

## המחשת עיקרון הגדלת שטח הפנים יחסית לנפח ביצורים חיים מירה מרדכי וענת לשך<sup>1</sup>

### הקדמה



עיקרון הגדלת שטח הפנים ביחס לנפח מהווה אחד העקרונות המרכזיים בביולוגיה. עיקרון זה בא לידי ביטוי במסגרת נושאים שונים בביולוגיה: אקולוגיה, מערכות בגוף האדם, ביולוגיה של התא ועוד. במסגרת לימודינו בתכנית רוטשילד-קיסריה של מכון וייצמן ניסינו להביא לידי ביטוי דרך להורות עיקרון זה תוך שילוב של בניית דגם או מצגת כאמצעי הוראה וכאמצעי להערכת הלמידה בדרך חלופית. השימוש בדגם או מצגת כאמצעי להערכה אפשר לנו לבדוק את מידת הלמידה ותפיסת התלמידים באופן שאינו בא לידי ביטוי בהערכה הנפוצה באמצעות מבדק. עם זאת, אמצעי זה איפשר לנו גם להדגיש היבטים נוספים בתהליך הלמידה אשר אינם מודגשים בדרך כלל בתהליך הלמידה ואינם מוערכים במשוב הסופי: את ההיבט הרגשי של תהליך למידה תוך התמודדות עם משימות מורכבות ואת ההיבט החברתי של עבודת צוות. על מנת להעמיק את מידת ההערכה ולאפשר גם לתלמידים להיות מעורבים, התבססה הערכת העבודה שלהם גם על מדדים שלנו כמורות וגם על מדדים של הערכה עצמית והדדית של התלמידים עצמם.

### מטרות למידה והערכה

#### תכנים

- התלמידים יבחרו דוגמא רלוונטית שבה מתבטא עיקרון הגדלת היחס בין שטח הפנים לנפח.
- התלמידים יזהו את רמת הארגון שבה מתבטא העיקרון בדוגמא שלהם.
- התלמידים יבינו את עיקרון הגדלת שטח הפנים ביחס לנפח בהקשר של הדוגמא שבחרו, ובהקשר לדוגמאות שונות שיוצגו בכיתה.
- התלמידים יבינו את יתרון עיקרון הגדלת שטח הפנים ביחס לנפח בהקשר למעבר חומרים, בדוגמא שבחרו.
- התלמידים יכירו מצבים שונים בהם מתבטא העיקרון של הגדלת שטח פנים יחסית לנפח, מתוך הדוגמאות שיוצגו בפניהם חבריהם.
- התלמידים יציגו ביטוי כמותי לעיקרון, כאחד מהאמצעים להמחשתו.
- התלמידים יבינו את האחידות הקיימת בעקרונות המבנה של יצורים חיים ואת השוני באופן בו היא באה לידי ביטוי (מיושמת) בהקשר של יחס שטח פנים לנפח.

#### מיומנויות

- התלמידים יחפשו מידע רלוונטי, הסברים ודוגמאות מתאימות לעיקרון הגדלת שטח הפנים ביחס לנפח.
- התלמידים יזהו דוגמא רלוונטית להמחשת העיקרון על פי המרכיבים של העיקרון.
- התלמידים יארגנו את המידע בנושא הנלמד ויצגו אותו באופן ברור. (הארגון יכול לבוא לידי ביטוי בתרשים, בטבלה בסיכום מילולי)

<sup>1</sup> מירה מרדכי – מ"ס קפת, ירושלים [mira.mord@gmail.com](mailto:mira.mord@gmail.com)

ענת לשך – מ"ס צ"ע אילן ראון, הוד השרון [anatlesh@gmail.com](mailto:anatlesh@gmail.com)

תכנית רוטשילד-קיסריה מרכז ויזמות ההוראה המדעית

## חברתי

- התלמידים יעבדו בצוותים תוך כדי שיתוף פעולה.
- התלמידים יציגו בפני חבריהם ביטוי להגדלת שטח פנים יחסית לנפח בדוגמה שהם בחרו.

## רפלקטיבי

- התלמידים יבצעו רפלקציה משותפת (קבוצתית) אודות מידת השגת מטרות המשימה כפי שבאו לידי ביטוי בעבודתם.
- התלמידים יבצעו רפלקציה אישית אודות כישורי עבודת הצוות שלהם.
- התלמידים יבררו באופן אישי את התהליך הרגשי שהם עברו תוך כדי למידה.

## אוכלוסיית יעד וחלוקת הזמן



אוכלוסיית היעד מנתה 30 תלמידי כיתה י' (כיתה מדעית) - 21 בנות ו- 9 בנים הלומדים בתיכון "אילן רמון" בהוד השרון. התלמידים סיימו ללמוד מערכת עיכול בדגש התאמה בין מבנה לתפקוד. במסגרת לימוד נושא זה הם נחשפו למושג עיקרון הגדלת שטח פנים. הם בצעו מעבדה בנושא השפעת גודל תא על שיעור הדיפוזיה. התלמידים נחשפו לרעיון רמות ארגון במערכות ביולוגיות.

## משך הזמן וחלוקת הזמן

משך זמן המשימה שבועיים, במהלכם ניתנו 8 שעות הוראה כמפורט לעיל:  
**מפגש ראשון** (שלבים א' ו- ב'): 3 שעות הוראה. בשעה הראשונה - הצגת הבעיה ויצירת עניין. בשעתיים שלאחר מכן - הצגת מטלת הביצוע בפני התלמידים (באמצעות דפי ההנחיות, כולל המחווה).  
**בין המפגש הראשון לשני (שלב ג')**: שבוע עבודה בבית והנחיה על-ידי המורות באמצעות דואר אלקטרוני ושיחות טלפון.  
**מפגש שני** (שלב ד'): 2 שעות הוראה. התקיים שבוע לאחר המפגש הראשון. במהלך שיעור זה התקיימו דיונים סביב קשיים שונים אליהם נחשפו התלמידים במהלך גיבוש הרעיון לביצוע העבודה וסביב פתרונות אפשריים לבעיות אלה.  
**בין המפגש השני לשלישי (שלב ה')**: שבוע עבודה בבית - הכנת התוצר הסופי.  
**מפגש שלישי** (שלב ו'): 2 שעות הוראה. התקיים שבוע לאחר המפגש השני. במהלך מפגש זה התלמידים הציגו את התוצר הסופי.  
**מפגש רביעי** (השלב האחרון): שעת הוראה אחת. התלמידים מלאו שאלוני משוב על השגת מטרות הלמידה ועל עבודת הצוות.

## תיאור מפורט של שלבי ביצוע המשימה ומרכיביה:



### שלב א' - הצגת בעיות ועירור עניין

הדגמת **מדידת נפח ריאות** של אדם: מדידת נפח אוויר שנשף מריאותיו של תלמיד באמצעות מיכל מכויל מלא במים, גיגית מלאה מים וצינורית (ראו תמונה בהמשך). מכילים מיכל של מרכז כביסה באופן כזה, שהערך 4.5 ליטרים ממוקם קרוב לבסיס המיכל. ממלאים במים, והופכים על גיגית מלא מים גם היא. מחדירים צינורית פלסטיק לתוך המיכל ההפוך. מבקשים מהתלמידים לנשוף לתוך הצינורית וצופים באוויר התופס את מקומם של המים במיכל. מודדים את נפח האוויר שנשף מריאות התלמיד בעזרת הכיול על המיכל. נפח האוויר הנשף מהריאות קרוב בערכו לנפח הריאות עצמן, אך קטן ממנו.  
הצגת ערך **שטח הפנים הממוצע של ריאות** אדם המגיע לשטח של כ-100 מ"ר, כשטחה של דירת ארבעה חדרים ממוצעת.

### המורה מציגה שתי בעיות:

איך שטח עצום כל כך נכנס בנפח קטן יחסית?  
מדוע חשוב שלריאות יהיה שטח פנים כל כך גדול, כלומר: כיצד שטח הפנים העצום של הריאות קשור לתפקוד שלהן?  
מתקיים דיון סביב שאלות אלה. מטרתו להעלות את עיקרון הגדלת שטח הפנים יחסית לנפח וחשיבותו.

### שלב ב' - הצגת מטלת הביצוע בפני התלמידים



**נושא המטלה - יחס שטח פנים נפח:** מהעיקרון ליישום  
**בעבודה זו עליכם להמחיש באמצעות מצגת, סרטון, דגם או כרזה יישום אחד של עיקרון הגדלת שטח פנים יחסית לנפח ביצורים חיים.**  
העבודה תתבצע בזוגות.

העבודה תתבצע בשלבים לכל שלב דף/דפי הנחיות:  
בשלב ראשון, במהלך שבוע מהיום, תבנו ותעלו על הכתב את הרעיון שלכם לדגם, לכרזה, למצגת או לסרטון. חלק זה של העבודה יבוצע בעזרת דף הנחיות "הצגת הרעיון בכתב" ויכלול התייחסות שלכם לקשיים אליהם תחשפו בשלב זה, ולפתרונות האפשריים שתעלו. הטבלה המסכמת את גיבוש הרעיון תצורף לתוצר הסופי. בשלב השני, שבועיים מהיום, תציגו את התוצר הסופי בפני חבריכם לכיתה, בזמן שלא יעלה על 10 דקות. שיעור מאוחר יותר באותו היום תמלאו דף משוב אישי וקבוצתי.

### דף דרישות להצגת התוצר הסופי

- על התוצר להמחיש באופן ברור דוגמה אחת מעולם היצורים החיים בה בא לידי ביטוי עיקרון הגדלת שטח הפנים יחסית לנפח.
  - בתוצר חייבת להיות התייחסות ליצור החי ולרמת הארגון בהם העיקרון בא לידי ביטוי.
  - בתוצר חייבת להיות התייחסות לקשר בין המבנה, המאפשר הגדלת שטח פנים, לבין תפקוד גורם/תהליך התלוי במבנה זה.
  - בתוצר חייבת להיות התמודדות עם השאלה - האם הדוגמה שלכם קשורה למעבר חומרים. במידה וכן, איזה חומרים עוברים, מהיכן להיכן ובאיזו דרך?
  - אל הדוגמה שנבחרה יש להתייחס גם בהיבט הכמותי ולצרף נתונים של שטח פנים ונפח.
  - התוצר חייב להיות "שובה לב" לפחות באחד מהאמצעים הבאים: מעניין, משעשע או מפתיע.
- תלמידים יקרים, חשוב מאוד שתתמודדו עם הכנת דגם, כרזה, מצגת או לסרטון באופן פעיל. העבודה של הכנת הדגם מהרעיון ועד התוצר הסופי, תוך התמודדות עם הקשיים העולים מפעולה זו, מהווה את עיקר הלמידה.

### דף הנחיות לתלמיד - גיבוש הרעיון ותכנית העבודה



#### רקע:

- כתבו מה ידוע לכם על עיקרון הגדלת שטח הפנים יחסית לנפח?

#### חיפוש מידע:

- היכן ובאיזה אופן אתם מתכננים לחפש מידע שיעזור לכם להתחיל עם רעיון לעבודה?
- הגדירו מילות המפתח המתאימות לחיפוש מידע בנושא ורשמו אותן.

חפשו את המידע על פי מילות המפתח שרשמתם למעלה. מילים אלו יובילו אתכם לרשימת אתרים. התבוננו בכתובות של האתרים - כתובות אלה משקפות את התכנים של האתרים.

- העתיקו את הכתובות הנראות לכם מתאימות לביצוע המשימה שלכם. התבוננו בכתובת הקישור של האתרים שרשמתם בסעיף הקודם. נסו לבדוק לפי השמות בכתובת הקישור אם מדובר באתר לימודי, ממשלתי, מסחרי או אחר. לפעמים אפשר להיעזר בסיומת של כתובת האתר: סיומת AC מאפיינת אתרים אקדמיים סיומת CO או COM מאפיינת אתרים מסחריים סיומת GOV מאפיינת אתרים ממשלתיים
- חזרו להתבונן ברשימת האתרים שקבלתם, ושקלו שוב את בחירתכם באילו אתרים כדאי לכם להיעזר.
- כנסו אל האתרים שנראים לכם מתאימים. איזה מבין אתרים אלה עזר לכם לגבש רעיון ובאיזה אופן?
- האם ספר הלימוד יכול לעזור לכם? אם כן, באיזה אופן?
- האם נעזרתם בספרים אחרים? אילו?
- מהם הקשיים בהם נתקלתם במהלך חיפוש החומר הרלוונטי לגיבוש הרעיון? התייחסו לקשיים טכניים, קשיים אישיים, קשיים הקשורים בנושא העבודה או כל קושי אחר. הסבירו את הקשיים ואיך כל אחד מהם בא לידי ביטוי.
- התייחסו לקשיים שהעליתם בסעיף הקודם: הסבירו איך התמודדתם עם כל קושי, כלומר: מה עשיתם כדי להתגבר על הקושי. אפשר להיעזר בגורמים מסייעים אחרים, לתאר במי נעזרתם ואיך פתרתם את הבעיה.

אני עומדת לרשותכם במהלך השבוע. תוכלו ליצור איתי קשר בהפסקות, ובאמצעות תוכנת משו"ב.

#### הכנות לקראת הביצוע:

- קראו פעם נוספת את דף ההנחיות "הצגת התוצר הסופי" ובדקו אם כל הסעיפים ברורים לכם. נסו לשער אם אתם עלולים להתקשות בסעיף כלשהו.
- רשמו את הקשיים הללו, והסבירו מדוע כל אחד מהם מהווה קושי.
  - פנו לחבר מקבוצה אחרת, הציגו בפניו את הקושי שרשמתם בסעיף הקודם. רשמו את שמו ואת הצעתו לפתרון הקושי.
  - האם נעזרתם במקורות נוספים כדי לפתור בעיות? אם כן, מדוע בחרתם דווקא באלה? האם מקורות אלה מהימנים בעיניכם? מדוע?

**טבלה מסכמת\* לתהליך גיבוש הרעיון וההכנה לביצוע הדגם**

|  |                                                                                                                          |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | ידע קודם על עיקרון הגדלת שטח פנים יחסית לנפח.                                                                            |
|  | מילות המפתח המתאימות לחיפוש.                                                                                             |
|  | רשימת כתובות האתרים בהם מצאתם מידע רלוונטי לעבודה ורשימת שמות הספרים בהם נעזרתם הכוללת שמות הפרקים ומספרי עמודים.        |
|  | הרעיון באמצעותו בחרתם להמחיש את עיקרון הגדלת שטח הפנים יחסית לנפח / כיצד התוצר שלכם ממחיש את הגדלת שטח הפנים יחסית לנפח? |
|  | שם היצור החי שנבחר להמחיש את עיקרון הגדלת שטח הפנים ורמת הארגון בה מומחש העיקרון בדוגמה שבחרתם.                          |
|  | באיזה אופן ההיבט הכמותי בא לידי ביטוי ברעיון שבחרתם?                                                                     |
|  | באיזה אופן בחרתם להמחיש את הקשר בין המבנה שבו שטח פנים גדול יחסית לנפח, לבין התפקוד?                                     |
|  | באיזה אופן הרעיון שבחרתם נוגע למעבר חומרים/אנרגיה?                                                                       |
|  | אמצעי ההמחשה (דגם/פוסטר/סרטון/מצגת)                                                                                      |
|  | קשיים עיקריים שעלו במהלך גיבוש הרעיון                                                                                    |
|  | גורמים מסייעים ואופן ההתמודדות עם הקשיים                                                                                 |

\* טבלה זו עליכם לצרף לתוצר הסופי.

**שלב ג' – גיבוש הרעיון וטיפול בקשיים - עבודת בית**

גיבוש הרעיון בעזרת הטבלה ודיון בקשיים שעלו באמצעות דואר אלקטרוני בין המורה לתלמידה. (משך השלב – שבוע, בין המפגש הראשון לשני)

**שלב ד' – דיון בכיתה לגיבוש הרעיון וטיפול בקשיים**

ניתוח ודיון סביב רעיונות וקשיים שתלמידים העלו. לצורך הניתוח נבנתה טבלה על הלוח שאפשרה לשים דגש על הקשר בין הגדלת שטח הפנים יחסית לנפח לבין התפקוד בכל אחת מהדוגמאות שהוצגו. הקשיים שעלו היו בעיקר בהמחשת ההיבט הכמותי. למציאת הפתרונות נרתמו כל תלמידי הכיתה, ואלו היו מקוריים ואיכותיים.

**שלב ה' – הכנת התוצר הסופי – עבודת בית**

במהלך שבוע זה התקיים קשר טלפוני ובאמצעות דואר אלקטרוני עם חלק מהתלמידים שעדיין התקשו להביא את הרעיון שלהם לידי ביצוע.

## שלב ו' – הצגת התוצר הסופי

במהלך שני שיעורים שהתקיימו בחדר עם מקרן הציגו התלמידים בקבוצות את העבודות שלהם. המורות העריכו ממד זה של העבודה במהלך ההצגה על פי המחונן (ראה בהמשך).

## שלב אחרון – משוב קבוצתי ואישי – השגת מטרות המשימה



הסעיפים הבאים (1-4) מאפשרים להעריך את תהליך הלמידה שלכם. אתם מתבקשים לענות עליהם במלואם.

1. נסו להשוות בין הידע הקשור להגדלת שטח פנים יחסית לנפח שהיה לכם בתחילת המשימה לזה שיש לכם היום, לאחר ביצוע המשימה. האם התפיסה שלכם בנוגע לעיקרון השתנתה? במידה וכן, באיזה אופן?
2. הטבלה הבאה מציגה מטרות מתחום הידע והמיומנויות. סמנו באיזו מידה מימשתם כל אחת מהמטרות.

| המטרה                                                                                           | מידת מימוש המטרה | במידה רבה מאד | במידה רבה | במידה מועטה | לא ממש |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------|-------------|--------|
| הבנו את הקשר בין שטח פנים לבין מעבר חומרים בדוגמה שבחרנו להציג.                                 |                  |               |           |             |        |
| הכרנו באמצעות העבודות שהוצגו בכיתה דוגמאות שונות לעיקרון הגדלת שטח פנים יחסית לנפח.             |                  |               |           |             |        |
| זיהינו התאמה בין המבנה לתפקוד ברמות ארגון שונות.                                                |                  |               |           |             |        |
| הבחנו באחידות הקיימת בעקרונות המבנה של יצורים חיים ובשוני באופן בו היא באה לידי ביטוי (מיושמת). |                  |               |           |             |        |
| זיהינו את רמת הארגון בה העיקרון בה לידי ביטוי בעבודה שלנו.                                      |                  |               |           |             |        |
| זיהינו ובחרנו דוגמה רלוונטית להמחשת העיקרון.                                                    |                  |               |           |             |        |
| ארגנו את המידע בנושא הנלמד והצגנו אותו באופן ברור.                                              |                  |               |           |             |        |
| נתנו ביטוי כמותי לעיקרון, כאחד מהאמצעים להמחשתו.                                                |                  |               |           |             |        |

3. בחרו שתי מטרות שאתם חשים כי מימשתם במידה רבה מאד. חזקו את הבחירות שלכם בעזרת הסבר הקשור לדרך בה מימשתם כל אחת משתי המטרות.
4. רשמו פסקה אחת המתארת את התהליך הרגשי שעברתם תוך כדי למידה. אתם יכולים להשתמש במושגים הבאים: בלבול, חוסר אונים, מבוכה, סקרנות, הנאה, מוטיבציה, סיפוק. במידה ואתם רוצים להביע את התהליך שעברתם באופן נפרד אתם מוזמנים לעשות זאת בשתי פסקאות. הוסיפו את שם הכותב בראש הפסקה שכתב.

## דף משוב אישי



בדף זה אתם מתבקשים להעריך באופן אישי את כישורי עבודת הצוות שלכם. בדיקת דף זה אינה מהווה חלק מהציון על העבודה שלכם, אלא מאפשרת שיקוף של התפקוד שלכם בתוך קבוצה.

1. הטבלה הבאה מציגה שלושה היבטים שונים של תפקוד בקבוצה: עידוד ופרגון, נקיטת יוזמה וביצוע. הוסיפו לצד כל אחד מהיבטים אלה ערך בין 1 ל-5.
- 1-במידה והערך לא התבטא כלל, 5-במידה והערך התבטא במידה רבה מאוד. עליכם להוסיף ניקוד פעם אחת לתפקוד האישי שלכם בקבוצה, פעם נוספת לתפקוד של בן זוגכם ופעם שלישית לתפקוד של שניכם כצוות.

## תפקוד בצוות

|                                 | תפקוד אישי<br>(אני) | תפקוד בן-זוג<br>(חברי לקבוצה) | תפקוד הקבוצה<br>(אנחנו) |  |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------|--|
| מעודד/ת<br>ומפרגן/ת             |                     |                               |                         |  |
| יוזם/ת<br>ומעלה<br>רעיונות      |                     |                               |                         |  |
| לוקח/ת<br>חלק<br>בביצוע ובעשייה |                     |                               |                         |  |

2. בראש הטור השמאלי הוסיפו את הכותרת: " התפקוד שלי בצוות באמצעות העיניים של בן זוגי". העתיקו לטור זה את הדברים שרשם בן זוגכם תחת הכותרת "תפקוד בן הזוג" (בדף המשוב שלו).
3. אחרי שסיימתם למלא את הטבלה, נסו בעזרתה להעריך את תפקודכם האישי בביצוע המשימה. נסחו במשפטים אחדים מה למדתם על עצמכם ועל התפקוד שלכם בביצוע המשימה.

מחווון להערכת המשימה

| ממד                         | קריטריון                                       | בסיסי<br>55%-69%                                                                                                 | בינוני<br>70%-84%                                                                                                 | מתקדם<br>85%-100%                                                                                   |
|-----------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| בניית ידע ויישום 3-5 נקודות | בחירת דוגמה להמחשת העיקרון<br>5 נקודות         | התלמידים בחרו בדוגמה שאינה ממחישה את העיקרון                                                                     | התלמידים בחרו בדוגמה שממחישה באופן חלקי את העיקרון                                                                | התלמידים בחרו בדוגמה שממחישה באופן ברור את העיקרון                                                  |
|                             | זיהוי רמת הארגון בה התבטא העיקרון<br>5 נקודות  | התלמידים לא זיהו נכון את רמת הארגון בה התבטא העיקרון                                                             | התלמידים זיהו נכון את רמת הארגון אך לא הגדירו אותה כראוי                                                          | התלמידים זיהו והגדירו את רמת הארגון בה התבטא העיקרון                                                |
|                             | ניסוח הרעיון<br>10 נקודות                      | התלמידים לא ניסחו את הרעיון באופן שמבטא את העיקרון                                                               | התלמידים ניסחו את הרעיון כך, שהוא מבטא רק באופן חלקי/מרומז את העיקרון                                             | התלמידים ניסחו את הרעיון כך, שהוא מבטא באופן ברור את העיקרון                                        |
|                             | הצגת היבט כמותי<br>10 נקודות                   | התלמידים לא הציגו היבט כמותי של העיקרון בעבודה הכתובה                                                            | התלמידים הציגו באופן לא מדויק או חלקי היבט כמותי של העיקרון                                                       | התלמידים הציגו באופן ברור, בעבודה הכתובה, היבט כמותי.                                               |
|                             | שימוש במקורות מידע<br>5 נקודות                 | התלמידים לא ציינו מקור מידע בו השתמשו                                                                            | התלמידים ציינו את מקור המידע בו השתמשו. לקבוצה.                                                                   | התלמידים ציינו את מקור המידע בו השתמשו. המידע הועיל לקבוצה.                                         |
|                             | צורה חזותית<br>10 נקודות                       | התלמידים הציגו עבודה שאינה שובת לב. הם לא ביטאו בעבודתם אף לא אחד מהאמצעים הבאים: מקורות, הומור, עניין ואסתטיקה. | התלמידים הציגו עבודה שובת לב באופן חלקי. הם ביטאו בעבודתם רק אמצעי אחד מבין הבאים: מקורות, הומור, עניין ואסתטיקה. | התלמידים הציגו עבודה שובת לב. הם ביטאו בעבודתם שניים מהאמצעים הבאים: מקורות, הומור, עניין ואסתטיקה. |
| ביצוע/הצגה- 50 נקודות       | זמן הצגת העבודה<br>5 נקודות                    | התלמידים הציגו רק חלק קטן מהעבודה בזמן שנדרש לכך.                                                                | התלמידים הציגו את רוב העבודה בזמן שנדרש לכך.                                                                      | התלמידים הציגו את העבודה בזמן שנדרש לכך.                                                            |
|                             | הצגת הקשר בין המבנה לתפקוד<br>10 נקודות        | התלמידים לא הציגו בעבודתם את הקשר בין המבנה לתפקוד.                                                              | התלמידים הציגו בעבודתם באופן חלקי/מרומז בלבד את הקשר בין המבנה לתפקוד.                                            | התלמידים הציגו בעבודתם באופן ברור את הקשר בין המבנה לתפקוד.                                         |
|                             | אופן ההצגה<br>25 נקודות                        | התלמידים הציגו את עבודתם באופן לא ברור ובצורה לא מעניינת.                                                        | התלמידים הציגו את העבודה באופן ברור אך לא מעניין, או באופן מעניין אך לא ברור.                                     | התלמידים הציגו את העבודה באופן ברור ומעניין.                                                        |
| תהליך- 15 נקודות            | זיהוי קשיים<br>5 נקודות                        | התלמידים לא דיווחו על קושי שעלה במהלך עבודתם.                                                                    | התלמידים זיהו ודיווחו על קשיים שעלו במהלך עבודתם.                                                                 | התלמיד זיהו ודיווחו על מגוון קשיים שעלו במהלך עבודתם.                                               |
|                             | התמודדות עם הקשיים<br>5 נקודות                 | התלמידים התמודדו שיעלו מועטה עם קשיים שעלו במהלך עבודתם.                                                         | התלמידים התמודדו עם חלק מהקשיים שעלו במהלך עבודתם.                                                                | התלמידים התמודדו עם הקשיים שעלו במהלך עבודתם.                                                       |
|                             | מודעות ליכולת קבוצתית (שאלון זוגי)<br>5 נקודות | התלמידים מודעים במידה מועטה ליכולת של קבוצתם לבצע את המשימה ולהשיג את מטרותיה.                                   | התלמידים מודעים חלקית ליכולת של קבוצתם לבצע את המשימה ולהשיג את מטרותיה.                                          | התלמידים מודעים ליכולת של קבוצתם לבצע את המשימה ולהשיג את מטרותיה.                                  |



## סיכום ומסקנות



מטלת ביצוע מהווה אמצעי ללמידה משמעותית ולהערכת הלמידה. השימוש בבניית דגמים/מצגות מגוונים את ההוראה ועשוי להעלות את המוטיבציה של התלמידים, ולאפשר להם לבטא את הידע שלהם בדרך המתאימה להם. בנוסף, בניית דגם כמטלת ביצוע מאפשר שיקוף מהימן מאוד של מידת הבנת מושגים, עקרונות ורעיונות מרכזיים.

המחשה של עיקרון מזמנת לתלמיד את האפשרות להתמודד עם פתרון בעיות הדורשות רמת חשיבה מסדר גבוה. הוא נדרש לחפש אחר דוגמא רלוונטית אשר מבטאת את העיקרון הביולוגי, עליו להעריך את הרלוונטיות של תופעה ולהעמיק בהבנת מנגנון הפעולה של הדוגמא הנבחרת. בשלב הבא התלמיד נדרש לתכנן ולבצע את הדגם, תוך מתן תשומת לב מיוחדת לדרך ולאמצעים שבהם יבטא העיקרון הביולוגי בצורה הטובה ביותר. לבסוף, הצגת התוצר הסופי בפני הכיתה, דורשת מהתלמידים הבנה עמוקה של הנושא ויכולת רטורית טובה. ההוראות שנתנו לתלמידים מפרטות את הפעולות והמיומנויות שיש לבצע בכל שלב, על מנת להגיע אל המטרה הסופית- בהכנת דגם, כרזה, מצגת או סרטון. לפירוט ולהכוונה המדויקים והמפורטים יש חשיבות רבה בהנחיה של תלמידים משום שהדרך והתהליך שהתלמידים עוברים הם לא פחות חשובים מאשר התוצר הסופי. ההכוונה ובניית התהליך שלב אחר שלב מלמדים את התלמידים איך להגיע אל התוצר ועשויים לעזור להם בביצוע משימות בהמשך לימודיהם.

הדוגמאות של התלמידים היו מגוונות, הן נלקחו מעולם החי והצומח. הן בטאו את העיקרון החל ברמה של הגוף השלם, דרך מערכות שונות ועד הרמה התאית. גיוון זה מאפשר לתלמידים להבין את המושג "עיקרון" באופן כללי, וספציפית את עיקרון הגדלת שטח הפנים יחסית לנפח. התמודדות עם הביטוי הכמותי של העיקרון העמיק מאד את מידת ההבנה שלו בקרב התלמידים. הביטוי הכמותי של העיקרון באמצעות דגמים היה קל יותר לביצוע מאשר באמצעות המצגות. אחד הדגמים ניסה להמחיש את העובדה כי לתאים קטנים יחס שטח נפח העולה על זה של תאים גדולים באמצעות בניית תאי דם אדומים מפלסטלינה. הם יצרו משני גושים זהים של חומר תאים שוני גודל. תא אחד גדול לעומת שלושה קטנים. על גבי שטח הפנים של התאים הם הדביקו כדורי פלסטלינה קטנים ולבנים במרחקים שווים. הם הציגו את מספר הכדורים הלבנים סביב שלושת התאים, לעומת אלו שהדביקו למעטפת התא הבודד (יש להדגיש את העובדה כי מולקולות חמצן אינן נישאות על פני קרום תאי הדם הלבנים אלא חודרות לציטופלסמה בדיפוזיה). דוגמה זו מדגישה את העובדה כי יש להציג בפני התלמידים את מגבלותיו המדעיות של דגם, ואולי כדאי היה להוסיף סעיף לעבודה המתייחס לנקודה זו.

בהוראות לביצוע המשימה קיימת התייחסות לשני היבטים חשובים: האחד הוא שיקוף התהליך הרגשי שמלווה ביצוע מטלות מעין אלה והשני הוא מתן משוב עצמי והדדי על עבודת צוות. ברור ששני היבטים אלה חשובים מאוד לעבודה החינוכית אך לדעתנו הם אינם מודגשים במסגרת מרבית העבודות שניתנות בבית הספר. הפן הרגשי מהווה גורם משפיע על היבטים שונים הקשורים בביצוע מטלה. גם לפן החברתי השפעה על חווית הלמידה ועל איכותה.

במשוב העצמי נראה כי התלמידים העריכו את תפקודם האישי והקבוצתי בביצוע המשימה באופן גבוה למדי וניכר כי כולם היו מרוצים מעבודה בצוות. חלק מהתלמידים אף ציינו כי הם מעדיפים צורה כזו של עבודה על פני עבודה אישית, משום שכך הם מגיעים לתוצרים טובים יותר. תלמידה אחת בטאה שינוי בדעתה לגבי עבודת צוות (בעבודה הזו גילתה כי היא מעדיפה עבודת צוות על פני עבודה אישית). ההערכה העצמית

וההערכה ההדדית לגבי היבטים שונים בעבודת צוות אפשרה לכל אחד מבני הזוג למצוא את אלה שהוא חזק בהם וגם את אלה שתרומתו של בן זוגם הייתה בולטת יותר. תלמידים רבים דיווחו על תובנות שעלו בעקבות עבודת הצוות. תלמידה אחת דיווחה על הנאה מהעבודה המשותפת אם כי התלווה לכך קושי. תלמידים רבים סיפרו על חלוקת עבודה בין בני הזוג על פי הכישורים של כל אחד מהם. התובנות שהתלמידים הגיעו אליהן הפתיעו לעיתים בעומק שלהן. לדוגמה: "למדתי שאני יותר יצירתית ממה שחשבתי שאני, למדתי שיש לי הבנה מהירה אך לא מלאה... למדתי שכשנותנים לעשות עבודה על כל נושא שהוא אני יותר מתעניינת...."

בסיכומי של דבר, נראה כי מטלת הביצוע שהילדים נדרשו לעשות הייתה מלווה באתגרים לא מבוטלים של החלטות, ארגון, תכנון ותהליך העבודה עצמו. עם זאת, אופי מטלת הביצוע והמשימות שהתלמידים נדרשו לעשות במקביל למטלה עצמה השיגו מטרות חשובות מאוד שאין באות לידי ביטוי באופן שגרתי בתהליך הלמידה הבית ספרי.



תמונה 1: הדגמת נפח הריאות במעבדה



תמונה 2: המחשה כמותית של עיקרון הגדלת שטח פנים יחסית לנפח באמצעות דגם של תאי דם אדומים.

כמות החמצן שנישאת על תא אדום אחד שנפחו גדול קטנה מכמות החמצן הנישאת על מספר תאי דם אדומים קטנים שנפחם הכולל זהה לנפחו של התא הגדול.