

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

## **ΟΠΤΙΚΑ ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΩΝ:**

**ΒΟΛΑΝΑΚΗ ΜΑΡΙΑ**

**ΤΖΗΛΙΟΥ ΧΑΡΙΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**ΚΟΥΤΣΟΘΕΟΔΩΡΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ**



**ΑΙΓΙΟ 2014**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αυτό που βλέπουμε, είναι αυτό που θέλουμε να δούμε και όχι αυτό που πραγματικά υπάρχει. Το μυαλό των ανθρώπων αντιλαμβάνεται πράγματα βασιζόμενο σε αισθητηριακά δεδομένα και σε παρελθοντικές γνώσεις που εφαρμόζονται στην τρέχουσα κατάσταση. Ωστόσο, η όραση, που αποτελεί την κυρίαρχη αίσθηση στους ανθρώπους, αφήνει χώρο σε πολλά λάθη ή ψεύτικες προεκτάσεις, έχοντας ως αποτέλεσμα την ύπαρξη φαινομένων που ονομάζονται «οπτικές ψευδαισθήσεις».

Οι ψευδαισθήσεις αποτελούν πηγές απόλαυσης και θαυμασμού. Είναι εργαλεία ανακάλυψης του μηχανισμού αντίληψης και έχουν απασχολήσει πολύ τους επιστήμονες – προσπαθώντας να τις αποκωδικοποιήσουν – και τους καλλιτέχνες – χρησιμοποιώντας αυτές στα «μαγικά» τους. Συνιστούν έναν θαυμάσιο τρόπο απεικόνισης του πώς η επιστήμη και η τέχνη αναμειγνύονται μεταξύ τους και τους τρόπους που εξαρτώνται η μία από την άλλη.

Η εργασία αυτή, παρουσιάζει μερικές βασικές έννοιες και ιδέες σχετικά με τις ψευδαισθήσεις, τα χαρακτηριστικά τους και τις θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί γύρω από αυτές, ξεκινώντας με την περιγραφή των στοιχείων που αποτελούν τον οφθαλμό, των μηχανισμών όρασης, και συνεχίζοντας με την περιγραφή γνωστών ψευδαισθήσεων.

**Λέξεις Κλειδιά:** Οπτικό σύστημα, μηχανισμός προσαρμογής, μηχανισμός αντίληψης, οπτικές ψευδαισθήσεις, γεωμετρικές ψευδαισθήσεις.

## **ABSTRACT**

What we see, is what we want to see, and not what is actually there. Human minds perceive things based on sensory data and past knowledge, which are applicable to the current situation. However, vision, which is the predominant sense of people, leaves room for many mistakes or false extensions, having as result the existence of phenomenon known as «optical illusions».

Optical illusions are considered as a source of pleasure and admiration. They are discovery tools of the perception mechanism, and have occupied largely the scientists – trying to decode them – and also the artists – using them into their tricks. They present a magnificent depiction way about the bonding of science and art, and also the way they depend on each other.

This essay, presents a few basic concepts and ideas about optical illusions, their characteristics and the theories developed around these, starting with a description of the elements consisting the eye, the vision mechanisms, and continuing with the description of well-known optical and geometrical illusions.

**Key Words:** Visual system, adaptation mechanism, perception mechanism, optical illusions, geometrical illusions.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b><i>i</i></b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b><i>ii</i></b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	<b><i>1</i></b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	<b><i>5</i></b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b><i>11</i></b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ - ΑΝΑΤΟΜΙΑ &amp; ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ</b> .....	<b><i>13</i></b>
1.1 Η Όραση και το Πλήρες Οπτικό Μονοπάτι.....	<b><i>13</i></b>
1.2 Ο Κερατοειδής Χιτώνας και η Πλευρική Αναστολή.....	<b><i>16</i></b>
1.2.1 Παραδείγματα πλευρικής αναστολής.....	<b><i>17</i></b>
1.3 Το Οπτικό Σύστημα .....	<b><i>19</i></b>
1.3.1 Ο Κερατοειδής Χιτώνας.....	<b><i>20</i></b>
1.3.2 Οι Φακοί.....	<b><i>21</i></b>
1.3.3 Η Ίριδα .....	<b><i>21</i></b>
1.3.4 Ο Αμφιβληστροειδής Χιτώνας.....	<b><i>22</i></b>
1.3.5 Η Ωχρά Κηλίδα .....	<b><i>22</i></b>
1.3.6 Το Οπτικό Νεύρο .....	<b><i>22</i></b>
1.4 Οι Μηχανισμοί της Έγχρωμης Όρασης.....	<b><i>23</i></b>
1.4.1 Τριχρωματική Θεωρία.....	<b><i>23</i></b>
1.4.2 Σύγχρονη Θεωρία των Αντίθετων Χρωμάτων .....	<b><i>24</i></b>

1.5 Μηχανισμοί Προσαρμογής.....	26
1.5.1 Προσαρμογή στο Σκοτάδι.....	27
1.5.2 Προσαρμογή στο Φως.....	28
1.6 Διατήρηση της Όρασης.....	29
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΨΕΥΔΑΙΣΘΗΣΕΙΣ.....</b>	<b>31</b>
2.1 Ορισμός Οπτικής Ψευδαίσθησης.....	31
2.2 Χαρακτηριστικά Οπτικής Ψευδαίσθησης.....	32
2.2.1 Ψευδαισθήσεις που Εξαρτώνται από το Χρώμα.....	32
2.2.2 Ψευδαισθήσεις που Εξαρτώνται από την Γεωμετρία.....	33
2.3 Οπτικές Ψευδαισθήσεις και Τέχνη .....	36
2.4 Οι Οπτικές Ψευδαισθήσεις σε σχέση με το Φύλο και την Ηλικία.....	39
2.4.1 Επίδραση του Φύλου.....	40
2.4.2 Επίδραση της Ηλικίας .....	41
2.5 Θεωρίες Ψευδαισθήσεων.....	42
2.6 Οι Νόμοι Gestalt .....	43
2.6.1 Εγγύτητα .....	44
2.6.2 Κλείσιμο.....	45
2.6.3 Ομοιότητα .....	45
2.6.4 Καλή Συνέχεια .....	46
2.7 Ο Νόμος του Weber.....	46
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ - ΣΥΛΛΟΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΨΕΥΔΑΙΣΘΗΣΕΩΝ.....</b>	<b>48</b>

3.1 Ψευδαισθήσεις με Αίσθηση της Κίνησης.....	48
3.2 Ψευδαισθήσεις Εικόνας που έχει ήδη Προβληθεί.....	50
3.3 Η Ψευδαίσθηση Χρώματος και Κίνησης.....	51
3.4 Η Ψευδαίσθηση Εσφαλμένου Χρώματος.....	52
3.5 Η Ψευδαίσθηση Προσκηνίου - Υπόβαθρου.....	52
3.6 Το Στερεοκινητικό Φαινόμενο.....	54
3.7 Η Ψευδαίσθηση της Δακτυλίου Koffka.....	56
3.8 Το Μοτίβο Ehrenstein.....	57
3.9 Νέες Γεωμετρικές Ψευδαισθήσεις.....	5760
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ - «ΔΙΑΣΗΜΕΣ» ΟΠΤΙΚΕΣ ΨΕΥΔΑΙΣΘΗΣΕΙΣ.....</b>	<b>60</b>
4.1 Η Ψευδαίσθηση Still-radii.....	60
4.2 Η Ψευδαίσθηση του Δαρβίνου.....	62
4.3 Η Ψευδαίσθηση Πλέγματος του Hermann.....	66
4.4 Η Ψευδαίσθηση Σπινθηρίζοντος Πλέγματος.....	67
4.5 Ψευδαισθήσεις Meyer.....	67
4.6 Ψευδαισθήσεις Roger Shepard.....	68
4.7 Ψευδαισθήσεις Muller-Lyer.....	71
4.8 Η Ψευδαίσθηση Craik O' Brien.....	71
4.9 Η Ψευδαίσθηση Pacman.....	72
4.10 Η Ψευδαίσθηση Hering και οι Παραλλαγές της.....	73
4.11 Η Ψευδαίσθηση Zollner.....	77

Περιεχόμενα

---

4.12 Η Ψευδαίσθηση Poggendorff.....	79
4.13 Οπτικές Ψευδαισθήσεις του Ponzo.....	80
4.14 Παραδείγματα Οπτικών Ψευδαισθήσεων.....	81
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>85</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>87</b>

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

<b>Εικόνα 1.1</b> – Το οπτικό μονοπάτι. ....	14
<b>Εικόνα 1.2</b> – Το μονοπάτι που ακολουθεί η οπτική πληροφορία.....	15
<b>Εικόνα 1.3</b> – Αναπαράσταση στοιχείων του αμφιβληστροειδούς χιτώνα.....	17
<b>Εικόνα 1.4</b> – Αντίληψη φωτεινότητας σε σχέση με το υπόβαθρο.....	18
<b>Εικόνα 1.5</b> – Δεύτερο παράδειγμα πλευρικής αναστολής.....	19
<b>Εικόνα 1.6</b> – Ανατομία του οφθαλμού. ....	20
<b>Εικόνα 1.7</b> – Σχηματική αναπαράσταση της κωδικοποίησης των κωνικών σημάτων σε σήματα αντίθετων χρωμάτων στο ανθρώπινο οπτικό σύστημα.....	25
<b>Εικόνα 1.8</b> – Καμπύλη προσαρμογής σκότους που δείχνει την ανάκαμψη του κατωφλίου μετά από έκθεση σε φως. Το σπάσιμο στην καμπύλη αναπαριστά το σημείο στο οποίο τα ραβδία γίνονται πιο ευαίσθητα από τα κωνία.....	27
<b>Εικόνα 1.9</b> – Αναπαράσταση της διαδικασίας προσαρμογής στο φως, όπου μία πολύ μεγάλη κλίμακα επιπέδων έντασης των ερεθισμάτων μπορεί να σχηματοποιηθεί σε δυναμική κλίμακα σχετικά περιορισμένης απόκρισης. Οι συμπαγείς καμπύλες δείχνουν μία οικογένεια αποκρίσεων προσαρμογής, η διακεκομμένη καμπύλη δείχνει μία υποθετική απόκριση χωρίς προσαρμογή.....	29

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

<b>Εικόνα 2.1</b> – Οι κλασσικές γεωμετρικές οπτικές ψευδαισθήσεις.....	35
<b>Εικόνα 2.2</b> – α) η ψευδαίσθηση Muller-Lyer, β) Opus 1 (1934) από τον Oscar Reutersvard.....	35



<b>Εικόνα 2.3</b> – Η ψευδαίσθηση Orpel-Kundt. ....	36
<b>Εικόνα 2.4</b> – ΑΧΟ του Vasarely (1977). ....	37
<b>Εικόνα 2.5</b> – Κίνηση των τετραγώνων του Bridget Riley (1961). ....	38
<b>Εικόνα 2.6</b> – Ο ορατά μεγάλος θόλος είναι ένα έργο ψευδαίσθησης της προοπτικής. Του Andrea Pozzo. ....	39
<b>Εικόνα 2.7</b> – Επιδράσεις φύλου στην θεώρηση οπτικών ψευδαισθήσεων. Το ποσοστό των ανθρώπων που επηρεάστηκαν σε κάθε οπτική ψευδαίσθηση. ....	40
<b>Εικόνα 2.8</b> – Επιδράσεις της ηλικίας στην θεώρηση οπτικών ψευδαισθήσεων. Η εικόνα δείχνει το ποσοστό των ανθρώπων διαφορετικής ηλικίας που έχουν επηρεαστεί από κάθε οπτική ψευδαίσθηση. ....	41
<b>Εικόνα 2.9</b> – Τάση να ομαδοποιούμε κοντινά αντικείμενα. ....	44
<b>Εικόνα 2.10</b> – Σύγκριση κεντρικών κύκλων. Ποιος είναι ο μεγαλύτερος; ....	44
<b>Εικόνα 2.11</b> – Τάση των ανθρώπων να θεωρούν κλειστά τα περιγράμματα. ....	45
<b>Εικόνα 2.12</b> – Τάση ομαδοποίησης αντικειμένων με παρόμοιες ιδιότητες. ....	45
<b>Εικόνα 2.13</b> – Τάση απόδοσης των αντικειμένων σε μία οντότητα. ....	46
<b>Εικόνα 2.14</b> – α) Η ανακλώμενη ένταση του φωτός αυξάνει με βήματα ίσης ποσότητας (1, 2, 3, 4, ...) – γραμμική κλίμακα. β) Η ανακλώμενη ένταση του φωτός αυξάνει με βήματα ίσης αναλογίας (1, 2, 4, 8, ...) – λογαριθμική κλίμακα. ....	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ</b>	
<b>Εικόνα 3.1</b> – Ψευδαίσθηση κίνησης – Παράδειγμα 1. ....	49
<b>Εικόνα 3.2</b> - Ψευδαίσθηση κίνησης – Παράδειγμα 2. ....	49
<b>Εικόνα 3.3</b> - Ψευδαίσθηση κίνησης – Παράδειγμα 3. ....	50

<b>Εικόνα 3.4</b> – Ψευδαίσθηση «Afterimage». Μετά από κοίταγμα 30’’ και αλλάζοντας την οπτική κατεύθυνση προς ένα λευκό τοίχο, το υποκείμενο ερωτάται για τον αριθμό των πουλιών που βλέπει στην λευκή κενή επιφάνεια. ....	51
<b>Εικόνα 3.5</b> – Εξαφάνιση τελείας. Τα άτομα ζητήθηκαν να κοιτάζουν την εικόνα για 30’’, ώστε να καθοριστεί το αν μπορούσαν να παρατηρήσουν την μπλε τελεία να γίνεται πιο θολή και στη συνέχεια να εξαφανίζεται.....	51
<b>Εικόνα 3.6</b> – Εσφαλμένο χρώμα. Οι άνθρωποι αφού έχουν κοιτάξει την εικόνα για 10’’, συχνά ερμηνεύουν εσφαλμένα το χρώμα της πρώτης γραμμής ως ανοιχτό πράσινο, λόγω του υπόβαθρου. ....	52
<b>Εικόνα 3.7</b> – Ψευδαισθήσεις προσκηνίου-υπόβαθρου – Μαύρο βάζο ή το προφίλ δύο λευκών προσώπων? .....	53
<b>Εικόνα 3.8</b> - Ψευδαισθήσεις προσκηνίου-υπόβαθρου – Σαξοφωνίστας ή το πρόσωπο μίας νέας γυναίκας? .....	53
<b>Εικόνα 3.9</b> - Ψευδαισθήσεις προσκηνίου-υπόβαθρου – Η λέξη «Liar» ή το πρόσωπο ενός άνδρα? .....	54
<b>Εικόνα 3.10</b> – Στερεοκινητικό φαινόμενο. ....	55
<b>Εικόνα 3.11</b> – Η δακτύλιος Koffka.....	56
<b>Εικόνα 3.12</b> – Μοτίβο του Ehrenstein. ....	57
<b>Εικόνα 3.13</b> – Οπτική ψευδαίσθηση του Ehrenstein. ....	57
<b>Εικόνα 3.14</b> – Ψευδαίσθηση Kindergarten. ....	58
<b>Εικόνα 3. 15</b> – Ψευδαίσθηση Munsterberg. ....	58
<b>Εικόνα 3.16</b> – Απλουστευμένη ψευδαίσθηση Munsterberg .....	59
<b>Εικόνα 3.17</b> – Ψευδαίσθηση σχοινού. ....	59
<b>Εικόνα 3.18</b> – Ψευδαίσθηση Woodhouse – Taylor (Παράδειγμα πρώτο).....	59

Εικόνα 3.19 - Ψευδαίσθηση Woodhouse – Taylor (Παράδειγμα δεύτερο)..... 59

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Εικόνα 4.1 – Ψευδαίσθηση still-radii. a) ομόκεντροι κύκλοι, b) ακτινωτός σχηματισμός, c) κιγκλίδωμα..... 61

Εικόνα 4.2 – Ψευδαίσθηση Δαρβίνου. .... 63

Εικόνα 4.3 – Εξέλιξη της ψευδαίσθησης του Δαρβίνου..... 64

Εικόνα 4.4 – Ψευδαίσθηση του πλέγματος Hermann..... 66

Εικόνα 4.5 – Νέα παραλλαγή του πλέγματος Hermann. .... 66

Εικόνα 4.6 – Ψευδαίσθηση σπινθηρίζοντος πλέγματος. Μία νεότερη παραλλαγή της ψευδαίσθησης του Hermann. .... 67

Εικόνα 4.7 – Οπτική ψευδαίσθηση Meyer. .... 68

Εικόνα 4.8 – Ψευδαίσθηση Roger Shepard. Χαρούμενα και λυπημένα πρόσωπα. .... 69

Εικόνα 4.9 – Ψευδαίσθηση Roger Shepard. Πόσα είναι τα πόδια του ελέφαντα?..... 69

Εικόνα 4.10 - Ψευδαίσθηση Roger Shepard. Τροχός. .... 70

Εικόνα 4.11 - Ψευδαίσθηση Roger Shepard. Αψίδα. .... 70

Εικόνα 4.12 – Ψευδαίσθηση Muller-Lyer. .... 71

Εικόνα 4.13 - Ψευδαίσθηση Craik O’ Brien. Ποια άκρη είναι πιο σκούρα? ..... 72

Εικόνα 4.14 – Ψευδαίσθηση Craik O’ Brien. Και οι δύο άκρες έχουν ακριβώς το ίδιο χρώμα..... 72

Εικόνα 4.15 – Η ένταση του φωτός όπως λαμβάνεται από το όργανο μέτρηση του φωτός, και όπως το αντιλαμβάνεται ο ανθρώπινος οφθαλμός..... 72

<b>Εικόνα 4. 16</b> - Η ψευδαίσθηση Pacman. Μία πράσινη τελεία πρέπει να εμφανιστεί στην κενή θέση και οι μωβ τελείες να εμφανίζονται και να εξαφανίζονται με βάση την κίνηση της πράσινης τελείας. ....	73
<b>Εικόνα 4.17</b> – Ψευδαίσθηση Hering. ....	74
<b>Εικόνα 4.18</b> - Ψευδαίσθηση Hering. ....	75
<b>Εικόνα 4.19</b> – Ψευδαίσθηση Hering. Οι παράλληλες γραμμές εμφανίζονται λοξές.....	75
<b>Εικόνα 4.20</b> – Ψευδαίσθηση Hering. Οι πλευρές του τετραγώνου φαίνεται να καμπυλώνουν προς τα έξω. ....	76
<b>Εικόνα 4.21</b> – Ψευδαίσθηση Hering. Οι πλευρές του τετραγώνου φαίνεται να καμπυλώνουν προς τα μέσα. ....	76
<b>Εικόνα 4.22</b> - Ψευδαίσθηση Hering. Οι παράλληλες γραμμές φαίνεται να καμπυλώνουν προς τα έξω στο κεντρικό τους τμήμα.....	77
<b>Εικόνα 4.23</b> – Ψευδαίσθηση Zollner. Πρώτο παράδειγμα. ....	78
<b>Εικόνα 4.24</b> - Ψευδαίσθηση Zollner. Δεύτερο παράδειγμα. ....	78
<b>Εικόνα 4.25</b> - Ψευδαίσθηση Zollner. Τρίτο παράδειγμα.....	78
<b>Εικόνα 4.26</b> – Ψευδαίσθηση Poggendorff. ....	79
<b>Εικόνα 4.27</b> – Ψευδαίσθηση Poggendorf. ....	80
<b>Εικόνα 4.28</b> – Ψευδαίσθηση του Ponzo. ....	80
<b>Εικόνα 4.29</b> – Παράδειγμα πρώτο. Σκάλα.....	81
<b>Εικόνα 4.30</b> – Παράδειγμα δεύτερο. Βαρέλι.....	81
<b>Εικόνα 4.31</b> – Παράδειγμα τρίτο. Βάτραχοι.....	82
<b>Εικόνα 4.32</b> – Παράδειγμα τέταρτο. Δύο λουλούδια. ....	82

Περιεχόμενα

---

**Εικόνα 4.33** - Παράδειγμα πέμπτο. Πουλάκια που φιλιούνται. .... 83

**Εικόνα 4.34** - Παράδειγμα έκτο. Δύο καλαμάκια..... 83

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πολλοί από εμάς, έχουμε έρθει σε επαφή με οπτικές ψευδαισθήσεις τουλάχιστον μία φορά στη ζωή μας. Εκτός του ότι είναι διασκεδαστική η προσπάθεια επίλυσής τους, οι οπτικές ψευδαισθήσεις έχουν τη δύναμη να ζαλίζουν και να μπερδεύουν, επειδή υπάρχει μία ανεπιφύλακτη εμπιστοσύνη στο ότι αυτό που μας λένε οι αισθήσεις μας, αποτελεί και την φυσική πραγματικότητα.

Οι ψευδαισθήσεις αποτελούν ένα ωραίο παράθυρο στον τρόπο λειτουργίας του μυαλού. Ο Επίχαρμος, 450 χρόνια πριν τη γέννηση του Χριστού, είπε «Το μυαλό βλέπει και ακούει. Τα υπόλοιπα είναι τυφλά και κουφά». Αποτελεί έκπληξη η διαπίστωση πως τα μάτια δεν μπορούν να δουν, μόνο αντιλαμβάνονται πληροφορίες που περνούν στο μυαλό από όπου ξεκινούν αμέτρητες διαδικασίες ταξινόμησης, σύγκρισης και λήψης αποφάσεων.<sup>1</sup>

Οι οπτικές ψευδαισθήσεις είναι συναρπαστικές σχεδόν για όλους τους ανθρώπους, και με την αύξηση του ενδιαφέροντος στην μελέτη του μυαλού, έχουν γίνει πολύ δημοφιλείς. Μερικές οπτικές ψευδαισθήσεις, όπως είναι οι επιδράσεις παραμόρφωσης σε αρχιτεκτονικές δομές μεγάλου μεγέθους, ή η ψευδαίσθηση της σελήνης, έχουν υπάρξει γνωστές από την αρχαιότητα. Πολλά μοτίβα ψευδαίσθησης έχουν δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια. Μερικά από αυτά αποτελούν αισθητικά ευχάριστες παραλλαγές γνωστών εφέ, ενώ άλλα εισάγουν νέα εφέ, με κυρίαρχα στοιχεία την κίνηση και την φωτεινότητα.<sup>2</sup>

Επιστημονική δουλειά πάνω στις οπτικές ψευδαισθήσεις ξεκίνησε τον 19ο αιώνα, όταν οι επιστήμονες ασχολήθηκαν με τη συστηματική μελέτη της αντίληψης, και από τότε, υπήρξε ένα διαρκές ενδιαφέρον. Τι ήταν αυτό που προκάλεσε αυτή την μακροχρόνια προσπάθεια? Σαφέστατα, αποκαλύπτουν κάτι από τους ανθρώπινους περιορισμούς και

---

<sup>1</sup> Διαθέσιμο από: [file:///Y:/resources/optical\\_illusions/read\\_first.html](file:///Y:/resources/optical_illusions/read_first.html) (1 von 2)08.05.2007 10:28:29.

<sup>2</sup> Cornelia Fermüller a,\*, Henrik Malm (2003). Uncertainty in visual processes predicts geometrical optical illusions. Vision Research 44 (2004) 727–749.

από την φύση τους είναι σκοτεινές και συνάμα συναρπαστικές. Όμως, αυτό δεν υπήρξε ο μοναδικός λόγος του επιστημονικού ενδιαφέροντος. Για τους θεωρητικούς της αντίληψης, έχουν χρησιμοποιηθεί ως όργανα ελέγχου για την θεωρία. Μία σημαντική στρατηγική στην εύρεση του πόσο σωστά λειτουργεί η αντίληψη, είναι η παρατήρηση καταστάσεων στις οποίες εμφανίζονται εσφαλμένες εκτιμήσεις. Κάθε θεωρία, για να έχει επιρροή, πρέπει να είναι σύμφωνη με τα γεγονότα της σωστής αντίληψης, αλλά επίσης πρέπει να είναι ικανή να προβλέπει τις αποτυχίες του συστήματος αντίληψης. Στο παρελθόν, η μελέτη των ψευδαισθήσεων διεξαγόταν περισσότερο από ψυχολόγους που προσπαθούσαν να αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με τις αρχές της αντίληψης, τροποποιώντας προσεκτικά το ερέθισμα και ελέγχοντας τις αλλαγές στην οπτική απόδοση. Τα τελευταία χρόνια έχουν ενωθεί με επιστήμονες άλλων πεδίων που σχετίζονται με το ανθρώπινο μυαλό, όπως είναι η νευρολογία, η φυσιολογία, η φιλοσοφία, και οι υπολογιστικές επιστήμες, εξετάζοντας το φαινόμενο από διαφορετικές οπτικές, με τη χρήση διαφορετικών εργαλείων.<sup>3</sup>

Οι οπτικές ψευδαισθήσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση τόσο του φυσικού κόσμου, όσο και του αντιληπτού φυσικού κόσμου. Πολλές οπτικές ψευδαισθήσεις είναι πολύ μαθηματικές και γεωμετρικές στην φύση. Η εφαρμογή δραστηριοτήτων στην αίθουσα διδασκαλίας που περιλαμβάνει τέτοιους τύπους οπτικών ψευδαισθήσεων, θα μπορούσε να διεγείρει πνευματικά, να εμπλουτίσει μαθηματικά και να ερεθίσει την σκέψη πολλών μαθητών.

---

<sup>3</sup> Palmer, S. E. (1999). Vision science: photons to phenomenology. Cambridge, MA: MIT Press.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

---

## *ANATOMIA & ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ*

---

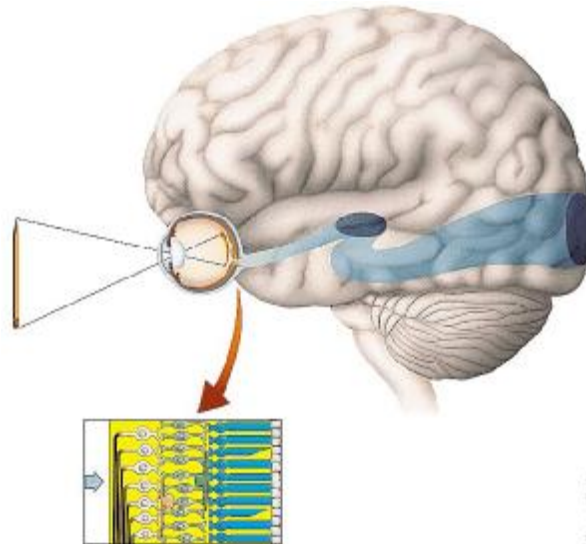
### **1.1 Η Όραση και το Πλήρες Οπτικό Μονοπάτι**

Ο άνθρωπος έχει την τάση να κατασκευάζει εικόνες ασυνείδητα και πολύ γρήγορα. Μερικές φορές, τα μάτια μπορούν ακόμη και να μας εξαπατήσουν! Αυτές οι οπτικές ψευδαισθήσεις αποκαλύπτουν τις υποθέσεις του μυαλού σχετικά με αυτό που βλέπουμε. Ο εγκέφαλος είναι εξίσου γόνιμος όταν χρησιμοποιούμε τις άλλες αισθήσεις μας. Σε στιγμές άγχους, για παράδειγμα, πολλές φορές «ακούμε πράγματα» που στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν. Η αντίληψη του οπτικού κόσμου δεν καθορίζεται μόνο από τα φυσικά ερεθίσματα που παρουσιάζονται στο οπτικό σύστημα ως αμφιβληστροειδική εικόνα, ούτε από τα χαρακτηριστικά του οπτικού συστήματος. Μάλλον, τα ερεθίσματα στο οπτικό σύστημα σπάνε σε διαφορετικά στοιχεία μέσα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Στη συνέχεια, τα διαφορετικά αυτά στοιχεία μεταδίδονται στα διάφορα οπτικά κανάλια και στο οπτικό φλοιό, όπου ο πραγματικός κόσμος επανασυναρμολογείται με βάση τις προηγούμενες εμπειρίες και τις πληροφορίες που συμπίπτουν. Έτσι η όραση δεν είναι απλώς η ενέργεια σχηματισμού της εικόνας ενός αντικειμένου πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Ο εγκέφαλός μας πρέπει να ερμηνεύει την εικόνα.

Οι ακτίνες του φωτός που αντανακλώνται από ένα αντικείμενο – για παράδειγμα, ένα μολύβι – εισέρχονται στον οφθαλμό και περνούν μέσα από τους φακούς του. Οι φακοί προβάλλουν μία αντεστραμμένη εικόνα του μολυβιού μέσα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Τα σήματα που παράγονται από τα κύτταρα ραβδίων και κωνίων μέσα στον



χιτώνα, ξεκινούν μετά την πορεία τους προς τον εγκέφαλο μέσω του οπτικού νεύρου, και φτάνουν σε έναν σημαντικό σταθμό αναμετάδοσης, τον πλευρικό γονάτιο πυρήνα (LGN).<sup>4</sup>



Εικόνα 1. 1 – Το οπτικό μονοπάτι.

Τα σήματα συγκεκριμένων στοιχείων του μολυβιού, ταξιδεύουν στη συνέχεια στις επιλεγμένες περιοχές του κύριου οπτικού φλοιού, ή V1, ο οποίος καμπυλώνει γύρω από μία βαθιά σχισμή στο πίσω μέρος του εγκεφάλου. Από εκεί, τα σήματα διασκορπίζονται σε υψηλότερες περιοχές του φλοιού, που επεξεργάζονται πιο γενικές πτυχές του μολυβιού, όπως το σχήμα του, το χρώμα ή την κίνηση του.

Το οπτικό μονοπάτι ξεκινά στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, και τα σήματα ταξιδεύουν μέσω του ακόλουθου μονοπατιού:

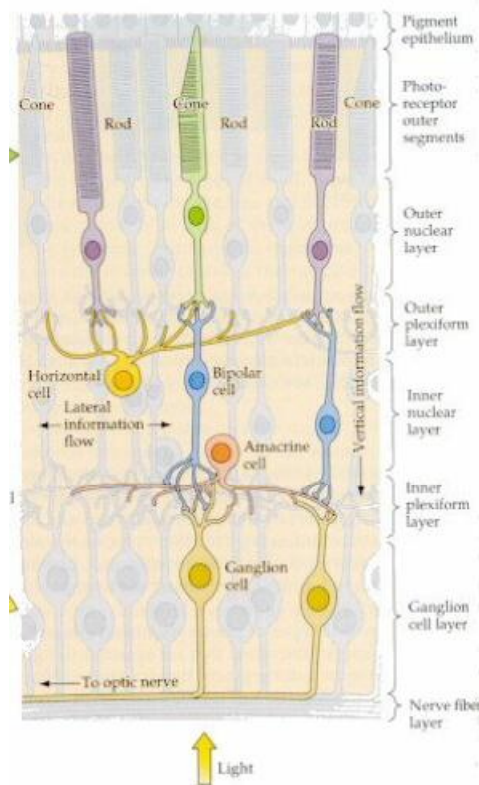
- Θ Φωτοϋποδοχείς.
- Θ Οριζόντια κύτταρα.

---

<sup>4</sup> Processing the image or can you believe what you see? Optical illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.michaelbach.de/ot/mot\\_mib/index.html](http://www.michaelbach.de/ot/mot_mib/index.html)

- Θ Διπολικά κύτταρα.
- Θ Γαγγλιακά κύτταρα.
- Θ Οπτικό νεύρο.
- Θ Οπτικό χάσμα.
- Θ Οπτικός φλοιός του εγκεφάλου.

Μεγάλη προ-επεξεργασία ξεκινά στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Ο χιτώνας αναγνωρίζει γρήγορα τις γραμμές και τα σχήματα. Ο εγκέφαλος αναγνωρίζει γρήγορα πρόσωπα.<sup>5</sup>



Εικόνα 1. 2 – Το μονοπάτι που ακολουθεί η οπτική πληροφορία.

<sup>5</sup> Processing the image or can you believe what you see? Optical illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.michaelbach.de/ot/mot\\_mib/index.html](http://www.michaelbach.de/ot/mot_mib/index.html)

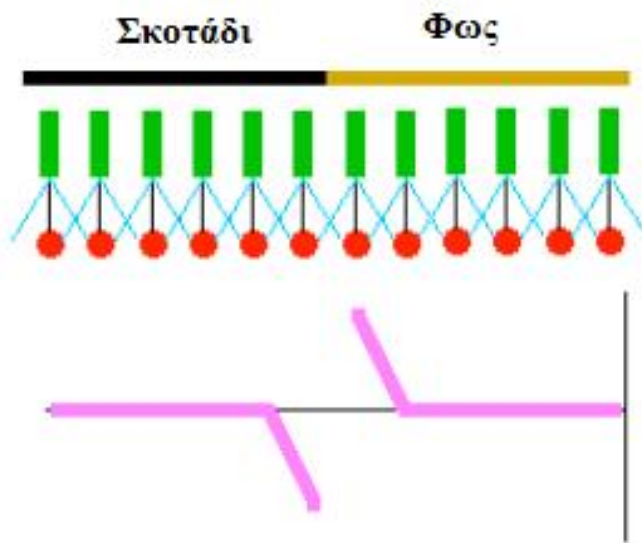
## 1.2 Ο Κερατοειδής Χιτώνας και η Πλευρική Αναστολή

Στην Εικόνα 1.3, τα πράσινα ορθογώνια αναπαριστούν τους φωτοϋποδοχείς, που ο καθένας παράγει ένα σήμα κατάλληλο της ποσότητας του φωτός που πέφτει πάνω του. Τα κόκκινα κυκλάκια, αναπαριστούν τους νευρώνες εξόδου του αμφιβληστροειδή χιτώνα, των οποίων τα σήματα θα πάνε στον εγκέφαλο, μέσω του οπτικού νεύρου. Κάθε νευρώνας εξόδου φαίνεται ως είσοδος υποδοχής από έναν επικείμενο φωτοϋποδοχέα (κάθεται μαύρες γραμμές), όπως και ως ανασταλτική είσοδος από γειτονικούς φωτοϋποδοχείς (λοξές μπλε γραμμές).

Στο κάτω μέρος του σχηματικού, υπάρχει μία αναπαράσταση των σημάτων στους νευρώνες εξόδου (μωβ γραμμές). Οι νευρώνες εξόδου διεγείρονται από έναν επικείμενο φωτοϋποδοχέα, αλλά επίσης αναστέλλονται από γειτονικούς, παρόμοια φωτισμένους φωτοϋποδοχείς. Υποθέτοντας πως το δίκτυο οργανώνεται έτσι ώστε να ισορροπούν οι φωτοϋποδοχείς διέγερσης και αναστολής, οι νευρώνες εξόδου θα έχουν τα ίδια σήματα εξόδου. Μόνο οι νευρώνες που βρίσκονται κοντά στο όριο σκότους/φωτός θα έχουν διαφορετικά σήματα εξόδου.<sup>6</sup>

---

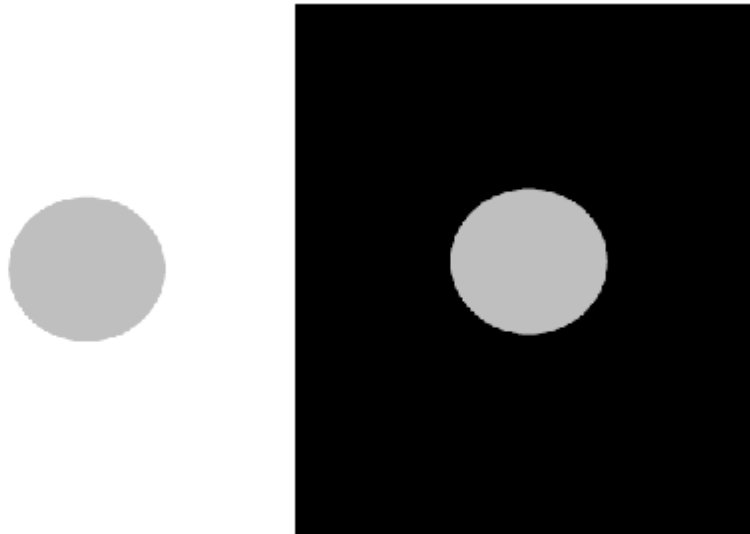
<sup>6</sup> Processing the image or can you believe what you see? Optical illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.michaelbach.de/ot/mot\\_mib/index.html](http://www.michaelbach.de/ot/mot_mib/index.html)



Εικόνα 1. 3 – Αναπαράσταση στοιχείων του αμφιβληστροειδούς χιτώνα.

### 1.2.1 Παραδείγματα πλευρικής αναστολής

Στην παρακάτω Εικόνα βλέπουμε πως όταν ο γκρι κύκλος περιβάλλεται από μαύρο φόντο (δηλαδή πιο σκούρο φόντο), από ότι όταν το φόντο είναι λευκό ή πιο ανοιχτόχρωμο από τον κύκλο. Αυτό αποτελεί την βάση της «Αντίθεσης της ταυτόχρονης φωτεινότητας», όπου η αντιληπτή φωτεινότητα επηρεάζεται από το περιβάλλον (υπόβαθρο).



Εικόνα 1. 4 – Αντίληψη φωτεινότητας σε σχέση με το υπόβαθρο.

Ο λόγος που ο γκρι κύκλος που περιβάλλεται από μαύρο φόντο παρουσιάζεται πιο φωτεινός από εκείνον σε λευκό φόντο είναι γιατί:

- ⊖ Οι φωτοϋποδοχείς συγκρίνουν τους δύο γκρι κύκλους και πιστεύουν πως αυτός στα δεξιά είναι πιο φωτεινός.
- ⊖ Το γειτονικό μαύρο χρώμα γύρω από τον δεξί γκρι κύκλο, εξαλείφει την πλευρική αναστολή και έτσι το γκρι φαίνεται πιο φωτεινό.
- ⊖ Το λευκό γειτονικό υπόβαθρο προκαλεί πλευρική αναστολή, έτσι ο γκρι κύκλος φαίνεται πιο σκούρος.

Δεύτερο παράδειγμα αφορά σε τέσσερα τετράγωνα, στην μέση των οποίων υπάρχουν μικρότερα τετράγωνα που έχουν ακριβώς το ίδιο χρώμα και την ίδια φωτεινότητα. Ο λόγος που εκείνο στο μαύρο υπόβαθρο φαίνεται πως είναι πιο φωτεινό από τα υπόλοιπα, είναι εξαιτίας της αντίθεσης φωτεινότητας μεταξύ του πρώτου πλάνου και του υποβάθρου.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Processing the image or can you believe what you see? Optical illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.michaelbach.de/ot/mot\\_mib/index.html](http://www.michaelbach.de/ot/mot_mib/index.html)



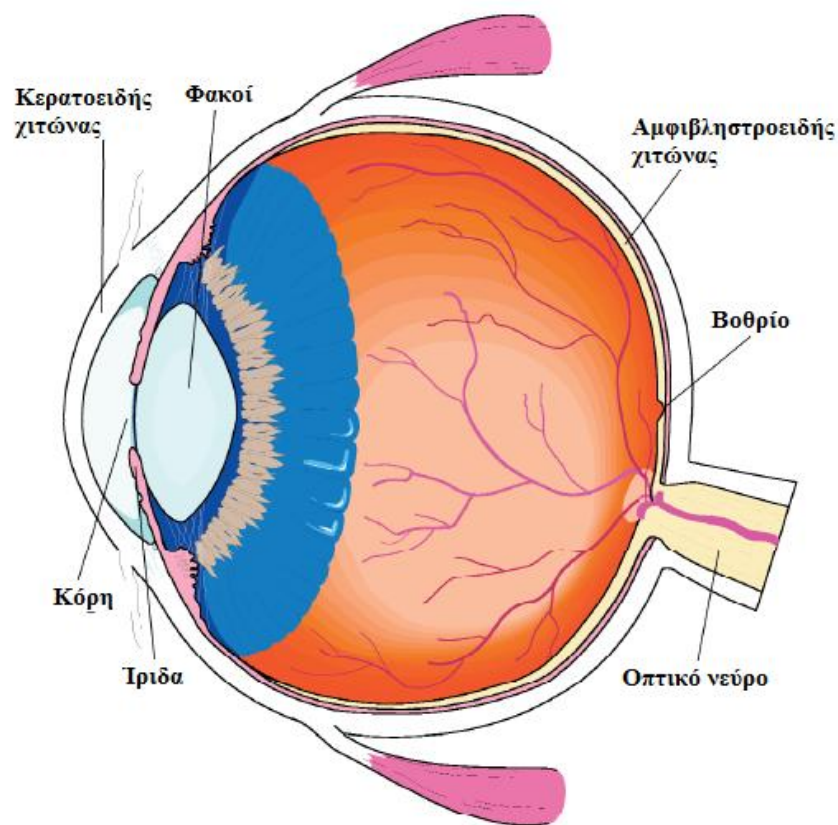
Εικόνα 1. 5 – Δεύτερο παράδειγμα πλευρικής αναστολής.

### 1.3 Το Οπτικό Σύστημα

Η οπτική μας αντίληψη ξεκινά και επηρεάζεται έντονα από την ανατομική δομή του ματιού. Η Εικόνα 1.6 δείχνει μία σχηματική αναπαράσταση της βασικής δομής του ανθρώπινου οφθαλμού. Το ανθρώπινο μάτι ενεργεί σαν μία φωτογραφική μηχανή. Ο κερατοειδής χιτώνας και οι φακοί ενεργούν μαζί σαν τους φακούς μίας μηχανής, για να εστιάσουν ένα αντικείμενο του οπτικού κόσμου πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα στο πίσω μέρος του ματιού, ο οποίος ενεργεί σαν το φιλμ μίας κάμερας. Αυτές, και άλλες δομές έχουν σημαντική επίδραση στην αντίληψη των χρωμάτων.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>



Εικόνα 1. 6 – Ανατομία του οφθαλμού.

### 1.3.1 Ο Κερατοειδής Χιτώνας

Ο καμπυλωτός κερατοειδής χιτώνας κάμπτει το φως μέσα στο μάτι. Είναι σκληρός και διαυγής και προστατεύει τον οφθαλμό από τη σκόνη.<sup>9</sup> Εξυπηρετεί ως το πιο σημαντικό στοιχείο σχεδιασμού των εικόνων, αφού η καμπυλωτή του επιφάνεια στην διεπιφάνεια με τον αέρα, αναπαριστά την μεγαλύτερη αλλαγή στον δείκτη διάθλασης στο οπτικό σύστημα του ματιού. Ο κερατοειδής δεν περιλαμβάνει αγγεία, λαμβάνοντας τα

---

<sup>9</sup> Museum of Vision (2000). Eye openers exploring optical illusions. Foundation of the American Academy of Ophthalmology.

θρεπτικά του στοιχεία από τα περιφερειακά αιμοφόρα αγγεία και από υγρά που τον περιβάλλουν.<sup>10</sup>

### 1.3.2 Οι Φακοί

Οι φακοί είναι διάφανοι και εύκαμπτοι. Αλλάζουν σχήμα για να εστιάσουν το φως μέσα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.<sup>11</sup> Είναι μία πολυεπίπεδη, εύκαμπτη δομή που ποικίλει σε δείκτη διάθλασης. Αποτελεί έναν φυσικό συντελεστή διεύθυνσης του οπτικού στοιχείου, με δείκτη διάθλασης υψηλότερο στο κέντρο των φακών σε σχέση με τις άκρες του. Το χαρακτηριστικό αυτό εξυπηρετεί στην μείωση των αποκλίσεων που μπορεί φυσιολογικά να είναι παρούσες σε ένα απλό οπτικό σύστημα.<sup>12</sup>

### 1.3.3 Η Ίριδα

Η ίριδα είναι το χρωματισμένο τμήμα του ματιού. Έχει δύο μύες που ανοίγουν και κλείνουν, την κόρη.<sup>13</sup> Το χρώμα του ματιού καθορίζεται από την συγκέντρωση και την κατανομή της μελανίνης μέσα στην ίριδα. Η κόρη, που είναι η οπή στην μέση της ίριδος μέσα από την οποία περνά το φως, καθορίζει το επίπεδο φωτεινότητας στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Το μέγεθος της κόρης καθορίζεται κατά μεγάλο βαθμό από το γενικό επίπεδο φωτεινότητας, αλλά είναι σημαντικό να σημειωθεί πως μπορεί επίσης να ποικίλει με την εμφάνιση μη-οπτικών φαινομένων όπως είναι η διέγερση.<sup>14</sup>

---

<sup>10</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>

<sup>11</sup> Museum of Vision (2000). Eye openers exploring optical illusions. Foundation of the American Academy of Ophthalmology.

<sup>12</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>

<sup>13</sup> Museum of Vision (2000). Eye openers exploring optical illusions. Foundation of the American Academy of Ophthalmology.

<sup>14</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>



### 1.3.4 Ο Αμφιβληστροειδής Χιτώνας

Είναι η λωρίδα που βρίσκεται μέσα στο οπίσθιο μέρος του οφθαλμού. Φωτοευαίσθητα κύτταρα που υπάρχουν μέσα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, τα οποία ονομάζονται ραβδία και κωνία, αλλάζουν το φως σε μηνύματα που μπορεί να ερμηνεύσει ο εγκέφαλος.<sup>15</sup> Είναι μία λεπτή στρώση κυττάρων, πυκνότητας περίπου όσο ένα λεπτό χαρτί. Τα κύτταρα αυτά είναι νευρώνες, τμήματα του κεντρικού νευρικού συστήματος, και μπορούν να θεωρηθούν ως τμήμα του εγκεφάλου. Οι φωτοϋποδοχείς, τα ραβδία και τα κωνία, εξυπηρετούν στην μετατροπή της πληροφορίας που είναι παρούσα στην οπτική εικόνα, σε χημικά και ηλεκτρικά σήματα που μπορούν να μεταδοθούν στα μεταγενέστερα τμήματα του οπτικού συστήματος. Τα σήματα αυτά, στη συνέχεια επεξεργάζονται από ένα δίκτυο κυττάρων και μεταδίδονται στον εγκέφαλο μέσω του οπτικού νεύρου.<sup>16</sup>

### 1.3.5 Η Ωχρά Κηλίδα

Η ωχρά κηλίδα εξυπηρετεί στην προστασία του αμφιβληστροειδούς χιτώνα από έντονες εκθέσεις σε ενέργεια μικρού μήκους κύματος. Μπορεί ακόμη να εξυπηρετεί στην μείωση των επιδράσεων της χρωματικής εκτροπής που προκαλεί την εικόνα μικρού μήκους κύματος να είναι εκτός εστίασης τον περισσότερο χρόνο.<sup>17</sup>

### 1.3.6 Το Οπτικό Νεύρο

---

<sup>15</sup> Museum of Vision (2000). Eye openers exploring optical illusions. Foundation of the American Academy of Ophthalmology.

<sup>16</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>

<sup>17</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>

Το οπτικό νεύρο μεταφέρει τα μηνύματα από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα στον εγκέφαλο.<sup>18</sup> Είναι η τελευταία δομή του οφθαλμού και είναι φτιαγμένο από τις εξόδους των γαγγλιακών κυττάρων, το τελευταίο επίπεδο της νευρικής επεξεργασίας μέσα στον αμφιβληστροειδή. Είναι φτιαγμένο από περίπου ένα εκατομμύριο ίνες, και μεταφέρει πληροφορίες που παράγονται από περίπου 130 εκατομμύρια φωτοϋποδοχείς. Αφού το οπτικό νεύρο καταλαμβάνει ολόκληρο τον χώρο που φυσιολογικά θα κατοικούσαν από φωτοϋποδοχείς, υπάρχει μία μικρή περιοχή σε κάθε μάτι, στην οποία δεν διαδραματίζεται καμία οπτική διέγερση. Η περιοχή αυτή είναι γνωστή ως «τυφλή περιοχή».<sup>19</sup>

## 1.4 Οι Μηχανισμοί της Έγχρωμης Όρασης

Ιστορικά, υπήρξαν πολλές θεωρίες που επιχειρούν να εξηγήσουν την λειτουργία της έγχρωμης όρασης. Μία σύντομη ματιά με μερικές σύγχρονες έννοιες, παρέχει χρήσιμες γνώσεις.<sup>20</sup>

### 1.4.1 Τριχρωματική Θεωρία

Στο δεύτερο μισό του 19<sup>ου</sup> αιώνα, αναπτύχθηκε η τριχρωματική θεωρία της έγχρωμης όρασης, βασισμένη στην εργασία των Maxwell, Young και Helmholtz. Αυτοί αναγνώρισαν πως πρέπει να υπάρχουν τρεις τύποι φωτοϋποδοχέων, προσεγγιστικά ευαίσθητοι στην κόκκινη, στην πράσινη και στην μπλε περιοχή του φάσματος. Η τριχρωματική θεωρία, υπέθετε απλά πως τρεις εικόνες του κόσμου σχηματοποιούνταν από αυτές τις τρεις ομάδες φωτοϋποδοχέων και στη συνέχεια μεταφέρονταν στον

---

<sup>18</sup> Museum of Vision (2000). Eye openers exploring optical illusions. Foundation of the American Academy of Ophthalmology.

<sup>19</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>

<sup>20</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>

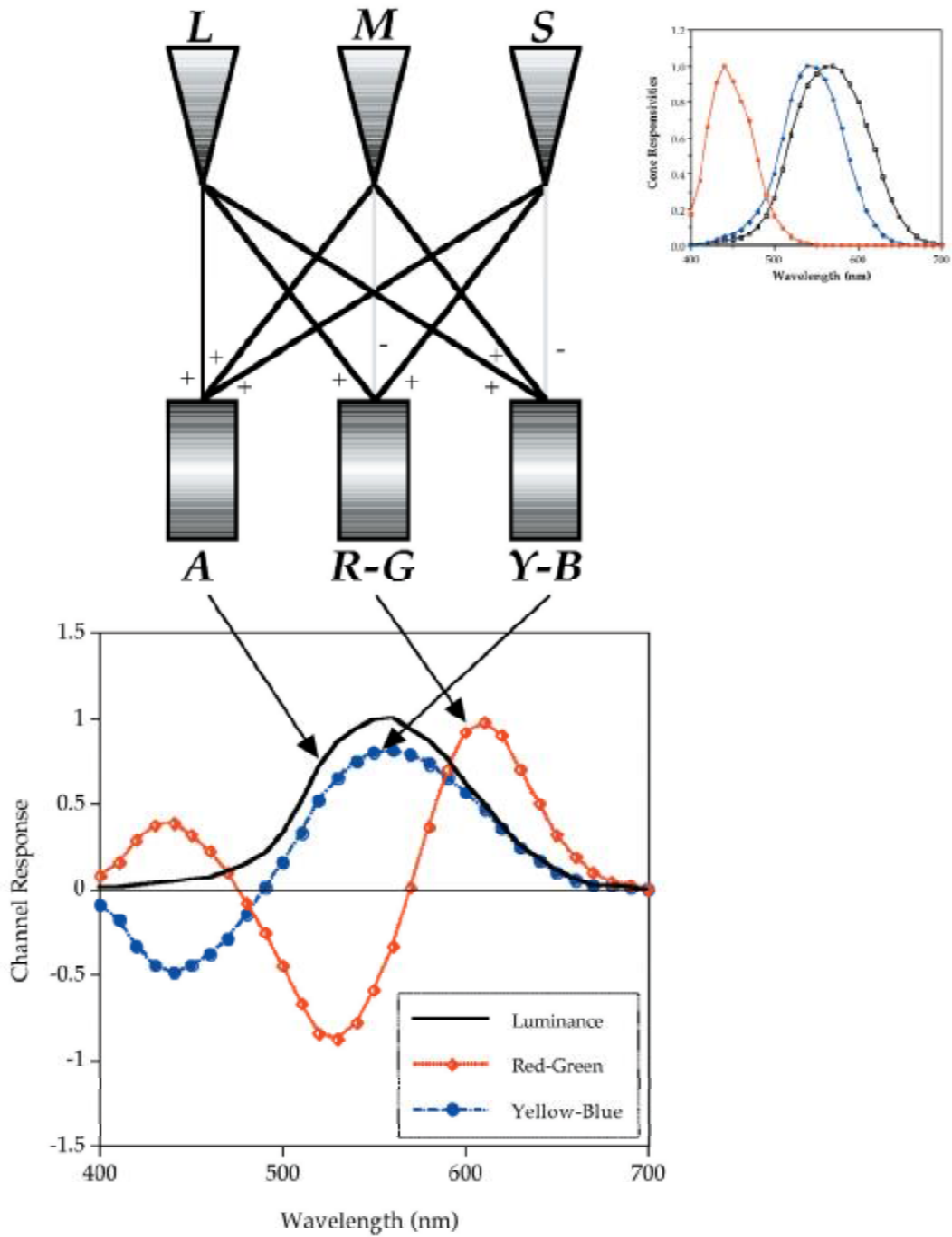
εγκέφαλο, όπου οι αναλογίες των σημάτων σε καθεμία από τις εικόνες, συγκρινόταν έτσι ώστε να ξεκαθαριστούν οι εμφανίσεις του χρώματος. Η τριχρωματική φύση της έγχρωμης όρασης, δεν αμφισβητούταν, αλλά η ιδέα τριών εικόνων να μεταδίδονται στον εγκέφαλο, είναι ανεπαρκής, αλλά και αποτυγχάνει στην εξήγηση πολλών οπτικά παρατηρούμενων φαινομένων.<sup>21</sup>

### 1.4.2 Σύγχρονη Θεωρία των Αντίθετων Χρωμάτων

Στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αναβίωσε η θεωρία αντιθέτων του Hering, όταν εμφανίστηκαν ποσοτικά δεδομένα που την υποστήριζαν. Για παράδειγμα, ο Svaetichin (1956) ανακάλυψε αντίθετα σήματα στις ηλεκτροφυσιολογικές μετρήσεις των αποκρίσεων μέσα στους αμφιβληστροειδείς του χρυσόψαρου (τα οποία ήταν τριχρωματικά). Ο DeValois και οι συνεργάτες του (1958), ανακάλυψαν παρόμοιες αντίθετες φυσιολογικές αποκρίσεις στα κύτταρα LNG ενός είδους πιθήκου. Οι Jameson και Hurvich (1955), πρόσθεσαν επίσης ποσοτικά ψυχοφυσιολογικά δεδομένα μέσω των πειραμάτων τους με ανθρώπους παρατηρητές, που επέτρεψαν την μέτρηση των σχετικών φασματικών ευαισθησιών σε αντίθετα μονοπάτια. Τα δεδομένα αυτά, σε συνδυασμό με την αμέριστη υποστήριξη επιπρόσθετης έρευνας, οδήγησαν στην ανάπτυξη της σύγχρονης θεωρίας των αντίθετων χρωμάτων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.7.

---

<sup>21</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>



Εικόνα 1. 7 – Σχηματική αναπαράσταση της κωδικοποίησης των κωνικών σημάτων σε σήματα αντίθετων χρωμάτων στο ανθρώπινο οπτικό σύστημα.

Η παραπάνω Εικόνα παρουσιάζει πως το πρώτο επίπεδο της έγχρωμης όρασης, οι υποδοχείς, είναι πράγματι τριχρωματικό, όπως είχε υποτεθεί από τους Maxwell, Young

και Helmholtz. Ωστόσο, σε αντίθεση με την απλή τριχρωματική θεωρία, οι τρεις εικόνες «διαχωρισμού του χρώματος» δεν μεταδίδονται απευθείας στον εγκέφαλο. Αντί για αυτό, οι νευρώνες του αμφιβληστροειδούς (και ίσως τα υψηλότερα επίπεδα) κωδικοποιούν το χρώμα μέσα στα αντίθετα σήματα. Τα αποτελέσματα και των τριών τύπων κωνίων προστέθηκαν (L+M+S) για να παράγουν μία άχρωμη αντίδραση που ταιριάζει στην καμπύλη CIE V(λ), εφόσον η πρόσθεση λήφθηκε σε αναλογία με τους σχετικούς πληθυσμούς των τριών τύπων κωνίων. Ο μετασχηματισμός από τα σήματα LMS στα αντίθετα σήματα εξυπηρετεί στην μείωση της συσχέτισης της χρωματικής πληροφορίας που μεταφέρεται στα τρία κανάλια, επιτρέποντας την πιο αποδοτική μετάδοση του σήματος και μειώνοντας τις δυσκολίες με τον θόρυβο.

Η σπουδαιότητα του μετασχηματισμού από τριχρωματικά σε αντίθετα σήματα για την εμφάνιση του χρώματος, αντανακλά στην εξέχουσα θέση που κερδίζει κατά τον σχηματισμό όλων των μοντέλων εμφάνισης των χρωμάτων. Η Εικόνα 1.7 δεν συμπεριλαμβάνει μόνο ένα σχηματικό διάγραμμα της νευρικής αντιστοίχισης (καλωδίωσης) που παράγει αντίθετες αποκρίσεις, αλλά επίσης τις σχετικές φασματικές ανταποκρίσεις αυτών των μηχανισμών πριν και μετά την κωδικοποίηση των αντιθέτων.<sup>22</sup>

## 1.5 Μηχανισμοί Προσαρμογής

Σε αυτό το σημείο πρέπει να θεωρηθούν οι δυναμικοί μηχανισμοί της προσαρμογής, που εξυπηρετούν στην βελτίωση της οπτικής απόκρισης στο συγκεκριμένο περιβάλλον θεώρησης. Παρακάτω θα περιγραφούν οι μηχανισμοί προσαρμογής στο σκότος και στο φως.<sup>23</sup>

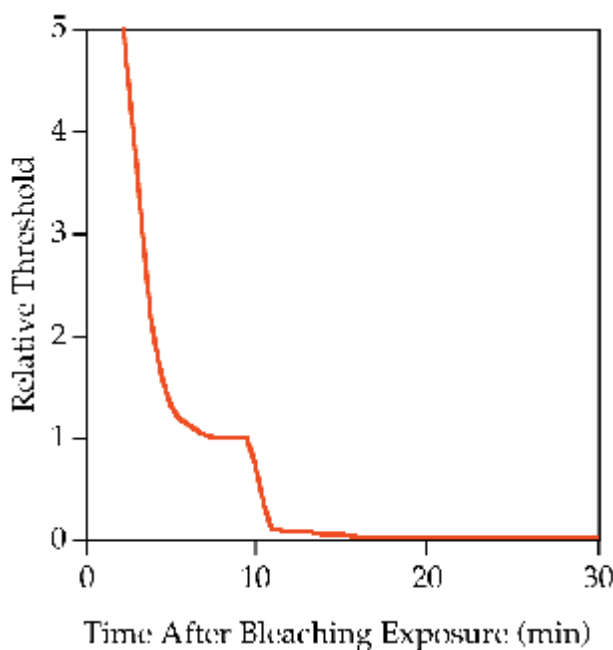
---

<sup>22</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>

<sup>23</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>

### 1.5.1 Προσαρμογή στο Σκοτάδι

Η προσαρμογή στο σκότος αναφέρεται στην αλλαγή της οπτικής ευαισθησίας που συμβαίνει όταν το κυρίαρχο επίπεδο φωτισμού μειώνεται, όπως όταν περπατάμε σε ένα σκοτεινό θέατρο ένα ηλιόλουστο απόγευμα. Στην αρχή ολόκληρο το θέατρο φαίνεται εντελώς σκοτεινό, αλλά μετά από μερικά λεπτά μπορούμε καθαρά να δούμε τα αντικείμενα και τους ανθρώπους που βρίσκονται στον χώρο. Αυτό συμβαίνει επειδή το οπτικό σύστημα αποκρίνεται στην έλλειψη φωτισμού, με το να γίνεται πιο ευαίσθητο και συνεπώς ικανό να παράγει μία οπτική απόκριση σε ένα χαμηλότερο επίπεδο φωτισμού.



Εικόνα 1. 8 – Καμπύλη προσαρμογής σκότους που δείχνει την ανάκαμψη του κατωφλίου μετά από έκθεση σε φως. Το σπάσιμο στην καμπύλη αναπαριστά το σημείο στο οποίο τα ραβδία γίνονται πιο ευαίσθητα από τα κωνία.

Η Εικόνα 1.8 δείχνει την ανάκαμψη της οπτικής ευαισθησίας μετά από μετάβαση από ένα εξαιρετικά φωτεινό επίπεδο, στο απόλυτο σκοτάδι. Πρώτα, τα κωνία γίνονται σταδιακά πιο ευαίσθητα. Μετά, αφού περάσουν περίπου 10 λεπτά, η οπτική ευαισθησία είναι σχεδόν σταθερή. Στο σημείο αυτό, το σύστημα των ραβδίων, με μεγαλύτερο

χρόνο ανάκαμψης, έχουν ανακάμψει αρκετή ευαισθησία ώστε να ξεπεράσουν τα κωνία και έτσι τα ραβδία αρχίζουν να ελέγχουν την γενική ευαισθησία. Η ευαισθησία των ραβδίων συνεχίζει να βελτιώνεται μέχρι που γίνεται ασύμπτωτη, μετά από περίπου 30 λεπτά.<sup>24</sup>

### 1.5.2 Προσαρμογή στο Φως

Η προσαρμογή στο φως είναι ουσιαστικά η αντίθετη διαδικασία της προσαρμογής στο σκοτάδι. Ωστόσο, είναι σημαντικό να θεωρηθεί ξεχωριστά, αφού διαφέρουν οι οπτικές της ιδιότητες. Η προσαρμογή στο φως συμβαίνει όταν αφήνουμε το σκοτεινό θέατρο και επιστρέφουμε στο εξωτερικό περιβάλλον, που είναι ένα ηλιόλουστο απόγευμα. Στην περίπτωση αυτή, το οπτικό σύστημα πρέπει να γίνει λιγότερο ευαίσθητο ώστε να παράγει χρήσιμες αντιλήψεις, αφού υπάρχει διαθέσιμη σημαντικά περισσότερη οπτική ενέργεια.

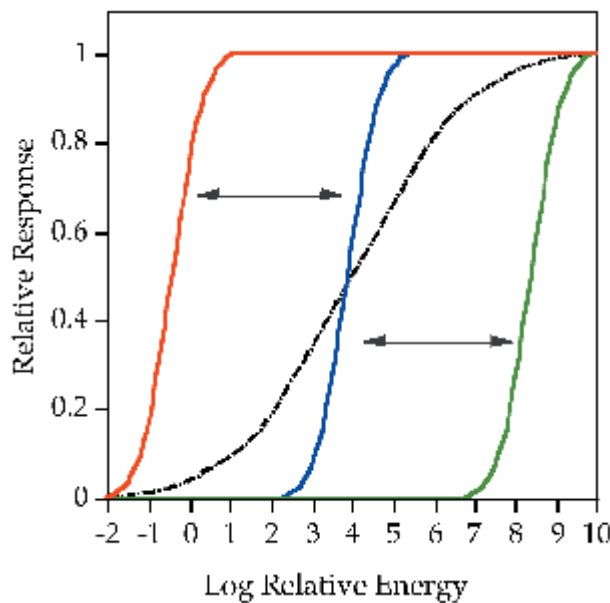
Οι ίδιοι φυσιολογικοί μηχανισμοί εξυπηρετούν την προσαρμογή φωτός, αλλά υπάρχει μία ασυμμετρία στις πρόσθιες και οπίσθιες κινητικές, που έχουν ως αποτέλεσμα στο πεδίο του χρόνου, η προσαρμογή στο φως να είναι της τάξης των 5 λεπτών και όχι των 30. Η Εικόνα 1.9 δείχνει την χρησιμότητα της προσαρμογής στο φως. Το οπτικό σύστημα έχει ένα δυναμικό πεδίο περιορισμένης εξόδου, ας πούμε 100:1, διαθέσιμο για τα σήματα που παράγουν τις αντιλήψεις μας. Ωστόσο, ο κόσμος μέσα στον οποίο λειτουργούμε συμπεριλαμβάνει επίπεδα φωτισμού που καλύπτουν τουλάχιστον 10 τάξεις μεγέθους από μία έναστρη νύχτα έως ένα ηλιόλουστο απόγευμα. Ευτυχώς, συνήθως δεν είναι σημαντικό να δούμε ολόκληρη την κλίμακα των επιπέδων φωτισμού την ίδια στιγμή. Αν χρησιμοποιούταν μία μονή αντίδραση για να σχηματοποιήσει το μεγάλο εύρος των εντάσεων διέγερσης μέσα στην έξοδο του οπτικού συστήματος, τότε θα χρησιμοποιούταν μόνο ένα μικρό πεδίο των διαθέσιμων εξόδων για κάθε δεδομένη σκηνή. Μία τέτοια απόκριση φαίνεται με την διακεκομμένη γραμμή στην παρακάτω

---

<sup>24</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>

Εικόνα. Σαφώς, με τέτοια συνάρτηση απόκρισης, η αντιληπτή αντίθεση κάθε δεδομένης σκηνής θα ήταν περιορισμένη και η οπτική ευαισθησία στις αλλαγές θα μειωνόταν σημαντικά λόγω προβλημάτων με την αναλογία σήματος προς θόρυβο.

Από την άλλη πλευρά, η προσαρμογή στο φως εξυπηρετεί στην παραγωγή μίας οικογένειας από καμπύλες οπτικών αποκρίσεων. Αυτές οι καμπύλες σχηματοποιούν την χρήσιμη κλίμακα φωτισμού σε κάθε δεδομένη σκηνή μέσα στο πλήρες δυναμικό πεδίο της οπτικής εξόδου.<sup>25</sup>



Εικόνα 1. 9 – Αναπαράσταση της διαδικασίας προσαρμογής στο φως, όπου μία πολύ μεγάλη κλίμακα επιπέδων έντασης των ερεθισμάτων μπορεί να σχηματιστεί σε δυναμική κλίμακα σχετικά περιορισμένης απόκρισης. Οι συμπαγείς καμπύλες δείχνουν μία οικογένεια αποκρίσεων προσαρμογής, η διακεκομμένη καμπύλη δείχνει μία υποθετική απόκριση χωρίς προσαρμογή.

## 1.6 Διατήρηση της Όρασης

Η διατήρηση της όρασης είναι η ικανότητα του οφθαλμού να συνεχίζει να βλέπει την εικόνα ενός αντικειμένου για κλάσματα δευτερολέπτου, αφού το αντικείμενο έχει εξαφανιστεί από μπροστά του. Η εικόνα ενός αντικειμένου μένει στον

---

<sup>25</sup> Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>



αμφιβληστροειδή χιτώνα, ακόμη και αφού έχετε σταματήσει να το κοιτάτε. Τα μάτια και ο εγκέφαλος στην πραγματικότητα διατηρούν μία οπτική εντύπωση για περίπου 1/30 κλάσματα του δευτερολέπτου.

Η αρχή της διατήρησης της όρασης χρησιμοποιούταν στη δημιουργία κίνησης της εικόνας και στα κινούμενα σχέδια. Οι ταινίες γίνονται από σειρές ξεχωριστών εικόνων, που εμφανίζονται στην οθόνη σε ταχύτητα των 24 ανά δευτερόλεπτο. Όταν βλέπουμε μία ταινία, κάθε εικόνα καθυστερεί στον αμφιβληστροειδή τόσο ώστε να συγχωνεύεται με την επόμενη, και έτσι έχουμε την ψευδαίσθηση της κίνησης. Ακόμη, δεν προσέχουμε πως η οθόνη της ταινίας είναι σκοτεινή κατά τη διάρκεια σχεδόν του μισού της χρόνου.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Museum of Vision (2000). Eye openers exploring optical illusions. Foundation of the American Academy of Ophthalmology.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

---

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΨΕΥΔΑΙΣΘΗΣΕΙΣ

---

#### 2.1 Ορισμός Οπτικής Ψευδαίσθησης

Ψευδαίσθηση είναι η τεχνική που χρησιμοποιείται για να υλοποιηθεί το κενό, το τίποτα, το αδύνατο. Ωστόσο, η ψευδαίσθηση απαιτεί ένα ολόκληρο σύνολο μηχανισμών του χρόνου, προκειμένου να επιτύχει τον σκοπό της. Έτσι, η κενότητα και οι μηχανισμοί αυτοί υποφέρουν από ένα ζωτικό παράδοξο. Και τα δύο αρνούνται το ένα το άλλο προκειμένου να διατηρήσουν την ύπαρξή τους, αν και σχετίζονται στενά.

Στην περίπτωση επομένως μίας ψευδαίσθησης και ενός μυστικού, και με ένα ακροατήριο, η κοινωνική νομιμοποίηση και η κωδικοποίηση της ψευδαίσθησης γίνεται ένα επείγον ζήτημα. Μία παράσταση ή ένα θέαμα προσδιορίζεται από το ότι γίνεται ομόφωνα αντιληπτό, και φαίνεται να υπάρχουν τρεις οδοί σε αυτό:

1. Μέσα από την επιστημονική φύση των μηχανισμών.
2. Μέσω της περιορισμένης πρόσβασης στους πόρους του συστήματος, των μυστικών και των συνταγών.
3. Τοποθετώντας τον θεατή μέσα στον μηχανισμό ψευδαίσθησης, σαν να είναι φυσική του προέκταση, όντας υποχρεωμένος να αντιληφθεί και στη συνέχεια να ενεργήσει μέσα στην ίδια την ψευδαίσθηση κατά έναν σχεδόν παρά-οργανικό τρόπο.

Το φαινόμενο των ψευδαισθήσεων όπως το αντιλαμβανόμαστε σήμερα, άρχισε να αναζητεί την σημερινή του μορφή κατά τον 17<sup>ο</sup> αιώνα. Στον κόσμο της Baroque τέχνης, η αναπτυσσόμενη σημασία των οπτικών τεχνασμάτων όπως είναι η αναμόρφωση, η

οφθαλμαπάτη, οι άπειρες προοπτικές στον τομέα της αρχιτεκτονικής, κλπ. καθόρισε μία νέα προσέγγιση από καλλιτέχνες σχετικά με την ιδέα της πραγματικότητας και την υποκειμενική αντίληψη. Αυτές οι τεχνικές είναι αναπόσπαστο μέρος των αντιλήψεών μας για την σημερινή κοινωνική αναπαράσταση.

Η ψευδαίσθηση, η μαγεία και τα ξόρκια αποτέλεσαν εύφορο έδαφος για την εμφάνιση και την ανάπτυξη των τεχνικών θεάματος, όπως είναι η φωτογραφία και το σινεμά. Στην πραγματικότητα, οι περισσότεροι πειραματικοί κινηματογραφιστές ήταν θαυματοποιοί πριν στραφούν προς την κίνηση της εικόνας. Το γεγονός αυτό έχει συχνά σημειωθεί, αλλά δεν δόθηκε καμία ιδιαίτερη έμφαση στις επιπτώσεις που θα είχε στην αντίληψη του οπτικού μηχανισμού.<sup>27</sup>

## 2.2 Χαρακτηριστικά Οπτικής Ψευδαίσθησης

Οι οπτικές ψευδαισθήσεις έχουν ως σκοπό να ξεγελάσουν το μυαλό. Ωστόσο, ο τρόπος με τον οποίο το κάνουν διαφέρει σε κάθε ψευδαίσθηση. Οι ψευδαισθήσεις μπορούν να ταξινομηθούν βασισμένες στα δύο βασικά τους χαρακτηριστικά, που είναι το χρώμα και η γεωμετρία. Κάποιος μπορεί να σκεφτόταν πως όσο περισσότερα χαρακτηριστικά έχει μία ψευδαίσθηση, τόσο το καλύτερο, αλλά χρησιμοποιώντας όλα τα χαρακτηριστικά μπορεί να διαταρασσόταν η ισορροπία, κάνοντας την ψευδαίσθηση περίπλοκη.<sup>28</sup>

### 2.2.1 Ψευδαισθήσεις που Εξαρτώνται από το Χρώμα

Το πρώτο χαρακτηριστικό για μία οπτική ψευδαίσθηση είναι η αντίθεση. Η θεωρία πίσω από αυτό, είναι ότι ένα χρώμα φαίνεται να είναι διαφορετικό όταν είναι σε παράθεση με δύο διαφορετικά χρώματα. Ο τύπος της αντίθεσης που παρουσιάζεται εδώ είναι η ταυτόχρονη αντίθεση. Η ταυτόχρονη αντίθεση χρησιμοποιείται σε μετά-εικόνες.

---

<sup>27</sup> JL Marzo (1998). Illusion and Ideology in the Vision Machine. Miró Foundation, Barcelona.

<sup>28</sup> Andrew Ilyas and Nikhil Patil (2012). Optical Illusions - Does Colour affect the illusion?

Γενικά, όταν εκτιθέμεθα σε ένα χρώμα για κάποια ώρα, και στη συνέχεια κοιτάζουμε σε μία λευκή επιφάνεια, θα φαίνεται σαν να βλέπουμε ένα συμπληρωματικό χρώμα του αρχικού. Μερικοί καλλιτέχνες ψευδαισθήσεων χρησιμοποιούν την αντίθεση πάνω από άλλα χαρακτηριστικά, έτσι ώστε να μπερδεύουν ακόμη και μετά το κοίταγμα της ψευδαίσθησης.<sup>29</sup>

Το επόμενο χαρακτηριστικό χρώματος είναι η αισθητηριακή εξάντληση, επίσης γνωστή και ως ανάπτυξη και φθορά της αίσθησης. Ένα παράδειγμα αυτού είναι η ψευδαίσθηση του περιστρεφόμενου δίσκου. Στην ψευδαίσθηση αυτή, ένας δίσκος με σπειροειδές μοτίβο, γυρίζει πολύ γρήγορα. Κοιτάζοντας το κέντρο του δίσκου για 30 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια σταματώντας, κάποιος μπορεί να νομίσει πως γυρίζει ο κόσμος γύρω του. Ο τρόπος λειτουργίας αυτών των ψευδαισθήσεων είναι πως το μάτι έχει δύο ξεχωριστούς ανιχνευτές για να αισθάνεται την κίνηση σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Συνήθως, αυτοί οι δύο αισθητήρες ισορροπούν. Ωστόσο, κοιτάζοντας συνεχόμενα την σπείρα, οι ανιχνευτές των ματιών κουράζονται, και παραμένουν αδρανοποιημένοι όταν το μάτι εστιάζει σε ένα σταθερό αντικείμενο. Οι αισθητήρες αποτυγχάνουν να ισορροπούν, δίνοντας ένα εφέ κίνησης. Υπάρχουν πολλές ακόμη ψευδαισθήσεις που χρησιμοποιούν αυτή την τεχνική, όπως είναι ο δίσκος του Benham, και το φαινόμενο του καταρράκτη (Waterfall).<sup>30</sup>

### 2.2.2 Ψευδαισθήσεις που Εξαρτώνται από την Γεωμετρία

Ο όρος γεωμετρικές οπτικές ψευδαισθήσεις, επινοήθηκε από τον Oppel.<sup>31</sup> Ο όρος χρησιμοποιείται σήμερα για κάθε ψευδαίσθηση που μπορεί να φανεί σε γραμμικά σχέδια. Διάσημες ψευδαισθήσεις αυτής της τάξης συμπεριλαμβάνουν την ψευδαίσθηση

---

<sup>29</sup> Luckiesh, M. (1992). Visual illusions: Their causes, characteristics and applications. D. Van Nostrand Company.

<sup>30</sup> 4M. (2006). Illusion science. Booklet.

<sup>31</sup> J.J. Oppel. Über geometrisch-optische täuschungen. *Jahresbericht phys. ver. Frankfurt*, pages 37–47, 1855.

Müller-Lyer<sup>32</sup>, η σπείρα Fraser,<sup>33</sup> και οι ψευδαισθήσεις Poggendorf και Zollner<sup>34</sup>. Το εφέ αντίθεσης συμπεριλαμβάνεται επίσης στην τάξη αυτή.<sup>35</sup>

Οι ψευδαισθήσεις αυτές συνήθως παρουσιάζονται άχρωμες, ως μαύρες γραμμές πάνω σε λευκό φόντο.<sup>36</sup> Ίδιας φωτεινότητας μεταβλητές αυτών των ψευδαισθήσεων έχουν χρησιμοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα για να διερευνηθούν οι παράγοντες που συνεισφέρουν στην δημιουργία τους.<sup>37</sup> Πρώιμες έρευνες με γεωμετρικές-οπτικές ψευδαισθήσεις ίδιας φωτεινότητας έχουν εστιάσει στο αν η ακτινοβολία, πχ. η εμφανής αύξηση των πιο φωτεινών περιοχών σε μέγεθος, μπορεί να συμβάλει στην ψευδαίσθηση.<sup>38</sup> Πιο πρόσφατα έχουν γίνει προσπάθειες για τη διασύνδεση των γεωμετρικών-οπτικών ψευδαισθήσεων με την φυσιολογία της πρώιμης οπτικής επεξεργασίας.<sup>39</sup>

---

<sup>32</sup> F.C. Müller-Lyer. Zur lehre von den optischen täuschungen: Über kontrast und konfluxion. *Z. Psychologie*, 9:1–16, 1896.

<sup>33</sup> J. Fraser. A new visual illusion of direction. *Brit. J. Psychol.*, 2:307–320, 1908.

<sup>34</sup> Z. Zhang. Flexible camera calibration by viewing a plane from unknown orientations. In *Proc. Int. Conf. Computer Vision*, volume 1, pages 666–679, Kerkyra, Greece, September 1999.

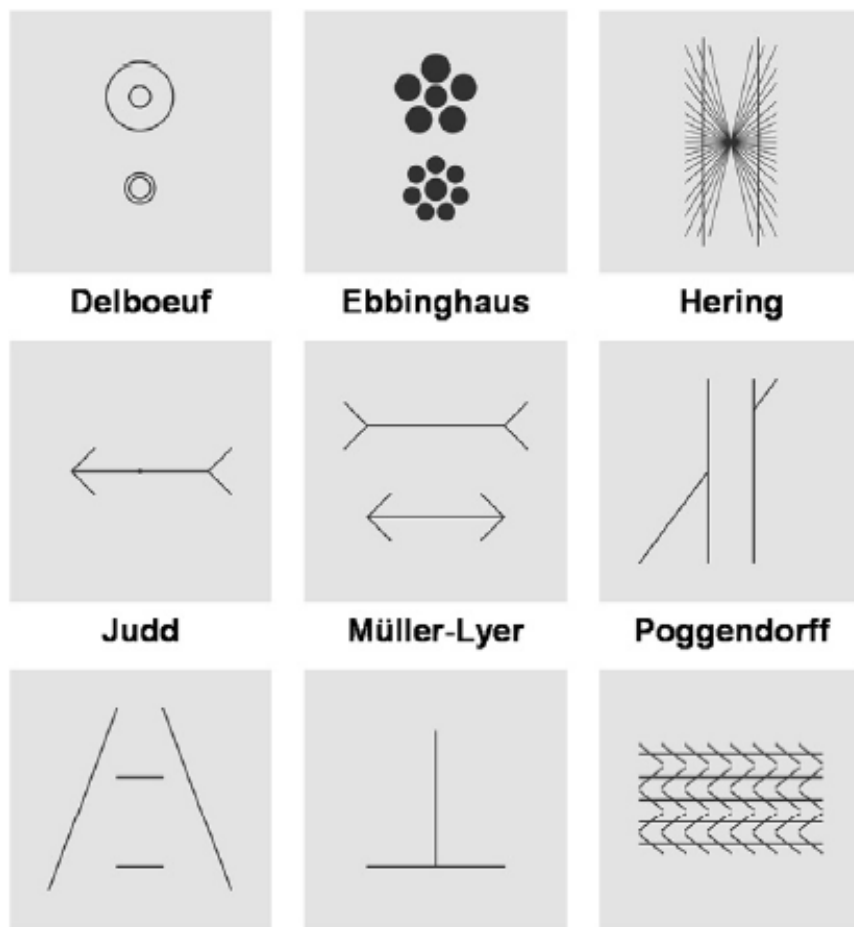
<sup>35</sup> T. Oyama. Japanese studies on the so-called geometrical-optical illusions. *Psychologia*, 3:7–20, 1960.

<sup>36</sup> Kai Hamburger, Thorsten Hansen, Karl R. Gegenfurtner (2007). Geometric-optical illusions at isoluminance. Department for Experimental Psychology, Justus Liebig University Giessen, Otto-Behaghel-Strasse 10F, 35394 Giessen, Germany

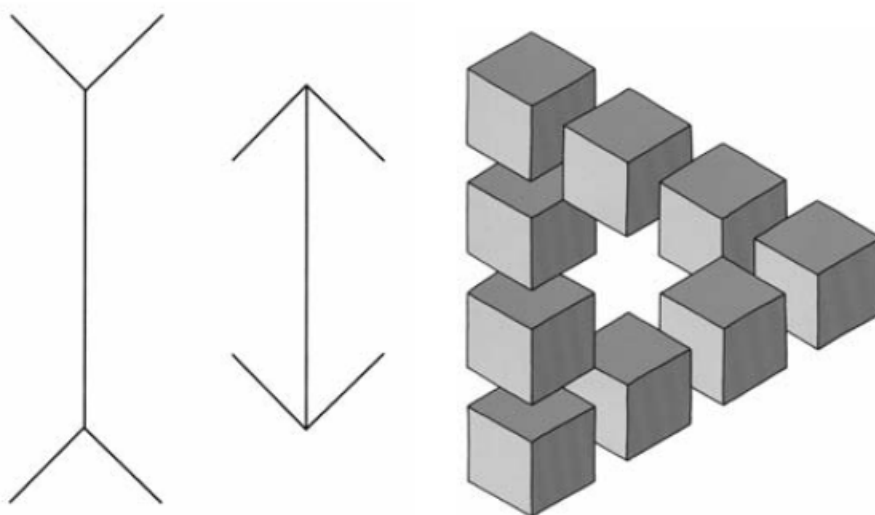
<sup>37</sup> Cavanagh, P. (1991). Vision at equiluminance. In J. J. Kulikowski, I. J. Murray, & V. Walsh (Eds.), *Vision and visual dysfunction. Limits of vision* (Vol. V, pp. 234–250). Boca Raton, FL: CRC Press.

<sup>38</sup> Liebmann, S. (1927). Ueber das Verhalten farbiger Formen bei Helligkeitsgleichheit von Figur und Grund. *Physiologische Forschung*, 9,300–353.

<sup>39</sup> Lennie, P., Krauskopf, J., & Sclar, G. (1990). Chromatic mechanisms in striate cortex of macaque. *Journal of Neuroscience*, 10,649–669.



Εικόνα 2.1 – Οι κλασσικές γεωμετρικές οπτικές ψευδαισθήσεις.



Εικόνα 2.2 – α) η ψευδαίσθηση Müller-Lyer, β) Opus 1 (1934) από τον Oscar Reutersvärd.<sup>40</sup>

<sup>40</sup> O. Reutersvärd. *Omöjliga figurer i färg*. Doxa, Lund, 1985.

Όταν ερμηνεύεται ένα μοτίβο, πρέπει να εξάγονται τα χαρακτηριστικά στην εικόνα όπως είναι τα σημεία και οι γραμμές, οι διασταυρώσεις των γραμμών ή η τοπική κίνηση της εικόνας, π.χ. πρέπει να αξιολογούνται από τα δεδομένα εισόδου. Ο θόρυβος στα δεδομένα, που μπορεί να πηγάζει από διάφορα είδη, προκαλεί την μεροληπτική εκτίμηση αυτών των χαρακτηριστικών. Σαν αποτέλεσμα, η θέση και ο προσανατολισμός των χαρακτηριστικών γίνονται αντιληπτά εσφαλμένα, και η εμφάνιση του μοτίβου μεταβάλλεται.



Εικόνα 2.3 – Η ψευδαισθηση Oppel-Kundt.<sup>41</sup>

Η οπτική και η νευρική θόλωση έχει υποστηριχθεί πως είναι η αιτία μερικών γεωμετρικών και οπτικών ψευδαισθήσεων.<sup>42</sup> Ακόμη, μοντέλα ζωνοπερατών φίλτρων έχουν προταθεί να λογοδοτήσουν για έναν αριθμό ψευδαισθήσεων. Αυτές οι μελέτες επικαλέστηκαν την διαισθητική έννοια του θορύβου και της αβεβαιότητας, δεδομένου ότι ένα ζωνοπερατό φίλτρο αποτελεί ένα μοντέλο ανίχνευσης ακμών σε γκρι εικόνες με θόρυβο, και αφού η οπτική και νευρική θόλωση σχετίζεται με την εξομάλυνση που θα χρησιμοποιηθεί για να σχηματοποιηθεί η αβεβαιότητα στην γκρι αξία.<sup>43</sup>

### 2.3 Οπτικές Ψευδαισθήσεις και Τέχνη

Η ασάφεια και η αδυναμία στην οπτική αντίληψη έχουν ευρέως ερευνηθεί από καλλιτέχνες μέσα στους αιώνες, έχοντας ως αποτέλεσμα ένα πλούσιο υλικό. Τα

---

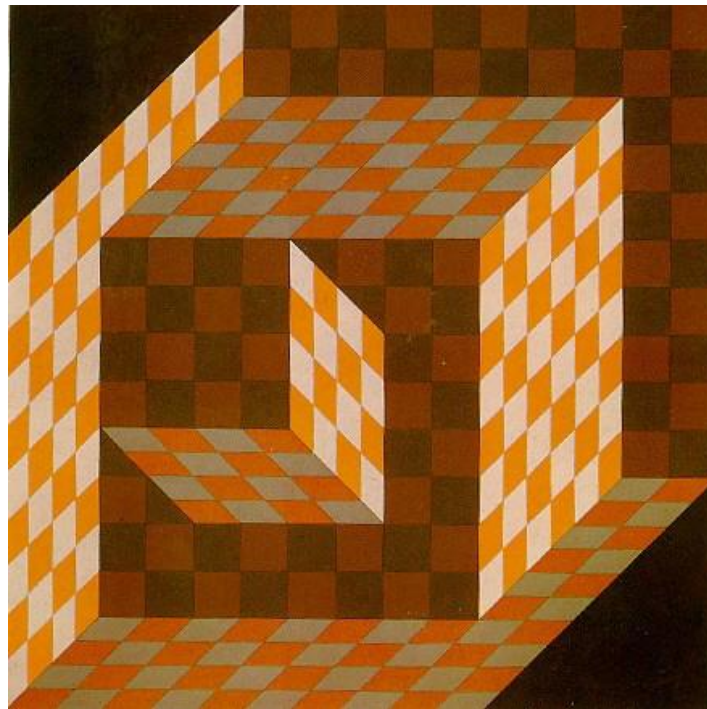
<sup>41</sup> J.O. Robinson. *The Psychology of Visual Illusion*. Dover, Mineola, NY, 1998.

<sup>42</sup> S. Grossberg and E. Mingolla. Neural dynamics of perceptual grouping: Textures, boundaries and emergent segmentations. *Perception and Psychophysics*, 38(2):141– 171, 1985.

<sup>43</sup> HENRIK MALM (2003). STUDIES IN ROBOTIC VISION, OPTICAL ILLUSIONS AND NONLINEAR DIFFUSION FILTERING. Centre for Mathematical Sciences Lund University

αντικείμενα τέχνης τραβούν την προσοχή όσον αφορά στη σχέση μεταξύ της οπτικής εικόνας και του νοήματος, ενώ μας επιτρέπουν να παίζουμε ταυτόχρονα με αυτή την σχέση.

Η λεγόμενη «Op Art», είναι μία μορφή αφηρημένης τέχνης. Τα χαρακτηριστικά και οι επίσημες ποιότητες αυτής της εργασίας έχουν επιτηδευμένα σχεδιαστεί για να παράγουν αλλοίωση της αντίληψης, ψευδαισθήσεις και οπτικά αινίγματα. Ο Victor Vasarely θεωρείται ο πρωτοπόρος αυτής της εργασίας, με την Briget Riley να ακολουθεί, έχοντας σημαντική συμβολή στο πεδίο αυτό.<sup>44</sup>

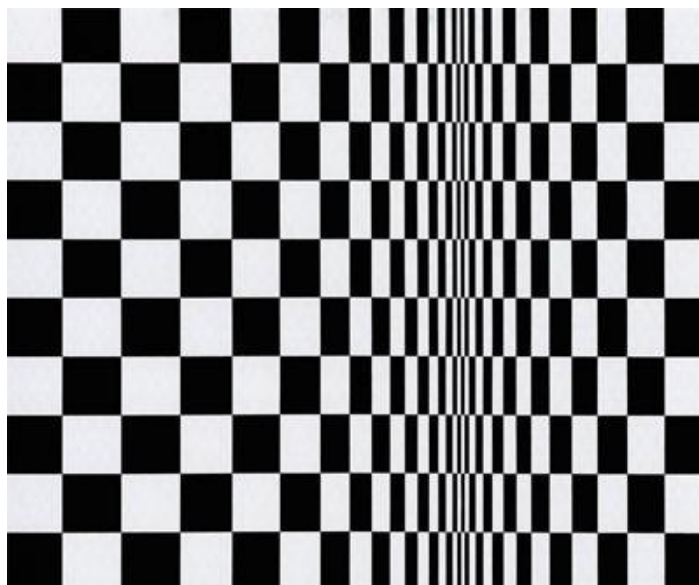


Εικόνα 2.4 – AXO του Vasarely (1977).

---

<sup>44</sup> Julian Oliver (2008). Perceptual Play: Optical Illusion Art as Radical Interface. Διαθέσιμο από: <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>





Εικόνα 2.5 – Κίνηση των τετραγώνων του Bridget Riley (1961).

Ο πειραματισμός όμως της δημιουργίας εικόνων που έπαιζαν με την προοπτική, κυριαρχούσε πολλές εκατοντάδες χρόνια πριν εμφανιστεί η τέχνη Op-Art. Ίσως οι πρώτες εμφανίσεις βρέθηκαν στους καθεδρικούς του Judeo Christian, όπου η επιθυμία απεικόνισης του βάθους των μυθολογικών σκηνών σε επίπεδες ή σχεδόν επίπεδες επιφάνειες οδήγησε στην ανάπτυξη ψευδαισθήσεων που φαίνεται να αψηφούν το αρχιτεκτονικό τους πλαίσιο. Παρόμοιες τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν για την επέκταση της ίδιας της αρχιτεκτονικής, όπως το ότι ο καθεδρικός ναός ή η εκκλησία φαινόταν να έχει μεγαλύτερη διάσταση από την πραγματική. Αυτή η ψευδαίσθηση έγινε διάσημη με το Ιταλικό όνομα «Sotto in su».<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> Julian Oliver (2008). *Perceptual Play: Optical Illusion Art as Radical Interface*. Διαθέσιμο από: <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>



Εικόνα 2.6 – Ο ορατά μεγάλος θόλος είναι ένα έργο ψευδαισθησης της προοπτικής. Του Andrea Pozzo.

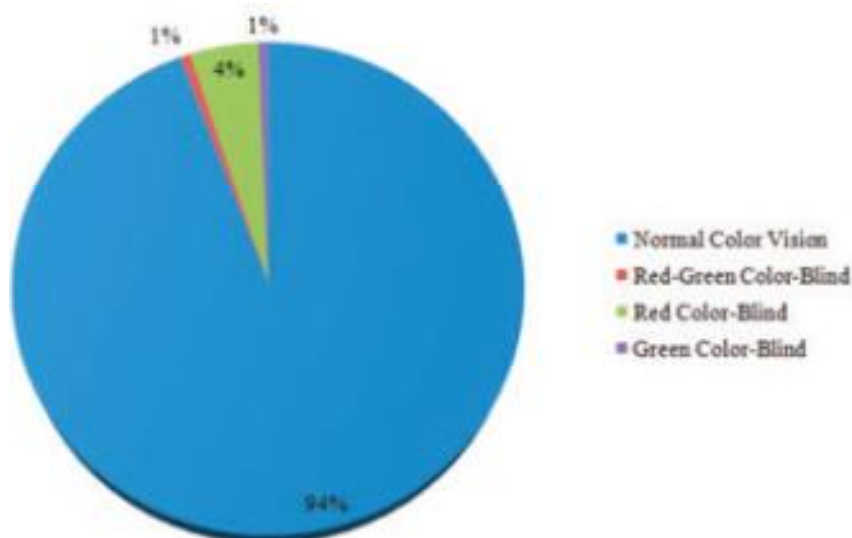
## 2.4 Οι Οπτικές Ψευδαισθήσεις σε σχέση με το Φύλο και την Ηλικία

Οι οπτικές ψευδαισθήσεις μπορούν να αποκαλύψουν σημαντικές ευαισθησίες της ανθρώπινης οπτικής αντίληψης, όπως και για τον πληθυσμό που είναι πιο επιδεκτικός σε αυτά τα τεχνάσματα της αντίληψης. Πολλές είναι οι έρευνες που έχουν διεξαχθεί σχετικά με την επίδραση που έχουν οι διάφοροι τύποι οπτικών ψευδαισθήσεων (π.χ. που σχετίζονται με το χρώμα, την κίνηση, την εμφάνιση και το σχήμα) στα δύο φύλα. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι γυναίκες τείνουν να είναι πιο επιδεκτικές στις οπτικές ψευδαισθήσεις χρώματος, κίνησης και εμφάνισης, από τους άνδρες. Όμως δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των μεγαλύτερων και μικρότερων συμμετεχόντων. Έτσι εξάγεται το

συμπέρασμα πως η ψυχολογική και φυσιολογική επίδραση μίας οπτικής ψευδαίσθησης διαφέρει ανάλογα με το φύλο, αλλά δεν είναι απαραίτητο να διαφέρει με βάση την ηλικία.<sup>46</sup>

### 2.4.1 Επίδραση του Φύλου

Σύμφωνα με έρευνα, η απόκριση των ανδρών και των γυναικών στα τεστ οπτικών ψευδαισθήσεων ήταν πολύ διαφορετική. Οι άνδρες είχαν ποσοστό αχρωματοψίας περίπου 8%, ενώ οι γυναίκες 3% (Εικόνα 2.7) Για τις οπτικές ψευδαισθήσεις κίνησης (ψευδαίσθηση Pacman και πλέγμα Hermann), η έρευνα έδειξε πως τις αντιλαμβάνεται μεγαλύτερο ποσοστό των γυναικών σε σχέση με τους άνδρες συμμετέχοντες. Στις οπτικές ψευδαισθήσεις χρώματος, υπήρχε επίσης ένα υψηλότερο ποσοστό των γυναικών που τις αντιλήφθηκαν.<sup>47</sup>



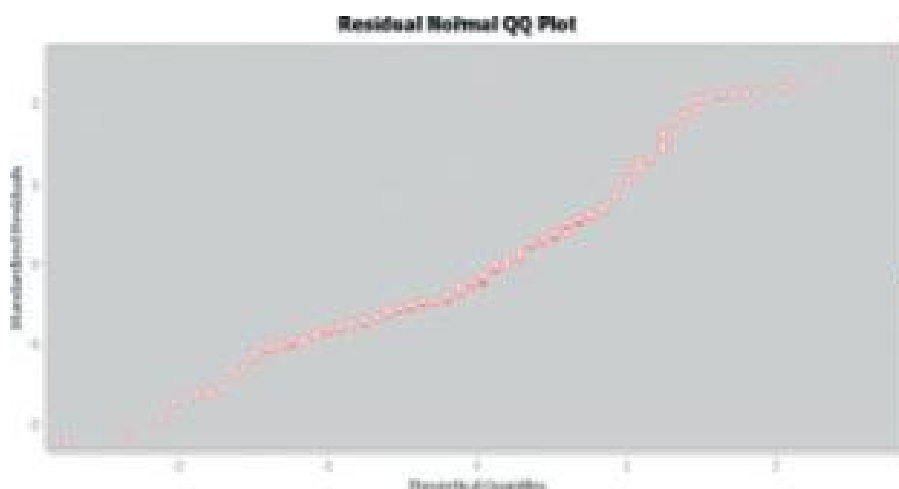
Εικόνα 2.7 – Επιδράσεις φύλου στην θεώρηση οπτικών ψευδαισθήσεων. Το ποσοστό των ανθρώπων που επηρεάστηκαν σε κάθε οπτική ψευδαίσθηση.

<sup>46</sup> Ivo Dinov (2011). Investigation of optical Illusions on the Aspects of Gender and Age. The UCLA undergraduate science journal. Vol 24.

<sup>47</sup> Ivo Dinov (2011). Investigation of optical Illusions on the Aspects of Gender and Age. The UCLA undergraduate science journal. Vol 24.

## 2.4.2 Επίδραση της Ηλικίας

Οι συμμετέχοντες της έρευνας χωρίστηκαν σε δύο διαφορετικές ομάδες, με βάση το μέγεθος του δείγματος με μέση την ηλικία των 30 ετών. Η ομάδα πάνω από 30 έτη είχε υψηλότερο ποσοστό αχρωματοψίας από ότι η ομάδα κάτω των 30, με ποσοστό κοντά στο 5% (Εικόνα 2.8). Στις οπτικές ψευδαισθήσεις κίνησης και οι δύο ομάδες είχαν παρόμοια ποσοστά ατόμων που αντιλήφθηκαν την οπτική ψευδαίσθηση, υποδηλώνοντας πως η ηλικία έχει ελάχιστη επιρροή στην επίδραση των οπτικών ψευδαισθήσεων κίνησης. Η ομάδα μεγαλύτερης ηλικίας είχε υψηλότερο ποσοστό ατόμων που επηρεαζόταν από την ψευδαίσθηση σκιάς του Checker, ενώ υπήρχε υψηλότερο ποσοστό ατόμων από την νεότερη ομάδα όσον αφορά στις ψευδαισθήσεις χρώματος. Ωστόσο, τα πειράματα δηλώνουν πως η γενική επίδραση της ηλικίας δεν είναι τόσο σημαντική όσο η επίδραση του φύλου.<sup>48</sup>



Εικόνα 2.8 – Επιδράσεις της ηλικίας στην θεώρηση οπτικών ψευδαισθήσεων. Η εικόνα δείχνει το ποσοστό των ανθρώπων διαφορετικής ηλικίας που έχουν επηρεαστεί από κάθε οπτική ψευδαίσθηση.

<sup>48</sup> Ivo Dinov (2011). Investigation of optical Illusions on the Aspects of Gender and Age. The UCLA undergraduate science journal. Vol 24.

## 2.5 Θεωρίες Ψευδαισθήσεων

Ο Chiang (1968), πρότεινε μία θεωρία του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, που εφαρμόζεται σε μοτίβα στα οποία οι γραμμές που βρίσκονται δίπλα η μία στην άλλη σε κοντινή απόσταση επηρεάζουν η μία την άλλη. Οι αντιληπτές θέσεις των γραμμών είναι στις κορυφές των κατανομών τους. Έτσι, δύο κοντινές γραμμές επηρεάζουν τις μεταξύ τους θέσεις και γίνονται ένα, όταν το άθροισμα των κατανομών τους σχηματίζει μία μονή κορυφή. Αυτό οδηγεί στην υπερεκτίμηση των έντονων γωνιών, και παρέχει μία εξήγηση των ψευδαισθήσεων των Zollner, Poggendorff και άλλων, όπως και της επίδρασης Müller-Lyer.

Ο Glass (1970), μελέτησε την οπτική θόλωση ως την αιτία αντιληπτικής διεύρυνσης των οξειών γωνιών καθώς γεμίζει την γωνία στις διασταυρώσεις της γραμμής, και την πρότεινε ως μία εξήγηση των επιδράσεων Zollner και Poggendorff. Ο Ginsburg επιχειρηματολόγησε πως η νευρική θόλωση συμβαίνει εξαιτίας της πλευρικής αναστολής και αυτό έχει ως αποτέλεσμα το φιλτράρισμα χωρικής συχνότητας. Σε σύγγραμμά του (1975), δήλωσε πως η εξασθένηση χαμηλής συχνότητας συνεισφέρει στον σχηματισμό του τριγώνου ψευδαίσθησης Kanizsa, και σε άλλο σύγγραμμα του (1984), ανέφερε τις διαδικασίες φιλτραρίσματος ως μία αιτία των ψευδαισθήσεων Müller-Lyer.

Σε πλήθος προσφάτων μελετών έχει αναφερθεί το ζωνοπερατό φιλτράρισμα ως αιτία των γεωμετρικών οπτικών ψευδαισθήσεων. Οι Morgan και Moulden (1986), και Earle και Maskell (1993) αναφέρουν τα γραμμικά ζωνοπερατά φίλτρα ως μία αιτία της ψευδαίσθησης «café wall». Οι Morgan και Casco (1990) ανέφεραν τα ζωνοπερατά φίλτρα σε συνδυασμό με τα φίλτρα δεύτερης τάξης που εξάγουν χαρακτηριστικά στην ψευδαίσθηση Zollner και Judd. Ο Morgan (1999), σημειώνει το θόλωμα στα δεύτερης τάξης φίλτρα ως την βασική αιτία της ψευδαίσθησης Poggendorff.

Ο Helmholtz (1962), δήλωσε πως οι κινήσεις των οφθαλμών έχουν σημασία σε μερικές ψευδαισθήσεις, αλλά εξέφρασε επίσης την αμφιβολία πως θα μπορούσαν να είναι η βασική πηγή, καθώς άλλες ψευδαισθήσεις δεν επηρεάζονται από αυτές. Ο Piaget (1961), με τον «νόμο των σχετικών συγκεντρώσεων», αναφέρεται σε ένα είδος

κεντρίσματος της προσοχής, που σχετίζεται στενά με την σταθερότητα. Το κεντράρισμα σε ένα τμήμα του πεδίου προκαλεί υπερεκτίμηση αυτού του τμήματος σε σχέση με το υπόλοιπο πεδίο. Άλλες θεωρίες συμπεριλαμβάνουν εκείνες των οποίων ο κύριος στόχος ήταν η εξήγηση των σχηματικών επακόλουθων που εφαρμόζονταν στις ψευδαισθήσεις (Ganz 1996, Kohler & Wallach 1994). Υπάρχουν επίσης θεωρίες που βασίζονται στην υπόθεση πως το σύστημα αντίληψης ερμηνεύει τα μοτίβα ψευδαισθήσεων ως επίπεδες προβολές των τρισδιάστατων οθονών (Tausch 1954, Thiery 1896).<sup>49</sup>

## 2.6 Οι Νόμοι Gestalt

Ο τρόπος που οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται ένα καλά οργανωμένο μοτίβο ή σύνολο, αντί πολλών ξεχωριστών τμημάτων, είναι ένα θέμα ενδιαφέροντος στην ψυχολογία Gestalt. Σύμφωνα με τους ψυχολόγους Gestalt, το σύνολο είναι διαφορετικό από το άθροισμα των τμημάτων του. Η λέξη «Gestalt» είναι γερμανική και σημαίνει διαμόρφωση ή μοτίβο. Μεγάλος στόχος της θεωρίας Gestalt στον 20<sup>ο</sup> αιώνα, ήταν ο καθορισμός των διεργασιών του εγκεφάλου που μπορούν να ερμηνεύσουν στην οργάνωση της αντίληψης.<sup>50</sup>

---

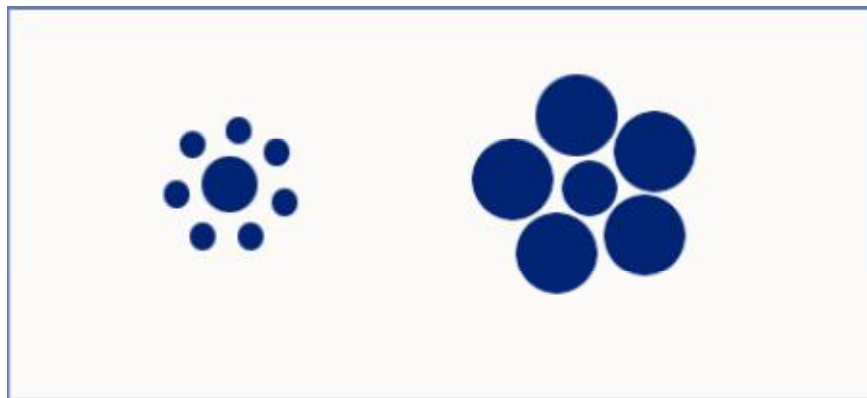
<sup>49</sup> Cornelia Fermüller a,\*, Henrik Malm (2004). Uncertainty in visual processes predicts geometrical optical illusions. *Vision Research* 44, 727–749.

<sup>50</sup> Optical illusions. Διαθέσιμο από [file:///Y:/resources/optical\\_illusions/index.html](file:///Y:/resources/optical_illusions/index.html) (1 von 2)08.05.2007 10:28:29

### 2.6.1 Εγγύτητα



Εικόνα 2.9 – Τάση να ομαδοποιούμε κοντινά αντικείμενα.



Εικόνα 2.10 – Σύγκριση κεντρικών κύκλων. Ποιος είναι ο μεγαλύτερος;

Είναι ο αριστερός κεντρικός κύκλος μεγαλύτερος από τον δεξί? Όχι, έχουν και οι δύο το ίδιο μέγεθος.<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> Optical illusions. Διαθέσιμο από [file:///Y:/resources/optical\\_illusions/index.html](file:///Y:/resources/optical_illusions/index.html) (1 von 2)08.05.2007 10:28:29

## 2.6.2 Κλείσιμο



Εικόνα 2.11 – Τάση των ανθρώπων να θεωρούν κλειστά τα περιγράμματα.

Τείνουμε τόσο να θεωρούμε κλειστά τα περιγράμματα, που μερικές φορές τα βλέπουμε έτσι ενώ στην πραγματικότητα έχουν κάποιο σημείο ανοιχτό.<sup>52</sup>

## 2.6.3 Ομοιότητα



Εικόνα 2.12 – Τάση ομαδοποίησης αντικειμένων με παρόμοιες ιδιότητες.

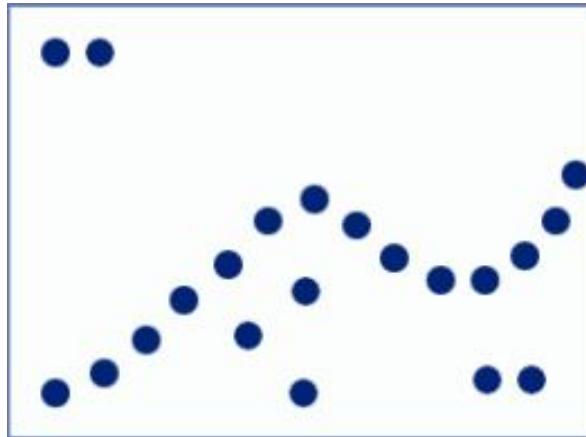
---

<sup>52</sup> Optical illusions. Διαθέσιμο από [file:///Y:/resources/optical\\_illusions/index.html](file:///Y:/resources/optical_illusions/index.html) (1 von 2)08.05.2007 10:28:29



Οι άνθρωποι έχουν την τάση να ομαδοποιούν τα αντικείμενα που παρουσιάζονται με παρόμοιες ιδιότητες, όπως είναι για παράδειγμα το χρώμα, το σχήμα και η υφή.<sup>53</sup>

#### 2.6.4 Καλή Συνέχεια



Εικόνα 2.13 – Τάση απόδοσης των αντικειμένων σε μία οντότητα.

Οι άνθρωποι έχουν την τάση να αποδίδουν τα αντικείμενα σε μία οντότητα που καθορίζεται από ομαλές γραμμές ή καμπύλες.<sup>54</sup>

### 2.7 Ο Νόμος του Weber

Σύμφωνα με τον Νόμο του Weber, αντιλαμβανόμαστε ίσα βήματα φωτεινότητας (αποχρώσεις του γκρι με ίσες μεταξύ τους αποστάσεις), όταν οι αναλογίες της φωτεινότητας έχουν ισάξιες αποστάσεις μεταξύ τους.

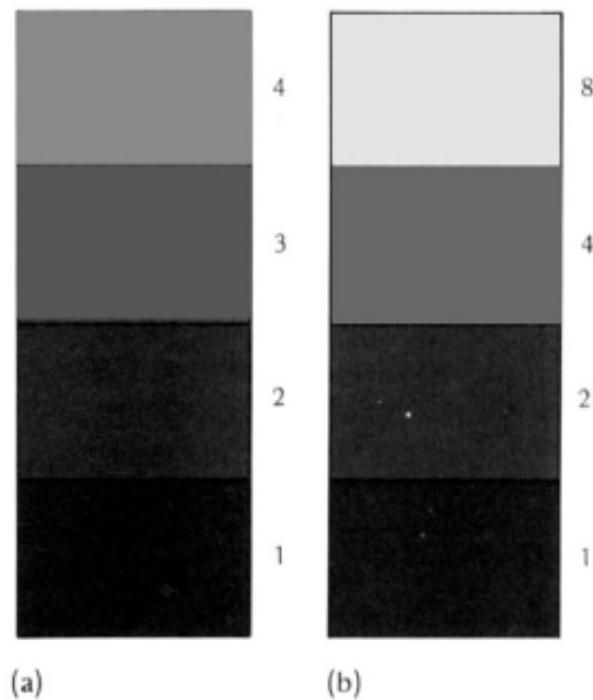
---

<sup>53</sup> Optical illusions. Διαθέσιμο από [file:///Y:/resources/optical\\_illusions/index.html](file:///Y:/resources/optical_illusions/index.html) (1 von 2)08.05.2007 10:28:29

<sup>54</sup> Optical illusions. Διαθέσιμο από [file:///Y:/resources/optical\\_illusions/index.html](file:///Y:/resources/optical_illusions/index.html) (1 von 2)08.05.2007 10:28:29

Το ποσοστό του φωτός που ανακλάται σε μία επιφάνεια, αποτελεί ένα ποσοτικό μέτρο της φωτεινότητάς του. Μία αντανάκλαση 50% σημαίνει πως το  $\frac{1}{2}$  του φωτός που προσπίπτει στην επιφάνεια αντανακλάται, ενώ το  $\frac{1}{2}$  απορροφάται.

Σύμφωνα με τον Νόμο του Weber, οι αντανακλάσεις των  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ , θα μοιάζουν να έχουν ίση μεταξύ τους απόσταση, αλλά οι αντανακλάσεις των 0.9, 0.8, 0.7 κλπ., δεν θα μοιάζουν να έχουν ίσες αποστάσεις.<sup>55</sup>



Εικόνα 2.14 – a) Η ανακλώμενη ένταση του φωτός αυξάνει με βήματα ίσης ποσότητας (1, 2, 3, 4, ...) – γραμμική κλίμακα. b) Η ανακλώμενη ένταση του φωτός αυξάνει με βήματα ίσης αναλογίας (1, 2, 4, 8, ...) – λογαριθμική κλίμακα.

---

<sup>55</sup> Processing the image or can you believe what you see? Optical illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.michaelbach.de/ot/mot\\_mib/index.html](http://www.michaelbach.de/ot/mot_mib/index.html)

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

---

## ΣΥΛΛΟΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΨΕΥΔΑΙΣΘΗΣΕΩΝ

---

### 3.1 Ψευδαισθήσεις με Αίσθηση της Κίνησης

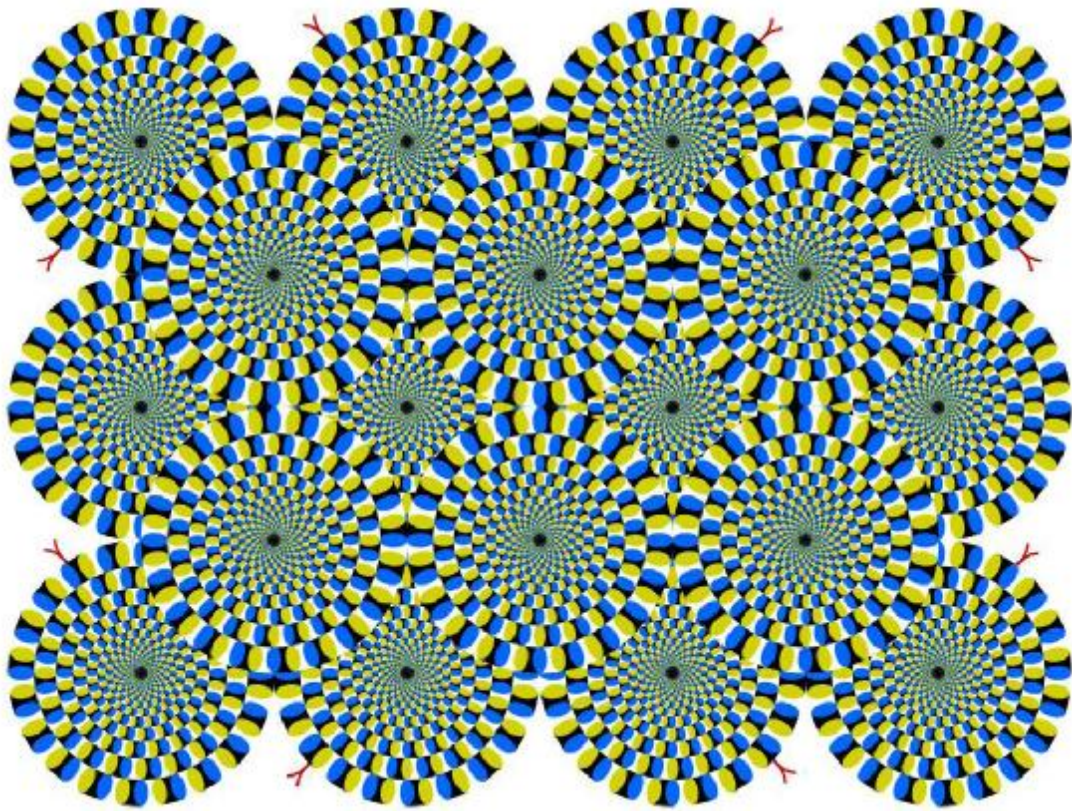
Μία εξήγηση της αντίληψης της κίνησης εμπλέκει μία μορφή ασυνείδητου συμπερασμού. Δηλαδή, όταν περπατάμε ή κινούμαστε, ασυνείδητα περιμένουμε πως οι εικόνες των στατικών αντικειμένων θα κινηθούν μέσα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα μας. Αντιλαμβανόμαστε μία τέτοια κίνηση στον αμφιβληστροειδή λόγω της δικής μας σωματικής κίνησης και αντιλαμβανόμαστε τα αντικείμενα ως σταθερά.

Αντιθέτως, όταν κινούμαστε και η εικόνα ενός αντικειμένου δεν κινείται στο αμφιβληστροειδή χιτώνα μας, αντιλαμβανόμαστε πως το αντικείμενο αυτό κινείται.

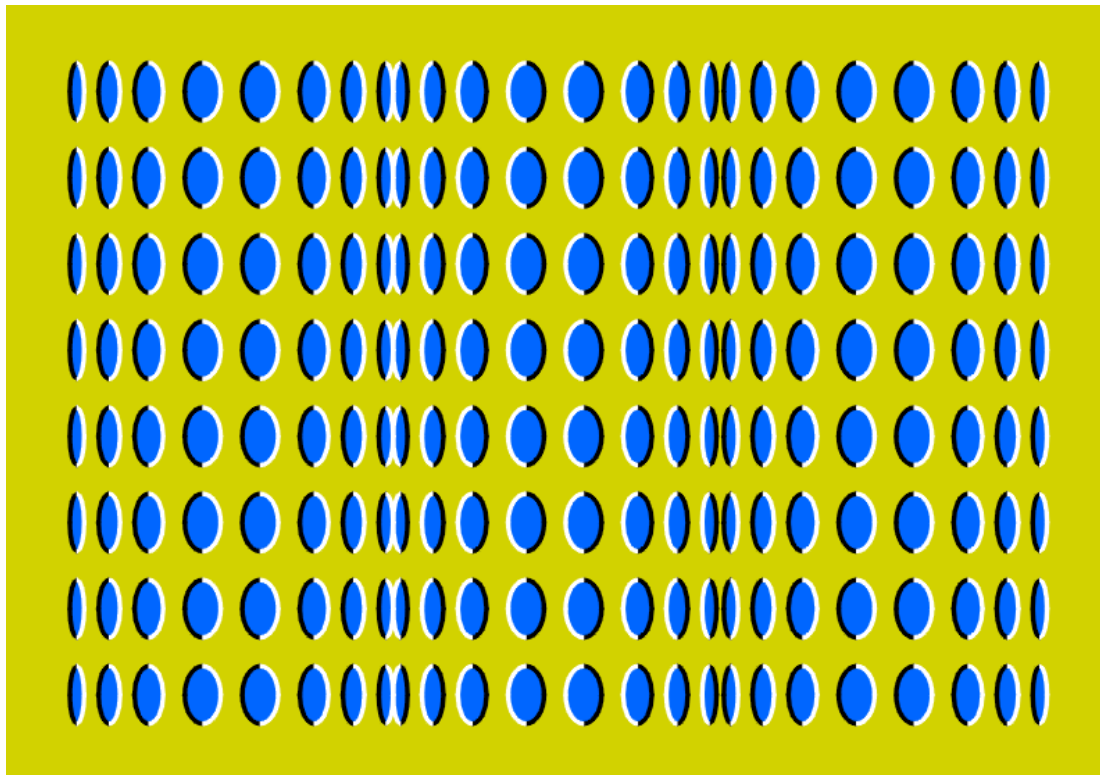
Οι άνθρωποι μπορεί να αντιλαμβάνονται κίνηση όταν στην ουσία δεν υπάρχει. Η εικόνα κίνησης για παράδειγμα, παρουσιάζει σειρές από σύντομης λάμψης, ακίνητες εικόνες. Η κίνηση που βλέπουν οι άνθρωποι είναι δημιουργία των δικών τους συστημάτων αντίληψης. Οι παρακάτω οπτικές ψευδαισθήσεις εισάγουν την αντίληψη της κίνησης.<sup>56</sup>

---

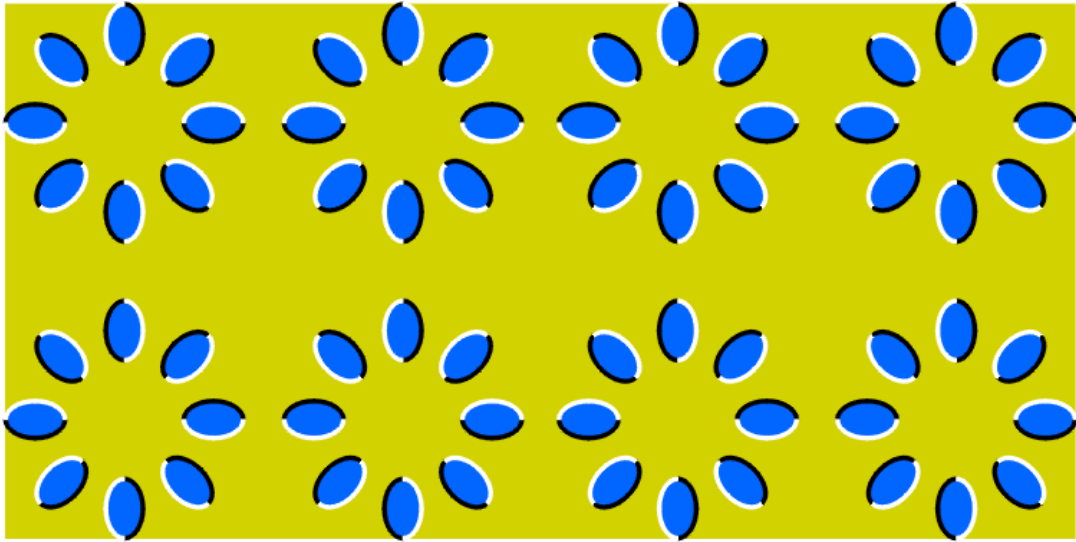
<sup>56</sup> Walter H. Ehrenstein jr., Leibniz Research Center for Human Factors, Dortmund University.



Εικόνα 3.1 – Ψευδαίσθηση κίνησης – Παράδειγμα 1.



Εικόνα 3.2 - Ψευδαίσθηση κίνησης – Παράδειγμα 2.



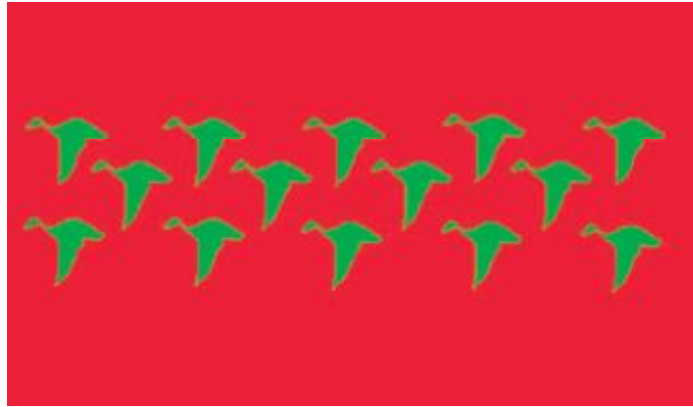
Εικόνα 3.3 - Ψευδαίσθηση κίνησης – Παράδειγμα 3.

### 3.2 Ψευδαισθήσεις Εικόνας που έχει ήδη Προβληθεί

Η ψευδαίσθηση της εικόνας που έχει προβληθεί «afterimage» εμφανίζεται λευκή επιφάνεια εξαιτίας της κόπωσης του αμφιβληστροειδούς χιτώνα. Το φαινόμενο δημιουργείται εάν κάποιος κοιτάξει την συγκεκριμένη εικόνα για περίπου 30 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια κοιτάξει για παράδειγμα σε έναν λευκό τοίχο. Τότε η αποτύπωση της εικόνας φαίνεται να υπάρχει στον τοίχο.<sup>57</sup>

---

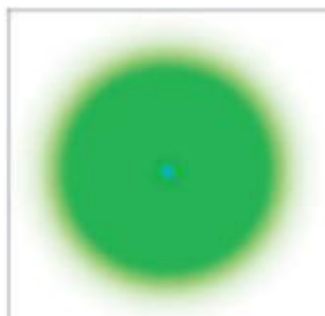
<sup>57</sup> Ivo Dinov (2011). Investigation of optical Illusions on the Aspects of Gender and Age. The UCLA undergraduate science journal. Vol 24.



Εικόνα 3.4 – Ψευδαίσθηση «Afterimage». Μετά από κοίταγμα 30'' και αλλάζοντας την οπτική κατεύθυνση προς ένα λευκό τοίχο, το υποκείμενο ερωτάται για τον αριθμό των πουλιών που βλέπει στην λευκή κενή επιφάνεια.

### 3.3 Η Ψευδαίσθηση Χρώματος και Κίνησης

Η τελεία που εξαφανίζεται παρουσιάζεται ως μία ψευδαίσθηση χρώματος και κίνησης (Εικόνα 3.5). Το αποτέλεσμα αυτής της οπτικής ψευδαίσθησης είναι η παρατήρηση της εξαφάνισης μίας τελείας ανοιχτού μπλε χρώματος στο κέντρο του κύκλου, η οποία μπορεί να εξαφανίζεται σταδιακά. Η ερώτηση που σχετίζεται με αυτή την οπτική ψευδαίσθηση είναι ο καθορισμός της έκτασης της παρατήρησης στην οποία αποκρίνεται ο κάθε άνθρωπος.<sup>58</sup>



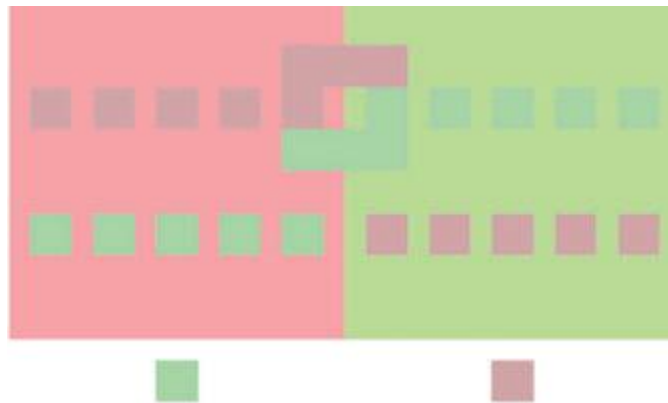
Εικόνα 3.5 – Εξαφάνιση τελείας. Τα άτομα ζητήθηκαν να κοιτάξουν την εικόνα για 30'', ώστε να καθοριστεί το αν μπορούσαν να παρατηρήσουν την μπλε τελεία να γίνεται πιο θολή και στη συνέχεια να εξαφανίζεται.

---

<sup>58</sup> Ivo Dinov (2011). Investigation of optical Illusions on the Aspects of Gender and Age. The UCLA undergraduate science journal. Vol 24.

### 3.4 Η Ψευδαίσθηση Εσφαλμένου Χρώματος

Στην οπτική ψευδαίσθηση εσφαλμένου χρώματος, οι άνθρωποι συχνά κρίνουν εσφαλμένα τα δέκα τετράγωνα της πρώτης σειράς της παρακάτω εικόνας, σαν να έχουν όλα το ίδιο χρώμα. Το χρώμα των τελευταίων πέντε τετραγώνων πάνω στο πράσινο υπόβαθρο είναι το ίδιο με το χρώμα πέντε ανώτερων τετραγώνων πάνω στο κόκκινο υπόβαθρο.<sup>59</sup>



Εικόνα 3.6 – Εσφαλμένο χρώμα. Οι άνθρωποι αφού έχουν κοιτάξει την εικόνα για 10", συχνά ερμηνεύουν εσφαλμένα το χρώμα της πρώτης γραμμής ως ανοιχτό πράσινο, λόγω του υπόβαθρου.

### 3.5 Η Ψευδαίσθηση Προσκήνιου - Υπόβαθρου

Η αντίληψη δεν εμπλέκει μόνο την οργάνωση και την ομαδοποίηση, αλλά εμπλέκει επίσης τον διαχωρισμό ενός αντικείμενου από το υπόβαθρό του. Σημειώστε πως όταν αντιληφθούμε ένα αντικείμενο, η περιοχή γύρω του γίνεται το υπόβαθρο. Οι ψυχολόγοι Gestalt έχουν επινοήσει ασαφείς σχέσεις μεταξύ εικόνας και υπόβαθρου (φόντου), δηλαδή εικόνες στις οποίες το αντικείμενο και το φόντο μπορούν να αντιστραφούν, για να τονίσουν πως το σύνολο είναι διαφορετικό από το άθροισμα των στοιχείων του.

Η ψευδαίσθηση «αντικείμενου και υπόβαθρου» συμβαίνει όταν κάποιος κοιτάζει στην αναπαράσταση ενός μαύρου βάζου, το περίγραμμα του οποίου δημιουργείται από δύο

---

<sup>59</sup> Ivo Dinov (2011). Investigation of optical Illusions on the Aspects of Gender and Age. The UCLA undergraduate science journal. Vol 24.

λευκά προφίλ προσώπων. Οποιαδήποτε στιγμή θα είμαστε έτοιμοι να δούμε είτε το μαύρο βάζο (στο κέντρο της εικόνας) ως το αντικείμενο ή τα λευκά πρόσωπα (όπου στην περίπτωση αυτή το μαύρο μέρος φαίνεται ως το υπόβαθρο).

Αν και οι ψευδαισθήσεις αυτού του τύπου δεν εξαπατούν το οπτικό μας σύστημα, σπανίως οι άνθρωποι μπερδεύονται όσον αφορά στο τί βλέπουν. Στον πραγματικό κόσμο, τα βάζα δεν αλλάζουν σε πρόσωπα καθώς τα κοιτάμε. Αντιθέτως, οι αντιλήψεις μας είναι αξιοσημείωτα σταθερές.<sup>60</sup>



Εικόνα 3.7 – Ψευδαισθήσεις προσκήνιου-υπόβαθρου – Μαύρο βάζο ή το προφίλ δύο λευκών προσώπων?



Εικόνα 3.8 - Ψευδαισθήσεις προσκήνιου-υπόβαθρου – Σαξοφωνίστας ή το πρόσωπο μίας νέας γυναίκας?

---

<sup>60</sup> Ehrenstein, W. (1930). Untersuchungen über Figur-Grund-Fragen. *Zeitschrift für Psychologie*, 117, 339-412.





Εικόνα 3.9 - Ψευδαισθήσεις προσκήνιου-υπόβαθρου – Η λέξη «Liar» ή το πρόσωπο ενός άνδρα?

### 3.6 Το Στερεοκινητικό Φαινόμενο

Το πρόθεμα «στέρεο» προέρχεται από την ελληνική έννοια «σταθερό». Χρησιμοποιείται με αναφορά στην σκληρότητα, σταθερότητα και τρισδιάστικότητα στο σχηματισμό σύνθετων λέξεων. Η λέξη «κινητικό» περιγράφει ένα αντικείμενο σε κίνηση. Έτσι, όπως μπορεί να υποδηλώνει το όνομα, το στερεοκινητικό φαινόμενο αφορά τρισδιάστατα αντικείμενα που συναρμολογούνται από σχήματα δύο διαστάσεων σε αργή περιστροφική κίνηση, κάνοντας τα να φαίνονται στερεά. Ερευνήθηκαν για πρώτη φορά από τον C. L. Musatti το 1920. Συνήθως παραγόμενο από κύκλους, το στερεοκινητικό φαινόμενο μπορεί επίσης να δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας ελλείψεις, ορθογώνια, και ράβδους που σχηματίζουν ελλειψοειδή, κυλίνδρους, και άλλα τρισδιάστατα αντικείμενα.



Εικόνα 3.10 – Στερεοκινητικό φαινόμενο.

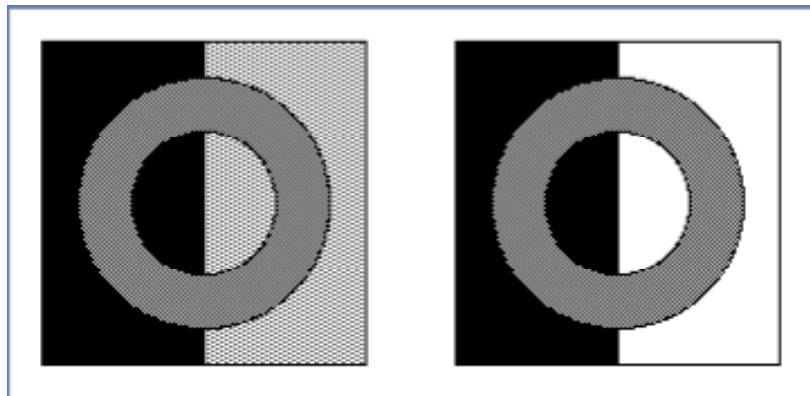
Το οπτικό μας σύστημα ελαχιστοποιεί τις σχετικές διαφορές ταχύτητας μεταξύ των ποικίλων σημείων του μοτίβου, καθορίζοντας το φαινομενικό ύψος του σχηματισμένου τρισδιάστατου αντικειμένου. Όταν κοιτάμε την εικόνα από μία δισδιάστατη γωνία, ωστόσο, είναι απλώς μία ομάδα κύκλων. Οι κύκλοι σταθεροποιούνται στο ένα από τα δύο διαφορετικά σημεία που βασίζονται στην ίδια ακτίνα του μεγαλύτερου κύκλου. Στην παραπάνω εικόνα τα μισά των κύκλων εφάπτονται στο ίδιο σημείο του εξωτερικού κύκλου και το άλλο μισό των κύκλων εφάπτονται κοντά στο κέντρο του μεγαλύτερου κύκλου. Στη συνέχεια τα δύο σημεία κινούνται σε περιστροφή για να προκαλέσουν την ψευδαίσθηση.<sup>61</sup>

---

<sup>61</sup> Wall Angela. Optical illusions essay. Διαθέσιμο από: <http://jwilson.coe.uga.edu/EMAT6680Su10/Wall/EMAT%206690/Wall/Optical%20Illusions/Optical%20Illusions%20Essay.pdf>

### 3.7 Η Ψευδαίσθηση της Δακτύλιου Koffka

Η γκριζα δακτύλιος στο μαύρο και γκρι φόντο ή στο ασπρόμαυρο φόντο φαίνεται να είναι ομοιόμορφα γκριζα. Ωστόσο, διαιρέσετε την δακτύλιο σε δύο τμήματα, το γκρι χρώμα φαίνεται να είναι διαφορετικό ανάλογα με το χρώμα του υπόβαθρου.<sup>62</sup>



Εικόνα 3.11 – Η δακτύλιος Koffka.

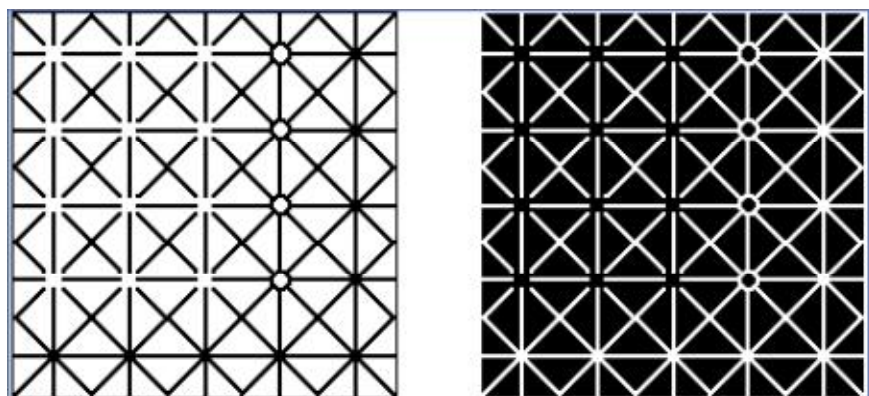
### 3.8 Το Μοτίβο Ehrenstein

Σύμφωνα με το μοτίβο Ehrenstein που φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα, παρατηρείται πως στο τετράγωνο της αριστερής εικόνας οι κύκλοι που δεν υπάρχουν φαίνονται να είναι πολύ φωτεινοί, ενώ στην δεξιά εικόνα οι ίδιοι κύκλοι φαίνονται να είναι πολύ σκούροι.<sup>63</sup>

---

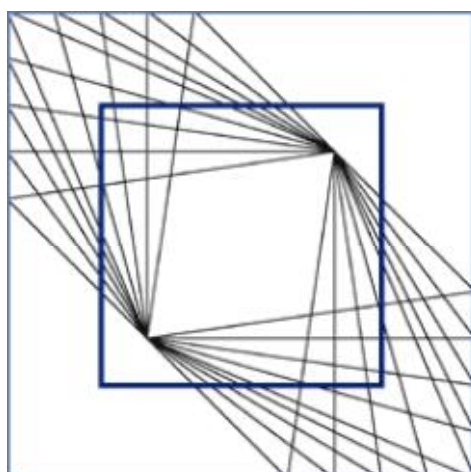
<sup>62</sup> Optical Illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical\\_illusions/optical\\_illusions.pdf](http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical_illusions/optical_illusions.pdf)

<sup>63</sup> Optical Illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical\\_illusions/optical\\_illusions.pdf](http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical_illusions/optical_illusions.pdf)



Εικόνα 3.12 – Μοτίβο του Ehrenstein.

Σύμφωνα με την οπτική ψευδαίσθηση του Ehrenstein που παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.13, οι λοξές γραμμές κάνουν το μπλε τετράγωνο να φαίνεται παραμορφωμένο.<sup>64</sup>



Εικόνα 3.13 – Οπτική ψευδαίσθηση του Ehrenstein.

### 3.9 Νέες Γεωμετρικές Ψευδαισθήσεις

Οι παρακάτω νεότερες γεωμετρικές οπτικές ψευδαισθήσεις παρουσιάζονται χωρίς σχόλια. Οι περισσότερες από αυτές προκαλούνται από αντικρουόμενες τοπικές και παγκόσμιες ιδιότητες των εικόνων.<sup>65</sup>

<sup>64</sup>

Optical

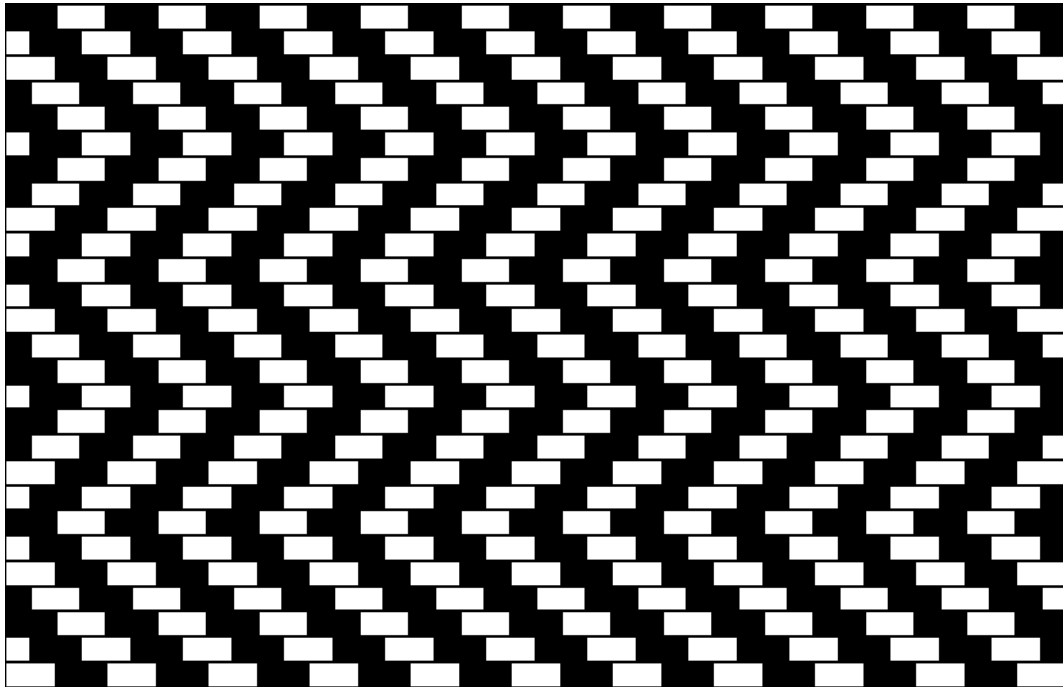
Illusions.

Διαθέσιμο

από:

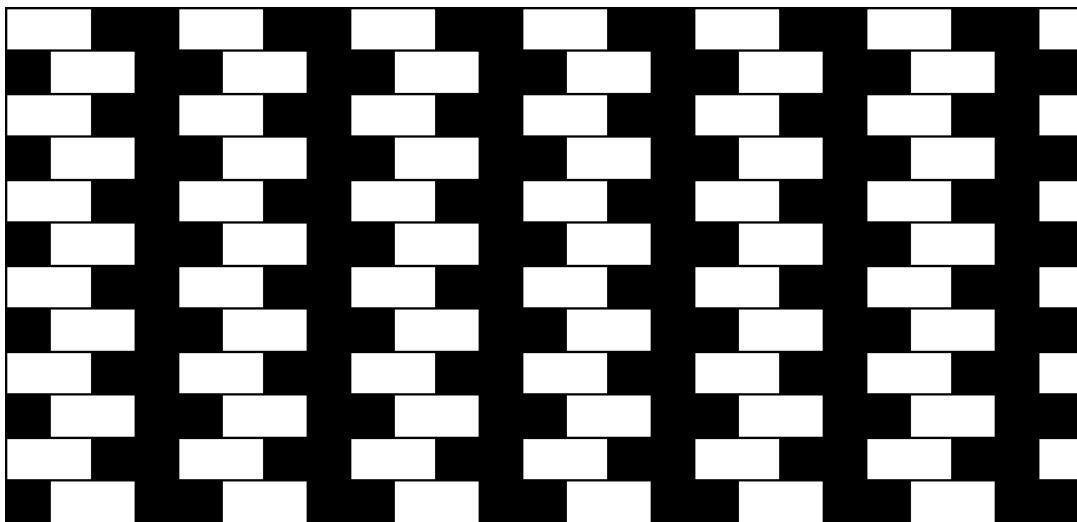
[http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical\\_illusions/optical\\_illusions.pdf](http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical_illusions/optical_illusions.pdf)

Ä Ψευδαίσθηση νηπιαγωγείου (Kindergarten).



Εικόνα 3.14 – Ψευδαίσθηση Kindergarten.

Ä Ψευδαίσθηση Munsterberg.



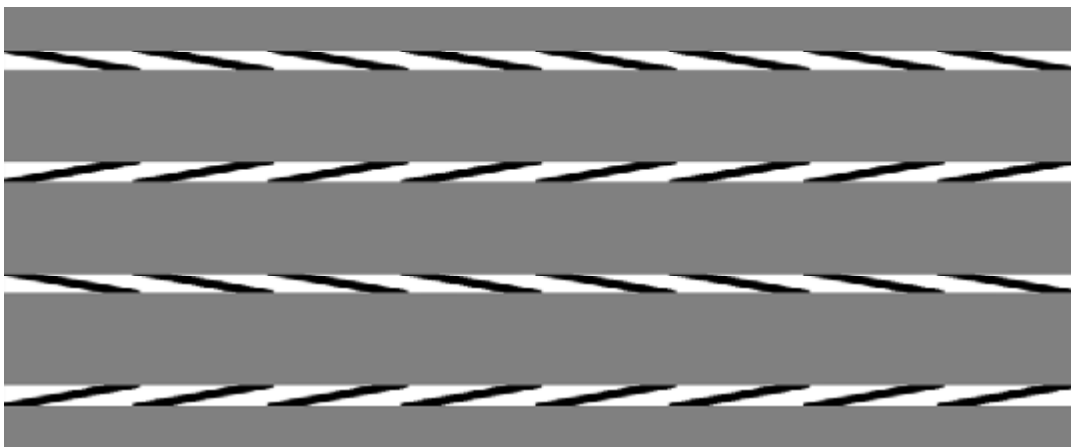
Εικόνα 3.15 – Ψευδαίσθηση Munsterberg.

Ä Απλουστευμένη ψευδαίσθηση Munsterberg.



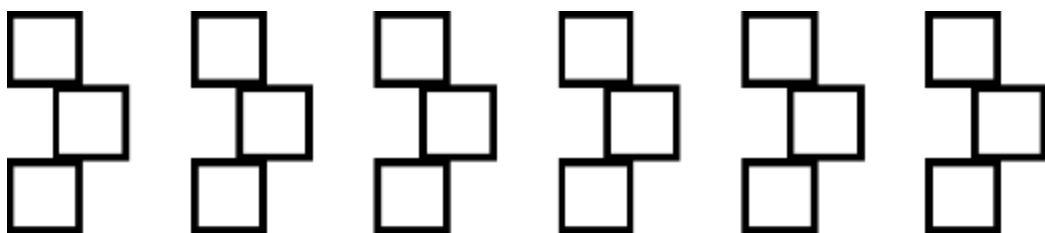
Εικόνα 3.16 – Απλουστευμένη ψευδαίσθηση Munsterberg.

Ä Ψευδαίσθηση Σχοινοῦ (Rope).



Εικόνα 3.17 – Ψευδαίσθηση σχοινοῦ.

Ä Ψευδαίσθηση Woodhouse – Taylor.



Εικόνα 3.18 – Ψευδαίσθηση Woodhouse – Taylor (Παράδειγμα πρώτο).



Εικόνα 3.19 - Ψευδαίσθηση Woodhouse – Taylor (Παράδειγμα δεύτερο).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

---

## «ΔΙΑΣΗΜΕΣ» ΟΠΤΙΚΕΣ ΨΕΥΔΑΙΣΘΗΣΕΙΣ

---

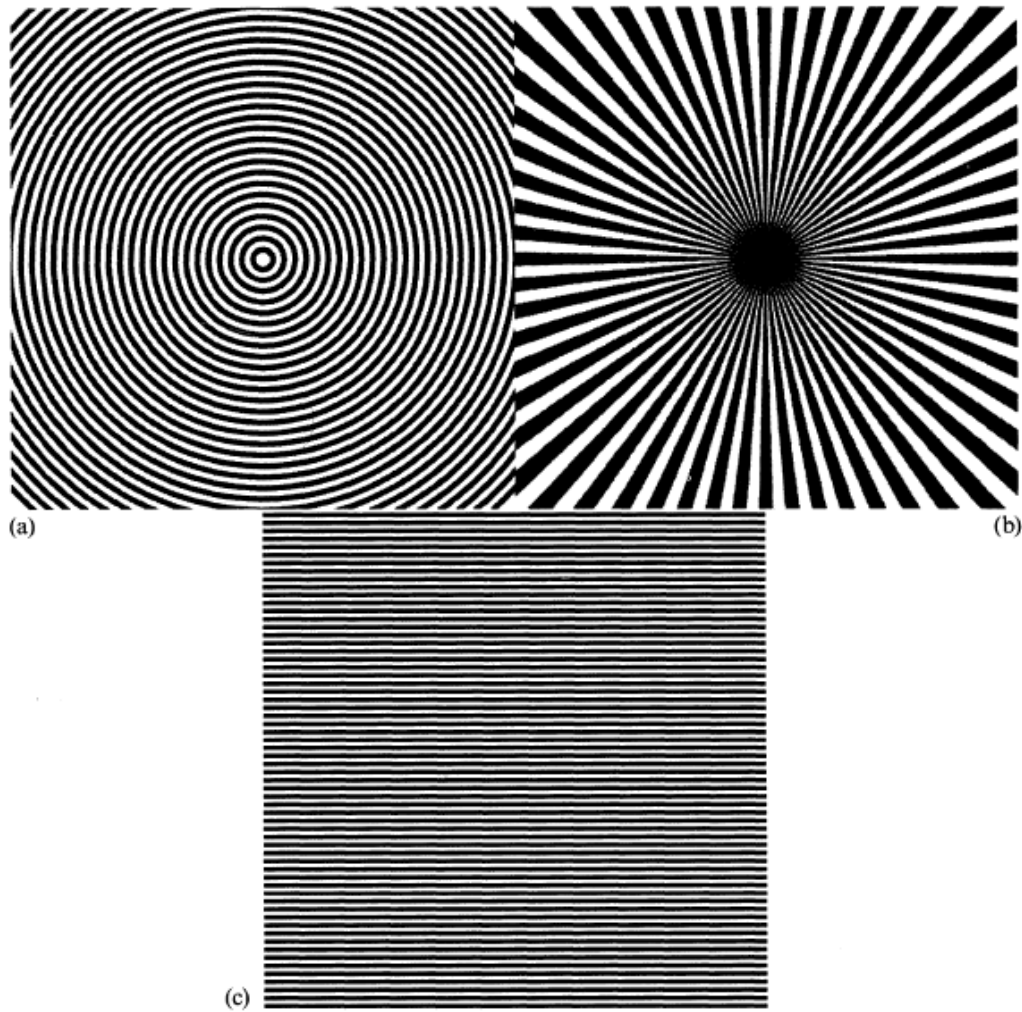
### 4.1 Η Ψευδαίσθηση Still-radii

Ο Charles S. W. Cobbold (1881), ήταν ο πρώτος που ανέφερε την ψευδαίσθηση still-radii. Για να εξαχθεί αυτό το οπτικό παιχνίδι, πρέπει κάποιος να κινήσει γραμμικά στο πρόσθιο-παράλληλο επίπεδο ένα σύνολο από μαύρους ομόκεντρους κύκλους που είναι σχεδιασμένοι σε λευκό φόντο, σε σχέση με τα μάτια του ατόμου. Αυτό επιτυγχάνεται καλύτερα μέσω ανίχνευσης με τα μάτια της μύτης ενός μολυβιού που κινείται με ομοιόμορφη ταχύτητα κατά μήκος του μοτίβου.

Η ψευδαίσθηση still-radii χαρακτηρίζεται από μία καθαρή δομή που μοιάζει με βεντάλια (ή ανεμιστήρα), ορθογωνική στην κατεύθυνση της κίνησης.<sup>66</sup>

---

<sup>66</sup> Barbur J L, 1980 "Quantitative studies of some dynamic visual effects" *Perception* 9 303-316



Εικόνα 4.1 – Ψευδαίσθηση still-radii. a) ομόκεντροι κύκλοι, b) ακτινωτός σχηματισμός, c) κιγκλίδωμα.

Η άποψη του Cobbold σχετικά με την ψευδαίσθηση still-radii, υποδηλώνει δύο στάδια επεξεργασίας:

1. Οι συνεχείς προβολές του μοτίβου πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, μετασχηματίζονται σε διακριτές «εντυπώσεις».
2. Δύο διαδοχικές «εντυπώσεις» μπερδεύονται μέσα σε μία εμφάνιση.

Για έναν παρατηρητή, αυτές οι εμφανίσεις δεν θα πρέπει να διαφέρουν από το μοτίβο που παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.1 όταν προσαρμόζονται σε γραμμική κίνηση στο πρόσθιο-παράλληλο φόντο.



Ο Cobbold δεν πρόσθεσε τίποτα σχετικά με το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας. Στην πραγματικότητα επιτρέπει μόνο την πρόβλεψη πως όσο πιο παράλληλη είναι η γραμμή του μοτίβου, στην κίνηση των ματιών, τόσο λιγότερο θολή θα εμφανίζεται.<sup>67</sup>

## 4.2 Η Ψευδαίσθηση του Δαρβίνου

Για τον εορτασμό της δισεκατοντηρίδας του Καρόλου Δαρβίνου (1809 – 1882), επινοήθηκε μία νέα οπτική ψευδαίσθηση με εξελικτικό θέμα. Η Εικόνα 4.2 δείχνει δύο πίθηκους. Για να δείτε την ψευδαίσθηση, κοιτάξτε στο κέντρο της εικόνας για περίπου 30 δευτερόλεπτα χωρίς να κινήσετε τα μάτια σας. Στη συνέχεια, κοιτάξτε σε έναν λευκό τοίχο και ανοιγοκλείστε μερικές φορές τα μάτια σας. Οι πίθηκοι πρέπει να μετατραπούν ξαφνικά σε ένα τέλειο πορτραίτο του Δαρβίνου.

Η ψευδαίσθηση συνδυάζει δύο οπτικά εφέ. Πρώτα, το επίμονο κοίταγμα της εικόνας παράγει μία αρνητική μετά-εικόνα, στην οποία το ασπρόμαυρο μοτίβο αντιστρέφεται. Δεύτερον, η ανάλυση της μετά-εικόνας είναι χαμηλότερη από εκείνη της πραγματικής εικόνας, και έτσι οι λεπτές λευκές γραμμές εξαφανίζονται, καθιστώντας αδύνατο να φανούν οι πίθηκοι.<sup>68</sup> Από ότι γνωρίζουμε, η ψευδαίσθηση του Δαρβίνου αποτελεί την πρώτη αναπαράσταση στην οποία η θετική εικόνα και η αρνητική της μετά-εικόνα, σχηματίζουν η κάθε μία διακριτές και ουσιαστικές αντιλήψεις.

---

<sup>67</sup> Frederic Gosselin and Claude Lamontagne (1997). Motion-blur illusions. *Perception*, volume 26, pages 847-855.

<sup>68</sup> Harmon L D, Julesz B, 1973 "Masking in visual recognition: Effects of two-dimensional filtered noise" *Science* 180 1194 ^ 1197



Εικόνα 4.2 – Ψευδαισθηση Δαρβίνου.



Εικόνα 4.3 – Εξέλιξη της ψευδαίσθησης του Δαρβίνου.

Στην Βιολογία, ο όρος «προσαρμογή» αναφέρεται στην σταδιακή επεξεργασία κατά την οποία τα είδη προσαρμόζονται καλύτερα στο περιβάλλον τους. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι και οι πίθηκοι εξελίσσονται από έναν κοινό πρόγονο.<sup>69</sup> Οι ψυχολόγοι χρησιμοποιούν το όρο προσαρμογή για να αναφερθούν στις γρήγορες αλλαγές της αντιληπτής ευαισθησίας, συμπεριλαμβάνοντας την προσαρμογή του μυαλού στην φωτεινότητα που αναπτύσσει την αρνητική μετά-εικόνα στην ψευδαίσθηση.<sup>70</sup> Έτσι, η ψευδαίσθηση του Δαρβίνου δείχνει την προσαρμογή στην δράση. Το να βασιστεί η ψευδαίσθηση γύρω από μία μετά-εικόνα, φάνηκε επίσης ιδιαίτερα κατάλληλο γεγονός, λαμβάνοντας υπόψη τα ενδιαφέροντα των άμεσων προγόνων του Καρόλου Δαρβίνου: ο πατέρας του (Robert Darwin) και ο παππούς του (Erasmus Darwin), και οι δύο διεξήγαγαν πρωτοπόρες έρευνες σε αυτό το περίεργο οπτικό φαινόμενο.<sup>71</sup>

Η Εικόνα 4.3 δείχνει τον τρόπο που δημιουργήθηκε η εικόνα από ένα φωτογραφικό πορτραίτο του Δαρβίνου. Πρώτα, η φωτογραφία υπέστη θόλωση για να αναλυθούν οι αιχμές, στη συνέχεια μειώθηκε σε ασπρόμαυρη δύο τόνων. Οι ασπρόμαυρες περιοχές αντιστράφηκαν για να παράγουν μία αρνητική εικόνα αντίθεσης για δοκιμαστικούς σκοπούς. Η απομόνωση του περιγράμματος βοήθησε στην οπτικοποίηση των περιορισμών πάνω στο σχήμα. Έπειτα ξεκίνησε το παιχνίδι «Tetris πιθήκων» - μία προσπάθεια να χωρέσει η ανατομία του πιθήκου στα διαθέσιμα περιγράμματα κατά ένα φειδωλό τρόπο. Χρησιμοποιώντας γραμμές ενός μολυβιού, το σχέδιο άρχισε να παίρνει μορφή. Το τελειωμένο σχέδιο εμποτίστηκε με μελάνι για να παράγει την εικόνα που παρουσιάζεται στην ενότητα αυτή.<sup>72</sup>

---

<sup>69</sup> Darwin C R, 1859 *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (first edition) (London: John Murray)

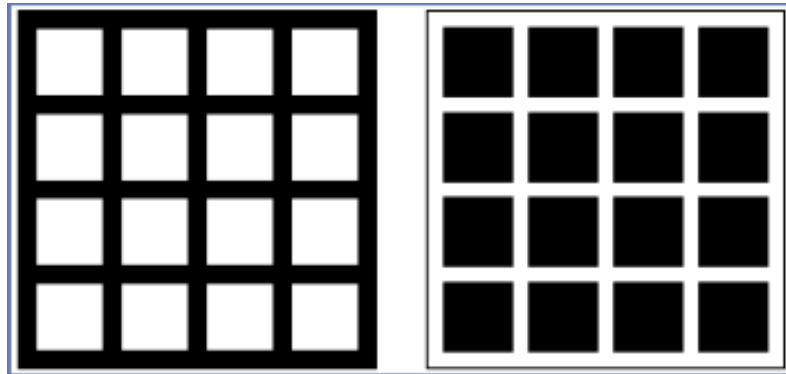
<sup>70</sup> Clifford C W G, Rhodes G (Eds), 2005 *Fitting the Mind to the World: Adaptation and After-effects in High-level Vision* (Oxford: Oxford University Press)

<sup>71</sup> Wade N J, 2002 "Erasmus Darwin (1731 ^ 1802)" *Perception* 31 643 ^ 650

<sup>72</sup> Rob Jenkins and Richard Wiseman (2009). *Darwin Illusion: Evolution in a blink of the eye.* *Perception*, 2009, volume 38, pages 1413 ^ 1415

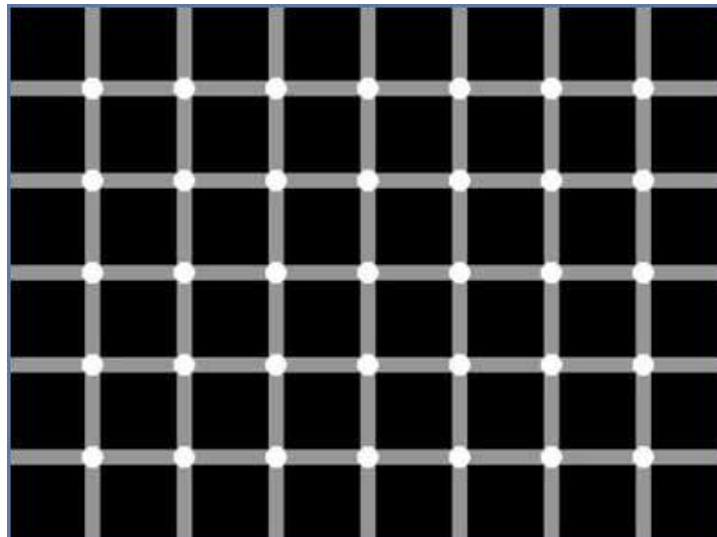
### 4.3 Η Ψευδαίσθηση Πλέγματος του Hermann

Καθώς κοιτάζει κάποιος το αριστερό τετράγωνο της Εικόνας 4.4 είναι πιθανό να βλέπει γκρι κηλίδες στις διασταυρώσεις των μαύρων σταυρών που σχηματίζονται από τα λευκά μικρότερα τετράγωνα (το αντίθετο συμβαίνει στο δεξί τετράγωνο της Εικόνας).



Εικόνα 4.4 – Ψευδαίσθηση του πλέγματος Hermann.

Μία νέα εκδοχή του πλέγματος του Hermann είναι και αυτή που παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.5.<sup>73</sup>



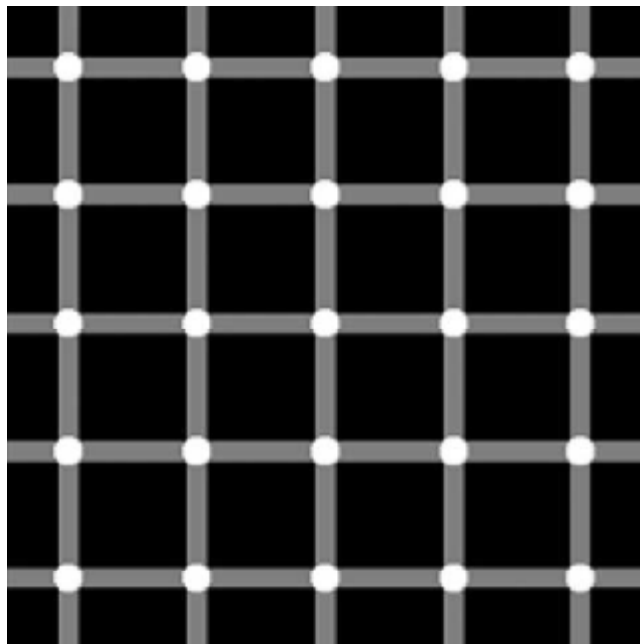
Εικόνα 4.5 – Νέα παραλλαγή του πλέγματος Hermann.

---

<sup>73</sup>

#### 4.4 Η Ψευδαίσθηση Σπινθηρίζοντος Πλέγματος

Το σπινθηρίζον πλέγμα αποτελεί μία πιο νέα ψευδαίσθηση πρόσφατη, που περιγράφηκε πρώτα σε ένα άρθρο από τους Schrauf, Lingelbach και Wist (1997). Είναι κατασκευασμένο από λευκούς δίσκους σε υπέρθεση στις διασταυρώσεις των ορθογώνιων γκρι ράβδων, πάνω σε λευκό υπόβαθρο. (Εικόνα 4.6) Η ψευδαίσθηση είναι μάλλον εντυπωσιακή: σκούρες τελείες φαίνεται να εμφανίζονται και να εξαφανίζονται γρήγορα σε τυχαίες διασταυρώσεις. Στην πραγματικότητα, το ποια από τις διασταυρώσεις θα ή δεν θα σπινθηρίσει δεν είναι μίας πλήρως τυχαία διαδικασία: Ο σπινθηρισμός σπάνια συμβαίνει σε σταθερότητα.<sup>74</sup>



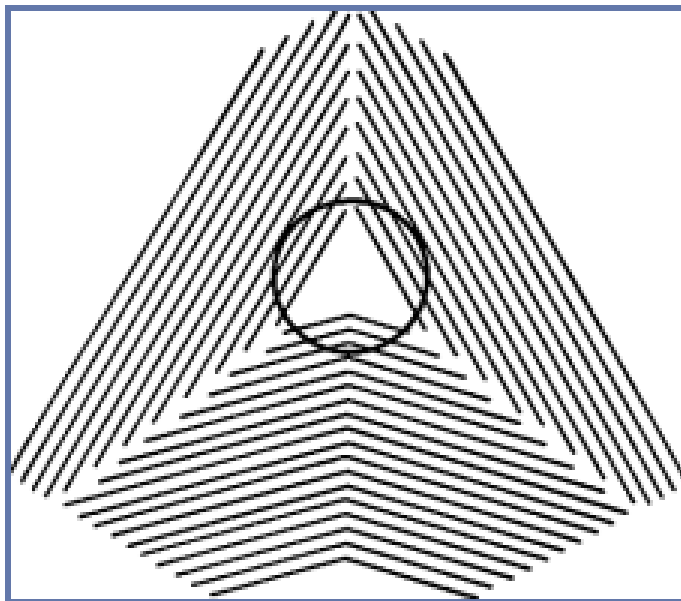
Εικόνα 4.6 – Ψευδαίσθηση σπινθηρίζοντος πλέγματος. Μία νεότερη παραλλαγή της ψευδαίσθησης του Hermann.

#### 4.5 Ψευδαισθήσεις Meyer

---

<sup>74</sup> Rufin VanRullen a,\*, Timothy Dong (2003). Attention and scintillation. *Vision Research* 43 (2003) 2191–2196.

Το κεντρικό σχήμα της Εικόνας 4.7 είναι στην ουσία ένας κύκλος.<sup>75</sup>



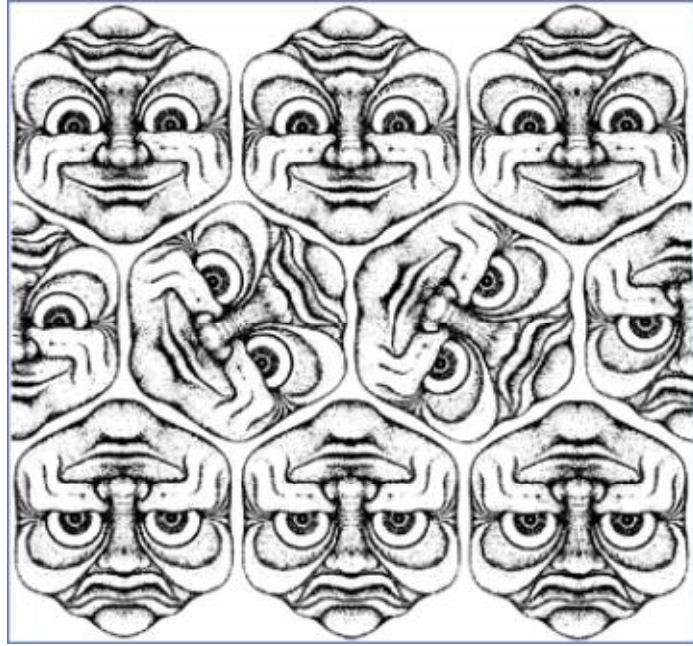
Εικόνα 4.7 – Οπτική ψευδαίσθηση Meyer.

#### 4.6 Ψευδαισθήσεις Roger Shepard

Οι παρακάτω εικόνες παρουσιάζουν ψευδαισθήσεις του Roger Shepard. Στο πάνω μέρος της Εικόνας 4.8 φαίνονται κάποια χαρούμενα πρόσωπα, ενώ στο κάτω μέρος της τα πρόσωπα είναι λυπημένα. Αν γυρίσουμε την εικόνα ανάποδα, θα έχουμε και πάλι το ίδιο εφέ.

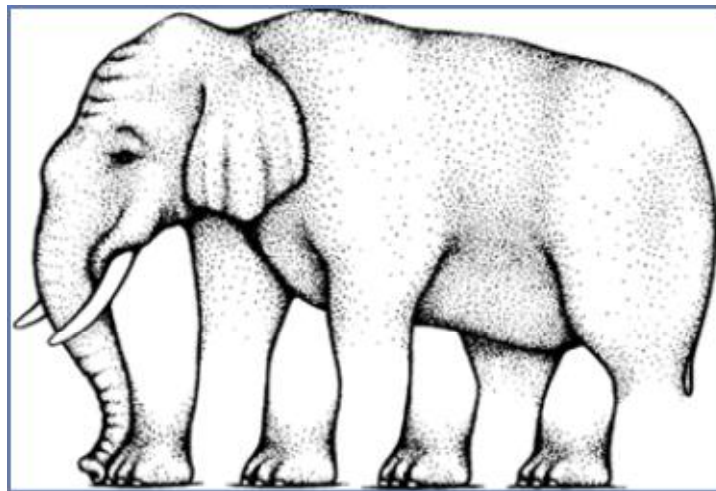
---

<sup>75</sup>



Εικόνα 4.8 – Ψευδαισθήση Roger Shepard. Χαρούμενα και λυπημένα πρόσωπα.

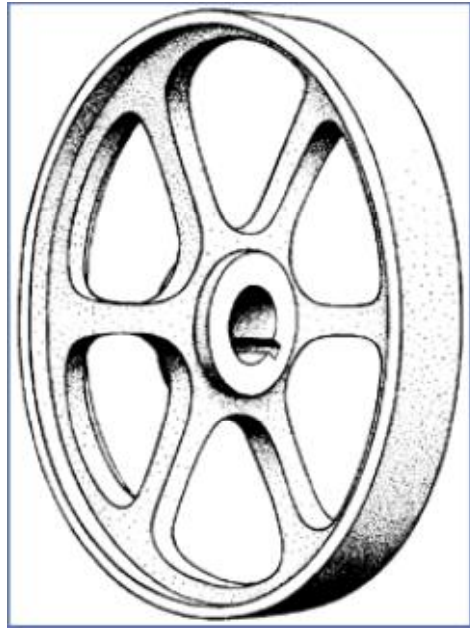
Έχετε εμπιστοσύνη στις ικανότητες μέτρησής σας? Πόσα πόδια έχει ο ελέφαντας της Εικόνας 4.9.



Εικόνα 4.9 – Ψευδαισθήση Roger Shepard. Πόσα είναι τα πόδια του ελέφαντα?

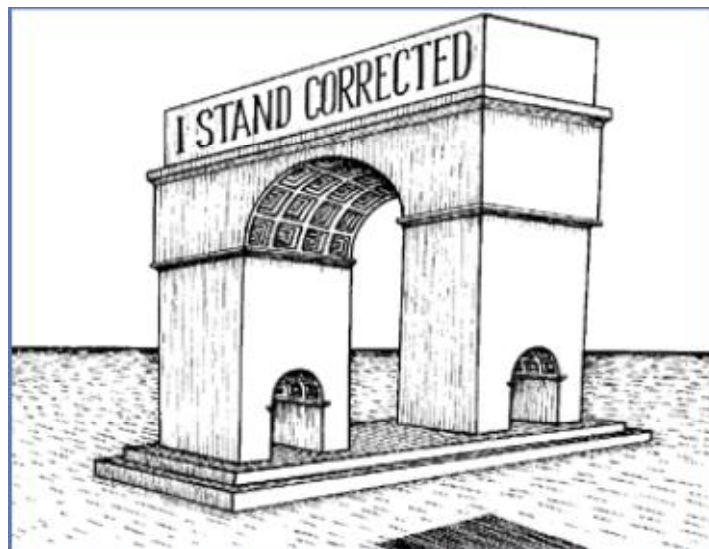
Υπάρχει κάτι περίεργο με τον τροχό της Εικόνας 4.10?





Εικόνα 4.10 - Ψευδαισθήση Roger Shepard. Τροχός.

Τι συμβαίνει με την παρακάτω αψίδα?<sup>76</sup>



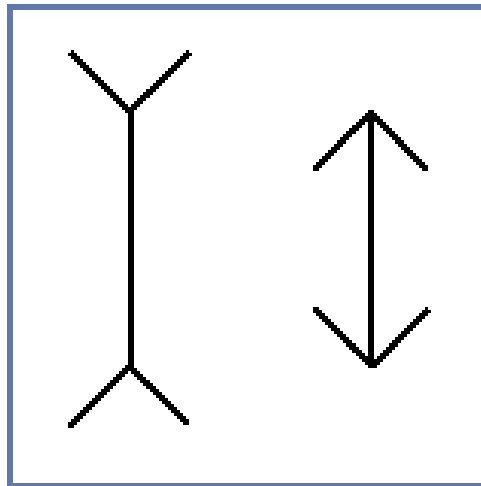
Εικόνα 4.11 - Ψευδαισθήση Roger Shepard. Αψίδα.

---

<sup>76</sup> Roger Shepard (1990). *Mind Sights: Original Visual Illusions, Ambiguities, and Other Anomalies*. San Francisco: W. H. Freeman.

## 4.7 Ψευδαισθήσεις Muller-Lyer

Πιθανώς η πιο διάσημη και η περισσότερο μελετημένη ψευδαίσθηση δημιουργήθηκε από τον Γερμανό ψυχίατρο Franz Muller-Lyer το 1889. Αν και τα μάτια σας λένε πως η αριστερή οριζόντια γραμμή είναι πιο μακριά από την δεξιά, στην πραγματικότητα είναι ίσες σε μήκος.<sup>77</sup>



Εικόνα 4.12 – Ψευδαίσθηση Muller-Lyer.

## 4.8 Η Ψευδαίσθηση Craik O' Brien

Η αντίθεση στην άκρη μίας περιοχής μεταφέρεται σε ολόκληρη την περιοχή. Για παράδειγμα, αν ένα χαλί είναι πιο σκούρο στις άκρες του από ότι το πάτωμα, τότε ολόκληρο το χαλί φαίνεται να είναι πιο σκούρο από το πάτωμα, ακόμη κι αν είναι πιο ανοιχτόχρωμο στη μέση.<sup>78</sup>

---

<sup>77</sup>

Optical

Illusions.

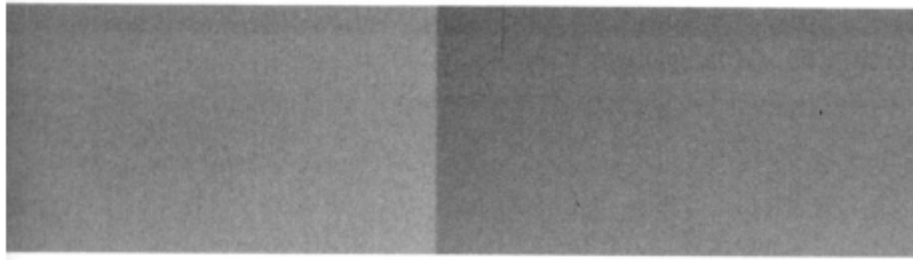
Διαθέσιμο

από:

[http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical\\_illusions/optical\\_illusions.pdf](http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical_illusions/optical_illusions.pdf)

<sup>78</sup> Processing the image or can you believe what you see? Optical illusions. Διαθέσιμο από:

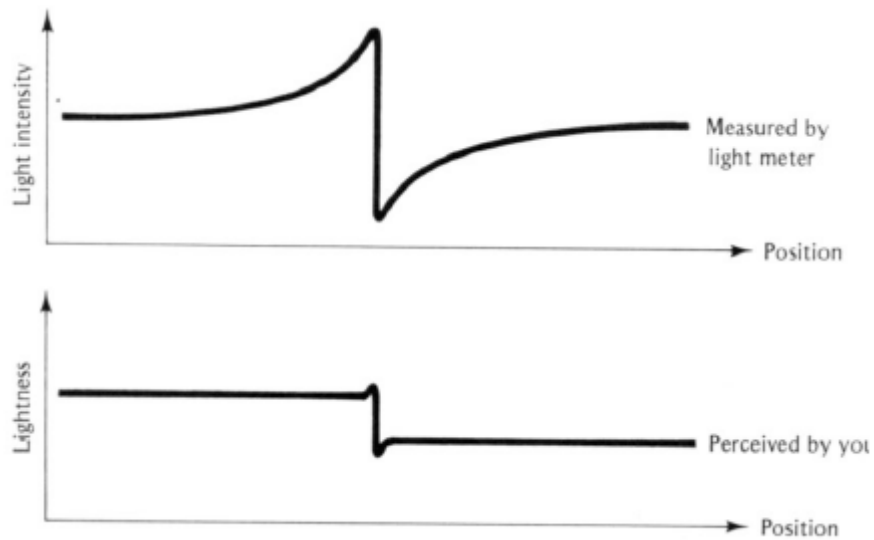
[http://www.michaelbach.de/ot/mot\\_mib/index.html](http://www.michaelbach.de/ot/mot_mib/index.html)



Εικόνα 4.13 - Ψευδαίσθηση Craik O' Brien. Ποια άκρη είναι πιο σκούρα?



Εικόνα 4.14 – Ψευδαίσθηση Craik O' Brien. Και οι δύο άκρες έχουν ακριβώς το ίδιο χρώμα.



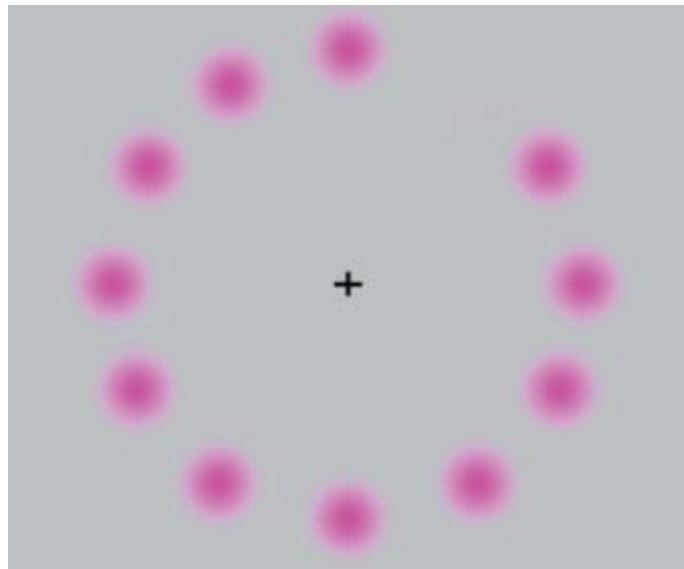
Εικόνα 4.15 – Η ένταση του φωτός όπως λαμβάνεται από το όργανο μέτρησης του φωτός, και όπως το αντιλαμβάνεται ο ανθρώπινος οφθαλμός.

## 4.9 Η Ψευδαίσθηση Pacman

Η γνωστή ως ψευδαίσθηση Pacman που δημιουργήθηκε από τον Jeremy Hinton, είναι μία οπτική ψευδαίσθηση κίνησης. Για να δημιουργηθεί η οφθαλμαπάτη, το άτομο που

συμμετέχει κοιτάζει τον σταυρό που υπάρχει στο κέντρο της εικόνας, για περίπου 30 δευτερόλεπτα μέχρι να δουν μία πράσινη τελεία στην θέση που είναι κενή. Οι μωβ τελείες εμφανίζονται και εξαφανίζονται βασισμένες στην κίνηση της πράσινης τελείας. Για να παρατηρηθεί η αλλαγή του χρώματος των τελειών και η διαφορά της κατεύθυνσης των κινούμενων τελειών, οι αναγνώστες ενθαρρύνθηκαν να διαβάσουν την online έρευνα των οπτικών ψευδαισθήσεων. Οι παρακάτω ερωτήσεις σχετίζονται με αυτή την ψευδαίσθηση:

- Ä Σε ποια κατεύθυνση εξαφανίζονται οι μωβ τελείες?
- Ä Οι μωβ τελείες εξαφανίζονται με βάση το μονοπάτι της πράσινης τελείας?
- Ä Πόση ώρα πρέπει να κοιτάξετε την εικόνα για να εμφανιστεί η πράσινη τελεία?<sup>79</sup>



Εικόνα 4. 16 - Η ψευδαίσθηση Pashan. Μία πράσινη τελεία πρέπει να εμφανιστεί στην κενή θέση και οι μωβ τελείες να εμφανίζονται και να εξαφανίζονται με βάση την κίνηση της πράσινης τελείας.

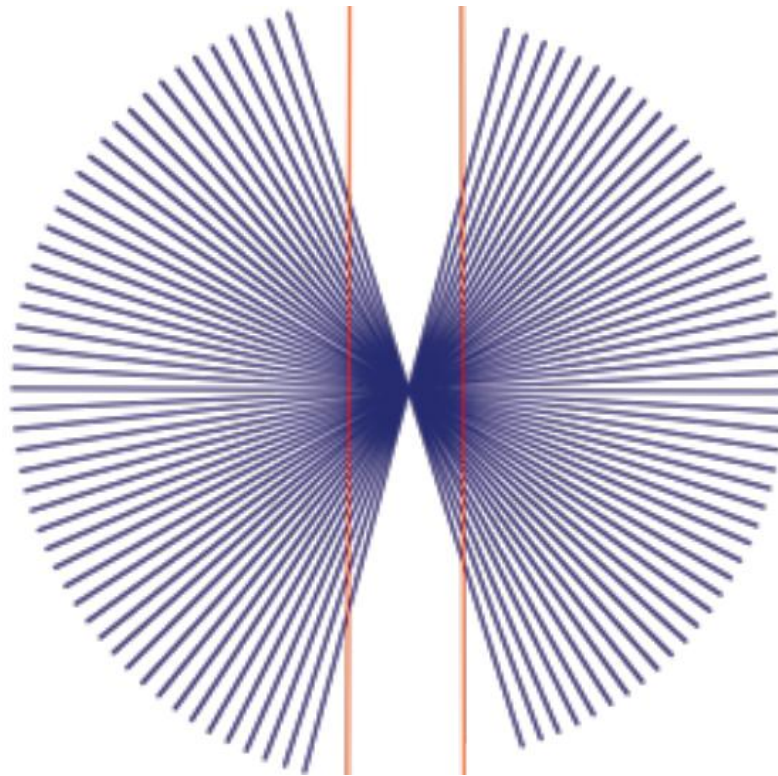
#### 4.10 Η Ψευδαίσθηση Hering και οι Παραλλαγές της

Η αυθεντική ψευδαίσθηση Hering ανακαλύφθηκε από τον ψυχολόγο Ewald Hering το 1860. Σήμερα, υπάρχουν πολλές διαφορετικές παραλλαγές της πρωτότυπης οπτικής

---

<sup>79</sup> Ivo Dinov (2011). Investigation of optical Illusions on the Aspects of Gender and Age. The UCLA undergraduate science journal. Vol 24.

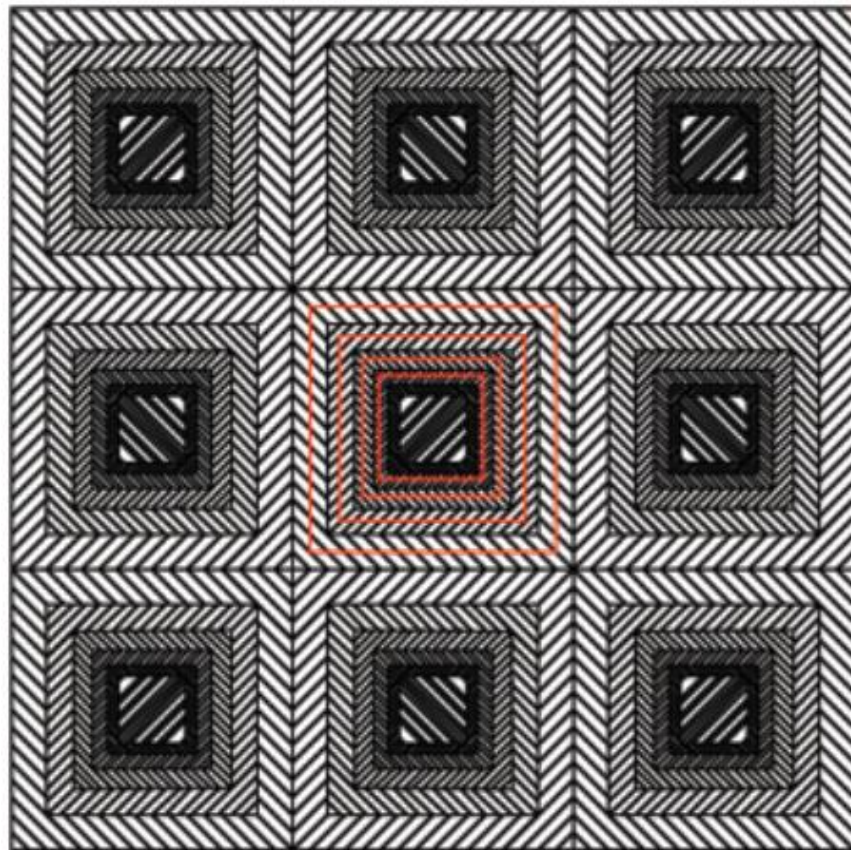
απάτης του Hering, αλλά όλες εστιάζουν στην ψευδαίσθηση των ευθειών γραμμών που φαίνονται να είναι κυρτές ή λυγισμένες. Η κατασκευή και τοποθέτηση των άλλων γραμμών, επηρεάζει την αντίληψη του βάθους του παρατηρητή, δημιουργώντας μία εσφαλμένη εντύπωση. Η ψευδαίσθηση Hering χρησιμοποιήθηκε για να βοηθήσει τους νευροεπιστήμονες να μελετήσουν τα βασικά στοιχεία της αντίληψης και έχουν χρησιμοποιηθεί και από συγκεκριμένους καλλιτέχνες στις δουλειές τους. Η ψευδαίσθηση φαίνεται καλύτερα όταν οι γραμμές που φαίνονται να είναι κυρτές είναι είτε οριζόντιες, είτε κάθετες. Όταν οι γραμμές βρίσκονται σε μία γωνία, η ψευδαίσθηση δεν είναι τόσο αποτελεσματική. Αυτή η έννοια έχει αμφισβητήσει μερικές από τις παραδοσιακές θεωρίες παραγωγής των εφέ οπτικών ψευδαισθήσεων.<sup>80</sup>



Εικόνα 4.17 – Ψευδαίσθηση Hering.

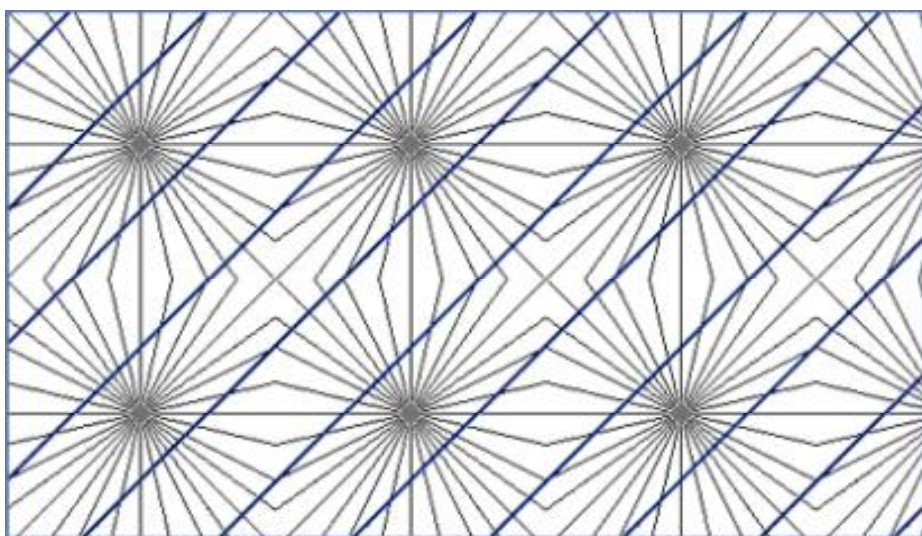
---

<sup>80</sup> Wall Angela. Optical illusions essay. Διαθέσιμο από: <http://jwilson.coe.uga.edu/EMAT6680Su10/Wall/EMAT%206690/Wall/Optical%20Illusions/Optical%20Illusions%20Essay.pdf>



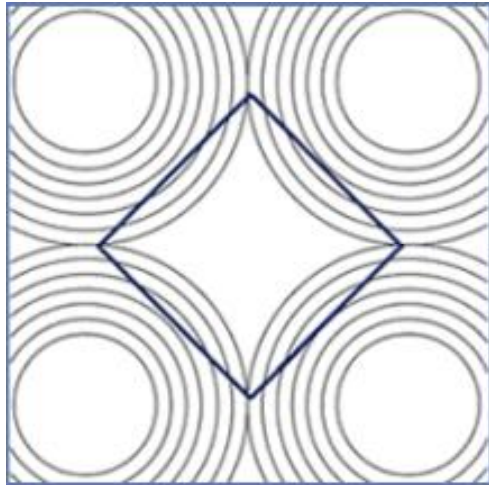
Εικόνα 4.18 - Ψευδαισθηση Hering.

Στις ψευδαισθήσεις του Hering, οι λοξές γραμμές προκαλούν την οπτική απάτη πως οι μπλε γραμμές δεν είναι παράλληλες. Στην πραγματικότητα είναι!

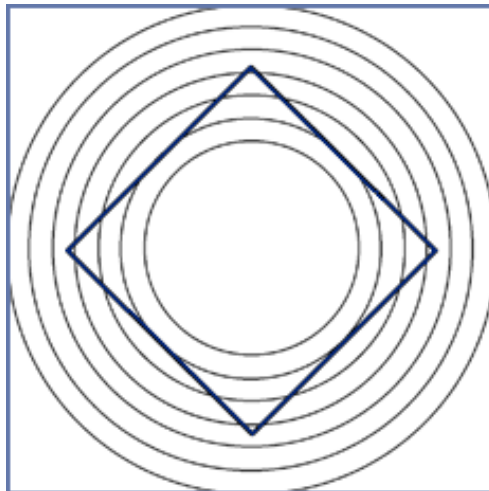


Εικόνα 4.19 – Ψευδαισθηση Hering. Οι παράλληλες γραμμές εμφανίζονται λοξές.

Οι κύκλοι στις παρακάτω εικόνες κάνουν τα μπλε τετράγωνα να φαίνονται παραμορφωμένα.



Εικόνα 4.20 – Ψευδαισθήση Hering. Οι πλευρές του τετραγώνου φαίνεται να καμπυλώνουν προς τα έξω.

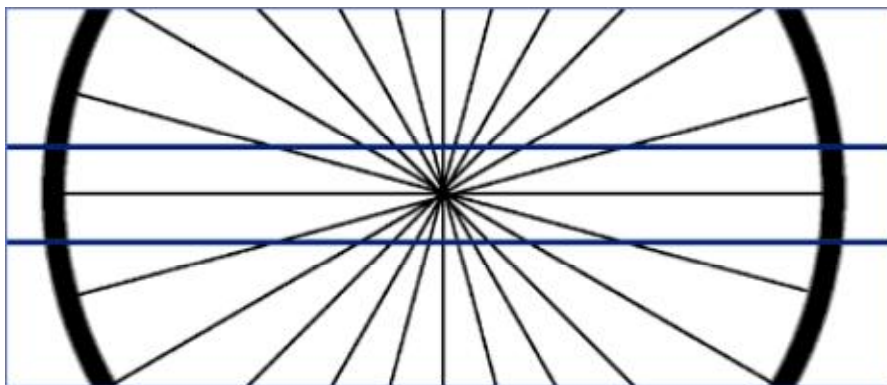


Εικόνα 4.21 – Ψευδαισθήση Hering. Οι πλευρές του τετραγώνου φαίνεται να καμπυλώνουν προς τα μέσα.

Πιθανό να αντιλαμβάνεστε πως το μέσο τμήμα των δύο παράλληλων γραμμών φουσκώνει ελαφρώς. Στην πραγματικότητα είναι ευθείες.<sup>81</sup>

---

<sup>81</sup>



Εικόνα 4.22 - Ψευδαίσθηση Hering. Οι παράλληλες γραμμές φαίνεται να καμπυλώνουν προς τα έξω στο κεντρικό τους τμήμα.

#### 4.11 Η Ψευδαίσθηση Zollner

Η ψευδαίσθηση Zollner ανακαλύφθηκε από τον αστροφυσικό Johann Zollner το 1860, όταν μελετούσε το μοτίβο που απεικονιζόταν πάνω σε ένα κομμάτι υφάσματος. Παρακινήμενος από την ψευδαίσθηση, μοιράστηκε τα ευρήματά του με τον J. C. Roggendorff, ο οποίος ανακάλυψε την δική του οπτική απάτη.<sup>82</sup>

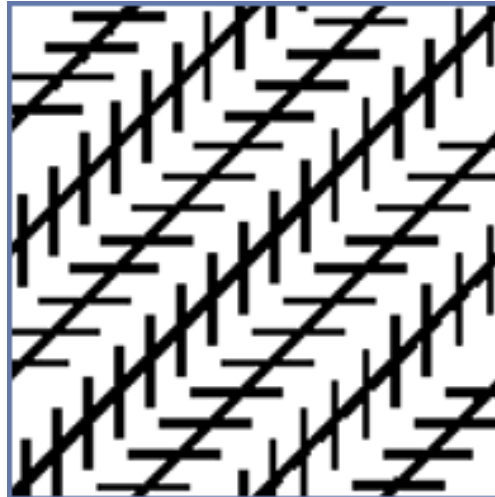
Οι παράλληλες γραμμές που διασταυρώνονται από ένα μοτίβο κοντών διαγώνιων γραμμών φαίνεται να αποκλίνουν. Η εξήγηση για την εμφάνιση αυτού του φαινομένου είναι ότι ο εγκέφαλος επιχειρεί να ερμηνεύσει αυτή την εικόνα σαν να ήταν μέρος μίας τρισδιάστατης σκηνής. Μεγάλη ποικιλία των οπτικών ψευδαισθήσεων Zollner βασίζονται στις παράλληλες ράβδους. Σημειώστε πως η δύναμη των οπτικών παιχνιδιών εξαρτάται από το μοτίβο, ειδικά από την κλίση των γραμμών διαγώνιου μοτίβου.<sup>83</sup>

---

<sup>82</sup> Wall Angela. Optical illusions essay. Διαθέσιμο από: <http://jwilson.coe.uga.edu/EMAT6680Su10/Wall/EMAT%206690/Wall/Optical%20Illusions/Optical%20Illusions%20Essay.pdf>

<sup>83</sup> Optical Illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical\\_illusions/optical\\_illusions.pdf](http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical_illusions/optical_illusions.pdf)

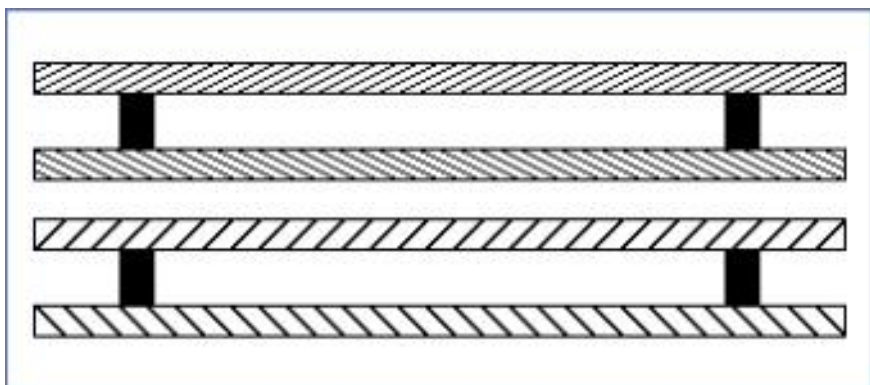




Εικόνα 4.23 – Ψευδαίσθηση Zollner. Πρώτο παράδειγμα.



Εικόνα 4.24 - Ψευδαίσθηση Zollner. Δεύτερο παράδειγμα.



Εικόνα 4.25 - Ψευδαίσθηση Zollner. Τρίτο παράδειγμα.

## 4.12 Η Ψευδαισθηση Poggendorff

Η ψευδαισθηση Poggendorff παραμορφώνει την αντίληψη του μυαλού για συγκεκριμένα αντικείμενα. Η οπτική αυτή απάτη ανακαλύφθηκε από το ψυχίατρο J.C. Poggendorff το 1860, μετά από μελέτη της ψευδαισθησης που ανακαλύφθηκε από τον Zollner. Ενώ μελετούσε την ψευδαισθηση του Zollner, ο Poggendorff παρατήρησε και προσδιόρισε μία άλλη ψευδαισθηση, που είναι γνωστή ως ψευδαισθηση Poggendorff. Η ψευδαισθηση προκαλείται από δύο τελειώματα μίας γραμμής που περνούν πίσω από ένα ορθογώνιο και εμφανίζουν μετατόπιση, ενώ στην πραγματικότητα είναι ευθυγραμμισμένα. Το οπτικό αυτό παιχνίδι είναι παρόμοιο με εκείνα των Hering και Zollner, στο ότι το φόντο της εικόνας θολώνει την αντίληψη των γραμμών.<sup>84</sup>



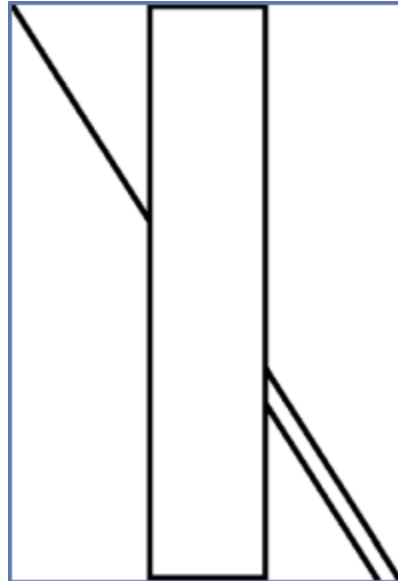
Εικόνα 4.26 – Ψευδαισθηση Poggendorff.

Η μονή γραμμή αν συνεχιστεί ενώνεται με την χαμηλότερη γραμμή του ζευγαριού και όχι με την υψηλότερη.<sup>85</sup>

---

<sup>84</sup> Wall Angela. Optical illusions essay. Διαθέσιμο από: <http://jwilson.coe.uga.edu/EMAT6680Su10/Wall/EMAT%206690/Wall/Optical%20Illusions/Optical%20Illusions%20Essay.pdf>

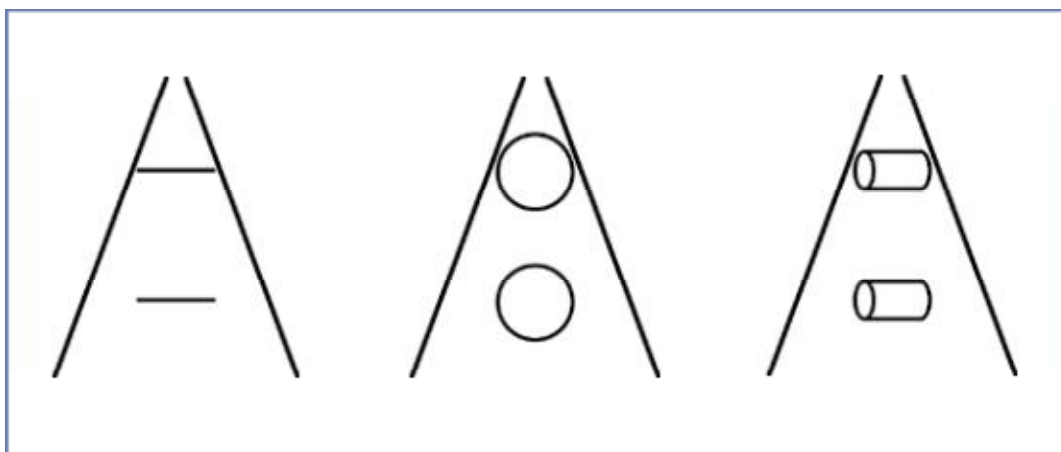
<sup>85</sup> Optical Illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical\\_illusions/optical\\_illusions.pdf](http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical_illusions/optical_illusions.pdf)



Εικόνα 4.27 – Ψευδαισθήση Poggendorf.

### 4.13 Οπτικές Ψευδαισθήσεις του Ponzo

Οι δύο λοξές γραμμές που είναι τοποθετημένες σαν ένα ανάποδο V προκαλούν την εντύπωση προοπτικής. Έτσι, τα ανώτερα αντικείμενα (γραμμή, κύκλος, κύλινδρος), τα οποία πλαισιώνονται από τα τμήματα γραμμών που συγκλίνουν διαγώνια, φαίνεται να διαφέρουν σε μήκος σε σχέση με τα δίδυμα αντικείμενα από κάτω τους.<sup>86</sup>



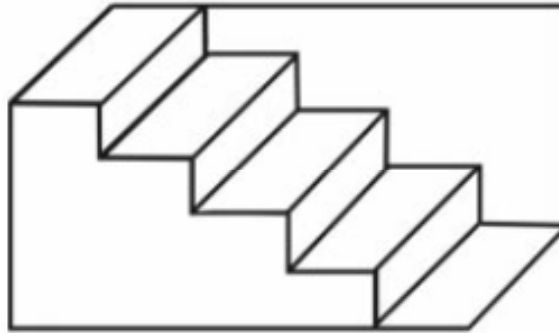
Εικόνα 4.28 – Ψευδαισθήση του Ponzo.

<sup>86</sup>

#### 4.14 Παραδείγματα Οπτικών Ψευδαισθήσεων

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα οπτικών ψευδαισθήσεων.

Ä Σκάλα.



Εικόνα 4.29 – Παράδειγμα πρώτο. Σκάλα.

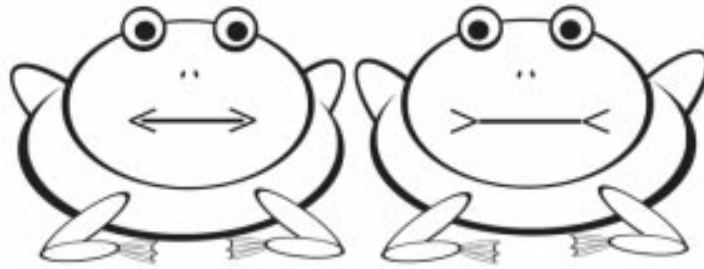
Ä Βαρέλι.



Εικόνα 4.30 – Παράδειγμα δεύτερο. Βαρέλι.

Βλέπετε έντεκα ξεχωριστές βέργες ή μία συνεχόμενη γραμμή?

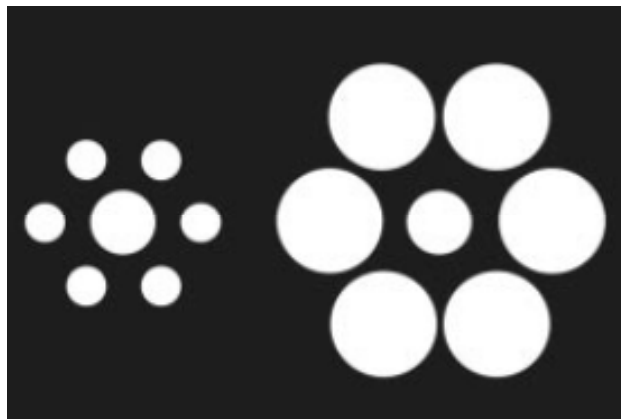
Ä Βάτραχοι.



Εικόνα 4.31 – Παράδειγμα τρίτο. Βάτραχοι.

Ποιος βάτραχος έχει το μεγαλύτερο στόμα?

Ä Δύο λουλούδια.



Εικόνα 4.32 – Παράδειγμα τέταρτο. Δύο λουλούδια.

Κοιτάξτε προσεκτικά τα δύο λουλούδια. Ποιος από τους δυο κεντρικούς κύκλους είναι ο μεγαλύτερος;<sup>87</sup>

---

<sup>87</sup> Museum of Vision (2000). Eye openers exploring optical illusions. Foundation of the American Academy of Ophthalmology.

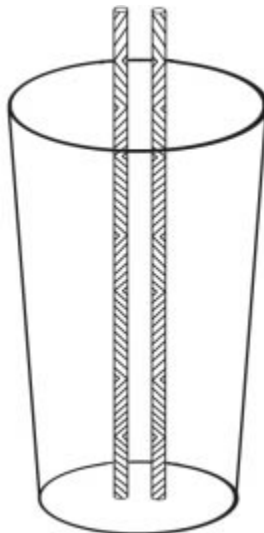
Ä Πουλάκια.



Εικόνα 4.33 - Παράδειγμα πέμπτο. Πουλάκια που φιλιούνται.

Κρατήσετε την εικόνα σε απόσταση ίση με το μήκος του χεριού σας και κοιτάζετε τον λευκό κενό χώρο μεταξύ των δύο πουλιών. Σιγά-σιγά φέρτε το χαρτί πιο κοντά στο πρόσωπό σας. Βλέπετε τα δύο πουλάκια να φιλιούνται?

Ä Τα δύο καλαμάκια.



Εικόνα 4.34 - Παράδειγμα έκτο. Δύο καλαμάκια.

Κρατήστε την εικόνα με τα δύο καλαμάκια σε απόσταση ίση με το μήκος του χεριού σας. Είναι τα καλαμάκια ίσια ή κυρτά? (οι περισσότεροι βλέπουν τα καλαμάκια κυρτά).

Τοποθετήστε τον χάρακα κατά μήκος του ενός από τα δύο καλαμάκια. Είναι ίσιο ή κυρτό? Στη συνέχεια κρατήστε επίπεδη την ζωγραφιά και τοποθετήστε την κάτω από τη μύτη σας. Πώς φαίνονται τώρα τα καλαμάκια?<sup>88</sup>

---

<sup>88</sup> Museum of Vision (2000). Eye openers exploring optical illusions. Foundation of the American Academy of Ophthalmology.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αντίληψη είναι μία πτυχή της ανθρώπινης συμπεριφοράς, και υπόκειται σε πολλές ίδιες επιρροές που σχηματίζουν άλλες πτυχές της ζωής. Συγκεκριμένα, η εμπειρία κάθε ατόμου συμβάλλει κατά έναν περίπλοκο τρόπο στον καθορισμό της αντίδρασης σε μία δεδομένη κατάσταση ερεθίσματος.

Το ανθρώπινο σύστημα οφθαλμού-εγκεφάλου είναι το πιο εξεζητημένο σύστημα στο οποίο έχουμε πρόσβαση. Μπορεί εύκολα να αντέξει περίπλοκες οπτικές επεξεργασίες και εργασίες αναγνώρισης μοτίβων, που θα ήταν αδύνατο να επιχειρήσει ακόμη και το πιο ισχυρό υπολογιστικό σύστημα.

Τον περισσότερο χρόνο τα μάτια, μας δίνουν καλή αίσθηση των πραγμάτων που μας περιβάλλουν. Μερικές φορές, ωστόσο, μπορεί να παραπλανούμαστε στο να βλέπουμε εφέ που στην πραγματικότητα δεν είναι υπάρχουν. Οι εικόνες τις οποίες παράγει το φαινόμενο αυτού του είδους ονομάζονται οπτικές ψευδαισθήσεις.

Η ύπαρξη των οπτικών ψευδαισθήσεων υποδηλώνει πως χρειάζεται να είμαστε πολύ προσεκτικοί όταν χρησιμοποιούμε γραφικά για την ανάλυση δεδομένων. Αν ένα ξεκάθαρο χαρακτηριστικό σε ένα γράφημα οφείλεται σε οπτική ψευδαίσθηση παρά σε πραγματική επίδραση, τότε μπορεί να εξάγουμε εσφαλμένα αποτελέσματα από την ανάλυση.

Υπάρχουν πολλά είδη ψευδαισθήσεων, μερικές είναι καθαρά γεωμετρικές, άλλες σχετίζονται με την αντίληψη του χρώματος, και πολλές από αυτές είναι επώνυμες και πολύ γνωστές στην ανθρωπότητα. Οι ψευδαισθήσεις αυτές μαζί με πληθώρα άλλων είναι δύσκολο να κατηγοριοποιηθούν με ακρίβεια, ειδικά όταν πολλές από αυτές δεν μπορούν να εξηγηθούν επιτυχώς, και όταν συνεχώς υπάρχουν νέες. Στο μεταξύ, μπορούμε να απολαύσουμε την βιωσιμότητά τους ως ένα εργαλείο έρευνας, αλλά και την εισαγωγή της επόμενης γενιάς στην γοητεία της επιστήμης.

Η επόμενη γενιά, σχετίζεται με την σύγχρονη ικανότητα εμφύχωσης των οπτικών ψευδαισθήσεων, ακόμη και με την προσθήκη ήχου, που δημιουργούν πολλές νέες δυνατότητες. Ενώ παλιότερα οι ψευδαισθήσεις είχαν απήχηση σε μία μόνο αίσθηση, η



τρέχουσα τεχνολογία γεφυρώνει περισσότερες αισθήσεις μεταξύ τους και επιτυγχάνει νέες δυνατότητες. Σε όσο περισσότερες αισθήσεις έχει απήχηση η ψευδαίσθηση, τόσο πιο δυνατό είναι το αποτέλεσμα. Φτάνει επίσης ένα σημείο όπου οι ψευδαισθήσεις στην τηλεόραση ή στο διαδίκτυο δεν μπορούν πλέον να ταξινομηθούν ως απλά οπτικές, αλλά ως πλήρως ολοκληρωμένες πολλαπλών αισθήσεων ψευδαισθήσεις.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ**

4M. (2006). Illusion science. Booklet.

*Ambiguities, and Other Anomalies*. San Francisco: W. H. Freeman.

Andrew Ilyas and Nikhil Patil (2012). Optical Illusions - Does Colour affect the illusion?

Barbur J L, 1980 "Quantitative studies of some dynamic visual effects" *Perception* 9 303-316

Cavanagh, P. (1991). Vision at equiluminance. In J. J. Kulikowski, I. J. Murray, & V. Walsh (Eds.), *Vision and visual dysfunction. Limits of vision* (Vol. V, pp. 234–250). Boca Raton, FL: CRC Press.

Clifford C W G, Rhodes G (Eds), 2005 *Fitting the Mind to the World: Adaptation and After-effects in High-level Vision* (Oxford: Oxford University Press)

Cornelia Fermüller a,\*, Henrik Malm (2003). Uncertainty in visual processes predicts geometrical optical illusions. *Vision Research* 44 (2004) 727–749.

Cornelia Fermüller a,\*, Henrik Malm (2004). Uncertainty in visual processes predicts geometrical optical illusions. *Vision Research* 44, 727–749.

Darwin C R, 1859 *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (first edition) (London: John Murray)

Ehrenstein, W. (1930). Untersuchungen über Figur-Grund-Fragen. *Zeitschrift für Psychologie*, 117, 339-412.

F.C. Müller-Lyer. Zur lehre von den optischen täuschungen: Über kontrast und konfluxion. *Z. Psychologie*, 9:1–16, 1896.

Frederic Gosselin and Claude Lamontagne (1997). Motion-blur illusions. *Perception*, volume 26, pages 847-855.

Harmon L D, Julesz B, 1973 "Masking in visual recognition: Effects of two-dimensional filtered noise" *Science* 180 1194 ^ 1197

HENRIK MALM (2003). STUDIES IN ROBOTIC VISION, OPTICAL ILLUSIONS AND NONLINEAR DIFFUSION FILTERING. Centre for Mathematical Sciences Lund University

Human color vision. Διαθέσιμο από: <http://www.um.es/phi/aguirao/master/color.pdf>

Ivo Dinov (2011). Investigation of optical Illusions on the Aspects of Gender and Age. The UCLA undergraduate science journal. Vol 24.

J. Fraser. A new visual illusion of direction. *Brit. J. Psychol.*, 2:307–320, 1908.

J.J. Opperl. Über geometrisch-optische täuschungen. *Jahrebericht phys. ver. Frankfurt*, pages 37–47, 1855.

J.O. Robinson. *The Psychology of Visual Illusion*. Dover, Mineola, NY, 1998.

JL Marzo (1998). Illusion and Ideology in the Vision Machine. Miró Foundation, Barcelona.

Julian Oliver (2008). Perceptual Play: Optical Illusion Art as Radical Interface. Διαθέσιμο από: <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>

Kai Hamburger, Thorsten Hansen, Karl R. Gegenfurtner (2007). Geometric-optical illusions at isoluminance. Department for Experimental Psychology, Justus Liebig University Giessen, Otto-Behaghel-Strasse 10F, 35394 Giessen, Germany

Lennie, P., Krauskopf, J., & Sclar, G. (1990). Chromatic mechanisms in striate cortex of macaque. *Journal of Neuroscience*, 10,649–669.

Liebmann, S. (1927). U<sup>ber</sup> das Verhalten farbiger Formen bei Helligkeitsgleichheit von Figur und Grund. *Physiologische Forschung*, 9,300–353.

Luckiesh, M. (1992). *Visual illusions: Their causes, characteristics and applications*. D. Van Nostrand Company.

Museum of Vision (2000). *Eye openers exploring optical illusions*. Foundation of the American Academy of Ophthalmology.

O. Reutersvärd. *Omöjliga figurer i färg*. Doxa, Lund, 1985.

Optical illusions. Διαθέσιμο από [file:///Y:/resources/optical\\_illusions/index.html](file:///Y:/resources/optical_illusions/index.html) (1 von 2)08.05.2007 10:28:29

Optical Illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical\\_illusions/optical\\_illusions.pdf](http://www.sapdesignguild.org/goodies/optical_illusions/optical_illusions.pdf)

Palmer, S. E. (1999). *Vision science: photons to phenomenology*. Cambridge, MA: MIT Press.

Processing the image or can you believe what you see? Optical illusions. Διαθέσιμο από: [http://www.michaelbach.de/ot/mot\\_mib/index.html](http://www.michaelbach.de/ot/mot_mib/index.html)

από: [http://www.michaelbach.de/ot/mot\\_mib/index.html](http://www.michaelbach.de/ot/mot_mib/index.html)

Rob Jenkins and Richard Wiseman (2009). Darwin Illusion: Evolution in a blink of the eye. *Perception*, 2009, volume 38, pages 1413 ^ 1415

Roger Shepard (1990). *Mind Sights: Original Visual Illusions*,

Rufin VanRullen a,\*, Timothy Dong (2003). Attention and scintillation. *Vision Research* 43 (2003) 2191–2196.

S. Grossberg and E. Mingolla. Neural dynamics of perceptual grouping: Textures, boundaries and emergent segmentations. *Perception and Psychophysics*, 38(2):141–171, 1985.

T. Oyama. Japanese studies on the so-called geometrical-optical illusions. *Psychologia*, 3:7–20, 1960.

Wade N J, 2002 "Erasmus Darwin (1731 ^ 1802)" Perception 31 643 ^ 650

Wall Angela. Optical illusions essay. Διαθέσιμο από:  
<http://jwilson.coe.uga.edu/EMAT6680Su10/Wall/EMAT%206690/Wall/Optical%20Illusions/Optical%20Illusions%20Essay.pdf>

Walter H. Ehrenstein jr., Leibniz Research Center for Human Factors, Dortmund University.

Z. Zhang. Flexible camera calibration by viewing a plane from unknown orientations. In *Proc. Int. Conf. Computer Vision*, volume 1, pages 666–679, Kerkyra, Greece, September 1999.

Διαθέσιμο από: [file:///Y:/resources/optical\\_illusions/read\\_first.html](file:///Y:/resources/optical_illusions/read_first.html) (1 von 2)08.05.2007 10:28:29.