

# סילבוס הקורס חישה ותנועה

פרופ. מיכאל ברנדייס

המכון למדעי החיים – האוניברסיטה העברית

## יחידה 1 – מבוא

ברוכים הבאים לקורס חישה ותנועה - הסבר למידה לקהלים השונים  
סקר פתיחה

**סרטון מבוא לחישה ותנועה (7.22 דקות)**

מבוא לקורס חישה ותנועה המסביר על שלושת סוגי החושים -חישה של קרינה אלקטרומגנטית (ראייה – יחידה 2), חישה כימית (ריח, טעם, חריף וחישה פנימית – יחידה 3), חישה של הסביבה הפיזית (שמיעה, מישוש, כאב, פרופריוספציה – יחידה 4). הסרטון דן גם בקצרה ביכולות התנועה השונות של בעלי החיים בהם תעסוק יחידה 5 ובנדידות בעלי חיים בהם תעסוק יחידה 6.

### תרגיל 1 – מבוא לחישה ותנועה

**סרטון מבוא לעולם החי (7.02 דקות)**

מבוא לקבוצות השונות של עולם החי בדגש אל בעלי חיים מורכבים (רכיכות, פרוקי רגליים וחולייתנים) וסקירה של המאפיינים העיקריים של כל קבוצה.

קטע קריאה - אבולוציה באמצעות ברירה טבעית

### תרגיל 2 – עולם החי ואבולוציה

**סרטון תאים ותאי עצב (4.21 דקות)**

סקירה תמציתית של מבנה תאים ותאי עצב בדגש על האברונים שלהם ועל מנגנוני שמירה על הומאוסטזיס.

### תרגיל 3 – תאים ותאי עצב

**סרטון הולכה עצבית (8.24 דקות)**

הסבר תמציתי כיצד עובדת הולכה עצבית באמצעות שינוי הפוטנציאל האלקטרוכימי בתוך תא העצב ובאמצעות ניוורטרנסמיטורים בסינפסות בין תאי העצב.

סיכומון הולכה עצבית

### תרגיל 4 – הולכה עצבית

למידה פעילה - משימה 1 – חישה ותנועה

## יחידה 2 – אור וראייה

### סרטון מבוא ליחידה 2 – אור וראייה (5.33 דקות)

מבוא ליחידה 2 של הקורס חישה ותנועה - אור וראייה. הסרטון פותח בהסבר מהו אור והמה היא הדואליות של האור (גלים אלקטרומגנטיים ופוטונים) וממשיך בסקירה קצרה בנושאים השונים של היחידה - האבולוציה של הראיה, מבנה העין, ראיית צבעים, למה צבע, ראיית עומק וראייה בתנאי אור חלשים.

### סרטון הדואליות של האור (1.54 דקות)

### סרטון האבולוציה של הראייה (7.07 דקות)

הסרטון מתחיל בהסבר על החשיבות של הראייה ובהשערה שהיא הייתה אחת ההמצאות האבולוציוניות שהאיצו את ההתפתחות של בעלי חיים מורכבים. למרות שראייה קיימת רק במספר קטן של קבוצות של בעלי חיים אלה הן הקבוצות המצליחות ביותר ולראייה ל 95% מבעלי החיים היום יש עיניים. בהמשך סוקר הסרטון את ארבעת שלבי האבולוציה של הראייה - חישה כללית של אור, חישה כיוונית של אור, עין נקב הרואה ברזולוציה נמוכה ועיניים עם עדשות.

### סיכומון האבולוציה של הראיה

### תרגיל 1 – האבולוציה של הראייה

### קטע קריאה – פוטורצפטורים תת היחידה הבסיסית של העין

### סרטון מבנה העין (15.09 דקות)

סרטון מפורט על מבנה ותפקוד העין האנושית כמו גם זו של חולייתנים אחרים. לקראת סוף הסרטון יש תיאור של העיניים המורכבות של חרקים.

### תרגיל 2 – אופסינים ומבנה העין

### סרטון אור וחושך (10.13 דקות)

הסרטון נפתח בהסבר כיצד מתבצעת חישת אור בקולטני העין המכונים מדוכים וקנים. לעין, גם זו האנושית, יכולת לראות גם בתנאי תאורה חלשים ביותר ראייה זו מתבצעת באמצעות הקנים. נבין מדוע כל החתולים אפורים בלילה ומדוע אור אדום לא פוגע בראיית הלילה שלנו. נסיים בסקירה של תופעת זיהום האור ונזקיה הרבים לאדם ולבעלי חיים אחרים.

### סיכומון ראיית לילה

### סרטון ראיית צבעים (5.52 דקות)

העין האנושית מסוגלת לחוש קרינה אלקטרומגנטית באורכי גל בין 380 ל 750 ננומטר. שלושת המדוכים השונים רגישים לאורכי גל שונים ושונות זו מתורגמת במוח שלנו לראיית צבעים. בסרטון

זה אני מסביר מהו צבע וכיצד ראיית צבעים מתבצעת בעין. אני סוקר גם את ראיית הצבעים של יצורים אחרים המסוגלים לראות צבעים נוספים.

### **סיכומן מנגנון ראיית צבעים**

### **סיכומן צבע של אור וצבע של עצמים**

**סרטון למה צבע** (6.11 דקות)

בסרטון זה ננסה להבין מדוע עולם החי והצומח צבעוני כל כך. נדון באבולוציה של ראיית צבעים ונראה שהצבעוניות של יצורים חיים התפתחה במקביל ליכולת שלהם להבחין בצבעים.

### **תרגיל 3 - ראיית צבעים**

### **תרגיל עצמי – ראייה תלת מיימדית**

**סרטון ראיית מרחק ועומק** (12.31 דקות)

בסרטון זה נלמד על מגוון השיטות בהן מתבצעת ראיית עומק ומרחק כלומר הדרך בה העין והמוח ממקמים את החפץ או בעל החיים אותו רואים במרחב.

### **תרגיל 4 – ראייה תלת מיימדית**

### **למידה פעילה - משימה 2 - ראייה**

### יחידה 3 – חישה כימית – ריח, טעם, חריף ועוד

#### סרטון מבוא ליחידה 3 – חישה כימית (6.01 דקות)

מבוא ליחידה 3 של הקורס חישה ותנועה - חישה כימית. חישה כימית היא החישה העתיקה ביותר והיא קיימת בכל היצורים החיים. בבעלי חיים חישה זו מתבצעת באמצעות חושי הריח, הטעם, ה"חריף" ומגוון חישות של סביבתנו הפנימית. בסרטון זה נסקור בקצרה חישות אלה עליהן נפרט בסרטוני היחידה.

#### סרטון חוש הריח – המוח המריח (8.50 דקות)

בסרטון זה נלמד בפירוט על המנגנון בו פועל חוש הריח. חומרים כימיים נדיפים הנשאפים לאף מפעילים קולטנים הנמצאים על תאי עצב היורדים מהמוח דרך "מסננת" בגולגולת כך שלמעשה אנחנו מריחים ישירות עם המוח. מבנה זה מסביר מדוע חוש הריח מפעיל אותנו ומעורר זכרונות יותר מהר מכל חוש אחר.

#### סרטון חישה כימית בתולעים (6.31 דקות)

ראיון עם פרופ. אלון זסלבר מהאוניברסיטה העברית על מחקריו העוסקים בחישה כימית בתולעים.

#### סרטון תקשורת כימית (7.38 דקות)

בזכות החישה הכימית המשוכללת של יצורים חיים חומרים כימיים משמשים כאמצעי תקשורת בין יצורים שונים, בין אם אלה פרטים שונים של אותו המין או יצורים ממינים שונים בתכלית. תקשורת זו משמשת לחישת מניין, למשיכה של בני זוג משמרים ועד פילים, למשיכה של מאביקים לפרחים וגם לסימון טריטוריאלי.

#### **תרגיל 1 – חוש הריח ותקשורת כימית**

#### סרטון חוש הטעם (11.28 דקות)

קולטני הטעם בלשון ובחך מזהים את ארבעת טעמי היסוד מתוק, חמוץ, מר ומלוח, כמו גם אומאמי ויתכן וטעמי יסוד נוספים. בסרטון זה נדון לעומק בטעמי יסוד ובהיגיון האבולוציוני לקיומם.

#### סרטון חריף (2.57 דקות)

היכולת שלנו לחוש בטעם החריף של פלפל חריף, וסאבי, חזרת כמו גם הטעם של מנטול, לא מתבצעת באמצעות קולטני חוש הטעם והריח אלא באמצעות קולטנים אחרים המזהים גם קור וחום. זיהוי קולטנים אלה זיכה את מגליהם בפרס נובל לפיזיולוגיה ורפואה בשנת 2021.

#### **תרגיל 2 – חוש הטעם וחריף**

#### סרטון אכילה כחוויה רב חושית – איך להנות יותר מהאוכל שאנחנו אוכלים (12.06 דקות)

השגת מזון, הערכת איכותו ואכילתו הן מהפעילויות החשובות ביותר של כל בעלי החיים. לא מפתיע לכן שכל החושים מגויסים לפעילויות אלה ויוצרים חוויה רב חושית. למדנו על חוש הטעם של

הטעמים הבסיסיים, על ההרחה דרך האף ודרך הפה של חומרים נדיפים ועל קולטני החום והכאב המזהים את האוכל החרף והשורף. בסרטון זה נראה כיצד גם שאר החושים שלנו, ראייה, מישוש ושמיעה, בחוויית האכילה.

**סרטון ביקור במסעדת מונא** (7.25 דקות)

ביקור במסעדת מונא בירושלים וראיון עם השף איתמר נבון כיצד יוצרים טעמים מלהיבים במסעדה.

**תרגיל 3 – אכילה כחויה רב חושית – ניסוי טעימה**

**קטע קריאה – חישה כימית של הסביבה הפנימית**

**תרגיל 4 – חישה כימית של הסביבה הפנימית**

**למידה פעילה – משימה 3 – ניסוי בחושים כימיים**

## יחידה 4 – חישת הסביבה הפיזית - שמיעה ומגע

### סרטון מבוא ליחידה 4 – שמיעה ומגע (5.56 דקות)

מבוא ליחידה 4 של הקורס חישה ותנועה – שמיעה ומגע. נעמוד על המכנורצפטורים המשותפים לחושים השונים החשים מגע פיזי ונלמד על איבר קו הצד של הדגים. בהמשך נסקור בקצרה את חישות המגע השונות עליהן נפרט בסרטוני היחידה.

### סרטון קול (5.44 דקות)

נלמד מהו קול, איך הוא נוצר, באיזה טווח הוא מתפשט ובאיזו מהירות ומה טווח התדרים אותו אנחנו ויצורים אחרים מפיקים ושומעים.

### סרטון האוזן (7.28 דקות)

נלמד אל מבנה האוזן וכיצד היא עובדת.

### תרגיל 1 – האוזן ושמיעה

### סרטון איכון הד Echolocation (7.26 דקות)

איכון הד echolocation או סונאר הוא צורת חישה מרתקת בה בעלי חיים משמיעים קולות וחשים את סביבתם באמצעות ההד המוחזר מעצמים ויצורים אחרים. איכון הד משמש בעיקר עטלפים וליוויתני שיניים אבל יש גם בני אדם שלמדו להשתמש בשיטה זו.

### תרגיל 2 – איכון הד

### סרטון מישוש (10.07 דקות)

בניגוד לחושים אחרים הממוקדים באברי חישה, קולטני חוש המישוש מפוזרים, ברמות שונות של צפיפות, על כל פני העור שלנו. בסרטון זה נלמד על ארבעת קולטני המישוש השונים ואיזה מידע ניתן לקבל באמצעותם על סביבתנו.

### תרגיל 3 – חוש המישוש – ניסוי במיפוי צפיפות קולטני המגע בעור

### סרטון חישה עצמית (7.38 דקות)

כדי להתנהל ולנוע חיוני לחוש לא רק את הסביבה החיצונית אלא גם את הגוף עצמו. חישה זו מתבצעת באמצעות שילוב של חוש הראייה, המערכת הוסיטובולרית וקולטני הפרופריספציה. המערכת הוסיטובולרית כוללת את התעלות הקשתיות ומרכיבים נוספים באוזן הפנימית. קולטני פרופריספציה הם קולטני מגע המפוזרים ברחבי הגוף בשרירים ובחיבור שלהם לגידים.

### סרטון כאב (9.13 דקות)

ראיון עם חוקר הכאב פרופ. מרשל דבור מהאוניברסיטה העברית.

### תרגיל 4 – חישה עצמית וכאב

למידה פעילה – משימה 4 – מדידת טווח השמיעה של האדם כתלות בגיל

## יחידה 5 – תנועה

### סרטון מבוא ליחידה 5 – תנועה (6.50 דקות)

מבוא ליחידה 5 של הקורס חישה ותנועה – תנועה. יחד עם חישה תנועה כיוונית היא אחת התכונות הבסיסיות ביותר של בעלי חיים. החושים עליהם למדנו ביחידות הקודמות משמשים במידה רבה כדי לכוון את התנועה. בסרטון מבוא זה נסקור בקצרה את צורות התנועה השונות עליהן נפרט בסרטוני היחידה בים באויר וביבשה.

### סרטון שרירים ושלד (8.29 דקות)

השרירים שלנו ושל כל בעלי החיים מבוססים על מנגנון שמור עוד מבחינה ואבולוציונית ועל מנועים מולקולריים שהופיעו כבר בחיידקים. אנחנו נלמד בפירוט על מנגנון זה. שרירים לבד לא מאפשרים תנועה ועליהם לעבוד בשילוב עם שלד. בניגוד לשרירים השמורים מאד מבחינה אבולוציונית שלדים התפתחו מספר פעמים והם שונים מאד בין הקבוצות השונות – שלד פנימי בחולייתנים, שלדים חיצוניים בפרוקי רגליים ויצורים אחרים ושלדים הידרוסטאטיים שונים הקיימים במגוון רחב של קבוצות. נזכיר גם בקצרה את הגידים המחברים את השרירים לשלד.

### סרטון תנועה במים (8.06 דקות)

החיים התפתחו בים וכמעט 90% מההיסטוריה של היצורים החיים, הייתה מוגבלת למים. בסרטון נדון במגוון צורות של תנועה במים. טבלה – תכונות האויר והמים

### **תרגיל 1 - שרירים, שלד ותנועה במים**

### סרטון תנועה של פרוקי רגליים יבשתיים (5.30 דקות)

פרוקי הרגליים, הקבוצה עשירת המינים ביותר של בעלי חיים היתה מבין הראשונות שעלתה ליבשה. בסרטון זה נדון בפרוקי רגליים הולכים על היבשה עם 6, 8 והרבה רגליים.

### **קטע קריאה - טיקטאליק – החוליה החסרה בין הים ליבשה**

### סרטון טיקטאליק Tiktaalik (11.38 דקות)

ג'יסון דאונס ממכון המחקר בפילדלפיה שהיה ממגלי הטיקטאליק. מספר על התגלית של מאובן הטיקטאליק ועל המאפיינים שלו כחולית מעבר בין דגים לחולייתנים יבשתיים (טטראפודה) הסרטון דובר אנגלית ויש לו כתוביות בעברית ואנגלית.

#### **סרטון הליכה על 4 (7.18 דקות)**

סרטון זה מתאר את צורות התנועה של הטטראפודה – החולייתנים בעלי הרגליים ההולכים, רצים, קופצים ודוהרים ביבשה. קבוצה זו כוללת את הדו-חיים, הזוחלים, הציפורים (כן אני יודע אין להם 4 רגליים) ויונקים.

#### **תרגיל 2 – תנועה על היבשה**

#### **סרטון הליכה על 2 (11.57 דקות)**

חלק מהטטראפודה הזדקפו והחלו ללכת על שתי רגליים מה שפינה את שתי הגפיים הקדמיות לשימושים אחרים. הציפורים משתמשות בהם לתעופה בעוד שקופי האדם ואנחנו בתוכם משתמשים בהם לשאת דברים ולעשות הרבה דברים אחרים (כגון להקליד על המחשב). האמת שהדינוזאורים היו הרבה לפנינו ורבים מהם, כמו הטי רקס האיום, הלכו על שתי רגליים. בסרטון זה נדון לעומק בתופעה ובאבולוציה שלה ונרשה לעצמנו קצת ספקולציות פרועות מתי, איך ומדוע החלו קופי האדם להיות דו רגליים.

#### **תרגיל 3 – הליכה על 2**

#### **קטע קריאה – הפיזיקה של התעופה**

#### **סרטון תעופה (15.28 דקות)**

תעופה היא צורת התנועה המהירה ביותר ומבחינות רבות היעילה ביותר. בסרטון נלמד על ארבעת הקבוצות שהתפתחה בהן תעופה חרקים, פרטוזאורוסים (שנכחדו עם הדינוזאורים), ציפורים (שהם צאצאים של הדינוזאורים) ועטלפים. כל הקבוצות המעופפות ששרדו עד היום הן מוצלחות מאד ומרובות מינים.

#### **סרטון מהמצאת הגלגל ועד הצעד הראשון על הירח (8.29 דקות)**

בני האדם פיתחו במהלך ההיסטוריה מגוון אמצעי תנועה שרובם מבוססים על הגלגל. עד לפני כמאתיים שנה תנועה זו היתה מבוססת על שרירים של חיות או של בני אדם. מאז המהפכה התעשייתית פותחו מגוון מנועים שהתבססו על מנועי קיטור, מנועי בעירה פנימית ומנועים חשמליים. בסרטון נדון בכל אלה וכמובן בשיט בים, בתעופה ובטיסה לחלל החיצון.

#### **תרגיל 4 – תעופה מהזבוב עד הירח**

#### **למידה פעילה – משימה 5 – תנועה**



## יחידה 6 – נדידות

### סרטון מבוא ליחידה 6 – נדידות (9.33 דקות)

מבוא ליחידה 6 של הקורס חישה ותנועה – נדידות. כדור הארץ נוטה על צירו מה שגורם לעונות השנה. רוב הנדידות של בעלי חיים נועדו לנצל משאבים שהזמינות שלהם היא עונתית, כגון מזון, אור יום, טמפרטורה ואזור דגירה. בסרטון זה נדון בתופעת הנדידה ובאמצעים אחרים בהם בעלי חיים יכולים לנצל משאבים עונתיים. כמו כן נסקור בקצרה את נדידה של יצורים שונים ביבשה, באויר ובים עליהם נראה סרטונים מפורטים בהמשך היחידה.

### תרגיל 1 – נדידות וניווטים

#### סרטון נדידות יונקים (14.39 דקות)

יונקים יבשתיים מוגבלים ביכולות הנדידה שלהם שכן הם לא יכולים לרוב לחצות אזורים גדולים בלתי מתאימים למחייה כגון מדבר או ים. יחד עם זאת כמה מהנדידות המרשימות ביותר בהן ניתן לצפות הן נדידות של יונקים. בסרטון זה נתמקד באחת מהגדולות והמרשימות שבהן, הנדידה המעגלית של הוילדביסט והזברות בסרנגטי ובמסאי מארה באפריקה. מנדידה זו ומיחסי הגומלין בין אוכלי העשב הנוודים עם בית הגידול שלהם הסוואנה כמו גם עם הטורפים הרבים שלהם נלמד שיעור מרתק על מערכות אקולוגיות מורכבות. נזכיר גם את נדידת הפילים.

### תרגיל 2 – נדידות יונקים

#### סרטון נדידות ציפורים (11.03 דקות)

ציפורים הן הנוודות האולטמטיביות וכ 40% מכלל מיני הציפורים נודדות. תעופה היא שימושית במיוחד לנדידה שכן היא מאפשרת לנוע מהר ולדלג מעל אזורים בלתי מתאימים כמו מדבריות וימים. נפתח בביקור במכון המחקר בו נמצאת החסידה המפורסמת עם החץ שפתרה את השאלה. לאן נעלמות החסידות בחורף. נראה שיאניות של מרחק וגובה ונבקר את העגורים בעמק החולה. באיסלנד נצפה בתוכי ים, סולות ועופות ים אחרים הנוודים כדי למצוא מקום קינון מתאים.

#### סרטון ראיון עם פרופ. יוסי לשם על ציפורים ומטוסים (6.56 דקות)

פרופסור יוסי לשם הוא אחד האנשים המזוהים ביותר עם הפיכת ישראל למעצמת צפרות. בסרטון זה נשמע כיצד מחקריו השכינו שלום בין הציפורים הנוודות למטוסי חיל האויר.

#### סרטון ראיון עם פרופ. ניר ספיר – שיטות מתקדמות למעקב אחר נדידות (5.28 דקות)

פרופ. ניר ספיר מאוניברסיטת חיפה מספר על שיטות מעקב חדישות המאפשרות מחקרי נדידה מרתקים ברמת פרוט ודיוק חסרי תקדים.

### תרגיל 3 – נדידות ציפורים

### סרטון נדידות רטובות (6.54 דקות)

סרטון זה יתאר נדידה של בעלי חיים ימיים שונים. את הסלמונים הבוקעים ביובלי נהרות עוברים לים וחוזרים במסעות מאתגרים חזרה ליובליים בהם בקעו, את הצלופחים שעושים מסע דומה אבל בכיוון הפוך, את דגי הקוד הנודדים מאות קילומטרים באוקינוס ואת הליוויתנים הנוודים הגדולים מכל.

### סרטון נדידות חרקים (8.44 דקות)

כשרואים פרפרי נמפית החורשף ודנאית מלכותית עדינים מעופפים להם קשה להאמין שהם ומינים רבים אחרים של חרקים מסוגלים לנדידות למרחקים של אלפי קילומטרים. אבל מסתבר שגם חרקים מסוגלים לנדידות וגם לניווטים מסובכים שיתוארו בקצרה בסרטון זה.

### **תרגיל 4 – נדידות רטובות ונדידות חרקים**

### **למידה פעילה – משימה 6 – השפעת פעילות האדם על נדידות בעלי חיים**

**סקר סיום הקורס**