

למידה משחקית בכימיה:

שילוב "קופסאות בריחה" להעמקת מושגי יסוד וסטוכיומטריה

ד"ר איילת שוולב¹ וד"ר טל הרשושנים²

מבוא

למידה משחקית היא אסטרטגיית הוראה המשלבת משחקים וסימולציות ככלים חינוכיים להעברת ידע ולפיתוח מיומנויות. גישה זו זוכה להכרה הולכת וגוברת ככלי פדגוגי מרכזי, המאפשר לתלמידים ללמוד תכנים מדיסציפלינות שונות בצורה חווייתית ואינטראקטיבית. במחקרים נמצא שלמשחק יש השפעה מהותית על ההתפתחות הקוגניטיבית של תלמידים, שכן הוא מסייע בבניית מיומנויות חברתיות, מעודד מוטיבציה, ומוביל לשיפור ביכולות חשיבה מסדר גבוה, כמו פתרון בעיות, יצירתיות וחשיבה ביקורתית, הנמנות עם מיומנויות המאה ה-21 (Bonwell, 1991, Ministry of Education, 2020).

הקניית מיומנויות המאה ה-21, החיוניות להצלחה במציאות המקצועית והטכנולוגית המשתנה של המאה ה-21, הוגדרה כיעד של מערכות החינוך בעולם, וכן של משרד החינוך הישראלי; ראו לדוגמה מסמך מיומנויות הבוגר של משרד החינוך (Ministry of Education, 2020). בתחום החשיבה: מיומנויות חשיבה מסדר גבוה, אוריינות מידע, אוריינות דיגיטלית וטכנולוגית, חשיבה יצירתית, חשיבה ביקורתית, חשיבה אנליטית, פתרון בעיות יזמות וחדשנות; בתחום האישי: פתיחות מחשבתית, התמודדות עם אתגרים, יושרה מקצועית, ארגון וחריצות; ובתחום הבין-אישי: עבודת צוות, למידה שיתופית וכישורי מנהיגות (Keshet-Ma'or & Arenberg, n.d.).

הוראה פורמלית כוללת לרוב מסגרת לימודית מסורתית, כגון כיתות ולוח זמנים מסודר, בעוד שהוראה בלתי פורמלית מעניקה לתלמידים חופש וגמישות לחקור ולהתנסות בתכנים מחוץ למבנה הלימודי הקלאסי. שני סוגי ההוראה יכולים לבוא לידי ביטוי באופן מיטבי במסגרת של למידה משחקית, כאשר משחקים חינוכיים משמשים גשר ביניהם. דוגמה לכך היא חדרי בריחה, המאפשרים לתלמידים לפתור בעיות ולעבוד בקבוצות בסביבה שיתופית ולא פורמלית. חדרי בריחה כימיים, לדוגמה, מספקים דרך ייחודית ללימוד מושגים בכימיה, על ידי שילוב של משימות מעשיות המצריכות מתלמידים ליישם את הידע התאורטי שלהם כדי להתקדם במשחק (Yayon, Rap & Blonder, 2023). מעבר להיבט הדיסציפלינרי, שילוב למידה משחקית בהוראה תורם לפיתוח מיומנויות המאה ה-21.

"קופסאות בריחה" הן מתודה לימודית עכשווית שאפשר להתאימה לכל גיל ולכל תחום דעת לצורך תרגול, שינון, השמעה או הכרה של יחידת תוכן חדשה. בבסיסה של המתודה, משחק קבוצתי תחרותי המאפשר ניצול יתרונותיהם של חדרי הבריחה והבאתם לכיתות הלימוד (Veldkamp et al, 2020). השימוש במשחקי בריחה הופך רווח יותר ויותר במערכת החינוך, בבתי הספר היסודיים, התיכוניים ואפשר אף לראות שימוש במתודה זו גם באקדמיה, בדיסציפלינות שונות, כגון: רפואה, מדעי המחשב, הנדסה וכימיה (Monaghan & Nicholson, 2017; Borrego et al, 2017; Clapson et al, 2020).

"קופסאות בריחה" הוא משחק תחרותי בין קבוצות, שבמהלכו נדרשים המשתתפים לפתור חידות מגוונות ומאתגרות. הקבוצה הראשונה שמסיימת את האתגר מוכרזת כקבוצה המנצחת. המשחק מורכב מכמה קופסאות, שכל אחת מהן נעולה במנעול הנפתח רק לאחר פתרון החידה המופיעה בכל קופסה. כל פרט על הקופסה או בתוכה קשור לפתרון, ולכן יש להגדיל ראש, לחשוב באופן יצירתי ולהתייחס לכל רמז. המשחק מאפשר לשלב מספר רב של סגנונות למידה במשימה אחת, ומגוון החידות שבו נבנה במטרה להוציא את המשתתפים מאזור הנוחות שלהם, לעורר השראה לחשיבה יצירתית ושונה, לתרום לעבודה שיטתית, תוך שיתוף פעולה בין חברי הקבוצה ומתן ביטוי לכל הכוחות שבה וכך להעצים את החוסן המנטלי של חבריה.

בניגוד למרבית "חדרי בריחה", כאן מותר ואף רצוי להיעזר בכל כלי רלוונטי, כגון: גוגל, ויקיפדיה, חבר טלפוני, ChatGPT וכדומה. ברגע שהמשתתפים הצליחו לפענח את החידה ומצאו את הקוד הנכון (3 ספרות) לפתיחת המנעול, הם עוברים לשלב הבא, שהוא קופסה נוספת, מתוחכמת יותר. כמו במשחק "חדר בריחה" טיפוסי, גם כאן מדובר במשחק חד-פעמי, אם כי בפועל אפשר להחזיר את הקופסאות והמנעולים לתצורתם המקורית ולשחק שוב.

יתרון נוסף של שימוש ב"קופסאות בריחה" הוא בנוחות הלוגיסטית שלהן. בניגוד לחדרי בריחה פיזיים, המצריכים מרחב ייעודי ומשאבים טכניים מורכבים, קופסאות בריחה מתאימות לכיתות רגילות, ואינן מצריכות ציוד מיוחד מעבר לקופסאות ומנעולים. הדבר מאפשר לשלב את הפעילות

1 אפקה, המכללה האקדמית להנדסה בתל אביב

2 אורות ישראל, מכללה לחינוך

הראשונה, תקופה שבה הסטודנטים עדיין נמצאים בתהליך הסתגלות למסגרת האקדמית ולחבריהם ללימודים. הפעילות מייצרת הזדמנות למפגשים והיכרויות חדשות בין הסטודנטים, תוך כדי עבודה משותפת על פתרון אתגרים ומשימות המבוססים על תוכני הלימוד. במהלך המשחק, הסטודנטים דנים בנושאים השונים, משתמשים בהוראת עמיתים ובשיתוף פעולה קבוצתי כדי לגשר על פערים בהבנה, ומקבלים משוב מיידי על רמת שליטתם בחומר. בסיום הפעילות, הם יכולים לזהות את תחומי הידע שבהם הם שולטים היטב, לצד נושאים שבהם נדרש תרגול נוסף להעמקת ההבנה.

מהלך המשחק

הסטודנטים התבקשו להתחלק לקבוצות בנות 4-5 שחקנים, וכל אחת מהקבוצות קיבלה את ערכת המשחק המופיעה בתמונה 1.

מכיוון שמדובר במשחק בריחה, לא ניתנו הנחיות למעט הנחיה כללית: אנחנו משחקים משחק תחרותי שמטרתו לגלות את הקוד המספרי שיפתח את מנעול הקופסה. הקבוצה הראשונה שתצליח לפתוח את הקופסה תוכרז כמנצחת. רק לאחר שהסטודנטים הצליחו לפתוח את המנעול הראשון, הם פתחו את הקופסה וגילו להפתעתם שיש בתוכה קופסה נוספת שגם היא נעולה במנעול תלת-ספרתי. בסך הכול המשחק מורכב מארבע קופסאות נעולות המסודרות אחת בתוך השנייה באופן כזה שכדי לפתוח כל אחת מהן, על הסטודנטים לפתור אתגרים שונים. בכל אחת מהקופסאות מופיע אתגר אחד, שפתרונו מספר תלת-ספרתי, הוא הקוד למנעול המאפשר את פתיחת הקופסה הבאה וחשיפת האתגר הבא, וכן הלאה (ראו תמונה 2). החידות שנבחרו לצורך הפעילות עסקו כולן במושגי יסוד וסטוכיומטריה: הגדרות, מבנה האטום, חישובי מולים מתוך משוואה מנוסחת ומאוזנת, תמיסות וגזים אידיאליים.

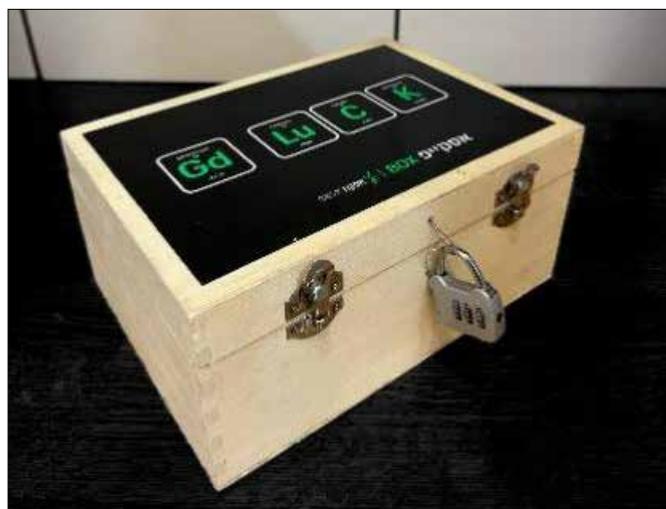


תמונה 2: מראה כללי של המשחק הכולל 4 אתגרים, 4 קופסאות, 4 מנעולים ופרס

במסגרת השיעורים הרגילים, ללא צורך ביציאה מהכיתה או בהיערכות מורכבת, ולכן שיטה זו נגישה וזמינה יותר. משחקים חינוכיים בכלל, וחדרי בריחה בפרט, נחשבים לפעילות חינוכית מתאימה לקידום למידה פעילה ושיתופית. הם מעודדים עבודת צוות, תקשורת ומיומנויות חשיבה ביקורתית תחת לחץ זמן, ומאפשרים לתלמידים לרכוש ידע חדש בדרך חווייתית. לפיכך, חדרי בריחה כימיים (פיזיים או מקוונים) מספקים הזדמנות ייחודית ללמידה עצמאית ושיתופית, תוך הדגשת חשיבותה של התקשורת והאינטראקציה בין המשתתפים.

מטרות אקדמיות והכוח המניע לפיתוח המשחק

המשחק פותח במכללת אפקה עבור סטודנטים להנדסה מכנית ורפואית, הנדרשים ללמוד קורס בסיסי בכימיה כחלק מתוכנית לימודיהם. פיתוח המשחק נבע משלושה צרכים מרכזיים: ראשית, מצד המכללה, שילוב המשחק במסגרת הלימודית תואם את הגישה הפדגוגית הכוללת של המוסד, הטומנת שאיפה לפתח בקרב הסטודנטים את מיומנויות המאה ה-21, במטרה להכין את בוגריו להשתלבות מיטבית בשוק התעסוקה (Moyal A. et al, 2024, American Association of Colleges and Universities, n.d.). בהקשר זה, המשחק מקנה מיומנויות חיוניות, כגון שיתוף פעולה, חשיבה יצירתית ופתרון בעיות. שנית, מצד המרצה, מטרת המשחק הייתה ליצור אווירת למידה חיובית, מגוונת ומעניינת, החורגת מהשגרה המסורתית של הקורס. המשחק תוכנן כפעילות סיכום נושא ושימש תחליף לבוחן אמצע שהיה נהוג בקורס בעבר. באמצעות המשחק, המרצה יכולה להעריך את מידת ההפנמה של החומר בקרב הסטודנטים, לזהות פערים בהבנה ולבצע התאמות בתהליך ההוראה. שלישית, מנקודת מבטם של הסטודנטים, המשחק מספק חוויה לימודית מהנה ואינטראקטיבית, בעלת חשיבות מיוחדת עבורם, מאחר שהקורס מתקיים בסמסטר הראשון של שנת הלימודים



תמונה 1: קופסת הבריחה כפי שהתלמידים מקבלים אותה

אתגר רביעי: בתוך הקופסה יש את החידה הבאה (תמונה 6):

50 מ"ל תרכובת גזית $C_xH_yO_z$ מגיבה עם 150 מ"ל חמצן לקבלת 100 מ"ל פחמן דו-חמצני ו-150 מ"ל אדי מים. כל הגזים נמצאים בתנאי תקן. מהי נוסחת התרכובת? (x, y, z הם נעלמים)

תמונה 6: החידה של האתגר הרביעי

פתרון החידה ומציאת הנעלמים x, y, z יספקו לשחקנים את הקוד לפתיחת הקופסה הרביעית והאחרונה, שבתוכה הם ימצאו צ'ופר מתוק.

נושאים בכימיה: איזון משוואות, גזים אידיאליים, עיקרון אבוגדרו.

רשמי הסטודנטים בתום הפעילות

בתום הפעילות התבקשו הסטודנטים למלא משוב קצר בנוגע למידת הרצון שלהם להצליח במשימות, מידת ההנאה שלהם מהפעילות ורמת העניין שלהם בפעילויות נוספות מסוג זה. על המשוב ענו 105 סטודנטים להנדסה מכנית בקורס "מבוא לכימיה". אפשר לראות מהתוצאות הראשוניות המוצגות בגרף כי הפעילות "קופסאות בריחה" מעודדת מוטיבציה ללמידה, שכן 90% מהסטודנטים העידו כי הרצון להצליח במשימות גרם להם להתאמץ יותר. כמו כן מרבית הסטודנטים, למעלה מ-90% דיווחו כי נהנו מהפעילות וישמחו אם פעילויות נוספות כגון זו ישולבו בתוכנית הלימודים.

בנוסף, כלל המשוב רשימה של 28 תכונות שונות שהסטודנטים התבקשו לסמן בה את 5 התכונות העיקריות שלדעתם באו לידי ביטוי בפעילות. גרף 2 מציג את 14 התכונות הבולטות, שהצביעו עליהן 10 סטודנטים לפחות.

את התכונות שציינו הסטודנטים ככאלו שבאו לידי ביטוי בפעילות באופן מיוחד אפשר לחלק לקטגוריות בהתאם למיומנויות המאה ה-21 באופן הבא (מיוצגות בצבעים שונים): **עבודת צוות ושיתוף פעולה:** אינטליגנציה חברתית, יכולת עבודה בצוות

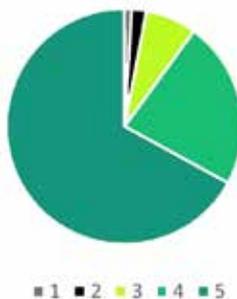
חשיבה יצירתית: כושר המצאה ומקוריות, יצירתיות, מנסה רעיונות חדשים

פתרון בעיות: שיפוט וחשיבה ביקורתית, פרספקטיבה **לימוד עצמי:** אהבת הלמידה, סקרנות, התמדה

ניהול זמן: מאורגן

שאר התכונות שציינו הסטודנטים התייחסו לחוויית הלמידה: הומור, התלהבות ונחישות להצליח במשחק. בסוף המשוב אפשרנו לסטודנטים לכתוב במילים שלהם את

באיזו מידה הרצון להצליח במשימות גרם לך להתאמץ יותר?



גרף 1. באיזו מידה הרצון להצליח במשימות גרם לך להתאמץ יותר?

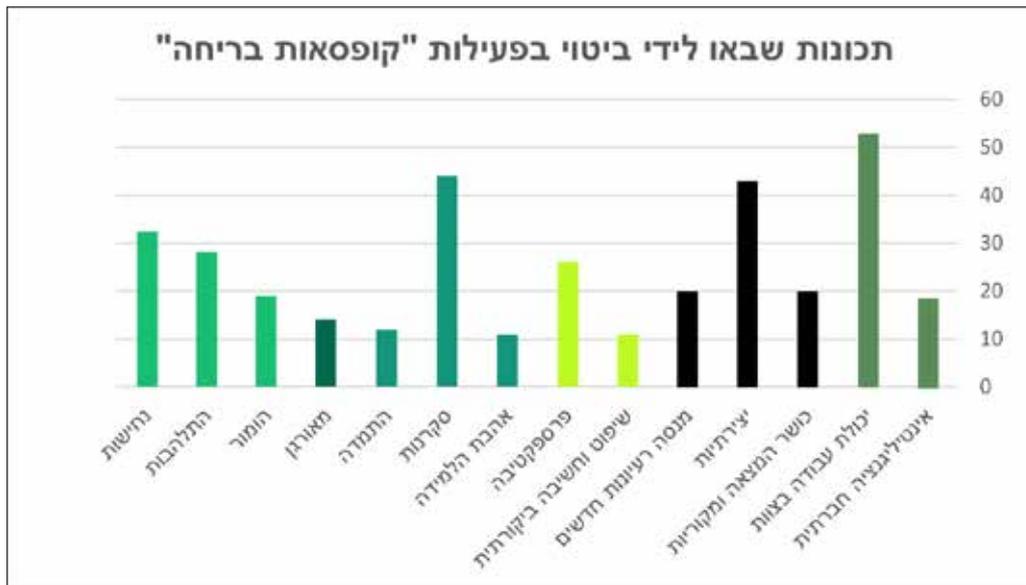
הרשמים שלהם מהפעילות. להלן כמה ציטוטים מתוך משובי הסטודנטים:

"עיקר העבודה היא עבודת צוות וההפריה ההדדית. כל אחד מחפה על חיסרון של חבר צוות אחר ומשלים אותו."

"היה מעולה, אחלה יצירתיות וחשיבה מחוץ לקופסא לריענון של החומר וסגירת מעגל. יפה מאוד."

"פעילות מושקעת וכיפית שגורמת לחזור על החומר בדרך יצירתית. תודה רבה!"

"פעילות מאתגרת, צוותים עם אווירה טובה וחזרה כללית על כל החומר. מוסיפה עניין למהלך הרצף הלימודי. נותנת



גרף 2. תכונות שבאו לידי ביטוי בפעילות "קופסאות בריחה"

דגשים נוספים להכנת קופסאות בריחה:

- **בהירות במשימות:** חשוב ליצור משימות שלא יעוררו חוסר בהירות או תסכול. לדוגמה, תוצאת האתגר הראשון במשחק הייתה פתרון של שבר עשרוני שצריך היה לעגל כדי למצוא את הקוד הנכון לפתיחת המנעול. עדיף שתוצאת האתגר הראשון, שבמהלך פתירתו הסטודנטים מבינים את מהות המשחק, תהיה חד-משמעית וברורה, כדי למנוע תחושות של תסכול.
- **איזון בין תחרותיות ללמידה:** יש להקפיד שהתחרותיות לא תבוא על חשבון הלמידה. המשחק צריך להיות כלי לשיפור ההבנה של החומר, ולא מאבק על המקום הראשון.
- **חזרה על החומר בכיתה:** בתום המשחק מומלץ לחזור בכיתה על החידות והאתגרים, בעל פה או על הלוח, כדי להבטיח שהסטודנטים הפנימו את החומר בצורה מלאה.
- **אפשרות של גרסה מקוונת:** אפשר להמיר את המשחק לארבעה קבצים מקודדים, כך שיהיה אפשר לשחק בגרסה מקוונת, למשל בזום.
- **שינוי אווירה:** אם מזג האוויר נאה, כדאי לשקול לשחק בחוץ. שינוי האווירה עשוי להוסיף אלמנט חווייתי, שיתרום אף הוא להנאה מהמשחק.

מקורות

לצפייה ברשימת המקורות למאמר זה יש להיכנס ל**קישור**.

תמונת מצב אישית על הידע האישי שלי עד כה.

"אני מאמין כי פעילויות כאלה תורמות המון להבנה של החומר. להסביר לחבר ושחבר מסביר לי עוזר המון ומפתח את הרצון למחקר החומר וללמידה."

"היה ממש נחמד ומלמד, כיף לעשות משהו שהוא שונה ופותח את הראש. אני חושב שיצירת תחרות תמיד משפרת אותנו ומעלה את הרמה."

"פעילות מדהימה שסגרה המון פינוט שלא ישבו טוב מבחינת ההבנה."

לסיכום, המשוב שהתקבל מהסטודנטים בעקבות המשחק מראה כי המשחק עונה בהצלחה על מטרותיו העיקריות שהוגדרו מראש. המשחק תרם לשילוב מיומנויות המאה ה-21, כגון עבודת צוות, חשיבה יצירתית, פתרון בעיות ולימוד עצמי, כפי שעולה מדיווחי הסטודנטים שצינו תכונות אלו כמשמעותיות במהלך הפעילות. בנוסף, המשחק יצר אווירת למידה מגוונת, שבר את השגרה הלימודית והגביר את המוטיבציה של הסטודנטים ללמוד. הסטודנטים ציינו כי המשחק היה חווייתי, מעורר עניין ומסייע בהבנה מעמיקה של החומר הלימודי, בדגש על עבודה קבוצתית ושיתוף פעולה. המשחק אפשר לסטודנטים לחזור על החומר בצורה אינטראקטיבית, וסיפק להם תמונה ברורה יותר על רמת הבנתם.

ממצאים אלו משקפים את הצלחת המשחק בשילוב היבטים אקדמיים, חברתיים ופדגוגיים. המשחק גם תאם את הגישה החדשנית של המכללה, שמטרתה לפתח מיומנויות חיוניות לעולם התעסוקה. באמצעותו, הסטודנטים רכשו כלים מעשיים שימשו אותם בהמשך דרכם המקצועית.