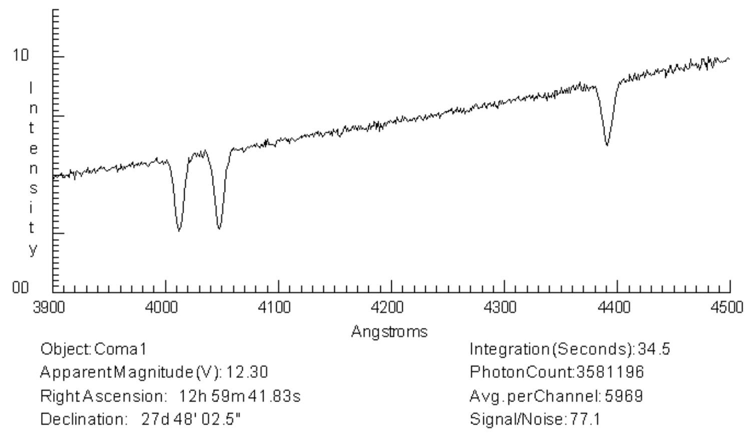
Γ΄ Λυκείου

25 Απριλίου 2009

Θεωρητικό μέρος

Θέμα 1ο

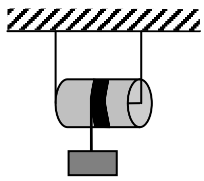
A. Στο διπλανό γράφημα φαίνεται η σχετική ένταση του φωτός που προέρχεται από ένα Γαλαξία σε σχέση με το μήκος κύματος. Τα δεδομένα του γραφήματος προέκυψαν από ένα μεγάλο οπτικό τηλεσκόπιο με TV κάμερα και ηλεκτρονικό φασματόμετρο. Στα αριστερά φαίνονται οι δύο γραμμές K και H του Ασβεστίου. Τα μήκη κύματος για τις γραμμές αυτές, όπως μετρώνται στο εργαστήριο από μη κινούμενη πηγή, είναι 3933,7 Angstroms για την K και 3968,5 Angstroms για την H γραμμή.



1. Ο γαλαξίας αυτός πλησιάζει ή απομακρύνεται από το δικό μας; Εξηγείστε την απάντησή σας.

2. Χρησιμοποιώντας τη σχέση $v = c\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ που συνδέει την ταχύτητα v κινούμενης πηγής φωτός με τη μετατόπιση Doppler $\Delta\lambda$, υπολογίστε την ταχύτητα με την οποία πλησιάζει ή απομακρύνεται ο Γαλαξίας αυτός σε σχέση με την ταχύτητα του φωτός *c*, βρίσκοντας τη μέση τιμή δύο ταχυτήτων όπως αυτές καθορίζονται από τις μετατοπίσεις των γραμμών K και H του Ασβεστίου.

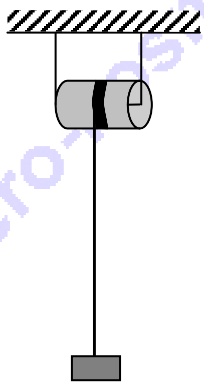
B. Θεωρείστε ένα οριζόντιο κυλινδρικό κέλυφος (κούφιος κύλινδρος), μήκους *d* και ακτίνας *R* το οποίο μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα γύρω από τον άξονά του ως προς τον οποίο έχει ροπή αδράνειας *I*.


Σχήμα 1

Το υλικό του κυλίνδρου είναι μη μαγνητικό και ηλεκτρικός μονωτής.

Ένα αβαρές σχοινί είναι τυλιγμένο γύρω από τον κύλινδρο και ένα μικρό τμήμα του είναι κατακόρυφο έχοντας κρεμασμένο στο άκρο του ένα σώμα μάζας *m* (σχήμα 1).

Τη χρονική στιγμή *t*=0 το σώμα αφήνεται ελεύθερο (σχήμα 2).


Σχήμα 2

1. Καθορίστε την κινητική ενέργεια $K_{ολ1}$ του συστήματος τη στιγμή που το σώμα έχει διανύσει κατακόρυφα απόσταση *h*. Η επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας είναι *g*.

2. Εάν πριν αφήσουμε το σώμα ελεύθερο φορτίζαμε ομοιόμορφα με θετικό ηλεκτρικό φορτίο q την εξωτερική πλευρά του κυλίνδρου (σχήμα 3), η κινητική ενέργεια του συστήματος τη στιγμή που το σώμα έχει διανύσει κατακόρυφα απόσταση h είναι $K_{ολ2}$.

Η αύξηση της μάζας του κυλίνδρου με τη φόρτιση θεωρείται αμελητέα.

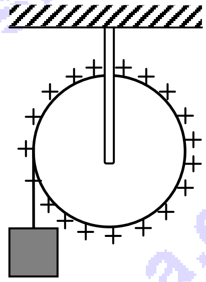
Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;

α. $K_{ολ1} = K_{ολ2}$

β. $K_{ολ1} > K_{ολ2}$

γ. $K_{ολ1} < K_{ολ2}$

Εξηγείστε πλήρως την απάντησή σας.



Σχήμα 3

Θέμα 2ο

Α. Ένα αρμονικό κύμα με συχνότητα 10 Hz και πλάτος 5 cm διαδίδεται κατά μήκος μιας χορδής με ταχύτητα 30 m/s. Η γραμμική πυκνότητα μάζας της χορδής είναι 0,02 Kg/m. Υπολογίστε το ρυθμό της μεταφερόμενης ενέργειας.

Β. Σε αντίθεση με το κύμα που διαδίδεται σε μια χορδή, το οποίο μεταφέρει ενέργεια κατά μήκος μιας γραμμής, σε ένα ηχητικό κύμα που διαδίδεται στον αέρα η ενέργεια απλώνεται στο χώρο. Ορίζουμε ως ένταση I του κύματος, το ρυθμό της μεταφερόμενης ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος στο σημείο αυτό. Δηλαδή $I = \frac{P}{S}$ όπου P η ισχύς (Ρυθμός μεταφερόμενης ενέργειας) και S το εμβαδόν της επιφάνειας. Να βρείτε να εκφράσετε την ένταση του κύματος σε ένα σημείο σε σχέση με την πυκνότητα του αέρα (ρ), την ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα (v), τη συχνότητα (f) και το πλάτους του κύματος (A).

Γ. Το πιο ευαίσθητο ανθρώπινο αυτί μπορεί να ακούσει ήχους με ένταση περίπου $I_0=10^{-12}$ W/m^2 (ελάχιστη ένταση ακουστού ήχου) με συχνότητα περίπου 4000Hz. Το επίπεδο της έντασης αποτελεί ένα μέτρο της σχετικής έντασης του ήχου ως προς την ένταση αναφοράς I_0, συμβολίζεται με β και ορίζεται από τη σχέση: $\beta=10\log(\frac{I}{I_0})$. Ο αριθμός β εκφράζεται σε decibels τα οποία συμβολίζονται με dB. Πόσα dB είναι το επίπεδο της έντασης του ακουστού ήχου με την ελάχιστη ένταση;

Δ. Ένας άνθρωπος σε απόσταση 2 m από εσάς σας μιλάει με κανονική φωνή και ο ήχος που φτάνει στο αυτί σας έχει β=60 dB. Θεωρείστε ότι ο ήχος διαδίδεται σε όλες τις κατευθύνσεις με τον ίδιο τρόπο. Ποιος είναι ο ρυθμός της ενέργειας που μεταφέρεται από το άτομο που μιλάει;

Ε. Ποιο είναι το επίπεδο της έντασης του ήχου σε απόσταση 6 m από τον άνθρωπο του προηγούμενου ερωτήματος;

ΣΤ. Η διάδοση ηχητικών κυμάτων στον αέρα είναι αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων των διατομικών κυρίως μορίων που τον απαρτίζουν, κατά τη διάρκεια των συγκρούσεων τους. Ο μέσος χρόνος μεταξύ δύο συγκρούσεων εξαρτάται από την ενεργό ταχύτητα των μορίων. Είναι λογικό λοιπόν και έχει αποδειχθεί με τη βοήθεια των νόμων της μηχανικής, ότι η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων σε ένα ιδανικό αέριο είναι ανάλογη της ενεργού ταχύτητας v_{rms} των μορίων του. Για την ακρίβεια καταλήγουμε στην παρακάτω σχέση που δίνει την ταχύτητα διάδοσης:

$v=\sqrt{\frac{\gamma}{3}}\, v_{rms.}$ Όπου το γ είναι η σταθερά Poisson (λόγος των ειδικών θερμοτήτων του αερίου). Στην περίπτωση διατομικών αερίων η τιμή της είναι γ=1.40.

Ποια ή ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

ι) Η ταχύτητα διάδοσης ήχου με συχνότητα f στον αέρα όταν η θερμοκρασία του είναι 20^0C είναι διπλάσια από την ταχύτητα διάδοσής του όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι 10^0C

ιι) Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα δεν εξαρτάται από τη θερμοκρασία.

ιιι) Το μήκος κύματος ήχου δεδομένης συχνότητας στον αέρα είναι μεγαλύτερο όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη.

Να εξηγήσετε πλήρως την απάντησή σας.

Ζ. Θεωρώντας ότι ο αέρας αποτελείται από 20% Οξυγόνο και 80% Άζωτο να βρείτε την ταχύτητα διάδοσης στον αέρα ενός ήχου που εκπέμπεται από διαπασών και έχει συχνότητα 512 Hz αν η θερμοκρασία του αέρα είναι 0 ^oC. Δίνεται ότι: η μοριακή μάζα του Οξυγόνου είναι 32u, η μοριακή μάζα του Αζώτου είναι 28u, μία ατομική μονάδα μάζας είναι 1u=1,66 10^{-27}kg, και η σταθερά Boltzmann είναι k=1,38 10^{-23} J/K.

Θέμα 3^o

Όλα τα σώματα με θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν ακτινοβολία. Στην επιφάνεια τους, η ένταση (ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας) αυτής της ακτινοβολίας δίνεται από το νόμο των Stefan-Boltzmann: $I=\varepsilon\sigma T^4$, όπου:

ε είναι ο συντελεστής απορρόφησης ακτινοβολίας από το σώμα ($0\leq\varepsilon\leq 1$) και ισούται με το κλάσμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας η οποία απορροφάται από το σώμα, σ είναι η σταθερά Stefan-Boltzmann και T η θερμοκρασία σε Kelvin.

Υποθέστε ότι ο Ήλιος είναι ένας ιδανικός σφαιρικός εκπομπός (ε=1) με θερμοκρασία T_H και ακτίνα R_H.

Α. Εκφράστε την ισχύ που ακτινοβολείται από την επιφάνεια του Ήλιου σε σχέση με την ακτίνα του ήλιου R_H , τη σταθερά Stefan-Boltzmann σ, και τη θερμοκρασία του Ήλιου T_H.

Β. Πόση ισχύς διέρχεται από μια σφαίρα ακτίνας r, όπου $r>R_H$, ομόκεντρη με τον Ήλιο; Εξηγήστε την απάντησή σας.

Γ. Μια μπάλα της καλαθοσφαίρισης (μπάσκετ) με ακτίνα R_M και συντελεστή απορρόφησης ε, βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο και έχει την ίδια μέση τροχιακή ακτίνα με τη Γη $r_{HΓ}$, αλλά βρίσκεται μακριά από τη Γη. Εκφράστε τη θερμοκρασία ισορροπίας της μπάλας T_M σε σχέση με τη θερμοκρασία του Ήλιου T_H, την ακτίνα του Ήλιου R_H και την τροχιακή ακτίνα της Γης $r_{HΓ}$.

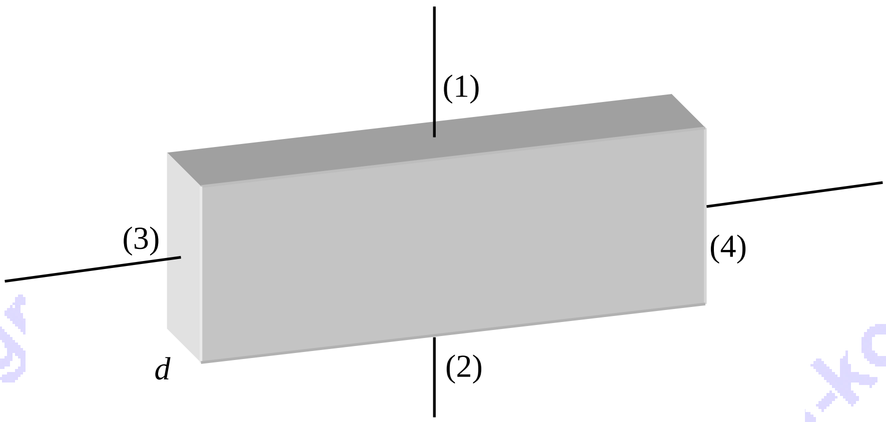
Δ. Εάν T_H=6000K, R_H=6,96 10^8m, R_M=24cm, ο συντελεστής απορρόφησης της μπάλας είναι ε=0,85 και η μέση τροχιακή ακτίνα $r_{HΓ}$ της Γης είναι 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα εκτιμήστε τη θερμοκρασία της μπάλας T_M.

Ε. Καθώς η θερμοκρασία ενός αντικειμένου μεταβάλλεται, μεταβάλλονται και οι φυσικές του διαστάσεις. Για παράδειγμα $L=L_0(1+\alpha\Delta T)$, όπου α ο συντελεστής γραμμικής διαστολής, ΔT η μεταβολή της θερμοκρασίας, L_0 το μήκος σε θερμοκρασία T_0 και L το μήκος σε θερμοκρασία $T_0+\Delta T$. Υποθέτοντας ότι το αέριο στο εσωτερικό της μπάλας είναι ιδανικό, βρείτε μια έκφραση για την τελική πίεση που επικρατεί στο εσωτερικό της μπάλας σε συνάρτηση με την αρχική πίεση P_0, τον συντελεστή γραμμικής διαστολής *α*, την αρχική θερμοκρασία T_0 και την τελική θερμοκρασία T_M που βρέθηκε στο ερώτημα Δ.

Πειραματικό μέρος

Α. Να βρείτε τη μέση ταχύτητα (ταχύτητα διολίσθησης) με την οποία κινούνται τα ελεύθερα ηλεκτρόνια μέσα σ' ένα μεταλλικό αγωγό σε συνάρτηση με: το ηλεκτρικό ρεύμα *I* στον αγωγό, τον αριθμό *n* των ελευθέρων ηλεκτρονίων σε κάθε μονάδα όγκου του αγωγού, το εμβαδό *S* της διατομής του αγωγού και του φορτίου *e* του ηλεκτρονίου.

Β. Το μαγνητόμετρο είναι ένα όργανο με το οποίο μετράμε την ένταση μαγνητικών πεδίων. Η λειτουργία του στηρίζεται στην εμφάνιση της τάσης Hall V_H σε ένα αισθητήρα Hall. Θεωρείστε ότι ο αισθητήρας αυτός είναι ένα ασημένιο ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο πλακίδιο πάχους *d* στον οποίο κυκλοφορεί ρεύμα *I* με φορά από την επαφή (3) προς την επαφή (4) όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Αν ο αισθητήρας βρεθεί σε ομογενές μαγνητικό πεδίο κάθετο στις μεγάλες έδρες του, συνεπώς και στην κατεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος, τότε με ένα βολτόμετρο μετράμε μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις επαφές (1) και (2). Η εμφάνιση αυτής της τάσης συνιστά το φαινόμενο Hall και η τάση αυτή λέγεται τάση Hall προς τιμήν του Αμερικανού Edwin Hall που την ανακάλυψε το 1879. Το μαγνητικό πεδίο ασκεί σε κάθε κινούμενο ηλεκτρόνιο δύναμη, με συνέπεια τα κινούμενα ηλεκτρόνια να αποκλίνουν από την προηγούμενη κατεύθυνσή τους. Έτσι δημιουργείται εγκάρσιο ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο πλακίδιο. Καθώς συνεχίζεται η συσσώρευση, το εγκάρσιο ηλεκτρικό πεδίο μεγαλώνει και πάρα πολύ σύντομα εξισορροπούνται οι μαγνητικές δυνάμεις από τις δυνάμεις που ασκεί το εγκάρσιο ηλεκτρικό πεδίο στα ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Σχεδιάστε το μαγνητικό πεδίο με τη διεύθυνση που αναφέραμε παραπάνω και καθορίστε την πολικότητα της τάσης Hall που αντιστοιχεί στην κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου που επιλέξατε.

Γ. Καλούμε σταθερά Hall A_H μια σταθερά που χαρακτηρίζει το υλικό και δίνεται από τη σχέση $A_H = \frac{1}{ne}$ όπου n ο αριθμός των φορέων αγωγιμότητας (στην περίπτωσή μας των ελευθέρων ηλεκτρονίων) σε κάθε μονάδα όγκου του υλικού και *e* το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο. Αν η σταθερά Hall για τον άργυρο (ασήμι) είναι A_H=8,9 10^{-11} m^3/C, το πάχος του πλακιδίου είναι *d*=12μm, το ρεύμα που κυκλοφορεί είναι *I*=10 A και η τάση Hall είναι U_H=1,7 10^{-5}V, υπολογίστε το μαγνητικό πεδίο *B*.

Δ. Στην περίπτωση πλακιδίου από Γερμάνιο (ημιαγωγός) με πάχος d=1mm πήραμε τις παρακάτω μετρήσεις στο εργαστήριο:

Για B=10mT	I (mA)	10	15	20	25
	U_H (mV)	1,4	2,1	2,9	3,7

Για B=20mT	I (mA)	10	15	20	25
	U_H (mV)	2,8	4,3	5,7	7,3

Για B=30mT	I (mA)	10	20	30	40
	U_H (mV)	4,4	8,8	13,1	17,5

Ποια συμπεράσματα προκύπτουν για την τάση Hall από τα πειραματικά δεδομένα; Εξηγείστε πλήρως κάνοντας και τα κατάλληλα γραφήματα.

Ε. Υπολογίστε τη σταθερά Hall A_H για το Γερμάνιο.

Στ. Υπολογίστε τον λόγο των πυκνοτήτων των φορέων αγωγιμότητας του Αργύρου και Γερμανίου.

Συνοπτικές απαντήσεις

Θέμα 1ο

Α. **1.** Απομακρύνεται αφού υπάρχει μετατόπιση Doppler προς μεγαλύτερα μήκη κύματος δηλαδή μικρότερες συχνότητες.

2. $v_1 = c\dfrac{4010-3933{,}7}{3933{,}7} = 0{,}0194c$ και $v_2 = c\dfrac{4050-3968{,}5}{3968{,}5} = 0{,}0205c$

Έτσι $v = \dfrac{v_1+v_2}{2} = 0{,}02c$

Β. **1.** $K_{ολ1} = mgh$

2. Σωστό είναι το β. Το αριστερόστροφα περιστρεφόμενο φορτισμένο κέλυφος δημιουργεί κυκλικά ηλεκτρικά ρεύματα που με τη σειρά τους δημιουργούν μαγνητικό πεδίο στη διεύθυνση του άξονα του κυλίνδρου με φορά προς τον αναγνώστη (έξω). Επειδή το κέλυφος επιταχύνεται θα αυξάνει το ρεύμα συνεπώς και το μέτρο του μαγνητικού πεδίου δηλαδή θα αυξάνει και η μαγνητική ροή που διέρχεται από τον κύλινδρο. Σύμφωνα με τον νόμο του Faraday από το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο θα δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο Ε εφαπτόμενο στον κύλινδρο. Αυτό το πεδίο μειώνει την επιτάχυνση του σώματος αφού σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz αντιτίθεται στην αύξηση της ροής που το δημιούργησε. Έτσι $K_{ολ1} > K_{ολ2}$

Θέμα 2

Α. Ο ρυθμός της μεταφερόμενης ενέργειας είναι η μεταφερόμενη ισχύς P.

Η ισχύς $P = \dfrac{E}{T}$ (1)

όπου E η ενέργεια που περιέχεται σε ένα μήκος κύματος και T η περίοδος. Η ενέργεια E μπορεί να υπολογιστεί από το γεγονός ότι η κίνηση κάθε σωματιδίου της χορδής είναι απλή αρμονική ταλάντωση όπως η κίνηση μάζας m σε ελατήριο σταθεράς k. Έτσι $E = \dfrac{1}{2}kA^2$ (2)

όπου $k = \dfrac{4\pi^2 m}{T^2}$ (3) και m η μάζα του ενός μήκους κύματος της χορδής.

Επίσης για τη γραμμική πυκνότητα μάζας μ ισχύουν οι σχέσεις:

$$\mu = \frac{m_{χορδής}}{L} = \frac{m}{\lambda} \quad \text{από την οποία} \quad m = \mu \cdot \lambda \quad (4)$$

Η (2) με τη βοήθεια της (3) δίνει: $E = \dfrac{1}{2}\cdot\dfrac{4\pi^2 m}{T^2}A^2$ και με τη βοήθεια της (4) γίνεται:

$$E = \frac{2\pi^2\mu\lambda A^2}{T^2} \quad (5)$$

Έτσι από την (1) η ισχύς θα είναι: $P = \dfrac{2\pi^2\mu\lambda A^2}{T^3}$ (6)

Όμως $T=\frac{1}{f}$ και $\lambda=\frac{v}{f}$ οπότε η (6) γίνεται:

$$P=2\pi^2\mu v f^2 A^2 \quad (7)$$

Αντικαθιστούμε και έχουμε: P=2π^2(0,020 kg/m) (30 m/s) (10 Hz)^2(0,050 m)^2=3 W

Β. Η γραμμική πυκνότητα μ για το μέσο γράφεται: $\mu=\rho S$ (8)

όπου ρ η πυκνότητα του μέσου και S το εμβαδόν της διατομής που είναι κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.

Έτσι η (7) με τη βοήθεια της (8) δίνει: $P=2\pi^2\rho S v f^2 A^2$ (9)

Η ένταση του κύματος είναι $I=\frac{P}{S}$ (10) οπότε από την (9) προκύπτει ότι:

$$I=2\pi^2\rho v f^2 A^2 \quad (10)$$

Γ. β=10log($\frac{I_0}{I_0}$)=10log1=0 dB

Δ. Λύνοντας την β=10log($\frac{I}{I_0}$) ως προς I βρίσκουμε για την ένταση του ήχου στο αυτί μας:

$$I=I_0 10^{\beta/10}=(10^{-12}\ W/m^2)(10^{60/10})=10^{-6} W/m^2$$

Αφού ο ήχος διαδίδεται με τον ίδιο τρόπο προς όλες τις κατευθύνσεις ή έντασή του θα είναι η ίδια σε όλα τα σημεία μιας σφαιρικής επιφάνειας με ακτίνα r=2 m. Η συνολική ισχύς που διαδίδεται μέσα από την επιφάνεια αυτή θα είναι:

$$P=I\cdot 4\pi r^2=(10^{-6} W/m^2)(4\pi)(2m)^2=5{,}03\cdot 10^{-5} W$$

η οποία είναι ίση με το ρυθμό της ενέργειας που μεταφέρεται από το άτομο που μιλάει.

Ε. Στην τριπλάσια απόσταση των 6 m, επειδή $S\propto r^2$, το εμβαδόν της επιφάνειας θα είναι 9 φορές μεγαλύτερο. Έτσι η ένταση θα είναι μειωμένη κατά ένα παράγοντα 9 δηλαδή:

$$I'=\frac{I}{9}=\frac{10^{-6} W/m^2}{9}=1{,}11\cdot 10^{-7} W/m^2$$

Και το νέο επίπεδο έντασης θα είναι: β'=10log($\frac{I'}{I_0}$)=$10\log\left(\frac{1{,}11\cdot 10^{-7} W/m^2}{10^{-12} W/m^2}\right)$=50,5 dB

ΣΤ. Σωστή η iii) Από τη σχέση $v=\sqrt{\frac{\gamma}{3}}\,v_{rms}$ και επειδή $v_{rms}=\frac{3kT}{m}$ προκύπτει ότι:

$v=\sqrt{\frac{1{,}40kT}{m}}$ από την οποία προκύπτει ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα. Επειδή η συχνότητα δεν αλλάζει το μήκος κύματος $\lambda=v/f$ θα αυξάνεται και αυτό.

Ζ. Αφού θεωρούμε ότι ο αέρας αποτελείται από 20% Οξυγόνο και 80% από Άζωτο η μέση μοριακή μάζα m για τον αέρα θα είναι κατά προσέγγιση m=0,8(28)+0,2(32)=28,8u

$$\text{Έτσι } v=\sqrt{\frac{1{,}40\cdot 1{,}38\cdot 10^{-23}(J/K)\cdot 273(K)}{28{,}8\cdot 1{,}66\cdot 10^{-27}(kg)}}=332\ m/s$$

Θέμα 3

α) $I=\varepsilon\sigma T^4$ και $I=P/S$ οπότε επειδή $\varepsilon=1$ και $S=4\pi R_H^2$ έχουμε: $P_H=4\pi R_H^2\sigma T_H^4$

β) Η ίδια με την προηγούμενη

γ) Όταν η μπάλα είναι σε θερμική ισορροπία τότε ο ρυθμός με τον οποίο απορροφά ακτινοβολία είναι ίσος με το ρυθμό με τον οποίο εκπέμπει ακτινοβολία. Η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον Ήλιο στην τροχιά της Γης είναι:

$$I_{H r(H\Gamma)}=\frac{P_{H(rH\Gamma)}}{4\pi\cdot r_{H\Gamma}^2}=\frac{R_H^2}{r_{H\Gamma}^2}\sigma T_H^4$$

Η μπάλα απορροφά μόνο ε από την ακτινοβολία που δέχεται. Έτσι η ισχύς που απορροφάται από τη μπάλα είναι:

$$P_{\alpha\pi o\rho(rH\Gamma)}=\varepsilon I_{H(rH\Gamma)}\pi R_M^2=\varepsilon\pi\frac{R_H^2 R_M^2}{r_{H\Gamma}^2}\sigma T_H^4$$

Η μπάλα εκπέμπει με ισχύ $P_{\varepsilon\kappa\pi}=4\pi R_B^2\varepsilon\sigma T_M^4$ και έρχεται σε θερμική ισορροπία όταν

$$P_{\alpha\pi o\rho}=P_{\varepsilon\kappa\pi} \text{ δηλαδή: } \varepsilon\pi\frac{R_H^2 R_M^2}{r_{H\Gamma}^2}\sigma T_H^4=4\pi R_B^2\sigma T_M^4$$

οπότε $\dfrac{R_H^2}{r_{H\Gamma}^2}T_H^4=4T_M^4$ και $T_M=T_H\sqrt{\dfrac{R_H}{2r_{H\Gamma}}}$

δ) T_M=289K$\cong$20 °C. Το ίδιο ισχύει και για την ίδια τη Γη.

ε) $L=L_0(1+\alpha\Delta T)$ άρα $V=V_0(1+\alpha\Delta T)^3$ και αφού το αέριο είναι ιδανικό θα ισχύει:

$\dfrac{PV}{T_M}=\dfrac{P_0V_0}{T_0}$ οπότε $\dfrac{PV_0(1+\alpha\Delta T)^3}{T_M}=\dfrac{P_0V_0}{T_0}$ από την οποία προκύπτει ότι η τελική πίεση στο εσωτερικό της μπάλας θα είναι:

$$P=\frac{P_0T_M}{T_0}\left(1+\alpha\left(T_M-T_0\right)\right)^{-3}$$

Πειραματικό μέρος

Α. $I=\dfrac{\Delta q}{\Delta t}=\dfrac{n|e|S\Delta x}{\Delta t}=n|e|Sv$ οπότε η μέση ταχύτητα διολίσθησης θα είναι

$$v=\frac{I}{n|e|S} \qquad (1)$$

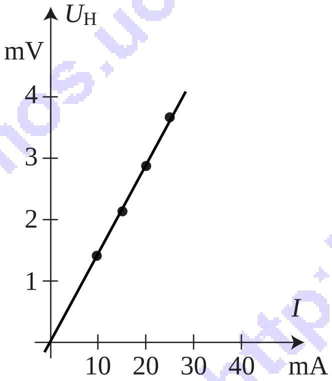
Β. Αφού το ρεύμα κυκλοφορεί από την (3) στην (4) οι φορείς που στην περίπτωση αυτή είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται από την (4) στην (3) και θα δέχονται την επίδραση δύναμης Lorentz από το μαγνητικό πεδίο που τα ωθούν προς την (1) ή την (2) ανάλογα με το αν το μαγνητικό πεδίο έχει φορά προς τα μέσα ή προς τα έξω. Στην περίπτωση που το μαγνητικό πεδίο είναι προς τα έξω η τάση hall U_H θα είναι θετική μετρούμενη μεταξύ των (2) και (1).

Γ. Μπορούμε να γράψουμε: $B|e|v=\dfrac{U_H}{L}|e|$ όπου L το ύψος από (1) σε (2)

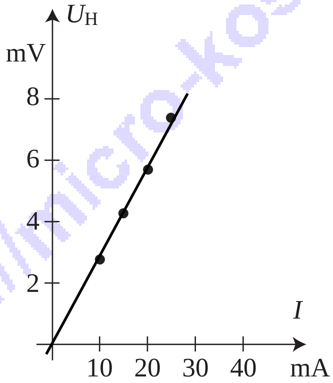
Από τη σχέση (1) και επειδή $S=Ld$ προκύπτει ότι:

$$U_H=\frac{1}{ne}\frac{IB}{d}=A_H\frac{IB}{d} \quad\Rightarrow\quad B=\frac{U_H d}{A_H I}=\frac{1{,}7\cdot10^{-5}\cdot0{,}012\cdot10^{-3}}{0{,}9\cdot10^{-10}\cdot10}\cong0{,}23\ \text{T}$$

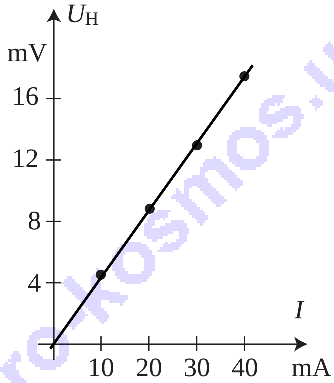
Δ. Τα τρία γραφήματα $U_H(I)$ που αντιστοιχούν στις τρεις ομάδες μετρήσεων για σταθερό *B* κάθε φορά είναι:



$B = 10$ mT



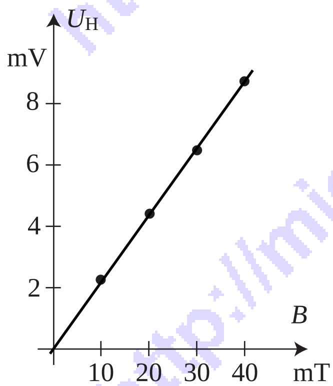
$B = 20$ mT



$B = 30$ mT

Που σημαίνει ότι η τάση Hall είναι ανάλογη του ρεύματος όταν το B είναι σταθερό

Επίσης από τα πειραματικά δεδομένα μπορούμε να κάνουμε το γράφημα $U_H(B)$ για σταθερό ρεύμα *I*=20 mA.



$I = 20$ mA = const.

Που σημαίνει ότι η τάση Hall είναι ανάλογη του μαγνητικού πεδίου *B* όταν το ρεύμα είναι σταθερό

Ε. Με τη βοήθεια της τάσης Hall προκύπτει:

$$U_H = A_H \frac{IB}{d} \quad \Rightarrow \quad A_H = \frac{U_H d}{IB} = \frac{17,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,001}{0,030 \cdot 0,040}\ \frac{\text{m}^3}{\text{As}} = 0,015\ \frac{\text{m}^3}{\text{As}}$$

ΣΤ. $$\frac{n_{Ag}}{n_{Ge}} = \frac{A_{H,Ge}e}{A_{H,Ag}e} = \frac{0,015}{0,9 \cdot 10^{-10}} = 1,6 \cdot 10^8$$