**ראייה**

**תפיסות חלופיות על תהליך הראייה**

פיאז'ה שאל את הילד פאט בן העשר – מנין בא האור?

מן השמש, הירח, הכוכבים, העננים והאלוהים, ענה הילד.

ואתה מאיר? – לא... כן.

איך אתה מאיר? – בעיניים.

מדוע? – מפני שאם אין עיניים לא רואים טוב.

האם העיניים נותנות אור? – כן, הן נותנות אור.

האם הן מאירות בלילה? – לא, כי הן נעצמות.

ובזמן שהן פקוחות, הן נותנות אור? – כן.

(פיאז'ה, 1957)

מסקירת הספרות המחקרית לגבי תהליכי ראייה עולה כי קיימות תפיסות חלופיות או תפיסות מוקדמות אצל תלמידים, בכל גיל, ביחס לתהליך הראייה.

כשאנו רואים עצם מסוים, קרני האור מגיעות ממקור האור (שמש, נורה וכדומה) אל העצם הנצפה ומוחזרות ממנו לכל הכיוונים. קרני האור המגיעות אל עינינו חודרות מבעד לקרנית ולעדשה, פוגעות ברשתית ומעוררות את קולטני הראייה.

התשובות שנותנים ילדים בגילאים שונים לגבי תהליך הראייה וגם תשובות של סטודנטים, דומות לאמונות שרווחו בעולם במהלך ההיסטוריה. בתיאורים של ילדים ומבוגרים רבים קיים אלמנט של קרן שיוצאת מהעין אל האובייקט, כלומר הראייה היא אקטיבית. זו גם האמונה שרווחה בקרב אנשי מדע ופילוסופיה עד המאה ה-11 לספירה. הפילוסופים היוונים, ובמיוחד אויקלידס, האמינו שבתהליך הראייה אנו שולחים קרן מהעין אל העצם הנראה. אנו רואים באמצעות קרן זו כמו עיוור הממשש את העולם בקצה מקלו, או לחלופין הקרן שיצאה מהעין מחזירה לעינינו את דמותו של העצם. אפלטון טען כנגד דגם זה כי אילו הדגם היה נכון יכולנו לראות בחושך, שכן המודל מתעלם מהצורך במקור אור. הדגם שהציע אפלטון הוא דגם שבו מקור אור **מאפשר** לעין לשלוח קרן לעבר העצם.

במאה ה-11, באלכסנדריה, הפיזיקאי-מתמטיקאי איבן אל-חיתאם פרסם מאמר ובו הוא הציע את הדגם המקובל כיום (איור 1). הוא טען שהאור המגיע ממקור האור פוגע בעצם ומוחזר ממנו לכל הכיוונים. התיאוריה התקבלה בקהילה המדעית רק במאה ה-16, אך עדיין אפשר למצוא רעיונות נאיביים ושגויים על התהליך.

התפיסה המוטעית לגבי תפקיד העין בתהליך הראייה מקבלת חיזוק באמצעות ביטויים השגורים בשפה העברית למשל: לשלוח מבט, להעיף מבט, להישיר מבט, מבט חודרני, עין בוחנת וכן הלאה. גם באנגלית ביטויים כמוStare at ,Gaze upon ,Examine , תורמים לתפיסה שלעין תפקיד אקטיבי בתהליך הראייה.

אם כן, התפקיד הראשון שלנו בבואנו ללמד את תהליך הראייה הוא לברר מהי התפיסה המוקדמת של התלמידים. תלמידים שאוחזים בדעה שאנו רואים על ידי קרן שיוצאת מהעין אל העצם הנצפה יתקשו להבין את תפקידם של חלקי העין השונים, את חשיבות השקיפות של הקרנית והעדשה, את תהליך התרגום של האור בקולטני הרשתית וכך הלאה.

**מבנה העין ותפקודה**

העיניים הן מבנים כדוריים בקוטר של כ-2.5 ס"מ הנמצאות בתוך שקעים בגולגולת הנקראים ארובות העיניים. ארובות העיניים מגנות על העיניים. בדרך כלל אנו רואים רק את החלק הקדמי של העיניים. על חלק זה מגנים גם העפעפיים, הריסים והגבות. בלוטת הדמעות נמצאת בפינה החיצונית העליונה של כל עין, ליד הרקה. היא מפרישה דמעות כל הזמן ואלה זורמות על פני החלק הקדמי של העין ושומרות על לחות החלק החיצוני של העין. הדמעות נקוות לתוך צינור בחלק הפנימי התחתון של העין, ליד האף, וזורמות לתוך חלל האף – זו הסיבה שכאשר בוכים ויש ייצור יתר של דמעות, חלק גולשות החוצה וחלק נקוות לצינור. גם האף מפריש וצריך לקנח את האף לעתים קרובות. במקרים אלה האף אינו מפריש נזלת כי אם דמעות.

**לובן העין והקרנית**

המעטפת החיצונית של העין קרויה **לובן העין**. זו שכבה לבנה וקשה ששומרת על צורתה העגולה של העין. בקדמת העין יש אזור מעוגל (קמור) שקוף ולא לבן – זוהי ה**קרנית**. אם מסתכלים על עין בפרופיל רואים כי הקרנית היא כיפה שקופה שבולטת קדימה. דרך הקרנית נכנסות קרני האור לתוך העין. בעוברן בקרנית הן נשברות ומתרכזות.

**הקשתית והאישון**

מאחורי הקרנית נמצאת ה**קשתית** (iris). הקשתית מכילה פיגמנט (צבען) הנותן לעין את צבעה – כחול, ירוק, חום או שחור. הקשתית נקראת גם איריס על שם האלה היוונית שהייתה אלת הקשת בענן. במרכז הקשתית יש חור – ה**אישון**. קרני האור שהתרכזו על ידי הקרנית עוברות דרך האישון. הקשתית בנויה משרירים שיכולים להתכווץ ולהתרפות, וכך האישון מתרחב כשיש מעט אור ומצטמצם כשיש הרבה אור ועל ידי כך מווסת את כמות האור החודרת לעין.

**העדשה והזגוגית**

מאחורי הקשתית נמצאת ה**עדשה**. העדשה היא גוף שקוף קמור משני צדדיו. קרני האור שהתרכזו בעוברן דרך הקרנית נשברות שוב בעדשה ועל ידי כך מתרכזות למוקד אחד. אם מוקד זה נופל על שכבת הרשתית המכסה את החלק האחורי של העין – כי אז רואים תמונה ברורה. מאחורי העדשה נמצאת ה**זגוגית** או החומר הזגוגי. זהו חומר שקוף במרקם של ג'לי והוא ממלא את כדור העין ושומר על נפחו. האור עובר דרך הזגוגית.

**הדמית והרשתית**

החלק האחורי של העין מצופה בשתי שכבות. ה**דמית** העשירה בכלי דם ו**הרשתית**. הרשתית היא שכבה של קולטנים (תאי חישה) ותאי עצבים. הקולטנים מגיבים לאור ושולחים מידע דרך תאי העצבים ושלוחותיהם אל המוח. חלק מהקולטנים מגיב לכל סוג של אור, גם אור חלש – אלה הם הקנים. הם מכילים כמות גדולה יותר של פיגמנטים רגישים לאור וזה מאפשר תגובה לכמויות זעירות של אור, והם מאפשרים את ראיית הלילה (ללא צבע). חלק אחר של הקולטנים רגיש לאור בצבעים שונים – אלה הם המדוכים. יש שלושה סוגים של מדוכים, כל אחד מכיל פיגמנט שרגיש לחלק אחר בספקטרום של האור. בהפעלה בו זמנית שלהם ("ערבוב") הם ומאפשרים ראיית צבע והבחנה בין צבעים.

**עצב הראייה והכתם העיוור**

כל השלוחות של תאי העצב מכל שטח הרשתית נאספות לאזור אחד בחלק האחורי של העין, מתאגדות יחד ויוצרות את החיבור של העין למוח. דרכן עובר למוח המידע על האור שנקלט בקולטנים השונים שברשתית. השלוחות המאוגדות נקראות **עצב הראייה**. באזור היציאה של עצב הראייה מהעין יש אזור שבו אין קולטנים ואור הנופל בדיוק על אזור זה אינו נקלט ואין אנו רואים אותו, לכן הוא מכונה אזור היציאה של עצב הראייה מהעין – **הכתם העיוור**.

**מדוע האישון תמיד שחור?**

על אף שהאישון הוא חור בקשתית, כשאנו מסתכלים על האישון של חברנו אין אנו רואים את פנים העין אלא עיגול שחור שנראה אטום. הסיבה לכך היא שקרני האור מצליחות להיכנס דרך האישון פנימה אך אין הן מצליחות לצאת ממנו החוצה ולכן אין הן מגיעות לעיני המסתכל ואין הוא יכול לראות מה קורה בתוך העין. החור הוא קטן יחסית לשטח פנים העין. קרני אור נכנסות בכל מיני זוויות דרך האישון, פוגעות בשכבה המצפה את פנים העין ומוחזרות ממנה, אך בדרך כלל קרני האור האלה אינן מכוונות דווקא לאישון שהוא הפתח היחיד ואינן מצליחות לצאת מתוך העין.

בתרשים אפשר לראות ארבע קרני אור שנכנסות לעין דרך האישון, פוגעות ברשתית, בשכבה המצפה את העין מבפנים ומוחזרות ממנה, אך אף אחת מהקרניים אינה יוצאת דרך האישון.

אזור שהאור רק נבלע בו ואינו מוחזר ממנו נראה שחור לעין המתבונן.

**תרשים 1**

אישון

מתי בכל זאת אפשר לראות את פנים העין דרך האישון? לשם כך צריכים להתקיים שני תנאים: האישונים מורחבים ואור חזק נכנס דרך האישון. זה קורה כשרופא מתבונן בפנים העין בעזרת אופטלמוסקופ. ראשית הוא מטפטף טיפות של חומר מרחיב אישונים ואחר כך מאיר באור חזק ומתבונן בפנים העין דרך האישון. קרני אור חוזרות אליו דרך האישון וכך הוא מצליח לראות. מקרה אחר שבו מתקיימים שני התנאים הוא צילום בעזרת פלש. אנו מצלמים עם פלש כשהמקום חשוך ואז גם האישונים מורחבים. אור הפלש הוא אור חזק הנכנס אל האישונים המורחבים וחלק ממנו מצליח לצאת ולחזור אל המצלמה. העיניים נראות אז אדומות בגלל שכבת כלי הדם המצפה את העין מבפנים.

אפשר להדגים את התופעה בעזרת קופסת קרטון שצבעה לבן מבחוץ ומבפנים. עושים חור לא גדול בדופן הקופסה. כשמסתכלים מבחוץ על החור, הוא נראה שחור. כשמסתכלים על דופנות הקופסה מבפנים – הן נראות לבנות. הדגם מראה את אותה התופעה כמו באישון – קרני אור נכנסות לקופסה דרך החור אך אינן מצליחות לצאת ממנה. כיצד פתרו את בעיית העיניים האדומות בצילומים עם פלש? הפלש מאיר פעמיים. פעם אחת כדי לגרום למצולם לצמצם את קוטר האישונים שלו בתגובה לאור החזק ובפעם השנייה – בשביל לצלם!

סיגול העדשה

כאשר מקרבים לאט לאט את האצבע לאף, בשלב מסוים מתחילים לראות אותה במטושטש. כדאי לנסות זאת עם התלמידים ולבדוק מהו המרחק של האצבע מהאף שבו מתחילים לראות מטושטש. כשאנו מתבוננים בחפץ ההולך ומתקרב אלינו (ממרחק של כ-1 מטר ועד סנטימטרים בודדים מקצה האף) עדשת העין הולכת ומתקמרת יותר ויותר ומאפשרת למוקד קרני האור ליפול על הרשתית. השינוי במרחק העצם הנצפה מן העין גורם לשינוי במידת הקמירות של העדשה. תהליך זה של סיגול העדשה עוזר לנו לראייה חדה וברורה של העצם הנצפה. יש גבול למידת ההתקמרות של העדשה ומעבר לו אנו רואים מטושטש - המרחק של האצבע מהעין שבו אנחנו מתחילים לראות מטושטש מסמל את גבול התקמרות העדשה.

**סיגול העדשה בבעלי חיים**

סיגול העדשה ושינוי מרחק המוקד בעין יכולים להתבצע בשתי דרכים: האחת - שינוי מידת הקימור של העדשה באמצעות שרירים. דרך זו אופיינית לאדם, ליתר היונקים ולעופות. הדרך השנייה - שינוי מרחק העדשה מהרשתית. דרך מיקוד זו אופיינית לעופות ולדגים, והם עושים זאת על ידי שינוי צורתו של גלגל העין. יש עופות שלהם שתי שיטות המיקוד. בעקבות כך הם מצטיינים ביכולת ראייה טובה למרחקים גדולים ומשתנים.