# חושים אחרים - בעלי חיים ומערכות טכנולוגיות

### מטרות

* התלמידים יזהו רכיבים פחות מוכרים של מערכת החישה האנושית, יתנסו בהם ויסבירו כיצד הם תורמים ליצירת תמונת עולם ומשפרים את יכולת השרידות שלנו.
* התלמידים יחשפו להקבלה בין חושים בגוף האדם לחושים בבעלי-חיים, וכן להקבלה בין חישה במערכות ביולוגיות לחיישנים מלאכותיים.
* הצגת רעיונות לגבי הרחבת המנעד החושי – חושים של בעלי-חיים שונים, שימוש במכשירים כמערכות חוש תומכות לגוף האדם.

### דרך ההוראה: הקנייה כיתתית

## **הערכת זמנים:** שעה

## דגשים למורה:

הרציונל: מערכת העצבים היא ה"מפקד" של הגוף, וכדי לדעת אילו פקודות כדאי לתת, היא צריכה לאסוף כמה שיותר מידע על העולם. את זה היא עושה באמצעות החישה. כל מערכות החוש קולטות בקולטנים (רצפטורים) תכונות פיזיקליות או כימיות שיש בעולם, ומנסות לפרש מתוכן תמונה שלמה שתאפשר לאורגניזם לבחור דרך פעולה שתאפשר לו שרידות מיטבית ניתן להשוות רכיבים אלה לרכיבים הנדסיים שאפשר לייחס להם אספקט של חישה.

מקובל לחשוב שיש לנו 5 חושים: ראיה, שמיעה, טעם, ריח ומגע אולם, כפי שראינו בפעילות המקוונת, יש לנו יותר חושים. חושים נוספים הם למשל: חוש הפרופריוספציה, חוש הכאב (שגם הוא מתחלק לחושים שונים), חוש האיזון ועוד.

העקרון שמאפיין את כל החושים הוא:



שאלה במידה והתלמידים למדו במדעים על אנרגיה:

 **התאימו בין הגירוי לחוש:**

|  |  |
| --- | --- |
| אנרגיה כימית | חוש הראייה |
| אנרגית חום/לחץ | חוש השמיעה |
| אנרגיה מכנית | חוש הריח וחוש הטעם |
| אנרגיית אור | חושי המישוש |

תשובה:

* חוש הראייה – אנרגיית אור
* חוש השמיעה – אנרגיה מכנית
* חושי הריח והטעם – אנרגיה כימית
* חושי המישוש – אנרגיית חום/לחץ

מה שקרוי בפינו "חוש המגע" כולל רשימה ארוכה של חושים בעלי מאפיינים שונים, למשל **החוש הקינסתטי** – תפיסת התנועות של הגוף, ו**חוש הקרביים** – תחושות שמתקבלות בקולטנים של איברים פנימיים. על גבי העור יש לנו קולטנים מסוגים שונים, שכל אחד מסוגל לזהות תכונה מסוימת של גירוי: **טמפרטורה**, **לחץ**, **רטט** ועוד. הגירויים האלה שונים זה מזה וגם הקולטנים שמזהים אותם שונים, ולכן אפשר לראות בכל אחד מהם חוש העומד לעצמו.

### חושים של חיות וחיקוי הטבע

החושים הקיימים בגוף האדם הם לא החושים היחידים הקיימים בטבע. לרוב החיות יש חושים שאין לבני אדם, ונביא פה רק דוגמאות מעטות מתוך עושר החיישנים הקיים.

ניתן לבחור רק בחלק מהדוגמאות שלהלן, כדי להשאיר זמן לנושא הבא.

החושים המצויים בגוף האדם אינם החושים היחידים המצויים בטבע. לחיות רבות יש חושים שאין לבני אדם, ונביא פה רק דוגמאות מעטות מתוך עושר החיישנים הקיים:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | [**חולד**](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%97%D7%95%D7%9C%D7%93_%D7%90%D7%A8%D7%A6%D7%99%D7%A9%D7%A8%D7%90%D7%9C%D7%99) **(mole) –** חש תנודות באדמה למרחק רב, ואף משתמש בכך כאמצעי תקשורת עיקרי עם בני מינו. מלבד זאת, לשם ניווט למרחקים ארוכים הוא משתמש ביכולתו לחוש שדות מגנטיים תת-קרקעיים.  | http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3e/ScalopusAquaticus.jpg/640px-ScalopusAquaticus.jpg(ויקיקומונס, התמונה צולמה על ידי Kenneth Catania, Vanderbilt University ומוצגת לפי רשיון [CC BY-SA 3.0](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)) |
|  |  |  |
|  | **כרישים וחתולי-ים –** מייצרים שדה חשמלי ודוגמים את העיוות שלו במרחב, וכך מזהים את מיקומם של מזון וסכנות. הם עושים זאת בעזרת [אלקטרורצפטורים](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%90%D7%9E%D7%A4%D7%95%D7%9C%D7%95%D7%AA_%D7%9C%D7%95%D7%A8%D7%A0%D7%A6%D7%99%D7%A0%D7%99) ביולוגיים.  | http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a2/Southern_stingray_st_croix.jpg/640px-Southern_stingray_st_croix.jpg(מקור: <http://www.photolib.noaa.gov/htmls/reef1842.htm>)  |
|  |  |  |
|  | **ג'וק –** לתיקן יש מערכת חישה מיוחדת ברגליים, המאפשרת לו לחשב את הזווית ואת העוצמה של הצעד שהוא צריך להפעיל על משטח כדי ללכת. מערכת החישה הזאת משוכללת כל כך, שהתיקן יכול ללכת על כל משטח במהירות וביעילות! פרופ' איילי, זואולוג באוניברסיטת ת"א שהוא גם חוקר מוח, חוקר את ההליכה של הגו'ק. הוא עושה שיתופי פעולה עם חוקרים מתחום ההנדסה שרוצים להשתמש במסקנות שלו לבניית רכב חלל. בחלל, קשה לא פעם לדעת מהו סוג הקרקע, ורכב חלל כזה יוכל להתנועע ביעילות בכל מצב. לקריאה נוספת: <http://biomimicrynews.blogspot.co.il/2011/02/blog-post_2396.html> ראו גם סרטון בנושא מודלים של חרקים בשימושים טכנולוגיים: <https://youtu.be/0TNQX5NO4NM?t=1m35s> | File:American-cockroach.jpg(תמונה מתוך English language Wikipedia   על ידי [Gary Alpert](http://en.wikipedia.org/wiki/User%3AGary_Alpert) ומוצגת לפי רשיון [CC BY-SA 3.0](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)) |
|  |  |  |
|  | **עטלף וסונאר –** אֶקוֹלוֹקַצְיָה (echolocation), התמצאות במרחב לפי שידור וקליטה של גלי קול. באוניברסיטאות שונות בארץ ישנם מדענים החוקרים את היכולת המדהימה הזאת של העטלפים. | File:Big-eared-townsend-fledermaus.jpg |
|  | ניתן לצפות בסרטונים על מחקר זה בקישורים הבאים: * <http://wws.weizmann.ac.il/neurobiology/labs/ulanovsky/media>
* [http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-4489925,00.html](http://www.ynet.co.il/articles/0%2C7340%2CL-4489925%2C00.html)
* <https://www.youtube.com/watch?v=CMeCRLMPj6Y>
 |

הערה למורה לקראת הנושא הבא:

ראינו שבעולם יש מגוון אותות מסוגים שונים: אותות כימיים, פיזיקליים, מגנטיים וכו'. אבל המוח מקבל ו"מבין" רק אותות חשמליים, לכן כל חוש צריך לבצע **התמרה** (*transduction*) – תרגום של סוגי האנרגיה הפיזיקלית השונים לאותות חשמליים שיגיעו אל המוח. ההתמרה מתבצעת ברצפטורים. כשרצפטור מופעל, הוא מעביר את האות החשמלי שלו לנוירונים. משם ממשיך האות בדרכו לקורטקס, כשכל חוש שולח אותות לאזורי קליטה אחרים. כשאנו חשים במגע, אנו למעשה חשים אותו במוח ולא על העור. עם זאת, האותות החשמליים במוח שמתווכים בתחושת המגע נוצרו ע"י אותות חשמליים מרצפטורים הממוקמים על העור. לרצפטורים תפקיד מרכזי בקישור בין אירועים חיצוניים לחוויה הכרתית (לתחושה של מגע מסוים, של צבע מסוים, של ריח מסוים וכו' – לאספקט החווייתי של חושים, ל"איך זה מרגיש").

### **חיישנים במכשירים אלקטרוניים**

כדי שמערכת תהיה מודעת לסביבתה, היא צריכה לחוש אותה בדרך מסוימת. במילים אחרות, היא צריכה לקבל קלט מהסביבה. חישבו על פעולתה של מכונית כמערכת המודעת לסביבתה: כיצד מגיע מידע אודות תאונה הגורם לכריות האוויר להיפתח? כיצד מתקבלת אתראה על כך שבנהיגה לאחור ישנו עצם קרוב מדי?

חישה של סביבה נעשית באמצעות **חיישן** (Sensor). חיישן הוא רכיב הרגיש לגירוי פיסיקלי מסוים בסביבתו, וממיר גירוי לקלט אשר מוזן למערכת. במערכות טכנולוגיות, הקלט למערכת הוא בדרך כלל אות חשמלי. בדומה לחושים, שבעזרתם אנו קולטים מידע מהסביבה, כך החיישנים במערכות הטכנולוגיות מהווים אמצעי לאיסוף מידע מהסביבה.

את שתי ה"מערכות" - גם חיישנים בגופנו המחוברים למערכת העצבים וגם חיישנים במערכת אלקטרונית – ניתן לתאר בצורה הבאה:

חיישן

אות פיסיקלי

אות חשמלי

לדוגמה, חיישני האור במערכת הנדסית ובעיני אדם:

חיישן אור במכשיר טכנולוגי

גלי אור

אות חשמלי למכשיר

הנדסי

קולטנים בעין

גלי אור

אות חשמלי למוח

ביולוגי

שם החיישן יינתן לרוב על-פי סוג התופעה אותה הוא חש כגון: חיישן טמפרטורה, חיישן אור, חיישן מרחק, חיישן לחות, חיישן דופק וכדומה.

באמצעות חיישן כזה, ניתן לבנות מכונה שמגיבה לאור. למשל מכשיר שרגיש לאור שנדלק במקרר, ומצפצף אם האור דולק למעלה מ-30 שניות כדי להתריע שהמקרר פתוח זמן רב.

העלו רעיונות נוספים למכשיר שעושה שימוש בחיישן אור.

פעילות

לפניכם רשימה של מכשירים אלקטרוניים בעלי חיישנים. בחרו מכשיר מהרשימה ותארו אילו מאפיינים של הסביבה הוא קולט.

1. מזגן
2. מערכת לגילוי עשן
3. מעלית
4. מכונית
5. מצלמות
6. מסכי מגע

**תשובות לדוגמה:**

1. מזגן – חיישני טמפרטורה, שבדרך כלל ממוקמים גם בשלט הרחוק, וגם בעוד מקום בחדר, מודדים את הטמפרטורה באזור שלידם, כדי שמערכת המשוב של המזגן תוכל לשמור על הטמפרטורה הרצויה.
2. מערכת לגילוי עשן – המערכת מבוססת על חיישן המודד את מידת היינון של האוויר, או חיישן אור המודד את מידת הפיזור האופטי של האוויר שנכנס לתוכו. את החיישנים ממקמים בדרך כלל במקום גבוה, כי עשן נוטה לעלות למעלה. תפקידם של החיישנים לזהות שינויים אופייניים בתכונות האוויר שסביבם שקורים בהמצאות עשן.
3. מעלית – במעלית יש חיישן משקל, שנמצא בדרך כלל בכבל המעלית ותפקידו לוודא שהמשקל מתאים לפעולה התקינה של המעלית (יש מעליות שנכנסות למצב "שמירת אנרגיה" וחוזרות לפעולה רק כשהן מרגישות משקל במעלית). בנוסף, בדלתות המעלית יש גם חיישן אופטי וגם חיישן לחץ, המונעים את סגירתן על האנשים הנכנסים.
4. מכונית – במכונית מודרנית יש חיישנים רבים. במנוע – חיישנים ללחץ (למשל שמן), טמפרטורה (חום מנוע) ועוד חיישנים רבים. בנוסף, במערכת המיזוג – חיישן טמפרטורה; במערכת כריות האוויר – חיישן לחץ (המזהה מכות חזקות שהשלדה מקבלת); במכוניות רבות יש חיישן מגע שמזהה שחגורות הבטיחות מחוברות וסגורות.
5. מצלמות – ברוב המצלמות יש לכל הפחות חיישן אור, המזהה אם צריך "פלאש" או לא. יש גם חיישן מתח חשמלי, המזהה עד כמה הסוללה טעונה. חיישן נוסף שיש במצלמות רבות הוא חיישן הטייה, המזהה עם הצילום הוא לרוחב או לגובה.
6. מסכי מגע – במסכי מגע יש כמובן חיישני מגע רבים, המפוזרים באופן אחיד בשטח המסך, והם המאפשרים למסך להבחין בנקודת המגע על פניו.

ביולוגי מול הנדסי

עליכם לבחור חיישן הנדסי שקיימת לו מקבילה בגוף האדם, ובהתאם להראות את האנלוגיה שבין שתי "המערכות" (הנדסית וביולוגית) על ידי **יצירת שני תרשימים במקביל** (בדומה לתרשימים שלמעלה):

חיישן \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

תופעה נמדדת:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

אות יוצא:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

הנדסי

רצפטור \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

גירוי תחושתי:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

אות יוצא:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ביולוגי

**רעיונות למורה:**

1. קולטן חוש הריח וגלאי עשן – הגירוי הוא חלקיקים באוויר, הקולטן והחיישן מזהים את החלקיקים ושולחים אות חשמלי למוח / למכשיר בהתאם. העיבוד במוח / במכשיר יוביל לנקיטת תגובה לעשן (למשל, חיפוש מטף כיבוי או הפעלת אזעקה).
2. קולטן חוש השמיעה וחיישן גלי קול במכשיר סלולרי חכם – הגירוי הוא קלי קול. הקולטן והחיישן ממירים את גלי הקול לאות חשמלי למוח / למכשיר בהתאם. העיבוד במוח / באפליקציה לזיהוי קול יוביל לזיהוי הקול.
3. כנ"ל לגבי גלי אור, קולטני חוש הראייה וחיישן אור. עיבוד במוח או באפליקציית זיהוי תמונה.

כדאי לציין שכשמדובר בחיישנים של מכשירים, הם יכולים להיות הרבה יותר רגישים לאותות מהסביבה, וגם יכולים להגיב לאותות שהחושים שלנו לא מזהים (למשל גלי אור מחוץ לספקטרום האור הנראה). לעומת זאת, במקרים רבים היתרון של המערכות הביולוגיות הוא לא בחישה עצמה, אלא בחישוב – לכן אומרים שמבחינות רבות המוח הוא כיום מכונת העיבוד המשוכללת ביותר שקיימת.

תוספת שיכולה להתאים לכיתות ט'-י'

## סוגים נוספים של חיישנים שמתקיימים במכשירים ובמערכות ביולוגיות

****

בחרו שני סוגי חיישנים מהרשימה ושערו היכן חיישנים מקבילים להם עשויים להימצא בגוף האדם:

* מד לחות
* מד חומציות (pH)
* מד זעזועים
* חיישן עיוות (strain gauge)
* חיישן לחץ

**תשובה למורה:**

להלן מספר חיישנים שחשובים לשימור הפעילות התקינה וההגנה על הגוף:

* חיישני חומציות קיימים בכמה מקומות בגוף: בעורקי הצוואר יש חיישנים המודדים את הלחץ החלקי של חמצן בדם, בנוסף ישנם חיישנים המודדים את ריכוז החמצן ליד הלב, ולבסוף קיימים גם חיישנים בגזע המוח המודדים את כמות הפחמן הדו חמצני בנוזל המוח.
* חיישן עיוות קיים למשל בשרירים (כפי שניתן לראות בפעילות ההנדסית בנושא רפלקסים).
* חיישן לחץ קיים למשל בעורנו, כחלק מחוש המישוש, אך קיימים גם חיישני לחץ דם (ברו-רצפטור) בגופנו.

בגוף האדם פועלים חיישנים או מערכות חישה אשר עוקבים אחר מצבם של משתנים שונים או מצבו של הגוף בכללותו. חיישנים רבים קשורים למערכות החישה, אך ישנם גם חיישנים אחרים:

* חיישנים המעבירים מידע דרך המערכת ההורמונלית, שבאמצעותם המוח מקבל מידע על מה שקורה בגוף באופן אחר: באמצעות חומרים המגיעים אליו. צורת העברת מידע זו היא איטית ביותר ביחס למידע המגיע באמצעות העצבים.
* חיישנים שמובילים מידע למוח, אך אנו לא חווים אותו באופן מודע. המידע מחיישנים אלה משמש את המוח לשליטה במצב האופטימלי של הגוף – מבחינת חומציות, סוכר, טמפרטורה, לחץ דם וכו'. למרות שאנחנו לא מודעים לכל החיישנים שמנטרים את גופנו, ישנם חיישנים רבים כאלה. לדוגמה, חיישני חומציות קיימים בעורק הקרוטידי בצוואר, שם תפקידם לבדוק שיש מספיק חמצן בדם הזורם למוח. חיישנים אלה מחוברים למערכת העצבים ומשפיעים דרכה על קצב הנשימה ולחץ הדם. ישנם אפילו חיישני מתיקות הנמצאים במערכת העיכול, הזהים כמעט לגמרי לאלה שבפקעיות הטעם שלנו, אך איננו מודעים למידע המתקבל מהם, והם משמשים אך ורק את המערכת האוטומטית של ספיגת הסוכר מהמעיים.

חיישנים אלה לא ייחשבו לחלק ממערכת החישה, שכן במערכת החישה נכללים רק מערכות שמאפשרות לנו **מודעות לתוצאות החישה**.

אם כך, נראה שאפשר לסכם חישה באופן קצר ופשוט: במקרים של חישה חיישני הגוף ממירים גודל פיסיקלי לאות חשמלי המועבר באמצעות העצבים אל המוח, שם הוא מעובד ומאפשר לנו "לחוש".

מערכות חישה אחרות בגוף מספקות מידע אודות מגע, איזון ועוד, ומצטרפות למערכות (שלא שייכות למערכת החישה) שמסתמכות על חיישנים המפוזרים בגופנו.