



שילוב מדפסת תלת-ממד בהוראת הכימיה

דפנה שלם, בית הספר הריאלי העברי בחיפה

מחוץ לכיתה, שימוש בסביבות למידה עתירות טכנולוגיה, למידה שיתופית של תלמידים ועוד.

על פי הודעת דוברות משרד החינוך: "העבודות ומטלות הביצוע יכשירו את התלמיד לקראת כניסתו אל עולם האקדמיה ויקנו לו כלים להתמודד עם אתגרי המאה ה-21. הדרישות מהתלמידים תהיינה מגוונות ותאפשרנה ביטוי למגוון אינטליגנציות. מטלות הביצוע יכללו, בין היתר, תלקיט עבודות, מטלת ביצוע קבוצתית, עבודת חקר, עבודה סמסטריאלית, מעבדה, מטלה מונחית, כתיבת תכניות והצגתן באופנים שונים - הרצאה, מצגת או מיצג, וכן כל דרישה אחרת שתוביל את התלמיד להעמיק בנושא מתוך תכנית הלימודים ולהביא לידי ביטוי את ידיעותיו".

כתוצאה ממהלך זה חל בשנים האחרונות שינוי מהותי במבנה ההוראה בתיכון, במערכת החינוך בכלל ובכימיה בפרט. נושא הבחירה, שהיה עד אז מחצית מהיחידה החמישית לבחינת הבגרות בכתב, נכלל ב-30% מרכיב הציון הסופי של התלמיד במקצוע, ובתוך כך נדרשו המורים להתאים את עצמם לדרכי הוראה והערכה שונות משורגלו בהן.

תקציר

תלמידי י"א בבית הספר הריאלי העברי בחיפה עסקו בפרויקט מיוחד במסגרת נושא הבחירה ב-30%. התלמידים שילבו איסוף מידע עצמאי והרחבת ידע כימי עם עבודה **במתחם ה"מייקרים"** החדש שהוקם בבית הספר. בתוך כך נעשה שימוש **במדפסות תלת-ממד** ובמתקן למיציה. הלמידה החווייתית עוררה התרגשות רבה בקרב התלמידים, וגם תלמידי כיתות אחרות הרבו להיאסף סביב התוצרים, אשר הוצגו בתערוכה, ולהתבונן במיצג ובנתונים הכתובים.

מבוא

בשנת 2014 הפעיל משרד החינוך (בראשות שר החינוך דאז, הרב שי פירון) את התוכנית "ישראל עולה כיתה", או "התכנית ללמידה משמעותית", שנועדה להוביל לתהליכי הוראה, למידה והערכה מגוונים יותר ולהשתלב בתהליכי ההערכה לקראת קבלת תעודת בגרות. מדובר במעבר ללמידה והוראה המדגשים תהליכי חשיבה, פיתוח כלים ביקורתיים ועידוד חשיבה יצירתית. למידה זו כוללת פתרון בעיות, למידה בדרך החקר, דיונים, למידה

תמונת שער הכתבה: המודל המודפס עבור יון Cl^- , בהשראת מיקי מאוס, ולצדו כרטיסיות מידע



תמונה מספר 1: כרות הסבר, במסגרת התערוכה שהוצבה במתחם המדעים

המים מטופלים בתהליכים שונים ומוכנסים לצינור המוביל הארצי הסגור, אשר מזרים את המים לכל חלקי הארץ. במקום פועל מרכז מבקרים העוסק במשק המים, בעיותיו והפתרונות ליציאה ממשבר המים. בין הנושאים המוצגים: משאבי המים בארץ, דרכים לטיפול באיכות המים, השבתם, הובלתם לכל חלקי הארץ ועוד. לקראת הסיום למדו התלמידים על הטיפול במים עד ההגעה לברזים (תהליכי סינון וספיחה ותהליכי חיטוי). לאחר הביקור התחיל העיסוק בפרויקט (בהמשך השנה התקיימו אירועים נוספים, השייכים לחלקה השני של היחידה - אפקט החממה, תוך שילוב נושא אור וגלים).

התלמידים התחלקו לקבוצות של שלושה והגרילו יון שבו יעסקו ויעמיקו. כל קבוצה אספה מידע על היון "שלה", בהקשר של מים (נושא זה עשוי היה להיות מוגרל רק בכיתה המקבילה). התלמידים עסקו בנושאים שונים, כגון: כיצד היון עשוי או עלול להגיע למי השתייה, מה התקן הישראלי אומר על הימצאות היון במים, אילו בעיות בריאותיות עלולות לנבוע מעודף או חוסר של היון במי השתייה, ועוד ([ההוראות לתלמיד והמחנך מצורפים](#)).

התוצר שהגישו התלמידים נחלק לשניים:

א. הגשת עבודה כתובה. בעבודה זו התבקשו התלמידים להשיב לשאלות מוגדרות מראש. רכיב זה היווה 80% מציון הפרויקט. העבודה נשלחה במייל, וגם את המשוברים לה קיבלו התלמידים במייל. חשוב לציין שגם ביחידת המעבדה עבדתי השנה בשיטה

פרק הבחירה "כימיה של הסביבה" מציע מגוון רחב של היבטים מדעיים, חברתיים, כלכליים ואחרים. שילוב בין הוראה בדרך עיונית והתנסות מעשית במעבדה, סיורים, הרצאות ופעילויות נוספות מוביל לתמונה כוללת יותר ושלמה של הסתכלות סביבתית. בדרך זו התלמידים זוכים בהבנה מעמיקה יותר של העולם שמסביבם. היכולת לקשר בין נושאים שלכאורה אינם קשורים באופן מידי משרתת את כולנו כחברה. מתוך הידע הכימי-מדעי שהתלמידים רוכשים יש להם אפשרות להרחיב את מידת העניין שלהם גם בנושאים מדעיים נוספים ולהבין בתוך כך גם את חשיבות המדע בחיינו. נושא בחירה זה נחלק בעיקרו לשני חלקים: (א) איכות מי השתייה. (ב) איכות האוויר ואיכות החממה. הפרויקט שיתואר בהמשך עסק באיכות מי השתייה.

הפרויקט

נושא איכות הסביבה שולב במהלך שנת הלימודים בשתי כיתות י"א, בחלקים קטנים בכל פעם, ונקשר לתכנים שנלמדו במסגרת מבנה וקישור. למעשה, רוח הנושא ליוותה באופן מובהק את הלמידה השוטפת במהלך כל שנת הלימודים. בתחילת שנת הלימודים יצאו התלמידים לביקור באתר אשכול המוביל הארצי, עורק המים הראשי של מדינת ישראל, מלווה את מפעל ההתיישבות ומאפשר את מימוש החזון הציוני. באתר אשכול, הנמצא בבקעת בית נטופה, שני מאגרי מים ענקיים הקולטים את מי הכנרת וכן מפעל מרכזי לסינון המים. במקום זה

II. התלמידים הכינו כרטיסיות וציפו אותן באמצעות מכשיר למינציה. נדרשו 6-8 כרטיסיות ובהן הצגה קצרה של הממצאים שהוצגו בעבודה הכתובה. את הכרטיסיות התבקשו התלמידים לתלות בדרך כלשהי מתוך המודל התלת-ממדי.

קישורים לעבודות תלמידים לדוגמה

[כרטיסיות נלוות למודל בנושא כספית](#)

[עבודה בנושא נתרן](#)

[כרטיסיות נלוות למודל בנושא נתרן](#)

[כרטיסיות נלוות למודל בנושא אבץ](#)

[כרטיסיות נלוות למודל בנושא מגנזיום](#)

לאחר הגשת התוצר היצירתי הוצגה תערוכה בחלל המרכזי של מתחם המדעים בבית הספר. התערוכה הסגונית משכה את עיני כל תלמידי המתחם, אשר עצרו לידה, קראו את המוצג בכרטיסיות והעשירו את ידיעותיהם. עם סיום התהליך התבקשו התלמידים לתת משוב אנונימי באמצעות מסמך google forms. התלמידים הביעו שביעות רצון רבה מהתהליך, ציינו שנהנו ולמדו רבות. 80% מתלמידי כיתה אחת ו-87% מתלמידי הכיתה השנייה ציינו שהיו ממליצים על ביצוע הפרויקט במתכונתו הנוכחית גם בשנה הבאה.

ז, ולתחושת, חסכתי בכך כמויות עצומות של נייר (התלמידים היו שותפים למהלך והבינו את חשיבותו הסביבתית).

ב. הגשת תוצר יצירתי. במסגרת השאלות לעבודה הכתובה נדרשו התלמידים לחפש במקורות מידע את הרדיוס האטומי של היסוד "שלהם", את הרדיוס היוני שלו, וכן להסביר מדוע הרדיוס היוני גדול או קטן מזה האטומי. בהמשך התבקשו התלמידים לקחת את ערכו המספרי של הרדיוס, ב Å, לבטא אותו בס"מ ולכפול בקבוע אחיד שניתן לכולם. תוך שימוש בנוסחת המעבר, התבקשו התלמידים ליצור ברדיוס החדש מודל תלת-ממדי שבבסיסו כדור. התלמידים קיבלו הדרכה מאיש טכני בנושא תוכנת המידול ובעזרת התוכנה יצרו גוף תלת-ממדי במדפסת מתאימה. מטרת נוסחת המעבר הייתה לשמור את קנה המידה הנכון בין היונים השונים. תכננתי את הנוסחה כך שהיון הגדול ביותר שהוגרל (I^-) יהיה בגודל המקסימלי שאפשר להדפיס בתא המדפסת. התוצר שנדרש היווה 20% מציון הפרויקט.

הדרישות מהתלמידים:

I. מודל מודפס במדפסת תלת-ממד - בהתאם לרדיוס המחושב, הנובע מהרדיוס היוני האמיתי. נדרש כי המודל יכלול בתוכו את סמל היון ואת הכדור המתאים, אך מעבר לכך קיבלו התלמידים חופש פעולה בכל הנוגע לאופן הביצוע.



תמונה מספר 2: המודל המודפס עבור יון Mg^{2+} וסביבו הכרטיסיות

מדברי התלמידים

"חוויה טובה ומשחררת קצת מהלימודים השוטפים, ולימוד דבר חיוני וחשוב בחיים."

"אני חושבת שבסך הכל נהניתי מהעבודה על כל שלביה, ואני אכן זוכרת את החומר (בייחוד על היון אותו חקרנו)."

"היה מעניין בפרויקט, ללמוד על יון שאנחנו בקושי מכירים ובמיוחד נהניתי כאשר הנדסנו את המודל."

"נהנתי מאוד. רעיון יצירתי ויפה, כזה שקצת יוצא מגבולות הלימוד המסורתיות שקיימות כבר שנים רבות. התנסות מעניינת וחוויתית, ולדעתי חוויות זוכרים."

"היה מאתגר אבל מלמד וכיפי."

"חוויה כיפית, מהנה ומלמדת שאזכור ממנה את החומר בצורה טובה לאורך זמן."

"היה ממש כיף, הפרויקט היה בקבוצות לכן הוא תרם לגיבוש בין כל קבוצה. דרך הפרויקט למדנו דברים חדשים אשר משמעותיים לחיי היום יום שלנו. (המים שאנו שותים מהברז)."

"מסכמת אותה כמשמעותית ומיוחדת. אהבתי מאוד את העבודה עם מדפסות תלת מימד! אני חושבת שלא הייתי נחשפת לתוכנה כזו במקום אחר ולמדתי דברים חדשים בזכות זה. היום מגמה תרם מאוד להבנה של החומר ואני חושבת שזה פרויקט חשוב ושכדאי להשאיר אותו."

"ממש נהניתי מהפרויקט ומהחופש בחירה שנתת ובכללי הנושא היה מרתק בעיניי כי בחיים לא נחשפתי לזה ואין ספק שהצלחתי להבין אותו יותר דרך החוויה הלימודית של פרויקט היונים."

קישורים לשאלוני רפלקציה ותגובות התלמידים

[שאלון רפלקציה ראשי 1](#)

[שאלון רפלקציה ראשי 2](#)

קשים שהתעוררו

מכיוון שאינני מתמחה בתוכנת תלת-ממד לא היה לי מושג כמה זמן עליי להקדיש לפרויקט. ההדפסה עצמה ארכה שעות רבות, כך שהתברר שאכן היה עליי לכלול את גורם הזמן בתכנון הפרויקט. פתרתי זאת בכך שאפשרתי לתלמידים לעבוד על דברים שונים במקביל בתוך שיעור נתון. בכל שיעור התקדמתי בלימוד החומר השוטף ונתתי גם זמן להתקדמות בעבודה הכתובה ובעיצוב המודל והכרטיסיות וכן זמן לתרגול חומר הלימוד. כתוצאה מכך עסקנו בפרויקט במשך כמעט חודש. ברור לי שבעתיד אצמצם את העשייה לארבעה שיעורים:

• חשיפה לתוכנת המידול.

• איסוף חומר וכתובת העבודה.

• עיצוב המודל.

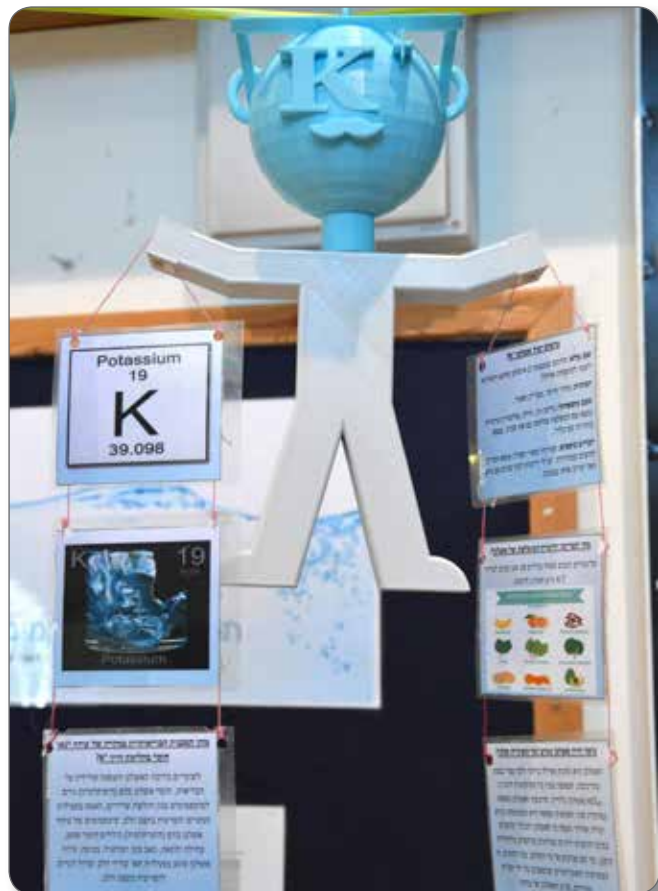
• עיצוב הכרטיסיות.

1. בכמה מקרים התקבל מודל פגום, והתלמידים נאלצו להתחיל מחדש. הדבר גרם למעט תסכול בקרב קבוצות מסוימות והאריך את משך ביצוע הפרויקט. עם זאת, כשהגיעו לתוצר סופי טוב זכו התלמידים לסיפוק רב.

2. באמצע ביצוע הפרויקט התחלף אחראי המתחם באופן פתאומי. המחליפה לא הגיעה מייד, וגם כשהגיעה, נדרש זמן עד שהשתלבה, והדבר היה על חשבוננו. זה מסוג התקלות הבלתי צפויות שעיימן יש להתמודד.

3. כמו כל שיטת הוראה, גם במקרה זה אי אפשר להשביע את רצון כולם - וקולם של הפחות מרוצים מתבטא גם הוא במשוב האנונימי.

4. מכיוון שהעבודה התבצעה בקבוצות, קרו מצבים של חוסר שיתוף פעולה בצוות, ואף ניצול, תופעה שמוכרת לכולנו מיחידת המעבדה. אחד התלמידים אף כתב במשוב: "עבדתי על חשבון אחרים." ואחר כתב: "חלק מחברי הקבוצה לא תרמו כלל בחלקים רבים בעבודה." עם זאת, מכיוון שביצוע הפרויקט התקיים ברובו המוחלט בזמן השיעורים התופעה צומצמה למינימום.



תמונה מספר 3: המודל המודפס עבור יון K^+ , "מחזיק" את הכרטיסיות ב"דיון"

מסקנות והמלצות

1. אני מרוצה מאוד משילוב נושא הבחירה לסירוגין במהלך הלמידה השוטפת. השגתי בכך מספר דברים:
 - א. גיוון ההוראה בצורה מווסתת.
 - ב. תמיכה בנושאים שנכללים בחלק ה-70% וביחידת המעבדה, ושילוב התכנים כך שהידע יועמק באופן דו-כיווני.
 - ג. מכיוון שמדובר באיכות הסביבה, אני מאמינה שיש לי כאן גם תפקיד חינוכי-חברתי, ולכן טפשוף איטי וקבוע של הנושא גורם להשפעה על עמדות.
2. להבא אשתדל לצמצם את זמן ביצוע הפרויקט (מאחר שאני כבר יודעת את משך הזמן שאכן יש להקצות לחלקיו השונים).
3. מכיוון שמדובר בתלמידים בעלי אוריינטציה מדעית, התלמידים גם סקרנים ובעלי יכולות בתחומים טכנולוגיים, ולכן הצגת מדפסת תלת-ממד, שמשרתת היום תחומים רבים ומגוונים בתעשייה ובמחקר, הייתה חשובה בעיניי.
4. המחשת הפרופורציה בין היונים השונים באמצעות יצירת המודלים הייתה חשובה מאוד. לדעתי, אפשר לבצע פרויקט דומה גם ללא מדפסת תלת-ממד, תוך שימוש בפלסטלינה, פימו, כדורי צמר, כדורי קל-קר וכדומה.
5. הלמידה על היונים אכן הייתה מעמיקה ומשמעותית ואין לי ספק שהתלמידים רכשו ידע שישאר עימם.

6. הצגת התערוכה במתחם עודדה את התלמידים לקרוא פרטי מידע שחבריהם אספו (עדות לכך עולה גם במשוב האנונימי), ובכך הרחיבה את מעגל הידע ואת מעגל הלומדים.

לסיכום

אישית, נהניתי מאוד מבניית פרויקט חדש ומשימוש ב"צעצוע" חדש שעמד לרשותי. אני בטוחה שהעובדה שגיוונתי עבור עצמי תרמה להנאה של התלמידים, אשר בתורה הובילה ללמידה משמעותית. ברור לי שאבצע את הפרויקט בעתיד, עד שיעלה בי רצון פנימי לחדש שוב...

למי שמעוניין להתייעץ, או לשאול שאלות הבהרה נוספות לגבי הפרויקט, ניתן לפנות אל דפנה במייל:

dafna.shellem@reali.org.il

מקורות מידע

אהרוני, א., יאיון, מ., מנדלר, ד. (2008). "יש לי כימיה עם הסביבה".

[אתר הספר "יש לי כימיה עם הסביבה"](#)

["התכנית הלאומית ללמידה משמעותית", מדינת ישראל, משרד החינוך, אתר הדוברות, 8 ינואר, 2014.](#)

[המועצה לשימור אתרי מורשת בישראל - מקורות - מרכז המבקרים אשכול.](#)



תמונה מספר 4: המודל המודפס עבור יון Fe^{2+} - כרטיסיות המידע משולבות כמוייל, עם חלקים מודפסים במדפסת תלת ממד

כימיה סביבתית במסגרת ציון 30% בכימיה - הנחיות לתלמיד

ציון 30% בכימיה מחולק לארבעה חלקים (לא שווה בשווה):

4 מעבדות.

פרויקט סוכרים.

פרק בחירה.

נושא חובה נוסף (יבוצע בכיתה י"ב).

כפרק בחירה הוחלט לעסוק השנה בנושא סביבה. הנושא ישולב במהלך הלמידה השוטפת, והציון ייבנה מכמה מטלות.

באופן כללי, הפרק עוסק ב:

1. מי שתייה - מהמאגר אל הברז; אילו יונים נמצאים במים?
2. אפקט החממה (כולל עיסוק באור ובגלים).

בהקשר של נושא המים, נסייר באתר אשכול ונלמד על הטיפול במים עד הגעתם לברזים. כמו כן נבצע פרויקט שיעסוק ביונים במי שתייה; הפרויקט יבוצע בשלישיות, וכל צוות "יגריל" יון אחד לטיפולו. יש להגיש:

1. תשובות מפורטות לשאלות (הגשה במייל: dafna.shellem2@gmail.com)
2. פרויקט יצירתי - הדפסת דגם היום במדפסת תלת-ממד ותליית פרטי מידע עיקריים מסביבו. חלוקת הציון: 80% מתשובות נכונות לשאלות 20% מהחלק היצירתי.

השאלות לעבודת ההגשה

- השתמשו במקורות מידע כדי לענות על השאלות הנתונות.
- בסוף עבודת ההגשה יש לצרף רשימת מקורות מסודרת. הסתמכו על שלושה מקורות מידע לפחות והקפידו על רישום ביבליוגרפי נכון (רישום מקורות המידע - 6 נקודות).
- אין לענות על שאלה באופן שאינו מאפשר לקורא להבין בתשובה למה היא נכתבה; חלופה אחת - העתיקו את השאלה לפני התשובה לה. חלופה שנייה - הוסיפו כותרות מתאימות לפני כל תשובה. במקרה זה אין להוסיף את מספרי השאלות (4 נקודות יינתנו על ארגון המידע באופן שעונה להנחיה זו).
- את העבודה המוכנה יש לשלוח במייל לדפנה: dafna.shellem2@gmail.com

השאלות

1. מהו היון הטבעי של היסוד שבו תעסקו? (2 נקודות)
2. מהו הרדיוס האטומי של היסוד (ב Å)? (3 נקודות)
3. מהו הרדיוס היוני של היסוד? (3 נקודות)
4. האם הרדיוס היוני של היסוד גדול/קטן/שווה לרדיוס האטומי שלו? הסבירו מדוע. (5 נקודות)
5. לקראת הכנת המודל המודפס, תכננו את קוטר הכדור שייצג את היון שלכם: בטאו את ערכו המספרי של הרדיוס היוני שמצאתם במקורות המידע ביחידות של ס"מ, תרגמו את המידע לקוטר היון, וכפלו פי 3.5. מהו קוטר הכדור שיודפס? (4 נקודות)
6. כיצד מגיע / עלול להגיע / יכול להגיע היון שלכם למי השתייה שלנו? (15 נקודות)
7. מה התקן הישראלי אומר לגבי נוכחות היון שלכם במי השתייה? (5 נקודות)
8. מהי הצריכה היומית המומלצת של יון זה? (5 נקודות)
9. מה הסכנות הבריאותיות במקרה של עודף ו/או חוסר בקליטת היון הרלבנטי לגוף? (ישנם יונים אשר אסורים לחלוטין - לגביהם תהיה התייחסות רק במקרה של עודף; לגבי יונים אחרים - גם מעט מדי וגם הרבה מדי - זה בעייתי. יש להתייחס במקרה זה לשני המצבים) (24 נקודות)
10. רשמו נוסחאות של שלושה חומרים יוניים שבהם היון שלכם מהווה את האניון או הקטיון. יש לרשום נוסחאות אמפיריות שבהן היחס בין היון החיובי ליון השלילי הוא שונה (למשל 1:1, 2:3, 1:3). (12 נקודות)
11. רשמו עבור אחד מהחומרים את תגובת ההמסה, ועבור חומר אחר רשמו את תהליך ההיתוך. (12 נקודות)

החלק המעשי-יצירתי

עליכם להדפיס באמצעות מדפסת תלת-ממד כדור שיהיה המודל שלכם. קוטר הכדור בהתאם לתוצאת החישוב בשאלה 5. אפשר לתכנן כדור שיונח על משטח, או כדור שייתלה מלמעלה (ואז יש לתכנן עבורו גם לולאה/ות, במיקומים מתאימים). אל הכדור יש לקשר כרטיסיות מידע בעזרת חוטי תיל, חוטי דיג, חוטי צמר וכדומה - תכננו זאת מראש.

על כל כרטיסייה צריך להופיע מידע מתוך העבודה הכתובה.

אין להעביר אל הכרטיסיות את כל המידע, וגודל הכתב צריך להיות גדול יותר מאשר בעבודה הכתובה. צמצמו את המידע לראשי פרקים ובטאו רק את עיקרי הדברים.

הכרטיסיות (לפחות 6 כרטיסיות) צריכות להיות מעוצבות, מודפסות בצבע ומנוילנות.

לאחר הדפסת הכדור והכנת הכרטיסיות יש ליצור מהכול יחד תוצר מעוצב מוגמר.

מחונן

1. נכונות המידע שמופיע בכרטיסיות - 20%.
2. תמצות טוב של המידע, לא יותר מדי ולא פחות מדי - 20%.
3. עיצוב נאה של הכרטיסיות עצמן - 25%.
4. עיצוב מדויק ונאה של הכדור המודפס - 10%.
5. עיצוב נאה של התוצר המשלב בין הכדור לבין הכרטיסיות - 25%.