

Τα θέματα είναι ισοδύναμα. Οι βαθμοί των εργασιών θα υπολογισθούν προσθετικά στους βαθμούς της εξέτασης. Κλειστά βιβλία, κινητά και σημειώσεις.
 Διδάσκοντες: Μ. Μακροπούλου, Α. Παπαγιάννης Διάρκεια: 2 ώρες

Θέμα 1

(2,5 μονάδες)

(α) Στην Ελλάδα πωλούνται παράνομα δείκτες laser (laser pointer) που παράγουν πράσινη δέσμη φωτός ισχύος ~50 mW. Η δέσμη εισέρχεται στο μάτι ενός αθλητή και εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του, σε κηλίδα διαμέτρου 16 μm. Θεωρούμε ότι ο χρόνος ανακλαστικού ανοιγο-κλεισίματος των οφθαλμών είναι 0,25 s. Υπολογίστε την ακτινοβολία του αμφιβληστροειδούς του άτυχου αθλητή, υποθέτοντας ότι όλη η ισχύς εστιάζεται σε αυτόν. (1 μονάδα).

(β) Υπολογίστε την ελάχιστη οπτική πυκνότητα (optical density, OD) που απαιτείται για τα ειδικά γυαλιά που θα έπρεπε να φορά ο άνθρωπος αυτός για την προστασία των οφθαλμών του. (Υπόδειξη: Από πίνακες, η μέγιστη επιτρεπτή δόση (Maximum Permissible Exposure, MPE) για αντίστοιχο ορατό laser είναι $2,55 \times 10^{-3} \text{ Wcm}^{-2}$). Δίνεται επίσης και μια σχέση για την οπτική πυκνότητα, $OD = \log_{10}(E_0/MPE)$, όπου E_0 είναι η ακτινοβολία). (0,5 μονάδα).

(γ) Αναφέρετε επιγραμματικά ποιοί είναι οι κίνδυνοι σε χώρους λειτουργίας διατάξεων laser. (1 μονάδα).

Θέμα 2

(2,5 μονάδες)

(α) Σε ένα νοσοκομείο διαθέτουν ένα παλμικό laser Nd:YAG, το οποίο μπορεί να λειτουργήσει και σε όλες τις αρμονικές του συχνότητες, δηλαδή στην 1^η, 2^η, 3^η, 4^η και 5^η αρμονική συχνότητα (ή αντίστοιχα στο θεμελιώδες μήκος κύματος $\lambda = 1064 \text{ nm}$ και σε $\lambda = 532 \text{ nm}$, ή $\lambda = 355 \text{ nm}$, ή $\lambda = 266 \text{ nm}$, ή $\lambda = 213 \text{ nm}$). Προτείνετε αν με κάποιο από τα παραπάνω μήκη κύματος του laser μπορεί να γίνει:

- διάγνωση παθήσεων του αμφιβληστροειδούς χιτώνα του οφθαλμού μέσω της οπτικής τομογραφίας συνοχής (Optical Coherence Tomography - OCT). Δικαιολογείστε την απάντησή σας, π.χ. με κριτήριο τον μηχανισμό της OCT.

(β) Περιγράψτε τα φαινόμενα που χαρακτηρίζουν τη φωτομηχανική αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας Laser με τους ιστούς. Αναφέρατε μία τουλάχιστον ιατρική εφαρμογή των Lasers που βασίζεται στη φωτομηχανική δράση.

Θέμα 3

(2,5 μονάδες)

Ένα παλμικό laser Nd:YAG εκπέμπει στα 1064 nm με επαναληπτικότητα 100 Hz. Ο εκπεμπόμενος παλμός laser έχει ενέργεια 2 J και χρονική διάρκεια 1 ns. Το laser αυτό χρησιμοποιείται σε μια διάταξη lidar με χωρική διακριτική ικανότητα δειγματοληψίας $\Delta z = 15 \text{ m}$. Στην διάταξη αυτή χρησιμοποιείται το 1% της εκπεμπόμενης δέσμης για βαθμονόμηση. Έτσι, το 1% της ενέργειας της δέσμης ανιχνεύεται από μία φωτοδίοδο και το υπόλοιπο εκπέμπεται σε μια ομοιόμορφη ατμόσφαιρα. Η διάταξη lidar είναι εφοδιασμένη με ένα τηλεσκόπιο διαμέτρου 300 mm με οπτικό πεδίο όρασης (Field of View) 1 sr. Ο συντελεστής οπτο-ηλεκτρονικής απόδοσης η του συστήματος είναι 25% και ο γεωμετρικός συντελεστής επικάλυψης ξ είναι ίσος με 1 σε όλα τα ύψη της ατμόσφαιρας. Ο ολικός συντελεστής οπισθοσκέδασης της ατμόσφαιρας (μόρια+σωματίδια) είναι ίσος με $0,01 \text{ km}^{-1} \text{ sr}^{-1}$, ενώ ο ολικός συντελεστής εξασθένησης της ατμόσφαιρας (μόρια+σωματίδια) είναι ίσος με $0,6 \text{ km}^{-1}$. Να υπολογισθούν: 1) ο αριθμός των εκπεμπόμενων φωτονίων/παλμό και η αντίστοιχη ισχύς κορυφής P του κάθε ενός παλμού laser, 2) ο αριθμός φωτονίων που προσπίπτουν στη φωτοδίοδο βαθμονόμησης ανά λεπτό της ώρας, 3) ο αριθμός φωτονίων που ανιχνεύονται από μια απόσταση 1 km, 30 km και 100 km. Τι είδους φωρατή (ανιχνευτή) θα χρησιμοποιήσετε και γιατί;

Θέμα 4

(2,5 μονάδες)

Σας ζητείται να σχεδιάσετε ένα σύστημα LIDAR που θα έχει τη δυνατότητα να μετρά αέριους ρύπους στη φασματική περιοχή 260-1.000 nm. 1) Να καταχωρήσετε σε ένα πίνακα την κατηγορία αλληλεπίδρασης ακτινοβολίας laser-ατμόσφαιρας και τον αντίστοιχο μετρούμενο ρύπο. Αναφέρατε τουλάχιστον 5 αέρια και σε ποιά φασματική περιοχή μετράται το καθένα. 2) Τι διάταξη laser προτείνετε και σχεδιάστε την. Δώστε τις απαραίτητες εξηγήσεις.

295×10^{-9} 0,2 μm
 260 0,260
 $4, \times 10^3$

1000 nm
 $10^3 \times 10^{-9} \text{ m}$
 $1 \times 10^{-6} \text{ m}$

$P_{avg} = E_{pulse} \times f_{repetition}$
 P_{peak}
 1 μm

16
 10^{-12}
 10^{-8}

0,99

0,01/km

1/1000m