

Η τέχνη του οράν τα αόρατα

«Τότε ήταν που άρχισα να βλέπω. Βαθιά να βλέπω, σε μια δίστομη όραση θητεύοντας. Το πίσω απ' την εικόνα, το έξω, κι ό,τι οι θεοί είχανε τάξει της σκιάς.»

—Παντελής Μπουκάλας, Ο μάντης

V. Surdin

ΤΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΑ ΟΝΤΑ ΔΙΑΘΕΤΟΥΝ οκτώ αισθήσεις: πέντε από αυτές, η όραση, η ακοή, η όσφρηση, η γεύση και η αφή, ήταν ήδη γνωστές από την αρχαιότητα, ενώ η σύγχρονη έρευνα ήρθε να προσθέσει ακόμη τρεις, την αίσθηση του θερμού και του ψυχρού, την αίσθηση του πόνου, καθώς και αυτή που μας πληροφορεί για τη θέση και την κίνηση του σώματος (κιναισθησία). Ανάμεσά τους, αναμφίβολα ξεχωρίζει ως η σημαντικότερη και η πλέον θαυμαστή η όραση, η οποία παρέχει στον εγκέφαλο περισσότερο από το 90% των πληροφοριών που δέχεται από τον περιβάλλοντα κόσμο. Ειδικά δε για τους αστρονόμους, η όραση αποτελεί ένα αναντικατάστατο εργαλείο στη μελέτη του σύμπαντος. Όταν κανείς εκτελεί οπτικές παρατηρήσεις, είτε διά γυμνού οφθαλμού είτε με τηλεσκόπιο, πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατασκευής και της οπτικής συμπεριφοράς του ματιού. Μόνο αν κατέχει μια τέτοια γνώση θα μπορέσει να διακρίνει σχεδόν αόρατα αντικείμενα όπως οι μικροί σεληνιακοί κρατήρες, τα αμυδρά άστρα, οι μακρινοί κομήτες και οι γαλαξίες.

Η πρώτη εμπειρία με το τηλεσκόπιο συχνά στέκεται απογοητευτική για τον ερασιτέχνη αστρονόμο. «Δεν μπορώ να ξεχωρίσω την παραμικρή λεπτομέρεια», παραπονιέται ο αρχάριος που στρέφει πρώτη φορά το τη-

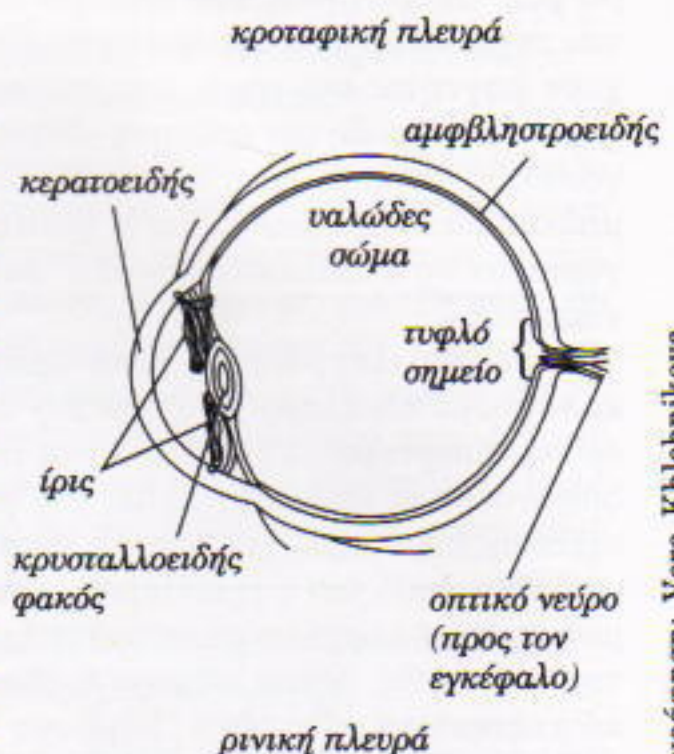
λεσκόπιό του προς τον Άρη ή ακόμη και προς τον Δία. Αντίθετα, με το ίδιο τηλεσκόπιο ο πεπειραμένος παρατηρητής καταφέρνει να χαρτογραφήσει τις λεπτομέρειες του πλανήτη. Πώς εξηγείται μια τόσο μεγάλη διαφορά; Ο υποκείμενος λόγος έγκειται στο ότι οι αστρονόμοι έχουν εξασκήσει τα μάτια τους (κάτι που ισχύει εξίσου και για τους βιολόγους, οι οποίοι διακρίνουν τις μικροσκοπικές λεπτομέρειες των ζώντων κυττάρων κάτω από το μικροσκόπιο). Μπορείτε κι εσείς να αναπτύξετε αυτή τη δεξιότητα μαθαίνοντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ανθρώπινης όρασης και παρατηρώντας σε τακτική βάση τα ουράνια σώματα.

Η κατασκευή του ματιού

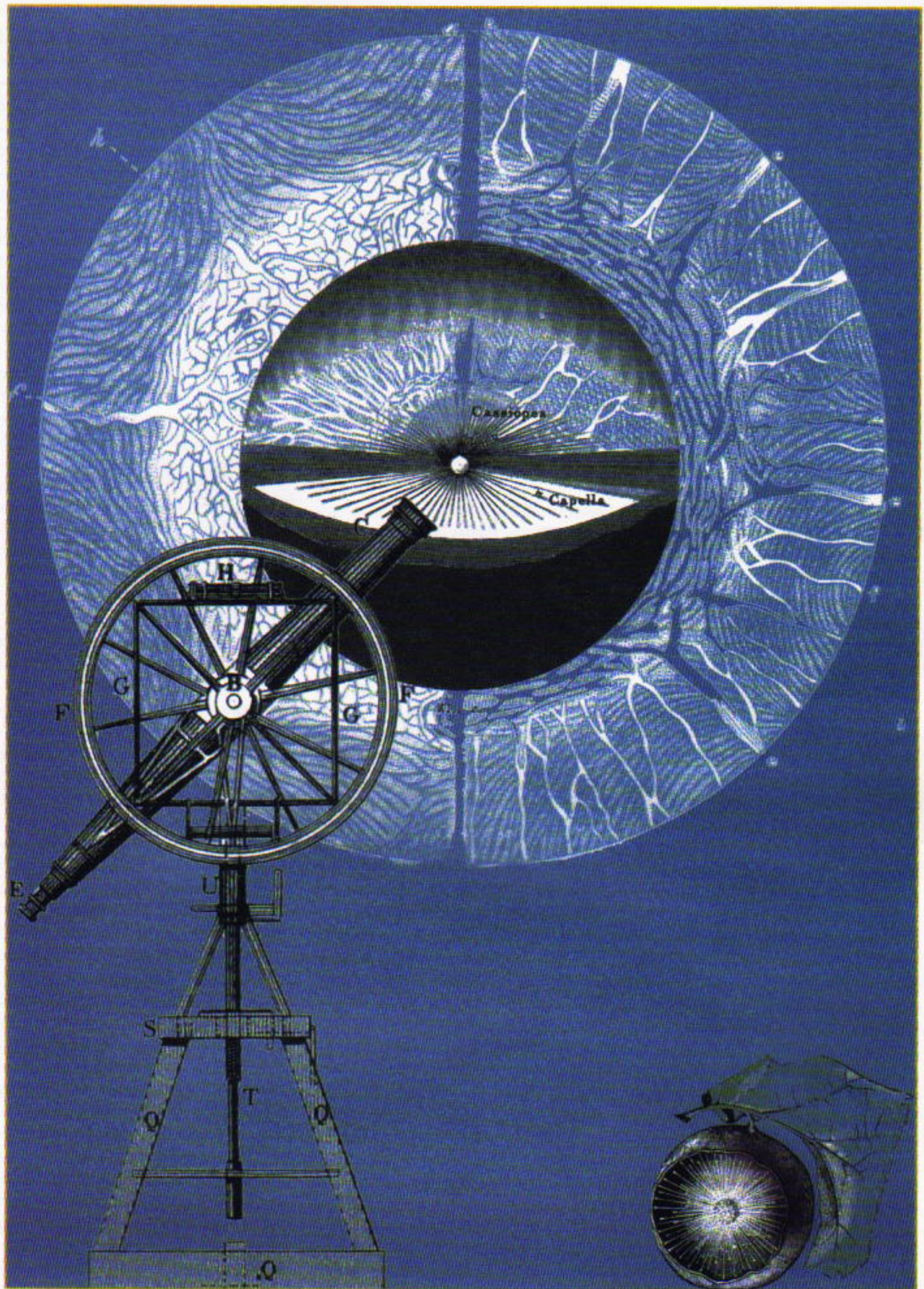
Η κατασκευή του ματιού απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Εκ πρώτης όψεως, φαίνεται να παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με τη φωτογραφική μηχανή. Το αντικειμενικό σύστημα του ματιού (ο κερατοειδής χιτώνας, η ίριδα και ο κρυσταλλοειδής φακός) μοιάζει με κλασικό αντικειμενικό σύστημα, αποτελούμενο από φακούς και ένα διάφραγμα (την ίριδα). Οφείλουμε ωστόσο να επισημάνουμε ότι είναι εξαιρετικά ευρυγώνιο: το ανθρώπινο μάτι καλύπτει οπτικό πεδίο εύρους σχεδόν 180° στην οριζόντια διεύθυνση και 140° στην κατακόρυφη. Φυσικά, από ένα τέτοιο απλό αντικειμενικό σύστημα δεν μπορεί να

αναμένεται υψηλή ποιότητα: ευκρινές είδωλο προβάλλεται μόνο στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς: στην περιφέρειά του το είδωλο παρουσιάζει έντονη υποβάθμιση.

Το κεντρικό άνοιγμα της ίριδας ονομάζεται κόρη. Παίζει τον ίδιο ακριβώς ρόλο όπως και το διάφραγμα σε μια φωτογραφική μηχανή: καλύπτει την περιφέρεια του φακού σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό. Το μάτι μπορεί να αυξομειώνει τη διάμετρο της κόρης μεταξύ μιας ελάχιστης τιμής 2 mm και μιας μέγιστης 8 mm. Τοιουτοτρόπως ελέγχει τη φωτεινή ροή η οποία διαπερνά τον κρυσταλλοειδή φακό και καταλήγει στον φω-



Σχήμα 1
Οβελιαία τομή του ματιού.



τοευαίσθητο αμφιβληστροειδή χιτώνα. Εδώ, όμως, εξαντλούνται οι απλές αναλογίες ανάμεσα στο μάτι και τη φωτογραφική μηχανή, δεδομένου ότι ο αμφιβληστροειδής δεν έχει τίποτε το κοινό με το φωτογραφικό φιλμ.

Σε ό,τι αφορά τη σχεδίασή του, ο αμφιβληστροειδής παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη ομοιότητα με το φωτοανιχνευτή μιας σύγχρονης βιντεοκάμερας, ο οποίος αποτελείται από μια διάταξη στοιχειωδών φωτοανιχνευτών ημιαγωγών, που ονομάζονται εικονοστοιχεία (ή πίξελ). Στο μάτι, το ρόλο των εικονοστοιχείων τον παίζουν φωτοευαίσθητα κύτταρα δύο τύπων: τα ραβδία και τα κωνία. Οι δύο αυτοί τύποι κυττάρων δεν διαφέρουν μόνο στο σχήμα, αλλά κυρίως στη λειτουργία. Ο αμφιβληστροειδής του ανθρώπινου ματιού περιέχει περίπου 7 εκατομμύρια κωνία και 120 εκατομμύρια ραβδία.

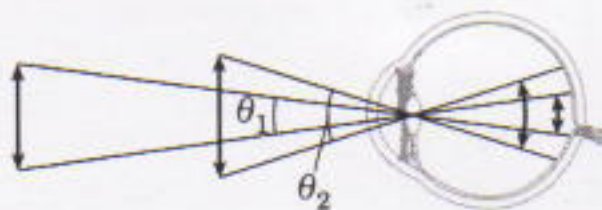
Τα ραβδία λειτουργούν σε πολύ ασθενή φωτισμό και παρέχουν την όραση λυκόφωτος και τη σκοτοψία (νυκτερινή όραση). Ωστόσο, δεν διακρίνουν τα χρώματα, γεγονός που εξηγεί γιατί τη νύχτα όλα τα αντικείμενα φαίνονται άχρωα (σε διαβαθμίσεις του γκριζου). Τα κωνία, από την άλλη, λειτουργούν μόνο στο φως της ημέρας, αλλά είναι ευαίσθητα στο χρώμα. Η όραση των χρωμάτων εξηγείται βάσει του γεγονότος ότι υπάρχουν τριών ειδών κωνία, τα οποία κατανέμονται ανάμικτα στην κεντρική ευαίσθητη περιοχή του αμφιβληστροειδούς. Μερικά από τα κωνία είναι ευαίσθητα στο γαλάζιο φως, μερικά στο πράσινο και άλλα στο πορτοκαλέρυθρο. Συνεργαζόμενα από κοινού, μπορούν να μεταδώσουν ακριβείς πληροφορίες για τις αποχρώσεις στο είδωλο. Τούτο επιτυγχάνεται με έναν τρόπο που θυμίζει τον καθοδικό σωλήνα ενός έγχρωμου τηλεοπτικού δέκτη, ο οποίος ενσωματώνει τρία μονοχρωματικά κινητισκόπια σε ένα σωλήνα: κόκκινο, πράσινο και γαλάζιο.

Η διακριτική ικανότητα του ματιού

Το μέγεθος των ελάχιστων λεπτομερειών που μπορεί να ξεχωρίσει το

μάτι καθορίζεται από τη γωνιακή διακριτική του ικανότητα. Όταν αδυνατούμε να ξεχωρίσουμε τις μικροσκοπικές λεπτομέρειες σε μια εικόνα, προσπαθούμε αυθόρμητα να τη φέρουμε πλησιέστερα στα μάτια μας. Στην πορεία αυτής της διαδικασίας το γραμμικό μέγεθος των λεπτομερειών δεν μεταβάλλεται, πλην όμως αυξάνεται το γωνιακό μέγεθος, θ (Σχήμα 2). Η ελάχιστη γωνιακή απόσταση που πρέπει να χωρίζει δύο σημεία ώστε το μάτι να μπορεί να τα διακρίνει ονομάζεται (γωνιακό) διακριτικό όριο. Στο κέντρο του οπτικού πεδίου (δηλαδή στην περιοχή που το είδωλό της σχηματίζεται στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς, όπου η επιφανειακή πυκνότητα των κωνίων είναι μέγιστη) το υγιές μάτι έχει γωνιακό διακριτικό όριο 1' (ενός λεπτού της μοίρας). Εάν κρατήσετε το περιοδικό με το βραχίονά σας τεντωμένο, η τελεία που σημειώνει το τέλος της περιόδου την οποία διαβάζετε αντιστοιχεί σε γωνία όρασης τέτοιου μεγέθους. Προσέξτε ότι όταν κοιτάζετε το περιοδικό από την απόσταση αυτή, εύκολα ξεχωρίζετε το κόμμα από την τελεία. Ωστόσο, αν τοποθετήσετε τη σελίδα σε τριπλάσια απόσταση, δεν καταφέρνετε πια να ξεχωρίσετε τα δύο σημεία στίξης. Πειραματισθείτε και μόνοι σας με την ακόλουθη σειρά κομμάτων και τελειών: „.....“.

Υπάρχει ένα ακόμη υπέροχο χαρακτηριστικό της όρασής μας —η ικανότητά της να διακρίνει ταχείες κινήσεις και μεταβολές σε μια εικόνα. Το εν λόγω χαρακτηριστικό αναφέρεται ως χρονικό διακριτικό όριο. Για παράδειγμα, σε μερικά βιντεοκλίπ η εικόνα αλλάζει με ρυθμό 5-7 καρέ ανά δευτερόλεπτο. Με αυτό το ρυθμό μπορούμε να δούμε την κάθε



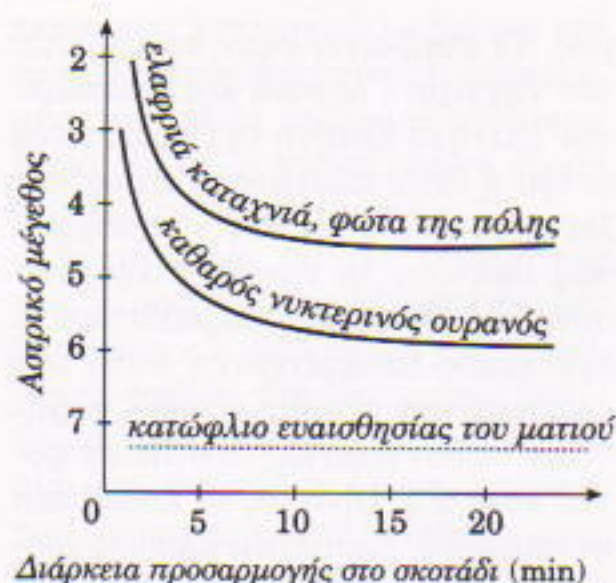
Σχήμα 2

Το γωνιακό μέγεθος ενός αντικειμένου και η ευκρίνεια του ειδώλου του εξαρτώνται από την απόσταση.

εικόνα ξεχωριστά. Ωστόσο, όταν ο ρυθμός της αλλαγής αυξηθεί σε 15-20 καρέ ανά δευτερόλεπτο, οι διαφορετικές εικόνες συγχωνεύονται σε μία, και αδυνατούμε πλέον να διακρίνουμε τα μεμονωμένα καρέ. Πώς εξηγείται μια τέτοια ριζική διαφοροποίηση; Ο λόγος έγκειται στο ότι το χρονικό διακριτικό όριο του ανθρώπινου ματιού ανέρχεται μόλις στα 0,1 s περίπου. Αυτό το φυσιολογικό χαρακτηριστικό εξηγεί πώς μας δημιουργείται η αίσθηση της συνεχούς εξέλιξης της κίνησης όταν παρακολουθούμε μια κινηματογραφική προβολή: όταν τα καρέ αλλάζουν με το ρυθμό των 24 ανά δευτερόλεπτο, δεν τα βλέπουμε να περνούν ένα ένα, αλλά τα αντιλαμβανόμαστε ως μια ομαλή, συνεχή ταινία.

Το μάτι μπορεί να αντιληφθεί τις διαφορές στο φωτισμό γειτονικών αντικειμένων μόνο εφόσον υπερβαίνουν τα 2%, και τούτο ανεξαρτήτως της λαμπρότητας των αντικειμένων. Στη διαδικασία αυτή το μάτι ενεργεί ως «συγκριτής που εκτιμά όχι τη διαφορά αλλά το λόγο των φαινόμενων φωτεινοτήτων. Ιδού λοιπόν γιατί οι αστρονόμοι χρησιμοποιούν την έννοια του αστρικού (φαινομένου) μεγέθους. Όταν λέμε ότι δύο άστρα διαφέρουν σε αστρικό μέγεθος κατά 1, εννοούμε πως οι φωτεινές ροές που προέρχονται από αυτά διαφέρουν κατά έναν παράγοντα 2,512.... Ένας πεπειραμένος αστρονόμος μπορεί να διακρίνει διαφορές στη φωτεινότητα παρακείμενων άστρων έως και 0,02 αστρικά μεγέθη. Πρόκειται για μια τιμή η οποία ελάχιστα απέχει από το 2% που χαρακτηρίζει το κατώφλιο ευαισθησίας του ανθρώπινου ματιού.

Ας συνεχίσουμε την αναλογία μας με τις ηλεκτρονικές συσκευές. Η βιντεοκάμερα διαθέτει ένα σύστημα που ελέγχει την ευαισθησία της (αυτόματος έλεγχος ενίσχυσης). Το μάτι έχει επίσης ένα παρόμοιο σύστημα. Στο σκοτάδι η ευαισθησία του αυξάνεται κατά χιλιάδες φορές, ενώ στο λαμπρό φως της ημέρας μειώνεται αντίστοιχα. Ωστόσο, αυτές οι αλλαγές δεν συντελούνται τόσο γρήγορα όσο στη βιντεοκάμερα. Έτσι, όταν μπαίνουμε σε ένα έντονα φωτισμένο δωμάτιο, τα μάτια μας θαμπώνουν για



Σχήμα 3

Τα μεγέθη των αμυδρότερων άστρων που μπορεί να δει το ανθρώπινο μάτι ως συνάρτηση του αναγκαίου χρόνου για την προσαρμογή στο σκοτάδι.

μερικά δευτερόλεπτα από το φως, ενώ όταν μπαίνουμε σε ένα σκοτεινό δωμάτιο, χρειάζεται να περάσει κάποιος χρόνος προτού καταφέρουμε να δούμε οτιδήποτε. Για την πλήρη προσαρμογή των ματιών στο σκοτάδι απαιτείται περίπου μισή ώρα. Μετά αυτή την περίοδο προσαρμογής, η ευαισθησία των ματιών φτάνει στο υψηλότερο σημείο της (Σχήμα 3).

Μερικές ιδιαιτερότητες της όρασης

Το μάτι συνδέεται με τον εγκέφαλο με μια δέσμη νευρικών ινών, οι οποίες όμως είναι κατά πολύ λιγότερες από τα φωτοευαίσθητα κύτταρα στον αμφιβληστροειδή. Η διαπίστωση αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το μάτι υποβάλλει την οπτική πληροφορία σε κάποια προκαταρκτική επεξεργασία και αποστέλλει στον εγκέφαλο μια απλοποιημένη εικόνα. Για παράδειγμα, σε ό,τι εκ πρώτης όψεως μοιάζει με ένα σύνολο χαοτικά διεσπαρμένων κουκκίδων το μάτι προσπαθεί να «αναγνωρίσει» τα περιγράμματα γεωμετρικών σχημάτων οικείων στον εγκέφαλο. Πρόκειται για ιδιότητα που ενίοτε βοηθά τους αστρονόμους (είναι ευκολότερο να θυμάται κανείς τα περιγράμματα των αστερισμών παρά τις θέσεις μεμονωμένων άστρων), αν και σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό το χαρακτηριστικό της οπτικής αντίληψης ενδέχεται να αποβεί παραπλανητικό.

Ως σχετικό παράδειγμα μπορούμε να επικαλεστούμε τη δήθεν ανακάλυψη των διωρύγων στον Άρη, η οποία αποτελεί ίσως τη γνωστότερη, αλλά όχι και τη μοναδική, περίπτωση πλασματικής παρατήρησης στην ιστορία της αστρονομίας.

Πρέπει να θυμόμαστε ότι η πρόσληψη της οπτικής πληροφορίας συνιστά μια λεπτή και σύνθετη διαδικασία η οποία συνδέεται άρρηκτα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ανθρώπινης ψυχολογίας. Εφόσον κανείς γνωρίζει αυτά τα χαρακτηριστικά, μπορεί εύκολα να παραπλανήσει τα μέρη εκείνα του εγκεφάλου τα οποία αναλύουν τη δισδιάστατη εικόνα που επεξεργάζεται ο αμφιβληστροειδής και αναδημιουργούν την αρχική τρισδιάστατη εικόνα. Οι ειδικοί γνωρίζουν πολλές από τις «οπτικές πλάνες» τις οποίες εκμεταλλεύονται στα κόλπα τους οι ταχυδακτυλουργοί στις παραστάσεις τους. Αλλά και η αντίστροφη δεξιότητα —η αναπαράσταση της τρισδιάστατης δομής ενός πραγματικού αντικειμένου με τη μορφή ενός δισδιάστατου σχεδιασματος— δεν υστερεί καθόλου σε σημασία. Ακραίο παράδειγμα χειραγώγησης της οπτικής αντίληψης αποτελεί η σχεδίαση «αδύνατων» αντικειμένων. Ο ολλανδός χαράκτης Μ. Escher διέπρεψε στην τέχνη αυτή.

Ακριβώς τη δεξιότητα του να μετασχηματίζουν ένα δισδιάστατο είδωλο σε τρισδιάστατο μοντέλο της πραγματικής ζωής μαθαίνουν τα βρέφη από τις πρώτες μέρες της ζωής τους αγγίζοντας συστηματικά όσα αντικείμενα βλέπουν. Υπ' αυτή την έννοια, η όραση ενίοτε περιγράφεται ως επίκτητη ικανότητα. Όταν μεταφράζουμε τα δισδιάστατα είδωλα σε τρισδιάστατες εικόνες, οι εγκέφαλοί μας στηρίζονται σε ένα ειδικό «λεξικό» δυνατών μοντέλων που βρίσκονται αποθηκευμένα στη μνήμη. Πρόκειται για ένα λεξικό σε υψηλό βαθμό ατομικευμένο, που «συντάσσεται» σύμφωνα με τα ιδιαίτερα βιώματα του καθενός, στα οποία βεβαίως συμπεριλαμβάνονται και τα επαγγελματικά. Πράγματι, όπως αποδεικνύουν ορισμένα ψυχολογικά πειράματα όπου οι συμμετέχοντες καλούνται να συμπληρώσουν σκίτσα παραφθαρμέ-

να και ατελή σε βαθμό που η βέβαιη αναγνώρισή τους να καθίσταται εντελώς αδύνατη, το κάθε πρόσωπο που θα τεθεί προ ενός τέτοιου δισπύλου γρίφου θα δώσει μίαν απολύτως μοναδική λύση. Και όταν παρατηρήσουμε κάτι ασυνήθιστο στον ουρανό, ο καθένας μας θα συμπληρώσει τις λεπτομέρειες με τον δικό του τρόπο και θα καταλήξει στα δικά του συμπεράσματα σχετικά με τη φύση του γεγονότος που είδε. Μόνο με τη συσσώρευση πείρας στις αστρονομικές παρατηρήσεις αποκτούμε, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, αυτοπεποίθηση σχετικά με την ερμηνεία τού τι βλέπουμε στο στερέωμα.

Η Σελήνη εν πτήση

Κάποια συννεφιασμένη και φεγγαρόφωτη νύχτα με δυνατό άνεμο ασφαλώς και θα έτυχε να παρατηρήσετε ένα εκπληκτικό φαινόμενο —την «πτήση» της Σελήνης. Όταν παρατηρούμε τη Σελήνη μέσα από τα χάσματα που αφήνουν μεταξύ τους τα σύννεφα, το μάτι μας παρασύρεται από τη φαινομενική της κίνηση εγκάρσια προς την οπτική ακτίνα, και ακούσια στρέφουμε το κεφάλι προκειμένου να παρακολουθήσουμε τη γρήγορη κίνησή της. Έπειτα από λίγα δευτερόλεπτα αντιλαμβανόμαστε ότι η Σελήνη μένει ακίνητη, και ότι αυτά που κινούνται διασχίζοντας τον ουρανό είναι τα σύννεφα. Εάν έχουμε πυκνή νέφωση και τα χάσματα απέχουν μεγάλες αποστάσεις, τότε η Σελήνη παύει να φαίνεται επί αρκετό χρόνο. Υπό παρόμοιες συνθήκες, μπορεί κανείς να μείνει βέβαιος ότι είδε κάποιο φωτεινό, στρογγυλό αντικείμενο να πετά γρήγορα μέσα στα σύννεφα. Μάλιστα, κατά καιρούς έχουν υποβληθεί αναφορές για την εμφάνιση UFO, οι οποίες οφείλονται στο φαινόμενο που περιγράψαμε. Πώς εξηγούν άραγε οι φυσιολόγοι το φαινόμενο της ιπτάμενης Σελήνης;

Όπως είπαμε, το μάτι δεν αποστέλλει όλη την οπτική πληροφορία στον εγκέφαλο, αλλά προηγουμένως την επεξεργάζεται προκειμένου να επιλέξει το σημαντικότερο μέρος της. Πώς γνωρίζει όμως το μάτι τι είναι σημαντικό και τι μπορεί να αγνοηθεί; Στην πορεία της βιολογικής εξέ-

λιξης, κάθε ανθρώπινο όργανο απέκτησε χαρακτηριστικά τα οποία συντελούν στην επιβίωση του είδους. Στον κανόνα αυτό, το μάτι δεν αποτελεί εξαίρεση. Έχει αποκτήσει την ικανότητα να επιλέγει το μέρος εκείνο της οπτικής πληροφορίας που αφορά τα δυνητικά θηράματα ή τους επικίνδυνους θηρευτές. Τόσο οι θηρευτές όσο και τα θηράματα συνήθως βρίσκονται σε κίνηση —είτε επιτίθενται είτε επιχειρούν να διαφύγουν. Δεν προκαλεί απορία λοιπόν το γεγονός ότι το οπτικό σύστημα του ανθρώπου έμαθε να ανιχνεύει την κίνηση αντιμετωπίζοντάς την ως την πλέον σημαίνουσα πληροφορία. Και οφείλουμε να παραδεχτούμε πως πρόκειται όντως για ένα σύστημα εξαιρετικά αποδοτικό στην ανίχνευση ακόμης και των ελάχιστων αλλαγών στο οπτικό πεδίο.

Στη διαδρομή του από τον αμφιβληστροειδή μέχρι τον εγκεφαλικό φλοιό, το οπτικό σήμα υφίσταται πολύπλοκους μετασχηματισμούς. Εν τω συνόλω, το σήμα απλουστεύεται σε μεγάλο βαθμό και μεταφέρει μόνο τα δεδομένα ζωτικής σημασίας, η έλλειψη των οποίων θα μπορούσε να σημαίνει το θάνατο για το ανθρώπινο όν. Η πληροφορία για τη μετατόπιση σε σχέση με τον αμφιβληστροειδή όχι μόνο διατηρείται, αλλά και ενισχύεται, ενώ άλλα δεδομένα απορρίπτονται. Τα ακίνητα αντικείμενα, που τα είδωλά τους δεν κινούνται πάνω στον αμφιβληστροειδή, το μάτι ούτε καν τα προσέχει αφού παρέλθει λίγος χρόνος. Συνεπώς, για να διατηρεί μια εικόνα του ακίνητου φόντου, το μάτι πρέπει συνεχώς να εκτελεί μικροσκοπικές κινήσεις πλάτους 2-3 λεπτών της μοίρας, έτσι ώστε να παράγει τεχνητές μετατοπίσεις των αντικειμένων στον αμφιβληστροειδή. Και αυτό εξηγεί το λόγο που, όταν κοιτάζουμε τα άστρα, τα βλέπουμε πότε πότε να αναπηδούν —στην πραγματικότητα, αυτά τα άλματα αποτελούν συνέπεια των μικροσκοπικών κινήσεων των ματιών μας.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των ματιών αποτελεί συνέπεια της ανομοιόμορφης κατανομής των φωτοευαίσθητων κυττάρων στον αμφιβληστροειδή. Η περιοχή της οξύτε-

ρης όρασης βρίσκεται στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς και έχει γωνιακό μέγεθος μερικών μόνο μοιρών, ενώ, όσον αφορά τις υπόλοιπες περιοχές του οπτικού πεδίου, το μάτι παρουσιάζει χαμηλό διακριτικό όριο.

Φανταστείτε τώρα ότι είστε ένας κυνηγός που εξερευνά με το βλέμμα του το ακίνητο τοπίο, ελπίζοντας να εντοπίσει κάποιο θήραμα. Το έξυπνο θήραμα μπορεί να διστασθεί τον κίνδυνο που το απειλεί και να αντιδράσει με έναν ιδιαίτερα αποτελεσματικό τρόπο: απλούστατα «παγώνει» στη θέση του, καθιστώντας έτσι τον εντοπισμό του πολύ δυσχερέστερο.

Ας εξετάσουμε και μιαν άλλη δυνατότητα: το θήραμα δεν βλέπει τον κυνηγό και συνεχίζει να βόσκει ήρεμα. Υπάρχουν δύο τρόποι ενέργειας για το μάτι: να προσηλώσει το βλέμμα είτε στο τοπίο είτε στο κινούμενο θήραμα. Εάν τα μάτια προσηλωθούν στο τοπίο, πάνω στον αμφιβληστροειδή δεν κινείται παρά μόνο το είδωλο του θηράματος, το οποίο και αποτελεί το μοναδικό ερέθισμα που διεγείρει τον εγκέφαλο. Στην προκειμένη περίπτωση, το οπτικό σήμα είναι ασθενές —προέρχεται από ένα μικρό μόνο μέρος του αμφιβληστροειδούς. Επιπλέον, η ποιότητα της εικόνας δεν αργεί να υποβαθμιστεί, —το είδωλο σύντομα απομακρύνεται από την περιοχή του αμφιβληστροειδούς που αντιστοιχεί στην οξύτερη όραση.

Η εξέλιξη επέλεξε τον δεύτερο τρόπο ενέργειας: τα μάτια μας προσηλώνονται στο κινούμενο θήραμα και το είδωλό του «κλειδώνεται» σταθερά στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς, στην περιοχή της οξύτερης όρασης. Σ' αυτό τον τρόπο όρασης, πάνω στον αμφιβληστροειδή κινείται το τοπίο, παράγοντας έναν ισχυρό οπτικό καταιγισμό νευρικών ώσεων προς τον εγκέφαλο και διεγείροντας την προσοχή. Πρόκειται για μια τυπική κατάσταση, που ο εγκέφαλος γνωρίζει άριστα πώς να την ερμηνεύσει: το σταθερό είδωλο στο κέντρο του οπτικού πεδίου ανήκει σε ένα κινούμενο αντικείμενο, ενώ το κινούμενο είδωλο που το περιβάλλει αντιπροσωπεύει το ακίνητο τοπίο το οποίο αποτελεί το φόντο!

Ας επιστρέψουμε όμως στο θέμα

μας. Τι συμβαίνει όταν κοιτάζουμε τον νυχτερινό ουρανό και βλέπουμε την ακίνητη Σελήνη (ή ένα φωτεινό άστρο ή έναν πλανήτη) να προβάλλει φευγαλέα μέσα από τα χάσματα που αφήνουν τα ταχέως κινούμενα σύννεφα; Το μάτι (ή, ακριβέστερα, ο εγκέφαλος) αποκρίνεται σ' αυτή την εικόνα με τον συνήθη τρόπο —ερμηνεύει τα σύννεφα ως το στατικό φόντο και τη Σελήνη ως το κινούμενο αντικείμενο. Απαιτείται κάποιος χρόνος και συνειδητή προσπάθεια για να κατασταλεί η οπτική πλάνη, έτσι ώστε να αποκατασταθεί η σωστή εικόνα με τη Σελήνη ακίνητη και με τα σύννεφα να διασχίζουν τον ουρανό. Σε τέτοιες περιπτώσεις, όσοι έχουν εξοικειωθεί με την παρατήρηση αστρονομικών φαινομένων δεν αντιμετωπίζουν το παραμικρό πρόβλημα.

Παρουσιάζει ενδιαφέρον ότι τον ίδιο τρόπο ανίχνευσης του κινούμενου αντικειμένου συναντάμε και ως αρχή λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρονικής σταθεροποίησης εικόνας (EIS) στις φορητές βιντεοκάμερες. Εάν η εικόνα μετατοπιστεί ως σύνολο, το εν λόγω σύστημα την επαναφέρει στα όρια του κάδρου βάσει της υπόθεσης ότι η μετατόπιση προκλήθηκε από κάποιο ακούσιο τράνταγμα του χεριού του εικονολήπτη. Αντίθετα, όταν κινείται μόνο ένα μικρό τμήμα της εικόνας, το σύστημα EIS δεν παρεμβαίνει, βάσει της υπόθεσης ότι αυτή η μετατόπιση αντιπροσωπεύει την κίνηση κάποιου μεμονωμένου αντικειμένου. Επομένως, όταν στρέψουμε τη βιντεοκάμερα σε έναν ουρανό σκεπασμένο από σύννεφα με τη Σελήνη να «παίζει κρυφτό» πίσω τους, η μηχανή θα προσπαθήσει να σταματήσει τα σύννεφα και να αφήσει τη Σελήνη να κινείται —θα συμπεριφερθεί δηλαδή ακριβώς όπως και ο εγκέφαλός μας.

Η λειτουργία της περιφερειακής όρασης

Για να δούμε όσο το δυνατόν καλύτερα ένα αντικείμενο, το κοιτάζουμε κατευθείαν. Το είδωλο προβάλλεται στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς, όπου η πυκνή διάταξη των κωνίων παρέχει έγχρωμη και πολύ ευκρινή όραση. Οτιδήποτε βρίσκεται

εκτός του κεντρικού τμήματος του αμφιβληστροειδούς γίνεται συγκεχυμένο και χάνει τα ζωνηρά χρώματα. Παρά ταύτα, η περιφερειακή όραση έχει τις δικές της αρετές.

Εν πρώτοις, από το κέντρο του αμφιβληστροειδούς λείπουν σχεδόν παντελώς τα εξαιρετικά φωτοευαίσθητα ραβδία. Σπεύδω να σας υπενθυμίσω ότι μόνο χάρη στα ραβδία καθίσταται δυνατή η όραση λυκόφωτος. Αν και τα κωνία αφθονούν στην κεντρική περιοχή του αμφιβληστροειδούς, παρουσιάζουν χαμηλότερη ευαισθησία στο φως από τα ραβδία, επειδή το φασματικό τους εύρος περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο χρώμα. Προς τούτο, η πλήρης κωνίων κεντρική περιοχή του αμφιβληστροειδούς δεν είναι μεγάλη: έχει γωνιακό μέγεθος μερικών μόνο μοιρών. Αντίθετα, η περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς περιέχει πάρα πολλά ραβδία, τα οποία παρουσιάζουν μεν μεγάλη ευαισθησία στο φως αλλά αδυνατούν να διακρίνουν τα χρώματα. Συνεπώς, τη νύχτα η περιφερειακή μας όραση μπορεί να ανιχνεύει αμυδρά αντικείμενα που δεν φαίνονται όταν τα κοιτάζουμε κατευθείαν.

Οι αστρονόμοι συχνά εκμεταλλεύονται την περιφερειακή όραση για να παρατηρήσουν άστρα ή νεφελώματα που είναι τόσο αμυδρά ώστε να παραμένουν αθέατα όταν παρατηρούνται κατευθείαν. Σας προτρέπω να προσπαθήσετε να κάνετε το ίδιο κι εσείς. Συμβουλευτείτε έναν αστρονομικό χάρτη για να προσδιορίσετε τη θέση του νεφελώματος της Ανδρομέδας στην ουράνια σφαίρα (Σχήμα 4). Κατά πάσα πιθανότητα δεν θα καταφέρετε να το δείτε στη θέση που υποδεικνύει ο χάρτης (ειδικά στον ουρανό μιας μεγαλούπολης). Ωστόσο, αν μετατοπίσετε ελαφρώς τα μάτια σας από το στόχο, θα δείτε μian ωοειδή κηλίδα που μοιάζει με τη φλόγα κεριού —αυτή είναι το περίφημο νεφέλωμα της Ανδρομέδας, ένα γιγαντιαίο αστρικό σύστημα παρόμοιο με το γαλαξία μας. Δεν μας εκπλήσσει το γεγονός ότι δύσκολα μπορεί να το διακρίνει κανείς διά γυμνού οφθαλμού. Στην πραγματικότητα, αν υπάρχει κάτι το εκπληκτικό πρόκειται για το ότι κατορθώνουμε να το βλέπου-



Σχήμα 4

Βρείτε το νεφέλωμα της Ανδρομέδας με τη βοήθεια της περιφερειακής σας όρασης. Προσηλώστε τα μάτια σας στο άστρο β Ανδρομέδας ή ελαφρώς αριστερά του.

με —έστω και μόνο χάρη στη βοήθεια της περιφερειακής μας όρασης—, καθόσον απέχουμε από τον εν λόγω γαλαξία εκατοντάδες φορές περισσότερο απ' ό,τι από τα άστρα που σχηματίζουν τους οικείους αστερισμούς.

Συνεπώς, η περιφερειακή όραση αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για τον παρατηρητή των άστρων. Εάν μάθετε πώς να την αξιοποιείτε, θα σας προσφέρει σημαντικές υπηρεσίες. Ωστόσο, το ίδιο φυσιολογικό φαινόμενο μπορεί να παραπλανήσει τον άπειρο. Όταν αντιληφθείτε ένα φωτεινό αντικείμενο στην περιφέρεια του οπτικού σας πεδίου, στρέψετε αυτομάτως το κεφάλι σας για να το εξετάσετε προσεκτικότερα, αλλά τότε πια δεν βλέπετε τίποτε. Μερικές φορές παρόμοια συμβάντα αποτελέσαν την αφορμή για να πλεχθούν μύθοι για την εμφάνιση UFO.

Υπάρχει ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό της περιφερειακής όρασης: έχει καλύτερο χρονικό διακριτικό όριο από την κεντρική όραση. Την αλήθεια αυτού του ισχυρισμού μπορεί να την ελέγξετε και μόνοι σας: κοιτάξτε ένα λαμπτήρα φθορισμού, πρώτα κατευθείαν και κατόπιν με την περιφερειακή σας όραση. Στην πρώτη περίπτωση βλέπετε ένα

σταθερό φως· στη δεύτερη μπορείτε να διακρίνετε το τρεμούλιασμα του φωτός, το οποίο οφείλεται στο ότι η λάμπα τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα (συχνότητας 50-60 Hz) και έτσι η ένταση του εκπεμπόμενου φωτός αυξομειώνεται με διπλάσια συχνότητα. Ένα παρεμφερές πείραμα μπορεί να πραγματοποιηθεί με την οθόνη της τηλεόρασης: όταν την κοιτάζετε κατευθείαν δεν βλέπετε τις γρήγορες εναλλαγές των καρέ, τις οποίες όμως εύκολα παρατηρείτε με την περιφερειακή σας όραση.

Πρέπει να υποθέσουμε ότι αυτό το χαρακτηριστικό της όρασής μας αναπτύχθηκε στην εξελικτική περίοδο κατά την οποία καταδίωκαν τους προγόνους μας πολλοί και επικίνδυνοι θηρευτές που τους επιτίθεντο από πίσω ή από τα πλάγια. Επομένως, το να λειτουργεί ταχύτατα η περιφερειακή όραση και να αναφέρει στον εγκέφαλο τον κίνδυνο χωρίς καθυστέρηση ήταν πολύ σημαντικό για την επιβίωσή τους. Αντίθετα, ελάχιστη σημασία είχε η χαμηλή οξύτητα της περιφερειακής τους όρασης. Λίγο ενδιαφέρει το θήραμα ποιο ακριβώς θηρίο τού επιτίθεται —αν πρόκειται για μια ραβδωτή τίγρη ή μια στικτή λεοπάρδαλη. Εκείνο που έχει ζωτική σημασία για το θήραμα είναι να αντιληφθεί εγκαίρως ότι θα δεχτεί επίθεση, και να απομακρυνθεί από τον κίνδυνο όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Στη σύγχρονη εποχή, πάλι, η ταχεία αντίδραση που προσφέρει η περιφερειακή όραση αποδεικνύεται σημαντική στην οδική κυκλοφορία, τόσο για τους οδηγούς όσο και για τους πεζούς.

Δείτε ακόμη τα άρθρα:

- Pavel Bliokh, «Τι κάνουν τα μικρά αστέρια;», Μάιος/Ιούν. 1994.
- Vladimir Surdin, «Οπτική για ουρανοβάμονες», Νοέμ./Δεκ. 1994.
- D. και L. Tarasov, «Το παιχνίδι του φωτός», Ιούλ./Αύγ. 1996.
- A. Eisenkraft και L. Kirkpatrick, «Δημιουργία χρωμάτων», Ιούλ./Αύγ. 1997.
- A. Mitrofanov, «Μπορείτε να δείτε το μαγνητικό πεδίο;», Σεπτ./Οκτ. 1997.
- N. Novolseltzev, «Ερμηνεύοντας τα θαύματα», Ιούλ./Αύγ. 1998.