



האכלה בכפית או פיגום חיוני- ניהול העומס הקוגניטיבי בהוראה פרונטלית

ענבל צרפתי-ברעד

היחידה לקידום איכות ההוראה והלמידה

אוניברסיטת בן גוריון בנגב

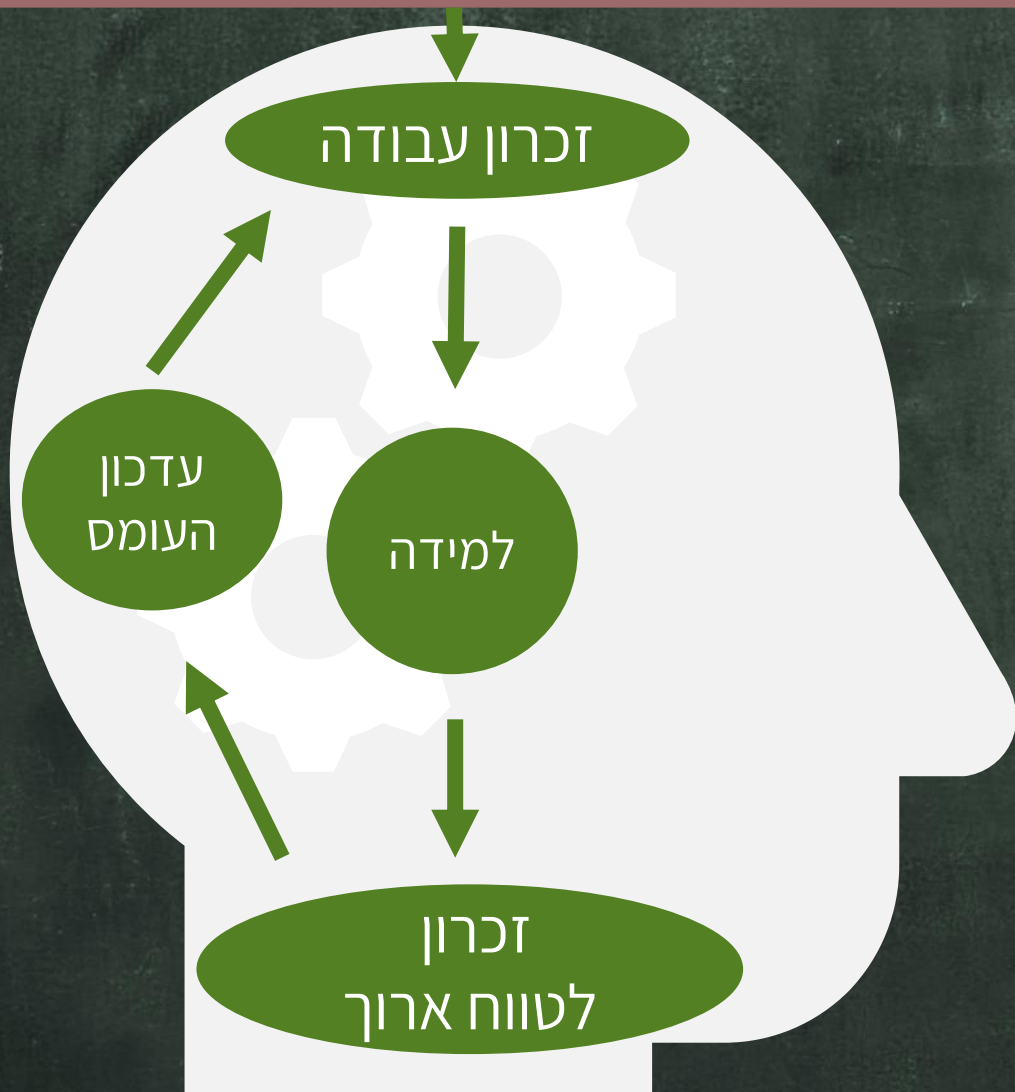


מהי למידה?

מה התפקיד של המרצה בתהליך הלמידה?

המח מסוגל לעבד כמויות קטנות של מידע חדש

מהי למידה?



• יש תשובות רבות אבל נתמקד באחת...

• העברת ידע משולחן העבודה לזכרון לטווח ארוך.

• קונסולידציה

• התגבשות

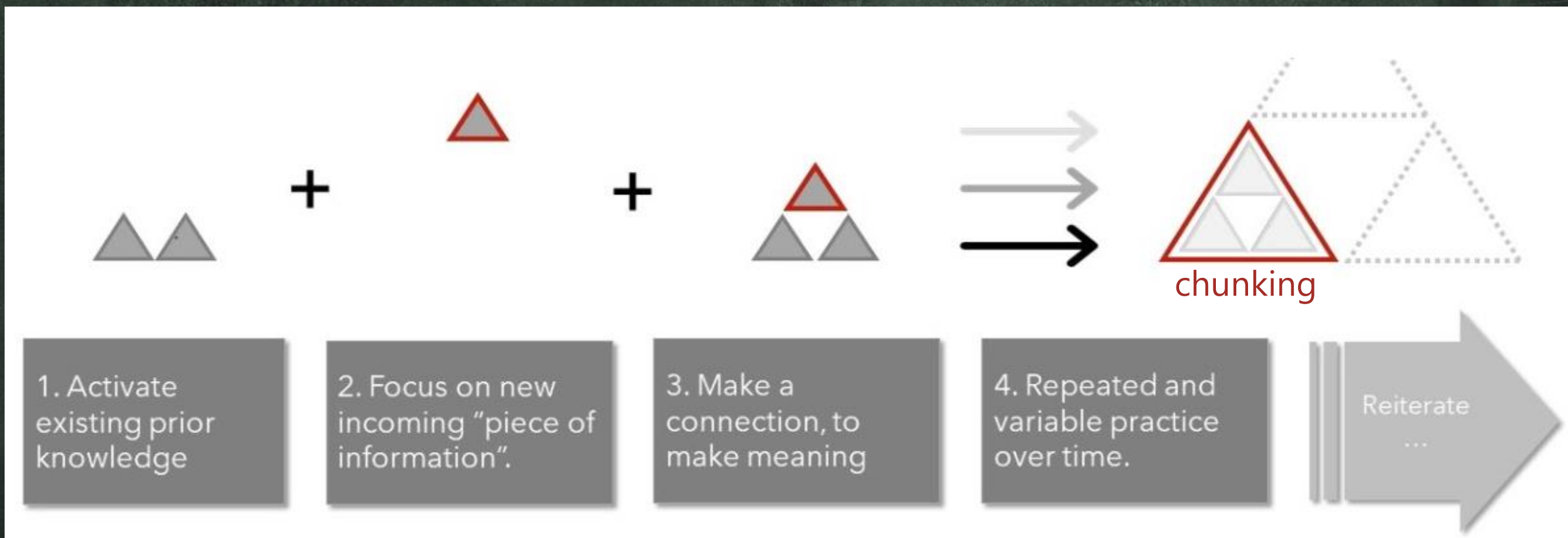
• מיקום זכרון בתוך הקשר

• עדכון סכמות קוגניטיביות

• מומחיות – ידע רב, הקשרים רבים.

המח מסוגל לעבד כמויות גדולות של מידע מאוחסן

כיצד מתבצעת למידה? מודל הפירמידה



Furst, E. (2019) The Pyramid Model (blog).

<https://sites.google.com/view/efratfurst/pyramidmodel>

האתר של ד"ר אפרת פירסט, מכיל הסברים על תהליכי למידה - מומלץ מאוד לבקר!

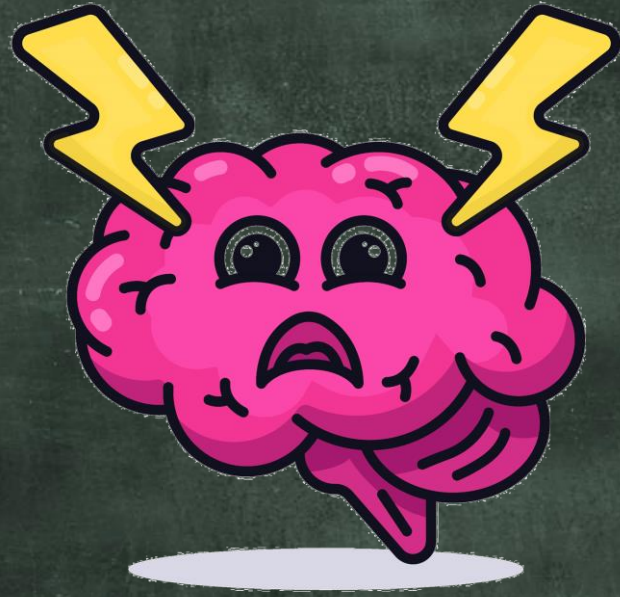
שלוש בלמים בלמידה - מודל הפירמידה

NOVICE



A new concept is learned when new information is meaningfully connected to prior knowledge.

@EfratFurst



עומס קוגניטיבי

וההבדלים הקטנים בין מתחילים ומתחילות למומחים ומומחות

הגדרה



גורמים לעומס

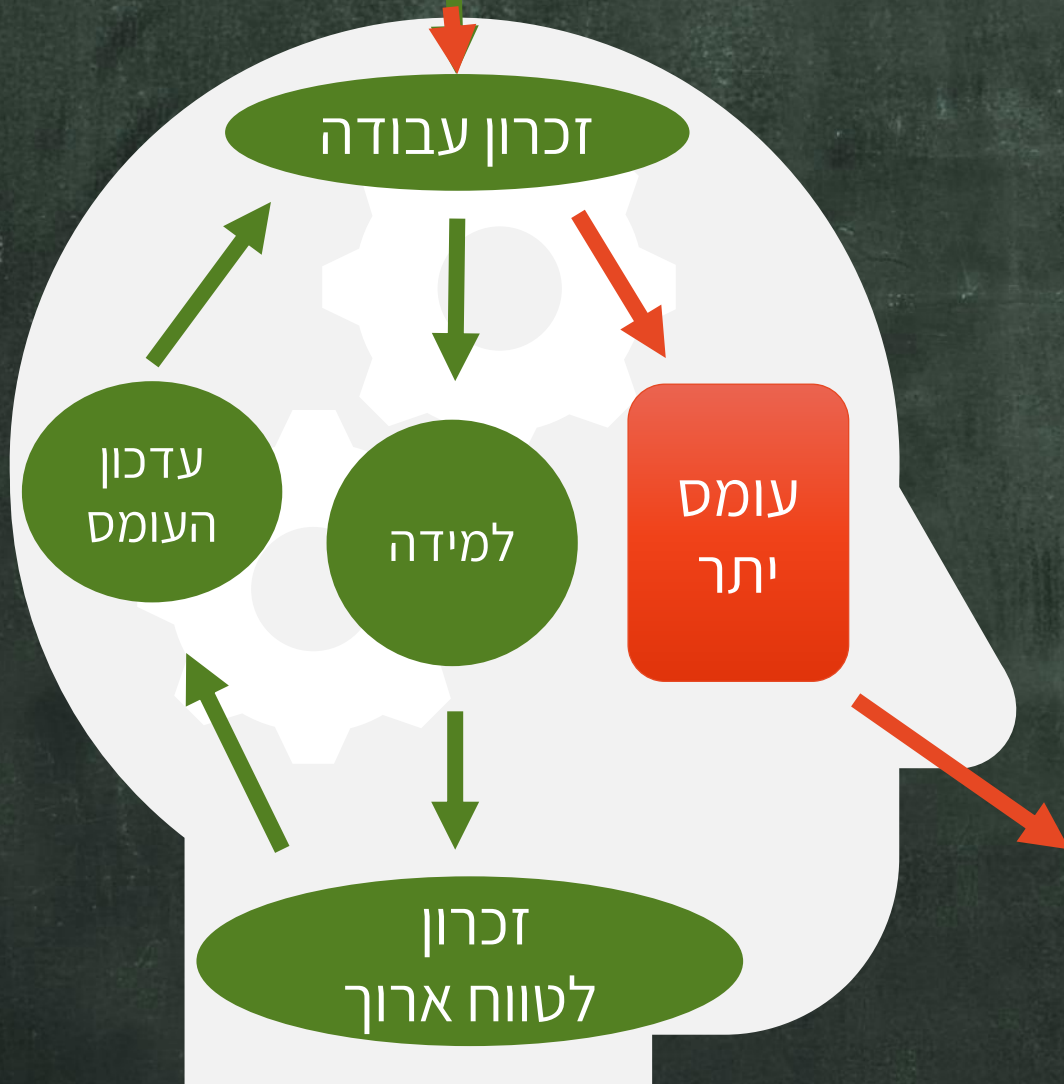


הורדת העומס



עומס קוגניטיבי

עודף מידע חדש/משימות מורכבות מדי.



עומס קוגניטיבי



• עומס הנוצר על זיכרון העבודה בזמן ביצוע משימת לימוד מסוימת

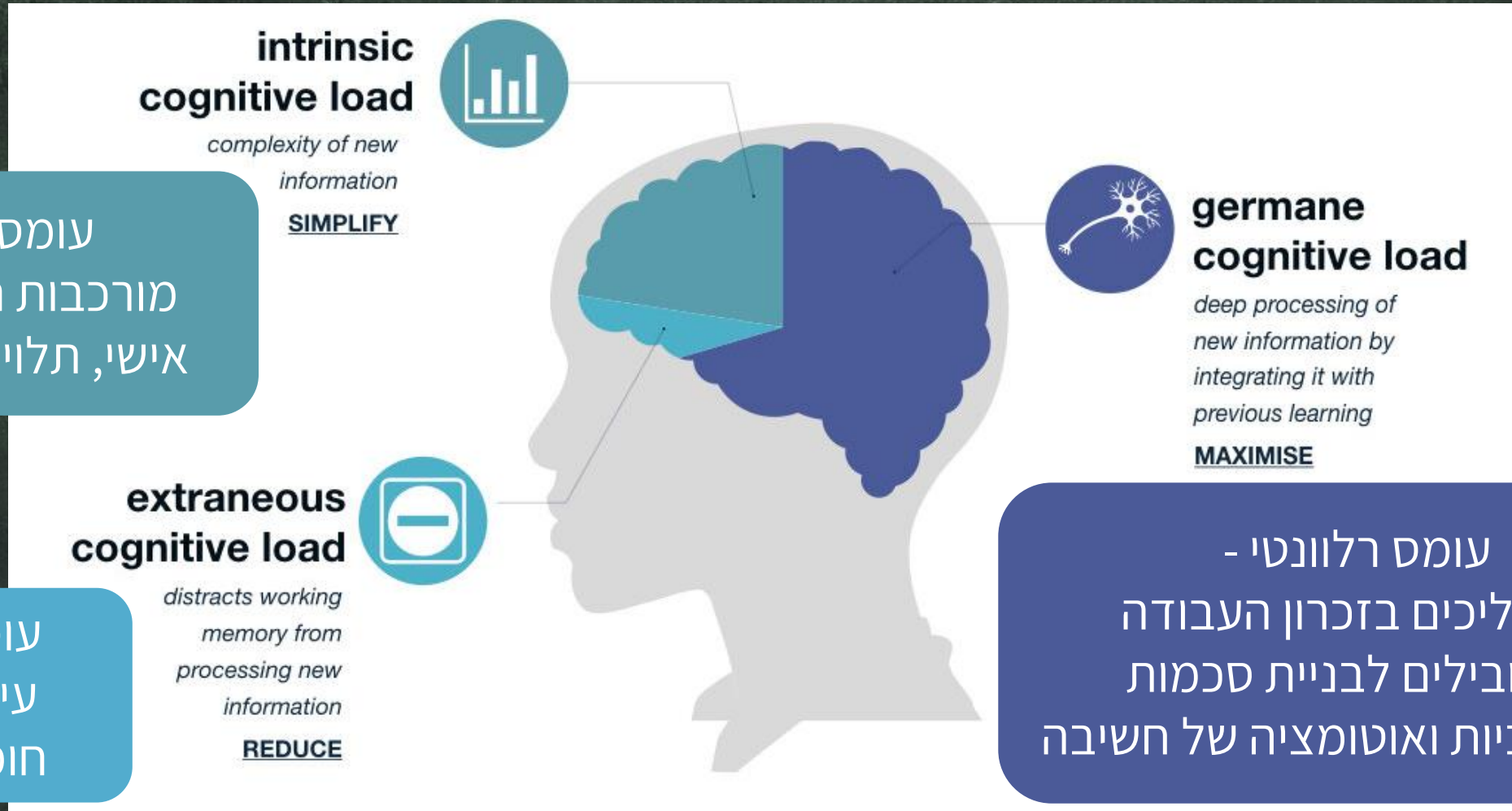
$$\text{עומס קוגניטיבי} = \frac{\text{מורכבות המשימה}}{\text{משאבים זמינים}}$$

מוסחות
תסכול
תחושת כשלון

המח מסוגל לעבד כמויות גדולות של מידע מאוחסן



בבניית תהליך למידה נשאף למקסם עומס רלוונטי



עומס מובנה -
מורכבות המידע החדש.
אישי, תלוי בידע המוקדם.

עומס מיותר -
עיצוב לקוי של
חומרי ההוראה

עומס רלוונטי -
תהליכים בזכרון העבודה
המובילים לבניית סכמות
קוגניטיביות ואוטומציה של חשיבה



הגורמים לעומס הקוגניטיבי

ואיך אפשר להקל על הלמידה

הגורמים לעומס קוגניטיבי



עודף מידע
חדש

את פונה פה שמאלה, ממשיכה ישר עם הכביש המתעקל, עד שיש לך שוב פנייה שמאלה ואז מיד פנייה ימינה, ממשיכה ישר עד לצומת T ופונה בו שמאלה, ואז כשאת מגיעה לכיכר עם הפסל הלבן תפני ימינה, תמשיכי עם הכביש ואז כשאת מגיעה לכיכר תמשיכי בה ישר אבל תפני ימינה בפנייה שמיד אחרי הכיכר



איך מגיעים
לאוניברסיטה?

הגורמים לעומס קוגניטיבי



עודף מידע
חדש

את פונה פה שמאלה, ממשיכה ישר
עם הכביש המתעקל, עד שיש לך
שוב פנייה שמאלה ואז מיד פנייה
ימינה, ממשיכה ישר עד לצומת T
ופונה בו שמאלה, ואז כשאת מגיעה
לכיכר עם הפסל הלבן תפני ימינה,
תמשיכי עם הכביש ואז כשאת מגיעה
לכיכר תמשיכי בה ישר אבל תפני
ימינה בפנייה שמיד אחרי הכיכר

לדובר יש את
המפה בראש
ולכן הוא יכול
לעקוב אחר
ההסבר הארוך

מה אפשר לעשות?



עודף מידע
חדש

לכי לכיוון דרום,
כשתתקרבי יהיה שילוט

איך מגיעים
לאוניברסיטה?

תפני פעמיים שמאלה ואז מיד ימינה כדי לצאת
מהשכונה, ותשאלי שם

את צריכה לצאת מהשכונה ואז להקיף את
אתר הבנייה.

כדי לצאת מהשכונה תפני פעמיים שמאלה
פעם אחת ימינה ואז שמאלה בצומת T.
ואז כדי להגיע לאוניברסיטה תפני ימינה בכיכר
הראשונה ואז שוב ימינה מיד אחרי הכיכר



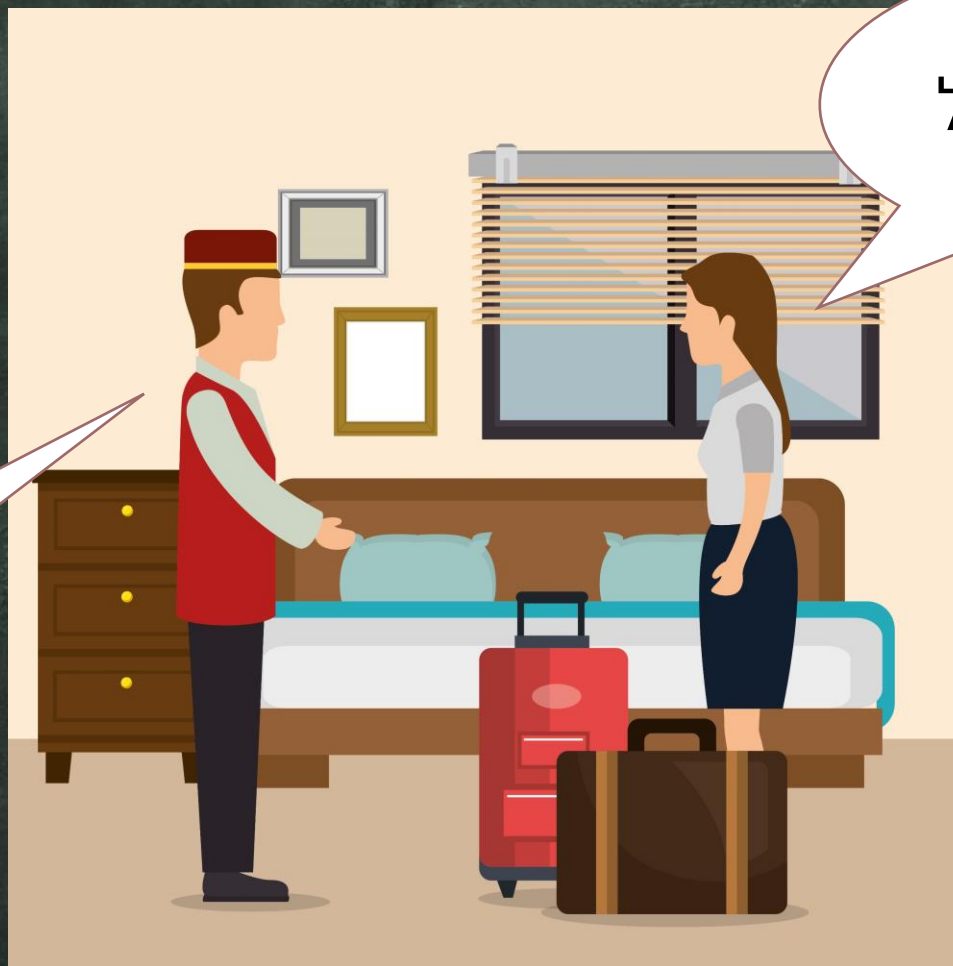
הגורמים לעומס קוגניטיבי



מחסור
בידע
מוקדם
schema

מה צריך
לעשות בשביל
מים חמים?

ללחוץ על המתג
שבפינה



הגורמים לעומס קוגניטיבי



מחסור
בידע
מוקדם
schema

המים היו קפואים
למרות שלחצתי
על המתג!

כמה זמן חיכית
שיתחממו?

הייתי צריכה
לחכות?

הדובר מבין איך הדוד
בנוי ולכן ברור לו
שצריך *להמתין
שהמים יתחממו*



מה אפשר לעשות?



מחסור
בידע
מוקדם
schema

להפעיל את הדוד על ידי
לחיצה על המתג שבפינה
בערך שעה לפני שאת
רוצה להתקלח

את יודעת איך עובד דוד
חשמלי?
המתג של הדוד נמצא כאן

מה צריך
לעשות בשביל
מים חמים?



הגורמים לעומס קוגניטיבי



שפה
לא
מובנת

מי רוצה שניצל וצ'יפס?

אסקלופ
חזה עוף בפנקו
מלווה בתפוד
בטונט פריט
frit batonnet
(*potato*)

ונחזור לכיתה... הגורמים לעומס קוגניטיבי



מידע לא
רלוונטי

מחסור
בידע
מוקדם
schema

שפה לא
מובנת -
מינוחים
מקצועיים,
שפה שנייה,
מבטא

מידע
לא
מאורגן

עודף מידע
חדש

השפעת העומס הקוגניטיבי על הלמידה



$$\text{עומס קוגניטיבי} < \frac{\text{מורכבות המשימה}}{\text{משאבים זמינים}}$$

כאשר מורכבות המשימה גדולה מסך המשאבים
הזמינים – לא תתכן למידה מעמיקה
מתבצעת למידה שטוחה בלבד

האם הם מבינות ומבינים?



- סמנים מהסטודנטים
 - הנהון
 - קולות הסכמה "אה-הא"
 - כתיבה רציפה
- אם שולחן העבודה עמוס מדי
 - <- אין עיבוד של הפריטים
 - <- לא מגיעים להבנה
 - <- תסכול, פגיעה בתחושת מסוגלות
 - <- מה מרוויחים מהנוכחות בשיעור?
- ועבורינו?
 - תחושת "האכלה בכפית"
 - צריך להסביר כל דבר שוב מהתחלה.
- מה הסמנים הללו מייצגים?
 - מאמץ להחזיק את כל המידע
 - "הצלחתי לעקוב אחרי מה שנאמר"
 - למידה שטוחה

איך נדע שהם איתנו?

• למידה משמעותית תמיד תעלה שאלות

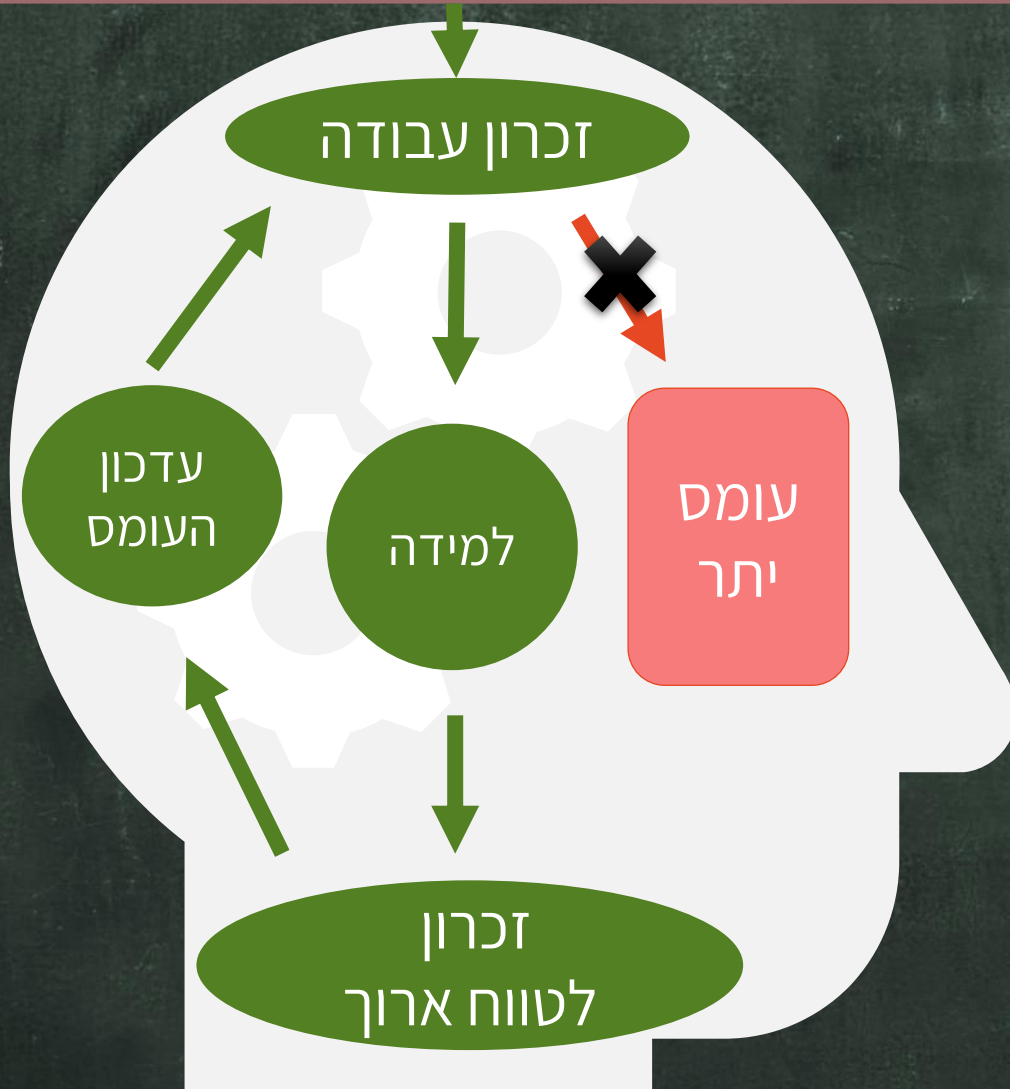
• פערים רגעיים שנוצרו

• נסיונות לחזות את המשך הסכמה

• תיקון מיסקונספציות



המח מסוגל לעבד כמויות קטנות של מידע חדש



המח מסוגל לעבד כמויות גדולות של מידע מאוחסן

אז מה עלינו לעשות?



להתאים את המשימה למשאבים הזמינים

- הפניית עיקר המשאבים למורכבות אותה אנו מנסים לפצח יחד עם הלומדים והלומדות
- משימות מורכבות מדי – לפשט על ידי חלוקת המשימה לשלבים
- לצמצם ככל האפשר עומס הנובע מאופן הבנייה של חומרי הלימוד.

הצלחה במשימה

- סקרנות, תחושת מסוגלות – מוטיבציה להמשיך

מהי הוראה יעילה?



• עקרונות בסיסיים בהוראה יעילה

• ביסוס שפה משותפת – השלב ה"קל" הוא בעצם הכי קשה.

• צמצום העומס האינטרינזי.

• פירוק משימות מורכבות למשימות קטנות התואמות לרמה הלומדות והלומדים

• בניית פיגומים – חשיפת חשיבת המומחה – איך זיהיתי את החיבורים השונים?

• וידוא הבנה - שאלות המאפשרות להשתמש בידע שנצבר

• תרגול שליפה - מבסס את הסכמה ומאפשר לפנות חלק מהעומס

ארגון ההרצאה

- חלוקה היררכית של החומר
- "מפת דרכים" ויזואלית – ברמת הקורס, השיעור, וההסבר

הצגה כללית של שרשרת מרקוב עם שני מצבים

כיצד משפיעים הסיכויים למעבר התור משחקן לשחקן על התנהלות המשחק ועל הסתברויות המצב היציבות?

האם ניתן לקבל נוסחאות כלליות להסתברויות המצב היציבות ולהסתברויות המעבר הרב שלביות?

כמה פרמטרים נחוצים כדי לתאר את מטריצת הסתברויות המעבר בשרשרת מרקוב עם שני מצבים?

$$P = \begin{pmatrix} 1 - \alpha & \alpha \\ \beta & 1 - \beta \end{pmatrix}; \quad 0 \leq \alpha \leq 1; 0 \leq \beta \leq 1$$

תוכנית העבודה



לפני השיעור

חיבור לידע מוקדם

- נגדיר מראש ידע מוקדם ספציפי הנדרש לשיעור
- במידת הצורך - נפנה למקור מהימן להשלמת הידע

נושאי הקורס	חלק	במה להזכר לפני?
1 מבוא	פירוק תאים	פתרון אנליטי/איטרטיבי/גרפי
2 סינון	הסרת מוצקים	זרימה - למינרית, מספר ריינולדס, חוק פיק
3 צנטריפוגה	הסרת מוצקים	כוחות המשפיעים על תנועה בנוזל (ציפה, גרר, מהירות טרמינלית)
4 מיצוי	השבה ראשונית	פוטנציאל כימי בתמיסה. מאזני מסה
5 ספיחה	השבה ראשונית	משוואות ספיחה (הנרי, פרוינדליך, לנגמיר/מיכאליס מנטן). פונקצית erf
6+7 כרומטוגרפיה	ניקוי	כוחות - פולאריות, אינטראקציות אלקטרוסטטיות, אינטראקציות הידרופוביות, קשירה ספציפית. הגדרה מתמטית של גאוסיאן

תכנון הרצאה במקבצים

- כ-10-7 דקות של מידע חדש (ואפילו 7-5)
- 3-1 דקות של תרגול השליפה ווידוא הבנה
- > שאלות מתוכננות מראש – חלק ממערך השיעור.

• הסבר על מדדי מרכז – ממוצע, חציון, שכיח

בניית ידע חדש

- איך מוצאים את החציון? (תרגול שליפה)
- מה יקרה לערך ממוצע/חציון/שכיח בעת הוספת ערך חריג? (ווידוא הבנה)

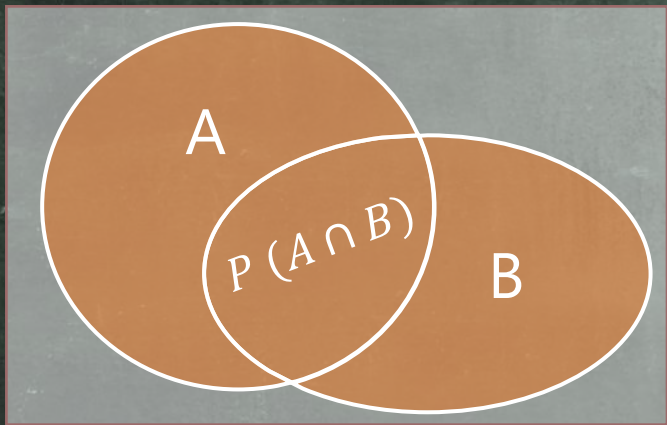
שאלות לתרגול
שליפה והבנה

סמיכות
בזמן
ובמרחב

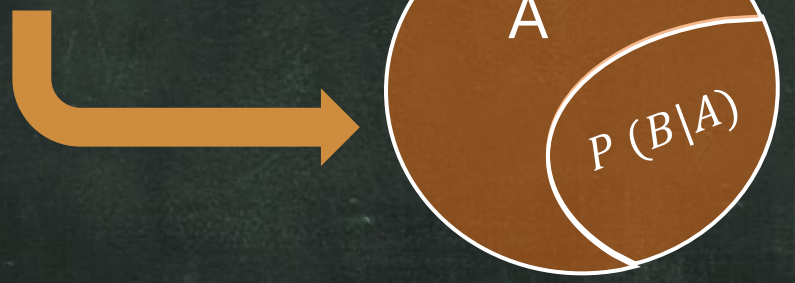
בזמן השיעור

מולטימדיה

- שימוש במספר מדיות להמחשת רעיון יחיד
- מילים+תמונות.



מה קורה למרחב
התוצאות אם אנו
יודעים ש A התקיים?



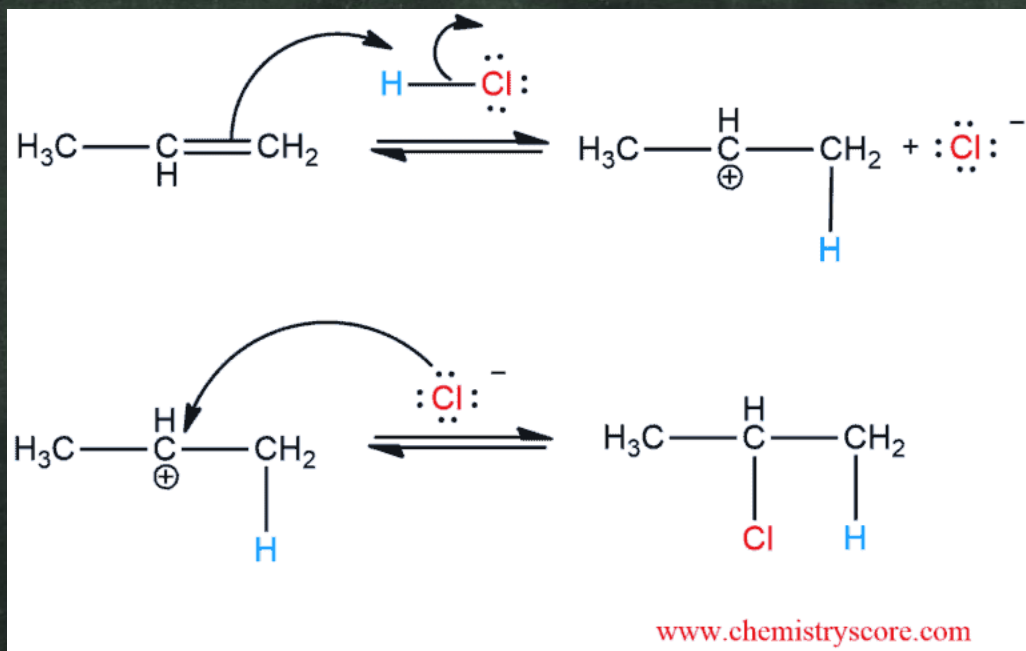
חוק בייס

$$P(B|A) = \frac{P(A|B) * P(B)}{P(A)}$$

הסיכוי להתרחשות של B,
בהנחה ש A אכן התקיים.

- הפרדה בין החלקים השונים של ההסבר.
- בהתחלה מילים פשוטות, אחר כך לחבר טרמינולוגיה
- שימוש בחלק הרלוונטי למשימה הנוכחית.

הסברים



לאיזה פחמן יתחבר המימן המסופח?

לזה שיש לו יותר מימנים

כך שתוצר הביניים יתן את

הקרבוקטיון היציב ביותר

לפי כלל מרקובניקוב

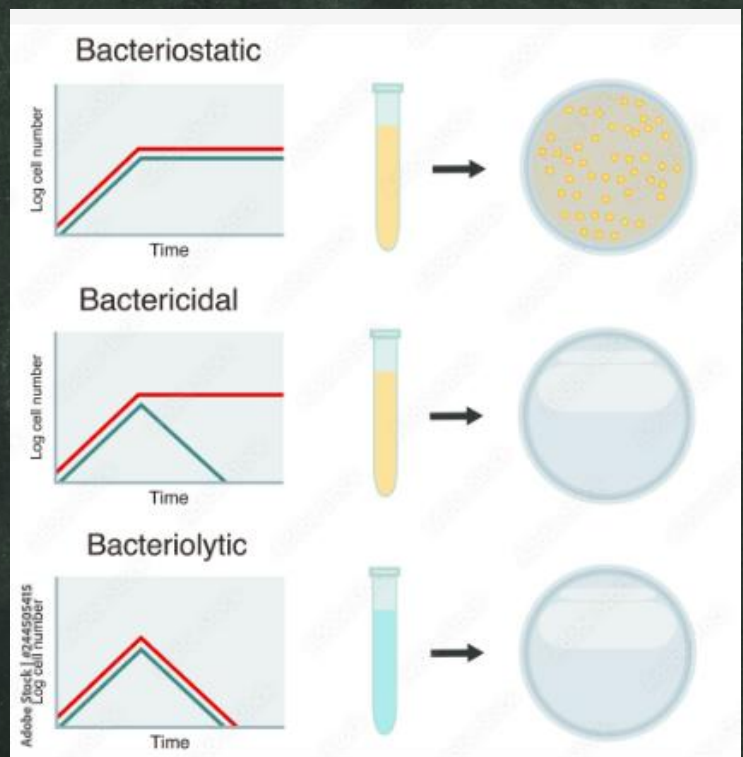
פרקטיקה

תיאוריה

טרמינולוגיה

- כאשר המטרה היא פיתוח ההבנה – לא להתבסס על זכרון
- לפרט את הידע הנדרש (על הלוח/מצגת וכו...)

מידע נגיש



לאחר שימוש באנטיביוטיקה Novobiocin
אנו רואים כי גודל המושבות נשאר קבוע,
אך עדיין יש צריכה של ניוטריינטים.

מהו סוג האנטיביוטיקה?

בקטריוסטטית/בקטריוצידיית/בקטריוליטית

סמיכות במרחב ובזמן

- תמונות ליד מינוחים
- שמות ליד המשתנים

משוואת שימור תנע

$$\sum F = \frac{\partial}{\partial t} \int_{C.V.} \rho u_i dV + \int_{C.S.} \rho u_i (u_i \cdot \hat{n}) dA$$

כוחות על המערכת

אינטגרל על הנפח

אינטגרל על פני השטח

F – כוחות על המערכת
C.V – אינטגרל על הנפח
C.S – אינטגרל על השטח

שליטה
בקצב
הלמידה

קצב

- לא מהיר מדי למניעת עומס
- לא איטי כדי שהמידע החדש לא ישכח תוך כדי התהליך

"פינוי" שולחן העבודה

- סיכומים רגעיים - נקודות עצירה
- תחילת הסבר חדש מנקודת העצירה האחרונה, אחרי הביסוס.

ומה עם הסטודנטים והסטודנטיות?



- משימות מוגדרות (וקצרות...) ליצירת בסיס הסכימה
- הנחיות לחזרה על ידע מוקדם נדרש לפני השיעור

למידה מקדימה

- להדגים את חשיבות הבנת המושגים לצורך פתרון שאלות/בעיות.

דוגמאות מוזרקות

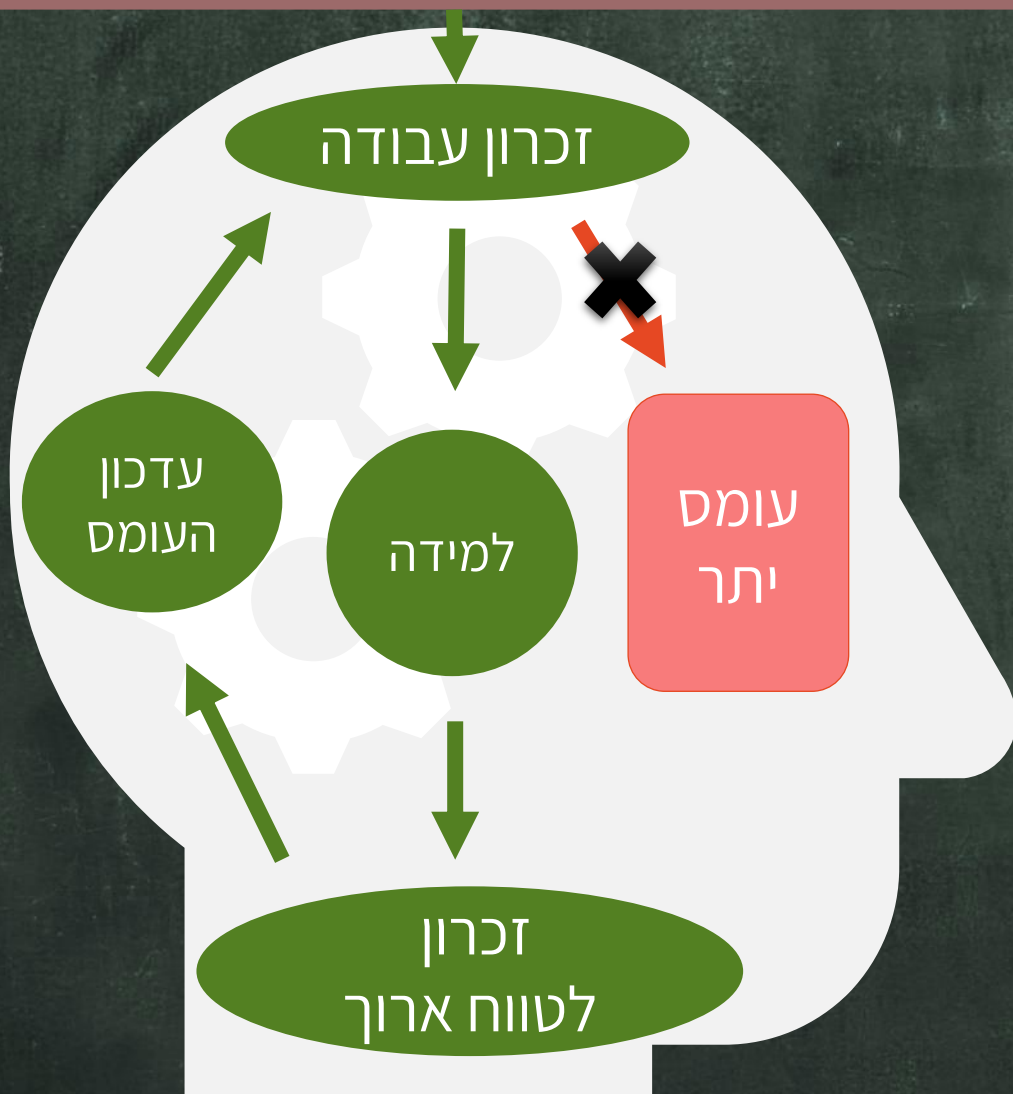
- להבהיר את סכנת אשליית הלמידה וחשיבות תרגול שליפת המידע, ולא רק זיהוי

תרגול השליפה

- לאפשר רמה מסויימת של שיח בין סטודנטים
- "עומס קוגניטיבי משותף"

שיח רקע בכיתה

המח מסוגל לעבד כמויות קטנות של מידע חדש



המח מסוגל לעבד כמויות גדולות של מידע מאוחסן

אז מה עלינו לעשות?



- להתאים את המשימה למשאבים הזמינים
- הפניית עיקר המשאבים למורכבות אותה אנו מנסים לפצח.
- משימות מורכבות מדי – לפשט על ידי חלוקת המשימה לשלבים
- לצמצם ככל האפשר עומס הנובע מחומרי הלימוד.
- הצלחה במשימה
- סקרנות, תחושת מסוגלות – מוטיבציה להמשיך



- Hattie, J. (2008). *Visible learning*. Routledge.
- נירה חטיבה, (1997) *הוראה יעילה באוניברסיטה: מתיאוריה למעשה*. הוצאת אוניברסיטת תל אביב
- Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G. & Paas, F. (2019) *Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later*. *Educ Psychol Rev* **31**, 261–292.
- אפרת פירסט, בלוג, כל מה שבין הוראה לכיתה
<https://sites.google.com/view/efratfurst/%D7%A2%D7%91%D7%A8%D7%99%D7%AA?authuser=0>
- Images by [Freepik](#)

תודה על ההקשבה

Inbaltsa@bgu.ac.il