# למידה וזיכרון

### מטרות

* התלמידים ייחשפו לקשר בין זיכרון ובין למידה, ולעיקרון שמבנה המוח מגלם את הזכרונות שבו.
* השוואה ראשונית בין זיכרון מחשב ובין זיכרון במוח – מערכות שונות, תכונות שונות, תפקוד שונה!
* התלמידים ייחשפו לתופעות מעניינות מתחום הזיכרון, ודרכן ילמדו על טבעו ומאפייניו של הזיכרון האנושי.

דרך ההוראה:הקנייה כיתתית משולבת התנסויות

משך הזמן:שעתיים

### ידע קודם

מושגים רלוונטיים לשיעור זה שייתכן שהתלמידים מכירים:

* תקשורת בין תאים, מתוך הפרק "עצבים חשופים".
* פוטנציאל פעולה, מתוך פרק "לזוז בלי לחשוב".

### חומר קריאה חיצוני:

* "מבוא לפסיכולוגיה", חטיבות 4 (למידה) ו-5 (זיכרון), ריצ'רד ג' גריג ופיליפ ג' זימברדו, האוניברסיטה הפתוחה: [קישור לספר המקוון (גרסה חלקית)](https://books.google.co.il/books?id=plawpJTgbEsC&lpg=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false)
* "פסיכולוגיה קוגניטיבית", יונתן גושן־גוטשטיין ודן זכאי, האוניברסיטה הפתוחה, רעננה, תשס"ו - 2006: [קישור לספר המקוון (גרסה חלקית)](http://www.kotar.co.il/KotarApp/Viewer.aspx?nBookID=92858841#7.5883.7.fitwidth)
* קרלסון נ', הפיזיולוגיה של ההתנהגות כרך ב', מהדורה 9, האוניברסיטה הפתוחה.

## P:\תיקיות אישיות\יאיר\מדעי המוח\הפקה ועיצוב\תבנית מסמכי וורד\אייקונים\אייקונים סופיים\אייקון מדעי המוח ג4_עצירה להתנסות.pngהפעלה לפתיחת השיעור (עוד לפני שחושפים לתלמידים את הנושא): פרדיגמת DRM

1. הקריאו לתלמידים את רשימת המילים המצורפת, ומיד לאחר מכן בקשו מהם לכתוב כמה שיותר מילים שהם זוכרים.
2. כעת בקשו מן התלמידים לכתוב על יד כל מילה עד כמה הם בטוחים שהיא הופיעה ברשימה (דירוג 1- 5).

***רשימת המילים:*** *סוכריה, קרם, ממתק, לאפות, סוכר, הקצפה, חמוץ, שוקולד, עוגיות, טעם, להשמין, וניל.*

### דיון בעקבות ההתנסות:

* **(למורים: לפני שאתם ממשיכים בקריאה כדאי שתבצעו את ההתנסות בעצמכם!)**
* חלק מן התלמידים יזכרו מתוך הרשימה את המילה *מתוק*, ואף ידרגו זיכרון זה ברמת ביטחון גבוהה. המילה אמנם קשורה לכל אחת מן המילים האחרות ברשימה, אך היא בעצמה לא הופיעה כלל.
* מי שזכר את המילה *מתוק* ירגיש מעט משונה, אבל הוא בחברה טובה: הפרדיגמה הוצגה לראשונה במאמר מ- 1995, ומאז היא מצויה בשימוש נרחב בשדה המחקר הפסיכולוגי.
* הפרדיגמה גרמה לכמה מאִתנו ליצור זיכרון של דבר שלא קרה, ואף להיות בטוחים שהוא נכון כמו שאר הזיכרונות שלנו. אם כך, מידת האמינות שאנחנו מייחסים לזיכרון אינה בהכרח משקפת את נכונותו.
* הזיכרון שלנו אינו כמו מצלמה שדוגמת את העולם בדיוק כפי שהוא. הזיכרון הוא תיעוד של התפיסה שלנו, שמושפע מגורמים רבים. מורכב מאוד!
* כעת נצלול אל עולמו המרתק והמסתורי של הזיכרון האנושי...

### העשרה:

1. "ללכת לאיבוד בקניון: זכרונות מדומים – הניסויים של אליזבט לופטוס", לורן סלייטר. מתוך הספר "לפתוח את התיבה של סקינר", פרק 8. 2005, הוצאת אריה ניר, תל-אביב.
2. [מאמר](http://greengross.wordpress.com/2009/05/17/%D7%9B%D7%99%D7%A6%D7%93-%D7%A0%D7%95%D7%A6%D7%A8%D7%99%D7%9D-%D7%96%D7%99%D7%9B%D7%A8%D7%95%D7%A0%D7%95%D7%AA-%D7%A9%D7%95%D7%95%D7%90/)
3. [המחקר המקורי שהראה לראשונה את פרדיגמת DRM.](http://memory.wustl.edu/mcdermott-lab-publications/1995_roediger.pdf)

## מעמדו של הזיכרון במוחו של הסובייקט

בפרק על חישה ותפיסה למדנו כיצד המוח נותן פרשנות לגירויים שהוא קולט. הסברנו שלפעמים המוח משנה את הקלט כדי שיתאים לתבניות מוכרות (וכך יוצר אשליות). במילים אחרות – השתכנענו שהאופן שבו אנו תופסים את העולם אינו משקף תמיד את המציאות כהווייתה. בפרק זה נדון בכך שהיכולת שלנו **ללמוד** דברים **ולזכור** דברים מבוססת בראש ובראשונה על היכולת שלנו **לתפוס** אותם. אפשר להסיק מכך, שגם הזיכרונות שלנו אינם מייצגים בהכרח את המציאות כהווייתה, אלא הם מייצגים את האופן שבו תפסנו את המציאות בנקודת זמן כלשהי.

### איך למידה קשורה לזיכרון?

למידה היא למעשה **יצירה של זכרונות**:

* + מתחילים ממצב שבו לא יודעים דבר כלשהו, כלומר שמבחינה פיזיולוגית המוח אינו מכיל ייצוג של הדבר.
  + לאחר חשיפה אחת או יותר המוח לומד שהדבר קיים, ונוצר ייצוג של הדבר במוח (כיצד? על כך בשיעורים הקרובים!).
  + הייצוג שנוצר ברמה הפיזיולוגית במוח הוא למעשה הזיכרון.

פירוש הדבר הוא שכל פיסת מידע שאנו זוכרים מיוצגת באופן פיזיולוגי במוח שלנו. אכן, מוחנו זוכר כמויות אדירות של מידע. רוב הזמן איננו מודעים כלל לכל כמויות המידע שאנחנו יודעים. כדי "להיזכר" בפיסת מידע, עלינו להפעיל את הייצוג שלה במוח ולהעלות אותה למודעות.

### איך נוצרים במוח זכרונות?

כדי לענות על שאלה זו, ניזכר במה שלמדנו על **תקשורת בין נוירונים**.

צפו בסרטון הבא:

<http://www.youtube.com/watch?v=6Ra3il45vnE&list=PLXWBPo42YRzYNSNDjoziQBiwjBS9Cvj3q>

הסרטון מתאר את העברת המידע ברשת נוירונים. מידע מתקדם בין אזורים במוח בזכות הקשרים הסינפטיים בין נוירונים. בעבר ראינו שהתקדמות המידע העצבי יכולה לגרום להפעלה של שרירים או בלוטות. בהקשר של זיכרון, התקדמות המידע בתוך המוח יכולה לגרום לעירור של אזורים שונים או רשתות שונות, והדבר גורם לעירור של זכרונות קיימים ולעתים גם ליצירה של זכרונות חדשים.

כלומר, הצורה שבה זיכרון מתקיים במוח היא בעצם **תשתית התקשורת בין נוירונים**.

**יצירה של זיכרונות חדשים כוללת שינוי של התשתית, כלומר שינוי של מבנה המוח**. השינוי בא לידי ביטוי ביצירה של **סינפסות חדשות וחיזוקן** על פני סינפסות ישנות. כך, לאחר למידה נוצרים במוח נתיבי זרימת מידע חדשים. בעקבות למידה, הנתיב החדש הופך חזק או יעיל יותר מנתיבים ישנים, וזרימת המידע במוח משתנה. הדבר עשוי לגרום לשינוי בהתנהגות – כי הרי המוח הוא היוזם והמפעיל של ההתנהגות.

חשוב לציין שאין מדובר רק על למידה אקדמית פורמלית כמו למידה למבחן, אלא גם על למידה של מיומנויות כגון רכיבה על אופניים, ובאופן כללי רכישת זיכרונות מסוגים שונים.

בהמשך הפרק נדון בפרשנות הפיזיולוגית של למידה כפי שהיא רווחת כיום. כעת חשוב לציין שהאופן המלא שבו נוצרים זיכרונות במוח אינו מובן לגמרי. אמנם התיאוריה המרכזית מייחסת יצירת זכרונות ליצירה של סינפסות, אבל עדיין אין זה מסביר הסבר מלא את מגוון התופעות של הזיכרון האנושי ואינו מספק הבנה מלאה של אופן הייצוג של זיכרונות מורכבים במוח (למשל היכן וכיצד מיוצג הידע שלחתול יש זנב והוא עושה "מיאו" ונוחת תמיד על הרגליים – גם אם נניח שכל ההסבר לתופעת הזיכרון הזאת טמון בהיווצרות של סינפסות, עדיין לא ברור מערך המיקומים המוחיים שלהן או המנגנונים המערכתיים שיצרו אותן). כמו כן, **לא ברורה המעורבות של** **תאי גליה** (תאים במערכת העצבים שאינם תאי עצב) וכולי, כך שהתיאוריה בוודאי עדיין אינה שלמה.

### קידוד ושליפה

* לשלב הלמידה, או היצירה של זיכרונות, קוראים בשם **קידוד**.
* לשלב ההיזכרות, או העירור של זיכרון קיים, קוראים בשם **שליפה**.



ניסוי "מלחמת הרוחות" של בארטלט (תרגיל שמראה כיצד המוח מעוות זיכרונות כדי לצקת משמעות במקום שהיא איננה). מתוך "מבוא לפסיכולוגיה", יחידה 5.2.2, עמ' 9-7 ([קישור לניסוי בספר המקוון](https://books.google.co.il/books?id=plawpJTgbEsC&lpg=PP1&pg=PA107#v=onepage&q&f=false)).

התנסות זו מלמדת שזיכרונות שמרגישים אמיתיים לחלוטין לא משקפים בצורה חד-ערכית את המציאות כהווייתה. הם תלויים ראשית בפרשנות ובתפיסה שלנו, ורגישים לשינויים ומודיפיקציות בהתאם למערכת כללים שהמוח שלנו הורגל לפעול לפיהם. אם כן, זכרונות יכולים להיות במקרי קיצון – מזוייפים לגמרי, ועם זאת להרגיש אמיתיים לגמרי.

## זוכר או לא זוכר? על מורכבות הזיכרון

ניסויים מראים ש**שליפה של זיכרון מושפעת מן ההקשר** שבו קודד הזיכרון. בניסוי מפורסם של Alan Baddeley, הקרוי **ניסוי האמודאים** הראו שהימצאות בסיטואציה שבה נוצר הזיכרון מאפשרת שליפה טובה יותר: צוות המחקר דגם 40 צוללנים (אמודאים) וחילק אותם ל-2 קבוצות: קבוצה אחת נדרשה ללמוד רשימת מילים מחוץ לים, והקבוצה השנייה נדרשה ללמוד אותה רשימה בתוך הים. לאחר מכן כל קבוצה נבחנה בזכירת המילים בתוך ומחוץ למים. תוצאות הניסוי הראו שכל קבוצה נזכרה ביותר מילים כשהייתה באותו הקשר שבו למדה. המסקנה היא שרמזים שניתנים בזמן הקידוד עשויים לעזור לשליפה אחר כך.



האם אתם זוכרים מקרה שבו עלה בכם זיכרון עקב גירוי מסוים שהיה קשור בו?



## *העשרה:* מקרים של זיכרון יוצא דופן

א. נמוניסטים –  אנשים בעלי זיכרון מעולה במידה יוצאת-דופן. [קריאה מתוך הספר "מבוא לפסיכולוגיה" של האוניברסיטה הפתוחה, עמ' 34-35]. לקריאה נוספת, סולומון שרשבסקי: <http://techedu.huji.ac.il/learning/brain/memory6.html>

ב. [תסמונת סוואנט (Savant)](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%AA%D7%A1%D7%9E%D7%95%D7%A0%D7%AA_%D7%A1%D7%95%D7%95%D7%90%D7%A0%D7%98)

*דוגמאות לתסמונת:*

1. סרט קולנוע – "איש הגשם" (<http://www.imdb.com/title/tt0095953/>).
2. "Kim Peek - The Real Rain Man", סרט דוקומנטרי על האיש שעליו מבוסס הסרט "איש הגשם" (<https://www.youtube.com/watch?v=DLpCfHH1OVU> ). [ללא כתוביות בעברית].
3. [פגיעה מוחית הפכה אדם לעילוי במתמטיקה](http://news.nationalpost.com/2014/04/23/from-head-injury-to-math-genius-on-savant-syndrome-and-the-possibility-of-a-little-rain-man-within-us-all/)
4. "טכניקות לשיפור הזכירה" – פרק 3.13 מתוך הספר "פסיכולוגיה קוגניטיבית", עמ' 92 (מאת: יונתן גושן־גוטשטיין ודן זכאי, האוניברסיטה הפתוחה, רעננה, תשס"ו - 2006). [(קישור לספר המקוון)](http://www.kotar.co.il/KotarApp/Viewer.aspx?nBookID=92858841#7.5883.7.fitwidth)

## אנלוגיה: ייצוג זיכרון במוח וייצוג זיכרון בחומרת מחשב

ההתעניינות בחקר הזיכרון והלמידה הקבילה מבחינה היסטורית לפריחה של מדעי המחשב. עקב כך, חלק גדול מעולם המושגים של חוקרי מוח החוקרים זיכרון ולמידה, לקוח מעולם התוכן של זיכרון מחשב. כך למשל מושגים כמו קידוד, שליפה, זיכרון עבודה ועוד. מפתה מאוד לחשוב על זיכרון המוח בהשוואה לזיכרון מחשב, משום שאת זיכרון המחשב אנו מבינים היטב.

ואולם, עם השנים התבססה ההכרה **שזיכרון המוח שונה בתכלית מזיכרון המחשב**. אמנם עדיין לא הבנו לגמרי איך המוח כן פועל, אך ברור שהוא אינו פועל כמו מחשב.

מה כן דומה בין הזיכרונות? המידע שאנו יודעים מתקיים במוח ברמה הפיזית, כשם שהמידע שמחשב "יודע" מתקיים באופן פיזי בחומרה שלו.

*דוגמה:* נניח שאנו כותבים קוד שבו לא הוגדר משתנה בשם X. בשלב זה המחשב אינו יודע כלל שיש דבר כזה X, ובוודאי שכרטיס הזיכרון שלו אינו מכיל ייצוג של X. כעת נגדיר משתנה חדש בשם X וניתן לו ערך כלשהו, למשל 4. "לימדנו" את המחשב שיש דבר כזה X, וכעת מוקצה **בחומרה** מקום פיזי שבו מיוצג המשתנה X וערכו 4. גם במוח המידע נשמר בצורה פיזית.

**הסתייגות חשובה להשוואה:** ההשוואה מתייחסת רק לעיקרון של הקצאת מרחב פיזי לשמירת הערך הכביכול מופשט של זיכרון. *ההשוואה אינה מתייחסת למנגנון הקידוד, הייצוג והשליפה, משום שמנגנון הפעולה של זיכרון במוח עדיין אינו ברור לנו.* אם המוח אמנם היה פועל כמנגנון מחשב, היינו מגלים זאת בניסויים ומבינים את המוח. מכיוון שלא כך הדבר, עלינו להסיק שהמוח בהכרח פועל בצורה שונה ממחשב, על פי עקרונות שונים ואופן פעולה שונה.

באופן עקרוני*, כדי להיות מדענים טובים שמגלים איך המוח פועל, עלינו להסתייג מן ההקבלה בין פעולת המוח לפעולת המחשב.*



***דיון:*** **אילו הבדלים יש בין זיכרון של מחשב לזיכרון אנושי?**

**תשובה:** נציין כמה הבדלים חשובים:

1. למחשב יכול להיות זיכרון נייד – באופן עקרוני אפשר לנתק יחידות זיכרון מן המחשב והשניים ימשיכו להתקיים בנפרד. למשל – זכרון נייד ב disk-on-key. לעומת זאת, את המוח אי אפשר לנתק מן הזיכרונות שלו, משום שהזיכרונות גלומים בעצם המבנה שלו. (בגלל זה לצערנו אי אפשר לדחוף למוח דיסק-און-קי שמכיל את כל החומר למבחן...).
2. כשרוצים לשמור קובץ במחשב, אם כבר יש קובץ בשם הזה אז השמירה תחייב דריסה של הידע הקודם. לעומת זאת, למידה במוח אינה מחייבת דריסה של ידע קודם. משמעה בנייה או חיזוק של ערוץ העברת מידע חדש, מה שלעתים מאפשר את קיומם של ערוצים ישנים.
3. לזיכרון המחשב יש קיבולת מוגבלת וידועה מראש, למשל בזכרון נייד של 2GB אפשר לאחסן כמות ידועה של נתונים. לעומת זאת, **לא ידוע** על קיבולת זיכרון של המוח האנושי (כלומר שאם נתאמץ כראוי, תמיד נוכל ללמוד דברים חדשים, ללא צורך לפנות מקום באמצעות שִכחה או "מחיקה" של דברים ישנים). חשוב לציין שכן ידוע שדברים שהמוח אינו עושה בהם שימוש נוטים להיהרס, ולכן אפשר להניח שזיכרונות יכולים להתמוסס ולהיעלם מן מהמוח כליל, אך כאמור אין זה מעיד על קיבולת הזיכרון של המוח.
4. זיכרון מחשב הוא מוחלט תמיד: או שהמידע קיים בזיכרון, או שלא. לעומת זאת, בזיכרון האנושי יש זיכרונות בכל מיני רמות: זיכרונות בהירים ומדויקים לצד זיכרונות עמומים ומעורפלים, ואפילו זיכרונות קלושים בדמות משהו שנראה מוכר באופן יחסי, אבל לא ברור לגמרי אם אנחנו יודעים על מה מדובר. באופן עקרוני, קשה לנו לייחס את התופעה הזאת לקידוד חלש (כלומר קושי לחזק סינפסות או לשמור אותן חזקות לאורך זמן), או לשליפה דווקא (כלומר קושי לעורר ערוצי מידע שקיימים באופן יציב במוח). זאת משום שאיננו יודעים הכול על ייצוג זיכרונות, ומבחינה טכנית אין לנו אפשרות לבדוק אם הסינפסות הרלוונטיות קיימות, היכן ועד כמה הן חזקות ואו רעועות. באופן כללי אפשר לייחס את התופעה של רמות שונות של זיכרונות לכך שערוצי העברת המידע במוח יכולים להיות יעילים יותר או יעילים פחות, ובכל אופן – **זיכרונות במוח הם דבר** **דינמי** שעשוי להשתנות כתלות בזמן, במצבים פיזיולוגיים, בזרימת המידע בערוצים אלה ואחרים וכולי.
5. זיכרונות חדשים שנוצרים במוח נבנים לרוב בהתאם לידע קיים.

*דוגמה:* נאמר שאנו רגילים לרכוש פחית שתייה ממכונת משקאות מסוימת. אם יום אחד נכניס מטבע והמכונה תבלע אותו ולא תוציא פחית, הדבר לא יגרום לנו ללמוד להימנע מן המכונה הזאת לעד. לכל היותר נחשוב שהמכונה ריקה או סתם מקולקלת באופן זמני. ואולם, אם נתנסה בכך כמה פעמים, או אפילו נשמע כמה פעמים על התנסויות גרועות של אחרים עם מכונה זו, נלמד שמוטב לא להשתמש בה בעתיד. זוהי דוגמה ללמידה סטטיסטית, שבה המוח משווה את המצב הנוכחי למצבי עבר, ומחשב את ההסתברות להתרחשויות שונות, ולפי זה מחליט עד כמה לזכור אותן. עוצמת/מידת הזיכרון מושפעים מדברים נוספים, כגון עוצמת החוויה הרגשית שליוותה את ההתנסות.

נכון שיש כיום אלגוריתמים המבוססים על למידה סטטיסטית, אך אין עוררין על כך שהמוח מבצע זאת בדרך המשוכללת ביותר, ששום אלגוריתם כיום אינו משתווה לה.

1. מחשב לומד בן רגע, ואילו אצלנו תהליך הלמידה עשוי להיות ממושך. סיבה אפשרית לכך היא שזיכרון אנושי נשען על תהליכים ביולוגיים שדורשים זמן, כגון הפקת החלבונים שמייצבים את הסינפסה החדשה

לסיכום, **מבנה המוח מכיל קשרים בין נוירונים שדרכם זורם המידע. למידה גורמת לשינויים במבנה המוח, כך שמערך הקשרים משתנה, זרימת המידע משתנה ובהתאם משתנים דפוסי הפעולה של המוח. לכן ההתנהגות לאחר למידה שונה מזו שלפני הלמידה.** היכולת לעשות אינטגרציה ולסווג מידע היא העיקרון החשוב ביותר שמשמר את עליונות המוח על המחשב, ושהוא גם החידה הגדולה של סוגיית הלמידה והזיכרון בחקר המוח.