

# הרצאה 1

## מהי פסיכולוגיה?

### הגדרת הפסיכולוגיה

1. מדע לימודי ההתנהגות והתהליכים הנפשיים - science of the mind.
2. תחום דעת במדעי הרוח ובמדעי החברה החוקר את התנהגותם של בני אדם יחידים ואת התהליכים הנפשיים העוברים עליהם. מטרת הפסיכולוגיה הן לתאר, להסביר, לנבא ולשלוט על ההתנהגות.

### שאלת הגוף והנפש

בתחילת התפתחות הפסיכולוגיה האמינו אנשים כי הנפש (mind) הינה ישות עצמאית אשר לא קשורה לאף איבר בגוף. במהלך השנים החלו לקשר בין הנפש לבין המוח, כלומר טענו כי הנפש מצויה במוח, כאשר תפקיד המוח הוא לשלוט בנפש. כיוון שבנפש לא ניתן לצפות ובמוח כן, החלו חוקרי הפסיכולוגיה לחקור את המוח. בעקבות המחקר בתהליכים פיזיים במוח החלו מדענים לפקפק האם למילה "נפש" יש משמעות במחקר הפסיכולוגיה.

### גישות לסוגיית הגוף והנפש:

- גישה דואליסטית - גוף ונפש שני דברים שונים ונפרדים (דקארט). הנפש קיימת במעין ממד אחר.
- גישה מטריאליסטית - כל המצבים המנטאליים הם בעצם דפוסי פעילות במח (פיזיים). זוהי הפסיכולוגיה המודרנית.

### **עמדה המתייחסת לקיום הנפש:**

הנפש היא מטאפורה למה שהמוח עושה, ועל כן יש להתייחס אליה כאילו היא קיימת. לדוגמה, אנו יכולים להגיד שקיימת תכונה הנקראת "ידידותיות" וכי אנשים שונים נמצאים באזורים שונים בסקאלה שבין "לא ידידותיים" ל"ידידותיים".

השאלה הנשאלת היא, האם התכונה הזאת באמת קיימת? או האם היא ביטוי פשוט שעוזר לנו להבין תהליך מסובך המתרחש אצלנו בגוף. בעיה זאת נקראת "רפיקציה" (reification) - ההנחה שמאורע או תופעה באמת קיימים במציאות רק מפני שיש להם שם.

הגישה המקובלת בפסיכולוגיה היום היא הגישה המדעית (גישה אמפירית- ניסויית). כלומר, על מנת לענות על שאלות פסיכולוגיות אנו משתמשים בכלים מדעיים, זאת כיוון שכלי המחקר המדעיים מאפשרים פחות הטיית ויותר הקפדה. על כן ניתן להגיד בצורה ודאית יותר מה 'אמת' ומה 'שקר'. קיימות גם גישות פסיכולוגיות שלא מתבססות על מחקר מדעי, כמו לדוגמה התיאוריות הראשונות על אישיות.

### כמה מהמדע הוא פסיכולוגיה?

- מדע ומחקר בסיסי - ההבנה כיצד העולם עובד או בנוי (מהי החוקיות של דברים בעולם?). המחקר בעיקרו שואל שאלות בסיסיות.
- טכנולוגיה - יישום מחקר בסיסי לצרכים מעשיים. היישום תמיד קשור למחקר ובעיקרו שואל שאלות יישומיות (לדוגמה - האם שיטה טיפולית זו יעילה).

ההבחנה בין התחומים היא לא מדויקת- דבר מותנה בדבר מאחר וגם כשעושים עבודה יישומית צריך להיות מחוברים למידע הבסיסי (להכיר תחומי מחקר חדשים, יש צורך בידע פרטני ומדויק כדי לתת מענה נכון).

### מהי התנהגות?

מטרת העל בפסיכולוגיה היא להבין את ההתנהגות של האדם. כיצד פסיכולוגים מסבירים התנהגות?

- מתארים את ההתנהגות באופן ברור ופשוט כך שיהיה ניתן לוודא שפסיכולוגים ממקומות שונים בעולם אכן צופים באותה התנהגות.
- מסבירים מה גורם להתנהגות, מהו האירוע שקדם להתנהגות והוביל אליה, והוא בעצם ההסבר לאותה התנהגות. ההסברים יכולים להגיע ממקומות שונים (פנימיים, חיצוניים..).

### רפלקציה (שכפול)

**רפלקציה** היא שחזור של מחקר הנעשה בתנאים דומים ככל האפשר למחקר המקורי במטרה לבדוק האם התוצאות המתקבלות זהות. קיימים שני סוגין:

1. **רפלקציה ליטרלית** - חזרה על הניסוי כפי שנעשה לראשונה ללא שינוי מהותי, רק עם נבדקים שונים מאותה אוכלוסייה, זאת במטרה לחזק את המסקנה כממצא אמיתי ולא כטעות מקרית.
2. **רפלקציה קונספטואלית** - חיזוק ההשערה על ידי שינוי מהותי מסוים: הגדרה אופרציונלית אחרת למשתנה התיאורטי כחיזוק לתוקף ההשערה. משחזרת את שאלת הניסוי בדרכים שונות. לדוגמה, חלקים מהמתודולוגיה יהיו שונים או שיוסיפו קבוצות שונות לניסוי.

בשנים האחרונות התגלו מחקרים רבים בפסיכולוגיה שברפלקציות נראה כי ממצאי המחקר המקורי שגויים, דבר שמערער את המחקר המקורי.

**טעות מ"סוג 1**: ניסוי שתוצאתו היא תופעה מסוימת, אך תוצאת הניסוי שגויה והתופעה אינה קיימת במציאות. הסבירות לטעות כזו נמוכה יחסית.

**טעות מ"סוג 2**: ניסוי שאינו מצליח לאשש שתופעה מסוימת קיימת, למרות שהתופעה אכן קיימת במציאות.

### האם פסיכולוגיה היא הגיון בריא?

פעמים רבות תוצאות המחקרים בתחום הפסיכולוגיה ישמעו כהגיון בריא, אך חשוב לשים לב כי מספר פעמים לא מבוטל התוצאות דווקא סתרו את ההגיון הבריא ולכן אין להסתמך רק עליו.

### ויכוח תורשה-סביבה - Nature-Nurture Debate

ויכוח זה עוסק בשאלה האם היכולות האנושיות הן נרכשות או מולדות.

- **הגישה התורשתית - nature** טוענת כי לאדם יכולות מולדות, גנטיות.
- **הגישה הסביבתית - nurture** טוענת כי לסביבה יש השפעה קריטית כי האדם נולד "טאבולה ראסה" והידע נרכש דרך חוויות ואינטראקציות בעולם. אנחנו לא נולדים עם רעיונות ויכולות, המוח שלנו מלא ברעיונות שנוצרו דרך החושים שלנו.

## מדע ומאפייניו

### מדע ותצפיות

1. מדע מתחיל בתצפיות - התבוננות על התופעה.  
↓
2. הנתונים הנאספים בתצפיות (ניסויים) מצטברים לכדי הכללה אמפירית (הכללה של התופעה הכללית)  
↓
3. תיאוריה - מקשרת בין הכללות אמפיריות לכדי עקרונות מופשטים - כלומר **מציאת חוקיות**. תפקידה של התיאוריה הוא להסביר את ההכללות האמפיריות ומה גרם לתופעות שנצפו. לכן התיאוריה מדברת גם על דברים שלא נצפו ישירות.

### דוגמא לניסוי:

הניסוי מבוסס על מטלה שבה נבדקים צריכים ללמוד מילים בשלב הראשון (שלב הקידוד) ולהיזכר בהן (שלב השליפה). בניסוי זה מקשים על הביצוע באמצעות דרישה לבצע במקביל מטלה נוספת. אם מקשים על שלב הקידוד, הביצוע יורד. אם מקשים על שלב השליפה - הביצוע אינו מושפע.

הכללה אמפירית 1: שלב הקידוד מושפע מקושי ואילו שלב השליפה אינו מושפע מקושי.  
הכללה אמפירית 2 (מניסויים נוספים): מוטיבציה להצליח במשימה עוזרת בשלב הקידוד אבל אינה עוזרת בשלב השליפה.

תאוריה 1: ישנם משאבים מוגבלים להפניית קשב (תשומת לב).  
תאוריה 2: לא כל תהליך קוגניטיבי דורש משאבי קשב - ישנם תהליכים דורשי קשב ותהליכים אחרים שאינם דורשי קשב.  
תאוריה 3: קידוד דורש קשב ואילו שליפה אינה דורשת קשב.

### יתרונותיה של הגישה המדעית

1. מדע מבוסס על הכללות ← הכללות מאפשרות לשלוט בתופעות ולנבא אותן (ישנן הכללות גם מחוץ למדע).
2. ההכללות המדעיות אמינות יותר משום שהן נתונות לבדיקה מתמדת וקפדנית. (לכן נטייתן להיות שגויות נמוכה יותר).

### מאפיינים של מדע תקין

1. אובייקטיבי:
  - שיטת איסוף התצפיות גלויה - **מאפשר רפליקציה** (שחזור של ממצאי המחקר).
  - דרך ניתוח הנתונים גלויה - **מאפשר גילוי טעויות בשיטה/חישוב**. (ההכללה האמפירית צריכה להיות מנוסחת בצורה שניתן לסתור אותה. מאפשר לעלות על בעיות בהכללה).
  - התהליכים שבאמצעותם הגיעו להכללה אמפירית גלויים - **מאפשר לחשוב על מקרים סותרים**.
  - התאוריה מנוסחת באופן מספיק ברור כך שניתן לגזור ממנה חיזויים - מאפשר לבחון אם חיזויים אלו מתקיימים.
2. **בלתי מוטה**:  
אין העדפה מראש לתיאוריה מסוימת.

(ברוב כתבי העת לא כתוב התואר האקדמי של הכותבים, מאמרים יכולים להישלח לשיפוט אנונימי, אנשים מפריכים תאוריות שהם בעצמם הגו...). הממצאים, ההכללות, הדיוק בהסקה ובניתוח המסקנות מכריעים בין התאוריות, ולא החוקר שביצע אותן.  
3. המדע מצטבר:

- תאוריות נבנות על בסיס התיאוריות הקודמות, ומוסברות על בסיס הכללות אמפיריות ונתונים קודמים ועליהם נתונים חדשים, ממצאים נוספים ופרקודסים.  
לעיתים קרובות תאוריה ישנה הופכת למקרה פרטי בתאוריה חדשה.  
- רציונלי להסתמך על תאוריות למרות שהן מתחלפות- "עדיף מודל 2020 על מודל 2017".

## השפה המדעית

\*חוקר ניסה לשחזר את ממצאי המחקר שבדוגמא (זכירת מילים) אך השתמש בתמונות והגיע לתוצאות שונות. האם ניתן להתייחס לכך ככישלון של רפלקציה?

הבעיה היא: שניהם בדקו זיכרון, אך המונח "זיכרון" מתבטא בכמה דרכים.  
לכן- מונחים מדעיים צריכים שתהיה להם **הגדרה אופרציונלית**.

## הגדרות אופרציונליות

**הגדרה אופרציונלית**- מתארת מה בדיוק נעשה על מנת לבדוק את המונח/ משתנה.  
כדי לאפשר תקשורת מדויקת, משתמשים בהגדרות אופרציונליות.  
בהגדרה אופרציונלית נפרט בצורה מדויקת על שלבי הניסוי- איזה מילים ניתנו בשלבי הלימוד, באיזו צורה ניתנו לנבדק, כיצד התבקש מהם לענות בשלב הבדיקה, וכו...  
- הגדרות אופרציונליות אינן רק מאפיין של מדע- היא חשובה גם לתחומים ישומיים.  
למשל, כשמטופלים מופנים מקליניקה אחת לאחרת נמסר עליהם מידע באמצעות תוצאות שהתקבלו במבחנים מוכרים. **מבחן מוכר** מהווה הגדרה אופרציונלית.  
גם שיטות טיפול מבוססות מדע כוללות הגדרות אופרציונליות (הפרוטוקול מהווה הגדרה אופרציונלית לשיטת הטיפול).

### דוגמא להגדרה אופרציונלית:

"כדי לבחון זיכרון, הנבדקים קיבלו רשימה בת עשרים מילים שכללה את המילים הבאות (שולחו, אבוקדו...). המילים הוצגו כשהן מודפסות על דף והנבדק קיבל דקה אחת ללמוד אותן. לאחר שעה, הנבדק קיבל דף נקי ועט והתבקש לרשום כמה שיותר מילים מאלו שהוצגו בשלב הראשון. ציון הזיכרון היה מספר המילים הנכונות שהופיעו בתגובת הנבדק".

## הגדרות נומינליות

למרות שהפרקטיקה היא כולה באמצעות הגדרות אופרציונליות, השיח בין אנשי מדע משתמש גם בהגדרות פחות מדויקות.

**הגדרה נומינלית**- (=תאורטית) הגדרת מונח באמצעות מונחים אחרים.

### דוגמא להגדרה נומינלית:

זיכרון זו היכולת לשמור מידע שהוצג קודם לכן, והגדרה נומינלית מקשרת בין מונחים. זיכרון מקושר לשמירת מידע, יכולת וכו'.

**ישנן הגדרות אופרציונליות רבות להגדרה נומינלית אחת.**



## הקשר בין הגדרות נומינליות ואופרציונליות

היינו מצפים שאם כל ההגדרות האופרציונליות מבטאות הגדרה אחת, הן יפיקו תוצאות זהות. אך הדבר לא בהכרח קורה. למשל: ההגדרה הנומינלית לזיכרון- "היכולת לשמור מידע שהוצג קודם לכן" - יכולה להיבדק ע"י 3 מבחני הזיכרון:

### 1. איחזור

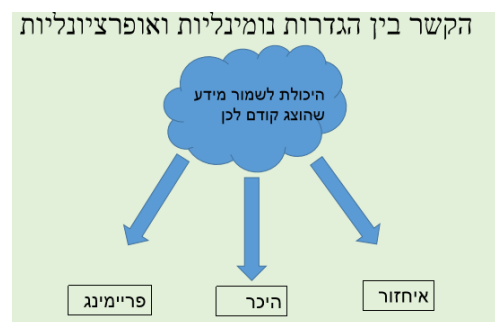
שלב לימוד: הצגת המילים שניתנו לנבדק  
שלב הבדיקה: הנבדק נשאל איזה מילים היו המבחן בודק את היכולת לשמור את המידע שהוצע מקודם ולכן ההגדרה מתאימה להגדרה הנומינלית.

### 2. מבחן היכר

שלב לימוד: הצגת המילים שניתנו לנבדק  
שלב הבדיקה: נותנים לנבדק רשימה של מילים ולגבי כל מילה הוא צריך לציין האם הופיעה או לא הופיעה. עדיין מתאים להגדרה הנומינלית.

### 3. מבחן פריימינג

שלב לימוד: הצגת המילים שניתנו לנבדק  
שלב בדיקה: לא מציגים אותו לנבדק כמבחן זיכרון. מציגים מילים משלב הלימוד וגם מילים חדשות בצורה קשה לקריאה ומבקשים מהנבדק לקרוא (כמבחן קריאה). מוצאים שהנבדק קורה יותר טוב מילים שלמד בשלב הלימוד. הציון הנבדק הוא הפער בין אחוז המילים החדשות לישנות שהנבדק הצליח לקרוא. גם שיטה זו מתאימה להגדרה נומינלית.



המבחנים הניבו תוצאות שונות, על אף ששלושתם תואמים את ההגדרה הנומינלית. מכאן עולה **הפרדוקס הנומינלי**.

## הפרדוקס הנומינלי

הפרדוקס נובע מהסיבה שיש הגדרה נומינלית אחת (לצורך העניין זיכרון: היכולת לשמור מידע שהוצג קודם לכן). אם התוצאות במבחני הזיכרון שונות למרות שישנה הגדרה אחת, איך אפשר להגיד שמדובר בהגדרה נומינלית?

כלומר, הגדרות אופרציונליות שונות מובילות לתוצאות שונות. אם היינו בוחרים לקרוא למבחנים אלו בשם האופרציונלי (מבחן אחזור, מבחן היכר ומבחן פריימינג), ולא "מבחן זיכרון" - שהרי מדובר בהגדרה מאוד כללית- אזי אולי לא היה מתקיים הפרדוקס. (דוגמאות לתוצאות שונות- חולי אמנזיה מראים היכר ואחזור פגועים ופריימינג תקין, זקנים בריאים מראים פריימינג והיכר תקינים ואחזור פגוע.)

### עמדות שונות ביחס לפרדוקס הנומינלי:

#### עמדה 1: אופרציונליזם

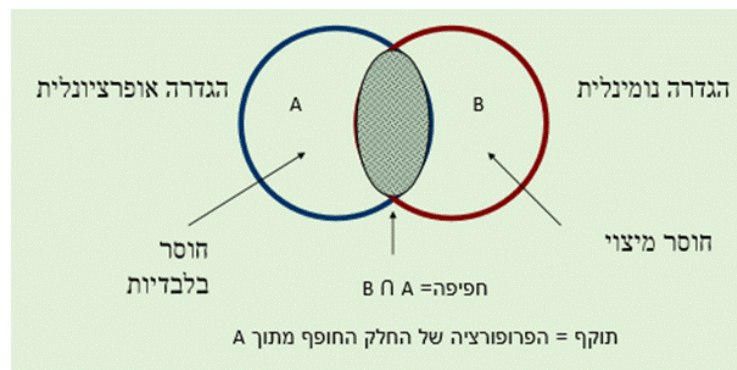
אין צורך בהגדרות נומינליות. נשתמש בתיאורים ספציפיים (למשל, נאמר על חולה שהאחזור שלו פגוע, ולא הזיכרון).

- בכל מקרה הפרקטיקה היא באמצעות הגדרות אופרציונליות אז אין צורך בהגדרות נומינליות.

#### עמדה 2: הגישה הנומינלית

יש צורך גם בהגדרות נומינליות. הן עוזרות להבין את התופעות ברמה מופשטת יותר, ולייצר הכללות. אם נגלה פרדוקס- נשנה את ההגדרות הנומינליות. במקום לדבר על "זיכרון" נאמר שאין דבר זה זיכרון אלא יש מערכות זיכרון שאינן תלויות זו בזו: פריימינג, אחזור, היכר...

#### תוקף של הגדרה אופרציונלית



מושג המתייחס לרמת החפיפה שבין הגדרה נומינלית להגדרה אופרציונלית. ככל שהחפיפה גדולה יותר התוקף גדול יותר.

המושג תוקף מתייחס להגדרה האופרציונלית. אין תוקף להגדרה נומינלית. התוקף זו החפיפה. לשני החלקים שלא חופפים יש מאפיינים שונים. מושג זה אינו רלוונטי עבור מי שמחזיק בעמדה האופרציונלית.

\*תקפות אקולוגית מתייחסת לכמה דרך המדידה בניסוי הייתה "אמיתית" או שמא רלוונטית רק לניסוי עצמו ולא לחיים.

#### חוסר בלבדיות-

ההגדרה האופרציונלית לא בודקת רק את ההגדרה הנומינלית. (לדוגמא- במבחן חרדה עונים על סדרת שאלות בנוגע לחרדה של הנבדק. המבחן בודק את המצב הרגשי ולא רק את החרדה.)

#### חוסר מיצוי-

החלק בהגדרה הנומינלית שלא בא לידי ביטוי בהגדרה האופרציונלית. (כאשר אנו לא ממצים בניסוי

את ההגדרה הנומינלית).  
(למשל, המושג אינטליגנציה מתאר גם אינטליגנציה רגשית. במבחן אינטליגנציה לא תמיד בודקים אינטליגנציה רגשית.)

**קונפאונדינג (confounding)** - ערעור על תוצאות המחקר כתוצאה מהסברים חלופיים, שמקורם בתוקף מבנה לקוי. כך מוגדר החשד, שההגדרה האופרציונלית של המשתנה הבלתי תלוי, אינה מבטאת רק את המשתנה התיאורטי הרצוי אלא גם משתנים תיאורטיים נוספים נוספים.

### תהליך הגילוי בפסיכולוגיה - השיטה המדעית

מטרת המחקר הפסיכולוגי היא לגלות, לתאר, להסביר ולשנות התנהגות. על מנת לעשות זאת, פסיכולוגים צריכים להשתמש ב"שפה" שהיא מצד אחד מדויקת מספיק על מנת שאחרים יבינו ומצד שני מכלילה מספיק על מנת שתכלול מגוון של סיטואציות.

קיימות שלוש גישות מדעיות למחקר:

1. **אבחנות טבעיות (naturalistic observations)** - הסתכלות על בני אדם או חיות בסביבתם הטבעית. אבחנות אלו הן הכי פחות פורמליות ובעלות הכי פחות חוקים. התבוננות ניטרלית היא הבסיס של המדע הביולוגי והחברתי. (דרוויין נהג להתבונן בחיות ואורגניזמים שונים במסעותיו בעולם, התבוננות זו וסיווג המידע שאסף היוו בסיס לתיאורית האבולוציה שלו).
2. **קורלציה - Correlational studies** - גם גישה זו מבוססת על אבחנות בסביבה הטבעית, אך קיימים בה יותר חוקים ומדידות (של אירועים סביבתיים, של התנהגות של אורגניזם או של תכונות פיזיות וחברתיות של אורגניזם) - ניסיון להתאמה של התנהגות לחוקים מסוימים.
3. **ניסויים** - לגרום לתופעה מסוימת לקרות ואז לצפות בתוצאות התופעה. קיימים מספר חוקים אשר כך חוקר חייב לבצע בניסוי.

### שלבים בביצוע ניסוי:

1. **אבחון התופעה וניסוח השערה (היפותזה)** העשויה מקשרי סיבה ותוצאה בין המשתנים - כלומר, עלינו לזהות משתנים (התנהגויות, מאורעות סביבתיים או פיזיולוגיים) ולהסביר מה הקשר בין שני המשתנים.
2. **תכנון הניסוי** - הגדרת המשתנה התלוי והמשתנה הבלתי תלוי. עלינו לוודא בתכנון הניסוי כי רק המשתנה הבלתי תלוי ישפיע על המשתנה התלוי ולא שום דבר אחר.
3. **ביצוע הניסוי** - ארגון החומרים הנדרשים לניסוי, הכשרת האנשים המבצעים את הניסוי, איסוף מתנדבים אשר יבצעו את הניסוי (משתתפים), חלוקת המשתתפים לקבוצות שונות (קבוצה רגילה לעומת קבוצת ביקורת), ארגון אזור הניסוי. לאכן מכן הניסוי מתבצע והאבחנות מתועדות.
4. **הערכת ההיפותזה בהתאם לתוצאות הניסוי** - האם התוצאות תומכות בהשערה או האם הן סותרות אותה? שלב זה כולל ניתוחים סטטיסטיים המאפשרים להבין האם הקשר בין הקבוצות מובהק סטטיסטי או האם הוא התקבל במקרה.
5. **דיווח על התוצאות**

### העלאת ההשערה:

העלאת ההשערה היא נקודת הפתיחה של כל מאמר. כאשר חוקר מעלה השערה הוא למעשה מציע שקיים **קשר של סיבה ותוצאה בין משתנים**. לעיתים חוקרים לא יודעים מראש מהן התוצאות שהניסוי יניב (לדוגמה, מדידת הגישה של אנשים לנושאים כגון ניסויים בבעלי חיים או רפואה אלטרנטיבית). מחקרים אלו נקראים "**משלחות דיג**" כיוון שאין החוקרים יודעים לאן הם מכוונים ומהי התוצאה שתתקבל.

## יצירת תאוריה:

תיאוריה הינה **קבוצה של הצהרות אשר באה להסביר תופעה מסוימת או מספר תופעות**. התיאוריה הינה צורה משוכללת יותר של ההשערה או דרך לארגן כמה השערות הקשורות אחת לשניה על מנת להסביר תופעה מורכבת. תיאוריה טובה מאפשרת יצירה של השערות חדשות הניתנות לבדיקה על ידי מחקר מדעי. תיאוריות מסוימות הינם תיאוריות היפותטיות מאוד ועל כן הן לא ניתנות למדידה.

היקפם של רוב המחקרים הפסיכולוגים גדול יותר מהשערה אך קטן יותר מתיאוריה. לדוגמה, ההשערה על הקשר בין תסכול לאגרסיביות: אנשים נוטים להיות אגרסיביים יותר כאשר הם אינם מצליחים להשיג מטרה שלשמה עבדו. ההשערה הזו יכולה להתאים להרבה סיטואציות שונות.

## הרצאה 2

### תכנון הניסוי- שיטות מחקר כמותיות

**מטרת המחקר היא מציאת קשר בין משתנים**. המחקר מתבצע כדי לענות על שאלות מחקר. מרבית המחקרים בפסיכולוגיה הינם מחקרים כמותיים (להבדיל ממחקר איכותי/איכותני). שיטה זו מתאימה מפני שהתנהגות ניתנת למדידה, ניתן לבטא אותה במונחים כמותיים, (כגון למדוד על סקאלה, לתת ציון וכדו').

**משתנה** - קבוצת ערכים הנבדלים זה מזה על פני אותו הממד. (גובה, מין, אינטליגנציה, קבוצת מחקר...)

### דוגמאות לשאלות חקר:

- האם הטיפול הנפשי עוזר בדיכאון (הקשר בין קבוצה לרמת דיכאון)?
- האם בקרב ילדים עיסוק מרובה בטלפון הנייד קשור לרמה נמוכה של מיומנות חברתיות? (הקשר בין כמות עיסוק בטלפון הנייד למיומנויות חברתיות).

### ניסוי כמותי ניתן לבצע באחד משני האופנים:

#### **סוג 1: מחקר מתאמי**

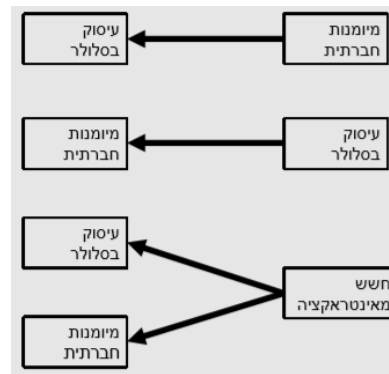
כל המשתנים נמדדים - מערך מדידה בלבד, ללא התערבות או מניפולציה. עבור כל אינדיבידואל בקבוצה נמדדים שני משתנים או יותר ובוחנים האם הם מקושרים בקשר סטטיסטי כלשהו הנקרא **מתאם**.

**הגדרה נומינלית** - הסבר של המושג בעזרת מונחים תיאורטיים אחרים.  
**הגדרה אופרציונלית** - כיצד המשתנה נמדד בפועל.

דוגמא לתיאור ניסוי- כמות עיסוק בנייד נמדדת באמצעות אפליקציה. רמת המיומנויות החברתיות נמדדת באמצעות מבחן.

### חסרונות המחקר המתאמי:

- אין בקרה על משתנים.
- ניתן להסיק על קשר כלשהו אך לא ניתן להסיק על כיוון הסיבתיות. יכולים להיות מספר כיוונים סיבתיים- למשל:
  1. בעלי מיומנויות נמוכות מבודדים ולכן מתעסקים בטלפון הסלולרי
  2. עיסוק בסלולרי מונע רכישה של מיומנויות חברתיות
  3. **חשש** מאינטראקציה חברתית גורם גם לעיסוק בסלולרי וגם למיומנויות נמוכות.



### יתרונות המחקר המתאמי:

- מאפשר לחקור משתנים שלא ניתנים לתפעול (מגדר למשל).
- מחקר "אקולוגי" ולא חודרני

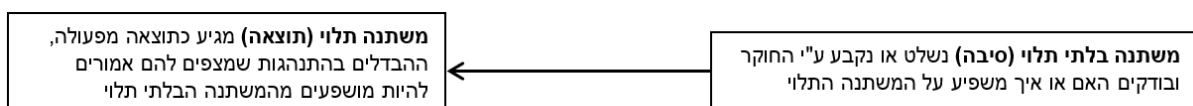
### פתרונות (חלקיים) במחקרים מתאמיים:

- מדידת משתנים המהווים מקור להסברים חלופיים (מדידת חשש מאינטראקציה חברתית).
- מדידת משתנים בנקודות זמן שונות (אם השימוש בסלולרי גורם לירידה במיומנויות חברתיות אז נצפה שרמת שימוש בזמן 1 תנבא מיומנויות נמוכות בזמן 2).

### סוג 2: מחקר ניסויי

המשתנה הבלתי תלוי, "הסיבה" מתופעל והמשתנה התלוי, "התוצאה" נמדד.

משתנה בלתי תלוי - הסיבה. זה המשתנה שהנסיין משנה אותו, שולט בו.  
 משתנה תלוי - זה המשתנה שתוצאתו תלויה במשתנה הבלתי תלוי.



אנו מצפים שככל שנשנה את המשתנה הבלתי תלוי (הסיבה), כך נוכל לראות שינוי במשתנה התלוי (התוצאה). חשוב להקפיד לבצע שינוי במשתנה הבלתי תלוי, ולנטרל כמה שיותר הבדלים אחרים. אם יהיו הבדלים נוספים, אז יתכן שאותם הבדלים הם אלו שגרמו לתוצאה שקיבלנו, (ולאו דווקא המשתנה הבלתי תלוי שאותו אנו מעוניינים לבדוק).

\*למרות שהבסיס של מחקר פסיכולוגי הוא קריאה בשם וסיווג של התנהגויות עלינו להיזהר שלא לשגות בשגיאה נומינלית או בהפשטה (הפיכה של משהו מופשט לקונקרטי לפני שהוכח ככזה). שגיאה נומינלית היא ההנחה השגויה כי דבר בעל שם הוא מוסבר ואמיתי. סיווג התנהגות אינו מסביר אותה אלא רק מכין אותנו למחקר ולמידה מה גורם לה. (נקרא גם רפיקציה)

### דוגמא

תיאור הניסוי: כמות עיסוק בנייד נשלטת באמצעות אפליקציה.  
 - הגדרות אופרציונליות לתפעול כמות העיסוק בטלפון הנייד.

הנבדקים חולקו אקראית לארבע קבוצות. לכל הנבדקים חולקו טלפונים סלולריים (והם התחייבו להשתמש רק בהם בתקופת המחקר). כמות השימוש בטלפון נשלטה באמצעות אפליקציה כך שבקבוצות השונות ניתן היה להשתמש בטלפון 1,2,3,4 שעות ביום. בתום שנה של מחקר נבחנו המיומנויות החברתיות של הנבדקים באמצעות מבחן מיומנויות חברתיות.

- כשיש תפעול, הסיבות להבדלים בין הנבדקים היא במשהו שהנסיין גרם ולא בהבדלים שהיו בין הנבדקים לפני הניסוי.

אין בהכרח הבדל בין מערך מתאמי למערך ניסויי מבחינת ניתוח הנתונים.

### יתרונות המערך הניסויי (קיום כל התנאים לסיבתיות):

- בגלל הקצאה האקראית (בתנאי של מספר גדול מספיק), קבוצות המחקר שוות זו לזו מכל הבחינות, וזה **שולל הסברים חלופיים** כולל הסברים שלא העלינו על הדעת (אנשים הסובלים מהימנעות מאינטראקציה חברתית).
- הקצאה רנדומלית - שיטה להקצאת נבדקים לקב' ניסוי וביקורת כך שלכל נבדק סיכוי זהה להיות מוקצה לכל קבוצה. מסייע בבידוד משתנה ב"ת. אם לוקחים קבוצה מספיק גדולה ומחלקים אותה בצורה אקראית, הקבוצות זהות. (רמת המיומנות החברתית שווה). כשיש תפעול, הסיבה להבדלים בין הנבדקים היא במשהו שהנסיין עשה ולא בהבדלים שהיו בין הנבדקים לפני הניסוי. ההבדלים לצורך ההשוואה הם בין הממוצעים בין הקבוצות ולא בין נקודות הזמן.
- העובדה שהמשתנה הבלתי תלוי תופעל לפני המדידה מבטיחה את הקדימות בזמן. ולכן זה סוגר מכל בחינה בנושא הסיבתיות. אנחנו יודעים בדיוק מה גרם למה. לכן מתקיימים כל התנאים למציאת נסיבתיות.

### חסרונות המערך הניסויי:

- אמנם ברור שהתפעול גרם לתוצאה, אבל לא ברור מה בתפעול הוא שגרם לה. (מניעת שימוש חופשי בטלפון הסלולרי אולי גורמת לתסכול והתסכול הוא הסיבה לכך).
- מחקרים ניסויים נוטים להיות מאוד לא טבעיים ולכן קשה להקיש מהם על המצב הרגיל.
- קיימים גורמים אשר לא ניתנים לתפעול ועל כן לא ניתנים למדידה במערך ניסויי.
- במקרים בהם חוקר משתמש שלא בכוונה במספר משתנים בלתי תלויים אי אפשר להפריד איך כל אחד מהם משפיע על המשתנה התלוי. מקרים אלו נקראים משתנה מתערב. איזון הוא הפתרון לבעיה זו, הדרך הספציפית שבה מבודדים כמה שיותר את המשתנה הבלתי תלוי כך שרק הוא יהיה זה שישפיע על המשתנה התלוי.

### תנאים לקיום סיבתיות:

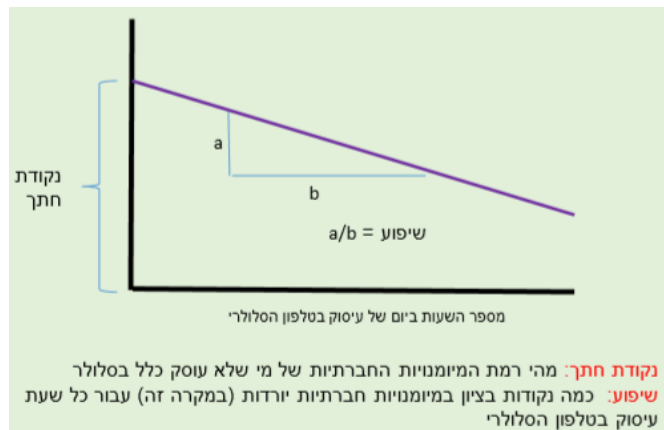
1. קשר סטטיסטי בין סיבה לתוצאה (ככל שעוסקים יותר בסלולר המיומנויות החברתיות נמוכות יותר) - נבדק באמצעות מתאם של קשר לינארי או מתאם אחר.
2. קדימות בזמן - הסיבה מתקיימת לפני התוצאה. (תמיד קיים בניסויי אך לא תמיד במתאמי, מדידות בזמן שונה לרוב פותרות את בעיה זו).
3. שלילת הסברים חלופיים - במחקר ניסויי למשל, המניפולציה/תפעול יכולה לגרום לתסכול או גורם אחר שיכול להוות הסבר חלופי לתוצאות. (דוגמא - זה אינו העיסוק בסלולר אלא ההימנעות מאינטראקציה חברתית).

למה חשוב לדעת על הכיוון הסיבתי?

- שליטה בסיבה שתגרום לשליטה בתוצאה (למשל- שיפור הבריית הטיפולית יוביל לשיפור בתוצאות הטיפול).
- **דוגמה** למקרה שבו חשוב לדעת את הכיוון הסיבתי: אנשים בעלי עודף משקל צורכים כמות גדולה של תחליפי סוכר, יכול להיות שעודף משקל גורם לצריכת סוכרזית או שצריכת סוכרזית גורמת לעודף משקל.

### איך בודקים קשר בין משתנים?

**מתאם/ קורלציה** - במקרים רבים ניתן לתאר את הקשר באמצעות פונקציה לינארית (קו ישר) מה שמאפשר לנבא מה תהיה בערך התוצאה (ציון במיומנות חברתית) על סמך הסיבה (כמות הזמן בטלפון).



### נקודת חתך:

מהי רמת המיומנות החברתית של מי שלא עוסק כלל בסלולר (מה ערך ה-Y של הפונקציה כש X=0)

### שיפוע:

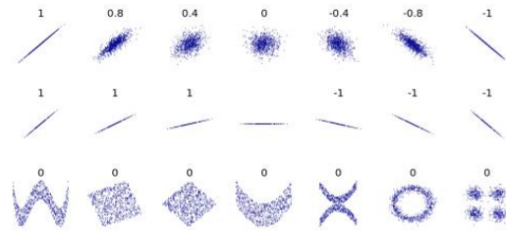
כמה נקודות בציון במיומנות חברתיות יורדות עבור כל שעה של עיסוק בסלולרי (a:b).

### מקדם המתאם:

מקדם המתאם (correlation coefficient) ידוע רק על טווח הנתונים שנבדק.

- נע בין -1 ל-0 דרך 0 עד 1
- גודל בערך מוחלט מבטא את מידת ההתאמה של הפונקציה הלינארית, כלומר את חוזק הקשר.
- סימן (מינוס מול פלוס) מבטא את כיוון הקשר (אם הקשר הוא שלילי או חיובי)
- 0 אומר שאין מתאם **לינארי**, זה לא אומר שאין מתאם בכלל.
- 1 ו-(-1) זה בהכרח קשר לינארי- מצביע על קשר מושלם.
- בין 1 ל-0 ובין -1 ל-0 (שבר) - הקשר לא לינארי או שאין בכלל קשר.

בפסיכולוגיה, מתאם מעל 0.6 נחשב די גבוה, ומתאם הנע בין 0.2 ל-0.6 נחשב לבעל ערך מדעי תיאורטי.



## אמינות של ניסוי

רמת העקביות והדיוק של התוצאות בניסוי קובעת את אמינות הניסוי. להגיע למחקר אמין בדרך כלל יהיה קל יותר מלהגיע לניסוי תקף. אמינות מחקר תלויה בעיקר ב**דיוק ותשומת לב** לפרטים הקטנים במחקר. דבר נוסף שמשפיע על אמינות המחקר היא ההתמחויות והתארים של עורכי המחקר (החוקרים ועוזריהם בשטח). כמו כן הגדרה מדויקת ולא משתמעת לשתי פנים של דרכי המדידה של המשתנה התלוי גם היא מגבירה את אמינות המחקר.

## ציפיות של משתתפים

**אפקט הארטון** - המשתתפים בניסוי מודעים לכך שהם נבדקים ולעיתים יכולים לשנות את התנהגותם בהתאם למה שהם מאמינים שהוא הציפייה מהם.

## דיווח על התוצאות בניסוי מדעי

הגישה המדעית עומדת על כך שחוקרים צריכים לדווח על כל הפרטים בניסויים, על מנת לאפשר למדענים אחרים לחזור או לשחזר (replicate) את הניסוי. אם ממצאי המחקר יהיו חשובים ומשמעותיים, חוקרים אחרים ירצו לשחזר את הניסוי כדי לוודא שהתוצאות אינן טעות סטטיסטית או טעות במתודולוגיה.

קיימים ארבעה סוגים של מאמרים מדעיים, העיקרי בהם הוא **המאמר האמפירי** - מאמרים מסוג זה מדווחים על מהלך ותוצאות ניסוי. רוב הג'ורנלים המדעיים מפרסמים מאמרים אמפיריים. מאמרים אלה חייבים להכתב בפורמט מסוים. פורמט זה משתנה מעט מג'ורנל לג'ורנל אך קיים מבנה כללי והוא:

1. **כותרת** - הכותרת מתארת את נושא המאמר באופן כללי. מתחתיה יופיעו לרוב שמות המלאים של המחברים ומקום עבודתם/ את מי הם מייצגים.
2. **אבסטרקט (טקסט מופשט)** - פסקה המתארת בקצרה את המאמר כולו - את ההשערות, מהלך המחקר, התוצאות והמסקנות. לעיתים מבנה האבסטרקט שונה - הוא בנוי כמו המאמר רק מתמצת כל אחד מחלקיו.
3. **הקדמה** - אחד מארבעת החלקים החשובים במבנה המאמר. בהקדמה נמצא סיכום של מאמרים אחרים אשר עליהם התבססו החוקרים וכן יופיעו ההשערות (היפוטזות) אשר המחקר רוצה לבדוק.
4. **מתודולוגיה (שיטה)** - חלק זה מתאר מה החוקרים ביצעו במחקרם. החלק מתאר את **הנבדקים** (גיל, מין, השכלה או כל דבר אחר הקשור לניסוי), את המכשירים/ **החומרים** שהשתמשו בהם (פרטים על טכנולוגיה מיוחדת שהשתמשו בה) ואת **מהלך הניסוי**. לאחר קריאת חלק זה הקורא אמור להיות מסוגל לבצע רפלקציה על הניסוי.
5. **תוצאות** - חלק זה מתאר את תוצאות הניסוי.
6. **דיון** - בחלק זה דנים בתוצאות הניסוי וכיצד המסקנות הנובעות מהן משפיעות על התחום בו עוסק הניסוי.
7. **References (הפניות)** - בחלק זה נמצאת רשימה (לרוב בסדר אלפאבתי) של כל המאמרים המצוטטים בטקסט.
8. **Appendix (נספח)** - לעיתים יופיעו נספחים כגון רשימת מילים ופירושים.



## ניסוי חד סמיות

ניסוי בו המשתתפים אינם יודעים איזו תרופה (הניסיונית או הפלצבו) מקבל מטופל מסוים. ניסויים כאלו נערכים כדי לוודא שהמשתתפים לא ישפיעו על תוצאות הניסוי במכוון או שלא במכוון (אפקט הארטון).

## ניסוי סמיות כפול

צורת ניהול של ניסוי קליני בו גם החוקר וגם המשתתפים אינם יודעים מי מקבל את התרופה הניסיונית ומי את הטיפול הקיים או תרופת דמה. ניסויים מסוג זה נחשבים כמניבי תוצאות אובייקטיביות היות וציפיות הצוות החוקר והמשתתפים אינן יכולות להשפיע על התוצאות.

## מדגם מייצג

בעת עריכת מחקרים, בדרך כלל אין החוקר יכול, ואף אינו מעוניין, לחקור את כל **אוכלוסיית המטרה** הקיימת. על-כן הוא מתמקד **במדגם מייצג** של אוכלוסיית מטרה זו.

מדגם מייצג הוא מדגם שתוצאותיו שוות ערך לתוצאות שהיו מתקבלות אילו נערך המחקר על כל האוכלוסייה. לכל משתתף במחקר בודקים מספר משתנים. במידה וכולם נמצאו, קובעים האם הם יכולים להשפיע על תוצאות הניסוי או לא, קביעה זו נעשית ע"י ניתוח סטטיסטי הנקרא **מדגם**.

אם יש התאמה מדגמית בין המשתנה הבלתי תלוי למשתנה התלוי שתומכת בהשערת המחקר- נבצע פעולה נוספת של **התאמה** בה נבחר באופן מודע משתתפים לקבוצת הביקורת ומשתתפים רנדומליים לקבוצת הניסוי כך שיהוו מדגם מייצג של האוכלוסייה, אם עדיין יש מדגם מייצג בקבוצת הניסוי הדבר יתמוך בהשערה.

## ניסויים המתבססים על מקרה יחיד

מחקרים המתבססים על **חקר התנהגות של משתתף יחיד**, במקרים מסוימים שיטה זו יעילה יותר מבחינה של משתתפים רבים. במחקרים כאלו פעמים רבות החוקר ינצל אירועים שקרו לא בשליטתו (כמו פגיעה מוחית) על מנת לחקור אותם ובכך להסביר התנהגויות הנגרמות בעקבות אירועים אלו (שכן חוקר לא יגרום לפגיעה מוחית בקרב קבוצת משתתפים רחבה כי להבין מה תהיה ההשפעה שלה).

ישנן ביקורות רבות על שיטה זו כיוון שאים דרך להשוות את התנהגות הנבדק להתנהגותו לפני הפגיעה, אין דרך למדוד האם הפגיעה תשפיע על רבים באותה הצורה או בצורה שונה, ויש אפשרות מאפייניו של הנבדק משפיעים גם הם (למשל פגיעה שתשפיע באופן שונה על נשים וגברים). לעומת זאת, יתרונות של השיטה הן מחקר ארוך טווח היכול להבטיח כי ההתנהגות שנבדקה היא ההתנהגות הטבעית של האדם.

## ניסוי רב משתני (experiment multivariate)

ניסוי המכיל מספר משתנים בלתי תלויים.

## מטה אנליזה

מטה אנליזה היא שיטה בה חוקרים עורכים **מחקר ספרותי מקיף** ואוספים מידע על מחקרים העוסקים בשאלות דומות. לאחר מכן בודקים את הניתוח הסטטיסטי בכל מחקר ורואים באיזה מחקר הממצאים הכי חד משמעיים. כך ניתן לקבוע מה התשובה האמיתית לשאלה מבין כל המחקרים שבוצעו בנושא.

## אנליזה איכותנית

כינוי לסוגי המחקר שאינם משתמשים בנתונים מספריים ובניתוחים סטטיסטיים של אותם הנתונים (בניגוד לשיטות מחקר כמותיות).

לעיתים יגיע כמשלים לשיטת מחקר כמותית. אנליזה איכותנית **תתמקד בדיון סביב המשמעויות וההקשרים שנעשו במהלך השיח במחקר** ולא דווקא בנתונים הסטטיסטיים. שיטה זו שמה דגש על הדרך בה אנשים משתמשים בשפה כדי להבין מה הם התחושות שהם חשים (על פי התנסחותם) ובכך להבין כיצד תופעה מסוימת גורמת לרגש מסוים. פעמים רבות במחקרים מסוג זה נתוני המחקר יאספו ע"י ראיונות ולא באמצעות ניסוי.

### ראיונות מובנים ומובנים למחצה

- **ראיון מובנה** מתוכנן כבעל תסריט מוגדר וקבוע מראש בכל מרחב סטייה קטן. החוקר מחליט מה הוא רוצה לחקור ומשאיר טווח שינוי קטן בין מראיינים. פעמים רבות ראיון מסוג זה יכלול הקראה/קריאה של שאלות מובנות וצפייה בתגובות המראיין בהתאם. לרוב השימוש יהיה בשאלות סגורות (כן/לא או אמריקאיות).
- **ראיון מובנה למחצה** בראיון מסוג זה סדר השאלות יהיה פחות מובנה, המראיין יתאים את השאלות לפי תשובותיו של הנחקר ויהיה שימוש בשאלות פתוחות.

### שיטות מחקר איכותני

**אנליזת שיחה** היא שיטה שעוסקת בניתוח מידע המתבסס של שיח מובנה מראש (ראיון) או כתיבה בנושא מסוים, השיטה מתמקדת בצורה בה אנשים מתנסחים. אנליזת שיחה מתייחסת גם להקשר ולצורה בה נאמרו דברים. שיטה זו מתבססת על כך שדיבור הוא פעולה מאורגנת בצורה מבנית. בשיטה זו שמים דגש גם על הפסקות בדיבור, טון, מהירות הדיבור וכדומה.

### גבולות המחקר האיכותני

קשה להגיע לתוצאות חד משמעיות במחקר איכותני ולכן פעמים רבות נראה שילוב בין מחקר כמותי ומחקר איכותני.

### אתיקה בניסויים

במחקרים הכוללים יצורים חיים (בני אדם או בעלי חיים) לצד הציות לכללים המדעיים על החוקרים לציית גם לכללים אתיים. הכללים האתים נקבעו לאורך השנים ע"י מוסדות רשמיים רבים וכדי שמחקר יקבל תוקף עליו לעמוד בהם.

### מחקר בבעלי חיים

מחקרים אלו נעשים מתוך החשיבה כי התנהגותם של בעלי החיים היא מעניינת ותורמת ללמידה של ההתנהגות האנושית. תהליכים המכאיבים לחיה או פוגעים בה צריכים להיות מוצדקים ולעמוד בכללים הומניטריים הקבועים בחוק.

### מחקר הכולל השתתפות בני אדם

ישנם גופים שונים שאחרים לפקח על מחקרים הכוללים השתתפות בני אדם ברמה האתית. פעמים רבות תהיה חובה לאפשר לנחקרים גישה מלאה למידע הנאסף עליהם.

- **הסכמה מודעת** - חלק אינטגרלי במחקר בבני אדם הוא הסכמה מודעת. על החוקר להסביר לנחקר את חלקו בניסוי ולקבל ממנו הסכמה מודעת להשתתפותו בניסוי (במקרה של ילדים או חסרי ישע ההסכמה תתקבל ע"י אפוטרופוס). לעיתים הסבר מסוג זה עלול להשפיע על התנהגותו של הפרט בניסוי ובכך להשפיע על תוצאותיו ולכן לפעמים תהיה בעייתית.
- **הונאה** - לעיתים החוקר לא יסביר למשתתף את מטרת המחקר המלאה טרם השתתפותו בניסוי ועשה זאת רק לאחר הניסוי עצמו בכדי למנוע השפעה על תוצאות הניסוי. לאחר הניסוי החוקר מחויב להסביר וליידע את הנחקר בפרטי המחקר המלאים ולקבל את הסכמתו להשתמש במידע שנאסף.
- **תחקור** - כאשר חוקר עורך מחקר הוא מחויב לענות על כל שאלותיו של הנחקר בנוגע לניסוי באופן מקיף, חובה זאת נקראת תחקור.
- **נסיגה** - כאשר נחקר מרגיש כי הוטעה באופן לא הוגן או שהוא אינו מקבל את היחס הראוי יש לו את הזכות המלאה לסגת מהניסוי. בכל ניסוי יש חובה להסביר לנחקר כי יש לו את הזכות לעשות זאת בכל שלב של הניסוי מכל סיבה שירצה.
- **סודיות** - החוק קובע כי המידע שנאסף אודות משתתפים בניסוי צריך להיות סודי, המידע יכול להיות מפורסם אך ללא אזכור של פרטי המשתתפים (אלא במקרים בהם ההסכמה המודעת לניסוי כללה הסכמה לפרסום פרטי המשתתף).
- **הגנה על משתתפים** - החוק קובע כי באחריותו של החוקר לוודא כי המחקר אינו גורם נזק גופני או נפשי למשתתפים. מטרת החוק היא להגן על משתתפים במחקרים.

## הרצאות 3-4

### היסטוריה

#### ציוני דרך בהיסטוריה של הפסיכולוגיה

##### פרדיננד אוברוסר 1752-1812

פרופסור לפסיכולוגיה אמפירית. כתב את "מבוא ללימוד הפסיכולוגיה האמפירית" העוסק בנושאי זיכרון, אמפתיה, תופעת הפלצבו, תיאוריות בפסיכולוגיה ושיטות לחקר הפסיכולוגיה.

**אינטרוספקציה** - הסתכלות פנימה, או בחינה עצמית פנימית. ב"פנימה" הכוונה לעולם הפנימי של האדם, כלומר לנפש: מחשבות, רגשות, צרכים, זיכרונות וכדומה. אינטרוספקציה היא גם לימוד חקר התודעה ממעקב אחרי התהליכים שעוברים בראש.

##### פרנץ קורנליוס דונדרס

התעסק במדידה של זמני תגובה. פרסם שיטה להסיק על תהליכים פנימיים מתוך זמני תגובה פיתוחים של השיטה משמשים אותנו עד היום והשיטה עצמה מהווה את הבסיס לניתוחים הקלאסיים של נתוני הדמיה מוחית (החלקים השונים במוח והשפעתם על התהליכים השונים).

##### וילהלם וונדט 1832-1920

- ייסד את המעבדה הראשונה לפסיכולוגיה בגרמניה.
- האמין שהפסיכולוגיה צריכה לעסוק בחוויה המודעת, והתמקד באינטרוספקציה.
- חקר תפיסה ואשליות תפיסתיות.
- בין תלמידיו כמה מגדולי הפסיכולוגיה:
- ספירמן** שהתיאוריה שלו על אינטליגנציה היא הדומיננטית עד היום.

## זיגמונד פרויד 1835-1939

- בעל השפעה מכרעת על הדרך שבה אנחנו חושבים היום על פסיכולוגיה
  - תת-מודע
  - מנגנוני הגנה
  - טיפול באמצעות שיחה
- ב 1895 מפרסם ספר עם ברוייר על ההיסטוריה
- ב 1900 מפרסם ספר על פירוש חלומות

## וויליאם ג'יימס 1842-1910

- בין 14 הפסיכולוגים המצוטטים ביותר במאה העשרים.
- בעל תרומות מכריעות בחקר נושאים כמו אמוציות, קשב, זיכרון
- לימד קורס בפסיכולוגיה ניסויית בהרווארד, ארה"ב, החל מ 1875

## גישות שונות בהיסטוריה:

שתי גישות המתייחסות לפסיכולוגיה כ**מדע** של החוויה המודעת:

- **סטרוקטורליזם** – אנליזה של מבנים נפשיים. בהשפעת התפתחויות בכימיה ובפיזיקה שהצליחו לפרק מבנים מולקולריים לאטומים- פסיכולוגים (*וילהלם וונדט ואדוארד טיצינר*) ניסו לבדד מרכיבים נפשיים המרכיבים חוויות מורכבות. דוגמא: טעם הלימונדה (תפיסה) לתחושות כמו מתוק, מר, קר.
- **פונקציונליזם** – הדרך בה פועלת הנפש. מתרכז בחקירת הדרך בה פועלת הנפש כך שאורגניזם יוכל להסתגל לסביבתו ולתפקד בה. עניין זה נבע מפרסום תורת האבולוציה של *דרווין* אך הגישה מיוחסת לויליאם ג'יימס. נטען כי התודעה התפתחה רק משום ששירתה מטרה מסוימת בהנחיית הפעולות של הפרט. הפונקציונליסטים טענו כי יש לבחון את ההתנהגות הממשית.

## בשנת 1920 הוחלפו 2 הגישות ב-3 אסכולות חדשות:

### 1. ביהביוריזם

התנהגות היא תוצאה של **התניה** והסביבה מעצבת את ההתנהגות ע"י חיזוק הרגלים מסוימים. תנועה זו מתנגדת ל"פסיכולוגיית המעמקים" ולאינטרוספקציה. מתמקדת באירועים ברי צפייה (גירויים ותגובות). בעלת השפעה מכרעת על הפסיכולוגיה כפי שהיא נראית היום. הביהביוריסטים רואים את הפסיכולוגיה כמדע. הביהביוריסטים משפיעים:

- **אדוארד תורנדייק 1874-1949**
  - פרסם ב 1898 סדרת מאמרים שמהווים בסיס לרעיונות של תיאוריות הלמידה.
- **בורהוס פרדריק סקינר 1904-1990**
  - קידם את חקר הלמידה האופרנטית
- **איוון פבלוב 1849-1936**
  - ייסד את תחום הלמידה הקלאסית

○ קיבל פרס נובל (על עבודותיו בפיזיולוגיה)

## 2. גשטלט - Gestalt Psychology

פירוש המילה בגרמנית זה "תבנית" או "מבנה", כאשר הדבר שעומד בראש הגישה הזאת זה **תפיסה**. מה שאנו בעצם רואים מושפע מהרקע שבו הדבר מופיע. השלם שונה מסכום חלקיו מכיוון והוא תלוי ביחסים שבין החלקים. הגשטלט התעניין גם בתפיסת תנועה צבעים וגודל, יכולות למידה, זיכרון והתמודדות עם פתירת בעיות. זה היה הבסיס למחקר הנוכחי בפסיכולוגיה הקוגניטיבית.

## 3. פסיכואנליזה - Psychoanalysis

תיאוריה העוסקת באישיות ובפסיכותרפיה, שהגה זיגמונד פרויד. במרכז התיאוריה של פרויד הקונספט של מושג ה"תת מודע".

### המהפכה הקוגניטיבית

הפסיכולוגיה עד מלחה"ע ה 2 נשלטה ע"י הביהביוריזם. לאחר המלחמה ובעקבות התפתחויות טכנולוגיות, שוכתבו נושאים רבים ל"מודלים של עיבוד מידע" (התייחסות לאדם כאל מעבד מחשב). התפתחויות נוספות הושפעו מבלשנות- המבנים המנטליים הנדרשים ללימוד שפה. אלו, בשילוב עם נירופסיכולוגיה, יצרו גישה קוגניטיבית לפסיכולוגיה, וזו הורחבה לתחומים נוספים כולל הנעה, תפיסה אישיות ופסיכולוגיה חברתית.

הגישה הקוגניטיבית מאמצת את העקרונות המתודולוגיים (שיטת המחקר) של הביהביוריזם אבל טוענת שניתן לחקור תהליכים מנטליים (פנימיים) ולא רק גירויים אל מול תגובות.

- הרברט סיימון 1916-2001
- אלן ניואל 1927-1992
- נועם חומסקי
- קולין צ'רי 1914-1979
- דונלד ברודבנט 1926-1993

### כיום

- שיטות הדמיה מוחית
- מודלים חישוביים
- Cognitive neuroscience
  - שילוב בין מידע ביצועי- התנהגותי למידע להדמיה מוחית
  - יכולת לפענח קידוד מידע ספציפי במוח- "קריאת מחשבות"
- Emotion science
- Big data science

### תחומי הפסיכולוגיה השונים במאה ה21

תחום בפסיכולוגיה	מחקר	יישום

פסיכולוגיה קלינית	מחקרים על סוגי הפרעות, על שיטות טיפול.	אבחון אישיות ואינטליגנציה, טיפול בהפרעות התנהגות, ייעוץ.
פסיכולוגיה התפתחותית (גילאי 0-5)	מחקר על התפתחות יכולות שכליות, רגשות, התקשרות, זהות אישית והפרעות התפתחותיות.	אבחון של ילדים קטנים כולל אבחון ליקויים וייעוץ למשפחות.
פסיכולוגיה חינוכית (קלינית של הילד)	מחקר על סביבת ב"ס, על ליקויים, יכולות חברתיות, רגשיות, ליקויי למידה.	אבחון והתערבות אצל ילדים ומשפחותיהם, ייעוץ לגורמים חינוכיים.
פסיכולוגיה חברתית	מחקר על שינוי עמדות, קבלת החלטות בקבוצות, השפעת יחסי כוח וכו'.	ייעוץ לחברות פרסום וארגונים בנושאים אלו- דגש על האדם בתוך הארגון.
פסיכולוגיה ארגונית	מחקר על התנהגות עובדים בארגונים, מוטיבציה לעבודה, קבלת החלטות בארגונים, תהליכי מיון ופיתוח כלי מיון.	מיון עובדים (העברת מבחנים ופירושים), ייעוץ למנהלים והכשרתם לתפקיד הניהול, קורסים לעובדים, גיבוש צוותים. מטרה: ייעול הארגון.
פסיכולוגיה קוגניטיבית	מחקר על תהליכים קוגניטיביים של תפיסה, חשיבה, זיכרון, קשב, שליטה ובקרה התנהגותית וקבלת החלטות.	פיתוח מבחני מיון, פיתוח תוכניות הדרכה בארגונים ותוכניות הוראה, ייעוץ, פיתוח ממשקי אדם מכונה (לוח בקרה במטוס).
ניורופסיכולוגיה	מחקר הבסיס המוחי עצבי להתנהגות, חקירת התנהגות חולים שיש להם פגיעה מוחית ידועה והדמיה תפקודית ומבנית של המוח.	אבחון וטיפול של חולים שההפרעה ההתנהגותית שלהם היא בעקבות פגיעה מוחית.
פסיכוביולוגיה	עוסק בחקר בין הבסיס הביולוגי להתנהגות, עיקר העבודה עם בעלי חיים.	שימוש בחיות לצורך פיתוח תרופות.

## האבולוציה האנושית

אבולוציה היא תהליך של שינוי המאפיינים המועברים בתורשה של אוכלוסיות ביולוגיות לאורך הדורות. תהליך זה מסביר את היווצרותן של המגוון העצום של אוכלוסיות ביולוגיות.

### העקרונות המרכזיים של תהליך האבולוציה

1. זיכרון-DNA. אצל בני אדם הזיכרון הוא ב-DNA. תכונות מסוימות נשמרות ומועברות מדור לדור. (תמיד נהיה דומים להורים שלנו, ואם נלך עוד אחורה לסבים ועוד אחורה לקופים, למדוזות וכו').
2. העברה בין דורית- העברת התכונות/מאפיינים מדור לדור של אותו זיכרון (המערכת "זוכרת" את התכונות). חלק מהגנים באים לידי ביטוי החל מהלידה, וחלק מהגנים לא יבואו לביטוי לעולם (למרות שהמטען הגנטי אליהם קיים).

- חלק מהגנים יבואו לביטוי רק בבגרות/בעקבות שינוי סביבתי מסויים.
- \*שכפול DNA אינו מושלם, אם היה מושלם לא הייתה אבולוציה. אם ניקח DNA ונגסה להעתיק אותו זה יהיה כמעט בלתי אפשרי.
3. **מוטציות שגורמות להעברה שאינה מושלמת** - יכולות להיגרם באופן רנדומלי, או בעקבות חשיפה לחומרים/ קרינה/ וירוסים.
  4. **שונות במאפיינים בתוך האוכלוסייה** - ישנם הבדלים הנובעים מצורת השכפול (עקב המוטציות) באותן תכונות (העברה בין דורית לא מושלמת).
  5. **אילוצים סביבתיים וברירה** - כאשר מאפיין פיזי או מאפיין התנהגותי נותן יתרון לחלק מהפרטים על פני אחרים (לא יתרון אבסולוטי אלא יתרון ספציפי לסביבה זו). היתרון אינו בהישרדות אלא ביכולת להעמיד צאצאים פוריים (לא כולם יכולים להעמיד צאצאים/לא באותה הכמות).  
כך חלק מהפרטים הופכים להיות יותר/פחות הישרדותיים. ההתאמות הינן רלוונטיות לסביבות מסוימת. סביבה היא מאוד ייחודית (לכל אורגניזם תכונות מסוימות המתאימות לסביבה בה הוא חי- כמו למשל לדג בצבע כחול יש סבירות גבוהה יותר לשרוד ולא להיאכל ע"י ציפורים. זאת בזכות הצבע שלו. דג אשר מתקיים בקרקעית הים, לצבע שלו אין תועלת בהקשר ההישרדותי. על כן תכונות מסוימות רלוונטיות לסביבה הספציפית של האורגניזם).
  6. **התפצלות והתמחות** - האוכלוסיות עוברות ממקום למקום והסביבות החדשות יוצרות אילוצים חדשים (לעיתים גם הסביבות עצמן משתנות עקב שינויים גלובליים). אילוצים אלו גורמים לשינויים ולהתמחויות ולתת אוכלוסיות שונות בתוך אותה אוכלוסייה.  
(אם חלק מהפרטים של אותו מין עוברים לסביבה קצת אחרת עם אילוצים אחרים מה שיקרה כתוצאה מהדבר הזה זה שיווצרו אוכלוסיות עם מאפיינים אחרים).

### כמה דברים על אבולוציה

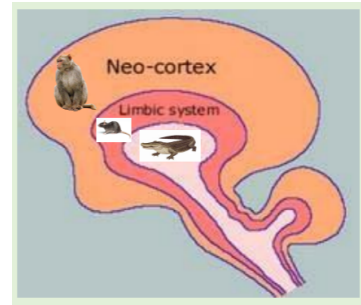
כדי להבין את ההתנהגות האנושית ואת תפקוד המוח האנושי יש צורך להבין כיצד המוח התפתח במהלך האבולוציה.

המוח גם הוא, תוצר של אבולוציה רבת שנים כך שהמערכות ה"נמוכות" - אחוריות, הן הקדומות ביותר, ותפקידיהן הם הפרימיטיביים ביותר, ועליהם התפתחו מערכות "גבוהות" יותר שיכולות לבצע פונקציות מפותחות ומתקדמות יותר.

### הסיפור הפשוט של האבולוציה (הלא נכון במיוחד)

אחת הגישות הלא נכונות - במהלך האבולוציה התווספו (גדלו/השתכללו) מבנים במוח, בגישה זו המוח מחולק לשלושה חלקים:

- **המוח הזוחלי** - החלק הפנימי שהוא החלק הכי "פרימיטיבי" במוח - אחראי על תפקודים חיוניים, שליטה מוטורית וסנסורית - כשמו כן הוא - בחלק זה ישנן תכונות שמאפיינות זוחלים.
- **המוח היונקי** - (המערכת הלימבית) החלק האמצעי אחראי כבר לאמוציות, טמפרטורת גוף וזיכרון מורכב - חלק שהמאפיינים שלו דומים לנו וליונקים קטנים.
- **המוח הפרימאטי** - (הנאו קורטקס) - החלק החיצוני וכביכול גם המפותח ביותר שמאפשר תכנון, פתרון בעיות ותקשורת מורכבת.



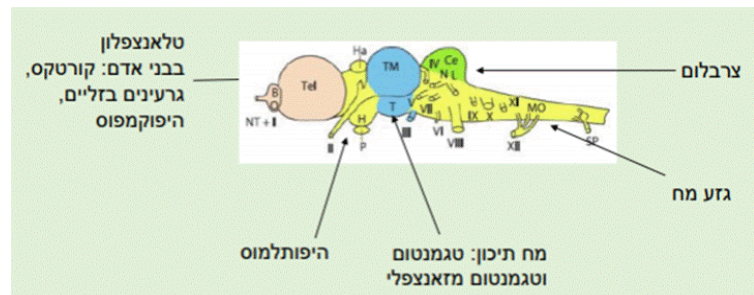
## הסיפור המורכב

### גישה אחרת- המפרטת את התהליך:

משלב מסוים באבולוציה היו בערך את אותם מבנים, במינים שונים מבנים מסוימים מאוד השתכללו וגדלו ומבנים מסוימים פחות.

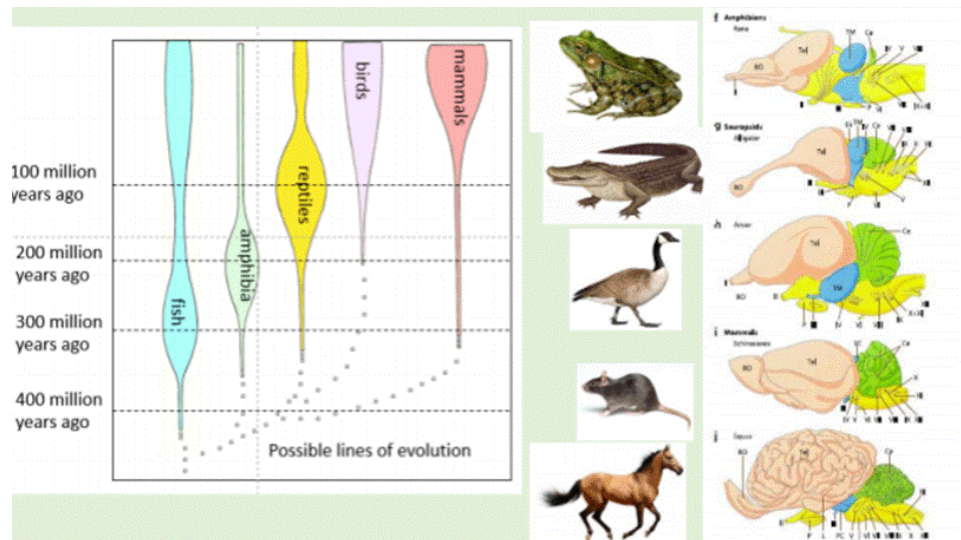
- כדור הארץ קיים ב4.5 מיליארד שנים.
- צורות חיים ראשונות הופיעו לפני כ3.5 מיליארד שנים.
- כבר לחיידקים (2.7-2.9 מיליארד) יש תפקידים סנסוריים, תנועתיות וזיכרון.
- התפתחות המדוזות וכו' - רשת של כמה אלפי נוירונים.
- התפתחות חיות דו-צדדיות - חוט עצבי עם גנגליונים כשהגדול בחלק הקדמי (מח) מכמה מאות עד אלפי נוירונים.
- משם התפתחו פרוקי רגליים (540MYA) יש כבר גנגליונים ומוח. מערכת עצבים של מאות אלפי נוירונים (מיליון בג'וקים).

לכל החולייתנים מבנה בסיסי דומה של המוח:





מהלך האבולוציה של החולייתנים, יש שינויים במבנים אלו, בגודלם ובגודלם היחסי:

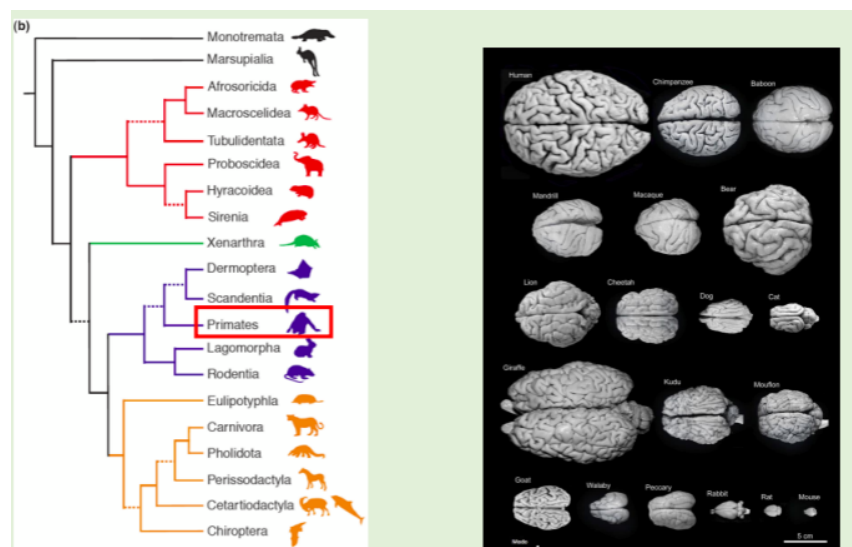


מצד שמאל ניתן לראות את התפתחות המינים לאורך השנים. בתקופה שלנו יש המון יונקים (ניתן לראות כי רחב היונקים לא גדול, יש פחות זוחלים ממה שהיה פעם). הטבלה נותנת אוריינטציה לגבי התפתחות בעלי החיים לאורך השנים. מצד ימין ניתן לראות את השוני במבנה המוח בין המינים השונים.

**האבולוציה שלה החולתניים** -> לכל החולייתנים מבנה בסיסי דומה של המוח - צרבלום, גזע המוח, מוח תיכון: טגמנטום וטגמנטום מזאנפצלי, היפותלמוס, טלאנצפלוון: קורטקס, גרעינים בזליים, היפוקמפוס. במהלך האבולוציה האיברים הללו שינו את המבנה, הגודל ואת הגודל היחסי שלהם. - חשוב לציין שלא מתווספים איברים חדשים אלא משתכללים האיברים הקיימים. תופעה שאפשר להסביר על ידי מוטציות מאחר ומוטציה עושה שינוי קטן הדרגתי!

**Attachment** - דפוס התקשרות לדמות הורה הקיים אצל עופות ויונקים אשר בעל השפעה רבה מבחינה אבולוציונית. ממנו ניתן להשליך על התנהגויות אפשריות של בעלי חיים שכבר נכחדו.

**שינויים אלו נמשכים גם בקרב היונקים**



**האבולוציה של היונקים** – השינויים באבולוציה נמשכים גם בקרב היונקים. היונקים מחולקים גם הם לתת קטגוריות, בתוכם בני אדם משתייכים לקבוצת הפרימאטים. הנוירונים אצל יונקים הולכים וגדלים עם גודל היונק- נירון של חדף (היונק הכי קטן) הוא הרבה יותר קטן מאשר נירון של פיל.

**האבולוציה של הפרימאטים (בני אדם וקופים)** – האבולוציה של הפרימאטים מאופיינת בגידול מהיר בגודל הקורטקס (במיוחד בחלקו הקדמי) והצרבלום. הם שני חלקי המוח שהכי התפתחו אצל סוג היונקים אלו.

ככל שמתקדמים באבולוציית הפרימאטים רואים יותר "קימוטים" בקורטקס וכן גדל החלק היחסי של הצרבלום והחלק הקדמי של הקורטקס.

אצל הפרימטים- הנוירונים לא גדלים יותר. לא משנה על איזה פרימט נסתכל- מבנה המוח יראה פחות או יותר אותו דבר.

## התפתחותה של תאוריית האבולוציה

ידוע כי בעבר היו מינים שונים של בני אדם לפני המין שלנו כיום, נראה כי היו שינויים גנטיים, פיזיים והתנהגותיים בין המינים הקודמים למין שאנו מכירים היום. השינויים המרכזיים הם בהתנהגות- למדנו להיות מתוחכמים יותר, מוחנו גדל והתחלנו לפתח שימוש בשפה.

## התיאוריה של דרווין

שני עקרונות עיקריים לתיאוריית האבולוציה של דרווין:

1. **הסתגלות** - היכולת של מין להסתגל לשינויים בסביבה הטבעית שלו
2. **ברירה טבעית**- תהליך שבו חלק מתכונותיהם של מינים יעברו בין הדורות וחלק לא.

התיאוריה של דרווין כוללת ארבע הנחות יסוד:

1. קהילות בעלי החיים והצמחים בעולם **דינמיות**, משתנות ומתחדשות עם התפתחותם של זנים חדשים והיכחדותם של אחרים.
2. **התהליכים האבולוציוניים הם הדרגתיים ומתמשכים**. זנים מתפתחים דרך תהליכים איטיים שמשנים בהדרגה את הזן בהתאם לסביבתו. כשקורה שינוי קיצוני בסביבה יכולת ההסתגלות של זן באה למבחן- חלק שורדים וחלק נכחדים.
3. **כל היצורים החיים נוצרו מאב קדמון יחיד**. תהליך הברירה הטבעית יצר שונות באוכלוסייה כך שכן מין התאים עצמו לסביבה האקולוגית שלו.
4. הברירה הטבעית לא רק גורמת לשינויים באוכלוסיות כתוצר של שינויים קיצוניים בסביבה, אלא גם שומרת על יציבות תחת התנאים האקולוגיים הסטנדרטים הקיימים (**סטטוס קוו בתנאים סביבתיים**).

## ברירה טבעית

האורגניזמים החיים עוברים שינויים גנטיים ופיזיים ובכך מתפתחים בין הדורות, בכל מין **הפרטים המתאימים ביותר להישרדות בתנאים הקיימים הם אלו שישרדו ויעמידו צאצאים פוריים** ובכך יתרבו יותר מאלו שפחות מתאימים להישרדות בתנאים הקיימים. לכן לאורך דורות התכונות ה"חזקות" יותר ישרדו ויתפתחו (אפילו אם מקורם במוטציה) ובכך בעצם נוצר מין חדש.

**Reproductive success** - הצלחת רבייה, מספר הצאצאים החיוניים שיצור חי מביא ביחס למספר הצאצאים החיוניים הממוצע של אותו המין. ההצלחה של מין לאו דווקא אומרת שיהיו לו תכונות של מהירות או חוזק, אלא אומרת שהצלחת הרבייה שלו טובה יותר. מהירות וחוזק עשוי לתרום לכך אבל אין זה מחייב. תהליך הברירה הטבעית איננו אקראי משום שהוא מעדיף פרטים בעלי מאפיינים מסוימים.

שני מאפיינים של ברירה טבעית - **מגוון ותחרות** - הם הגורמים הקריטיים שקובעים אם סיכויי הצלחת הרבייה של זן:

- **מגוון** - כולל הבדלים בין בני אותו המין כמו מאפיינים פיזיים (גודל, חוזק או מאפיין פיזיולוגי אחר) ומאפייני התנהגות (אינטליגנציה וחברותיות).  
גנוטיפ ופנוטיפ:  
**גנוטיפ** הוא המטען הגנטי של הפרט. כלומר, הוא הרכב הגנים האחראים על תכונה מסוימת- משתנה בין יצורים (חוץ מתאומים זהים).  
**פנוטיפ** הוא אופן הביטוי של הגנוטיפ. כלומר, הינו צורת הביטוי של התכונה אצל היצור החי. (תוצאה של שילוב בין הגנוטיפ שלו והסביבה בה הוא חי).  
הגנוטיפ מורכב משילוב הגנים שקיבלנו משני הורינו. אמנם לאחים יש את אותם הורים, אבל כל עוד הם לא תאומים זהים, הסבירות שהגנוטיפ הכולל שלהם יהיה זהה היא מאוד נמוכה. לדוגמא, צבע עיניים כחולות: הגנוטיפ- גן של צבע עיניים, הפנוטיפ - עיניים כחולות.  
- הגנוטיפ קובע עד כמה הסביבה יכולה להשפיע על התפתחות והתנהגות של אורגניזם.  
- פנוטיפים (וגנוטיפים האחראים להם) עשויים להיבחר או לא, בהתאם ליתרון המסוים שהם מעביקים.  
- ניתן לראות כי אבולוציה היא ארוכת טווח, אבל ברירה טבעית יכולה לגרום לשינויים קצרי טווח (במהלך כמה שנים, תוך התפתחות של דורות בודדים של אוכלוסייה).
- **תחרות** - פרטים מזן מסוים חולקים סביבה דומה. מכך נובע כי התחרות בתוך מין מסוים על מזון, טריטוריה ובני זוג היא בלתי נמנעת. התחרות עלולה להתקיים גם בין מינים שונים.  
- היצורים המותאמים ביותר, אלו שמנצחים בתחרות, הם אלו בעלי הפנוטיפים הכי מותאמים לסביבה, וכתוצאה מכך הם יעבירו את הגנוטיפ שלהם בתורשה לצאצאיהם.

## אבולוציה אנושית

כיצד גילינו על הקשר האבולוציוני של האדם לקוף?  
ניתן לבדוק את הפחמן במאובנים ומכך להסיק על זמן הקיום של מאובן. דרך נוספת היא השוואה של DNA בין מאובנים דומים- מאפשרת להסיק על המרחק ביניהם בציר זמן.

לבני האדם ולשימפנזות יש 99% מהגנים המעורבים ביצירת חלבונים במשותף. אמנם בקרב בני האדם, 98% מגנים אלו, לא משמשים בפועל לייצור חלבונים אלא לרגולציה של ייצור החלבונים עצמם. השונות הזו היא שגורמת להבדלים המשמעותיים בין המינים. בנוסף, לבני האדם עותקים רבים של גנים שאין לשימפנזות, כך שהסידור של החלבונים הוא שקובע את השונות.

- בני האדם המוקדמים ביותר נקראים - **Homo habilis** - איש ידני (handy - man...). הם היו יצורים קטנים יחסית - גובהם 1.3 מטר ומשקלם 40 ק"ג, אבל הלכו על שתי רגליים (היו ביפדלים **Bipedal**). היה להם מוח גדול יחסית לקודמיהם וידיים חזקות. ככל הנראה הם השתמשו בידיהם ליצור כלים, מקומות מסתור וכלי אבן, שעזרו מאוד לאורגניזם בהשגת מזון, מקלט והגנה עצמית (מכאן מוצא שמם).

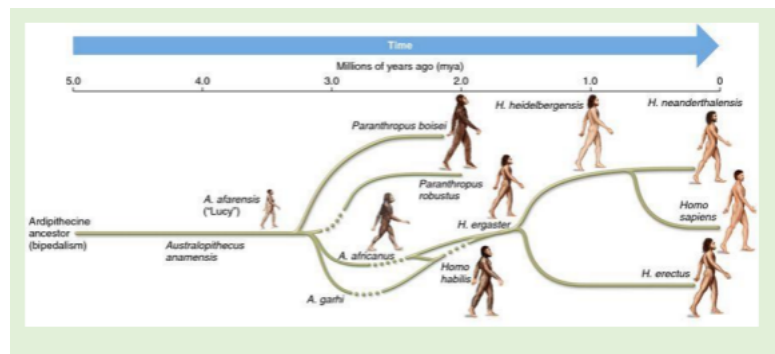
- לאחר כ-400 אלף שנים, הגיע ה- **Homo erectus** (האיש הזקוף) - ולו מוח הרבה יותר גדול ועמידה הרבה יותר זקופה משל ההומו האביליס.  
אורח החיים של ההומו ארקטוס היה מורכב יותר- הראשון מאבותינו הקדמונים שבנה מחנות

שככל הנראה שימשו כמרכזים לפעילות חברתית (למשל הכנה ואכילה של מזון). הוא יצר כלים חזקים ויעילים יותר מההומו האביליס, צד טרף גדול יותר והשתמש באש. השימוש באש תרם רבות לקדמונים - האוכל הפך לקל יותר לפירוק על ידי הגוף, אפשר להם לשמור על חום במזג אוויר קר, ואף תרם בהפחדת טורפים שונים ובשמירה על ביטחונם. כל השימושים החדשים הללו (אש, כלים חזקים יותר, נטייה לחברה וחברתיות) שפיתח ההומו ארקטוס אפשרו לו לצאת מהשטח המוכר לו ולחקור ולחפש שטח חדש (כמו אמריקה, אסיה, אירופה וחלקים נוספים ביבשת האם - אפריקה), ולהקים מושבות חדשות.

- ה"אינטליגנטים" - **Homo sapiens** - עולים על פני השטח לפני פחות או יותר 500 אלף שנים. הראשונים היו הניאנדרטליים (**neanderthalensis**) - חיו באירופה ובמרכז אסיה, יצרו בקתות מעצמות ועור של חיות, ולעיתים השתמשו בעצמות כדלק. הניאנדרטלים היו ציידים מוכשרים והתמחו גם בביגוד והכנת כלים. נוסף על כך ישנם תיעודים שונים מראים שהיו להם טקסי קבורה שרומזים על מסורות תרבותיות, דבר שלא היה קיים לפני בתיעוד הפרה-היסטורי.

- הניאנדרטלים נכחדו לפני כ-25 אלף שנים.

### בני האדם שאנו מכירים היום הם רק מין אחד מקרב קבוצה שלמה של מיני אדם (הומו).

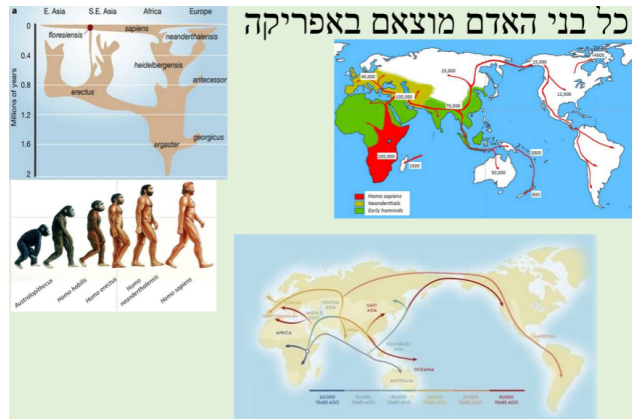


בני האדם שאנו מכירים היום הם רק זן אחד מקרב קבוצה שלמה של מיני אדם. (הומו ספיינס - הזן שקיים היום) אמנם זנים מסוימים נכחדו אבל לא לגמרי, גנים של זני הומו שנכחדו עדיין קיימים בקרב בני אדם (חלק מהדי אן איי שלנו הוא הדי אן איי שלהם).

להומוספיינס (אנחנו) אין את המוח הכי גדול בקרב מיני ההומו (לניאנדרטלים - היה מוח יותר גדול משלנו וככל הנראה שהיו גם יותר חכמים מאיתנו). עם זאת, מין בני האדם שאנו כיום הוא היחיד ששרד, גנים של זני הומו שנכחדו עדיין קיימים בקרב בני האדם - כל בני האדם שיצאו מחוץ לאפריקה נושאים גנים ניאנדרטלים (כל בני האדם שמוצאם מאפריקה).

כיום מוסכם כי מוצאם של כל בני האדם הוא מאפריקה.

הומו ארקטוס היו זן בני האדם האחרון ששרד לפני הזן הניאנדרטלי.



נשאלת השאלה אם כך, מדוע נכחדו הניאנדרטלים? – אין תשובה חד משמעית, אך ככל הנראה עקב בעיות בעמידות המערכת החיסונית (שפעת/מחלות). מין שלא עמיד בפני המגיפה לא יוכל להוליד צאצאים פוריים. נציין שהנאנדרטלים חיו בעידן הקרח – תנאי הישרדות קשים.

### גדילה של המוח:

האבולוציה של בני האדם (הומו) ← המוח ממשיך להשתנות במהלך האבולוציה של מיני ההומו, שינוי המתאפיין בעלייה מואצת בגודל המוח (והגוף) במיליון וחצי השנים האחרונות (השינוי במוח נמדד על פי הנפח התוך גולגולתי לאורך השנים). גדילה זו מחייבת אספקה קבועה של כמות עצומה של אנרגיה. אחת ההיפותזות לשינוי שאפשר זאת היא השימוש באש והבישול שהגדילו את היעילות האנרגטית של המזון (ניתן להשתמש במזון שבישול היא הדרך היחידה לצרוך אותו. בנוסף, בישול היא פעולת למידה הדורשת תקשורת חברתית על מנת להעביר אותה מדור לדור). - כמויות מזון יותר גדולות נצרכו- והיעילות האנרגטית של המזון הובילה לפיתוח דרסטי המוח.

- הגילוי של האש- איפשר בישול. הבישול מעלה את הערך האנרגטי של מזון. מה שאפשר לבני האדם להשיג יותר אנרגיה ממזון מסוים- ולהשקיע פחות זמן ומאמץ במטרה להשיג זאת. זה מה שמבדיל אותנו מהגורילות למשל- הן צריכות לעבוד המון שעות על מנת להזין את מוחם.

### ברירה טבעית ואבולוציה אנושית-

ההצלחה של המין האנושי בהסתגלות למגוון תנאים סביבתיים נובעת משתי תכונות שונות יתרון לבני האדם:

1. **Bipedalism**, הליכה על שתי רגליים - ייתכן שהיכולת ללכת על שתיים, שהתפתחה אצל אב קדמון ככה"נ לפני יותר מ-4 מיליון שנים, התפתחה מהצורך לעמוד על ענפים של עצים ולקטוף פירות מענפים אחרים. יכולת זו לא רק הקלה על התנועה, אלא גם שחררה את הידיים לעיסוק בפעולות שונות: תפיסה, אחיזה וזריקה.
2. **encephalization**, מוח מוגדל- התפתח מהיכולת לזכור וללמוד כישורים חדשים. הגידול בגודל המוח ביחס לגודל הגוף נקרא **positive brain allometry**. ייתכן והשינוי בגודל המוח נגרם בעקבות תזונה טובה יותר, והגנה ולכן גם יכולות הישרדות. כשהמוח גדל, בעיקר בחלקו הקדמי החלו להתפתח יכולות קוגניטיביות מורכבות יחסית כמו חשיבה, קבלת החלטות ותכנון. אלמנט חשוב שהתפתח היה יכולת התכנון - היכולת לחזות אירועים עתידיים ולהבין את ההשלכות של אירועים אלו על יחיד או על קבוצה. דוגמאות לתכנון כזה הן ארגון מסעות ציד, ייסוד של מסורות חברתיות (כמו חתונות ולוויות), ושתילה וקצירה של יבול.

השילוב בין ההליכה על שתי הרגליים והמוח שהתפתח אפשרה לבני האדם לנצל סביבות שונות ולהקים קהילות מאורגנות. כתוצאה מכך, אורך החיים הממוצע של האדם עלה והחלה צבירה של ידע שהועבר "מדור לדור" (בזכות העובדה שאנשים חיו עד גיל מבוגר יותר). המבוגרים העבירו את הידע לצעירים באמצעות שפה. למרות שלא ניתן לדעת במדויק מתי התפתחה השפה, מניחים שהשיפור בתקשורת בין הפרטים נתן יתרון על פני אלה שלא יכלו לתקשר ביניהם.

השפה התפתחה בזכות היכולת הסתגלנית שלה, והיא חשובה לא רק בשביל היכולת להזהיר אחרים מסכנה, אלא גם על מנת להעביר מידע חשוב כמו מיקום של אתר ציד טוב, או הוראות להכנת כלי מסוים. השפה תורמת להתפתחות חברה, והיא הבסיס שעליו בנויות תרבויות אנושיות.

## האבולוציה של מערכת העצבים

### נוירונים - אבני הבניין של מערכת העצבים

- **דנדריטים** - חלק בנוירון האחראי על **קליטת מידע**.
  - **גוף התא** - סומה - החלק העיקרי בנוירון, בן מתרחשת ה**רכבת החלבונים** והפעולות החישוביות שמבצע הנוירון.
  - **אקסון** - אחראי על ה**עברת מידע**. בקצה האקסון נמצאת נקודת התקשורת עם הדנדריטים של התא הבא (terminal buttons).
  - האקסון מצופה מיאלין (חומר שומני המבודד את האקסון ובכך משפר את ההולכה החשמלית באקסון).
  - \* באמצעות תצפיות, ניתן לראות כי ציפוי של מיאלין מעיד על התפתחות של פעילות מוחית באזורים ספציפיים של המוח.
  - **סינפסה** - מקום המפגש בין שני נוירונים בו עובר החומר נוירורנסמיטור (-מוליך עצבי).
- מידע (פעילות חשמלית) מגיע לנוירון דרך הדנדריטים ← המידע עובר סיכום בגוף התא ← אם יש מספיק מידע (מספיק פוטנציאל פעולה) המידע מועבר לאקסון ← האקסון משחרר חומר למרווח הסינפטי (נוירורנסמיטר) שנמצא בסינפסה (בין האקסון של התא המוסר לדנדריט של התא המקבל) דרך terminal buttons ← קליטה בעזרת הדנדריטים של התא הבא.
- החישוב (האם להעביר/לא להעביר מידע) במערכת העצבים מתבצע באמצעות אינטראקציה בין **המוני נוירונים המאורגנים ברשתות**.

### תאי גליה

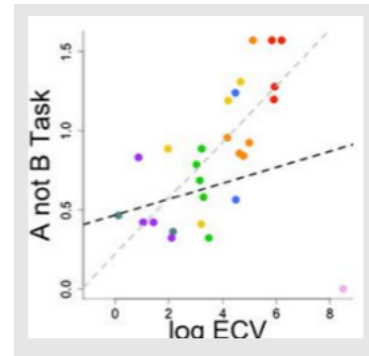
- תאים העוזרים לחילוף חומרים, הזנה, לבניה ומבנה הנוירון, ולתמיכה וסיוע בבניית ציפוי המיאלין.

## המוח האנושי

- במוח האנושי 86 מיליארד נוירונים (ומספר דומה של תאי גליה) והוא מאורגן לאיברים ולתת איברים.
- **cerebral cortex** - החלק הכי נחקר במוח ועליו קיים המידע הרב ביותר. כולל כ-16 מיליארד נוירונים.
  - **cerebellum** - ידוע עליו יחסית מעט ביחס לקורטקס. כולל כ-69 מיליארד נוירונים.

### כמה עקרונות כלליים של אבולוציית מערכת העצבים

#### עלייה במספר הנוירונים במהלך האבולוציה



מספר הנירונים (המתואם בדרך כלל עם גודל המוח) קובע את היכולת הקוגניטיבית. יש לציין כי גודל המוח משנה- יש יחס בין גודל המוח להצלחה במשימות שונות. ריבוי נירונים מאפשר פתירת בעיות מורכבות יותר.

בניסוי- חישובו גודל נפח מוח. לקחו בעלי חיים שונים ונתנו להם משימה הדורשת מהם לעבוד לא לפי האוטומט. בשרטוט ניתן לראות את הציון הממוצע שקיבל זן של בעל חיים. ניתן גם לראות כי המינים מסתדרים על קו ישר- ככל שנפח המוח עולה כך הביצוע עולה.

### שינויים אבולוציוניים

אצל בני האדם גדילה במספר הנירונים לא הייתה המוטציה היחידה שקרתה. היו כמה מוטציות שקרו עוד לפני שהיו בני אדם:

- ❖ ניתוק הקשר אצל פרימטים בין גודל הנירונים לגודל הגוף.
- ❖ גידול הגולגולת - שינוי שאיפשר את השינויים בגודל הנירונים.

בחיות שקדמו לפרימטים, עליה בגודל הגוף הולידה עלייה בגודל הנירונים. \*אם זה היה חל עלינו, גודל המוח שלנו היה 36 ק"ג.

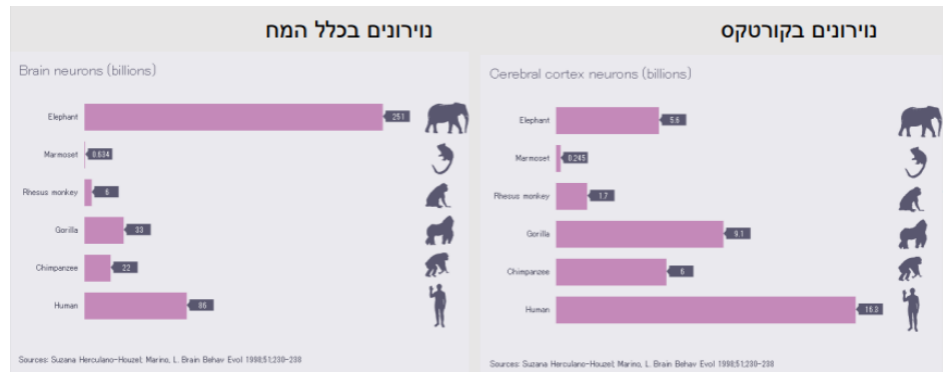
לעומת זאת השינוי האבולוציוני שקרה אצל הפרימטים:

נירונים הפסיקו לגדול (הגודל הפיזי של הנירון לא הכמות) - שמירה על גודל הנירונים ללא גדילה בגודל הגוף.

עובדה זו מאפשרת הגדלת מספר נירונים בלי עלייה מוגזמת בגודל המוח- מאפשר לנו להתקיים עם מוח שהוא סביר בגודלו. כלומר התבצע ניתוק בקשר בין גודל הנירונים לבין גודל הגוף. \*ניתוק זה קיים אצל עופות - מספר הנירונים של תוכי דומה לזה של שימפנזה (דבר הנובע מצורך העופות לעוף- הן חייבות להיות קלות).

### מספר הנירונים אינו הגורם היחיד הקובע את יעילותו של המוח

- המוח הגדול ביותר ועם הכי הרבה נירונים הוא של פילים (4.5 ק"ג) ולווייתנים טורפים (עד 9 ק"ג לעומת 1.4 בבני אדם)
- המח עם הכי הרבה נירונים בקורטקס, עם הקורטקס פרה-פרונטלי הכי גדול, ובעל הקורטקס הכי מקומט הוא של הלווייתנים הטורפים.



למה טוב שהקורטקס מקומט - הוא מאפשר הגדלת שטח פנים. שטח הפנים הגדול חשוב מאוד. הקורטקס דק ומקומט ויש לו הרבה ממשק עם הנוזל סביבו. לכן הוא צובר רעלים. הרעלים מקצרים את שעות השינה (יתרון - אם אתה ישן המון שעות יותר קל לצוד אותך ואתה אוכל פחות). אם אתה ייצור שצריך להשיג מזון כל הזמן - אז מתחילה בעיה. לכן קימוט עוזר - נותן יתרון יחסי לשטח פנים.

## המחיר של גדילת המוח

### צורך במבנים חברתיים, טכנולוגיה ותרבות

כל מיליארד נוירונים דורשים 6 קלוריות ליום - המוח האנושי צורך כ 500 קלוריות ליום, כרבע מכלל צריכת הקלוריות. פתרונות להשגת כמות הקלוריות הנחוצות:

- טכנולוגיות שמייעלות ניצול אנרגיה ממזון - שליטה באש. בישול מאפשר לייעל את הצריכה האנרגטית שלנו - ברגע שמיעלים את טכנולוגיה לצריכת מזון האבולוציה מתקדמת יחד אתה - וכך מתפתח מוח יותר גדול, כמובן שהפרוצדורה היא איטית ומתמשכת. טכנולוגיות שמאפשרות השגת מזון וחדירה לאזורים קשים למחייה לצורך זה: הכנת בגדים וכלי נשק.
  - תרבות - יש צורך בטכנולוגיות תקשורתיות - למצוא דרך לתקשר (למשל שפה משותפת) כדי להעביר את המיומנות (כדי להגיע לאדפטציה - אימוץ/ סיגול תכונות שנחוצות להישרדות - חינוך, איך לבשל) בין דורות ובין חברי הקבוצה.
- יכולת תכנון** - באוכלוסיות חקלאיות יש סוג של גן שקשור במערכת הדופמין שעבר שינוי באוכלוסיות חקלאיות. הדופמין קשור ביכולות תכנון. בחקלאות תכנון הוא מאוד משמעותי (שמירת זרעים לתקופות השתילה גם כשאתה רעב).  
אם אתה צייד לקט אתה לא מתכנן - אתה מאלתר. לכן יכולות התכנון מאוד מאוד השתנו במהפכה החקלאית.  
\*התרבות היא לא רק תוצר של הדברים האלה, אבל היא אפשרה את השינויים.

במבנים חברתיים (alloparenting) - יש צורך בחלוקה חברתית שתבצע הסדרי חלוקת משאבים - מה שמבטיח אספקה סדירה של קלוריות. (לצוד בקבוצה ולהתחלק בציד מחייבת מערכת חברתית של אמון וענישה למי שאינו תורם את חלקו). למשל "מוסר" הוא התאמה אבולוציונית שמאפשרת לנו לחיות בקבוצה.

- וולדים של חיות שונות יוצאים לעולם כבר בעלי יכולת ללכת (סוסים, פרות) ואילו בני האדם ההיריון כביכול הוא חצי היריון. הסברה היא שאם העובר יישאר עוד 11 חודשים (בערך הזמן שלוקח לתינוק אנושי ללמוד ללכת), גודל המוח יהיה גדול מדי בשביל לעבור בתעלת הלידה.



חשוב להבין! לאבולוציה אין מטרה – היא תהליך אקראי – רוב המוטציות לא עושות כלום, חלקן אף מזיקות ורק חלק קטן מהמוטציות נותנות יתרון בסיטואציות מסוימות. גיוון גנטי מקורו הן במוטציה אקראית והן בעקבות תהליך של ברירה טבעית, תהליך לפיו פרטים מסוימים שורדים בעוד אחרים לא. תהליך הברירה הטבעית איננו אקראי משום שהוא מעדיף פרטים בעלי מאפיינים מסוימים.

## אבולוציית ההתנהגות

הברירה הטבעית של דרווין משחקת תפקיד חשוב בעיצוב ההתנהגות והמוח. היא מתבססת על הגנים ההתנהגותיים, כלומר על כך שישנם התנהגויות או לפחות בסיס התנהגותי שמקורו בתורשה ובגנטיקה. בהסתכלות אבולוציונית, התנהגויות שאינן ישרדות את תהליך הברירה הטבעית לא ישרדו את תהליך האבולוציה ויכחדו, לכן לכל התנהגות תורשתית יש הצדקה להתקיימותה.

**גורמים פרוקסימלים** – מסבירים את הבסיס הפיזי להתנהגות. הסבר התהליך הפיזי שמוביל אותנו להתנהגות.  
**גורמים אולטימלים** – מסבירים את ההצדקה לקיום התנהגות. מה הסיבה ששרדה את תהליך הברירה הטבעית.

## גנטיקה ותורשה

**גנטיקה** – ענף במדעי החיים העוסק במחקר של גנים, תורשה, והמגוון הגנטי באורגניזמים. הגנטיקה חוקרת את השפעת הרכב הגנים של אורגניזם על התכונות הפיזיות וההתנהגותיות שלו. דרווין ידע שהתכונות מועברות בתורשה, על פי עקרונות האבולוציה, אבל לא ידע איך ההתאמות הביולוגיות מועברות בתורשה.

## עקרונות הגנטיקה

**גן** הוא יחידת מידע המועברת מאורגניזם לצאצאיו באמצעות החומר התורשתי (לרוב DNA ולעיתים RNA). המידע הטמון בגנים קובע את תכונותיו של האורגניזם. הגנים מכילים את "הוראות הייצור" לתוצרי הגנים בתא, ובכך אחראים לקביעת רובן המוחלט של תכונות האורגניזם.

## מבנה הDNA

מורכב משני גדילים המלופפים סביב אותו ציר (סולם ספירלי הנקרא double helix). שני הגדילים מוחזקים יחד באמצעות הבסיסים כך שבסיס משרשרת אחת, קשור בקשרי מימן לבסיס מן השרשרת השניה. כל מולקולת DNA בתאים השונים מורכבת מארבע תת-יחידות של בסיסים חנקניים (נוקלאוטידים), מעין ארבע אבני בניין יסודיות, החוזרות על עצמן לאורכה של המולקולה בצירופים שונים. ארבעת הבסיסים החנקניים הללו (אדנין, גואנין, תימין וציטוזין) מסודרים לאורך הסליל הכפול כך שלכל אחד מהם שנמצא בסליל אחד קשור בקשרי מימן עם בן זוג קבוע שנמצא בסליל הנגדי. אנדין וגואנין הם פורינים, ואילו תימין וציטוזין הם פירימידינים. פורין הוא בן זוג קבוע לפרימדין, והיחס בין הזוגות הללו בסליל הכפול הוא 1:1. מיליארדי זוגות כאלו מרכיבים את DNA ויוצרים את מבנה הסליל הכפול. בזמן חלוקת התא, הסליל הכפול ארוז בצורה קומפקטית ודחוסה ביותר, במבנה של מארזים הנקראים כרומוזומים.

הסדר הספציפי של הנוקלאוטידים קובע את הייצור של החלבונים אשר יוצרים רגולציה על התפתחות הביולוגית והפיזית של הגוף ואיבריו. הקוד הגנטי מכיל שלושה ביליון זוגות של חלבונים אלו.

### **ייצור חלבונים:**

חלבונים הם שרשראות של חומצות אמיניות. כל רצף של נוקלאוטידים קובע חומצת אמינו ספציפית. הגנים מהווים את המתכון לרצפים השונים. (אין גנים האחראים על התנהגות, רק על מבנים פיזיים ופסיכולוגיים הקשורים להתנהגות שלנו). הגנים גם אחראים על ייצור האנזימים, חלבונים האחראים על תהליכים בתוך הגוף, מבנה ותפקוד של תאים.

### כרומוזמים

הצורה בה החומר התורשתי (הדנ"א) מתארגן בגרעין התא. כל סט כרומוזמים מכיל רצף שונה של גנים. אנו יורשים 23 כרומוזמים מכל אחד מהורינו, כך שיש 23 זוגות ו-46 כרומוזמים יחידים בסך הכל. הכרומוזמים מסודרים בזוגות כך שבכל זוג ישנו כרומוזום שירשנו מהאב וכרומוזום שירשנו מהאם.

### כרומוזמי המין

זוג הכרומוזמים האחרון – הזוג העשרים ושלושה. מכיל את ההוראות להתפתחות של מאפייני המין של האדם – זכר/נקבה. ישנם שני סוגי כרומוזמי מין – X ו-Y. זכרים מקודדים ע"י זוג כרומוזמים X ו-Y ונקבות מקודדות ע"י זוג כרומוזמים XX. עקב העובדה שלנקבות קיים כרומוזום המין X בלבד, בהכרח הנקבה תעביר את כרומוזום ה-X. מין היילוד נקבע לפי הכרומוזום השני (X\Y) שיגיע מתא הזרע.

תאי הזרע והביצית נבדלים משאר תאי הגוף בכמה דרכים:

- תאי הגוף נוצרים על ידי חלוקה פשוטה של תאים קיימים. כל הסטים של 23 זוגות הכרומוזמים מתחלקים ל-2 יוצרים עותקים של עצמם, העותקים מתרחקים זה מזה והתא מתפצל ל-2.
- תאי המין נוצרים בתהליך חלוקה שנקרא **מיזוג** – 23 זוגות כרומוזמים מתחלקים ל-2 קבוצות של יחידים מכל זוג, התאים מתחלקים לשניים שכל אחד מכיל 23 כרומוזמים בודדים. החלוקה ל-2 הקבוצות מתרחשת בצורה רנדומלית (יש המון אפשרויות שונות לקבלת תא זרע / ביצית שונה בהרכבו).

### דומיננטיות ורצסיביות

כל זוג כרומוזמים מכיל זוג של גנים – כל אחד הגיע מהורה אחר. כל אחד מהם מכיל מטען גנטי אינדיבידואלי, מטען זה יכול להיות זהה בין שני הכרומוזמים או שונה. צורות שונות של מטען גנטי נקראות **"אללים"**.

**אללים** – אחת מתוך כמה צורות מולקולריות אפשריות של אותו גן המצוי בכרומוזמים. לכל תכונה ביצור יש שני אללים, אחד מכל רצף גנטי מכל הורה.

שילוב של שני אללים זהים נקרא **הומוזיגוט**, ואילו שילוב של שני אללים שונים נקרא **הטרוזיגוט**. הגן שבא לידי ביטוי בצורה פיזית נקרא **פנוטיפ**. הפנוטיפ נקבע ע"י האלל הדומיננטי, כלומר האלל בעל הכוח הרב יותר בין שני האללים, על אלל זה נאמר כי הוא נושא **תכונה דומיננטית**. בשילוב הטרוזיגוטי נוצר פנוטיפ שנשלט על ידי האלל הדומיננטי – האלל שיש לו יותר השפעה על צורת הביטוי של התכונה ביצור החי.

האלל שמטענו לא יבוא לידי ביטוי הוא האלל בעל הכוח החלש יותר, על אלל זה נאמר כי הוא נושא **תכונה רצסיבית**.

חשוב לזכור כי התרומה הגנטית להתפתחות וההתנהגות האישית שלנו היא מאוד מורכבת. אחת הסיבות לכך היא שייצור החלבונים נמצא תחת שליטה פוליגנטית - כלומר מושפע מהרבה זוגות של גנים ולא זוג בודד.

גם סביבה שונה משפיעה על הביטוי של תכונות פוליגנטיות. (למשל היכולת לרוץ- מושפעת הן מתכונות פוליגנטיות כמו - ייצור חלבונים בשרירים, דם, מטבוליזם של חמצן.. והן מהיבטים סביבתיים כמו דפוסי אימון, גיל, תזונה וכולי.)

### [מגוון גנטי](#)

רבייה זוויגית (מינית) היא צורת הרבייה הנפוצה ביותר בטבע. (קיימות גם תצורות של רבייה אמינית- כמו בשמרים, צמחים מסוימים ופטריות).

למה רוב המינים מתרבים בצורה זוויגית? - בצורה זו קל יותר להסתגל לשינויים בסביבה. זה נגרם בזכות המגוון הגנטי. רבייה מינית מגבירה את המגוון - צאצא יכול להכיל גנים המעניקים לו תכונות המאפשרות הישרדותיות, ובכך גוברת היכולת של זן להסתגל לשינויים סביבתיים. בעת שינויים סביבתיים, יצורים הנושאים גן מסוים שעוזר להם להסתגל לשינוי הם אלה שישרדו וימשיכו להעמיד צאצאים.

### [השפעת המגדר](#)

מין של אינדיבידואל ממלא תפקיד חשוב בהשפעה על תכונות מסוימות. מכיוון שזכרים נושאים כרומוזום XY ונקבות נושאות כרומוזום XX, תכונות הבאות לידי ביטוי באלל רצסיבי בכרומוזום X יראו אצל גברים, ולא אצל נשים אם אין להן את האלל הזה גם בכרומוזום השני שלהן. (למשל מחלת ההמופיליה). בנוסף יש גם גנים הקשורים במין, שהפנוטיפ יראה אצל מין אחד יותר מאחר ללא קשר לדומיננטיות האלל שלו. (למשל התקרחות אצל גברים יותר נפוצה מנשים).

### [שינויים גנטיים](#)

- **מוטציות** - שינוי ברצף הנוקלאוטידים ב-DNA, כלומר שינוי בהרכב הגנטי של יצור מסוים. שינוי כזה עשוי להביא לשינוי באחת או יותר מתכונות הייצור החי- כלומר **שינוי בפנוטיפ**.  
הן **המקור למגוון הגנטי**, חלקן יוצרות נזקים בתפקוד וחלק מעניקות תכונה המהווה יתרון. מוטציה יכולה להיות ספונטנית, טבעית, או תוצאה של גורמים מלאכותיים כמו קרינה.
- **שונות כרומוזומלית** - מוטציה מקורה בהפרעה בכרומוזום- שינוי בחלק מהכרומוזום עצמו או שינוי במספר הכרומוזומים. (**תסמונת קרי דו שאט**, חוסר בחלק מכרומוזום 5 גורם למגבלות חמורות אצל ילדים וגורם להם לייצר צליל יבבה דומה לחתול. לרוב חומרת התסמונת קשורה בכמות החומר הגנטי החסר.)

### [אפיגנטיקה](#)

אפיגנטיקה- תחום העוסק בשינויים תורשתיים בתפקוד הגנים שאינם כרוכים בשינוי רצף ה-DNA עצמו. (אפי=מעבר; אפיגנטיקה- מעבר לגנטיקה). מרמז על כך שאין כלל שינוי גנטי ב-DNA, אלא רק עיצוב ביטויים של גנים מסוימים, החלשה או חיזוק של אחרים, וכדומה. מונח זה מתייחס לשינויים ברמת הכרומוזום המשפיעים על פעילות הגנים. שינויים אלו יכולים לנבוע כתוצאה משלבי ההתפתחות הטבעיים, וכן מהשפעות סביבתיות.

גן יכול להיות **מושקע**, (כאשר מולקולות מנועות מלהגיע אליו). אירועים חיצוניים כמו טראומה וסמים עלולים להשפיע על תפקוד ה-DNA. במקרים אלו ה-DNA לא משתנה, אלא מכוסה במולקולות, המשפיעות

על הביטוי של הגנים - או על ידי מניעה של ייצור החלבון או על ידי האצה של הייצור. מנגנון האפיגנטיקה עוזר או חוסם את הגישה לגנים בתא, דבר המשפיע על ביטויים של הגנים.

**ביטוי גנטי סלקטיבי** - כל התאים בעלי אותו מטען גנטי, וכל תא מביא לידי ביטוי את ה-DNA הרלוונטי לייצור החלבונים הנחוצים לו.

## תורשה והתנהגות

**תורשתיות (Heritability)** - מונח סטטיסטי המתייחס לכמות השונות בתכונה מסוימת באוכלוסייה הנגרם בעקבות שונות גנטיות ביחידים באותה האוכלוסייה. בשונה מתורשה (=העברה של תכונות של יצור לצאצאיו), תורשתיות נוגעת רק לוריאציות של תכונה באוכלוסייה ולא ביחידים. **ככל שתכונה מושפעת מגורמים גנטיים, כך היא יותר תורשתית.**

**גנטיקה התנהגותית** - תחום העוסק במציאת הסברים להבדלים בין אנשים - מהי השפעתה של הגנטיקה ושל הסביבה על המגוון ביכולות הפיזיות והמנטליות בין אנשים.

## מחקרי תאומים

תאומים זהים נקראים **מונודיגוטיים**, והם נוצרים בעקבות פיצול של הפריה בין ביצית וזרע. כך נוצרים שני תאים זהים גנטית מאותם תאי זרע וביצית.

תאומים שאינם זהים נקראים **דידיגוטיים**, והם נוצרים בעקבות הפריה של שני זוגות של תאי זרע וביצית שונים במקביל. הם לא יותר דומים מאשר כל זוג אחים אחר.

## מחקרים בנושא גנום

**גנום** - כלל המידע התורשתי באורגניזם המקודד ב-DNA. חומר זה כולל גם מידע אשר מקודד לחלבונים וגם מידע שאינו מקודד.

בעבר, חוקרים ערכו ניסויים בהם נחקרו קשרים גנטיים במשפחה ונחקרו גם הפרעות נפוצות או מורכבות. הבעיה במחקרים אלו: ביצוע רפלקציה היה כמעט ובלתי אפשרי.

כיום קיימת טכניקה המאפשרת לחקור את כל הגנום בשביל למצוא קשר בין גנטיקה לתכונות. לדוגמא, חוקרים דוגמים גנים של אנשים בעלי קשר משפחתי הלוקים במחלה מסוימת, דגימה יכולה להיות מחולקת לאנשים שחולים במחלה המוזכרת וכאלה שלא חולים במחלה. אם האללים נוכחים בגנום של אחת מהדוגמיות ולא נמצאים באחרת אז האללים "משויכים" לפנוטיפ (המחלה).

סוג מחקר זה נקרא **genom wide association study**.

לשיטה זו יש גם חסרונות, לדוגמא, כאשר חוקרים בוחנים את כל הגנום בשביל נוקלאוטיד בודד שמתקשר לאחד המאפיינים/התכונות, הסיכוי לטעות גדול. כדי להתגבר על בעיה זו החוקרים משתמשים בטכניקות סטטיסטיות.

## הרצאה 5

### חישה

### פסיכופיזיקה

פסיכופיזיקה - קשר בין גוף ונפש. עוסקת בקשרים בין גירוי פיזיקלי לתחושה (התגובות שלנו).

## פסיכופיזיקה עוסקת בשלוש בעיות

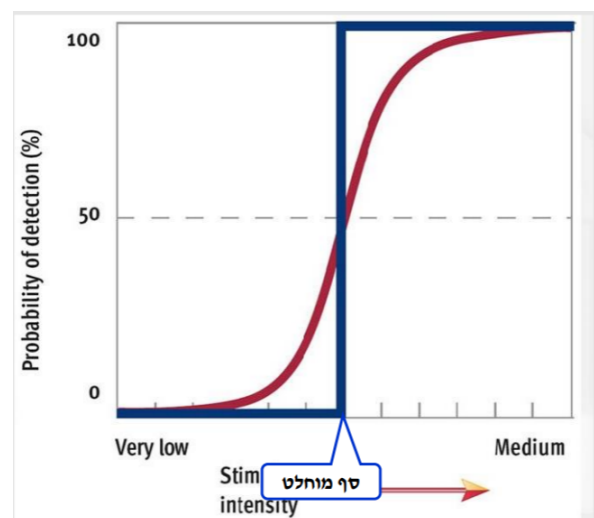
- **בעיית הגילוי** - האם מוצג גירוי לאיבר החוש? האם הוסיפו משהו לקפה?
- **בעיית ההבחנה** - האם יש שינוי בעוצמת הגירוי שהגיע לאיבר החוש? - הגירויים הם מספיק חזקים על מנת להבחין בהם, מתעסק בזיהוי ושוני (הבדל) בין שני סוגי גירויים שנתגלו על ידי איברי החוש. כשיודעים שהוסיפו חומר נוסף לקפה, ניתן לשאול האם יש שינוי בכמות החומר הזה? האם נשים לב שיש הבדל בכמות הסוכר?
- **בעיית הזיהוי** - מהו הגירוי המוצג לאיבר החוש? - לדעת לא רק להבחין בין גילויים שונים אלא גם להגיד מה הם. מהו החומר שהוסיפו לקפה? האם הוא סוכר?

\*בעיית הגילוי - סף מוחלט  
\*בעיית ההבחנה - סף ההבדל

\*סילום תחושה - איך מודדים את סף התחושה? כמה אנחנו מרגישים?

## בעיית הגילוי - תיאוריית הסף המוחלט:

מתעסק בהבדל בין היעדר תחושה לתחושה. קיים ערך (סף) הנמדד ביכולות פיזיקליות אשר מתחתיו לא ניתן לגלות את הגירוי, ומעליו ניתן לגלות את הגירוי. אחוז הפעמים שבו נזהה את הגירוי הולך וגדל (בגרף לא ליניארי) ככל שעוצמת הגירוי גדלה. כשהסף גבוה - יש פגיעה בחוש.



התיאוריה מתארת את העקומה הכחולה בגרף, בפועל - העקומה האדומה מתארת את המציאות: לפי הקו הכחול - לא מרגישים בהבדל, ואז פתאום (בעוצמת גירוי מסוימת) כן מרגישים בשינוי. למשל, מעל 5 גרגירי סוכר נרגיש בהבדל. אם נחזור ונבדוק את אותו אדם שוב ושוב, הסף יראה כמו הקו האדום - בכל רגע נתון יש סף, אבל הסף יכול להשתנות כפונקציה של דברים. כלומר, התוצאות שנקבל בגרף בד"כ יהיו הדרגתיות ולא קו ישר. על פי תיאוריית הסף המוחלט, חייבת להיות כמות גירוי מסוימת (כמות אנרגיה, לחץ וכו') על מנת לחוש בגירוי. כלומר, נקודה מסוימת שרק ממנה אני מתחיל לחוש את הגירוי.

הסף המוחלט הוא ערך שמתחתיו אין כלל איתור של הגירוי ומעליו יש איתור מלא של הגירוי: "הכל או כלום".

### איך קובעים מהו הסף? ישנן 2 שיטות

#### 1. שיטת הגבולות

מבצעים סדרה עולה וסדרה יורדת (לעיתים נעשה יותר משתי סדרות אך לצורך ההדגמה נציג תהליך גילוי סף מוחלט באמצעות 2 סדרות):  
סדרה עולה, מלמטה למעלה – גירוי בעוצמה חלשה שמתחזק בהדרגה.  
סדרה יורדת, מלמעלה למטה – גירוי בעוצמה חזקה שנחלש בהדרגה.  
בכל סדרה מאתרים את הסף התחתון ואת הסף העליון. את הספים מחשבים לפי הממוצע בין הנקודה האחרונה שבה לא הורגש שינוי לבין הנקודה הראשונה בה הורגש שינוי.  
מחשבים ממוצע ספים לכל סדרה:  
סף עליון + סף תחתון \ 2.

**ערך הסף המוחלט = ממוצע הסיפים של הסדרות.**

לדוגמא – בודקים האם בן אדם מרגיש שהניחו על כף ידו משקל מסוים – לוקחים טווח ערכים, כלומר מספר משקולות, פעם אחת מתחילים מהמשקולת הגדולה ומתקדמים לקטנה ובפעם השנייה ההפך – מהקטנה לגדולה.

### בעיות בשיטת הגבולות:

- **בעיית ההתמדה** – נבדק נוטה לדבוק בתשובה מסוימת ולכן יאמר לפעמים פעם אחת יותר מדי כי הוא מרגיש/אינו מרגיש.

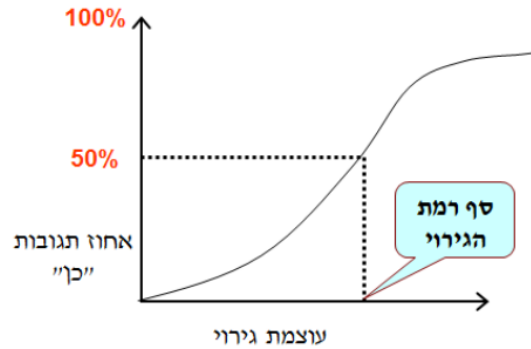
- **בעיית הציפייה** – הנבדק יודע שהוא עתיד לחוש שינוי והדבר עלול לגרום לכך שהבדיקה תשקף את ציפיותיו ולא את תחושותיו (הנבדק מצפה לתרחיש מסוים – יודע שהולכים בסדר עולה/יורד)

- **הבדלים פיזיים בין נבדק לנבדק** – (עייפות, קשב) העלולים להשפיע כך שהסף המוחלט משתנה.

הסיבות לבעיות הן מאחר והגירויים הוצגו בסדר קבוע (עולה או יורד). לכן, **הפתרון** הוא להציג אותם בסדר אקראי – כלומר הפתרון לבעיות הוא שימוש בשיטת הגירויים הקבועים.

#### 2. שיטת הגירויים הקבועים

- הצגה אקראית של גירויים מסביב לסף המשוער.  
- הסף המוחלט הוא עוצמת הגירוי שעבורו נתקבלו 50% תשובות "כן".  
שיטה זו עובדת בצורה סטטיסטית. במקום להציג את הגירויים בסדר קבוע (עולה או יורד) מציגים אותם הרבה פעמים בסדר אקראי. שיטה זו באה להתגבר על בעיית הציפייה ובעיית ההתמדה. כיוון שההצגה אקראית, הנבדק לא יכול להתמיד בסוג התשובה, לחזות את התשובה הבאה, ותנודות בעייפות ובריכוז ישפיעו באופן שווה על כל הגירויים.  
- בשיטה הזו הסף מחושב לפי אחוזים – כלומר אחוז הפעמים שבהם הנבדק אמר שהוא מרגיש – אז למשל במשקולת הכבדה ביותר (40 ק"ג) הנבדק הרגיש 98 אחוז מהפעמים את ההוספה שלה (שבה לפי חישוב אחוז הפעמים בהם הגירוי הורגש).  
- משיקולים תיאורטיים מחשבים את הסף לפי הנקודה ממנה יותר מחמישים אחוז מהפעמים הורגש הגירוי.



בעצם, אנחנו מקבלים עלייה הדרגתית וקובעים את הסף המוחלט ב-X כערך שמעליו מקבלים 50% תשובות "כן" ב-Y.

\* הגדרה נומינלית: הערך שמתחתיו אין כלל איתור של הגירוי ומעליו איתור מלא של הגירוי.  
 \* הגדרה אופרציונלית: הנקודה על הרצף שמעליה הנבדק מגלה את האות ב-50% מהמקרים.

נשאלת השאלה, למה 50% הם אלו שמעידים על הסף המוחלט?  
 לשאלה זו יש 2 תשובות בדרך כלל:

1. לרוב, הסף המוחלט הוא רק השלב הראשון בניסויים מסוימים. למרות שלרוב העוצמה של הסף המוחלט היא שרירותית, שרירותיות זו אינה משפיעה בסופו של דבר על האיכות או על הכמות של מסקנותינו הסופיות.
2. אם נדע מספיק על המבנה הפיזיקלי של מימד האינפורמציה אותו אנו בודקים (למשל, גלי קול, אור...), ובו זמנית על האנטומיה של מערכת החישה הרלוונטית, נוכל לבצע ניסויים מדויקים יותר שיקנו לנו ידע מדויק יותר על איך מערכת חישה זו עובדת. ואז, נוכל להגיע למסקנות הנובעות הן מפיזיקה, מביולוגיה ומפסיכולוגיה.

### בעיית ההבחנה: תיאורית סף ההבדל

#### הבחנה בין גירויים

- מהו השינוי המינימלי בגירוי הנדרש על מנת שנרגיש בהבדל?

עד כה עסקנו בבעיית הגילוי, בה הנבדק נדרש להחליט האם היה אות או לא. לעומת זאת, בעיית ההבחנה עוסקת ביכולת להבחין בין עוצמות שונות של גירויים: **מהו הפרש המינימלי בעוצמה פסיקלית בין שני גירויים, הנדרש כדי לתפוס את השינוי.**

סף ההבדל – השינוי שצריך להיות כדי שהנבדק ירגיש הבדל בתחושה (שגדול ממנו יוצר תחושת הבדל וקטן ממנו לא יוצר תחושת הבדל).

- מתייחס לגירויים על סיפיים (שאינו קושי להבחין בהם)
- את סף ההבדל אפשר לקבוע הן באמצעות שיטת הגבולות והן באמצעות שיטת הגירויים הקבועים

מחושב על פי הפרש בין הסף העליון (כמה צריך להגדיל כדי להרגיש בהבדל) לסף התחתון (כמה צריך להוריד) חלקי שניים.

#### מידת סף ההבדל לפי שיטת הגבולות

בניסויים הבודקים את סף ההבדל מציגים לנבדק גירוי קבוע - **סטנדרט**, וגירויים נוספים בעוצמות משתנות. על הנבדקים לומר האם הגירויים שווים, גבוהים או נמוכים בעוצמתם מהסטנדרט. סף ההבדל הוא השינוי המינימלי בגירוי הסטנדרטי שנדרש על מנת שנבחין בהבדל.

למשל- שואלים את הנבדק האם הגירוי הנוסף יותר חזק/ כבד/ מתוק מהסטנדרט או פחות או אותו דבר. מבצעים סדרה עולה וסדרה יורדת, ולכל סדרה בודקים באיזה שלב הנבדק חש בשינוי. במקרה זה יש 2 ספים – סף שאומר באיזה שלב אני ארגיש בהוספה (למשל מתי המשקולת שוקלת יותר מהסטנדרט), ובאיזה שלב אני ארגיש בהפחתה (למשל מתי המשקולת שוקלת פחות מהסטנדרט).

### איך מחשבים את סף ההבדל?

– הפער בין הסף העליון לסף התחתון כולל שני סיפי הבדל (כלומר הפער כולל את השינוי שעשיתי מהסטנדרט כלפי מעלה וכולל את השינוי שעשיתי מהסטנדרט כלפי מטה).

מסיבה זו מחלקים את הסף ל-2.

כלומר הטווח בין סף עליון לתחתון חלקי 2 ייתן לי את סף ההבדל.

**סף תחתון** = הנקודה בה הגירוי הפיזיקלי הוא נמוך מהסטנדרט ובה הנבדק אמר שהיה שינוי.

**סף עליון** = הנקודה בה הגירוי הפיזיקלי הוא גבוה מהסטנדרט ובה הנבדק אמר שהיה שינוי.

תחום על סיפי - תחום שהוא מעבר לסף המוחלט.

**JND** - היקף השינוי המינימלי ההכרחי על מנת להבחין בין 2 גירויים (ביחידות של תחושה). זהו בעצם סף ההבדל. הכוונה היא שמעל נקודה מסוימת, אנו כבר מצליחים להבדיל בין השינויים הנוצרים. לכן, כל פעם שנענה "כן, אני מבחין בשוני", זהו בסך הכל **JND – just noticeable difference**.

עבור סטנדרט נמוך (פחות בהיר למשל) – סף ההבדל הוא נמוך והרגישות גבוהה. נדרש מעט שינוי כדי להבחין בהבדל- הנבדק מסוגל להבחין בין שינויים קלים. כאן- הערך של התחום העל סיפי (**JND**) יהיה קטן.

עבור סטנדרט גבוה (מאוד בהיר למשל) – סף ההבדל הוא גבוה והרגישות נמוכה. נדרש הרבה שינוי כדי להבחין בהבדל. כאן- הערך המשוער של התחום העל סיפי יהיה גבוהה יותר.

\*את סף ההבדל ניתן לקבוע גם בעזרת שיטת הגירויים הקבועים.

### חוק זובר

- סף ההבדל עולה ככל שהסטנדרט עולה

זובר מצא כי יש יחס קבוע בין סף ההבדל לעוצמת הגירוי המקורית (הסטנדרט). משמע, ככל שעוצמת הגירוי של הסטנדרט גבוהה יותר, כך נדרש לתוספת גדולה יותר של עוצמה על מנת שנחוש בהבדל.

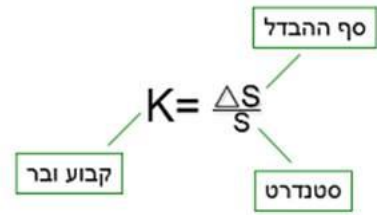
\*התוספת הדרושה על מנת שאדם יבחין בהבדל בין שני גירויים היא יחסית לגירוי הראשוני (סטנדרט).

דוגמת הגפרור בחדר חשוך אל מול גפרור באור שמש- (האם תרגישו באור של גפרור הדולק באולם חשוך? כמובן שכן. וכאשר הוא מודלק באור יום? כנראה שלא. למה? כי ביחס לאור יום הגפרור הוא זניח.)

דוגמא נוספת- נניח רצינו לקנות טלפון מתחת לבית ב-1610 ש, שהיה עולה 1600 במרכז במרחק 15 דקות הליכה מהבית. כנראה לא היינו הולכים עד לשם. אבל אם היה פלאפל מתחת לבית ב-20 שקלים, ואילו במרכז המרוחק 15 דקות היה נמכר ב-10 שקלים, כנראה היינו הולכים למרות שאנו חוסכים אותה כמות כסף! הסיבה היא שהמוח שלנו מושפע מאוד מהפרופורציות- ככל שהסטנדרט (המחיר המקורי) יותר גבוה, כך אנו פחות חשים בהבדל (הבדלי המחירים בין המיקומים פחות מרגישים לנו משמעותיים).

עבור כל חוש (סוג הגירוי) ישנו יחס קבוע בין תוספת העוצמה הנדרשת על מנת לחוש בהבדל ( $\Delta S$ ) לבין עוצמת הסטנדרט (S):





משמעות הדבר היא שככל ש-K (קבוע וובר) קטן יותר כך הרגישות של החוש גבוהה יותר לשינויים.  
ה-K הוא קבוע עבור כל אופנות חוש נתונה (אופנת חוש = מידת הרגישות בחוש מסוים).

- סף ההבדל הוא פרופורציה קבועה של הסטנדרט - סף ההבדל עולה ככל שהסטנדרט עולה. ככל שהסטנדרט גדול יותר, יידרש שינוי גדול יותר על מנת לחוש בהבדל. כלומר, כאשר הגירוי (סטנדרט) קטן יותר, השינוי גדול יותר, מורגש יותר. (את הסטנדרט - החוקר בוחר)

לדוגמא - כשבדקנו בהירות, הסטנדרט הגבוה יותר היה הגירוי הבהיר יותר, והנמוך יותר הוא כהה יותר. באמת סף ההבדל היה גבוה יותר כשהסטנדרט היה גבוה יותר. הרגישות גבוהה יותר עבור גירויים בעצמה נמוכה (בגירויים נמוכים דרושה תוספת קטנה יותר על מנת שנחוש בהבדל).

- הפונקציות לפי וובר יהיו לינאריות והשיפוע שלהם יושפע מהאופנות חוש.
- חוק וובר מנבא מהו השינוי הפיזיקלי הנדרש על מנת שנרגיש בהבדל בין שני גירויים.
- החוק אינו עוסק בעוצמת התחושה של האדם (בזה מתעסקים פכנר וסטיבנס) - אלא על מתי האדם מרגיש שחל שינוי.

### שאלת סילום התחושה - כמה אתם מרגישים?

סילום: תרגום של עוצמת גירוי פיזיקלי לעוצמת גירוי פסיכולוגי.

סילום ישיר - הנבדק מדרג את עוצמת התחושה שלו (פי כמה התחזק הרעש?).

סילום עקיף - מסיקים את התרגום מתוך תשובות למשימה אחרת (הנבדקים צריכים רק להעיד על שינוי ולא על עוצמת השינוי).

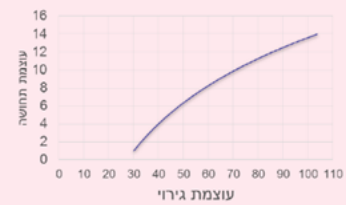
איך אני יכול למדוד כמה מתוק לי למשל? שאלה שקשה לענות עליה במדויק. הפתרון לשאלה הוא חוק פכנר - התשובה לשאלה זו ניתנת בעזרת קביעת יחידות מספריות ומדידות לחוויה סובייקטיבית.

### חוק פכנר

- הפתרון (הגאוני) של פכנר לשאלה הקשה הזו היה לספור כמה סיפי הבדל התקדמנו מהסף המוחלט.

## הדגמה

עוצמת תחושה	עוצמת גירוי
14	103.6
13	94.2
12	85.6
11	77.8
10	70.7
9	64.3
8	58.5
7	53.1
6	48.3
5	43.9
4	39.9
3	36.3
2	33.0
1	30.0



שימו לב:  
צריך רק למדוד את הסף המוחלט ולמדוד את סף ההבדל פעם אחת (כי הוא תמיד אותה פרופורציה) הייתר נגזר מתימטית

פכנר משתמש לראשונה בחוק וובר כדי למדוד את עוצמת התחושה. החוק מנסח קשר פונקציונלי בין עוצמת הגירוי (הפיזיקלי) לבין עוצמת התחושה (פסיכולוגי).

פכנר טען שהשינויים בתחושה שווים, כלומר תוספת של יחידת גירוי אחת משמעותה הוספת יחידת תחושה אחת. אך בעוד סף ההבדל משתנה בהתאם לגודל הסטנדרט (חוק וובר), הרי שיחידות התחושה שוות.

לכן, **עוצמת התחושה** היא מספר יחידות השינוי בתחושה מעל הסף המוחלט (הנקודה בה התחלתי להרגיש).

פכנר סבור כי אנו מבצעים **סילום עקיף** המתבסס על מנגנון פסיכולוגי לא מודע. לפי גישה זו אין שום משמעות לשאול אדם כמה יחידות תחושה יש לו כאשר הוא מתייחס לעוצמה פיזיקלית מסוימת כיוון שהחישוב הזה לא מתבצע ברמה מודעת.

**סילום עקיף** – הנבדקים צריכים רק להעיד על שינוי ולא על עוצמת השינוי.

לכן, הוא טען כי ניתן לעשות סולם של עוצמת תחושה, ע"י מדידה ביחידות של כמה קפיצות של סף הבדל קפצנו מהסף המוחלט. למשל אם קפצנו 6 פעמים את סף ההבדל מהסף המוחלט, הרי שעוצמת התחושה שלנו היא 6. מאחר ולכל אחד יש סף הבדל שונה, נוכל למדוד בצורה אינדיבידואלית לכל אחד את עוצמת התחושה שלו ע"י חישוב קבוע וובר שלו (חשוב! הקפיצה הראשונה של סף ההבדל תמיד תהיה נמוכה מזו שאחריה, כי ראינו שככל שהסטנדרט עולה, כך הקפיצה בסף ההבדל הדרושה היא גבוהה יותר).

הוא ניסח את הפונקציה הפסיכופיזית הראשונה העוסקת בקשר פונקציונלי בין עוצמת הגירוי (מימד פיזיקלי) לבין עוצמת התחושה (מימד פסיכולוגי). החוק מתבסס על חוק וובר ומרחיב אותו:

- מתחת ל**סף המוחלט** אין תחושה
- **תוספת של יחידת גירוי אחת (סף הבדל 1) משמעותה הוספת יחידת תחושה אחת JND.**
- בעוד סף ההבדל משתנה בהתאם לגודל הסטנדרט, יחידות התחושה נותרות שוות.
- עוצמת התחושה היא מספר יחידות התחושה מעל הסף המוחלט.

קבוע פכנר משתנה בהתאם לאופנות החושית הנבחנת.

סף ההבדל (ביחידות פיזיקליות) הולך ועולה – חוק וובר

יחידות התחושה (JND) הן שוות זו לזו



הפונקציה המתקבלת מתארת את היחס בין עוצמת הגירוי לבין עוצמת התחושה. הפונקציה היא פונקציה לוגריתמית **דוחסת** - בעוד שסף ההבדל (ביחידות פיזיקליות) הולך ועולה (חוק וובר), יחידות התחושה (JND) עולות בהפרש קבוע.

החוק מוגבל לטווח שבו עדיין מרגישים בתחושה שאותה בודקים. נגיד, אם אני מחממת משהו ונוגעת בו וממשיכה לחמם, החוק כבר לא יהיה תקף כשהחום יהפוך לכאב. אותו דבר עם מלח - מתישהו מלח הופך להיות מר, ושם הוא לא יהיה תקף.

### [חוק סטיבנס](#)

סטיבנס התבסס גם הוא על חוק וובר, אך בניגוד לפכנר הניח כי:

- יחידות התחושה אינן שוות, אלא משתנות (הן הולכות וגדלות).
- הוא האמין שאנשים יכולים לשפוט ולדווח על עוצמת החוויה התחושתית (פי כמה לעומת הגירוי הקודם) - השיטה הזו נקראת **סילום ישיר**. זאת לעומת וובר ופכנר, שלא האמינו שיש תועלת בלשאול את הנבדק כמה הוא מרגיש.

**סילום ישיר** - הנבדק מדרג את עוצמת התחושה שלו. (למשל, פי כמה התחזק הרעש?)

סטיבנס טען כי החלטה של פכנר שכל מדרגות התחושה שוות אינה נכונה.

יחידות התחושה אינן שוות, אלא משתנות, כמו שסף ההבדל עולה בפרופורציה לעוצמת הסטנדרט, גם ההבדלים בתחושה עולים.

לכן, חוק סטיבנס עונה גם על מקרים בהם הקשר בין יחידות הגירוי ליחידות התחושה אינו פונקציה לוגריתמית.

הנבדקים פשוט זורקים מספר. זה נקרא **הידרוספקציה**. הבסיס של השיטה הזו היא **שמסתבר שהרבה פעמים תהיה תחושה שמה שאנחנו חושבים לא מדויק, אבל הוא דווקא כן מדויק**.

**החוק הפסיכופיזי של סטיבנס בא לידי ביטוי בפונקציה הבאה:**

$$\psi(s) = f(s^a)$$

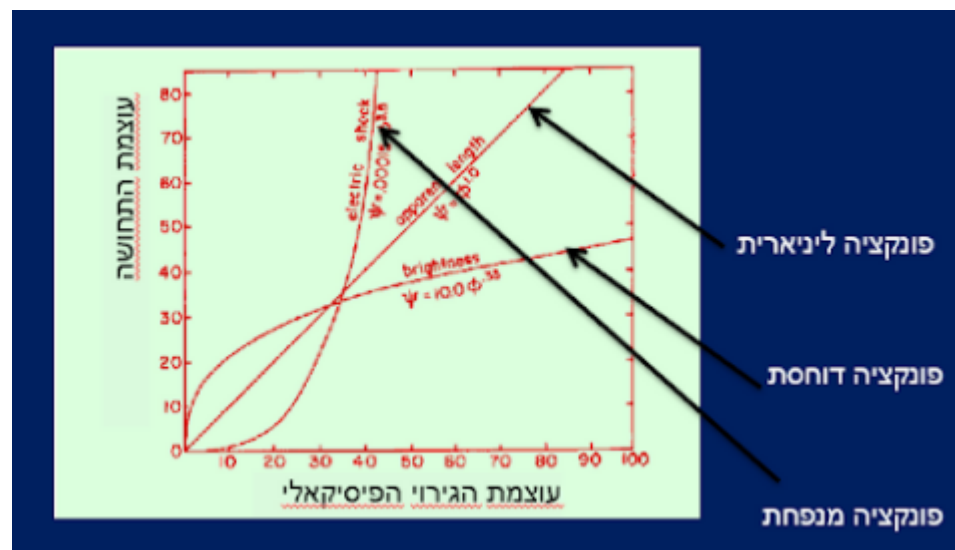
$\psi$  - עוצמת התחושה

S - עוצמת הגירוי

a - מקדם החזקה של סטיבנס, ייחודי לכל אופנות חושית.

כלומר - עוצמת התחושה שווה לעוצמת הגירוי בחזקת a.

החוק מאפשר שלושה סוגי פונקציות (עפ"י השינוי במעריך החזקה a):



- **a:1 פונקציה ליניארית-** התחושה מתקדמת בקצב זהה לקצב הגידול של הגירוי. (למשל, תחושה של אורך קו, תחושת קור של מתכת על העור, זמן, צליל). כלומר גירוי שגדל פי שתיים מהגירוי הקודם אכן יצור תחושה גדולה פי שתיים מקודמתה.
  - **a<1 פונקציה דוחסת-** התחושה מתקדמת בקצב איטי יותר מאשר הגירוי הפיזיקלי, בדומה לפונקציית ובר. (למשל, הוספת סוכר לקפה, תפיסת שטח, חום, בהירות וחשכה, ווליום, גובה).
  - **a>1 פונקציה מנפחת-** התחושה גדלה בקצב מהיר יותר מעוצמת הגירוי הפיזיקלי (משקל, מליחות, כאב משוק חשמלי באצבעות).
- \* כאב הוא פונקציה מנפחת וזה תואם את ההיגיון כי הכאב נועד בשביל שנירתע ממהו ונברח ממנו אז הגוף מנפח את התחושה.

### השוני בין פכנר לסטיבנס:

1. ברמה התיאורטית - השוני לגבי ההנחה של מדרגות התחושה.
  2. ברמה המתודולוגית - סטיבנס שואל את הנבדק כמה הוא מרגיש, בעוד שהשניים האחרים מסיקים זאת מהסף המוחלט של הנבדק.
- במנגנוני החישה השונים, מקדם החזקה הוא שונה. הסיבה לא ידועה. הסברה טוענת שככל הנראה זו תוצאה של **אדפטציה** - אופנים שימושיים יותר ואופנים שימושיים פחות בכל סיטואציה נתונה.

באופנים (modalities) שהם יותר "שפיריים" (כמו רגישות לאור), הקשר בין עוצמת הגירוי והתגובה הפסיכולוגית בסך הכל מספקים לנו מידע שימושי שעשוי להיות רלוונטי יותר או פחות.

לעומת זאת, תגובת אפנות כמו כאב מאותת לנו על הצורך בפעולה מיידית (וזוה הגיוני משום שבדרך כלל אפנות כזו מסמלת שצפוי להיות נזק גופני) לדוגמא, כשניגע בסיר רותח עם אצבע חשופה, חשוב מאוד שיווצר גירוי גבוה, בכדי שגם התגובה תהיה מהירה, אחרת עשוי להיגרם נזק לגוף (ואף קטיעת איבר).

פכנר	סטיבנס
<ul style="list-style-type: none"> <li>- טען כי לאנשים אין גישה מודעת לשינוי בתחושותיהם, מסוגלים רק לדווח על שינוי בתחושה לכן ניתן רק לעשות <b>סילום עקיף</b> של התחושות שלהם.</li> <li>- השינויים בתחושה הם אחידים, ההבדל בין 10 ל 12.5 הוא כמו ההבדל בין 40 ל 50.</li> <li>- לכן מציג את מושג ה-<b>Just Noticeable Difference</b>, וטען שה-JND שווים בעוצמתם ובעזרתם הוא גוזר משוואה אשר באמצעותה ניתן לתאר איך שינוי בעוצמת הגירוי משפיע על שינוי בעוצמת התחושה.</li> <li>- בגרף של פכנר על ציר ה-X מציב את גודל הגירויים בקפיצות בהתאם לחוק וובר ועל ציר ה-Y הוא שם יחידות תחושה JND.</li> <li>- לפי פכנר, תמיד נוצרת פונקציה דוחסת.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- טען כי לאנשים יש גישה מודעת לשינוי בתחושותיהם, ולכן ניתן לבצע <b>סילום ישיר</b> של התחושות שלהם.</li> <li>- בציר ה X סטיבנס מציב ערכים אמיתיים של הגירוי ובציר ה Y הוא מציב את הדירוג התחושי של הנבדקים.</li> <li>- לטענתו אין צורך לדעת את קבוע וובר על מנת לבנות פונקציה המקשרת בין גירוי לתחושה.</li> <li>- סטיבנס מראה כי קיימים 3 סוגים של קשרים בין עוצמת הגירוי לעוצמת התחושה:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. עבור רוב אופנויות החוש, הפונקציה דוחסת כמו עבור הריבועים.</li> <li>2. פונקציות בהן הקו ישר כמו עבור הקווים.</li> <li>3. פונקציות מנפחות, למשל כאב.</li> </ol> </li> </ul>

[פסיכופיזיקה מאפשרת להשוות בין אופנויות חוש שונות מבחינת רגישות](#) (צורת החישה שעבורה מנת וובר נמוכה יותר, היא רגישה יותר).

דוגמאות

- אפשר להראות שיש רגישות מוגברת לתפיסת גודל באמצעות ראייה מאשר באמצעות מישוש.
- אפשר לבדוק האם הרגישות שלנו לשינויים במחיר תלויה בסוג המטבע.
- אפשר לשאול האם תחושת המחיר של הקפה יותר חזקה מתחושת המרירות של הקפה עצמו?

## תיאורית גילוי אותות

בוחנת תפיסת גירוי בעוצמה קבועה, כאשר הוא מוצג/לא מוצג לסירוגין. זאת במטרה לבחון האם הפעילות העצבית נגרמת מתוך הגירוי עצמו או מתוך מצב הרעש בו נמצאת מערכת העצבים.

התיאורייה באה להסביר את מה שתיאוריית הסף לא יכולה להסביר – **אזעקת שווא!** כאשר הנבדק אומר שיש גירוי כשאין גירוי. זאת מתוך הנחה כי האדם הוא מכלול של דברים הכולל ידע קודם ו"רעש" אקסטרה תמידי של המערכת התחושתית (כל הזמן קולטת גירויים, רועשת, עמוסה). לכן, בתוך השאלה האם אנו מרגישים גירוי או לא יש חלק של קבלת החלטות, ציפיות, TOP DOWN וכו.

תיאוריה זו משמשת למגוון תחומים (שונים מאלו של תיאוריית הסף), כגון: קבלת החלטות בתנאי אי וודאות, זיכרון (ניסויי היכר), תפיסה חברתית, אמוציות ועוד.

### הנחות יסוד של התיאוריה:

- במערכת הקולטת יש תחושה שמקורה ב"רעש" עוד לפני הופעת הגירוי.
- הגירוי מוסיף לתחושה מעבר ל"רעש" במערכת העצבים - רעש סטטי, כמו רעש לבן בעוצמה משתנה, שמגיע מתוך פעילות הנוירונים היורים מסרים כל הזמן גם בשל הצפה של גירויים חיצוניים ופנימיים ולכן גם במצב שאין גירוי חיצוני אמיתי.
  1. רעש פיזיולוגי - נוירונים שירים גם כאשר לא היה אות.
  2. רעש בגירוי - מצב המונע מהנבדק לזהות את האות בשל המגוון שלו (כל מה שמפריע לי לזהות את האות).
- התוספת הזו לתחושה נקראת "רגישות" - התוספת התחושתית לרעש הקבוע במערכת העצבים. כשמופיע גירוי אמיתי הוא מוסיף תחושה מעבר לרעש הקיים באופן תמידי בגוף, מה שמביא לעליה בקצב הירייה של הנוירונים.
- עוצמת ה"רעש" היא תנודתית, ולכן עליה בעוצמת התחושה כשלעצמה אינה מלמדת בהכרח על הופעת גירוי.
- ישנה מערכת קבלת החלטות, שקובעת מהי רמת העוצמה המינימלית שיכולה להעיד על כך שהתווסף גירוי ("סף").

אדם הנבדק בניסוי, הוא לא רק מערכת תחושתית (אובייקט שמודדים לו את התחושות) אלא הוא גם אדם המקבל החלטות - דבר זה נזנח בתיאוריית הסף שם מתייחסים אל הנבדק כאל "נוירון" - בודקים תנודות נוירונים ועצמים פנימיים נוספים כדי לקבל אינדיקציה על תחושה. משום כך, התפתחה גישה שהחליטה שיש צורך לפתח תיאוריה עשירה ומכלילה יותר הכוללת את הרעשים של המערכת התחושתית שלנו.

### מערכת רועשת כזו מובילה בהכרח לטעויות בהחלטה:

- מקרים שבהם התחושה עברה את הסף למרות שלא היה גירוי - < **לא הוצג** גירוי אמיתי אבל הנבדק אומר **שכן** הוצג לו גירוי. (אזעקת שווא, False Alarm, FA)
- מקרים שלמרות שהיה גירוי, עוצמת התחושה לא עברה את הסף - < **כן הוצג** גירוי אמיתי אבל המידע שהגיע למוח היה חלש מדי והנבדק אומר **שלא** הוצג לו גירוי. (החטאה, Miss)

אדם המקבל החלטות לעיתים מקבל מידע לא אמין, ולכן כאשר צריך לקבל החלטה האם הגיע גירוי או לא, הרבה פעמים ההחלטה מתקבלת על בסיס מידע שגוי. מקבל ההחלטות קובע סף: מעל הסף - הוא מקבל תחושה של גירוי, ומתחת לסף - לא. (בניגוד לתיאוריית גילוי אותות, תיאוריית הסף המוחלט לא מתמודדת עם מצבים של אזעקות שווא).

### **הניסוי הבסיסי**

הציגו לנבדק סיגנל (גירוי) קבוע, שלעיתים מופיע ולעיתים לא (זאת לעומת ניסויי סף בהם תמיד יש סיגנל אך עוצמתו משתנה). הנבדק יכול להגיד כן או לא והגירוי יכול להופיע או לא.

		האם יש סיגנל?	
		yes	no
תגובת הנבדק	yes	Hit	False alarm
	no	Miss	Correct rejection

**נכונות:**

1. **HIT** (גילוי/פגיעה): כשהוצג גירוי אמיתי לנבדק, והוא ענה **שכן** יש גירוי.
2. **Correct reject** (דחייה נכונה): כש**לא** הוצג גירוי אמיתי לנבדק, והוא ענה **שאינ** גירוי.

**טעויות:**

3. **False alarm** (אזעקת שווא): כש**לא** הוצג גירוי אמיתי לנבדק, והוא אומר **שיש** גירוי.
4. **MISS** (החטאה): כשה**הוצג** גירוי אמיתי לנבדק, והוא ענה **שאינ** גירוי.

תרומה מרכזית של התיאוריה היא ההבנה שבגלל "הרעש" התמידי טעויות אינן נמנעות, ובתור מקבל ההחלטות, נשאלת השאלה איזה סוג טעויות עדיף עבורי (אלו טעויות הן כאלה שאפשר לחיות איתן בשלום ואיזה יותר בעייתיות).

**דוגמאות ליישום בקבלת החלטות:**

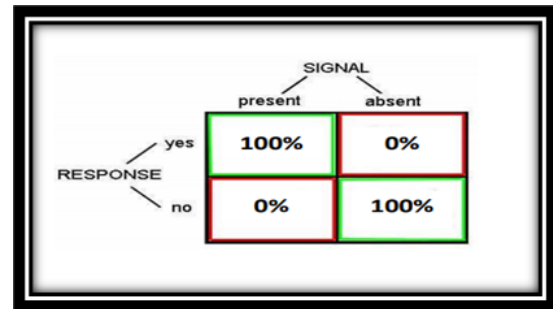
- בא חולה עם כאבי בטן קשים, ובטן קשה. השאלה היא האם יש לו דלקת תוספתן? עלויות: **אזעקת שווא**: ניתוח מיותר. **החטאה**: סכנת מוות. במצב זה עדיף שיהיו אזעקות שווא ושלא יהיו החטאות.
- יש סימנים לכך שמדינה שכנה מרכזת כוחות ליד הגבול. האם להיכנס למלחמה? **אזעקת שווא**: מלחמה מיותרת. **החטאה**: מחדל כמו ב 1973- מלחמת יום כיפור. במצב זה נזהר מאוד מאזעקות שווא והמחיר שכנראה יהיו החטאות.
- יש סימנים שהוא מעוניין ליצור איתי קשר. האם ליצור קשר? **אזעקת שווא**: מבוכה חברתית. **החטאה**: פספוס הזדמנות

**מקורות לשינויים ברגישות:**

- **שינויים הקשורים באות** - שונות בתוך האות ובעוצמה של האות. דוגמא מהתרגול: כמה אדם נראה ישראלי. ככל שהוא יראה יותר ישראלי האות (כמה הוא ישראלי)

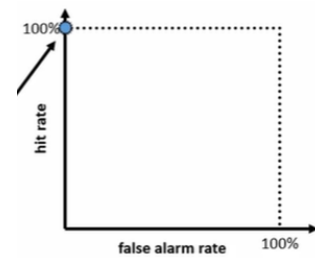
- יהיה חזק יותר. ככל שהשונות בין ישראלים יותר קטנה (כלומר רוב הישראלים נראים אותו דבר), יהיה קל יותר לזהות את האות (כלומר לזהות שהאדם הוא ישראלי או לא).
- **תודתיות פנימית אצל האדם** - שינויים שקורים באדם עצמו ומשפיעים (עוזרים או מפריעים לאדם) על ההגעה להכרעה אם היה אות או לא היה אות (התפיסה שלי את הגירוי). לדוגמא- היסח דעת, עייפות.
- **השילוב של שניהם** - אם יש אות ממש חזק אבל אני מאוד עייפה אז כנראה אגיד שהאות לא קרה.

### סוגי רגישויות



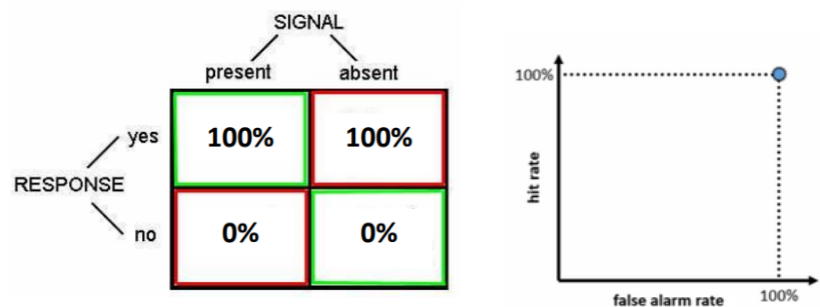
### רגישות מושלמת - 100% הנבדק צודק

אין "רעש" - אין אי ודאות, הרעש זניח יחסית לעוצמת הסיגנל. 100% פגיעה או 100% דחייה נכונה - כל עוד יש סיגנל אני בטוח מרגישה אותו.



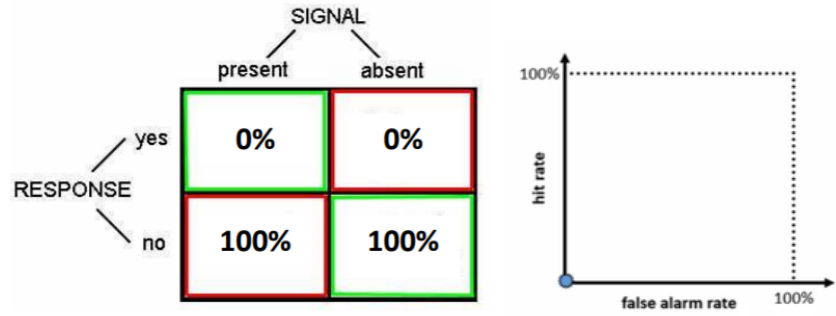
### חוסר רגישות מוחלט - רגישות אפס

תמיד "כן" / תמיד "לא" - תמיד "כן" - נבדק שתמיד אומר שהוא הבחין בגירוי, גם אם היה גירוי וגם אם לא היה גירוי.



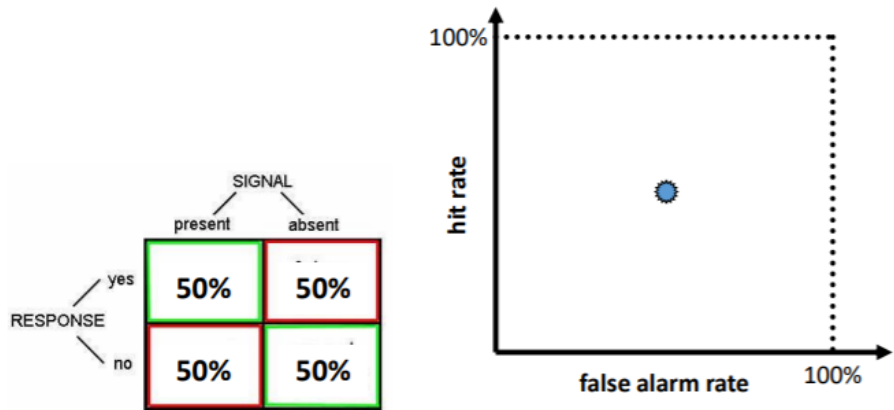


- תמיד "לא" - נבדק שתמיד אומר שהוא לא הבחין בגירוי.

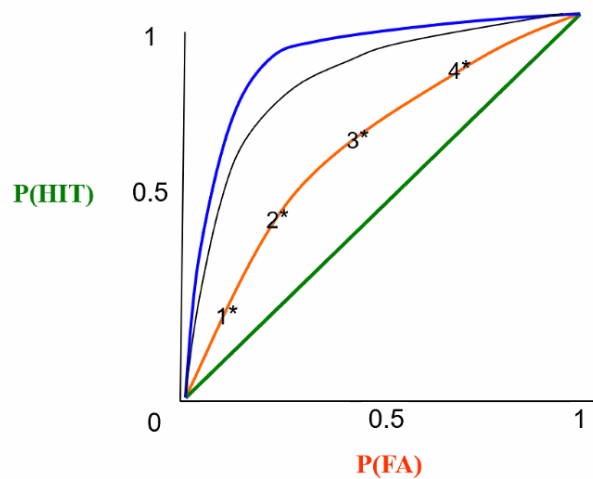


[חוסר רגישות חלקי](#)

תבנית קבועה אחרת (50:50 / 30:70)  
 חוסר רגישות לסיגנל - הנבדק אדיש לסיגנל ופועל על פי מדיניות קבועה שלא תלויה בכלום.  
 התבנית הקבועה יכולה להיות כל פרופורציה (בין גילוי "כן" לדחייה "לא"), תוך השלמה ל- 100% (בטור של הסיגנל - "כן" + "לא" = 100%):  
 50:50 - החלטה אקראית על הבחנה בגירוי. למשל לפי הטלת מטבע.



עקומת ROC - (Receiver operating characteristic)

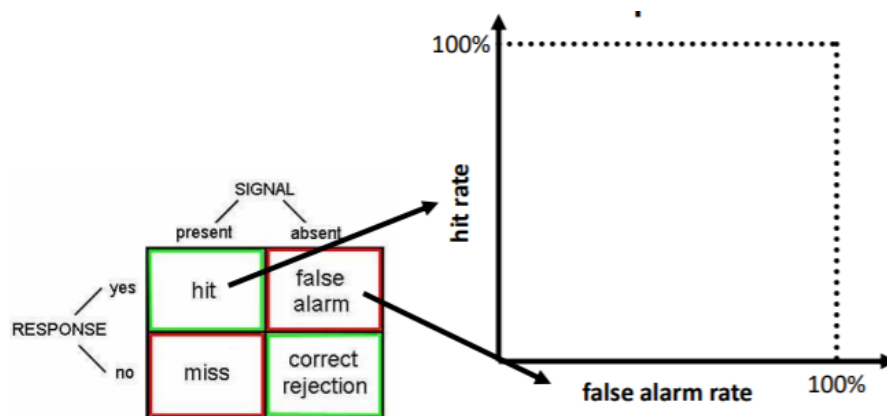


- רגישות מושלמת - ממוקמת בפינה השמאלית למעלה, על ציר ה-Y למעלה.
- רגישות 0 - ממוקמת בפינה הימנית למעלה, רחוקה מציר ה-X ורחוקה מציר ה-Y.

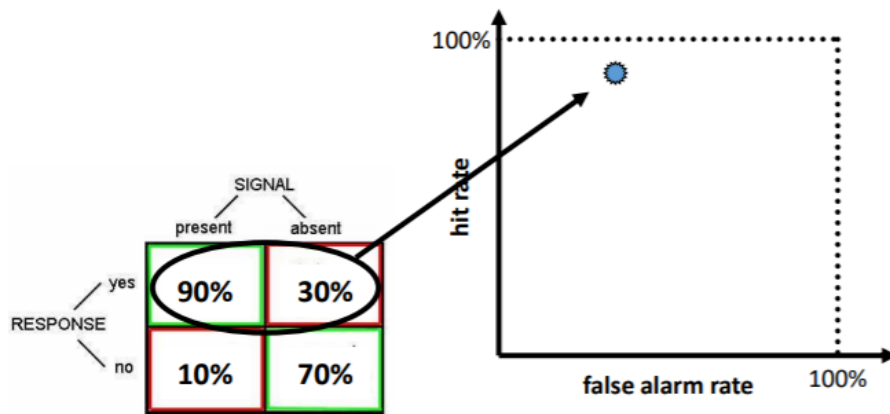
ככל שהקו מתקרב לציר ה-Y יש רגישות יותר גבוהה, כי זה מתקרב לרגישות המושלמת.

ניתוח הנתונים מניסוי גילוי האותות מתבצע באמצעות 2 פרופורציות:

- אחוז HIT מחושב מתוך הפעמים שהוצג גירוי והנבדק אמר שהוצג.
- אחוז FA מחושב מתוך הפעמים שבהם לא הוצג גירוי והנבדק אמר שהוצג.

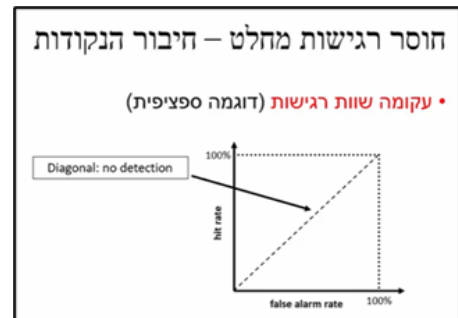


דוגמה לתוצאה:



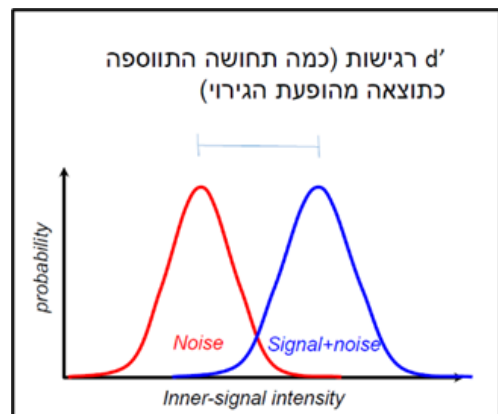
\*הקו הישר- הרגישות הנמוכה ביותר

\*



מקרה זה הוא מקרה פרטי של עקומת שוות רגישות המתארת רגישות 0. - ההתייחסות בעקומה היא רק למשולש השמאלי למעלה.

רגישות וקריטריון



ציר ה-X עוצמת התחושה  
ציר ה-Y הצפיפות (בפונקציה נורמלית), ההסתברות לתחושה

- אם הפעילות העצבית גבוהה, סביר יותר שמדובר בתנאי שבו הופיע גם אות וגם רעש.
- פעילות עצבית נמוכה - סביר יותר שיופיע רק רעש.
- האזור המשותף של הפעמונים - אזור פעילות עצבית שנוצר בגלל רעש או בגלל רעש+אות.

### רגישות (d)

יחידת המידה של הרגישות (עוצמת התחושה, ציר ה-X).  
 הגדרה: עד כמה האות שונה ומובחן מן הרעשים שבסביבתו.  
 (המרחק בין עקומת הרעש לעקומת הרעש+סיגנל ביחידות של סטיית תקן).  
 כמות התוספת של התחושה בעקבות הצגת הגירוי - < המרחק בין שיא העקומה האדומה לשיא העקומה הכחולה.

- ככל שהרגישות גדולה יותר- האות מובחן מן הרעש. (העקומות מתרחקות)
- יש לנו יותר תשובות נכונות- יותר HIT ויותר CR.
- רגישות נמוכה יותר- האות והרעש דומים
- פחות תשובות נכונות- יותר MISS ויותר FA.

### קריטריון

מידת הקשיחות או האטימות של השומע כלפי האות.  
 החלטה אישית - הנקודה שממנה אגיד שכן היה גירוי. (כמה הוכחות אני צריך להחליט כדי להגיד כן).  
 עוצמת התחושה הפנימית שמעליה אני אגיד "כן" ומתחתיה אני אגיד "לא". (כמה הנבדק נוטה להגיד כן).

- קריטריון גבוה- התופס מחמיר את הקריטריון לתגובת האיתור (תזוזה ימינה על ציר ה-X)  
 התופס נוטה שלא לאתר  
 יותר MISS ויותר CR.
- קריטריון נמוך- התופס מנמיך את הקריטריון לתגובת איתור (תזוזה שמאלה על ציר ה-X)  
 התופס נוטה יותר לאתר- יותר HIT ויותר FA

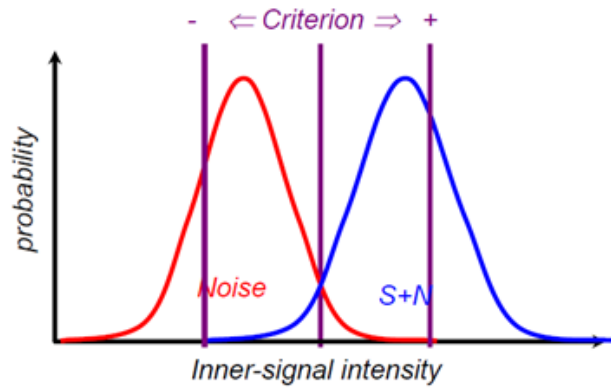
הגרפים:

- **העקומה האדומה- עקומת רעש N.**  
 ההסתברות לתחושה פנימית בלי סיגנל. הרעש הפנימי מתואר בתפלגות נורמלית. עוצמת התחושה הבינונית היא הגבוהה ביותר, היא זו שמתרחשת בדר"כ.
- **העקומה הכחולה- עקומת סיגנל + רעש S+N.**  
 כאשר מופיע גם גירוי, ההתפלגות תזוז ימינה והיא תזוז בשיעור התוספת שנוספה לתחושה כתוצאה מהופעת הגירוי. הסיגנל מתווסף לרעש שהיה כבר מקודם. **התוספת היא תוספת קבועה של עוצמת תחושה**, טרנספורמציה לינארית. למשל: אם נוספו 4 יחידות תחושה והאמצע של העקומה האדומה היה 2 אז אמצע העקומה הכחולה יהיה 2+4 כלומר 6.  
**\*כשהסיגנל חזק:** הרגישות לגירוי חזק יותר תהיה גדולה יותר (ימנית יותר) כי נוספו יותר יחידות תחושה לעומת גירוי חלש.  
**\*כשהסיגנל חלש:** עוצמתו תמוקם בתפר בין העקומה הכחולה לאדומה -> נוצר מצב של אי ודאות.
- \*מצב של אי הוודאות = אזור החפיפה של שתי העקומות** - מאיפה מגיע הסיגנל? - מהרעש התמידי או מגירוי חדש?

\*בעולם האמיתי קיימת אצלנו ברגע נתון עקומה אחת ולא שתיהן יחד - או שהיה גירוי או שלא היה גירוי.

בגרף ישנם 2 גורמים:

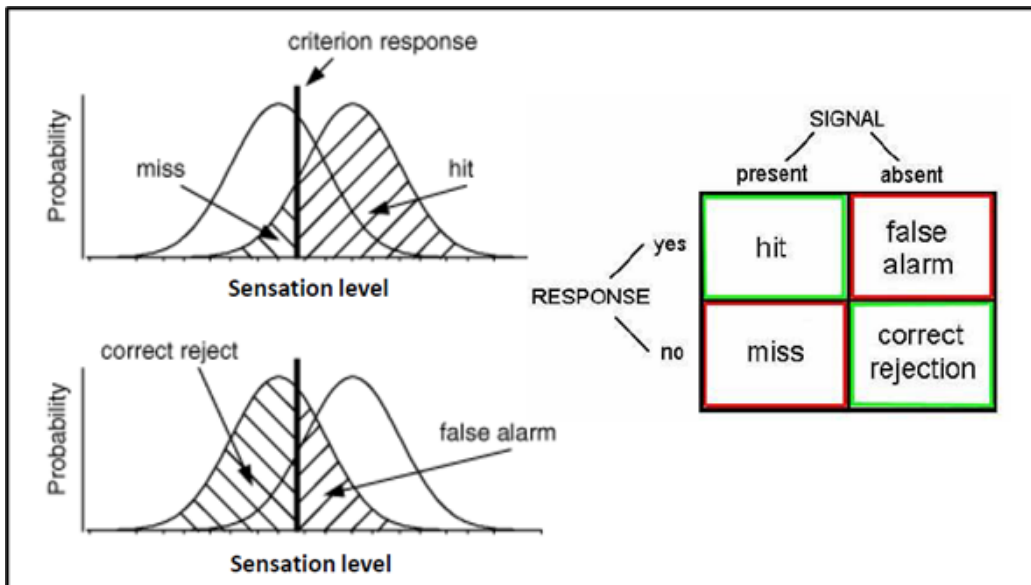
- מה גורם לעוצמת התחושה- הרגישות
- איפה נמצא החתך (הקריטריון)- נובע מתוך קבלת החלטה.



### הקריטריון אינו תלוי ברגישות והרגישות אינה תלויה בו.

את הקריטריון אנו ממקמים לפי החלטה אישית (החלטה האם הוצג גירוי או לא היא לפי שיקול מושכל).  
ההחלטה לקריטריון מושפעת מ2 גורמים:

- **המוטיבציה לענות "כן"** - תלוי ברווחים היחסיים של HIT לעומת דחייה נכונה, ובמחירים היחסיים של MISS מול אזעקת שווא. - ככל שהמוטיבציה גבוהה יותר הקריטריון נמוך יותר.
- **הציפייה שיופיע סיגנל** - תלויה בידע קודם, בסיטואציה בה אנו נמצאים, TOP DOWN. לדוגמא - מה הסיכוי שחום וכאבי שרירים מבטאים שפעת לעומת מחלה נדירה אחרת, כאשר זה בחורף.



- אם עברתי את הקריטריון אני אומרת כן (צד ימין), אם לא עברתי את הקריטריון אני אומרת לא (צד שמאל):

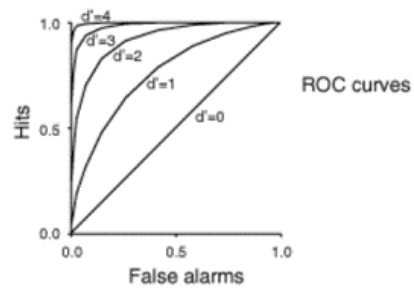
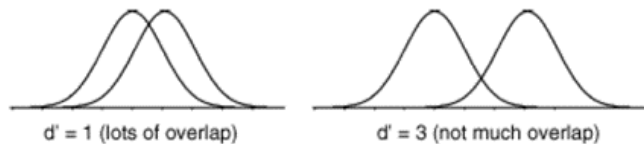
o העקומה הימנית צבועה (אמרתי כן) - מצב שיש אות (הלמעלה זה מצב של HIT, והלמטה זה מצב של FALSE ALARM).

o העקומה השמאלית צבועה (אמרתי לא) - מצב שאין אות (הלמעלה זה מצב של CORRECT REJECTION, והלמטה זה מצב של MISS).

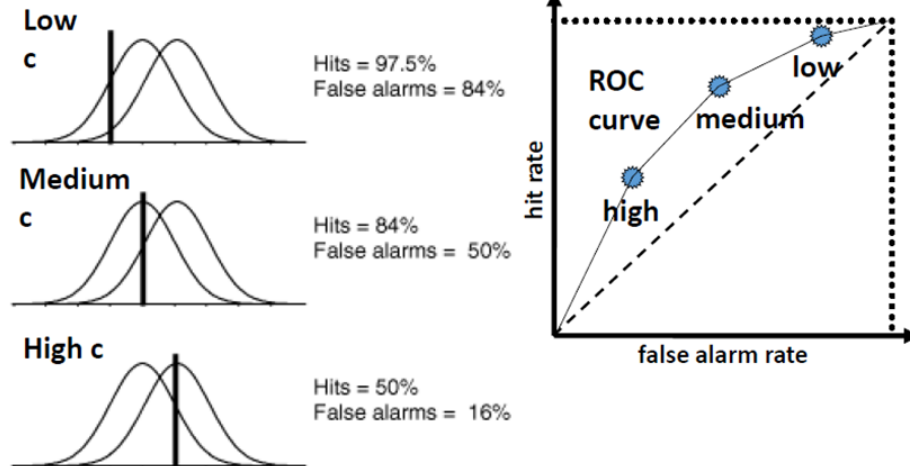
**הפרופורציה מצידו הקריטריון נשמרת קבועה:**

מימין לקריטריון יש תמיד HIT או אזעקת שווא-החלק של ה N החופפת ל S+N. משמאל לקריטריון יש MISS או דחייה נכונה-החלק של עקומת N+S החופפת לעקומת ה N. מכאן - שאם אזיז את הקריטריון ימינה, ה HIT יקטן, וה MISS יגדל. < - **תמיד יש איזו שהיא טעות, השאלה איזה טעות אנחנו מעדיפים.** הזזת הקריטריון תשפיע על הפרופורציה בין ההצלחה לטעות (הפרופורציה בטור בטבלה).

[מסקנות מהגרף:](#)



- ככל שהקריטריון נמוך יותר הסיכוי לאזעקת שווא גדול יותר, וככל שהקריטריון גבוה יותר -> הסיכוי ל MISS גדול יותר.
- ככל שתוספת התחושה מהגירוי גדולה יותר, יש פחות חפיפה בין עקומות ופחות טעויות, העקומה נדחפת יותר לפינה השמאלית.
- גירוי חזק -> תוספת של הרבה תחושה -> רגישות גבוהה -> 'd' גדול
- d=0 - רגישות אפס, חוסר רגישות מוחלטת.
- ככול שהעקומה הולכת יותר לכיוון ציר ה-Y, הרגישות גדולה יותר, העקומות רחוקות יותר זו מזו.
- ככל שהעקומות רחוקות יותר (הרגישות גדולה יותר), יש פחות טעויות באופן כללי משני הסוגים.
- **שינויים בקריטריון משנים את השיעורים היחסיים של שני סוגי הטעויות:**



## הרצאות 6-7

### חישה והתנהגות

החושים שלנו הם האמצעים שלנו לחוות את העולם. כל דבר שאנו למדים או מכירים נקלט באמצעות איברי חישה ומועבר לעצבים במוח.

### עיבוד חושי

החויה שלנו מחולקת לשני תחומים: חישה ותפיסה.  
**חישה** - זיהוי גירויים פשוטים כגון בהירות, צבע, חום, מתיקות ועוד.  
**תפיסה** - זיהוי עצמים (גם חיים וגם דוממים), המיקום שלהם, התנועות שלהם והרקע שמאחוריהם.

לדוגמה, זיהוי צבע אדום זה חישה, זיהוי עצם כתפוח אדום זוהי תפיסה.

### חישה מבוססת על למידה:

**Functional validation** - להתפתחותם של חלק מהתכונות הבסיסיות ביותר של מערכות סנסוריות נדרש ניסיון. כלומר, מערכת העצבים זקוקה לגירויים כדי להתפתח כראוי.

### קידוד סנסורי

עצבים הינם קבוצה של אקסונים אשר מעבירים פוטנציאל חשמלי. הפוטנציאלים החשמליים זהים הן בגודלם והן באורך זמנם. כלומר, אין שוני בפוטנציאל החשמלי בין העברת סוגים שונים של מידע. אומנם, חייב להיות שוני כלשהו בין סוגים שונים של מידע: האינפורמציה המגיעה מאיברי החישה מקודדת על ידי האקסונים באמצעות קוד מסויים. קוד הינו מערכת של סימנים או אותות המייצגים אינפורמציה. כל תצורה סנסורית, חייבת להיות מתורגמת להולכה.

**הולכה (Transduction)** - תרגום אנרגיה פיזיקלית לאותות אלקטרוניים שיכולים להגיע למוח. המרה זו מתבצעת ע"י הרצפטורים באיברי החישה, הם משחררים ניוטרנסמיטורים המגרים ניורונים אחרים וכך מושפע קצב העברת המידע העובר לקורטקס. לעיתים תהליך זה נקרא גם **התמרה (שינוי)**.

↓

איברי החישה מזהים נוכחות של גירוי סביבתי על ידי אחד מהחושים, המידע מועבר למוח דרך דחפים עצביים בניירוני החישה.

↓

הניורונים מקבלים פוטנציאל פעולה קבוע לכל הגירויים באשר הם, אך למרות זאת אנו יכולים לזהות סוגים שונים של גירויים. הסיבה לכך היא שהמידע המועבר מאיברי החישה מקודד בפעילות האקסונים עצמם. הקוד מפוענח ומומר כך שלא נאבד מידע בדרך. המידע המועבר במערכת החישה עובר בשתי תצורות עיקריות:

1. **קוד אנטומי** - המוח מנתח את **המיקום** ממנו מגיע הגירוי ואת **סוג** הגירוי, באמצעות קוד אנטומי. כך הוא מזהה היכן בגוף הופעלו בניירוני החישה.
2. **קוד זמני** - קידוד האינפורמציה על ידי תזמון- מהירות ההפעלה של הניורון משפיעה על דרך הפענוח של המוח את הגירוי. כך גירוי אינטנסיבי יותר יעורר פעילות מהירה יותר של האקסון ויגרום לשידור מידע לפרק זמן ממושך למוח.

סט של נירונים שמופעל בעת גירוי מעורר שילוב של הקוד האנטומי, שמגלה למוח מהיכן בגוף מגיע הגירוי, והקוד הזמני, שמגלה למוח את עוצמת הגירוי.

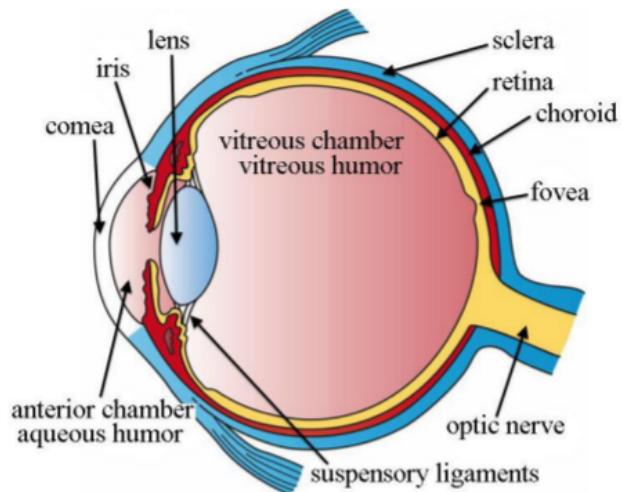
## העין

### איברי חוש

איברי החוש כוללים קולטנים-רצפטורים.

- **קולטנים (רצפטורים)**- נירונים שתפקידם הוא לקלוט ולתרגם את האנרגיה הפיזיקלית (אור, תזוזה, לחץ וכו') למסרים עצביים (פעילות נירונלית).
- מלבד הרצפטורים, ישנה מערכת שמכוונת את האנרגיה הפיזיקלית אל הרצפטורים (במקרה של העין, ישנה מערכת שממקדת ומרכזת את האור כך שיגיע לפוטורצפטורים של העין. (באוזן- האפרכסת מתעלת את הרעשים לתוך האוזן התיכונה כדי שהמסרים יקלטו).

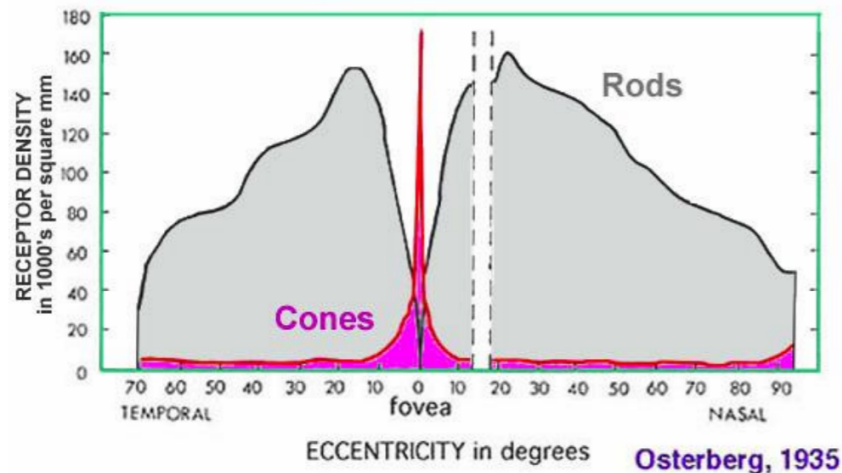
### מבנה העין (מהחוץ לפנים)



- **קרנית (cornea)**- מבנה סחוס קדמי שקוף המתפקד כעדשה הנמצא בחלק החיצוני ביותר של העין. הקרנית אחראית לשבירת האור ולכן יש לה חלק במיקוד הדמות.
- **SCLERA** - קרום לבן וקשיח המקיף את העין.
- **קשתית (iris)**- החלק של העין שנותן לה את הצבע שלה, נמצאת מאחורי הקרנית. זהו שריר שנסגר ונפתח ושולט על כמות האור הנכנסת לעין (שולט על גודל האישון, כמו צמצם של מצלמה- מתכווץ בכמות אור גדולה ולהפך). האישון הוא חור במרכז הקשתית ששינוי בקוטרו יקבע את וויסות כניסת האור. כניסה קטנה של אור- חדות ראייה גבוהה. כניסה גדולה- חדות הראייה נפגעת ולכן בחושך האישון נהיה גדול. הקשתית לא מגיבה רק לאור אלא גם למצבים רגשיים- כשמתרגשים (הפעלת מערכת סימפטטית) האישון מתרחב, כשאנחנו בלחץ גם וכולי.
- **עדשה (lens)**- תפקידה הוא לשבור אור, יחד עם הקרנית שנמצאת מאחוריה. היא נמתחת ע"י סיבי שריר דקים, כך שיכולה לשנות את צורתה ועובייה, ובכך היא משנה את רמת השבירה של קרני האור (ככל שהיא דחוסה יותר ועבה יותר, השבירה גדולה יותר). כאשר מתמקדים באובייקט רחוק העדשה נמתחת לצורה אובאלית-קמורה ובאובייקט קרוב, העדשה נהיית כדורית-קעורה. בכך משתנה נקודת המיקוד של העדשה הפנימית (בעל קמירות משתנה). זאת בשונה מהקרנית שהיא



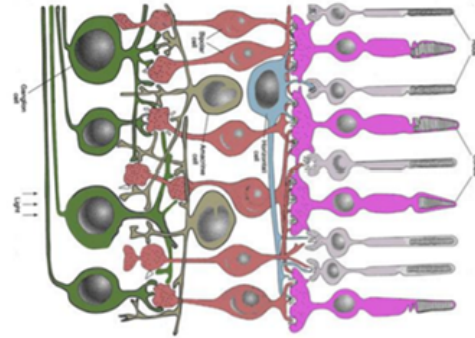
- בעלת קימור קבוע- רמת הקימור משנה את המיקוד.
- accommodation** - שינוי צורתן של העדשות בהתאם למרחק התמונות.
- **רשתית (רטינה)** - הרשתית היא אדומה בשל ריבוי כלי דם (בציור מסומנת בצהוב), ונמצאת בחלק הפנימי אחורי של העין. מורכבת מרכיבי ראייה שונים ומהווה את מרכז העיבוד הראשוני של התמונה המתקבלת. היא שהופכת את המידע הראייתי (גלים אלקטרומגנטיים), למידע חשמלי. בתוך הרשתית ישנם תאי עצב (נוירונים), האקסונים של כל הנוירונים מרוכזים כולם **בעצב הראייה** שיוצא מהעין. הנקודה שעצב הראיה יוצא מהעין היא נקודה עיוורת. כשהאישון פתוח ניתן להאיר לתוך העין ולראות את הרשתית (מלאה בכלי דם - ולכן עיניים אדומות כתוצאה מפלאש).
- **פוביאה fovea** - נמצאת במרכז הרשתית. זוהי גומה ברשתית לכל פעולה הדורשת הבחנה טובה בפרטים- הנקודה שבה האור נופל עליה כאשר העיניים ממוקדות על עצם כלשהו. בפוביאה עצמה יש רק CONES (רואה רק ביום). הקישור של הפוביאה הוא רצפטור אחד לתא גנגליוני (יחס של 1:1 - מאפשר חדות ראייה מאוד גבוהה). אם מסתכלים על משהו, המרכז שלו יפול בדיוק על הפוביאה.
- פרה פוביאה** - 10-20 מעלות מהפוביאה עצמה (קרוב מאוד לפובאה) ישנה פסגה של כמות RODS. אזור זה הוא בעל רגישות גבוהה מאוד לאור אך ראיית הצבעים בו אינה מקסימלית והיא פחות חדה.



- **עצב הראיה optic nerve והכתם העיוור** - כבל מסיבי של אקסונים שמעביר את המידע למוח. בכל עין העצב הראייתי כולל כמיליון אקסונים. נקודת חיבור העצב לרשתית מהווה כתם עיוור כיוון שבה אין פוטורצפטורים. החלק העיוור יוצא בחלק שקרוב לאף. אנחנו לא מבחינים בכך מכיוון שהמוח משלים את התמונה.

### התאים ברטינה

- חלק מעיבוד המידע הראייתי נעשה כבר ברשתית. המידע מעובד חלקית ומועבר הלאה דרך האקסונים של התאים הגנגליונים. (מיליון כאלה יוצאים מכל עין).



הרשתית מורכבת משלוש שכבות של תאים:

- **תאים פוטורצפטורים (קולטני אור):** רצפטורים הקולטים את האור ומתחילים בתהליך תרגומו לאותות עצביים.
  - קיימים שני סוגים של רצפטורים:
    - **Rods - קנים** (בצורת מוט - בציור החלק האפור). אחראים על **ראיית לילה**: רגישים יותר לאור, ולכן פועלים גם בתנאי תאורה גרועים. הסיבה היא שמספר רב יותר של קנים מפעילים תא גנגליון אחד, ולכן גם בעוצמה חלשה ביחד הם יעברו את הסף המוחלט.
      - לא נותנים מידע על צבע כיוון שצבע נקבע על פי אורך גל של אור.
      - בעלי סף מוחלט נמוך - רזולוציה נמוכה.
      - רבים יותר מהמדוכים.
    - **Cones - מדוכים** (בצורת קונוס - בציור החלק הסגול). אחראים על **ראיית יום**: לא כל כך רגישים לאור.
      - אחראים על תפיסת צבעים: ישנם שלושה סוגים של מדוכים, כל אחד מהם רגיש לגלים באורכים שונים.
      - המדוכים זקוקים להרבה אור על מנת לראות (הסף המוחלט שלהם גבוה), לכן רואים רק כאשר יש תאורה (זוהי הסיבה שאנחנו לא רואים צבעים בחושך).
      - בפוביאה יש רק מדוכים - ולכן קשה לראות עצמים אשר מתמקדים עליהם בלילה.
- **אנקדוטה** - לעיוורי צבעים יש רק חלק מסוגי הקונס (2/3 עיוורון צבעים חלקי, 1/3 עיוורון צבעים מלא. סיכוי גבוה יותר אצל גברים כיוון שהגן יושב על כרומוזום X).
- **תאים ביפולריים** - תאים דו קוטביים. מקשרים בין הפוטו-רצפטורים לתאים הבאים ומבצעים פעולה חישובית.
- **תאים גנגליונים** - האקסונים שלהם מהווים את עצב הראיה. תאי הגנגליון מקבלים מידע חזותי מתאים קולטי אור ברשתית, ומעבירים אותו הלאה למוח דרך האקסונים שמרכיבים את עצב הראייה.
  - כל תא גנגליון מגיב לשדה קלט ספציפי מתוך שדה הראייה. הקלט העצבי שמגיע מהתאים קולטי האור לתאי הגנגליון עובר דרך תאים דו-קוטביים. לתאי הגנגליון יש רגישות גבוהה מאוד אבל חדות נמוכה. ישנם יחסי המרה בין חדות ראייה לרגישות אור (בגלל היחס בין מספרי התאים).
  - כאשר התאים הפוטורצפטורים מגורים על ידי האור הם מייצרים מסרים עצביים המועברים אל התאים הבי-פולריים ומשם לתאי הגנגליון. האחרונים יוצאים מהרשתית לכיוון המוח (להעביר אליו את המידע) דרך הכתם העיוור.

קנים – RODS	מדוכים - CONES
פעילים בלילה	פעילים ביום
נמצאים יותר מהם בפריפריה	נמצאים יותר בפוביאה
יותר מהם מחוברים לגנגליון אחד	פחות מהם מחוברים לגנגליון אחד
רגישים יותר לתאורה - זיהוי אור חלש	משמשים לראיית צבעים
	רזולוציה גבוהה יותר

### הריכוז של פוטורצפטורים בעין אינו שווה

בפוביאה יש לנו רק cones, ועליה הריכוז הכי גבוה של פוטורצפטורים. הפוביאה רואה רק ביום, או רק בתאורה יחסית חזקה. מסביב לפוביאה יש ריכוז גבוה מאוד של rods ושם יש רגישות גבוהה גם לאור חלש. לכן, כשנמתקד על כוכב בלילה לא נראה אותו טוב, ואם נסתכל לידו נראה אותו חד ובהיר.

### הסתגלות לחושך

מדוכים מסתגלים מהר יותר (תוך כחמש דקות) לחושך, אך נשארים ברמת רגישות די נמוכה. הקנים מתחילים בהסתגלות מאוחר יותר וממשיכים בה עד שהם מגיעים לרמת רגישות גבוהה מאוד (כחצי שעה בערך).

### ראיית צבעים

אורכי גל שונים יוצרים צבעים שונים.

### ממדים של צבעים

לכל צבע ישנם שלושה ממדים שיוצרים אותו:

- **גוון hue** - נקבע לפי אורך הגל, כל אורך גל מייצג צבע אחר: אדום, כחול, צהוב, ירוק וכו'.
- **בהירות brightness** - נקבעת לפי העוצמה (כמות האנרגיה) הנקלטת, בהירות גבוהה מסנוורת אותנו, בהירות נמוכה הינה חשכה שחורה.
- **רוויות purity** - עד כמה טהור הצבע. צבע שהוא רווי עד הסוף למעשה מכיל אור אך ורק מאורך גל אחד (אדום טהור למשל). צבע לא רווי נראה שטוף או עדין יותר ביחס למקביל הטהור שלו.

אנו מסוגלים להבחין ב- 150 צבעים שונים, סף ההבדל הינו 2 ננומטר.

\* \*אור לבן מכיל את כל גלי האור ולכן הינו לחלוטין לא רווי - אין בו גל אור דומיננטי יותר מהאחרים, וכאשר נשלב קרן אור לבנה עם קרן אור של צבע טהור, נקבל גרסה רוויה פחות של הצבע הטהור.

יש לנו שלושה סוגי מדוכים אשר כל אחד מסוגל לקלוט פיגמנט צבע אחר (רגיש לאורך גל ספציפי), וכך מתאפשרת ראיית הצבעים. יש לנו קונוסים לאדום כחול וירוק, שלושת הצבעים הטהורים. שילוב של מספר קונוסים יוצר סינתזה של גלי האור של הצבעים הנ"ל ונראה לנו כמגוון הצבעים שאנחנו רואים בעולם. יש מספר שווה של קונוסים של אדום וירוק ופחות כחול.

\* שני סוגי תאים גנגליונים מעבירים מידע על צבעים למוח: תאים כחולים-צהובים ותאים ירוקים-אדומים. שני סוגי התאים יורים אותות כאשר הם אינם מגורים. אם קרן אור אדומה פתאום מגרה את הגנגליונים, התאים אדומים-ירוקים מתחילים לירות אותות בקצב גבוה.

## פגמים בראיית צבעים

גברים יותר נוטים לעיוורון צבעים כי רוב הגנים הקשורים בייצור הפוטופיגמנטים ממוקמים בכרומוזום X, בגלל שלגברים יש רק אחד אם יש בו פגם הוא בהכרח יבוא לידי ביטוי. לעומת זאת, אצל נשים, הגן האחראי לתכונה צריך להופיע על שני כרומוזומי המין על מנת שאישה תהיה עיוורת צבעים.

### סוגי פגמים בראייה:

1. **מונוכרומטיים** - הלוקים בעיוורון צבעים זה אינם מסוגלים להבחין בין צבעים שונים, וראייתם היא בגווני אפור בלבד. יכולים ליצור צבעים רק מאורך-גל אחד.
2. **Dichromacy** - רואים שני צבעים. רק סוג אחד של cones נפגע.
  - עיוורון לאדום (**protanopia**) - נובע מחוסר מוחלט בקולטני הצבע האדום ברשתית. הלוקים בפגם זה רואים אדום כשחור.
  - עיוורון לירוק (**deutranopia**) - נובע מחוסר בקולטני הצבע הירוק ברשתית, וגורם לפגיעה מסוימת באבחנה בין גווני אדום וירוק (דלטוניזם).
  - עיוורון לכחול (**tritanopia**) - פגם נדיר ביותר הנובע מחוסר מוחלט בקולטני הצבע הכחול. אנשים בעלי הפגם הזה רואים את העולם בירוק ואדום. הגן הפגום לא מועבר בכרומוזום המין ועל כן שווה אצל גברים ונשים. עוד לא נקבע אם יש חוסר בקונוסים עצמם או שהקונוסים מלאים בפוטופיגמנט בצבע אחר.
3. **Anomalous trichromacy** - רק קצת לא מבדילים בין גוונים של צבעי היסוד. שלושת סוגי הצבעים קיימים, רק שאחד מהם מוחלש. אנחנו רואים את שלושת הצבעים, אבל בצורה לא תקינה. יש להם פוטופיגמנטים שונים (לא חסרים). הסוג הנפוץ ביותר אצל הגברים עם פגם בראיית צבעים - פגיעה בראיית הצבעים ולא אובדן קליטה של צבע.
  - **פרוטנומליה** (protanomaly) - מתבטאת בהבחנה לקויה בין אדום וירוק. היא מופיעה אצל אחוז מהזכרים בקירוב.
  - **דוטרונומליה** (deutranomaly) - גורמת לפגיעה קלה באבחנה בין אדום וירוק. דוטרונומליה היא השכיחה מבין הסוגים של עיוורון הצבעים, למעט הדלטוניזם האדום-ירוק, והיא מופיעה אצל חמישה אחוזים מהזכרים, בקירוב.
  - **טריטנומליה** (tritanomaly) - נובעת מפגם דומה בקולטני הצבע הכחול ברשתית והיא נדירה ביותר. טריטנומליה פוגמת באבחנה בין כחול לכתום.

### פגמים נוספים:

**סינסתזיה (Synesthesia)** - ערבוב בין חושים. הפרעה הגורמת לכך שתחושה באופנות אחת מייצרת תחושה ספונטנית באופנות חושית אחרת.

תופעה זו מדגישה את הבעיה במחקר של תחושה - איך יודעים אם האדם חווה את מה שהוא טוען? מתגברים על בעיה זו עם בחינה של עקביות בתחושות ועל ידי השוואה של פעילות מוחית של קבוצת אנשים סינסטזיים ולא סינסטזיים.

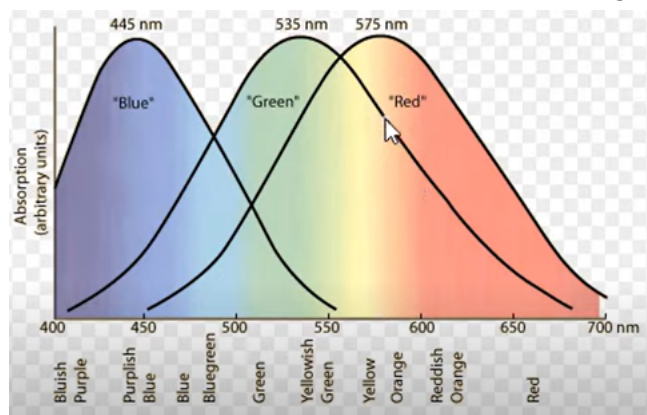
## שתי תיאוריות לגבי ראיית צבעים

1. **התיאוריה הטריכרומטית**  
אחד ההסברים הראשונים לתפיסת צבע עפ"י הפיזיולוגים יאנג והלמהולץ. יאנג גרס כי לא ייתכן שבעין מצויים סוגים רבים כל כך של פוטורצפטורים כמספרם של כל הגוונים

שהעין מסוגלת לתפוס. בנוסף הוא גילה כי באמצעות שלושה גלים באורכים שונים ובעוצמות שונות ניתן ליצור כל צבע שהוא. מכאן הסיק יאנג כי העין מכילה שלושה סוגי מדוכים שכל אחד מהם רגיש לצבע אחר, וכן כי שאר הצבעים הם תוצאה של סינתזה של שלושה צבעים אלה שעושה המוח. מחקרים הראו כי אכן קיימים בעין שלושה סוגי מדוכים המתאימים לתפיסת הצבעים - **כחול, ירוק ואדום**.

בפועל:

ישנם 3 סוגים של תאי חישה - cones, כל סוג רגיש לכל אורכי-הגל אבל מתמחה באורך-גל אחד. short-S: מתמחה בגלים קצרים, **כחול-סגול**. medium-M: מתמחה בגלים בינוניים, **ירוק-צהוב**. long-L: מתמחה בגלים ארוכים, **כתום-אדום**.



ההתאמה בין שלושת סוגי המדוכים מביאה אותנו לראות צבע מסוים. התיאוריה לא מצליחה להסביר ממצא פנומנלי (תופעתי) - **image-after**, כאשר מסתכלים על צבע מסוים, ואח"כ על משטח אפור רואים את הצבע הנגדי (מאדום לירוק), ואינה מצליחה להצביע מדוע לא ניתן לתפוס צבע כירוק-אדמדם או כחול-צהבהב. לכן התפתחה תיאוריה נוספת-

## 2. תיאורית צבע-נוגד

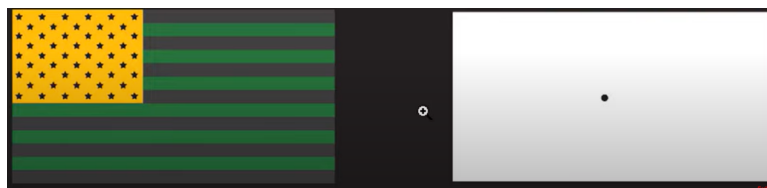
קיימים שני סוגים של תאים גנגליונים המקודדים ראיית צבע:

1. אדום/ירוק

2. כחול/צהוב.

כל יחידה מפעילה את עצמה חזק לאחד הצבעים (אדום) או חלש לצבע השני (ירוק), אם יש איזון נוצר לבן.

תופעת ה- **Image after** - אם נסתכל על התמונה השמאלית:



לפי תיאוריה זו, ראיית הצבע פועלת למעשה בזוגות המנוגדים אחד לשני. כלומר, כאשר אנו מסתכלים על הצבע הירוק זה מעכב את הצבע האדום, ולהפך. צהוב למשל, שהוא חלקים שווים של אדום וירוק, מעכב את הצבע הצהוב. הזוגות המנוגדים מעייפים האחד את האחר - כאשר נסתכל על ירוק, הפוטורצפטורים יורים "ירוק, ירוק, ירוק". אם נבהה הרבה זמן בירוק, קצב הירייה יואט (ראייה ממושכת על צבע מעייפת אותנו). ואז, כאשר נסתכל על הצבע הלבן (מורכב מכלל הצבעים), הירי של הצבע הירוק יהיה איטי ביחד לירי הצבע האדום - כך נוצרת לנו בעצם תמונה מנוגדת של הצבעים! בכל מקום שבו ראינו ירוק נראה אדום, ואיפה שראינו צהוב נראה פתאום כחול. (הסיבה שאנחנו לא רואים את הצבע הלבן היא כי אנחנו לא קולטים באותו אופן את הצבעים)

שכבר עייפו את עינינו).

כנראה שבפועל מתקיים שילוב של שתי התיאוריות. ברמת הרשתית, התיאוריה הטריכומטית נכונה - יש שלושה סוגי מדוכים. ברמות היותר גבוהות, התיאוריה השנייה נכונה - ישנן יחידות צבע.

## שמיעה

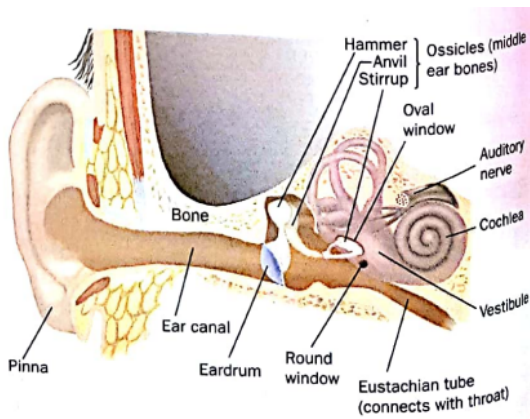
### סאונד

סאונד מורכב משינויי לחץ באוויר.

חפץ רוטט וגורם לאוויר סביבו לזוז - המשטח של החפץ הרוטט זז ובהתאם מזיז (מרווח ומצופף) את מולקולות האוויר שיש בין האדם לחפץ הזה.

גלי הקול נראים כמו גרף של סינוס. כשגלי קול "דחוסים" מגיעים לעור התוף באוזן, הם דוחפים אותו מעט פנימה, וגלי קול "מרווחים" מושכים אותו מעט החוצה. גלי קול נמדדים בתדירות הסבבים של הגל (הצפיפות של גרף הסינוס) לשנייה ונקראים hertz. גלי קול משתנים בעוצמה ותדירות, והם גורמים לנו לתחושות בשינויי עוצמה ופיץ' (גובה).

### האוזן האנושית:



האוזן מורכבת משלושה חלקים עיקריים, שלכל אחד מהם תפקיד בתהליך השמיעה:

1. **האוזן החיצונית** - מכילה את החלק הנראה של האוזן. המבנה ה"משפכי" של האוזן מסייע לאיתור המיקום של מקור הצליל.

- **אפרכסת - PINNA** - החלק החיצוני של האוזן שעוזר לכוון את גלי הקול לתוך האוזן עצמה. בנויה קפלי עור וסחוס והיא האלמנט הראשון איתו יוצר הצליל מגע אינטראקציה.

- **תעלת השמע - Meatus** - נמצאת בהמשך לאפרכסת ואורכה כ- 20 מ"מ, מובילה מן האפרכסת אל עור התוף. חלקה החיצוני של תעלה זו בנוי סחוס ומכוסה תאי עור שמפיקים שעווה ומצמיחים שערות.

- **עור התוף - Tympanic Membrane** - הוא קרום דק וגמיש הנמצא בין האוזן החיצונית לבין האוזן התיכונה. עור התוף מתוח בקצה תעלת השמע לרוחב, רוטט בתגובה לגלי קול, ומעביר את הרטט דרך העצמות באוזן המרכזית לאוזן הפנימית. הוא מחובר לאחת משלושת עצמות האוזן.

2. **האוזן התיכונה** - חלל קטן בין עור התוף ובין האוזן הפנימית ובו שלוש עצמות המחוברות זו לזו. תפקיד האוזן התיכונה הוא להגן על האוזן הפנימית ולהגביר את הקול.

- **עצמות האוזן - OSSICLES**. שלושת העצמות (**malleus, incus, stapes**), פועלות ביחד ומעבירות את הויברציה מעור התוף לחלל מלא בנוזלים באוזן הפנימית, אשר מכיל את האיבר הקליטה של הגירוי.

**הפטיש - Malleus** - מחוברת לדופן הפנימית של עור התוף.

**הארכובה - Stapes** - מחוברת אל קרום המכסה פתח קטן, **החלון הסגלגל Oval Window**, המוביל אל האוזן הפנימית.

3. **האוזן הפנימית** - מורכבת משורה של חדרים מכוסים קרומים וממולאים נוזל.

- **המבוך - Semicircular Canals** - בנוי משלושה צינורות חצי מעגליים, הניצבים זה לזה, כך שכל אחד מהם נמצא במישור אחר, אופקי או מאונך. המבוך מפקח על שיווי המשקל.

- **כוכלאה - COCHLEA** - חלק בצורת שבלול שבתוכו נמצא איבר הקליטה של השמיעה. מכילה נוזלים ומוקפת בכלוב עצם ובו שני פתחים - חלון אובלי וחלון עגול. עצם האוזן השלישית צמודה לקרום שמאחורי החלון האובלי, והיא מעבירה את הרטט מגלי הקול לתוך הנוזל בכוכלאה. הכוכלאה מחולקת לאורכה לשלוש על ידי ה-Reissner's membrane ו-basilar membrane. הרצפטור של השמיעה נמצא על הקרום הבסילרי- קרום זה משתנה ברוחב ובגמישות שלו לכל אורכו, ולכן תדירויות גל שונות המרטיטות את הנוזל בכוכלאה גורמות לחלקים שונים בקרום לרטוט. על מנת שהקרום יוכל לרטוט בחופשיות, הנוזל שבאוזן זז בהתאם לתזוזה שלו ויכול לגלוש אל עבר החלון העגול. הקרום שמאחורי החלון העגול גמיש וזז בהתאם לצורך.
- **שערות השמע - AUDITORY HAIR CELLS** - נמצאות על הקרום הבסילרי. ממירות את האנרגיה המכנית הנגרמת מתזוזת הקרום לפעילות מוחית. התאים מכילים שערות קטנות וכשהן זזות המטען החשמלי שלאורכן משתנה, זה גורם להפרשת ניוטרנסמיטר לדנדריטים של ניורוני שמע.

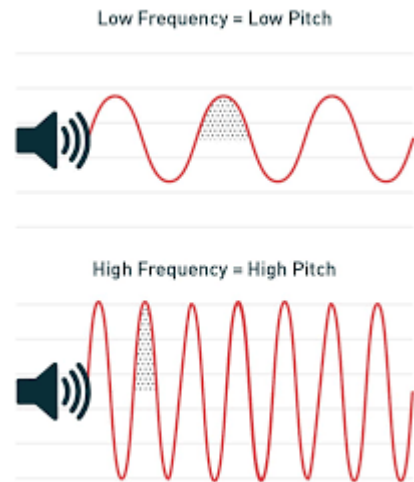
### השמיעה

עצמים הנתונים בתנועה מניעים את האוויר שבסביבתם ויוצרים גלי קול. גלים אלה מגיעים לאוזן החיצונית, משם הם עוברים בתעלת השמיעה החיצונית, פוגעים בעור התוף וגורמים לו לרטוט. רטטים אלה עוברים דרך הפטיש, הסדן, הארכובה והחלון הסגלגל שבאוזן התיכונה אל הנוזל בשבלול שבאוזן הפנימית. שערות זעירות המכסות את השבלול הופכות את תנודות הנוזל לדחפים עצביים ואלה עוברים אל המוח לאורך עצב השמיעה. נוסף על דרך שמיעה זו שהיא העיקרית, קיימת גם דרך שמיעה נוספת, העוברת בעצמות הגולגולת אל האוזן הפנימית.

### איך המוח מזהה את האספקטים השונים של הסאונד



#### פיץ'

פיץ' שונה של תדרים שונים, גורם לתזוזה של חלקים אחרים בקרום הבסילרי. בעקבות כך נגרמת תזוזה של שיערות שמע שונות המחוברות לניורונים שונים. קידוד זה נקרא **קידוד מיקום** (place code) - לפי מיקום שערות השמע הזזות המוח יודע לפענח מהו הגובה של הצליל הנקלט. כך בעצם המוח מזהה את תדירויות הגל השונות שאנו שומעים, על פי סט האקסונים מהם מגיע המידע. בנוסף גם מתרחש **קידוד מתוזמן** (temporal coding) - קצב הירי של הניורונים. הניורונים יכולים לפעול בסנכרון עם תזוזת השערות שמפעילות אותם, וכך הם משדרים למוח באותה תדירות כמו הצליל עצמו. המוח מתזמן את המרווחים בין הפעילות החשמלית המגיעה אליו ומזהה את הפיץ'.



### עוצמה

האקסונים של עצב השמיעה מיידעים את המוח לגבי עוצמת הצליל על ידי שינוי בתדירות השידור שלהם. צלילים יותר חזקים גורמים ליותר תזוזה של השערות ובכך גם לשידור מואץ מהאקסונים למוח. הדרך שבה המוח מבדיל בין מהירות השידור הנגרמת מפיץ, לעומת מהירות השידור הנגרמת מעוצמה היא **על ידי כמות השיער שזז - וכמות האקסונים המופעלים**. עוצמה גבוהה גורמת לכמות גבוהה יותר של שיער לזוז ובכך המידע מגיע למוח מכמות גדולה יותר של אקסונים.

Physical dimension	Perceptual dimension		
Amplitude (intensity)	Loudness	 loud	 soft
Frequency	Pitch	 low	 high

### גוון timbre

כיצד אנחנו מבדילים בין גוונים שונים של צלילים (כלי נגינה, קול אנושי וכו)?

כל כלי מפיץ צלילים המורכבים מאוברטונים (overtones). תדירויות הצלילים הן מכפלות של הצליל הראשי. הגוון שאנו שומעים הוא שילוב של האוברטונים עם התדירות המרכזית של הצליל. התדירויות של האוברטונים גורמים לקרום הבסילרי לזוז בנוסף לתדר המרכזי. צלילים מורכבים גורמים לתזוזה של אזורים שונים של הקרום במקביל. המידע המורכב מגיע למוח על ידי עצב השמע והוא מצליח לנתח את הצלילים השונים שהגיעו אליו.

### זיהוי מקור הצליל

המוח מזהה את המיקום המשוער ממנו מגיע הצליל על ידי עוצמה יחסית ומהירות בזמן ההגעה של הצליל. הכיוון שממנו מגיע הצליל יפעיל את האקסונים שבאוזן בצד הנוכחי במהירות יותר גבוהה מאשר בצד השני. המוח מזהה את ההבדל בזמן ההגעה ותופס את הכיוון.



האפרכסת בעלת צורה מסוימת, אשר גורמת להתערבות אקוסטית בצליל שמגיע לאוזן. היא מצליחה לתת מידע למוח על הכיוון שממנו הגיע הצליל על ידי הדרך האקוסטית שבה מגיע הצליל לתוך האוזן שלנו.

### שמירת שיווי המשקל

המוח "רושם" בכל רגע את היציבות ואת תנועות הראש והגוף ובכך מאפשר לאדם לשמור על שיווי המשקל.

המבוך שבאוזן הפנימית מגלה את תנועות הראש באמצעות שלוש **תעלות חצי-מעגליות**, הניצבות זו לזו בשלושה מישורים. נענוע הראש בכיוון למעלה-למטה, סיבובו או הטייתו לצדדים מתגלים ע"י אחת או יותר מתעלות אלה והללו מעבירות את המידע אל המוח. המוח מתאם מידע זה עם המידע המגיע אליו מן העיניים ומשרירי הגוף והגפיים וגורם לאדם להימצא ביציבה הנכונה ולעשות את התנועות הדרושות לשמירת שיווי המשקל.

**\*\*סחרחורת** היא סימפטום שכיח של הפרעה באוזן הפנימית. הסחרחורת היא תחושתו המוטעית של אדם שהוא סובב סביב צירו, או שהעצמים שבקרבתו סובבים סביבו ("ורטיגו").

### עוצמות קול ורעש

חוש השמע מאפשר לאדם לשמוע תחום תדרים רחב ביותר (מ- 250Hz עד 5000 Hz). עוצמת הקול נמדדת בדציבלים (dB), **וסף השמיעה מוגדר כעוצמת הקול הנמוכה ביותר הנשמעת לאוזן.**

טווח המדידה הינו מ 0 עד 140 dB.

סף שמיעה מ 20dB - מוגדר כשמיעה תקינה.

קולות בעלי עוצמה של 90 דציבלים ויותר עלולה לגרום כאבי אוזניים. כאבים אלה מעידים על היווצרות נזק, זמני או תמידי לאוזניים (ירידה בשמיעה, הדהוד בראש, חוסר שיווי משקל, זמזום באוזן-טינטון, הפרעות בשינה וקשיי ריכוז).

**\*\*חשוב לשים לב לעובדה שעוצמת הקול בדציבלים איננה פונקציה קווית.** פירוש הדבר הוא כי עוצמת קול של 100 דציבלים (מופע רוק למשל) איננה כפולה מעוצמת קול של 50 דציבלים (זרימת נהר), אלא גדולה ממנה בהרבה.

## תפיסה

**הגדרה:** תהליך שבו גירויים מהסביבה נקלטים בחושינו והופכים מנטליים בתודעתנו. תפיסה היא תהליך מהיר, אוטומטי ולא מודע (אנו מקבלים "מוצג מוגמר" ולא את שלבי היווצרותו). צורה, תנועה ומרחב הם מרכיבים חיוניים בתפיסה. המוח מקבל פיסות מידע מהנורונים השונים. בראייה למשל, עצבי הראייה שולחים נורונים למוח, לפי גירויים סביבתיים כמו צורות, צבעים ומרקמים של חפצים, ויוצר מהם סצנה מוכרת- זוהי התפיסה.

### סיווג לאובייקט / רקע

כל דבר שאנו רואים אנו מסווגים בצורה לא מודעת כאובייקט או כרקע. פסיכולוגים משתמשים במונחים **"figure"** ו**"ground"** כדי לתייג עצם ואת הרקע שלו בהתאמה. הסיווג לאובייקט ולרקע משתנה בהתאם

לדבר בו אנו מתמקדים (אם אתה צופה בכמה ציפורים שעפות בשמיים, הן figure והשמיים הכחולים והעננים מאחוריהם הם חלק מה-ground). לעיתים, נקבל **רמזים דו-משמעיים** לגבי מהו אובייקט ומהו רקע. אחד ההיבטים החשובים ביותר בתפיסת הצורה הוא קיומו של גבול. אם שדה הראייה מכיל את השינוי החד והבולט בבהירות, בצבע או במרקם, אנו "תופסים" גבול.

## תיאוריית המבנה (Gestalt psychology)-

הסכום גדול מסך חלקיו. לפי תיאוריה זו המוח שלנו מקבץ ומאחד את מה שהוא רואה לצורות שלמות, כך למשל אם נצייר נקודות קטנות במבנה של משולש בלי קווים בין הנקודות, עדיין המוח שלנו יצליח לגרום לנו לראות גם נקודות וגם משולש. לפי תיאוריה זו יש לנו גם את היכולת להבחין בין אובייקט לרקע שלו.

### ישנם מספר עקרונות לתיאוריה זו:

1. עיקרון הקרבה (The proximity principle) - אלמנטים הקרובים זה לזה יתפסו כבעלי יחס.
2. עקרון הדמיון (The similarity principle) - אלמנטים דומים יתפסו כחלק מאותה צורה.
3. עקרון "ההמשכיות הטובה" (Good continuation) - הנטייה לחפש קווים, צורות עם זרימה, בלי כיפופים או שבירות פתאומית.
4. עקרון הסגירה (The law of closure) - הנטייה לתפוס צורות שלמות, גם כאשר הן אינן שלמות המוח משלים אותן כדי "לסגור" את הצורה.
5. עקרון התנועה/הגורל המשותף - אלמנטים הזזים באותו כיוון יתפסו כשייכים זה לזה או כיוצרים צורה משותפת.

### הסברים ליכולת זיהוי אובייקטים:

1. אנחנו יוצרים לעצמנו "**תבניות**". התבניות הן צורות מיוחדות של זיכרונות חזותיים, הנצברים מתוך ניסיון ההתבוננות שלנו בדברים בעולם. בעת גירוי מסוים, המערכת הויזואלית מחפשת ב"סט התבניות" שלה ומשווה את הגירוי לסט. אם היא מוצאת התאמה - סימן שהגירוי הזה מוכר לנו. קישור בין התבנית לבין זיכרונות במוח - מאפשר לשלוף אינפורמציה קיימת על האובייקט (מה האובייקט עושה, איפה ראיתי אותו בפעם האחרונה..). הבעיה בגישה - לא סביר שמוחנו מאחסן כמות כל כך עצומה של תבניות.
2. הסבר אחר, גמיש יותר, טוען שהאובייקטים שאנו רואים עוברים השוואה עם "**אב טיפוס**" ולא עם "תבניות". אב טיפוס דומה לתבנית אבל בדרך גמישה הרבה יותר. המערכת הויזואלית לא מחפשת התאמה מלאה בין הדפוס שאנחנו רואים עכשיו לבין מה שאנחנו זוכרים. האב טיפוס מקבל הרבה "תבניות" על אובייקט אחד. (אב טיפוס הוא חבר בקבוצה ויש לו אוסף תכונות המייצגות את הקבוצה שלו).

מרבית הפסיכולוגים מאמינים כי זיהוי "תבניות" כולל בתוכו את ה"אב טיפוס".

### מודל מאפיין הזיהוי (סלפריג')

יש גירויים אשר יותר קל לנו להבחין ביניהם. בגירויים מסויימים יש סממנים שמסייעים לנו לעשות את ההבחנה יותר מאשר בגירויים אחרים.

**סממנים מבדילים** - אוסף של מאפיינים פיזיקליים המייחדים פריט מסויים, ועוזרים לנו לזהותו. לפי מודל זה, ישנם גירויים אשר יותר קל לנו להבחין ביניהם. למשל, יהיה לנו יותר קל לחפש את האות א' בין הרבה אותיות ב' מאשר לחפש את האות ב' בין הרבה אותיות א', ואנחנו יותר טובים במציאת פריט כתום בין הרבה אדומים מאשר להיפרך (קיימות דוגמאות נוספות למצבים דומים). מכך עולה, כי בגירויים מסויימים יש סממנים המסייעים לנו לבצע הבחנה יותר מאשר בגירויים אחרים.

\*ניסוי של ניסר- תהליך התפיסה כולל ניתוח של סממנים מבדילים. ניסר נתן לנבדקים רצף של אותיות רנדומליות המסודרות בשורות וטורים. על הנבדק היה לסרוק את הטורים עד שמוצאים את האות Z שמופיעה פעם אחת בכל טור. הנבדקים מצאו מהר יותר את האות Z בטור השמאלי מאשר בימני וזאת מכיוון שבטור השמאלי לאותיות האחרות היו מספר קטן של סממנים דומים לאות Z ביחס לאותיות בטור הימני שלהם היו הרבה סממנים דומים ולכן האות Z מסוות (עיכוב תכונות)

באמצעות הסממנים המבדילים ניתן להסביר את יכולתנו להבדיל בין אותיות, אך מה לגבי גירויים אחרים?

### המודל של בידרמן

מודל המשלב היבטים שונים של אבי טיפוס וסממנים מבדילים. בידרמן טוען כי הצורות של החפצים איתם אנו באים במגע יכולים להיות מורכבים מסטים של 36 צורות אותן הוא מכנה "geons". למעשה, בידרמן טוען כי מערכת הראייה שלנו מזהה אובייקטים על ידי זיהוי הסט הספציפי והסידור של הצורות (geons) אותן הוא מכיל.

נראה כי תיאוריה זו עובדת בהקשר של זיהוי אבי טיפוס של קטגוריות גנריות כמו טלפונים בכלליות, אך אינה מצליחה להסביר זיהוי של טלפון ספציפי למשל. היא גם אינה מצליחה להסביר את יכולת זיהוי הפרצופים.

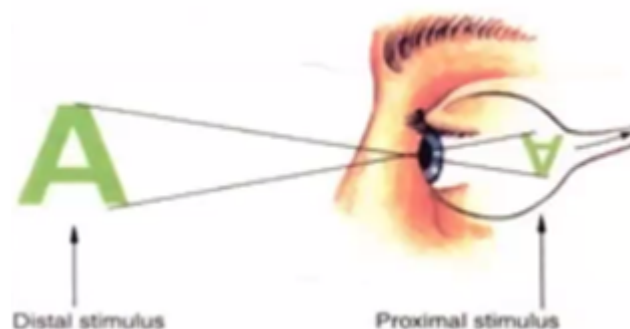
- בידרמן מצביע על כך שסממנים ספציפיים של צורות, כמו צורה של חצי סהר שמופיעה בסוף של קו, מהותית בהקשר של זיהוי של ציור של צורה מסוימת. כנראה בגלל שחיבור זה מאפשר למתבונן לזהות את ה-geons שמרכיבים את העצם ובכך מקל על הזיהוי.

### מהו הגירוי שאנו תופסים?

לגירוי התחושתית ישנם היבטים שונים:

- הגירוי הדיסטלי- הגירוי הפיזיקלי, האובייקט כפי שהוא מתקיים פיזית בעולם. (אובייקט, לא משנה מאיזו זווית; צליל המופק מכינור)
- הגירוי הפרוקסימלי- הגירוי כפי שהוא נתפס על ידי איבר החוש. משמעותו הדפוס של הגרייה העצבית ברצפטורים באיבר החוש. (למשל הדמות שהגירוי מטיל על רשתית, קליטת המולקולות בקולטני הטעם, תנודת השערות בכוליאיה באוזן).
- הגירוי הנתפס (percept)- תוצר תהליך התפיסה, מה התופס מרגיש שהוא חווה (תוצר של תהליכי חישוב במוח). זוהי בעצם החוויה הפסיכולוגית. למשל: תמונה של אדם מוכר.

\*בכתם העיוור בעין- יש גירוי נתפס, יש גירוי דיסטלי אבל אין גירוי פרוקסימלי כי אין גירוי ברשתית.



דוגמא: כאשר יש מולנו תמונה של אדם:

1. **הגירוי הדיסטלי-תמונה של אדם.**
2. **הגירוי הפרוקסימלי-ההיטל הרשתי של התמונה.**
3. **הגירוי הנתפס (percept)-תמונה גדולה של אדם.**

הבחנה זו בין גירויים אינה ייחודית לראייה.

**\* הבחנה בין הגירויים בשמיעה** – שינויי האוויר הם הגירוי הדיסטלי, האוויר מגיע לאפרכסת, המגבירה את גלי האוויר ואת הרגישות לו, כך שהאוויר פוגע בעור התוף – עובר דרך 3 העצמות (המגבירות גם הן את תנודות האוויר) עד שהוא מגיע לכוכלאה – שם יש נוזל המזיז את השיערות. הפעלת השיערות מהווה את הגירוי הפרוקסימלי. לבסוף חווית השמיעה שלנו היא הגירוי הנתפס.

האם הגירוי הנתפס נגרם רק מהגירוי הדיסטלי? לא בדיוק. תשומת הלב שלנו והפרשנות שלנו קיימת תמיד ומשפיעה על התפיסה של הגירוי (לדוגמה בהלוסינציה). התפיסה היא מיזוג מידע של 2 מקורות לתהליך עיבוד הנתונים.

- הגירוי הנתפס הוא לא רק תוצר של הגירוי הפרוקסימלי.
- אין למוח שום מגע עם הגירוי הדיסטלי. יש לו מגע רק עם הגירוי הפרוקסימלי.

כאשר נסתכל על כוס מזוויות שונות:

- הגירוי הדיסטלי זהה.
- הגירוי הפרוקסימלי משתנה בין הזוויות.
- הגירוי הנתפס נשאר זהה.

תהליך התפיסה לוקח גירויים פרוקסימליים שונים ומאחד אותם לגירוי נתפס זהה כדי ליצור המשכיות כדי שנדע שמדובר באותו אובייקט גם מזוויות או ממרחק שונה.

במקרה של ראייה, הגירוי הדיסטלי הוא תלת מימדי ואילו הגירוי הפרוקסימלי הוא דו מימדי.

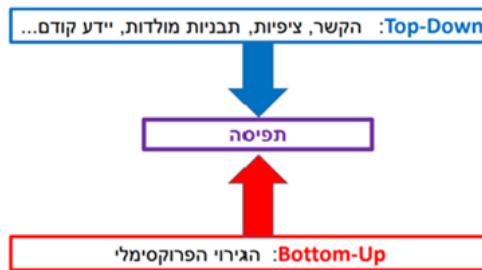
מסיבה זו ישנם **אין-סוף גירויים דיסטליים שיכולים היו ליצור את אותו הגירוי הפרוקסימלי**. הגירוי הפרוקסימלי הוא דל ואינו מספק מספיק מידע (אי אפשר לדעת איזה מאין סוף הגירויים הדיסטליים מוצג בפני).

פער זה הוא הבסיס לאשליות תלת מימדיות בלתי אפשריות.

**אשליות תפיסתיות** - מצבים מסוימים שבהם המערכת התפיסתית שלנו נכשלת בתיאור המציאות.

## התפיסה היא תוצר של שני סוגי תהליכים

- תהליכי top down
- תהליכי bottom up



- בסופו של דבר מה שאנחנו "תופסים" הוא שילוב של ציפיות והקליטה של איבר החוש.
- לא ניתן לחלץ את המידע מאחד מאלה, התפיסה היא שילוב של שניהם.
- למשל, הכתם העיוור - חיזוי של מידע חסר על ידי המוח.

### בחקר התפיסה אחת ההבחנות שניתם לעשות היא הבחנה בין שני סוגים של תהליכים:

- **תהליכי Down Top** - עוד לפני שהגירוי נקלט במוח, נוצרות השערות על טיב הגירוי. כלומר, ידיעה מוקדמת, הקשר וציפיות משפיעות על הפירוש שניתן לגירוי. תהליך זה מתרחש מתוך עולם המושגים הקיים "למטה" אל הגירוי הפיזי (הקשר, ציפיות, תבניות מולדות, ידע קודם).
- **תהליכי Up Bottom** - התפיסה מתחילה מרמת הגירוי - הנתונים המגיעים מהחושים נרשמים במוח ורק אז ניתן פירוש למה שנתפס. תהליך זה יוצא מתוך הגירוי הפיזי "למעלה" אל עולם המושגים הקיים (הגירוי הפרוקסימלי).

### תהליכי התפיסה

- כל תהליך תפיסתי מערב שילוב של שני התהליכים וקשה להפריד מי מהם משפיע יותר. אנו יכולים לשים לב לכך דרך אשליות אופטיות בהם על ידי הפניית קשב למוקדים שונים בתמונה, אנו יכולים לתת פרשנות שונה לגירוי פיזי זהה.
- בראייה, הגירוי הפרוקסימלי הוא דו מימדי.
- על מנת לנווט בעולם תלת מימדי, הגירוי הפרוקסימלי ייווצר על ידי הגירוי הדיסטלי כל עוד הם פועלים על פי אותה זווית.
- קיים מעבר ממימד דו מימדי ותלת מימדי המצריך חישוב. בגלל תכונה זו (הצורך בחישוב) אפשר ליצור אילוזיות על העין:

**החדר של איימס** - הוא חדר בעל מבנה מעוות, היוצר אשליה אופטית, המשבשת את תפיסת העומק של האדם הצופה בו מבחוץ כמו גם גורמת לו לתפוש באופן שגוי את גודלם של עצמים, המוכנסים לחדר. באופן כללי הגודל של התמונה הנוצרת על הרשתית, בעקבות האור המוחזר מגירוי מסוים, מושפעת מהמרחק שלו ביחס לצופה. הצופה מביט אל החדר, דרך חרך, המאפשר ראייה בעין אחת בלבד וכך מקשה על תפיסת העומק. האשליה של חדר איימס נוצרת בעקבות הנחה מוטעית של הצופה, כי החדר הוא בצורת תיבה או קובייה, כמקובל. אלא שלמעשה רצפת החדר הזו היא בצורה של טרפז ישר-זווית והמרחק בין הרצפה לתקרה הולך וגדל עם ההתקרבות אל הבסיס הגדול של טרפז הרצפה. כלומר, הצופה מניח ששני חלקי החדר נמצאים במרחק שווה ממנו ולכן מפרש את גודל העצמים באופן מוטעה. כתוצאה מכך, עצמים הנמצאים בחלק המרוחק יותר של החדר נתפסים כקטנים יותר מגודלם הממשי ביחס לעצמים הנמצאים בצדו הקרוב יותר של החדר.

**הצירים של אשר** - צייר אשליות אופטיות, כמו גרמי מדרגות אינסופיים הנראים כעולים ויורדים בעת ובעונה אחת וכן בניינים הנראים כבלתי אפשריים. תעלולי הפרספקטיבה והגדלים ביצירותיו של אשר מעוררים בצופים הרגשה שהם שרויים בעולם של הזיות ושל תעתועי חושים. - הגודל של הדמות על פני הרשתית והמרחק הנתפס יוצרים את התלת מימדיות.

מכאן, שקיים משקל לפרשנות האישית של התמונה הנראית, מתוך עולם התוכן הפנימי שלנו.

### קביעות תפיסתית

חקר התפיסה בודק איך המערכת התפיסתית דואגת לכך שלמרות שהגירוי הפרוקסימלי משתנה, הגירוי הנתפס נשאר קבוע - זוהי **קביעות תפיסתית**. יש קביעות לצבע, לצורה ולגודל וכן לאופנויות חושים רבות. הקביעות עוזרת לנו לפרש את העולם בצורה הנכונה.

### סוגי קביעות תפיסתיות:

1. **קביעות בהירות (brightness constancy) / קביעות צבע:** האור המגיע אל העין, הוא תוצאה של שני מאפיינים: **אורך הגל** המגיע ממקור האור (כמו מנורה או השמש) ו**מאפייני החזרה** - קובעים אילו אורכי גל יחזרו מהעצם יותר מעצמים אחרים.  
**קביעות בהירות היא יכולת מערכת הראייה להתעלם ממקור האור ולקבע את בהירות החפץ המוחזר אלינו ביחס לסביבתו.** כשאור מאיר על חפץ, החפץ מקרין בחזרה את האור ויש תפיסה של בהירות מסוימת. הבהירות הנתפסת הזו לא משתנה, גם אם כמות האור המוחזרת מהחפץ משתנה. דף נייר יקלט בחוויה כלבן גם אם הוא מואר מאור שמש ישיר או נמצא בחדר אפלולי. כל זאת למרות שהדף הנמצא בחשיכה יחסית מחזיר כמות בהרבה יותר קטנה של אור. אם נסלק רמזים מהסביבה לגבי הבהירות, למשל נסתכל על החפץ דרך מסך עם חור, הקביעות לא תישמר יותר, כי לא יהיו יחסיות של בהירויות הסביבה כלפי אותו חפץ.
2. **קביעות גודל:** הגודל הפרוקסימלי של אובייקט קטן ככל שאנו מתרחקים ממנו, אולם הגודל הנתפס נשאר קבוע (אובייקט רחוק נותן גירוי פרוקסימלי קטן יותר מאובייקט קרוב באותו גודל). מכאן שיש תלות בין קביעות הגודל לתפיסת המרחק.
3. **קביעות צורה:** היכולת להבין את הנראה מבחינתה צורנית. בבואתו של האובייקט ברשתית העין משתנה עם שינוי זווית הראייה אך הנטייה היא לראות את צורתו זהה בכל המצבים. בין אם האדם שינה את זווית התצפית שלו על החפץ ובין אם תנוחת החפץ השתנתה, הוא נתפס בצורתו הקבועה. דלת שנפתחת למשל משנה את צורתה על הרשתית ממלבן לטרפז ובכל זאת אנו תופסים אותה כמלבנית זאת מכיוון שאנו לוקחים בחשבון את שינוי הזווית של הדלת.

### למה צריך קביעות תפיסתית?

הקביעות עוזרת לנו לפרש את העולם בצורה נכונה (כוס מזוויות שונות היא אותה הכוס; אדם העומד רחוק - אני מבינה שהוא אדם על אף שאני רואה אדם בגודל של בובה; הדוגמא של החישוק - אנחנו מבינים שחישוק הוא עגול על אף שבפועל מהזווית שראינו אותו הוא היה בצורת אליפסה). זה נובע מתהליכי טופ דאון.

### **גודל נתפס = גודל פרוקסימלי X המרחק הנתפס**

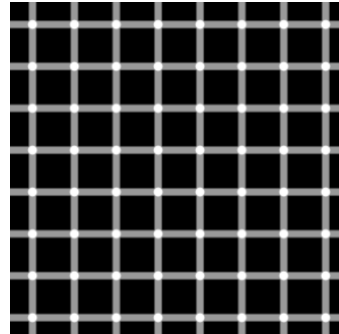
אנו נעזרים ברמזי מרחק על מנת לקבוע את גודלו של אובייקט. כאשר הגודל הפרוקסימלי משתנה, הגודל הנתפס לא משתנה וזאת משום שנעשה תיקון בהתאם למרחק הנתפס.

באשליות, המוח לא מצליח לייצר קביעות תפיסתית, חל שינוי במשוואה וכך בעצם היא נוצרת.

## אשליות של קביעות תפיסתית

קביעות בהירות/צבע:

### 1. אשליית הסורגים



כאשר מתבוננים בחיבורים שבין קבוצת ריבועים שחורים נוטים לראות עיגול אפור בהצטלבות הרווחים הלבנים. כתם זה לא קיים. אשליה זו היא תוצאה ישירה של הקישורים היוצרים פעילות מופחתת בין הגנגליונים השכנים הפעילים. תא גנגליון המצוי במרכז ריבוע מקבל איתותים מעכבים מארבעת צדדיו. תא גנגליון המצוי במרכז השורות או הטורים הלבנים לעומת זאת יקבל מסר מעכב משני צדדיו בלבד.

ההצטלבויות נראות כהות מהשורות והטורים בגלל המספר הרב יותר של איתותים להפחתת קצב הירי המתקבלים על ידי תאים גנגליונים במרכז ההצטלבות. הכתמים נראים אפורים רק כאשר לא מביטים בהם ישירות מכיוון שכאשר מביטים ישירות החדות הוויזואלית שלנו רבה יותר ואז לא נראה את הצבע האפור הלא קיים.

### 2. אשליית הריבועים בלוח שחמט (ריבועים אפורים נתפסו כלבנים/שחורים).

המוח משלים את הצבעים החסרים ע"י הידע הקודם, באופן של top down.

### 3. אשליית רמת בהירות של ריבועים אפורים כאשר הם בתוך ריבועים בצבעים שונים. ככל שהריבוע (שהוא הרקע של האפור) יהיה יותר בהיר, כך נתפוס את הריבוע האפור שבפנים ככהה יותר.

קביעות גודל:

### 1. אשליית מולר לייך (muller lyer)

אנו כופים תלת ממדיות על הציור- הקווים נתפסים כפינות חיצוניות ופנימיות של קירות ולכן קרובות ורחוקות יותר וכך גדולות או קטנות יותר.

באשליה זו שואלים את הנבדקים מי מהקווים ארוך יותר ויש נטייה להגיד שהשמאלי ארוך יותר, אך למעשה הקווים הם באותו אורך.

### 2. אשליות בתמונה - באשליות אלו אין משהו שיכול ללמד אותנו על המרחק הנתפס (אין רמזי עומק ומרחק באופק) ולכן נוצרות אשליות תפיסתיות, מתוך הקביעות התפיסתית. לדוגמא מהתרגול: תמונת חישוק שבשל הזווית נראה כאלופסה, ציור של אליפסה.

### 3. אשליית פסי הרכבת - איזה קו ארוך יותר? כשאנו מסתכלים על פסי רכבת נראה כי הקווים הרחוקים קצרים יותר. עבור הקו הרחוק- המרחק הנתפס גדול יותר והגודל הפרוקסימלי זהה. לכן הגודל הנתפס יהיה גדול יותר.

### 4. אשליית הירח - למה לעיתים הירח נראה גדול יותר? המרחק הנתפס גדול יותר כאשר יש לנו רמזים מסביב (כמו למשל עצים) אשר מרמזים על כך שהירח רחוק. הגודל הפרוקסימלי הוא זהה- לכן הגודל הנתפס גדול יותר. הוא לא באמת גדול יותר- זוהי אשליה.

### 5. אשליית גודל-משקל - כאשר ישנם שני עצמים בגדלים שונים, אך במשקל זהה, הקטן בגודלו ייתפס כשוקל יותר. במחקר שנערך, נמצא כי אנשים ששיחקו עם בובות ממינים שונים מייחסים משקלים שונים לכל מין, אך כשמכסים את עיניהם הם טוענים כי המשקל זהה.

במחקר אחר, אנשים שנאמר להם שספרים הם חשובים טענו שהם שוקלים יותר מאשר אנשים שלא אמרו להם זאת. במחקר נוסף נמצא שמי שחושב שיש לו לב כבד, יעריך גם עצמים ככבדים יותר.

6. [אשליית סילבר-ת'אלר](#) - מטבע קר שהונח על מצחו של איש שוכב נראה לאנשים כבד יותר מאשר מטבע בטמפרטורת החדר.

ישנם שלושה הסברים אפשריים לתופעות אלה:

- **ההנחה הסנסומוטורית** - מתבססת על כך שאנחנו נשתמש ביותר כוח על מנת להרים עצמים גדולים מאשר כאשר ננסה להרים עצמים קטנים. הדבר משליך על התחושה שלנו לגבי המשקל האמיתי של החפצים - לכן אנו נסיק שחפץ כבד יותר ממה שהוא באמת. הדבר נובע מאי התאמה בין המשקל של העצם שאנו עומדים לאחוז לבין משקלו האמיתי.
- תיאוריה שנייה אומרת שאנחנו **מבלבלים בין צפיפות לכובד** ומסיקים שחפץ צפוף יותר הוא כבד יותר.
- תיאוריה שלישית מתווכחת עם טענות אלה ואומרת שאם נרגיל את עצמנו למשקל של חפץ גדול וקל למרות שחשבנו שהוא כבד כל התיאוריה הזאת כבר לא תעבוד עלינו.

#### [ניסוי אמרט](#)

אמרט השתמש בניסוי **בבואות-גרר** (Afterimage). הוא הורה לנבדקים לנעוץ את ראייתם בגירוי (טבעת שחורה עם מרכז לבן) במשך דקה אחת ולאחר מכן להסיט את עיניהם אל מסך לבן, שם ראו בבואות-גרר. תפקיד הנבדקים היה לאמוד את גודל בבואת-הגרר. כאשר אמרט שינה את מרחק המסך הלבן איתו השתנה גם גודל תמונת הגרר: ככל שהמסך הלבן היה רחוק יותר, כך גדלה בבואת-הגרר. כלומר השינוי בגודל ההשתקפות נבע רק משינוי מרמזי המרחק מהמסך ללא שינוי ממדי ההשתקפות. מכאן ניתן היה להסיק כי השונו באומדן גודל נובע ישירות מהמרחק הנתפס ולא דווקא בשינוי בחפץ. אם רמזי המרחק נכונים, תהיה תפיסה דומה לכמה שניתן לגודלו האמיתי של האובייקט. האשליה הנוצרת על ידי חדר איימס מבוססת על קביעות הגודל.

\*אז מה בעצם קרה בניסוי?

על הדף הלבן או הלוח ראייתם **after image** (צרבנו את האובייקט על הרשתית).

ה- **after image** הוא גירוי **פרוקסימלי** וגודלו על הרשתית **קבוע**.

ובכל זאת, כאשר הסתכלנו על הנייר ראינו את הדיסק קטן וכשהסתכלנו על הלוח ראינו את הדיסק ענק.

**למה?**

התשובה: **גודל נתפס = גודל פרוקסימלי X מרחק נתפס**.

\*חוק אמרט תקף רק עד מרחק מסוים.

\*החוק מתבסס על שילוב של המרחק הנתפס והגודל הרטינלי של הגירוי, תהליך מבוסס bottom-up.

**After image - דמות "גרר"** - הסקה מתוך חוק אמרט (דוגמת הדיסקית מהתרגול). הדמות גדלה כי הגדלנו את המרחק הנתפס בלי לשנות את גודל הדמות. (דוגמת צפייה בעיגול שחור על דף ואז הסתכלות על הקיר -> עיגול בהיר, לבן, גדול יותר). התמונה נשארה מקובעת על הרטינה - הגירוי הפרוקסימלי נשאר כיוון שהגדלנו את המרחק, המוח קיבע את הצורה על הרטינה והגדיל אותה. הנגטיב של האובייקט על הרשתית נוצר כתוצאה מעייפות נוירונים שעוצבבו על ידי האובייקט. ה- **after image** הוא גירוי **פרוקסימלי** וגודלו על הרשתית **קבוע**.

#### [מחלוקת בפסיכולוגיה - האם השפה משפיעה של תפיסה חזותית](#)

יש הטוענים כי אכן לשפה שבה אנו משתמשים כדי לתאר את מה שאנו רואים יש השפעה ישירה על תפיסת הגירויים שלנו. יש המחזיקים בעמדה זו ואף מאמינים שהשפה שלנו יכולה לקבוע מחשבות. בשפות שונות יש מספר שמות שונה לצבעים, יש כאלה שיש להן מספר שמות לסוגים שונים של אותו צבע ואחרות שאין בהם אפילו שם אחד לאותו צבע. כמו כן, יש שפות שבהן משתמשים רק בשמות הצבעים שחור ולבן.



מנסים לקשר בין המאפיינים של הגירוי לחישה:

1. **אקולוגית, תפיסה ישירה** - נשענת על רעיונות ביהביוריסטים (תהליכים שנראים חיצונית והם ברי צפייה, לא אינטרוספקטיביים). לדעת גיבסון התפיסה היא מעשה (לא משהו שנעשה אוטומטית) אשר דורש הקשבה. גיבסון טען שהסביבה נותנת לנו גירויים אשר "מזמינים" אותנו להשתמש בהם (לדוגמא - כפתור ש"מזמין" אותנו ללחוץ עליו/ מתג). לפי גישה זו, בגירוי יש מידע מספיק ולכן אין צורך להניח קיומם של תהליכים קוגניטיביים מורכבים, אלא להתמקד באפיון וניתוח הגירוי כדי להבין את האפקט התפיסתי (כלומר ללא התייחסות לתהליכי טופ-דאון).  
הביהביוריסטים ניסו לייצר מדע המבוסס על גירוי ותגובה. בביהביורזם יש ניסיון להסביר את התפיסה רק באמצעות הגירוי.  
גיבסון החל את גישה זו.
2. **קונסטרוקציוניסטית** - לפי גישה זו, הגירוי דל מדי להפקת מידע שלם, ולכן המוח נדרש לבצע חישובים מורכבים כדי לאפשר תפיסה (חשיבות לתהליכי טופ-דאון על מנת ליצור חוויה תפיסתית ולהשלים את המידע החסר). אין בגירוי הפרוקסימלי תלת מימד. על מנת להבין אותו חייב להשתמש בחישובים. דגש על החישובים - מה כן קורה בקופסא השחורה. הלמהולץ תרם תרומה גדולה לגיבוש גישה זו.
3. **גישה שלישית** (יכולה להיחשב כפיתוח של הקונסטרוקציוניזם) - התגבשה בעזרת מאר. הגישה מדברת על שלוש רמות של ניתוח:
  1. **הרמה החישובית** - מהי הבעיה שהמוח אמור לפתור ומדוע. (לדוגמא - התמונה בעין היא דו מימדית אבל המוח צריך לקבל תמונה על עולם תלת מימדי)  
דוגמא נוספת - למשל מהו סיגנל ומהו רעש בביצוע המטלה שמתוארת ואיזה מהם עשוי להיות שונה בקרב מי שמאבחן באוטיזם (למשל, רעש מוגבר)
  2. **רמה האלגוריתמית** - מהם הייצוגים שמעורבים ומהם התהליכים שיוצרים ומשנים את התהליכים האלו? רמה זו מתארת את הפעולות החישוביות הממשיות הנדרשות לפתרון הבעיה. (לדוגמא - הגודל הנתפס הוא המרחק הנתפס כפול הגודל של התמונה הרטינלית = חוק אמרט).
  3. **רמת היישום** (implementation) - מה קורה ברמה המוחית, כיצד באים לידי ביטוי האלגוריתמים במוח ובפעילותו. מהם התהליכים המוחיים המייצרים את הכלים החישוביים ברמה האלגוריתמית. (למשל, מהם המנגנונים המוחיים האחראים על הבחנה ברגשות? ומה במנגנונים אלה פועל שונה בקבוצה של המאובחנים עם אוטיזם)  
**\*\*ההבדל בין הרמה האלגוריתמית ליישומית - איך זה קורה (אלגוריתמית) להבדל בין מה קורה (יישומי).**שלוש הרמות חייבות להתרחש ביחד, כלומר חייבים להבין את הבעיה, את הפעולה החישובית הנדרשת להבנת הבעיה, ואז הבנת הקשר בין הפעולה החישובית לפעילות המוחית.

### זיהוי פרצופים

המנגנונים של תפיסת פרצופים שונים מהמנגנונים של תפיסת אובייקטים. בתפיסת זיהוי הבעות פנים מעורבים מספר תהליכים. ברוס ויאנג הציעו תיאוריה לפיה קיימות שלוש פעולות התלויות ביכולות קוגניטיביות:

1. זיהוי הבעות פנים.
  2. זיהוי הבעות פנים מוכרות.
  3. זיהוי הבעות פנים לא מוכרות.
- קיימות גם תיאוריות מודרניות לזיהוי פרצופים. אחת מהן משתמשת בשלוש אסטרטגיות לזיהוי הבעות פנים:
- זיהוי מרכיבי הפנים

- זיהוי הקשר בין מרכיבי הפנים (עיבוד קונפיגורלי)
  - זיהוי כלל הפנים (הגישה ההוליסטית).
- \*העיבוד הקונפיגורלי עובד כאשר הפנים במצב רגיל אך לא כשהן הפוכות.

**\*אפקט תאצ'ר** - מתאר תופעה בה קשה לנו לזהות פנים ועיוותים בהם כשהם הפוכות. זוהי תופעה ויזואלית, בה המוח האנושי מתקשה לזהות שינויים בפרצוף מסוים, כאשר הוא מוצג הפוך. ברגע שאותו פרצוף מוצג באופן רגיל, רק אז השינויים לפתע מתגלים בקלות.

## תפיסת מיקום, עומק ומרחק

### חלוקת עבודה בקורטקס

- תהליכי תפיסה העוסקים בקביעת מיקום ומרחק חשובים לשליטה מוטורית-אחיזה מסלול **where** (או how) - יחסים מרחביים בין אובייקטים.
  - תהליכי היכר העונים לשאלה מה אנו רואים מסלול **what** (היכולת לזהות אובייקטים, לזהות פרצופים).
- למשל, כאשר ננסה להושיט את היד ולאחוז בכוס- מסלול wheren יכוון אותנו לאן להושיט את היד, ומסלול whatn הוא זה שיורה לנו לאחוז דווקא בכוס.

### תפיסת עומק

האדם מצליח להשיג תפיסת עומק על ידי שימוש ברמזים שונים. רמזים אלו מצריכים הישענות על הנחות שונות אודות העולם. על כן, הנחות שגויות יכולות להוביל למסקנות מטעות.

תפיסה זו מורכבת משני סוגי סימנים: **בינוקולרים** (שתי עיניים) ו**מונוקולרים** (עין אחת). סימנים בינוקולרים נובעים מכך ששדה הראייה של שתי העיניים חופף, ולכן רק לבעלי חיים עם עיניים בחלק הקדמי של הראש תפיסת עומק בה מעורב זיהוי סימנים אלו. איחוד שדות הראייה של העיניים חשוב לתפיסת המרחק. שתי העיניים נעות במקביל כדי לזהות את אותה הנקודה. אם חפץ יהיה קרוב מאוד לפנינו שלך, העיניים שלך יפנו פנימה כך שיוכלו להתמקד בחפץ, ככל שהחפץ מרוחק יותר, העיניים מסתכלות ישר קדימה יותר ויותר. לכן העיניים יכולות לשמש לזיהוי טווח. המוח שולט בשרירים שמזיזים את העיניים וכך יודע לחשב את הזווית ביניהן. איחוד שדות הראייה חשוב לתפיסת המרחק מחפצים הקרובים אלינו, בעיקר חפצים אליהם אנו יכולים להושיט יד.

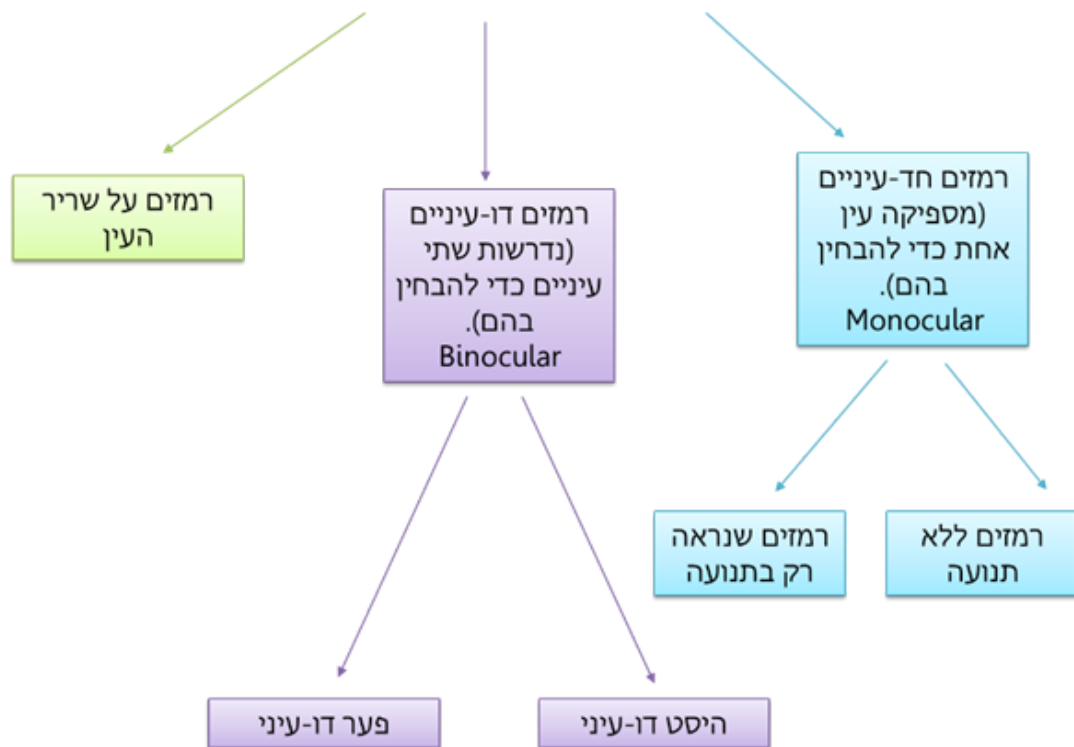
מרכיב חשוב נוסף בתפיסת מרחק הוא **השוני בין הרטינות**. כאשר העיניים שלנו מתמקדות על נקודה מסוימת, התמונה של אובייקטים אחרים במרחקים שונים תיפול על אזורים אחרים ברטינה של כל עין. גודל השוני בתמונות של האובייקטים בשתי הרטינות הוא רמז על מרחקו של האובייקט מאיתנו. תפיסת המרחק כתוצאה מהשוני ברטינות נקראת **סטראופסיס**.

**סטראופסיס** - העיניים האנושיות ממוקמות במרחק של כ- 6 ס"מ אחת מהשנייה. דבר זה מאפשר לאדם להתרשם מהפער בין מיקומם של עצמים כפי שהם נקלטים בכל עין. פער זה משמש כרמז חשוב לתפיסת העומק.

סטריאואופסיס היא פעולה של השוואת זווית הראייה בין התמונות המתקבלות מכל עין. ככל שחפץ רחוק יותר מהצופה, כך תמונותיו המתקבלות בכל עין דומות יותר זו לזו. כאשר שתי העיניים פקוחות, המוח מפרש בין שתי התמונות המתקבלות מהן, ומההבדל הוא מסיק מסקנות לגבי המרחק מהעין שבו מצוי העצם הנצפה. המנגנונים העצביים האחראיים על יכולת זו נמצאים בקליפת המוח.

### תהליכי תפיסה

תפיסת מיקום-עומק-מרחק (תפיסה מרחבית) מבוססת מגגנונים המתגברים על הפער בין הדו-מימדי לתלת-מימדי.



### רמזי עומק

1. **רמזים חד עיניים** - נתפסים על ידי עין אחת (נראה את רמזים אלה גם אם נעצום עין אחת) ולא מנצלים את פער הראייה בין שתי העיניים. מתחלקים ל**רמזים ללא תנועה** (רואים אותם גם בתנועה, אך לא צריך תנועה על מנת לראות אותם. רמזים אלה מחושבים באופן אוטומטי על ידי המוח ואין לנו שליטה עליהם), ו**רמזים עם תנועה** - חייבים תנועה על מנת לראות אותם.
2. **רמזים דו עיניים** - רמזים שנראה רק עם שתי עיניים ורק אם העיניים מתואמות, כלומר מנצלים את הפערים בראייה בין שתי העיניים (מנוצל בצפייה בסרט תלת מימד).

### רמזים חד עיניים ללא תנועה:

- **גודל יחסי** - המוח מניח שאובייקטים זהים הם באותו גודל ולכן אם נראים קטנים המוח מניח שהם רחוקים יותר
- **הסתרה** - המוח מניח שמבנים פשוטים ומשלים אותם כאשר מוסתרים, למבנה פשוט שלם. בנוסף, עצם המסתיר עצם אחר נתפס כקרוב ממנו.
- **שינוי המרקם** - כל אובייקט יוצר מרקם, והמרקם הולך ומצטופף ככל שהוא רחוק יותר. נותן רמז עוצמתי לעומק. כלומר הצפיפות יוצרת תחושה של ריחוק.
- **פרספקטיבה לינארית** - (מקרה פרטי של שינוי מרקם) קווים היוצרים תחושה של עומק על ידי קווים ישרים המתכנסים באופק. במקרה שקווי הפרספקטיבה מתקרבים סימן שזה רחוק (פסי רכבת לדוגמה).
- **גובה ביחס לקו האופק** - הגירווי הנראה כקרוב יותר לקו האופק נתפס רחוק יותר.

## רמזים חד עיניים בתנועה:

- **parallax motion** קצב הזרימה- מה שקרוב אלינו נראה כנע מהר יותר וינוע נגדנו, מה שרחוק מאתנו נע לאט (לדוגמה, נראה שהירח לא נע כלל) ובכיוונו.
- **פרספקטיבה בתנועה (היסט תנועה)**- מתייחס להבדלי המרקם ולקווי הפרספקטיבה. מה שקרוב אליי יראה רחב יותר ויזוז מהר יותר (למשל זוויות שני צידי הכביש שקרוב אליי יהיו רחבות יותר מאזור הכביש שרחוק ממני), ומה שרחוק ממני יראה כצר יותר ויזוז לאט יותר. המרקם עצמו יהיה ברזולוציה גבוהה יותר ככל שהוא יותר מתקרב אליי.

\*מרקם- האלמנטים שמרכיבים את האובייקט.

\*פרספקטיבה בתנועה ו-Motion parallax מתבססים על מצבים של שינוי המרקם בתנועה שיוצרים את רמזי העומק.

## רמזים דו עיניים

- **היסט דו עיני**- ההבדל בין זוויות התמונות שמתקבלות מכל העין נקרא היסט דו עיני. ככל שהאובייקט קרוב יותר, כך ההבדל גדול יותר, וככל שהאובייקט רחוק יותר ההבדל הופך זניח. (הדגמנו בשיעור על ידי להסתכל על האצבע שלנו כל פעם עם עין אחת, אפשר לראות שרואים בכל עין אחוז שונה מהציפורן).
- בשני המקרים התמונה נופלת באותו מקום (הפוביאה) בשתי הרשתיות, אבל התמונה שנופלת בעין ימין ועין שמאל היא שונה. ככל שהאצבע רחוקה יותר- ההבדל קטן יותר. מידת ההבדל מרמזת על מרחק האובייקט.
- **פער דו עיני**- נוצר כאשר האובייקט נופל על שתי נקודות לא תואמות בשתי הרשתיות. המוח משלב את שתי התמונות לאחת. (הדגמנו בשיעור כאשר הסתכלנו על נחשון עם האצבע עשר סנטימטר מאתנו, ראינו שהאצבע זזה. בפעם השנייה התמקדנו באצבע וראינו את נחשון זז). כיוון הפער אומר אם זה לפני נקודת המיקוד או אחרי נקודת המיקוד, כלומר ככל שהפער גדול יותר, האובייקט רחוק יותר מנקודת המיקוד.
- פער מצטלב**- כשמסתכלים רחוק, האובייקט הקרוב מפוצל לשתי תמונות, כאשר הדמות הימנית נראית בעין שמאל והדמות השמאלית בעין ימין.

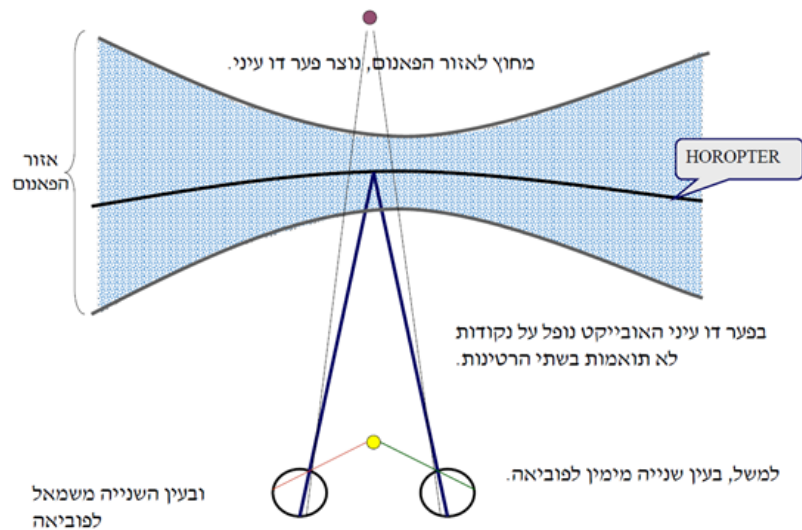


**פער לא מצטלב**- כשמסתכלים קרוב, הפער הרחוק מפוצל. דמות ימין הולכת עם עין ימין ודמות שמאל עם עין שמאל.

## ההבדל בין פער דו עיני להיסט דו עיני

בהיסט דו עיני, ההבדל בין זוויות התמונות שמתקבלות מכל עין. ככל שהאובייקט קרוב יותר, כך ההבדל גדול יותר. ככל שהגירוי יותר קרוב אליי, כך הפער בין התמונות יהיה גדול יותר. ההבדלים הם אלו שמסמלים לי כמה האובייקט רחוק ממני. לעומת זאת, בפער דו עיני, האובייקט נופל על שתי נקודות לא תואמות בשתי רטינות.

ההורופטר הוא מרחב גיאומטרי דמיוני דו מימדי- המרכז שלו זה איפה שאני ממקדת את המבט שלי (איפה שהפוביאות שלי מתמקדות). ההורופטר הוא שטח שבו אין לי פער דו עיני. הגירויים שנמצאים בהורופטר נופלים על נקודות זהות בשני הרטינות. מה קורה עם אובייקט שלא נמצא על ההורופטר שלי? הגירוי ייפול לי על מקומות שונים בשתי הרטינות. איך זה בא לידי ביטוי בתפיסה? אני אראה את הגירוי מטושטש.



**הורופטר** - קו אליפטי דמיוני של נקודות. כל אובייקט שיפול עליו ייצור זהויות דומות, כל הנקודות נמצאות במרחק שווה מהעין. האובייקטים נתפסים על נקודות תואמות ברטינות ולא נוצר פער דו עיני. זהו המישור שהיה נוצר מכל המקומות הנמצאים בדיוק באותו מרחק מאיתנו ונופלים במקומות מקבילים בעין, לכן אין פער דו עיני. המרחק של האובייקט שאני לא מסתכל עליו מהפוביאה, יטיל דמות על הרשתית שמתואמת בשתי העיניים. המרחק הוא אותו מרחק בשתי העיניים. התמונה מופיעה בול באותו מקום בשתי העיניים.

כך המוח מחשב איזה אובייקטים קרובים אלי באותה מידה כמו נקודת פיקסיה שלי כרגע, שכולם יפלו על הפוביאה. **מי שלא נמצא בקו ההורופטר** - אם נביח אני מתמקד במיקום של אובייקט מסוים ויש אובייקט רחוק ממני (לא על קו ההורופטר) הוא יפול על מיקומים לא תואמים. ככל שהאובייקט רחוק יותר ממני, הוא יפול על כל רשתית בחלק הפנימי שלה, קרוב יותר לאף, וככל שהוא מתקרב הוא יפול בחלק החיצוני של כל הרשתית.

**אזור הפאנום** - החלק המקיף את ההורופטר. המוח יקבל מידע על שתי תמונות שונות משתי העיניים, וימזג אותן לתמונה תלת ממדית אחת, כלומר יש פער דו עיני אך המוח מגשר עליו. מה שמחוץ לפאנום, לא הופך לצורה תלת ממדית (ייקלט כשתי תמונות נפרדות), המוח לא מצליח למזג ויש פער דו עיני. לפני ואחרי אזור הפאנום רואים כפול. עצמים רחוקים יתפסו כפער לא מצטלב ועצמים קרובים להורופטר יתפסו כפער מצטלב.

אחרי ההורופטר, **רחוק** - **פער לא מצטלב** - עין ימין רואה דמות ימנית, עין שמאל רואה דמות שמאלית. לפני ההורופטר, **קרוב** - **פער מצטלב** - בעין שמאל נראה דמות ימנית ובעין ימין נראה דמות שמאלית. מידת הפער וכיוון הפער (צולב או לא צולב) הם רמזי עומק רבי עוצמה, עד כדי כך שכל הבדל בין סרט דו

ממדי לסרט תלת ממדי הוא ב- 3D – הראיה התלת מימדית מתאפשרת כתוצאה מקבלת תמונה במקומות שונים. יש רמזים דו עיניים – נתינת מידע שונה לשתי העיניים על ידי פילטרים.

יוצאי דופן – כשאין יכולת למזג את התמונות. יש רק רמזים חד עיניים ולא דו עיניים. למשל אצל אנשים שהפזילה שלהם תוקנה מאוחר מידי. העיניים התיישרו אבל המוח לא למד למזג בין התמונות.

הסבר של נחשון במייל: פער דו עיני קיים כאשר התמונות בשתי העיניים (למעשה, ברשתיות) אינן זהות. כשהפער גדול מספיק (מחוץ לאזור פאנום) אנו ממש רואים כפול. כשהוא קטן, אנחנו ממזגים את התמונה לתמונה תלת מימדית ולא רואים כפול (למרות שלמעשה יש דמות כפולה). המושגים "מצטלב" או "לא מצטלב" מתייחסים למיקום הדמויות הכפולות יחסית לעיניים (התמונות כפולות כאמור גם אם לא רואים זאת. בתוך אזור פאנום). מסיבה זו סוג הפער מהווה רמז עומק (אני יודע היכן הדמות ביחס לנקודת המיקוד).

## הרצאה 7

### היכר

#### חלוקת עבודה בקורטקס

נתמקד במסלול whatn:  
היכולת לזהות אובייקטים, לזהות פרצופים.

#### תיאוריית זיהוי האובייקטים של בידרמן

בידרמן הציע שיש 36 צורות גיאומטריות פרימיטיביות, גיאונים (**geons**): קשתות, צילינדרים, קונוסים וכו' - שיכולות לתאר כל צורה של כל אובייקט שבני אדם יכולים להכיר בהם. הצורות משולבות עם היחסים ביניהן (זה מעל זה, גדול מ-, קצה לקצה, קצה לאמצע) ועם אספקטים של יחס, גודל, זווית וכיוצא בזה. גביע גלידה, למשל, אפשר לפרק ל"כדור" שממוקם מעל "קונוס". יש מיליארדי שילובים כאלה.  
\*ישנם מקרים של זיהוי ויזואלי על בסיס צורות שאינם נעשים דרך ייצוג של geons:  
1. הבחנה פרטנית בין פרצופים מוכרים.  
2. סיווגים שאין להם גבולות ברורים, כמו שיחים ובד מקומט.

#### הפרעות בזיהוי

- אגנוזיה - חוסר יכולת להכיר עצמים, קולות, ריחות או צורות, שאינם נובע מפגם כולל בחושים או בזיכרון. קיימות צורות של אגנוזיה, להן שכיחות וגורמים שונים.
- אגנוזיה אסוציאטיבית: סינדרום המופיע אצל חולים שניזוקו באזור האונה הטמפורלית ובעקבות זאת חווים קשיים בזיהוי עצמים רק כשהם מוצגים להם באופן חזותי. הלוקה באגנוזיה אסוציאטיבית אינו מסוגל לזהות עצם על פי מראהו. למשל, משקפיים יתוארו על ידו כשני מעגלים אשר קו מחבר ביניהם. אם אותו אדם יגע בעצם וייעזר בחוש המישוש שלו, הוא צפוי להצליח בזיהוי.
- פרוזופגנוזיה: ליקוי בזיהוי פרצופים. מתבטאת בהעדר יכולת לזהות פרצופים, גם כאשר זיהוין של צורות אחרות תקין. אנשים הלוקים בבעיה זו ינסו לשמור תווי פנים בזיכרון על ידי שימוש ברמזים, כגון צלקות ושומות.
- אגנוזיית מילים (אלקסיה) - אדם הלוקה באגנוזיית מילים (תת-סוג של האגנוזיה האסוציאטיבית), מתקשה מאוד להכיר מילים. יכולת הקריאה שלו פגומה מאוד, והוא צריך לעבור על כל האותיות של מילה, תו אחרי תו, ורק בסיום תהליך מייגע זה יוכל להרכיב את המילה בראשו.
- אגנוזיות ספציפיות - במקרים שכיחים פחות מתקשה אדם להכיר עצמים השייכים לקבוצה מסוימת, למשל כלי בית. יש בתופעה זו כדי להראות שעצמים מקטגוריות שונות מאוחסנים במוח

במקומות שונים. (השערה אחת היא שהזיהוי מאורגן סביב מחלקות של עצמים – תת מערכת אחת עבור פרצופים, אחרת עבור מילים וכו' ותתי מערכות אלה ממוקמות באזורים שונים של המוח).

### תהליכי היכר עונים על השאלה: מה זה?

הבסיס להיכר הוא תפיסת תכונות-Features.

תכונות - אלמנט תפיסתי (קו, פונמה בדיבור ועוד).

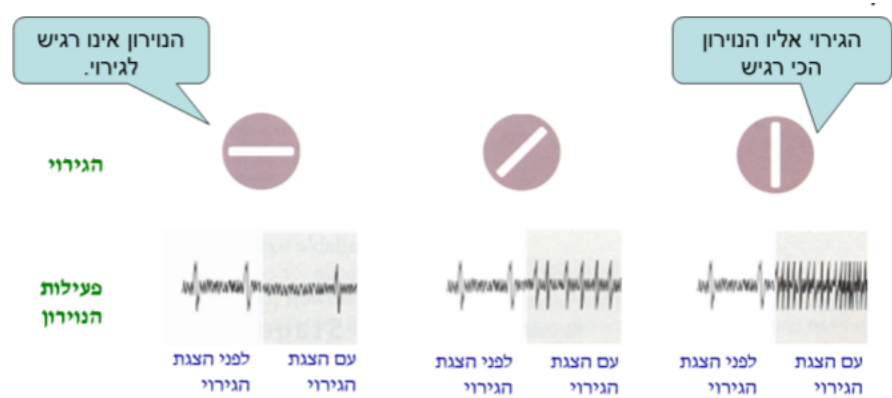
- בראיית צורות דו מימדיות תכונות הן יסודות בסיסיים של הצורה קו, זווית, סגירות.
- בראייה תלת מימדית תכונות הם גופים בסיסיים שמהם ניתן להרכיב כל גוף אחר.

ההנחה היא כי לכל תכונות קיים גלאי ספציפי (תא הרגיש במיוחד לתכונות מסוימות). זיהוי האובייקטים נעשה בשלב מאוחר יותר, ע"י צירוף כל התכונות.

כל נוירון רגיש לצירוף תכונות ספציפי, המהווה למשל שילוב של גודל, זווית ומיקום בשדה הראיה. זהו בעצם שדה הקליטה של תא גלגיוני. התאים הגלגליונים שולחים את המידע לקורטקס הוויזואלי. בקורטקס הוויזואלי יש גלאים של קווים. לגלאים יש סינפטיות עם התאים הגלגליונים. רק כאשר רוב התאים עובדים הגלאי יזהה קר ישר. הגלאי מזהה את העבודה המשולבת של התאים. אחרי חשיפה ממושכת המוח מפתח גלאים לגירויים שונים.

### התיאוריה של ויזל וחובל (Wiesel & Hubel, 1968)

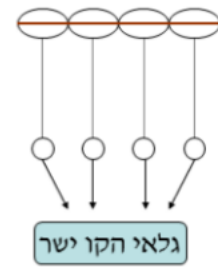
הובל וויזל חקרו את מערכת הראיה של חתולים וערכו רישומים חשמליים של פעילות הנוירונים במערכת. בניסויים הם החדירו מיקרואלקטרודה לקליפת הראייה של חתול מורדם, והקרינו תבניות אור וצל על מסך הנמצא מול עיני החתול. הם גילו כי מספר תאי עצב ירו אותות עצביים במהירות כאשר הוצגו לעיני החתול קווים בזווית מסוימת, בעוד שתאים אחרים הגיבו בעוצמה הרבה ביותר לקווים בזווית אחרת. כמה מתאי עצב אלו הגיבו באופן שונה לתבניות אור ולתבניות צל. הובל וויזל כינו תאים אלו "תאים פשוטים". תאים אחרים, שכוננו על ידם "תאים מורכבים", הגיבו באופן זהה לתבניות האור ולתבניות הצל. מחקרים אלו הראו איך מערכת הראייה מרכיבה ייצוג מורכב כל כך של המידע החזותי מגירויים בעלי מאפיינים פשוטים כמו קו. מכך הסיקו כי כל נוירון רגיש במיוחד לתכונות או לצירוף תכונות ספציפי ומגיב אליו בהגברת פעילות מקסימלית.



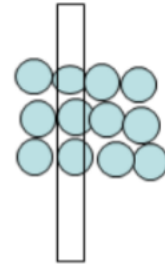
כל נוירון רגיש לצירוף תכונות ספציפי, המהווה למשל שילוב של גודל, זווית ומיקום בשדה הראיה. קיימים הרבה סוגי גלאים: לקווים בהירים, כהים, זוויות מסוימות ועוד.

גלאי לקו ישר, למשל, אינו רגיש לקו ישר בכל מקום, אלא לקו ישר בזווית מסוימת בשדה הראיה.

הסבר תיאורטי לאופן שבו מתפתח גלאי לקו:



גלאי הקו מקבל מידע מכל תאי הגירוי.



כל התאים הגלגליונים מחוברים לתא אחד בקלט מעורר. כשכל הנוירונים עובדים, המידע עובר לתא הבא הכי חזק. אם יש מספיק תאים גלגליונים שפועלים ברגע אחד, התא הזה עובד ומסמן קו ישר.

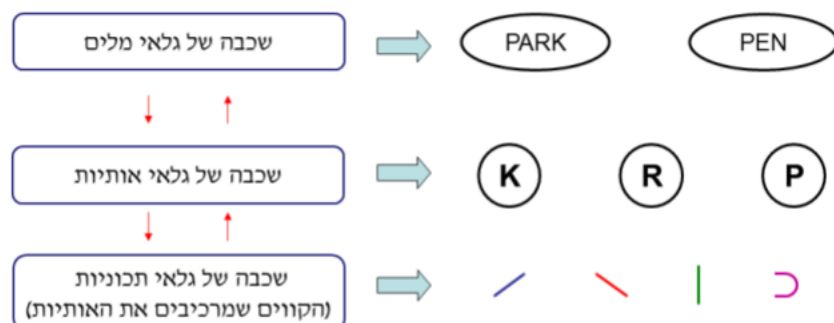
קיימים 3 סוגים של תאים בקורטקס הויזואלי (גלאי תכונות):

1. תאים פשוטים: כשהגירוי נמצא בזווית מסוימת בתוך שדה הקליטה שלהם.
2. תאים מורכבים: הגירוי בזווית מסוימת אך לא מחייב שהגירוי יתחולל במיקום מסוים בתוך שדה הקליטה.
3. תאים היפר-מורכבים: הגירוי צריך להיות גם בזווית וגם באורך מסוים.

זוהי תיאוריה חלופית לתיאוריה של טריזמן. במקום שיהיו תכונות מועטות מוגדרות מראש, יש תתי מערכות שניתן להגדיר אותן מהר מחדש לצורך ביצוע של משימות שונות בזמנים שונים.

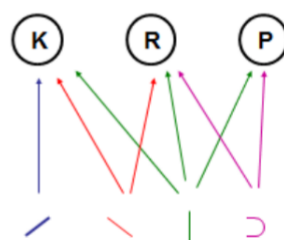
### מודל תיאורטי לזיהוי אותיות

במודל קיימות שלוש שכבות של גלאים: מילים, אותיות ותכונות, וכל שכבה מוסרת ומקבלת מידע מהשכבות הצמודות אליה.

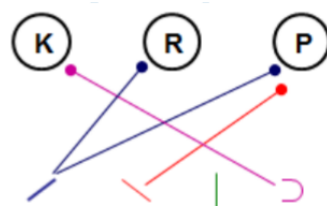




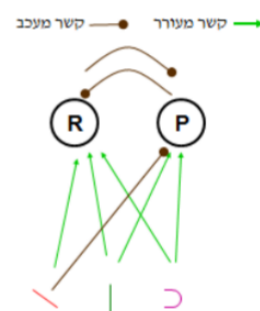
1. מסר מעורר - כאשר תכנית מסוימת שולחת מסרים מעוררים לכל האותיות שמכילות אותה. למשל:



2. מסר מעכב (אינהיבטורי) - כאשר התכנית שולחת מסרים מעכבים לכל האותיות שלא מכילות אותה. למשל:

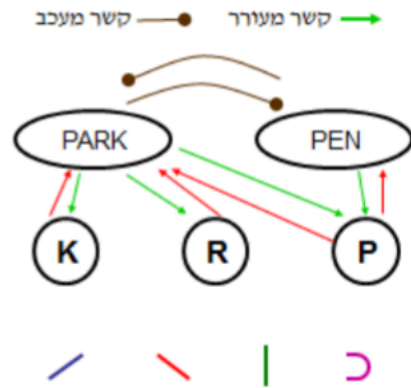


בשכבה של גלאי האותיות והמילים ישנו מנגנון מעכב נוסף הנקרא "אינהיביציה הדדית". אינהיביציה הדדית - ישנה תחרות הדדית בין הגלאים באותה שכבה. ככל שגלאי יותר פעיל הוא מדכא גלאי אחר, על מנת לוודא שהמוח יבחר מועמד אחד בלבד ולא שניים. יתרון שהיה קטן בהתחלה, גדל והפער גדל גם כן. התחרות מגבירה את הפער ביניהם. מדובר בגלאי אותיות באותו המיקום. בשכבת האותיות, למשל, כאשר אות מסוימת מעוררת היא שולחת מסרים מעכבים לשאר האותיות בשכבה. במקרה זה יתרון ההתחלה הופך ליתרון מנצח. לדוגמה, מה קורה כשמוצגת האות R לפני R נבדק?



- R מקבל שלושה מסרים מעוררים ← הופך פעיל מאוד.
- גם האות P פעילה, אך פחות משום שהיא מקבלת מסר מעכב מה Feature.
- משום ש R פעיל יותר, המסר המעכב שישלח ל P יהיה חזק יותר - מעכב יותר, ולאט לאט הפערים ביניהם יגדלו R יתחזק ו P ייחלש.
- יתרון התחלתי הופך ליתרון מנצח.

במודל נשלחים מסרים מעכבים הדדים בשכבת המילים (בין המילים לבין עצמן), ונשלחים מסרים מעוררים משכבת האותיות לשכבת המילים, ומשכבת המילים לשכבת האותיות.



ההשפעה מרמת המילים לרמת האותיות מסבירה מדוע הקשר מסייע בתהליכי זיהוי (תהליכי down-top).

### [אפקט קדימות המילה](#)

כאשר צריך לזהות אות, אדם יגיב מדויק יותר כאשר היא מופיעה בקונטקסט של מילה קיימת, מאשר כשהיא מופיעה לבדה, ויגיב הכי פחות מדויק כשתופיע בתוך צירוף אותיות סתמי. האפקט מצביע על זה שבמידה מסוימת אנו מזהים מילה לפני שאנו מזהים אותיות. אפקט הקדימות מבטא את העובדה שבמודל יש קשרים מעוררים היורדים משכבת המילים לאותיות.

עובר

#b##

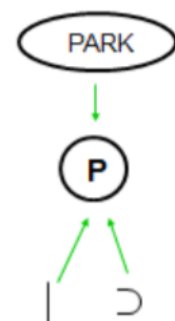
ברנפ

הכי טוב

ביצתע  
בינוני

הכי גרוע

כשמופיעה אות בתוך מילה היא מקבלת עירור גם משכבת התכונות וגם משכבת המילים:



כך יש לה יתרון על אות בודדה שמקבלת עירור רק משכבת התכונות:



## הרצאה 8

### למידה

#### מהי למידה?

**הגדרה:** למידה היא תהליך של רכישה, הרחבה או שיפור של ידע, הבנה יכולת או מיומנות. המושג למידה מתייחס לשינוי קבוע יחסית בהתנהגות הנוצר כתוצאה מהתנסות קודמת. המחקר בנושא מתחלק לשני זרמים עיקריים: זרם ביהביוריסטי (למידה) וזרם קוגניטיבי (זיכרון). על פי הביהביוריסטים אדם נולד ללא ידע מוקדם, על כן כל התנהגותו היא תוצאה של למידה- תהליך של ניסוי וטעייה, המבוססת על קישור (אסוציאציה). הם טענו שעקרונות הלמידה משותפים לכל בעלי החיים ולכן רוב המחקר נעשה על בע"ח אך ההשלכות שלו רלוונטיות גם לבני אדם. הנחות המפתח של הגישה הביהביוריסטית:

1. אסוציאציות פשוטות מהסוג הקלאסי או האופרנטי הן אבני הבניין של כל סוגי הלמידה.
2. החוקים הבסיסיים של הלמידה פועלים תמיד, ללא קשר לחומר הנלמד או מיהו הלומד.

#### 2 סוגי למידה:

1. למידה לא-אסוציאטיבית, הרגלים: למידה של גירוי אחד הכוללת הביטואציה וסנסיטיזציה, למידה מתוך אינסטינקטים ורפלקסים.
  - הביטואציה (habituation): מאופיינת בהפחתת תגובה התנהגותית לגירוי תמים- הצורה הפשוטה ביותר של למידה. מסתכמת בלמידה להתעלם מגירוי שנעשה מוכר ואינו בעל השלכות משמעותיות.
  - סנסיטיזציה (sensitization): הגברה של תגובה התנהגותית לגירוי חזק. מתרחשת בד"כ כאשר גירוי מפחיד או מזיק מוצג בפני האורגניזם.
2. למידה אסוציאטיבית (associative learning): מורכבת הרבה יותר מלמידה לא-אסוציאטיבית, משום שהיא כרוכה בלמידת יחסים בין אירועים. (התניה קלאסית, התניה אופרנטית - העוסקות שתיהן ביצירת קשרים, למידה מורכבת)
  - התניה קלאסית - קשר בין הופעת אירוע אחד לאחר. האורגניזם לומד שהופעת אירוע אחד מסמנת את הופעת האירוע האחר.
  - התניה אופרנטית - קשר בין תגובה לתוצאה מסוימת. האורגניזם לומד שתגובתו מביאה לתוצאה מסוימת.
  - התניה של התנהגויות מורכבות- למידה מורכבת - יצירת אסוציאציות (כמו בהתניה) בצירוף דבר נוסף.

### למידה קלאסית

מי שגילה את הלמידה הקלאסית הוא איוון פבלוב שגילה אותה במקרה, והיא התפרסמה לראשונה בכנס מדעי ב-1903. מדובר בתופעה בעלת השפעה מכרעת על הפסיכולוגיה. הגדרה: תהליך למידה בו גירוי שהיה ניטרלי בעבר נעשה מקושר עם גירוי אחר דרך צימוד חוזר עם גירוי זה. כלומר, קשר בין גירוי אחד לגירוי אחר. \* התניה יכולה להתפתח גם באופן עקיף, מצפיה בתגובה של מישהו אחר לגירוי, נפתח גם תגובה לגירוי.

\* ההתניה עובדת גם עם רגשות- התניה לרגש מסוים, לדוגמא פחד.

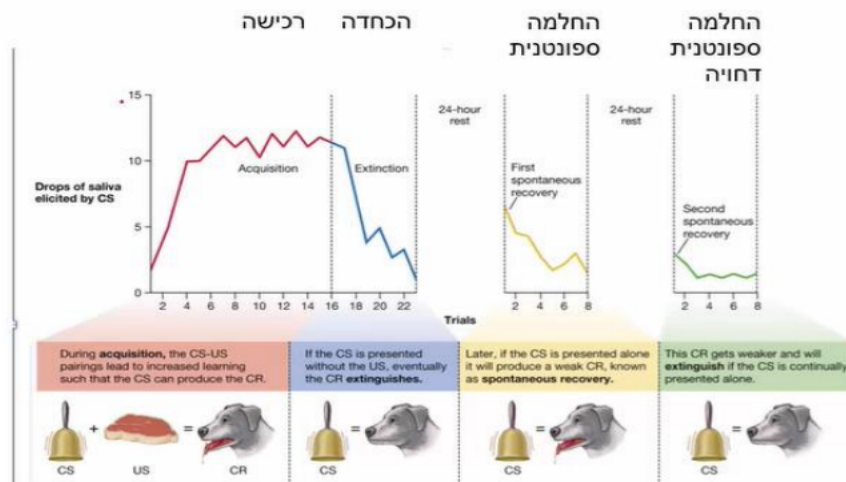
## הניסוי של פבלוב

פבלוב חקר ריור אצל כלבים, וגילה במקריות את הלמידה הקלאסית עקב תקלה בניסוי שלו. התגובה של הפרשת ריור אצל כלבים נבעה מתגובה של מערכת העיכול. בניסוי, הוא נתן לכלבים בשר ובדק האם הם מריירים בתגובה, וראה כי הם מריירים רק מראיית והרחת הבשר. במהלך הניסוי חלה בעיה באופן פתיחת קופסאות השימורים בהן הביאו את הבשר למעבדה, והכלבים החלו לרייר מהרגע שהם שמעו את קופסת השימורים נפתחת. גדולתו של פבלוב הייתה שהוא שם לב לכך, ושהיה מספיק חכם להבחין שהוא עלה על משהו במקרה, ולהתחיל לחקור את התופעה. במקרה הזה, מה שהכלב למד זה לקשר בין הצליל לבין הופעת הבשר.

בתהליך ההתניה נוצר קישור (אסוציאציה) בין גירויים, המתבטא בתגובה אליהם:

- **unconditioned stimulus**, גירוי בלתי מותנה (UCS) - מעורר תגובה ללא התניה. כלומר, אין תהליך למידה משמעותי, אלא תהליך טבעי. בניסוי למשל, בשר הוא הגירוי הבלתי מותנה.
- **conditioned stimulus**, גירוי מותנה (CS) - גירוי שלא עורר תגובה מסוימת לפני ההתניה, אלא מעורר את התגובה כתוצאה מהלמידה. (במקרה הזה מדובר בצליל של פתיחת הקופסה).
- **unconditioned response**, תגובה בלתי מותנית (UCR) - תגובה המתרחשת באופן ספונטני, לגירוי הבלתי מותנה. (לדוגמא, הריור בתגובה לבשר).
- **conditioned response**, תגובה מותנית (CR) - התגובה לגירוי המותנה לאחר תהליך ההתניה. (הריור בתגובה לצליל של פתיחת הקופסה).

## עקומת למידה



- **לפני ההתניה** - נבדוק שיש תגובה לגירוי בלתי מותנה ולא לגירוי מותנה (מרייר לבשר ולא מרייר לצלצל).
- **רכישה** - בשלב זה נציג את הגירוי המותנה יחד עם הלא מותנה (הצליל יחד עם הבשר). לעיתים נציג רק את הגירוי המותנה (הצליל) בכדי לבדוק האם יש תגובה מותנית (ריור לצליל בלבד). ככל שעובר הזמן הגרף עולה ונקרא עקומת למידה. עוצמת התגובה המותנית הולכת ומתחזקת ככל שמתרחשת פעולת הרכישה, עד שמגיעה לנקודת שוויון. מהירות התגובה לרכישה (ה-CR), מושפעת מ2 גורמים: **אינטנסיביות** של UCS (ככל שיש יותר מהגירוי CR יגיע מהר יותר) ו**תזמון ההצמדה** של CS+UCS (חצי שניה זה התזמון האידיאלי- זיווג מאחר, כך שה-CR יגיע מהר יותר).

- **הכחדה** - (תהליך אקטיבי של דיכוי) הצגת הגירוי המותנה לבדו (הצליל) ללא הצגת הגירוי הבלתי מותנה (נשמיע מספר פעמים רק את הצליל ללא הבשר ונבחן את הריור). התגובה המותנית, הריור, תרד בעוצמתה עד שתעלם (חשוב לציין כי תהליך הלמידה אינו נעלם לחלוטין).
- **החלמה ספונטנית** - מלמדת אותנו כי המוח עדיין זוכר את האסוציאציה. נציג שוב את הגירוי המותנה (לאחר שעות מסוימות) ונראה כי עוצמת התגובה לגירוי גבוהה יותר מזו שהייתה בסוף שלב ההכחדה. ההחלמה הספונטנית מוכיחה כי הלמידה הקודמת לא נמחקה, אלא נותרה למידה חדשה לא לבטא את התגובה בקונטקסט הזה.
- **החלמה ספונטנית דחיה** - נצפה לתגובה לגירוי חלשה יותר מהקודמת. זו היא החלמה ספונטנית אחרי החלמה ספונטנית.

### ההבדל בין UCR (תגובה בלתי מותנית) ל-CR (תגובה מותנית)

לכאורה זו הבחנה מיותרת שכן זו אותה התגובה, אך לא בהכרח, במקרים מסוימים התגובה תהיה הפוכה. לדוגמה, תרופות או סמים גורמות לתגובה מסוימת, והגוף מכין את התגובה ההפוכה. לדוגמה, שתיית קפה גורמת להאצת קצב הלב, ולכן עצם ההתניה (התגובה המותנית) גורמת להאטת קצב הלב כהכנה לכך שהוא עתיד להיות מואץ בהמשך.

### גישות/מחקרים בנושא

1. הניסוי של פבלוב (כאמור)

**x - הצמדה**

	UCS- (אין בשר)	UCS+ (יש בשר)
CS+ (צליל)	<b>x</b>	<b>x</b>
CS- (אין צליל)	<b>x</b>	

התנאי הקריטי לפי פבלוב הוא הצימוד של CS+ עם UCS+. מצב זה קרוי "חיזוק"

## 2. הניסוי של רסקורלה:

### ניסוי של רסקורלה:

קבוצה 1 ~~x~~ - הצמדה

	UCS-	UCS+
CS+	x	x
CS-	x	

יש גם חיזוקים וגם יכולת ניבוי

קבוצה 2 ~~x~~ - הצמדה

	UCS-	UCS+
CS+	x	x
CS-	x	x

יש חיזוקים ואין יכולת ניבוי

רוברט רסקורלה השפיע רבות על הלמידה הקלאסית. לפי פבלוב, הלמידה נוצרת על ידי הצמדה בזמן - הצגת הגירוי המותנה קצת לפני הגירוי הבלתי מותנה, והצימוד הזמני שלהם הוא זה שאחראי ללמידה. לעומתו, רסקורלה טען שהמערכת הרבה יותר נבונה ופחות מכנית ממה שתיאר פבלוב, לטענתו המערכת משתמשת במידע לצורך חיזוי. לדוגמה - אם יש צליל שמודיע לכלב כי תכף עתיד להגיע בשר, כדאי לו לייצר ריר כדי להתחיל בתהליך העיכול מבעוד מועד. לרסקורלה היה רעיון מעניין, ובאמצעותו הכריע בין התיאוריה שלו לבין התיאוריה של פבלוב. הוא ערך ניסוי המבוסס על הניסוי של פבלוב. בניסוי של פבלוב הוצג גירוי לא מותנה (יש בשר או שאין בשר), ולפניו הופיע או לא הופיע הצליל. בניסוי של פבלוב יש ארבעה מצבים: צעדים בהם יש צליל ואחריו יש בשר, צעדים בהם יש צליל ואחריו אין בשר - בכדי לבחון את התגובה המותנית, צעדים בהם אין צליל ויש בשר וצעדים בהם לא קורים אף אחד מהדברים (אין צליל ואין בשר). לכן, הצליל הוא בעל ערך ניבוי סטטיסטי להופעת הבשר. כלומר, אם אין צליל בטוח אין בשר, אם יש צליל יש סיכוי שיופיע בשר (קיים קשר הסתברותי). בתנאי הזה אי אפשר להבדיל בין ההסבר של פבלוב לבין ההסבר של רסקורלה, שכן מצד אחד יש הצמדות ומצד שני יש ניבוי.

**מהלך הניסוי (רסקורלה)** - הנבדקים חולקו לשתי קבוצות, בקבוצה הראשונה שוחזרו אותם תנאים כמו בניסוי של פבלוב, ובקבוצה השניה הוספו צעדים בהם היה לא היה צליל, אך היה בשר. כלומר, נוצר מצב שיש חיזוקים אך אין יכולת ניבוי - לפעמים יש צליל ומופיע בשר, ולפעמים יש צליל ולא מופיע בשר. כלומר, אין יכולת ניבוי במצב הזה.

תוצאות הניסוי הראו כי רק הקבוצה שבה ה-CS מנבא את ה-UCS עברה תהליך למידה. למעשה, רסקורלה הגיע להבנה שהמוח שלנו מסוגל לאתר דפוסים וסדירויות סטטיסטיות בעולם.

כאמור, קבוצה 1 עברה תהליך למידה לעומת קבוצה 2, המקור להבדל התוצאות בין הקבוצות הוא יכולת החיזוי (הצליל לא מנבא כלום לגבי הופעת בשר). המוח שלנו (מוחות הנבדקים), מאתר חוקיות בסביבה ברמה הלא מודעת.

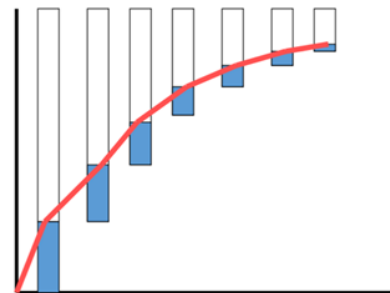
נזכיר כי יש שתי היפותזות לגבי הסיבה ללמידה:

- **חיזוקים** - אותם יש בשתי הקבוצות. לכן, היינו מצפים שיתקיים תהליך למידה בשתי הקבוצות. מכיוון שזה לא הסיפור, ניתן להסיק כי החיזוקים לא היו הגורם ללמידה.
- **ניבוי** - בקבוצה העליונה יש ערך ניבויי, מכיוון שכשיש (- CS), בטוח שלא יהיה בשר. זאת אומרת שאם אין צליל, בטוח שאין בשר. אם יש צליל (+ CS), אולי יהיה בשר (שכן יש הסתברות שיהיה בשר, או שלא יהיה בשר). כלומר, הופעת הצליל מלמדת על ההסתברות שיופיע בשר. לכן, הכלב אמור לרייר בשלב הזה, שכן יש אפשרות שעתיד להגיע בשר. הדבר הזה לא קיים בקבוצה 2, וזה מה שהתנה את תהליך הלמידה.

רסקורלה צדק- ככל שכושר הניבוי חזק יותר, כך הלמידה תהיה חזקה יותר. המסקנה הנרחבת, היא שהמוח שלנו הוא מכשיר חכם המאתר סדיריות סטטיסטיות וסוגי חוקיות בעולם כל הזמן. בהתאם לאותן הסקות סטטיסטיות, משתנה התנהגותנו בהתאם. לדוגמה- עננים מנבאים צפי לגשם.

### התיאוריה של רסקורלה ווגנר

המוח מייצר ניסויים ומנסה להקטין את טעויות הניבוי. כאמור, הוא מנתח סטטיסטית את העולם, מאתר חוקיות סטטיסטיות ומשתמש בהן בכדי לנבא את המתרחש. כל זה קורה באופן אוטומטי. בכל צעד נלמדת פרופורציה קבועה של מה שנותר ללמוד (למידה = יכולת חיזוי). עקומת הלמידה- בכל צעד ניסויי אנחנו לומדים אחוז קבוע של מה שנותר עדיין ללמוד. לדוגמה, תחילה נלמד 10% מתוך 100%, אחר כך נלמד 10% מתוך 90%, אחר כך נלמד 10% מתוך 80% וכן הלאה. לכן, תהליך הלמידה הוא מהיר בהתחלה ואיטי לקראת הסוף - יש פחות ללמוד, לכן תהליך הלמידה איטי יותר. מכאן נובע העיקרון של 80-20: אם נשקיע במשהו שלמדנו בו פחות, תהליך הלמידה וההשתפרות יהיו מהירים ומשמעותיים יותר.



### אחרי הביהביורזם - גישת הלמידה של קלארק הול

הוא ארגן את השיטה שלו בהתחשבות במה שהביהביורזם לא התחשב בו - משתנים מתערבים. המשתנים שיכולים לשנות את הקשר בין הגירוי לתגובה. המטרה שלו הייתה לייצר נוסחה מתמטית שתאפשר לנו לנבא מה הסיכוי שתגובה מסוימת תיווצר. בסיס התיאוריה- אנו מונעים מדחפים (משתנים בלתי תלויים) כשהמטרה של הגוף היא להגיע לאיזון ולכן הוא פועל להורדת הדחפים האלה (ע"י סיפוק שלהם). בסופו של דבר אם יש לי את הערכים של המשתנים הבלתי תלויים שלי ושל המשתנים המתערבים (אינם ניתנים לצפייה ישירה ונשארו בהגדרה 'היפותטיים') אוכל לחשב מה הסבירות שתגובה מסוימת תופיע, מה תהיה החוזקה שלה ומהי המהירות בה תופיע.

סוגי המשתנים המתערבים :

1. **כוח ההרגל** - עוצמת הקשר בין גירוי לתגובתו לאחר התנסות מרובה. ככל שגירוי מלווה על ידי חיזוק יותר פעמים, כך עיצוב ההרגל ועוצמת הקשר בין גירוי ותגובה גדלים.
2. **הנעה** - מצב שדוחף אורגניזם לחפש גירוי. מייצג מצב זמני אשר נוצר כאשר נמנע מהגוף לקבל משהו נצרך כגון אוכל, מים, הקלה מכאב וכו'. ככל שהתגמול יותר גדול, כך עוצמת ההנעה יורדת. לדוגמא: חתיכת לחם לא תפחית את ההנעה של אדם רעב לעומת ארוחה שלמה עם 4 מנות.

3. **מוטיבציה תמריצית** - תגובתו של אורגניזם תשתנה בהתאם לגודל התגמול (מעין שדרוג של משתנה ההנעה - תמריץ גדול יותר = מוטיבציה גבוהה יותר).

השיטה של הול לא צלחה בשל מורכבותה שכללה חישובים מתמטיים, והסברה הייתה שניתן לחשב משתנה מסוים באמצעות נוסחה של משתנה אחר. אך לשיטה זו היה פגם - כאשר רצו לנבא התנהגות על ידי ניתוח תוצאות של ניסוי שהתבצע, פעמים רבות לא הצליחו. הוא הסביר זאת בכך שהשיטה מראה מגמה כללית אבל לא מראה מספרים מדויקים עקב השונות בין בני האדם.

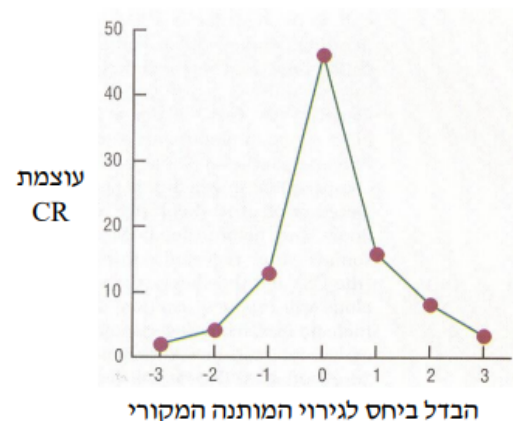
#### טולמן והמפה הקוגניטיבית- ביהיוריזם תכליתי

טולמן האמין כי צריך להתחשב במשתנים קוגניטיביים המתווכים בין גירויים לתגובות כגון: המחשבות שלנו, אמונות, מצבי רוח, מוטיבציה להצלחה ועוד רבים, אשר משחקים תפקיד חשוב בקביעת התגובות שלנו לגירויים. לגישתו ניתן השם "**ביהיוריזם תכליתי**" - שילב בין הגישה הביהיוריסטית לגישה שלפיה התגובות מושפעות מתהליכים קוגניטיביים המובילים לתגובה ההתנהגותית. לתגובה זו יש מטרה- הוצאה לפועל כדי להשיג מטרה מסוימת. לפי טולמן ניתן למדוד את התהליכים הללו באמצעות צפייה בהתנהגותו של אדם או בחוויה שלו מגירוי ספציפי. לדוגמא: ניתן ללמוד כי לתבשיל מסוים יש טעם יותר טוב אם מוסיפים תבלינים מסוימים או 3 פלפל חריף (ולא 2 נניח), ולכן כשנכין את התבשיל שוב נשתמש באותם רכיבים באותם כמויות. במידה וכל תבלינים והפלפל שנוספו אינם משפרים את הטעם של התבשיל, נפצח בניסוי וטעייה ונוסיף רכיבים נוספים או שנפחית מהרכיבים שנוספו בפעם הראשונה. **החוויה שלנו משפיעה על ההתנהגות שלנו**. בעקבות ניסוייו הוא הגיע למסקנה כי חולדה העוברת בריצה במבוך מורכב אינה לומדת רצפי תגובות אלא מפתחת מפה קוגניטיבית- ייצוג מחשבתי של מערך המבוך.

#### תופעות נוספות הקשורות ללמידה קלאסית

##### למידת הכללה -

תופעה בה המערכת מגיבה לא רק לגירוי מסוים, אלא גם לגירויים הדומים לו. כלומר, נוצרת תגובה מותנית בתגובה לגירוי קרוב/דומה לגירוי המותנה, התגובה קרובה בעוצמתה לתגובה המותנית לגירוי המותנה המקורי. ככל שהגירוי יהיה שונה מהגירוי המקורי, כך עוצמת התגובה תפחת ביחס לתגובה המקורית. לדוגמא: צליל חזק אופנוע מאיץ נשמע דומה נורא לצליל של אזעקה.

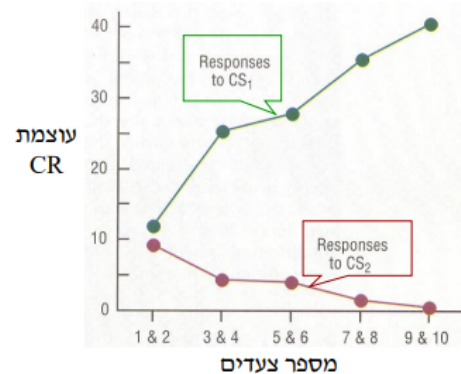


##### למידת הבחנה -

לפי עקרון ההכללה, גירויים מאוד דומים ייצרו תגובה דומה. לעומת זאת, אם נחזק רק אחד מהם, ניתן ליצור ביניהם הבחנה. כלומר, חיזוק של גירוי מותנה אחד בזמן החלשת האחר יגרום לתגובה עוצמתית



יותר עבור הגירוי המחוזק והפחתה של הגירוי המוחלש. עם הזמן, התגובה המותנית לגירוי אליו היא מקבלת חיזוקים תגבר בעוד שהתגובה עבור הגירוי אליו היא לא מקבלת חיזוקים תרד.



### - הצללה shadowing

מי שהגה את הרעיון הוא ג'ון גרסייה. מהתיאוריות שערערו על התיאוריות הביהביוריסטיות הראשונות כיוון שמאששת את הגישה הקוגניטיבית שקיימת נטייה מולדת לכיוון גירויים מסוימים. ההיסטוריה האבולוציונית מטילה על דברים מסוימים צל ומונעת מהם להילמד. התופעה גורמת לכך שכאשר שני גירויים עוברים התניה במקביל, אחד יותנה במידה רבה יותר.

### ניסוי התניית הימנעות מטעם (ניסוי הבודק הצללה):

לקחו מכרסמים ונתנו להם צירוף של אור, צליל וטעם. נתנו להם לשתות נוזל שהיה עם טעם מתוק בזמן שהוצג להם צליל ואז אור, ומיד אחרי זה הזריקו להם חומר שגרם להם לבחילה. השאלה היא מה הם ילמדו לקשר כגירוי שמייצר בחילה כיוון שהוצגו שני גירויים מותנים: טעם (מתיקות) ומראה (הושמע צליל ואור הנדלק בעת הליקוק).

\*אנחנו לא יכולים לשאול אם הם מרגישים בחילה, אך אנחנו יכולים לראות מה הם יבחרו לשוב ולשתות.

### מהלך הניסוי:

1. בהתייחסות לטעם - תחילה נתנו להם שתי אפשרויות: מיכל מים מתוקים ומיכל בלי טעם. כאן הבחירה היא על סמך הטעם. הנחה: אם טעם מסוים גורם לחיה לבחילה אז היא רק תטעם אותו, תפסיק ותלך למיכל השני. החיות שלמדו לקשר, כלומר חשו בחילה, נמנעו מללקק מים עם טעם.
2. בהתייחסות לצליל ואור - כעת, הוצגו 2 מיכלים של מים. כל פעם שהחיה מלקקת בכלי אחד היא מקבלת צליל ואור בצימוד הזה ובכלי השני לא. אם היא למדה לצמד צליל לאור, היינו מניחים שהחיה תלקק את המים פעם אחת ולאחר מכן לא תיגע בזה מתוך החשש שיבוא טעם מר. התגלה כי אין לחיות העדפה, לא משנה להן אם יש אור וצליל.

הממצאים מראים שמכרסמים לומדים לקשר את הבחילה לטעם ולא לאור וצליל. כלומר הם עובדים רק לפי טעם (הממצא אינו מפתיע כיוון שהם חיים בחושך בתעלות ובחרים את האוכל על פי טעם). על כן, חוש הראיה הוא לא כל כך דומיננטי אצלם. גם אנחנו לא נאכל שוב משהו שבעבר גרם לנו לבחילה. במילים אחרות, הטעם "מטיל צל" על האור והצליל.

כאשר מבצעים את אותו הניסוי עם עופות, התוצאה תהיה הפוכה. עופות בוחרים אוכל באור יום וממרחק. אצל ציפורים הממצאים הראו בדיוק ההיפך - למדו לקשר לצליל ולא לטעם. כלומר אנחנו מתוכנתים אבולוציונית לקשר בין גירויים.

\*לא כל CS הולך עם כל UCS. תלוי בתשתית האבולוציונית של המין שלנו שמותאם לנו. מעיד על נטיות מולדות אבולוציוניות, ובכך מפריך את ההנחה הביהביוריסטית שכל האורגניזמים עובדים על

פי עיקרון דומה. כלומר, בן אדם לא נולד טבולה ראסה והוא לומד לקשר בחילה על סמך טעם ולא על סמך תכונות אחרות.

## למידה אופרנטית

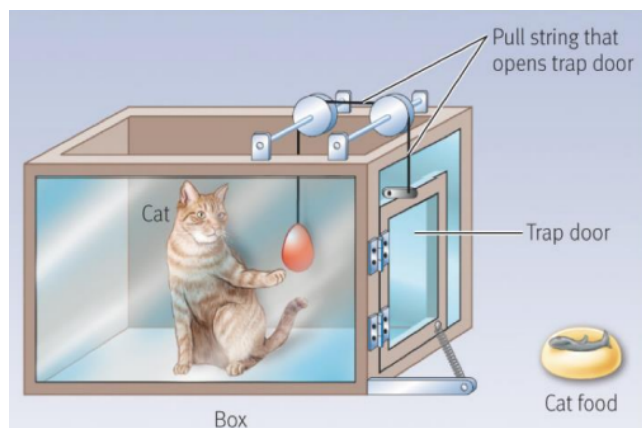
למידה בה האורגניזם לומד לקשר בין ההתנהגויות היזומות שלו (אופרנטיות) לבין התוצאות שלהן בעולם (לעומת למידה קלאסית המלמדת לקשר בין שני גירויים סביבתיים ובלתי נשלטים). הרעיון הוא שכאשר אנחנו יוזמים פעולות, ההיסטוריה של ההצלחה של הפעילויות בעבר עוזרת לנו לדעת איזו התנהגויות ליזום. מי שגילה את התופעה הוא תורנדייק. המאמרים שלו יצאו בסוף המאה ה-19.

### הניסוי של תורנדייק

חתול רעב הושם בתוך כלוב. הכלוב היה בנוי כך שברגע שמפעילים משהו (כפתור, ידית...) נפתחת הדלת שלעברה השני יש אוכל.

החתולים זזים הרבה בתוך הכלוב ומתישהו במקרה הם מפעילים משהו ככה שאיכשהו שנפתחת הדלת. הניסוי נערך מספר פעמים תוך תצפית ותזמון הזמן שלקח לחתול בכל פעם לפתוח את הדלת.

מכך הפיק תורנדייק עקומת למידה מעט מבולגנת שיורדת במגמה ברורה. היא יורדת כיוון שהמשתנה הנמדד הוא כמות הזמן שלקח לחתול לפתוח את הכלוב.



בעקבות ניסוי זה פיתח תורנדייק מספר עקרונות:

1. **עיקרון התוצאה effect of law** - התנהגות המובילה לתוצאה מוצלחת מחוזקת עד שהיא ננקטת באופן אוטומטי לטובת התוצאה. (מה שהשתלם לי בעבר יותר סביר שאעשה בהמשך). כלומר, מתרחשת מעין **ברירה טבעית של ההתנהגויות** - ההסתברות של התנהגויות אופרנטיות (יזומות) המובילות לתוצאות רצויות בעולם עולה, על חשבון התנהגויות אחרות שנכחדות. התנהגות שמייצרת תוצאה רצויה, לעולם ההסתברות שלה תעלה. הסיכוי שאני אפעיל משהו שעבד לי בפעם הראשונה גדול. למידה אופרנטית היא התנהגות יזומה אשר מובילה לתוצאות חיוביות.
2. **ניסוי וטעייה error and trial** - מפיקים עוד ועוד התנהגויות שונות עד שלבסוף מוצאים את ההתנהגות הרצויה.

3. **למידה (וזיכרון)** - ההסתברויות השתנו (ההסתברות של ההתנהגות הרצויה עולה) ולכן נקודת הפתיחה בכל שלב נוסף היא לא זהה. לומדים משלב אחד לשלב הבא. (המוח זוכר את התוצאה החיוביות ובכך בעתיד ישתנו ההסתברויות).

יישום של אלגוריתם (עיקרון או שיטה לפתרון בעיות) אבולוציוני לגבי התנהגויות הפרט:

- **ניסוי וטעיה:** כמו מוטציה - יוצר שינוי במגוון ההתנהגויות (חלקן עובדות וחלקן לא). אם הפרט ייצור כל הזמן את אותה התנהגות הוא לא ילמד. העיקרון פה דומה לעקרון באבולוציה - מה שמייצר ניסוי וטעיה זה מצבים מקריים ומטרתם היא להביא לתוצאה הרצויה (התוצאה הרצויה משתווה להבאת צאצאים פוריים). יוצר מגוון - לא נשחזר את ההתנהגות שלנו באופן מדויק מאחר והזיכרון שלנו לא מושלם, לכן אנחנו זוכרים בערך ומשחזרים התנהגות דומה. אם היינו מבצעים אותה התנהגות לא הייתה נוצרת למידה. הלמידה נוצרת בגלל שהשחזור לא מושלם. (כמובן שיש זיכרון. כמו באבולוציה. אבל הוא לא משחזר במדויק).
- **אילוצים** (רק התנהגויות מסוימות מצליחות) - כמו ברירה טבעית, חלק מהפרטים יותר מתאימים לסביבה. גם כאן יש לנו התנהגויות שונות שחלקן מביאות לתוצאה הרצויה וחלקן לא. ההתנהגויות שמביאות לתוצאות הרצויות הן יותר הישרדותיות ולכן ההסתברות שלהן עולה.
- **למידה** - כמו העברת מטען גנטי בתורשה, למידה אופרנטית לא מתייחסת לתהליכים אשר יש לגביהם תובנה, אלא להצלחה אקראית שדורשת פחות ופחות ניסיונות וזמן ככל שחוזרת על עצמה. שיטה בזבזנית אבל מבטיחה בהסתברות מאוד גבוהה שיהיה פתרון.

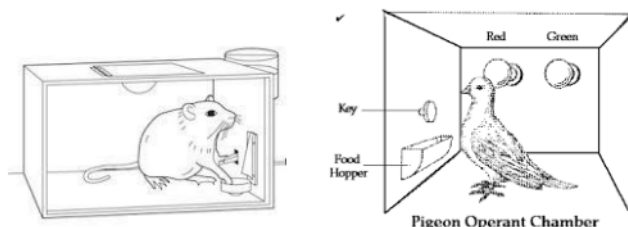
למידה מתרחשת אצל יצורים שחיים די הרבה זמן. האבולוציה מביאה אותם לעולם עם מעט ידע, אך האינטראקציה עם העולם מאפשרת להם להתאים את ההתנהגויות לסביבה המתאימה.

**רלוונטיות מרכזית:** אורגניזמים מאמצים התנהגויות שהולידו תוצאות רצויות בעבר. למשל, אם גדלת בסביבה שבה התנהגות עבריינית מביאה לתוצאות רצויות, למדת להתאים את ההתנהגויות לסביבה.

## סקינר

חוקר מרכזי בתחום הלמידה האופרנטית, אשר בנה תיבה ממוכנת בה יש התקן המאפשר לחיה לקבל תגמול (בדומה לכלוב של תורנדייק), אך גם בעלת אמצעים מכניים למעקב אחר דפוסי הלמידה של החיה. כלומר, הוא מצא שיטה אוטומטית ממוכנת לחקור התנהגות אופרנטית שמאפשרת לעקוב אחרי התנהגות של מספר חיות ולא אחת.

## תיבת סקינר



הכלי בו האורגניזם נמצא (היכל/כלוב/ קופסה/ אקווריום) ובו אלמנט שמתאים לאותה החיה כך שהיא תוכל להפעיל אותו. וניתן לשלוט במה יקרה כשהוא יופעל. לדושה יש מונה, שמודד לבד את מספר הפעמים שהחיה הפעילה אותו, כך שאין צורך לצפות בתיבות. (האלמנט מותאם לחיה - דושה

לעכבר, כפתור לציפור) תחילה בודקים כמה פעמים באופן ספונטני החיה מפעילה את אותו האלמנט. כמות הפעמים מגדירה את מצב ההסתברות לאותה ההתנהגות לפני הלמידה (זהו שיעור הבסיס). בשלב הבא, ברגע שהחיה מפעילה את האלמנט נותנים לה צ'ופר כלשהו (אוכל/מים) – מה שרואים זה שהחיה מתחילה לעשות זאת יותר ויותר. למעשה האלמנט מחובר למונה. השכיחות של אותה התנהגות אופרנטית עולה. מקבלים למידה אופרנטית. סקינר למד כי הוא יכול ללמד בעלי חיים לעשות דברים שהם לא היו עושים באופן ספונטני.

**הקונטינגנציה המשלושת The three term contingency** – הוגדרה ע"י סקינר, זוהי מערכת יחסים בין:

1. האירוע המקדים – הגירוי המפלה – מכין את הקרקע עבור התגובה (טלפון מצלצל), מתוך למידה מניסיון עבר (בעבר האירוע הזה הביא השלכות חיוביות).
2. התגובה – ההתנהגות אופרנטית – התגובה לאירוע (לענות לטלפון)
3. האירוע המגיע – התוצאה של ההתנהגות האופרנטית (הקול בצד השני של הקו).

האירוע המגיע הוא התוצאה של ההתניה האופרנטית. אלו **ההשלכות הקונטינגנטיות**, המיוצרות ע"י ההתנהגות שהיא התגובה לגירוי המפלה (=גירוי המפלה לתגובה כלשהי)

### ההבדל בין למידה קלאסית ללמידה אופרנטית

בלמידה קלאסית, אנו לומדים לקשר בין גירויים בעולם, מתבצעת למידה להשתמש בגירויים מותנים בכדי לחזות גירויים בלתי מותנים. בלמידה אופרנטית, אנו לומדים לקשר בין התנהגויות יזומות לתוצאותיהן בעולם (התנהגות אופרנטית=התנהגות יזומה). למידה אופרנטית היא מעין בסיס לתהליכי קבלת החלטות.

### עיצוב התנהגות - shaping

מקרה פרטי של למידה אופרנטית. בלמידה אופרנטית לא מייצרים התנהגות אלא מגבירים תדירות של התנהגות נדירה ואילו בעיצוב התנהגות מייצרים התנהגות שלא הייתה קיימת כלל אצל האורגניזם. ההתנהגויות הן לא משוכפלות בדיוק אותו הדבר לכן ככל שהאורגניזם מתקרב להתנהגות הרצויה הוא מתוגמל. למשל, הסרטון על התרנגולת שמנקרת את הקלף של המלכה. התנהגות הניקור כבר קיימת, אך ניתן לשנות את ההסתברות של התנהגות קיימת. ועל כן מדובר בלמידה אופרנטית. בעיצוב התנהגות יוצרים התנהגות שלא הייתה קיימת כלל, כלומר לא טבעית לבעל החיים ולא הייתה קיימת אצלו קודם לכן. על ידי התווית התנהגות יעד (אותה אנו רוצים לייצר), ותגמול בעל החיים ככל שהוא מתקרב לאותה התנהגות. כלומר, בעלי החיים מקבלים חיזוק רק כאשר יש התקדמות בהתנהגות (אך לא מקבלים פרס על חזרתיות של אותה התנהגות – רק על "שבירת שיא").

### סוגי תגמולים

- **חיזוק:** אירוע שמעלה הסתברות לביצוע התנהגות מסוימת.
- **עונש:** אירוע המפחית הסתברות לביצוע התנהגות מסוימת.

### הבחנה בין חיזוק לעונש

**הבחנה נובעת מהתוצאה: התוצר** – האם ההתנהגות גברה או פחתה. אין לזה שום קשר לאם זה נעים/ לא נעים. כלומר, חיזוק ועונש הם מושגים ניטרליים ונקבעים על ידי אופן ההשפעה שלהם על תדירות ההתנהגות המסוימת. (למשל – אם אנחנו צועקים על ילד והדבר הוביל לכך שהילד צעק עוד יותר אז נתנו לו חיזוק – ביצוע ההתנהגות עלה).

## הבחנה בין חיובי לשלילי

מה שמבחין בין חיובי לשלילי הוא האם נתנו או גרענו משהו. **חיובי:** תגובה מתרחשת או מופיעה כתוצאה להתנהגות. (כאשר נותנים/ מוסיפים משהו – והאירוע מופיע). כלומר אם צעקנו על ילד זה חיזוק חיובי. **שלילי:** תגובה מפסיקה או נעלמת כתוצאה מההתנהגות. (מפחיתים משהו או משהים אותו – האירוע מופסק) – למשל לא נתנו לילד שלנו ללכת לבקר חברים אז זה שלילי.

## ארבעת השילובים האפשריים

- **חיזוק חיובי –** מתן משהו מסוים למישהו, בכדי להגביר את ההסתברות שההתנהגות/פעולה תתקיים. דוגמה- ילד שהתנהג יפה בבית הספר וקיבל ציון גבוה ומקבל פרס. אם כתוצאה מהפרס, הוא יגדיל את כמות הפעמים שהוא מביא ציונים טובים, הפרס יהיה חיזוק חיובי.
- **חיזוק שלילי –** להפסיק/להפחית/להשהות פעולה מסוימת, בכדי להגביר ולהגדיל את ההסתברות להתנהגות/ פעולה אחרת. לדוגמה- לקחת כדור כדי להפסיק כאב ראש. דוגמה נוספת- ילד שמוותרים לו על סידור החדר במידה אם הוא מקבל ציון טוב.
- **עונש חיובי –** כתוצאה ממתן משהו מסוים/ביצוע פעולה מסוימת, קטן הסיכוי להתנהגות אחרת. לדוגמה-אם ילד נגע באש וקיבל כוויה, הוא לא יגע שוב באש.
- **עונש שלילי –** מניעה של משהו, כדי להוריד את ההסתברות שאירוע מסוים יקרה. לדוגמה- למנוע מילד לפגוש את חבריו, כדי לגרום לו להפסיק לשחק עם כדור בתוך הבית (או כל התנהגות אחרת).
- **חיזוק מותנה (משני)-** חיזוקים שניתן להמיר אותם בחיזוקים ראשוניים (כמו שניתן להמיר כסף באוכל, הכסף הוא החיזוק המשני והאוכל הוא הראשוני-עיקרי). נוצר בעקבות ההתניה הקלאסית.
- **עונש מותנה (משני)-** גירוים ההופכים לעונש על ידי קישור עם אירועים מעוררי תחושת אי נעימות. (סירנה- עונש מותנה כי אחריו מגיע שוטר/דוח תנועה, זהו העונש הראשוני). נוצר בעקבות ההתניה הקלאסית.

## נקודות חשובות

- גם חיזוקים חיוביים וגם חיזוקים שליליים מגבירים את הסיכוי שתגובה מסוימת תקרה שוב. למרות זאת, חיזוק חיובי כלול בגירוי אפטיבי (משהו רצוי- שהחיה תעבוד בשביל לקבל אותו), וחיזוק שלילי כלול בגירוי אברסיבי (משהו שהחיה תעבוד כדי להימנע ממנו, להפסיק אותו).
- חיזוק שלילי הוא לא עונש. לעומת חיזוק, באמצעות עונשים האורגניזמים לומדים רק איזה פעולות לא לעשות. (עונשים לא מלמדים את האורגניזם את הפעולות הרצויות).
- **ההבדל בין חיזוק לעונש הוא התוצאה שלו בעולם, ואילו ההבדל בין חיובי לשלילי הוא התערבות הנסיין – האם נלקח משהו או ניתן משהו בכדי להגביר/להפחית את ההתנהגות.**
- חשוב להגדיר את ההתנהגות אותה נרצה להגביר/להפחית בתחילת התהליך. בנוסף, לעיתים לא ניתן לדעת בהכרח אם יתבצע חיזוק או עונש, נדע זאת רק לאחר בחינה האם ההסתברות עלתה או ירדה. דוגמה, כאשר שני אחים רבים בבית, אמא שלהם צועקת על אחד מהם בכדי שיפסיקו לריב. האמא חשבה שפעולה זאת תגרום להם להפסיק לעשות זאת, אך בפועל, אותו הילד קיבל הרבה תשומת לב מהצעקה ומבחינתו זה שווה את זה. הוא מעדיף לקבל תשומת לב.

כלומר עלינו לבחון אם ההתנהגות (התוצאה בעולם) הפסיקה או התחזקה בתגובה לאירוע שחל או הפסיק, וההגדרה תוגדר לפי כוונת המלמד ולא לפי תפיסת המלומד.

בתור מלמד אני צריך להגדיר מה היא התנהגות היעד שאני רוצה לפחית/להגביר. כך ניתן להבין באיזה שיטה נקטתי והתוצאה תגיד לי אם הם שליליים/ חיוביים.

מהגדרת שיטת הלמידה עולה בעיה- אי אפשר לדעת מראש מה יהיה חיזוק ומה יהיה עונש. נדע רק לאחר שנראה אם ההסתברות עלתה או ירדה. דוגמא - הילד מתנהג לא יפה אני צועק אליו מתוך כוונה להפסיק את ההתנהגות הזו אבל בפועל הוא רק צועק ומתנהג עוד יותר לא יפה - המטרה שלי הייתה להחליש את ההתנהגות (להעניש) ובפועל מה שקרה זה שחיזקתי את ההתנהגות - היא התגברה.

כלומר, המטרה שלי הייתה להחליש את ההתנהגות אבל רק התוצאה בפועל - ההתנהגות שקורית כתגובה, תגדיר אם ביצעתי עונש או חיזוק, (ולא מה הייתה המטרה מלכתחילה).

זהו בעצם הקשר בין התנהגות יזומה של האורגניזם - החלטתי לקחת כדור כי כואב לי הראש - לבין התוצאות שלה - הפחית לי את כאב הראש.

סוג	הגירוי	הגירוי/מוצג/מוסר	בעקבות התנהגות	השפעה	דוגמה
חיזוק חיובי	נעים	מוצג	רצויה	הגברת ההתנהגות	אם לאחר למידה התקבל ציון גבוה במבחן, אזי המקרים של למידה לפני מבחן יגברו.
חיזוק שלילי	בלתי נעים	הוסר	רצויה	הגברת ההתנהגות	אם עזיבת חדרך במעונות מרחיק אותך משותף רעשני, אזי הזמן שתבלה הרחק מחדרך יגבר.
עונש חיובי	בלתי נעים	מוצג	לא רצויה	הפחתת ההתנהגות	אם המרצה שלך מביך אותך משום ששאלת שאלה, אזי הסבירות שתשאל שהסבירות שתשאל שאלות בכיתה ירד.
עונש שלילי	נעים	הוסר	בלתי רצויה	הפחתת ההתנהגות	אם החברה או החבר שלכם מונעים מכם חיבה בכל פעם בה אתם צופים בטלוויזיה, הזמן שתבלו מול הטלוויזיה יפחת.

#### חיזוק יוצר תוצאות "טובות" ועונש יוצר תוצאות "רעות".

תוצאה "טובה" יכולה להיות קבלת משהו אפסטיבי (רצוי) / מניעת משהו אברסיבי (חיזוק שלילי).

תוצאה "רעה" יכולה להיות גם מתן משהו אברסיבי (עונש) או מניעת משהו רצוי (אימון השמטה).

- **מחיר תגובה:** ירידה בתדירות התגובה לאחר הפסקת הגירוי האפסטיבי. סוג של עונש, לדוגמא, הערה לא מתאימה בשיחה(התנהגות), מונעת חיור של האדם שמולך (חיור-גירוי אפסטיבי).

- **אימון השמטה (omission training):** התנהגות מונעת גירוי חיובי - הסרת משהו כך שתהיה ירידה בתדירות התגובה.

### התניה אברסיבית (דוחה)

גם מאורעות שליליים (אברסיביים) נמצאים בשימוש בהתניה, דרך ענישה (הסבר ההגדרה למעלה). לענישה מספר חסרונות:

1. השפעותיה אינן אינפורמטיביות באותה מידה כמו תוצאות של גמול (אומרת: "הפסק זאת" אך אינה מציעה חלופה). האורגניזם עלול להחליף את התגובה הבלתי רצויה בתגובה אחרת, גם היא בלתי רצויה.
  2. ענישה מביאה דרך ההתניה הקלאסית לתחושות פחד או סלידה מפני האדם המעניש או מקום התרחשות הענישה.
  3. ענישה קיצונית או מכאיבה עלולה לעורר התנהגות תוקפנית, שתהיה חמורה יותר מן ההתנהגות הבלתי רצויה המקורית.
- ענישה יעילה כאשר היא: מיידית, ניתנת מיד לאחר התגובה הבלתי רצויה ואינפורמטיבית-תגובה חלופית זוכה לתגמול.
  - ענישה היא אמצעי יעיל להכוונה מחודשת של התנהגות, משום שהיא אינפורמטיבית, ונראה שזהו המפתח לשימוש יעיל והומאני בענישה.

### התניה אופרנטית בבני אדם

- שליטה באמצעות הוראות - בנוסף להשפעת החיזוקים על ההתנהגות. ההתנהגות האנושית מושפעת גם מהוראות וחוקים ביום יום (בישול לפי מתכון, נסיעה לפי הוראות כדי להגיע למקום חדש וכו').
- שוויון בגירוי (Stimulus equivalence) - היווצרות התנהגות חדשה, למידה, מתוך שוויון בין גירויים (לא דרך חיזוק ישיר).  
דוגמא: אם  $A=B$  ו- $B=C$ , האם  $C=A$ ?  
אנו נענה שכן, מתוך למידה קודמת (דרך חיזוקים ישירים ללמידה של  $A=B$  ו- $C=B$ ).  
זוהי דרך להבנה ושימוש בסמלים ובשפה.  
דוגמא:  $A=$  הצבעה על תמונה של כלב,  $B=$  לומר "כלב" - למידה  $A=B$ , אח"כ  $C=$  המילה הכתובה "כלב" - למידה  $A=C$ . לבסוף תהיה למידה כי  $C=B$  למרות שזה לא נלמד במפורש.

### עקרון פרמק

ההגדרה של חיזוק ועונש היא בעייתית כיוון שהיא **מעגלית** והופכת לבלתי שימושית. מדובר בבעיה עקרונית - הגדרה מעגלית המובילה להסברים מעגליים (הסבר מעגלי הוא הסבר ריק מתוכן).

במקרה זה, ההגדרה כפי שהיא לחיזוק הינה משהו שמגביר התנהגות. הסבר להתנהגות- העלייה בהתנהגות נגרמה עקב החיזוק. כלומר, העלייה בהתנהגות נגרמה עקב מתן משהו שמגביר התנהגות. מכאן שהגדרת החיזוק היא הסבר נטול מתוכן, אין פה שום הסבר כיוון שהטיעון מעגלי ולא ניתן לחזות מראש מה יהווה חיזוק ומה יהווה עונש. כשיש כשלים לוגיים התיאוריה לא רלוונטית ולכן נוצר צורך להגדיר חיזוק ועונש בצורה בלתי תלויה.

פרמק פתר את המעגליות בכך שסיפק שיטה לפיה ניתן לדעת מראש מהו החיזוק באופן בלתי תלוי בתוצאות.

**העיקרון:** בכל צמד התנהגויות, השכיחה יחסית מהווה חיזוק עבור הנדירה יחסית (והנדירה יחסית מהווה עונש עבור השכיחה יחסית).

כדי לדעת מהו חיזוק אני צריך שיטה מראש שתגדיר לי מהו חיזוק. פרמק יצר **הבחנה בין פעולה המהווה חיזוק לבין פעולה מחזקת** וכך הגדיר שבעצם החיזוק, למשל בדוגמאות הקודמות האוכל שניתן לחולדה, הוא לא האוכל אלא פעולת האכילה של החולדה.

כשאנחנו מבצעים פעולה של חיזוק יש לנו 2 התנהגויות:

1. ההתנהגות שאנחנו רוצים לחזק אותה (לחיצה על דוושה)
2. ההתנהגות השנייה היא ההתנהגות שהיא החיזוק (פעולת האכילה), ולא אוכל.

הדרך שלנו להסתכל על זה היא כך – ההתנהגות שהיא יותר שכיחה מהווה חיזוק עבור זו שהיא יותר נדירה. פרמק קבע כי השכיחות היחסית בין שתי פעולות היא הקובעת מהו החיזוק ומה הפעולה המחוזקת.

פירוט נוסף של הסבר הדוגמא על החולדות – החולדה אוכלת לעיתים קרובות (הפעולה השכיחה היא האכילה) והנדירה היא הלחיצה על הדוושה (מדי פעם היא נתקלת בדוושה ולוחצת עליה). השכיחה מגדירה את ההסתברות של הנדירה – את זה אנחנו יודעים מראש. ואז ניתן לבדוק אם זה מחזק או לא מחזק.

### ניסוי תומר - ניסוי פרמק

- פרמק לקח ילדים ואפיין את התנהגותם. מה שהילד מרבה לעשות באופן ספונטני (התנהגות שכיחה), ניתן לו לעשות כשהוא מפגין התנהגות רצויה (ישמש כחיזוק). בתחילת הניסוי, צפו בילדים שנתנו להם לאכול ולשחק כמה שהם רוצים וכך חילקו אותם לילדים שיותר נוטים לאכול ולילדים שיותר נוטים לשחק:
- עבור ילדים שמשחקים: ההתנהגות השכיחה היא המשחק והנדירה היא האכילה. נתנו להם לשחק רק לאחר שאכלו וכתוצאה מכך אכלו יותר.
  - עבור ילדים שאוכלים: ההתנהגות השכיחה היא האכילה והנדירה היא המשחק. נתנו להם לאכול רק לאחר ששיחקו וכתוצאה מכך שיחקו יותר.

### **מנצלים התנהגות שכיחה יחסית בשביל להגביר התנהגות נדירה.**

#### סוגי חיזוק

1. **חיזוק מלא:** תגמול לכל הופעת התנהגות רצויה – כל פעם שיש את ההתנהגות שאנחנו רוצים לחזק, אנו נותנים לה חיזוק.
2. **חיזוק חלקי:** תגמול רק לחלק מהפעמים שמופיעה ההתנהגות הרצויה – לא תמיד אנו נותנים חיזוק להתנהגות שאנו רוצים לחזק. דרך מתן החיזוקים החלקיים:

קצב קבלת החיזוק			
משתנה Varied (V)	קבוע Fixed (F)		
Varied Ratio (VR)	Fixed Ratio (FR)	מס' תגובות Ratio (R)	ניסוי החיזוק
Varied Interval (VI)	Fixed Interval (FI)	מרווחי זמן Interval (I)	



- על בסיס קבוע F - כל מספר פעמים אני אתן חיזוק חיובי (כל לחיצה חמישית של החיה בתוך תיבת סקינר)
- על בסיס ערך ממוצע V - בממוצע כמה פעמים אני אתן את החיזוק (כל לחיצה חמישית בממוצע).

הקבוע יכול להתבסס על:

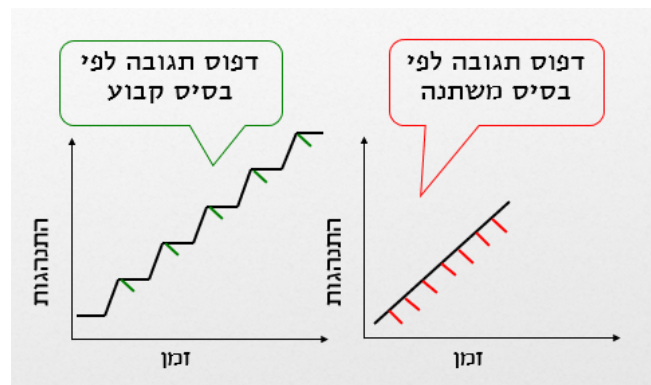
- על בסיס מספר תגובות R - כל לחיצה חמישית.
- על בסיס פרק זמן I - פעם בשתי דקות.

### דוגמאות:

- **FR3** - חיזוק כל תגובה שלישית
- **VR3** - חיזוק כל תגובה שלישית בממוצע
- **FI2min** - רווח קבוע של שתי דקות בין חיזוק לחיזוק (למשל משכורת- מגיעה פעם בחודש קבוע).
- **VI2min** - רווח ממוצע של שתי דקות בין חיזוקים

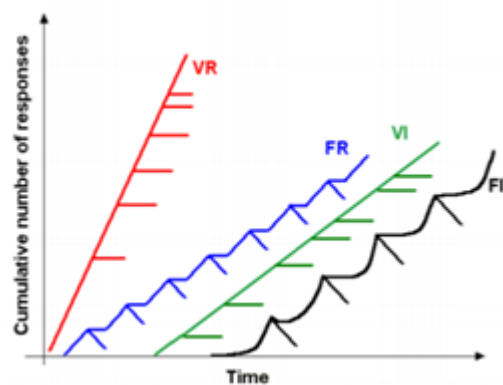
### התוצאות

דפוסי תגובה:



### בשלב הרכישה-

ציר ה- $\gamma$  מציג את כמות הלחיצות המצטברת וציר ה- $x$  מציג את משך הזמן. ישנם שני סוגי גרפים לשני סוגי המצבים.



- **בסיס משתנה של חיזוקים VI,VR** - הגרף האדום והירוק. דפוס התגובה לפי בסיס משתנה של חיזוקים יהיה עליה מתמדת בתגובות הרצויות. למעשה קצב העבודה הוא אחיד ומהיר מכיוון ולא ניתן לדעת מתי יינתן התגמול.
- **בסיס קבוע של חיזוקים FR, FI** - הגרף הכחול ושחור. גרף התגובה יהיה מדורג, יהיו הפסקות בתגובה ישר לאחר מתן החיזוק. לדוגמה - FI12min, אם כל שתי דקות יתקבל חיזוק, אפשר ללחוץ רק לקראת הזמן הקבוע ולא לאורך כל הזמן. כאשר הבסיס הוא לפי מספר תגובות - קיימת תופעה פחות הגיונית, החיה עובדת בקבלנות - כמה שיותר תגובות רצויות כך תקבל יותר אוכל - אך היא עדיין עוצרת. הביהביוריסטים קוראים לזה "אמונות טפלות".

#### בשלב ההכחדה-

בשלב ההכחדה החיזוקים מופסקים. **כשהחיזוק הוא על בסיס משתנה**, שלב ההכחדה הוא מאוד איטי. כשזה על בסיס קבוע, ההכחדה מהירה. ההיגיון העומד מאחורי תופעה זו הוא שהחיה רגילה כל שתי דקות לקבל חיזוק, היא מבינה שהיא לא מקבלת חיזוק - וזהו, הסיטואציה השתנתה. כשהחיזוקים על בסיס משתנה, יותר קשה לה לצפות מתי יגיע החיזוק, ולכן תהליך ההכחדה לוקח זמן יותר. הדבר נובע מבסיס של אי וודאות-האם החיזוקים הפסיקו, או עדיין יש סיכוי לקבלת סיכויים? הדבר גורם להכחדה איטית.

**הכחדה על בסיס חיזוק חלקי אקראי** הוא מה שקורה למהמרים. הימורים הם בדיוק חיזוק חלקי על בסיס משתנה. לכן, קשה להיגמל מהימורים וזו הסיבה שהם ממכרים. דוגמה נוספת היא מה שקורה במערכות יחסים מחורבנות-רוב הזמן מחורבן, ועל בסיס אקראי זה כיף. לכן, מאוד קשה להפסיק כאלו מערכות יחסים כי הן ממכרות מאותן סיבות.

#### התנאים לסוגי הלמידה השונים

תנאי	התניה קלאסית	התניה אופרנטית	הערות לתנאי
זמנים	CS ה מופיע לפני UCS ה - הפרש אידיאלי 0.5 שניה. + ניבוי רציף- CS ה את CR ה	אירוע מקדים -> תגובה -> חיזוק	
יחס סיבתיות	ההתנהגות היא סיבתו של גירוי מסוים. בסוף CS ה צריך לקרות ללא CR ה ולהוביל לתגובה הרצויה.	ההתנהגות היא סיבתו של תגובה צפויה מסוימת.	
השפעה ביולוגית	דוגמא: חולדות מסתמכות על טעם לבחירת מזון, בעוד כאב קשור לגורמים חיצוניים.	דוגמא: אצל יונים התניה של ניקור תרחש בהקשר של חיזוק המספק צרכים - מזון.	לפי הגישה האתולוגית - חיות "מתוכנתות" מראש ללמוד דברים מסוימים בדרכים מסוימות בהתאם לביולוגיה שלהן, כך שההתניה צריכה להיות מותאמת לביולוגיה.

	<p>ההתניה תלויה בכך שהאורגניזם יפרש את החיזוק כנשלט ע"י תגובתו - שהשליטה בידי.</p>		<p>שליטת האורגניזם</p>
--	--	--	----------------------------

## למידה מורכבת- שילוב של התניה קלאסית ואופרנטית

### למידת בריחה ולמידת הימנעות

- **למידת בריחה - התנהגות המתרחשת על מנת להפסיק גירוי בלתי נעים.** דוגמא לניסוי: חיה בתוך כלוב בעל שני חלקים, בחלק בה היא נמצאת מחשמלים את הרצפה (תחושה לא נעימה אך לא מזיקה לחיה). מצב זה גורם לחיה ישר לברוח לצד השני של הכלוב. מדובר בחיזוק שלילי.
- **למידת הימנעות -** בשונה מלמידת בריחה, הנועדה להפסיק גירוי בלתי נעים המתרחש בהווה (ללא חשיבה לטווח ארוך), למידת הימנעות נועדה למנוע כליל את המגע עם הגירוי הבלתי נעים, לפני שהוא מתרחש, בהנחה שהוא אכן עומד להתרחש בעתיד. שינוי קל אבל מאוד משמעותי על הפרוצדורה של למידת בריחה. דוגמא- לפני שנותנים שוק חשמלי (שינוי הדוגמא של למידת בריחה), נותנים אזהרה כלשהי (צליל, אור זכו'), וכתוצאה מזה מה שרואים זה שהחיות לומדות לעבור לצד השני ולהימנע מהשוק. לכן, זה נקרא "למידת הימנעות".

פרדוקס ההימנעות - הלמידה מתעצמת גם כאשר החיה מפסיקה לחוות שוקים. מודל זה מייצר בעיה בתיאורית הביהביורזם, כי כדי להבין את הפרדוקס חייבים להניח שיש זיכרון והבנה של הסיטואציה (בעיה רצינית למי שמניח שמדובר בקופסא שחורה שעובדת על רפלקסים). מודל זה מסביר התנהגויות אנושיות- הרבה פעמים אנו נמנעים מלעשות דבר מסוים, וההימנעות הזו מתחזקת למרות אין לנו כבר מה להימנע ממנו. כשמשוה עושה לנו רע ואנחנו מתחילים להימנע ממנו זה הולך ומחריף, לדוגמה אדם שהוא חרד חברתית יימנע מסיטואציות חברתיות גדולות, ואז יימנע מסיטואציות חברתיות קטנות, ואז יימנע מסיטואציות חברתיות ככלל. התרופה להתנהגות הימנעותית היא **חשיפה**. לעשות בכוח, ולא להימנע. (טיפול ב-OCD הוא חשיפה הדרגתית לדברים שלגביהם האדם אובססיבי).

### למידת פוביות והכחדה

פוביה היא תגובת חרדה מתמשכת המתקשרת לאירוע או לאובייקט, וככזו היא נחשבת להפרעת חרדה. פוביות עמידות מאוד בפני הכחדה. לדוגמא, אדם המפחד מג'וקים - גם אם יראה ג'וק ולא יקרה כלום הוא עדיין יפחד. פסיכולוגים טוענים כי זה קשור לחיבור העדין שבין ההתניה הקלאסית להתניה האופרנטית, בשילוב עם תגובת בריחה. הכחדת פוביות נעשית בתהליך של חשיפה, בו חושפים את הנבדק לאט לאט לגירוי המותנה ללא הגירוי הבלתי מותנה, כך שילמד שהגירוי אינו מביא לתגובה המותנית.

### למידת חוסר אונים

מרטין זליגמן- אבי הפסיכולוגיה החיובית.  
מצב פסיכולוגי הנוצר בעקבות חוויות מרובות של היעדר שליטה, בהן אין לפרט יכולת לשנות מצב

בלתי נעים. במקרים אלו תחושת חוסר האונים נוצרת לאור התפיסה שאין תלות בין התגובות של הפרט לבין התוצאות הלא נעימות אותן הוא יחווה. במקרה של חוסר אונים נרכש, הפרט מקבל את מצבו הלא נעים, ללא כל ניסיון להוביל לשינוי. הרעיון הוא שיש שלב א' ושלב ב' - למידת בריחה א' ולמידת בריחה ב'.

- למידת בריחה ב' היא בדיוק כמו למידת הבריחה שלמדנו עד עכשיו.
- בלמידת בריחה א' מבצעים ניסוי על שלוש קבוצות של כלבים:
  1. **קבוצת ביקורת** - כלב נמצא בכלוב, ולא חווה שום גירוי.
  2. **קבוצה 1** - כלב נמצא בכלוב ומקבל שוקים חשמליים. בהינתן לחיצה על דוושה השוק החשמלי מופסק, לכן הכלב לומד ללחוץ על הדוושה כשהוא מרגיש את השוק החשמלי במטרה להפסיקו.
  3. **קבוצה 2** - כלב נמצא בכלוב צמוד לכלוב של הכלב בקבוצה 1 ומקבל שוקים חשמליים באותו התזמון. ההבדל הוא שאין באפשרותו של הכלב בקבוצה 2 להפסיק את השוקים, אין לו שליטה על הסיטואציה בשום צורה. הכלב לומד כי אין לו שליטה על המצב, זו היא למידת חוסר אונים.
- לאחר השלב הראשון של הניסוי, עושים לכלבים למידת בריחה סטנדרטית. מפעילים שוב את השוקים החשמליים, הפעם על שלושת הקבוצות. התוצאות היו כי הכלב מקבוצת הביקורת וקבוצה 1 ניסו לברוח לצד השני ואילו הכלב השלישי שכב ולא זז- הוא למד כי הוא במצב של חוסר אונים.

בלמידה מסוג זה, אנו למדים האם יש לנו שליטה על מה שקורה לנו, מודל זה מתבטא הרבה בחיינו בהיבטים חיוביים ושלייליים:

- **מבחינה חיובית**, למידת חוסר אונים היא דבר נכון במצבים שבהם באמת אין טעם להתעמת עם הסיטואציה. (ישיבה בטיסות, הרצאות וכו).
- **מבחינה שלילית**, למידת חוסר אונים מלמדת אותנו כי אין לנו שליטה על המצב. מודל זה יכול להתבטא במצבים רבים בחיים בהם האדם שרוי במצב של חוסר אונים ואף מצוקה ואינו מודע לאפשרות של לברוח, הוא למד כי אין ביכולתו לשנות את המצב. לדוגמה- נשים מוכות.

## צפייה וחקוי

מחקרים מראים שחקוי זוהי נטייה מולדת. לדוגמה, ציפורים רבות לומדות לחקות את הצליל של ציפורים מאותו הסוג. במידה ואותן ציפורים יתרחקו מהקבוצה שלהן (בבגרותן) הן לא ישירו את הצליל נכון. לעומת זאת, אם הן ישמעו את השיר (בצורתו הנכונה) הן כן ידעו לחקות את הצליל ולשיר אותו כראוי. אפשר ללמוד מכך שהן למדו איך לשיר את הצליל אבל הסביבה הנוכחית שלהן לא הגבירה את הצורך שלהן לשיר את השיר כראוי. התנהגויות יכולות להירכש גם על ידי צפייה. התופעות לפיהן אנחנו מרגישים תחושות הצלחה לא רק מגיעות מחוויות אישיות ותגובות חיוביות אלא גם מצפייה באנשים מקבלים תגובות חיוביות. צפייה זאת נקראת "**תגמולים מנצחים**", וחלקים בקורטקס הפרה-פרונטלי משתתפים בתהליך למידה זה.

בנסיבות נורמליות למידה תוך צפייה לא דורשת חיזוקים חיצוניים, למעשה יש הוכחות שחקוי התנהגויות אצל אחרים אמור להיות תהליך מחזק בעצמו. לעומת זאת, במקרים מסוימים זה יכול להיות תהליך הדורש חיזוק חיצוני. דוגמה נוספת לכך היא אצל ילדים בעלי פיגור, גילו כי צפייה וחקוי זו דרך טובה ללימוד התנהגות (כמו מחיאת כפיים).

## למידה רדודה/עמוקה

הדיכוטומיה הנחקרת ואולי האמינה ביותר בפסיכולוגיה של למידה, היא זאת של עיבוד רדוד אל מול עיבוד עמוק. בלמידה רדודה יש דגש על זכירת עובדות יותר מאשר על הבנתן. בלמידה עמוקה לעומת זאת, יש דגש על הבנת החומר הנלמד, יותר מאשר הגישה הישירה של לזכור אותו. \***דיכוטומיה** - כל חלוקה ממצה ומוציאה של קבוצה לשתי תת-קבוצות משלימות. כלומר, כל איבר שהיה חבר בקבוצה המקורית יהיה חבר באחת משתי תת-הקבוצות החדשות, ושום איבר לא יהיה חבר בשתייהן.

חוקרים הציעו 5 הגדרות ללמידה:

1. למידה היא אמצעי לרכישת ידע
2. למידה היא אמצעי לאחסון ידע (-זיכרון) שניתן יהיה להשתמש בו אחר כך
3. למידה היא רכישת עובדות, ידע ושיטות
4. למידה היא הבנת ההגיון או מיצוי המשמעות של החומר
5. למידה היא תהליך המסייע בפירוש והבנת המציאות

ממחקרים עולה כי לתלמידים שאופיינו בלמידה רדודה - מתאימות 2 ההגדרות הראשונות, ולתלמידים בעלי למידה עמוקה - מתאימות 2 ההגדרות האחרונות.

## שינה

(תרגול)

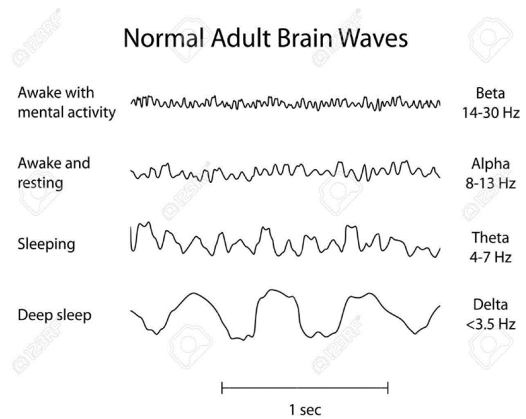
איך חוקרים שינה?  
- לרוב המחקר יתקיים במעבדות שינה.  
במהלך השינה הנבדק מחובר לאלקטרודות הבודקות את הפעילות החשמלית שלו.  
יכולה להימדד ב- (emg, egg, וב- eog).

## שלבי שינה

ישנם שני מצבי שינה:

### 1. שינת non-REM:

- שלב 1: שלב ראשוני של ישנוניות, מעבר מערות לשינה.
- שלב 2: שינה שטחית, ירידה בטונוס שרירים, ירידה בהכרה וירידה בקצב הלב. התעוררות קלה מאוד. שלבים 3+4 (slow wave):
- שינה עמוקה המאופיינת בגלי מוח איטיים וארוכים (delta). הפעילות המטבולית של המוח יורדת ל-75% מזו שמקיימת בזמן ערות ואפשר להגיד ש'המוח נח'.
- תגובתיות נמוכה לסביבה.
- יהיה קשה להעיר אדם שנמצא בשלב זה, גם אם יתעורר הוא יראה מבולבל.
- שלב זה מגיע לאחר כשעה מתחילת הכניסה לשינה ונמשך כחצי שעה.



התהליך:

nonREM : שלב 1 -> שלב 2 -> שלב 3 -> שלב 4 -> שלב 3 -> שלב 2 -> שלב 1 -> REM.

## 2. שינת REM-

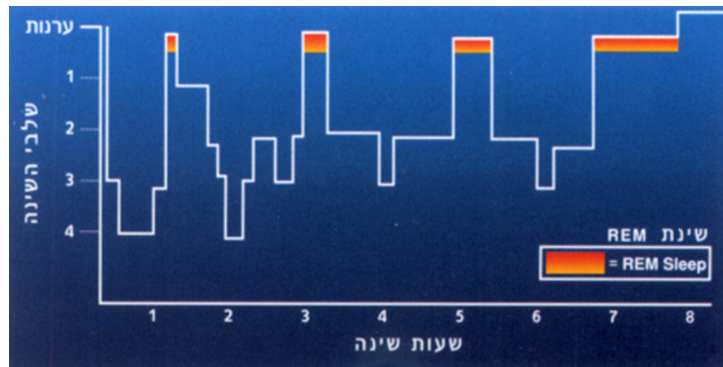
### rapid eye movement

- נקרא גם **שינת חלום**- השלב בו אנחנו יכולים לדווח על חלומות נרטיביים (סיפוריים).
- מדד EEG זהה לזה של מצב ערות פעילה- זה נראה כאילו הבן אדם ער.
- דופק לא סדיר
- נשימה שטוחה והתנשפויות פתאומיות
- שרירים רפויים
- שיתוק שינה- כדי שלא נוציא לפועל את חלומותינו.
- אורך האפיזודה הראשונה הוא בין 20 ל-30 דקות
- ככל שמתקדמים במהלך הלילה שנת ה-REM מתארכת ושנת ה-slow wave מתקצרת.

שלב זה חשוב מאוד ללמידה וזיכרון- המוח עובד בשנת REM- חוזר על דברים, לומד דברים (חלמתי בלילה על הפתרון למבחן- קורה באמת).

### חלימה

אדם שיעירו אותו באמצע שינת REM לרוב יעיד על חלום, לרוב בצורת סיפור-נרטיב מתמשך. בשינת slow waves אנשים לרוב לא יעידו על חלום, ואם כן הוא יתקשר יותר לסיטואציות ולא לסיפורים. לרוב הסיטואציות יהיו לא נעימות (למשל תחושת נפילה/חנק).



החלקים הכתומים מייצגים אורך שנת REM- ככל שאורך שנות השינה גדלות- אנחנו עושים יותר שנת REM.

## קונסולידציה- התגבשות זיכרון

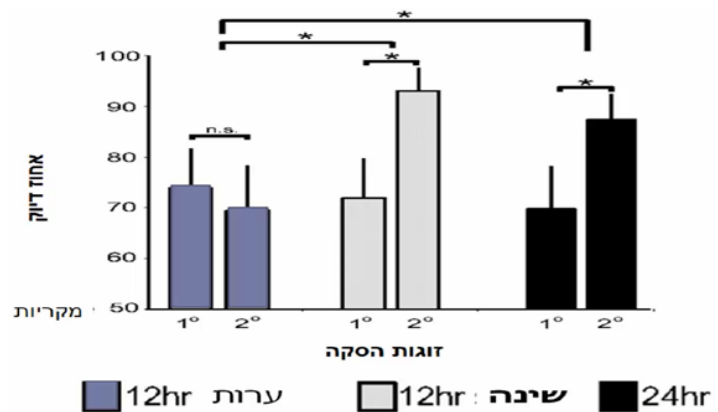
חלק ניכר מהלמידה שלנו מתבצע בצורה בלתי מודעת, כאשר החומר עובר תהליך של עיבוד הבנה והפנמה.

- מחקר שבחן את חשיבות השינה השתמש בבעיות טרנזיטיביות. אם  $A \rightarrow B$  ו-  $B \rightarrow C$  אז  $A \rightarrow C$ .
  - הציגו לאנשים זוגות של גירויים שלא נחשפו אליהם וכל פעם לימדו אותם צמדים.
  - לאחר מכן בחנו כיצד אנשים מצליחים לקשר ולענות נכון על זוגות ההסקה ( $A \rightarrow C$ ).
- 4 תנאים:

1. מבחן אחרי 20 דקות
2. מבחן אחרי 12 שעות ללא שינה
3. מבחן אחרי 12 שעות עם שינה
4. מבחן אחרי 24 שעות ללא שינה

### תוצאות המחקר

- הנבדקים בתנאי של ה-20 דקות לא הצליחו לעשות את ההסקה (52% הצלחה, מקרי- לא באמת למדו משהו).
- נבדקים שחלף אצלם זמן כן הצליחו לפתור את זוגות ההסקה, כלומר מערכת פנימית עשתה סדר, דברים שקעו.
- בתנאי של 12 שעות ללא שינה הביצועים זהים בין הסדר הראשון (הסקה פשוטה) לסדר השני (הסקה יותר מורכבת).
- בתנאי של 12 שעות עם שינה ו-24 שעות עם שינה, פער מובהק בין ביצועים סדר ראשון לסדר שני, לטובת הסדר השני!



עמודות שמאל- סדר ראשון, עמודות ימין- סדר שני.

### מה אנו למדים מזה?

- בהקשר התיאורטי - יש תהליכים מסוימים שמתרחשים בעיבוד מידע שלוקח להם זמן, שזקוקים לזמן הבשלה, וזה מתבצע הכי טוב כשאנחנו ישנים.
- מכאן ניתן להסיק על ההקשר הפרקטי: צריך לישון טוב כשאנחנו לומדים.

יש כל מיני תהליכים המתרחשים בשנת REM שבהם המוח משתמש כדי לעבד מידע, גם לעבד רגשות לצורך העניין, לדוגמה טראומה.

לא מעודדים אנשים ללכת לישון לאחר **טראומה**.  
 מה שקורה בטראומה- נוצרים לנו חורים בזיכרון. מה שעושים היום בטיפול- דיברייפינג- תחקור של מה קרה במהלך האירוע. כך מייצרים לו רצף. לאחר שיצרנו רצף- האדם יכול ללכת לישון ולגבש את הזיכרון עם רצף.  
 החורים בזיכרון- הם אלו שמפריעים לנפגעי טראומה. אם אנחנו נותנים לאדם ללכת לישון אחרי הדיברייפינג- אנחנו מפחיתים את הסיכוי לחורים.

### מניעת שינה

שינה נדרשת לפעילות מוחית וגופנית תקינה.

- מניעת שינה לאורך זמן פוגעת בפעילות המערכת החיסונית.
- תפקוד ירוד במטלות הדורשות פעילות קורטיקלית לאחר יומיים של מניעת שינה.
- ביצועים גרועים במטלות הדורשות דריכות, ערנות וקפדנות.
- פגיעה בשליפה מהזיכרון.
- הגבלת שינה ל-50% מפחיתה חברותיות ואופטימיות בכ-15%.
- לאחר 52 שעות חסך פוחתת היכולת לזהות ריחות.
- מניעה של שנת REM הראתה האטה ביכולת למידה של מטלות מורכבות בחיות.
- פגיעה ביכולת נהיגה- נהיגה נפגעת מעייפות כמו מאלכוהול.

### שעון ביולוגי

- רוב המערכות בגוף עובדות לפי שעון ביולוגי עם סדר מסוים, כאשר מתקיימים הבדלים אינדיבידואלים בין אדם לאדם.
- יש אנשים פעילים יותר אשר מעדיפים יותר את שעות הלילה ויש אנשים שיותר פעילים ומעדיפים את שעות היום.
- השעון הביולוגי השונה גורם לנטיית לישון מאוחר יותר ולקום מאוחר יותר (טיפוסיים ליליים) או ללכת לישון מוקדם ולקום מוקדם (טיפוסי בוקר).

**יש הבדלים בינאישיים בצורך של שינה. אין כמות שעות שינה אחת לכולם, יש אנשים שצריכים יותר מזה ויש אנשים שצריכים פחות.**

- שעון המקצב הצירקדי - אחראי על התאמת פעילות היצור לתזוזת השמש ביממה. ממוקם בתחתית ההיפותלמוס - הגרעין העל תצלוּבתי SCN, שם הנוירונים פועלים ביום ולא פועלים בלילה. אלו יוצרים את מחזורי השינה והערות.
- \* גם אם נשאר כמה ימים בחדר חשוך והשעון "ישתבש" כשנצא לשמש הוא יחזור לתקינות-"יתכוון מחדש", בשל הקשר של הSCN עם השמש.
- שעון השולט במחזורי הREM ושנת הגלים האיטית - מהיר (90 דק' סהכ) ולא מושפע מהשמש.

### שינה וזיכרון

- אחר מספר ימים ללא שינה הזיכרון לטווח הקצר (קורטקס) יפגע אך לא לטווח הארוך (היפותלמוס). תופעה: **קונסולידציה - איחוד זיכרון תלוי שינה** - sleep dependent memory consolidation - השינה עוזרת לנו לגבש את מה שלמדנו כשהיינו ערים, כל שלב עוזר למשהו אחר:
- שלב 2 - יכולת מוטורית
- REM - הבחנה ויזואלית, זיכרון רגשי, זיכרון לא הצהרתי
- שנת גלים איטית, שלבים 3+4 - זיכרון מילים (זוגות מילים, מיקום מרחבי, וזיהוי)

למה אנחנו חולמים?



- **הסבר דינמי – פריוד** – החלומות נוצרים לאור קונפליקטים פנימיים בין רצונות לא מודעים למוסכמות חברתיות הטבועות בנו. הרצונות הלא מודעים מצונזרים ובאים לידי ביטוי בעלילה שאינה הגיונית, והם מבטאים יצרים פנימיים שלא יכולים להתממש במסגרת מגבלות החברה. הבעיה בתיאוריה – שאי אפשר להוכיח אותה או להפריכה. לכן תופסת פחות משמעות כיום.
- **הסבר פיזיולוגי – הובסון** – החלום נובע מתוך פעילות בגזע המוח-הפונס המפריש אצטילכולין. הפעילות במערכת הראייה יוצרת תזוזות מהירות של העיניים ודימויים שונים של תמונות. החלום הוא בעצם ניסיון של חלקים "הגבוהים" יותר בקורטקס להסביר פעילות אקראית שמגיעה מאזורים נמוכים יותר = המצאת סיפור (החלום) המחבר בין התמונות. התיאוריה העיקרית כיום.

## הפרעות שינה

### חוסר יכולת ליזום שינה או להישאר במצב שינה לאורך לפחות 3 לילות.

- 10% מהאוכלוסייה סובלים מההפרעה.
- יכול ליצור מצוקה ופגיעה בפונקציות גופניות, חברתיות ותעסוקתיות.
- האבחנה תינתן בהתאם לצרכי השינה של האדם עצמו (למשל בהשוואה למספר שעות השינה שהיו לפני תחילת המצוקה).
- אינסומניה כרונית (שנמשכת מספר חודשים) מקושרת עם עייפות, פגיעה ביכולת החשיבה ומצב הרוח ופגיעות להתפתחות של הפרעות נפשיות אחרות.

### גורמים אפשריים לאינסומניה

- לחץ מאירועי היום שלמחרת
- עירור יתר
- Sleep apnea – בעיקר במבוגרים. אנשים שלא מצליחים לישון ולנשום באותו הזמן, לכן בכל פעם שהם נכנסים לשינה עמוקה הם מתעוררים בתחושה של החנקות.
- גיל המעבר

### הפרעות התנהגות ב-REM

#### REM sleep behavior disorder

- היעדר שיתוק במהלך שנת REM
- האדם יפעל על פי החלום.
- לא מדובר על sleep-walking, שכן מצב זה מתרחש בעיקר ב-slow wave sleep.

### Narcolepsy

- נגרמת לאור חוסר יכולת של המוח לווסת את מחזורי השינה והערות.
- מתאפיינת בפרצי שינה בלתי צפויים במהלך היום, גם בזמן מצבים פעילים.

### Cataplexy

- קטפלקסיה – **שיתוק פתאומי** במהלך היום (גם בזמנים פעילים לדוגמא בספר) – האדם בהכרה מלאה אך משותק פיזית. ההתקפים נמשכים פחות מדקה, ונגרמים בדר"כ עקב רגשות עזים – כעס, צחוק, כלי. נגרמת לאור חוסר יכולת של המוח לווסת את מחזורי השינה והערות. ישנה בלוטה במוח המפרישה מלוטנין הגורם לנו לשינה.

### הפרעות שינה המקושרות עם שינת גלים נמוכים - (non-REM)

- סהרוריות, דיבור, ביעותי לילה והרטבת לילה – קורה בזמן שלב 4, בשלב העמוק ביותר, בגלים הנמוכים. ביעותי לילה – בעיקר אצל ילדים, **הילד מתעורר וצורח** מתוך בהלה, בלי שהוא מודע או זוכר את זה אחרי.

## סיוטים

כ-5% מהאוכלוסייה סובלים מסיוטים. נפוץ יותר אצל נשים. הגדרה- חוויות מנטליות מטרידות שמתרחשות בדרך כלל בשנת REM, אשר בעקבותם מתעוררים. מלווים ברגשות פחד, גועל, זעם, בושה.

## כרונוטיפים

"טיפוסי שינה" - לפי שעון ביולוגי. בכרונוטיפים הכוונה לעובדה שכל היצורים, ובכללם האנשים מחולקים לטיפוסים "מוקדמים" ו"מאוחרים" (יש גם "אמצעיים"), אלה בהתאמה אוהבים ללכת לישון מוקדם ולקום מוקדם או לישון מאוחר ולקום מאוחר (אצל מינים שונים זה בהתאם לשינויים האבולוציוניים). לפי מחקרים, תכונה זו היא מולדת ולא סביבתית.

- **אנשי הבוקר** - טיפוסים מצפוניים, אמינים, **יציבים**, בעלי תפקודים קוגניטיביים טובים בבוקר.
- **אנשי הלילה** - טיפוסים **יצירתיים**, **אינטליגנטיים**, לא יציבים (כנל במערכות יחסים), אימפולסיביים, לוקחים סיכונים, פחות מצפוניים ונעימים. לפי מחקרים-יותר מקושרים לפסיכופתיות ונרקיסים.

מחקר אחר הראה כי ההעדפה בין לילה לבוקר אינה נרכשת או סביבתית אלא מולדת ותורשתית.

## מודעות

### גישות פילוסופיות לתודעה

1. התודעה היא לא תופעה טבעית, אלא משהו על-טבעי שהאדם לא יכול להבין.
2. התודעה היא תופעה טבעית, היא חלק מתופעות המוח, אשר לא מספיק מתקדם להבין את עצמו ולכן אין למוח האדם את היכולת להבינה (צריך מוח מתקדם יותר).
3. גישה אופטימית- מאמינה שאכן האדם מודע, ושהתודעה מיוצרת על ידי המוח האנושי. זו גישה שמאמינה שיהיה אפשר להבין את התודעה.

### משמעותה של המודעות

- לפי **אלפורט** - חוויה פרטית שאי אפשר לשתף בה ישירות.
- **דיוויד צ'למर्स** (Chalmers) הבחין בין "הבעיה הקלה" ו"הבעיה הקשה".  
**הבעיה "הקלה"** - להבין איך המוח (והגוף) מייצר תפיסה, קוגניציה, למידה והתנהגות.  
**הבעיה "הקשה"** - להבין למה ואיך כל זה קשור בכלל לתודעה, ולמה מלכתחילה יש לנו את חווית התודעה.

### תיאוריות קוגניטיביות על מודעות

- תיאוריית מרחב העבודה הגלובלי (ברנרד בארס):  
המודעות שלנו מרוכזת באזור מרכזי - מרכז העבודה הגלובלי, המגשר בין תהליכים קוגניטיביים של התת מודע (חשיבה לוגית, שליפה מהזיכרון, יכולת תכנון, גיבוש כוונות ודיווח מילולי), כשאלו קורים הם מיידיעים את מתחם העבודה והוא מפיץ את המסר לשאר המערכת. על פי תאוריית זו, תכנים מנטליים מתחרים על גישה למרחב העבודה, כאשר הזוכים מיוחסים לחשיבה המודעת, והם מצליחים להגיע ל"לוח" שעליו מוצגת החשיבה באופן מודע. תיאוריה זו לא פותרת את "הבעיה הקשה".

### התיאוריה של דניאל דנט:

התודעה מורכבת מאוסף של טיטות הנוצרות מכל דבר שאנו חווים בחיים. התודעה היא כמו תסריט שכל הזמן עובר שינויים בהתאם לטיטות החדשות. תיאוריה מורכבת, שגררה הרבה ביקורת.

### תיאוריית 3 מרכיבי התודעה (שאנו):

1. תחושה שאתה חי, **ההגיון** (sensed being) – בעזרתו מבחינים בין האמיתי לבדוי, ובין הלא בדוי למת.

2. **ערות מנטלית/נפשית** (mental awareness) – ערים למחשבות שמתרוצצות בראשו.

3. רפליקציה – **שיקוף, התבוננות** (reflection) – אנו מודעים לחישובים ולניתוחי החיים המתרחשים בראשו.

מתחלק ל2 סוגים: \***מטה-הבחנות** (כל הנוגע למצבנו המנטלי) \***השגחה ושליטה** (ניתוח המחשבות, הדרכה ושליטה על הליך חשיבתנו).

- ביקורת: הגישה מסבירה מעט מאוד.

### דואליזם קרטזיאני

דואליזם היא האמונה שיש אספקט מסוים של ה-mind שאינו פיזי (הנשמה, הנפש). דקארט טען במאה ה-17 שהעולם הפיזי של הגוף ועולם התודעה הם שני עולמות נפרדים – עשויים מחומרים שונים. יש את העולם הפיזי ואילו הנפש שייכת לעולם אחר. כיצד הנפש מתקשרת עם המוח שלה? הקישור נעשה בבלוטת האצטרובל, שהיום אנחנו יודעים שהיא קשורה לערות ושינה, להפרשת הורמונים וכו'. אולם, גם זה לא פותר את הבעיה – גם אם נקבל את העבודה שבלוטת האצטרובל עושה את הקישור, היא עודנה מבנה פיזיולוגי ולא ברור מה מיוחד בה ומאפשר לה את היכולת לתקשר עם העולם הרוחני.

Eccles & Popper : אינטראקציוניזם דואליסטי – התיאוריה הדואליסטית הידועה ביותר בימינו היא של פופר ואקלס שטענו שיש Mind שהוא נפרד מהמוח הפיזי והוא משפיע על המוח שלו על ידי ביליוני אינטראקציות שמתרחשות בסינפסות. גם פה ניתן לשאול – מה מיוחד את הסינפסות כחומר קסום שיכול לתקשר עם העולם?

### מוניזם

האם הבעיה הקשה בכלל קיימת? אין משהו נפרד פיזי ולא פיזי, כלומר או שהכול פיזי או שהכול לא פיזי. מקובל להגיד שהכול פיזי ואם כן, למה יש לנו חוויה של משהו שהוא לא פיזי כמו ראייה לעומת הפריה מעולם הביולוגיה.

### מטריאליזם

המשמעות היא שהכל פיזי, אין סובייקטיביזם שאינו ניתן להסבר. לפי **צ'למרס**, קיימים שני סוגים של מטריאליסטים:

1. מי שטוען כי ניתן לענות על הבעיה הקשה באופן מטריאליסטי. אפשר לענות על השאלה הקשה על ידי שיטות המחקר של הפסיכולוגיה הקוגניטיבית ונירוקוגניציה. הפעילות של הניורונים היא בעצמה סובייקטיבית, כלומר הפיזי גורם לסובייקטיבי.

2. מי שטוען כי כלל אין בעיה קשה הנפרדת מהבעיות הקלות. כשנענה על השאלות הקלות, לא יישאר עוד על מה לענות. אחד מהם הוא **דנט**. לפיו, אין עוד רמה של מודעות. צורת ההסבר שלנו מסבירה תודעה. לדוגמא; אין משהו נפשי. דיכאון זו הגדרה שהומצאה על ידי בני אדם, יתכן והכל כימי במוח. כלומר, אין סובייקטיביות שלא ניתן להסביר. דנט האמין בתיאורית הטיטות המרובות – שיש הרבה טיטות שהן אוסף של מידע סנסורי. המודעות היא טיטות מרובות שנאספות יחד בנקודת זמן מסוימת.

**קשב** - מונח המתייחס לאוסף של יכולות קוגניטיביות המאפשרות ליצורים חיים להתמודד עם כמויות המידע העצומות המציפות את המערכת החושית ולהשתמש בו לצורך התנהגות הסתגלותית ומכוונת מטרה. זהו תהליך מורכב ודינמי של בחירה של הדברים שאליהם חשוב לשים לב, שיש לעסוק בהם וכדאי לזכור אותם מרגע אחד למשנהו.

מתבטא במיומנויות קוגניטיביות המאפשרות לאדם לקלוט מידע רלוונטי באופן שיוכל לעבד אותו, להסיק מסקנות ולבצע פעולות עתידיות המותאמות לדרישות הסביבה. הקשב עצמו מווסת על ידי **מנגנון פיקוח** המאפשר התאמה של סוג הקשב הדרוש לביצוע המשימה.

#### קשב סלקטיבי - Selective attention

היכולת להתמקד בגירוי אחד (חזותי/שמיעתי), תוך התעלמות מגירויים אחרים בסביבה (רעשים, מחשבות).  
לא כל המידע הנקלט באיברי החוש (**הזיכרון הסנסורי**), מגיע לתודעה שלנו. הזיכרון הסנסורי גדול בהרבה מהזיכרון לטווח הקצר אשר גדול מהזיכרון לטווח הארוך, לכן בסוף מה שמגיע לתודעה זה מה שתופס את הקשב שלנו.

מתבצע במספר דרכים:

1. באופן אוטומטי - לדוגמה קולות חזקים
2. בעת קבלת הוראות - כשמסיתים במכוון את תשומת הלב שלנו לדבר מסוים
3. מכוון מטרה בהתאם למטלה שאנו מבצעים - לדוגמה נהיגה.

#### ישנם מספר סוגי קשב עמם מתמודדת מערכת עיבוד המידע של כל אדם:

1. קשב סלקטיבי שמיעתי (מחולק לסלקציה קשבית מוקדמת וסלקציה קשבית מאוחרת)
2. קשב סלקטיבי חזותי (קשב גלוי, קשב סמוי)

#### קשב סלקטיבי שמיעתי - 2 מודלים של קשב סלקטיבי שמיעתי:

1. **סלקציה קשבית מוקדמת** - מאמינים כי **המידע באוזן הלא קשובה לא מוגדר כחשוב** ולא מועבר לניתוח תפיסתי, כלומר רק הגירוי בו מתרכזים כרגע מועבר הלאה לניתוח. -דוגמאות למודלים מוקדמים (רובם פותחו בשנות ה-50) - **שמיעה דיכוטית**.

#### האזנה/שמיעה דיכוטית

דיכוטי - חלוקה ל-2 חלקים. מתחבר לשמיעה סלקטיבית מוקדמת.

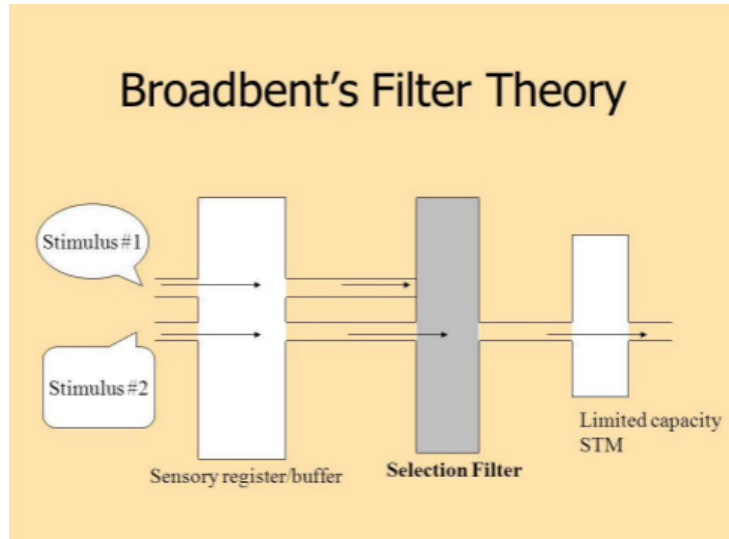
#### הניסוי של צ'רי - Cherry:

משמיעים לנבדקים גירויים שונים לכל אוזן בו זמנית. מבקשים מראש שיהיה קשוב רק לאחת האוזניים ויחזור על מה שהוא שומע באותה אוזן בקול רם, במהירות ובדיק האפשריים ובכך יוצרים ערוץ קשוב וערוץ לא קשוב. תוצאות המחקר מראות שהמידע שעבר לאוזן הלא קשובה הלך לאיבוד, הנבדק לא היה יכול לחזור אליו, הוא העיד כי שמע משהו אבל לא יודע מה הוא היה. הנבדקים לא הבחינו בהבדל כאשר השפה בה נמסר המידע באוזן הלא קשובה השתנתה. הוא יכול רק לשים לב למבטא חריג או האם האדם דיבר בקול גבוה או נמוך. הוכחות אחרות קובעות כי אם נשמיע באוזן הלא קשובה את שם הנבדק או תכנים בעלי אופן מיני מסוים הוא כן ישמע אותם. עובדה זו מעידה על כך שגם המידע בערוץ הלא קשוב עובר סינון מסוים.

מחקרים נוספים גילו כי מידע באוזן הלא קשובה בעצם נשמר בזיכרון המרומז (זיכרון שאנחנו לא

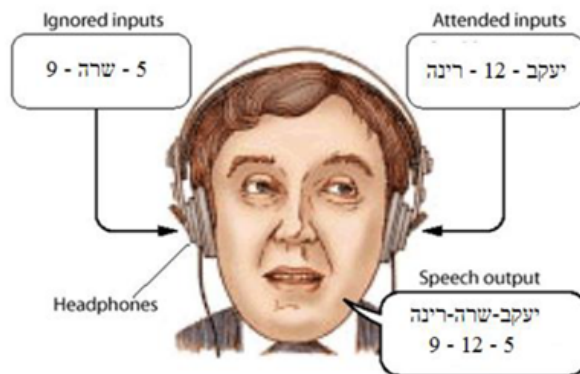
מודעים אליו), אך מילים מזיכרון זה לפעמים משתלבות ומבלבלות את מה שאנחנו באמת שומעים באוזן הקשובה. המידע באוזן הלא קשובה יכול להשפיע על הנבדק ויכול גם להשפיע על התהליך הוורבלי. כמו כן, גילו כי אנשים יכולים לעקוב אחר הודעה מושתקת.

המודל של ברודבנט (1958) - מודל הפילטר הקשבי - סלקציה מוחלטת - "הכל או כלום"



ברודבנט האמין שהקשב הוא כמו מערכת פילטרים (סנן) שמעבירה מידע מהזיכרון הסנסורי למערכות קוגניטיביות, כאשר רק חומר שנבחר יכול לעבור דרך הפילטר. זאת משום שהזיכרון קצר הטווח קטן בהרבה מכמות הגירויים הנקלטים, לכן קיים הפילטר הדואג לכך שהמידע שהזיכרון יקבל יהיה רק מהערוץ הסנסורי המעניין אותנו באותו הרגע. במילים אחרות, בכדי לא להציף את הזיכרון קצר הטווח ישנו הסנן שהוא הקשב שלנו, לכן אנחנו יכולים לשים לב הרבה פעמים רק לגירויים סנסוריים. (דוגמת האוזניות, מיקוד רק במידע מאוזן ימין, הנבדק נשאל מה נאמר באוזן שמאל - ידע לומר רק מה מין האדם המדבר וכו).  
 \*נקודה של נחשון: 2 הגירויים המהווים מאפיינים פיזיקליים נרשמים במקביל כי שם אין מוגבלות של המערכת. מה שמוגבל הוא מתן המשמעות - רק אחד יקבל משמעות.

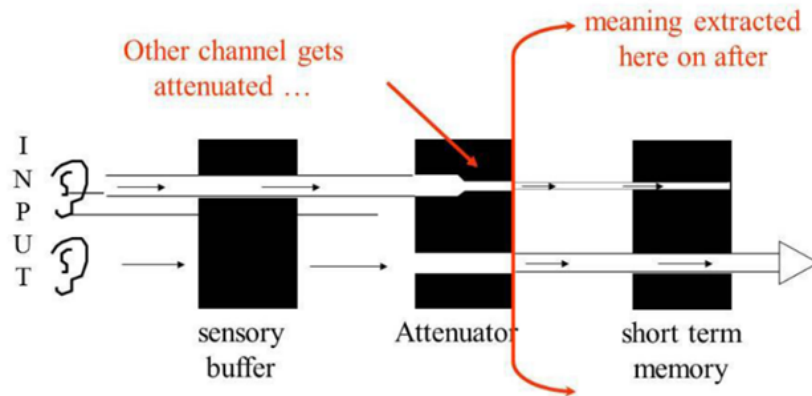
הניסוי של מוראי (1959) הוכיח שהמודל של ברודבנט לא נכון כי כאשר השמיעו לנבדק באוזן הלא קשובה את השם שלו ואחר כך המילים "החלף אוזן", הוא היה מסוגל להחליף את הקשב בין האוזניים.



לעומת זאת, לפי המודל של ברודבנט הוא היה אמור לא לקלוט את המילים האלו מכיוון שהושמעו באוזן הלא קשובה ו"לא עברו" דרך הפילטר. כך גם קרה כאשר באוזן הלא קשובה הופיעה מילה שקשורה למילים שנאמרות באוזן הקשובה. זאת אומרת, לפי הניסוי של ברודבנט אין עיבוד של

המידע הסנסורי ברמת המשמעות המגיע דרך האוזן הלא קשובה. זאת לעומת הניסוי של מוראי שהוכיח כי ישנו עיבוד של המידע הסנסורי ברמת המשמעות גם מהאוזן הלא קשובה. הפרכת המודל של ברודבנט (בעקבותיו הגיע המודל של טריזמן) מעיד על עיבוד מסוים ברמת המשמעות של המסר באוזן הלא קשובה.

המודל של טריזמן (1960) - מודל ההפחתה של טריזמן לקשב סלקטיבי, הנקרא סלקציה חלקית. שומר על הרעיון של סינון מוקדם המונחה בעיקר על ידי רמזים פיזיקליים.



אולם, שלא כמו במודל של ברודבנט, הפילטר **מחליש** את המידע הלא רלוונטי ולא חוסם אותו לחלוטין. טריזמן שיערה כי לכל מילה יש מעין סף זיהוי משלה, שככל שהוא נמוך יותר יש סיכוי גבוה יותר שהיא תצליח לפרוץ למודעות גם לאחר שהיא עברה החלשה. קלט שאנו קשובים לו יגיע לעיבוד מלא, בעוד קלט לא רלוונטי שאינו בעל סף זיהוי נמוך מספיק לא יגיע לכדי עיבוד שכזה. במלים אחרות, הפילטר הוא לא 'הכל או כלום' אלא מפחית כניסה של מידע לא רלוונטי, ומגביר/מאפשר כניסה של מידע רלוונטי. הפילטר לא אטום לחלוטין, לכן מעט עובר אבל לא הכל. באוזן הקשובה (הערוץ הקשוב) יש מעבר חלק ונקי ובאוזן הלא קשובה (הערוץ הלא קשוב) יש מעבר חלקי כך שהסינון לא מוחלט. קיים סינון ברמת עיבוד המידע (זאת ההפחתה), והמידע עובר כולו לשלב התפיסה ושם מועבד ברמות שונות. **הפחתה של הקשב ולא סינון באופן מוחלט. ערוץ אחד נשאר פתוח לגמרי, והערוץ השני קטן.**

- **אפקט מסיבת הקוקטייל** תופעה בה אדם מפנה את הקשב לגירוי שמיעתי מסוים תוך סינון רעשי רקע. האפקט קרוי על שם התופעה בה אדם הנמצא במסיבת קוקטייל יזהה את שמו באופן מיידי, גם אם נאמר בקול חלוש ומרוחק בחדר המלא קולות שיחה שעד כה לא הופנה אליהם הקשב.

המבנה המשותף של שני המודלים הוא ההסכמה שהסינון קורה די מהר. אבל יש גם עדויות לסלקציה קשבית מאוחרת:

2. **סלקציה קשבית מאוחרת** - מאמינים כי כל המידע נקלט ורק אחר כך מתבצע סינון בתהליך הניתוח התפיסתי של הגירוי. הסינון הקשבי אינו קורה בשלב מוקדם אלא מאוחר יותר כמו למשל במקרה של ניסוי סטרופ, בניסוי זה צריך להגיד את הצבע של המילה ולא את התוכן (התוכן הוא שם של צבע אחר, שלא תואם את הצבע בפועל של המילה) **אפקט סטרופ** - כשיש גם את המידע הרלוונטי וגם את המידע הלא רלוונטי באותו גירוי, קשה להפעיל סלקציה מוקדמת, התגובה בתנאי התואם (המילה תואמת את הצבע) מהירה מזו של התגובה בתנאי הלא תואם (המילה לא תואמת את הצבע). זאת אומרת, העובדה שהמילים מפריעות מעידה על כך שהסלקציה מתבצעת בשלב מאוחר.

השלב הראשון: סנסורי -> השלב השני: משמעות -> השלב השלישי: תגובה.

לפי הגישות של תיאוריית הסלקציה המוקדמת- הסלקציה מתרחשת לאחר השלב הראשון.  
 לפי תיאוריית הסלקציה הקשבית המאוחרת- הסלקציה מתרחשת לאחר השלב השני.  
 זה תלוי מטלה. למטלה מאפיינים המאפשרים לנו לחזות האם תתרחש סלקציה מוקדמת או מאוחרת.

### קשב סלקטיבי חזותי

1. **קשב סמוי**- מי שרואה מהצד לא רואה לאן הקשב מופנה מכיוון והפניית הקשב לא מתבטאת בפעולות פיזיות הניתנות להבחנה.
2. **קשב גלוי**- מי שרואה מהצד רואה לאן הקשב מופנה מכיוון והפניית הקשב באה לידי ביטוי בתנועות פיזיות- כמו עיניים.

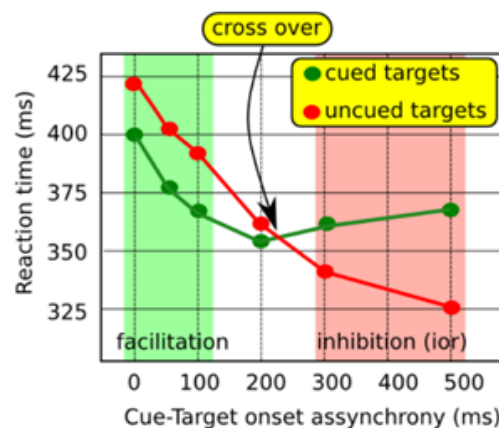
### קשב סמוי-

### הזת הקשב בלי שהעיניים חזות

ניסוי של מייקל פוזנר:

- **תנאי לא תקף** - הבהוב בצד אחד והגירוי מטרה בצד השני.
- **תנאי תקף** - הבהוב וגירוי מטרה **באותו צד**.

### ומה מוצאים?



- אפקט תקפות הרמז
- אפקט עיכוב החזרה

- העקומה האדומה בגרף מסמלת **תנאי לא תקף**.
- העקומה הירוקה מסמלת **תנאי תקף**.

**המסקנה:** אם ההבהוב וגירוי המטרה בצדדים מנוגדים, לוקח יותר זמן ללחוץ על גירוי המטרה, ומכאן שיש יתרון לתנאי התקף, לכן ברקע הירוק לוקח פחות זמן כאשר יש תנאי תקף. כלומר, התגובה לגירויים תקפים מהירה יותר מהתגובה לגירויים שאינם תקפים. (זוהי עדות לכך שהפנתי את הקשב לשם- גירוי המטרה מגיע שעדיין יש קשב באותו צד).  
 - השטח הירוק מסמל את **אפקט תקפות הרמז** והשטח האדום את **אפקט עיכוב החזרה**.

- **אפקט תקפות הרמז** - קיים **יתרון לצד הקשוב** - ממצאי הניסוי הראו כי מגיבים מהר יותר כאשר ההבהוב נמצא באותו הצד כמו הגירוי, כיוון שהקשב מופנה לשם. (נכון רק כאשר הזמן בין הרמז הגורם להסבת הקשב (ההבהוב) לבין הופעת הגירוי קצר, ולכן הנבדק טרם החזיר את מוקד הקשב שלו למרכז המרחב). כלומר, אם גירוי יוזאלי מופיע

במקום בו אנו מצפים לקלוט אותו התגובה שלנו אליו תהיה מהירה יותר. אם הוא מופיע במקום בו איננו מצפים לקלוטו נגיב אליו יותר לאט.

- **אפקט עיכוב החזרה** - כאשר עובר זמן ארוך בין ההבהוב לגירוי התופעה מתהפכת. כלומר, אנשים מגיבים מהר יותר כאשר ההבהוב בצד הנגדי מכיוון שהספיקו להחזיר את הקשב למרכז המרחב ולכן אין יתרון לצד עם הרמז. המערכת הוויזואלית מעין מסמנת לעצמה: בצד אחד כבר הייתי אז אין סיבה לחזור לשם, כלומר, נותנת יתרון לצד החדש ומבצעת עיכוב על החזרה למקום שהתמקדתי בו בעבר. זאת אומרת, אם לוקח זמן בין ההבהוב לבין גירוי המטרה, יש דווקא יתרון לתנאי הלא תקף. מתרחש ללא מודעות.

### קשב גלוי- גלוי לצופה מהצד

### תנועות עיניים - זזות בהתאם למה ששואלים אותנו

החוקר שהוכיח את זה הוא **אלפרד ירבוס** שהציג תמונה לנבדקים וביקש מהם כל פעם להתמקד בפרט אחר בתמונה ורשם באמצעות מכשיר את תזוזות עיניהם. התזוזות היו בהתאם למידע המבוקש. מסקנתו הייתה שהקשב מופנה לפי מה שמעניין אותנו ולפי ריכוזי פרטים או רמזים הקשורים למשימה שקיבלנו.

- **עיוורון קשבי/עיוורון לא מכוון Inattention blindness** - תופעה קוגניטיבית של **אי תפיסת עצמים נראים בהיעדר הפניית קשב עבורם**. תופעה זו היא סוג של עיוורון קוגניטיבי, בדומה לעיוורון לשינויים. מחקר ראשון בתחום הראה כי הפניית קשב לגירוי ויזואלי אחד עשוי לגרום לגירוי שני לא להיתפס כלל, על אף שהוא נמצא במרכז שדה הראייה. המסקנה שהסיקו אותם חוקרים היא שאין תפיסה ללא קשב. תופעת העדר תפיסה בהיעדר קשב תוארה במחקרים נוספים. דוגמת סרטון מהשיעור - ילדים קופצים בחבל, נחשון ביקש שנספור את הקפיצות של הילדים בתלבושת ירוקה. הקשה שלנו היה מכוון אליהם, ולא שמנו לב שעבר אדם מחופש לתרנגלות ורקד ברקע באותו הזמן.
- **עיוורון לשינויים change blindness** - תופעה בה לא שמים לב לשינויים בגירוי (אפילו גדולים), אם תשומת הלב ממוקדת בדבר אחר.
- **חלוקת קשב / קשב מפוצל- Divided attention** - חלוקת קשב היא היכולת להתייחס בו זמנית לשני גירויים משמעותיים ורלוונטיים למשימה.

- **מודל ה-single capacity** - מודל ה-single capacity מציע שיש "בריכה" אחת של משאבים שזמינים לנו על מנת להתמודד עם אתגרים קוגניטיביים ותפיסתיים. מהמודל הזה ניתן להסיק שככל שיש יותר משימות שלמעשה מתחרות על אותם משאבים, יותר קשה לנו לבצע את אותן משימות ביעילות. המשאבים הללו מוקצים קודם כל למשימות החשובות יותר. ביצעו ניסויים בהם ניתנו לאנשים שתי משימות בו זמנית (זה נקרא dual-task methodology), כשזה קורה הביצועים של שתי המשימות נפגעים. ישנים ניסויים נוספות שממצאיהם הראו כי. ישנן משימות שניתן לעשות במקביל, כמו לבשל כמה דברים בו זמנית מבלי שהביצוע ייפגע.

כתוצאה מממצאים סותרים אלו, הוצע מודל אלטרנטיבי המציע שיש לנו **מספר "בריכות"** של משאבי קשב שמאפשרות לנו להתמודד עם מספר תהליכים קוגניטיביים ותפיסתיים. משום שהבריכות הללו יכולות לעזור לנו לחלק את הקשב בין המשימות, אנו יכולים לבצע אותן בהצלחה. על פי המודלים כאשר המשימות מתחרות על אותו סוג של משאבי קשב, היכולת שלנו לבצע אותן תיפגע. לעומת זאת כאשר מדובר במשימות שדורשות משאבים שונים אנו יכולים להתמודד עם חלוקת הקשב. הבעיה במודל הזה הוא ההגדרה של מהו משאב קשב וההבדל בין סוגים שונים של משאבים. אין הסכמה גורפת על מהם הסוגים השונים של המשאבים. כלומר, הבעיה במודל המשאבי היא מתן הגדרה אופרציונלית ל"משאב" ("resource") ולסוגי המשימות שישתמשו באותם ה"משאבים". אין הסכמה כללית לגבי מהם הסוגים של המשאבים. הסבר סופי לקשב מפוצל



המתעסק בתהליכים הקורים במהלך פעולות שונות.

- **המודל של ג'ונסטון והיינז – הקשב מחולק בתהליך של סלקציה** – מוקדמת VS מאוחרת. סלקציה מוקדמת – מידע תפיסתי (מגיע מהחושים), דורשת פחות קשב, סלקציה מאוחרת – הענקת משמעות. הגיעו למודל זה דרך ניסוי: הם ביקשו ממשתתפים להשתתף במשימת קשב דיכוטי כאשר הגירויים משתנים לפי התכונות הפיזיות (תפיסתית) ולפי המשמעות (סמנטית). במקביל, המשתתפים השתתפו במשימת זמן תגובה, והיו צריכים ללחוץ על כפתור ברגע שהופיע אור. הנסיינים מצאו שאף שמהירות התגובה שלהם הייתה איטית יותר כאשר המשתתפים הקשיבו לשתי הודעות שונות, פחות קיבולת נצרכה כאשר ההודעות היו שונות מבחינה תפיסתית (קול הדובר, לדוגמה).

- **הזנחת צד** – תופעה שגורמת לאדם לא להצליח לקלוט גירויים באזורים מסוימים של שדה הראייה שלו, בשל פגיעה באחת ההמיספרות (בדר"כ הימנית).

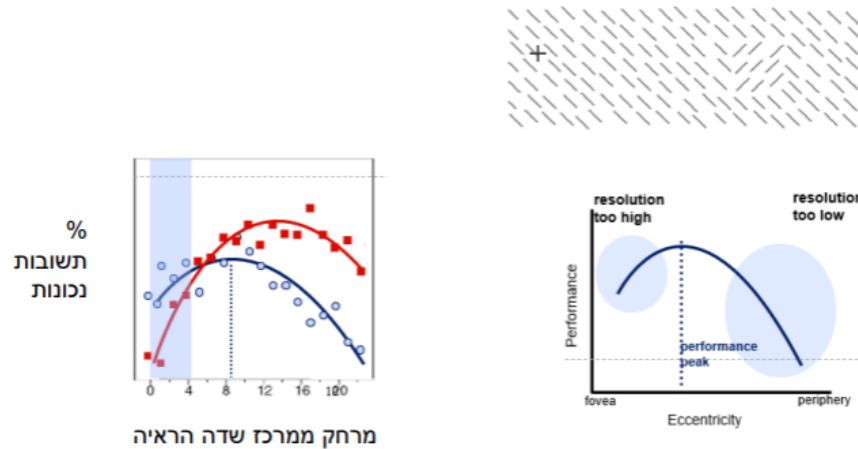
המיספרה שמאל	המיספרה ימין
קשב ממוקד Focal attention	קשב כללי global attention
רמזים מקומיים	סצנות \ אובייקטים שלמים

#### מנגנונים מוחיים של קשב סלקטיבי

- **קשב ממושר** – מקושר לפעילות מוגברת בקליפה (קורטקס) הקדם מצחית הימנית ובקליפת הפריאטלית הימנית, אך באופן כללי ישנה רשת של אזורים הנמצאים באזורי קדם-פריאטליים ימניים אשר לוקחים חלק בקשב ממושר. ישנה עדות לכך שהמוח מסתגל לגירוי – לאחר הירי הראשוני של הניורונים, הירי נחלש, ומתחזק כשיש שינוי בגירוי.
- **קשב סלקטיבי** – מזוהה עם עלייה בפעילות של האזורים הפוסטרורורים (העורפיים) במוח בהתאם לסוג הקשב.
- **קשב מחולק** – מזוהה עם האזורים הפרפורנטלים של הקורטקס, בעיקר בצד השמאלי. **פוזנר ופיטרסון (1990)** אפיינו את היכולת להפנות קשב בשלוש דרכים:
  1. ניתוק הקשב ממקומו הנוכחי – הקורטקס הפריאטלי העורפי
  2. ליווי הקשב למקום החדש – התליל העליון frontal eye fields.
  3. חיבור הקשב למקום החדש – תלמוס

## למה עוזר הקשב?

### 1. שיפור חדות הראייה לפי מריה קרסקו ויפה ישורון



הפניית קשב לגירויים הנמצאים במרחקים שונים מהפוביאה- בפוביאה ובאזורים הקרובים לה, הרזולוציה (חדות הראייה) הינה גבוהה. לכן, הפניית קשב לאזורים אלו תוביל לחדות ראייה גבוהה באופן חריג עד כדי פגיעה בביצוע משימות מסוימות. כלומר, באזור הפוביאה הקשב גורע, גורם לרזולוציה חדה מידי כשהיא גם ככה טובה כי זו הפוביאה. לעומת זאת, בפריפריית שדה הראייה הרזולוציה נמוכה ולכן אם נפנה לשם את הקשב החדות תשתפר ובהתאם גם הביצוע. זאת אומרת, הקשב עוזר בפריפריית העין.

\*אם המשימה דורשת חדות ראייה מסוימת אך לא גבוהה מדי- הקשב יפגע בביצוע. אם המשימה דורשת חדות ראייה גבוהה- הפניית הקשב תשפר את הביצוע.

המסקנה היא כי **הקשב משפר חדות ראייה**, עובדה זו תורמת למשימות מסוימות ופחות מוצלחת עבור משימות אחרות.

### 2. צירוף תכונות

**תיאוריית איחוד התכונות - אן טריזמן - אפקט הצירופים האשלייתיים**  
- דוגמא מהשיעור -

**הפנו את הקשב לספרות שבצד ודווחו עליהן תחילה**

**6 T X G 4**

לקרוא את המספרים בצדדים של השורה (6,4) ואז לנסות לראות מה האותיות וצבען באמצע, התוצאה הייתה עירוב של הצבעים והאותיות.

**קשב ותיאוריית איחוד התכונות של אן טריזמן**- לפי תפיסה זו, הקשב לוקח ומדביק תכונות. כלומר, כשממפים את המוח מגלים שיש אזורים שונים בו בעלי תפקידים שונים, לדוגמה- אזורים מסוימים יראו קווים ואחרים יראו צבעים, לכן, טריזמן טענה כי בכדי לראות את התמונה בשלמותה עלינו לצרף את כל התכונות יחד וזהו תפקידו של הקשב. התיאוריה מבוססת על ההנחה שהמידע המגיע מן העולם הוויזואלי מקודד תחילה בממדים שונים לדוגמה צבע וצורה, ולאחר מכן מתחברים בתהליך קשב משני. מאפיינים פרימיטיביים כמו צורה וצבע נתפסים בשלב הראשון הטרומ קשבי ובשלב השני, שלב הקשב, מדביקים את התצורות לשלמות אינטגרלית. במקרה בו צריך לחפש את האובייקט על פי תכונת אחת, האובייקט "קופץ" באופן אוטומטי בעוד שכאשר צריך לחפש על פי שתי תכונות יש צורך בחיפוש סדרתי אחר המטרה ולהרכיב את התכונות למכלול אחד. ככל שהמערך גדול יותר,

כך יהיה לנו קשה יותר.  
תפקיד הקשב הוא להדביק את התכונות הקשורות לאותו האובייקט. אם לא נפנה קשב המוח יקלוט את התכונות בנפרד, ולא את צירופן (אלא אם הוא מאוד מוכר). הקשב הוא רב אפיונים ויכול לנוע בין גירוי אחד לשניים או בין גירויים עם מאפיינים שונים (חיפוש אובייקט מתוך מבחר אובייקטים על פי תכונה אחת, ועל פי שתי תכונות).

## תפקודים אקזוקטיביים/ניהוליים

**תפקודים ניהוליים** – תפקודים שמאפשרים לנו בעזרת קשב לנהל את מחשבותנו ורצונותינו. פגיעה בקשב – פגיעה בתפקודים אקזוקטיביים.

הקשב הוא אמצעי מרכזי שלנו לבצע את מה שאנחנו רוצים, לנהל את תפקודים אלו. המחקר על תפקודים אקזוקטיביים עוסק גם בקשב סלקטיבי אבל מתמקד בתפקודים נוספים שקשורים ליכולתנו לשלוט רצונית בהתנהגות, במחשבה ובתגובה הרגשית. יש לנו פיתויים ממטרות קצרות טווח (שהן אוטומטיות עבורנו), המהווים תחרות. אנחנו זקוקים לסדרה של תפקודים שתעזור לנו לחזק את מטרות ארוכות הטווח כנגד הפיתויים.

מחקרים בנושא **פגיעה בקשב**, המביא **לפגיעה בתפקודים אקזוקטיביים**:  
(במקור המחקרים בוצעו על פגועי ראש (פגיעות פרה-פרונטליות, באזור הקידמי של הקורטקס), אך קשיים אלו קיימים אצל כולם במידה מסוימת)

- **פרסברציה** – נטייה להיתקע על דפוס פעולה/מחשבה מסוים. מתבטא בקושי בשינויים מהירים, מקשה על אדם להפסיק פעולה מסוימת שהתחיל, או לחשוב על נושא מסוים בדרך אחרת ועוד. דוגמה לבחינת פרסברציה הוא **מבחן הקלפים של וויסקונסין**. בניסוי זה הנבדקים מתבקשים למיין את הקלפים לפי צורה מספר וצבע. הם ממיינים לפי מה שנראה להם ומקבלים על זה פידבק. לאחר שינוי הקריטריון וקבלת פידבק שלילי של טעות חוזרת, לוקים בפרסברציה ימשיכו לסדר לפי הקריטריון הקודם למרות שקיבלו פידבקים שליליים רבים.
- **התנהגות נשלטת גירוי** – הגירויים מפעילים/מנהלים את האדם. ישנן סיטואציות בהן מתאים לבצע פעולה מסוימת וסיטואציות בהן זה לא מתאים. התנהגות נשלטת גירוי משמעותה שנוצר דחף כל כך חזק על ידי הגירוי שהפעולה מבוצעת גם אם הסיטואציה אינה מתאימה. כלומר, נוצר דחף התנהגותי שלא ניתן כמעט להימנע מלבצע את מה הגירוי גורם לנו. מומחש היטב בילדים עד גיל 4 (נותנים לילד מספריים והוא ישר יגזור).
- **קושי בהפשטה** – קושי לראות מכנה משותף של דברים מעבר לרמה הקונקרטית. לדוגמה קושי בחיבור בין תפוח לבננה – אין הפשטה למושג הפירות.
- **קשיים בזיכרון עובד** – זיכרון עובד הוא סוג של קשב, זיכרון של "הכאן ועכשיו". כאשר אדם שוכח באמצע פעולה מסוימת מה הוא צריך לעשות. לדוגמה, כשלא זוכרים על מה דיברנו לפני רגע, עושים פעולות ופתאום לא זוכרים מה רצינו לעשות כמו למשל לפתוח מקרר ולא לזכור מה רצינו לקחת.
- **דיס-אינהיביציה** – קושי באיפוק, בעיכוב, מדובר בדחפים פנימיים. (דוגמה על רופא בכיר שלקה בדמנציה – ועשה פיפי באמצע הקניון – דוגמה לחוסר שליטה בדחפים).
- \* **ההבדל בין דיסאינהיביציה להתנהגות נשלטת גירוי** הוא שבדיס-אינהיביציה הדגש הוא על דחף מסוים, דחף פנימי בעוד שבהתנהגות נשלטת גירוי הדגש הוא הגירוי עצמו, זאת אומרת הגירויים בסביבה גורמים לאדם להשתמש בהם כי זה מה שהוא מכיר.
- **דוגמה לדיס-אינהיביציה** – שבירת דיאטה; אדם קשיש עם דמנציה מתפשט בציבור ומבצע את צרכיו או מפלרטט עם נשים צעירות.

- **דוגמה לתגובה נשלטת גירוי** - מישהי רואה מזרק אז היא מזריקה אותו לאדם שלידה (היא מכירה כי ככה משתמשים באותו הגירוי, במזרק)

הפרעות בקשב וריכוז מתקשרות גם להפרעות בתפקודים אקזקוטיביים.

### שלושה תפקודים אקזקוטיביים מרכזיים:

1. **אינהיביציה התנהגותית** - יכולת להימנע מתגובה/מחשבה דומיננטית. למעשה מדובר ביכולת איפוק.  
(הסתכלו בכיוון ההפוך לריבוע ואמרו להיכן מצביע החץ- צריך להזיז את המבט בניגוד לאינסטינקט. ניסוי הבודק את יכולת האיפוק שלנו.)
2. **גמישות חשיבתית** - היכולת לשנות במהירות קו מחשבה/פעולה, לעבור בין המחשבות בהתאם למטלה הרצויה.  
העברת הקשב למימד רלוונטי, לא להתקע על מימד אחד. הגמישות נמדדת במבחן מעבר בין מטלות של ג'רזלד:  
המבחן עם המילים והצבעים. צריך להגיד את הצבע שבו צבועה המילה, הקושי הוא שהמילים הם גם צבעים. מרמז על היכולת שלנו להתרגל למשימה חדשה.  
- **פרסברציה** - הנטייה לחזור על פעולה (באופן קבוע ללא החלפת המימדים). תופעת לוואי ללקות קשב.
3. **זיכרון עובד** - יכולת להשתמש במידע חדש לשליטה בהתנהגות. במיוחד עדכון הזיכרון עובד. צריך זיכרון כדי לזכור דברים חדשים (למשל לזכור חוקים של משימה חדשה.. לזכור לאיזה שלב הגעתי)  
צריך לזכור את המטרה ארוכת הטווח ואת חוקי המשימה הנוכחיים- מה נדרש ממני כעת כדי לבצע את זה.

- דחיינות קשורה בכשל בתפקודים אקזקוטיביים ובעיקר באינהיביציה התנהגותית.

### בעיות בזיהוי

- **אגנוזיה אסוציאטיבית** - מופיע אצל חולים עם נזק באונה הטמפורלית ובעקבות זאת חווים קשיים בזיהוי עצמים רק כשהם מוצגים להם באופן חזותי. חולים אלו מתקשים בזיהוי קטגוריות מסוימות.
- **פרוסופגנוזיה** - חוסר היכולת לזהות פנים אך יכולת תקינה לזהות אובייקטים. ליקוי זה מלווה **בנזק להמיספרה ימין (אונה הטמפורלית)** ולרוב באזורים מקבילים בהמיספרה שמאל.
- **אלקסיה טהורה** - אובדן היכולת לזהות מילים. מלווה לרוב בנזק באונה האוקסיפיטלית **השמאלית**. חולים אלו מזהים אותיות בודדות אך אינם יכולים לזהות מילה שמוצגת להם באופן חזותי.