

### Θεωρητικό Ζήτημα 3

Αυτό το ζήτημα αποτελείται από πέντε ανεξάρτητα υποζήτηματα. Κάθε ένα από αυτά ζητά σαν απάντηση μια εκτίμηση της τάξεως μεγέθους μόνο και όχι ακριβή απάντηση. Εισάγετε όλες τις απαντήσεις στο **Φύλλο Απαντήσεων / Answer Script**.

**Ψηφιακή Φωτογραφική Μηχανή.** Θεωρείστε πως έχετε μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή με ένα τετράγωνο CCD chip με πλευρά μήκους  $L = 35\text{mm}$  με αριθμό  $N_p = 5$  Mpix (1 Mpix  $= 10^6$  pixels). Ο φακός αυτής της μηχανής έχει εστιακή απόσταση  $f = 38$  mm. Η γνωστή σειρά των αριθμών (2, 2,8, 4, 5,6, 8, 11, 16, 22) οι οποίοι εμφανίζονται στο φακό είναι γνωστή ως σειρά F (F-number), και συμβολίζεται με  $F\#$ , που δηλώνει το λόγο της εστιακής απόστασης προς τη διάμετρο  $D$  του διαφράγματος του φακού, δηλαδή  $F\# = f / D$ .

- 3.1 (1,0) Βρείτε την καλύτερη πιθανή τιμή χωρικής ανάλυσης  $\Delta x_{\min}$ , στο chip, της φωτογραφικής μηχανής όπως περιορίζεται από το φακό. Εκφράστε το αποτέλεσμα συναρτήσει του μήκους κύματος  $\lambda$  και της σειράς-F ( $F\#$ ) και μετά δώστε την αριθμητική τιμή (του  $\Delta x_{\min}$ ) όταν  $\lambda = 500$  nm.
- 3.2 (0,5) Βρείτε τον αναγκαίο αριθμό  $N$  των Mpix που πρέπει να έχει το CCD chip με τον οποίο επιτυγχάνεται η βέλτιστη ανάλυση.
- 3.3 (0,5) Μερικές φορές οι φωτογράφοι χρησιμοποιούν τη φωτογραφική μηχανή με το μικρότερο δυνατό διάφραγμα. Υποθέστε ότι τώρα έχουμε μια φωτογραφική μηχανή με  $N_0 = 16$  Mpix, chip και φακό με πλευρά μήκους και εστιακή απόσταση όπως δόθηκαν παραπάνω. Ποια τιμή του  $F\#$  πρέπει να επιλεγεί ώστε η ποιότητα να μην περιοριστεί από την οπτική.
- 3.4 (0,5) Γνωρίζοντας ότι το ανθρώπινο μάτι έχει μια γωνιακή ανάλυση κατά προσέγγιση  $\phi = 2$  arcsec και ένας τυπικός εκτυπωτής φωτογραφιών τυπώνει κατ'ελάχιστο 300dpi (dots per inch) σε ποια ελάχιστη απόσταση  $z$  από τα μάτια σας πρέπει να τοποθετηθεί μια τυπωμένη σελίδα ώστε να μην μπορείτε να δείτε τις κουκίδες της εκτύπωσης;

Δεδομένα 1 inch  $= 25,4$  mm  
1 arcsec  $= 2,91 \times 10^{-4}$  rad

### Σφιγχο -βρασμένο αυγό

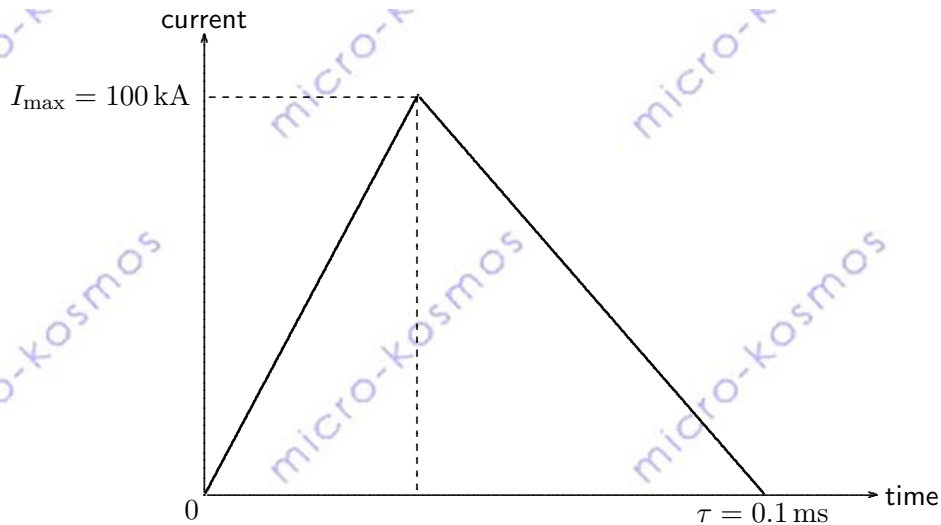
Παίρνουμε ένα αυγό κατευθείαν από το ψυγείο, όπου βρίσκεται σε θερμοκρασία  $T_0 = 4^\circ\text{C}$ , και το τοποθετούμε σε κατσαρόλα με νερό που βράζει σε θερμοκρασία  $T_1$ .

- 3.5 (0,5) Βρείτε το ποσό της ενέργειας  $U$  που απαιτείται για να αρχίσει το αυγό να πήζει.
- 3.6 (0,5) Βρείτε την ένταση της θερμικής ακτινοβολίας,  $J$  που ρέει στο εσωτερικό του αυγού.
- 3.7 (0,5) Βρείτε το ρυθμό της μεταβιβαζόμενης θερμότητας στο αυγό.
- 3.8 (0,5) Για πόσο χρόνο χρειάζεται να βράσετε το αυγό ώστε να πήξει καλά;

Υπόδειξη Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την απλοποιημένη μορφή του νόμου του Fourier  $J = \kappa \Delta T / \Delta r$ , όπου  $\Delta T$  είναι η διαφορά θερμοκρασίας που σχετίζεται με τη  $\Delta r$ , την κλίμακα μήκους του προβλήματος. Η ένταση της θερμικής ακτινοβολίας  $J$  μετρείται σε μονάδες  $\text{W m}^{-2}$ .

Δεδομένα Πυκνότητα μάζας του αυγού:  $\mu = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$   
Ειδική θερμοχωρητικότητα του αυγού  $C = 4.2 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$   
Ακτίνα του αυγού:  $R = 2.5 \text{ cm}$   
Θερμοκρασία που πήζει το (ασπράδι από το) αυγό (πρωτεΐνη του αυγού):  
 $T_c = 65^\circ\text{C}$   
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας:  $\kappa = 0.64 \text{ W K}^{-1} \text{ m}^{-1}$  (υποθέστε ότι είναι ο ίδιος και για το υγρό ασπράδι και το στερεό ασπράδι)

**Κεραυνός** Εδώ παρουσιάζεται ένα υπεραπλουστευμένο μοντέλο του κεραυνού. Ο κεραυνός προκαλείται από τη συγκέντρωση στατικού ηλεκτρικού φορτίου στα σύννεφα. Αυτό έχει σαν συνέπεια το κάτω μέρος του νέφους να φορτίζεται συνήθως θετικά, το πάνω μέρος να φορτίζεται αρνητικά και το έδαφος κάτω από το νέφος να φορτίζεται θετικά. Όταν το αντίστοιχο ηλεκτρικό πεδίο ξεπεράσει την τιμή της διηλεκτρικής αντοχής του αέρα, προκύπτει μια βίαια εκφόρτιση: αυτός είναι ο κεραυνός.



Ιδεατός παλμός ηλεκτρικού ρεύματος που ρέει μεταξύ του νέφους και του εδάφους κατά τη διάρκεια του κεραυνού.

Απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις με τη βοήθεια του παραπάνω απλοποιημένου διαγράμματος για το ρεύμα σαν συνάρτηση του χρόνου και με τη βοήθεια των παρακάτω δεδομένων.

Απόσταση μεταξύ του κάτω μέρους του νέφους και του εδάφους:  $h = 1 \text{ km}$

Διηλεκτρική αντοχή του αέρα με υγρασία είναι:  $E_0 = 300 \text{ kV m}^{-1}$

Συνολικός αριθμός κεραυνών που χτυπούν τη Γη κάθε χρόνο:  $32 \times 10^6$

Συνολικός αριθμός ανθρώπων στην Γη:  $6.5 \times 10^9$  άνθρωποι.

- 3.9** (0,5) Ποιο είναι το συνολικό φορτίο  $Q$  που απελευθερώνεται από τον κεραυνό;
- 3.10** (0,5) Ποιο είναι το μέσο ρεύμα  $I$  που ρέει μεταξύ του κάτω μέρους του νέφους και του εδάφους κατά τη διάρκεια του κεραυνού;
- 3.11** (1,0) Φανταστείτε ότι η ενέργεια από όλες τις καταιγίδες κατά τη διάρκεια ενός χρόνου συσσωρεύεται και κατανέμεται ισομερώς σε όλους τους ανθρώπους. Για πόσο χρονικό διάστημα θα μπορούσατε να «ανάβετε» μια λάμπα 100watt με το μερίδιο που σας αντιστοιχεί;

**Τριχοειδή Αγγεία** Ας υποθέσουμε πως το αίμα είναι ένα ασυμπίεστο υγρό με πυκνότητα μάζας  $\mu$  παρόμοια με αυτή του νερού και δυναμικό ιξώδες  $\eta = 4.5 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . Μοντελοποιούμε τα τριχοειδή αγγεία σαν κυλινδρικούς σωλήνες με ακτίνα  $r$  και μήκος  $L$  και περιγράφουμε τη ροή του αίματος με το νόμο του Poiseuille,

$$\Delta p = RD,$$

το υδροδυναμικό ανάλογο του νόμου του Ohm στον ηλεκτρισμό. Εδώ το  $\Delta p$  είναι η διαφορά της πίεσης μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του αιμοφόρου αγγείου,  $D = Sv$  είναι η παροχή του αίματος δηλαδή ο όγκος ανά μονάδα χρόνου που διέρχεται από μια κάθετη διατομή ενός αγγείου εμβαδού  $S$  και  $v$  είναι η ταχύτητα του αίματος. Η υδραυλική αντίσταση  $R$  δίνεται από τον τύπο

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}.$$

Για την κανονική κυκλοφορία του αίματος (αυτή από την αριστερή κοιλία στο δεξιό κόλπο της καρδιάς), η ροή του αίματος είναι  $D \approx 100 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$  σε έναν άνθρωπο σε ηρεμία. Απαντήστε τις ακόλουθες ερωτήσεις υποθέτοντας ότι όλα τα τριχοειδή αγγεία είναι ενωμένα παράλληλα και ότι το κάθε ένα από αυτά έχει ακτίνα  $r = 4 \text{ }\mu\text{m}$  και μήκος  $L = 1 \text{ mm}$  και λειτουργούν κάτω από διαφορά πίεσης  $\Delta p = 1 \text{ kPa}$

**3.12** (1,0) Πόσα τριχοειδή αγγεία υπάρχουν στο ανθρώπινο σώμα;

**3.13** (0,5) Πόση είναι η ταχύτητα  $v$  με την οποία το αίμα ρέει μέσα από ένα τριχοειδές αγγείο;

**Ουρανοξύστης** Στη βάση ενός ψηλού ουρανοξύστη ύψους  $1000 \text{ m}$ , η εξωτερική θερμοκρασία είναι  $T_{\text{bot}} = 30^\circ \text{ C}$ . Ο στόχος σας είναι να υπολογίσετε την εξωτερική θερμοκρασία  $T_{\text{top}}$  στην κορυφή. Θεωρήστε ένα λεπτό στρώμα αέρα (ιδανικό αέριο αζώτου με αδιαβατικό συντελεστή  $\gamma = 7/5$ ) που ανεβαίνει αργά μέχρι το ύψος  $z$  όπου η πίεση είναι μικρότερη και υποθέστε ότι αυτό το στρώμα αέρα εκτονώνεται αδιαβατικά μέχρις ότου η θερμοκρασία πέσει στη θερμοκρασία του αέρα που το περιβάλλει.

**3.14** (0,5) Πόση είναι η κλασματική μεταβολή στη θερμοκρασία  $dT/T$  που σχετίζεται με το λόγο  $dp/p$  την κλασματική μεταβολή στην πίεση;

**3.15** (0,5) Εκφράστε τη μεταβολή της πίεσης  $dp$  ως συνάρτηση της μεταβολής του ύψους  $dz$ .

**3.16** (1,0) Ποια είναι η τελική τιμή της θερμοκρασίας στην κορυφή του κτιρίου ;

**Δεδομένα** Σταθερά Boltzmann:  $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$   
 Μάζα μορίου αζώτου:  $m = 4,65 \times 10^{-26} \text{ kg}$   
 Επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 9,80 \text{ m s}^{-2}$

| Country Code/<br>Κωδικός Χώρας | Student Code /<br>Κωδικός Μαθητή | Question Number/<br>Αριθμός ερώτησης |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
|                                |                                  | <b>3</b>                             |

**Φύλλο απαντήσεων/ Answer Script****Ψηφιακή Κάμερα****For  
Examiners  
Use  
Only****3.1** Η καλύτερη χωρική ανάλυση είναι(τύπος:)  $\Delta x_{\min} =$ **0.7**

Που δίνει

(αριθμητικά:)  $\Delta x_{\min} =$ **0.3**για  $\lambda = 500 \text{ nm}$ .**3.2** Ο αριθμός των Μpix είναι $N =$ **0.5****3.3** Η καλύτερη τιμή για τον αριθμό F είναι $F\# =$ **0.5****3.4** Η ελάχιστη απόσταση είναι $z =$ **0.5**

| Country Code/<br>Κωδικός Χώρας | Student Code /<br>Κωδικός Μαθητή | Question Number/<br>Αριθμός ερώτησης |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
|                                |                                  | <b>3</b>                             |

**Σφιγτο-βρασμένο αυγό**

|   |   |
|---|---|
| <p><b>3.5</b> Η απαιτούμενη ενέργεια είναι:</p> $U =$                               | <b>For Examiners Use Only</b><br><b>0.5</b> |
| <p><b>3.6</b> Η ένταση της θερμικής ακτινοβολίας είναι:</p> $J =$                   | <b>0.5</b>                                  |
| <p><b>3.7</b> Ο ρυθμός της μεταβιβαζόμενης θερμότητας</p> $P =$                     | <b>0.5</b>                                  |
| <p><b>3.8</b> Ο χρόνος που χρειάζεται για να πήξει καλά το αυγό είναι:</p> $\tau =$ | <b>0.5</b>                                  |

| Country Code/<br>Κωδικός Χώρας | Student Code /<br>Κωδικός Μαθητή | Question Number/<br>Αριθμός ερώτησης |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
|                                |                                  | <b>3</b>                             |

**Κεραυνός**

|   |            |
|---|------------|
| <p><b>3.9</b> Το συνολικό φορτίο είναι</p> $Q =$                    | <b>0.5</b> |
| <p><b>3.10</b> Το μέσο ρεύμα είναι:</p> $I =$                       | <b>0.5</b> |
| <p><b>3.11</b> Ο λαμπτήρας θα ανάβει για χρονική διάρκεια</p> $t =$ | <b>1.0</b> |

**Τριχοειδή Αγγεία**

|   |            |
|---|------------|
| <p><b>3.12</b> Υπάρχουν</p> $N =$ <p>τριχοειδή αγγεία στο ανθρώπινο σώμα.</p> | <b>1.0</b> |
| <p><b>3.13</b> Το αίμα ρέει με ταχύτητα:</p> $v =$                            | <b>0.5</b> |

| Country Code/<br>Κωδικός Χώρας | Student Code /<br>Κωδικός Μαθητή | Question Number/<br>Αριθμός ερώτησης |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
|                                |                                  | <b>3</b>                             |

**Ουρανοξύστης**

**3.14** Η κλασματική μεταβολή της θερμοκρασίας είναι:

$$\frac{dT}{T} =$$

**3.15** Η διαφορά πίεσης είναι

$$dp =$$

**3.16** Η τελική θερμοκρασία στην κορυφή

$$T_{\text{top}} =$$

**For  
Examiners  
Use  
Only**

**0.5**

**0.5**

**1.0**