



Αγαπητές μαθήτριες / αγαπητοί μαθητές,

Για άλλη μια χρονιά, παρά τις δυσκολίες λόγω της πανδημίας, δείχνετε το ενδιαφέρον σας για τον κόσμο και τους νόμους που τον διέπουν, συμμετέχοντας στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Φυσικής "Αριστοτέλης 2022". Με την κίνησή σας αυτή γίνεστε μέλη μιας παγκόσμιας κοινότητας νέων ανθρώπων που, επιθυμώντας να οξύνουν την ικανότητά τους λογικής ανάλυσης, ασχολούνται με την επιστήμη της φυσικής και λαμβάνουν μέρος σε αντίστοιχους εθνικούς διαγωνισμούς, μελετώντας προβλήματα και πειραματικές διατάξεις που αναφέρονται τόσο σε εξιδανικευμένες ή/και απλοποιημένες διατάξεις, όσο και ρεαλιστικές καταστάσεις που ανέκυψαν κατά την επιστημονική έρευνα.

Από την πλευρά μας, θεωρούμε αξιοσημείωτο το γεγονός ότι πολλοί μαθητές και μαθήτριες βρίσκουν την ενασχόληση με τις θετικές επιστήμες ενδιαφέρουσα, χρήσιμη και ευχάριστη πνευματική δραστηριότητα. Πέρα από την όποια διάκριση, η έμπρακτη αναγνώριση της αξίας της επιστήμης δεν μπορεί παρά να γεννά ελπίδες για το μέλλον του κόσμου που ζούμε.

Με την ευχή ότι θα χρησιμοποιήσετε τις γνώσεις, την ευστροφία, την επινοητικότητα και τις αναλυτικές σας ικανότητες στον μέγιστο δυνατό βαθμό, αναμένουμε τις ενδιαφέρουσες ιδέες σας επί των θεωρητικών και πειραματικών ζητημάτων που σε λίγο θα διαπραγματευτείτε.

η Επιστημονική και Οργανωτική Επιτροπή

ΟΔΗΓΙΕΣ

1. Η αναλυτική λύση των θεμάτων θα γίνει γραπτώς σε τετράδιο ή σε φύλλα Α4 που θα σας δοθούν. Στον κατάλληλο χώρο του τετραδίου ή στην πρώτη σελίδα Α4 θα αναγράψετε τα ονομαστικά στοιχεία σας
2. Όλα τα ζητούμενα αριθμητικά αποτελέσματα πρέπει ΟΠΩΣΔΗΠΟΤΕ να μεταφερθούν στο **Φύλλο Απαντήσεων** που θα βρείτε αμέσως μετά τις εκφωνήσεις.
3. Όπου ζητούνται γραφήματα θα σχεδιαστούν στους ειδικούς χώρους του **Φύλλου Απαντήσεων**.
4. Στο τέλος της εξέτασης θα παραδώσετε το τετράδιο (ή τα φύλλα Α4) με τις αναλυτικές λύσεις σας ΜΑΖΙ με το φύλλο απαντήσεων.
5. Το Φύλλο Απαντήσεων θα συρραφεί στο τετράδιο (ή στα φύλλα Α4).
5. Τα ονομαστικά στοιχεία θα καλυφθούν με μαύρο αυτοκόλλητο.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

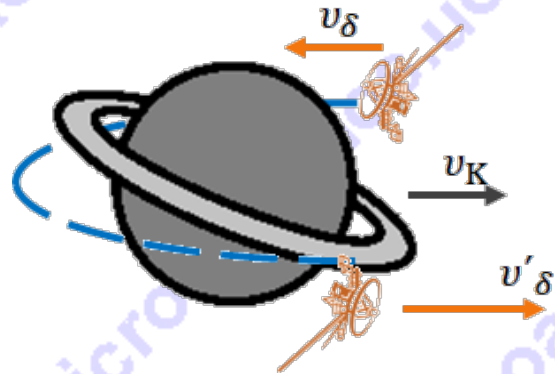
1^ο ΘΕΜΑ

Το 1977 ξεκίνησαν οι διαστημικές μη επανδρωμένες αποστολές Voyager 1 και 2. Σκοπός τους ήταν να εξερευνήσουν από κοντά εξωτερικούς πλανήτες του ηλιακού συστήματος και μερικούς από τους δορυφόρους τους.

Ένα συνηθισμένο πρόβλημα στις αποστολές αυτές είναι η μεταφορά της ποσότητας καυσίμων που απαιτείται για την πραγματοποίηση του ταξιδιού σε τόσο μεγάλες αποστάσεις. Οι επιστήμονες της NASA ξεπέρασαν το πρόβλημα με προσεκτικό σχεδιασμό της τροχιάς των Voyager. Έτσι, καθώς ολοκλήρωναν το πέρασμά τους από γιγάντιους πλανήτες όπως ο Δίας και ο Κρόνος, αύξησαν την ταχύτητά τους απομακρυνόμενοι από αυτούς! Σε πρώτη εντύπωση αυτό μοιάζει παράδοξο, αφού από την εμπειρία μας γνωρίζουμε ότι η απομάκρυνση από την πηγή ενός βαρυτικού πεδίου προξενεί μείωση της ταχύτητας. Όμως, δεν υπάρχει τίποτε το παράδοξο στην Φύση. Η αύξηση της ταχύτητας στάθηκε δυνατή χάρη στην Αρχή Διατήρησης της Ορμής κατά την διάρκεια της "κρούσης" του Voyager με τον Κρόνο, κρούσης στην οποία διατηρείται και η κινητική ενέργεια του συστήματος.



Μια διαστημοσυσκευή μάζας $m = 200 \text{ kg}$ κινείται με ταχύτητα $v_\delta = 10,9 \text{ km/s}$ προς τον πλανήτη Κρόνο. Ο πλανήτης, μάζας $M = 5,68 \cdot 10^{26} \text{ kg}$, κινείται αντίρροπα με ταχύτητα $v_K = 9,6 \text{ km/s}$. Η βαρυτική έλξη του Κρόνου, θέτει το εξερευνητικό σκάφος σε ημικυκλική τροχιά γύρω από τον πλανήτη.



A.1. Να υπολογίσετε το ποσοστό μεταβολής της ορμής της διαστημοσυσκευής.

A.2. Από πού προέρχεται η επιπλέον ορμή που αποκτά η διαστημοσυσκευή;

2^ο ΘΕΜΑ

Για την ομαλή λειτουργία μιας ηλεκτρικής θερμαντικής συσκευής, η αντίστασή της πρέπει να σχεδιαστεί κατάλληλα. Η θερμότητα Joule που αναπτύσσεται στο μεταλλικό σύρμα της αντίστασης δεν παραμένει σε αυτό, αλλά απελευθερώνεται (χάνεται) στο περιβάλλον μέσω λόγω θερμικής μεταφοράς, μέσω της επιφάνειας του σύρματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ περιβάλλοντος μέσου και σύρματος, τόσο μεγαλύτερη και ταχύτερη είναι η απώλεια θερμότητας. Έτσι, όταν το σύρμα αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα, η θερμοκρασία του αυξάνεται σταδιακά και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα σταθεροποιείται. Η σταθεροποίηση της θερμοκρασίας συμβαίνει όταν το ποσό θερμότητας που αναπτύσσεται στο σύρμα είναι ακριβώς ίσο με το ποσό της απώλειας θερμότητας λόγω θερμικής μεταφοράς.

B.1.1. Ποια είναι η σχέση μεταξύ της θερμικής αγωγιμότητας του περιβάλλοντος μέσου και της τελικής θερμοκρασίας του σύρματος;

B.1.2 Τι πρέπει να προσέξουμε στην κατασκευή όσον αφορά i) στη μόνωσή του σύρματος και ii) στο πάχος του, ώστε να επιτευχθεί η ψηλότερη δυνατή θερμοκρασία στο σύρμα;

B.2. Για να αποφευχθεί η γρήγορη καταστροφή της αντίστασης της θερμαντικής συσκευής, η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο σύρμα δεν πρέπει να ξεπεράσει ένα όριο, το οποίο εξαρτάται από το υλικό του σύρματος. Έτσι για ένα σύρμα συγκεκριμένου πάχους, φτιαγμένου από συγκεκριμένο υλικό και με συγκεκριμένη μόνωση, υπάρχει ένα ανώτατο όριο της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το σύρμα, που λέγεται «μέγιστο φορτίο».

Ο πίνακας παρακάτω μας δίνει πληροφορίες για δύο σύρματα, Α και Β, ίδιου μήκους, φτιαγμένα από κράμα Νικελίου-Χρωμίου (Ni-Cr). Τα σύρματα ανήκουν σε δύο ηλεκτρικές θερμαντικές συσκευές, οι οποίες λειτουργούν στο ίδιο δίκτυο.

	Ειδική αντίσταση ($\Omega \text{ m}$)	Διάμετρος σύρματος (mm)	Μέγιστο φορτίο (A)
Σύρμα Α	110×10^{-8}	0,3	I_A
Σύρμα Β	110×10^{-8}	0,5	I_B



B.2.1. Δίνονται δύο πιθανές τιμές της αντίστασης ανά μονάδα μήκους των συρμάτων: $R_1 = 5,5 \Omega/m$ και $R_2 = 15 \Omega/m$. Ποια τιμή αντιστοιχεί σε κάθε σύρμα και γιατί;

B.2.2. Ποια είναι η σχέση μεταξύ των I_A και I_B ;

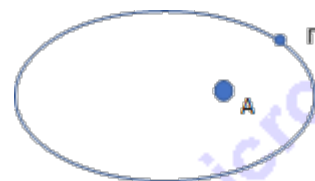
B.2.3. Θέλουμε να αντικαταστήσουμε την καμένη αντίσταση ενός ηλεκτρικού φούρνου, ο οποίος λειτουργεί σε τάση 220 V και καταναλώνει ισχύ 0,5 kW. Αν χρησιμοποιήσουμε το σύρμα B, πόσο μήκος σύρματος l θα χρειαστούμε;

3^ο ΘΕΜΑ

Ο Γερμανός αστρονόμος Γιοχάννες Κέπλερ (1571-1630) χρησιμοποιώντας επί 20 χρόνια τα παρατηρησιακά δεδομένα του Δανού Τύχο Μπράχε κατέληξε σε τρεις Νόμους για την κίνηση των πλανητών.

Πολλές δεκαετίες μετά, οι Νόμοι του Κέπλερ εξάχθηκαν και εξηγήθηκαν με τη σειρά τους ως συνέπειες των νόμων της κίνησης και του Νόμου της Παγκόσμιας Έλξης (βαρύτητας) του Νεύτωνα.

Γ.1. Σύμφωνα με τον 1^ο Νόμο του Κέπλερ, οι πλανήτες περιφέρονται περί το άστρο τους σε ελλειπτικές τροχιές, των οποίων το άστρο καταλαμβάνει τη μία από τις δύο εστίες. Ο πλανήτης Π διαγράφει, γύρω από το άστρο A, μία ελλειπτική τροχιά. Η απόσταση d ανάμεσα στον πλανήτη και το αστέρι μεταβάλλεται μεταξύ μίας ελάχιστης τιμής d_{\min} και μίας μέγιστης τιμής d_{\max} . Να εξηγήσετε γιατί το μέτρο της ταχύτητας περιφοράς του πλανήτη μεταβάλλεται.

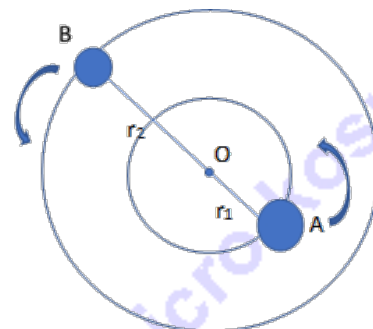


Πότε ο πλανήτης θα έχει τη μέγιστη ταχύτητα;

Γ.2. Σε ένα απλοποιημένο διδακτικό μοντέλο, θεωρούμε ότι οι πλανήτες διαγράφουν κυκλικές τροχιές γύρω από τον Ήλιο. Ο 3^{ος} Νόμος του Κέπλερ συσχετίζει τη περίοδο περιφοράς ενός πλανήτη γύρω από το άστρο του με το μήκος της ακτίνας της τροχιάς ως εξής: Τα τετράγωνα των περιόδων των περιφορών των πλανητών γύρω από τον Ήλιο είναι ανάλογα των κύβων της μέσης απόστασής τους από αυτόν.

Γ.2.1. Να εξάγετε τη σχέση που εκφράζει τον τρίτο Νόμο του Κέπλερ.

Γ.2.2. Μπορεί ο τρίτος νόμος να εφαρμοστεί στην περίπτωση Γης-Σελήνης ή Γης – τεχνητού δορυφόρου;



Γ.3. Οι **διπλοί αστέρες** ή, γενικά, ένα **πολλαπλό αστρικό σύστημα**, είναι αστέρες οι οποίοι λόγω της βαρύτητάς τους, περιστρέφονται γύρω από ένα κοινό κέντρο μάζας O μεγαλύτερος αστέρας ονομάζεται **πρωτεύων** ή **κύριος** ενώ ο άλλος, συνήθως μικρότερος, ονομάζεται **συνοδός** ή **δευτερεύων** αστέρας. Περισσότεροι από τους μισούς αστέρες

είναι μέλη διπλών ή πολλαπλών συστημάτων. Επειδή βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τη Γη, οι περισσότεροι είναι αδύνατο να εντοπιστούν με οπτική παρατήρηση. Θεωρήστε το σύστημα διπλού αστέρα, με μάζες m_1 και m_2 που περιστρέφονται γύρω από το κοινό κέντρο μάζας τους O , σε αποστάσεις r_1 και r_2 αντίστοιχα από αυτό, με κοινή περίοδο T . Η τροχιά τους γύρω από το O θεωρείται κυκλική.

Γ.3.1. Να αποδειχθεί ότι $\frac{r_1}{r_2} = \frac{m_2}{m_1}$ (Σ_1)

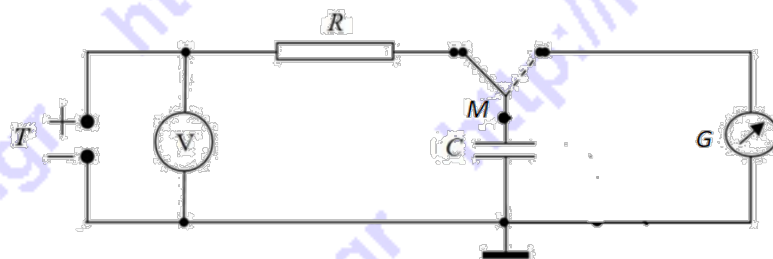
Γ.3.2. Να εξάγετε την παρακάτω ακριβέστερη έκφραση του 3^{ου} νόμου του Κέπλερ, ως συνέπεια του νόμου της Παγκόσμιας Έλξης: $\frac{(r_1 + r_2)^3}{T^2} = \frac{G(m_1 + m_2)}{4\pi^2}$ (Σ_2)

Γ.3.3. Πώς από τις παραπάνω σχέσεις (Σ_1) και (Σ_2) προκύπτει η σχέση του τρίτου νόμου του Κέπλερ στην περίπτωση Ήλιου – Γης;

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΜΕΛΕΤΗ ΠΥΚΝΩΤΗ

Στο εργαστήριο φυσικής διαθέτουμε ένα επίπεδο πυκνωτή του οποίου οι δύο οπλισμοί είναι κυκλικοί δίσκοι διαμέτρου $\delta=20,0$ cm με δυνατότητα αυξομείωσης της μεταξύ τους απόστασης d . Δημιουργούμε το κύκλωμα που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.

Το κύκλωμα περιέχει εκτός από τον πυκνωτή χωρητικότητας C , τροφοδοτικό συνεχούς τάσης T , προστατευτική αντίσταση R , μεταγωγό M και το ψηφιακό όργανο μέτρησης φορτίου G . Όταν ο μεταγωγός M είναι στη θέση που φαίνεται στο σχήμα ο πυκνωτής φορτίζεται και η τάση τροφοδοσίας αναγράφεται στο ψηφιακό βολτόμετρο που είναι ενσωματωμένο στο τροφοδοτικό. Όταν μεταφερθεί στην άλλη θέση (διακεκομμένη γραμμή) ο πυκνωτής εκφορτίζεται και το φορτίο του μετράται από το όργανο G . Τέλος, έχουμε στη διάθεσή μας μια πλάκα από κάποιο μονωτικό υλικό (διηλεκτρικό), την οποία μπορούμε να τοποθετούμε και να καλύπτουμε το χώρο μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή.



Αρχικά ρυθμίζουμε την απόσταση μεταξύ των οπλισμών $d=2,5$ mm και στη συνέχεια μετράμε το φορτίο του πυκνωτή Q για διαφορετικές τιμές της τάσης τροφοδοσίας V . Μεταξύ των οπλισμών υπάρχει αέρας. Οι τιμές αναφέρονται στον πίνακα 1 όπως ακριβώς αναγράφονται στα ψηφιακά όργανα.



Πίνακας 1

V (V)	50,0	75,0	100,0	125,0	150,0	175,0
Q (10^{-8}C)	0,53	0,76	1,05	1,29	1,54	1,85

Στην συνέχεια τοποθετούμε την πλάκα του διηλεκτρικού μεταξύ των οπλισμών ρυθμίζοντας την απόσταση μεταξύ των οπλισμών σύμφωνα με το πάχος της πλάκας το οποίο δεν γνωρίζουμε. Για μία τιμή της τάσης μετράμε το φορτίο του πυκνωτή Q με το διηλεκτρικό και στη συνέχεια χωρίς να αλλάξουμε την τάση αφαιρούμε το διηλεκτρικό και μετράμε ξανά το φορτίο Q_0 . Η μέτρηση επαναλαμβάνεται για διαφορετικές τιμές της τάσης και οι πειραματικές τιμές αναγράφονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2

V (V)	50,0	75,0	100,0	125,0	150,0	175,0
Q (10^{-8}C)	1,89	3,14	4,09	5,07	6,20	7,42
Q_0 (10^{-8}C)	0,63	0,86	1,25	1,47	1,75	2,08

Δ.1. Με τις τιμές του πίνακα 1 κατασκευάστε σε χαρτί μιλιμετρέ τη γραφική παράσταση $Q=f(V)$. Εξηγήστε γιατί η αναμενόμενη μορφή της είναι ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων και γιατί η κλίση της ισούται με την τιμή της χωρητικότητας του πυκνωτή. Στη συνέχεια υπολογίστε την πειραματικά υπολογιζόμενη τιμή της χωρητικότητας C_π από την κλίση της ευθείας σε pF (Δίνεται ότι $1pF = 10^{-12}F$).

Δ.2. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της χωρητικότητας C_θ του πυκνωτή σε pF , με βάση τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά και στη συνέχεια την % απόκλιση α της πειραματικής τιμής από την θεωρητική. Δίνεται η διηλεκτρική σταθερά του κενού $\epsilon_0 = 8,85pF/m$.

Δ.3. Εξηγήστε γιατί ο λόγος Q/Q_0 για κάθε τιμή της τάσης στον πίνακα 2 μας δίνει την τιμή της σχετικής διηλεκτρικής σταθεράς ϵ της πλάκας του διηλεκτρικού. Στη συνέχεια, υπολογίστε την τιμή του ϵ για κάθε τιμή της τάσης και στη συνέχεια την μέση τιμή $\bar{\epsilon}$.

Για την επεξεργασία του Πειραματικού μέρους μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το παρακάτω τυπολόγιο:

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}$$

$$\epsilon = \frac{C}{C_0}$$

$$S = \frac{\pi \cdot \delta^2}{4}$$

Καλή Επιτυχία



Επώνυμο: Όνομα: Τάξη: ...

Πατρώνυμο: Μητρώνυμο:

Σχολείο: Τηλέφωνο Σχολείου:

ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1^ο ΘΕΜΑ

A.1. $\alpha =$

A.2.

.....

.....

.....

.....

.....

2^ο ΘΕΜΑ

B.1.1.

.....

.....

.....

B.1.2.

i)

.....

.....



ii)

B.2.1. Στο σύρμα A αντιστοιχεί η τιμή και στο σύρμα B η τιμή

ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ

B.2.2. Η σχέση μεταξύ των I_A και I_B είναι **B.2.3.** $l =$

3° ΘΕΜΑ

Γ.1.

Γ.2.1.



Γ.2.2.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Γ.3.1.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Γ.3.2.

.....

.....

Γ.3.3.

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δ.1.

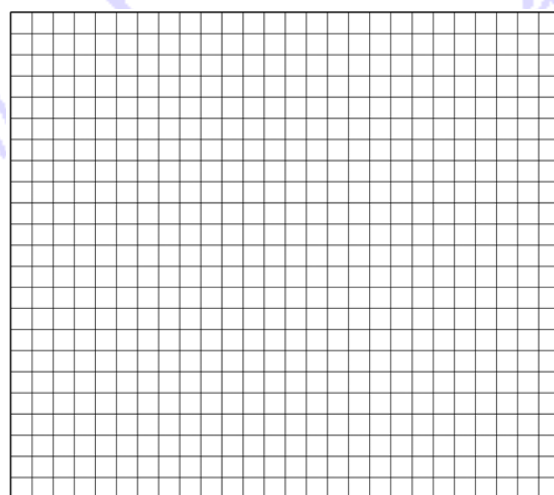
.....

.....

.....

.....

.....



$C_{\pi} =$

Δ.2. $C_{\theta} =$, $\alpha =$

Δ.3.

.....

.....

.....

V (V)	50,0	75,0	100,0	125,0	150,0	175,0
Q ($10^{-8}C$)	1,89	3,14	4,09	5,07	6,20	7,42
Q_o ($10^{-8}C$)	0,63	0,86	1,25	1,47	1,75	2,08
ε						

$\varepsilon_1 =$

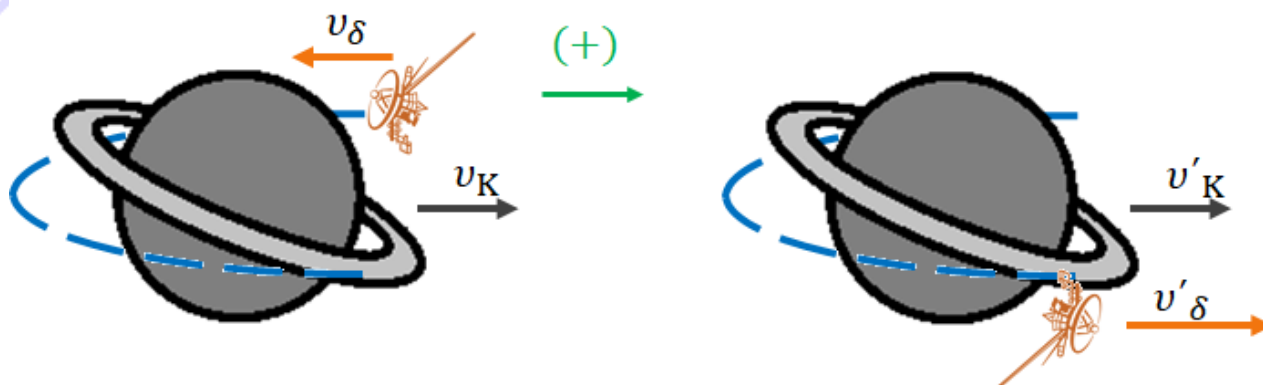


Συνοπτικές Απαντήσεις

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1^ο ΘΕΜΑ

Α.1. Στα δύο στιγμιότυπα που ακολουθούν (δεν είναι υπό κλίμακα) απεικονίζονται η αρχή και το τέλος της βαρυτικής αλληλεπίδρασης των δύο σωμάτων.



Σύμφωνα με την εκφώνηση, ισχύει η Αρχή Διατήρησης της Ορμής, από την οποία έχουμε:

$$\vec{P}_{\text{σουστ, αρχ}} = \vec{P}_{\text{σουστ, τελ}} \Rightarrow \vec{P}_{K, \text{ αρχ}} + \vec{P}_{\delta, \text{ αρχ}} = \vec{P}_{K, \text{ τελ}} + \vec{P}_{\delta, \text{ τελ}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M\vec{v}_K + m\vec{v}_{\delta} = M\vec{v}'_K + m\vec{v}'_{\delta}$$

Με βάση την επιλεγμένη θετική φορά η σχέση τιμών είναι:

$$Mv_K + m(-v_{\delta}) = Mv'_K + mv'_{\delta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Mv_K - mv_{\delta} = Mv'_K + mv'_{\delta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Mv_K - Mv'_K = mv_{\delta} + mv'_{\delta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M(v_K - v'_K) = m(v_{\delta} + v'_{\delta}) \quad (1)$$

Σύμφωνα με την εκφώνηση, ισχύει η διατήρηση της κινητικής ενέργειας, από την οποία έχουμε:

$$\frac{1}{2}M(v_K)^2 + \frac{1}{2}m(v_{\delta})^2 = \frac{1}{2}M(v'_K)^2 + \frac{1}{2}m(v'_{\delta})^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M(v_K)^2 + m(v_{\delta})^2 = M(v'_K)^2 + m(v'_{\delta})^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M(v_K)^2 - M(v'_K)^2 = m(v'_{\delta})^2 - m(v_{\delta})^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M[(v_K)^2 - (v'_K)^2] = m[(v'_{\delta})^2 - (v_{\delta})^2] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M(v_K + v'_K)(v_K - v'_K) = m(v'_{\delta} + v_{\delta})(v'_{\delta} - v_{\delta}) \quad (2)$$

Διαιρώντας κατά μέλη τις (1) και (2) έχουμε:

$$v_K + v'_K = v'_{\delta} - v_{\delta} \quad (3)$$

Οι (1) και (3) αποτελούν σύστημα εξισώσεων, από την λύση του οποίου προκύπτει:

$$\begin{cases} v'_{\delta} = \frac{2Mv_K + (M-m)v_{\delta}}{M+m} \\ v'_K = \frac{-2mv_{\delta} + (M-m)v_K}{M+m} \end{cases}$$

Επειδή $M \gg m$, οι σχέσεις αυτές γράφονται προσεγγιστικά στην μορφή:



$$\begin{cases} v'_{\delta} \cong \frac{2M v_K + M v_{\delta}}{M} \\ v'_{K} \cong \frac{-2m v_{\delta} + M v_K}{M} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v'_{\delta} \cong 2 v_K + v_{\delta} \\ v'_{K} \cong \frac{-2m v_{\delta}}{M} + v_K \end{cases}$$

Από τα αριθμητικά δεδομένα έχουμε $\frac{m}{M} = \frac{200}{5,68 \cdot 10^{26}} \cong 3,5 \cdot 10^{-25} \cong 0$, οπότε καταλήγουμε:

$$\begin{cases} v'_{\delta} \cong 2 v_K + v_{\delta} \\ v'_{K} \cong v_K \end{cases}$$

Βλέπουμε δηλαδή ότι η ταχύτητα του Κρόνου μένει αμετάβλητη, ενώ η ταχύτητα της διαστημοσυσκευής γίνεται:

$$v'_{\delta} \cong (2 \cdot 9,6 + 10,9) \text{ km/s} = 30,1 \text{ km/s}$$

Με βάση το αποτέλεσμα αυτό υπολογίζουμε το ζητούμενο ποσοστό:

$$\alpha = \frac{\Delta P_{\delta}}{P_{\delta}} 100\% = \frac{m \Delta v_{\delta}}{m v_{\delta}} 100\% = \frac{\Delta v_{\delta}}{v_{\delta}} 100\% = \frac{30,1 - 10,9}{10,9} 100\% \cong 176\%$$

A.2. Η αύξηση αυτή της ταχύτητας (και, κατ' επέκταση, της ορμής) γίνεται "εις βάρος" της ορμής του Κρόνου. Η απώλεια είναι βέβαια αμελητέα για τον πλανήτη, αφού, όπως υπολογίσαμε, η ταχύτητά του στην αρχή και στο τέλος της βαρυτικής αλληλεπίδρασης παραμένει πρακτικά ίδια. Το γεγονός οφείλεται στο ότι οι μάζες των δύο σωμάτων που αλληλεπιδρούν διαφέρουν κατά 24 τάξεις μεγέθους!

2^ο ΘΕΜΑ

B.1.1. Κατ' αναλογία προς την ηλεκτρική αγωγιμότητα, η θερμική αγωγιμότητα ενός μέσου εκφράζει την ευκολία με την οποία διαχέεται η θερμότητα σε αυτό. Όσο χαμηλότερη είναι η θερμική αγωγιμότητα του περιβάλλοντος μέσου, τόσο ψηλότερη είναι η τελική θερμοκρασία του σύρματος και αντίστροφα όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική αγωγιμότητα του περιβάλλοντος μέσου, οπότε είναι καλύτερη η ψύξη του σύρματος, τόσο χαμηλότερη θερμοκρασία αποκτά τελικά το σύρμα με τη διέλευση του ρεύματος.

B.1.2.

i) Όσο καλύτερη είναι η μόνωση του σύρματος, τόσο ψηλότερη είναι η θερμοκρασία του σύρματος. Έτσι μια ηλεκτρική θερμαντική συσκευή πρέπει να μονωθεί καλά από όλες τις πλευρές εκτός από εκείνη την πλευρά που θέλουμε να εκπεμφθεί η θερμότητα.

ii) Από τη σχέση $R = \rho \frac{l}{A}$ προκύπτει ότι $\frac{R}{l} = \frac{\rho}{A}$ δηλαδή η αντίσταση ανά μονάδα μήκους του σύρματος είναι αντιστρόφως ανάλογη της διατομής του. Αν λοιπόν το σύρμα έχει μικρό πάχος θα έχει μεγάλη αντίσταση ανά μονάδα μήκους, άρα σύμφωνα με τον νόμο του Joule θα αναπτύσσεται μεγάλη θερμότητα ανά μονάδα μήκους του σύρματος. Επειδή το λεπτό σύρμα έχει μικρή επιφάνεια θα χάνεται λιγότερη θερμότητα, άρα το σύρμα θα έχει υψηλή θερμοκρασία.

B.2.1. Το σύρμα με τη μικρότερη διάμετρο θα έχει και την μικρότερη διατομή, άρα και τη μεγαλύτερη αντίσταση ανά μονάδα μήκους (βλ. **B.1.2** i).



Η R_1 αντιστοιχεί στο σύρμα Β και η R_2 στο σύρμα Α.

B.2.2. Το σύρμα με τη μικρότερη διάμετρο θα διαρρέεται από το μικρότερο «μέγιστο φορτίο», δηλ. $I_B > I_A$.

B.2.3. $R = \frac{V^2}{P} = \frac{220^2}{500} \Omega = 96,8 \Omega$

$$\frac{R}{l} = 15 \frac{\Omega}{m} \Rightarrow l = \frac{96,8}{15} m = 6,45 m$$

3^ο ΘΕΜΑ

Γ.1. Λόγω της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας, σε οποιαδήποτε θέση του πλανήτη Π ισχύει

$$U + K = \text{σταθ} \Rightarrow -G \frac{Mm}{d} + \frac{1}{2} mv^2 = \text{σταθ}$$

όπου M είναι η μάζα του άστρου Α και m η μάζα του πλανήτη Π.

Επομένως όταν μεταβάλλεται η απόσταση d , μεταβάλλεται και η ταχύτητα v .

Ο πλανήτης θα έχει τη μέγιστη ταχύτητα όταν βρίσκεται στην ελάχιστη απόσταση από το άστρο.

Γ.2.

Γ.2.1. Έστω ένας πλανήτης μάζας m , ο οποίος περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο, μάζας M . Η ακτίνα της τροχιάς του είναι r και η περίοδος περιφοράς T .

Η βαρυτική δύναμη παίζει το ρόλο της κεντρομόλου:

$$F_G = F_c \Rightarrow G \frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (1)$$

Αλλά

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (2)$$

Από (1) και (2) προκύπτει

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$$

Γ.2.2. Στη σχέση που εκφράζει τον τρίτο νόμο δεν υπεισέρχεται η μάζα του σώματος-δορυφόρου, αλλά μόνο αυτή του κεντρικού σώματος. Επομένως ο τρίτος νόμος μπορεί να εφαρμοστεί και στην περίπτωση της Γης (κεντρικό σώμα) και οποιουδήποτε δορυφόρου, Σελήνης ή τεχνητού.

Γ.3.1. Σε κάθε ένα ουράνιο σώμα ασκείται βαρυτική δύναμη

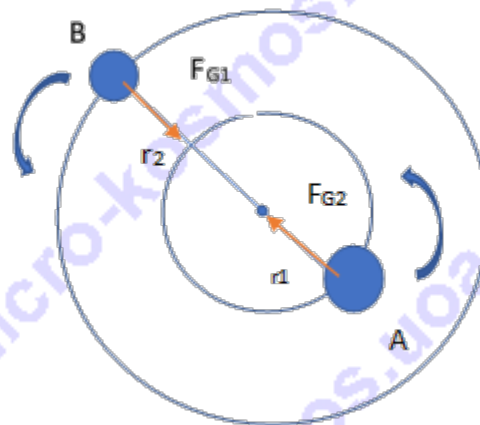
$$F_{G1} = F_{G2} = G \frac{m_1 m_2}{(r_1 + r_2)^2}$$



Αυτή παίζει το ρόλο της κεντρομόλου για κάθε αστέρα, οπότε

$$G \frac{m_1 m_2}{(r_1 + r_2)^2} = m_1 \frac{4\pi^2}{T^2} r_1 \quad (3)$$

$$G \frac{m_1 m_2}{(r_1 + r_2)^2} = m_2 \frac{4\pi^2}{T^2} r_2 \quad (4)$$



Διαιρώντας κατά μέλη τις σχέσεις (3) και (4) προκύπτει η (Σ1)

Γ.3.2. Προσθέτοντας κατά μέλη τις (3) και (4) προκύπτει η (Σ2).

Γ.3.3. Αν m_1 είναι η μάζα του Ήλιου και m_2 η μάζα της Γης, επειδή $m_1 \gg m_2$ τότε από τη (Σ1) θα είναι $r_1 \ll r_2$.

Οπότε

$$r_1 + r_2 \simeq r_2$$

και

$$m_1 + m_2 \simeq m_1$$

Τότε η (Σ2) γίνεται $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$ όπου $M = m_1$ και $r_2 = r$.

Είναι $r_1 + r_2 = 2,99 \times 10^{12} m \Rightarrow 3r_1 = 2,99 \times 10^{12} m \Rightarrow r_1 = 10^{12} m$.

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{r_2}{r_1} = 2 \quad m_A = 2m_B$$

Η περίοδος των δύο αστέρων είναι κοινή και ίση με:

$$T = 50 \text{ έτη} = 50 \times 365 \times 86400 \text{ s} = 1,58 \times 10^8 \text{ s}$$

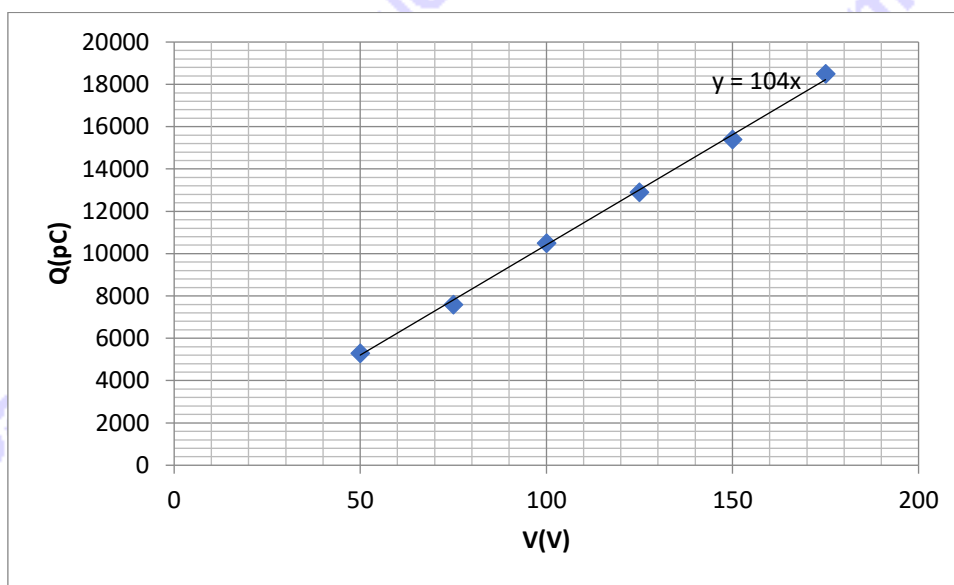
Αντικαθιστώντας στη (Σ2): $m_B = 21,1 \times 10^{31} \text{ kg}$ και $m_A = 42,2 \times 10^{31} \text{ kg}$.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δ.1. Ισχύει η σχέση $Q = CV$. Η χωρητικότητα C είναι σταθερή καθότι δεν μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά του πυκνωτή και συνεπώς τα μέθη Q , V είναι ανάλογα. Συνεπώς η ζητούμενη γραφική παράσταση είναι ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων και η κλίση ισούται με την χωρητικότητα C .



Με βάση τις τιμές του πίνακα κατασκευάζουμε το ακόλουθο διάγραμμα, στο οποίο έχουμε τις τιμές του φορτίου σε pC , οπότε η τιμή της κλίσης είναι σε $\frac{pC}{V}$. Συγκεκριμένα, η κλίση και άρα η πειραματικά υπολογιζόμενη τιμή της χωρητικότητας είναι $C_{\pi} = 104pF$.



Δ.2. Το εμβαδόν των πλακών δίνεται από την σχέση

$$S = \pi d^2 / 4$$

Συνεπώς με αντικατάσταση των δεδομένων στην σχέση

$$C_{\theta} = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}$$

Προκύπτει η ζητούμενη θεωρητική τιμή της χωρητικότητας $C_{\theta} = 111pF$.

Η απόκλιση μεταξύ θεωρητικής και πειραματικής τιμής είναι

$$\frac{|C_{\theta} - C_{\pi}|}{C_{\theta}} 100\% = 6,44\%$$

Δ.3. Έστω C είναι η χωρητικότητα με το διηλεκτρικό και C_0 χωρίς αυτό. Η σχετική διηλεκτρική σταθερά δίνεται από την σχέση

$$\epsilon = \frac{C}{C_0} = \frac{\frac{Q}{V}}{\frac{Q_0}{V}} = \frac{Q}{Q_0}$$

Η τάση V απλοποιείται επειδή κάθε ζεύγος μετρήσεων έχει ληφθεί με την ίδια τιμή τάσης.



Από τις τιμές του πίνακα 2 προκύπτουν οι παρακάτω έξι τιμές για τη σχετική διηλεκτρική σταθερά ϵ .

ϵ	3,00	3,65	3,27	3,45	3,54	3,57
------------	------	------	------	------	------	------

Η μέση τιμή είναι $\bar{\epsilon} = 3,41$



Οδηγίες βαθμολόγησης

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ (75 μόρια)

1^ο ΘΕΜΑ

A.1.: 15 μόρια

A.2.: 10 μόρια

2^ο ΘΕΜΑ

B.1.1.: 5 μόρια

B.1.2.: 3+3 μόρια

B.2.1.: 2+2+4 μόρια

B.2.2.: 3 μόρια

B.2.3.: 3 μόρια

3^ο ΘΕΜΑ

Γ.1.: 3+2 μόρια

Γ.2.1.: 4 μόρια (2 μόρια για τη σχέση (1), 1 μόρια για τη σχέση (2) και 1 μόρια για την τελική σχέση.

Γ.2.2.: 3 μόρια

Γ.3.1.: 6 μόρια (2 μόρια για τη βαρυτική δύναμη, 2 μόρια για τις σχέσεις (3) και (4) και 2 μόρια για την εξαγωγή του λόγου)

Γ.3.2.: 3 μόρια

Γ.3.3.: 4 μόρια (από 1 μόριο για κάθε προσέγγιση και 1 για το τελικό αποτέλεσμα)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ (25 μόρια)

Δ.1.: 3+2+2+2 μόρια

Δ.2.: 4+4 μόρια

Δ.3. 8 μόρια