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 Λυκείου "ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ" 2018 - Β΄ Τάξη

10/03/2018

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 γραπτώς 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$^{\text{Ο}}$ ΘΕΜΑ

Εισαγωγικό ένθετο

«Είναι σημάδι έμπειρου / φωτισμένου νου το να ικανοποιείται με τον βαθμό ακρίβειας που η φύση του θέματος επιτρέπει, και όχι να ψάχνει για την απόλυτη ακρίβεια όταν μόνο μια προσέγγιση της αλήθειας είναι δυνατή.» ***Αριστοτέλης***

<u>Γιατί γίνονται εκτιμήσεις στην έρευνα;</u>

Η ικανότητα εκτίμησης της τάξης μεγέθους μίας φυσικής ποσότητας είναι χρήσιμη τόσο στην επιστήμη όσο και σε άλλους τομείς:

- Για να κάνετε έναν γρήγορο έλεγχο πριν προβείτε σε ακριβέστερους υπολογισμούς
- Για την παροχή ενός πρόχειρου ελέγχου των αποτελεσμάτων ή υποθέσεων της έρευνας
- Για να λάβετε εκτιμήσεις των φυσικών ποσοτήτων όταν δεν υπάρχουν άλλοι τρόποι
- Για να λάβετε εκτιμήσεις των ποσοτήτων που είναι δύσκολο να μετρηθούν με ακρίβεια
- Για να ληφθούν εκτιμήσεις των ποσοτήτων για τις οποίες δεν υπάρχει ισχυρή θεωρητική πρόβλεψη (ιδιαίτερα σημαντικό σε τομείς όπως η αστροφυσική)
- Να προβλεφθούν όρια για πιθανές εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού

Διάσημοι φυσικοί όπως ο ***Enrico Fermi*** και ο ***Richard Feynman*** συχνά χρησιμοποιούσαν εκτιμήσεις τόσο στην έρευνα τους όσο και στην διδασκαλία της Φυσικής δίνοντας οδηγίες όπως οι παρακάτω :

1. Μην πανικοβληθείτε όταν δείτε το πρόβλημα
2. Καταγράψτε κάθε γεγονός που γνωρίζετε σχετικά με την ερώτηση
3. Σχεδιάστε μία ή περισσότερες πιθανές διαδικασίες για τον προσδιορισμό της απάντησης
4. Παρακολουθήστε τις υποθέσεις σας
5. Καταγράψτε τα πράγματα που θα πρέπει να γνωρίζετε για να απαντήσετε στην ερώτηση

Έλεγχος των εκτιμήσεών σας:

(1). Βεβαιωθείτε ότι οι εκτιμήσεις και οι υπολογισμοί σας είναι σωστών διαστάσεων! (έχουν τις σωστές μονάδες μέτρησης) Αυτό είναι ένα πολύ ισχυρό εργαλείο!

(2). Ελέγξτε την αξιοπιστία της εκτίμησής σας, ει δυνατόν

π.χ. εάν η απάντησή σας υπερβαίνει την ταχύτητα του φωτός στο κενό ή το μέγεθος του σύμπαντος, έχετε ένα πρόβλημα!

(3). Ελέγξτε την αξιοπιστία της εκτίμησής σας χρησιμοποιώντας μια εναλλακτική μέθοδο υπολογισμού.
Εξετάστε αν οι δύο μέθοδοι συμφωνούν ως προς την τάξη μεγέθους.
(4). Πραγματοποιήστε έναν "έλεγχο πραγματικότητας" στην εκτίμησή σας με βάση τον αριθμό και το μέγεθος των προσεγγίσεων που κάνατε.

Α.1. Κατά τη διάρκεια των γυρισμάτων μίας χολιγουντιανής ταινίας ένα ελικόπτερο ευρισκόμενο σε υγειονομική αποστολή πετά σε ύψος 100 m από την επιφάνεια του εδάφους με σταθερή ταχύτητα 250 km/h κινούμενο οριζόντια. Μπροστά του και στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο κινείται αγροτικό αυτοκίνητο με σταθερή ταχύτητα 90 km/h μέσα στο οποίο βρίσκεται τραυματίας ο πρωταγωνιστής της ταινίας. Εκτιμήστε τη γωνία ($\varepsilon\varphi\theta$) υπό την οποία πρέπει να δει ο πιλότος του ελικοπτέρου, σε σχέση με την οριζόντια κατεύθυνση που κινείται, το αυτοκίνητο ώστε να απελευθερώσει κιβώτιο με φαρμακευτικό υλικό και αυτό να καταλήξει στην καρότσα του αγροτικού αυτοκινήτου. Στους υπολογισμούς σας θεωρήστε την αντίσταση του αέρα αμελητέα και ότι όλα τα σώματα είναι υλικά σημεία.

Α.2. Να εκφράσετε τη μέση ταχύτητα (ταχύτητα διολίσθησης) υ, με την οποία κινούνται τα ελεύθερα ηλεκτρόνια μέσα σ' ένα μεταλλικό αγωγό, σε συνάρτηση με τα εξής μεγέθη: α) I, ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό, β) n, ο αριθμός των ελευθέρων ηλεκτρονίων ανά μονάδα όγκου του αγωγού, γ) A, εμβαδό διατομής του αγωγού, δ) q_e φορτίο του ηλεκτρονίου.

Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον πίνακα υπολογίστε την ταχύτητα διολίσθησης των ηλεκτρονίων.

Α.3. Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της Γης μεταφέρει ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου 1000 J / (s·m^2) Εκτιμήστε την πίεση p και τη δύναμη F που ασκεί ο ήλιος στην τεντωμένη παλάμη σας.

Πίνακας Δεδομένων Α θέματος	
Ταχύτητα διάδοσης του φωτός στο κενό	$3\cdot10^8$ m/s
Αριθμός ελευθέρων ηλεκτρονίων ανά μονάδα όγκου	$8\cdot10^{23}$ ηλεκτρόνια/cm^3
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος στον μεταλλικό αγωγό	1,6 A
Εμβαδό διατομής μεταλλικού αγωγού	12,5 mm^2
Φορτίο ηλεκτρονίου	$q_e = -1{,}6\cdot10^{-19}$C
Επιτάχυνση της βαρύτητας	$9{,}8\ m/s^2$

2^{Ο} ΘΕΜΑ

Β.1. Το 1807 ο Gay-Lussac εκτέλεσε, σε πρώτη μορφή, ένα πείραμα που είναι γνωστό ως ελεύθερη εκτόνωση αερίου με σκοπό να διερευνήσει αν η εσωτερική ενέργεια ενός ιδανικού αερίου εξαρτάται από τη θερμοκρασία αλλά και από τον όγκο, είναι δηλαδή $U = f(T,V)$. Η βασική ιδέα του πειράματος ήταν ότι ένα αέριο που αρχικά καταλάμβανε μόνο ενός μέρος ενός δοχείου με αδιαβατικά τοιχώματα, περιοριζόμενο από κάποια μεμβράνη ή ένα χώρισμα που μπορούσε να αποσυρθεί, αφήνονταν να εκτονωθεί καταλαμβάνοντας και το υπόλοιπο μέρος του δοχείου. Μετά την εκτέλεση του πειράματος ο Gay-Lussac δεν παρατήρησε αλλαγή στην θερμοκρασία του αερίου. Να εξηγήσετε πως αυτή η παρατήρηση συμβιβάζεται με την ιδέα ότι η εσωτερική ενέργεια του αερίου είναι συνάρτηση μόνο της θερμοκρασίας δηλαδή $U = f(T)$.

Β.2. Στην παραπάνω μη αντιστρεπτή ελεύθερη εκτόνωση να παραστήσετε την εσωτερική ενέργεια του αερίου, σε σχέση με την θερμοκρασία του στο σύστημα αξόνων που θα βρείτε στο Φύλλο Απαντήσεων.

Β.3.Ένας ακροβάτης τσίρκου κατά τη διάρκεια της παράστασης αφήνει να πέσει ένα σφαιρικό βλήμα από παλιό κανόνι με μάζα 30 κιλά από μια πλατφόρμα που βρίσκεται 12 μέτρα πάνω από μία λεκάνη που περιέχει νερό. Αρχικά, το σφαιρικό βλήμα και το νερό βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία (Κατάσταση 1).

Να υπολογίσετε τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας ΔK του σφαιρικού βλήματος, τη μεταβολή της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας $\Delta U_{\beta\alpha\rho}$ του σφαιρικού βλήματος, τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ΔU του συστήματος σφαιρικό βλήμα-νερό, τη θερμότητα Q που ανταλλάσσει με το περιβάλλον, καθώς και τη μηχανική ενέργεια που ανταλλάσσεται μέσω έργου W μεταξύ του συστήματος σφαιρικό βλήμα-νερό και του περιβάλλοντος του, για κάθε μία από τις ακόλουθες μεταβολές καθώς και για ολόκληρη τη διαδικασία :

- Από την κατάσταση 1 μέχρι ακριβώς πριν το σφαιρικό βλήμα εισέλθει στο νερό (Κατάσταση 2),
- Από την κατάσταση 2 μέχρι τη χρονική στιγμή όπου το σφαιρικό βλήμα ακινητοποιηθεί στον πυθμένα της λεκάνης (Κατάσταση 3),
- Από την κατάσταση 3 μέχρι να μεταφερθεί το κατάλληλο ποσό θερμότητας τόσο από το σφαιρικό βλήμα όσο και από το νερό προς το περιβάλλον τους, ώστε η θερμοκρασίας τους να γίνει ίση με τη θερμοκρασία που είχαν στην κατάσταση 1 (Κατάσταση 4).

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας ίση με 9,81 m/s^2. Κατά την επίλυση του προβλήματος να λάβετε υπόψη τις παρακάτω θεωρήσεις:

I. Η αντίσταση του αέρα κατά την πτώση του σφαιρικού βλήματος είναι αμελητέα,
II. Ο αέρας και το σφαιρικό βλήμα βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία,
III. Το βάθος του νερού στη λεκάνη είναι αμελητέο σε σχέση με το ύψος της πτώσης (h) αλλά ικανό ώστε να υπερκαλύψει όλο το σφαιρικό βλήμα, όταν αυτό φτάσει στον πυθμένα της λεκάνης,
IV. Το σφαιρικό βλήμα έχει συμπεριφορά υλικού σημείου και οι διαστάσεις του δεν λαμβάνονται υπόψη,
V. Επίπεδο μηδενικής βαρυτικής δυναμικής ενέργειας λαμβάνουμε το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται ο πυθμένας της λεκάνης.

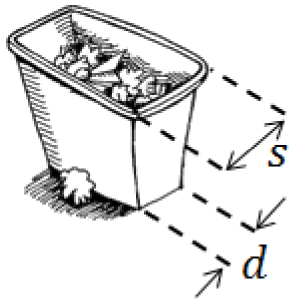
Στη συνέχεια να μεταφέρετε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας στα αντίστοιχα κελιά του πίνακα που θα βρείτε στο Φύλλο Απαντήσεων.

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Λυκείου "ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ" 2018 - Β΄ Τάξη

10/03/2018

3[Ο] ΘΕΜΑ

Ένας μαθητής τοποθετεί σφαίρες ακτίνας r στην άκρη του γραφείου του και τις εκτοξεύει οριζόντια με ταχύτητα $\vec{\upsilon}$ προκειμένου να πετύχει το πρισματικού σχήματος καλάθι απορριμμάτων (βλ. σχ. 1) που έχει στο δωμάτιό του. Το επίπεδο της τροχιάς κάθε σφαίρας είναι κάθετο στη μεγάλη πλευρά του καλαθιού και την τέμνει στη μεσοκάθετο της βάσης του.

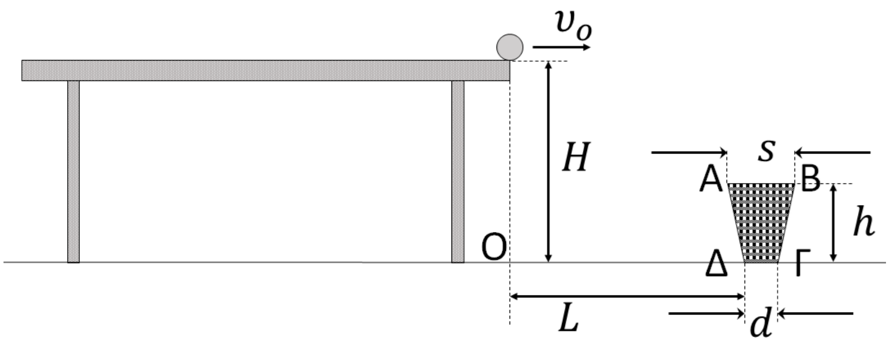


Σχ. 1

Γ.1. Να βρείτε τα όρια υ_{min} και υ_{max} των επιτρεπόμενων τιμών ταχύτητας, ώστε οι σφαίρες να πέφτουν κατευθείαν στον πυθμένα του καλαθιού χωρίς να αγγίξουν τα τοιχώματά του.

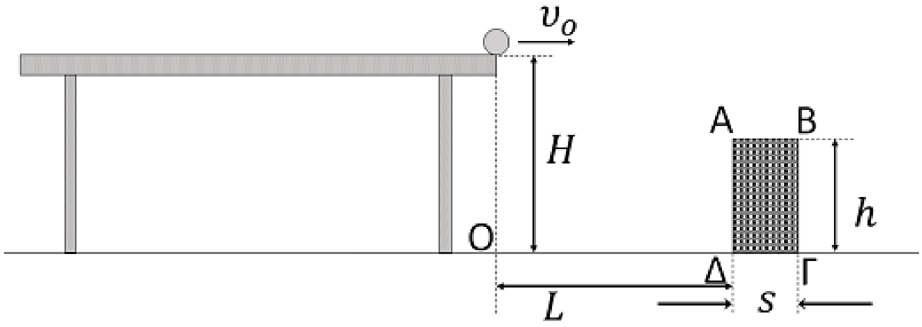
Δίνονται (σχ. 2): $r = 8cm$, $H = 1{,}2m$, $L = 0{,}8m$, $s = 30cm$, $d = 20cm$, $h = 40cm$, $g = 10m/s^2$, πάχος των τοιχωμάτων του καλαθιού αμελητέο.

Για κάθε οξεία γωνία θ ισχύει η τριγωνομετρική ταυτότητα $\varepsilon\varphi\frac{\theta}{2} = \frac{\sqrt{1+\varepsilon\varphi^2\theta}-1}{\varepsilon\varphi\theta}$.



Σχ. 2

Γ.2. Αποφασίζοντας να πειραματιστεί, ο μαθητής αντικαθιστά το καλάθι με άλλο, σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου. Χρησιμοποιώντας έναν εκτοξευτήρα-παιχνίδι που μπορεί να μετρά την ταχύτητα εκτόξευσης, αναγκάζει μια σφαίρα μάζας m να εκτελέσει οριζόντια βολή. Να βρείτε το πλήθος, έστω N, των κρούσεων της σφαίρας με τα τοιχώματα του καλαθιού μέχρι να ακουμπήσει για πρώτη φορά στον πυθμένα του.



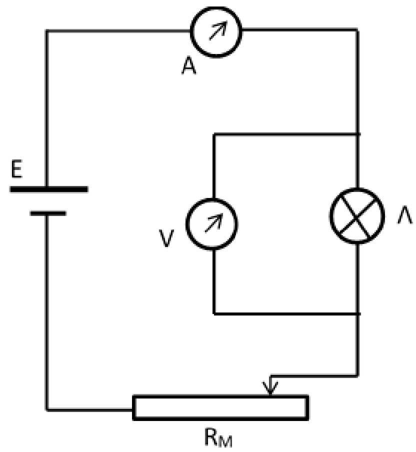
Σχ. 3

Γ.3. Ποιο είναι το μέτρο ΔP της μεταβολής της ορμής της σφαίρας κατά τη διάρκεια της κίνησής της;

Δίνονται (σχ. 3): $\upsilon_o = \frac{10}{\sqrt{6}} m/s$, $r = 8cm$, $H = 1{,}2m$, $L = 1{,}2m$, $s = 30cm$, $h = 70cm$, $m = \frac{40}{\sqrt{6}} g$, $g = 10m/s^2$, πάχος των τοιχωμάτων του καλαθιού αμελητέο.

Στα ερωτήματα Γ.2. και Γ.3. να θεωρήσετε ότι το καλάθι είναι αρκετά βαρύ ώστε να μην ανατρέπεται από τα χτυπήματα και ότι κατά τη διάρκεια κάθε κρούσης της σφαίρας με τα τοιχώματά του δεν υπάρχει απώλεια κινητικής ενέργειας.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ



Το σύρμα ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως είναι κατασκευασμένο από βολφράμιο το οποίο είναι δύστηκτο υλικό. Όταν ο λαμπτήρας διαρρέεται από ρεύμα, το σύρμα θερμαίνεται σε θερμοκρασία *θ* και η προσφερόμενη σε αυτό ηλεκτρική ενέργεια ακτινοβολείται στο περιβάλλον. Στο σχολικό εργαστήριο μία ομάδα μαθητών μελέτησε την ακτινοβολούμενη ισχύ από το σύρμα του λαμπτήρα σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Για το σκοπό αυτό, οι μαθητές κατασκεύασαν το κύκλωμα του σχήματος. Μετακινώντας το δρομέα της μεταβλητής αντίστασης R_M οι μαθητές άλλαζαν την τιμή της έντασης του ρεύματος από την οποία διαρρέεται το κύκλωμα την οποία κατόπιν μετρούσαν και κατέγραφαν με τη βοήθεια του αμπερομέτρου ενώ ταυτόχρονα κατέγραφαν και την ένδειξη του βολτομέτρου. Έτσι συμπλήρωσαν τις δύο πρώτες στήλες του πίνακα που θα βρείτε στο Φύλλο Απαντήσεων.

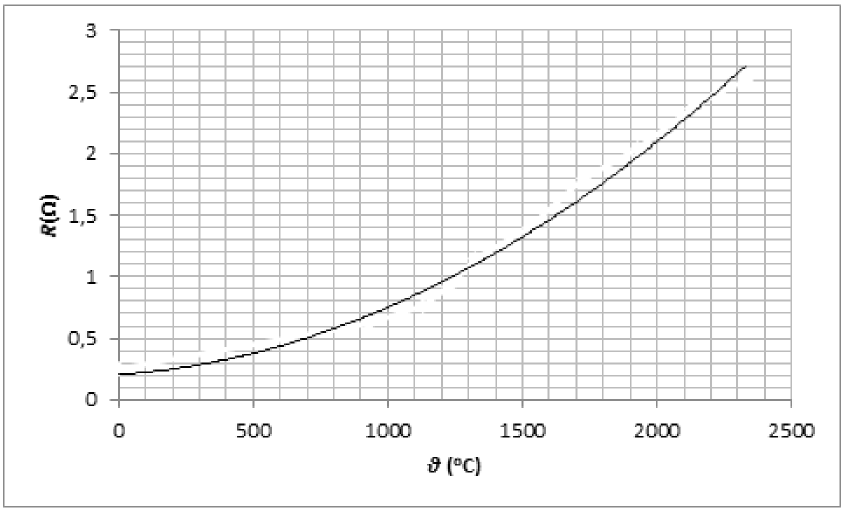
Στη συνέχεια εκτελώντας τους κατάλληλους υπολογισμούς συμπλήρωσαν τις δύο επόμενες στήλες του πίνακα που αναπαριστούν την ηλεκτρική ισχύ και την αντίσταση του λαμπτήρα.

Η θεωρία του σχολικού βιβλίου των μαθητών αναφέρει ότι η αντίσταση ενός μεταλλικού σύρματος αυξάνεται με τη θερμοκρασία (μετρημένη σε βαθμούς Κελσίου) σύμφωνα με τη σχέση

$$R_\theta = R_o \cdot (1 + \alpha \cdot \theta) \quad (1)$$

όπου R_θ η αντίσταση του μεταλλικού σύρματος στους θ ^oC, R_o η αντίσταση στους 0^oC και *α* είναι ο θερμικός συντελεστής αντίστασης που έχει μια χαρακτηριστική τιμή για κάθε μέταλλο.

Ωστόσο, η σχέση (1) είναι προσεγγιστική και τη χρησιμοποιούμε για μικρές περιοχές μεταβολής της θερμοκρασίας. Ο κατασκευαστής του λαμπτήρα για το συγκεκριμένο σύρμα του λαμπτήρα έχει δώσει το παρακάτω διάγραμμα που περιγράφει την αντίσταση του λαμπτήρα σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Με τη χρήση αυτού του διαγράμματος οι μαθητές συμπλήρωσαν και την τελευταία στήλη του πίνακα.



Δ.1. Να επαναλάβετε την εργασία των μαθητών συμπληρώνοντας τον πίνακα. Να εξηγήσετε αναλυτικά τον τρόπο συμπλήρωσης για τα κελιά μίας οριζόντιας γραμμής.

Δ.2. Χρησιμοποιώντας το διάγραμμα, για να βρείτε τις τιμές που χρειάζεστε, εφαρμόστε τη σχέση (1) για να υπολογίσετε τον θερμικό συντελεστή αντίστασης του βολφραμίου στους 300 °C (έστω α_{300}) και στους 2200 °C (έστω α_{2200}). Σχολιάστε το αποτέλεσμα των υπολογισμών σας.

Δ.3. Στον ειδικό χώρο που σας δίνεται στο Φύλλο Απαντήσεων να σχεδιάσετε σε κατάλληλα βαθμολογημένους άξονες το διάγραμμα της ισχύος *P* (σε watt) ως συνάρτηση της θερμοκρασίας *θ* (σε °C).

Δ.4. Από το διάγραμμα αυτό να υπολογίσετε την τιμή της ισχύος για τις θερμοκρασίες 1100 °C, (έστω P_1) 1650 °C (έστω P_2) και 2200 °C (έστω P_3). Τι συμπέρασμα βγάζετε;

Δ.5. Το αμπερόμετρο και το βολτόμετρο που χρησιμοποίησαν οι μαθητές στην άσκηση είναι ψηφιακά όργανα και στον πίνακα έχουν καταγραφεί ακριβώς οι ενδείξεις τους. Το πειραματικό σφάλμα στη μέτρηση των μεγεθών *I* και *V* θεωρείστε ότι είναι αντίστοιχα 0,01A και 0,01V (αβεβαιότητα στο τελευταίο ψηφίο).

Να υπολογίσετε το πειραματικό σφάλμα δP για την τιμή της ισχύος που προκύπτει από το τελευταίο ζευγάρι τιμών του πίνακα (*I* =3,63A και *V*=9,41V). Δίνεται η σχέση υπολογισμού του σφάλματος δP που προκύπτει από τη θεωρία της διάδοσης των σφαλμάτων

$$\delta P = P \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta V}{V}\right)^2 + \left(\frac{\delta I}{I}\right)^2}$$

Να θεωρήσετε τα όργανα μετρήσεων (αμπερόμετρο και βολτόμετρο) ιδανικά.

Καλή Επιτυχία

ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

Όνομα και Επώνυμο: ……………………………………………………………

Όνομα Πατέρα: ……………………….. Όνομα Μητέρας: …………………..

Σχολείο: ………………………….. Τάξη / Τμήμα: …………………………..….

Εξεταστικό Κέντρο: ………………………..……………………………………

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΘΕΜΑ 1ο

Α.1. $\varepsilon\varphi\theta =$………………….. **Α.2.** $\upsilon =$…………………..

Α.3. $F =$………………….. $P =$…………………..

ΘΕΜΑ 2ο

Β.1. ____

____

____

____

____

Β.2.

Β.3.

	Q(J)	ΔU (J)	W(J)	$\Delta U_{\beta\alpha\rho}$(J)	ΔΚ(J)
Μεταβολή 1→2					
Μεταβολή 2→3					

Μεταβολή 3→4					
Μεταβολή 1→4					

ΘΕΜΑ 3^{Ο}

Γ.1. $\upsilon_{min} =$……………….. $\upsilon_{max} =$………………..

Γ.2. $N =$………………... **Γ.3.** $\Delta P =$………………..

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δ.1.

I (A)	*V* (V)	*P (W)*	*R (Ω)*	*θ (°C)*
0,90	0,56			
1,08	0,82			
1,28	1,27			
1,48	1,70			
1,79	2,50			
2,38	4,28			
2,75	5,61			
3,27	7,75			
3,47	8,65			
3,63	9,41			

(εξήγηση)

____

____

____

____

Δ.2. $\alpha_{300} =$………………………. $\alpha_{2200} =$……………………….

(σχόλιο)

Δ.3.

Δ.4. $P_1 =$……………………….. $P_2 =$……………………….. $P_3 =$………………………..
(συμπέρασμα)

Δ.5. $\delta P =$…………………………

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Λυκείου "ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ" 2018 - Β΄ Τάξη

10/03/2018

Συνοπτικές Απαντήσεις

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1^{O} ΘΕΜΑ

Α.1. Θεωρούμε την αντίσταση του αέρα αμελητέα. Η ταχύτητα του ελικοπτέρου ως προς το αγροτικό αυτοκίνητο είναι 250 km/h – 90 km/h = 160 km/h = 44,4 m/s.

Το κιβώτιο θα εκτελέσει οριζόντια βολή και ο χρόνος πτώσης υπολογίζεται ως : $t = \sqrt{\frac{2\cdot h}{g}} = \sqrt{\frac{200}{9{,}8}} = 4{,}5s$, Άρα επίσης ως προς το αγροτικό αυτοκίνητο το κιβώτιο πρέπει να μετατοπιστεί οριζόντια,

$\Delta\chi = 44{,}4 \cdot 4{,}5 = 200{,}6\, m,$

$Άρα\ \varepsilon\varphi\theta = \frac{100m}{200{,}6m} = 0{,}5$ ή $\theta = 27°$

Α.2. Έστω *υ* η μέση ταχύτητα των ελευθέρων ηλεκτρονίων (ή ταχύτητα διολίσθησης) σε ένα μεταλλικό αγωγό που τον θεωρούμε κυλινδρικό. Έστω *Ν* ο αριθμός των ηλεκτρονίων που διαπερνούν μία νοητή τομή εμβαδού *Α* του κυλινδρικού αγωγού σε χρόνο Δt. Τότε το τμήμα του κυλίνδρου που τα περιέχει θα έχει βάση Α, μήκος $l = \upsilon \cdot \Delta t$, και όγκο, $V = A \cdot \upsilon \cdot \Delta t$.

Οπότε ο αριθμός ελευθέρων ηλεκτρονίων ανά μονάδα όγκου θα είναι,

$$n = \frac{N}{V} = \frac{N}{A \cdot \upsilon \cdot \Delta t}, \kappa\alpha\iota\ N = n \cdot A \cdot \upsilon \cdot \Delta t$$

Από τον ορισμό της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος,

$$I = \frac{q}{\Delta t} = \frac{N \cdot q_e}{\Delta t} = \frac{n \cdot A \cdot \upsilon \cdot \Delta t \cdot q_e}{\Delta t} = n \cdot A \cdot \upsilon \cdot q_e,$$

Προκύπτει η εξίσωση υπολογισμού της ταχύτητας διολίσθησης,

$$\upsilon = \frac{I}{n \cdot A \cdot q_e}$$

Αντικαθιστώντας τα αριθμητικά δεδομένα του πίνακα προκύπτει,

υ=0,1mm/s

Α.3. Σύμφωνα με τις οδηγίες πρέπει να ελέγχετε τις μονάδες μέτρησης στους υπολογισμούς σας. Ένας απλός τρόπος που μπορείτε να εφαρμόσετε σε αυτό το ερώτημα είναι να διαιρέσετε τη μονάδα μέτρησης της ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου (στη φυσική ορίζεται ως ένταση ακτινοβολίας και συμβολίζεται με *I)* που σας δίνεται με τη μονάδα μέτρησης της πίεσης που σας ζητείται, *για να «κατασκευάσετε» μία σχέση που τα συνδέει:*

$$\frac{\frac{J}{s\cdot m^2}}{\frac{N}{m^2}}=\frac{J}{N\cdot s}=\frac{N\cdot m}{N\cdot s}=\frac{m}{s}$$

Άρα η πίεση στην παλάμη σας θα είναι,

$$p=\frac{I}{c}=\frac{1000}{3\cdot 10^8}=3\cdot 10^{-6}\frac{N}{m^2}$$

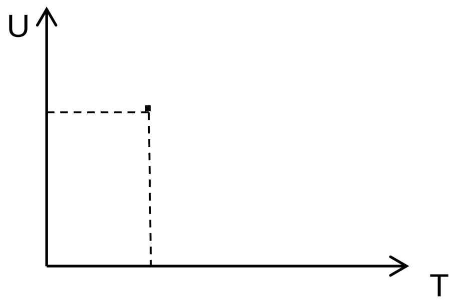
Και η αντίστοιχη δύναμη,

$F=p\cdot A=2{,}7\cdot 10^8 N$ (Εκτιμώντας το εμβαδό επιφάνειας της παλάμης ως $A=9cm\cdot 10cm$)

2^{Ο} ΘΕΜΑ

Β.1. Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο, που ισχύει παρά το γεγονός ότι η μεταβολή είναι μη αντιστρεπτή, η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας στην περιγραφόμενη διεργασία είναι ίση με $\Delta U=Q-W$, όπου $Q=0$ η θερμότητα που ανταλλάσει το αέριο με το περιβάλλον καθώς το δοχείο έχει αδιαβατικά τοιχώματα και $W=0$ το έργο που παράγει το αέριο αφού δεν εμφανίζεται δύναμη σε κάποιο έμβολο. Θα πρέπει λοιπόν, με βάση τον 1^{ο} Θερμοδυναμικό Νόμο η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας να είναι $\Delta U=0$. Αν ήταν $U=U(T,V)$ τότε καθώς έχω αλλαγή του όγκου που καταλαμβάνει το αέριο θα έπρεπε να υπάρχει και αλλαγή στη θερμοκρασία ώστε τελικά να προκύπτει $\Delta U=0$. Αφού από το πείραμα παρατηρείται ότι $\Delta T=0$ δεν θα πρέπει η εσωτερική ενέργεια να εξαρτάται από τον όγκο.

Β.2.



Β.3. Το πρόβλημα προσεγγίζεται με την αρχή διατήρησης της ενέργειας ή αλλιώς μια γενικευμένη μορφή του 1^{ου} θερμοδυναμικού νόμου:

$$\boldsymbol{Q-W=\Delta U+\Delta U_{\beta\alpha\rho}+\Delta K}(\mathbf{1})$$

Μεταβολή 1→2 : Αρχικά το σφαιρικό βλήμα περικλείει βαρυτική δυναμική ενέργεια ή οποία ως προς το επίπεδο αναφοράς που δίνεται είναι ίση με,

$$U_{\beta\alpha\rho,1}=m\cdot g\cdot h=30\cdot 9{,}81\cdot 12=3531{,}6\,J,$$

Ενώ στην κατάσταση 2, $U_{\beta\alpha\rho,2}=0$, άρα $\Delta U_{\beta\alpha\rho,1,2}=-3531{,}6\,J$

Η αντίσταση του αέρα κατά την πτώση του σφαιρικού βλήματος θεωρείται αμελητέα, οπότε η μηχανική ενέργεια του σφαιρικού βλήματος κατά τη μεταβολή $1\rightarrow 2$ διατηρείται οπότε, για τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας ισχύει:

$$\Delta K=-\Delta U_{\beta\alpha\rho}=+3531{,}6\,J,$$

Το σφαιρικό βλήμα και το νερό (που τα μελετάμε ως σύστημα) και ο αέρας που αποτελεί το περιβάλλον τους βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, άρα η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του συστήματος είναι μηδέν και παράλληλα το σύστημα δεν ανταλλάσει θερμότητα με το περιβάλλον του. Εφαρμόζοντας την έκφραση της αρχής διατήρησης της ενέργειας (1) προκύπτει ότι σε αυτή τη μεταβολή το σύστημα δεν παράγει ή καταναλώνει έργο:

$$\Delta T=0, \Delta U=0, Q=0 \; και \; από \; την \; (1) έχουμε \; W=0$$

Μεταβολή 2→3 : Εφόσον το βάθος του νερού στη λεκάνη είναι αμελητέο σε σχέση με το ύψος της πτώσης και μελετάμε το σφαιρικό βλήμα ως υλικό σημείο, η βαρυτική δυναμική ενέργεια δεν μεταβάλλεται σε αυτή τη μεταβολή:

$$\Delta U_{βαρ\,2,3}=0$$

Η κινητική ενέργεια του σφαιρικού βλήματος μηδενίζεται στην κατάσταση 3 οπότε:

$$\Delta K_{2,3}=0-3531{,}6=3531{,}6\,J$$

Η κινητική ενέργεια του σφαιρικού βλήματος μετά την κρούση και την ακινητοποίηση του σώματος στον πυθμένα της λεκάνης μετατρέπεται εξολοκλήρου σε αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του συστήματος σφαιρικό βλήμα-νερό λόγω της τριβής μεταξύ τους, ενώ το σύστημα δεν ανταλλάσει θερμότητα με το περιβάλλον του καθώς βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία. Εφαρμόζοντας την (1) προκύπτει ότι και σε αυτή τη μεταβολή το σύστημα δεν παράγει ή καταναλώνει έργο:

$$\Delta U=K_2=\Delta K=3531{,}6 J, Q=0 \; και \; Q-W=\Delta U+\Delta U_{βαρ}+\Delta K, άρα \; W=0$$

Μεταβολή 3→4 :Σε αυτή τη μεταβολή λόγω της θέσης και της κινητικής κατάστασης του σφαιρικού βλήματος αλλά και του συστήματος, τόσο η μεταβολή της βαρυτικής όσο και η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του βλήματος είναι μηδέν ενώ παράλληλα δεν παράγεται ούτε καταναλώνεται έργο από το σύστημα:

$$\Delta K=0, \Delta U_{βαρ}=0, W=0$$

Εφόσον το σύστημα και το περιβάλλον του στην κατάσταση 4 επανέρχονται στην θερμοκρασία που είχαν στην κατάσταση (1) για την εσωτερική ενέργεια του συστήματος θα ισχύει:

$$\Delta U_{3,4}=U_4-U_3=-(U_3-U_1)=-(U_3-U_2)-\Delta U_{2,3}=-3531{,}6\,J$$

Εφαρμόζοντας την (1) προκύπτει ότι σε αυτή τη μεταβολή μεταφέρεται θερμότητα από το σύστημα στο περιβάλλον του,

$$Q=-3531{,}6\,J$$

Συνολική διεργασία 1→4 : Τα αποτελέσματα προκύπτουν αθροίζοντας τα εξαγόμενα των τριών διαδοχικών μεταβολών.

	Q(J)	ΔU (J)	W(J)	$\Delta U_{βαρ}$(J)	ΔK(J)
Μεταβολή 1→2	0	0	0	-3531,6	3531,6
Μεταβολή 2→3	0	3531,6	0	0	-3531,6
Μεταβολή 3→4	$-3531{,}6$	-3531,6	0	0	0
Μεταβολή 1→4	$-3531{,}6$	0	0	-3531,6	0

3^{Ο} ΘΕΜΑ

Γ.1. Για τη μελέτη μας θα χρησιμοποιήσουμε ένα σύστημα αναφοράς με αρχή το σημείο Ο. Στο σύστημα αυτό κάθε σφαίρα εκτελεί οριζόντια βολή ξεκινώντας από ύψος $y_1=H+r$. Από τις εξισώσεις κίνησης:

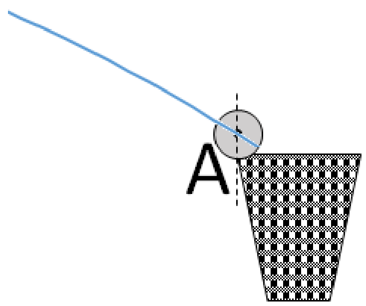
$$x = \upsilon_o t$$

$$y = H + r - \frac{1}{2} g t^2$$

καταλήγουμε στην εξίσωση της τροχιάς:

$$y = H + r - \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{\upsilon_o}\right)^2$$

Η ελάχιστη ταχύτητα που πρέπει να έχει μια σφαίρα ώστε να πέσει μέσα στο καλάθι χωρίς να αγγίξει τα τοιχώματά του, θα αντιστοιχεί σε τροχιά η οποία τέμνει την κατακόρυφο που διέρχεται από το Α σε σημείο με τεταγμένη οριακά μεγαλύτερη από $h + r$ (βλ. σχ.).



Από τη γεωμετρία του σχήματος βρίσκουμε ότι:

$$x_A = L - \left(\frac{s-d}{2}\right)$$

Το σημείο της τροχιάς με $x = x_A$ έχει τεταγμένη:

$$y_{\tau\rho} = H + r - \frac{1}{2} g \left(\frac{L - \left(\frac{s-d}{2}\right)}{\upsilon_o}\right)^2 \Rightarrow y_{\tau\rho} = H + r - \frac{1}{2} g \left(\frac{2L - s + d}{2\upsilon_o}\right)^2$$

$$\Rightarrow y_{\tau\rho} = H + r - \frac{g(2L - s + d)^2}{8{\upsilon_o}^2}$$

Αφού $y_{\tau\rho} > h + r$, έχουμε:

$$H + r - \frac{g(2L - s + d)^2}{8{\upsilon_o}^2} > h + r \Rightarrow H - \frac{g(2L - s + d)^2}{8{\upsilon_o}^2} > h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H - h > \frac{g(2L - s + d)^2}{8{\upsilon_o}^2} \Rightarrow {\upsilon_o}^2 > \frac{g(2L - s + d)^2}{8(H - h)}$$

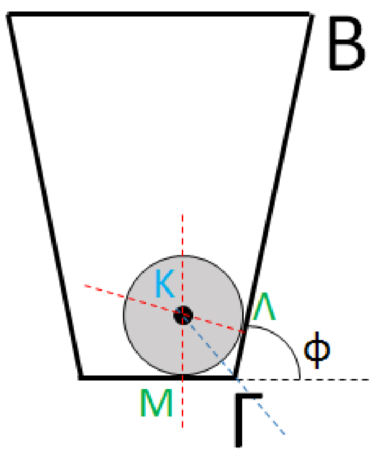
$$\Rightarrow \upsilon_o > \sqrt{\frac{g}{8(H - h)}}(2L - s + d) \equiv \upsilon_{min} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \upsilon_o > \sqrt{\frac{10}{8(1{,}2 - 0{,}4)}}(2 \cdot 0{,}8 - 0{,}3 + 0{,}2) m/s$$

$$\Rightarrow \upsilon_o > \sqrt{\frac{10}{8\cdot 0{,}8}}1{,}5m/s \Rightarrow \upsilon_o > \sqrt{\frac{10}{8\cdot\frac{8}{10}}}1{,}5m/s \Rightarrow \upsilon_o > \frac{10}{8}1{,}5m/s$$

$$\Rightarrow \upsilon_o > \frac{15}{8}m/s \Rightarrow \upsilon_o > 1{,}875m/s \equiv \upsilon_{min}$$

Αν η ταχύτητα της σφαίρας ήταν τέτοια ώστε αυτή να έρθει οριακά σε επαφή με το δεξί τοίχωμα του καλαθιού, θα έπεφτε σε σημείο του πυθμένα τέτοιο ώστε να ακουμπά στο σημεία Μ, ενώ ταυτόχρονα θα ακουμπούσε στο δεξί τοίχωμα σε σημείο Λ (βλ. σχ.). Η τομή του επιπέδου της τροχιάς της σφαίρας με το δεξί τοίχωμα του καλαθιού είναι μια ευθεία (η ΒΓ στο σχήμα) που είναι εφαπτομένη της σφαίρας στο Λ. Δηλ. οι γωνίες $K\widehat{M}\Gamma$ και $K\widehat{\Lambda}\Gamma$ είναι ορθές, οπότε οι $M\widehat{K}\Lambda$ και είναι $M\widehat{\Gamma}\Lambda$ παραπληρωματικές. Όμως το ίδιο ισχύει για τις $M\widehat{\Gamma}\Lambda$ και $\hat{\varphi}$. Άρα:



$$M\widehat{K}\Lambda = \hat{\varphi} \Rightarrow M\widehat{K}\Gamma = \frac{\hat{\varphi}}{2}$$

Εναλλακτικά, μπορούμε να αποδείξουμε την ισότητα των γωνιών $M\widehat{K}\Lambda$ και $\hat{\varphi}$ από το γεγονός ότι είναι και οι δύο οξείες και έχουν τις πλευρές τους κάθετες.

Από το ορθογώνιο τρίγωνο ΚΜΓ έχουμε:

$$M\Gamma = MK\cdot \varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2} \Rightarrow M\Gamma = r\cdot\varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}$$

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η τετμημένη του σημείου επαφής της σφαίρας όταν αυτή ακουμπά οριακά το δεξί τοίχωμα είναι:

$$x_{\tau\varepsilon\lambda} = x_K = L + d - (M\Gamma) \Rightarrow x_{\tau\varepsilon\lambda} = L + d - r\cdot\varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}$$

Ενώ η αντίστοιχη τεταγμένη είναι:

$$y_{\tau\varepsilon\lambda} = r$$

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση της τροχιάς έχουμε:

$$r = H + r - \frac{1}{2}g\left(\frac{L+d-r\cdot\varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}}{\upsilon_o}\right)^2 \Rightarrow 0 = H - \frac{1}{2}g\left(\frac{L+d-r\cdot\varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}}{\upsilon_o}\right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\frac{L+d-r\cdot\varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}}{\upsilon_o}\right)^2 = \frac{2H}{g} \Rightarrow \frac{L+d-r\cdot\varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}}{\upsilon_o} = \sqrt{\frac{2H}{g}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\upsilon_o}{L+d-r\cdot \varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}}=\sqrt{\frac{g}{2H}} \Rightarrow \upsilon_o=\left(L+d-r\cdot \varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}\right)\sqrt{\frac{g}{2H}}$$

Όταν $x < x_{\tau\varepsilon\lambda}$ θα είναι $\upsilon_o < \left(L+d-r\cdot \varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}\right)\sqrt{\frac{g}{2H}} \equiv \upsilon_{max}$.

Δε μένει λοιπόν παρά να προσδιορίσουμε την τιμή της $\varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}$.

Η $\hat{\varphi}$ είναι η κλίση της ευθείας ΒΓ. Έστω $y=ax+\beta$. Μπορούμε να προσδιορίσουμε τις τιμές των συντελεστών a και β λύνοντας το σύστημα εξισώσεων που προκύπτει αν αντικαταστήσουμε τις συντεταγμένες των σημείων Β και Γ στην εξίσωση της ευθείας:

$$\left.\begin{matrix} y_B=ax_B+\beta \\ y_\Gamma=ax_\Gamma+\beta \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left.\begin{matrix} h=a\left(L+\dfrac{s+d}{2}\right)+\beta \\ 0=a(L+d)+\beta \end{matrix}\right\}$$

Αφαιρώντας κατά μέλη έχουμε:

$$h=a\frac{s-d}{2} \Rightarrow a=\frac{2h}{s-d} \Rightarrow \varepsilon\varphi\hat{\varphi}=\frac{2\cdot 0{,}4}{0{,}3-0{,}2} \Rightarrow \varepsilon\varphi\hat{\varphi}=\frac{0{,}8}{0{,}1} \Rightarrow \varepsilon\varphi\hat{\varphi}=8$$

Εφαρμόζοντας την τριγωνομετρική ταυτότητα της εκφώνησης βρίσκουμε:

$$\varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}=\frac{\sqrt{1+8^2}-1}{8} \Rightarrow \varepsilon\varphi\frac{\hat{\varphi}}{2}=\frac{\sqrt{65}-1}{8}$$

Συνεπώς η ζητούμενη οριακή τιμή είναι:

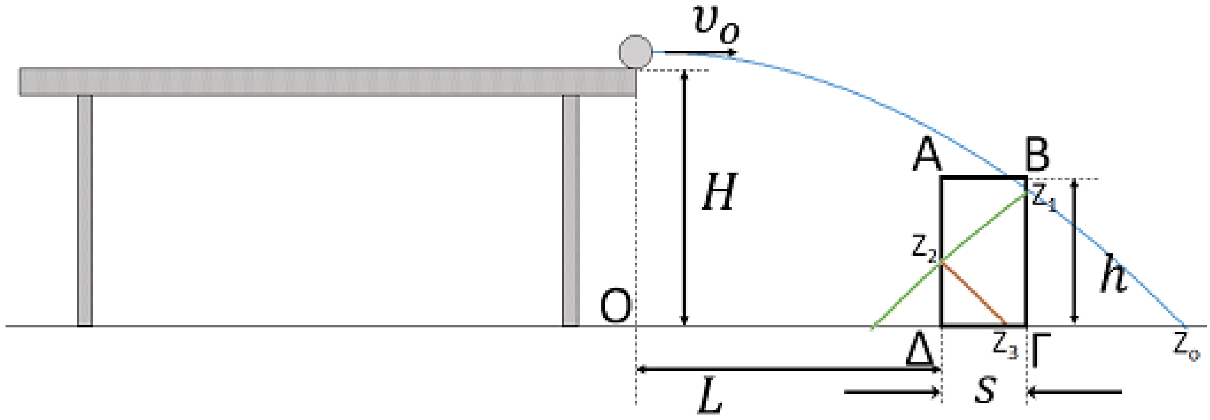
$$\upsilon_{max}=\left(0{,}8+0{,}2-0{,}08\cdot\frac{\sqrt{65}-1}{8}\right)\sqrt{\frac{10}{2\cdot 1{,}2}}\, m/s \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \upsilon_{max}=\left(1-\frac{8}{100}\cdot\frac{\sqrt{65}-1}{8}\right)\sqrt{\frac{10}{2{,}4}}\, m/s \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \upsilon_{max}=\left(1-\frac{\sqrt{65}-1}{100}\right)\sqrt{\frac{100}{24}}\, m/s \Rightarrow \upsilon_{max}=\left(1-\frac{\sqrt{65}-1}{100}\right)\frac{10}{\sqrt{24}}\, m/s \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \upsilon_{max}=\left(\frac{10}{\sqrt{24}}-\frac{\sqrt{65}-1}{10\sqrt{24}}\right) m/s \Rightarrow \upsilon_{max} \cong 1{,}9\, m/s$$

Γ.2. Αφού μετά από κάθε κρούση της με τα τοιχώματα του καλαθιού η σφαίρα δε χάνει κινητική ενέργεια, συμπεραίνουμε ότι συνεχίζει την κίνησή της με την οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητάς να αλλάζει κατεύθυνση. Δηλαδή, σε κάθε χτύπημα, το αντίστοιχο τοίχωμα αποτελεί άξονα συμμετρίας ως προς τον οποίο η τροχιά συνεχίζεται κατοπτρικά. Έτσι η σφαίρα καλύπτει το βεληνεκές της εντός του καλαθιού, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχ. 4

Δηλαδή η σφαίρα αλλάζει αναστρέφει οριζόντια κατεύθυνση στο σημείο Z_1, ακολούθως στο σημείο Z_2 κ.ο.κ. Στο παράδειγμα του σχήματος ολοκληρώνει την παραβολική τροχιά του στο σημείο Z_3 αντί του αρχικού Z_o, όπου θα έφτανε αν δεν υπήρχε το καλάθι.

Μεταξύ δύο διαδοχικών ανακλάσεων η σφαίρα διανύει οριζόντια απόσταση $s-2r$. Αν συμβολίσουμε με l την οριζόντια απόσταση των σημείων Z_1 και Z_o, μπορούμε να προσδιορίσουμε το πλήθος των ανακλάσεων από το ακέραιο μέρος του λόγου $l/(s-2r)$.

Για την τετμημένη του Z_o έχουμε από την εξίσωση της τροχιάς:

$$r = H + r - \frac{1}{2}g\left(\frac{x_{Z_o}}{\upsilon_o}\right)^2 \Rightarrow 0 = H - \frac{1}{2}g\left(\frac{x_{Z_o}}{\upsilon_o}\right)^2 \Rightarrow x_{Z_o} = \upsilon_o\sqrt{\frac{2H}{g}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_{Z_o} = \frac{10}{\sqrt{6}}\sqrt{\frac{2\cdot 1{,}2}{10}}m \Rightarrow x_{Z_o} = \frac{10}{\sqrt{6}}\sqrt{\frac{24}{100}}m \Rightarrow x_{Z_o} = \sqrt{\frac{24}{6}}m \Rightarrow$$

$$x_{Z_o} = 2m$$

Εξ άλλου είναι:

$$x_{Z_1} = L + s - r \Rightarrow x_{Z_1} = (1{,}2 + 0{,}3 - 0{,}08)m \Rightarrow x_{Z_1} = 1{,}42\,m$$

Άρα:

$$\Delta x_{Z_oZ_1} = 0{,}58m$$

Καταλήγουμε ότι:

$$N = \left[\frac{0{,}58}{0{,}3 - 2 * 0{,}08}\right] \Rightarrow N = [4{,}142] \Rightarrow N = 4$$

Άρα η σφαίρα εκτελεί 4 ανακλάσεις στο εσωτερικό του καλαθιού πριν πέσει στον πυθμένα.

Γ.3. Αφού η σφαίρα ανακλάται 4 φορές στα τοιχώματα του καλαθιού, η τελική φορά κίνησής της είναι προς τα δεξιά, ίδια δηλαδή με εκείνη που είχε όταν ξεκίνησε τη διαδρομή της. Συνεπώς στον οριζόντιο άξονα δεν παρατηρείται μεταβολή ορμής.
Το μέτρο της μεταβολή της ορμής στον κατακόρυφο άξονα είναι:

$$\Delta P_y = P_{y,\tau\varepsilon\lambda} - P_{y,\alpha\rho\chi} = m \cdot \upsilon_{y,\tau\varepsilon\lambda} - 0 = m \cdot g \cdot t_{\kappa\alpha\theta}$$

όπου $t_{\kappa\alpha\theta}$ ο χρόνος καθόδου της σφαίρας, που αντιστοιχεί σε κατακόρυφη διαδρομή μήκους H. Δηλ.

$$t_{\kappa\alpha\theta} = \sqrt{\frac{2H}{g}} \Rightarrow t_{\kappa\alpha\theta} = \sqrt{\frac{2\cdot 1{,}2}{10}}s \Rightarrow t_{\kappa\alpha\theta} = \sqrt{\frac{24}{100}}s \Rightarrow t_{\kappa\alpha\theta} = \frac{2}{10}\sqrt{6}s$$

Άρα

$$\Delta P = \Delta P_y = \frac{40\cdot 10^{-3}}{\sqrt{6}} \cdot 10 \cdot \frac{2}{10}\sqrt{6}\, kg \cdot m/s \Rightarrow \Delta P = \ 8 \cdot 10^{-2} kg \cdot m/s$$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δ.1. Η ισχύς υπολογίζεται από το γινόμενο των ενδείξεων των δύο ψηφιακών οργάνων, $P = V \cdot I$ ενώ η αντίσταση του νήματος από το πηλίκο των ενδείξεων, $R = \frac{V}{I}$. Για την τελευταία στήλη γίνεται χρήση του διαγράμματος αντίστασης –θερμοκρασίας.

I(A)	V(V)	P(W)	R(Ω)	θ
0,9	0,56	0,50	0,62	820
1,08	0,82	0,89	0,76	1000
1,28	1,27	1,63	0,99	1250
1,48	1,7	2,52	1,15	1350
1,79	2,5	4,48	1,40	1520
2,38	4,28	10,19	1,80	1820
2,75	5,61	15,43	2,04	1930
3,27	7,75	25,34	2,37	2150
3,47	8,65	30,02	2,49	2210
3,63	9,41	34,16	2,59	2280

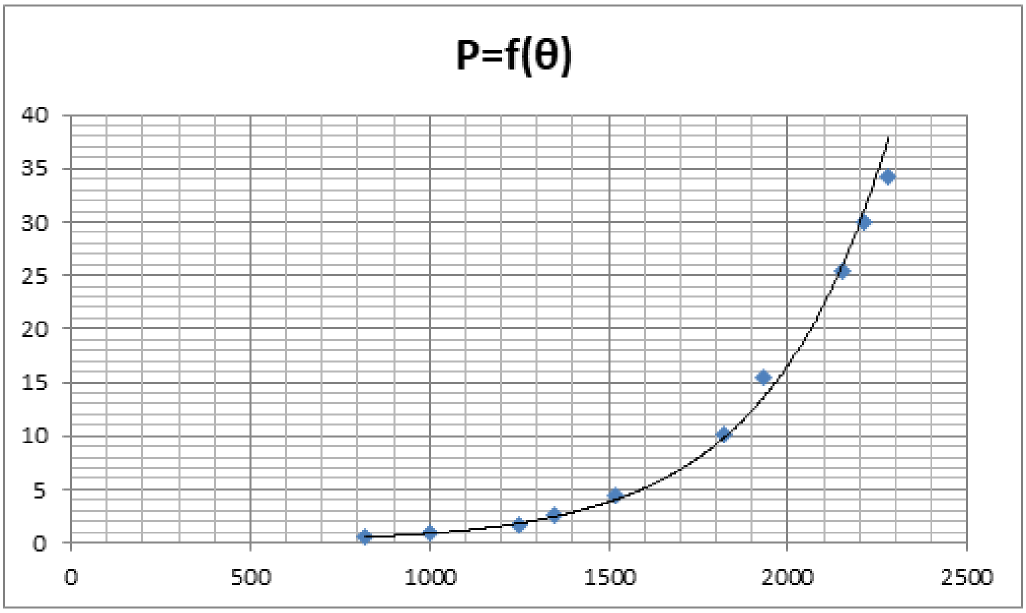
Δ.2. Από το διάγραμμα R_0 = 0,2 Ω , R_{300} = 0,3 Ω και R_{2200} = 2,45 Ω, Με τη βοήθεια της σχέσης (1) υπολογίζουμε :

R_{300}=*0,2*·(1+*α*·*300*), 0,3 = 0,2·(1+α·300), $\alpha_{300} = \frac{1}{600}\ ^{\circ}\mathrm{C}^{-1}$ και

R_{2200}=*0,2*·(1+*α*·*2200*), 2,45 = 0,2·(1+α·2200), $\alpha_{2200} = \frac{1}{195{,}5}\,^{\circ}\mathrm{C}^{-1}$

Σχολιασμός: Ο θερμικός συντελεστής *α* δεν είναι σταθερός για το ίδιο μέταλλο σε διαφορετικές περιοχές θερμοκρασιών.

Δ.3.



Δ.4. Προσεγγιστικά για θ = 1100 ^oC , P=1,2W

θ = 1650 ^oC , P=7,0 W και θ = 2200 ^oC , P=30,0 W

Η σχέση της ισχύος και της θερμοκρασίας δεν είναι γραμμική.

Δ.5. Εφαρμόζοντας τον τύπο της ισχύος που δίδεται υπολογίζουμε *δP = 0,1 W*