

# פיזיקה

## צילום

## דיגיטלי

מותאם לתוכנית הלימודים של משרד החינוך

**תשע"ו - 2016**

# תוכן עניינים

## התפתחות הצילום והשפעתו

- פרק 1** **התפתחות הצילום** **5**  
הבסיס להתפתחות הצילום, התפתחות הצילום, חידת הסוס הדוהר, המצאת סרט הצילום, המעבר לצילום דיגיטלי, השפעת הצילום על החברה
- פרק 2** **מבנה המצלמה הדיגיטלית** **15**  
התפתחות המצלמה הדיגיטלית, מבנה המצלמה הדיגיטלית, המצלמה הדיגיטלית כמערכת טכנולוגית

## העקרונות הפיזיקליים של צילום

- פרק 3** **האור והתפשטותו** **25**  
מהו אור, התפשטות האור, תופעת האור והצל, מהירות התנועה של האור
- פרק 4** **תופעות של אור** **30**  
תופעת בליעה העברה והחזרה של אור, המאפיינים של גוף אטום וגוף שקוף, תופעת שבירת האור, אור ומצלמה
- פרק 5** **אור וצבעים** **37**  
הקשר בין אור וצבע, תופעת הנפיצה של האור, ספקטרום צבעי האור הנראה לעין, כיצד אנו רואים צבעים, חיבור צבעים, צילום צבעוני במצלמה דיגיטלית

## עקרונות הצילום הדיגיטלי

- פרק 6** **האפקט הפוטואלקטרי** **47**  
מהו האפקט הפוטואלקטרי, איך גורם אור לפליטת אלקטרונים ממתכת, חיישן האור והאפקט הפוטואלקטרי
- פרק 7** **מקרני אור לתמונה דיגיטלית** **53**  
קרני אור הופכות לאות חשמלי, אות חשמלי הופך למידע דיגיטלי, מידע דיגיטלי הופך לתמונה על צג המצלמה
- פרק 8** **איכות התמונה הדיגיטלית** **60**  
מהי תמונה דיגיטלית איכותית, הגורמים המשפיעים על איכות תמונה דיגיטלית, רזולוציה ואיכות תמונה דיגיטלית, איכות תמונה בטלפון סלולרי, הגדלה של תמונה דיגיטלית
- פרק 9** **העין והמצלמה** **68**  
התנאים המאפשרים ראייה, כיצד אנו רואים, השוואה בין העין למצלמה

**התפתחות**

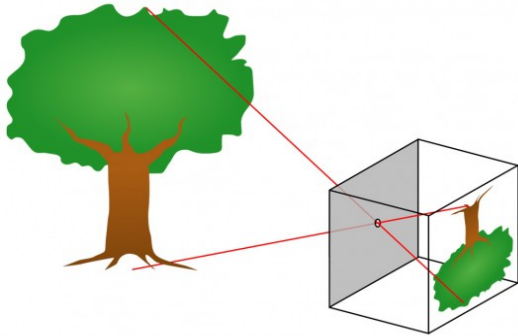
**הצילום**

**והשפעתו**

# פרק 1- התפתחות הצילום

## הבסיס להתפתחות הצילום

כבר בתקופות קדומות הנציחו בני האדם את מה שראו עיניהם על ידי ציור של דמויות ונוף הטבע על קירות במערות בהם חיו, או גילוף ופיסול שלהן. אנשי המדע ביוון העתיקה היו הראשונים שהבחינו, שקרני אור החודרים דרך

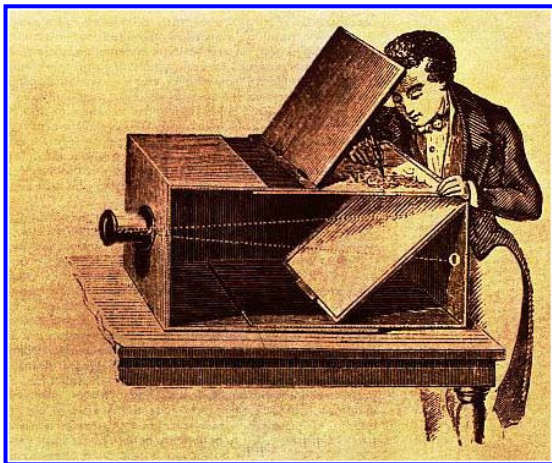


קמרה אובסקורה

חריץ קטן (נקב) אל חדר חשוך, מטילים על הקיר את מראה הנוף החיצוני במהופך. לתופעה האופטית הזאת הם קראו: **"הלשכה האפלה"** וביוונית עתיקה: **קמרה אובסקורה - camera obscura.**

השימוש שנעשה בלשכה האפלה בתקופה העתיקה, היה שעשוע בהטלת דמויות בחדרים חשוכים, אך למעשה, היא הייתה הבסיס להתפתחות הצילום.

## התפתחות הצילום



צייר מצייר באמצעות קמרה אובסקורה

עם הזמן, התפתחה הקמרה אובסקורה, ונבנו דגמים קטנים יותר, שהוסיפו להם מראה פנימית ועדשה בנקב הקטן, אשר אפשרה קבלת תמונה חדה וברורה יותר. אולם, במשך מאות שנים, לא נמצאה הדרך כיצד לשמר את התמונה שמתקבלת בגב הקמרה אובסקורה, והיא שימשה בעיקר ציירים, שציירו באמצעותה קווי מתאר של נוף הטבע.

במהלך המאה ה-19 התפתח מאד המחקר בתחום הכימיה, ומידע רב הצטבר על תכונות של חומרים שונים ותגובתם לקרני אור. מדענים מצאו, שתרכובת של כסף וכלור או תרכובת של כסף וחנקן הן תרכובות הרגישות לאור, והן משחירות כשהן נחשפות לאור השמש. חוקרים רבים עסקו, בניסיון לקבע תמונה הנוצרת במכשיר הקמרה אובסקורה על גבי מצע של חומר כימי הרגיש לאור. אך, ניסיונותיהם לא זכו להצלחה רבה.

## פרק 2 - מבנה המצלמה הדיגיטלית

### התפתחות המצלמה הדיגיטלית

טכנולוגיה דיגיטלית פותחה כבר בשנות ה-60 של המאה ה-20, ומדעני סוכנות החלל האמריקאית (נאס"א) היו הראשונים שעשו שימוש בטכנולוגיה דיגיטלית על מנת לעבד תמונות של הירח ושל כוכבים שונים שהתקבלו מחלליות בחלל.

באמצע שנות ה-70 פיתחו מעבדות **חברת בל (Bell)** בארה"ב את חיישן האור הראשון, ששימש בשנת 1975 את מהנדסי חברת הצילום קודאק, לפיתוח של



המצלמה הדיגיטלית הראשונה ששקלה 3.6 ק"ג וצילמה בשחור לבן.

בשנות ה-80 חדרה הטכנולוגיה הדיגיטלית אל תחום התקשורת, וגם אל תחום הצילום. הדור החדש של מחשבים אישיים, היו בעלי יכולות עיבוד, הצגה ואחסון של תמונות, ותוכנות מתוחכמות לעיבוד תמונות, הפכו להיות נגישות

המצלמה הדיגיטלית הראשונה של חברת קודאק

לכל משתמש. בשנת 1984 ייצרה חברת קנון היפנית את המצלמה הדיגיטלית הראשונה לקהל הרחב, ובשנות ה-90 יוצרו כבר מצלמות דיגיטליות במחיר שווה לכל נפש, ורבים רכשו לעצמם מצלמה דיגיטלית.

בשנות ה-2000 נוספו חידושים טכנולוגיים למצלמות הדיגיטליות, כמו מערכת ייצוב תמונה, יכולת לצלם בתאורה ביתית ללא שימוש במבזק (פלאש) ועוד. מזעור המצלמות הדיגיטליות הביא לייצור מצלמות זעירות לשימושים שונים, והשילוב שלהן במכשירים הסלולריים, הפך את הצילום לפופולרי בקרב הציבור.



מצלמת אבטחה



מצלמת קפסולה לצילום מערכת העיכול של האדם



מצלמה בסמרטפון

**העקרונות**

**הפיזיקליים**

**של**

**צילום**

## פרק 3 - האור והתפשטותו

"אור" הוא מהות חיי היומיום שלנו. תופעות של האור היו מרכז ההתעניינות של האדם עוד מתקופות קדומות, ולאורך השנים עסקו מדענים בחקר תופעות האור ותכונותיו, שמאפשרים לנו לראות עצמים, צבעים ועוד.

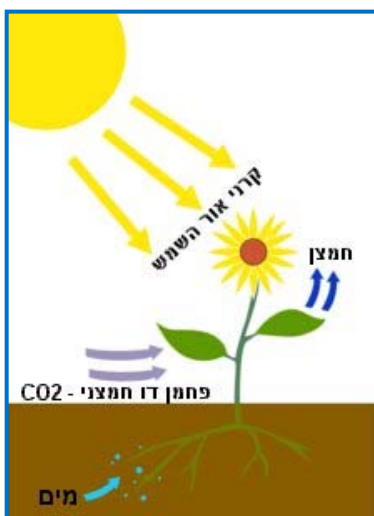
### מהו אור?

מבחינה פיזיקלית, "אור" הוא אנרגיה המהווה חלק מהאנרגיה של קרינה אלקטרומגנטית, המוקרנת מגופים חמים. "אור" מורכב למעשה מחלקיקים קטנים מאד, חסרי מסה, הטעונים אנרגיה ונקראים פוטונים. פוטונים אלו נוצרים באטומים של חומר בזמן שהוא מתחמם, והם נפלטים מגוף חם, ונעים בצורה של גל בקו ישר, ומעבירים את האנרגיה שלהם לכל גוף אתו הם באים במגע.

### אור הוא אנרגיה המהווה חלק מקרינה אלקטרומגנטית

אור נפלט ממקורות אור טבעיים (כמו השמש) או ממקורות אור מלאכותיים (כמו מנורה), ותהליכים רבים המתרחשים בעולם, קשורים בהמרה של אנרגיית האור הנפלטת ממקורות אור, לאנרגיה אחרת. דוגמה לכך, היא אנרגיית אור השמש, שעוברת המרה לאנרגיה אחרת באופן טבעי ובאופן מלאכותי. לדוגמה:

#### המרה טבעית של אנרגיית השמש



מתרחשת בתהליך הפוטוסינתזה בצמחים, בהם אנרגיית השמש עוברת המרה לאנרגיה כימית.

#### המרה מלאכותית של אנרגיית השמש



מתרחשת בתאים סולריים בהם אנרגיית השמש עוברת המרה לאנרגיה חשמלית.



מתרחשת בקולטים של דוד שמש בהם אנרגיית השמש עוברת המרה לאנרגיית חום.

# פרק 4 - תופעות של אור

## תופעות בליעה, העברה והחזרה של אור

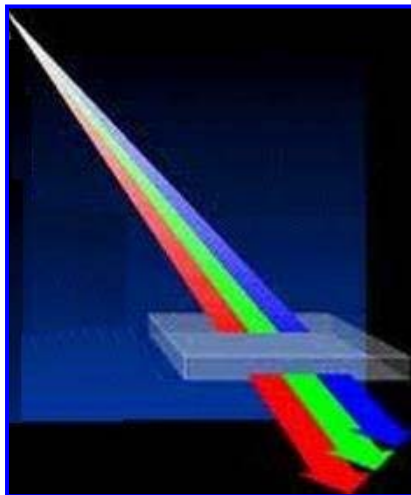
אור שנפלט ממקור אור מתפשט לכל הכיוונים, וכשהוא פוגע בגופים העשויים מחומרים שונים, מתרחשות התופעות הבאות:

### בליעה של אור



תופעה המתרחשת כשאור פוגע בגוף בעל מאפיינים הגורמים לו **לבלוע את האור** הפוגע בו. גוף כזה נקרא: **גוף אטום**.

### העברה של אור



תופעה המתרחשת כשאור פוגע בגוף בעל מאפיינים המאפשרים לאור הפוגע בו **לעבור דרכו**. גוף כזה נקרא: **גוף שקוף**.

### החזרה של אור



תופעה המתרחשת בעת פגיעה של אור **בכל גוף שהוא**. מידת ההחזרה של האור תלויה במאפייני הגוף בו פגע האור.

למעשה, כאשר אור פוגע בגוף כלשהו, מתרחש בדרך כלל **שילוב של שלושת התופעות האלו יחד**. דוגמה לכך ניתן לראות בתמונה הבאה:

### נר עומד מול לוח זכוכית שקופה



החזרה, העברה ובליעה של אור בזכוכית

- ההשתקפות של הנר מוכיחה שיש **החזרה** של קרני אור.
- אם נתבונן מהצד השני של הזכוכית, נבחין בנר עצמו, וזאת הוכחה שיש **העברה** של קרני אור.
- מכיוון שאין שקיפות אידיאלית של חומר, הזכוכית **בולעת** חלק מקרני האור.

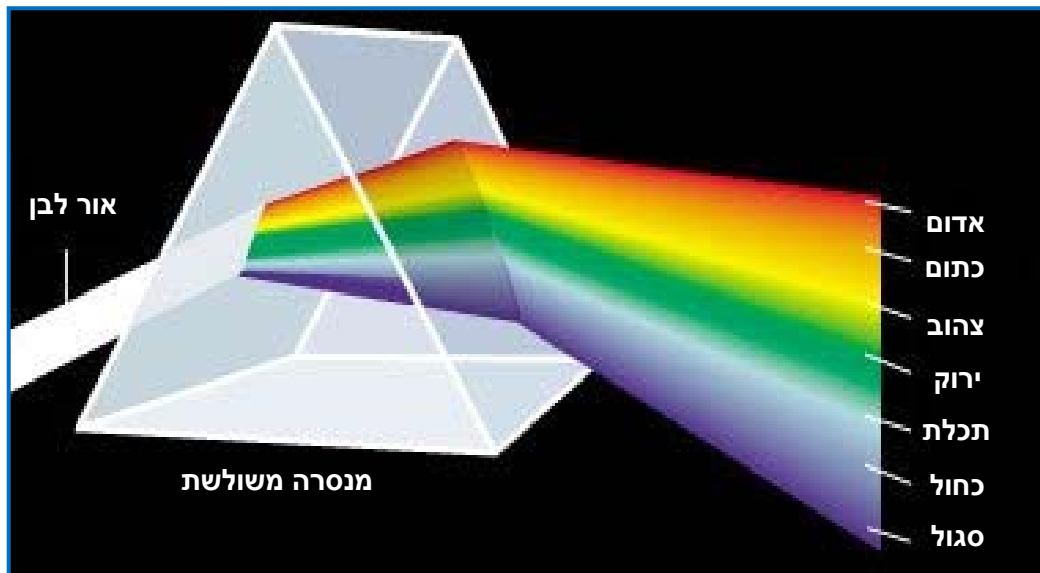


# פרק 5 - אור וצבעים

## הקשר בין אור וצבע

צבע הוא עניין של אור, וללא אור אין צבעים. הראשון שגילה את הקשר בין אור לצבעים היה הפיזיקאי הנוודע **אייזיק ניוטון** כשערך ניסוי, בו העביר דרך מנסרה משולשת מזכוכית, אור לבן של השמש, וראה שהאור שיצא מהמנסרה התפצל לצבעים שונים. המסקנה של ניוטון מהניסוי הייתה: שהאור הלבן מורכב למעשה מתערובת של צבעי אור שונים. ניסוי זה היה למעשה ההוכחה, שאור הנראה לעין, כולל את כל קשת הצבעים, הנקראת: **ספקטרום האור הנראה לעין**.

התפצלות אור לבן במנסרה לקשת צבעים (ספקטרום)



## תופעת הנפיצה של האור (Dispersion)



קשת בענן

מבחינה פיזיקלית, כאשר אור לבן עובר מחומר שקוף אחד לחומר שקוף אחר נוצרת תופעה, בה האור הלבן מתפצל למרכיביו. לתופעה זאת קוראים: **תופעת נפיצה של האור**.

דוגמה לתופעה זו, אפשר לראות ביום גשום, כאשר אור השמש הלבן פוגע בטיפות הגשם, עובר דרכן, ונוצרת נפיצה של האור הלבן, שמתפרק למרכיבים שלו, והעין רואה את מגוון צבעי האור בצורה של **קשת בענן**.

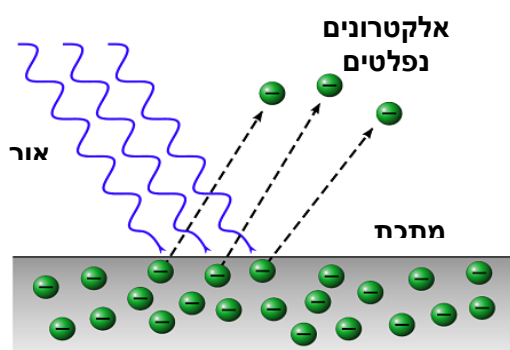
**עקרונות**

**הצילום**

**הדיגיטלי**

# פרק 6 - האפקט הפוטואלקטרי

התפתחות הצילום הדיגיטלי, התאפשרה כתוצאה מהמצאת חיישן האור, שפעולתו מבוססת על תופעה פיזיקלית הנקראת: **האפקט הפוטואלקטרי**.



האפקט הפוטואלקטרי

## מהו האפקט הפוטואלקטרי?

האפקט הפוטואלקטרי הוא תופעה פיזיקלית שבה נפלטים אלקטרונים ממתכת כשפוגעת בה קרינה אלקטרומגנטית ונבלעת בה.

את האפקט הפוטואלקטרי גילה לראשונה המדען הגרמני **היינריך הרץ** בשנת 1887, כשהקריין אור

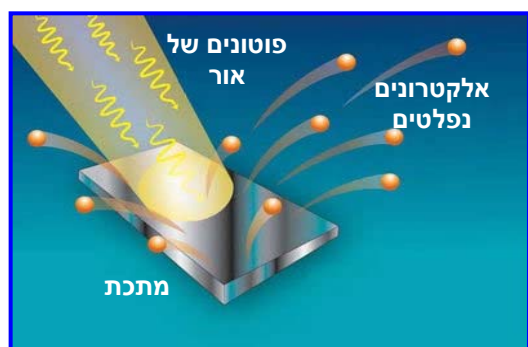
(קרינה אלקטרומגנטית) על מתכת, ונוכח לדעת שעקב כך נפלטו מהמתכת אלקטרונים (מטענים חשמליים). לתופעה הפיזיקלית הזאת של פליטת אלקטרונים ממתכת כתוצאה מפגיעה של קרינת אור (קרינה אלקטרומגנטית) שנבלעה בה קוראים המדענים: **אפקט פוטואלקטרי**.

**אפקט פוטואלקטרי הוא תופעה פיזיקלית, שבה אלקטרונים נפלטים ממתכת כשזור מוקרן עליה ונבלע בה**

## איך גורם אור לפליטת אלקטרונים ממתכת?



את תופעת האפקט הפוטואלקטרי הסביר המדען הנודע **אלברט איינשטיין** בשנת 1905, כשטען, שאור איננו רק גל קרינה אלקטרומגנטית, אלא גם אוסף של חלקיקים



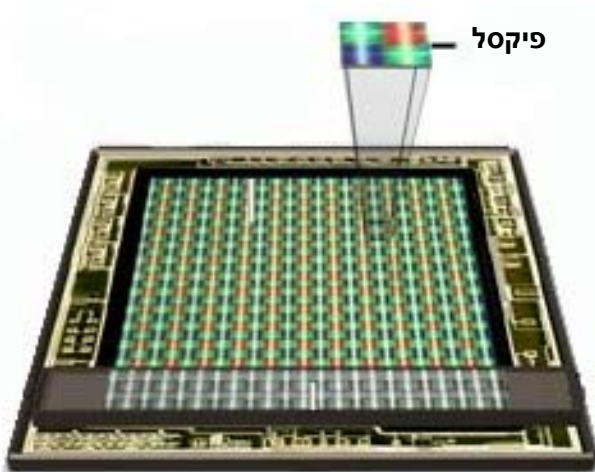
פוטונים של אור גורמים לפליטת אלקטרונים

קטנים מאד, חסרי מסה, הנושאים עימם אנרגיה, ונקראים: **פוטונים**. על פי איינשטיין, כאשר אור פוגע במתכת, הפוטונים שלו נבלעים ומוסרים את האנרגיה שלהם לאלקטרונים, וכתוצאה מכך נפלטים אלקטרונים מפני השטח של המתכת. ככל שאנרגיית האור הפוגע

# פרק 7 - מקרני אור לתמונה דיגיטלית

המצלמה הדיגיטלית היא מערכת טכנולוגית אשר הופכת את קרני האור לתמונה דיגיטלית, בתהליך הכולל מספר שלבים:

## שלב 1 - קרני אור הופכות לאות חשמלי

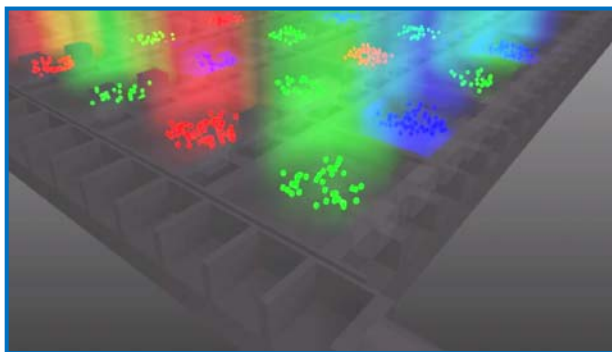


הפיקסלים בחיישן אור

השלב הראשון שבו קרני האור הופכות לאות חשמלי, מתבצע על ידי חיישן האור, המורכב ממיליוני תאים קטנים רגישים לאור, הנקראים: **פיקסלים**, וכל תא יחיד נקרא: **פיקסל (Pixel)**.

מבחינה פיזיקלית, **פיקסל (קיצור של Picture Element)** הוא יחידת מידע גרפית בסיסית, המתארת נקודה בתמונה דיגיטלית.

כאשר אור עובר דרך עדשת המצלמה ופוגע בחיישן האור, כל אחד מהפיקסלים



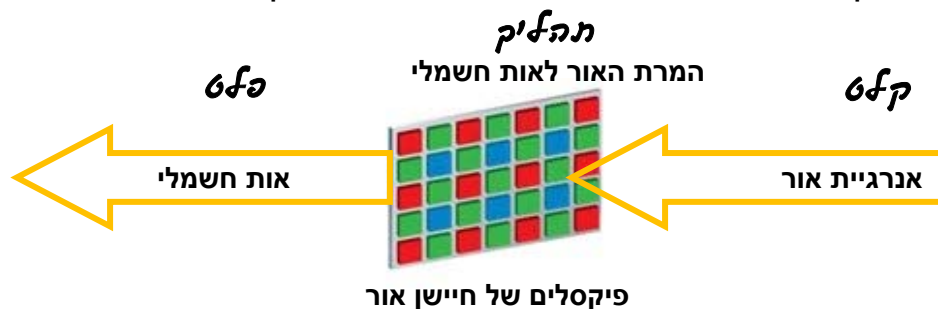
אור פוגע בפיקסלים של חיישן האור

(התאים הקטנים) המרכיבים אותו, נחשף לעוצמות שונות של אנרגיית אור, וכל פיקסל (שהוא למעשה תא פוטואלקטרי) יוצר את חשמלי משלו (פולט אלקטרונים) על פי עוצמת אנרגיית האור הפוגעת בו.

ככל שעוצמת אנרגיית האור הפוגעת בכל

פיקסל גדולה יותר, כך גדל גם האות החשמלי שהפיקסל יוצר.

תיאור התהליך של שלב זה כמערכת טכנולוגית נראה כך:



פיקסלים של חיישן אור

כל האותות החשמליים של כל מיליוני הפיקסלים של חיישן האור, מועברים לרכיב אלקטרוני ההופך אותם למידע דיגיטלי.

## פרק 8 - איכות התמונה הדיגיטלית

### מהי תמונה דיגיטלית איכותית?

תמונה דיגיטלית באיכות גבוהה, היא תמונה שמציגה על צג המצלמה באופן חד וברור את כל הפרטים של הגוף המצולם והרקע שלו, בדיוק כפי שהעיניים רואות פרטים אלו במציאות.

תמונה באיכות גבוהה



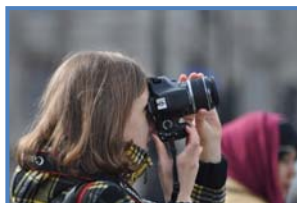
תמונה באיכות ירודה



### הגורמים המשפיעים על איכות תמונה דיגיטלית

איכות של תמונה דיגיטלית מושפעת מגורמים שונים כמו: זווית הצילום, כמות האור, יציבות המצלמה ועוד. אולם, הגורמים העיקריים, שמשפיעים באופן משמעותי על איכות התמונה הדיגיטלית, קשורים לרכיבי המצלמה הבאים:

#### 1. עדשת המצלמה



צילום עם עדשות שונות

עדשת המצלמה היא רכיב מאד משמעותי וחשוב ביצירת תמונה דיגיטלית איכותית. תפקידה של העדשה הוא לרכז ולמקד כמה שיותר קרני אור חוזרות מהגוף המצולם והרקע סביבו, על חיישן האור. ככל שעדשת המצלמה איכותית יותר, היא מרכזת וממקדת על חיישן האור קרני אור רבות יותר, ומאפשרת בכך קבלת תמונה איכותית חדה וברורה, הכוללת פרטים רבים יותר.

במציאות, לא קיימת עדשה אחת מושלמת, שמתאימה לכל סוגי הצילום האפשריים. לכן, עבור צילומים שונים, נוהגים להשתמש בעדשות שונות.

# פרק 9 - העין והמצלמה

## התנאים המאפשרים ראייה

העיניים הן איברי הראייה שלנו, והן עושות זאת על ידי כך שהן קולטות קרני אור. כדי שהעיניים שלנו יוכלו לראות, צריכים להתקיים שני תנאים והם:

- **תנאי ראשון** - הגופים חייבים להיות מוארים על ידי מקור אור.
- **תנאי שני** - קרני האור החוזרות מהגופים חייבות להגיע לעיניים.

דוגמה לכך ניתן לראות באיורים הבאים:

### **תנאי 1 - מקור אור מאיר את הגוף**

מקור אור טבעי      מקור אור מלאכותי



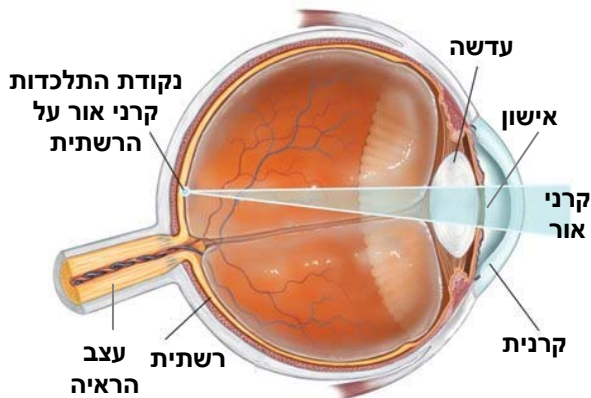
### **תנאי 2 - האור החוזר מהגוף מגיע לעיניים**



כאשר אור השמש (מקור אור טבעי) או אור המנורה (מקור אור מלאכותי) פוגע בגוף, הגוף מחזיר קרני אור, שמגיעות לעיניים שלנו ומאפשרות לנו לראות אותו. כל גוף מחזיר אור בצורה אחרת. יש גופים המחזירים את כל האור הפוגע בהם, ואותם נראה בשלמות. יש גופים המחזירים רק חלק מהאור הפוגע בהם, ואותם נראה פחות טוב, ויש גופים הבולעים את כל האור הפוגע בהם ולא מחזירים אותו, ואת אלה לא נראה כלל.

## כיצד אנו רואים?

כאשר העין פקוחה, קרני האור המוחזרות מגופים בסביבה פוגעות בעין, חודרות ונכנסות מבעד לקרנית שאוספת ומכנסת אותן, והן נעות ועוברות דרך האישון שמתכווץ או מתרחב, על מנת לווסת את עוצמת האור הנכנס. מאחורי האישון נמצאת



מבנה העין