

קשיים בהוראת הביולוגיה:

סקירת ספרות מקצועית

הוראת רעיון ההומיאוסטאזיס:

תפיסות שגויות ודרכי התמודדות עמן

חגית בכר

מנחה פדגוגית, מורה בבית ספר וירטואלי של תללים, שותפה בכתיבת הספר "תקשרת, ויסות ותיאום ביצורים חיים"

האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך
המרכז הישראלי להוראת המדעים ע"ש עמוס דה שליט
האוניברסיטה העברית בירושלים המרכז להוראת המדעים



תוכן:

3	מבוא
6	הקשיים בהבנת המושג ההומיאוסטאזיס
10	דרכי התמודדות בכיתה עם תפיסות שגויות בנושא ההומיאוסטאזיס
15	סיכום

עריכה – אילנה אדר, רחל נוסינוביץ
עריכה לשונית – דרורה ועדיה
יצא לאור במימון האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים במשרד החינוך ומטה המרכז להוראת המדעים ע"ש עמוס דה שליט וביוזמתו.
© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

הוראת רעיון ההומיאוסטאזיס: תפיסות שגויות ודרכי התמודדות עמן

סקירת ספרות מאת חגית בכר

א. מבוא:

א.1. תפיסות שגויות והוראת הביולוגיה

המחקר בתחום התפיסות השגויות בקרב תלמידי ביולוגיה בארץ ובעולם הניב ממצאים רבים על אופיין של התפיסות השגויות, על מקורותיהן, ועל חשיבותן והשפעתן על רכישת הידע של התלמיד. ממצאים אלה השפיעו על דרך ניתוח ופירוש תשובות התלמידים ובעיקר סייעו להבחין בין אמירות מוטעות של תלמידים הנובעות מחוסר ידע ואותן קל יחסית לתקן (למשל: "לב היונקים מורכב משני חדרים ועליה אחת") לבין אמירות הנובעות מהאופן שבו התלמיד מבין את החומר הנלמד למשל "הפוטוסינתזה היא הנשימה של הצמח". וכפי שטוענות אמיר והירש במאמרו (2000) "משפט זה איננו סתם שגיאה אלא תקלה מהותית בהבנה של התלמיד. כלומר, זוהי הדרך שבה התלמיד מבין את מה שנלמד אודות תהליך הפוטוסינתזה וזוהי המשמעות של התהליך עבורו" (שם עמ', 1).

תפיסות שגויות נבדקו בנושאים רבים בביולוגיה כמו: תהליכים בתא, מערכת הובלה, אבולוציה, גלגולי אנרגיה, ויסות ותיאום, מיקרוביולוגיה, מערכות הגנה וגנטיקה. המושגים הרלוונטיים שנבדקו בנושאים אלו היו: ברירה טבעית, יצירת חומרים אורגניים בצמחים, שרשרת מזון, והומיאוסטאזיס. (רשימת מאמרים ניתן למצוא באמיר, הירש 2000 וכן נוסבים ויחיאלי 1998 עמ' 65-67).

תוצאות מחקרים אלו מצביעות על כמה אפיונים של התפיסות השגויות בביולוגיה, כפי שמסכמים Westbrook & Marek 1992:

1. ילדים מגיעים לבית הספר כאשר להם ידע מוקדם על העולם, ידע המבוסס על ניסיון החיים שלהם ועל תפיסתם את המציאות. תפיסות מוקדמות אלו הן "עקשניות" ועמידות למדי בפני שינויים.
2. במהלך לימודי המדעים בבית הספר מפתחים התלמידים תפיסות שגויות. תפיסות אלו יכולות לנבוע מהיעדר התאמה בין הרמה הקוגניטיבית הנדרשת להבנת המושג הנלמד לבין רמת ההתפתחות השכלית של התלמידים, או ממורה או מספר המעבירים מידע מדעי שאינו מדויק דיו, או מדרך ההוראה כמו, הדגשי הוראה ורצף ההוראה בכיתה.
3. תפיסות שגויות הן "עיקשות" כלומר למידת הנושא בכיתה אינה משרשת בהכרח את התפיסות המוקדמות של התלמידים.
4. תלמידים המשננים תשובות הקשורות לתופעות מדעיות אינם יכולים, לעיתים קרובות, להשתמש בידע זה לפתרון בעיות הקשורות לנושא הנלמד.
5. תפיסות שגויות נפוצות אצל תלמידים בכל רמות הלימוד החל מבית הספר היסודי וכלה באוניברסיטה.

דרכי הוראה ודרכי ההתמודדות עם תפיסות שגויות מבוססות על הגישה **הקונסטרוקטיביסטית** להוראה וללמידה. גישה זו מייחסת **לתלמיד** תפקיד מרכזי בבניית הידע שלו. בניגוד להוראה הקונבנציונאלית המניחה, כי המורה הוא מוסר הידע והתלמיד הוא כלי קיבול פסיבי, הרי שנקודת המוצא של הגישה הקונסטרוקטיביסטית היא שהתלמיד שותף בבניית הידע בכל שלב של הלמידה, וכפי שמסכמים נוסבים ויחיאלי (1998 עמ' 12) "הידע אינו סכום של עובדות נכונות אודות המציאות, אלא הוא **תמונת המציאות כפי שהאדם בונה אותה לעצמו**" (ההדגשה במקור).

ההנחה בבסיס הגישה הקונסטרוקטיביסטית היא שהתפתחות הידע אצל הלומד מתרחשת בעקבות רכישת ידע חדש הנקשר לידע קודם. כתוצאה מיחסי גומלין אלה מתגבשות תפיסות חדשות ומשתנה מערכת המושגים (מבנה קוגניטיבי, מבנה מטמיע) של הלומד (אמיר, ברנהולץ ופלד 2001 ואמיר והירש 2000). התפיסות החדשות שנרכשו יכולות להיות מתאימות לתפיסה המדעית או שגויות מנקודת המבט של המדע המקובל, הדבר תלוי באופי הידע המוקדם ובסוג הקשרים שנוצרו בין המידע החדש לבין המידע הישן. התפיסות המתגבשות בעקבות הלמידה הן הבסיס להמשך הלמידה של התלמיד. מכאן יכול להיווצר מצב שבו תלמידים טובים לומדים את הנושא בכיתה, מבצעים תהליך קוגניטיבי משמעותי ובכל זאת מחזיקים בתפיסות שגויות (נוסבוים ויחיאלי 1998).

לאור האמור לעיל נובע, כי שינוי בתפיסה של התלמיד והחלפתה בתפיסה אחרת הוא תהליך מורכב הדורש ארגון מחדש של מושגים ומעורבות פעילה בלמידה, הן של התלמיד והן של המורה. אמיר והירש (2000) מסכמות את חשיבות תפקודו של המורה בשינוי התפיסה במילים אלו: "למורה יש תפקיד מרכזי בהתפתחות הידע של תלמידיו. מבחינות מסוימות אפשר לראות את המורה כ'מתווך' בין התכנים ('גוף הידע') לבין התלמיד, והפעולות שהוא נוקט משפיעות במידה רבה על מה שהתלמיד לומד (כלומר: יודע, מבין ויכול ליישם)... המורה הוא זה המכתיב רצף הוראה תוך שהוא מסייע לתלמידיו ליצור קשרים משמעותיים בין מושגים ובין נושאים והוא זה שבוחר בדרכי ההוראה אשר תקבענה במידה רבה, אם תתפתחנה במהלך ההוראה תפיסות שגויות ואם לאו" (שם עמ' 16-17).

במחקר שנעשה לאחרונה (הירש 1998) נמצא, כי מורי הביולוגיה בארץ מכירים רבות מהתפיסות השגויות שהוצגו לפניהם, מודעים למאפייני התפיסות השגויות ומבינים את החשיבות של בירור תפיסות התלמיד לפני ההוראה. כמו כן נמצא, שככל שעלתה רמת חשיפת המורים לנושא תפיסות שגויות כך עלה מספר הפעולות הלימודיות שנקטו המורים כדי לשרש אותן.

מטרות מאמר זה הן אלו: להציג מידע עדכני על תפיסות שגויות ברעיון הומיאוסטאזיס. לסכם אותן, להדגים את התפיסות השגויות הרווחות בתחום, לנסות ולהסביר את מקורן ולהציע דרכי פעילות מגוונות בכיתה כדי להתמודד עם הבעיה.

2. מדוע הומיאוסטאזיס?

בחרנו להתמקד ברעיון ההומיאוסטאזיס מסיבות אלה:

- א. הומיאוסטאזיס הוא רעיון מרכזי בביולוגיה. הדגשת רעיון מרכזי במגוון קשרים לימודיים ויישום שלו יכול לסייע לתלמיד לבנות לעצמו תמונת עולם מורכבת ומשמעותית ולהקטין את הסיכוי להתפתחות תפיסות שגויות במהלך הלמידה (אמיר והירש 2000).
- ב. לרעיון ההומיאוסטאזיס יש חשיבות בהבנת נושאים נוספים בתכנית הלימודים למשל: מערכת ההובלה ומערכות הגנה, תהליכים בתא וגלגולי אנרגיה (ראו דוגמאות בבכר וברנהולץ תקשורת, ויסות ותיאום ביצורים חיים, למורה 2002).
- ג. מורים מוצאים את המושג מורכב ללמידה (Westbrook & Marek 1992).
- ד. מורים מעטים בוחרים ללמד את הנושא "תקשורת, ויסות ותיאום ביצורים חיים" כנושא מצומצם בהוראת הביולוגיה במסגרת 5 יחידות או 3 יחידות לימוד. (נושא בו רעיון ההומיאוסטאזיס נלמד בהעמקה ובהרחבה).
- ה. במסגרת תכנית הלימודים החדשה, החל מתשס"ג, יחויבו התלמידים ללמוד את הנושא "הביולוגיה של גוף האדם" בדגש על הומיאוסטאזיס.

3. מהו הומיאוסטאזיס?

הומיאוסטאזיס (הומיאו- שווה, דומה סטאזיס- מצב): יכולתו של כל יצור חי לשמור על סביבה פנימית יציבה בגבולות מוגדרים, השונה מתנאי הסביבה החיצונית וזאת באמצעות מנגנונים ביוכימיים, פיזיולוגיים והתנהגותיים.

הומיאוסטאזיס בא לידי ביטוי ברמות הארגון הביולוגיות ביניהן: תא, יצור ואוכלוסייה.

התלמידים נדרשים למושג, המהווה רעיון מרכזי בביולוגיה, בתכנית הלימודים של החטיבה העליונה. הבנה מעמיקה של רעיון ההומיאוסטאזיס מאפשרת תפיסה ביולוגית מדעית של יחסי הגומלין בין הסביבה לבין היצור, וכן הבנה של התהליכים המתרחשים ברמת הארגון של התא או ברמת הארגון של האורגניזם המאפשרים לפרט לחיות בתנאי סביבה משתנים, כולל תנאים קיצוניים (על השפעת תהליכים המתרחשים ברמת ארגון של התא ועל תהליכים המתרחשים ברמות ארגון גבוהות יותר ראו בכר וברנהולץ 2002 עמ' 25). כל המחקרים הבודקים את מקור המושג הומיאוסטאזיס מציינים את הקשר בין המחקרים של קנון (Walter Canon 1945-1987) שטבע את המושג ב- 1929 לבין רעיונו של ברנרד (Claude Bernard, 1878-1913) כשבעים שנה קודם לכן. (Budding 1996)

קלוד ברנרד, פיזיולוג צרפתי, מצא כי משתנים פיזיולוגיים בגוף החי, למשל ריכוז הגלוקוז וריכוז המלחים נשמרים בטווח צר של ערכים למרות שינויים החלים בתנאי הסביבה, בהרכב המזון היומי וברמת הפעילות (בכר וברנהולץ 2002). קלוד ברנרד היה זה שהבחין לראשונה בקשר שבין תפקוד מיטבי של התאים לבין היכולת לשמור על סביבה פנימית יציבה בגבולות מוגדרים. הוא תמצת את דעתו במשפט הקלאסי הבא: **"יציבות הסביבה הפנימית היא תנאי הכרחי לחיים עצמאיים וחופשיים של היצור"**. במילים אחרות, ברנרד קישר בין הקביעות בריכוז המשתנים הפיזיולוגיים בנזלי הגוף (הנזלים הבין-תאיים ונזלי הדם), לבין יכולתם של היצורים לחיות "חיים חופשיים" בתנאי סביבה משתנים או קיצוניים, שבהם לא היו יכולים להתקיים חיים אלמלא קביעות הסביבה הפנימית. לרעיונו של ברנרד הייתה השפעה רבה על עריכת מחקרים במנגנוני בקרה וויסות, תחילה בבני אדם ולאחר מכן בבעלי חיים הומיאותרמיים (Budding 1996). קנון מרחיב בספרו "חכמתו של הגוף" את רעיונו של קלוד ברנרד על החשיבות בשמירה על סביבה פנימית יציבה תוך הדגשת חשיבות **המנגנונים** שבאמצעותם נשמרת יציבות הסביבה הפנימית. בספר זה מסביר קנון מדוע בחר לכנות תופעה זו בשם **"הומיאוסטאזיס"** ולא הסתפק במונח שהיה מקובל בזמנו שיווי משקל "התנאים היציבים הנשמרים בגוף יכולים להיות מכונים שיווי משקל... עם זאת התהליכים הפיזיולוגיים המתואמים המאפשרים קיום מצב יציב באורגניזם הם כה מורכבים וכה ייחודיים ליצורים חיים. בקיום תהליכים אלה מעורבים המוח, העצבים, הלב, הריאות, הכליות והטחול - וכולם פועלים בתיאום, לכן החלטתי להציע שם אחר למצבים אלו - **הומיאוסטאזיס**. אין הכוונה במושג זה למשהו קבוע, חסר תנודות הקופא על שמריו. פירוש המושג מצב אשר יכול להשתנות ויחד עם זאת נשמר באופן יחסי יציב" (מתוך Budding, 1996 עמ' 129).

קנון מציג כמה דוגמאות להומיאוסטאזיס בגוף האדם ודן בהם, וכן הוא מדבר על המושג באופן כללי. התייחסותו של קנון **למנגנונים הפיזיולוגיים** בגוף הפועלים בתיאום ומאפשרים את יציבות הסביבה הפנימית סביב טווח צר של ערכים מוסיפה היבט חדש לרעיון המקורי של ברנרד, הבט המתבטא ברעיון ההומיאוסטאזיס (Budding 1996). נסקור כמה דוגמאות המופיעות בספרי הלימוד החדשים בביולוגיה: שמירה על נפח הדם ועל ריכוז אוסמוטי מתרחש באמצעות סילוק מים ומומסים מהכליה (בכר וברנהולץ 2002 עמ' 64), שמירה על ריכוז גלוקוז יציב נעשה בין השאר באמצעות בניית חומרי תשמורת ופירוקם (שפר יהודית 2000, מאגר מידע ממוחשב), שמירה על טמפרטורת גוף במצב תקין (בשן, שפר, אמיר וחסון, 2000, עמ' 197-208 ובכר וברנהולץ, 2002, עמ' 28-30) ובמצב מחלה (ברנהולץ, פלד ווינקלר, 2001, עמ' 176-177). אם נסכם בקצרה את הנאמר עד כה אזי רעיון ההומיאוסטאזיס מתייחס הן **לתוצאה** (סביבה פנימית יציבה) והן **לתהליכי הבקרה** באמצעות מנגנוני משוב המביאים לתוצאה. קשר זה הוא דינאמי ומתרחש כל הזמן

במהלך חייו היצור (Budding 1996). כדאי לשים לב, כי במאמר אין התייחסות לתפיסות השגויות של מנגנון המשוב, נושא הדורש מאמר נפרד.

ב. הקשיים בהבנת המושג הומיאוסטאזיס

במחקרים שיתוארו להלן נעשו בדיקת ההבנה של המושג הומיאוסטאזיס וזיהוי התפיסות השגויות באמצעות מתן קטע קריאה (להלן יכונה "שאלון") שבו מתוארת השפעת פעילות גופנית על תהליכים פיזיולוגיים באדם. השאלון הובא לראשונה במחקרם של Simpson & Marek (1988) והוא שימש גם במחקריהם של Westbrook & Marek (1992) ובמחקרו של Budding (1996). ניתוח הממצאים וניתוח הקשיים בהבנת המושג הומיאוסטאזיס במחקרים אלה התבססו על שאלון זה.

ב.1. השאלון שניתן לתלמידים

השפעת פעילות גופנית על תהליכים פיזיולוגיים באדם

אדם הגיע למרפאה לבדיקת מאמץ. בשלב הראשון ישב האדם חמש דקות, ולאחר מכן בדק הרופא את קצב פעימות הלב, את קצב הנשימה ואת טמפרטורת גופו.

תוצאות הבדיקה הראשונה: קצב הנשימה - 18 נשימות בדקה

קצב פעימות לב - 60 פעימות בדקה

טמפרטורת הגוף - 36.3°C

בשלב השני האדם רץ 500 מטרים, במהירות. מיד לאחר הריצה בדק הרופא שוב את קצב פעימות לבו, את קצב הנשימה ואת טמפרטורת גופו.

תוצאות הבדיקה השנייה: קצב הנשימה - 40 נשימות בדקה

קצב פעימות הלב - 115 פעימות בדקה

טמפרטורת הגוף - 36.3°C

במהלך הריצה האדם הזיע, הרגיש צמא ובתום הריצה שתה מים.

לאחר הריצה התבקש האדם לנוח כ- 15 דקות. לאחר המנוחה חזרו קצב הנשימה וקצב הלב לערכים שנמדדו לפני הריצה.

1. ציינו את כל התופעות המוזכרות בקטע שבהלן:

א. לא חל שינוי בעקבות הפעילות הגופנית

ב. חל שינוי בעקבות הפעילות הגופנית.

2. הסבירו אילו תהליכים פיזיולוגיים השפיעו על כך שבתופעות מסוימות נצפו שינויים ובאחרות לא נצפו שינויים.

התשובות המלאות לשאלון:

השינויים המוזכרים בקטע הם: עלייה בקצב פעימות הלב, עלייה בקצב נשימה, הזעה ותחושת צמא. טמפרטורת הגוף נשארה קבועה.

העלייה בקצב הלב ובקצב חילוף הגזים (נשימה) מתרחשת בעקבות תהליכים המתרחשים בתאי השריר. הגברת הפקת אנרגיה בשרירים גורמת לירידה בריכוז החמצן ולעלייה בריכוז הפחמן הדו-חמצני בדם, בעקבות זאת מוגבר קצב הנשימה וקצב פעימות הלב כך שגדלה כמות החמצן הנכנסת לגוף ומגיעה לשרירים. הגברת תהליכי הנשימה התאית בשריר, כלומר הגברת ייצור ATP, מלווה בשחרור חום וכתוצאה מכך עולה טמפרטורת הגוף. העלייה בטמפרטורת הגוף נקלטת על ידי מערכת העצבים, והתוצאה של עיבוד המידע הוא הזעה המאפשרת את קירור הגוף על ידי אידוי המים. טמפרטורת הגוף חוזרת לערכה המיטבי. איבוד המים בהזעה מביא לתחושת צמא (Simpson & Marek 1988).

ב.2. הבנת רעיון ההומיאוסטאזיס על ידי תלמידים – סקירת ספרות

במחקר שערכו Simpson & Marek ב-1988 לבדיקת ההבנה של רעיון ההומיאוסטאזיס נמצא, כי אף אחד מתלמידי כיתות י' לא גילה הבנה מלאה של המושג. אצל 40% מבין הנשאלים נמצאו תפיסות שגויות, 40% לא ענו על השאלון (ראו סעיף ב.1.), **ורק 20%** מבין הנשאלים הראו הבנה חלקית ללא תפיסות שגויות. במחקר אחר שנערך על ידי Westbrook & Marek ב-1992 נבדקה ההבנה של רעיון ההומיאוסטאזיס בקרב שכבות גיל שונות, (כיתה ז', כיתה י', ותלמידי קולג' לזואולוגיה. 100 תלמידים מכל שכבת גיל השתתפו במחקר שבמהלכו הם נתבקשו להשיב על השאלון). תוצאות המחקר מראות כי **רק 4%** מבין כל המשתתפים במחקר גילו הבנה מלאה של הרעיון, וכולם היו תלמידי קולג'. מידת ההבנה של רעיון ההומיאוסטאזיס הלכה ועלתה עם הגיל, אבל הבנה זו הייתה מוגבלת. 26% מתלמידי הקולג' הראו הבנה חלקית של הרעיון, 12% מכיתה י' הראו הבנה חלקית ואילו **רק 3%** מקרב תלמידי כיתות ז' הבינו חלקית את רעיון ההומיאוסטאזיס.

ככל שעלה גיל התלמידים, ירד בהתאמה מספר התלמידים שגילו אי-הבנה מוחלטת או לא השיבו על השאלון (51% מקרב תלמידי כיתה ז', 34% מקרב תלמידי כיתה י' ו-6% מקרב תלמידי הקולג' לא השיבו על השאלון או גילו אי-הבנה מוחלטת של הרעיון). במקביל עלה אחוז בעלי התפיסות השגויות (46% מקרב תלמידי כיתה ז', 54% מקרב תלמידי כיתה י' ו-64% מקרב תלמידי הקולג').

הממצאים מצביעים על הקשיים הרבים בתפיסה ובהבנה של רעיון ההומיאוסטאזיס, כך שגם אצל תלמידי קולג' שנתקלו במושג כמה פעמים במהלך לימודיהם, עדיין קיים שיעור ניכר של תפיסות שגויות (64%). ההבנה הנכונה של רעיון ההומיאוסטאזיס דורשת יכולת להבין כמה תהליכים המתרחשים בו-זמנית ולקשר ביניהם (ראו סעיף ב.3.). הבנת המנגנונים הפיזיולוגיים שבאמצעותם מתקיימת סביבה פנימית יציבה היא מעבר לניסיון החיים של האדם, להבנתם נדרשת יכולת חשיבה מופשטת. ואמנם במחקרם של ווסטברוק ומרק אכן נמצאה התאמה בין הרמה הקוגניטיבית של התלמידים לבין רמת ההבנה של התלמידים את הרעיון, כלומר תלמידים שהובחנו כבעלי יכולת חשיבה מופשטת גילו הבנה טובה יותר של המושג (Westbrook & Marek, 1992).

ב.3. מדוע רעיון ההומיאוסטאזיס קשה להבנה?

רעיון ההומיאוסטאזיס קשה להבנה, היות שהבנה מעמיקה שלו מחייבת ידע ביולוגי קודם ויכולת הפשטה (חשיבה פורמלית) (Simpson & Marek, Westbrook & Marek). החשיבה הפורמלית הנדרשת כוללת כמה כשרים קוגניטיביים:

א. הבחנה שתופעות שונות יכולות להתרחש בו בזמן.

ב. הבנה שכל תהליך מורכב משלבים שונים המאפשרים את קיומו.

לשם כך על הלומד:

- **לבודד**, להפריד ולזהות שלבים בתהליך.

- **להבין** יחסי סיבה ותוצאה בין השלבים בתהליך.

- **לראות** את השלבים בתהליך כחלק ממכלול (structured whole).

לשם הבנת רעיון ההומיאוסטאזיס על התלמיד להיות בעל יכולת לבצע את התהליכים הבאים:

- **לזהות** את התהליכים המתרחשים בגוף בעקבות גירוי מסוים **ולאבחן** כיצד השינויים החלים

בתהליכים הפיזיולוגיים משפיעים זה על זה ועל היצור כמכלול שלם.

- **להבין** כי ויסות התהליכים מתרחש ברמות הארגון השונות, למשל: ויסות פעולת האנזימים,

ויסות פעולת האיברים (קצב לב, סילוק מים ומומסים מהכליה).

- **להבין** כי שינוי בתהליכים ברמת ארגון אחת משפיע על תהליכים המתרחשים ברמת ארגון אחרת, למשל: הגברת תהליכי הנשימה התאית בשרירים משפיעה על שחרור חום ועל טמפרטורת גופו של היצור.

- **לתפוס** כי חלק מהשינויים המתרחשים ביצור גורמים, לסטייה במשתנים הפיזיולוגיים סטייה המתוקנת על ידי מנגנונים ביוכימיים, פיזיולוגיים או התנהגותיים, כך שהמשתנים הפיזיולוגיים נשמרים יציבים.

בדוגמה שניתנה בשאלון הטמפרטורה אינה משתנה מעבר לטווח צר של ערכים, היות שהשינוי נקלט על ידי מערכות התקשורת המעבדות את השינוי. בעקבות העיבוד מופרשת זיעה, ומורחבים כלי דם פריפריים ובעקבות אלה הסטייה מתוקנת, והמשתנה הפיזיולוגי נשמר יציב.

Budding (1996) טוען, כי פעמים רבות הידע הקונקרטי שיש לתלמיד כולל רק את מה שנראה לעין ונתפס על ידי החושים, כלומר את הסיבה ההתחלתית שגרמה לשינוי ואת התוצאה (למשל תלמיד יודע כי כאשר חם מזיעים). כל התהליכים הביוכימיים והפיזיולוגיים המתרחשים בגוף וגורמים להזעה הם עברו מעין "קופסה שחורה" שהוא נוטה להתעלם ממנה.

כדי להקל על הבנת רעיון ההומיאוסטאזיס וכדי להפוך את התהליכים למופשטים פחות, ננתח את השאלון שבדק את השפעת הפעילות הגופנית על תהליכים פיזיולוגיים ביצור. נדגים את היכולות הקוגניטיביות ואת הידע המוקדם הנדרשים מהתלמידים.

מתן תשובה מלאה לשאלון מחייבת את התלמיד להבין כמה תהליכים ביולוגיים ולהשתמש בידע שלו כדי לבצע תהליך קוגניטיבי מורכב. נדגים בקצרה כל אחת מהמיומנויות.

הידע הביולוגי הנדרש: (1988 Simpson & Marek)

1. חמצן נקלט מהאוויר באמצעות הריאות ומועבר לתאי הגוף באמצעות מערכת הדם.
2. החמצן חיוני להפקת אנרגיה בתהליכי הנשימה התאית בתאים. תהליכים אלה מאפשרים את פעילות תאי הגוף, כולל תאי השריר.
3. הגברת תהליכי הנשימה התאית מאפשרת את פעילות השרירים בזמן מאמץ וכרוכה בשחרור חום.
4. אידיזי הזיעה מהגוף מאפשר לקרר את היצור ולהוריד את טמפרטורת הגוף.
5. מערכת העצבים קולטת את השינויים המתרחשים, מעבירה מידע למוח, שם מתרחש עיבוד המידע בעקבות זאת מתרחשים תהליכי ויסות של פעולות איברים.
6. משתנים פיזיולוגיים בגוף נשמרים קבועים, סביב טווח צר של ערכים, באמצעות מנגנוני תיקון פיזיולוגיים, ביוכימיים והתנהגותיים.

התהליך הקוגניטיבי המורכב כולל כמה שלבים:

1. בשלב הראשון התלמיד צריך לזהות את השינויים שחלו אצל האדם הרץ ואת הגורם הנשאר קבוע, כפי שהם מוצגים בשאלון. (השינויים שחלו - העלייה בקצב פעימות הלב, עלייה בקצב הנשימה, הזעה הגורמת לאיבוד מים, תחושת צמא; הגורם הנשמר קבוע - טמפרטורת הגוף).
 2. בשלב הבא התלמיד צריך להשתמש בידע ביולוגי קודם כדי **לאבחן** את התהליכים הביוכימיים והפיזיולוגיים שהתרחשו ביצור **ולזהות** כיצד קשורים השינויים שהתרחשו זה לזה **בתהליך סיבתי**, המאפשר את קיום המשתנים הפיזיולוגיים סביב טווח צר של ערכים (למשל מה גורם להזעה? מה הקשר בין תהליכי נשימה תאית בשריר לבין שינוי קצב הלב?).
 3. בשלב הבא התלמיד צריך **לזהות** את המשתנים הפיזיולוגיים שבהם חל שינוי בעקבות הפעילות הגופנית ואת המנגנונים הפיזיולוגיים המאפשרים את תיקון הסטייה.
- כלומר, על התלמידים לזהות מהם המשתנים הפיזיולוגיים שבהם חל שינוי (ריכוז פחמן דו-חמצני, ריכוז החמצן וטמפרטורת הגוף), ומהם מנגנוני התיקון (ויסות קצב הלב, ויסות קצב הנשימה והזעה). וכן עליו

לשים לב, כי בעקבות ההזעה חל שינוי במשתנה פיזיולוגי נוסף (ריכוז מומסים), ומנגנון התיקון במקרה זה הוא התנהגותי (תחושת צמא).

ב.4. לקט תפיסות שגויות ברעיון ההומיאוסטאזיס, מקורן האפשרי והתפיסה הנכונה

התפיסות השגויות התפרסמו בכמה מאמרים: Budding 1996, Simpson & Marek 1988, Barrass 1992, Westbrook & Marek 1984 והן מסוכמות בטבלה הבאה:

תפיסות שגויות בתחום ההומיאוסטאזיס

מקור התפיסה השגויה	התפיסה השגויה ¹	התפיסה הנכונה
ידע מחיי היום-יום, מאמצעי התקשורת, כולל מפרסומות, האנשה.	הטמפרטורה לא השתנתה במהלך הפעילות הגופנית, כי האדם בריא ולא חולה.	הטמפרטורה לא השתנתה עקב פעילות מנגנונים פיזיולוגיים והתנהגותיים שאפשרו את תיקון הסטייה. אילו המנגנונים לא היו פועלים ביעילות, הטמפרטורה הייתה עולה.
	הטמפרטורה חייבת להישאר קבועה.	
	הזעה פירושה שהתאים מתאמצים יותר, ולכן מאבדים יותר מים.	הזעה פירושה שחרור מים מבלוטות זיעה. התאדות המים גורמת לקירור הגוף. התחושה של האדם היא מאמץ.
	הזעה היא דרך לניקוי רעלים או חומרי פסולת מהגוף זיעה היא שומן היוצא מהגוף.	איבוד המים הוא מהסביבה הפנימית, ובעקבותיו קטן נפח השתן ומתעוררת תחושת צמא (אלו הם מנגנונים פיזיולוגיים והתנהגותיים לשמירה על נפח דם יציב).
בעיה בתפיסת הגוף כשלם ואי-הבנת החשיבות של מערכות התקשורת	עלייה בקצב לב הפעילה את בלוטות הזיעה.	הפעלת בלוטות הזיעה היא תוצאה של מידע העובר בתאי עצב במערכת העצבים. עלייה בקצב הלב הגבירה את הספקת הדם לשרירים.
	הריאות זקוקות ליותר חמצן בגלל הפעילות הגופנית.	הפעילות הגופנית גורמת להגברת הפעלת השרירים, ובעקבותיה עולה צריכת החמצן בשריר. העלייה בקצב הנשימה מגבירה את קליטת החמצן ואת פליטת הפחמן הדו-חמצני בריאות.
	קצב הלב עלה, משום שעליו לעבוד פי שניים - לשאוב דם דרך הגוף לשם הנעת השרירים.	הלב אינו גורם להנעת שרירי השלד. שרירי השלד מופעלים על ידי תאי עצב. הגברת פעילות לב מגבירה את הספקת הדם לשרירי השלד.
	הטמפרטורה לא השתנתה כי האוויר ברח מהחורים	הטמפרטורה לא השתנתה עקב פעילות מנגנונים פיזיולוגיים והתנהגותיים שאפשרו את תיקון הסטייה
היעדר ידע על תהליכים פיזיולוגיים ברמות הארגון השונות.	מים קרים וכימיקלים זורמים דרך הגוף ומשנים את הטמפרטורה	
	קצב הנשימה עלה משום שהגוף זקוק ליותר דם שיספק אנרגיה לריצה.	דם אינו מספק אנרגיה. תהליכי הפקת אנרגיה מתרחשים בתאים. הגברת זרימת הדם לשרירים מאפשרת להגביר את כמות החמצן המגיע לשרירים ואת תהליכי הפקת האנרגיה.

¹לחלק מהתפיסות השגויות יכולים להיות כמה מקורות

קושי בתפיסת רעיון הבו-זמניות, כי משתנים פיזיולוגיים נשמרים יציבים על אף שחלים בהם שינויים כל הזמן.	הגוף דואג לשמירה על טמפרטורה קבועה.	בטמפרטורת הגוף חלים כל הזמן שינויים בגלל פעילות התאים. הגוף אינו מונע שינויים אלא מתקן את הסטיות החלות במשתנים פיזיולוגיים בעקבות שינויים החלים בסביבה החיצונית או הסביבה הפנימית.
	הגוף מנסה למנוע שינויים בטמפרטורה	
	הטמפרטורה בתוך הגוף חייבת להישמר קבועה	
היעדר ראייה כוללת של רעיון ההומיאוסטאזיס, תפיסה צרה ומוגבלת שלו, למשל: שמירה על טמפרטורה קבועה.	המושג הומיאותרמי זהה למושג הומיאוסטאזיס.	הומיאותרמי² הוא מושג המתאר יצורים בעלי יכולת לשמור על טמפרטורת גוף קבועה באמצעות מנגנונים פיזיולוגיים, ביוכימיים והתנהגותיים. מקור החום ביצורים הומיאותרמים הוא תהליכי הנשימה התאית. היכולת לשמור על הומיאוסטאזיס היא תוצאה של פעילות כוללת ומתואמת של תאים, איברים ומערכות ביצור.
	הומיאוסטאזיס פירושו סילוק מים ומומסים מהכליה.	
קושי בראייה בו-זמנית של רעיון הומיאוסטאזיס, שבעיקרו הוא גם מצב וגם תהליך.	הומיאוסטאזיס הוא קיום סביבה פנימית יציבה.	הומיאוסטאזיס הוא גם מצב וגם תהליך. הסביבה הפנימית נשמרת יציבה, היות שכל הזמן מתוקנות הסטיות באמצעות מנגנונים ביוכימיים, פיזיולוגיים והתנהגותיים.

ג. דרכי התמודדות בכיתה עם תפיסות שגויות בנושא הומיאוסטאזיס

ג.1. מבוא

ההתמודדות עם התפיסות השגויות במהלך ההוראה בכיתה דורשת מתן תשומת לב של המורה לכל אחד ממרכיבי סביבת הלמידה: התלמיד, תוכן הנושא הנלמד ודרך ההוראה (אמיר והירש 2000). מתן תשומת לב של המורה אל **התלמיד** פירושה איסוף נתונים הקשורים לכמה היבטים של התלמידים כמו: היכרות עם מאפייני החשיבה שלהם ועם יכולתם להתמודד עם מושגים שונים (נוסביום ויחיאלי 1998), בירור הידע המוקדם של התלמידים וזיהוי חסכים בידע החשובים להבנת הידע החדש (אמיר, ברנהולץ ופלד 2001; אמיר והירש 2000), בדיקה האם התלמידים למדו את המושג הנלמד במסגרת דספלינה אחרת, ואלו משמעויות ניתנו למושג בעבר.

לדוגמה: למושג "סטייה" במדעי החברה יש משמעות שלילית, לעומת זאת במדעי הטבע יש לו משמעויות נטרליות כמו: סטייה מהממוצע, סטיות המתרחשות במשתנים פיזיולוגיים וכדומה. מתן תשומת לב של המורה אל **התוכן** פירושה זיהוי הכישורים החשיבתיים הנדרשים כדי להבין את הנושא כמו, יכולת חשיבה מופשטת והבנה סיבתיות של תהליכים, בדיקה מהם הקשיים שמעמיד התוכן של החומר הנלמד בפני הלומד, בירור איזה ידע בסיסי דרוש להבנתו והאם למושגים הנלמדים יש משמעות שונה בחיי היום-יום, למשל: ייחוס תכונות שליליות למשוב שלילי ותכונות חיוביות למשוב חיובי. (נוסביום ויחיאלי 1998). מתן תשומת לב של המורה אל **אופן ההוראה** פירושה נקיטת הפעולות הבאות במהלך ההוראה (נוסביום ויחיאלי 1998):

²על יסודות טמפרטורה ביצורים הומיאותרמיים ופויקלותרמיים ראו בשן, שפר, אמיר וחסון 2000 עמ' 197-208 ובכר ברנהולץ 2002, מבוא לחלק 2

- התייחסות לדומה ולשונה בין מושגים שנלמדים, בין פירוש המושג המדעי לפירושו בחיי היום-יום או בין האנלוגיה המשמשת להמחשה לבין המושג עצמו.
- הבחנה בין מתן הסבר טלאולוגי תכליתי לבין מתן הסבר "מנגנוני" "סיבתי" במהלך השיעור.
- שימוש בדוגמאות רבות להדגמת עיקרון.
- קישור פעיל בין המושגים הנלמדים באמצעות הצגת שאלות, או באמצעות מפות מושגים (ראו אמיר, ברנהולץ פלד 2001).

מתן תשומת לב של המורה אל מרכיבי ההוראה מאפשר לצפות מראש קשיים העלולים לעלות במהלך ההוראה ולתכנן את רצף ההוראה בהתאם מתוך ניסיון להתאים את רצף ההוראה לתשתית הידע של הלומד. כתוצאה מכך נבנה רצף הוראה פסיכולוגי המתחשב בעמדות התלמיד, בצרכיו, בכשרים הקוגניטיביים שלו ובידע הקודם שלו ולוקח בחשבון את הקשר ההכרחי ללמידה בין התוכן ללומד (אמיר והירש 2000).

2.ג. בירור הידע המוקדם של התלמיד הנדרש להבנת רעיון ההומיאוסטאזיס

על פי הגישה הקונסטרוקטיביסטית מומלץ לברר מהו הידע הקודם של התלמידים, וכפי שאומר אוזבל "הדבר החשוב ביותר שעל המורה לדעת הוא מה שהלומד כבר יודע. קבע זאת ולמד אותו בהתאם" (אמיר, ברנהולץ ופלד 2001). הבירור המוקדם מאפשר לזהות חסכים של ידע החשובים לקישור הידע החדש ולהבנתו, מאפשר לאתר תפיסות שגויות אצל הלומדים, מחזק את התחושה של התלמיד, כי מתעניינים בו ובידע שלו וכן מחזק עמדות חיוביות כלפי הלמידה (אמיר הירש 2000).

אנו נדון בשתי דרכים נבחרות לבירור ידע קודם של תלמידים (דרכים נוספות - ראו אמיר הירש 2000 עמ' 36-23):

1. בירור הידע באמצעות תרגיל חוויתי - ניתן להשתמש בשאלון המופיע בסעיף ב.1. לשם בירור הידע המוקדם של התלמידים. את הפעילות שבשאלון ניתן לבצע בשתי דרכים לפחות (מתוך בכר וברנהולץ 2002 "תקשורת, ויסות ותיאום ביצורים חיים" - ספר למורה):

א. התלמידים מקבלים את השאלון "השפעת פעילות גופנית על תהליכים פיזיולוגיים באדם" ועונים על השאלות המצורפות.

ב. התלמידים מתחלקים לקבוצות ומבצעים בפועל בכיתה את הפעילות הגופנית המתוארת בשאלון. הם אוספים את הנתונים מחברי הקבוצה, מארגנים אותם בטבלה, מחשבים ממוצע קבוצתי ומשווים אותם לערכים שהוצגו בשאלון.

הערה: עלול להיות הבדל משמעותי בתוצאות התלמידים לגבי טמפרטורת הגוף, היות שהיא לא נמדדת בפי הטבעת, אלא במקומות אחרים בגוף: פה, בית שחי או אוזן. חשוב לשים לב לעובדה שהטמפרטורה הנמדדת באיברי הגוף השונים אינה אחידה. המדידה המדויקת והיציבה ביותר היא בפי הטבעת (מדידה שלא ניתן כמובן לבצע בכיתה), ולפיכך עשויות להיות תנודות בטמפרטורת הגוף הנמדדת.

לאחר התרגיל מומלץ לקיים דיון פתוח בכיתה, מעין סיעור מוחות שבו ייעלו הדעות והרעיונות שיש לתלמידים על הנושא (אמיר והירש 2000). מטרת סיעור המוחות אינה רק להגיע לידע הנכון אלא לשמוע את דעותיהם ומחשבותיהם של התלמידים השונים ולעורר סוגיות למחשבה ואסוציאציות. פעילות זו מאפשרת למורה לאסוף מידע על הידע המוקדם של תלמידיו, על התפיסות השגויות הרווחות בקרב התלמידים, ועל פי התוצאות לבנות את רצף ההוראה ולהשלים חורים בידע.

אחת התפיסות השגויות הרווחות המתגלות בעקבות השאלון היא שטמפרטורת הגוף משתנה רק בעת מחלה ובמצב התקין הגוף "דואג" לטמפרטורה תקינה. התלמידים גם אינם מבחינים בקשר שבין הפקת האנרגיה בשריר לבין עליית הטמפרטורה ביצור (ראו סעיף ב.4). Budding (1996) הביא בפני התלמידים, שהשתתפו במחקרו והציגו תפיסות אלו, טקסט נוסף (הטקסט אינו מצורף למאמר). בטקסט תואר מצבו הגופני של

אדם חולה (צמרמורות, חולשה וכדומה) וכן שינויי הטמפרטורה שחלו בגופו במהלך המחלה (שינויי הטמפרטורה תוארו בגרף). התלמידים היו צריכים להסביר את הקשר בין שינויי הטמפרטורה לבין מצבו הגופני של האיש (למשל הצמרמורת המלווה את עליית הטמפרטורה) וכן כיצד לדעתם מווסתת הטמפרטורה במצב מחלה. בנוסף הם היו צריכים להשוות בין ויסות הטמפרטורה במצב התקין לבין ויסות הטמפרטורה במצב מחלה (למשל, השפעת חומרים פירוגניים על ה- setpoint בהיפותלמוס המתרחשת במצב מחלה). מטרת התרגיל הייתה להרחיב את האופן בו תופסים התלמידים את המושג "שינוי בטמפרטורה" (חום) תוך התייחסות לתופעות שאותן הם מכירים מחיי היום יום, המשגת הידע ושימוש בו לשם לטיפול בתפיסות השגויות.

2. **בירור הידע הקודם באמצעות שאלון לדיווח עצמי** – שאלון זה מאפשר לאתר חסכים בידע או מוקדי קושי. בשאלון מופיעה רשימת מושגים ועל התלמיד לציין האם למד את המושג בעבר ומהי מידת הבנתו (אמיר, הירש 2000).

דוגמה לשאלון:

המושג	למדתי בעבר	אינני מבין	אינני בטוח שאני מבין	מבין באופן חלקי	מבין היטב	מבין היטב ויכול להסביר לחבר
נשימה תאית						
סביבה פנימית						

מומלץ גם לבקש מהתלמיד לבחור שני מושגים שהוא מבין ויודע להסבירם, ולבקשו להגדירם. מחקרים מראים, כי קיימת התאמה חיובית בין ההערכה העצמית של מידת ההבנה המדווחת על ידי התלמידים על ידע קודם לבין ההישג במבחן שניתן במקביל. בנוסף לכך לשאלון כמה יתרונות: הוא אינו מהווה איום, הוא קל להכנה, קל לסכם את הממצאים המתקבלים באמצעותו ואפשר לכלול בו מושגים רבים (אמיר הירש 2000).

ג. קביעת רצף ההוראה

רצף ההוראה מתבסס על שני מרכיבים אלו: הסדר בו נלמדים הנושאים השונים והשילוב של נושא חדש שנלמד עם נושאים שנלמדו בעבר. כך נוצרת רציפות והתלמיד יכול ליצור תמונת עולם ביולוגית נכונה. המורה הבדק מבעוד מועד את הקשיים שמעלה התוכן של חומר הלימודים החדש יכול לתכנן מראש את רצף ההוראה כך שניתן יהיה להתמודד עם הקשיים במודע ולהקטין את היווצרות התפיסות השגויות במהלך ההוראה.

הבנת מושגים הדורשים חשיבה מופשטת, כמו הומיאוסטאזיס, מחייבת את המורה לתת את דעתו לא רק לידע המוקדם הנחוץ לתלמיד, אלא גם לרעיונות שהם בבסיס הבנת המושג. מחקרים מראים כי תלמידים המשננים עובדות ביולוגיות שהן מבחינתם פיסות של אינפורמציה ללא קשר למכלול הידע הביולוגי מפתחים תפיסות שגויות בנושא (Westbrook & Marek 1992). התיאוריה הרווחת היא שתוכן מסוים נקלט באופן משמעותי, רק כאשר ללומד יש מבנים קוגניטיביים (מבנה מטמיע) המתאימים לקליטתו. אחת האסטרטגיות שהמורה יכול לנקוט בה כדי לשפר את הקליטה של חומר חדש וכדי להפכו לבעל משמעות ללומד היא להשתמש ב"מארגן מוקדם". מארגן מוקדם משמש מעין גשר בין החומר החדש לבין המבנים הקוגניטיביים הקיימים אצל התלמיד. מארגן מוקדם יכול לספק מערכת מושגים מכלילה אשר אליה ניתן יהיה לייחס את

החומר החדש הנלמד או להוות מטלה לימודית קצרה שמטרתה לעזור ללומד לקשר בין חומר לימודי חדש למושגים או ידע שכבר רכש בעבר (רובין 1984). כדי ליצור את המארגן המוקדם יש להכיר תחילה מהו הידע המוקדם הנחוץ להבנת הנושא וכן מהי מערכת המושגים והרעיונות החיוניים להבנתו. הטבלה הבאה מסכמת את הידע והרעיונות החיוניים להבנת המושג הומיאוסטאזיס.

הידע המוקדם והעקרונות הנדרשים להבנת רעיון ההומיאוסטאזיס:

הידע הביולוגי הדרוש להבנת רעיון ההומיאוסטאזיס	הרעיונות החיוניים להבנת רעיון ההומיאוסטאזיס
תהליכים בתא - הפקת אנרגיה, חדירות דרך קרומים	הבנה מנגנונית של תהליכים ביצור – יחסי סיבה תוצאה. לעומת הבנה תכליתית טלאולוגית הרווחת בקרב תלמידים.
רמות ארגון ביצור - תא, רקמה, איבר, מערכת. התלות בין רמות הארגון, חלוקת עבודה והתמחות.	תופעות רבות מתרחשות בו בזמן וקיים תיאום ביניהן.
מערכות הגוף – הבנת חשיבות כל אחת מהמערכות לתפקוד היצור כשלם.	יציבות אין פירושה חוסר תנועה דווקא, אלא יכולה להיות תוצאה של שיווי משקל דינאמי.
סביבה פנימית וסביבה חיצונית ביצורים רב-תאיים וחד-תאיים.	חשיבות כל החלקים לקיום השלם, תלות היצור בתקשורת ובתיאום בין חלקיו.

ניתן לחזור על הידע הביולוגי הנחוץ להבנת הנושא תוך המחשת הרעיונות המופשטים החיוניים להבנת מושג ההומיאוסטאזיס והדגמתם.

אנלוגיה כמארגן מוקדם:

אנלוגיות מאפשרות להמחיש רעיון מופשט. בסיס האנלוגיה הוא, בדרך כלל, מעולמם של התלמידים והיא יכולה להוות מארגן מוקדם ולקשר בין הידע הקודם שלהם לידע החדש. לשימוש באנלוגיות יש כמה שלבים (Harrison 1994):

1. הגדרת המושג הביולוגי
2. הצגת האנלוגיה ושאלת מחשבה המתעוררת בעקבותיה
3. דיון במאפיינים הרלוונטיים של האנלוגיה וניתוחם
4. דיון בדומה בין האנלוגיה לבין המושג הנלמד
5. דיון בשונה בין האנלוגיה לבין המושג
6. סיכום מרכיבי המושג הביולוגי הנלמד וציון האספקטים החשובים שלו

אחד הקשיים בהבנת המושג הומיאוסטאזיס הוא התפיסה כי אף שכל הזמן מתרחשים שינויים, הרי שהמשתנים הפיזיולוגיים נשמרים יציבים. האנלוגיה שנדגים מתמקדת בקושי זה. ההדגמה היא על פי השלבים שצוינו.

1. הגדרת המושג הביולוגי: הומיאוסטאזיס - יכולתו של כל יצור חי לשמור על סביבה פנימית יציבה בגבולות מוגדרים, השונה מתנאי הסביבה החיצונית, באמצעות מנגנונים ביוכימיים, פיזיולוגיים והתנהגותיים. מומלץ לפרק את ההגדרה למרכיביה (הגלויים והסמויים) ולקשר אותם לתופעות שהתלמידים מכירים מחיי היום יום.

המרכיבים הסמויים של ההגדרה:

- יצורים חיים בסביבה חיצונית שחלים בה כל הזמן שינויים – שינויים בטמפרטורה, שינויים במחזורי ההארה וכדומה.
- שינויים החלים בסביבה החיצונית משפיעים על משתנים פיזיולוגיים ביצור. לדוגמה: מעבר חום על פי הפרשי טמפרטורה הוא תהליך פיזיקלי המתרחש גם בגוף הדומם (על השפעת שינויים החלים בפעילות היצור על הסביבה הפנימית מומלץ לדון מאוחר יותר).

המרכיבים הגלויים של ההגדרה:

- הסביבה הפנימית של היצורים שונה מהסביבה החיצונית שהם חיים בה. (טמפרטורת גוף האדם נשמרת סביב 37°C וטמפרטורת הסביבה משתנה על פי עונות השנה)
- ליצור מנגנונים המאפשרים שמירה על סביבה פנימית יציבה. אחד המאפיינים המייחדים יצורים חיים הוא יכולתם להשפיע על מעבר החום בין הגוף לבין הסביבה, למשל: על ידי הזעה, שינוי מקום, בידוד באמצעות לבוש וכדומה. יצורים הומיאותרמיים יכולים גם להשפיע על ייצור החום על ידי הפעלת שרירים).

יש להפנות את תשומת לב התלמידים לכך שכתוצאה מהשפעת הסביבה החיצונית על הסביבה הפנימית חלים כל הזמן שינויים במשתנים הפיזיולוגיים. השינויים מתוקנים הודות למנגנונים ההומיאוסטטים. כלומר אף על פי שכל הזמן מתרחשים שינויים, הרי שהמשתנים הפיזיולוגיים נשמרים יציבים. רעיון זה הוא החלק הקשה לתפיסה, ובו דנה האנלוגיה הלקוחה ממאמרו של Harrison 1994.

2. **הצגת האנלוגיה ושאלה למחשבה המתעוררת בעקבותיה:** כולכם ודאי מכירים את המדרגות הנעות, הנמצאות במרכזי קניות ובקניונים. תארו לעצמכם אדם המטפס במעלה מדרגות נעות היורדות כלפי מטה. מה יקרה לדעתכם? (נא לא לבצע בפועל!...)

3. **דיון במאפיינים הרלוונטיים של האנלוגיה וניתוחם:** אדם במדרגות נעות – אם הוא עולה במדרגות באותו קצב שבו המדרגות נעות כלפי מטה, הרי שלמתבונן מהצד הוא ייראה עומד במקום. למרות השינויים המתרחשים בסביבה החיצונית (המדרגות הנעות) מיקום אדם במרחב (הסביבה הפנימית) אינו משתנה עקב מנגנוני תיקון (הליכת האדם בקצב מסוים). מה יקרה לדעתכם אם המדרגות ינועו בקצב שונה מהר יותר או לאט יותר? כיצד יוכל להישמר מיקום האדם במרחב?

4. **דיון בדומה בין האנלוגיה לבין המושג הנלמד:** בשני המקרים נשמרת היציבות למרות שינויים החלים בסביבה החיצונית המשפיעים על הסביבה הפנימית. בשני המקרים שמירת היציבות של הסביבה הפנימית מתאפשרת הודות למנגנוני תיקון.

5. דיון בשונה בין האנלוגיה לבין המושג (מומלץ לסכם דיון זה בטבלה):

קריטריון להשוואה	אנלוגיה	הומיאוסטאזיס בגוף
הגורם הנשמר יציב	מיקום האדם במרחב	סביבה פנימית: נוזלי הגוף- דם ולימפה
הסביבה החיצונית	מהירות תנועת המדרגות הנעות	מרכיבים בסביבה שהיצור חי בה, חומרי מזון וגזים המגיעים לגופו (מערכת העיכול ומערכת הנשימה מהוות סביבה חיצונית).
שינויים המתרחשים בסביבה	השינוי במהירות תנועת המדרגות הנעות	שינויים במרכיבים, כמו טמפרטורה, כמות גלוקוז וכדומה.
קליטת השינוי בסביבה	החושים (בעיקר ראייה) של האדם - השימוש בהם נעשה באופן מודע ורצוני.	מערכות תקשורת (כימית עצבית), בדרך כלל נעשה באופן לא מודע.
מנגנון התיקון	התנהגותי - שינוי בקצב ההליכה	יכול להיות התנהגותי - למשל צמא. ביוכימי- למשל שינוי בקליטת גלוקוז בתאים ע"י הורמונים פיזיולוגי - למשל שינוי בקצב לב,
אופן התרחשות מנגנון התיקון	רצונו של האדם להישאר בנקודה מסוימת במרחב	מנגנון מכאניסטי: סיבה מביאה לתוצאה.
מה קורה כאשר הסטייה לא מתוקנת.	האדם משנה את מקומו במרחב, מגיע למעלה או למטה, בעקבות אופי השינוי בקצב תנועת המדרגות.	סטייה מההומיאוסטאזיס עלולה לגרום לציאה מטווח אופטימלי של משתנה פיזיולוגי, למחלה (סוכרת) או למוות (במקרה של מכת חום).

6. **סיכום המושג הביולוגי הנלמד וציון ההיבטים החשובים שלו:** חזרה על ההגדרה של

ההומיאוסטאזיס. ציון כי הומיאוסטאזיס הוא **מצב** - סביבה פנימית יציבה וגם **תהליך** - התיקון המתמיד של הסטיות בסביבה הפנימית. הדגשה על כך כי כל הזמן חלים שינויים במשתנים הפיזיולוגיים עקב השפעת הסביבה החיצונית על הסביבה הפנימית. שינויים המתוקנים באמצעות מנגנונים שונים: ביוכימיים, פיזיולוגיים והתנהגותיים. בשלב זה ניתן לומר, כי שינויים בפעילות היצור משפיעים גם הם על הסביבה הפנימית (שחרור חום בתהליכי הפקת אנרגיה, שחרור אמוניה מהתאים עקב פירוק חלבונים וכדומה).
Harrison (1994) מביא בסיכום מחקרו את תגובות התלמידים והמורים לשימוש באנלוגיות, כשעיקרן הוא שהזמן שהוקצע במלך הלימוד לאנלוגיה היה חיוני להבנת הנושא ולהפיכתו לנהיר יותר לתלמידים.

ד. סיכום

ההומיאוסטאזיס הוא רעיון מורכב להבנה ועם זאת זהו רעיון מרכזי בביולוגיה העובר כחוט השני בכל תכנית הלימודים בביולוגיה. מורים רבים נרתעים מהוראה מעמיקה של המושג ונמנעים לעסוק במנגנוני בקרה וויסות ביצור ובמערכות התקשורת, עקב הקשיים הרבים שהנושא מעורר. נמצא כי שינון של פרטים ללא הבנה יוצר תפיסות שגויות. לימוד מעמיק של נושא ההומיאוסטאזיס יכול לעזור בטיפול בתפיסות שגויות שעולות גם בנושאים אחרים (ויסות טמפרטורה הוא חלק מתכנית הלימודים בנושא גילגולי אנרגיה).

התלמיד הוא שותף פעיל בבניית הידע והוא מגיע לשיעורים עם מערכת מושגים וידיעות על העולם מהם מתאימים לתפיסה המדעית ומהם שונים ממנה. הידע הקודם של התלמיד משפיע על האופן שבו הוא מפרש, מקשר ומטמיע את המושגים החדשים שלמד.

התמודדות עם תפיסות שגויות בכלל ועם תפיסות שגויות בנושא ההומיאוסטאזיס בפרט מחייבת את המורה לנהל דיאלוג מתפתח בינו לבין התלמידים ובינם לבין החומר וזאת כדי לנסות ולזהות מהן התפיסות שיש לתלמידים לפני לימוד הנושא איזו מערכת מושגים נוצרת אצלם ומהם הקשיים בהבנת החומר. במאמר זה סוכמו הקשיים בלימוד רעיון ההומיאוסטאזיס, נסקרו תפיסות השגויות הנפוצות, הוצעו דרכים לבירור הידע המוקדם של התלמיד ודרכים להתמודדות עם הנושא בכיתה ולקביעת רצף ההוראה.

ביבליוגרפיה

אמיר, ר. והירש, א. (2000) **תפיסות שגויות והוראת הביולוגיה** (למורה), המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

אמיר, ר., ברנהולץ, ח. ופלד, ל. (2001), **מיפוי מושגים בלמידה, בהוראה ובהערכה** (למורה), המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

בכר, ח. וברנהולץ, ח. (2002), **תקשורת, ויסות ותיאום ביצורים חיים** (למורה), המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

ברנהולץ, ח. פלד, ל. ווינקלר, ר. (2001), **פרקים במיקרוביולוגיה ובמערכות הגנה**, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

בשן, נ., שפר, י., אמיר, ר. וחסון, ע. (2000), **גלגולי אנרגיה ביצורים חיים**, ספר למורה, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

הירש, א. (1998), **תפיסות שגויות בביולוגיה בבית ספר התיכון: תמונת מצב**, עבודת גמר לתואר מוסמך, החוג להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

נוסבוים, י. ויחיאלי, ת. (1998), **תפיסות שגויות ושינוי תפיסתי בהוראת המדעים**, מכון מופ"ת עמרם רובין (1984), **דרכים לשיפור למידה משמעותית במעבדה לביולוגיה בתיכון**, חיבור לשם קבלת תואר דוקטור לפילוסופיה, האוניברסיטה העברית בירושלים.

שפר י. (2000), **הורמונים באדם ובבעלי חיים** (מאגר מידע ממחושב), נמצא כחלק מהספר תקשורת, ויסות ותיאום ביצורים חיים, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

Barrass R. (1984). Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology. **Journal of Biological Education**. v18(3) pp 201-205.

Budding, j. (1996). Working with personal knowledge in biology classrooms on the theme of regulation and homeostasis in living systems. in: Fisher, K.M., Kirby, M.R. (Eds) **Knowledge Acquisition, Organization, and Use in Biology**. Springer Verlag: Berlin. (pp: 126-134)

Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (1994). Analogies avoid misconceptions with this systematic approach. **The Science Teacher** v61(4) pp 41-43.

Simpson, W.D. & Marek, E.A. (1988). Understanding and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools. **Journal of Research in Science Teaching**. v25 (5) pp 361-375.

Westbrook, S. & Marek, E.A. (1992). Across age study of student understanding of the concept: homeostasis. **Journal of Research in Science Teaching**. v29(1) pp 51-61.

תודות:

תודה מיוחדת לד"ר חנה ברנהולץ על שאלותיה המעמיקות, הערותיה והארותיה, ובעיקר על תמיכתה.