

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

(2,5 μονάδες)

Θέμα 1

(1α). Περιγράψτε τις ομοιότητες και τις διαφορές των παρακάτω διαγνωστικών τεχνικών:

i) Οπτική τομογραφία (Optical Coherence Tomography, OCT), ii) ταχυμετρία laser Doppler, iii) φασματοσκοπία του laser επαγόμενου φθορισμού (Laser Induced Fluorescence, LIF).

(1β). Ένα laser CO₂ με ισχύ $P = 800 \text{ W}$ και διάμετρο εξόδου της δέσμης b έξω από αυτό ίση με 3 cm εστιάζεται από ένα κυρτό φακό εστιακής απόστασης $f_0 = 20 \text{ cm}$. Καθορίστε την ονομαστική ζώνη κινδύνου (Nominal Hazard Zone - NHZ) από το σημείο εστίασης του φακού. Σχεδιάστε αδρά τον χώρο με το laser, τη δέσμη και την ονομαστική ζώνη κινδύνου.

[Σημείωση: Από την θεωρία για την ασφάλεια laser, φαίνεται ότι η NHZ για ένα laser, με δεδομένα την ισχύ και την διάμετρο της δέσμης εξόδου, δίδεται από την σχέση:

$$\text{NHZ} = \frac{f_0}{b} \left(\frac{4P}{\pi(\text{MPE})} \right)^{1/2}$$

Από πίνακες με τιμές μέγιστης επιτρεπτής έκθεσης (Maximum Permissible Exposure - MPE) έχουμε για το συγκεκριμένο laser: $\text{MPE} = 1000 \text{ W/m}^2$.]

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 συχνότητές του, 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 (και ποιό) μπορεί να γίνει i) φωτοδυναμική θεραπεία στην ογκολογία, με παράγωγο της αιματοπορφυρίνης - HpD,

($\lambda_{\text{απορρόφησης}} = 632 \text{ nm}$), ii) φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή στην οφθαλμολογία (διόρθωση μυωπίας), iii) επεμβάσεις στο πίσω μέρος του οφθαλμού και συγκεκριμένα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (π.χ. διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια ή αποκόλληση αμφιβληστροειδή).

Δικαιολογείστε τις απαντήσεις σας, π.χ. με κριτήριο τον μηχανισμό αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας laser με τον βιολογικό στόχο, ανάλογα με τις παραμέτρους της δέσμης.

(β) Περιγράψτε το φωτοθερμικό μηχανισμό της χειρουργικής δράσης της ακτινοβολίας laser στους ιστούς που χαρακτηρίζεται ως ατμοποίηση (για θερμοκρασία 100°C).

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 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 .

Θέμα 4

(2,5 μονάδες)

α) Να περιγραφεί αναλυτικά η αρχή λειτουργίας μιας διάταξης παλμικού lidar που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου σε 1-διάσταση και σε 3-διαστάσεις (wind lidar). Επιλέξτε την τεχνική μέτρησης-Σχεδιάστε την αντίστοιχη πειραματική διάταξη. Ποιά είναι η εμβέλεια αυτών των συστημάτων; β) Η σκέδαση Rayleigh είναι εντονότερη στα μεγάλα ή στα μικρά μήκη κύματος. Τι ρόλο παίζει η γωνία παρατήρησης της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας; Εξηγήστε. γ) Να εξηγήσετε γιατί στην εξίσωση lidar εμφανίζεται ο όρος A/r^2 , r είναι η απόσταση του στόχου και A η επιφάνεια λήψης του τηλεσκοπίου. Σχεδιάστε το αντίστοιχο σχήμα.