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

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Λυκείου "ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ" 2019 - Β' Τάξη

13/04/2019

ΟΔΗΓΙΕΣ:

1. Εκτός αν η εκφώνηση ορίζει διαφορετικά, οι απαντήσεις σε *όλα* τα ερωτήματα θα πρέπει να αναγραφούν στο ***Φύλλο Απαντήσεων*** που θα σας δοθεί μαζί με τις εκφωνήσεις.
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. Όπου ζητούνται γραφήματα θα σχεδιαστούν στους ειδικούς χώρους του ***Φύλλου Απαντήσεων***.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1^{Ο} ΘΕΜΑ

Α.1.1. Σε μια προσέγγιση που έχει μείνει ιστορική για την απλότητα και την ακρίβειά της, ο Ερατοσθένης ο Κυρηναίος κατάφερε, γύρω στο 240 π.Χ., να προσδιορίσει την ακτίνα της Γης R_Γ, συνδυάζοντας τη μέτρηση της απόστασης μεταξύ Αλεξάνδρειας και Ασσουάν της Αγύπτου (μέτρηση που πραγματοποιήθηκε με αξιοσημείωτη ακρίβεια από επαγγελματίες *βηματιστές*) με απλή γεωμετρία. Η τιμή στην οποία κατέληξε ήταν πολύ κοντά σε αυτή που σήμερα προσδιορίζουμε, η οποία ισούται προσεγγιστικά με $R_\Gamma = 6400\,km$. Ένας μαθητής της Β΄ Λυκείου σκέφτηκε ότι μπορεί να συνδυάσει το αποτέλεσμα αυτό με το νόμο της παγκόσμιας έλξης $F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$, που συνδέει το μέτρο της δύναμης F που ασκείται μεταξύ δύο σωμάτων με μάζες m_1 και m_2 οι οποίες απέχουν μεταξύ τους απόσταση R και με την επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g = 10\,m/s^2$, προκειμένου να προσδιορίσει και τη μάζα $M_{Γης}$ της Γης. Μπορείτε να επαναλάβετε τον υπολογισμό του; Η σταθερά της παγκόσμιας έλξης δίνεται κατά προσέγγιση ίση προς $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$.

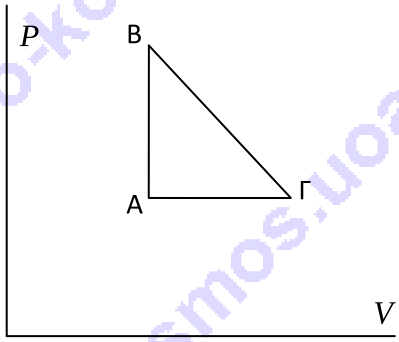
Α.1.2. Ένα σύστημα σωμάτων αποτελείται από δύο αστέρες που είναι όμοιοι με τον Ήλιο και απέχουν μεταξύ τους όσο η Γη από τον Ήλιο. Να προσδιορίσετε την περίοδο περιφοράς $T_{αστ}$ των αστέρων γύρω από το κέντρο μάζας του συστήματος με ακρίβεια ημέρας.

Α.2. Το αδιαφανές κουτί του σχήματος μπορεί να περιέχει ωμικές αντιστάσεις συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα. Αν συνδέσουμε μια πηγή τάσης V στους αριστερούς ακροδέκτες και ένα βολτόμετρο στους δεξιούς, η ένδειξη του οργάνου είναι $V/2$, ενώ αν αντιμεταθέσουμε την πηγή και το βολτόμετρο, η νέα ένδειξη είναι V. Στο φύλλο απαντήσεων να σχεδιάσετε την απλούστερη διάταξη που μπορεί να περιέχει το κουτί, από την οποία προκύπτουν τα παραπάνω πειραματικά αποτελέσματα.

Α.3. Στο σχολικό εργαστήριο φυσικής υπάρχουν 9 όμοιες ωμικές αντιστάσεις. Ο Πέτρος συνδέει μία από αυτές με πηγή και αμπερόμετρο και μετράει ένταση ρεύματος I. Η Γεωργία υποστηρίζει ότι μπορεί να χρησιμοποιήσει και τις 9 αντιστάσεις, για να κατασκευάσει κύκλωμα τροφοδοτούμενο από την πηγή του Πέτρου, ώστε το ρεύμα που εξέρχεται από αυτή να είναι επίσης I. Στο φύλλο απαντήσεων να σχεδιάσετε το κύκλωμα της Γεωργίας.

2^{ο} ΘΕΜΑ

Ποσότητα $n=\frac{1}{3R}mol$ ιδανικού μονοατομικού αερίου εκτελεί την κυκλική μεταβολή ΑΒΓΑ που εικονίζεται στο διάγραμμα. Η μεταβολή ΑΒ είναι ισόχωρη, η μεταβολή ΓΑ είναι ισοβαρής και η μεταβολή ΒΓ περιγράφεται από την εξίσωση: $P=3\cdot10^{5}-10^{8}V$ (S.I.). Δίνονται: $P_A=10^{5}N/m^{2}$, $V_A=10^{-3}m^{3}$.

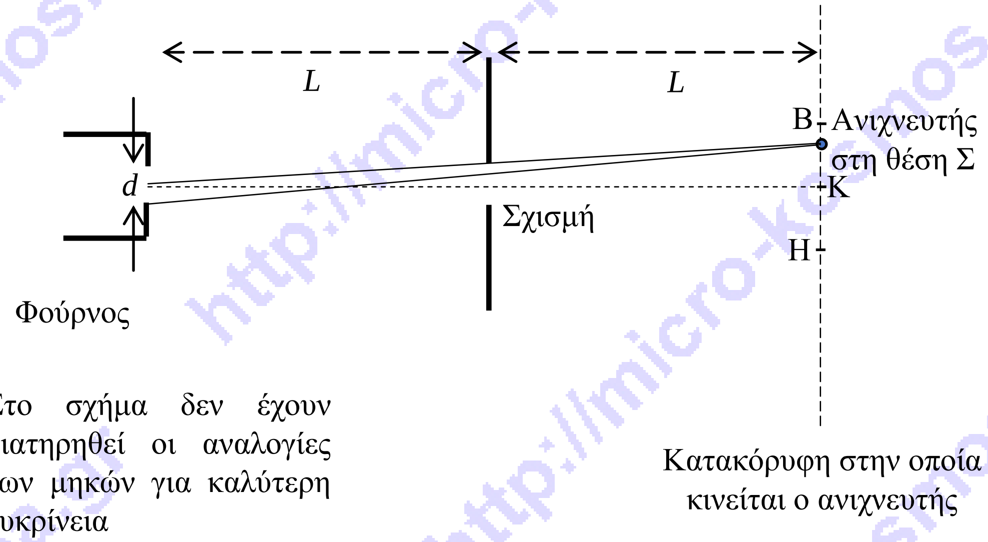


Β.1. Να βρείτε το έργο W που παράγεται σε κάθε κύκλο.
Β.2. Το 32% του παραπάνω έργου χρησιμοποιείται για τη μετακίνηση ηλεκτρονίων μεταξύ δύο περιοχών που έχουν σταθερή διαφορά δυναμικού $100V$. Αν το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι $q_e=-1{,}6\cdot10^{-19}C$, να βρείτε το πλήθος N των ηλεκτρονίων που μπορούν να μετακινηθούν;
Β.3. Ποια είναι η μέγιστη T_h και ποια η ελάχιστη T_c θερμοκρασία στον παραπάνω κύκλο;
Β.4. Εξ αιτίας της μετακίνησης των ηλεκτρονίων, τελικά καταλήγουμε να έχουμε δύο φορτισμένες μεταλλικές σφαίρες με φορτία αντίθετου προσήμου. Αν φέρουμε αυτές τις δύο σφαίρες σε μια απόσταση συγκρίσιμη με την ακτίνα των δύο σφαιρών (π.χ. τριπλάσια της ακτίνας της μεγαλύτερης σφαίρας), ο τύπος που δίνει τη δυναμική ενέργεια δύο σημειακών φορτίων, αν εφαρμοστεί για την περίπτωση των σφαιρών, θα δίνει σωστά αποτελέσματα; Η πραγματική τιμή της δυναμικής ενέργειας των σφαιρών θα είναι μικρότερη, μεγαλύτερη ή ίση με την τιμή που δίνει ο γνωστός τύπος αν ως απόσταση θέσουμε τη διάκεντρο των δύο σφαιρών;

3^{ο} ΘΕΜΑ

Γ.1. Τα άτομα και τα μόρια που εκπέμπονται από διάφορες πηγές έχουν συνήθως εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες. Αυτό κάνει εξαιρετικά δύσκολη την ανίχνευση της πτώσης τους σε μικρές αποστάσεις. Εκτιμήστε την κατακόρυφη μετατόπιση y μιας δέσμης ατόμων ή μορίων, τα σωματίδια της οποίας εκπέμπονται με οριζόντια ταχύτητα της τάξης των $500\,m/s$, όταν η δέσμη διανύσει οριζόντια απόσταση ίση με $1\,m$ σε χώρο που επικρατεί κενό και η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει τιμή $9{,}81\,m/s^2$.

Γ.2. Παρ' ότι οι αποκλίσεις αυτές είναι εξαιρετικά μικρές έγινε κατορθωτή η μέτρησή τους με μια σειρά πειραμάτων, ένα εκ των οποίων δημοσιεύθηκε το 1947. Στο πείραμα αυτό οι Estermann, Simpson και Stern χρησιμοποίησαν τη διάταξη (σε απλοποιημένη μορφή φαίνεται στο Σχήμα 1), που αποτελείται από μια συσκευή (φούρνο), στην οποία το δείγμα θερμαίνεται με αποτέλεσμα την εκπομπή ατόμων με διάφορες ταχύτητες και προς διάφορες κατευθύνσεις, η οποία έχει άνοιγμα πλάτους d, μια σχισμή πλάτους επίσης d και μια συσκευή ανίχνευσης (και καταμέτρησης) των σωματιδίων που μπορεί να κινείται κατακόρυφα. Ο φούρνος απέχει από τη σχισμή απόσταση L, ενώ και η σχισμή απέχει από την κατακόρυφο στην οποία κινείται ο ανιχνευτής επίσης απόσταση L. Ισχύει ότι $L \gg d$.

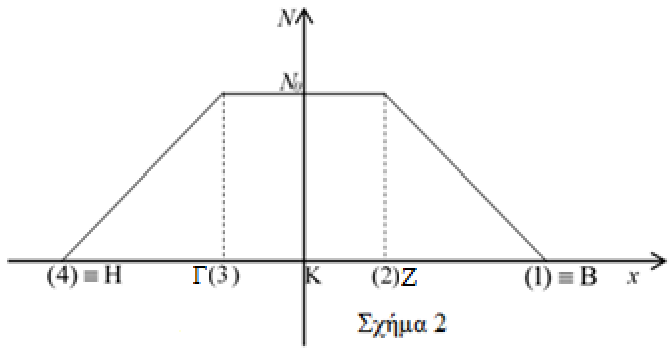


Σχήμα 1

Σε πρώτη φάση μπορούμε να υποθέσουμε ότι η διάταξη βρίσκεται εκτός βαρυτικού πεδίου, ο ανιχνευτής είναι σημειακός και ότι σωματίδια καταγράφονται μόνο στην περιοχή (ΒΗ) της κατακορύφου επί της οποίας κινείται ο ανιχνευτής.

Γ.2.1. Να αποδείξετε ότι το εύρος της περιοχής (ΒΗ) είναι $3 \cdot d$.

Γ.2.2. Έχοντας την πληροφορία ότι η κατανομή των σωματιδίων (δηλ. το πλήθος N των σωματιδίων που φθάνουν σε κάθε θέση ανά δευτερόλεπτο) είναι τραπεζοειδής (βλ. Σχήμα 2) με κέντρο το Κ που είναι το σημείο της κατακορύφου που βρίσκεται ακριβώς απέναντι από το κέντρο της πηγής προσδιορίστε τις τετμημένες των σημείων (1) (που ταυτίζεται με το σημείο Β του Σχήματος 1), (2), (3) και (4) (που ταυτίζεται με το σημείο Η του Σχήματος 1) ως συνάρτηση του *d*.



Σχήμα 2

Γ.2.3. Χρησιμοποιήστε το γεγονός ότι η κατανομή πρέπει να είναι συνεχής για να δείξετε ότι αν το πλήθος ανά μονάδα χρόνου των σωματιδίων που φθάνουν στην περιοχή απέναντι από την πηγή, δηλ. στο ευθύγραμμο τμήμα που ορίζουν τα σημεία (2) και (3) πλάτους d, είναι N_o τότε σε κάθε σημείο της περιοχής που ορίζεται από τα σημεία (1) και (2) πρέπει να φθάνουν στη μονάδα του χρόνου $N = N_o\left(\frac{3}{2} - \frac{x}{d}\right)$, όπου x η απόσταση από το σημείο Κ.

Γ.2.4. Αποδείξτε το προηγούμενο αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας την ιδέα ότι το πλήθος των σωματιδίων που φθάνουν σε τυχαία θέση (έστω Σ), που μπορεί να βρεθεί ο ανιχνευτής, είναι ανάλογο με το μήκος της πηγής που «βλέπει» ο ανιχνευτής από το συγκεκριμένο σημείο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.

Γ.2.5. Παρουσία βαρυτικού πεδίου η τραπεζοειδής κατανομή παραμορφώνεται και αποδεικνύεται ότι ένα άτομο που έχει ταχύτητα υ, πέφτει περίπου κατά $x = \frac{gL^2}{\upsilon^2}$. Υπολογίστε την κατακόρυφη μετατόπιση που μετρήθηκε στο πείραμα των Estermann, Simpson και Stern για άτομα ταχύτητας $\upsilon = 300\, m/s$, αν $L = 1m$ και $g = 9{,}81\, m/s^2$.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται με την επιλογή μιας θερμομετρικής ιδιότητας (Χ), μιας ιδιότητας δηλαδή ενός σώματος που αλλάζει με τη θερμοκρασία. Το κλασικό παράδειγμα είναι το μήκος μιας στήλης υγρού (παλιότερα υδραργύρου), ενώ άλλες τέτοιες ποσότητες είναι η αντίσταση ενός μεταλλικού αντιστάτη, η πίεση ενός αερίου σε δοχείο σταθερού όγκου κ.ο.κ. Η σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της θερμοκρασιακής ιδιότητας Χ επιλέγεται από τον πειραματιστή, ο οποίος επιλέγει επίσης δύο σημεία αναφοράς, που συνήθως είναι η θερμοκρασία που το καθαρό νερό γίνεται πάγος και η θερμοκρασία βρασμού του.

Δ.1. Δείξτε ότι για την περίπτωση που η θερμομετρική ιδιότητα είναι το μήκος της στήλης ενός υγρού (l), αν υποθέσουμε ότι το μήκος του υγρού που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία που το νερό παγώνει ($\theta_{πάγου} = 0^oC$) είναι $l_{πάγου}$ και το μήκος του υγρού που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία που το νερό βράζει ($\theta_{βρασμού} = 100^oC$) είναι $l_{βρασμού}$ τότε αν σε κάποια άλλη περίπτωση μετρήσουμε για τη στήλη του υγρού μας μήκος ίσο με l αυτό θα αντιστοιχεί σε θερμοκρασία (σε °C) που δίνεται από την εξίσωση:

$$\theta = 100\frac{l - l_{πάγου}}{l_{βρασμού} - l_{πάγου}}$$

εφόσον υποθέσουμε ότι η σχέση που συνδέει τη θερμοκρασία και το μήκος είναι γραμμική (δηλ. $\theta = \alpha \cdot l + b$).

Δ.2. Σε μια άλλη περίπτωση ο πειραματιστής επέλεξε η σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και μήκους να είναι της μορφής $\theta = \alpha \cdot ln(b \cdot l)$.

Δ.2.1. Προσδιορίσετε τις μονάδες των σταθερών α και b .

Δ.2.2. Αν στη $\theta_{πάγου} = 0^oC$ το μήκος της στήλης του υγρού είναι $l_{πάγου} = 5cm$ και στη $\theta_{βρασμού} = 100^oC$ το αντίστοιχο μήκος της στήλης του υγρού είναι $l_{βρασμού} = 25cm$, να υπολογίσετε σε τι μήκος θα χαράξουμε τις ενδείξεις $\theta_1 = 10^oC$ και $\theta_2 = 90^oC$.

Δ.2.3. Σχολιάστε το αποτέλεσμα ως προς τα προβλήματα για την ανάγνωση των ενδείξεων σε μια κλίμακα ενός τέτοιου εργαστηριακού οργάνου, που βασίζεται στη σχέση $\theta = \alpha \cdot ln(b \cdot l)$, σε σχέση με την κλίμακα ενός εργαστηριακού οργάνου που η κλίμακά του βασίζεται στην διαδικασία του (Α) ερωτήματος, δηλ. στη σχέση $\theta = \alpha \cdot l + b$.

Δ.3. Το βασικό θερμόμετρο που χρησιμοποιείται ως όργανο αναφοράς στη φυσική είναι το θερμόμετρο ιδανικού αερίου σταθερού όγκου, όπου συνήθως υποθέτουμε ότι η θερμοκρασία (T) συνδέεται με την πίεση (p) με μια σχέση αναλογίας. Τοποθετούμε ένα τέτοιο θερμόμετρο σε νερό που παγώνει και μετράμε πίεση $p_{πάγου}$, ενώ όταν το τοποθετήσουμε σε νερό που βράζει η πίεση είναι $p_{βρασμού}$.

Δ.3.1. Αν από τις πειραματικές μετρήσεις προκύπτει ότι $\frac{p_{βρασμού}}{p_{πάγου}} = 1{,}366$ και υποθέσουμε ότι $T_{βρασμού} - T_{πάγου} = 100^o K$ υπολογίστε τις τιμές των $T_{πάγου}$ και $T_{βρασμού}$ σε Kelvin.

Δ.3.2. Εξηγήστε γιατί η βελτίωση της πειραματικής διαδικασίας μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές των τιμών αυτών.

Δ.3.3. Δείξτε ότι αν ένα τέτοιο θερμόμετρό, ερχόμενο σε επαφή με ένα σύστημα, δείξει πίεση p τότε η θερμοκρασία T του θερμομετρούμενου συστήματος υπολογίζεται από τις σχέσεις:

$$T = T_{πάγου}\frac{p}{p_{πάγου}} = T_{βρασμού}\frac{p}{p_{βρασμού}}$$

Δ.4. Καθώς δεν υπάρχει ιδανικό αέριο, αναγκαζόμαστε να χρησιμοποιήσουμε στο θερμόμετρό μας κάποιο πραγματικό αέριο. Όμως τότε διαπιστώνουμε ότι οι λόγοι $\frac{p}{p_{πάγου}}$ και $\frac{p}{p_{βρασμού}}$ εξαρτώνται τόσο από το είδος του αερίου (π.χ. αν το θερμόμετρο έχει Υδρογόνο ή Ήλιο) όσο και από την ποσότητά του. Παρατηρούμε όμως ότι οι προηγούμενοι λόγοι τείνουν προς την ίδια τιμή για όλα τα αέρια καθώς μειώνουμε την χρησιμοποιούμενη ποσότητα αερίου στο θερμόμετρο. Εξηγήστε γιατί.

Δ.5. Με ένα τέτοιο θερμόμετρο σταθερού όγκου με πραγματικό αέριο μετρήθηκαν σε τέσσερα διαφορετικά πειράματα με συνεχώς μειούμενη ποσότητα αερίου οι ακόλουθες τιμές για την πίεση $p_{πάγου}$ και για την πίεση ενός συστήματος p του οποίου επιδιώκουμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία.

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΕΡΙΟΥ ΠΟΥ ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ 1 ΣΤΟ 4 →				
	ΠΕΙΡΑΜΑ 1	ΠΕΙΡΑΜΑ 2	ΠΕΙΡΑΜΑ 3	ΠΕΙΡΑΜΑ 4
$p_{πάγου}$ (kPa)	133,32	99,992	66,661	33,331
p (kPa)	204,69	153,54	102,37	51,190

Αφού παραστήσετε σε γραφική παράσταση την μεταβολή της ποσότητας $\frac{p}{p_{πάγου}}$ σε συνάρτηση με την ποσότητα p, να προσδιορίσετε προσεγγιστικά την τιμή του λόγου $\frac{p}{p_{πάγου}}$ για ποσότητα αερίου που τείνει στο μηδέν (δεχόμενοι ότι η τάση είναι γραμμική) και να υπολογίσετε τη θερμοκρασία T του συγκεκριμένου συστήματος κάνοντας χρήση της εξίσωσης που αποδείξατε στο ερώτημα Δ.3.3, που τώρα ισχύει για τιμές των μεγεθών που μετρούνται σε πείραμα με την ποσότητα του αερίου στο θερμόμετρο οριακά να τείνει στο μηδέν.

Καλή Επιτυχία

ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1^{Ο} ΘΕΜΑ

Α.1.1. $M_{Γης} \cong$…………..

Α.1.2. $T_{αστ} \cong$……………………..

Α.2. Σχεδιάστε την απάντησή σας στο διπλανό σχήμα:

Α.3. Σχεδιάστε το κύκλωμα της Γεωργίας στο χώρο που ακολουθεί:

2^{Ο} ΘΕΜΑ

Β.1. $W =$………… , **Β.2.** $N =$………… , **Β.3.** $T_c =$………… , $T_h =$…………

Β.4.…………………………………………………………………………………………….....

……………………………………………………………………………………………………....

……………………………………………………………………………………………………....

……………………………………………………………………………………………………....

……………………………………………………………………………………………………....

……………………………………………………………………………………………………....

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

3^{Ο} ΘΕΜΑ

Γ.1. $y =$………………

Γ.2.1.

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

Γ.2.2. $x_1 =$……………… $x_2 =$……………… $x_3 =$……………… $x_4 =$………………

Γ.2.3.

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………….

Γ.2.4.

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

Γ.2.5. $x =$………………

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δ.1.

…………………………………………………………………………………………………....

…………………………………………………………………………………………………....

…………………………………………………………………………………………………....

…………………………………………………………………………………………………....

…………………………………………………………………………………………………....

…………………………………………………………………………………………………....

Δ.2.1. Μονάδες συντελεστή $a =$ ……………… Μονάδες συντελεστή $b =$ ………………

Δ.2.2. Θέση ένδειξης $\theta = 10$ ………………… Θέση ένδειξης $\theta = 90$ …………………

Δ.2.3. Σχόλιο

…………………………………………………………………………………………………....

…………………………………………………………………………………………………....

…………………………………………………………………………………………………....

Δ.3.1. $T_{πάγου} =$ …………………… $T_{βρασμού} =$ ……………………

Δ.3.2. Εξήγηση

…………………………………………………………………………………………………....

…………………………………………………………………………………………………....

…………………………………………………………………………………………………....

Δ.3.3. Απόδειξη

…………………………………………………………………………………………………….

…………………………………………………………………………………………………….

…………………………………………………………………………………………………….

…………………………………………………………………………………………………….

…………………………………………………………………………………………………….

Δ.4. Εξήγηση

…………………………………………………………………………………………………….

…………………………………………………………………………………………………….

…………………………………………………………………………………………………….

Δ.5.

$\frac{p}{p_{πάγου}} =$ …………………… $T =$ ……………………