι μετρήσεις που έλαβε παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Απόσταση μεταξύ των σφαιρών (cm)	Δύναμη μεταξύ των σφαιρών (mN)
5,00	5,86
6,00	3,79
7,00	3,06
8,00	2,27
9,00	1,63
10,00	1,47
14,00	0,69
20,00	0,38

Από τις τιμές κατασκεύασε το παρακάτω διάγραμμα της δύναμης μεταξύ των δυο σφαιρών σε συνάρτηση με τη μεταξύ τους απόσταση.



Πανελλήνιοι Διαγωνισμοί Φυσικών / Φυσικής "Αριστοτέλης" Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής	
	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών / Τμήμα Φυσικής Ελληνική Εταιρεία Φυσικής για την Επιστήμη και την Εκπαίδευση Ένωση Ελλήνων Φυσικών

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Γυμνασίου "ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ" 2018 - Γ' Τάξη

10/03/2018

Από τη γραφική του παράσταση, κατέληξε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- α. Η ηλεκτρική δύναμη είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης μεταξύ των σφαιρών.
 - β. Όταν τα κέντρα των σφαιρών απέχουν μεταξύ τους 18 cm η δύναμη που ασκεί η μια στην άλλη είναι 2 mN.
 - γ. Όταν τα κέντρα των σφαιρών απέχουν 12 cm, οι σφαίρες αλληλεπιδρούν με δύναμη μέτρου 1 mN.
 - δ. Για απόσταση των κέντρων των σφαιρών ίση με 3 cm, η μεταξύ τους δύναμη είναι 16 mN.
- Με ποια από αυτά συμφωνείτε, με ποια διαφωνείτε και γιατί;

Καλή Επιτυχία

ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

Όνομα και Επώνυμο:
 Όνομα Πατέρα: Όνομα Μητέρας:
 Σχολείο: Τάξη / Τμήμα:
 Εξεταστικό Κέντρο:

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΘΕΜΑ 1^ο

A.1. Παράλληλα συνδεδεμένες είναι οι αντιστάσεις στα κυκλώματα: _____

Γιατί: _____

A.2. Τα σωστά διαγράμματα είναι τα: _____

Γιατί: _____

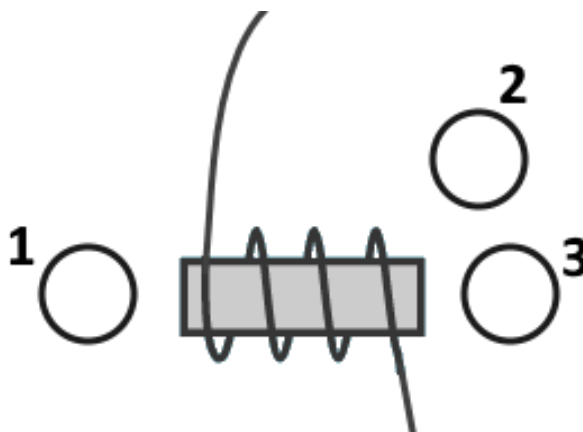
ΘΕΜΑ 2^ο

B.1. _____

B.2. $f_1 = \dots\dots\dots$

B.3. $f_2 = \dots\dots\dots$

B.4.



ΘΕΜΑ 3^ο

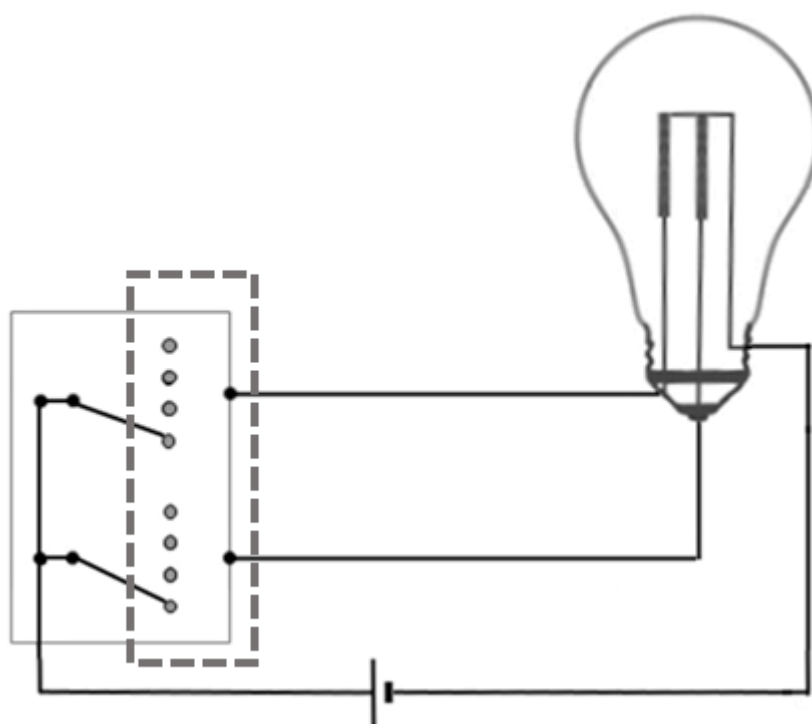
Γ.1. Ελάχιστη Τιμή = A

Γ.2. _____

Γ.3. $R_1 = \dots\dots\dots$ και $R_2 = \dots\dots\dots$

Γ.4. _____

Γ.5.

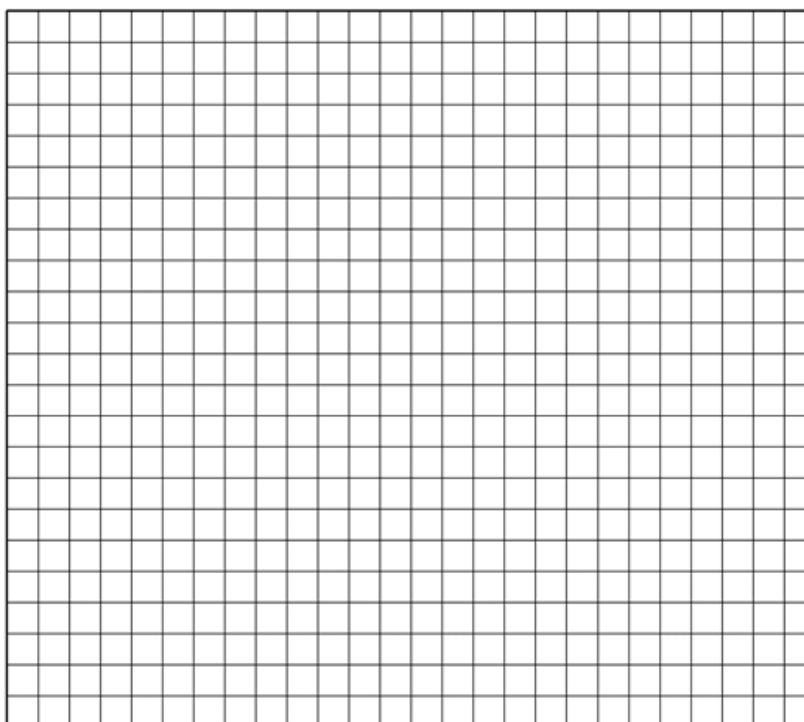


ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δ.1.

Γινόμενο του φορτίου των σφαιρών (arb.)	Δύναμη μεταξύ των σφαιρών (mN)

Δ.2.



Πανελλήνιοι Διαγωνισμοί Φυσικών / Φυσικής "Αριστοτέλης" Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής	
	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών / Τμήμα Φυσικής Ελληνική Εταιρεία Φυσικής για την Επιστήμη και την Εκπαίδευση Ένωση Ελλήνων Φυσικών

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Γυμνασίου "ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ" 2018 - Γ' Τάξη

10/03/2018

Δ.3. _____

Δ.4. Συμφωνώ με:.....

Συνοπτικές Απαντήσεις

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1^ο ΘΕΜΑ

A.1. Παράλληλη σύνδεση των αντιστάσεων έχουμε στα κυκλώματα α και δ.

Αφού στα άκρα τους εφαρμόζεται η ίδια διαφορά δυναμικού που είναι ίση με τη διαφορά δυναμικού της πηγής στο κάθε κύκλωμα.

A.2. Τα διαγράμματα που αναπαριστούν σωστά τις σχέσεις μεταξύ αντίστασης, τάσης και ρεύματος του συγκεκριμένου αγωγού είναι τα β, γ και δ.

Αυτό γιατί η ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν μεταλλικό αγωγό είναι ανάλογη της διαφοράς δυναμικού (V) που εφαρμόζεται στα άκρα του (διαγράμματα β και δ) και η αντίσταση του μεταλλικού αγωγού είναι ανεξάρτητη του ρεύματος που τον διαρρέει (διάγραμμα γ).

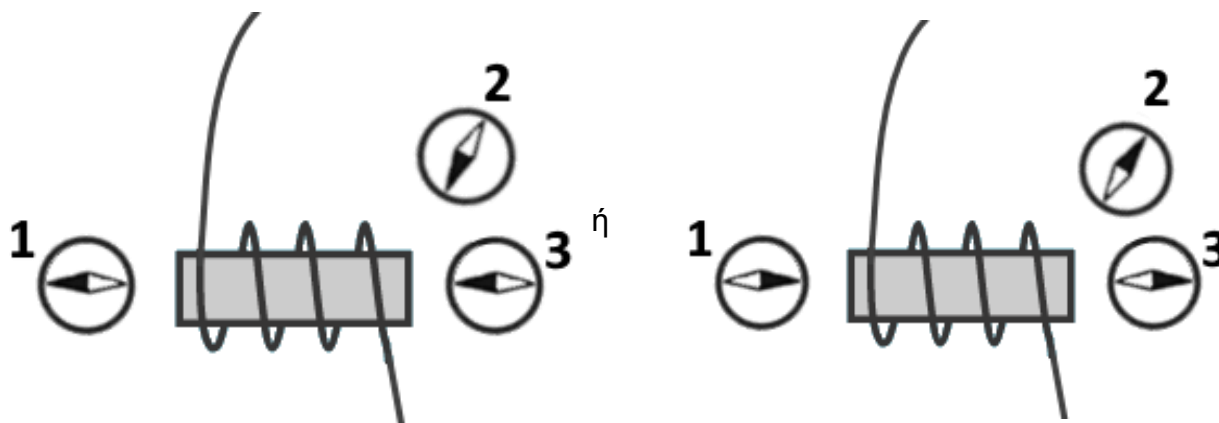
2^ο ΘΕΜΑ

B.1. Όταν από το σύρμα των πηνίων διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα αυτά συμπεριφέρονται ως μαγνήτες, είναι δηλαδή ηλεκτρομαγνήτες. Άρα τα σφαιρίδια πρέπει να είναι κατασκευασμένα από κάποιο σιδηρομαγνητικό υλικό που περιέχει σίδηρο, κοβάλτιο ή νικέλιο.

B.2. Από την κίνηση του σφαιριδίου του 1^{ου} εκκρεμούς έχουμε ότι η περίοδος T της ταλάντωσης που εκτελεί είναι 1s. Η συχνότητα ταλάντωσης του θα είναι $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1} = 1 \text{ Hz}$.

B.3. Από τις θέσεις των δυο εκκρεμών προκύπτει ότι τη στιγμή που το 1^ο έχει εκτελέσει μια πλήρη ταλάντωση το 2^ο έχει εκτελέσει μισή, κατά συνέπεια η περίοδος του 2^{ου} θα είναι η διπλάσια αυτής του 1^{ου} ($T_2 = 2s$). Για τη συχνότητα του θα έχουμε $f_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ Hz}$.

B.4. Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός από το σύρμα διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, και το πηνίο συμπεριφέρεται ως μαγνήτης. Οι θέσεις τις μαγνητικής βελόνας των πυξίδων είναι αυτές των σχημάτων (κάθε σχήμα αντιστοιχεί σε διαφορετικό τρόπο σύνδεσης της πηγής στο κύκλωμα).



Πανελλήνιοι Διαγωνισμοί Φυσικών / Φυσικής "Αριστοτέλης" Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής	
	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών / Τμήμα Φυσικής Ελληνική Εταιρεία Φυσικής για την Επιστήμη και την Εκπαίδευση Ένωση Ελλήνων Φυσικών

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Γυμνασίου "ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ" 2018 - Γ' Τάξη

10/03/2018

3^ο ΘΕΜΑ

Γ.1. Για να μπορεί να λειτουργεί η διάταξη σε όλες τις δυνατές επιλογές της θα πρέπει οι μαθητές να επιλέξουν μια ασφάλεια που η τιμή της δεν θα είναι μικρότερη από τη μέγιστη τιμή του ρεύματος που θα διαρρέει το ηλεκτρικό της κύκλωμα.

Η μέγιστη τιμή της ηλεκτρικής ισχύος θα είναι για την επιλογή υψηλό από το διακόπτη και ίση με $P_{max} = 90W$. Οπότε το μέγιστο ρεύμα που θα διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα τότε θα είναι $P = V \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{V} \Rightarrow I_{max} = \frac{90W}{48V} \Rightarrow I_{max} = 1,875A$. Άρα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια ασφάλεια που αναγράφει 1,875 A τουλάχιστον.

Στο εμπόριο δεν υπάρχουν ασφάλειες με τέτοια ακρίβεια, οπότε μια ασφάλεια των 2A θα ήταν κατάλληλη για τη συγκεκριμένη διάταξη.

Γ.2. Η ασφάλεια πρέπει να συνδεθεί σε σειρά με τη λάμπα στο κύκλωμα, αφού σύνδεση μιας ασφάλειας στο κύκλωμα πρέπει να γίνεται πάντοτε σε σειρά με τη συσκευή που θέλουμε να προστατέψουμε.

Στο εμπόριο δεν υπάρχουν ασφάλειες με τέτοια ακρίβεια, οπότε μια ασφάλεια των 2A θα ήταν κατάλληλη για τη συγκεκριμένη διάταξη.

B1 και 2.

$$\text{Ισχύουν } \begin{cases} P = V \cdot I \\ I = \frac{V}{R} \end{cases} \text{ οπότε } R = \frac{V^2}{P}$$

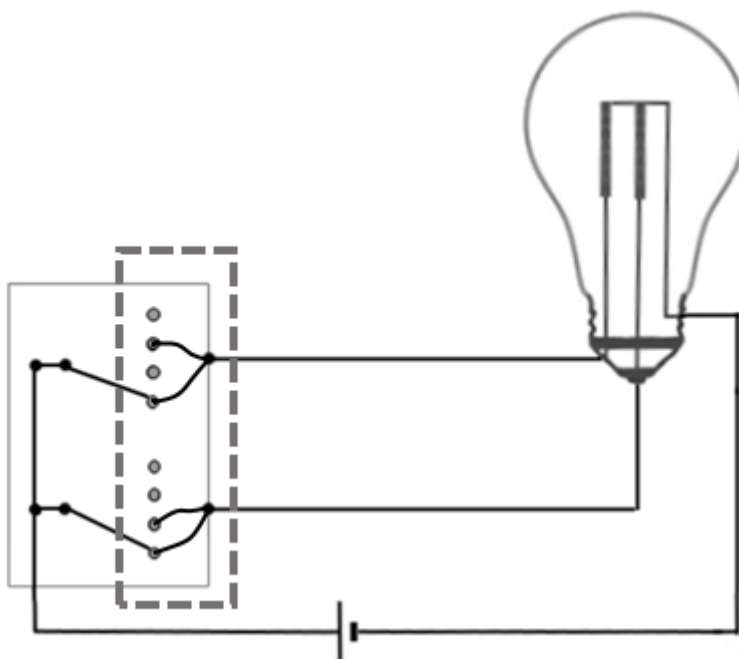
Για την επιλογή χαμηλό από το διακόπτη η τιμή της ηλεκτρικής ισχύος είναι $P_{χαμ} = 30W$ έχουμε τιμή αντίστασης 76,8 Ω, οπότε $R_1 = 76,8 \Omega$. Το 1^ο σύρμα, μόνο του, είναι συνδεδεμένο σε σειρά στο κύκλωμα.

Για την επιλογή μεσαίο από το διακόπτη η τιμή της ηλεκτρικής ισχύος είναι $P_{μεσ} = 60W$ έχουμε τιμή αντίστασης 38,4 Ω, οπότε $R_2 = 38,4 \Omega$. Το 2^ο σύρμα, μόνο του, είναι συνδεδεμένο σε σειρά στο κύκλωμα.

Για την επιλογή υψηλό από το διακόπτη η τιμή της ηλεκτρικής ισχύος είναι $P_{υψ} = 90W$ έχουμε τιμή αντίστασης 25,6 Ω. Δεν υπάρχει τρίτη αντίσταση αλλά εδώ τα δυο σύρματα είναι συνδεδεμένα παράλληλα στο κύκλωμα. Πράγματι

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{76,8} + \frac{1}{38,4} \Rightarrow R_{ολ} = 25,6 \Omega$$

Γ.3. Η σωστή συνδεσμολογία είναι αυτή του σχήματος

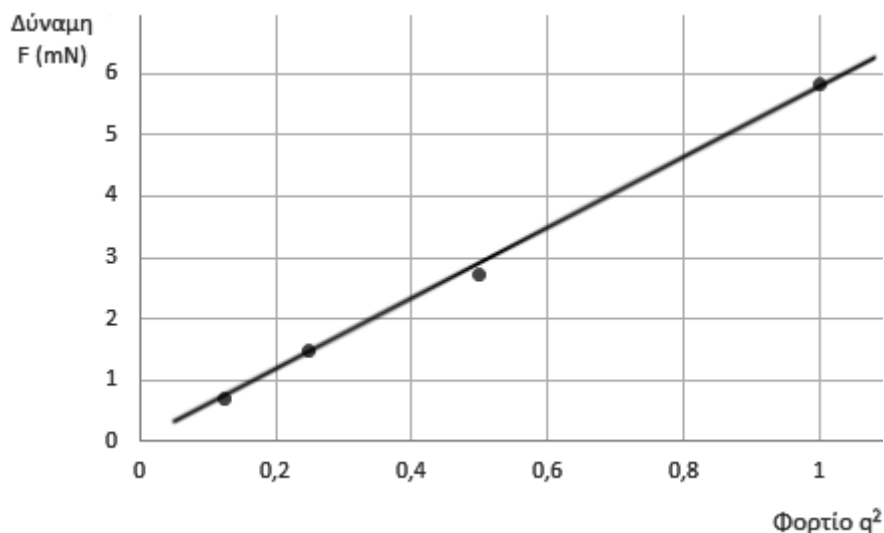


ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δ.1. Αν υποθέσουμε ότι η κάθε σφαίρα αρχικά είχε φορτίο q , οι τιμές που πρέπει να συμπληρωθούν στον πίνακα φαίνονται παρακάτω:

Γινόμενο του φορτίου των σφαιρών (arb.)	Δύναμη μεταξύ των σφαιρών (mN)
$q \cdot q$ ή q^2	5,84
$(q \cdot q)/2$ ή $q^2/2$	2,72
$(q \cdot q)/4$ ή $q^2/4$	1,49
$(q \cdot q)/8$ ή $q^2/8$	0,68

Δ.2. Το διάγραμμα που αντιστοιχεί στις μετρήσεις αυτές δίνεται ακολούθως:



Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης F με την οποία αλληλεπιδρούν δύο φορτισμένες σφαίρες είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων τους για δεδομένη απόσταση.

Δ.3. Οι σφαίρες, κατά τη φόρτιση τους, αποκτούν ομόσημα φορτία και κατά συνέπεια οι δυνάμεις είναι απωστικές.

Δ.4. Το συμπέρασμα **α.** είναι λάθος όπως προκύπτει από τη γραφική παράσταση.

Το **β.** είναι λανθασμένο αφού έχουμε ότι για απόσταση 18 cm η τιμή της δύναμης είναι κατά πολύ μικρότερη των 2 mN.

Το συμπέρασμα **γ.** είναι σωστό αφού από το διάγραμμα υπολογίζουμε ότι σε 12 cm αντιστοιχεί μια τιμή δύναμης περίπου 1 mN.

Το συμπέρασμα **δ.** είναι λάθος αφού, αν και το ζεύγος τιμών απόστασης – δύναμης φαίνεται ότι αντιστοιχεί σε σημείο της καμπύλης που χάραξε ο μαθητής, είναι αδύνατον να ισχύει αφού οι ακτίνες των σφαιρών είναι 19mm. Στην πραγματικότητα η προέκταση του γραφήματος θα έπρεπε να μην επεκτείνεται σε τιμές απόστασης μικρότερες των $2 \times 19\text{mm} = 38\text{mm}$.