

מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים



# חושנים וחיישנים מדריך למורה

יעל פיונטקביץ  
עובד קדם  
ענת ירדן



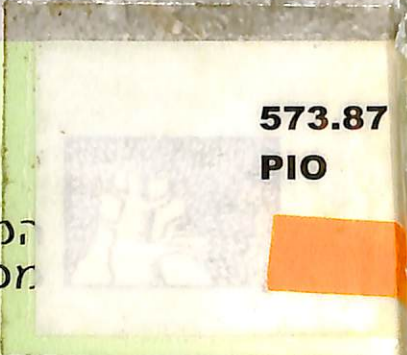
המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי  
ע"ש עמוס דה-שליט



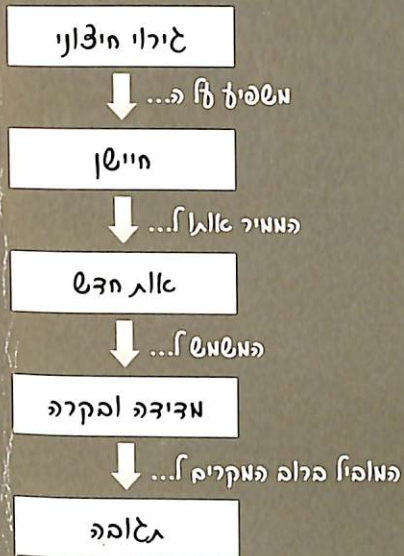
משרד החינוך  
המזכירות הפדגוגית  
האגף לחינוך ולפיתוח וטכנולוגיה למורים

המחלקה להוראת המדעים  
זכון ויצמן למדע

573.87  
PIO



## דלם אגהאיך חישה



מכון ויצמן למדע הוא מכון מחקר בעל מוניטין בין-לאומי הקרוי על שמו של ד"ר חיים ויצמן שהיה מדען ומדינאי וכיהן כנשיא הראשון של מדינת ישראל.

חומרי הלמידה של מטמו"ן (מדע וטכנולוגיה מכון ויצמן), הם יחידות לימוד חדשניות לפי תכנית הלימודים החדשה לחטיבת הביניים. היחידות מקנות מונחי יסוד במדע ובטכנולוגיה. גישות ההוראה שמות דגש על פיתוח יכולות של לומד עצמאי ומקנות מיומנויות חשיבה, למידה ופתרון בעיות במסגרת תוכני הלימוד המדעיים-טכנולוגיים.

לימוד חווייתי באמצעות תצפיות וניסויים חושף את התלמידים לתהליכים שונים של חישת גירויים שונים ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות.

הנושא נלמד בתפיסה מערכתית תוך יצירת הקשרים בין תחומי דעת שונים (ביולוגיה, פיזיקה וטכנולוגיה). בפתח היחידה היכרות עם מגוון יכולות חישה של האדם. תהליך החישה נלמד ברמות שונות, מהיצור השלם דרך איבר החישה עד לתאי החישה. במקביל בונים התלמידים חישנים טכנולוגיים פשוטים וחוקרים אותם.

בהמשך היחידה מתמקדת בשני חושים: חוש הראייה וחוש השמיעה. חקירת חושים אלו נעשית מתוך ראייה מערכתית ובהקבלה למערכות טכנולוגיות ותוך התייחסות לליקויי חישה ולהיבטים החברתיים הנלווים.

המחלקה להוראת המדעים  
מכון ויצמן למדע



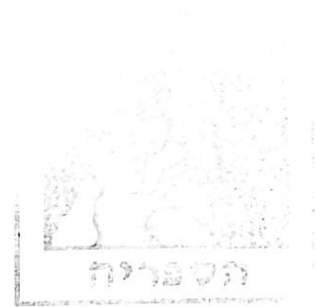


008339800063

# מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים



## חושבים וחיישנים מדריך למורה



יעל פיונטקביץ  
עובד קדם  
ענת ירדן

ספרית הוראת המדעים

המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע



יוצא לאור במסגרת

המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט



האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך



**צוות פיתוח:**

ד"ר יעל פיונטקביץ  
ד"ר עובד קדם  
ד"ר ענת ירדן

**יעוץ אקדמי:**

ד"ר עמוס אריאלי (פרק א)  
ד"ר דרור לובין (פרקים ב-ג)  
עדי רוזן (פרק ב-ג)

**עריכה ממוחשבת:**

נגה כהן

**עיצוב עטיפה:**

עמרם פרת

**הפקה:**

שולמית זהרונני

**תיאום הפקה:**

ד"ר יעל פיונטקביץ  
ורדה שילה

ספר זה הוא אחד מסדרת ספרי **תכנית מטמו'ן** (מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים),  
המפותחת בראשותה של **פרופ' בת-שבע אלון** במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחוברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת מהמוציא לאור.

©

כל הזכויות שמורות  
מכון ויצמן למדע ומשרד החינוך  
נדפס בישראל כסלו תשס"ב דצמבר 2001  
הרצות ופלטות גרפואר בע"מ  
נדפס בדפוס מאירי בע"מ

## תוכן עניינים

1. מבוא ..... 5
2. עקרונות פיתוח היחידה ..... 6
3. מיפוי לתור הסילבוס "לימודי מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים" ..... 8
4. רשימת ציוד וחומרים ..... 12
5. טבלה מסכמת הכוללת: נושא הפרק, מושגים בסיסיים, מיומנויות ומשך ההוראה ..... 16
6. רצפי הוראה מומלצים ..... 21
7. על פרקי הספר לתלמיד ..... 22

### פרק א – חישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות ..... 22

- א. מטרת ההוראה בתחום התוכן ..... 22
- ב. משך ההוראה המומלץ ..... 22
- ג. מה בפרק ..... 22
- ד. רקע מדעי ..... 23
- ה. פעילויות נבחרות: ..... 25

מטרת הפעילות

דרך הוראה מוצעת

משך הוראה מומלץ

מושגים

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

1. נקודות עיקריות שנלמדו בפרק א ..... 45

### פרק ב – מאור לראייה ..... 46

- א. מטרת ההוראה בתחום התוכן ..... 46
- ב. משך ההוראה המומלץ ..... 46
- ג. מה בפרק ..... 46
- ד. רקע מדעי ..... 47
- ה. פעילויות נבחרות: ..... 49

מטרת הפעילות

דרך הוראה מוצעת

משך הוראה מומלץ

מושגים

תשובות נבחרות, והערכות והרחבה

1. שאלות חזרה לפרק ב.....76
2. נספח: השוואה בין מערכות ראייה שונות.....79
- ח. נקודות עיקריות שנלמדו בפרק ב.....80

פרק ג – מקול לשמיעה.....81

- א. מטרת ההוראה בתחום התוכן.....81
- ב. משך ההוראה המומלץ.....81
- ג. מה בפרק.....81
- ד. רקע מדעי.....82
- ה. פעילויות נבחרות:.....84

מטרת הפעילות

דרך הוראה מוצעת

משך הוראה מומלץ

מושגים

תשובות נבחרות, והערכות והרחבה

1. נקודות עיקריות שנלמדו בפרק ג.....119
8. נספח: השוואה בין מערכת השמיעה למערכת הראייה.....121
9. פעילות סיכום בנושא חושים וחיישנים.....122
10. שילוב 'לימוד באמצעות פרויקטים' ביחידה 'חושים וחיישנים'.....127
11. מקורות מידע מומלצים.....142

א. ספרים

ב. מאמרים וקטעי מידע רלוונטים

ג. סרטים

ד. מוזיאונים

ה. אתרים באינטרנט

## 1. מבוא

היחידה "חושם וחיישנים", נכתבה בהיבט מערכתי תוך יצירת הקשרים בין תחומי דעת שונים. היחידה "חושם וחיישנים" משלבת היבטים ביולוגיים, פיזיקליים וטכנולוגיים; אין בה משוואות או חישובים מתמטיים. הקניית המושגים ולימוד התהליכים נעשה באמצעות **עבודות חקר** (תצפיות וניסויים), המבוצעות על ידי התלמידים תוך שילוב קטעי מידע מתאימים. היחידה מציגה עקרונות כלליים מדעיים כגון תהליך קליטת גירויים באמצעות חיישן.

היחידה פותחת בחקירת תהליך החישה והקניית מושגים מרכזיים בנושא תוך היכרות עם יכולות החישה המגוונות של האדם. כבר בפעילויות אלו, במקביל לחישה באדם שולבו חיישנים שונים כגון מצפן ומד טמפרטורה. בהמשך מוצע לחקור את תהליך החישה בצמחים וביצורים חד-תאיים ומוצגים מספר קטעי מידע, באמצעותם ניתן להבין את הקשר בין תגובה לגירויים לתהליכים המתרחשים ביצורים חיים כגון: רבייה והזנה.

תהליך החישה ביצורים חיים הוא תהליך מורכב ולשם חקירתו נבחר חיישן טכנולוגי פשוט (צמד חומני). חקירת חיישן זה מאפשרת להכיר את עקרונות תהליך החישה: השפעת הגירוי על חיישן הממיר אותו לאות חדש המוביל בדרך כלל לתגובה. בעזרת החיישן נחקרים גורמים שונים המשפיעים על הקשר בין הגירוי והחיישן, כגון: סוג הגירוי, עוצמת הגירוי.

בהמשך היחידה מתמקדת בשני חושם: חוש הראייה וחוש השמיעה. שני הפרקים בנויים באופן דומה, הכרת הגירוי בהיבט הפיזיקלי, בנייה וחקירת חיישן טכנולוגי פשוט הקולט גירוי זה, הכרת רכיבי מערכת החישה ותפקידיהם, תעתועי חישה לשם הדגמת תהליך העיבוד הנעשה במוח והיכרות עם התאמות וליקויים שונים של המערכת. לימוד מערכות החישה נעשה תוך יצירת הקבלה בין המערכת הביולוגית למערכת הטכנולוגית.

### פרקי היחידה

פרק א': חישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות

פרק ב': מאור לראייה

פרק ג': מקול לשמיעה



## 2. עקרונות פיתוח היחידה

ששה עקרונות הנחו את צוות הפיתוח בכתיבת היחידה.

**עיקרון ראשון:** נושאי היחידה נחקרים בהיבט רב תחומי.

**עיקרון שני:** הכרת תהליכים ועקרונות משותפים לביולוגיה ולטכנולוגיה.

**עיקרון שלישי:** הכרת תהליכים ביולוגים וטכנולוגים ברמת המערכת וברמת החייון ותא החישה

**עיקרון רביעי:** הבנה איכותית של תופעות ומושגים.

**עיקרון חמישי:** פיתוח מיומנויות חקר (עריכת תצפית וניסוי).

**עיקרון שישי:** לימוד חוויתי תוך התנסות אישית.

**עיקרון ראשון: נושאי היחידה נחקרים בהיבט רב תחומי.**

היחידה "חושים וחיישנים" פותחה בראייה רב-תחומית. תחומי הדעת העיקריים בהם הושם דגש הם: ביולוגיה, פיזיקה וטכנולוגיה. תחומי דעת נוספים ככימיה מוזכרים בהקשרים המתאימים. מטרת היחידה: שילוב תחומי הדעת השונים כך שהתלמיד יוכל להבחין בקווים המשותפים לכל המערכות מצד אחד, ומצד שני להכיר את הקווים השונים הנובעים מהתאמת כל יצור לסביבת חיים ולצרכים ייחודיים שלו.

דוגמה להצגת נושא בהיבט רב-תחומי:

בפרק הראשון, הדין בחושים השונים, מוצגת חישת טמפרטורה בראייה רב-תחומית המשלבת ביולוגיה, טכנולוגיה וחברה. היבט ביולוגי מוצג באדם: התלמיד בוחן חישת טמפרטורה באדם באמצעות ניסוי בו הוא מתבקש לדרג נוזלים לפי הטמפרטורה שלהם. היבט ביולוגי נוסף מובא מעולם בעלי החיים, נחשים מסוימים יכולים לחוש קרינה בתחום התת-אדום ולתרגמה למידע ויזואלי. היבט טכנולוגי-חברתי: ביחידה ניתנת דוגמה לחישת טמפרטורה במערכת טכנולוגית המשולבת בניתוחי מעקפים. חיישנים הקולטים קרינה בתחום התת-אדום, קולטים את המידע וממירים אותו לתמונה המופיע על צג.

**עיקרון שני: הכרת תהליכים ועקרונות משותפים לביולוגיה ולטכנולוגיה.**

התהליך המרכזי הנלמד ביחידה, הוא תהליך קליטת גירוי: גירוי כלשהו משפיע על חייון ייחודי לו הממיר אותו לאות חדש. האות החדש מועבר בדרך כלל לגורם אחר לעיבוד ותגובה. התלמידים לומדים להכיר את התהליך באמצעות דוגמאות שונות מעולם החי וממערכות טכנולוגיות. התלמידים מכירים עקרונות של מערכת שהיא אוסף רכיבים המשפיעים זה על זה כדי לאפשר ביצוע תיפקוד ביולוגי (לדוגמה יצירת תמונת עצם מסוים בעין ובמוח) או טכנולוגי (מיון בשמים לפי הרכבם הכימי). הכרת עקרונות מרכזיים של מערכת, מאפשרת לתלמידים להקיש ממערכת חישה אחת לאחרת. הכרת מבנה כללי של מערכת מאפשרת לתלמיד לחקור ולהבין מבנה ופעילות מערכות שונות שאינן בהכרח מערכות חישה.

**עיקרון שלישי: הכרת תהליכים ביולוגיים וטכנולוגיים ברמת המערכת וברמת החיישן ותא החישה**  
לימוד תהליך החישה ביחידה נעשה ברמות שונות. ברמת היצור (לדוגמה האדם חש בשינויי טמפרטורה ומגיב בהתאם). ברמת התא ומרכיביו (לדוגמה תא שיער באוזן הפנימית והשערות עצמן הנעות בתגובה לתנודות). שילבנו איורים המתארים את רמות הארגון (מדרג) מהיצור ועד למולקולה. במקביל אנו מתארים מערכות טכנולוגיות כמערכת השקיה שרכיב מסוים בה הוא חיישן לחות המאפשר בקרה אוטומטית של מערכת ההשקיה.

#### **עיקרון רביעי: הבנה איכותית של תופעות ומושגים.**

לימוד הנושא נעשה ברמה של הכרת התופעות ללא חישובים או נוסחאות. אנו מקוים שהכרת התופעות בדרך זו תעמיק את ההבנה. לאחר ההכרות הראשונית, יקל על התלמידים לעבור ללימוד המשלב נוסחאות וחישובים. דוגמה: בפרק על אור וראייה לומדים התלמידים על חשיבות העדשה המרכזת. התלמידים לומדים וצופים בתופעה המתרחשת כאשר מקרינים אור דרך עדשה וכאשר מקרינים אור ללא שימוש בעדשה. עם זאת, אין אנו דנים במושג אורך המוקד ואין אנו מבצעים חישובים. דוגמה נוספת היא מורכבות האור הלבן. התלמידים צופים בנפיצות האור אך אינם לומדים על גלי אור ואורכי הגל השונים.

#### **עיקרון חמישי: פיתוח מיומנויות חקר (עריכת תצפית וניסוי)**

אחד העקרונות החשובים של היחידה הוא לאפשר לתלמידים להתנסות באופן אישי ולהסיק מסקנות מהניסויים והתצפיות אותם הם מבצעים. מסיבה זו השתדלנו להמעיט בהסברים בגוף הספר, והתלמידים הם אלו המסיקים מסקנות ויוצרים הכללות. לדוגמה: אין אנו מלמדים את התלמידים מהו חיישן ומהן תכונותיו, אלא מאפשרים להם לבנות חיישנים פשוטים לדוגמה: מד-טמפרטורה העשוי כצמד-חומני. בניית החיישן וחקירתו מאפשרת לתלמידים להכיר את תכונות החיישן ואת דרך פעולתו. השוואה עם חיישנים נוספים מקנה יכולת ליצור הגדרה והכללה.

#### **עיקרון שישי: לימוד חווייתי תוך התנסות אישית.**

הנושא "חושים וחישה" מאפשר למידה חווייתית מאחר והוא עוסק בתופעות הקשורות ורלוונטיות לתלמיד. הלמידה נעשית תוך עבודה קבוצתית או אישית ותפקיד המורה יותר כמנחה ותומך. מומלץ לשלב בלימוד דיונים במליאה בהם תעשה בדיקה של תהליך הלמידה, ריכוז וסיכום החומר וקביעת היעדים הבאים.

### 3. מיפוי לתוך הסילבוס "לימודי מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים"

נושאי יחידה רב-תחומית זו נכתבו בהתאם לסילבוס, שילוב לימודי המדעים והטכנולוגיה כמקצוע אחד "...שישקף את ההקשרים וההשפעות ההדדיות הקיימים בין מדע וטכנולוגיה בחברה המודרנית".

**מטרות הוראת מדע וטכנולוגיה (2א ע"מ 7 בחוברת הסילבוס):**

א. רכישת ידע והבנה של עובדות, מושגים חוקים ועקרונות בתחומי הישג ביוולוגיה וטכנולוגיה. תוך הבנת ההיבט הפיזיקלי והכימי והקשרים חברתיים.

ב. הכרת תופעות אוניברסליות.

ג. הבנת מבנה מערכת על מאפייניה השונים והקשר בין מרכיבי המערכת.

ד. הבנת הקשר בין המערכות השונות הקיימות בסביבתנו.

ה. פיתוח כשרים ומיומנות: מיומנויות חקר לכל שלביו, מיומנויות חשיבה ביקורתית ויצירתית-המצאתית, מיומנויות עבודת צוות ועבודה עצמאית.

ו. פיתוח ההתעניינות והרצון להרחבת הידע ולהעמקתו בתחומי המדע והטכנולוגיה.

**אוכלוסיית היעד (3א ע"מ 8):** מומלץ לתלמידי כיתות ח'ט' בכל המגזרים. מותאם להוראה בקבוצות הטרוגניות, תוך התייחסות לתלמידים ליכולות למידה שונות.

**שיטות ודרכי הוראה ולמידה (4א ע"מ 9):** היחידה כוללת שיטות ודרכי הוראה מגוונות כגון: ביצוע ניסויים, עריכת תצפיות, צפייה בסרטים, קריאת מאמרים, בנייה ועבודה עם דגמים ופעילות ממוחשבת. כמו כן מומלץ לשלב ביחידה לימוד באמצעות פרויקט וסיור במוזיאונים.

**הקניית מיומנויות (ב):** היחידה מעודדת פיתוח לומד עצמאי, המבצע פעילויות חקר ופתרון בעיות ומסוגל ליישם דרכי חשיבה מדעית-טכנולוגית. ביחידה שולבו מיומנויות חשיבה ולמידה שונות כגון: איתור מידע, קריאה ביקורתית של מאמר, צפייה והקשבה, חשיבה מערכתית, ארגון ומיון מידע, מודלים, הסקת מסקנות. מיומנויות חקר ופתרון בעיות כגון: תצפית, ביצוע ניסוי לכל שלביו, עבודת צוות, ייצוג הממצאים, הסקת מסקנות ודיון.

**שעות ההוראה:** בסילבוס מומלץ להקדיש לנושא החושים 20 שעות. מאחר והיחידה משלבת נושאים נוספים מהסילבוס (אנרגיה ואינטראקציה, מערכות טכנולוגיות ומוצרים, מידע ותקשורת) שעות ההוראה המומלצות הן 30 להוראת הבסיס ו-45 שעות להוראת בסיס+הרחבות נבחרות.

**נושא ההוראה:** היחידה היא חלק מהנושא המרכזי "תופעות, מבנים ותהליכים ביצורים חיים (צמחים ובעלי חיים)" ומומלץ ללמדו לאחר לימוד מבנה החומר, אפיוני חיים ומבוא להכרת התא. רעיונות מרכזיים המופיעים ביחידה:

1. תקשורת עם הסביבה וקבלת גירויים ממנה הן צורך חיוני לקיומם של יצורים חיים ולפעילות תקינה של מערכות טכנולוגיות.

2. גירויים הם בעלי אופי פיזיקלי (מגע, גלי אור וקול) או כימי.

3. קיים דמיון רב בין מערכות חישה טכנולוגיות וביולוגיות.
4. חישה ביצורים חיים מתאפשרת הודות לתאי חישה המשולבים באברי חישה. במערכות טכנולוגיות משולבים חיישנים שונים המותאמים לקליטת גירויים שונים.
5. ביצורים רבים, המוח אחראי לקבלת גירויים המגיעים מתאי החישה. המוח מעבד, מפענח ומגיב עליהם. במערכות טכנולוגיות קיימים בדרך כלל רכיבים המאפשרים עיבוד המידע ותגובה.

בטבלה הבאה מצוינים תת הנושאים המומלצים בסילבוס (עבור חושים, התא, מידע ותקשורת, אנרגיה ואינטראקציה) המופיעים בתוכנית "חושים וחיישנים":

תת נושאים	היבט מדעי	היבט טכנולוגי	היבט חברתי
<b>ג- 6 תופעות, מבנים ותהליכים ביצורים חיים (צמחים ובעלי חיים)</b>			
<b>6.6 חושים</b>			
6.6.1 קליטת גירויים מהסביבה	1. הצורך החיוני בקליטת מידע מהסביבה. 2. סוגי גירויים. 3. תקשורת בין יצורים חיים.	שימוש חקלאי בתגובות בעלי חיים וצמחים לגירויים.	תקשורת בין האדם וסביבתו.
6.6.2 איברי חוש: התאמת מבנה לתפקיד	1. הכרת החושים העיקריים 2. הכרת המבנה והתפקוד של אברי החוש (היבטים ביולוגיים, פיזיקליים, כימיים). 3. התאמת מבנה איבר החוש לסביבה שבה חיים היצורים	טכנולוגיות להגברת כושר קליטה של גירויים ולתיקון ליקויים באיברי החוש (משקפיים).	

		<p>1. הבחנה בין קליטת גירויים ותגובה עליהם.</p> <p>2. התמרת הגירוי החיצוני באיבר החוש לאותות חשמליים והולכתם למוח.</p> <p>3. תפקיד המוח ומערכת העצבים באינטגרציה של גירויים, בפענוחם ובתגובה עליהם</p>	<p>6.6.3 מנגנוני תגובה לגירויים</p>
<b>6.1 התא</b>			
		<p>1. תאים כחלק ממדרג (אטום עד אוכלוסייה).</p> <p>2. קשר בין מבנה צורה ותפקיד.</p>	<p>6.12 התא וסביבתו</p>
<b>ג- 4 מידע ותקשורת</b>			
	<p>1. קליטת מידע במערכת, חיישנים, הגברת אותות</p> <p>4. הפרדה בין אותות</p>	<p>קליטת מידע בתהליכי גירוי-תגובה ביצורים חיים באמצעות החושים</p>	<p>4.1.2 קליטה, יצירה ואיסוף מידע</p>
		<p>תקשורת בין יצורים חיים</p>	<p>4.4 העברת מידע</p>
<b>ג- 2 אנרגיה ואינטראקציה</b>			
<p>1. רעש ובריאות, רפואה בעידן הטכנולוגי</p>	<p>אולטרא סאונד, לייזר</p>	<p>מאפייני גלים</p>	<p>2.4 גלים קרינה וחומר</p>

	מכשירים אופטיים	אור. אופטיקה גיאומטרית יסודית, אינטראקציה עם חומר: החזרה, בליעה, שבירה.	2.4.2 קרינה וחומר
<b>ג- 3 מערכות טכנולוגיות ומוצרים</b>			
השפעת השימוש במערכת טכנולוגית על חיי הפרט והחברה.		אפיון תגובה של מערכת. בקרה וויסות	3.1 מערכות טכנולוגיות

## 4. רשימת ציוד וחומרים

רוב הציוד הנדרש לביצוע הניסויים הוא זול וניתן להשיגו בחנויות השונות. כמו-כן, ניתן לקנות ציוד וחומרים מספקים שונים המורשים על ידי משרד החינוך. היחידה אינה מלווה בערכה אלא ניתן לקנות את הציוד בהתאם לצרכים הייחודיים של כל בית ספר.

### פרק א חישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות

#### א-1 עקרונות מרכזיים בתהליכי חישה

**פעילות מספר 1:** מחוגה או לוח קלקר ושני קיסמים

**תחנה מס' 1:** שש כוסות קלקר, מקלוני קליניקסטסט (רצוי וורוד), שלוש תמיסות גלוקוז (0.01%, 0.02%, 0.05%), דיאט ספרייט, ספרייט ומי ברז.

**תחנה מס' 2:** כיסוי לעיניים ומצפן

**תחנה מס' 3:** חלק א: חמש כוסות כימיות 100 סמ"ק, מד טמפרטורה, משורה 10 סמ"ק, משורה 50 סמ"ק, משורה של 100 סמ"ק, עט סימון. חלק ב: שלוש קערות, מי ברז, מי קרח, קומקום חשמלי, מד טמפרטורה.

**תחנה מס' 4:** תמיסת וניל קפואה, כוס כימית בנפח 50 סמ"ק, גזיה או פלטת חימום, שעון עצר (סטופר).

**מומלץ להראות שני קטעי סרטים:** קטע ראשון על חישת טמפרטורה על ידי הנחש מהסרט super senses בהפקת ה-BBC, סרט זה ניתן להשאיל במועצה הבריטית רח' הירקון ת"א. קטע שני המתאר חישת טמפרטורה על ידי עוף המדגרה מהסרט "מעגל החיים" המלווה את ספר הלימוד "פרקים בהתנהגות בעלי-חיים" דפנה לב-ינאי ויוסף טרקל.

#### א-2 חישה בצמחים וביצורים חד-תאיים (הרחבה)

**פעילות מספר 3 - חישת כוח הכבידה על ידי הצמחים (עמוד 37):** זרעי תירס, מצע הנבטה, כלי הנבטה. **תצפית בסנדליות (עמוד 40):** תרבית סנדליות, זכוכית נושא, זכוכית מכסה, פיפטת זכוכית + טפי, בינוקולר, חוטי רקמה, בקבוקון המכיל חומץ הדרים, תמיסת מלח מהולה, תמיסת מתיל צלולוז.

#### א-4 חיישן טכנולוגי (הרחבה)

**פעילות מספר 1 - צפצפת יום הולדת או חיישן לחץ (עמוד 48):** בקבוק משקה מפלסטיק ריק, פקק תואם, קרטון, סיכה, צפצפת נייר נפרסת, בורג, קשית.

**פעילות מספר 2 - חיישן טמפרטורה (51):** שני תילים (תיל נחושת ותיל ברזל כשבקצה אחד מחבר "בננה", מברג פיליפס, רב-מודד ספרתי, נר + גפרורים, נייר זכוכית.

**פעילות מספר 3 - מדידת טמפרטורה באמצעות זיודה (עמוד 53):** רב מודד ספרתי, תיל דו גדילי שבצד אחד מחברי "בננה" ובצד שני מחברי "תנין", זיודת סיליקון, צמד חומני (מפעילות 2).

## פרק ב מאור לראייה

### ב-1 לחוש את ה...

- ב-1 1 (1) פעילות מס' 1 – חיישן טכנולוגי (עמוד 59): חיישן אור דיודה בצבעים שונים (אדום, כתום, ירוק), תיל דו-גדילי עם מחברי "בננה" בצד אחד ומחברי "תנין" בצד שני, רב מודד ספרתי.
- ב-1 2 (2) פעילות מספר 1 – חישת אור בנבט שעועית: שני בקבוקי קנקל שראשיהם נחתכו, זרעי שעועית שהושרו החל מיום קודם במים, צמר גפן, בריסטול שחור, מספריים, נייר דבק.
- ב-1 2 (2) פעילות מס' 2 – חישת אור בעינן הירוק: שלוש מבחנות, שלושה פקקי שעם המתאימים למבחנות, לוח שקוף מוגבה, שלוש מנורות, נייר אלומיניום, תרביית עינן ירוק (ניתן להשיג ממרכז המורים לביולוגיה באוניברסיטת בר-אילן).

### ב-2 על האור (הרחבה)

- ב-2 (1) פעילות מס' 1 (עמוד 64): מראה שטוחה, חלקה, משטח מכוסה טפט מראה, משטחים צבעוניים (אדום, כחול, ירוק), פנס כיס בעל מכסה ובו חריץ צר לקבלת אלומה צרה, מסך (לדוגמא: בריסטול לבן).
- ב-2 2 (1) פעילות מס' 2 (עמוד 65): פנס, צינור גמיש ואטום לאור באורך 50 ס"מ, מקור לייזר.
- ב-2 2 (1) פעילות מס' 3 (עמוד 66): פנס, עיגולים מחומרים שונים (קרטון, נייר כתיבה, נייר פרגמנט, שקף), מסך, מומלץ לבנות שולחן אור (קופסה בעלת משטח עליון עמום תחתיו נורת W 25).
- ב-2 2 (2) פעילות מס' 1 (עמוד 67): מנסרה מזכוכית, מסך.
- הנחיות לבניית ספקטרוסקופ (עמוד 68): גליל קרטון, נייר אלומיניום, סכין חיתוך, קרטון, סריג עקיפה, דבק.
- ב-2 2 (2) פעילות מס' 2 (עמוד 68): שלושה פנסים, שלושה מסננים (ירוק, כחול, אדום), מסך.
- ב-2 2 (2) פעילות מס' 3 (עמוד 69): פנס או שולחן אור, מסננים (ירוק, כחול, אדום).
- ב-2 3 (3) פעילות מספר 1 (עמוד 70): שלוש כוסות כימיות (100 סמ"ק), שלושה שיפודים, שמן תינוקות.
- ב-2 3 (3) פעילות מספר 2 (עמוד 70): כלי זכוכית מלבני (אקווריום), אבקת חלב או חלב, פנס בעל מכסה מחורץ

### ב-3 מאור לתמונה

- ב-3 3 (1) פעילות מס' 1 (עמוד 72): קופסה אטומה, נייר פרגמנט, בריסטול שחור, מסמר דק, פטיש, נר וגפרורים, מספריים, נייר דבק.
- ב-3 3 (1) פעילות מס' 2 (עמוד 75): פנס.
- ב-3 3 (2) פעילות מספר 1 (עמוד 77): טבעות בעלות קוטר פנימי שווה (פחות מסנטימטר), כלי עם מים וטפי, כלי עם שמן תינוקות וטפי, נייר עיתון, זכוכית נושא, זכוכית מכסה.
- ב-3 3 (2) פעילות מס' 2 (עמוד 78): פנס, בקבוק קנקל.



- ב-3 (2) פעילות מס' 3 (עמוד 79): לשכה אפלה בעלת נקב רחב, עדשות מרכזות שונות נייר דבק.
- ב-3 (2) פעילות הרחבה (עמוד 79): כלי מלבני שקוף (אפשרי אקווריום), שני בקבוקי קנקל (1.5, 2 ליטר), נייר לבן, קרטון שחור, נייר דבק, מספריים.
- ב-3 (3) פעילות מספר 1 (עמוד 91): שני עפרונות מחודדים.
- ב-3 (3) הנחיות לבניית דגם להמחשת שדה ראייה של הארנבת (עמוד 94): מלבן מקרטון באורך 21 ס"מ רוחב 6 ס"מ, שני מלבני קרטון באורך 22 ס"מ רוחב 12 ס"מ, דבק פלסטי, שתי מראות 5X7 ס"מ.

#### ב-4 תעתועי ראייה

- ב-4 (4) פעילות מס' 1 (עמוד 97): ניירות לבנים, נייר דבק, מסך לבן
- ב-4 פעילות מספר 3: נייר לבן, טושים צבעוניים (כחול, אדום, ירוק).
- ב-4 פעילות מספר 4 (עמוד 99): מראה קטנה.
- ב-4 פעילות מספר 6 (עמוד 101): רצועת נייר (30X5 ס"מ), רצועת בריסטול שחור (30X10 ס"מ), עיגול בריסטול שחור (בקוטר של 14 ס"מ), עיפרון עם מחק, נעץ, נייר דבק.
- ב-4 פעילות מס' 7 (עמוד מספר 102): קרטון עגול לבן בקוטר 5 ס"מ, עפרונות צבעוניים, סרגל, עיפרון, קיסם עץ, מחוגה.
- ב-4 הנחיות להכנת לבבות מחליפי צבעים (עמוד 103): שני גיליונות נייר לבן, ניירות בצבעים אדום, כחול, ירוק, מספריים, דבק.

### פרק ג מקול לשמיעה

#### ג-1 על הקול

- ג-1 (1) פעילות הדגמה (עמוד 115): חלק א, סרגל באורך של כ-30 ס"מ.
- ג-1 (1) פעילות הדגמה (עמוד 116): חלק ב, פחית קפה קטנה, יריעת פלסטיק מצופה מתכת (מיילר, כזו של בלון אותו ממלאים בהליום או עטיפה של זרי פרחים, פנס בעל מכסה מחורץ או מקור לייזר, שני מעמדים, פותחן קופסאות, מסך, מראה 20X20 ס"מ.
- ג-1 (1) פעילות הרחבה (עמוד 120): קופסאות שונות, צינורות שונים, גומיות, מספריים, חבל דק.
- ג-1 (2) מהו קול (הרחבה)
- ג-1 (2) פעילות הדגמה (עמוד 121): קפיץ ארוך (סלינקי).
- ג-1 (3) דרכו של הקול
- ג-1 (3) פעילות מספר 1 (עמוד 122): נר + גפרורים, משפך גדול, בלון, גומייה.
- ג-1 (3) פעילות מס' 2 (עמודים 125 - 123): חלק א, בלון ממולא באוויר, בלון ממולא בהליום, משרוקית גדולה בעלת כדור הנראה היטב לעין. חלק ב, פעמון, מכל למילוי מים. חלק ג, קופסת פח, פותחן קופסאות, בלון, גומייה, קוביות עץ, קוביות מתכת. חלק ד, קופסה פתוחה משני צדיה, בלון, גומייה, צמר גפן, בדים, ניירות, קוביות עץ, קוביות מתכת.

ג- 1 (3) פעילות הדגמה (עמוד 125): פעמון קטן, חוט ברזל, בקבוק קוני (250 סמ"ק), פקק תואם לבקבוק בעל נקב בו מצוי פקק נוסף קטן יותר, גזיה, גפרורים (אפשרות חלופית: דסיקטור וטלפון סלולרי).

ג- 1 (4) פעילות הדגמה (עמוד 127): לוח עץ או קרטון עבה (40X30 ס"מ), נייר דבק, שעון מתקתק, צמר גפן, בריסטול.

## ג- 2 לחוש את הקולות

ג- 2 (1) פעילות (עמודים 132-129): חלק א, תיל נחושת ארוך ודק בקוטר 0.2-0.4 מ"מ מצופה חומר בידוד שקוף (מהסוג המשמש במנועים חשמליים), קופסת גפרורים, תיל דו גדילי שבקצהו האחד שני חיבורים ל"תנין" ובקצהו האחר תקע המתאים לחיבור למיקרופון למחשב (Audio Mini Mono), מגנט חזק, נייר דבק, מחשב + תוכנה לעיבוד קולות סטנדרטית או Goldwave וכרטיס קול. חלק ב, סליל חוטי נחושת מלופף על גבי קופסת גפרורים מחובר לתיל הדו גדילי, מגנט, "תוף הפח" (קופסה שמצדה האחד מתוחה יריעת מיילר), נייר דבק, מחשב + תוכנה לעיבוד קולות סטנדרטית או Goldwave וכרטיס קול.

ג- 2 (3) פעילות ממוחשבת (עמודים 133-135): חיישן קול "תוף הפח" המשוכלל שהוכן בפעילות הקודמת, תוכנת מחשב Goldwave, מחשב + כרטיס קול + מיקרופון + רמקול, תא סולרי, תיל דו גדילי שבקצהו האחד שני חיבורים ל"תנין" ובקצהו האחר תקע המתאים לחיבור למיקרופון למחשב (Audio Mini Mono), פנס.

## ג- 3 מקול לשמיעה

ג- 3 (1) פעילות מס' 1 (עמוד 137): משפכים בגדלים שונים, נייר בגדלים שונים, מספריים, נייר דבק, טייפ.

ג- 3 (1) פעילות מספר 2 (עמוד 136): שני משפכים מפלסטיק, בלון, גרגירי אורז, צינור פלסטיק גמיש באורך של כחצי מטר, גומיות.

ג- 3 (1) פעילות מספר 2 (עמוד 138): מחשב + תוכנה לעיבוד קולות, יריעת מיילר, סליל חוטי נחושת מלופף על גבי קופסת גפרורים, מגנט, קופסאות בגדלים שונים, פותחן קופסאות, נייר דבק.

ג- 3 (1) פעילות הרחבה (עמוד 139): שני משפכים, גרגירי אורז, בלון, גומיות, צינור פלסטיק גמיש באורך של כחצי מטר.

ג- 3 (1) פעילות הרחבה (עמוד 145): שיפוד עץ, צמר גפן, סליל חוטי נחושת, מגנט חזק, טייפ + רמקולים, תיל דו גדילי שבקצהו האחד שני חיבורים ל"תנין" ובקצהו האחר שני מחברי בננות.

ג- 3 (2) פעילות מס' 1 (עמוד 149): כיסוי אטום לעיניים, צמר גפן, מטבע, נייר דבק.

## ג- 4 התאמות וליקויים במערכות השמיעה (הרחבה)

ג- 4 (4) מטלות (עמוד 158): מכשיר למדידת עוצמת קול (מד רעש).

ג- 4 (4) לקות שמיעה ומכשירי שמיעה פעילות באמצעות משדרי טלוויזיה (עמוד 143): משדרי הטלוויזיה הלימודית "ליקויי שמיעה" ו"מכשיר שמיעה דיגיטלי".

5. טבלה מסכמת הכוללת: נושא הפרק, מושגים בסיסיים, מיומנויות ומשך ההוראה

פרק	נושא	מושגים בסיסיים	מיומנויות	משך ההוראה
א'	חישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות	<p><b>מושגים כלליים</b>  <b>בחישה:</b>  גירוי, חיישן, המרה, תגובה, כושר הפרדה, סף גירוי, מצב רוויה של חיישן, טווח ותחום חישה.</p> <p><b>מושגים הקשורים לחישה ביצור חי:</b>  אברי חוש, תאי חישה, קולטנים, תא עצב, יצור חד תאי.</p> <p><b>מושגים הקשורים לחקר:</b>  שאלת חקר, השערה, משתנים.</p>	<p>עריכת תצפית, ארגון תוצאות בטבלה, הכנת מיהולים,</p> <p>עריכת ניסוי, ניסוח שאלת חקר, זיהוי משתנים, הצגת נתונים והסקת מסקנות.</p> <p>בניית מכשיר טכנולוגי פשוט השוואה בין תהליך טכנולוגי לביוולוגי</p> <p>עבודה עם קטעי מידע, ארגון מידע במדרג, עריכת השוואה, עיבוד מידע בתרשים</p>	<p>א' - 1: פעילות מספר 1 שיעור כיתתי. ארבעת התחנות: עבודה קבוצתית שעתיים מעבדה + שעתיים דיון מסכם. קטעי המידע כעבודת בית.</p> <p>א' - 2 (הרחבה): חישה בצמחים פעילות מספר 1 שעה+ מטלת הנבטה לבית. חישה בחד תאיים שעתיים מעבדה.</p> <p>א' - 3: אפשרי כעבודת בית</p> <p>א' - 4 (הרחבה): לבחור באחד החיישנים כעבודת מעבדה של שעתיים.</p>
<p><b>סה"כ שעות הוראה חובה לפרק א 5 + שעות הרחבה 5</b>  ההרחבה כוללות חישה בצומח ובחד תאיים ועבודה עם חיישן טכנולוגי.</p>				
ב'	מאור לראייה	חישן אור, גירוי, המרה, תגובה	בניית מכשיר טכנולוגי עריכת ניסוי לזחות ממה מושפע החיישן.	ב1 (1): חיישן מסתורי שעתיים מעבדה ב1(2) חישת אור ביצורים חיים פעילות 1: מטלת בית + שעה דיווח בכיתה.

<p>פעילות 2 (הרחבה) שעה במעבדה.</p> <p><b>סה"כ: שלוש שעות חובה+ שעה הרחבה</b></p>	<p>עריכת ניסוי : תכנון ניסוי, זיהוי משתנים, איסוף נתונים והצגתם, הסקת מסקנות.</p>			
<p>ב2 (1) פעילות 1 מומלץ לעשות כהדגמה בכיתה (שעה). שאר הפעילויות מומלץ לבצע כתחנות עבודה בהן כולם עוברים או בשיטת הגייקסו (סה"כ שש תחנות). במשך שעתיים במעבדה+ שעה נוספת של דיון והדגמות המורה. <b>סה"כ: 4 שעות הוראה</b></p>	<p>עריכת תצפית : עבודה לפי הנחיות, איסוף נתונים והסקת מסקנות.</p>	<p>גוף פולט אור, החזר אור, גוף אטום לאור, גוף שקוף, גוף שקוף חלקית, נפיצת האור (ספקטרום), מסנן, אור נבלע, שבירת אור, איחוד אור בצבעים שונים.</p>	<p><b>ב- 2 על האור (הרחבה)</b></p>	
			<p><b>ב- 3 מאור לתמונה</b></p>	
<p>פעילות מספר 1 בניית לשכות אפלות, שעתיים במעבדה. פעילות 2 (הרחבה), שיעורי בית.</p> <p>פעילות 1 בניית עדשות שעה. פעילות 3 שכלול הלשכה האפלה שעה השאר שיעורי בית.</p> <p>עבודה עם קטעי מידע ברמת תאי חישה שעת הוראה+ שיעורי בית. הרחבה בנושא ראיית לילה, שדות ראייה, עין מורכבת בחרקים שלוש שעות</p>	<p>בניית דגם פעיל וחקירתו. השוואה בין הדגם לעין ביצורים חיים.</p> <p>עיבוד מידע באמצעות מדרג, תרשים ומפה אילמת תצפית+ דגם פעיל</p> <p>קטעי מידע, עיבוד מידע לתרשים ומדרג. בהרחבה : קטעי מידע, תצפית, בניית דגם פעיל, מדידת זוויות מאיור, עריכת השוואה</p>	<p>לשכה אפלה, אישון, קשתית, צמצם. קמרה אובסקורה, עין פשוטה,</p> <p>עדשה מרכזת, קרנית, עדשה כדורית, מיקוד, רשתית.</p> <p>רשתית, מדוכים, קנים, קולטנים, תאי עצב, ראיית צבע, סרט צילום, תאי חישה, עצב הראייה. הרחבה : שכבת טפטום, שדות ראייה, עין מורכבת, עינית</p>	<p>ב- 3 (1) אור חודר לעין ולמכשירים אופטיים.</p> <p>ב- 3 (2) מיקוד האור</p> <p>ב- 3 (3) קבלת הדמות</p>	

סה"כ: 5 שעות חובה + 3 שעות הרחבה				
מומלץ לעבוד בתחנות כאשר כל קבוצה עוברת בכל התחנות כשעתיים, ושעה דיון במליאה.	עריכת תצפיות: איסוף מידע והסקת מסקנות. הכללה.		ב- 4 תעתועי ראייה (הרחבה)	
סה"כ 3 שעות הרחבה				
חלק מהפעילויות יכולות להיות שיעורי בית או כמטלות להערכת התלמיד. מומלץ לערוך שעתיים של דיון במליאה בנושאים השונים ושעתיים הצגת הסקרים. סה"כ 4 שעות	עבודה עם קטעי מידע. חקירת מקרים מתוארים. השוואה בין מערכות שונות. עריכת סקר.	מערכת, רכיב, בקרה, תהליך משוב, התאמה, ליקויי חישה, עיוורון צבעים, כתב ברייל.	ב- 5 התאמות וליקויים במערכות הראייה	
<b>סה"כ שעות הוראה חובה לפרק ב 12 + שעות הרחבה 12</b>				
			<b>מקור לשמיעה</b>	<b>ג'</b>
			ג- 1 על הקול	
שעתיים מעבדה+ עבודת בית. פעילות הרחבה שעתיים.	עריכת תצפית, בניית דגם, עבודה עם קטע מידע. פעילות הרחבה: תיכון כלי נגינה וחקירתו	תנודה, תדירות, משרעת, תנועה מחזורית, תדר, "תוף הפח", מיתרי קול.	ג- 1 (1) כיצד מופק קול	
שעת הוראה.	עריכת תצפית	גל קול.	ג- 1 (2) מהו קול (הרחבה)	
מומלץ לבצע כפעילות גייקסו בקבוצות במשך שעתיים במעבדה.	עריכת תצפיות.	ריק, חלקיקים, הולכת קול, מוליך קול, מבודד.	ג- 1 (3) דרכו של הקול (הרחבה)	
מומלץ כהדגמה בכיתה פעילות של חצי שעה.	עריכת תצפית	הד.	ג- 1 (4) ההד (הרחבה)	

סה"כ שעות הוראה: שעתיים חובה, חמש וחצי שעות הרחבה				
			ג- 2 לחוש את הקולות	
בניית הדגם שעתיים מעבדה+ עבודת בית.  שעתיים הרחבה	בניית דגם עבודה עם קטעי מידע.  בניית מיקרופון ורמקול	גירוי, חיישן קול, המרה, , תגובה, מיקרופון, קו הצד.  מיקרופון, רמקול,	ג- 2 (1) חיישן טכנולוגי  ג- 2 (3) לראות את הקול לשמוע את האור (הרחבה)	
			ג- 3 מקול לשמיעה	
פעילות מעבדה ארבע שעות, ועוד שעת הרחבה. לימוד חלקי האוזן עיוני, חקירת קטעי מידע, עיבוד מידע לתרשים ארבע שעות  חצי שעה הדגמה	עריכת תצפית, ניסוי, בניית דגם. עיבוד מידע בתרשים  עריכת תצפית	אוזן חיצונית, אוזן תיכונה, אוזן פנימית, אפרכסת, צינור שמע, עור תוף, עצמות השמע (פטיש, סדן, ארכובה), שבלול, עצב השמיעה, תאי חישה, תאי שיערה, מדרג.	ג- 3 (1) האוזן איבר השמיעה  ג- 3 (2) חשיבות שתי אוזניים (הרחבה)	
סה"כ שעות הוראה: שמונה שעות ועוד שעה וחצי הרחבה			ג- 4 התאמות וליקויים במערכות השמיעה (הרחבה)	
עבודת בית או שעה עבודת כיתה	עיבוד מידע לתרשים.	איבר שיווי משקל, תאי שיערה, תאי חישה, תעלות קשתיות, שלפוחית שחיה, מיקרופון.	ג- 4 (1) מערכת שמיעה ביצורים ובמערכות טכנולוגיות	

<p>אפשרי כעבודת בית</p> <p>כעבודת בית או שעתיים בכיתה.</p> <p>לפחות שעתיים.</p> <p>שעתיים</p> <p>סה"כ שעות הוראה: שבע שעות הרחבה</p>	<p>עבודה עם קטעי מידע.</p> <p>קטעי מידע, עיבוד נתונים מגרף.</p> <p>עבודה עם טבלאות נתונים, איסוף נתונים בשטח, איסוף מידע ממקורות שונים.</p> <p>עבודה עם קטעי מידע.</p> <p>עבודה עם משדירי טלוויזיה</p>	<p>מערכת משוב, בקרה.</p> <p>התאמה, טווח שמיעה, גבול שמיעה עליון, גבול שמיעה תחתון, תדירות, הרץ.</p> <p>רעש, דציבל, מקור רעש, עוצמת רעש.</p> <p>ליקויי חישה, ליקוי הולכה, ליקוי חישתי-עצבי, ליקוי זמני, ליקוי קבוע, חירשות, שפת הסימנים, מכשיר שמיעה אנלוגי, מכשיר שמיעה דיגיטלי, תהליך תיכון</p>	<p>ג-4 (2) משוב ובקרה במערכות חישה</p> <p>ג-4 (3) התאמות מערכות שמיעה לתנאים שונים</p> <p>ג-4 (4) הרעש</p> <p>ג-4 (5) ליקויי שמיעה</p>	
<p>סה"כ שעות הוראה חובה לפרק ג 10 + שעות הרחבה 14</p>				
<p>סה"כ שעות הוראה בסיס לפרק א 5 + שעות הרחבה 5</p> <p>סה"כ שעות הוראה בסיס לפרק ב 12 + שעות הרחבה 12</p> <p>סה"כ שעות הוראה בסיס לפרק ג 10 + שעות הרחבה 14</p>				

\*הערה: אין הכוונה שמורה ילמד את כל הבסיס וההרחבה אלא יבחר באחד הרצפים המוצעים לו בסעיף הבא.

## 6. רצפי הוראה מומלצים

היחידה בנויה משלושה פרקים: פרק א' הדרן בתהליכי חישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות, פרקים ב'-ג' דנים בהרחבה במערכות חישה. פרק ב' במערכת הראייה ופרק ג' במערכת השמיעה. כל פרק בנוי מכמה תת פרקים ובכל תת פרק מספר פעילויות. בתוכן העניינים ציינו כל תת פרק המהווה הרחבה, ועבור כל תת פרק ציינו את פעילויות ההרחבה. בבניית הרצף אנו ממליצים לשמור על העקרונות הבאים:

1. בכל רצף הוראה ישולבו ההיבטים הבאים: ביולוגי, פיזיקלי וטכנולוגי.
  2. בתחום הביולוגי יינתנו דוגמאות לחישה ביצורים שונים (חד תאיים, צומח ובעלי חיים).
  3. בכל רצף יוקדשו מספר שעות להיבט החברתי.  
רצפים מומלצים והיקף השעות המומלץ:
- א. לימוד כל חלקי החובה של היחידה (חישה באופן כללי + מערכת ראייה + מערכת שמיעה) 27-30 שעות לימוד הבסיס, ו- עשר שעות הרחבה.
- ב. לימוד פרק א' הדרן בחישה באופן כללי + לימוד מורחב של אחת ממערכות החישה (פרק ב' מערכת הראייה או פרק ג' מערכת השמיעה). 15-17 שעות לימוד הבסיס + עשר שעות הרחבה.

מומלץ ללמד את היחידה לאחר לימוד הנושאים הבאים: מאפייני חיים, התא כיחידת חיים. אפשר ללמד את היחידה אחר לימוד נושא הרבייה כהיבט נוסף לתהליכי תקשורת בין יצורים חיים המתרחשים בתהליך הרבייה (לדוגמה: תהליך חיזור, קשר בין הורה לצאצא, קשר בין צומח למאביקו).



## 7. על פרקי הספר לתלמיד

**הערה:** בסעיף "תשובות נבחרות, הערות והרחבה" מופיעים הסברים שנועדו בראש ובראשונה למורה. דרך הצגת המידע, הפרוט וההרחבה אינם מתאימים לתלמידים.

### פרק א – חישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות

#### א. מטרת ההוראה בתחום התוכן

1. להכיר מגוון דרכי קליטת גירויים באדם, בבעלי חיים בצומח ובמערכות טכנולוגיות.
2. להכיר עקרונות מרכזיים בתהליכי חישה (א. תהליך החישה: גירוי משפיע על חיישן הממיר אותו לאות חדש הנקלט על ידי גורם מעבד ומשווה וכתוצאה מתרחשת תגובה, ב. הכרת מושגים כסף חישה, רוויה, טווח חישה).
3. לאפיין מדרג המתאר תהליך חישה. מהיצור עד לתא החישה.
4. להשוות בין חיישנים ביולוגיים וטכנולוגיים.
5. לאפיין את תכונותיהם של החיישנים השונים.
6. להכיר אמצעים טכנולוגיים העוזרים לאדם בקליטת הגירויים מהסביבה.
7. לבחון את תהליך החישה מהיבטים: מדעי, טכנולוגי וחברתי (STS)  
**היבט מדעי:** הכרת תהליכי חישה באדם, בחי ובמערכות טכנולוגיות.  
**היבט טכנולוגי:** הכרת מכשור וחיישנים טכנולוגיים.  
**היבט חברתי:** יישום ידע טכנולוגי לסיפוק צרכים שונים של האדם.

#### ב. משך הוראה מומלץ

חמש שעות הוראת חומר הבסיס וחמש שעות הוראת חומר ההרחבה.

#### ג. מה בפרק

- א. עקרונות מרכזיים בתהליכי חישה  
פעילות מספר 1: אחד או שניים - פעילות לחקר חוש המגע.  
פעילות מספר 2: תחנות היכרות עם עולם החושים והחיישנים.  
תחנה מס' 1 - לא כל המתוק סוכר הוא.  
תחנה מס' 2 - חישה מגנטית ביצורים חיים.

תחנה מס' 3 - חם או קר - חישת טמפרטורה.

תחנה מס' 4 - על... וריח אין להתווכח.

## 2.א. חישה בצמחים וביצורים חד-תאיים (הרחבה)

א- (1)2 חישה בצמחים (האם צמחים חשים באור, האם קיים חוש מגע בצמחים, חישת כוח הכבידה על ידי צמחים)

א- (2)2 חישה ביצורים חד-תאיים (תצפית בסנדליות)

## 3.א. תפקיד החישה

## 4.א. חיישן טכנולוגי (הרחבה)

פעילות מספר 1 צפצפת יום הולדת או חיישן לחץ

פעילות מספר 2 חיישן טמפרטורה

פעילות מספר 3 מדידת טמפרטורה באמצעות דיודה

## ד. רקע מדעי

נהוג לדבר על חמישה חושים באדם: חוש הטעם, חוש הריח, חוש השמיעה, חוש הראייה וחוש המגע. אך יכולת החישה של האדם רחבה יותר. האדם מבחין בשינויי טמפרטורה, אנשים רבים טוענים שהם חשים שינויים בלחות האוויר ו"מרגישים בעצמותיהם" את בוא הגשם. האדם חש באור לא רק באמצעות מערכת הראייה אלא גם באמצעות בלוטת האצטרובל (Pineal gland) המהווה חלק מהמוח. האור הנקלט בבלוטת האצטרובל מאפשר את קביעת השעון הביולוגי (לדוגמה: שעות פעילות ושינה, הפרשה הורמונלית ועוד).

יש שאנו מודעים לחוש מסוים רק כאשר חלים שיבושים בפעולתו. כך, למשל, אנו מבחינים בחוש שיווי המשקל רק כאשר אנו מאבדים את שיווי המשקל עקב דלקת אוזניים חריפה, או לאחר שתיית כמויות גדולות של אלכוהול.

יכולת חישה שונות, אשר עדיין לא הובחנו באדם ידועות בבעלי חיים שונים. לדוגמה: בעלי חיים המנווטים את דרכם לפי שדות מגנטים של כדור הארץ ("ראש גדול" (1) כד' טבת תשי"ס 2000, גליליאו (19) 1996).

יכולת החישה של יצורים חיים שונים אינה זהה. יצורים שונים משתמשים בחושים שונים כך לדוגמה החולד אינו רואה ואילו באדם החוש העיקרי הוא חוש הראייה. גם כאשר משתמשים שני יצורים באותו חוש יש הבדל רב ביכולת החישה. חוש הריח באדם מפותח פחות יחסית לחוש הריח של כלב. ברירת האף של האדם מצויים כ- 10 מיליון תאי חישה המרוכזים על פני שטח של 14 סנטימטרים רבועים. תאים אלו מכילים שערות חישה ועליהן קולטנים המאפשרים להבחין בין מולקולות הריח השונות. באפו של הכלב לעומת זאת, אזור חישה גדול פי 10 מזה של האדם (כ- 150 סנטימטרים רבועים), והוא

## 7. על פרקי הספר לתלמיד

**הערה:** בסעיף "תשובות נבחרות, הערות והרחבה" מופיעים הסברים שנועדו בראש ובראשונה למורה. דרך הצגת המידע, הפרוט וההרחבה אינם מתאימים לתלמידים.

### פרק א – חישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות

#### א. מטרות ההוראה בתחום התוכן

1. להכיר מגוון דרכי קליטת גירויים באדם, בבעלי חיים בצומח ובמערכות טכנולוגיות.
2. להכיר עקרונות מרכזיים בתהליכי חישה (א. תהליך החישה: גירוי משפיע על חיישן הממיר אותו לאות חדש הנקלט על ידי גורם מעבד ומשווה וכתוצאה מתרחשת תגובה, ב. הכרת מושגים כסף חישה, רוויה, טווח חישה).
3. לאפיין מדרג המתאר תהליך חישה. מהיצור עד לתא החישה.
4. להשוות בין חיישנים ביולוגיים וטכנולוגיים.
5. לאפיין את תכונותיהם של החיישנים השונים.
6. להכיר אמצעים טכנולוגיים העוזרים לאדם בקליטת הגירויים מהסביבה.
7. לבחון את תהליך החישה מהיבטים: מדעי, טכנולוגי וחברתי (STS)  
**היבט מדעי:** הכרת תהליכי חישה באדם, בחי ובמערכות טכנולוגיות.  
**היבט טכנולוגי:** הכרת מכשור וחיישנים טכנולוגיים.  
**היבט חברתי:** יישום ידע טכנולוגי לסיפוק צרכים שונים של האדם.

#### ב. משך הוראה מומלץ

חמש שעות הוראת חומר הבסיס וחמש שעות הוראת חומר ההרחבה.

#### ג. מה בפרק

##### א.1 עקרונות מרכזיים בתהליכי חישה

- פעילות מספר 1: אחד או שניים - פעילות לחקר חוש המגע.
- פעילות מספר 2: תחנות היכרות עם עולם החושים והחיישנים.  
תחנה מס' 1 - לא כל המתוק סוכר הוא.  
תחנה מס' 2 - חישה מגנטית ביצורים חיים.

תחנה מס' 3- חס או קר - חישת טמפרטורה.

תחנה מס' 4- על... וריח אין להתווכח.

## א.2 חיישה בצמחים וביצורים חד-תאיים (הרחבה)

א-2 (1) חיישה בצמחים (האם צמחים חשים באור, האם קיים חוש מגע בצמחים, חישת כוח הכבידה על ידי צמחים)

א-2 (2) חיישה ביצורים חד-תאיים (תצפית בסנדליות)

## א.3 תפקיד החיישה

## א.4 חיישן טכנולוגי (הרחבה)

פעילות מספר 1 צפצפת יום הולדת או חיישן לחץ

פעילות מספר 2 חיישן טמפרטורה

פעילות מספר 3 מדידת טמפרטורה באמצעות דיודה

## ד. רקע מדעי

נהוג לדבר על חיישה חושים באדם: חוש הטעם, חוש הריח, חוש השמיעה, חוש הראייה וחוש המגע. אך יכולת החיישה של האדם רחבה יותר. האדם מבחין בשינויי טמפרטורה, אנשים רבים טוענים שהם חשים שינויים בלחות האוויר ו"מרגישים בעצמותיהם" את בוא הגשם. האדם חש באור לא רק באמצעות מערכת הראייה אלא גם באמצעות בלוטת האצטרובל (Pineal gland) המהווה חלק מהמוח. האור הנקלט בבלוטת האצטרובל מאפשר את קביעת השעון הביולוגי (לדוגמה: שעות פעילות ושינה, הפרשה הורמונלית ועוד).

יש שאנו מודעים לחוש מסוים רק כאשר חלים שיבושים בפעולתו. כך, למשל, אנו מבחינים בחוש שיווי המשקל רק כאשר אנו מאבדים את שיווי המשקל עקב דלקת אוזניים חריפה, או לאחר שתיית כמויות גדולות של אלכוהול.

יכולת חיישה שונות, אשר עדיין לא הובחנו באדם ידועות בבעלי חיים שונים. לדוגמה: בעלי חיים המנווטים את דרכם לפי שדות מגנטים של כדור הארץ ("ראש גדול" (1) כד' טבת תש"ס 2000, גליליאו (19) 1996).

יכולת החיישה של יצורים חיים שונים אינה זהה. יצורים שונים משתמשים בחושים שונים כך לדוגמה החולד אינו רואה ואילו באדם החוש העיקרי הוא חוש הראייה. גם כאשר משתמשים שני יצורים באותו חוש יש הבדל רב ביכולת החיישה. חוש הריח באדם מפותח פחות יחסית לחוש הריח של כלב. ברירת האף של האדם מצויים כ- 10 מיליון תאי חיישה המרוכזים על פני שטח של 14 סנטימטרים רבועים. תאים אלו מכילים שערות חיישה ועליהן קולטנים המאפשרים להבחין בין מולקולות הריח השונות. באפו של הכלב לעומת זאת, אזור חיישה גדול פי 10 מזה של האדם (כ- 150 סנטימטרים רבועים), והוא

מכיל מספר רב מאוד של תאי חישה. מסיבה זו יכול הכלב לאתר אנשים בעזרת שבילי ריח שיוצרים תאי עור מתים שנשרו, או למצוא חפצים הנסתרים מהעין.

חישת גירויים ביצורים חיים מתבצעת באמצעות תאי חישה המצויים באברי חישה ייחודיים (כמו תאי הרשתית המצויים בעין), באמצעות קבוצות של תאים המכילים תאי חישה כגון סיבי עצב העוטפים תאים נוספים המצויים בעור ומאפשרים חישת מגע או באמצעות תאי חישה בודדים (כגון: קצות עצבים המצויים בעור החשים בשוני בטמפרטורה החיצונית).

תאי חישה הם תאים שתפקידם העיקרי הוא חישת גירויים חיצוניים לגוף. ניתן לחלק את תאי החישה לשתי קבוצות: 1. תאי חישה שהם תאי עצב (שהתמינו לחישת גירויים: מגע, שינויים בטמפרטורה, כאב וריח). 2. תאי חישה שאינם תאי עצב הממירים את הגירוי לאות חדש שמועבר לתא עצב (לדוגמה: תאי חישת טעם, תאי חישת אור, תאי חישת קול (תאי שיערה)) תאי החישה אינם בעלי מבנה אופייני אלא המבנה מותאם לגירוי אותו הם חשים. עם זאת, בכל תאי החישה ישנן מולקולות או מבנים האחראים לקליטת הגירוי. בתאים החשים בריח או בטעם, מצויים בקרום התא קולטנים היוצרים אינטראקציה כימית עם הגירוי. בתאי שיערה המצויים באוזן הפנימית מצוי מבנה דמוי שיערה המגיב לתנודות הנוזל המצוי בשבלול כתוצאה מפגיעת גל קול באוזן.

תהליך חישת גירויים חיצוניים הוא אחד ממאפייני החיים. יצור חד-תאי כסנדלית או עינן ירוק מגיבים גם הם למכלול של גירויים חיצוניים. העינן כיצור אוטוטרופי התלוי באור ליצירת סוכרים מגיב לאור באמצעות צבען המצוי ליד השוטון המאפשר את תנועת העינן לכיוון האור. גם צמחים מגיבים למכלול גירויים חיצוניים. ניתן לצפות בתנועת הצמח לכיוון האור, בפתיחת עלי כותרת בתגובה לאור, בגדילת נצר בכיוון כוח הכבידה ובגדילת שורש בכיוון מקור המים.

תהליך חישת גירויים חיצוניים קשור בין השאר בתהליכי תקשורת בעולם החי. החיים של מושבת השרקרקים תלויים ביכולת התקשורת ביניהם. לשרקרק מגוון קולות אשר כל אחד מהם גורם לתגובה אחרת של שאר חברי הקבוצה. תקשורת טורף נטרף תלויה ביכולת שני הצדדים לחוש זה את זה. זה כדי להינצל וזה כדי לטרוף. חישת גירויים מאפשרת בין השאר קיום תהליך האבקה של צמחים על ידי בעלי חיים שונים. הפרח מפתה את בעל החיים באמצעות חומרי ריח, טעם או מראה מושך. גם תקשורת בתוך המשפחה תלויה בחישת גירויים. צבע מקורם הפעור של הגוזלים מושך את הבוגר המאכיל. קול הצאצאים שונה מקול הבוגרים. יש הטוענים שאפילו האדם יכול להבחין בריח הצאצא שלו אם ישהה עמו מספר שעות מיד לאחר הלידה.

חישת גירויים בעולם החי, ובמקרים רבים גם במערכות טכנולוגיות, מערבת מידע המגיע מחיישנים שונים, דבר המאפשר השלמת פרטים חסרים. כך, לדוגמה, נוכל לזהות תפוח על פי צורתו, צבעו, ריחו וטעמו. נוזה אנשים לפי מראה ולפי קול, וכד'.

יש והחושים מטעים אותנו. בסיפור יעקוב ויצחק, הבכורה ניתנת ליעקוב לפי חוש המישוש "הקול קול יעקוב והידיים ידי עשו". מסיפור זה ניתן ללמוד שיש חושים חשובים יותר ופחות. באדם חוש הראייה נחשב לחוש החשוב ביותר. ללא חוש הראייה המידע המתקבל אינו מושלם. יצחק הכריע בין מידע סותר המגיע משני חושים לטובת אחד מהם.

חישת גירויים ביצורים חיים נעשית בשני מישורים: קליטת גירויים תיצוניים, בהם דנה היחידה, וקליטת גירויים פנימיים בהם לא דנה היחידה. עם זאת, היחידה משתדלת להקנות הבנה של עיקרון תהליך קליטת גירוי בעולם החי כולו ובמערכות טכנולוגיות. לפי עקרון זה גירוי משפיע על חיישן. החיישן ממיר את הגירוי לאות חדש. בחלק מתהליכי החישה קיים שלב עיבוד המידע לפני התגובה. הטכנולוגים שילבו במערכות טכנולוגיות שונות תהליכי חישת גירויים שתפקידם לאפשר את תפקודה התקין של המערכת. יכולת החישה במערכות טכנולוגיות נקבעת בהתאם לדרישת האדם מהמערכת. לדוגמה: במקרה מותקן חיישן טמפרטורה, אשר באמצעותו ניתן לווסת את הטמפרטורה במקרה; בטלויזיה מותקן חיישן לקרינה בתחום האינפרא-אדום, המאפשר את הפעלתה באמצעות שלט רחוק המשדר אור מתחום התת-אדום. הטכנולוגיה בתחום החישה מאפשרת: א. שיפור יכולת החישה, לדוגמה: מיקרוסקופ, טלסקופ, מסכת, רמקול. ב. תיקון ליקויי חישה, לדוגמה: משקפיים, מכשירי שמיעה. ג. מניעת סיכון, לדוגמה: חיישן המתריע על דליפת חומר רעיל. ד. הרחבת תחום החישה, לדוגמה: מכשיר המאפשר לזהות שדות מגנטיים של כדור הארץ, חיישן המזהה כמויות קטנות מאוד של חומר שאותן אין האדם יכול לזהות באמצעות חוש הריח או הטעם.

## ה. פעילויות נבחרות

### א-1 עקרונות מרכזיים בתהליכי חישה (עמ' 7 יחידת לימוד לתלמיד)

#### פעילות מספר 1: אחד או שניים - פעילות לחקר חוש המגע

מטרת הפעילות: הכרת המושגים: גירוי, חיישן, תגובה, כושר הפרדה, תאי חישה הכרת תהליך החישה ויכולת ארגון המידע בתרשים זרימה.  
דרך הוראה מוצעת: הדגמה ודיון בכיתה  
משך הוראה מומלץ: שיעור בודד  
מושגים

**גירוי:** גורם פיזיקלי או כימי הגורם לתגובה של יצורים חיים או מערכות.

**תגובה:** שינוי מצב או שמירה על מצב קיים כתוצאה מקליטת גירוי.

**חיישן:** תא חישה או רכיב טכנולוגי הקולט את הגירוי וממיר אותו לאות אחר.

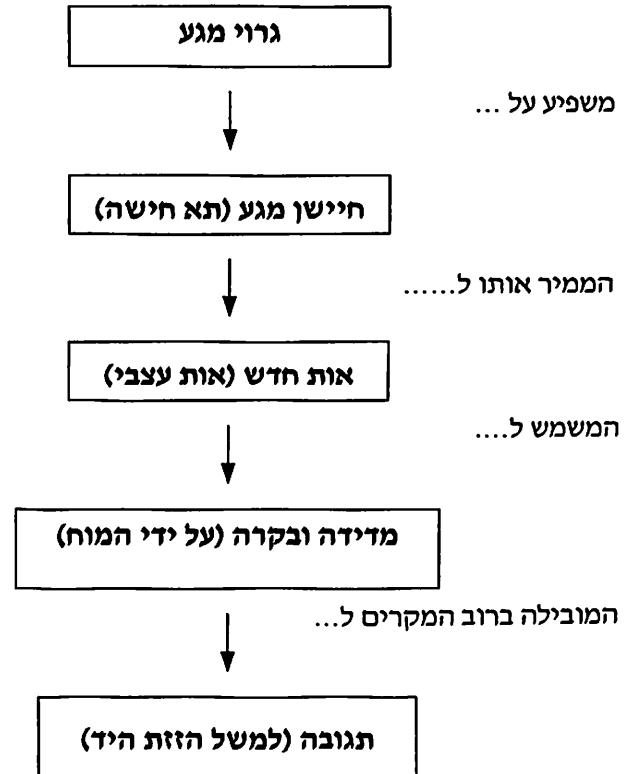
**המרה:** החלפה חילוף דבר בדבר (על פי מילון אבן שושן). תרגום של אנרגיה מסוג אחד לאחר דוגמה: גירוי תיצוני כאור מומר בעין לאות חדש (אות עצב).

**כושר הפרדה:** היכולת להבחין בין שני גירויים קרובים במקום, בזמן, ובעוצמה. לדוגמה היכולת להבחין באמצעות העיניים בין שתי נקודות סמוכות זו לזו. עין האדם אינה יכולה להבחין בין שני עצמים שהמרחק ביניהם קטן מעשירית המילימטר. עצמים שהמרחק ביניהם קטן מעשירית המילימטר יראו לנו כעצם אחד.

תשובות נבחרות הערות והרחבה

\* מהטבלה בעמוד 12 יווכחו התלמידים כי היכולת להבחין בשני גירויי מגע בו-זמנית תלויה במקומות השונים בגוף ובמרחק בין שני הגירויים.

\* ניתן לסכם את תהליך חישת המגע באמצעות תרשים :



פעילות מספר 2: תחנות היכרות עם עולם החושים והחיישנים

מטרת הפעילות

היכרות עם חושים ויכולות חישה שונות באדם.

בחינת אמצעים טכנולוגיים המשפרים את יכולת חישת האדם.

חקירת הקשר בין גורמים שונים ויכולת החישה.

הכרת תהליכי חישה ביצורים שונים.

דרך הוראה מוצעת: עבודת מעבדה בקבוצות של כחמישה תלמידים, כל קבוצה תעבור בין ארבעת התחנות. בכל תחנה על הקבוצה למלא דוח כדוגמת הדוח המובא בספר לתלמיד עמוד 16. לאחר

המעבדה יקראו התלמידים כשיעורי בית את קטעי המידע הנלווים ויענו על השאלות. בשיעור הבא יש לנהל דיון כיתתי בו יושם דגש על העקרונות המשותפים של תהליכי החישה השונים שנבחנו בתחנות. משך הוראה מומלץ: שתי שעות מעבדה ושעתיים דיון במליאה

### תחנה מס' 1: לא כל המתוק סוכר הוא

מטרת הפעילות: לבחון את מידת הדיוק והאמינות של חישת טעם על-ידי האדם בהשוואה לחיישן טכנולוגי. מושגים

**חוש טעם** - חוש זה מאפשר אינטראקציה בין חומר הטעם הכימי לבין תאי החישה המצויים לדוגמה באדם, על הלשון.

**גלוקוז** - פחמימה מקבוצת החד סוכר ( $C_6H_{12}O_6$ ).

**ממתיק מלאכותי** - חומר המשמש טעם מתוק אך חסר ערך אנרגטי.

**חומר בוחן (אינדיקטור)** - חומר המשמש לזיהוי חומר נבחן. האינדיקטור יוצר אינטראקציה עם החומר הנבחן וכתוצאה חל שינוי באינדיקטור.

תשובות נבחרות הערות והרחבה

\* (3) החיישן הביולוגי הוא תא חוש הטעם, החיישן הטכנולוגי הוא מקלון היכול לקשור גלוקוז באופן ייחודי. החיישן הביולוגי מדווח על מתיקות ולא על רמת גלוקוז.

\* (4) צריך לשים לב שהחיישן הטכנולוגי בדרך כלל מלווה בטבלת כיוול ולכן נותן בדרך כלל מידע כמותי ואילו החוש הביולוגי הוא השוואתי איכותי. החיישן הטכנולוגי בעל ייחודיות גבוהה יותר ולכן יותר אמין. עם זאת אמינות החיישן נכונה רק לתחום לו תוכנן. חוש הטעם של האדם אינו כמותי אלא איכותי והשוואתי. כמו-כן, עבור אדם מסוים כפית סוכר בכוס התה תחשב כמתוק ואילו השני לא ירגיש במתיקות. תחום הרגישות אינו זהה בין אנשים שונים. האדם יכול לחוש בטעמים רק בטווח ריכוזים מסוים. מתחת לריכוז מסוים לא נזהה את נוכחות חומר הטעם ומעבר לריכוז מסוים לא נוכל להבחין בתוספת החומר. גם החיישן הטכנולוגי מגיב בתחום ריכוזים מסוים, תחום זה נקבע, על ידי הטכנולוג שתכנן אותו בהתאם למטרה לה הוא נועד. החיישן יחודי לגלוקוז ויזהה רק גלוקוז ואילו באמצעות חוש הטעם נוכל לחוש בטעם המתוק גם כשהחומר הוא ממתיק מלאכותי. מסיבה זו חוש הטעם אינו אמין לקביעת נוכחות גלוקוז בתמיסה.

\* (6) סף גירוי הוא במקרה זה הריכוז הנמוך ביותר בו חש האדם הבוחן והוא משתנה מאדם לאדם.

\* (7) בדרך כלל קיים שוני בין חברי הקבוצה המדרגים באופן שונה את התמיסות, דבר זה נובע משוני ברגישות יכולת החישה של התלמידים השונים.

---

\* ( ) המספר בסוגריים מציין את מספר השאלה ביחידת הלימוד לתלמיד.



\* שימו לב!! יש תלמידים היכולים להבחין בטעם לוואי של הממתיק המלאכותי ולזהותו.  
\* (8) מאחר והמקלון נותן תגובת צבע מכסימלית כבר ב 0.02% גלוקוז, לא ניתן להבחין באמצעותו בין תמיסה זו לתמיסה המכילה 0.05% גלוקוז. מכאן ניתן להסיק שגם לאמצעי הטכנולוגי יש טווח אופטימלי בו הוא מגיב. מעבר לגבול העליון של החישה המקלון לא ישנה יותר את צבעו (יהיה תמיד שחור) ולכן לא יתאים לבדיקות גלוקוז מעבר לריכוז מסוים (נכון לגבי המקלונים הוורודים).

### נקודות לדיון

- א. קיים גבול חישה תחתון. מתחתיו לא יבחין האדם בנוכחות סוכר.
  - ב. אין האדם יכול להבחין בין ממתיק מלאכותי לגלוקוז (למעט אלו החשים בטעם לווי של הממתיק המלאכותי).
  - ג. החיישן הטכנולוגי מזהה רק גלוקוז ולא סוכר אחר.
  - ד. גם לחומר הבוחן יש גבול חישה תחתון ועליון.
  - ה. קיים שוני ביכולת החישה של האנשים השונים לעומת אחידות ביכולת החישה של מקלוני הקלינקסטט.
- הערה:** ניתן להרחיב בנקודה זו לגבי הרגלי אכילת ממתקים וסוכרים והחשיבות לבריאות. ידוע שאנשים מתרגלים לטעם המתוק וכתוצאה מכך עולה אצלם צריכת הסוכר. מסיבה זו רצוי להרגיל ילדים לצריכת סוכרים נמוכה. ככל שנמתיק יותר את המשקה של התינוק הוא יתרגל ויצרך יותר סוכרים בבגרותו.

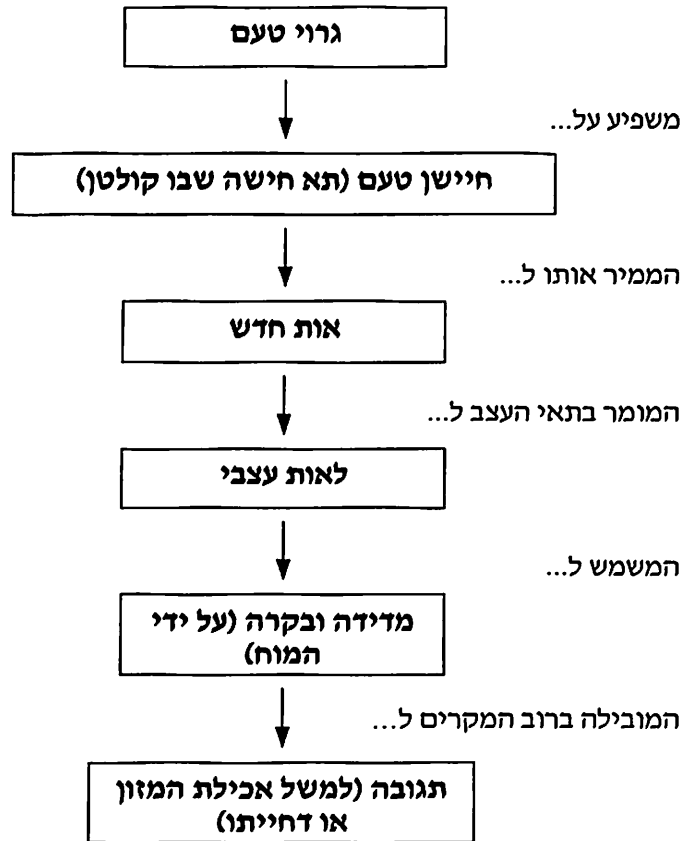
**מידע נוסף:** אספרטיים המשמש כממתיק מלאכותי נקשר בלשון לקולטן המזהה חומר מתוק (לדוגמה גלוקוז). מסיבה זו אנו חשים במתיקות בתגובה לטעימת מזון או משקה המכילים אספרטיים. דרך קישור הגלוקוז למקלון הבוחן שונה מדרך הקישור לקולטן הטעם. המקלון המזהה גלוקוז משנה את צבעו כתוצאה מתגובה כימית ייחודית בין הגלוקוז לבין חומר הבוחן שעל המקלון. הממתיק המלאכותי (האספרטיים) אינו מסוגל להקשר למקלון הבוחן ולכן המקלון משנה צבע בנוכחות אספרטיים.

### היבט תאי של חישה טעם:

בקטעי המידע יש לשים לב :

1. למדרג המתחיל ביצור, וממשיך לאיבר הלשון, וממנו לפטמיות הטעם המורכבות מתאים שונים ביניהם תאי חישה לטעם, המכילים קולטנים לטעם.
2. ליצור תרשים קליטת גירוי דומה לזה שיצרנו עבור חוש המגע.

תרשים המתאר תהליך קליטת גירוי טעם:



תחנה מספר 2 : חישה מגנטית ביצורים חיים

מטרת הפעילות: לבחון אם האדם חש בשדות מגנטיים של כדור הארץ כפי שמסוגלים לחוש בעלי חיים שונים.

תשובות נבחרות הערות והרחבה

אדם אינו יכול לחוש בשדה מגנטי של כדור הארץ. יונים, דבורים ובעלי חיים נוספים כן מסוגלים לחוש בשדה המגנטי של כדור הארץ.

\* (2) יתכן והגירוי חלש מדי והוא תחת סף הגירוי של החוש שלנו ולכן איננו חשים בו. יתכן ואין אנו מודעים לו כפי שאין אנו מודעים באופן נורמלי לחוש שיווי המשקל.

### תחנה מס' 3: חם או קר – חישת טמפרטורה

מטרת הפעילות: להשוות את רגישות חישת הטמפרטורה באדם בהשוואה לחיישני טמפרטורה טכנולוגיים כמד-טמפרטורה המבוסס על שינוי נפח כספית. להכיר שימושים בחישת טמפרטורה בעולם בעלי החיים.

בפעילות זו שלושה חלקים: חלק א' ב' חישת טמפרטורה באדם, חלק ג' חישת טמפרטורה בבעלי חיים וחישת טמפרטורה באמצעים טכנולוגיים.

מזשגים

**חיישן טמפרטורה טכנולוגי** - גורם המגיב לטמפרטורה.

**קרינה בתחום האינפרא-אדום** - קרינה באזור מתחת לאדום הנראה על ידי עין האדם.

**איבר הגומה** - איבר המכיל חיישנים לקרינה מתחום האינפרא-אדום, מצוי בנחשים מסוימים כגון צפע ועכנ.

**חיישני אינפרא-אדום** - רכיבים טכנולוגיים המגיבים לקרינה בתחום התת-אדום.

תשובות נבחרות הערות והרחבה

**חלק א'**

\* (1) בדרך כלל מתקשים התלמידים לסדר את הכוסות בסדר הנכון מאחר והחוש שלנו אינו כמותי אלא איכותי ומשווה.

\* (4) מד הטמפרטורה מכויל ולכן מדידתו היא כמותית ומדויקת לעומת המדידה הידנית. כמו כן אין אנו יכולים לחוש באמצעות החוש בהבדלים בין הטמפרטורות השונות כפי שנוכל באמצעות מד הטמפרטורה.

\* (5) רגישות החוש שלנו קטנה יותר ותלויה במקום הבדיקה, הרגישות המרבית קיימת בשפתיים.

**נקודות לדיון:** דונו עם התלמידים בנושא תחום הרגישות של מד-הטמפרטורה האם כל מד-טמפרטורה רגיש לאותו תחום או קיימים מכשירים שונים בהתאם לדרישות?

**הערה:** בניסוי זה חשוב להשתמש במד-טמפרטורה בו ניתן לבחון את שינוי הנפח כתוצאה משינוי הטמפרטורה

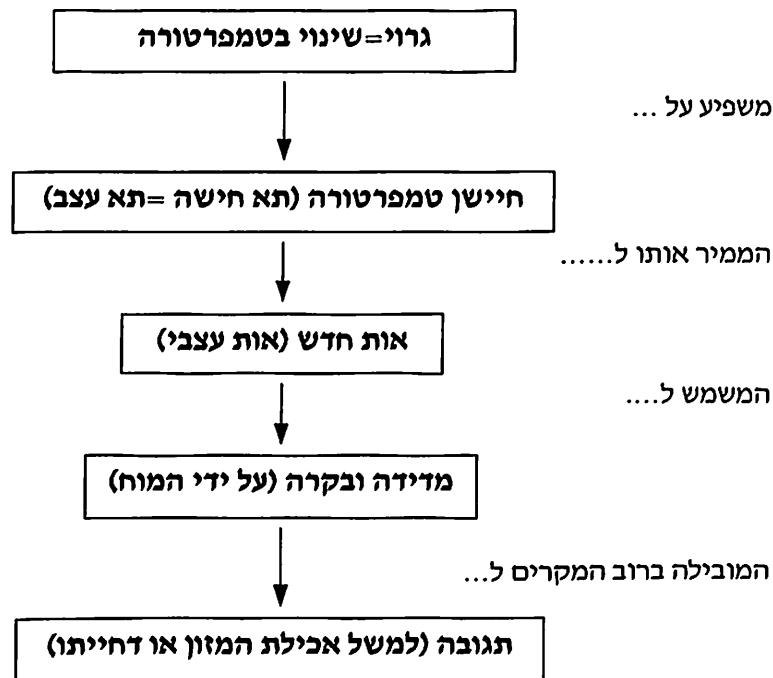
**חלק ב'**

\* (1) חוש הטמפרטורה נותן לנו מידע יחסי (חוש המשווה בין שני מצבים שונים), כאשר האדם טובל יד אחת במים קרים ויד שניה במים חמים ומעביר את ידיו למים "פושרים", תחושת הטמפרטורה תלויה במידע הקודם. ביד שטבלה במים קרים ירגיש חמימות ואילו ביד שטבלה במים חמים ירגיש קרירות זאת למרות ששתי הידיים טובלות במים (פושרים) בטמפרטורה זהה.

**היבט תאי של חישת טמפרטורה:**

חישת טמפרטורה נעשית על ידי קצות עצבים חופשיים המצויים בעור. מבדילים בין חיישנים לטמפרטורה קרה ולחמה (ביחס לטמפרטורת הגוף). רגישות חיישנים אלו שונה.

תרשים חישת טמפרטורה:



נקודה לדיון: חשוב לשוחח על אמינות החוש ותעתועי חושים הנובעים כאן מחישת גירוי קודם.

### חלק ג

בחלק השלישי מובאות שתי דוגמאות מעולם החי ודוגמה אחת טכנולוגית.

מטרת הפעילות

- א. להראות שקיימת חישת טמפרטורה ביצורים שונים ולא רק באדם.
- ב. לחקור דרכי חישת טמפרטורה שונות בעולם החי.
- ג. להראות דמיון בין תהליכים טכנולוגיים ותהליכי חישת טמפרטורה ביצורים חיים.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

**קטע מידע מס' 1:** ראיית לילה בנחש

מטרתו לתאר חישת טמפרטורה (קליטת אנרגיה אינפרא-אדומה) בנחש המסוגל להמירה למידע המגיע למוח לאזור הראייה וכך ליצור תמונת חום.

**קטע מידע מס' 2:** עוף המדגרה האוסטרלי

\* (4) תוספת צמחיה מעלה את תהליכי הריקבון וכתוצאה מכך עולה הטמפרטורה בתל. פתחי האוורור מאפשרים הורדת הטמפרטורה בתל.

\* (5) חישת הטמפרטורה חיונית לשמירת תנאים להתפתחות העוברים בביצים. ללא חישת טמפרטורה לא יכול העוף לשמור על טמפרטורת התל הרצויה.

**קטע מיידע מס' 3:** הדם זורם ומצטלם, מערכת צבאית לראיית לילה הפכה למכשיר המאפשר התבוננות בעורקי הלב.

תשובות נבחרות הערות והרחבה

- \* (1) מטרת המערכת לאתר מקומות בעלי זרימת דם נמוכה לפני יצירת המעקף ואחר כך לבחון אם אכן הזרימה תקינה במקום בו בוצע המעקף.
- \* (2) במערכת מצויים חיישנים הקולטים קרינה בתחום הבלתי נראה (אינפרה-אדום).
- \* (3) הגירוי מומר לאות חשמלי וכתגובה מתקבלת תמונה על גבי הצג.
- \* (4) נקודות להשוואה, בנחש ובמערכת הטכנולוגית מצויים חיישנים לקרינה בתחום אינפרה-אדום, החיישנים בשתי המערכות ממירים את המידע לאות חשמלי המומר לתמונה. המחשב מבצע את העיבוד במערכת הטכנולוגית ותאי המוח מבצעים את העיבוד במערכת הביולוגית. השוני בין המערכות, במערכת הטכנולוגית נמדדת באמצעות הקרינה האינפרה-אדומה, טמפרטורה. תמיסה המצויה בטמפרטורה נמוכה מזו של הדם, מוזרמת לכלי הדם. באמצעות תמיסה זו מתאפשרת, מדידה יחסית של הטמפרטורה. לעומת המערכת הטכנולוגית המתוארת בקטע זה, הנחש קולט אנרגיה וממירה לתמונה.

**הערה:** טפילים רבים חשים בטמפרטורת גוף הפונדקאי וכך מתבייתים עליו. כמו למשל, עטלף הערפד הניזון מדמם של יונקים גדולים. העטלף מזהה את האזורים העשירים ביותר בכלי דם (באזורים אלו הטמפרטורה גבוהה ביחס לשאר הגוף), פוצע את קורבנותיו באזורים אלו ומלחך את דמם. לעטלף הערפד, טלאי עור המצוי באזור האף. איבר זה מכיל תאים רבים הרגישים לשינויים בטמפרטורה. הטמפרטורה באזור האיבר נמוכה בתשע מעלות צלסיוס מזו של שאר חלקי גופו של העטלף. רצוי להציג לפני התלמידים קטע המראה את נחש הגומה הירוק ועטלף הערפד המופיע בסרט של ה BBC הנקרא Super senses. מהסרט ניתן להשאלה ללא תרגום בקונסוליה הבריטית רחוב הירקון בתל אביב. הסרט משודר מדי פעם עם תרגום לעברית בערוץ 8.

**תחנה מספר 4 על ... וריח אין להתווכח**

מטרת הפעילות: לבחון את מידת הרגישות של חיישני ריח שונים.

מושגים

**חיישני ריח**- גורם המגיב לריח וממיר אותו לאות חדש.

**פרומון**- חומר כימי המיוצר ומופרש על ידי בעלי חיים שונים ומשמש לתקשורת עם פרטים אחרים של אותו מין.

**איבר יעקובסון** - איבר המצוי ביונקים שונים ביניהם, סוסים, יעלים. האיבר, ממוקם בפה מעל תקרת החיך העליון. שני פתחים המצויים בתקרת הפה מאפשרים את מעבר חומרי הריח מהפה לאיבר יעקובסון. משמש לקליטת ריח המופרש על עצמים.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* כאשר תמיסת הוניל מחוממת חישת הריח טובה יותר. במצב זה מגיעה לאף כמות מולקולות גדולה יותר מאשר הכמות שתגיע מקובית וניל קפואה.

\* (1) המשתנה הבלתי תלוי המשפיע הוא מצב הצבירה של תמיסת הוניל.

\* (4) שאלת חקר: האם קיים קשר בין מצב הצבירה של התמיסה ליכול חישת הריח?

\* (6) תופעה דומה המראה על תלות בין כמות המולקולות המגיעות לתא החישה ויכולת החישה, ראינו בתחנה חוש הטעם כאשר כמות סוכר מתחת לסף הגירוי לא גרמה לתגובה.

\* (7) דוגמה אפשרית לניסוח מסקנה: קיים קשר בין מספר המולקולות המגיעות לתא החישה ויכולת החישה.

**נקודות לדין:** רצוי לקשר את תוצאות הניסוי לנלמד בנושא חומרים. חישת הריח שונה כאשר מריחים חומר בטמפרטורות שונות. בטמפרטורה גבוהה יותר, גדל מספר המולקולות שיגיעו לאף והריח מורגש טוב יותר.

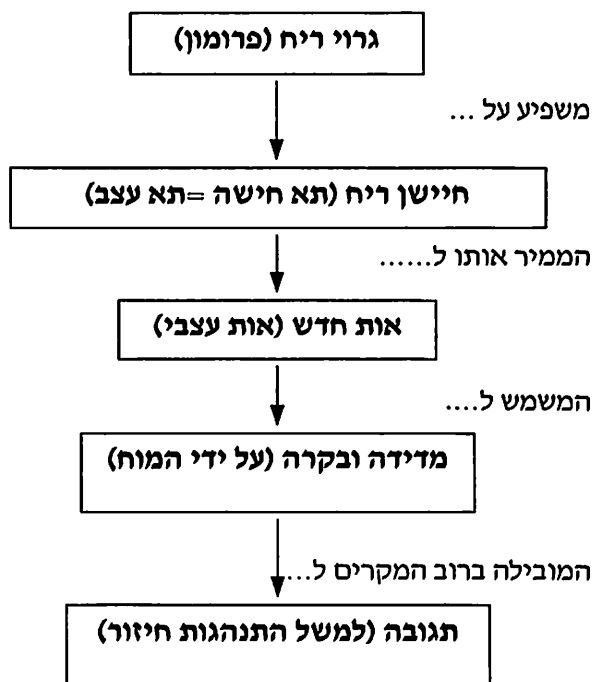
**היבט תאי של חישת ריח:**

1. מדרג המתחיל ביצור דרך האיבר (האף) ועד לקולטני הריח המצויים בתאי החישה שברקמת ההרחה.

2. גירוי ריח משפיע על תא חישה (שהוא במקרה זה תא עצב) באמצעות קולטן הממיר אותו לאות עצבי המועבר למרכז ההרחה במוח.



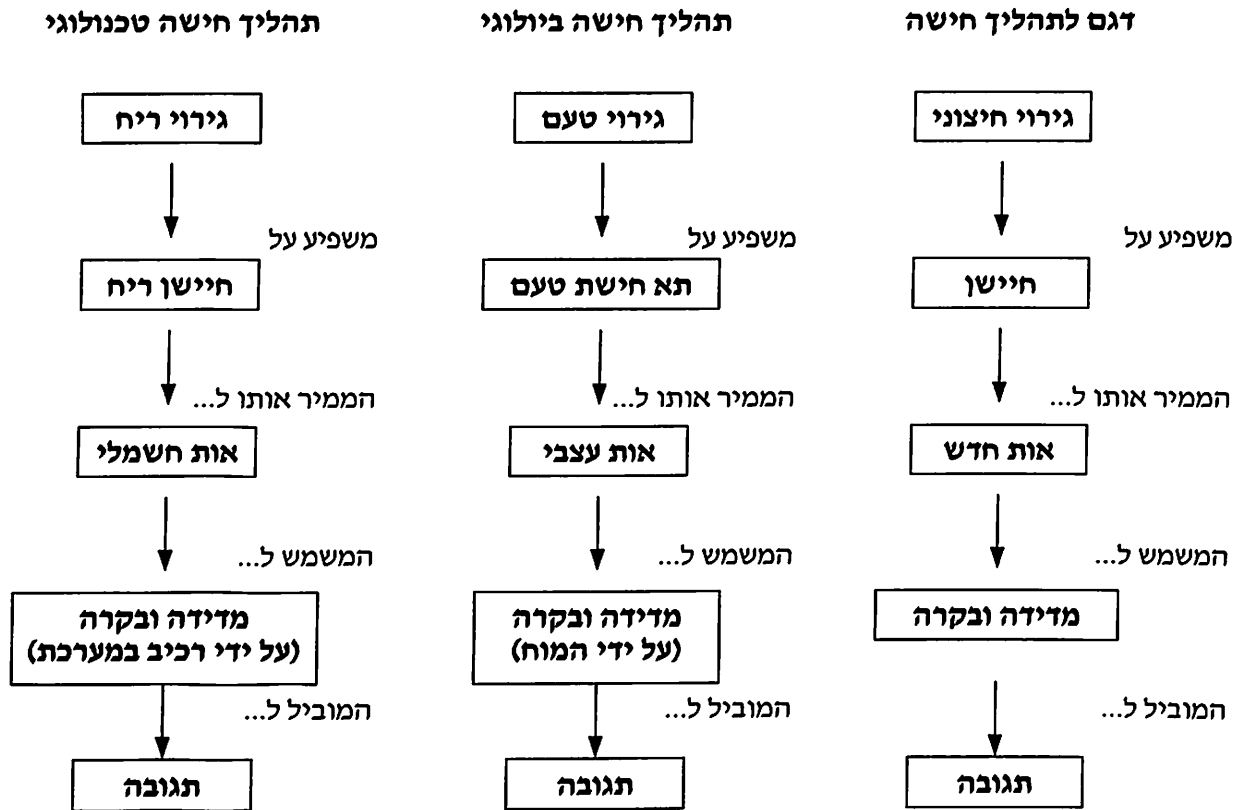
**נקודות לדיון:** מערכת החישה הטכנולוגית מאפשרת אובייקטיביות, רגישות גבוהה וזמן פעולה ממושך. בקש מהתלמידים לשער מהן הבעיות הקיימות במערכת מסוג זה (לדוגמה: עלות המכשור, קלקול, מספר הריחות שתזוהה מוגבל ביחס לחישת ריח באדם, קביעת מידע על סמך חישת ריח בלבד). חישת ריח על ידי יצורים חיים (ריח הפרומון החשוב בתהליך החיזור של היעל) תרשים חישת ריח:



**הערה:** דוגמאות נוספות לשימוש בפרומונים למטרות תקשורת ניתן למצוא ב"אנציקלופדיה של החי והצומח בא"י" בערכים: חרקים, יונקים. ניתן לבקש מהתלמידים לחפש דוגמאות שונות לתפקיד הריח בעולם החי (ריחות בצמחים המשמשים למשיכת חרקים, סימון הטריטוריה באמצעות ריח על ידי הארנב ובעלי חיים אחרים (ערך ארנבונים), שבילי ריח בנמלים (ערך חרקים), פרומון המלכה בדבורים והשפעתו על הפועלות ( התפרסמו מספר מאמרים בעיתון "כמעט אלפיים", ניתן לאתר אותם באמצעות מערכת סנונית ועוד). רשימת ספרות מפורטת מופיעה בסוף מדריך זה.

**נקודות לדיון:** 1. דרכים שונות לחישת ריח, חישת ריח באמצעות האף וחישת ריח באמצעות איבר יעקובסון. 2. הדמיון בין תהליך חישה בחי ובטכנולוגיה.

פעילות סיכום לתת-פרק א-1: (דוגמה יתכן והתלמיד יבחר בדוגמאות אחרות)



נקודות עיקריות שנלמדו בתת פרק א-1 (מופיעות ביחידת הלימוד לתלמיד עמוד 31).

שאלות לחזרה לפעילות בתחנות

1. הסבירו מהו גירוי, ותנו דוגמאות לגירויים שונים המוכרים לכם מחיי היום יום.
2. איזה תהליך חייב לקרות כדי שהחיישן יגיב לגירוי?
3. ציינו את אברי החוש המוכרים לך ולאלו גירויים מגיב כל אחד מהם.
4. באלו גירויים יכול להבחין האדם שלא באמצעות אברי חוש?
5. כיצד ניתן להבחין בין משקה ממותק בסוכר למשקה ממותק בממתיק מלאכותי?
6. האם כל האנשים מגיבים לאותם גירויים? הסתמכו על תוצאות הניסוי בתחנה מס' 1 לא כל המתוק סוכר הוא? תכננו ניסוי שיענה לשאלה זו.
7. הסבירו מדוע אתם חשים בריח חזק יותר כאשר מוגש קפה חם לעומת קפה קר.
8. העלו נקודות יתרון וחסרון לשימוש ב"אף אלקטרוני".



9. הסבירו מהו כושר הפרדה.
10. העלו נקודות יתרון וחסרון לשימוש במד-טמפרטורה לעומת חישת טמפרטורה על ידי האדם.
11. בסרטי פעולה שונים משתמש פורץ הכספות במסכת, לשם מה? מדוע אינו נעזר רק באוזנו? איזה יתרון של חיישן טכנולוגי בא כאן לידי ביטוי?
12. כתבו שמות חמישה מכשירים טכנולוגיים הקולטים גירויים מהסביבה וציינו עבור כל אחד מהם מהו הגירוי הנקלט.

א-2 חישה בצמחים וביצורים חד-תאיים (הרחבה) (עמוד 32 יחידת לימוד לתלמיד)

א- (1) חישה בצמחים (האם צמחים חשים באור, האם קיים חוש מגע בצמחים, חישת כוח הכבידה על ידי צמחים)

ב- 2 (2) חישה ביצורים חד-תאיים (תצפית בסנדליות)

ב 2 (1) חישה בצמחים

מטרת הפעילות: הכרת תהליכי חישה בצומח. הבנת עקרונות תהליך החקר.

דרך הוראה מוצעת: חקירת הניסוי המתואר בכיתה

משך הוראה מומלץ: שיעור בודד + שיעורי בית

מושגים

**חותלת:** חלק מהנבט צורתה כעלה חלול דמוי צינור. דרך החותלת יפרצו העלים הראשונים של הנבט.

**תגובה:** שינוי מצב או שמירה על מצב קיים כתוצאה מקליטת גירוי.

**מושגי חקר:** שאלת חקר המקשרת בין שני משתנים, משתנה בלתי תלוי המשפיע והמשתנה התלוי המושפע (עמוד 33 ביחידה לתלמיד).

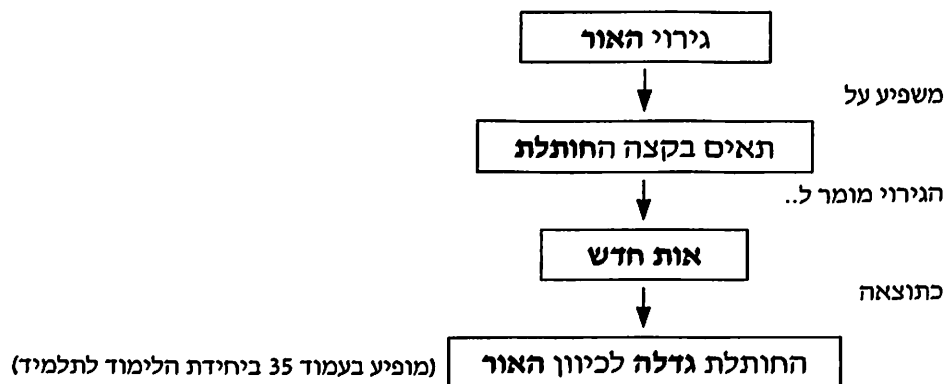
תשובות נבחרות הערות והרחבה

\* (1) מספר רעיונות אפשריים: יתכן והתגובה היא לחום ולא לאור, האם אור בכל עוצמה יגרום לאותה תופעה, האם התופעה ייחודית לדגניים.

\* מסקנה לניסוי השני שהאזור המגיב לאור נמצא בקצה החותלת העליון.

\* בתכשיר ניתן לראות שתאים הפונים לאור מתקצרים לעומת תאים שבצד השני המתארכים. כתוצאה משינויים אלו חל כיפוף החותלת לכיוון האור.

\* תהליך חישת אור בצמח לפי ניסוייו של דרווין:



פעילות מספר 2/3: מביאות דוגמאות נוספות לכך שצמחים חשים בגירויים כגירוי מגע וגירוי כוח הכובד. ניתן להרחיב ולבחון באמצעות ניסוי את תנועת השורש לכיוון המים.

א 2 (2) חישה ביצורים חד-תאיים

מטרת הפעילות: הכרת תהליכי חישה ביצור חד-תאי. הכרת יצור חד-תאי. עבודה עם מיקרוסקופ

דרך הוראה מוצעת: תצפית במעבדה

משך הוראה מומלץ: שעתיים

תשובות נבחרות הערות והרחבה

ניתן להרחיב את הנושא ולהראות שהסנדלית מקיימת את כל מאפייני החיים ולא רק תגובה לגירויים. פעילות בנושא מובאת ב"אוגדן התא" מטמו"ן הוצאת מכון ויצמן.

נקודות עיקריות שנלמדו בתת פרק א-2 (מופיעות בעמוד 40 ביחידת הלימוד לתלמיד).

## א-3 תפקיד החישה (עמוד 41 ביחידת הלימוד לתלמיד)

### מטרת הפעילות

1. הכרת חשיבות תהליכי חישה בקיום מאפייני חיים שונים.
  2. תהליך חישת גירויים חיצוניים משמש בין השאר לתקשורת בין פרטים שונים באותו מין ובין פרטים ממינים שונים.
  3. הכרת חשיבות החישה במערכת טכנולוגית.
- דרך הוראה מוצעת: אפשר כעבודת בית עליהן ידווחו התלמידים במליאה
- משך הוראה מומלץ: שיעור בודד

### תשובות נבחרות הערות והרחבה:

קטע ראשון מתאר את הקולות המגוונים שמשמיעים בעלי חיים החיים בחברה. מגוון הקולות משרת כשפה פשוטה אשר בה כל קול מייצג מידע כלשהו.

קטע שני עוסק בסימני הזהרה כגון "אני רעיל" הנקלטים על ידי חוש הראייה.

קטע שלישי דן בתקשורת בין צמח ומאביקו. גירויי ריח, מראה וטעם מושך את החרק המאביק לצמח.

קטע רביעי מתאר תהליכי חישה שונים בצופית. בקטע מוזכרים ארבעה תהליכי חישה: צבעוניות הזכר לעומת הצבע החום של הנקבה משרת בתהליכי חיזור. צוף הפרחים המושך את הצופית לצמח ומאפשר את האבקת הצמח באמצעות הצופית. קולות הזכרים המכריזים על טריטוריה. קולות הזכרים לשם הגנה כשהנקבה דוגרת.

קטע חמישי דן בקשר בין צאצאים להורים המבטיח את האכלת הצאצאים על ידי ההורים.

קטע שישי ממחיש את חשיבות החישה במערכת השקיה המבוקרת על ידי מחשב.

### הערות:

ניתן לקשר קטע זה עם לימוד נושא הרבייה. בתהליך הרבייה מתרחשים תהליכים רבים בהם משולבים תהליכי חישה הנעשים באמצעות חושים שונים ויכולת חישה שונות.

נקודות עיקריות שנלמדו בת פרק א-3 (מופיעות בעמוד 47 ביחידת הלימוד לתלמיד).

#### א-4 חיישן טכנולוגי (הרחבה) (עמוד 48 יחידת הלימוד לתלמיד).

##### מטרת הפעילות

1. לחקור ולהבין את אופן פעולת החיישן.
2. לחקור את תכונות החיישן.
3. לבנות חיישן לחץ וחיישן טמפרטורה פשוטים ולחקור אותם.

##### רקע מדעי

חיישן הוא גורם המגיב לגירוי, כגון טמפרטורה, אור, קול, לחץ או גירוי כימי. החיישן ממיר את הגירוי לאות שבעקבותיו מתרחש שינוי המועבר הלאה במערכת. החיישן יוצר אינטראקציה עם הגירוי. ביצור החי החיישן הוא תא החישה המכיל מבנים המשמשים לקליטת הגירוי כשערה או קולטן המעוגן בממברנת התא. התגובה לגירוי המגיע מהחיישן מתרחשת בדרך כלל בעקבות שילוב מידע המגיע ממספר חיישנים שונים. מורכבות מערכת החישה ביצורים חיים אינה מאפשרת חקירת חיישן בודד. מסיבה זו בחרנו בחקירת חיישן טכנולוגי פשוט המאפשרת התייחסות לקליטת גירוי בודד.

תהליך החישה מתחיל בהשפעת הגירוי על החיישן. לדוגמה, במד-טמפרטורה שינוי הטמפרטורה גורם להתפשטות או התכווצות הנוזל. אל חיישני הריח והטעם נקשרות מולקולות, חיישן אור קולט פוטון ואילו חיישן קול חש את תנודות החומר.

כתוצאה מאינטראקציה עם הגירוי חל בחיישן שינוי שהוא בדרך כלל הפיך. במד-טמפרטורה משתנה נפח הנוזל, חיישן האור משנה את מבנהו הכימי כתוצאה מאינטראקציה עם הפוטון ועוד. בחלק מהחיישנים שינוי זה מוביל להמרת הגירוי הראשון באות אחר. לדוגמה, השפעת אור יכולה להשרות שינויים ביוכימיים בצמח. חיישן אור וחיישן קול ממירים את הגירוי לאות חשמלי. חיישן אור בטלויזיה ממיר את גירוי האור לאות חשמלי.

לעיתים האות החדש מועבר לגורמים נוספים במערכת המשמשים לעיבוד ותגובה.

דרך הוראה מוצעת: בניית החיישנים (מומלץ לבחור באחד ולחקור אותו לעומק או לחלק את הכיתה כשכל קבוצה חוקרת חיישן אחר ואחר כך משווים עקרונות משותפים לשני החיישנים משר הוראה מומלץ: שעתיים במעבדה

##### מושגים

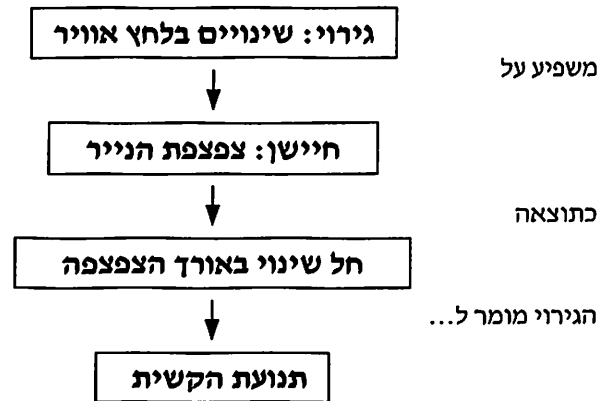
גירוי, חיישן, המרה, כושר הפרדה, סף גירוי, עוצמת גירוי (מושגים שהופיעו כבר בפעילויות הקודמות).

## פעילות מספר 1 – צפצפת יום הולדת או חיישן לחץ

דרך הוראה מוצעת: הדגמה לפני בניית חיישן הטמפרטורה

תשובות נבחרות הערות והרחבה:

\* תרשים המתאר את תהליך החישה של החיישן:



החיישן שבנינו ממיר את השינויי בלחץ האוויר החיצוני, לשינוי באורך הצפצפה. שינוי באורך הצפצפה גורם לתנועת הקשית. כלומר הגירוי במקרה זה ממומר פעמים. ניתן להתייחס רק לתגובת הצפצפה שהיא שינוי ברמת החיישן או להראות תגובה ברמה המערכת הכוללת את תנועת הקשית.

\* (2) לחיישן יש סף גירוי, כאשר שינוי בלחץ האוויר לא מספיק לגרום לשינוי באורך הצפצפה.  
\* (4) כדי להפוך את החיישן למד לחץ צריך לכייל אותו ביחס ללחץ ידוע. לדוגמה לחבר את הצפצפה למקור לחץ ידוע. ניתן להסביר זאת באמצעות צינור המכיל כוהל המשנה את נפחו כאשר שמים אותו במים בטמפרטורות שונות לעומת מד טמפרטורה מכויל המכיל כוהל.

\* (5) כיול המכשיר ניתן להעשות לדוגמה באמצעות סודה לשתייה וחומץ. מכניסים לבקבוק כמויות שונות וידועות של אבקת סודה לשתייה וחומץ ולמדוד את השוני שחל במיקום הקשית כאשר מתחת לקשית מניחים נייר מילימטרי. את אותן הכמויות ניתן לשים במערכת המחוברת למנומטר כדי למדוד את הלחץ המתפתח.

### היבט תאי

במקביל למד לחץ טכנולוגי, מובא מידע על חוש המגע בכלל וחישת לחץ בפרט ביצורים חיים. תאי חישת מגע הם תאי עצב אשר מאורגנים בשכבות עור שונות, הן כסיבי עצב חופשיים והן כמבנים המכילים תאים נוספים שאינם תאי חישה. לבעלי חיים שונים זיפי חישה הבולטים מהעור אשר נמצאים במגע עם קצות עצבים המעוגנים בעור אשר מעבירים מידע למוח (פרוט ראה עמוד 50 ביחידת הלימוד לתלמיד).

## פעילות מספר 2 - חיישן טמפרטורה

מטרת הפעילות: לבנות ולבחון חיישן טכנולוגי "מעשה בית" הרגיש לשינויי טמפרטורה ולהשוות בינו לבין חיישן דומה מסחרי.

דרך הוראה מוצעת: עבודה בקבוצות.

**הערה:** בפעילות זו יחוו התלמידים בניית חיישן טמפרטורה פשוט. במהלך העבודה רצוי לעצור ולברר את הפרטים הבאים: מדוע מפעילים את הרב מודד ללא הנר? לשער מה יקרה כאשר נקרב את הנר לחיישן: האם יש שוני בתגובה בין קרוב החיישן ללהבה באזור הכחול החם יותר (כ- 800 מעלות צלסיוס) לעומת אזורים אחרים בלהבה? בהמשך מתבקשים התלמידים לתכנן ניסויים שונים כדי לחקור את תכונות החיישן. מובאות שתי שאלות חקר אך ניתן לבקש מהתלמידים להציע הצעות נוספות. במידה וקיים חיישן טמפרטורה מסחרי ניתן לבצע השוואה בינו לבין החיישן "מעשה בית". ניתן להשתמש בדף לתיעוד ודיווח שניתן בפעילות בתחנות (עמוד 16 ביחידת הלימוד לתלמיד). משר הוראה מומלץ: שעתיים במעבדה.

מושגים:

**חיישן טמפרטורה:** רכיב המגיב לטמפרטורה וממיר אותה לגודל פיזיקלי אחר.  
**צמד חומני- חיישן טמפרטורה** הבנוי משתי מתכות שונות המגיבות באופן שונה לאותה טמפרטורה כך שנוצר מתח חשמלי.

**רב מודד ספרתי- מכשיר הקולט אות חשמלי וממיר אותו לספרות.**

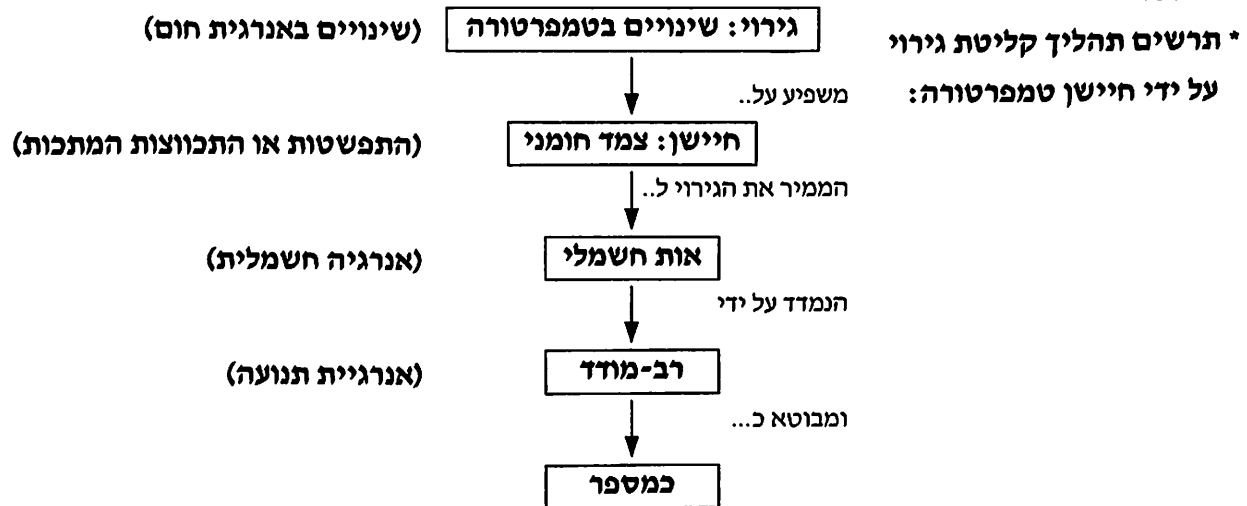
תשובות נבחרות הערות והרחבה

\* (1) הגירוי הנקלט הוא טמפרטורה.

\* (2) החיישן במערכת בנוי משני תילי מתכת המלופפים זה בזה.

\* (3) כאשר נקלט גירוי מתקבל מספר על גבי צג הרב מודד.

\* (4) מערכת החישה שבנינו אינה מספיק רגישה ויכולה להגיב רק לטמפרטורות של מאות מעלות צלסיוס.



## דוגמה אפשרית לטבלה:

תאור החיישן	מה קולט החיישן	מכשיר או מערכת בהם משולב החיישן
חיישן אור	אור אינפרה אדום שמקרין השלט	טלויזיה
חיישן אור	אור אינפרה אדום	דלת המעלית
חיישן טמפרטורה	שינויי בטמפרטורה	מקרר
חיישן עשן	עשן	גלאי עשן
חיישן קול	קולות	מכונת צעצוע

### בחינת תכונות חיישן הטמפרטורה:

מוצעות מספר מטלות חקר אותן רצוי לתת לקבוצות שונות ואחר-כך לדון במליאה תכנון הניסוי לכל שלביו יעשה על ידי התלמידים, ייבדק על ידי המורה, ואז יבוצע.

- 1: החיישן שבנינו מגיב לטמפרטורות גבוהות, כ- 800 מעלות צלסיוס.
  - 2: ככל שהחיישן רחוק ממקור הגירוי, עוצמת הגירוי קטנה וכך גם תגובת החיישן. כאשר נעביר את החיישן לאורך הלהבה כלפי מעלה מכחול לצהוב, קריאתו תשתנה.
  - 3: חיישן זה מגיב רק לשינויי טמפרטורה, אך יש חיישנים שונים המגיבים גם לאור וגם לשינויי טמפרטורה.
  - 6: חיישן מסחרי רגיש לתחומים שונים בהתאם למפרט. החיישן המסחרי המצוי במעבדה רגיש יותר ובעל תחום רחב יותר מהחיישן שבנינו.
- הערה: ניתן לבצע במסגרת פרויקט, מחקר על חיישני טמפרטורה שונים. כמו כן ניתן לבחון את השפעת סוג המתכות, עובי המתכות, האם מספר הליפופים מעיד על רגישות ו/או על דיוק החיישן.

### פעילות מספר 3: מדידת טמפרטורה באמצעות דיודה

מטרת הפעילות: לבנות חיישן טמפרטורה המסתמך על תכונותיה של דיודת סיליקון.

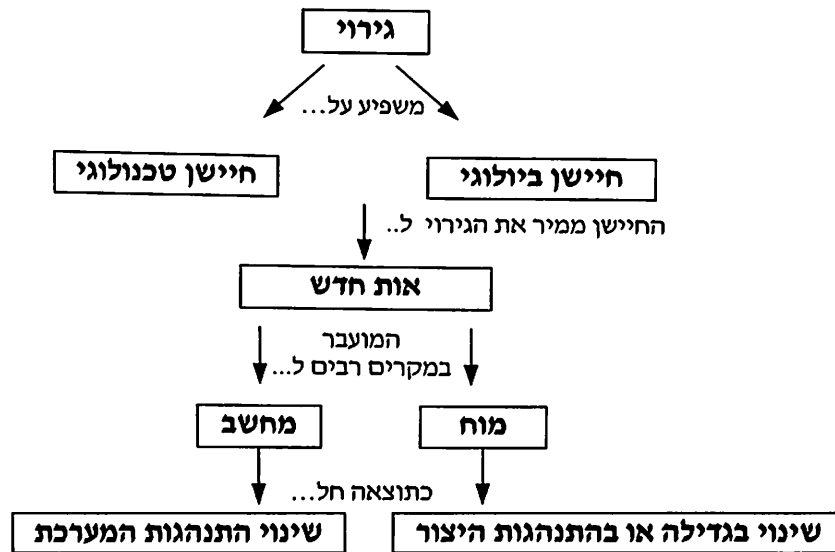
הערה: מומלץ לבצע פעילות זו רק לאחר חקירת אחד מהחיישנים הקודמים מאחר והיא פעילות מורכבת יותר. במידה והתלמידים מתקשים בתכנון החיישן ניתן לעבור ישירות להנחיות לבניית המעגל החשמלי ולהמשיך את הפעילות לפי ההנחיות שבהמשך.

נקודות עיקריות לתת פרק א-4 (מופיעות בעמוד 55 ביחידה לתלמיד).



## סיכום לפרק א

הדמיון בתהליכי החישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות מתבטא בכך שהגירוי נקלט באמצעות חיישן הממיר אותו לאות אחר אשר בדרך כלל נקלט על ידי גורם נוסף במערכת המוביל לקבלת תגובה. בחלק גדול מבעלי החיים הגירוי הנקלט על ידי החיישן, מומר לזרם חשמלי ומועבר למוח בו נעשה העיבוד וממנו מועברות ההוראות לתגובה. לדוגמה: חומר טעם נקלט בתא חישה על גבי הלשון, מומר לזרם חשמלי המועבר למוח, כתגובה לטעם אנו מחליטים אם להמשיך לאכול או להפסיק את האכילה. תהליך זה דומה במערכות טכנולוגיות, כאשר הגירוי הנקלט על ידי חיישן מומר לזרם חשמלי ומועבר למשל למחשב. באמצעות המחשב נעשה העיבוד ונקבעת תגובת המערכת. לדוגמה: מערכת השקיה אוטומטית מכילה חיישן לחות, המודד את לחות הקרקע. שינויים בלחות מומרים לזרם חשמלי המועבר לגורם בקרה ממוחשב המשווה את הנתונים עם רמות לחות שנקבעו מראש. אם נמצא שהלחות נמוכה מהרצוי, מועבר זרם חשמלי למערכת המגוף, המאפשרת הזרמת מים לשדות. תהליך החישה בצומח דומה לתהליך שהודגם בבעלי חיים ובמערכות טכנולוגיות. עם זאת, מאחר ואין לצומח מערכת עצבים, הגירוי משרה שינויים כימיים. לדוגמה: רמת האור גורמת לשינויים ברמת הורמונים צמחיים. שינויים אלו יכולים לגרום לפריחה, גדילה וכו'. את תהליך החישה בעולם החי ובמערכות טכנולוגיות ניתן לתאר בתרשים כללי:



### נושאים לדיון והרחבה:

חיישנים שונים במערכות טכנולוגיות, והשינוי שחל בחיי האדם כתוצאה מכך שיכולת החישה האנושית הורחבה באמצעות הטכנולוגיה.

# 1. נקודות עיקריות שנלמדו בפרק א: חישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות

## א-1 עקרונות מרכזיים בתהליכי חישה

כל היצורים החיים חשים בגירויים סביבתיים ובגירויים פנימיים. היצורים החיים חשים רק בחלק קטן מהגורמים המצויים בסביבה. כתגובה לחישה גירויים חל בדרך כלל בבעלי חיים שינוי בהתנהגות. במערכות טכנולוגיות שונות יש תת-מערכות המסוגלות לחוש בגירויים סביבתיים שונים. יכולת החישה בוחנת מתי מתרחש הגירוי, מהיכן הוא בא, מה סוג הגירוי ומהי מידת עוצמתו.

## א-2 חישה בצמחים וביצורים חד-תאיים (הרחבה)

חיישנים טכנולוגיים שונים מגיבים לגירויים שונים. התגובה לחישה גירויים סביבתיים בצמח היא בדרך כלל שינויים במבנה ובגדילה. יצורים חד-תאיים חשים בגירויים סביבתיים הגורמים להם בדרך כלל לשנות את התנהגותם.

## א-3 תפקיד חישה

חישה גירויים חיונית לקיום תהליכי חיים ביצורים חיים. ישנן מערכות טכנולוגיות שבהן חישה גירויים חיונית לתפקוד תקין של המערכות.

## א-4 חיישן טכנולוגי (הרחבה)

חיישן טכנולוגי מושפע מגירוי סביבתי. החיישן ממיר את הגירוי לאות חדש, בדרך כלל לאות חשמלי המועבר לרכיב במערכת שבו נעשה עיבוד והשוואה. התוצאה היא שמועבר אות לרכיב אחר המשפיע על פעילות המערכת.

## פרק ב - מאור לראייה

### א. מטרות ההוראה בתחום התוכן

1. הכרת תהליך קליטת אור על יד חיישנים טכנולוגיים, יצורים חד תאיים וצמחים.
  2. בחינת מאפייני האור מבחינה פיזיקלית.
  3. הכרת תהליך מעבר וקליטת האור בעין ובמצלמה עד ליצירת תמונה.
  4. היכרות עם מערכות ראייה שונות בעולם היצורים החיים (מערכות ראייה מפותחות פחות או יותר) בהקבלה להתפתחות המצלמה.
  5. בחינת תפקידם ודרך פעולתם של רכיבי מערכת הראייה השונים.
  6. הבנת תהליך עיבוד המידע במוח באמצעות תענועי ראייה.
  7. הכרת תהליכי משוב ובקרה במערכות הראייה.
  8. הכרת ליקויי ראייה ודרכי התמודדות ביולוגים וטכנולוגים.
- היבט מדעי** - חישת אור ברמה תאית, חוקי האופטיקה הגיאומטרית כפי שהם באים לידי ביטוי בתהליך הראייה בעין.
- היבט טכנולוגי** - מערכות ראייה שונות בעלות רכיבים דומים ושונים בהתאם לצרכים השונים.
- היבט חברתי** - אמצעים טכנולוגיים לשיפור הראייה באדם בעל ראייה לקויה ונורמאלית.

### ב. משך הוראה מומלץ: 12 שעות חובה + 12 שעות הרחבה

#### ג. מה בפרק

##### 1. לחוש את האור

ב-1 (1) חיישן טכנולוגי

ב-1 (2) חישת אור ביצורים חיים

##### 2. על האור (הרחבה)

ב-2 (1) דרכו של האור

ב-2 (2) מורכבות האור

ב-2 (3) אור עובר מתווך לתווך

### ב.3 מאור לתמונה

ב-3 (1) אור חודר לעין ולמכשירים אופטיים

ב-3 (2) מיקוד האור

ב-3 (3) קבלת הדמות

4.2 תעתועי ראייה (הרחבה)

5.2 התאמות וליקויים במערכות ראייה

### ד. רקע מדעי

**האור:** מערכת החישה החשובה ביותר לאדם היא מערכת הראייה. ביצורים חיים שונים ובמערכות טכנולוגיות, מצויות מערכות ראייה פשוטות ומורכבות. מורכבות המערכת תלויה במספר הרכיבים, הפונקציות אותן הם ממלאים והאינטראקציה בין הרכיבים השונים.

האור הוא הגירוי הפיזיקלי במערכת הראייה. מהו אור? כאשר נשאלו תלמידים בגיל חטיבת ביניים בארה"ב, מהו אור, הם התקשו לענות. רבים התייחסו בתשובותיהם למקור האור (אור מופץ מהשמש, אור מופץ מנר ועוד). ביחידה זו אנו מאפיינים את האור בעזרת מספר תכונות בהם יכולים לצפות התלמידים. מבחינה פיזיקלית מוגדר האור כחלק מהקרינה האלקטרומגנטית המאפשר, בין השאר, ראייה.

האור הלבן הוא תערובת של אור בצבעים שונים. לתופעה שהאור הלבן נפרד לצבעים שונים קוראים נפיצה (ספקטרום). האדם יכול לראות את תחום אורכי הגל (הצבעים) הבאים: אדום, כתום, צהוב, ירוק, כחול וסגול. יצורים אחרים, לדוגמה דבורים רואות צהוב, ירוק, כחול, סגול ועל סגול. מבין הצבעים הנראים על ידי עין האדם, האור האדום הוא בעל אורך גל הארוך ביותר, ואילו האור הסגול הוא בעל אורך גל הקצר ביותר. קרינה בתחום האינפרא אדום ( $\text{infra} = \text{אינפרה} = \text{מתחת}$ ) התגלתה בשנת 1800 על ידי חוקר אנגלי ו' הרשל אשר בדק באמצעות מד-טמפרטורה רגיש אזורים שונים בספקטרום. הרשל ידע שכל צבע מצבעי האור הלבן מאופיין על ידי אורך גל מסוים. מסיבה זו הניח הרשל שאם יניח מד-טמפרטורה רגיש באזורים שונים בספקטרום הוא יקבל קריאה שונה. התחום הנראה לאדם הוא בין האדום לסגול, מסיבה זו לא הניחו שקיים אור מעבר לצבעים אלו ולכן הניחו שלא תתקבל קריאה משמעותית על ידי מד-הטמפרטורה. עם זאת, הרשל מצא עליה בטמפרטורה באזור שאינו נראה לאדם, מתחת לאדום. תוצאה זו הובילה לגילוי הקרינה האינפרה-אדומה. כל גוף חם מקרין קרינה תת-אדומה. קרינה זו אינה נראית על ידי עין האדם אך נראית על ידי בעלי חיים מסוימים כמו למשל צפע הגומה הירוק שהוזכר בפרק א'. האדם חש בקרינה זו באמצעות חיישני טמפרטורה הפזורים בתאים בעור. כאשר נעביר יד מעל מקור חום נוכל לחוש בשינויים בטמפרטורה הנגרמים כתוצאה מקרינה אינפרה-אדומה. לקרינה אינפרה-אדומה שימוש טכנולוגי רב. בשלטים שונים כגון שלט טלוויזיה, במערכת "עין אלקטרונית" המבקרת פתיחת וסגירת דלתות בחנויות, במערכות אזעקה ועוד.

**הערה:** הלייזר הם גלי אור זהים באורכם ומקבילים בהתקדמותם כך ששיא הגלים מופיע תמיד יחד. קרן לייזר מאופיינת כאלומה דקה המתפשטת בקירוב רב בכיוון אחד בלבד. באלומה זו מרוכזת אנרגיה רבה המאפשרת לכוון את אלומת הלייזר בדיוקנות רבה.

**מערכות ראייה:** מערכות ראייה בעולם החי ובמערכות טכנולוגיות קולטות אור המופץ או המוחזר מגופים ומאפשרות יצירת תמונה. שלב קדום למערכת הראייה קיים ביצורים חד-תאיים, ובצמחים בהם ישנה קליטת אור ותגובה ואין יצירת תמונה. העיץ הירוק (יצור חד-תאי) קולט אור באמצעות חיישן אור וכתגובה העיץ נע לכיוון מקום זה. איבר ראייה המכיל רכיבים נוספים מלבד תאי חישה לאור, התפתח ברכיכה קדומה, הנאוטילוס. בעין של רכיכה זו קיימים שני רכיבים עיקריים: אישון ורשתית. תפקיד האישון לווסת את כמות האור הנופלת על רשתית העין. תפקיד הרשתית לקלוט את גירוי האור ולהמיר אותו לאות חשמלי המועבר במערכת העצבים. בבעלי חיים מפותחים מועבר האות העצבי לעיבוד במוח. בעין פשוטה זו מתקבלת תמונה ברורה רק כאשר האישון פתוח לכדי נקב צר ואילו כאשר האישון פתוח לרווחה התמונה המתקבלת היא מטושטשת. עין משוכללת יותר היא עין המכילה בנוסף לאישון ורשתית גם עדשה דו קמורה. תפקיד העדשה למקד את אלומות האור החודרות דרך האישון. בנוכחות העדשה, גם כשהאישון פתוח לרווחה מתקבלת תמונה ברורה. באדם וביצורים יבשתיים נוספים, מיקוד האור בעין נעשה ברכיבים שונים מלבד העדשה וניתן לתאר את המיקוד בשלושה שלבים. שלב א' האור ממוקד על ידי הקרנית, שלב ב' מיקוד האור נעשה על ידי עדשה מרכזת, שלב ג' האור ממוקד באמצעות נוזל העין. בבעלי חיים שונים קיימת התאמת מערכת הראייה לצרכים ייחודיים. הקורמורן, עוף הניזון מדייג דגים, בעל עדשה מיוחדת היכולה לשנות את קמירותה במידה רבה. עדשה זו מאפשרת לקורמורן לראות ברור את הדג השוחה במים בהיותו יושב על ענף מחוץ למים, ואחר כך לראות בברור את אותו הדג כאשר הוא צולל לטרפו. לעופות רבים יכולת לשנות את קמירות העדשה, את מיקומה ואת צורת גלגל העין. שינויים אלו מאפשרים יכולת מיקוד טובה ביותר.

מבין בעלי החיים הרואים תמונה, יש בעלי חיים הרואים רק בשחור לבן לדוגמא: כלב. בעלי חיים אחרים והאדם יכולים בתאורה מספיקה להבחין בצבעים. ראיית צבע טובה במיוחד קיימת בציפורי שיר המסוגלות לקבל תמונה בעלת גווני צבע רבים, אודות למערכת מסנני צבע נוספת המצויה בעיניהן. ציפורי השיר החיות בעיקר ביערות יכולות להבדיל במגוון רב של גווני הצבע הירוק.

מערכת ראייה טכנולוגית ראשונית היא הקמרה אובסקורה (לשכה אפלה). הלשכה האפלה כללה קופסה אטומה לאור ובה נקב צר מאוד (בלתי משתנה) בצד אחד ובצד השני מבפנים מסך. במצלמה זו ניתן היה לצלם רק בתאורה רבה. בהמשך נוספה למצלמה עדשה מרכזת (דו-קמורה), צמצם בעל פתח משתנה ומערכת המבקרת את זמן פתיחת הצמצם. תוספת זו אפשרה קבלת תמונה חדה גם בתנאי תאורה דלה (כאשר הצמצם פתוח לרווחה לזמן ממושך). עדשת המצלמה קשיחה ונעה קדימה ואחורה בדומה לעדשה המצויה בעין הדגים. בטכנולוגיה התפתחו מערכות צילום שונות לצרכים שונים. צילום בחשכה באמצעות קליטת קרינה אינפרא-אדומה, עדשות טלסקופ המאפשרות צילום עצמים רחוקים, עדשות שונות המאפשרות צילום עצמים קרובים מאוד ו/או עצמים קטנים מאוד ועוד.

במקביל לרשתית בעלת תאים רגישים לאור, התפתח בטכנולוגיה סרט צילום. בהתחלה היה רק סרט שאפשר קבלת תמונה בשחור לבן. בהמשך פותח סרט צילום המאפשר קבלת תמונה צבעונית. היום קיימים סרטים שונים, סרטים רגישים המתאימים לצילום בתנאי תאורה דלה, סרטי צילום הרגישים לאורכי גל שונים כאולטרה-סגול, אינפרה-אדום קרינת רנטגן ועוד.

## ה. פעילויות נבחרות

### ב- 1 לחוש את ה....

12 (1) חיישן טכנולוגי

פעילות החיישן המסתורי (עמוד 59)

מטרת הפעילות

1. הכרת תהליך חישת אור באמצעות חיישן אור טכנולוגי (דיודה פולטת אור).
2. הכרת תכונות חיישן האור והגורמים המשפיעים על תהליך החישה באמצעות חיישן זה.

דרך עבודה מומלצת: עבודה בקבוצות

משך הוראה מומלץ: שעתיים במעבדה

מושגים

"LED" = Light Emitting Diode - סוג של דיודה הקולטת אור וממירה אותו למתח חשמלי או פולטת אור כשזרם חשמלי זורם בה.

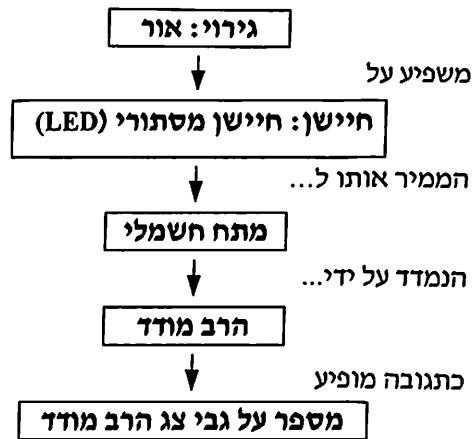
עינן ירוק - (Euglena) - יצור חד-תאי החי במקווי מים ומסוגל לבצע תהליכי פוטוסינתזה.

עין אלקטרונית - מערכת טכנולוגית המבקרת פעילות גופים שונים, לדוגמה: דלתות חנויות.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* (1) התלמידים מקבלים הנחיות להקמת המערכת אך מתבקשים לתכנן ניסוי ולבצע ניסוי שיענה על השאלה במה חש החיישן.

לדוגמה: ניתן לחשוף את החיישן לגירויים שונים (ריח, חום, חומרי טעם). לעיתים תלמידים נוטים לבדוק את חישת החיישן, ללחץ, על ידי כך שהם לוחצים אותו באצבעותיהם. מדוגמה זו ניתן להסביר לתלמידים שבניסוי שביצעו לא בודדו משתנים. כאשר לוחצים את החיישן משנים בין השאר את הטמפרטורה, הלחות וכמות האור לה נחשף החיישן. כדי שניתן יהיה להפיק מסקנות מהניסוי צריך לתכנן ניסוי בקרה. לדוגמה, לבדוק השפעת האור על החיישן על ידי כיסוי החיישן בנייר אלומיניום אטום לאור.



\* (2) תרשים המתאר תהליך קליטת אור

**הסבר לתופעה:** החיישן הוא סוג של דיודה הקולטת אור וממירה אותו למתח חשמלי. המתח החשמלי נמדד על ידי הרב מודד ומוצג כמספר על גבי הצג. שים לב! מאחר ולדיודה כיסוי מפלסטיק צבעוני מעבר האור בדיודה בעלת כיסוי בצבעים שונים, שונה. רצוי לתת לתלמידים מספר דיודות בעלות כיסוי בצבעים שונים, להפנות את תשומת ליבם לשוני ולערוך דיון לסיבות לשוני בתחומי התגובה של הדיודות השונות.

\* (4) ברשתית העין מצויים תאים הרגישים לאור, תאים אלו משמשים כחיישני אור.

\* (5) את תפקיד הרב מודד באדם מבצע המוח. המוח קולט את המידע העצבי וממיר אותו למידע ויזואלי (תמונה).

- (6) דוגמאות לניסוי: א. את עוצמת הגירוי ניתן לבדוק באמצעות חיבור נורה לבית סוללות בכל פעם ניתן לחבר מספר סוללות שונה. ב. את השפעת המרחק ניתן לבחון על ידי כך שמרחיקים את החיישן ממקור האור. ג. את משך הגירוי ניתן לבחון על ידי חשיפה למקור אור בזמנים שונים. ד. חשיפת החיישן לגירויים שונים.

פעילות הרחבה העין האלקטרונית (עמוד 60)

המערכת מורכבת ממקור אור אינפרה אדום בצד אחד וחיישן לאור אינפרה אדום בצד השני. חסימת מעבר האור גורם לסגירת מעגל חשמלי. סגירת המעגל מפעילה מנגנון פתיחת דלת. הרחבה ראה מידע ביחידה לתלמיד עמוד 61.

ב – 1 (2) חישת אור ביצורים חיים

פעילות מספר 1 (עמוד 61)

מטרת הפעילות: לבחון האם צמחים חשים באור

דרך עבודה מומלצת: תכנון בכיתה ביצוע כעבודת בית

משך הוראה מומלץ: שעה דיון בתוצאות

**הערה:** בכיתות יסוד התנסו חלק מהתלמידים בהשפעת האור על הנבט, אנו מציעים לאמץ את הניסוי ולפתח באמצעותו מיומנויות חקר. את הניסוי רצוי לתת כמיני פרויקט הביתה או להעמיד את הניסוי בכיתה ולעקוב אחר הצמיחה לאורך זמן. מומלץ להקפיד שהתלמידים ישאלו שאלת חקר מתאימה המראה קשר בין שני משתנים (משתנה בלתי תלוי יהיה תנאי ההארה שאנו נותנים לצמח ומשתנה תלוי, אורך מפרקי הגבעולים וכו') , לאחר קביעת השאלה יעלו התלמידים השערה. בתכנון הניסוי כדאי לקבוע מהי הביקורת ומה הניסוי וכמה חזרות צריך לבצע. איסוף התוצאות יעשה בטבלה. ניתן לעבד את התוצאות כגרף המבטא את שינוי אורך מפרקי הצמחים כתלות בזמן. ניתן להיעזר בתוכנת עיבוד תוצאות כ-Excel.

**הסבר לתופעה:** בעלי חיים מגיבים לגירויי הסביבה הנקלטים על ידי החושים באמצעות מערכת העצבים והמוח. גם צמחים קולטים גירויים מהסביבה כגון: אור, טמפרטורה, כוח כבידה וגורמים נוספים המשפיעים על גידולו והתפתחותו של הצמח. מאחר ולצמח אין מערכת עצבים, מערכת עיבוד המידע והתגובה שונה מזו שבבעלי חיים. חלק מגירויי הסביבה הנקלטים על ידי הצמח מומרים לשינויים הורמונליים. שינויים אלו מפעילים תהליכים ביוכימיים ופיזיולוגיים. לדוגמה: הפיטוכרום, הוא מערכת פיגמנטים בצמח המשמשת לחישה אור. כתגובה לחישה אור יתפתח צמח בעל מפרקים קצרים. בתנאי חשכה יצמחו ויתארכו מפרקי הגבעולים של הנבטים מהר, ואילו התפתחות העלים תעוכב (התפתחות הצמח ללא פוטוסינתזה אפשרית מאחר ובשלב זה התפתחות הצמח מתבצעת על חשבון מאגרי המזון המצויים בזרע). מאחר ולשם ביצוע פוטוסינתזה הצמח צריך לקלוט אור, בתנאי חשכה הצמח גדל ומתארך לכיוון האור. רק לאחר שיגיע הצמח לאור ויתחיל לבצע פוטוסינתזה, יתפתחו העלים.

תלות הצמחים באור אינה מסתכמת רק בפוטוסינתזה. לתופעות המקשרות בין האור ומבנה הצמח קוראים פוטומוורפוגנזה. שפירושו פוטו = אור מורפוגנזה = התהוות צורה. כלומר שינוי צורה הנגרם על ידי האור. מספיקה כמות אור קטנה בעוצמה חלשה לזמן קצר כדי להפעיל מערכת מורכבת המשפיעה על צורת הצמח.

נביטת זרעים: נמצא שאחוז נביטת זרעי אורן נמוך מאוד בתנאי חושך (תנאי לחות וטמפרטורה אופטימליים לנביטה). לעומת אחוז נביטה באותם תנאים באור רצוף. הארה באור אדום הראתה תוצאות דומות להארה באור לבן. הארה באדום רחוק ובאור ירוק לא אפשרה נביטה והתוצאות היו זהות לאלו שנצפו בתנאי חושך. כמו כן נמצא שאין צורך באור רצוף כדי לגרום לנביטה רבה יותר. תגובת הנביטה תלויה בפיגמנט צמחי (פיטוכרום) המגיב לחלק האדום באור הנראה. כתוצאה מתשיפה לאור אדום מופעלות בצמח האורן מערכות מורכבות. תופעה נוספת המושפעת באמצעות הפיטוכרום היא תופעת החיזורון (גבעול ארוך ולבן חסר כלורופיל).



פריחה היא תופעה נוספת התלויה באור. מועד הפריחה צריך להיות מדויק ולכן נקבע לפי אורך היום שאינו משתנה משנה לשנה. דיוק מועד הפריחה בצמחים מסוימים, חשוב כדאי לאפשר תאום מקסימלי עם מחזורי החיים של חרקים המשמשים כמאביקים של צמחים אלו. מערכת החישה לאור רגישה מאוד, ומופעלת גם בתנאי תאורה שאינם מאפשרים פוטוסינתזה. מלבד השפעה על נביטה, ישור גבעול הנבט בחושך שהן תגובות איטיות, ידועות גם מערכות בצמחים המגיבות לאור תוך דקות. כאשר נעביר צמח מימוזה ביישנית מתנאי תאורה לחושך מוחלט נסגרים עליו תוך כמחצית השעה והצמח כולו מוטה כלפי מטה. ניתן לבצע ניסוי בו יחשפו צמחי המימוזה להארה, חושך וצבעי אור שונים (באמצעות ניירות צלופן בצבעים שונים ניתן לבקר את צבע האור שיגיע לצמח). תופעה נוספת התלויה באור הינה פוטוטרופיזם (תנועה לכיוון האור). נמצא שחותלות נוטות כלפי האור באמצעות צמיחה מוגברת בצד המוצל של החותלת.

### פעילות מס' 1- תגובת העינן הירוק לאור (עמוד 62)

מטרת הפעילות: לבחון האם יצור חד תאי כמו עינן ירוק מסוגל לחוש באור

דרך הוראה מומלצת: הדגמה בכיתה

**הערה:** העינן הירוק מבצע פוטוסינתזה ולכן עליו לחיות במקום מואר. חישת אור על ידי חיישן אור המצוי בקרבת השוטון מאפשרת לעינן לנוע לכיוון האור.

נקודות עיקריות שנלמדו בסעיף ג- 2 מופיעות בעמוד 63 ביחידת הלימוד לתלמיד

## ב- 2 על האור (הרחבה)

מטרת הפעילויות: אפיון האור באמצעות הכרת תופעות שונות

דרך הוראה מומלצת: את רוב הפעילויות מומלץ להכין כתחנות בהן עובדים התלמידים בקבוצות בשיטת הג'יסקו. לאחר ביצוע הפעילויות ידווחו התלמידים בקבוצות החדשות על פעילויותיהם השונות ויקבעו יחדיו מאפיינים לאור.

הערה: עבודה בחלק זה היא עריכת תצפיות המאפשרות לתלמיד להכיר את הגירוי לראייה, האור. ברוב התצפיות מוכתבים: המטרה, ציוד וחומרים ומהלך העבודה. בקשו מהתלמידים לשער מה יקרה לפני ביצוע הפעילות ולהסיק מסקנות לאחר הביצוע.

משך הוראה מומלץ: ארבע שעות מעבדה

### מושגים

מקור אור - גוף הפולט אור באופן עצמאי כגון: שמש, נורת פלואורסנט, גחליליות.

החזר אור - אור הפוגע בגוף ומוחזר ממנו.

גוף אטום לאור - גוף שאינו מאפשר מעבר אור הפוגע בו.

גוף שקוף - גוף המאפשר מעבר כל האור הפוגע בו.

גוף אטום/שקוף חלקית - גוף המאפשר מעבר של חלק מהאור הפוגע בו.

נפיצות האור - הפרדת האור הלבן לצבעים השונים המרכיבים אותו.

ספקטרוסקופ - מכשיר המאפשר הפרדת אור לבן לצבעיו השונים.

סריג עקיפה - אמצעי אופטי המפריד את האור הלבן לצבעיו.

מסנן צבע (פילטר = מסנן) - מסנן צבעוני הוא גוף שקוף צבעוני המאפשר מעבר אור בצבע מסוים בעוד שאר הצבעים נבלעים בו.

אור נבלע - אור הפוגע בגוף אינו עובר דרכו ואינו מוחזר ממנו.

שבירת אור- כאשר אור עובר מתווך לתווך משתנה זווית התקדמות האור. מידת השבירה תלויה בסוג של שני התווכים.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

## ב- 2 (1) דרכו של האור

ניסוי מס' 1 - אור חוזר מגופים (עמוד 64)

הערה: פעילות זו חשובה להבנת תהליך הראייה. תהליך הראייה מבוסס על כך שאור חוזר מגופים חודר דרך האישון או הצמצם לעין ולמכשיר האופטי. נקודה זו אינה ברורה לתלמידים ויש להדגיש אותה. כמו כן הם מודעים להחזר אור על ידי מראה אך לא להחזר אור מתפצלים אחרים.

\* כאשר אור פוגע במראה שטוחה וחלקה בזווית מסוימת, הוא מוחזר באותה זווית. שהגיעה למראה. כאשר אור פוגע בגוף מתוספס אלומות האור החוזר מתפזרות לכיוונים שונים.

\* אור מוחזר גם ממשטח שאינו מראה. ממשטח צבעוני החזר האור יהיה כתם צבעוני על המסך אור אינו מוחזר כלל מגוף שחור אמיתי (גוף כזה אינו בנמצא על פני כדור הארץ).

**ציון דרך!**

בפעילות שבצענו הודגמה תופעת האור המוחזר מעצמים שונים

פעילות מס' 2 – דרכו של האור (עמוד 65)

**ציון דרך!**

בפעילות זו נמצא שהאור נע בקווים ישרים

פעילות מס' 3 – מעבר אור דרך גופים (עמוד 66)

תיאור הכתם				פריט
שחור	אפור	בהיר	בהיר מאוד	
V				קרטון עבה
	V			נייר עבה
		V		נייר פרגמנט
			V	שקף

**ציון דרך!**

קיימים גופים דרכם אין מעבר אור כלל (גופים אטומים) וקיימים גופים אחרים דרכם האור עובר באופן חלקי.

הערה: שקף אינו גוף שקוף במאה אחוז. ניתן לבחון זאת כאשר שמים מספר שקפים זה על גבי זה.

ב- 2 (2) מורכבות האור (עמוד 67)

פעילות מס' 1 – הפרדת האור הלבן לצבעים שונים.

\* (6) ניתן להעביר דרך המנסרה אור באורך גל אחד (צבע בודד) על ידי כך שמעבירים אור לבן דרך מסנן או על ידי כך שמשתמשים במקור הפולט אור חד-צבע, כגון לייזר. בדרך זו נוכל לראות שהאור אינו מתפצל לצבעיו מאחר והוא אינו תערובת של צבעים כמו האור הלבן, כן משתנה זווית האור היוצא מהמנסרה, בהתאם לצבע האור.

## ציון דרך!

אור לבן הוא תערובת של צבעים שונים

**הסבר לתופעה:** כאשר אור לבן עובר דרך מנסרה כל צבע (המאופיין באורך גל מסוים) נשבר בזווית שונה ובמהירות שונה. כתוצאה מהפרדה זו ניתן לראות בנפרד את הצבעים המרכיבים את האור הלבן.

### פעילות מס' 2 -שילוב אור בצבעים שונים (עמוד 68)

מטרת הפעילות: יצירת אור לבן ממרכיביו הצבעוניים

תשובות נבחרות, הערות והרחבה:

כאשר אלומת אור כחול ואלומת אור ירוק **מתמזגות** על גבי קיר לבן מתקבל כתם תכלת. כאשר אלומת אור כחול ואלומת אור אדום **מתמזגות** על גבי קיר לבן מתקבל כתם סגול וורדרד. כאשר אלומת אור אדום ואלומת אור ירוק **מתמזגות** על גבי קיר לבן מתקבל כתם צהוב. כאשר שלושת האלומות **מתמזגות** נוצר כתם אור לבן.

**הסבר לתופעה:** לקבלת אור בצבע מסוים משתמשים במסנני צבע שונים. כל מסנן בולע חלק מצבעי האור הלבן ומעביר את הנותרים. את תחום הצבעים העוברים ניתן לתאר בעקומה דמוית קשת (ראה איור). שיא הקשת מאפיין אורך גל מסוים. הקשת כולה מאפיינת את המסנן אשר מעביר בעיקר אורך גל מסוים אך גם מעט מאורכי גל קרובים. כאשר לוקחים שלושה מסננים האחד מעביר בעיקר אור בצבע כחול המופיע בקצה אחד של הספקטרום הנראה השני מעביר בעיקר אור אדום המופיע בקצה השני של ספקטרום האור הנראה, והשלישי מעביר בעיקר אור ירוק המופיע במרכז הספקטרום. שלושת המסננים מעבירים ביחד את כל אורכי הגל של הספקטרום הנראה, ולכן **מיזוגם** יוצר את האור הלבן. תהליך זה הוא תהליך הפוך לתהליך ההפרדה שהתרחש באמצעות המנסרה.

**הערה למורה:** אם נציב שתי מנסרות בזוויות מסוימות אחת תגרום לנפיצות האור והשניה תאחד מחדש את הצבעים לאור לבן. הצבת המנסרות באופן הרצוי קשה מאוד ולכן לא המלצנו על ניסוי זה בכיתה אך ניתן לתת זאת כשאלת מחשבה לתלמידים מתקדמים.

תלמידים נוטים לערב ניסוי זה של מיזוג אורות עם תופעת הפחתת אורות באמצעות מסננים עליה נדבר בהמשך. מסיבה זו רצוי להדגיש שמוקרן יחדיו אור אדום, ירוק וכחול וכתוצאה מתקבל אור לבן ולא להזכיר את המסננים. ההסבר שהובא בקטע זה מיועד אך ורק למורה.

פעילות מס' 3 – מסנן צבעוני (עמוד 69)

דוגמה לתוצאות אפשריות.

צבע המסנן			
מסנן ראשון	מסנן שני	מסנן שלישי	הצבע הנצפה דרך המסננים
אדום			אדום
אדום	כחול		סגול כהה
ירוק	אדום		חום
ירוק	כחול		כחול כהה
אדום	כחול	ירוק	שחור

**ציון דרך!**  
כאשר אור לבן עובר דרך שקף צבעוני עובר אור בצבע המסנן ושאר האור נבלע

**הסבר לתופעה:** הניסוי שערכנו מקביל למעבר חול דרך שלוש מסננות בעלות חורים בגדלים שונים. בכל פעם נופלים גרגירים בגודל אחר עד שלא נשאר חול. כך גם סינון הצבעים דרך המסננים. בשלב הראשון מוקרן אור לבן המכיל את כל הצבעים אור זה עובר דרך מסנן אדום. דרך מסנן זה עובר אור אדום ומעט צבעים אחרים השאר נבלעים. האור שעבר במסנן האדום עובר הלאה דרך מסנן כחול, עכשיו יעבור רק אור בצבעים המצויים בין תחום האדום לכחול, ועוברים דרך שני המסננים גם יחד. אם נניח עכשיו מסנן ירוק על גבי שני המסננים הקודמים נקבל כתם כהה שהוא למעשה אפס אור. הסיבה שהאור שעבר דרך שני המסננים יבלע כולו במסנן הירוק.

ב- 2 (3) אור עובר מתווך לתווך (עמוד 70)

**הסבר לתופעה:** אור "נשבר" כשהוא עובר מתווך אחד לתווך אחר. מידת השבירה תלויה בתווכים. הדגמה עם האמבט והלייזר ניתן להראות יפה כיצד משתנה הזווית כאשר היא עוברת מתווך אחד לתווך אחר. במקרה זה מתווך של אוויר לתווך מים.

**ציון דרך!**  
אור "נשבר" בעוברו מתווך אחד לתווך שני.

## פעילות סיכום

### קיבוץ ציוני הדרך:

1. אור חוזר מגופים מוארים שונים. ממראה חוזר כל האור הפוגע ומחפץ צבעוני חוזר אור בצבע החפץ בלבד.
2. אור נע בקווים ישרים.
3. כמות האור העוברת דרך גופים שונים שונה. גוף המעביר את כל האור נקרא גוף שקוף וגוף המונע מעבר אור נקרא גוף אטום.
4. אור לבן הוא תערובת צבעים שונים.
5. כאשר אור לבן עובר דרך מסנן צבעוני עובר אור בצבע המסנן ושאר האור נבלע.
6. אור "נשבר" בעוברו מתווך אחד לתווך שני.

נקודות עיקריות שנלמדו בתת פרק ב - 2 (מופיעות בעמוד 71 ביחידת הלימוד לתלמיד).

## ב-3 מאור לתמונה

מטרת הפעילויות: הכרת מערכות ראייה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות. כדי לאפשר את הבנת מרכיבי מערכות ראייה שונות, מומלץ שהתלמידים יבצעו את רצף הפעילויות כסדרן. בפעילויות משולבים קטעי קריאה המאפשרים לימוד מקביל של מערכות ראייה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות. בשלבים שונים של העבודה שובץ "ציון דרך", שמטרתו לאפשר בנייה בשלבים של מערכות הראייה, תוך דגש על הקבלה בין יצורים חיים ומערכות טכנולוגיות דרך התפתחות המערכת בשתי מערכות אלו.

משך הוראה מומלץ: חמש שעות לימוד נושאי בסיס ושלוש שעות הרחבה.

מושגים:

- לשכה אפלה** - קופסה בעלת נקב צר המאפשר חדירת אור ונפילתו על גבי מסך.
- מצלמת נקב הסיכה** = Camera Obscura = (חדר = camera = אפל = obscura) - שם המצלמה הראשונה בעלת נקב צר מאוד ומסך בו פוגע האור.
- נאוטילוס** - צידפה השייכת למערכת הרכיכות, למחלקת הדיונונים. רכיכה זו הופיעה כבר לפני כ- 4000 מיליון שנה. היום חיים מינים מעטים בלבד באוקיינוסים ההודי והשקט.
- אישון** - נקב ברקמה שרירית (קשתית) של העין.
- קשתית** - רקמה שרירית המצויה בעין ומווסתת את כמות האור הנכנסת לעין.
- צמצם** - פתח המצוי במצלמה ומווסת את כמות האור החודרת למצלמה.
- עדשה מרכזת** - עצם מחומר שקוף בעל שני צדדים קמורים המאפשר ריכוז קרני אור. הנקודה בה מתרכזות הקרניים נקראת מוקד העדשה (כאשר הקרניים הפוגעות בעדשה הן מקבילות). לכל עדשה אורך מוקד קבוע.
- קרנית** - אזור שקוף המצוי בחלקה הקדמי של שכבת לובן העין.
- רשתית** - שכבה המצויה בחלק האחורי של העין ורגישה לאור.
- מדוכים** - תאים רגישים לאור מצויים ברשתית העין. באדם קיימים שלושה סוגי תאי מדוכים הרגישים לצבע כחול, ירוק ואדום.
- קנים** - תאים רגישים לאור המצויים ברשתית העין ורגישים לתנאי תאורה חלשה. מאפשרים קבלת תמונה שחור/לבן.
- תאי חישה** - תאים המגיבים לגירוי וממירים אותו לאות אחר.
- קיקלופ** - דמות מיתולוגית בעלת עין אחת בלבד במרכז המצח.
- שדה ראייה** - השטח אותו "רואה" היצור ללא הזזת ראשו.
- עין מורכבת** - עין המורכבת מיחידות רבות הנקראות עיניות. עין זו אופיינית לחרקים.

ב- 3 (1) אור חודר לעין ולמכשירים אופטיים

פעילות מס' 1 – בניית לשכה אפלה (עמוד 72)

מטרת הפעילות: בנייה וחקירת לשכה אפלה כדגם להבנת מבנה עין פשוטה (המכילה אישון ורשתית בלבד).

דרך הוראה מוצעת: עבודה בקבוצות ודיון במליאה עריכת השוואה בין הלשכה האפלה לעין הנאוטילוס.

משך הוראה מומלץ: שעתיים מעבדה

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

**הערה:** הלשכה האפלה מכילה נקב צר ומסך. הלשכה דומה במבנה שלה למבנה העין הפשוטה של הנאוטילוס שהיא בעלת אישון ורשתית. בניגוד ללשכה האפלה האישון בעין הנאוטילוס יכול לשנות את קוטרו. כדי שהלשכה האפלה תהווה דגם מקביל לעין הנאוטילוס הפעילות שיבצעו התלמידים מתחילה בנקב צר מאוד, אחר כך חוקרים התלמידים מספר נקבים צפופים ואז מאחדים התלמידים את הנקבים לנקב אחד גדול.

כאשר ללשכה האפלה נקב צר מאוד על גבי המסך מתקבלת תמונה חדה והפוכה. כאשר מוסיפים נקבים צרים הקרובים זה לזה, מתקבלות על גבי המסך, מספר תמונות. התמונות המתקבלות מבעד לנקבים רחוקים זה מזה חדות וברורות, ואילו התמונות המתקבלות מבעד לנקבים קרובים מאוד זה לזה, מטושטשות. כאשר הנקב הוא רחב מתקבל כתם אור שהוא תמונה אחת מטושטשת.

**הסיבה לתופעה:** כאשר הנקבים רחוקים זה מזה, אלומות האור עוברות דרך הנקבים בנפרד ויוצרות כל אחת תמונה נפרדת. כאשר הנקבים קרובים מאוד זה לזה האלומות עוברות דרך הנקבים ונופלות זו על גבי זו על המסך אך לא באופן חופף. התמונה המתקבלת היא למעשה תוצאה של שתי תמונות החופפות בחלקן. נקב אחד רחב דומה בעצם למספר אין סופי של נקבים צפופים וקרובים זה לזה. מבעד לנקב רחב מתקבלות תמונות רבות לא חופפות וצמודות. לכן התוצאה המתקבלת היא תמונה אחת מטושטשת. דוגמה למילוי טבלת התוצאות כאשר מתבוננים בנר דולק באמצעות לשכות אפלות שונות.

הדמות הנוצרת			סוג הלשכה האפלה	
חדות התמונה	מספר הדמויות	הדמות הנצפית	גודל הנקב	מספר נקבים
חדה	אחת	להבה הפוכה	צר	אחד
חדות	שתיים	להבות הפוכות	צר	שניים מופרדים
חלק חדות חלק מטושטשות	תלוי במספר וקרבת הנקבים	להבות הפוכות	צר	מספר נקבים קרובים
מטושטשת	לא ניתן להבחין בדמויות	כתם אור	רחב	נקב אחד



\* כאשר קיים נקב בודד הדמות המתקבלת היא רק מאזור מואר היטב כמו למשל, הלהבה. אין אפשרות לראות בדרך זו את אזור השעווה של הנר. הדמות המתקבלת היא הפוכה וחדה. כאשר מספר הנקבים רב והמרחק ביניהם קטן מאוד מתקבלות דמויות רבות שרובן מטושטשות. נקב רחב הוא אוסף של מספר רב של נקבים שאין ביניהם רווח. מנקב גדול מתקבל כתם אור שהוא אוסף של דמויות מטושטשות.

## פעילות מס' 2 – האישון (הרחבה) (עמוד 75)

מטרת הפעילות: לבחון את הקשר בין עוצמת האור לגודל האישון

דרך הוראה מומלצת: שעורי בית

תשובות נבחרות, הערות והרחבה:

\* לאחר שהייה בתנאי אור מועט האישונים מתרחבים. כאשר מאירים לכיוון העין האישון מצטמצם במהירות. גודל האישון תלוי לכן בכמות האור. באור רב האישון קטן ובאור מועט האישון גדל.

**הסבר לתופעה:** במערכת הראייה, כמו במערכות רבות אחרות, קיימים מנגנוני משוב. כאשר העין נחשפת לאור רב, קיים סיכון שתאי הרשתית יפגעו לכן קטן האישון וכמות האור שנופלת על הרשתית אינה מהווה סכנה לתאי הרשתית.

גם במערכת הטכנולוגית וגם במערכת ביצורים חיים, קיים תהליך משוב המווסת את כמות האור החודר למערכת. כאשר עוצמת האור קטנה נידרש פתח רחב כדי לאפשר קבלת דמות, כאשר עוצמת האור רבה נדרש פתח צר כדי למנוע פגיעה בעין. באותו אופן במערכת הטכנולוגית, יכול ל"השרף" סרט הצילום כתוצאה מחשיפה לעוצמת אור רבה. לשתי המערכות מטרה אחת דומה ושתייהן מתאימות את אופן פעולתן בהתאם לתנאי הסביבה. רצוי להזכיר שגם בעין וגם במצלמה, בנוסף לגודל הנקב גם זמן חשיפה יכול להשתנות.

המדרג (עמוד 76): מטרת המדרג להצביע על כך שלא רק הרשתית בנויה מתאים. בעין יש רקמות

נוספות כגון הקשתית המורכבת מתאי שריר המאפשרים את השוני בגודל האישון.

\* בעל חיים לילי יכול להגדיל מאוד את האישון כדי לקלוט את מעט האור הקיים בשעות הערב והחושך בהן הוא פעיל. אישון גדול יגרום לפגיעה בתאי הרשתית ביום ולכן אישון חיות ליליות ביום הוא כסדק צר אורכי או רוחבי.

### ציון דרך!

א. תהליך הראייה בעין:

1. אור מוקרן ממקור אור או מוחזר מגוף.
2. אור חודר דרך האישון.
3. אור מגיע לאזור אחורי של העין לרשתית.
4. נוצרת דמות (תמונה) של הגוף.

ב. תהליך הראייה במצלמה:

- א. אור מוקרן ממקור אור או מוחזר מגוף.
- ב. אור חודר דרך העדשה, דרך הצמצם.
- ג. אור מגיע לסרט הצילום.
- ד. נוצרת דמות (תמונה) של גוף.

איור העין: איור המצלמה:

1. רשתית
  2. אישון
  3. קשתית
- א. צמצם
- ב. סרט צילום

\* רכיבים בעלי תפקיד דומה נכתבו בגופן זהה.

### ב- 3 (2) מיקוד האור

מטרת הפעילות: הכרת תפקיד העדשה במערכת הראייה  
דרך הוראה מומלצת: עבודה בקבוצות של כחמישה תלמידים.  
משך הוראה מומלץ: שעתיים במעבדה

פעילות מס' 1 – בניית עדשות מים ושמן (עמוד 77)

פעילות הרחבה- זכוכית מגדלת מעשה בית

מטרת הפעילות: לבחון את תלות ההגדלה בקמירות הטיפה הנוצרת.

תשובות נבחרות הערות והרחבה

\* כאשר מוסיפים לתוך הטבעת עוד ועוד טיפות מים, ככל שעולה קמירות הטיפה עולה ההגדלה.  
כאשר מוסיפים טיפות שמן תינוקות האות אינה נראית מוגדלת מאחר והטיפה משתטחת.

**הערה:** מתח הפנים של המים מאפשר יצירת טיפה קמורה לאורך זמן. בזמן זה ניתן לראות מבעד לטיפה את האותיות מוגדלות מאחר והטיפה יוצרת עדשה קמורה. לעומת המים, השמן אינו שומר על קמירות לאורך זמן. מסיבה זו, כאשר מתבוננים מבעד לטיפת השמן האותיות אינן נראות מוגדלות (קמירות טיפות השמן לאורך זמן קטנה).

### פעילות מס' 3 – שכלול הלשכה האפלה (עמוד 79)

מטרת הפעילות: לבחון את תפקיד העדשה המרכזת במערכת הראייה באמצעות דגם.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* שילוב עדשה מרכזת לפני או אחרי הנקב הרחב בלשכה האפלה תאפשר קבלת תמונה חדה וברורה גם כאשר הנקב רחב ביותר.

**הערה:** אורך מוקד העדשה צריך להיות מותאם לאורך הלשכה האפלה, לכן כדאי לאפשר לתלמידים לנסות עדשות בעלות אורכי מוקד שונים. כמו כן ניתן לקחת זכוכית מגדלת ולשים אותה לפני נקב הלשכה כך שניתן להרחיק ולקרב אותה עד שתקבל תמונה חדה.

**הסבר לתופעה:** לשכה אפלה בעלת נקב רחב מאפשרת כניסת אור רב ללשכה ומתאימה לתנאי תאורה דלה. בתנאים אלו התמונה המתקבלת מטושטשת מאחר ומתקבלות תמונות רבות לא חופפות. כדי שכל האלומות תהיינה חופפות, צריך להשתמש בעדשה מרכזת.

\* (ד) כדי להפוך לשכה אפלה למצלמה נדרשים השינויים הבאים: 1. כיסוי הנקב כך שיתאפשר לחשוף את סרט הצילום לפרקי זמן שונים. 2. כיסוי נוסף המאפשר לשנות את גודל הנקב (בהתאם לכמות האור נדרש נקב צר או רחב יותר, שילוב בין גודל הנקב וזמן החשיפה הוא הקובע את כמות האור שתגיע לסרט הצילום ובכך קובע אם תתקבל תמונה כהה, בהירה או שהסרט "יישרף"). 3. נייר צילום (על גבי נייר הצילום תתקבל תמונת נגטיב של החפץ אותו אנו מצלמים). 4. עדשה (כאשר הנקב צר וכמות האור רבה אין צורך בעדשה, אך כשכמות האור מעטה והנקב רחב נדרשת עדשה כדי למקד את אלומות האור ולקבל תמונה חדה).

פעילות הרחבה – האקווריום כמודל להבנת תפקיד העדשה ואופן פעולתה: בעין האדם, בעין הדג ובמצלמה.

**הסבר התופעה:** כאשר מכניסים בקבוק מלא במים לאקווריום, האור העובר דרכו נשבר כמו בעדשה מרכזת ולכן מתקבלת אלומה צרה וברורה על גבי המסך. בעזרת שימוש בבקבוקים בעלי קוטר שונה ניתן לשנות את נקודת מיקוד האלומות ולכן משתנה מיקום הבקבוק. בעין האדם כאשר משתנה מרחק החפץ מהעין, משתנה עקמומיות העדשה וזאת כדי שהתמונה של עצם שעליו מסתכלים תתקבל על הרשתית. לדג עדשה כדורית ונוקשה אשר אינה יכולה לשנות את עקמומיותה. במקום לשנות את

העקמומיות, העדשה בעין הדג יכולה לנוע קדימה ואחורה. שינוי המרחק מאפשר מיקוד האלומות על גבי הרשתית עבור מרחקים שונים של הגוף שעליו הדג מסתכל.  
 \* מאחר וקוטר הבקבוקים שונה, תכונותיהם כעדשה שונות ודורשות מיקום אחר במערכת.

מודל עין	עין האדם
רוחב החריץ המאפשר כניסת אור קבוע.	רוחב אישון משתנה.
מרחק הפנס מהחריץ קבוע.	מרחק החפץ הנצפה מהאישון משתנה.
לקבלת אלומת אור ברורה יש להזיז את הבקבוק.	לקבלת תמונה ברורה משתנה עקמומיות העדשה בהתאם למרחק החפץ מהעין.
על המסך מתקבלת אלומת אור.	על הרשתית מתקבלת תמונת העצם.
הבקבוק בעל מבנה דו-קמור חלקי.	העדשה בעין היא דו-קמורה.
האקווריום בעל מבנה מלבני.	גלגל עין הוא אליפסי.
החומרים מהם בנוי הדגם: זכוכית, פלסטיק, נייר.	העין בנויה מתאים וחללים מלאים נוזל.

### ציון דרך!

#### תהליך ראייה בעין

- א. אור מוקרן ממקור אור או מוחזר מגוף.
- ב. האור חודר לעין דרך האישון.
- ג. אלומות האור ממוקדות בעזרת העדשה.
- ד. אלומות האור שעברו בעדשה מגיעות לאזור האחורי של העין, לרשתית.
- ה. על גבי הרשתית נוצרת דמותו של גוף.

#### תהליך צילום

- א. אור מוקרן ממקור אור או מוחזר מגוף.
- ב. האור חודר למצלמה דרך העדשה.
- ג. אלומות האור הממוקדות בעזרת העדשה עוברות דרך הצמצם.
- ד. אלומות האור שעברו בצמצם מגיעות לסרט הצילום.
- ה. על גבי הסרט נוצרת דמותו של הגוף.

איור העין: איור המצלמה:

- |                |              |
|----------------|--------------|
| 1. רשתית       | א. צמצם      |
| 2. אישון       | ב. סרט צילום |
| 3. קשתית       | ג. עדשה      |
| 4. עדשה        |              |
| 5. שרירי העדשה |              |

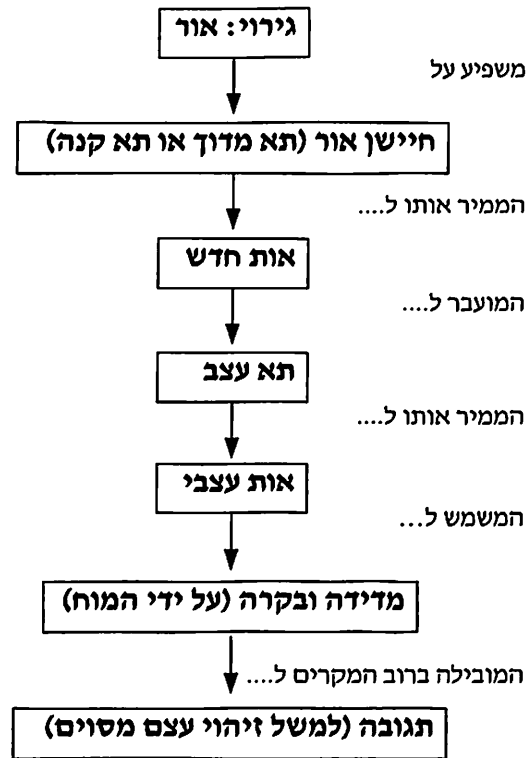
\*\* רכיבים בעלי תפקידים דומים בעין ובמצלמה, נכתבו בגופן זהה.

## ב- 3 (3) קבלת הדמות

### א. רשתית

**הערה:** בעמודים 83-86 ביחידת הלימוד לתלמיד מובא מידע על הרשתית ותאי חישה לאור המצויים ברשתית. רצוי להקדיש להיבט התאי שעת הוראה בכיתה. יש לשים דגש על תהליך קליטת הגירוי ברמת התא ועל המדרג המתחיל ביצור כולו ומגיע עד לחלבון הבונה את הקולטן לאור. יש לשים לב שקליטת הגירוי נעשית על ידי תאי הקנים והמדוכים ומועברת למוח באמצעות תאי עצב. המרת הגירוי נעשית פעמיים. אור מומר לאות חדש המועבר לתא העצב הממיר אותו לאות עצבי המועבר למוח באמצעות עצב הראייה.

\* בניית מדרג (עמוד 84): גוף האדם, מערכת הראייה, עין, עדשה, תאי העדשה השקופים המאפשרים מעבר אור.....  
 \* מטלה (עמוד 86):



**הערה:** בתהליך הראייה ישנן שתי המרות מאחר והתאים הרגישים לאור אינם תאי עצב.

פעילות מספר 1 -ראיית צבעים בבעלי חיים (הרחבה) (עמוד 87 ביחידת הלימוד לתלמיד) מטרת הפעילות: לבחון את תחום ראיית הצבע של בעלי החיים השונים.

דרך הוראה מומלצת: שיעורי בית ודיון בכיתה

**מיומנות:** בפעילות זו מוגש המידע במעין גרף שאותו חוקרים התלמידים. ניתן לבקש מהתלמידים להעביר את המידע לטבלה ואחר כך לצייר את המידע כגרף עמודות. ציר ה-X יהיה שמות בעלי החיים וציר ה-Y יהיה צבעי האור בסדר הופעתם מאולטרה סגול ועד אינפרה אדום.

**נקודות לדיון:** מטרת הדיון להגדיר ראייה טובה כפונקציה של צורכי הקיום של היצור. תלמידים נוטים להניח שמי שרואה דברים שאנו לא רואים הוא בעל ראייה טובה משלנו. לדוגמה: ילדים חושבים שהפרפר הרואה גם בתחום האולטרה-סגול רואה טוב מהאדם. אומנם הפרפר, רואה בתחום האולטרה-סגול, אך הוא אינו רואה בתחום האדום וחלק מהכתום הנראה לאדם. אז מי מהשניים רואה טוב יותר? מה זה טוב ולפי מה הוא נקבע?

## ב. סרט צילום

סרט הצילום שחור-לבן נמכר בצורות שונות. הסרט השכיח מגולגל, אך קיימות צורות נוספות כמו נייר צילום ולוח צילום. סרט הצילום מורכב ממספר שכבות: א. שכבה דקה של צלולוז אצטט, ניטרוצלולוז, או מתכת. ב. על שכבה א, מצויה שכבת ביניים כהה ג. שכבת תרחיף דקה המרוחה על שכבת הביניים. שכבת התרחיף מורכבת מתערובת של 40% גבישי כסף ברומיד 50% גלסין ו 10% מים. גודל גבישי כסף הברומיד בתרחיף קובעים את רגישות הסרט לאור וכן את כושר ההפרדה שלו. כאשר הגבישים גדולים, רגישותם לאור עולה אך כושר ההפרדה קטן. סרט כזה לא כדאי להגדיל בפיתוח, מאחר והעצמים המוגדלים מתקבלים באופן מטושטש. כדי להעלות את רגישות הסרט נהגו במשך כמאה שנים, להגדיל את כמות הכסף בתחליב. כך אומנם ניתן לצלם בעוצמת אור קטנה יותר, אך כאמור במצב זה יש עליה בגרעיניות והפחתה בחדות. במקום גבישים קוביים או אוקטהדריים, פותחו גבישים דקים ומאורכים בעלי שטח פנים רב יותר. גבישים אלו קולטים את האור ביעילות רבה יותר המאפשרת הפחתת כמות הכסף. כך מתקבלת עליה ברגישות ללא ירידה בחדות ועליה בגרעיניות.

תרחיף כסף ברומיד אינו רגיש באופן אחיד לכל הצבעים. צהוב-ירוק, צהוב, כתום ואדום אינם ניתנים לצילום בסרט זה. לשם כך מוסיפים כמות קטנה של זהב, כספית, ויונים מתכתיים אחרים. כמו כן מוסיפים צבענים. בדרך זו עולה רגישות הסרט לצבעים שונים. סרט אורטוכרומטי רגיש לכחול-ירוק-צהוב, אורטופאנכרומטי רגיש לצבעים אלו ולכתום. ואילו פאנכרומטי רגיש לכל צבעי האור הנראה כולל אדום. כמו כן קיימים סרטי צילום בעלי רגישויות שונות, לדוגמה סרט הרגיש לאור אולטרה-סגול. התמונה הנוצרת על גבי הסרט, נוצרת על ידי אור המוחזר מהעצם ומתמקד באמצעות העדשה על שכבת התרחיף הרגישה לאור. כאשר אלומת האור פוגעת בגבישי כסף ברומיד הם מאוקטבים. הסרט שנחשף לאור מוכנס לתהליך פיתוח בו הוא נטבל בתמיסה המכילה חומר העוצר את פעילות הכסף ברומיד. כך מתקבלים חלקיקי כסף מתכתי שחורים. כסף ברומיד שלא נחשף לאור מורחק מהתרחיף כאשר הסרט מוטבל בחומר המכיל חומר מקבע המכיל סודיום היפוסולפיט הממס גבישים שלא נחשפו לאור. כאשר תמיסת הפיתוח והקיבוע נשטפות מהסרט באמצעות מים הסרט היבש הוא התשליל (הנגטיב). התשליל (הסרט המפותח) מוקרן על גבי נייר צילום. האזור הכהה בתשליל מתקבל בהיר על גבי נייר הצילום והאזור הבהיר בתשליל מתקבל כהה על גבי נייר הצילום. כך מתקבל ההדפס מהתשליל.

השוואה בין סרט צילום ורשתית העין:

רשתית	סרט צילום
על אותה רשתית, נופלות כל פעם תמונות שונות.	לאחר שקטע סרט נחשף צריך להחליפו כדי שהתמונה החדשה לא תיווצר על התמונה הקודמת.
ברשתית קיימים שני סוגי תאים הרגישים לאור (קנים ומדוכים).	סרט צילום, מכוסה בחומר כימי המשחיר באור.
באמצעות תאי המדוכים מתקבלת תמונה צבעונית. באמצעות תאי הקנים מתקבלת תמונה שחור/לבן	קיימים סרטים בעלי רגישות שונה לאור. חלקם מאפשרים קבלת תמונה שחור/לבן ויש סרטים המאפשרים קבלת תמונה צבעונית.
התמונה הנוצרת בעין מועברת לעיבוד במוח	התמונה היא צרוף מקטעים מושחרים על ידי האור שנוצרו ישירות על סרט הצילום

**ציון דרך (עמוד 89)**  
 אור מוקרן ממקור אור עצמאי או מוחזר מגוף, אור "נשבר" בקרנית, חודר דרך האישון, האור עובר דרך עדשה ממקדת, האור מגיע לרשתית, נוצרת דמות של הגוף (תמונה).  
 חלקי העין: 1. רשתית, 2. אישון, 3. קשתית, 4. עדשה, 5. שרירי העדשה, 6. קרנית, 7. לובן העין.

ג. התאמה לראייה ולצילום בתנאי תאורה חלשה (הרחבה) (עמוד 90)

שימו דגש על כך שסרט רגיש מגיב גם לתאורה חלשה אך בתמורה התמונה פחות ברורה, בסרט רגיש מספר הגרגירים קטן יותר והם גדולים יותר. גם בעין המידע מתאי הקנים הרגישים לתאורה חלשה מועט ביחס לזה המתקבל על ידי תאי מדוכים מאחר וכמה תאי קנים מעבירים מידע לתא עצב אחד (מקביל לגרגירים הגדולים של סרט הצילום הרגיש).

ד. שדות ראייה (הרחבה) (עמוד 91)

מרבית היצורים בעלי שתי עיניים. עם זאת, לזבובים לדוגמה שתי עיניים מורכבות ובנוסף עיניים פשוטות. יצורים אחרים כגון סרטנים מסוימים הם בעלי עין אחת. שתי עיניים משרתות שתי מטרות: א. הרחבת שדה ראייה (בברווז לדוגמה שדה הראייה של שתי העיניים של כ- 360 מעלות). ב. יצירת



שדה ראייה חופף של שתי העיניים המאפשר ראייה תלת ממדית כתוצאה מכך שכל עין מעבירה מידע מעט שונה של אותו עצם.

**הסבר לתופעה:** כאשר שתי העיניים בקדמת הפנים מתקבל מידע מעט שונה מכל עין. השוני בין המידע המתקבל מאפשר לקבוע את מרחק העצם הנצפה מהצופה. מידע זה מאפשר למשל: השחלת חוט לקוף מחט או קרוב שני עפרונות מחודדים זה לזה. יכולת זו נפגעת כאשר הראייה נעשית באמצעות עין אחת בלבד.

## פעילות מס' 2 – שדה ראייה של בעלי חיים שונים והאדם (92)

מטרת הפעילות: לבחון מיקום שתי העיניים בבעלי חיים שונים והקשר לדרך חייהם.

לבעלי חיים שונים שתי עיניים הממוקמות באזורים שונים בראש. כך לדוגמה עיני הקוף מצויות בקדמת הראש ואילו עיני הברווז מצויות בצדי ראשו. כאשר העיניים מרוחקות זו מזו שדה הראייה של כל עין שונה. שדה הראייה החופף בין שתי העיניים משתנה כפונקציה של המרחק בין העיניים. **מיומנות-** העברת מידע הנתון באיור למידע המאורגן בטבלה היעזרו במדידה במד זווית.

שם בעל החיים	מיקום העיניים בראשו	גודל שדה הראייה בשתי העיניים (גודל הזווית)	גודל שדה הראייה החופף לשתי העיניים (גודל הזווית)
ברווז	בצידי הראש.	360°	50°
סנאי	בצידי הראש קרובות מאלו של הברווז.	270°	90°
נמר	במרכז הפנים מרוחקות זו מזו.	200°	110°
קוף	במרכז הפנים קרובות זו לזו.	220°	130°
אדם	במרכז הפנים קרובות זו לזו.	208°	160°

\* הטורף הוא הנמר, הנטרפים הם הסנאי והברווז. קופים יכולים להיות צמחוניים או אוכלי כל.  
\* הברווז בעל שדה ראייה רחב מאוד המאפשר לו להבחין בטורפים. לנמר, לעומתו, חפיפה גדולה בשדה הראייה של שתי העיניים. תכונה זו (ראייה תלת-ממד) מאפשרת לנמר דיוק בקביעת מיקום הטרף. הקוף המטפס על עצים, צריך ראייה תלת-ממד כדי לדייק במעבר מענף לענף. הסנאי בעל שדה ראייה רחב יכול להבחין טוב יותר בטורפים.

**הערה:** ניתן לצפות, בסרט Super Senses בהפקת ה BBC, בפרק העוסק בראייה ביצורים חיים. הקטע הפותח את הפרק מתאר את מיקום העיניים וגודל שדות ראייה של בעלי חיים שונים. בין השאר מובא

בקטע תיאור של עוף היכול לקרב את עיניו או להרחיקן זו מזו. כאשר העיניים קרובות הראייה היא תלת-ממד המאפשרת דיוק בקביעת המרחק מהטרף, כאשר העיניים מרוחקות זו מזו שדה הראייה גדול מאוד ומאפשר איתור טורפים.

היתרון הביולוגי בכך שעניו של בעל חיים טורף ממוקמות בקדמת פניו היא בכך שהוא יכול לקבוע במדויק את מיקום הטרף. עיני הנטרף המצויות בצדי ראשו מקנות לו שדה ראייה נרחב המאפשר סריקת שטח גדול בזמנית, ובכך להבחין בטורפים.

#### ה. עין מורכבת בחרקים (הרחבה) (94)

עיני החרק המורכבות תופסות את מרבית ראשו (כ- 75%). כל עינית מורכבת מקרנית, גוף זגוגי, מקלון ראייה, תאי רשתית (תאים קולטי אור), תאי פיגמנט. בעין האדם ובעינית החרק תהליך מעבר האור דומה: אור עובר דרך הקרנית לעדשה או לגוף הזגוגי ומשם מגיע לתאים קולטי אור. להרחבה קרא את קטע המידע בעמוד 95 יחידת הלימוד לתלמיד.

**נקודות לדיון:** ניתן לערוך הקבלה בין עין החרק והלשכה האפלה: כאשר הנקבים בלשכה רחוקים זה מזה מתקבלות תמונות בודדות ברורות, כפי שמתקבל בעין החרק ביום, כאשר העיניות מופרדות על ידי תאי הפיגמנט. כאשר הנקבים קרובים מאוד התמונה המתקבלת בלשכה האפלה מטושטשת, כך התמונה המתקבלת בלילה בעין החרק. מאחר ובלילה אין הפרדה של פיגמנט בין העיניות.

נקודות עיקריות שנלמדו בתת פרק ב- 3 (עמוד 93 ביחידת הלימוד לתלמיד)

ב. 4 תעתועי ראייה (הרחבה) – האם העין "רואה" מה שאנו רואים?

מטרת הפעילויות: חקירת דרך עיבוד המידע הויזואלי על ידי המוח באמצעות תעתועי ראייה

דרך הוראה מוצעת: עבודה קבוצתית בתחנות + דיון מסכם

משך הוראה מומלץ: שלוש שעות

מושגים

זאטרופ- מכשיר שקדם לראינוע ומאפשר ליצור אשליית תנועה.

ראינוע- הומצא לראשונה בצרפת בשנת 1885 על ידי לואי פרינס.

פעילות מס' 1 – התמונה המתקבלת כאשר כל עין "רואה" עצם אחר (עמוד 97)

מטרת הפעילות: לבחון כיצד מעבד המוח שני מקורות מידע ויזואליים שונים (כל עין רואה דבר אחר)

תשובות נבחרות, הערות והרחבה:

\* התלמידים משערים בדרך כלל השערות שונות, אך מעטים, אם בכלל, מודעים לכך שתעתוע ראייה נובע מעיבוד המידע על ידי המוח, לכן חשוב להדגיש שכל עין רואה דבר אחר, והתמונה המתקבלת כאשר שתי העיניים מסתכלות שונה משתי התמונות הבודדות.

#### ציון דרך!

בעת שעצמת בכל פעם עין אחת, ראית בכל אחת מעיניך הפקוחות תמונה אחרת. כששתי עיניך היו פקוחות ראית תמונה בלתי מציאותית (חור בכף ידך). תמונה זו נוצרה מאיחוד שתי תמונות שונות על ידי המוח. המוח הוא האיבר אליו מגיע המידע שנקלט ברשתיות. במרכז הראייה שבמוח מתרחש תהליך עיבוד המידע ותרגומו לתמונה. תהליך העיבוד מורכב והתמונה המתקבלת בסופו של תהליך יכולה להיות שונה מזו שהתקבלה על רשתיות העיניים.

פעילות מס' 2: תעתועי צורה (עמוד 98)

מטרת הפעילות: לבחון כיצד מעבד המוח נקודות לצורות

תשובות נבחרות, הערות והרחבה:

\* התלמידים בדרך כלל מציינים שהם רואים ריבוע, משולש, ריבוע ועיגול.

\* על הנייר מצוירות נקודות בצבע שחור.

הערה: הצורות שאנו "רואים" אינן קיימות במציאות.

### ציון דרך!

בפעילות זו ראינו את אחד המאפיינים של עיבוד התמונה במוח. המוח משלים פרטים חסרים עד קבלת אשליה של צורה מוכרת (כגון: משולש באיור ב', עיגול באיור ד', וריבוע באיורים א' וג'). המוח משלים פרטים חסרים בהתאם לצורות מוכרות.

### פעילות מס' 3: תעתועי עומק (עמוד 98)

מטרת הפעילות: לבחון כיצד ניתן לעבד מידע כך שתקבל אשליית נפח

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

- \* רוב התלמידים מציינים שבתמונה מצוייר קיר/חומה המקיפה חצר.
- \* על הנייר מצוירות צורות גיאומטריות וקווים בזוויות שונות בצבעים שונים. זוויות הקווים והצבע מאפשר אשליית עומק.

### פעילות מס' 4: ראייה תלת ממדית (עמוד 99)

מטרת הפעילות: לבחון כיצד מידע מעט שונה מכל עין גורם לאשליית תמונה תלת ממדית.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

**הסבר לתופעה:** כאשר שתי העיניים מצויות בקדמת הראש, כל עין רואה את העולם מזווית שונה במקצת. כך מתקבלת על הרשתית הימנית דמות שונה במעט מזו המתקבלת על הרשתית השמאלית. המוח יכול לקבל מידע על הבדלים אלו ולעבד אותם לתמונה תלת ממדי.

### ציון דרך!

בפעילות זו ראינו מאפיין נוסף של עיבוד התמונה במוח. כאשר קווים מצוירים בזוויות שונות ואו כאשר בכל עין נצפתה תמונה מעט שונה. המוח תירגם את התמונה הדו ממדית-השטוחה לתמונה תלת ממדי-תמונת עומק.

### פעילות מס' 5: תעתועי גודל (עמוד 100)

מטרת הפעילות: לבחון האם קביעת גודל היא אובייקטיבית או תלויה בגורמים נוספים

**הערה:** בכל אחד מהאיורים נוצרת אשליה של גודל. שלושת הילדים מצוירים בפרספקטיבה, אנו מצפים שהילד הרחוק יראה קטן יותר מהקרוב, מאחר ושלושתם באותו הגודל הילד הרחוק נראה גדול יותר. עיקרון זה מצוי ביצירות אומנות רבות בהן האומן יצר פרספקטיבה של עומק. שני העפרונות תחומים

בין שני קווים אלכסוניים. העיפרון הראשון קרוב לקווים, העיפרון השני מרוחק מהקווים וכתוצאה מכך נוצרת אשליה שהעיפרון הראשון גדול יותר. הפה של הצפרדע תחום בקווים הפונים פנימה או החוצה. כתוצאה מכך, נוצרת אשליה שרוחב הפה אינו זהה בשתי הצפרדעים.

#### ציון דרך!

בפעילות זו ראינו מאפיין נוסף של עיבוד תמונה במוח. גודל הגופים נקבע ביחס לפריטים נוספים בתמונה ו/או בסביבה.

פעילות מס' 6: אשליית תנועה בניית זאוטרופ (עמוד 101)

מטרת הפעילות: לבחון כיצד נוצרת אשליית תנועה.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* כאשר מסובבים את הזאוטרופ התמונות נראות כרצף של תנועה ולא כתמונות בודדות.

#### ציון דרך!

במכשיר וידאו ניתן להקרין 25 תמונות בשנייה. האדם אינו מזהה את התמונות הבודדות, אלא מבחין בתנועה. הסיבה לכך היא יכולתו של האדם להבחין ב- 14 תמונות בשנייה בלבד. כאשר התמונות השונות הינן חלק מתהליך, כגון: שלבים בהרמת היד, מתקבלת מרצף התמונות הנייחות אשליה של תנועה. בהשוואה לאדם, הזבוב מסוגל לראות כ- 300 תמונות בשנייה. סרט קולנוע (בו מוקרנות התמונות בקצב של 24 תמונות בשנייה) יראה לאדם כתנועה, ולזבוב כאוסף של תמונות נייחות. תופעה זו מסייעת לזבוב לתפוס את טרפו ולהתחמק מטורפים.

הערה: ניתן לצפות בקטע המתאר מה רואה הזבוב מתוך הסרט Super Sense בהפקת ה-B.B.C. בו מומחש ההבדל בין קצב ראיית הזבוב לעומת האדם.

פעילות מס' 7: תעתועי צבעים (גלגל הצבעים של ניוטון) (עמוד 102)

מטרת הפעילות: לבחון כיצד עיבוד המידע במוח יוצר אשליית צבע.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* כאשר הגלגל מסתובב לאט ניתן להבחין בצבעים השונים. כאשר מהירות הגלגל עולה נראים צבעים שונים הנעים במהירות גבוהה מאוד. הגברת המהירות גורמת ל"היעלמות" הצבעים הבודדים ו"הופעת" צבע לבן.

**ציון דרך!**

צבע לבן הוא תערובת של כמה צבעים. כאשר הגלגל מסתובב מהר, מגיע המידע הויזואלי לעין במרווחי זמן קצרים מאוד. כל שלושת סוגי תאי המדוכים מגיבים בו זמנית. המוח המקבל מידע משלושת קבוצות התאים יחדיו מפרש אותו כצבע לבן.

פעילות הרחבה-לבבות צבעוניים (עמוד 103)

מטרת הפעילות: א. לבחון האם המידע הויזואלי נשמר גם לאחר שהמקור הורחק. ב. לבחון אשליית צבע נוספת הנגרמת על ידי חשיפה ממושכת של אחד המדוכים.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* כאשר מתמקדים זמן רב על לב או על צורה מוגדרת אחרת שצבעה אדום, ומעבירים את המבט לדף לבן נוצרת אשליה של דמות לב כחול. ההפך יתקבל אם נתבונן על לב או צורה מוגדרת אחרת שצבעה כחול.

**ציון דרך!**

א. כאשר מתבוננים זמן ממושך בעצם, נשאר רישומו זמן מה לאחר שהמבט הוסט ממנו. כך ניתן לראות את העצם במקום בו הוא כלל לא נמצא. ב. התבוננות ממושכת על צבע מסוים גורמת ל"עייפות" של תאי המדוכים הקולטים צבע זה. כתוצאה מכך לא מועבר מידע נוסף למוח על צבע זה והתמונה תתקבל בצבע המשלים (לדוגמא: כחול-אדום).

1. נקודות עיקריות שנלמדו בתת פרק ב- 4 (בעמוד 104 ביחידת הלימוד לתלמיד).

## ב-5 התאמות וליקויים במערכות הראייה

מטרת הפעילויות: 1. אפיון מערכת הראייה כמערכת בעלת רכיבים שונים בעלי תפקידים שונים הפועלים להשגת מטרה מסוימת. 2. הכרת תהליכי משוב ובקרה המאפשרים פעילות תקינה של המערכת. 3. בחינת התאמת מערכת הראייה לתנאים שונים. 4. הכרות עם ליקויים במערכת הראייה. דרך הוראה מוזמלצת: מומלץ לתת כשיעורי בית וכמטלת הערכה במקום מבחן ושיעורי מליאה.

משך הוראה מוזמלץ: ארבע שעות

### מושגים

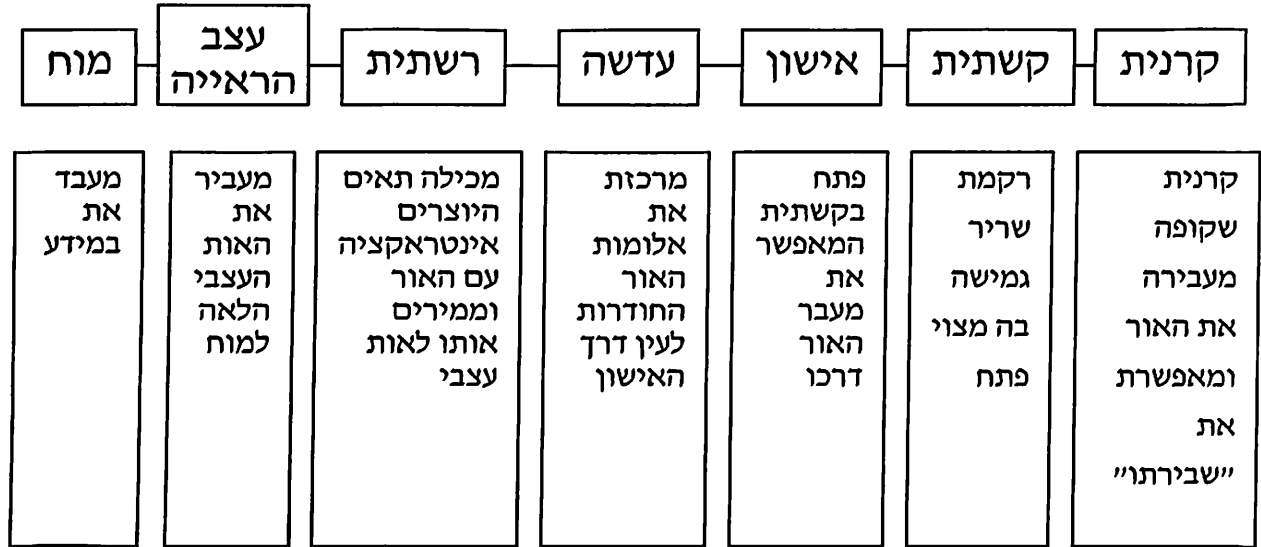
**מערכת** - אוסף רכיבים הממלאים יחד תפקיד אחד או יותר. הרכיבים השונים במערכת משפיעים זה על זה ומושפעים זה מזה. לכל רכיב מבנה ותפקוד ייחודי לו.

**מערכת משוב** - תהליך שבו חלק מהתוצר נותן מידע על טיבו או על כמותו, ועל ידי כך מאפשר למערכת לקיים בקרה עצמית ולווסת את עצמה. משוב חיובי מגדיל את התוצר ואילו משוב שלילי מחזיר את התוצר לרמתו הבסיסית באמצעות הגברה או הקטנה.

### תשובות נבחרות, הערות והרחבה

#### \* הרחבה:

**משוב** הוא סוג של אינטראקציה בין הרכיבים השונים במערכת. ברוב המערכות מטרת המשוב לאפשר קבלת פלט רצוי. לדוגמה: כאשר התאורה חזקה, נכנס אור רב לעין. התמונה המתקבלת בתנאים אלו, מטושטשת עד כדי כתם אור בלבד. כדאי למנוע תופעה זו, בתנאי תאורה חזקה, מתכווץ האישון. התכווצות האישון מאפשרת וויסות כמות האור הנכנסת לעין ומאפשרת קבלת תמונה ברורה. במצב של תאורה חלשה, לדוגמה כניסה לחדר חשוך, האישון מתרחב. התרחבות האישון מאפשרת חדירת כמות אור המספיקה לקבלת תמונה ברורה. במערכת זו קיים קלט שהוא האור החיצוני. הפלט במערכת הוא עוצמת האור הנופלת על הרשתית. כאשר הפלט גבוה, האישון יקטן, כאשר הפלט נמוך האישון יתרחב. שינוי גודל האישון מאפשר שמירה על גודל פלט רצוי המאפשר קבלת תמונה ברורה. במערכות טכנולוגיות קיים תהליך משוב דומה, לדוגמה, מצלמה אוטומטית. במצלמה אוטומטית רמת התאורה תקבע את גודל הצמצם וזמן פתיחתו. באור רב, זמן הפתיחה קצר ופתח הצמצם קטן. באור מועט, זמן הפתיחה ממושך ומפתח הצמצם רחב. באופן זה כמות האור המגיעה לסרט הצילום, נשמרת קבועה.



**רכיבים :** (גירוי אור)-קרנית-אישון-עדשה-רשתית-עצב הראייה-מוח  
**תפקיד :** (העברת מידע חיצוני)-בקרת כניסת הגירוי-מיקוד האור-יצירת אינטראקציה עם הגירוי-המרה לאות עצבי-עיבוד המידע ותגובה

#### מצלמה

**רכיבים :** (אור)- עדשה-צמצם- סרט צילום  
**תפקיד :** (מידע חיצוני)-בקרת כניסת הגירוי- מיקוד האור-יצירת אינטראקציה עם הגירוי

#### פעילות מספר 1 - מערכות ראייה - העין והמצלמה (עמוד 105)

\* בעין כמו במצלמה ישנם מספר רכיבים : רכיב המאפשר חדירת אור למערכת באופן מבוקר ( האישון והצמצם), רכיבים הממקדים את האור (קרנית, עדשה), רכיב המושפע מהאור (תאי חישה לאור, סרט צילום).

#### פעילות מספר 2 - משוב ובקרה במערכות חישה (עמוד 106)

\* כאשר מוקרן אור רב לכיוון העין האישון קטן כדי למנוע נזק לתאי הרשתית. כאשר עוצמת האור נמוכה האישון גדל כדי לאפשר חדירת כמות אור מספקת שתאפשר את הראייה. שינוי גודל האישון נעשה באמצעות תהליך מהיר הנקרא רפלקס שבו חלה תגובה ללא מעורבות המוח. מאחר והשינוי בגודל האישון מאפשר כניסת אור בעוצמה פחות או יותר קבועה, המשוב הוא שלילי. במצלמות אוטומטיות קיים מד אור המעביר מידע על עוצמת האור לרכיב נוסף הקובע את גודל הצמצם ומשך פתיחתו.



### פעילות מספר 3 - התאמת מערכת הראייה לתנאים שונים (עמוד 107)

- \* (1) השוני באיכות התמונה נובע משוני בתכונות העדשה של הדג והאדם.
- \* (3) צלמים משתמשים באותו גוף מצלמה אך מחברים לו עדשות שונות המתאימות לצילום מרחוק, עדשה לצילום עצמים קטנים במיוחד.
- \* (4) הכוונה להשוות בין שכבת הטפטום המצויה בעיניי מספר בעלי חיים הפעילים בלילה לנורת ההבזק.
- \* (5) לחרקים שונים יש התאמה לראיית לילה ויום. בעין התשבץ של החרק מצויים תאי פיגמנט המפרידים בין העיניות. ביום הפיגמנט מפוזר באופן אחיד בתא ומאפשר בידוד העיניות. בלילה הפיגמנט שוקע וכך אור המגיע לעינית אחת יכול להגיע גם לעיניות שכנות. במצלמה ההתאמה היא של סרט הצילום.
- \* (6) שלוש דרכי התאמה: 1. אותו רכיב אך בכל מערכת תכונותיו שונות בהתאם לדרישות ולתנאים (עדשה בעין האדם ועדשה בעין הדג). 2. תוספת של רכיב (כגון נורת הבזק או שכבת טפטום). 3. שינוי המערכת על ידי שינוי זמני או הפעלת רכיבים חלופיים ( שינוי מיקום הפיגמנט בעין החרקים או החלפת סרט הצילום במצלמה).

### פעילות מספר 4 - ליקויי ראייה

- \* בפעילות זו התלמיד יכול לנבא ליקויי ראייה מתוך הכרות עם המערכת. מספר דוגמאות לפי סדר הופעת הרכיבים בעין: 1. אי יכולת שינוי גודל האישון יכול לגרום אף לעיוורון עקב חדירת אור בעוצמה רבה לעין, 2. הופעת שכבה חיצונית על העדשה המשבשת את מעבר האור בשלב מסוים כאשר נמנע מעבר האור באופן מוחלט לא מתאפשרת ראייה, 3. התפתחות לא תקינה של תאי מדוכים הגורמת לשיבוש ראיית צבע.

נקודות עיקריות לתת פרק א- 5 מופיעות (בעמוד 110 ביחידת הלימוד לתלמיד).

### 1. שאלות חזרה לפרק ב

#### ב-1 על האור

1. מיינו את העצמים הבאים לגופים הפולטים אור וגופים המחזירים אור: ירח, גחלילית, נורת להט, שמש.
2. מחקו את המיותר: אור המוקרן בזווית על מראה מוחזר ממנה בזווית זהה נכון/לא נכון.
3. מחקו את המיותר: כאשר מקרינים אור דרך צינור מפותל האור מגיע/לא מגיע לעין.
4. ניוטון טען שהאור הלבן הוא תערובת צבעים, תארו ניסוי המחזק הנחה זו.
5. מחקו את המיותר: כאשר מקרינים על גבי מסך לבן אור אדום, כחול וירוק מתקבל כתם לבן/שחור.

6. כאשר מניחים מסנן אדום על גבי פנס המפיץ אור לבן, האור המתקבל הוא :
7. השלימו, כאשר מניחים מסנן אדום על גבי פנס המפיץ אור לבן ועליו מסננים ירוק וכחול מתקבל כתם \_\_\_\_\_.
8. איזו תכונה של האור מסבירה מדוע קיסם הטבול בחלקו במים, נראה לצופה במבט מהצד שבור.

## ב- 2 לחוש את האור

1. השלימו את תאור תהליך חישת האור על-ידי חיישן האור הטכנולוגי: גירוי ה\_\_\_\_\_ משפיע על \_\_\_\_\_ האור. ה\_\_\_\_\_ ממיר את הגירוי ל\_\_\_\_\_, הנקלט ונמדד על-ידי \_\_\_\_\_ ומבוטא כ\_\_\_\_\_ על גבי הצג.
2. מהן שתי פעולות החיישן האחראיות למעבר המידע?
3. הביאו דוגמאות מהן ניתן להסיק שגם צמחים חשים באור.
4. הביאו דוגמא לחישת אור ביצור חד-תאי.

## ב- 3 מאור לתמונה

1. כאשר הנקב בלשכה האפלה הנקב קטן, והתאורה חזקה תתקבל תמונה\_\_\_\_\_. ציינו מה יתקבל, כאשר הנקב קטן והתאורה דלה?
2. ערכו טבלה מקבילה לעין הנאוטילוס והלשכה האפלה. ציין את חלקי העין והלשכה מה שונה ומה דומה ביניהם ומהו טיב התמונה המתקבלת בתנאי תאורה שונים.
3. הסבירו מדוע מתקבלת בלשכה האפלה תמונה מטושטשת כאשר הנקב רחב והתאורה רבה.
4. אילו תכונות צריכות להיות לרקמה בה מצוי האישון? הסבירו מדוע.
5. ציינו כיצד נכנס האור למצלמה, האם יש דמיון בדרך שתיארתם לזו המתרחשת בעין הנאוטילוס?
6. איזה מרכיב בעין האדם מאפשר לראות תמונה ברורה וחדה גם כשהאישון מוגדל? האם קיים רכיב דומה במצלמה? אם כן, ציינו מהו.
7. הסבירו מדוע אין האדם יכול לראות בברור במים? כיצד ניתן לפתור בעיה זו?
8. הסבירו מדוע מתקבלת בלשכה האפלה תמונה הפוכה, האם גם בעין התמונה הפוכה?
9. האור הנכנס למצלמה פוגע בסרט הצילום. כתוצאה מפגיעה זו, מתקבלת תמונה. הסבירו במקביל, כיצד מתקבלת תמונה בעין האדם.
10. בעלי חיים שונים מבחינים בצבעים שונים, הסבירו כיצד יתכן הדבר.
11. ציינו שלוש התאמות לראייה ולצילום בתנאי תאורה דלה.

12. ציינו את השלבים השונים המאפשרים את קבלת התמונה בעין ובמצלמה ערכו את תשובתכם במקביל.

ב- 4 תעתועי ראייה

1. ענו על הכותרת " האם העין "רואה" את מה שאנו רואים?
2. ציינו ארבעה דרכי עיבוד המידע המגיע מהעין על ידי המוח.

## ז. נספח: השוואה בין מערכות ראייה שונות

מצלמה	עין דג	עין אדם	עין נאוטילוס	
אינו גמיש אך בעל מספר דרגות פתיחה (צמצם)	גמיש משתנה מצר לרחב (אישון)	גמיש משתנה מצר לרחב (אישון)	גמיש משתנה מצר לרחב (אישון)	<b>תכונות הנקב דרכו חודר האור</b>
עדשה קשיחה ניתן היום לשלב עדשות שונות בעת הצילום	עדשה עגולה מאוד וקשיחה נעה קדימה ואחורה	עדשה היכולה להתקמר ולהתפחס	אין עדשה כלל	<b>תכונות העדשה</b>
מתקבלת תמונה חדה כאשר מצונויים את הצמצם בהתאם	מתקבלת תמיד תמונה חדה	מתקבלת תמיד תמונה חדה	כשהאישון רחב- תמונה מטושטשת. כשהאישון צר- תמונה חדה	<b>חדות התמונה המתקבלת בתנאים שונים</b>
סביבה יבשתית או מימית תנאי אור משתנים	סביבה מימית תנאי אור משתנים	סביבה יבשתית תנאי אור משתנים	סביבה מימית תנאי אור משתנים	<b>תנאי הסביבה בה נקלט הגירוי</b>

### טיב התמונה שתקבל במים:

\* בעין הנאוטילוס כאשר התאורה טובה התמונה שתקבל תהייה חדה.

בעין האדם באותם תנאים תקבל תמונה מטושטשת.

בעין הדג תקבל באותם התנאים תמונה חדה.

במצלמה תקבל באותם התנאים תמונה חדה.

**הערה:** עין האדם אינה מותאמת לראייה במים לעומת זאת עין הנאוטילוס עין הדג והמצלמה מאפשרים קבלת תמונה חדה במים.

**הערה:** התופעה נובעת מכך שהנאוטילוס אינו ממקד את הראייה באמצעות קרנית או עדשה. עין הדג והמצלמה הם בעלי עדשה דו-קמורה כמעט כדורית. עדשה זו קשיחה מאוד ואינה משנה את צורתה. העדשה יכולה לנוע קדימה ואחורה ובכך לאפשר מיקוד האור גם במים. לעומת זאת בעין האדם הקרנית האחראית על המיקוד הגס אינה מאפשרת שבירת האור ומיקודו במים. עדשת עין האדם אינה כדורית וקשיחה ואינה יכולה לנוע קדימה ואחורה. מסיבות אלו אין העדשה יכולה לפצות על חוסר המיקוד על ידי הקרנית ומתקבלת תמונה מטושטשת.

## ח. נקודות עיקריות שנלמדו בפרק ב: מאור לראיה

### ב-1 לחוש את ה...

חישה אור נעשית באמצעות תאי חישה ביצורים חיים או באמצעות חיישנים במערכת טכנולוגית. תהליך קליטת האור מורכב מקליטת גירוי על ידי חיישן האור הממיר את הגירוי לאות חדש.

### ב-2 על האור (הרחבה)

ישנם גופים הפולטים אור באופן עצמאי וישנם המחזירים אור. אור המוקרן על גופים שונים מלבד גוף שחור אמיתי מוחזר בשלמותו או בחלקו. אור נע לכל הכיוונים. ישנם גופים שקופים לאור, אטומים לאור או גופים המעבירים אור חלקית. אור "נשבר" כשהוא עובר מתווך לתווך.

### ב-3 מאור לתמונה

אור חודר לעין דרך האישון או דרך הצמצם למכשירים אופטיים. העין הפשוטה מכילה אישון ורשתית בלבד כך גם מצלמת נקב הסיכה המכילה נקב ומסך. מיקוד האור בעין משוכללת כעין האדם נעשה באמצעות הקרנית והעדשה, ואילו מיקוד האור במצלמה נעשה באמצעות עדשה או מערכת עדשות. דמות מתקבלת בעין על גבי הרשתית ובמצלמה על גבי סרט הצילום. ברשתית עין האדם יש שני סוגי תאי חישה לאור (מדוכים וקנים) המאפשרים קבלת תמונה בשחור לבן (קנים) או תמונה צבעונית (המדוכים). יצורים חיים שונים הם בעלי סוגים שונים של תאי מדוכים דבר המשפיע על מגוון הצבעים שהם יכולים לראות. לבעלי חיים שונים ומערכות ראייה טכנולוגיות שונות התאמות מיוחדות לראיית לילה. ראייה באמצעות שתי עיניים הממוקמות בקדמת הפנים מאפשרת יצירת תמונה תלת-ממדית.

### ב-4 תעתועי ראייה (הרחבה)

התמונה הסופית המתקבלת באדם תלויה בעיבוד המידע במוח ושונה מזו המתקבלת על הרשתית.

### ב-5 התאמות וליקויים במערכות ראייה

מערכות ראייה ביולוגיות וטכנולוגיות מורכבות מרכיבים שונים המבצעים יחד את תהליך הראייה. כל רכיב שונה במבנהו ובתפקידו ויש השפעה הדדית בין הרכיבים השונים. במערכות הראייה נעשים תהליכי משוב ובקרה המאפשרים תפקוד תקין של המערכת והתאמתה לתנאי סביבה משתנים. כשרכיב במערכת נפגע או חסר, נפגע תפקוד המערכת.

## פרק ג – מקול לשמיעה

### א. מטרות ההוראה בתחום התוכן

1. בחינת מאפייני הקול.
2. הכרת תהליך מעבר וקליטת קול על ידי חיישנים טכנולוגיים (למשל: מיקרופון) ועל ידי יצורים חיים (אוזן).
3. הכרת מערכות שמיעה שונות בעולם החי בהקבלה למיקרופון.
4. בחינת תפקיד ודרך פעולתם של רכיבי מערכת השמיעה השונים.
5. לבחון את נושא הקול בהיבטים: מדעי, טכנולוגי וחברתי  
**היבט מדעי** - מבנה האוזן ותאי השערה, חקירת גל קול.  
**היבט טכנולוגי** - מערכות לקליטה והפקת קולות.  
**היבט חברתי** - אמצעים טכנולוגיים לשיפור השמיעה באדם בעל שמיעה נורמאלית או לקויה.

### ב. משך הוראה מומלץ

10 שעות הוראת חומר הבסיס ו-14 שעות הוראת חומר ההרחבה.

### ג. מה בפרק

#### ג.1 על הקול

- ג-1 (1) כיצד מופק הקול
- ג-1 (2) מהו קול (הרחבה)
- ג-1 (3) דרכו של הקול (הרחבה)
- ג-1 (4) ההד (הרחבה)

#### ג.2 לחוש את הקולות

- ג-2 (1) חיישן קול טכנולוגי
- ג-2 (2) "תוף הפח" הביולוגי (הרחבה)
- ג-2 (3) לראות את הקול לשמוע את האור (הרחבה)

#### ג.3 מקול לשמיעה

- ג-3 (1) האוזן - איבר השמיעה
- ג-3 (2) חשיבות זוג אוזניים (הרחבה)

#### ג.4 התאמות וליקויים במערכות השמיעה (הרחבה)

ג-4 (1) מערכת שמיעה ביצורים ובמערכות טכנולוגיות

ג-4 (2) משוב ובקרה במערכות חישה

ג-4 (3) התאמות מערכות שמיעה לתנאים שונים

ג-4 (4) הרעש

ג-4 (5) ליקויי שמיעה

נספח: הנחיות לעבודה עם תוכנת Goldwave

## ד. רקע מדעי

בסביבה בה אנו חיים נשמעים קולות שונים: קולות טבעיים (קולות של בני אדם, קולות בעלי חיים, קול הרעם ועוד) וקולות מלאכותיים הנוצרים על ידי מכשירים טכנולוגיים שונים (מנוע המקרר, קול המטוס, כלי נגינה ועוד). הקולות המלאכותיים והטבעיים נוצרים בדרך כלל כתוצאה מכך שגוף נמצא בתנודה בתווך מסוים. תנודה היא תנועה הלך ושוב. אפשר לאפיין תנודה על ידי תדירות (מספר התנודות ביחידת זמן, וגודל משרעת התנודה (ראה איור ביחידה לתלמיד עמוד 128).

### גובה הקול

תדירות מוגדרת כמספר התנודות ביחידת זמן. התדירות השונה קובעת את גובה הצליל המופק. כאשר תדירות הקול נמוכה, כלומר מספר התנודות בשנייה קטן, הצליל הנוצר הוא נמוך. כאשר התדירות גבוהה, כלומר מספר התנודות בשנייה רב, הצליל המופק גבוה. את תדירות הקול מציינים ביחידות "הרץ" (שנייה/תנודה = 1 Hz) או "קילו הרץ" (KHz=1000Hz).

### עוצמת הקול

עוצמת הקול נקבעת על פי המשרעת. משרעת היא המרחק אותו עובר העצם המתנודד בתנודה אחת. ככל שהמשרעת גדולה יותר הקול נשמע חזק יותר. כשהמשרעת קטנה, עוצמת הקול חלשה יותר. עוצמת הקול נמדדת ביחידת דציבל (אלפית הבל) הנקראת על שמו של גרהם בל ממציא הטלפון.

יצורים חיים מפיקים קולות באמצעות הרעדת חלקים שונים בגופם. החסידה, בעונת החיזור, משמיעה קולות הנשמעים כקסטנייטות של רקדנית ספרדית. קול זה מופק באמצעות המקור. הצרצר מפיק קולות באמצעות חיכוך כנפיים, וסרטנים מפיקים קולות באמצעות חיכוך הצבתות. בבעלי חוליות, כאדם, קיימים מיתרי קול המתנודדים ומאפשרים השמעת קולות. אורך מיתרי הקול קובע את גובה הקול המושמע.

יצורים שונים משמיעים וקולטים צלילים בטווחים שונים. כך לדוגמא הפיל משמיע צלילים נמוכים יחסית לאדם (צלילים בתדירות נמוכה) וגם קולט צלילים נמוכים מאלו שקולט האדם. העטלף משמיע

צלילים גבוהים צלילים בתדירות גבוהה מאלו ששומע האדם וגם קולט צלילים גבוהים מאלו שקולט האדם (צלילים בתדירות גבוהה). בדרך כלל יש קשר בין גובה הצליל וגודל בעל החיים. בעלי חיים גדולים משמיעים צלילים נמוכים ואילו בעלי חיים קטנים משמיעים צלילים גבוהים.

קולות מעל לקולות ששומע האדם נקראים קולות "על קוליים" (אולטרה סוניים). קולות מתחת לאלו ששומע האדם נקראים "תת קולות" (אינפרה סוניים). הפיל משמיע קולות אינפרה סוניים ואילו העטלף משמיע קולות אולטרה סוניים. גלי קול אולטרה סוניים אינם מסוגלים לעקוף מכשולים ולכן הם אינם עוברים מרחקים ארוכים. גלי קול אלו משמשים לתקשורת קרובה. גלי קול אינפרה סוניים הם בעלי אורך גל גדול ויכולים לעקוף מכשולים קולות אלו נישאים למרחוק ומשמשים לתקשורת למרחקים. לדוגמה תקשורת בין לוויינים הנמצאים במרחק רב זה מזה באוקיינוסים.

קול משמש לתקשורת בעולם היצורים החיים. יתרון התקשורת הקולית הוא מהירות העברת המסר. מהירות מעבר הקול תלויה בצפיפות התווך שבו עוברים גלי הקול. באוויר המהירות היא כ- 330 מטרים בשנייה ואילו במים כ- 1500 מטרים בשנייה. הקולות משמשים לתקשורת תוך מינית (לדוגמה: חיזור, תקשורת בין הורים וצאצאים, קביעת סדרים חברתיים בקבוצה), תקשורת חוץ מינית (לדוגמה: שמירה על טריטוריה, הרתעת טורפים, ועוד). מגוון הקולות בעולם החי נובע מצרופ של שינויים בתנודות, משרעת הקול ושימוש במרווחי זמן בין השמעת הקולות.

חוש שמיעה מפותח בבעלי חיים רבים: פרוקי רגליים, חלק מדגי הגרם, דוחיים, זוחלים, עופות ויונקים. בין היצורים השונים קיים מגוון גדול של מערכות שמיעה. בכל המערכות ישנה המרה של גל קול לגל מכני המומר לדחף עצבי. מערכת שמיעה פשוטה ביותר קיימת למשל בעש. שני אברי חוש בעש מורכבים כל אחד מעור תוף ומתא חישה. תנודות עור התוף מועברות לתאי החישה. תאי החישה ממירים את המידע ומעבירים אותו לעצב השמיעה. העש יכול להבחין בין קול חזק וחלש בלבד. לצרצר מערכת שמיעה דומה אך הוא יכול להבחין גם בגובה הצלילים.

איבר השמיעה של האדם מורכב יותר. ניתן לאתר בו שלושה אזורים: אוזן חיצונית, אוזן תיכונה ואוזן פנימית. האוזן החיצונית מורכבת ביונקים מאפרכסת ותעלת השמע. האוזן החיצונית משמשת לאיסוף וכינוס הקולות. עור התוף מעביר את התנודות מהאוזן החיצונית לאוזן התיכונה וממנה לעצמות השמע. עצמות השמע מעבירות את התנודות לאוזן הפנימית. האוזן הפנימית מורכבת בין השאר מחלון סגלגל בעל ממברנה ומחלל מלא נוזל בו מצוי השבלול. בשבלול מצויים תאי חישה המכילים שערות חישה. שערות החישה מעבירות את המידע לתאי עצב ומהם מועבר המידע כאות עצבי למוח. באוזן מצויים גם מבנים שאינם קשורים לשמיעה: מהאוזן התיכונה מובילה תעלה (חצוצרה) אל הלוע. תפקידה השוואת לחץ והאוויר בין האוזן והחוץ. באזור האוזן הפנימית קיימות שלוש קשתות המשמשות לחישה שיווי משקל.



## ה. פעילויות נבחרות

### ג-1 על הקול

מטרת הפעילויות: לבחון כיצד מופק קול ולאפיין את תכונותיו של הקול.

דרך הוראה מומלצת: יפורט בפעילויות השונות.

משך הוראה מומלץ: שתי שעות מעבדה לימוד חומר החובה וחמש וחצי שעות הרחבה.

### ג-1 (1) כיצד מופק הקול.

פעילות הדגמה- הפקת קולות בגופים וביצורים חיים (עמוד 115-119)

מטרת הפעילות: הכרת מושגים הקשורים לקול, הכרת תהליך הפקת קול.

דרך הוראה מוצעת: חלק א: הדגמה, חלק ב: מעבדה, חלק ג: שיעורי בית.

משך הוראה מומלץ: שלוש שעות מהן שתיים מעבדה

מושגים

**תנודה**: כשגוף נע הלוך וחזור לסירוגין הגוף מתנדנד והתנועה היא תנודה.

**משרעת**: המרחק המשתרע בין קצה אחד של מסלול התנודה לקצה אחר.

**תנועה מחזורית**: תנודת גוף הלוך וחזור נקראת תנועה מחזורית.

**תדר**: מספר מחזורים ביחידת זמן.

**מיתרי קול**: קרומים המתוחים באדם לרוחב הגרון אשר תנודתם מאפשרת את הפקת הקול.

**על קול - (אולטרה סאונד)**- מופק כאשר התנודות מהירות ביותר קול זה הוא מעל לתחום הקולות הנשמע על ידי האדם.

**תת קול - (אינפרה סאונד)**- מופק כאשר התנודות איטיות ביותר, קול זה הוא מתחת לתחום הקולות הנשמע על ידי האדם.

**כלי מיתר-כלים מוזיקליים שבהם משמשים מיתרים רוטטים להפקת קול.**

**כלי נשיפה-כלים מוזיקליים שבהם נוצר קול כתוצאה מהרעדת עמוד האוויר.**

תשובות נבחרות הערות והרחבה

\* בפעילות זו מופיעים ארבעה מושגים המאפיינים קול והקשר ביניהם. המושגים הם: **משרעת- גודל המשרעת קובע את עוצמת הקול, תדירות- מספר התנודות ביחידת זמן קובע את גובה הצליל.**

\* מניחים את הסרגל על השולחן כך שקצהו בולט החוצה, לוחצים על הקצה החופשי ועוזבים מיד. קצה הסרגל החופשי מתנדנד מעלה ומטה כתוצאה מכך נשמע קול. תנודות הסרגל גורמות לתנודות חלקיקי האוויר המועברות כגל קול במרחב.

- \* כאשר מקצרים את קצה הסרגל החופשי ל- 5-6 ס"מ בערך וגורמים לתנודתו, הסרגל נע מעלה ומטה לסירוגין ונשמע צליל נמוך יותר מאשר כאשר קצה הסרגל החופשי הוא ארוך יותר.
- \* (1) כשקטע הסרגל הבולט מחוץ לשולחן היה קצר יותר, תדירות התנודות נמוכה יותר.
- \* (2) כשהתנודות מהירות יותר, הקול נשמע גבוה (דק) יותר.
- \* (3) ככל שהמשרעת גדולה יותר, הקול נשמע חזק יותר.

## חלק ב - "תוף הפח"

מטרת הפעילות: לבחון כיצד מתנודד קרום (ממברנה) בהשפעת תנודות אוויר שנוצרו בעקבות קול הדיבור.

דרך הוראה מומלצת: בניית הדגם ועריכת התצפיות תעשה בקבוצות במעבדה

משך הוראה מומלץ: שעתיים

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

- \* כתוצאה ממתן מכה על הקרום, הקרום נע קדימה ואחורה לסירוגין (הקרום מתנודד) ונוצר קול.
- \* כאשר מקרינים אור על מראה בזווית מסוימת האור מוחזר ממנה לכיוון המסך.
- \* כאשר מקרבים ומרחיקים את המראה ממקור האור מיקום האלומה על גבי המסך משתנה.
- \* ניתן לזהות את תנועת המראה באמצעות מיקום האור החוזר הנופל על המסך.
- הערה:** כשמרחיקים ומקרבים את המראה זווית האור החוזר נשמרת אך מיקום האור משתנה.
- \* (תשובה סעיף ו במהלך העבודה) השערות התלמיד צריכות להתבסס על הניסוי עם המראה, המראה את הקשר בין מיקום האור החוזר ותנודת המראה. התלמיד צריך להבין שאם הקרום מתנודד אזי מיקום אלומת האור המוחזרת ממנו יהיה שונה בהתאם לתנודה
- \* (תשובה לשאלה בעמוד 117) כאשר המשרעת גדולה יותר, תזוזת האור גדולה יותר וההפך. ניתן לנסות ולבחון עבור קול חזק וקול חלש האם המיקום משתנה ולהסיק מכך על גודל המשרעת.

## חלק ג -הפקת קולות ביצורים חיים

מטרת הפעילות: לבחון כיצד נוצר קול ביצורים חיים

דרך הוראה מומלצת: שיעורי בית אפשרות לפתח כעבודת פרויקט או כמטלות הערכה.

ניתן להרחיב את נושא הפקת קולות בבעלי חיים לעבודה שתקשר בין הפקת קולות ותקשורת בין בעלי חיים. מידע ניתן למצוא בספר "פרקים בהתנהגות בעלי חיים" ובאנציקלופדיית החי והצומח בא"י (ראה רשימת ביבליוגרפיה בסוף המדריך).

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

### השמעת קול אצל האדם

- \* ככל שהתדירות גבוהה יותר הקול גבוה יותר לכן לנשים קול גבוה מזה שלגברים.
- \* אורך מיתרי הקול משתנה עם הגיל, כתוצאה מכך מהירות התנודות משתנה ולכן משתנה גם גובה הקול המופק.

### השמעת קול בבעלי חיים

- \* צריך להפנות את תשומת ליבם של התלמידים לקולות שונים בעולם בעלי החיים לדוגמה: שירת חיזור של ציפורים, קול ציוץ גורי עכברים, נהימת כלב ועוד. מידע בנושא ניתן למצוא בספר פרקים בהתנהגות בעלי חיים/ דפנה לב-ינאי, יוסף טרקל.
- \* לאחר חיפוש המידע יכירו התלמידים שבעל החיים מפיק מגוון קולות המשמשים למטרות שונות בין השאר לתקשורת.

### פעילות הרחבה- קולות בתזמורת (עמודים 119-120)

פעילות זו מומלץ להרחיב כפרויקט ולבצע במידת האפשר בשילוב עם מורי פיזיקה, אומנות וטכנולוגיה. מטרת הפעילות להבחין בקשר בין סוג החומר ומבנה כלי הנגינה לקול המופק. ניתן לשלב פענוח קול (גודל משרעת, מספר תנודות) באמצעות כרטיס קול במחשב או באמצעות התוכנה Goldwave המצויה בתקליטור של תוכניות מטמו"ן (ניתן להוריד תוכנה זו ישירות מהאינטרנט [www.Goldwave.com](http://www.Goldwave.com)). מומלץ שמורי הטכנולוגיה יעזרו ביצור כלי נגינה שונים תוך יישום תהליך התיכון (תהליך התיכון כולל מספר שלבים אופייניים לעשייה טכנולוגית. בראש וראשונה יש לזהות את הצורך, בהמשך נדרש איסוף מידע והעלאת פתרונות חלופיים, שיקולים שונים מנחים את הטכנולוג לבחירת פתרון מיטבי. את תהליך התיכון ניתן לתאר כתרשים זרימה (עמוד 164 יחידת הלימוד לתלמיד, האיור לקוח מתוך סביב הסיב מאת חנה מרגל המחלקה להוראת המדעים מכון ויצמן).

משך הוראה מומלץ: שיעורים בהנחה שהם מכירים את תהליך התיכון

ג- 1 (2): מהו קול (הרחבה)

פעילות הדגמה-גלי קול (עמוד 121)

מטרת הפעילות: להדגים באמצעות סליל מהו גל קול וכיצד הוא נע ממקום למקום.

דרך הוראה מומלצת: הדגמה ודיון

משך הוראה מומלץ: שעה

**הערה:** רצוי לקחת סליל ארוך ככל האפשר, להניח מתוח על הרצפה כך ששני תלמידים אוחזים בו משני הצדדים. אחד התלמידים יחזיק כעשרים ליפופים יחדיו ואז ישחרר את האחיזה כך שימשיך לאחוז רק בליפוף העליון.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* (1) בכל רגע נצפים ליפופים אחרים מכווצים במקום אחר לאורך הקפיץ. סה"כ הקפיץ אינו משנה את מקומו.

\* (2) כאשר עוקבים אחר ליפופים מסוימים מסתבר שהליפוף עצמו אינו נע אלא רק "התופעה" של הכיווץ היא העוברת הלאה.

**הסבר לתופעה:** בניסוי שביצעת נראו הליפופים הדחוסים נעים כלפי מטה. למעשה, נשארו הליפופים עצמם במקומם כסדרם. אם נגדיר את הדחיסה כהפרעה בארגון ליפופי הקפיץ, אזי ניתן לומר כי ההפרעה מתקדמת לאורך הסליל.

ג-1 (3) דרכו של הקול (הרחבה)

מטרת הפעילות: 1. לבחון כיצד נע הקול בתווכים שונים 2. לאפיין בליעת קול והחזר קול.

דרך הוראה מומלצת: מומלץ לבצע כתחנות עבודה בשיטת הגייקסו.

משך הוראה מומלץ: שעתיים במעבדה

מושגים

**חלקיק-** מרכיב החומר מושג זה נרכש כשנלמד מבנה החומר

**תת קולות-אינפרה סוניים-** קולות בתדירות נמוכה שאינה נשמעת על ידי האדם.

**על קולות-אולטרה סוניים-** קולות בתדירות גבוהה שאינה נשמעת על ידי האדם.

**"הפרעה"-** התקדמות גל קול אינה תנועת חלקיקים אמיתית קדימה, אלא כל חלקיק מתנווד באזור

מוגבל ומתנגש עם חלקיקים אחרים. לכן ניתן לתאר זאת כהתפשטות "הפרעה" במרחב.

**שלושת מצבי הצבירה (גז, נוזל, מוצק)-** מושגים אלו הוקנו בלימוד מבנה החומר.

**קיר אקוסטי-** קיר העשוי מחומר המונע החזר הקול או מעבר קול.

**ריק-** נלמד במבנה החומר.

פעילות מספר 1 – מעבר קול באוויר (עמוד 122)

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* (1) כאשר פורטים על הבלון המתוח הוא מתנווד כתוצאה נוצר גל קול המתקדם במרחב לעבר פתח

הצר של המשפך והחוצה. תנועת חלקיקי האוויר משפיעה על הלהבה וזו מוטה.

\* (2) האם נוצרים גלי קול בחומרים שאינם אוויר? האם קיימים גלי קול בריק

מטרת השאלה לבחון האם התלמידים מקשרים בין קול ותנועת חלקיקי אוויר בלבד . שאלה זו מהווה פתיח לפעולות הבוחנות מעבר קול בחומרים שונים ובמצבי צבירה שונים והאם יתכן מעבר קול בריק.

### פעילות מס' 2 – מעבר קול בחומרים שונים (עמוד 123 )

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

#### חלק א- מעבר קול בגזים שונים

\* יש הבדל בין קול המופק באמצעות אוויר או באמצעות הליום. כאשר אוויר עובר דרך המשרוקית מושמע קול חזק. הכדור במשרוקית מתנוודד וניתן לראות את גובה תנועתו כלומר את המשרעת. כאשר הליום עובר דרך המשרוקית הקול נשמע חלש יותר וגבוה יותר. תנועת הכדור במשרוקית מהירה יותר אך הוא נע נמוך יותר כלומר המשרעת קטנה.

\* כאשר קול עובר בחומרים שונים תדירות הקול משתנה, לדוגמה במעבר קול בהליום התדירות עולה וכתוצאה נשמע הקול גבוה יותר. ניתן להכניס לפה גז הליום ולשמוע כיצד הקול האנושי נשמע גבוה יותר.

#### חלק ב- מעבר קול בנוזלים (עמוד 123)

\* (1) קול הפעמון במים ובאוויר נשמע אחרת.

\* (2) כדי לענות על השאלה ניתן לבצע ניסוי זה עם נוזלים שונים: תמיסות שונות, שמן וכוי

\* בעלי חיים החיים במים, כלויתן, נעזרים בקול לתקשורת בין פרטים. חוקרי לווייתנים נוהגים להכניס מיקרופונים למימי האוקיינוס, כדי לחקור ולהתחקות אחר תנועת הלווייתנים.

#### חלק ד- חומרים מוליכי קול וחומרים מבודדי קול (עמוד 124)

\* ישנם חומרים המעבירים קול היטב, כמתכות, ואילו חומרים אחרים נחשבים כמעבירי קול גרועים לדוגמה צמר. חומרים הנחשבים כמעבירי קול גרועים, משמשים כחומר לבניית וייצור: קיר אקוסטי, אוזניות המשמשות עובדים ליד מכונות מרעישות ועוד. גל הקול הפוגע בחומר זה נבלע בו. הגל נע בחומר אנה ואנה עד שהוא נכחד. ניתן לתאר תופעה זו גם כבליעת קול.

### פעילות הדגמה- האם שומעים קול בריק (עמוד 125)

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* במצב של ריק הפעמון המתנוודד אינו יוצר קול.

\* כאשר נכנס אוויר לתוך הכלי תנועת הפעמון מאפשרת יצירת קול.

**הסבר לתופעה** - כאשר הפעמון נע בריק לא נשמע קול. כדי לשמוע את קול הפעמון נדרש תווך כלשהו לדוגמה אוויר.

הקול הוא תנועה של חלקיקים הנובעת בדרך כלל מהתנועה של הגוף. גוף המשמיע קול, למשל פעמון או מיתר קול, נע הלך וחזור. תנועה זו מועברת למולקולות החומר בו הוא מצוי, כגון , אוויר, מים, מולקולות המתכת ועוד... המולקולות מעבירות את התנועות הלאה למולקולות סמוכות אליהן. כמו שנוצרים גלים במים בעקבות נפילת אבן לתוכם, תנועת המולקולות יוצרת גלי קול. מהירות מעבר

התנודות שונה בתווכים שונים. כך למשל מהירות הקול באוויר היא 340 מטר בשנייה (בטמפרטורה של 20 מעלות צלסיוס) ואילו במים בתנאים זהים מהירות הקול היא כ- 1440 מטר לשנייה.  
\* כאשר תנודת הפעמון נעשית בתווך חסר חלקיקים אין גורם שיכול להעביר את ה"הפרעה" הלאה ולכן לא נוצר קול.  
\* בחלל במצב של ריק לא יכול לעבור קול אך כן יכול לעבור אור. לדוגמה אור כוכבים.

#### ג- 1 (4) ההד (הרחבה) (עמוד 127)

מטרת הפעילות: לבחון את תופעת החזר הקול מעצמים.

דרך הוראה מומלצת: ניסוי הדגמה, את קטע המידע ניתן לתת כשיעורי בית  
משך הוראה מומלץ: חלק משיעור.

מושגים

**הד (החזר קול)** - גל קול הפוגע בעצם ומוחזר ממנו בזווית השווה לזווית פגיעת הקול.

**תשובות נבחרות, הערות והרחבה:**

הצלחנו לשמוע שוב את תקתוק השעון בזכות החזר הקול (ההד). כאשר קול השעון פגע בלוח העץ הוא הוחזר ממנו באותה זווית כפי שפגע. את הלוח צריך להזיז כך שזווית ההחזרה תאפשר לקול להגיע לאוזן התלמיד.

**הרחבה-עטלפים והד**

העטלפים מנווטים בחשכה באמצעות גלי קול. העטלף שולח גלי קול (אולטרה סוניים) וקולט הדים המוחזרים על ידי עצמים שונים המצויים בשטח. החוקרים מניחים שמנגנון פענוח המידע הקולי במוח העטלף דומה לזה שמתרחש במוח האדם. במוח מתבצעת פעולת חישוב שהיא תוצאה של אינטראקציה בין תאי עצב מאוקטבים ותאי עצב המעוכבים על ידי הצלילים. המידע משתי קבוצות תאי העצב הללו, מאפשר קביעת מיקום הצליל וזיהויו. (להרחבה מומלץ לקרוא "בעקבות ההד" מאת רן שפירא, עיתון הארץ מדור חושים 23.12.97)

נקודות עיקריות שנלמדו בתת פרק ג- 1 (מופיעות בעמוד 128 ביחידת הלימוד לתלמיד).

#### ג- 2 לחוש את הקולות

מטרת הפעילות: בניית חיישן קול אשר בעזרתו ניתן לחקור את תהליך חישת הקול הטכנולוגי והביולוגי. הכרת מערכת קו הצד בבעלי חיים הקודמת להתפתחות חיישן הקול הביולוגי.

דרך הוראה מומלצת: עבודה בקבוצות

משך הוראה מומלץ: שתיים לימוד חומר בסיסי ושתיים הרחבה

מושגים

**חיישן קול**- רכיב המושפע מגל קול וממיר אותו לאות אחר (כגון: אות חשמלי, אות עצבי ועוד).  
**מיקרופון**- מערכת טכנולוגית הקולטת את הקול וממירה אותו לאות חשמלי.  
**רמקול**- מערכת טכנולוגית הממירה אות חשמלי לקול.

ג- 2 (ו) חיישן קול טכנולוגי (עמוד 129-132)

## פעילות הפיכת "תוף הפח" לחיישן קול

### הערות לגבי בניית החיישן:

חומרים: תיל הנחושת צריך להיות דק ולכן מומלץ להשתמש בתיל המשמש במנועים. את יריעת המיילר ניתן למצוא בחנויות מזון וניתן להשתמש במעטפת בלונים שממלאים אותם בהליום.  
הכנה: הקפידו לייצור לפחות 200 ליפופים ככל שתרבו יתקבל חיישן טוב יותר, כמו כן, חשוב למתוח היטב את יריעת המיילר.

תוכנת Goldwave: מצויה בתקליטור של תוכניות מטמו"ן, כמו כן, ניתן להוריד אותה ישירות מהאינטרנט ([www.Goldwave.com](http://www.Goldwave.com)).

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

### חלק א

\* (א) כאשר מחברים רק את תיל הנחושת למחשב לא מתקבל כל אות על גבי הצג מאחר ולא נוצר זרם חשמלי.

\* (ב-ג) כאשר המגנט מצוי ליד התיל במצב ניח אין זרם וכאשר המגנט או התיל נעים נוצר זרם חשמלי המומר לאות חדש המופיע על גבי צג המחשב.

### חלק ב-ג

\* בחלקים ב-ג מתבקשים התלמידים ליצור חיישן קול מ"תוף הפח". כדי לבצע משימה זו עליהם לאחד את שתי תופעות שבחנו בפעילויות הקודמות: 1. המרת הקול לתנודות הקרום. 2. המרת תנודות סליל חוטי נחושת בקרבת מגנט לזרם חשמלי.

\* כאשר מקליטים ניתן לראות על גבי הצג את תאור גל הקול שהוקלט. אם נעשו מספיק ליפופים ההקלטה תישמע כמעט כמו באמצעות מיקרופון מסחרי.

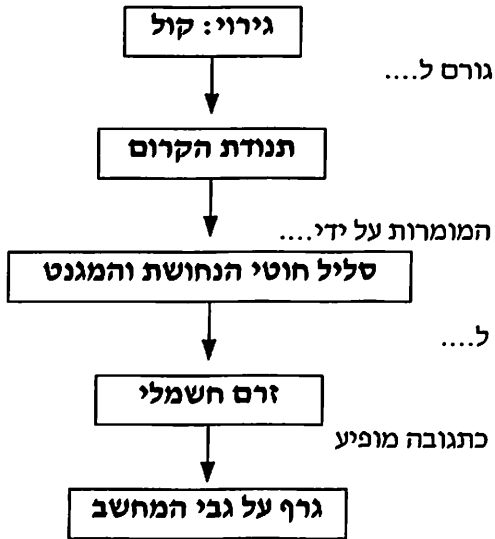
\* באמצעות הצגה גרפית ניתן לאפיין קולות שונים ולהשוות את הקול הנשמע באוזן עם התצוגה הגרפית (משרעת ותדירות הקול).

\* (1) כאשר מניחים את האצבעות על יריעת המיילר ומשמיעים קול לתוך הקופסה, היריעה מתנודדת וניתן לחוש זאת באמצעות האצבעות.

\* (2) כאשר התלמיד מדבר לתוך הקופסה, סליל חוטי הנחושת מתנודד יחד עם יריעת המיילר.

\* (3) קרוב המגנט לסליל חוטי הנחושת המתנודד מאפשר יצירת שדה אלקטרומגנטי וכתוצאה מכך נוצר זרם חשמלי המועבר למחשב (נלמד בנושא תחנת הכוח כיתות ו', או בחשמל כיתות ח').

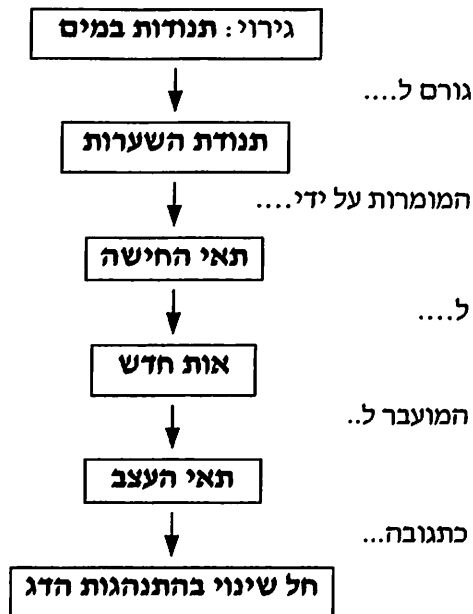
\* (6) תרשים זרימה המתאר תהליך קליטת קול באמצעות "תוף הפח" המשוכלל (מיקרופון):



ג- 2 (2) "תוף הפח" הביולוגי (הרחבה)

מטרת הפעילות: להשוות בין מערכת טכנולוגית ("תוף הפח") הממירה קול לתנודות למערכת ביולוגית הממירה תנודות לאות חשמלי. דרך הוראה מזומלצת: שיעורי בית תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* תרשים המתאר את שלבי תהליך חישת תנודות המים באמצעות קו הצד.





\* השוואה בין מערכת קו הצד ל"תוף הפח".

"תוף הפח":	קו הצד	
<p>המרת תנודות לאות חשמלי.</p> <p>המרת תנודות לתנועה מכנית (תנועת הקרום).</p> <p>מערכת המשמשת בסיס לבניית חישן קול ("תוף הפח" המשוכלל).</p>	<p>המרת תנודות לאות חשמלי (אות עצבי).</p> <p>המרת תנודות לתנועה מכנית (תנועת שיערה).</p> <p>מערכת שהופיעה לפני התפתחות האוזן הקולטת גירוי קול.</p>	<p><b>השווה</b></p>
<p>מערכת טכנולוגית.</p> <p>מאפשרת קליטת תנודות קול העוברות באוויר בלבד.</p> <p>תהליך המרה אחד: המרת הקול (תנודות באוויר) לתנודות הקרום.</p>	<p>מערכת ביולוגית.</p> <p>קיימת ביצורים החיים במים בלבד.</p> <p>שלושה תהליכי המרה: המרת תנודת המים לתנודת השיערה. המרת תנועת השיערה לאות חדש, המרת האות החדש על ידי תאי עצב לאות עצבי</p>	<p><b>השוונה</b></p>

ג- 2 (3) לראות את הקול לשמוע את האור (הרחבה)

מטרת הפעילות: להמיר גירוי מסוים לקול וההפך.

דרך הוראה מומלצת: עבודה בקבוצות בשיטת הגייקסו, כך שקבוצות מסוימות יעשו את חלק אי ואחרות את ב' וגי ואחר כך ידגימו וידווחו במליאה.

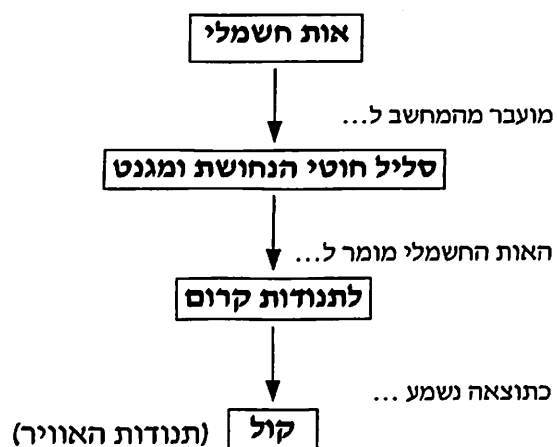
משך הוראה מומלץ: שעתיים

**הערה:** בפעילות נדרשת עבודה עם תוכנת ה-Goldwave. הנחיות לעבודה מופיעות ביחידת הלימוד לתלמיד עמודים 166-168. בפעילויות בהן צוין תא סולרי ניתן להשתמש גם בתא פוטואלקטרי.

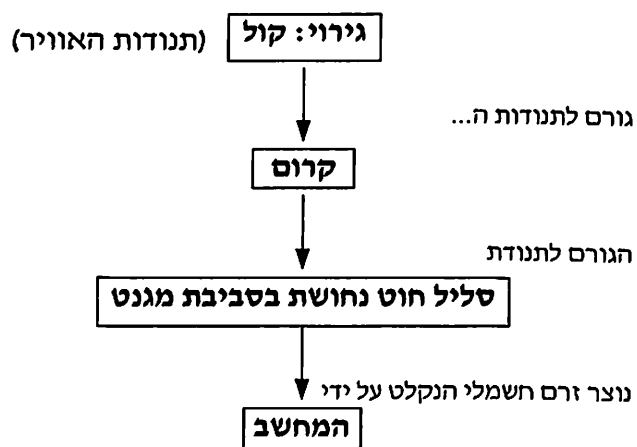
חלק א'-הקלטת קולות והשמעת קולות באמצעות "תוף הפח" המשוכלל מטרת הפעילות: שימוש במיקרופון שבנו התלמידים כמיקרופון וכרמקול

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

**"תוף הפח" המשוכלל משמש כרמקול**



**"תוף הפח" המשוכלל משמש כמיקרופון**



חלק ב' - לשמוע את האורות

**הסבר לפעילות:** בפעילות אור נופל על תא סולרי או תא פוטואלקטרי המחובר למחשב. האור מומר על ידי התא הסולרי לזרם חשמלי מועבר למחשב. המידע מפוענח באמצעות תוכנה לפענוח קול. נורת להט מעבירה אור אחיד לתא הסולרי לכן התצוגה הגרפית נראית אחידה. נורת פלואורסנט מאירה את התא הסולרי באופן מקוטע ולכן התצוגה הגרפית נראית מקוטעת למרות שבעין האור נראה רציף. מושגים:

**מיקרופון:** חיישן הקולט קולות וממירם לאות חשמלי  
**רמקול:** חיישן הקולט אות חשמלי וממירו לקול

## חלק ג- לראות את הקולות

**הסבר לפעילות:** בפעילות זו מומר הקול לתנועת הקרום. מאחר והקרום משמש כמראה, תנועת הקרום מטה את החזר האור הפוגע בתא הסולרי או הפוטואלקטרי. התא סולרי או התא פוטואלקטרי ממירים את האור לזרם חשמלי הנקלט על ידי המחשב. באמצעות הרמקול מומר האות החשמלי מהמחשב שוב לתנודות קרום וכתוצאה נשמע קול זהה לזה שהופק.

כושגים

**תא סולרי:** התקן הממיר אור לחשמל. תא סולרי עשוי משכבה דקה של חומר מוליך למחצה, המצופה על גבי לוח מתכת. אנרגיה האצורה באור מאפשרת לאלקטרונים לנוע מהמתכת לחורים החיוביים שבמוליך למחצה, נוצר הפרש פוטנציאלים הדרוש לשם קבלת זרם חשמלי.

**הערה:** את התא הסולרי מחברים למחשב באמצעות תקע (Audio Mini Mono) המתאים לחיבור מיקרופון/רמקול למחשב.

### תרשים המתאר את תהליך הקלטת והשמעת הקול:



נקודות עיקריות שנלמדו בתת פרק ג- 2 (מופיעות ביחידה לתלמיד עמוד 135).

## ג- 3 מקול לשמיעה

מטרת הפעילויות: הכרת איבר השמיעה באדם ובעלי חיים אחרים בהקבלה למיקרופון הטכנולוגי  
דרך הוראה מומלצת: תפורט עבור הפעילויות השונות  
משך הוראה מומלץ: שמונה שעות+ שעה וחצי הרחבה

### ג- 3 (1) האוזן- איבר השמיעה (עמוד 134)

בסעיף זה הפעילויות בנויות באופן שבו אנו לומדים על חלקי האוזן כחלק ממערכת שתפקידה קליטת קול. לכל רכיב מבנה ותפקיד ייחודי. הסעיף נבנה גם בהקבלה לשלבי קליטת הקול במיקרופון.

## תהליך חישת קול שלב א: ריכוז הקול

הערה: לפניכם שתי פעילויות הדנות בחשיבות מבנה הרכיב המרכז את הקול בתהליך קליטת הקול. בפעילות מספר 1 נבדק הרכיב הביולוגי האפרכסת ובפעילות מספר 2 נבדק הרכיב הטכנולוגי. מומלץ להקדיש לפעילות כשעה עד שעתיים. ניתן לבחור באחת הפעילויות או לחלק את הכיתה לשתי קבוצות כאשר כל קבוצה מבצעת פעילות אחרת ואחר כך מסכמים במקביל עבור האוזן והמיקרופון.

### פעילות מספר 1 – האפרכסת

מטרת הפעילות: לבחון את הקשר בין מבנה האפרכסת לעוצמת הקול הנקלט.

דרך הוראה מומלצת: עבודה כיתתית

משך הוראה מומלץ: שעה

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

- \* מטרת הפעילות לקשר בין מבנה האפרכסת ויכולת לרכז את הקול. התלמיד נדרש לתכנן אמצעי שיאפשר להיטיב לשמוע. מכשיר זה אכן היה בשימוש ונקרא שפופרת שמיעה.
- \* אפשר להשתמש בפעילות זו כדי לחזור על מושגי חקר מאחר ופעילות זו היא בעצם ניסוי העונה לשאלות שונות. שאלות אפשריות: האם קיים קשר בין רוכב המשפך ליכולת השמיעה? האם קיים קשר בין אורך הצינור במשפך לטיב השמיעה? האם קיים קשר בין סוג החומר ממנו עשוי המשפך לטיב השמיעה? ניתן לבדוד משתנים, לאסוף תוצאות ולעבד אותם כגרף המתאר את התלות בין המשתנה המשפיע למושפע כשהמושפע הוא מספר התלמידים ששמעו קל מסוים בשימוש באמצעי מסוים (בניסוי מסוג זה חייבים להקפיד על שימוש באמצעי זהה בכל אחת מהבדיקות). הגרף הוא גרף עמודות מאחר ומספר ילדים אינו משתנה רציף.

פעילות מספר 2 – ניסוי הבוחן את הקשר בין גודל קופסת "תוף הפח" לבין עוצמת הקול הנקלט.

\* לבעלי חיים שונים אפרכסות אוזניים שונות. עטלפים החיים במערות אפלות נעזרים בעיקר בחוש השמיעה להתמצאות בשטח. לעטלפים אלו אפרכסות אוזניים גדולות ביותר. בעלי חיים הפעילים בלילה גם הם בעלי אפרכסות אוזניים גדולות כך לדוגמה השועלים. לעומתם החולד החי במחילות באדמה חסר אפרכסות למרות שהוא נעזר רבות בחוש השמיעה. הסיבה שמבנה האפרכסת אינו מתאים לתנועה במחילה. החולד בעל מערכת שמיעה העוקפת את האפרכסת (קטע מידע עמוד 147 ביחידת הלימוד לתלמיד).

### פעילות הרחבה – תפקיד האוזן החיצונית (עמודים 139-140)

מטרת הפעילות: המחשת תפקיד האפרכסת ועור התוף באמצעות דגם

**הערה:** ניתן כאן לדבר על השווה והשונה בין אוזן חיצונית ודגם הממחיש את פעולת האוזן החיצונית.

דרך הוראה מומלצת: הדגמה ודין

משך הוראה מומלץ: שיעור

מושגים

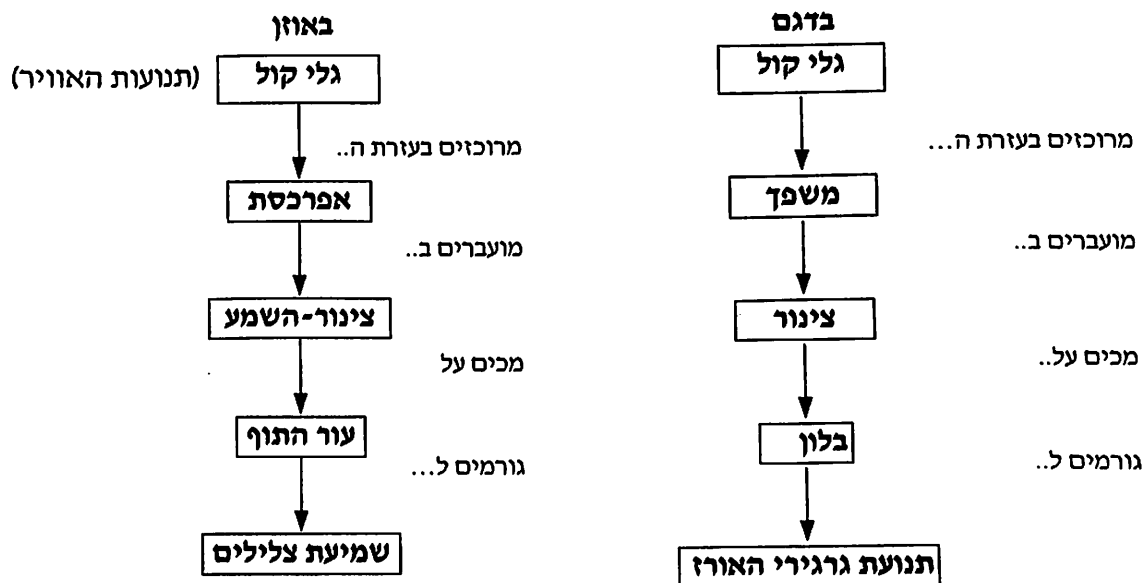
**אפרכסת** - האזור הקדמי ביותר באוזן המשמש למיקוד המידע הקולי.

**צינור השמע** - אזור המקשר בין האפרכסת לעור התוף.

**עור התוף** - קרום דק המקשר בין האוזן החיצונית לאוזן התיכונה (בספרים שונים משייכים אותו לאוזן החיצונית או התיכונה, ביחידה זו עור התוף נכלל כחלק מהאוזן התיכונה).

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* (5): כאשר צועקים לתוך המשפך, קופצים גרגירי האורז המונחים על הבלון המתוח על המשפך השני. השוואה בין תהליך מעבר הקול בדגם ובאוזן



\* כאשר צועקים במקום אחר (ולא לתוך המשפך) גרגירי האורז אינם קופצים. תפקיד המשפך הראשון הוא ריכוז הקול המושמע על ידי התלמיד והעברתו לעבר המשפך השני. תפקיד הבלון המתוח על גבי המשפך השני הוא להמיר את הקול לתנודות. תפקיד הבלון זהה לתפקיד עור התוף באוזן. גירוי הקול (תנודות אוויר) הומר בדגם לאנרגיה של תנועה (תנועת גרגירי האורז).

## תהליך חישת קול שלב ב: פגיעת קול בקרום

תשובות נבחרות, הערות והרחבה (עמודים 141-142)

- \* במקביל לקרום של "תוף הפח" קיים באוזן עור התוף שהוא גמיש ויכול להתנודד כתגובה לקול.
- \* באוזן התיכונה נעשות שתי המרות: קול מומר לתנודות עור התוף, תנודות עור התוף מומרות לתנועה מכנית של עצמות השמע. ב"תוף הפח" המשוכלל ישנן שתי המרות: קול מומר לתנודת הקרום הגורם לסליל חוטי הנחושת להתנודד בסביבת מגנט כתוצאה חלה המרה נוספת לאות חשמלי.
- \* עצמות שמע גדולות מאפשרות הגברת הקול.
- \* (שאלה 1) באוזן מספר רב של רקמות, בקטע מתוארות: רקמה אלסטית ממנע בנוי עור התוף, רקמת שריר המחברת את עור התוף, עצמות השמע הבנויות מתאים בנוי עצם. המטרה שהתלמיד יבין שגם רכיבי האוזן בנויים מתאים שונים בעלי מבנה ותכונות שונות אין שום חשיבות לזכור את שם הרקמות.
- \* (שאלה 2) רקמה אלסטית בנויה מתאים שיכולים לשנות את צורתם להימתח או להתכווץ, רקמת שריר בנויה מתאי שריר המסוגלים להתכווץ, העצם בנויה מתאים המקנים לה חוזק (כאן אפשר להרחיב על חשיבות הסיידן לבניית העצם).
- \* (שאלה 3) בעמוד 142 ביחידת הלימוד מופיע מדרג המתאר רמות ארגון שונות באדם במערכת השמיעה. ניתן לבנות מדרג כגון זה עבור שאלה 3 ולשבץ רכיבים אחרים שאינם מופיעים במדרג כאפרכסת, עצמות השמע.

## תהליך חישת קול שלב ג: תנודות הקרום מועברות לרכיבים אחרים במערכת

תשובות נבחרות, הערות והרחבה (עמודים 142-143)

- \* ב"תוף הפח" תנודות הקרום מומרות באמצעות סליל חוטי הנחושת והמגנט לזרם חשמלי המועבר למחשב לעיבוד. באוזן התהליך מורכב הרבה יותר: תנודות הקרום מומרות לתנועת עצמות השמע. תנועת עצמות השמע פוגעת בקרום נוסף המצוי בפתח האוזן הפנימית. תנודות קרום זה מומרות לתנודות הנוזל שבאוזן הפנימית המניע את השערות שבתאי החישה. תא החישה ממיר את תנועת השערה לאות חדש המועבר לתא עצב הממיר את האות לאות עצבי (אות חשמלי) המועבר למוח.

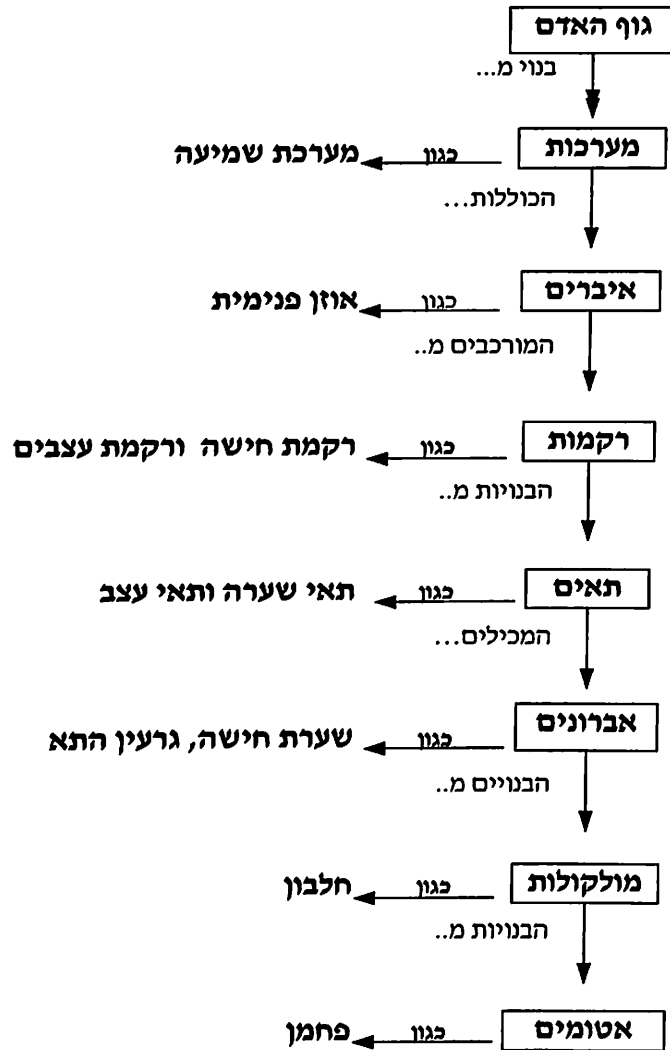
**תהליך חישת קול שלבים ד, ה: המרת התנודות לאות חשמלי המועבר לרכיב שנעשים בו תהליכי עיבוד ומדידה- האוזן הפנימית והמוח.**

תשובות נבחרות, הערות והרחבה (עמודים 143-144)

- \* (1) תאי השערה ממירים את האות לאות חדש המועבר לתאי עצב הממירים אותו לאות עצבי (אות חשמלי), כמו בתאי העצב סליל חוטי הנחושת והמגנט ממירים את האות לאות חשמלי.
- \* (2) בבעלי חיים הרכיב המקבל ומעבד את המידע הוא המוח.
- \* (3)

שלבי תהליך קליטת הקול	"תוף הפח" המשוכלל	אוזן האדם
א. ריכוז קול	באמצעות קופסה.	באמצעות אפרכסת.
ב. פגיעת גל קול בקרום הגורמת לתנודת הקרום.	פגיעת גל קול ביריעת המיילר.	פגיעת גל קול בעור התוף.
ג. תנודת הקרום מועברת לרכיבים נוספים	לסליל חוטי נחושת המתנודד בקרבת מגנט.	לעצמות השמע, מהן לאשנב הסגלגל וממנו לנוזל האוזן הפנימית מימנו לשערות תאי החישה מהן לתאי עצב.
ד. התוצאה היא שהתנודה מומרת לאות חשמלי.	התוצאה היא שהתנודה מומרת לאות חשמלי.	התוצאה המרת הקול לאות חשמלי.
ה. האות החשמלי מועבר לרכיב נוסף במערכת לעיבוד ולתגובה.	מועבר לעיבוד במחשב באמצעות תוכנות לעיבוד קול.	מועבר למוח למדידה ועיבוד.

**מדרג המתאר רמות ארגון באוזן הפנימית:**



\* יש להקדיש זמן למדרג המופיע בעמוד 144 רצוי לצלם אותו לשקף ולהשוות למדרג אחר בגוף האדם (מדרג נוסף תוכלו למצוא ביחידה "מסע בתא החי מבוא למבנה התא ותפקודיו" בהוצאת מכון ויצמן).

**פעילות הרחבה - לשמוע ללא האוזן החיצונית (עמודים 145-146)**

מטרת הפעילות: לבחון האם ניתן לשמוע ללא אוזן חיצונית ועור התוף

**חלק א':** לשמוע קולות באמצעות השיניים

דרך הוראה מומלצת: עבודה בקבוצות ודיון במליאה



משך הוראה מומלץ: חלק משיעור

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* כאשר האוזן החיצונית פתוחה ניתן לשמוע את הקול המופק באמצעות הקיסם.

**הערה:** צריך להדגיש שחלק זה של הניסוי מהווה ביקורת לניסוי.

\* במצב שהאוזניים החיצוניות אטומות, לא ניתן לשמוע את הקול המופק באמצעות הקיסם.

\* כאשר הקיסם אחוז בין השיניים, ניתן לשמוע את הקול המופק באמצעות הקיסם. הקול נשמע חזק מזה שנשמע כאשר הקיסם מצוי מחוץ לפה והאוזניים החיצוניות פתוחות.

\* כאשר הקיסם בחלל הפה אך אינו אחוז בעזרת השיניים, לא ניתן לשמוע את הקול כאשר האוזן החיצונית אטומה.

#### **נסכם:**

ברוב בעלי החיים משמשת האוזן החיצונית כמרכיב למיקוד קולות והעברתם הלאה לאוזן התיכונה והפנימית. כאשר האוזן החיצונית אטומה לקול באופן מכני (הכנסת אטמים, שימוש באוזניות הגנה) או כאשר כתוצאה מחשיפה לקולות חזקים מאוד או דלקות אוזניים נפגעת האוזן החיצונית, יכולת השמיעה נפגעת ואף נמנעת. בניסוי עם הקיסם נמצאה דרך לעקוף את האוזן החיצונית. תנודות הקול מועברות לשיניים מהן לעצמות הלסת והגולגולת לאוזן התיכונה והפנימית. בדרך זו ניתן לשמוע את הנקישות גם כאשר האוזן החיצונית אטומה לקולות.

#### **חלק ב' לשמוע מוזיקה באמצעות השיניים**

מטרת הפעילות: בחלק א' שמע התלמיד רק קול נקישות. בפעילות זו תיושם שיטת השמיעה ללא אוזניים חיצונית לשמיעת מוזיקה.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* ללא רמקולים לא ניתן לשמוע את המנגינה המתנגנת בטייפ.

\* כאשר אין חיבור לרמקולים לא נשמעת מנגינה. אם נחבר למקום חיבור הרמקולים סליל חוטי נחושת המלווה על שיפוד האחוז בין השיניים, נוכל לשמוע את המנגינה כאשר נקרב מגנט.

**הסבר לתופעה:** בחלק א' הראנו שכאשר מכים על גבי השיפוד הוא מתנודד, תנודות השיפוד מועברות לשיניים ומהן לעצמות הלסת ולאוזן התיכונה וממנה לפנימית כתוצאה נשמע קול גם כאשר האוזן החיצונית אטומה לקול.

בחלק ב' מועבר אות חשמלי מהטייפ. אות החשמלי זה מועבר בדרך כלל לרמקול גורם לתנודת הממברנה שברמקול והפקת קול. בניסוי שתואר, מועבר אות חשמלי לסליל חוטי הנחושת המצוי בקרבת מגנט. נוצר שדה אלקטרומגנטי, הסליל מתנודד ומרעיד את השיפוד. תנודות השיפוד מועברות לשיניים ומהן לעצמות הלסת ולאוזן התיכונה וממנה לפנימית. כתוצאה מכך מוחנו מפרש את המידע לקול.

## קטע מידע- בטהובן המלחין החרש

מטרת הקטע: הקטע מדגים כיצד אנשים ששמיעתם נפגעה עכב פגיעה בעור התוף יכולים לשמוע קולות ומוזיקה.

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* התלמיד יכול לפי הידע שרכש בחלקים א-ב לשער שהאוזן החיצונית היא שנפגעה. התלמיד יכול לשער שעל ידי טכניקה כזו שהודגמה בחלק ב' ניתן לאנשים בעלי פגיעה באוזן החיצונית לשמוע.

## חלק ג'- גם החולד שומע ללא אוזן חיצונית

מטרת הקטע: להביא דוגמה מבעלי חיים בה מתרחשת שמיעה ללא אוזן חיצונית

דרך הוראה מומלצת: שיעורי בית

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

### קטע מידע- החולד (א)

\* אם החולד חי במחילות אפלות ניתן לשער שאינו נעזר בחוש הראייה אלא בחושים כחוש הריח, חוש השמיעה, חוש המגע .

\* חוש הראייה בתנאי אפלה כמעט מוחלטת יהיה חסר תועלת לחולד החי בארץ ישראל או לחפרפרת החיה באירופה אך אינה מצויה בישראל.

\* איבר היחידי שנראה בולט בתמונה זו הוא האף ולכן סביר שחוש הריח מפותח. העין נראית מנוונת ואין להבחין באוזן חיצונית.

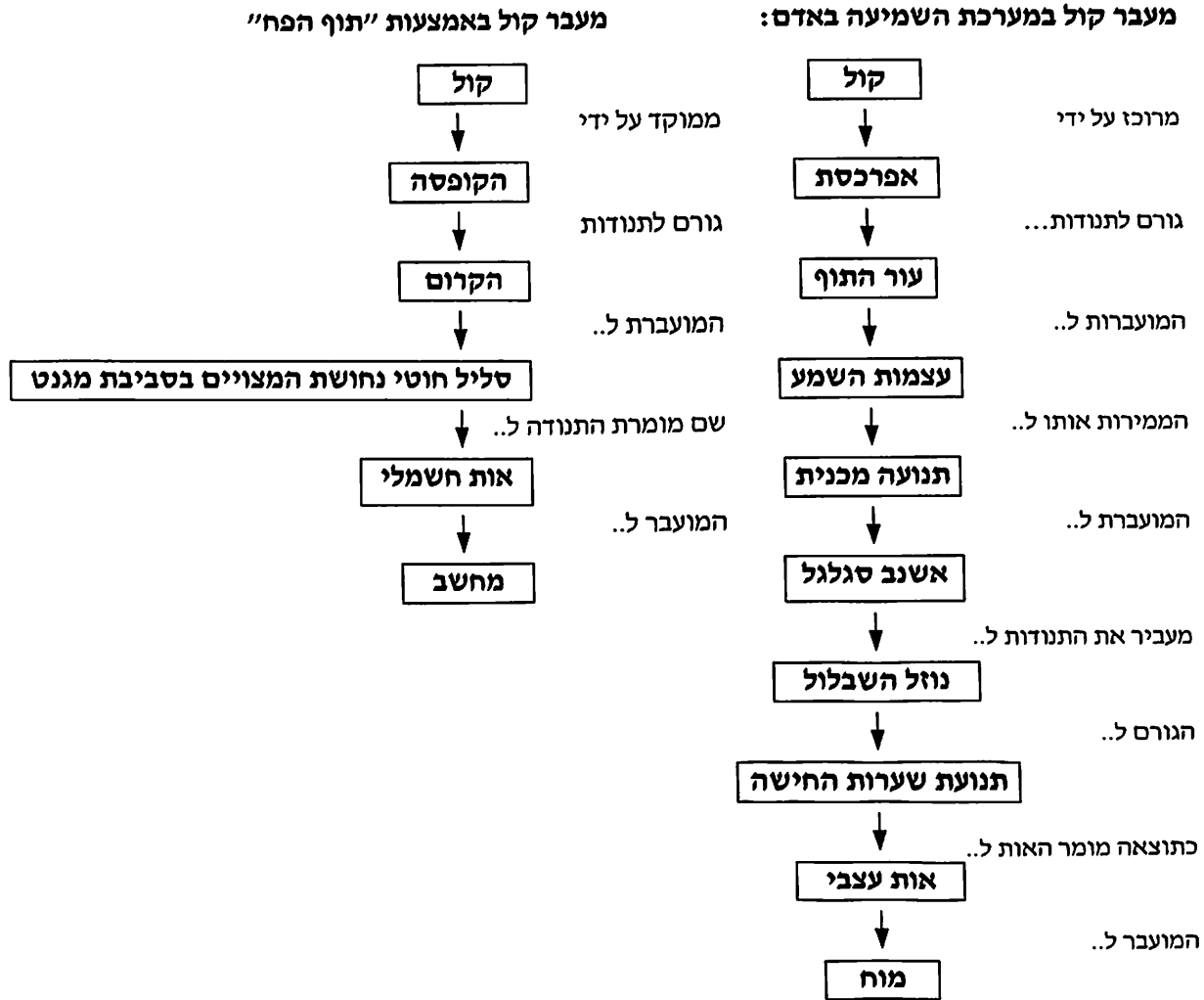
\* אם החולד ייעזר רק בחוש הריח הוא יצטרך להימצא קרוב לפרטים אחרים דבר שעלול לגרום למלחמות ומוות אחד החולדים.

\* לפי התמונה לא נראה שהחולד בעל חוש שמיעה מפותח מאחר ולא ניתן לראות אוזן חיצונית.

### קטע מידע- החולד (ב)

\* תהליך השמיעה בחולד אינו נעשה דרך אוזן חיצונית אלא דרך עצמות הגולגולת לאוזן התיכונה ומשם לאוזן הפנימית. כאשר שמענו באמצעות הקיסם, הועברו תנודות הקול באמצעות הקיסם לעצמות הגולגולת מהן לאוזן התיכונה וממנה לאוזן הפנימית. בשני המקרים לא השתתפה האוזן החיצונית.

פעילות סיכום לתת פרק ג- 3 (עמוד 148):



\* (2) בחיישן הקול שבנינו חסרה מערכת הגברה, תנודות הקרום גורמות ישירות לתנודות הסליל המומרות לזרם חשמלי. באוזן התהליך מורכב יותר. קול גורם לתנודות עור התוף מוגבר ומומר על ידי עצמות האוזן התיכונה, מועבר לנוזל שבשבלול גורם לתנודת שערות החישה. רק אז מומר הגירוי לאות חשמלי.

ג- 3 (2) חשיבות שתי אוזניים (הרחבה)

פעילות מספר 1 - המידע המתקבל מזוג אוזניים (עמוד 149-150)

מטרת הפעילות: לבחון את חשיבות מיקום שתי האוזניים באיתור מקור הקול.

דרך הוראה מומלצת: עבודה כיתתית

משך ההוראה מומלץ: שעה

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* (ג) הנבדק יכול בדרך כלל לזהות את מיקום מקור הקול כאשר מְקִישִׁים במטבעות במקומות שונים בחדר.

\* (ד) כאשר מְקִישִׁים במטבעות מול פני הנבדק, הנבדק מתקשה לזהות את מיקום מקור הקול.

\* (ה) כאשר מְקִישִׁים בדיוק מעל ראש הנבדק, הנבדק מתקשה באיתור מיקום מקור הקול.

\* (ו) כאשר אחת האוזניים אטומה לקול, לא יכול הנבדק לזהות את מיקום מקור הקול כפי שזיהה עם שתי האוזניים.

#### הסבר לתופעה:

כאשר העיניים מכוסות ניתן ברוב המקרים לאתר את הכיוון ממנו מגיע הקול. כאשר העיניים מכוסות ובאותו זמן לא ניתן לשמוע באחת האוזניים, היכולת לאתר את כוון הקול כמעט בלתי אפשרית. כששתי האוזניים שומעות, הקול מגיע לאוזן הקרובה למקור הקול חלקי שנייה לפני הגיעו לאוזן השנייה. כמו כן, לאוזן הקרובה מגיע צליל מעט חזק יותר. שינויים אלו מאפשרים למוח שלנו לקבוע את הכוון והמרחק ממקור הקול. כאשר מקור הקול מצוי מול הפנים או מעל הראש, הקול מגיע לשתי האוזניים באותו זמן ובאותה עוצמה. המידע המגיע באופן זהה לשתי האוזניים, לא מאפשר קביעת כוון מקור הקול.

**שאלה לדיון:** מה משותף בין קביעת מרחק על ידי שתי העיניים וקביעת כוון ומרחק על ידי שתי האוזניים.

**הערה:** בדיון חשוב להשוות בין יכולת קביעת מרחק באמצעות שתי עיניים וקביעת מיקום מקור הקול באמצעות שתי אוזניים. בשני המקרים קביעת המרחק מתבצעת בזכות השינוי שבמידע המגיע מאותו מקור לכל עין או לכל אוזן. השוני במידע מעובד במוח ומאפשר את קביעת המרחק.

נקודות עיקריות שנלמדו בתת פרק ג-3 (מופיעות בעמוד 150 ביחידת הלימוד לתלמיד).

### ג. 4 התאמות וליקויים במערכות השמיעה (הרחבה)

#### ג-4 (1) מערכת השמיעה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות

#### פעילות מספר 1 – גלגולה של מערכת השמיעה ביצורים חיים (עמודים 151-153)

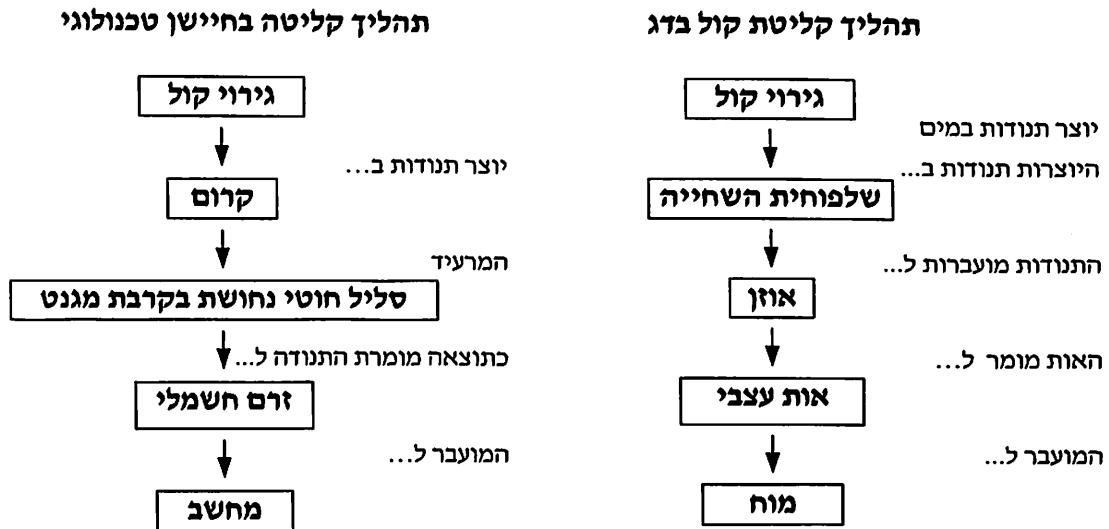
מטרת הפעילות: מעקב אחר התפתחות מערכת השמיעה מהדג בעל מערכת שמיעה פשוטה ועד לאוזן המורכבת באדם. הבנה שמערכת מורכבת מרכיבים בעלי תפקיד ייחודי הפועלים יחד לביצוע תפקיד מסוים. היכרות עם מערכת שמיעה שונות המתאימות לתנאי סביבה שונים ולתפקידים שונים.

דרך הוראה מומלצת: שיעורי בית ודיון בכיתה

משך הוראה מומלץ: שיעור

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* תרשימים המתארים תהליך קליטת קול בדג ובחיישן הטכנולוגי:



\* (מטלות 1):

שם בעל החיים	אוזן חיצונית	אוזן תיכונה	אוזן פנימית
דג	אין	אין	בין 1-3 קשתות, שבלול המכיל תאי שיערה
צפרדע	אין	עור תוף גדול, עצם שמע אחת	3 קשתות, שבלול המכיל תאי שיערה
אדם	אפרכסת וצינור שמע	עור תוף, שלוש עצמות שמע	3 קשתות, שבלול המכיל תאי שיערה

חלקים זהים לאוזן כל שלושת היצורים מופיעים בכתב בולט.

**נקודות לדיון:** חשיבות חוש השמיעה בחיי הדג, הצפרדע והאדם. הקשר בין התפתחות מערכת השמיעה ותפקיד המערכת בחיי היצורים השונים.

## פעילות מספר 2 – סיפורו של מיקרופון

מטרת הפעילות: הצגת היבט טכנולוגי, היסטורי והחברתי של מערכות שמיעה טכנולוגיות

דרך הוראה מומלצת: שיעורי בית

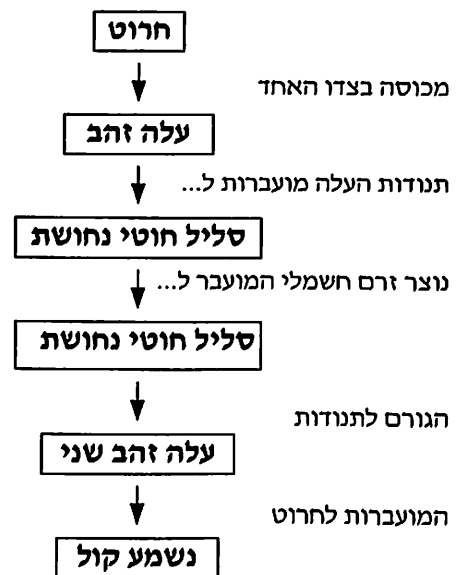
תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* השוואה בין המכשיר שבנה בל לבין "תוף הפח" המשוכלל:

### "תוף הפח" המשוכלל



### מבנה המכשיר שבנה בל



\* (2) המכשיר שבנה בל הוא מעין שני מכשירי "תוף פח" משוכלל הפונים זה אל זה, האחד משמש כמיקרופון והשני כרמקול.

\* השוואה בין אוזן האדם למיקרופון :

אוזן							
רכיבים	אפרכסת	צינור שמע	עור התוף	עצמות השמע	שבלול (תאי חישה)	עצב השמיעה	מוח
תפקיד	מיקוד הקול	העברת הקול	המרת הקול לתנודות מכניות	הגברה והמרה לאנרגיה מכנית	קליטת הגירוי והמרה לאות עצבי	העברת מידע עצבי למוח	עיבוד ותגובה
מיקרופון							
רכיבים	חלל תהודה	קרום מתנודד	סליל חוטי נחושת	מגנט	מכשיר הקלטה		
תפקיד	מיקוד הקול	המרת אות קולי לתנודה מכנית	המרה לאות חשמלי		קליטה עיבוד ותגובה		

נספח: השוואה בין רכיבי מערכות שמיעה שונות.

דג- שלפוחית שמיעה- אוזן תיכונה-אוזן פנימית

צפרדע- עור תוף-אוזן תיכונה-אוזן פנימית

אדם- אפרכסת- צינור שמע- עור תוף-אוזן תיכונה-אוזן פנימית

מיקרופון- קרום- סליל חוטי נחושת ומגנט-חיבור חוטי חשמל ומכשיר הקלטה

2. בכל המערכות גירוי הקול נקלט על ידי קרום (ממברנה) המתנודדת כתוצאה מאינטראקציה עם הקול. בדג משמשת כממברנה השלפוחית, בצפרדע קיים עור תוף באדם קיים עור תוף והמיקרופון קיימת ממברנה מלאכותית מתנודדת. תנודות הממברנה מועברות הלאה ומומרות למידע חשמלי - עצבי ביצורים החיים או חשמלי המועבר למכשיר הקלטה במיקרופון. השוני בין שלושת היצורים החיים הוא מבנה האוזן החיצונית בדג היא חסרה בצפרדע ישנו רק עור התוף ובאדם מופיעה האוזן החיצונית על שלושת חלקיה.

מיקרופון	אדם	צפרדע	דג	
אין	אפרכסת	אין	אין	נוכחות רכיב המרכז את הקול
קרום מלאכותי	עור תוף	עור תוף	שלפוחית שחיה	נוכחות קרום מתנווד
מערכת טרנזיסטורים	עצמות השמע	עצמות השמע	עצמות השמע	נוכחות רכיבים מגבירים
המיקרופון שבנינו מותאם ליבשה	יבשה	יבשה	מים	תנאי סביבה בה נקלט הקול

4. לשלושת היצורים החיים המופיעים בטבלה קיימת אוזן תיכונה ואוזן פנימית. השוני ביניהם הוא מבנה האוזן החיצונית. מיצורים אלו ניתן ללמוד שחוש השמיעה התפתח ביותר ביצורים יבשתיים. מעט מהיצורים החיים במים (מספר דגים או יונקים שחזרו למים) בעלי יכולת שמיעה. בדוחיים יש התחלה של הופעת אוזן חיצונית. מופיע עור תוף גדול אך ללא אפרכסת וצינור השמע. באדם ויצורים יבשתיים מפותחים אחרים מופיעה אוזן חיצונית המרכיבה את שלושת הרכיבים. אפרכסת הממקדת את הקולות ומעבירה אותן הלאה באמצעות צינור השמע ועור התוף המתנווד כתגובה למידע הקולי המגיע אליו.

**הערה:** האוזן החיצונית בבעלי חיים חסרי חוליות, כפרוקי רגליים החיים ביבשה אינה מפותחת כבעלי חוליות. לעשים ולצרצרים קיים רק עור תוף הנמצא בקשר ישיר עם תאי עצב. גם מיקום האוזן יכול להיות במקומות שונים ולא בראש. בצרצרים האוזן ממוקמת ברגל.

#### ג- 4 משוב ובקרה במערכות חישה

מטרת הפעילות: הכרת תהליכי משוב החיוניים לפעילות תקינה של מערכת.

דרך הוראה מומלצת: עבודה יחידנית או שיעורי בית

משך הוראה מומלץ: שיעור



תשובות נבחרות, הערות והרחבה

מספר הקטע	הבעיה	הפתרון	תהליך המשוב
1	שריקת הילדה חלשה מאוד	הכלב מריס את האפרכסות ומפנה אותן לכיוון הקול.	שינוי מצב האפרכסות מאפשר ריכוז הקול טוב יותר של הקול.
2	חשיפה לרעש	שינויים בתכונות עור התוף ובמצב עצמות השמע.	שני השינויים מפחיתים את עוצמת הקול שתגיע לאוזן הפנימית.

ג. 4 (3) התאמת מערכות שמיעה לתנאים שונים

מטרת הפעילות: לבדוק התאמת מערכת השמיעה לתנאי מחייה והתנהגות ביצורים שונים.

דרך הוראה מומלצת: שיעורי בית או עבודת כיתה באופן יחידני.

משך הוראה מומלץ: שעתיים

פעילות מספר 1 – התאמת מערכות שמיעה לתנאי סביבה שונים (עמודים 155-156)

מטרת הפעילות

בקטע הקריאה מתוארים שני יצורים יבשתיים הפעילים בלילה. יצורים אלו תלויים בעיקר בחוש השמיעה ולכן יש להם התאמות ייחודיות המאפשרות הגברת כושר ההבחנה בקולות. הבחנה מדויקת במקור הקול בתנשמת והגברה בירבוע.

הירבוע בעל מערכת שמיעה המותאמת לקליטת קולות חלשים והגברתם. אם ייחשף הירבוע לקולות רמים, יהוו קולות אלו עבורו, מקור רעש העלולים לגרום לנזק.

פעילות מספר 2 – טווח השמיעה בבעלי החיים השונים

מטרת הפעילות: להכיר את השוני בטווח השמיעה של בעלי חיים שונים.

דרך הוראה מומלצת: שיעורי בית ודיון

משך הוראה מומלץ: שעה

**מיומנויות:** קריאה ועיבוד נתונים המופיעים באיור והעברתם לטבלה וחקירת טבלת נתונים:

## מושגים

**גובה צליל** - גובה הצליל נקבע לפי מספר תנודות ביחידת זמן. ככל שמספר התנודות רב יותר גובה הצליל גבוה יותר.

**תדר** - מספר תנודות ביחידת זמן נהוג לציין ביחידות הרץ.

**טווח שמיעה** - התחום אותו שומע בעל חיים מסוים. מהצליל הנמוך ביותר אותו ישמע ועד לגבוה ביותר שישמע

**הערה**: לגודל טווח השמיעה בלבד אין חשיבות ללא ציון גבול עליון ותחתון

**גבול עליון** - התדר הגבוה ביותר אותו ישמע בעל חיים מסוים

**גבול תחתון** - התדר הנמוך ביותר אותו ישמע בעל חיים מסוים

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* טבלה המשווה את טווח השמיעה של בעלי החיים השונים:

שם בעל החיים	גבול עליון (הרץ)	גבול תחתון (הרץ)	טווח השמיעה (הרץ)
עטלף	200,000	5000	200,000-5000
עכבר	100,000	1,000	100,000-1,000
שועל	50,000	20	50,000-20
פיל	20,000	1	20,000-1
אדם	20,000	20	20,000-20

\* (2) בעל החיים בעל טווח השמיעה הרחב ביותר מבין בעלי החיים המוזכרים בטבלה הוא העטלף.

\* (3) האדם בעל טווח השמיעה הצר ביותר מבין היצורים המופיעים בטבלה.

\* (4) הפיל מסוגל לקלוט תדרים נמוכים מאלו אותם קולט האדם (אינפרה-סונים)

\* (5) שועל, עכבר ועטלף מסוגלים לשמוע קולות גבוהים מאלו אותם שומע האדם (קולות אולטרה-סונים).

\* (6) האדם והעטלף מסוגלים שניהם לקלוט קולות בין 5000-20000 הרץ

\* (7) האדם והעכבר מסוגלים שניהם לקלוט קולות בין 1000-20000 הרץ.

## נקודות לדיון:

1. בדיון רצוי להזכיר ששוני בטווח חישה אינו ייחודי לחוש השמיעה אלא קיים גם בחושים אחרים לדוגמה: דבורים אינן רואות צבע אדום אך כן רואות צבע על-סגול, אדם רואה בין האדום לכחול וכיו. חשוב להבין שלא מדובר בפגם בחישה אלא התאמה לצורכי קיום. לאדם אין צורך להבחין

בשבילי צופנים והוא יכול להתקיים גם ללא ראייה בתחום העל-סגול ואילו הדבורה מגיע לצוף באמצעות שבילי הצופנים ולכן עבורה ראייה בתחום העל-סגול חיונית. כך גם לגבי שמיעה. וולדות העכבר מפיקים קולות על-קוליים הנשמעים על ידי האם. מאחר וקולות אלו מושמעים במחילה ואינם מתפשטים לתחום נרחב הסבירות שהן ישמעו על ידי הטורף קטנה. כמו כן, טורפי העכברים ברובם שומעים עד לתדר של כ- 50000 הרץ ואילו גורי העכברים יכולים להשמיע קולות בתדר גבוה יותר. בדרך זו מתאפשרת תקשורת בין האם לוולדות בתחום שאינו נקלט על ידי הטורף לדוגמה, שועל.

2. לו יכולנו לשמוע את כל מגוון הקולות היה הדבר מונע מאתנו להתמקד בקולות החשובים לנו אשר היו נשמעים בבלייל הקולות הרבים. בעיה זו קיימת בחלק מליקויי השמיעה כאשר לא ניתן להבחין בין קולות דיבור וקולות רקע.

#### ג- 4 (4) הרעש

מטרת הפעילות: לבחון מהו רעש וכיצד הוא משפיע על יכולת השמיעה.  
**הערה:** בני נוער נחשפים לרעש לפרקי זמן ארוכים בעיקר במסיבות הופעות ומועדונים, עם זאת אין הם מודעים לכך שרעש יכול להשפיע על גופם ונפשם ואף לגרום לנזק בלתי הפיך.  
דרך הוראה מומלצת: שיעורי בית ודיון אפשר ורצוי להרחיב לפרוייקט

משך הוראה מומלץ: שעתיים ללא הפרוייקט

מיומנויות: חקירת טבלת נתונים, שרטוט גרף מטבלת נתונים, מדידות.

#### מושגים

**רעש** - שקט מוחלט מוגדר ביחידות דציבל כאפס, מוזיקה מרעישה נמדדת בין 120-130 דציבל, רעש של מעל 120 דציבל מוגדר כסף כאב, מעל 175 דציבל הרעש עלול לגרום לנזקים גופניים.  
**מד-רעש** - מכשיר המודד את עוצמת הקול ביחידות של דציבל  
**דציבל** - עוצמת קול נמדדת ביחידות דציבל (עשירית הבל) יחדה הנקראת על שמו של ממציא הטלפון אלכסנדר גרהם בל.

#### רקע מדעי-קול ורעש

הטבע עשיר בצלילים. חוש השמיעה מאפשר לקלוט צלילים אלו ולעבד אותם כמידע על הסביבה בה אנו מצויים. הקול משמש כאמצעי תקשורת תוך וחוף מינית. אך יש וקול יכול להוות מטרד, רעש מטוסים בקרבת שדה תעופה למשל ועוד. מתי נגדיר קול כרעש? רעש מוגדר כקול שאינו רצוי לאוזן האדם. זו הגדרה סובייקטיבית התלויה במצבו ובגילו של האדם. טווח גלי הקול שאוזן האדם שומעת נקרא מצלול והוא בערך 16-20000 הרץ. צליל בעל תדר אחד נקרא טון. מספר תדרים יוצרים צליל. כאשר היחס בין התדרים קבוע הצליל הרמוני, ונעים לאוזן. רעש מוגדר הן כאשר התדרים אינם שומרים על

יחס קבוע והן כאשר עוצמת הקול גבוהה. עוצמת הקול החלשה שאוזן האדם תשמע נקראת סף שמיעה ואילו עוצמה מכסימלית נקראת סף כאב.

כדי לקבוע אם קול מסוים הוא רעש נעזרים במד רעש הקובע אובייקטיבית את עוצמת הרעש. מד רעש בנוי ממיקרופון הקולט את הקול, ממיר אותו לאות חשמלי, מגביר אותו כך שניתן יהיה למדוד אותו. באמנה בינלאומית נקבע, שבכל מד רעש יהיו מסננים חשמליים שיסננו את כל הטונים שתדירותם נמוכה מ 250 הרץ וגבוהה מ 4000 הרץ. עוצמת הקול מומרת לבסוף ליחידות פון, סון או דציבל (אין אחידות בארצות שונות). סף השמיעה מבוטא כאפס וגבול עליון הוא סף כאב 125 דציבל. רעש בעוצמה של 85 דציבל בחשיפה של שמונה שעות יכול לגרום לאובדן השמיעה. מעל 130 דציבל הרעש מסוכן לבריאות גם בחשיפה קצרה. חשיפה ל- 160 דציבל גורמת לחירשות מיידית, מעל 190 דציבל הרעש גורם לנזקים חמורים ביותר העלולים לגרום אפילו למוות (בסרטים מסוימים הובאה שיטת עינוי באמצעות קול הגורמת לנזק נפשי וגופני כאחד).

מקור רעש	עוצמת רעש בדציבל
שואב אבק	70
מכונית	80
רעש תחבורה חזק	90
בית חרושת	100
דיסקוטק	130
צפירה ואזעקה	140
המראת מטוס סילון	160

רמת הרעש במועדונים בארץ: בין 90 דציבל ל- 125 דציבל.  
קול אדם: קול רגיל כ- 60 דציבל, קול רם כ- 70 דציבל וקול חזק כ- 85 דציבל.

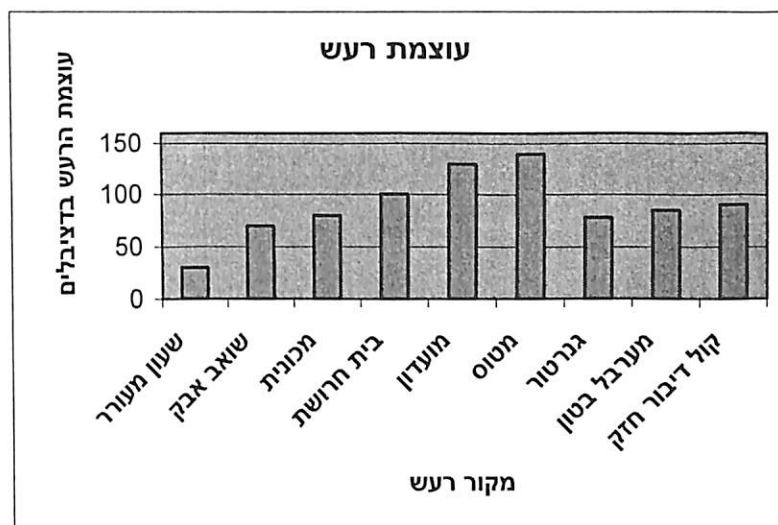
### השפעת הרעש על האדם

רעש נקלט הן דרך האוזן והן דרך שטח פני הגוף. מפני הגוף הרעש הנקלט הוא מעוצמה של 120 דציבל ומעלה. השפעה פיזיולוגית מתבטאת בפגיעה ישירה באוזן. רעש של כ- 65 דציבל גורם לעצבנות, הפרעות שינה והפחתת ערנות. רעש מעל 65 דציבל מוגבר קצב נשימה, פעימות לב לחץ דם ועוד. חבלה אקוסטית מתחילה בשבלול ומועברת למערכת העצבים המרכזית (תלמוס, היפותלמוס והיפופיזה). פגיעה בהיפופיזה גורמת להפרעה במערכת נשימה, לעלייה בלחץ דם, להפרשה מוגברת מבלוטות פנימיות, להפרעה במערכת העיכול ולירידה בפוריות. חשיפה קצרה לרעש חזק יכולה לגרום להיסט שמיעה זמני. לעומת הרעש ברפואה חלופית משתמשים בצלילים מסוימים להרגעה (גלי ים, רשרוש עלים ועוד).

חיות בר אינן רגילות לרעש וכל רעש גורם להן למנוסה וחרדה. רעש מעל 80 דציבל כבר אינו נסבל עבור חיות מחמד. במכרסמים נמצא שרעש גרם להפלת עוברים, לחרדות ולעליה בתחלואה. חתולים רגישים יותר לרעש ובורחים מבית בו יש רעש חזק.

אמצעי הגנה מפני רעש: הפחתת מקור הרעש (ציפוי קירות בחומר מבודד, הקמת מחסום רעש (סיכוך אקוסטי), הגנה על קולט הרעש (אוזניות, אטמי אוזניים), חוקים למניעת רעש ואכיפתם

**תזכורת:** גובה הצליל תלוי במספר תנודות ביחידת זמן (תדר). נהוג לציין זאת ביחידות תדירות הנקראות הרץ (שנייה/1). עוצמת הקול נקבעת לפי המשרעת ונמדדת ביחידות של דציבל (עשירית הבל) \* הצגת הנתונים שבטבלה בעמוד 159 ביחידת הלימוד בצורת גרף עמודות:



### מוסיקה מחרישת אוזניים

ממצאי מחקר שנעשה בשנת 1997 באוניברסיטת פלורידה מראים כי כ- 17% מבני הנוער בארצות הברית עלולים לסבול מירידה בשמיעה עקב חשיפה למוזיקה במועדונים, מוזיקה בהופעות, מוזיקה בזמן נסיעה ברכב ועוד. ככל שהחשיפה למוזיקה רועשת גדולה יותר ונמשכת לאורך זמן רב יותר, קיימת סכנה רבה יותר לאובדן חלק מיכולת השמיעה. הנזק מתבטא בנוק לתאי השערה המצויים באוזן הפנימית. כשתאי השערה אינם מגיבים לצליל, לא מועבר אות עצבי למוח. נזק למספר תאים קטן מספיק כדי לגרום לאובדן שמיעה חלקי. הירידה בשמיעה היא אינדיווידואלית, יש שיגיבו באובדן שמיעה ויש שיקשיבו לאותה מוזיקה ולא יפגעו. הנזק הנגרם הוא בלתי הפיך, ולעיתים יתבטא רק כעבור מספר שנים (הרעש- השפעתו השלילית ומניעתה ד"ר עזרא קורין, שולמית מיכאל איתנים 7 (כרך כ"ו)). בשנת 1970 פרסם המנהל לבריאות בעבודה בארצות הברית את משך הזמן שניתן להיחשף לרעש ללא פגיעה בשמיעה (בהופעות מוזיקה הרעש הוא כ- 120 דציבלים):

הקשר בין עוצמת הרעש והזמן המכסימלי שניתן להיחשף לרעש ללא פגיעה בשמיעה

מספר שעות חשיפה ביום	עוצמת הרעש (דציבל)
8	80 <
4	95
1/2	110
1/4	115

\* כאב מורגש כשעוצמת המוזיקה מעל 140 דציבלים אך הנזק נגרם כבר ב- 90 דציבלים

ג 4 (5) ליקויי שמיעה

מטרת הפעילות: מתוך הכרת מערכת השמיעה ותפקיד רכיביה מתבקשים התלמידים לשער כיצד

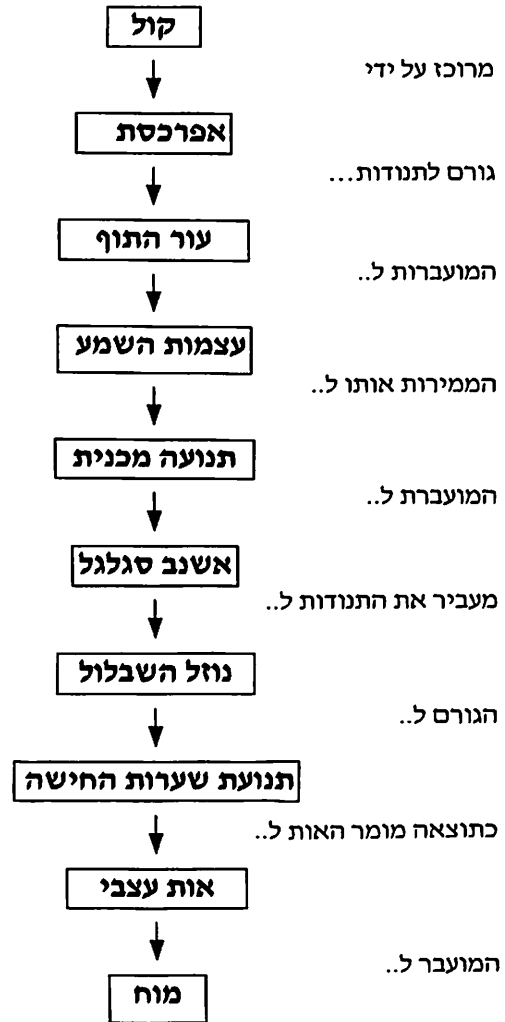
פגיעה ברכיב מסוים תפגע בתהליך השמיעה.

דרך הוראה מומלצת: עבודה בקבוצות

משך הוראה מומלץ: שתיים

תשובות נבחרות, הערות והרחבה

\* תהליך קליטת קול באדם :



\* (2) אם הקול לא יומר לתנודות עור התוף המידע לא יגיע למוח, המרות לא נכונות יגרמו להעברת מידע לא נכון למוח. אי עברת אות עצבי למוח תמנע את התגובה של היצור לקול.

\* (3) תשובות אפשריות

הרכיב הנפגע	הנזק הנגרם	פתרון טכנולוגי	פתרון ביולוגי/רפואי
סתימה של צינור השמע	שמיעה לקויה		שחרור הסתימה באמצעות טיפול רפואי
דלקת ממושכת בעור התוף	פגיעה בשמיעה עד לחירשות		בהתאם לצורך ניתוח לתיקון עור התוף
תאי השערה	ירידה בשמיעת צלילים בתדירות מסויימת.	מכשיר שמיעה	שימוש בחוש הראייה ל"קריאת שפתיים".

\* טבלה המתארת עבור כל אחד מהמקרים את סיבת הלקות, ליקוי גנטי או ליקוי נרכש, שלב הפגיעה והרכיב שנפגע

המקרה	הסיבה ללקות	ליקוי מולד/נרכש	ליקוי זמני/קבוע	שלב החישה שנפגע	הרכיב שנפגע
1	דלקת אוזניים	נרכש	זמני שיכול להפך לקבוע אם לא יינתן טיפול	המרת הקול	אוזן תיכונה
2	הרס תאי שערה כתוצאה מתהליכי זקנה	נרכש	קבוע	המרת הגירוי לאות עצבי	תאי השערה
3	הצטברות שעווה	נרכש	זמני	העברת הקול	צינור השמע



לקות שמיעה ומכשירי שמיעה פעילות באמצעות משדרי טלוויזיה (עמודים 163-164)  
עובד בעזרת צוות רכזות מדעים בטלוויזיה החינוכית

שמות המשדרים: ליקויי שמיעה- 13 דקות  
מכשיר שמיעה דיגיטאלי- 5 דקות  
המשדרים בקלטת חושים ותקשורת קוד 52-45

- מומלץ לצפות ראשית במשדר "ליקויי שמיעה" ורק אחר כך לעבור למשדר "מכשיר שמיעה דיגיטאלי".  
המשדר "ליקויי שמיעה" מהווה חזרה טובה על מספר נושאים שנלמדו בפרק ג' (מקול לשמיעה):
1. מבנה ופעילות האוזן.
  2. אפיון גל הקול: משרעת, תדירות, גובה הצליל, חוזק הצליל.  
המשדר מקנה ידע חדש בנושאים הבאים:
  1. סיבות לליקויי שמיעה, סוגי ליקויי שמיעה, מכשירי שמיעה שונים, תקשורת עם לקויי שמיעה.
  2. מכשירי שמיעה שונים: דיגיטאלי ואנלוגי.

לאחר צפייה + עבודה עם משדר זה ניתן לעבור למשדר השני "מכשיר שמיעה דיגיטאלי". במשדר זה מוצגות הבעיות הקיימות ללקויי שמיעה ביכולת קליטת דיבור, תהליך פיתוח מכשיר שמיעה דיגיטאלי, תהליך חישת קול על ידי חישן טכנולוגי.

המשדר: מכשיר שמיעה דיגיטאלי

הסדרה: תצפית לעתיד

נושא המשדר: פיתוח מכשיר שמיעה דיגיטאלי המאפשר קליטת קול דיבור בלבד

הקטע המומלץ לצפייה: כל המשדר

משך המשדר: 5 דקות

תקציר המשדר: מכשירי השמיעה המצויים כיום בשימוש, אינם מסוגלים להבחין בין

רעשי הרקע לבין קולות הדיבור שהמשתמש מעוניין לשמוע. בחברת

"יוניטרון" פתחו מכשיר שמיעה היכול לסנן את רעשי הרקע ולהשמיע

ללקויי השמיעה אך ורק את קולות הדיבור.

אופן ההגשה: קריינות אנגלית עם כתוביות בעברית

אוכלוסיית יעד: כיתות ח-ט,

התאמה לתכנית לימודים:

נושא מרכזי: תופעות, מבנים ותהליכים ביצורים חיים (צמחים ובעלי חיים). תת נושא: חושים. נושאים/ תת נושאים קשורים: מערכות טכנולוגיות, עיבוד מידע.

הערות והארות:

מכשירי השמיעה המצויים בשוק קולטים בתחום תדירויות מסוים ומגבירים את הנקלט כך שישמע על ידי האדם המרכיב מכשיר זה. המכשיר הספרתי ממיר את המידע הקולי ומעבירו לעיבוד במחשב דבר המאפשר הורדת צלילים מסוימים מהמגוון שנקלט והעברת מידע מעובד לאדם הנעזר במכשיר זה.

הצעה לפעילות

דרישות קדם

לימוד פרק א' וגי' מהיחידה "חושים וחיישנים" תוכניות מטמו"ן מכוון ויצמן. פרק א- 4 עוסק בתהליך קליטת גירוי על ידי חיישן טכנולוגי. פרק ג' : מקול לשמיעה עוסק בקול ובמערכות שמיעה בחי ובטכנולוגיה. רצוי לצפות ולבצע את הפעילויות למשדר "ליקוי שמיעה" לפני התבוננות במשדר "מכשיר שמיעה דיגיטאלי". כדאי לחזור על אפיון הקול, משרעת תדירות, עוצמת הקול וגובה הקול.

פעילות לפני צפייה

כדאי לדבר עם התלמידים על סיבות שונות לליקוי שמיעה ולדון עמם על השפעת הרעש על יכולת השמיעה. רצוי להעלות את הנושא החברתי, השונות של אדם לקוי שמיעה, הצורך בהרכבת מכשיר שמיעה, אסטטיקה, נוחות ועוד.

צריך להסביר לתלמידים שרוב המכשירים הנמצאים בשימוש היום קולטים תחום תדירויות מסוים ומאפשרים את הגברתו. המכשיר הדיגיטאלי עליו ידובר במשדר, קולט את הקול בתחום תדירויות מסוים וממיר אותו לאות הנקלט במחשב.

פעילות בזמן צפייה (ראו ביחידה לתלמיד עמוד 164)

פעילות לאחר צפייה

מטלות הצפייה יועלו ויוצגו בפני המליאה, התלמידים ישוו בין תהליך החישה שתואר בסרט לזה שהם חקרו באמצעות המיקרופון מעשה בית (בפרק ג' "חושים וחיישנים"). התלמידים ידונו בתהליך התיכון המתואר בסרט יבחנו שלבים שתוארו ויעלו השערות בקשר לשלבים בהם לא דן הסרט. בהמשך יתמקד הדיון בבעיות חברתיות:

1. הצורך בהרכבת מכשיר שמיעה, שונות, יופי ואסטטיקה, נוחות.
2. בעד ונגד המכשיר הספרתי המאפשר העברת קול דיבור בלבד.
3. תפיסת העולם של אנשים הנעזרים במכשיר שמיעה סיפרתי ואינם קולטים את שאר קולות הרקע.

הערה : ניתן לאפיין את המשדר כסוגיית S.T.S המציגה היבט מדעי, טכנולוגי וחברתי :  
S : החלק המדעי המופיע במשדר דן בתהליך קליטת גירוי חיצוני (קול).  
T : החלק הטכנולוגי במשדר מתאר את שלבי תיכון מכשיר שמיעה דיגיטאלי.  
S : החלק החברתי דן בבעיות לקויי השמיעה ושילובם בחברה השומעת.

## נקודות עיקריות שנלמדו בפרק ג: מקול לשמיעה

### ג- 1 על הקול

- \* קול נוצר במקרים רבים כתוצאה מגוף המתנדנד הלך ושוב.
- \* ביצורים שונים יש דרכים שונות להפקת קולות.
- \* באדם הפקת הקול נעשית באמצעות מיתרי הקול.
- \* גל קול הוא התקדמות של "הפרעה" במרחב המועברות על ידי חלקיקי החומר.
- \* קול עובר בחומרים שונים בעוצמות שונות ובמהירויות שונות.
- \* ישנם חומרים שהם מוליכי קול טובים וישנם שאינם מוליכי קול טובים.
- \* אין מעבר קול בריק.
- \* קול הפוגע בגוף ומוחזר ממנו מכונה הד.

### ג- 2 לחוש את הקול

- \* במערכת טכנולוגית גל קול פוגע בקרום וגורם לקרום להתנדנד, התנדודות מועברות לסליל חוטי נחושת ומגנט הממירים את האות לאות חשמלי.
- \* במערכת שמיעה ביולוגית פשוטה גל קול פוגע ברכיב כגון שלפוחית השחייה. השלפוחית עוברת שינוי הגורם לתנדודות נוזלי הגוף. התנדודות נקלטות על ידי תאי השערה באוזן הפנימית הממירים אותם לאות עצבי.

### ג- 3 מקול לשמיעה

- \* האוזן באדם בנויה משלושה חלקים: אוזן חיצונית, תיכונה ופנימית.
- \* תפקיד האוזן החיצונית והתיכונה להגביר את הגירוי ולהמיר אותו מספר פעמים.
- \* באוזן הפנימית מצויים תאי חישה (תאי שערה) הממירים את הגירוי לאות עצבי המועבר לאזור השמיעה במוח.
- \* מקום שתי האוזניים בצדי הראש מאפשר קביעת מקום מקור הקול.
- \* במערכת טכנולוגית גל קול מרוכז על ידי רכיבים מסוימים, פוגע בקרום. תנדודות הקרום מומרות לאות חשמלי המועבר למערכת בעלת יכולת לשמר את המידע. ברוב המערכות יש רכיבים נוספים שתפקידם להגביר את הקול הנקלט.

### ג- 4 התאמות וליקויים במערכות חישה

- \* מערכת שמיעה מורכבת מכמה רכיבים המשפיעים זה על זה ומושפעים זה מזה ויחד מבצעים את תהליך השמיעה.

- \* מערכת שמיעה פשוטה מצויה ביצורים החיים במים, במקביל ליציאה מהמים ולמעבר לחיי יבשה התפתחה האוזן והופיעה האוזן החיצונית.
- \* תהליכי משוב ובקרה מבטיחים את תפקודה התקין של מערכת השמיעה בתנאים משתנים.
- \* לבעלי חיים שונים מבנה אוזן שונה בהתאמה לסביבות חיים שונות.
- \* רעש משפיע על איכות השמיעה וגם על פעילויות אחרות בגוף כגון קצב הלב.
- \* פגיעה או חוסר ברכיב במערכת השמיעה בדרך כלל גורמים ללקות שמיעה.

## 8. נספח: השוואה בין מערכת השמיעה למערכת הראייה

שתי המערכות הביולוגיות מורכבות מרכיבים שונים. במערכת הראייה והשמיעה יש אומנם רכיבים בעלי מבנה שונה אך בעלי תפקיד דומה.

תפקיד	ראייה	שמיעה
אתר כניסת הגירוי למערכת	אישון	אפרכסת, צינור השמע
מיקוד הגירוי	קרנית, עדשה	אפרכסת
הגברת הגירוי	בחרקי לילה הורדת הצבען, ביונקי לילה שכבת הטפטום, תאי קנים	עצמות השמע
יצירת אינטראקציה עם הגירוי	הרשתית המכילה תאי קנים ומדוכים	השבלול המכיל תאי השערה
המרת הגירוי לגירוי חדש	בשני מקרים אלו לאות עצבי	
העברה עצבית	עצב הראייה	עצב השמיעה
אזור פענוח במוח	קיים אזור ייחודי עבור כל אחד מהגירויים	

קווים דומים בין מערכת חישה טכנולוגית וביולוגית:

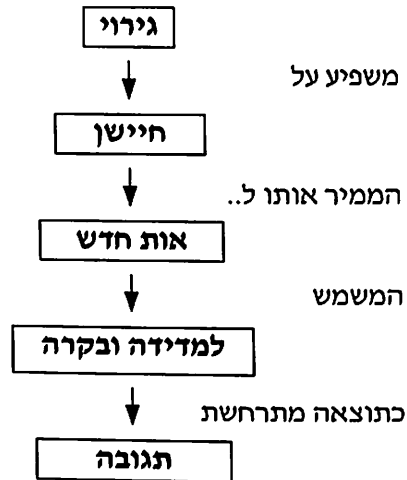
- א. מערכת החישה כוללת רכיבים שונים בעלי אינטראקציה ביניהם.
- ב. לרכיבים השונים תפקידים שונים בתהליך גירוי-תגובה
- ג. בשתי המערכות קיים גירוי חיצוני למערכת המשפיע על החיישן.
- ד. החיישן ממיר את הגירוי החיצוני לאות חדש המועבר הלאה במערכת, כתוצאה מכך חלה תגובה.
- ה. בשתי המערכות קיימים רכיבים המגבירים את הגירוי.

### סיכום

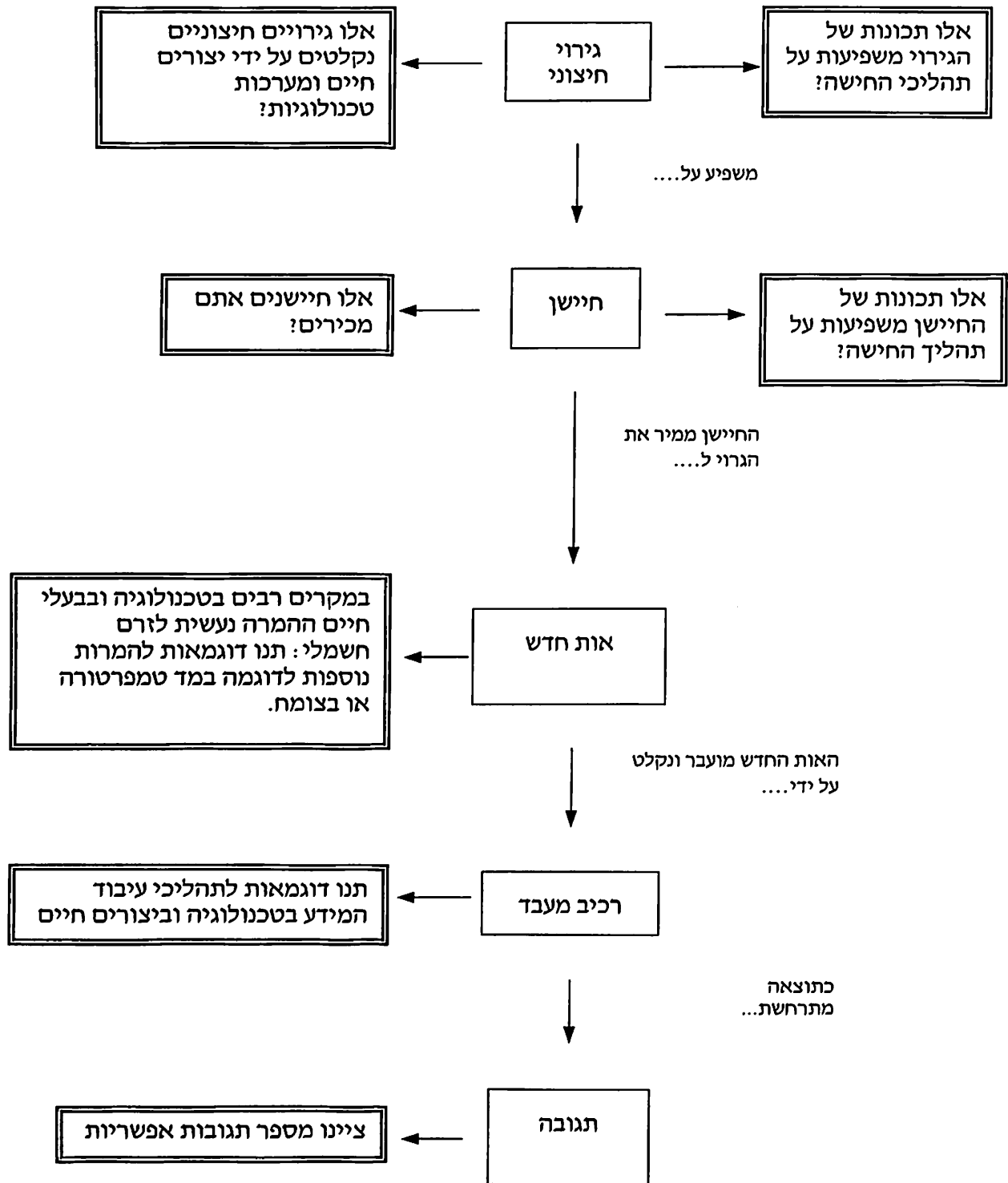
- א. מערכות ראייה המותאמות לראייה ביבשה אינן מותאמות לראייה במים ולהפך.
- ב. מערכות שמיעה המותאמות לשמיעה במים אינן מותאמות לשמיעה באוויר ולהפך.
- ג. מערכות חישה של יצורים חיים ומערכות חישה טכנולוגיות מכילות רכיבים המותאמים לתפקיד המערכת והתנאים הסביבתיים בהם פועלת מערכת זו.

## 9. פעילות סיכום בנושא חושים וחיישנים

בספר זה התמקדנו בתהליך קליטת גירוי מהסביבה החיצונית ביצורים חיים ובטכנולוגיה. את תהליך קליטת הגירוי ניתן לסכם בתרשים הבא:



אספו מידע על החושים השונים בבעלי חיים, תהליכי חישה בצמחים וחישה במכשירים טכנולוגיים היעזרו בשאלות המופיעות בתרשים בעמוד הבא.





הערות ורעיונות לתהליך איסוף המידע:

תהליך איסוף המידע יכול וצריך להוביל להעמקה והרחבה של נושא החושים והחיישנים. כדי שאכן יענה על מטרה זו עלינו להקנות לתלמידים מיומנויות איסוף מידע, עיבוד מידע והצגת המידע. אין הכוונה בעשיית פרוייקט לכל שלביו (עליו נרחיב בהמשך) אלא התמקדות במיומנות אחת בלבד.

מטרת הפעילות:

לאפשר העמקה אוטנטית ורלוונטית לכל תלמיד ותלמיד.

להקנות מיומנות תקשורת מדעית.

להקנות מיומנויות למידה עצמית.

שלב העבודה:

- א. התלמיד יבחר תחום עניין הקשור למטלות המובאות בתרשים המוצג בפעילות הסיכום.
- ב. התלמיד ילמד לאתר מידע ממקורות מידע מגוונים (ניתן להיעזר בחוברת "תקשורת מדעית טכנולוגית" מאת ד"ר זהבה שרף ענת איכר-שוהם ואורנית ספקטור-לוי בהוצאת מכון ויצמן).
- ג. התלמיד יאתר מידע רלוונטי.
- ד. התלמיד ילמד להכיר מבנה של מאמר מדעי.
- ה. התלמיד יכיר דרכים לעיבוד מידע (ניתן להיעזר בחוברת "תקשורת מדעית טכנולוגית" מאת ד"ר זהבה שרף ענת איכר-שוהם ואורנית ספקטור-לוי בהוצאת מכון ויצמן).
- ו. התלמיד יעבד את המידע שאיתר באחת הדרכים שלמד.
- ז. המידע שאותר על ידי התלמידים יועבד לפוסטר בו יופיע שם המאמר, כותב המאמר, העיתון ממנו נלקח, שנת ההוצאה, מבוא, עיבוד המידע כפי שבוצע על ידי התלמידים, מסקנות ורצוי גם לשלב קול אישי של התלמידים.

## רעיונות למזרה

גירוי

- א. תכונות גירוי כימי ריח וטעם: ריכוז הגירוי, נדיפות הגירוי, חשיבות מצב צבירה שבו מצוי הגירוי, מבנה מרחבי של המולקולה.
- ב. גירוי קול: חוזק הקול (משרעת) גובה הקול (תדירות).
- ג. גירוי אור: צבע האור, חוזק האור

אלו תכונות של הגירוי משפיעות על תהליך החישה?

א. ניתן להרחיב על חושים שלא נלמדו ביחידה:

אלו גירויים חיצוניים נקלטים על ידי יצורים חיים ומערכות טכנולוגיות?

חוש הזמן, חישה מגנטית, חוש טמפרטורה, חיזוי מזג אוויר על ידי בעלי חיים שונים, חישת חשמל כמו כן ניתן להרחיב על חוש הריח

חוש הטעם וחוש המגע עליהם דברנו באופן מצומצם (היעזרו בספר "עולם החושים" ג'ון דאונר הוצאת מודן). חישה בצמחים ניתן לחפש מידע על חוש מגע בצמחים טורפים ולהרחיב את המידע על חישת אור וטמפרטורה בצמחים. כן ניתן לחפש מידע על מערכות טכנולוגיות שונות החל באלו הקרובות לנו המצויות בביתנו, מערכות חישה במכונית ומערכות חישה המשולבות בתעשייה.

חיישן

- א. טווח החישה לגירוי מסוים, סף עליון גבול תחתון ב. סוג/סוגי הגירוי לו מגיב החישה. ג. האם החיישן מותאם לפעול בתנאים מסוימים בלבד. ד. למה ממיר החיישן את הגירוי המקורי. ה. האם החיישן קשור למערכת עיבוד, בקרה ותגובה

אלו תכונות של החיישן משפיעות על תהליך החישה?

חיישנים בעולם היצורים החיים אלו

הם תאי החישה השונים (ניתן להרחיב ולדבר על קולטן). חיישנים לטעמים שונים בלשון באדם חיישני טעם ברגלי הזבוב ועוד

אלו חיישנים אתה מכיר?

חיישנים טכנולוגיים שונים כגון אלו שבמכונית (לטמפרטורה, כמות דלק, כמות מים, חיישנים שבכריות האוויר ועוד) (ניתן למצוא מידע רב בקטלוגים מסחריים דרך האינטרנט).

## המרת הגירוי

במקרים רבים בטכנולוגיה ובעלי חיים ההמרה נעשית לזרם חשמלי: תנו דוגמאות להמרות נוספות לדוגמא במד טמפרטורה או בצומח

בצומח החסרים מערכת עצבים הגירוי אינו מומר לאות עצבי אלא מומר לאות כימי-הורמון צמחי.

במד הטמפרטורה המכיל כספית או נוזל אחר שינוי בטמפרטורה גורם לעליה או ירידה בנפח הנוזל ניתן לומר ששינוי הטמפרטורה הומר כשינוי בנפח.

## רכיב מעבד

תנו דוגמה לתהליכי עיבוד בטכנולוגיה וביצורים חיים.

ביצורים חיים ניתן לדבר על תעתועי חושים כיצד המוח מעבד את המידע שהגיע מהחיישן שילוב מידע מחושים שונים, או הטעית חוש אחד את השני.

בטכנולוגיה ניתן לדבר על מערכות בקרה המשוות את גודל הגירוי לגירוי מבוקש לדוגמא מערכת השקיה, המידע המתקבל הוא לחות הקרקע ולפיו מערכת הבקרה תאפשר השקיה נוספת או תמנע השקיה נוספת. שילוב מידע מכמה חיישנים כדי לקבל החלטות לדוגמא מיון פירות לחו"ל (חיישן צבע, חיישן מגע וחיישן טמפרטורה המאפשר מידע על ריקבון). מצלמה אוטומטית בה נקבע גודל וזמן פתיחת הצמצם לפי מד-אור המצוי במצלמה ועוד.

## תגובה

ציינו מספר תגובות המתרחשות לאחר קליטת הגרוי

תגובה טכנולוגית, לדוגמה: שינויי בפעילות מנוע המזגן בהתאם

לטמפרטורה בחדר, פתיחת או סגירת מגוף השקיה לפי מידע על לחות האדמה, פתיחת כריות האוויר במכונית ועוד. בעולם היצורים החיים חישת גירויים חיצוניים מאפשרת בין השאר תהליכי תקשורת. לדוגמה תנועת וצבעי זנב הטווס למשיכת הנקבה, ריח הפרומון בעש המוביל למציאת הנקבה והתנהגות הזדווגות, ריחות בטרמיטים המבקרים את מספר החיילות שיתפתחו, תנועת עלי הכותרת פתיחה וסגירה בהתאם לאור או תנועת העלים לכיוון האור. ריחות מסמני טריטוריה מציאת טרף באמצעות הדים בעטלפים, מציאת הבית באמצעות שדות מגנטים ועוד

# 10. שילוב "למידה באמצעות פרויקטים" בתוכנית "חושים

## וחיישנים"

מטרות

פיתוח סקרנות, יצירתיות ועניין בתחומי המדע והטכנולוגיה.

הקניית מיומנויות למידה עצמית

הקניית מיומנויות עבודת צוות

הקניית מיומנויות תקשורת מדעית

הקניית מיומנויות חקר

שילוב "למידה באמצעות פרויקטים" בתוכנית "חושים וחיישנים"

לימוד באמצעות פרויקטים מאפשרת לתלמיד ללמוד נושא באופן עצמאי להעמיק ולהרחיב נושא שנלמד בכיתה באופן אוטנטי ורלוונטי לו. למידה בצורה זו מאפשרת לכל תלמיד בכיתה הטרוגנית להתמודד עם הנושא ברמה ובאופן המתאימים לו. מומלץ להתחיל את התהליך באופן אישי ורק לאחר איתור הנושאים לצוות את התלמידים בקבוצות עניין תוך שמירה על חלוקת עבודה בצוות ומתן משוב ורפלאקציה על עבודת הצוות בסיום התהליך.

את תהליך הפרויקטים יש להתחיל רק לאחר שנלמד חלק מחומר הלימוד והוקנו מספר מושגי יסוד. רצוי ללמד לפחות את פרק א על כלל החושים ועל החיישן. יש להקנות את תהליך החישה משלב הגירוי עד לשלב התגובה.

מומלץ להיעזר בחוברת "תחקירנות מדעית טכנולוגית" מאת ד"ר זהבה שרץ, ענת איכר-שוהם ואורנית ספקטור-לוי ו"למידה באמצעות פרויקטים במדע וטכנולוגיה" מאת ד"ר אביבה בריינר, ד"ר שרמן רוזנפלד ואורנה פליק בהוצאת מכון ויצמן.

שילוב עבודת הפרוייקט משולב שלבים שיבוצעו על ידי התלמידים ועל ידי המורים

1. **מורה** - תערוכה להצגת היבטים שונים מתחום החישה- מטרת התערוכה להוות גירוי לתלמידים לבחירת נושא הפרוייקט. מומלץ לשלב קטעי סרטים (ראה רשימה בסוף המדריך), קטעי מידע הקשורים לנושא (ניתן לשלב קטעים מספר השיאים של גינס המצביעים על עובדות יוצאות דופן), תמונות המראות אברי חישה (לדוגמא: זבוב הטועם ברגליו לקוח מספריית life, ניסויים מרתקים (לדוגמא: כפיות המשנות את צבען כתגובה לשינויים בטמפרטורה), אתר אינטרנט העוסק בחישה, מאמרים וספרים בתחום.
2. **תלמיד** - בחירת תחום העניין.

3. **תלמיד** - חיפוש מידע במקורות מידע מגוונים.

**הערה:** רצוי להקדיש זמן לפני תחילת עבודת הפרויקט ללימוד איתור מידע, מיומנות זו יכולה להילמד גם בכיתה ז' ולהשתלב בכל תחום תוכן נלמד. רצוי ללמד בנוסף לאיתור חומר, גם דרכי עיבוד והצגה. בפרויקט חייב להיכלל לפחות מאמר אחד בנוסף לחומר הלקוח מספרים.

4. **תלמיד** - שאילת שאלות בתחום העניין.

**הערה:** בשלב הראשון יש לתת לתלמידים את האפשרות לשאול כרצונם ללא הגבלה לשאלת חקר המקשרת בין שני משתנים. על התלמיד לרשום לפחות עשר שאלות בנושא תוך התייחסות להיבטים שונים של הנושא.

5. **מורה** - לימוד שאלת חקר (שאלת חקר צריכה להיות מנוסחת כקשר בין שני משתנים, משתנה שאנו קובעים ומשתנה התלוי במשתנה הראשון).

6. **תלמיד** - זיקוק אחת השאלות לשאלת חקר.

**הערה:** בשלב זה ניתן לצוות את התלמידים לקבוצות עבודה.

7. **תלמיד** - תכנון וכתובת הצעת המחקר.

**הערה:** קיימות מספר דרכי חקר המתאימות לביצוע פרוייקט. כל אחת דורשת יישום נרחב של המיומנות. ניתן להגביל את דרכי החקר ובכך להקל על שלב הקניית המיומנות. ניתן לשלב את לימוד המיומנויות השונות כבר בכיתה ז', כך שבשלב הפרויקט התלמיד יהיה בקי במספר דרכי חקר.

## דרכי החקר

**ניסוי** - על התלמיד לדעת דרך תכנון ניסוי בהתאם למשתנים אותם ציין בשאלת החקר שניסח, לתכנן ניסוי וביקורת ולשלב מספר חזרות.

ניסויים ניתן לבצע בתחום חישה באדם כהרחבה והעמקת לפרק א', כמו כן ניתנים רעיונות לביצוע ניסויים לבחינת תכונות החישה, חישת האור על ידי צמחים, בחינת תכונות הקול ועוד.

**סקר** - על התלמיד להבין מהו המושג מדגם מייצג כדאי לתכנן את הסקר.

בלימוד פרק א' אפשר לבצע סקר בהקשר לחוש הריח, חוש הטעם, בלימוד פרק ב נתן לבצע סקר של עיוורי צבעים, בלימוד פרק ג ניתן לערוך סקר בנושא הרעש

**תצפית** - על התלמיד לדעת כיצד לתעד תצפית בדרך אובייקטיבית.

פרק א' מזמן תצפית בבעלי חיים בהקשר לחושים שונים לדוגמא חושים וחיזור חושים והתנהגות הורית חושים ומציאת מזון. פרק ב' מזמן תצפית בבעלי חיים ליליים ויומיים (השתנות צורת האישון, ציון מיקום העיניים בהקבלה לצורת חיים טורף/נטרף, גודל העין בבעלי חיים שונים). פרק ג' מזמן תצפית בבעלי חיים שונים ללימוד: דרך הפקת הצלילים בבעלי חיים אלו, מיקום האוזניים, מבנה האוזן כתלות בהתנהגות ומיקום מחיה ועוד.

**בניית מודל/ דגם** - על התלמיד לדעת על סוגי הדגמים השונים, יתרון וחסרון הדגם/מודל.

תחקירנות מדעית/טכנולוגית- על התלמיד לדעת להבדיל בין איסוף מידע ומעקב פעיל אחר מחקר מדעי/טכנולוגי.

פרק א' מאפשר לבנות דגמים/מודלים של מערכות חישה ותאי חישה בבעלי חיים שונים ובניית מודל/דגם של חיישנים טכנולוגיים שונים ושילובם במערכות טכנולוגיות שונות. פרק ב' מאפשר לבנות מודלים של מערכות ראייה ביולוגיות וטכנולוגיות שונות וכן לבנות דגמים של ליקויי ראייה. בניית מודל של מצלמה, ספקטרוסקופ, זאוטרופ. פרק ג' מזמן בניית מודלים של מערכות שמיעה שונות ביצורים חיים, מיקרופון ורמקול.

הצעת המחקר תכלול

א. הנושא הנבחר

ב. שמות התלמידים המשתתפים בקבוצת המחקר

ג. מטרת המחקר: באופן כללי מטרת העל של המחקר

ד. שאלת חקר: שאלת החקר צריכה להראות קשר בין שני משתנים. משתנה משפיע שהתלמידים קובעים (משתנה בלתי תלוי) ומשתנה מושפע שהוא המשתנה התלוי.

ה. רקע עיוני: תמצית חומר הרקע הידוע עד כה בנושא, הקשר לנושאים המרכזיים שנלמדו ביחידה, מושגים במדע וטכנולוגיה מהווים בסיס לעבודה.

ו. קשר אישי- למה בחרו בנושא? מדוע זה מעניין אותם?

ז. שלבי תכנון: דרך החקר שנבחרה, מהם המשאבים הדרושים?, לוח זמנים.

ח. רשימת מקורות מידע: מקורות המידע עליהם מתבסס המחקר

9. מורה- בדיקת הצעת המחקר.

10. תלמיד- ביצוע ותייעוד.

הערה: כל שלבי העבודה כולל טיוטות עבודה ורעיונות ראשוניים יאספו בתיק עבודות

11. מורה- לימוד דרכי עיבוד נתונים: טבלאות, חישובי ממוצעים, עריכת גרפים מסוגים שונים, יתכן שילוב מחשב במידה וקיימים לימודי מחשב בבית הספר.

12. תלמיד- איסוף ועיבוד נתונים.

13. תלמיד- הסקת מסקנות.

14. מורה- לימוד מבנה פוסטר מדעי וכתובת תקציר.

15. תלמיד- עריכת המחקר בפוסטר מדעי.

16. תלמיד מורה- הצגת הפרוייקטים בפני הכיתה, הורים, ביה"ס

יריד פרוייקטים: בו כל קבוצה מציגה את נושא המחקר.

כינוס מדעי: חלק מהתלמידים יציגו את עבודתם כהרצאה של עשר דקות השאר יציגו את עבודתם בצורת פוסטר מדעי.

ערב הורים תלמידים: הצגת המחקרים בפני ההורים.

## קשיים צפויים והצעות לפתרון

1. תלמידים רבים מתקשים בבחירת נושא העבודה, יש רבים המושפעים מיריד התופעות ובחרים נושאים מהיריד שאינם דווקא קרובים ללבם. רצוי להקדיש זמן ולשוחח עם התלמידים מדוע בחרו בנושא עוד לפני תחילת העבודה.
2. תלמידים מתקשים באיסוף מאמרים בנושא. כדאי ליצור קלסר עם מאמרים מגוונים בנושא ורשימת אתרי אינטרנט כדי להקל על התלמידים בראשית הדרך.
3. תלמידים עלולים לבחור בנושא שיוביל אותם לעבודה עיונית. ניתן להציע להם לנתב את הפרוייקט לדרך של מחקר או במקרה ולא ניתן לבצע חקר לכוונם לנושא חדש.
4. מגוון המיומנויות הוא רב. רצוי ללמד חלק מהמיומנויות בכיתה ז' תוך שילוב נושאים שונים. אפשרות נוספת לצמצם את דרכי החקר ואת הנבחרות ללמד היטב.
5. לתלמידים יש קושי רב בניתוח התוצאות. צריך להקדיש זמן לעבוד עם כל קבוצה בנפרד ולבחון את דרך ניתוח התוצאות.
6. לתלמידים קשה לעמוד בלוח זמנים. מומלץ לקבוע לוח זמנים בראשית הפרוייקט.

נושאי פרוייקטים שבוצעו בידי תלמידים שלמדו את התוכנית "חוושים וחיישנים":

### ניסוי

1. השפעת חוש הריח על חוש הטעם.
2. השפעת חוש הראייה והריח בבחירת מזון.
3. האם קיים "חוש שישי" בתאומים זהים.
4. השפעת הצבע על אפקט תמונת הגרר.
5. האם טמפרטורת העכבר משפיעה על טריפתו על ידי הנחש.
6. האם תתרון מבחין בטעם המזון.
7. האם תמונת הטלויזיה היא רציפה.
8. השפעת מבנה וחומר כלי הנגינה על הקולות אותם הוא מפיק.
9. האם דבורים מעדיפות צבע מסוים.
10. השפעת עוצמת האור על גודל אישון החתול.
11. השפעת צבע המזון על אכילתו בתוכוני אהבה.
12. השפעת הריח בבחירת מזון בכלבים.
13. השפעת מוזיקה שונה על התפתחות צמחים.

## דגמים

1. דגם עין.
2. דגם אוזן.
3. דגם חוש הרית.
4. דגם לליקויי ראייה.
5. דגם לשימוש העטלף בקולות אולטרא-סאונד באיתור הטרף.
6. מכונת אמת.
7. מכונה למיון תפוחים לפי קריטריונים שונים.
8. כלי נגינה מעשה בית.
9. דרך הפקת קולות בלוויתן.
10. שימוש בעין אלקטרונית למניעת פריצות.

## סקר

1. עיוורון צבעים.
2. זיהוי דמויות מורכבות בתמונה בודדת.
3. הרגלי אכילת שוקולד והשפעתו על תופעות בחייו.
4. העדפת ריחות בגברים ונשים.

## תחקירנות

1. הכרת מכון רנטגן (ביקור בבית-חולים במכון רנטגן).
2. כלבי נחיה (כלבי נחיה בבית עובד, ליווי אדם עיוור הנעזר בכלב נחייה).
3. בדיקות לאבחון ליקויי ראייה (ביקור אצל אופטומטריסט).
4. מיון בבית אריזה.
5. בחינת מכשירי שמיעה שונים (עמותת קשב).
6. כלבים בשרות המשטרה (המחלקה לאילוף כלבים במשטרה).



## תצפית

1. תצפיות בבעלי חיים שונים בעונת החיזור בגן הזואולוגי באבו-כביר.
2. תצפיות בתגובת חיות מחמד לגירויים שונים.
3. השפעת ריחות הבית על התנהגות עכברים.
4. תקשורת בין הורים וצאצאים בעכברים.
5. תקשורת בין הורים וצאצאים תצפיות בגן הזואולוגי באבו-כביר.

## תיכון

2. כלי נגינה.
3. מכשיר לבדיקת אמינות הדובר.

נושאים ללמידה באמצעות פרוייקטים

נושא	נושאים לפרוייקטים	רעיונות לפרוייקטים	דרך חקר
פרק א' חישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות	הרחבת הלימוד על חושים שונים		
	חוש הטעם באדם	דגם של תאי החישה על הלשון. העדפת טעמים מסוימים של מזון. קשר בין ריכוז חומר הטעם (מלח, סוכר, לימון וכו') והיכולת לחוש בו.	דגם סקר ניסוי
	חוש הטעם	זיהוי אתרים בלשון המזהים טעמים שונים	ניסוי
	חיישני "טעם"	חקירת חיישנים לחומרי טעם שונים ( כמקלון לזיהוי גלוקוז, נייר pH לזיהוי טעם חמוץ ומידת החומציות).	ניסוי
	רובוט טועם	תיכון רובוט בעל חיישנים המסוגל לדווח על טעם המזון.	תיכון
	חוש ריח	דגם של תאי חישת ריח באף. העדפת ריחות על ידי אנשים שונים.	דגם סקר
	חוש ריח ותפקידו ברבייה	תצפית בבעלי חיים בתקופת החיזור (כלבים, חתולים, יעלים ועוד)	תצפית

ניסוי	השפעת ריחות שונים על התנהגות בעלי חיים (אפשרי עם חיות מעבדה כעכברים או חיות מחמד).		
ניסוי	האם לריח יש תפקיד בזיהוי גורי עכברים על ידי אמם. חשיבות החתמה לטעם בבחירת מזון בבגרות.		
ניסוי	האם הוספת חומרי ריח כווניל וקינמון למזון משפיעים על טעם המזון.	השפעת חוש ריח על חוש טעם	
ניסוי	האם טעם המזון שונה כשאינן יכולת להריח אתו.		
תצפית, ניסוי	תפקיד ריחות הפרחים בהאבקה	תקשורת באמצעות ריח בין יצורים חיים שונים	
דגם	דגם של תאי חישה בעור.	חוש טמפרטורה הבנה ברמה תאית	
ניסוי		חקירת חיישנים שונים לפי הקריטריונים הבאים: א'. תחום החישה ב'. השפעת עוצמת הגירוי על החישה ג'. תחום הגירויים להם רגיש החישה	

ניסויים	השפעת גורמים שונים על יכולת החיישן לחוש בטמפרטורות השונות: סוגי המתכות, אורך החוטים, קוטר החוטים, חיבור מספר צמדים בטור.	צמד חומני	
תיכון		בניית מכשיר המכיל חיישנים	
			פרק ב' מאור לראייה
ניסוי	רגישות חיישני אור (LED) בצבעים שונים לאור הלבן ולאור בצבעים שונים.	חיישן אור	
ניסוי	השפעת מרחק מקור האור על תגובת החיישן.		
ניסוי	תחום חישת האור על ידי החיישן.		
תצפית	תגובת עלי הצמח לאור, זמני פתיחה וסגירת עלי כותרת, כיוון גדילה.	חישת אור בצומח	
ניסוי	גידול צמחים תוך חשיפה לאור בצבע מסוים לעומת אור לבן.	השפעת צבעי אור שונים על התפתחות הצומח	
דגם	תכנון וביצוע מערכת כגון מערכת פתיחה או סגירת דלתות (אפשרי באמצעות מערכת לוגו-לגו).	שימוש בעין אלקטרונית	
ניסוי	צילום בתנאי תאורה	השפעת אור על צילום	

	שוניים, באמצעות סרטי צילום שונים או בשימוש במסננים שונים		
דגמים	בניית דגמים של מצלמות שונות שהתפתחו במהלך ההיסטוריה או מצלמות המשמשות לצרכים שונים.	מצלמות בראי ההיסטוריה	
דגם	מערכות הראייה ביצורים החיים שונות מבחינת התפתחות ופתרונות לתנאים שונים	מערכת הראייה בבעלי חיים שונים	
תצפית	תצפית בחיות מעבדה ובחיות מתמד	השפעת אור על גודל האישון בבעלי חיים שונים	
תצפיות	שימוש בצבעים להסוואה ו/או לפרסום. צבעים ודגמים המשמשים למעבר מסרים שונים: בין בני זוג, בין פרח למאביק, בין הורה לצאצא ועוד.	תקשורת בעולם החי באמצעות חוש ראייה	
תצפית	חקירת שימוש באמצעים שונים ביצירות אומנות כדי ליצור אשליית עומק, צבע ועוד.	תעתועי ראייה ויצירות אומנות	
דגם	דגם המצביע על אתרים במוח בהם נעשים שלבים שונים של	תפיסת הראייה במוח	

	חקירת המידע הויזואלי.		
תחקירנות	בחינת מכשור אופטי במפעלים שונים כגון : אל-אופ	מכשור אופטי	
תצפית  ניסוי  תחקירנות	אלו צבעים מופיעים בשלטי חוצות ופרסומות, מהו הרקע השולט וכו'. בחינת ראיית צבע על גבי רקע בצבעים שונים, שילוב בין צבעים ועוד. תחקירנות במשרדי פרסום.	הצבע בפרסומת בעולם היצורים החיים והטכנולוגיה	
תחקירנות	תחקירנות של רופאי עיניים, מכונים המטפלים בבעיות ראייה, אופטומטריסט.	מבחנים לאיתור ליקויי ראייה	
			פרק ג' מקול לשמיעה
תצפית  דגם	תצפיות בבעלי חיים שונים בגני חיות  בניית דגם המאפיין את אופן הפקת הקול על ידי יצור מסוים.	דרכים שונות להפקת קולות בעולם היצורים החיים	
תיכון	הכרת כלי נגינה שונים, תכנון ובניית כלי נגינה בהתאם לדרישות שונות, התכנון יכול בדיקה של חומרים שונים ומבנים שונים והקשר לצליל המופק	כלי נגינה	

ניסוי	חקירת קולות באמצעות תוכנה כגון .Goldwave	חקירת הקול המופק מכלי נגינה שונים	
תיכון  דגם  ניסוי	תיכון קיר אקוסטי למטרה מסוימת, התייחסות לצורה ולחומרים. בניית דגם של קיר אקוסטי. בחינת טיב מעבר הקול בחומרים שונים.	קיר אקוסטי	
ניסוי	השפעת גורמים שונים על קליטת גירוי הקול על ידי המיקרופון מעשה בית (קוטר הקופסה, מספר ליפופי חוט הנחושת, קוטר סליל חוטי הנחושת, קורט תיל הנחושת, גודל המגנט, מרחק המגנט מהסליל, מתיחות הקרום, סוג הקרום	מיקרופון	
ניסוי	פרוט בחוברת לתלמיד	שילוב חישת אור וקול	
תצפית  דגם	תצפיות בבעלי חיים בגני חיות. בניית דגמי מערכות שמיעה שונות ביצורים חיים.	שמיעה ביצורים חיים התאמה לבית גידול	
סקר	סקר באמצעות שימוש במד רעש או איסוף מידע מהיחידה לאיכות	חקירת מקורות רעש	

	הסביבה.		
תחקירנות	שימוש באולטרא- סאונד ברפואה ובטכנולוגיה.	מכשיר האולטרא- סאונד	
תחקירנות	תחקירנות ב- "קשב"	מכשור לליקויי שמיעה	
דגם/תיכון תחקירנות	תיכון מכשיר האזנה לצרכים שונים. משרדי בילוש, משטרה.	מכשירי האזנה	
דגם תצפית	דגם של מערכות חוש שונות בבעלי חיים. תצפית בבעלי חיים שונים.	חושים שונים ביצורים חיים	



השלבת תכנים, מיומנויות ולמידה באמצעות פרוייקטים

פעילות	תכנים	מטלה	מיומנויות
פרק א' חישה ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות	תחנות לימוד על חושים וחיישנים שונים	חיפוש מידע על חושים שונים ביצורים חיים	איתור, איסוף מידע
		חקירת חיישן טמפרטורה	שאלת חקר תכנון וביצוע ניסוי
פרק ב' מאור לראייה			
ב- 1 לחוש את ה..	תצפיות וניסויים להבנת תהליך חישת אור ביצורים ירודים ובחיישן אור		
		חישת אור בעינן הירוק	תצפית
ב- 2 על האור	ניסויים ותצפיות להבנת מהות האור		
		מעבר אור דרך גופים.	תצפית
ב- 3 מאור לתמונה	הכרת מערכות ראייה ביצורים חיים ובטכנולוגיה		
		שכלול הלשכה האפלה	משמעות דגם
		עיוורון צבעים	סקר
ב- 4 תעתועי ראייה	עיבוד המידע הויזואלי על ידי המוח		
ב- 5 התאמות	חקר מערכת		

		חיסה והכרת ליקויי ראייה	וליקויים במערכות הראייה
<i>אילת סאלת ופחירת נוסא אפרוייקט קביצת קריטריונים אהצרכת הפרוייקט</i>			
			פרק ג' מקול לשמיעה
		ניסויים ותצפיות להבנת מהות הקול	ג- 1 על הקול
<i>איתור מידע</i>			
		ניסויים ותצפיות להכרת חיישן טכנולוגי וביולוגי	ג- 2 לחוש את הקולות
<i>זיקוק סאלת חקר</i>			
		הכרת מערכות שמיעה ביצורים חיים ובטכנולוגיה	ג- 3 מקול לשמיעה
<i>הצגת הצגת מחקר</i>			
		חקר מערכת חיסה וליקויי חיסה	ג- 4 התאמות וליקויים במערכות השמיעה
<i>ביצוע הפרוייקט</i>			
	לימוד הכנת פוסטר מדעי		
<i>הצגת הפרוייקט והפוסטר המדעי הצרכת צמית</i>			

27 שעות לימוד היחידה כולה (שלושה פרקים) + 15 שעות לימוד מיומנויות הדרושות לביצוע פרויקט וביצוע הפרוייקט.

## 12. רשימת מקורות מידע מומלצים להרחבה בנושא חושים וחיישנים ספרים

1. עולם החושים. דאונר. ג. (1991). הוצאת מודן.
2. אנציקלופדיית החי והצומח של ארץ ישראל (1989). משרד הביטחון הוצאה לאור.
3. האנציקלופדיה של גוף האדם. שינפלד. י. (1986). הוצאת ידיעות אחרונות.
4. גוף האדם, המכונה שלא תיאמן. תומס. ל. (1989). ספרית מעריב.
5. הספרייה המדעית LIFE (1975). אור וראייה. הוצאת ספרית מעריב.
6. הספרייה המדעית LIFE (1975). קול ושמיעה. הוצאת ספרית מעריב.
7. האנציקלופדיה של גוף האדם. (1986). העין והראייה. הוצאת ידיעות אחרונות-ספרי חמד.
8. מי אני? פרקים בביולוגיה של האדם, מאיר. מ.
9. אור צבע וראיה מדע וטכנולוגיה בחברה מהדורת ניסוי 1997 מליימ ירושלים.
10. פרקים בהתנהגות בעלי-חיים. לב-ינאי. ד, טרקל. י. המרכז להוראת המדעים האוניברסיטה העברית ירושלים.
11. הבסיס הפרמוני להתפתחות חיים חברתיים, תקשורת כימית בין בעלי חיים, אוניברסיטה פתוחה, 112-100.
12. הראיה, אוניברסיטה פתוחה, חרקים (2) 88-74.

## מאמרים וקטעי מידע רלוונטיים

### חושים בבעלי חיים

1. לוויטנים וקולות. א. אלדד וא. בן-טוביה (1989/90) מדע ל"ד 1.
2. על "טעם וריח" אצל ההידרה. מ. רהט (1983), מדע, כ"ז 4.
3. צבעים וצלילים בעולם הדממה. צ. עצמון, לדעת, ח 2-1.
4. פרמונים חומרי משיכה מיניים, איקן. ר (1997), כמעט אלפיים 15.
5. גומות החום של הנחש. רינת. צ. (9.6.97) עיתון הארץ.
6. קולות עטלפים. ב. שלמון (1990), עלון מורי הביולוגיה 118-116 124.

### חושים

1. חלונות לעולם. פיטר הלמן (1997), כמעט אלפיים 15.
2. על חמשת החושים מאריסטו ועד ברנקוזי, עמית. ד. (1997), כמעט אלפיים 15.
3. לחוש ולדעת: עד כמה ניתן לסמוך על החושים?, קמרט-לנג. ד. (1997), כמעט אלפיים 15.

## חושים כימיים

1. על טעם וריח. י"א שטיינר ( 1970 ), מדע, י"ד 5-6.
2. האף האלקטרוני, תומפסון. ו. (1997), כמעט אלפיים 15.
3. טעם וריח עניין של מבנה. רפאל איקן ( 1995 ), כמעט אלפיים 8.
4. על טעם וריח, (שטיינר. י"א. (1970), מדע י"ד.

## חוש הראייה

1. ראייה טבעית וראייה ממוחשבת, אולמן שמעון, מדע כרך כ"ח 6.

## אור

1. קשת בענן, ים של טיפות אור. עמוס כהן, מדע ל"א 2.
2. סריגים של חומר ואור. אלכס רזניק, מדע ל"ב 2.
3. מדוע אפלים שמי הלילה?. אלכס רזניק, מדע ל"ד 2.

## רעש

1. רעש- השפעתו השלילית ומניעתה. דר' ע. קורין וש. מיכאל איתנים כ"ו.
2. השמיעה והסביבה. דר' י. ק. לגמן, איתנים כ"ב.
3. מוסיקת פופ-הסיכון הטמון בה לשמיעה, גולד ש וחובריה (1989), עלון מורי הביולוגיה 118, 65-55.
4. מגנזיום-מגן מפני רעש? (1989) מדע ל"ג 5.
5. בדיקת שמיעה אובייקטיבית, ח. זומר ומ. פיינמסר, איתנים 8 (כרך כ"ח).
6. מטוס בכל שש דקות, רן שפירא עיתון הארץ 28.10.97.
7. מוסיקה מחרישת אוזניים רן שפירא עיתון הארץ 26.8.97.

## שמיעה

1. בדיקת שמיעה אובייקטיבית, דר' ח. סומר ודר' מ. פיינמסר, איתנים כ"ח.

## ראייה

1. צורות ראייה שונות, שער למדע 8, 1141-1144.
2. העין-אשנב לעולם, שער למדע 8, 1128-1125.
3. עיבוד המידע, שער למדע 8, 1205-1208.
4. המוח והעין. פ. הלמן ( 1970 ), מדע י"ד 5-6.
5. פרס נובל ברפואה ובפיסיוולוגיה 1981 : הראיה ומערכת-העצבים. ר. רחמימוב ( 1982 ), מדע, כ"ו 3.
6. האסטיגמטיזם בעין האנושית טעות אופטית או מכשיר אופטי, שילה ז. (1988), מדע ל"ב 1.
7. "תחליפי ראייה", מהלר י. (1979), "לדעת" ט' 3-6.

8. ראייה מחישה לתפיסה, הוכשטיין ש. (1997), כמעט אלפיים 15.
9. אור וחיים, הלמן. פ. (1989), משקפיים 15.
10. עין רואה, הלמן. פ. (1989), משקפיים 15.
11. עיוורון צבעים, אבינועם. א. (1980), מדע 24.
12. כמה זמן עובר... , הלמן. פ. (1988), לדעת 18.
13. תפיסת המרחב החזותית, יצחק. ה. (1985), מדע 29.

### חישה בצמחים

1. איך לצמוח ומתי לפרוח. י. גבריאל (1997) ( כמעט אלפיים, 15.
2. פריחה-פוטופריודיזם ופיטוכרום, מאיר א. מ. (1978), עלון מורי הביולוגיה 65.
3. צבעי פרחים, מאיר א. מ. (1979), עלון מורי הביולוגיה 69.
4. פוטומורפוגנזה, נגבי מ, ילקוט למורה, הצמח והאור מבחר מאמרים בהוצאת המחלקה להוראת המדעים, י"ם.

### חושים שונים

1. על הכאב. א. אילוז, כמעט אלפיים 15, 1997.

### חיישנים

1. תל-אביב- מבט מן החלל בעיני החיישן התרמי. אברהם טל (1997), כמעט אלפיים 15.
2. חיישנים בטכנולוגיה או מהם "מרגישים" המכשירים. אמיר בן שלום (1997), כמעט אלפיים 15.
3. הדם זורם ומצטלם, סלויין. מ. (1996), הארץ 21.2.96 מדור מדע עמוד 41.
4. אף אלקטרוני, סקוט. ד. (1994), מדע פופולרי דצמבר.
5. חומר חישה חדש. רוני ליפשיץ (1996), גלילאו 16 עמוד 11.

### פרסומים נוספים

1. מאמרים שונים מתוך החוברת גלים (כמעט אלפיים 2 אביב 1994) מרכז להוראת המדעים האוניברסיטה העברית ירושלים):  
 חישה מרחוק. אברהם טל.  
 גלי קול בעולם החי. ניר מולד.  
 על עטלפים ועשים "חמקניים". בני שלמון.  
 גלים ומים אצל גאודי. מלכה ציזיק.  
 גלים ברפואה ובתעשייה. אלכס רוניק.  
 גלי הלם והבום הקולי. אלכסנדר בורקט.  
 ספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים. אלכס רוניק.

2. אוסף כתבות בנושא חושים התפרסם בעיתון הארץ בימי שלישי בשנים 1997, 1998.

## סרטים

### הטלוויזיה החינוכית הישראלית

(רחוב קלאוזנר 14, רמת אביב 69011 טל: 03-646666)

קלטות בעלות מספר משדרים:

**אבני דרך במדע וטכנולוגיה** הכוללת בין השאר את המצלמה של דגר והטלפון של בל. קוד: 30-45.  
**הספרייה המדעית** הכוללת בין השאר את המשדרים: חוש טעם, חוש מישוש, חוש ריח, ראייה ושמיעה.  
**חושים ותקשורת** הכוללת בין השאר מסדרת רפואה ללא מסתורין: ליקויי שמיעה והפרעות ראייה, מסדרת אבני דרך המדע וטכנולוגיה: המצלמה של אדגר ואלכסנדר גרהם בל: הטלפון, גוף האדם: ראייה ושמיעה, תצפית לעתיד קוד: 45-52.  
**מדע ולמה:** הכוללת בין השאר משדר בנושא הקול האור וצבעים קוד: 42-60.

### קלטות נוספות

מעגל החיים מלווה את הספר פרקים בהתנהגות בעלי חיים, יוסף טרקל ודפנה לב בהוצאת מל"מ ירושלים.

Super Senses בהפקת ה B.B.C ניתן להשאיל במועצה הבריטית.

מפת האדם חוש הטעם והריח, אנציקלופדיה בריטניקה.

מפת האדם הראייה, אנציקלופדיה בריטניקה.

"חושים" שידורי האוניברסיטה הפתוחה (מומלץ להיבט התאי).

## מוזיאונים

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד-ירושלים. 02-618128

פעילויות בנושאים: תעתועי ראייה, אור וצל, גלים

טכנודע-חיפה 04-8628111

פעילויות בנושאים: צבע, מראות, תעתועי ראייה, הולוגרמות

## אתרים באינטרנט

1. <http://gifted.snunit.k12.il/activities/light> פעילויות שונות בנושא האור באתר סנונית בעברית.
2. <http://gifted.snunit.k12.il/activities/brain> פעילויות בנושא חושים שונים באדם בעברית + קישורים לאתרים נוספים באנגלית.
3. [WWW.snunit.k12.il/vmuseum/eye/pic1.html](http://WWW.snunit.k12.il/vmuseum/eye/pic1.html) תערוכת עיניים (בעברית).
4. [WWW.exploratorium.edu/imagery/exhibit1.tml](http://WWW.exploratorium.edu/imagery/exhibit1.tml) מוזיאון המדע בסן-פרנציסקו. ניתן לעבור לאתר הראשי ולחפש לפי מילות מפתח. קיים מגוון נרחב של בפעילויות סביב האור ותעתועי ראייה.

5. <http://sln.fi.edu/franklin/inventur/bell.html> מאמר על המצאת הטלפון (באנגלית).
6. <http://www.usc.uwo.ca/clubs/wpa/links14.html> אתר מצוין מכיל קישורים רבים לתענועי ראייה.
7. <http://www.hhmi.org/senses/> לראות לשמוע ולהריח אתר טוב באנגלית.
8. <http://faculty.washington.edu/chudler/amaze.html> חושים בבעלי חיים שונים.
9. <http://www.cet.ac.il/robots> אתר על רובוטים וחיישנים, בעברית.
10. <http://www.samba.co.il> אתר בעל אוסף גדול של תענועי ראייה, בעברית (יש בעיות לעלות אתר זה אך שווה להתאמץ אתר יפיפה).
11. [http://www.exploratorium.edu/learning\\_studio/cow\\_eye/step01.html](http://www.exploratorium.edu/learning_studio/cow_eye/step01.html) ניתוח עין פרה חלק מאתר מוזיאון האקספלורטוריום בסן-פרנציסקו.
12. <http://www.geocities.com/WallStreet/5624/illusions.html> אתר בעברית על אשליות אופטיות בשילוב עם אומנות.
13. <http://www.liormanor.co.il/mopty.htm> אתר אשליות אופטיות, בעברית בצבע.
14. <http://www.grand-illusions.com/index.htm> אתר אשליות אופטיות, באנגלית.
15. <http://www.eyenet.org/public/museum/pier.html> אשליות אופטיות עם הסברים, באנגלית.
16. <http://www.worldofescher.com/> אתר עם תמונות של הצייר ק. אֶשֶׁר.
17. <http://www.sandlotscience.com/> תענועי ראייה אקטיביים מדהימים.
18. <http://users.massed.net/~wphillip/illusion.htm> אשליות אופטיות, באנגלית.
19. <http://www.tamacc.chuo-u.ac.jp/sounds/tmp/animal> קולות של בעלי חיים.
20. <http://sunsite.sut.ac.jp/multimed/sounds/whales> קולות של לווייתנים
21. <http://home.netcom.com/~t-rex/BatDetector.html> בניית מאָתֵר לעטלפים.
22. <http://faculty.washington.edu/chudler/chsense.html> אתר עם פעילויות שונות ברמה המתאימה לקבוצות חלשות.

**573.87 PIO**

פיונטקביץ, יעל  
-ישים וחיישנים : מדריך למורה / 2002

SYSTEM NO. מזה' מס' סדרת  
83398 -1