

מבוא – על תכנית הלימודים החדשה

א. תכנית לימודים חדשה, מדוע ולשם מה?

תכנית הלימודים החדשה בכימיה לחטיבה העליונה באה להחליף את תכנית הלימודים הקודמת שפורסמה בשנת תשמ"ו, 1986. בה בעת, תכנית הלימודים החדשה באה לתת מענה לצרכיהם של תלמידי תחומים שונים שבהם לומדים כימיה.

במשך שני העשורים בקירוב שחלפו, מאז פרסומה של התכנית הקודמת, חלו שינויים רבים הן בהיבט של עולם-הדעת כימיה והן בפדגוגיה של הוראת הכימיה כמקצוע מדעי. בשנים אלו הופקו לקחים – הן מניסיונם המצטבר של המורים והמדריכים והן ממחקרים בתחום הוראת הכימיה – בנוגע למידת העניין שתלמידים מגלים במקצוע על נושאי השונים, נאסף מידע על עמדותיהם של מורים ומדריכים ועל משאלותיהם. כל אלה העלו את הצורך בתכנית לימודים חדשה בכימיה. יתר על כן, התכנית החדשה באה "להחזיר עטרה ליושנה" באשר למקומה ולמשקלה של המעבדה בלימודי הכימיה בחטיבה העליונה. זאת היות והכימיה היא מדע ניסויי, כלומר מקצוע מדעי, שלא רק אנשי מחקר, אלא גם תלמידי בית ספר, נדרשים לערוך בו ניסויים בפועל (Hands-on).

יעדים חדשים נוספים המוצאים ביטוי בתכנית החדשה הם אלה:

- להאיר ולהבהיר את הקשר של הכימיה לחיי היומיום, ליישומים טכנולוגיים שונים ולתחומי דעת ועניין נוספים.
- לתת מענה לצורך ההולך וגדל של הפרט ושל החברה להבין טוב יותר עקרונות בתחום הכימיה, המהווים חלק מסוגיות סביבתיות, רפואיות, משטרטיות וכד' שבהן דרושה מעורבות הציבור.¹
- לתת מענה עדכני וראוי להכשרה של אדם משכיל החי בעידן הידע המתפתח.
- לתת מענה לצורך בכוח אדם מתאים שיתמחה בעתיד בתחום הדעת במסגרת אקדמית, מחקרית ויישומית.²
- לבנות תכנית מעניינת ומגוונת המציעה מבחר נושאים מאתגרים וחדשניים, תוך הקניית עקרונות מדעיים, עם חשיפה קבועה לכימיה בחיי היומיום ועם דגש על הכימיה כמדע ניסויי.
- לשמור על רמה גבוהה של גמישות ועל יכולת התחדשות מתמדת ולעודד שימוש באמצעי ההוראה החדשניים ביותר.
- לבנות תכנית שתהיה "היהלום שבכתר", כלומר המנוף שבאמצעותו נמשוך את התלמידים למקצוע הכימיה ונעורר בהם עניין אמתי.

¹ ראו בפרק "התפיסה הרעיונית", על אודות חינוך לקיימות, עמ' 16.
² התייחסות מורחבת להיבטים אלה, ראו בפרק "התפיסה הרעיונית" על חשיבות גיוסו של כוח אדם, עמ' 19.

❖ שינויים בעולם הדעת

ככל המדעים, מדע הכימיה הולך ומתפתח, בד-בבד מתפתחת גם הטכנולוגיה הכימית. כל החידושים ויישומיהם משפיעים על החברה האנושית ועל כלל כדור הארץ בצורה משמעותית. מובן שעקרונות הכימיה הבסיסיים לא השתנו, אך גובר העניין בלימוד המתרחש ב"חזית המחקר". לדוגמה, ההתפתחות בתחום הביוכימיה משפיעה על המחקרים המתקדמים ביותר בתחום הגנום האנושי, או בתחום התרופות החדישות, או בחקר הסרטן. הכימיה של פני השטח והתעשייה הפטרוכימית מאפשרות פיתוח מתמיד של חומרים חדשים ומפתיעים, שחלקם "תפורים" ממש על פי הזמנה, כגון לצורכי חקר החלל או לפיתוח מטוסים חדישים. בתחום הכימיה הפיזיקלית מפתחים אפשרויות חדשות של חומרים מוליכים-למחצה בשטח המיקרו-אלקטרוניקה, ואפילו מגיעים לסדרי גודל הקטנים ממנה פי אלף – ננו-אלקטרוניקה וננו-כימיה – כדי לקדם בניית רובוטיקה בסדר הגודל של העולם התת-מיקרוסקופי.

השינויים הרבים שהתחוללו במשך השנים בתחום-הדעת, חייבו שינויים בתכנית הלימודים. נוצר צורך לתת ביטוי להתקדמות המרשימה של המחקר המדעי בתכנית לימודים חדשה, תכנית עדכנית האמורה לתת מושג – גם לתלמידי החטיבה העליונה – על המתרחש "בחזית המדע".

❖ שינויים בפדגוגיה של הוראת הכימיה כמקצוע מדעי

□ גישת "האוריינות הכימית" בהוראת כימיה

תכנית הלימודים הקודמת הושפעה מהגישה האקדמית שרווחה בקרב אנשי הוראת המדעים בשנות ה-80 של המאה העשרים, גישה שעל פיה כל תלמידי הכימיה חייבים להכיר את **מבנה הדעת** של המקצוע.

גישות עדכניות לעומת זאת, מצדדות בלימוד נושאים מרכזיים בהקשר מתאים תוך **שמירה על האוטנטיות** (הצגת תופעות כפי שהן מופיעות בחיים עצמם), ולא דווקא בלימוד מקיף של **כל** הכימיה. גישה זו מצריכה הצבת מטרות בהוראת התחום, המתייחסות לפיתוח האוריינות של התלמידים.

כבר בשלב לימודים קודם, בהוראת המקצוע "מדע וטכנולוגיה" בחטיבת הביניים, שמה לה התכנית למטרה לפתח את **אוריינות המדעית**³ בקרב התלמידים.

אוריינות מדעית כוללת גם אוריינות כימית וגם פיתוח אוריינות בתחומי הפיזיקה, הביולוגיה, כדור הארץ והטכנולוגיה. מבחינה זאת, תכנית הלימודים החדשה בכימיה המשלימה להיקף של שלוש יחידות לימוד מבוססת על אותה פרדיגמה חינוכית.

שתי גישות אלה – שמירת האוטנטיות וקידום האוריינות של התלמיד בתחום-הדעת – הן שהנחו את חברי ועדת התכנית בכימיה לכיתה י' (רמת בסיס) משנת תש"ס וכן את ועדת התכנית הנוכחית שעסקה בהשלמה לתכנית בהיקף שלוש יחידות לימוד.

כאמור, **אוריינות כימית** היא מרכיב באוריינות המדעית של האדם. הוראת הכימיה צריכה להציג את הכימיה בפני הלומד כחלק מהמדעים הניסויים ולהביא בפניו את הרעיונות המרכזיים שבהם הכימיה עוסקת, את מקומה של הכימיה בין תחומי דעת אחרים, את תרומתה בהסברת תופעות בטבע ובחיי היומיום ואת השפעתה על איכות החיים ועל התרבות האנושית. ההתמקדות בקידום האוריינות הכימית נובעת גם מהמחשבה שיש לזמן לתלמידים "טעימות" רבות ככל האפשר של ההיבטים לעיל, מאחר שחלק מהתלמידים מסיימים בעצם את לימודי הכימיה עם תום בחינת הבגרות בשלוש יחידות.

□ גישת "מבנה הדעת" להוראת כימיה

גישת האוריינות הכימית באה, כאמור, לידי ביטוי בתכנית הלימודים בהיקף של יחידת הלימוד הראשונה ובחלק מהתכנית בהיקף של היחידה השנייה והיחידה השלישית. לעומת זאת, תכנית הלימודים המשלימה להיקף של חמש יחידות לימוד, המיועדת למתמחים, הולמת את הפרדיגמה של **מבנה הדעת** וכוללת נושאים חשובים וחדשים מתוך ענפים מרכזיים בתחום-הדעת של הכימיה. אכן, השינויים וההתקדמות בתחום-הדעת כימיה מעודדים תוספת של "עוד ועוד מדע" לתכנית הלימודים.

³ **אוריינות מדעית** – כפי שנוסחה על ידי עורכי מבחן PISA – Program for International Student Assessment – המבחן הבינלאומי לתלמידים בני 15 מטעם ארגון המדינות המתועשות:

"היכולת להשתמש בידע מדעי כדי לזהות שאלות ולהסיק מסקנות המבוססות על עדויות ונתונים. זאת, כדי להבין ולסייע בקבלת החלטות על עולם הטבע והשינויים שהוא עובר בעקבות פעילות האדם". לפי גישת בוחני PISA, "אזרחי העתיד אינם זקוקים למאגרים גדולים של ידע מדעי, אך נדרש מהם להיות מסוגלים לחשוב באופן מדעי על הנתונים והעדויות שהם נתקלים בהם".

התכנית המשלימה להיקף חמש יחידות לימוד פותחה במגמה להכשיר את הלומדים לעתיד עתיר טכנולוגיה ובו מידע המשתנה כל העת. לכן הושם הדגש על **עקרונות היסוד של הכימיה** כחלק מהותי **ממבנה הדעת שלה**, עקרונות החיוניים להבנת התכנים העתידיים. הרי אין טעם בלימוד היבט תוכני עדכני בידיעה שהוא עשוי להשתנות בקרוב, ולעומת זאת, עקרונות היסוד הם הבסיס להבנת תכנים חדשים גם בעתיד. עם זאת, התכנית מעודדת לעשות זאת בדרך שאיננה הקניית ידע גרדא, אלא בדרך פתוחה יותר, מסקרנת ומושכת לתלמידים.

כפי שכבר נאמר, גישת מבנה הדעת עיצבה גם את תכנית לימודי החובה בתכנית בהיקף שלוש יחידות לימוד ואת כלל התכנית בהיקף חמש יחידות. מגמת התכנית האחרונה היא לבנות אצל התלמידים בסיס מוצק להבנה מעמיקה ככל האפשר של הכימיה כתחום-דעת שהוא **מדע ניסויי** הנמצא בחזית המחקר המדעי, בין אם תלמידים אלה ימשיכו בלימודים אקדמיים בתחום הכימיה ובין אם לא. הדגשת אופייה הניסויי של הכימיה באה לידי ביטוי במיוחד בתכנית המעבדה ליחידה החמישית, בהגדרת הקריטריונים הנדרשים מכל ניסוי מעבדה (כל קריטריון הוא למעשה מיומנות נדרשת במעבדה).

מלבד היות הכימיה מדע ניסויי, היא גם **צומת מדעים**. מדע הכימיה "יושב בצומת" כי מעצם טבעו הוא נשען מצד אחד על מדע הפיזיקה (מושגי יסוד פיזיקליים, לדוגמה: מבנה האטום, הגרעין והאלקטרונים; מושגי האנרגיה והאנטרופיה; הולכת חשמל; הולכת חום ועוד) ומצד שני, מדע הכימיה הוא אבן היסוד למדעים רבים אחרים (כגון: ביולוגיה מולקולרית, ביוכימיה, ביוטכנולוגיה, גנטיקה, תעשיית התרופות, גאולוגיה, הנדסת חומרים).

התכנית המשלימה להיקף חמש יחידות לימוד לתלמידי כימיה נבנתה אפוא תוך ראיית הכימיה כמדע ניסויי ו**כצומת מדעים**, בגישה המקשרת את הכימיה הן עם המדעים האחרים והן עם תופעות והקשרים של חיי היומיום. בעיקר מתבטא הדבר ביחידות העיוניות המוצעות ללומדי חמש יחידות: מוצע בהן מגוון של נושאים חדשים, הקשורים לדיסציפלינות השונות (להלן "ענפים") של הכימיה (הענפים הם: כימיה אורגנית, כימיה פיזיקלית, ביוכימיה, כימיית פני שטח וכימיה של הסביבה). יתר על כן, בכל מקרה שבו אפשר לקשר נושא כימי עם נושאים מתוך הפיזיקה או הביולוגיה, התכנית ממליצה לנהוג כך. דוגמאות מתבקשות הן תרמודינמיקה וביוכימיה.

התכנית המשלימה להיקף חמש יחידות לימוד לתלמידי ביוטכנולוגיה נבנתה גם היא תוך ראיית הכימיה **כצומת מדעים** בין הכימיה לביולוגיה, תוך הרחבה והעמקה בתחום הביוכימיה.

□ שינויים כלליים בגישה הפדגוגית-דידקטית

שינוי פדגוגי מהותי, אשר כלל מערכת החינוך נדרשת אליו, הוא התייחסות שונה אל עצם תהליך הלמידה, תהליך שבו התלמיד הוא שותף פעיל בתהליך יצירת הידע – זוהי **הבניית הידע**. על פי גישה זו, כדי שהלמידה תהיה משמעותית, על התלמיד להבנות את הידע החדש במוחו. המדובר בתהליך של יצירה קוגניטיבית במוח התלמיד, שבסופו הידע הופך להיות "שלו באמת". למידה ללא הבניית הידע היא למידה שטחית, למידה שיש בה שינון בלבד, ולאחר המבחן, על פי רוב ידע כזה משתכח במהירות.

אחד השינויים החשובים בגישה הפדגוגית-דידקטית בכלל (ולא רק בהוראת כימיה) הוא ההכרה בגיוון **סגנונות החשיבה ואסטרטגיות הלמידה**. בעבר הבחינו מערכות החינוך בארץ ובעולם בין תלמידים רק מבחינת היכולת הקוגניטיבית, ואילו עם ההבנה שכלל בני האדם ניחנו לא רק באינטליגנציה אנליטית, אלא גם באינטליגנציות וכשרים מסוגים אחרים, ועם הזיהוי של סגנונות למידה והבנה שונים – התפתחה התפיסה שיש ללמד בדרכים מגוונות המותאמות לשונות הזאת. ההנחה היא שתלמיד הלומד בדרך המתאימה לו, תוך מודעות לדרך זו ולתרומתה, מבנה את הידע שלו בעצמו ואיננו זקוק לשינון לשמו.

במערכות החינוך בארץ ובעולם מתרחש בימינו שינוי פדגוגי חשוב נוסף, לאור הגידול העצום בכמויות המידע המתפרסמות בכל רגע ורגע. ישנם מובילים בתחום החינוך המעודדים להפחית בכמויות הידע לשמו המוקנות לתלמידים ולהרבות בהקניית המיומנויות של המקצוע הספציפי, מצד אחד, ובהקניית **מיומנויות למידה** במובן הרחב ביותר, מצד שני. מובילים אלה מאמינים שכלי הלמידה האלה יתאימו לתלמיד שאנו מחנכים היום, כי עליו לצמוח לאדם בוגר שלימודיו מתמשכים כל חייו, (LLL – Life Long Learning)

יתר-על-כן, החברה המערבית היא כיום בעיצומם של תהליכי השתנות מואצים, הגורמים לאדם המודרני שלמד ורכש מקצוע מסוים, להמשיך ולהתמחות בתחום המקצועי שלו, ובשעת הצורך להיות מסוגל ללמוד משלח יד חדש ולהסתגל אליו. הלימודים הבסיסיים בבית הספר הם התשתית להשכלתו ולכישוריו כתלמיד בעתיד. על כן חשוב לטעת בבני הנוער **סקרנות ללמוד ורצון להבין את המתרחש סביבם**. רק כך יוכלו להיות אזרחים מועילים לעצמם ולחברה.

❖ **אוכלוסיית היעד**

התכנית מיועדת לכלל תלמידי החטיבה העליונה הבוחרים במקצוע הכימיה במגזר היהודי, הערבי והדרוזי ובנתיב העיוני והטכנולוגי.

התכנית המשלימה להיקף חמש יחידות לימוד לתלמידי ביוטכנולוגיה מיועדת לתלמידים שהשלימו לימודי יסוד בכימיה בהיקף של שלוש יחידות והם מעוניינים להרחיב את ידיעותיהם ולהתמחות בתחום הביוכימיה, המהווה תשתית ללימודי הביוטכנולוגיה. התכנית תילמד בכיתות י"א-י"ב.

ב. התפיסה הרעיונית של התכנית (רציונל)❖ **חשיבות העיסוק בתחום-הדעת כימיה**

מדע הכימיה עוסק בחומרים שמהם בנוי העולם שבו אנו חיים. כל חומר וחומר – אם הוא מרכיב בגופו של יצור חי או חלק מהעולם הדומם, אם הוא חומר טבעי או חומר מלאכותי – מורכב בסופו של דבר מאותן אבני יסוד, היסודות. העושר העצום של החומרים, שמספרם נאמד היום ביותר מ- 20 מיליון, נובע מיכולתם של כ- 100 יסודות בלבד להגיב ביניהם בתגובות כימיות. התהליכים השונים הגורמים לשינויים בחומרים, כלומר למעבר בין מצבי הצבירה ולהיווצרות חומרים חדשים, וכן התיאוריות השונות המסבירות תהליכים אלה – אלה הם מושאי המחקר של מדע הכימיה.

היישומים הטכנולוגיים של הידע הכימי ושל הניסיון שהצטבר במהלך הדורות באים לידי ביטוי בטווח רחב של התנסויות: מצד אחד הם מתבטאים בחיי היומיום של כל אחד מאתנו, כמו לדוגמה במתרחש במטבח הביתי; ומצד שני הם מיושמים בענפי תעשייה שונים: תעשיית המזון, תעשייה כבדה, בנייה, תחבורה, תעשיית היי-טק, אלקטרוניקה וחלל. במילים אחרות, הבנת התהליכים הכימיים היא הבסיס למגוון עצום של פעילויות ושינויים הנוגעים לכל היבט של חיינו. מכאן הקשר הדוק בין הכימיה לבין מקצועות ההנדסה, הטכנולוגיה והתעשייה. הכימיה גם קשורה קשר הדוק למקצועות הביולוגיה והרפואה, שהרי גם התהליכים המתרחשים ביצורים חיים הם תהליכים המתבססים על אותם עקרונות כימיים עצמם.

כבר בימי קדם גילו חכמים ופילוסופים עניין במהות החומר. מאוחר יותר התאמצו האל-כימאים להפוך חומרים שונים לזהב. אך רק ב- 200 השנים האחרונות הוביל הידע שהצטבר להתפתחותו של מדע הכימיה, התפתחות שהביאה מצדה לשינויים טכנולוגיים שלא ניתן היה לשערם.

מכאן שהכרת העקרונות המדעיים של מדע הכימיה, ובמיוחד החשיפה לתהליכים כימיים, לא רק שהן מסייעות בהבנת תופעות יומיומיות, אלא הן משפיעות ומשליכות על החינוך המדעי ועל ההשכלה הכללית של כל אדם בחברה המודרנית.

❖ חשיבות העמקת הבנתם של עקרונות הכימיה בציבור הרחב

במדינות המפותחות מתחזקת כיום ההבנה שיש לטפח בכל מעגלי החברה ובמערכת החינוך את התחום הקרוי **פיתוח בר-קיימא** (Sustainable Development), או **קיימות** (Sustainability). קיימות היא גישה המחייבת את המשך פיתוח החברה האנושית וקידומה תוך התחשבות בצרכי הדורות הבאים ותוך דאגה לקיומם העתידי של משאבי הטבע. מדובר בפעילות לאומית ובינלאומית המתבססות על העקרונות הבאים: פיתוח לטובת האינטרסים של המדינות המפותחות והמתפתחות גם יחד; דאגה לאינטרסים של קבוצות חלשות באוכלוסייה; צמצום פערים ברמת החיים עד כדי ביעור העוני; הגנת הסביבה כחלק אינטגרלי מהפיתוח; שמירה על תקינות המערכות האקולוגיות; שימוש יעיל במשאבי הטבע; מניעה וצמצום של פליטת פסולת, מחזור של חומרים.

החינוך לקיימות מכוון לעודד את מעורבותו של הציבור בסוגיות סביבתיות וכן לעודד את קידום הידע והמחקר המדעי. באמצעות החינוך לקיימות יצמח ציבור בעל הבנה מעמיקה יותר בסוגיות מדעיות. כיום אנשים משכילים, וגם אנשים חסרי השכלה רחבה, מגלים לא פעם שהבנתם בכימיה מתמצה בביקורת המושמעת באמצעי התקשורת על תופעות הלוואי של התעשייה הכימית והפטרו-כימית. הם אינם מודעים, למשל, לעובדה שבתי זיקוק של נפט גולמי מפיקים סולר ומזוט – מקור האנרגיה העיקרי בימינו להפקת חשמל; או שתוצרים אחרים של זיקוק הנפט הגולמי משמשים לייצור חומרים חדשים, כמו הפלסטיק לסוגיו. והרי המבקרים, בצדק או שלא בצדק, יודו שאיש מאזרחי העולם המפותח איננו מוכן כלל לחזור לעולם שאין בו חשמל, אין בו תחבורה ממונעת ואין בו חומרי פלסטיק. זאת ועוד: לרוב גם אותן חברות שאינן מפותחות מבחינה טכנולוגית שואפות להדביק את הפער שביניהן לבין העולם המפותח.

אכן, חשוב מאוד לפתח דרכים למזער את הנזקים בעת הפקת חומרים, לחסוך במקורות אנרגיה ולהשתמש בהם ביעילות, למזער את פליטת חומרי הפסולת לאוויר, למקורות המים ולקרקע. עם זאת, אין שום אפשרות לגרום לחומרי פסולת "להתכלות", כלומר להיעלם. דבר זה נוגד את חוק שימור החומר. לדוגמה: שקית פלסטיק שמתגוללת ברחוב איננה עוברת שינויים כימיים. אבל נניח שהיו מפתחים שקית מפחמן ומימן בלבד, שחום השמש היה גורם לה להגיב עם החמצן שבאוויר – שקית כזאת הייתה אכן נעלמת בשמש, אלא שהיינו מקבלים במקומה אדי מים ופחמן דו-חמצני – עוד תוספת לאפקט החממה. אי-אפשר שחומר ייעלם בלי שיתקבל במקומו חומר אחר על כל ההשפעות הנלוות לו. לכן, יש לשקול את החלופות השונות בצורה מושכלת, תוך התחשבות בהיבטים שונים: כלכליים, בריאותיים, סביבתיים, ולבחור בחלופה שנזקיה הם הפחותים ביותר.

❖ הכימיה כחלק מהמדעים הניסויים

כימיה היא חלק ממדעי הטבע. לפיכך, לימודי הכימיה צריכים לאפשר ללומד להכיר ולהבין את מאפייני המדע ודרכי פעולתו:

- הבנת משמעותה של תיאוריה מדעית: הבנה כי המדעים המדויקים, כלומר הניסויים (או בשמם המקובל "מדעי הטבע"), מציעים הסברים כוללניים לתופעות טבע. המדע המדויק שואל מדוע מתרחשת תופעה מסוימת, מציע הסבר ובוחן אותו. כוחו של ההסבר הוא ביכולת הניבוי שלו לגבי תופעות נוספות ואף לגבי תופעות עתידיות.
- הבנה שעולם הטבע אינו שרירותי – ניתן לנסח כללים וחוקים לפעולתו.
- הבנת המגבלות והאפשרויות של המדע המדויק: מדע מדויק מציג שאלות ומנסה למצוא תשובות רק בתחומים הניתנים לצפייה ולמידה.
- הבנת אופיו של הידע המדעי-הניסויי: משתנה, אמפירי, פומבי, שואף לאובייקטיביות, ניתן להפרכה.
- הבנת הממד היצירתי בניסוח תיאוריות מדעיות – כלומר, מדע איננו רק איסוף שיטתי של עובדות, אלא צירוף העובדות לחוקים אמפיריים בניסיון לנסח תיאוריה מדעית שתנבא בהצלחה תופעות נוספות.
- הבנת עקרון ההפרכה – תיאוריות מדעיות עומדות למבחן מתמיד ונחשבות נכונות "לעת עתה". כאשר תיאוריה איננה מצליחה להסביר תופעה חדשה – לעתים מתקנים ומעדכנים אותה ולעתים זונחים אותה.⁴
- הבנה כי הידע המדעי והטכנולוגי הוא הגורם לשינויים המהירים באורח החיים ובאיכותם.
- הבנת תהליך החקר המדעי-הניסויי: הכרת המושגים השערה, תצפית, עובדה, חוק, תיאוריה מדעית ויחסי הגומלין ביניהם; הבחנה בין נתונים למסקנות.
- רכישת מיומנויות התהליך המדעי-ניסויי: ניסוח שאלת חקר, העלאת השערה, תכנון ניסוי, עיבוד ממצאי הניסוי וייצוגם במגוון דרכים, הסקת מסקנות הנובעות מהממצאים ומהתצפיות.

⁴ על פי עקרון ההפרכה של קרל פופר (Karl Popper, 1902 – 1994), תיאוריה היא מדעית אם היא ניתנת להפרכה. עיקרון זה שומט לכאורה את הקרקע מתחת לתיאוריה, כי אם מפריכים תיאוריה, פירוש הדבר שהיא איננה נכונה יותר. אך הדגש הוא על עצם היכולת העקרונית להפריך את התיאוריה. אם היא איננה ניתנת להפרכה בשום מקרה, פירוש הדבר שאין זו תיאוריה מדעית. דוגמה לתיאוריה שאיננה מדעית היא האסטרולוגיה – אי-אפשר להפריך אותה כלל. להלן מראה מקום למאמר של פופר, העוסק בעיקרון זה: פופר ק' (1969). "מדע: השערות והפרכות", בתוך: פילוסופיה של המדע, ספר מקורות (מהדורה ניסיונית), (1977), האוניברסיטה הפתוחה, תל אביב.

מיומנויות רבות שהלומד חייב לרכוש על פי תכנית זו, משותפות לכלל המדעים המדויקים. חשוב שהלומד יפנים את העקרונות המשותפים לכלל המדעים, יזהה אותם ויציג שימוש נכון בכל העקרונות האלה (ראו ליבת המיומנויות, פירוט המיומנויות המשותפות לכל המקצועות המדעיים, עמ' 48).

❖ תרומת הכימיה למדע ולחברה האנושית

מנקודת הראות המדעית, הכימיה תורמת את ההיבט המחקרי שלה – היא מציעה הסברים לתופעות מורכבות בעולם הסובב אותנו, תופעות ברמה המקרוסקופית, ונעזרת לשם כך במודלים המתארים את המתרחש בעולם החלקיקים ברמה המיקרוסקופית.

מנקודת הראות התועלתית-יומיומית, הכימיה תורמת את ההיבט היישומי שלה – כיצד משתמשים בידע המדעי שצברנו לגבי חומרים ותהליכים כדי ליצור חומרים חדשים על פי צרכינו? השפעת הכימיה והידע הכימי ניכרת בכל תחומי החיים: חקלאות, בריאות, בישול, כביסה, קוסמטיקה, תעשיית המיקרו-אלקטרוניקה ועוד, ובכל סוגי החומרים הדרושים לנו – חומרי מזון, חומרי דלק, תרופות, דשנים, פולימרים, שבבים ועוד ועוד. לכימיה השפעה על עיצוב פני החברה – על תפיסות עולם, על הכלכלה ועל איכות הסביבה. לכימיה השפעה על חיי כל אדם ועל איכותם.

❖ השפעת הכימיה על התפתחות אוכלוסיית כדור הארץ

במשך המאה ה-19 – בעקבות חיבוריו של הכלכלן תומס רוברט מלתוס (T. R. Malthus) משנת 1789 – רווחה אצל כלכלנים רבים תיאוריה פסימית לגבי עתיד אוכלוסיית כדור הארץ. לדעת מלתוס, הגידול האקספוננציאלי בגודל האוכלוסייה האנושית יעלה על הגידול באספקת המזון. לכן צפוי רעב באזורים נרחבים וכתוצאה מכך תפרוצנה מלחמות קשות שבהן ימותו מיליוני בני אדם. במילים אחרות, האוכלוסייה כולה תקטן מאוד בעקבות רעב, מגפות ומלחמות.

אוכלוסיית כדור הארץ אכן גדלה והיא ממשיכה לגדול באורח אקספוננציאלי, אך הנבואה השחורה על רעב קיצוני לא התגשמה, בין היתר הודות לפיתוח דשנים כימיים וחומרי הדברה. שני אמצעים חשובים אלה הגדילו את היבולים ליחידת שטח של קרקע חקלאית וכן את אפשרויות העיבוד של קרקע זיבורית. כמויות המזון המיוצרות היום מסוגלות להדביק את הגידול העצום באוכלוסיית העולם. כך, אפוא, להתפתחויות המרשימות בתעשייה הכימית יכולה להיות השפעה על ביטולו של איום הרעב בעולמנו.

לכימיה תרומה נרחבת גם בפיתוח תרופות מגוונות בתעשייה הפרמצבטית ובפיתוח מזונות מגוונים בתעשיית המזון. התפתחויות אלה משפיעות אף הן על משך חיי אדם ואיכות חייו, במיוחד בחברה המערבית. יש לקוות שעם הזמן השפעה זו תהיה משמעותית גם בארצות העולם השלישי.

❖ מקומה של הכימיה בין תחומי דעת אחרים

הכימיה היא חלק ממדעי הטבע. ככזו, יש לה תחומים ייחודיים המאפיינים אותה ויש אזורי חפיפה רבים בינה לבין תחומים אחרים כמו ביולוגיה, פיזיקה ומדעי כדור הארץ והחלל. הכימיה מהווה גם בסיס למגוון רחב של ענפי מדע שונים: מדעי הסביבה, חקלאות, רפואה, גאולוגיה, מדעי ההנדסה השונים וכן תולדות המדע.

נוסף על אלה הכימיה היא תחום-דעת התורם ידע מדעי וטכנולוגי למחקר בתחומי-דעת אחרים, למשל: בארכאולוגיה – בזיהוי הרכב ממצאים, בקביעת גילם וכדומה; באוצרות של יצירות אמנות – בבדיקת מקורות התמונה, בזיהוי זיופים, בקביעת גיל היצירה וכדומה.

הכימיה היא תחום-דעת המקושר למדעים רבים, ולכן הבנת עקרונותיה חשובה לרבים. לדעת הוועדה, לימוד המקצוע כימיה בהיקף של שלוש יחידות לפחות נחוץ גם לתלמידים הניגשים לבחינות בגרות בביולוגיה, במדעי הסביבה ובמדעי כדור הארץ. הגישה המאפשרת לימוד מקצוע מדעי בלי לדרוש לימוד מדע בסיסי יותר החיוני להבנתו, גורמת לכך שלומדים כימיה ללא הבנה מעמיקה, רק "תוך כדי" לימוד המקצוע המרכזי.

❖ חשיבות גיוסו של כוח אדם מוכשר לעיסוק בכימיה

הכימיה והנדסת החומרים הן גרעין מרכזי בתעשיות הכבדות והמתוחכמות בארץ. תעשיות אלה זקוקות לכוח אדם נלהב, משכיל ומיומן. מזה שנים קיים מחסור בכימאים בארץ, מחסור שעל פי כל הנתונים עוד יגדל בשנים הבאות. המחסור מוסבר בזה שבשנים קודמות מקצוע הכימיה לא הצליח למשוך לשורותיו מספר ניכר וקבוע של תלמידים בבתי הספר התיכוניים. למרות שבשנים האחרונות חל גידול משמעותי במספר התלמידים, קיים עדיין פער בין חשיבות התחום, השלכותיו בתחומי החיים השונים ואפשרויות התעסוקה שהוא מציע, לבין מספר התלמידים הנחשפים לו והנמשכים אליו.

תלמידים ותלמידות רבים מבטאים עמדות סטראוטיפיות שלפיהן "אין להם ראש למדעים" או שמדע לגביהם הוא "דבר חשוב – אבל לא בשבילי". עמדות כאלה יוצרות התנגדות או אדישות בכל הנוגע להשקעת המאמץ הדרוש להבנת נושא מדעי כלשהו. בית הספר והמורים חייבים להתמודד עם

העמדות הסטראוטיפיות האלה, לפתח ביטחון עצמי וסקרנות אצל כלל התלמידים ולעודד לימוד מדעים אצל בנים ובנות גם יחד.

ג. מטרות-העל

- הכרת הכימיה בחיי היומיום והדגשת הקשר שלה למציאות היומיומית במטרה להפוך אותה לרלוונטית ללומדים.
- קישור הכימיה לחברה שבה הלומדים מתפקדים כך שייבנה קשר בין הכימיה לנושאים שיש ללומד עניין בהם. לדוגמה: הכימיה בשירות המשטרה, הכימיה בייצור תרופות, הכימיה בתעשיית המזון וכדומה.
- הכרת הכימיה כתחום דעת משיק לתחומי דעת מדעיים נוספים כגון: פיזיקה, ביולוגיה, חקלאות, רפואה, מדעי כדור הארץ והסביבה; וכן: הצגת חשיבות הכימיה כצומת מדעים בין הפיזיקה, לביולוגיה, לטכנולוגיה. (דוגמאות: כימיה כחלק אינטגרלי בגאולוגיה, כימיה כחלק אינטגרלי בביוטכנולוגיה)

מטרות נוספות לתכנית שתי היחידות המשלימות להיקף של שלוש יחידות לימוד

- מטרתה המרכזית של התכנית הוא פיתוח אוריינות אצל התלמידים בתחום הכימיה. בהתאם לכך, המטרות העיקריות בלימודי הכימיה בהיקף של שלוש יחידות לימוד הן אלה:
- הכרת הכימיה כמרכיב מרכזי בתפקוד הפרט בחברה.
 - הבנת השילוב בין כימיה-טכנולוגיה-חברה, המתבטא ביישום הכימיה בתחומים טכנולוגיים, כמו התעשייה הכימית לסוגיה, וכן בהשלכות החברתיות של הכימיה, כגון ניצול משאבי אנרגיה ובעיות סביבתיות.

מטרות נוספות לתכנית שתי היחידות המשלימות להיקף של חמש יחידות לימוד (לתלמידי כימיה)

- תכנית זו מהווה המשך לתכנית של שלוש יחידות לימוד.
- מטרות תכנית זו הן אלה:
- התוודעות מקיפה יותר אל עולם הכימיה על ידי תוספת תכנים והעמקת הלימוד.
 - הקניה מעמיקה של עקרונות מדעיים (מתודה מדעית), שניתן לראותם כ"כלי העבודה" של העוסקים במדע. לדוגמה: שיטות העבודה בניסוי מדעי, דרכי הסקת המסקנות מהניסוי, משמעות התיאוריה המדעית ואישושה או סתירתה.
 - יצירת עניין והתלהבות אצל הלומדים כדי לעודד אותם להמשיך לימוד המקצוע בעתיד.
 - הכנת התלמידים ללימודים גבוהים בתחומי הכימיה והמדעים הקרובים (כגון: חקלאות, ביולוגיה, רפואה).

מטרות נוספות לתכנית שתי היחידות המשלימות בביוכימיה להיקף של חמש יחידות לימוד (לתלמידי ביוטכנולוגיה)

- הכרת המבנה והתכונות של חומרים בעלי חשיבות ביולוגית.
- הבנת הקשר בין מבנה, תכונות ותפקוד של מקרומולקולות ביולוגיות.
- שימוש בידע הנצבר כתשתית להבנת תהליכי יישום בביוטכנולוגיה.
- פיתוח סקרנות להיבטים הכימיים של תהליכים ביוטכנולוגיים.

ד. עקרונות פדגוגיים-דידקטיים

❖ שינוי גישת ההוראה

כאמור, תכנית הלימודים הקודמת בכימיה עודדה את למידת מהות **מבנה הדעת** של הכימיה, (ראו עמ' 12). היום, תכנית הלימודים המשלימה להיקף חמש יחידות לימוד ממשיכה בגישה זו, ואילו תכנית הלימודים בהיקף שלוש יחידות לימוד נוקטת גישה שעל פיה מלמדים נושאים מרכזיים בהקשר מתאים, כדי להבין את הרעיונות המרכזיים של התחום ולא משתדלים בהכרח לכלול את "כל" הכימיה (ראו גישת האוריינות הכימית, עמ' 11).

ראוי ללמד את התכנית על שתי גישותיה בהלימה עם עקרונות פדגוגיים מתקדמים, המבוססים על ידע מצטבר על אודות אופני הוראה ולמידה של הכימיה, קשוי למידה חוזרים, תפיסות שגויות נפוצות בכימיה והתמודדות המורים אֶתן. ראו לדוגמה בנספחים: טעויות המשגה בנושא "מבנה וקישור", עמ' 160.

כמו כן, ראוי ללמד את התכנית בהלימה עם **עקרונות פדגוגיים כלליים** אשר הוכיחו את עצמם בהוראה ככלל. לפי עקרונות אלה:

- הלומדים יעמדו במרכז הלמידה וההתבססות תהיה על **עקרונות הגישה הקונסטרוקטיביסטית**⁵ בלמידה. לפי הגישה הקונסטרוקטיביסטית הלומדים **מְבַנִּים** את הידע במוחם בתהליך למידה משמעותי הנערך בהנחיית המורה (ראו גם: שינויים כלליים בגישה הפדגוגית-דידקטית, עמ' 14).

⁵ על פי הנחת היסוד של **הגישה הקונסטרוקטיביסטית**, איננו תופסים את העולם בהכרח על פי המציאות האובייקטיבית, אלא על פי התנסויותינו הסובייקטיביות ובעזרת דרכי התפיסה והקליטה האישיות שלנו, תוך שימוש מושכל במידע מצטבר של הבנות שטרם הופרכו. על פי גישה זו, תהליך הלמידה נובע מאינטראקציה פעילה של כל אדם עם סביבתו הפיזית, החברתית והרעיונית ועל ידי בנייה פעילה של ידע חדש במוחו של הלומד – זוהי **הבְּנִיית הידע**.

- בתהליכי הלמידה-הוראה ייעשה שימוש במגוון דרכי הוראה כדי להתאימן לומדים השונים וכדי לעורר עניין ומוטיבציה ללמידה עצמית ולמידת חקר.

□ שימוש במשאבי מידע מגוונים

ההתפתחות שחלה בשנים האחרונות בכל הנוגע לשילוב מחשוב ותקשוב בהוראה מחייב, היערכות מתאימה של מורי הכימיה. אחת המגבלות של שימוש בלעדי בחומרי למידה ספריים בהוראת מדעים היא, כידוע, הפער שנוצר בין נתונים ומידע ידועים ומקובלים בעת כתיבתו של הספר לבין נתונים עדכניים ומידע חדש ומתחדש ללא הרף. כיום, הכלי המשמעותי המאפשר הצגה והכרה של נתונים ומידע עדכניים הוא רשת האינטרנט (מְרֶשֶׁת). לפיכך יש חשיבות רבה לשילוב מידע המצוי ברשת כחלק אינהרנטי מתהליכי הוראה-למידה, תוך הפעלת קריאה ביקורתית ושיקול דעת בקשר למהימנות המידע. בין היתר, השימוש במידע הרב והמעודכן שבאינטרנט נחוץ מאוד לעריכת מחקרים ולכתיבת עבודות ופרויקטים. השימוש באינטרנט לחיפוש חומר והשגת מידע עדכני אמור גם להקטין את פערי זמינות המידע בין המרכז לבין הפריפריה.

□ הדמיות ומודלים ממוחשבים

כלי עזר אחרים המומלצים להמחשה, לגיוון ולשילוב דרכי ייצוג אחרות של המידע הן **תוכנות מחשב**, **הדמיות ומודלים ממוחשבים** המציגים מודלים של מבנים מרחביים של מולקולות, מודלים של תהליכים, מודלים הממחישים קצב התרחשות של תהליכים, מודלים הממחישים תהליכים תעשייתיים וכדומה.

□ מאגרי מידע וחומרי למידה ממוחשבים

משאב נוסף ללמידה המאפשר העשרת המידע בעזרת המחשות והדגמות הוא **מאגרים ממוחשבים ומתוקשבים**, כמו גם **לומדות** על גבי תקליטורים. מאגרים אלה עושים שימוש ביתרונות המדיה הדיגיטלית. שילוב משאבים אלו, נוסף למידע העדכני הנדרש, גם יאפשר הקניית מיומנויות למידה וטיפוחן, ובכלל זה מיומנויות עבודה בסביבה ממוחשבת ומתוקשבת.

□ מישדרים בערוצי המדע וסרטי וידאו

משאב חשוב אחר הם סרטי טלוויזיה ממקורות שונים והנהגת צפייה מושכלת ומשמעותית בהם. משאבים אלו ישולבו בעת ביצוע המטלות הלימודיות וכן כאמצעי להדגמה של דברי המורה במהלך שיעור.

□ מאמרים רלוונטיים מהעיתונות וידיעות מאמצעי תקשורת אחרים

כתבות ומאמרים המתפרסמים הן בעיתונות היומית, ברבעונים, בשנתונים והן בשאר אמצעי התקשורת, אף הם מקור מידע שחשוב ביותר לשלבו בהוראה. בכתבות ובמאמרים אלה ניתן למצוא לעתים תמצות של הנעשה במחקר המדעי, בעיקר חידושים טכנולוגיים, וגם דיווח על הישגי הכימיה והתעשייה הכימית מצד אחד ועל מפגעים של פסולת כימית מצד שני. עיון בכתבות אלה ממחיש את הרלוונטיות של המקצוע לחיי הפרט והחברה, מהווה גורם מסקרן ומאתגר ועשוי לתרום בעקיפין למודעות הלומדים לסביבתם ולסוגיה של פיתוח בר-קיימא (על פיתוח בר-קיימא, ראו עמ' 16).

❖ שימוש במגוון דרכי הוראה לפיתוח החשיבה וההבנה

בזיקה למה שנאמר על השיטה הקונסטרוקטיביסטית והבניית הידע לעומת השינון לשמו (ראו עמ' 22) וכן על חשיבות הקניית המיומנויות, הבנת העקרונות והתהליכים לעומת רכישת עובדות בלבד (ראו עמ' 14) – חשוב להדגיש כי שיטת הוראה שרוב הזמן מוקדש בה להכתבה של חומר הלימוד, איננה מפתחת חשיבה עצמאית והבנה וכך התלמידים אינם מכינים את הידע הנדרש במוחם.

□ שימוש במפת מושגים

התנסות חוזרת בבנייה עצמאית של מפת מושגים עשויה להוביל את התלמיד לקישור לוגי בין המושגים שנלמדו ולחיזוק ההבנה של הנושא הלימודי.

□ קריאה ביקורתית של מאמר מדעי

אחת מדרכי ההוראה המומלצות לראשונה בתכנית החדשה בכימיה היא קריאה והפקת מידע ממאמרים מדעיים כאחת הדרכים ללמידת-חקר. מדובר במאמרים הקשורים בכימיה וביישומה בתחומים שונים (היי-טק, מזון ותזונה, בריאות, סביבה ועוד). קריאה ביקורתית של מאמרים מדעיים היא מטרה דידקטית מהמעלה הראשונה. היא מצריכה הבנה, ניתוח, עיבוד והפקת מידע חדש, לרבות התייחסות ביקורתית תוך שימוש בכלים מתאימים ויכולת להציג את המידע החדש בצורה מושכלת.

□ עריכת פרויקטים ולמידת חקר

עיקרון פדגוגי-דידקטי חשוב במערכת החינוך הוא עידוד למידה עצמאית לשם פיתוחו של לומד עצמאי. לומד עצמאי מסוגל בין השאר, למצוא בכוחות עצמו חומר רלוונטי ולהעריך את מידת אמינותו – הן לשם עריכת ניסוי-חקר עצמאי והן לשם הכנת עבודה או פרויקט – כחלק מעבודה קבוצתית או יחידנית. בהכנת פרויקט או עבודה בתחום הכימיה, באות לידי ביטוי מיומנויות ייצוג הנתונים בצורת טבלאות, גרפים, דיאגרמות מסוגים שונים וכדומה. הגשת העבודה בדרך ראויה מצריכה תכנון מראש, ארגון מהלך העבודה והצגת הידע שהתלמיד הבנה במוחו באמצעות עבודה הכתובה ברמה

מתקבלת על הדעת הן מבחינת סיכום החומר ועריכתו והן מבחינת רמת השפה (ראו נספח: כיצד מנחים תלמידים בכתיבת עבודה בכימיה, עמ' 174).

❖ חשיבות הלמידה במעבדה הכימית

כימיה איננה מקצוע עיוני, וכדי שיוכלו להבין את מהותה, חיוני שהתלמידים יערכו ניסויים במעבדה, שכן אין תחליף לעבודת תלמידים עצמאית (Hands-on). בשנים האחרונות נאלצו בתי ספר רבים לסגור את מעבדת הכימיה מסיבות תקציביות. הלימודים התקיימו ללא מעבדה, ומדי פעם המורה הדגים ניסוי בכיתה. **שתי ועדות התכנית וועדת המקצוע ממליצות בכל פה על שיקום המעבדות הקיימות, על בניית מעבדות חדשות וצידון בציד הכרחי (כולל אספקה שוטפת) ועל הגדלת התקציבים הדרושים.** יש לשקול שדרוג חדרי מעבדה קיימים כדי שאותה מעבדה עצמה תשמש את תלמידי המדעים השונים וכן את תלמידי הטכנולוגיה.

על פי התכנית הקודמת, העבודה במעבדה לא הייתה חובה, ועם זאת פותחו בשנים האחרונות גישות מעבדה מגוונות (כגון מעבדה חוקרת, מעבדה ממוחשבת ומעבדה ממוזערת) שהחלו לחדור לבתי ספר רבים. הוועדה ממליצה שבתי הספר, הן המנוסים בעבודה בגישות אלה והן החדשים בעבודת כזו, יגונו את סוגי הניסויים ויקנו לתלמידים התנסויות בכל הגישות למעבדה.

חלק בלתי נפרד מהעבודה המעשית במעבדה בכל שנות לימודי הכימיה הוא **פיתוח מיומנויות מעבדה** כגון: עבודה בקבוצה, לימוד שיטות מדידה והפעלתן בצורה מדויקת, עיבוד תוצאות הניסוי, ייצוג התוצאות בדרכים מגוונות (טבלאות, גרפים) והסקת מסקנות מהתוצאות. כסיכום לעבודתו יהיה התלמיד גם מסוגל לכתוב דוח מעבדה העומד בדרישות אלה. בשלב גבוה יותר, עליו לפתח יכולת ניסוח שאלת חקר ותכנון ניסוי באופן עצמאי.

בצד ההמלצה הגורפת לעבודה נרחבת במעבדה, אך לנוכח מצבן העגום של מעבדות הכימיה בבתי ספר רבים, ועדת התכנית להשלמה לחמש יחידות לימוד ראתה לנכון לאפשר השתלבות מדורגת של בתי הספר במבניות המעבדה (ראו טבלת אפשרויות בחירה, עמ' 47 או עמ' 124). למרות שהתכנית אינה מחייבת בחירה של מבנית-מעבדה, הוועדה שמה לה למטרה להכניס מחדש את המעבדה הניסויית למסגרת לימודי הכימיה בכל מערכת החינוך. אף שלא ניתן לבצע זאת ללא משאבים מתאימים, התכנית בנויה כך שגם הפעילות המעבדתית ברמתה הגבוהה ביותר אינה מצריכה משאבים ניכרים, אלא רצון ומאמצים מצד כל הגורמים – החל מצינות מורי הכימיה, דרך הנהלת בית הספר והרשות המקומית ועד משרד החינוך.

ה. העקרונות שביסוד התכנית

❖ עקרונות הספירליות והרצף

עקרון ההוראה-למידה במבנה ספירלי הוא אחד משיקולי הדעת בהוראת נושאי הלימוד המפורטים בתכנית. תלמיד אינו מגיע ללימודי כימיה בחטיבה העליונה כשהוא "טְבוּלָה רְאֵסָה" ("טבלה חלקה"); הוא כבר פגש בנושאים הקשורים בחומר ותכונותיו בשנות לימודיו הקודמות. התכנים המרכזיים חוזרים בכל רמת לימוד החל מבית הספר היסודי, אך בכל שלב חדש הם נלמדים תוך כדי הוספה, הרחבה והעמקה בהתאם ליכולת ההבנה והקליטה בגיל המתאים.

הכרת חומרים, תכונותיהם והשימוש בהם מתחילה כבר בחינוך היסודי על פי תכנית הלימודים של **מדע וטכנולוגיה בבית הספר היסודי**, תשנ"ט.

להלן חלק מהרעיונות המרכזיים שביסוד הנושא המרכזי **חומרים ואנרגיה**, כפי שהם מופיעים בתכנית לבית הספר היסודי:

1. גופים חיים או דוממים עשויים מחומרים המצויים בטבע.
2. ניתן לאפיין חומרים ולמיין אותם על פי מקורותיהם, תכונותיהם ודרכי השימוש בהם.
3. האדם פיתח אמצעי מדידה כדי לאפיין חומרים ולזהותם.
4. אפיון חומרים מחייב ביצוע פעולות כגון מדידה, תצפית, השוואה ומיון.
5. ניתן להשתמש בחומרים למטרות מסוימות על פי תכונותיהם.
6. להפקת חומרים מהטבע, לעיבודם ולייצור חומרים על ידי האדם יש השפעה רבה על איכות החיים ועל הסביבה.
7. חומרים שונים, כגון חומרי דלק, מהווים מקורות אנרגיה.
8. לצד היתרונות שהאדם מפיק מהשימוש בחומרים, קיימים סיכונים כגון דלדול משאבים, זיהום סביבתי והפרת האיזון בטבע.

מחזור הלמידה השני הוא בחטיבת הביניים.

הנושא המרכזי **חומרים: מבנה, תכונות ותהליכים** נלמד בכיתות ז'-ח'. בכיתה ז', התלמידים מכירים חומרים המשתתפים בתהליכים טכנולוגיים ומתוודעים אל העולם המיקרוסקופי. לאחר מכן, בכיתה ח', הם נפגשים לראשונה בתהליכים כימיים, בשפת הכימאים ובאנרגיה כימית. בכיתה ט' יש התייחסות לאנרגיה כימית כחלק מהנושא המרכזי **אנרגיה ואינטראקציה**.

להלן הרעיונות המרכזיים שביסוד הנושא המרכזי **חומרים: מבנה, תכונות ותהליכים** כפי שהם מופיעים בתכנית הלימודים **מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים**, תשנ"ו. במעבר מתכנית לימודים אחת לבאה אחריה, אפשר להבחין בהתפתחות הספירלית ברעיונות המרכזיים.

1. ניתן לאפיין גוף על פי החומר שממנו הוא עשוי, צורתו וממדיו (מסה, נפח, שטח פנים).
2. חומרים ניתנים לאפיון ולמיון בדרכים שונות, כגון על פי הרכבם, מקורותיהם, תכונותיהם הכימיות והפיזיקליות ושימושיהם.
3. קיים קשר בין מבנה חומרים לבין תכונותיהם. ניתן לנצל את החומרים על פי תכונותיהם לשימושים ספציפיים.
4. כל חומר בנוי מחלקיקים (אטומים, מולקולות) שביניהם קיים ריק. החלקיקים נמצאים בתנועה מתמדת.
5. תופעות הקשורות בחומר (כגון מצבי צבירה והמעברים ביניהם, פעפוע, דחיסה) ניתנות להסבר על פי המבנה החלקיקי של החומר.
6. בעולם החומרים ניתן להבדיל בין יסודות, תרכובות, תערובות וחומרים מרוכבים.
7. בטבלה המחזורית, היסודות מאורגנים על פי תכונותיהם.
8. בעולם החומרים יכולים להתרחש שינויים פיזיקליים וכימיים.
9. בכל תהליכי השינוי, נשמרת המסה הכוללת במערכת.
10. קליטה או פליטה של חום על ידי גוף יכולה לגרום לתופעות, כגון שינוי מצב צבירה, שינוי בנפח, שינוי טמפרטורה, שינוי בהרכב החומר. לתופעות אלה חשיבות בבחירת השימושים בחומרים.
11. תהליך כימי מלווה תמיד בקליטה או בפליטה של אנרגיה.
12. להפקת חומרים, לעיבודם ולייצור חומרים חדשים מעשה ידי אדם, חשיבות מרובה והשפעה מכרעת על איכות חיי האדם והסביבה.

מחזור הלמידה השלישי הוא בחטיבה העליונה בכיתה י', על פי התכנית **כימיה ליחידה הראשונה**, הנקראת גם **כימיה לרמת הבסיס** (תש"ס). כאן מקצוע הכימיה איננו עוד נושא מרכזי בתוך תכנית כללית במדעים, אלא מקצוע מדעי לעצמו. התכנית מסבירה מיהו בר-אורין בכימיה ומהם הנושאים שעליו להכיר כדי לרכוש אוריינות כימית. לשם כך, התלמיד מעמיק יותר בנושאים כמו מבנה האטום, שפת הכימאים, המערכה המחזורית, הקשר הכימי, חומרים יוניים ומולקולריים, ופוגש לראשונה נושאים כימיים חדשים.

לאחר כל אלה, הלומדים בכיתות י"א-י"ב על פי התכנית החדשה בכימיה - **את שתי היחידות המשלימות להיקף של שלוש יחידות לימוד ואת שתי היחידות המשלימות להיקף של חמש יחידות לימוד, הן לתלמידי כימיה והן לתלמידי ביוטכנולוגיה** - ימשיכו לעסוק במושגים שפגשו קודם, אך ביתר העמקה ומנקודות ראות חדשות. בתכנית ליחידות השנייה והשלישית, מודגש במפרט התכנים של נושאי החובה (ראו עמ' 67) כי יש צורך ב"חזרה, שדרוג ויישור קו' לאחר לימוד תכנית הבסיס בכיתה י". יש בהתייחסות זו הנחיה לשמירת רצף ההוראה ולהקניית המושגים בדרך ספירלית.

בכיתות י"א-י"ב תלמידי כימיה מעמיקים בנושאים כמו השפה הכימית, המערכה המחזורית, הקשר הכימי, הקישור הכימי, חומצות ובסיסים, חימצון-חיזור על פי עקרון הספירליות. לדוגמה: השלב הראשון של נושא החובה "אנרגטיקה ודינמיקה" נלמד ביחידה השנייה וביחידה השלישית ואילו השלב השני, הכולל העמקה ספירלית של שני הנושאים הללו, נלמד ברצף ביחידה הרביעית. און נושאים בכימיה אורגנית נלמדים במפוזר ברוב הנושאים של היחידה השנייה והיחידה השלישית. ביחידה הרביעית או החמישית ניתן לבחור בכימיה אורגנית כנושא בחירה, שבה הלימוד מסכם ומעמיק בהרבה.

בכיתות י"א י"ב תלמידי ביוטכנולוגיה, הלומדים ביוכימיה בהרחבה, ממשיכים לעסוק במושגים ובנושאים שלמדו קודם לכן, ומיישמים אותם באופן ספיראלי בתחום הביוכימיה. לדוגמה:

- הנושא של חומצה- בסיס נלמד בהרחבה בכל הקשור למצבי היינון השונים של חומצות אמינו וחלבונים
- הנושא של כוחות בין מולקולריים נלמד באופן מעמיק בפרקי התכנית העוסקים באינטראקציה בין מקרומולקולות כדוגמת אנזים-מצע, אנטיגן-נוגדן, גדילי חומצות גרעין, חלבונים הבנויים מכמה תת-יחידות (מבנה רביעוני של חלבון), אתרי היכרות וזיהוי בממברנות תאים. בנוסף לכך, כוחות אלו מופיעים לעיתים גם בין חלקים שונים של אותה המקרומולקולה, תוך עיצוב וייצוב המבנה המרחבי שלה, למשל מבנה שניוני ושלישוני של חלבון, רנ"א שליח ועוד.
- הנושא של אנרגטיקה ודינמיקה מורחב בפרק העוסק באנזימטיקה, בעיקר בקינטיקה אנזימטית.

כך אפוא, במשך כל שנות הלמידה, התלמידים רוכשים מושגים רבים בדרך ספירלית; בכל מפגש נוסף מתרחשת התבוננות מחודשת במושג באופן מעמיק יותר ומהיבטים חדשים, שונים ומגוונים.

לא רק רכישת התכנים, גם רכישת מיומנויות הליבה של מקצועות המדע והמיומנויות הייחודיות למקצוע הכימיה מתבצעת במשך כל שנות הלימודים בדרך ספירלית ועקבית באותה המידה. כמו כן, הניסוי והעבודה במעבדה מפגישים את התלמידים שוב ושוב עם דרישות חוזרות לעבודה מובנית, מדויקת, אחראית, הגיונית והגונה.

❖ עקרונות הרלוונטיות והאותנטיות

נקודת מוצא נוספת להתייחסות לנושאי הלימוד המפורטים בתכנית – נושאי החובה והבחירה שעליהם החליטה הוועדה – היא מידת הרלוונטיות והאותנטיות שלהם ללומדים. משמעות הנלמד, הרלוונטיות והאותנטיות שלו בעיני התלמידים אמורות להנחות את המורים גם בבחירת משאבי המידע לסוגיהם, משאבים שבהם ייעשה שימוש במהלך ההוראה-למידה. נקודת מוצא זו, שהוצגה גם

בפרק "עקרונות פדגוגיים-דידקטיים" (ראו עמ' 21), משקפת את הביקורת על הגישה האקדמית-מדעית שאפיינה את לימודי המדעים בשנות ה-60 של המאה העשרים בבתי הספר בארצות הברית. התכניות עסקו אז במדע אקדמי טהור, ואכן, חוץ מבודדים יוצאי-דופן, רוב התלמידים שלמדו לפי תכניות אלה לא מצאו כל עניין בלימודי המדע; הכול היה זר ומרוחק ובלתי רלוונטי לחיי אדם מהשורה.

❖ גיוון הנושאים בכל היקפי הלימוד ומתן אפשרות בחירה

יחידת הלימוד הראשונה (רמת הבסיס) מציגה גיוון בגישות ההוראה. נושא גרעין אחד, "התפתחות הכימיה", מלמד כימיה בגישה היסטורית. נושא הגרעין האחר, "עולם כימי עתיר טכנולוגיה", מטפל בכימיה בגישה טכנולוגית. המורה רשאי לבחור אחד מבין שני נושאי הגרעין על פי נטיות לבו ועל פי היכרותו עם תלמידיו.

כמו כן, לפי התכנית, המורה בוחר נושא בחירה אחד מתוך היצע של חמישה נושאים. מכאן שהגיוון הוא גם בנושאים וגם בגישות ההוראה.

תכנית **היחידה השנייה והיחידה השלישית** כוללת נושאי **חובה** אחדים, ומגוון נושאי **בחירה** (ראו טבלת הנושאים, עמ' 46, או עמ' 62).

תכנית **היחידה הרביעית והיחידה החמישית** לתלמידי כימיה מאפשרת בחירה וגיוון. **ביחידה הרביעית**, נוסף לנושא חובה אחד, מציעה התכנית מגוון נושאים **עיוניים לבחירה** (ראו טבלת הנושאים ביחידה רביעית, עמ' 47, או עמ' 84).

בתכנית **היחידה החמישית**, המורה בוחר בין צירופים שונים של **מבניות עיוניות ומבניות מעבדה** (ראו טבלת אפשרויות הבחירה ביחידה החמישית, עמ' 47, או עמ' 124). הגיוון מתבטא הן בנושאים העיוניים והן בשיטות המעבדתיות.

פרט לכך, יש גיוון רב במבחר המאמרים המדעיים והפרויקטים הפתוחים לתלמידים בכל תכניות הכימיה בחטיבה העליונה.

תכנית **היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה"** לתלמידי ביוטכנולוגיה הינה תכנית אחת (ללא פרקי בחירה), העוסקת בצורה מעמיקה בביוכימיה של: חומצות גרעין, חלבונים, פחמימות, ליפידים ובממברנות ביולוגיות – נושאים ביוכימיים הנדרשים להבנה מעמיקה של התכנים הנלמדים במקצוע מערכות ביוטכנולוגיות.

ו. היסודות המארגנים את התכנית

היסוד המארגן בתכנית ליחידת הלימודים הראשונה (רמת הבסיס) הוא גישת האוריינות הכימית (פירוט על כך, ראו עמ' 48. להרחבה ראו נספח: על אוריינות כימית, עמ' 155). בהתייחסותו ליסודות המארגנים את יחידת הבסיס ובתכנון ההוראה של היחידה, יתחשב המורה בליבת התכנים להלן ובליבת המיומנויות (עמ' 48) והערכים המשותפים לליבת אשכול המדעים (ראו להלן, עמ' 49).

בתכנית ליחידה השנייה וליחידה השלישית, היסוד המארגן הוא סוגיות מרכזיות הקשורות בחברה, בפרט ובחיי היומיום. באמצעות לימוד הסוגיות, יילמדו המושגים והעקרונות המדעיים בכימיה. ארגון התכנים הלימודיים בדרך זו מאפשר לדון במושגי יסוד כמה וכמה פעמים במסגרת הלימודים ומהיבטים שונים, ובכך להגביר את מודעות הלומדים לרלוונטיות ולחשיבות של מקצוע הכימיה. במקביל, עקרונות יסוד בכימיה כגון אנרגיה כימית ודינמיקה (מהירות תגובה ושיווי-משקל), יילמדו בגישת מבנה הדעת של המקצוע – בגישה המושגית, שכן נושאים אלה הם הבסיס להבנת מדע הכימיה.

בתכנית העיונית ליחידה הרביעית וליחידה החמישית לתלמידי כימיה, היסוד המארגן הוא גישת מבנה הדעת. תוכני החובה, אנרגטיקה ודינמיקה, הם המרכיבים את הנושא הראשון של היחידה הרביעית ובה-בעת הם מהווים בסיס להבנת כל אחד מנושאי הבחירה ביחידה הרביעית. כמו כן, בקיאות בתוכני היחידה החמישית, במעבדה ובמבניות הבחירה האחרות, מחייבת את התלמידים להביא לידי ביטוי את הבנות היסוד שלהם באנרגטיקה ובדינמיקה.

בבחירת הנושאים למבניות העיוניות ביחידות אלה, בא לידי ביטוי ייצוג הענפים השונים (הדיסציפלינות) של תחום-הדעת. מתן ייצוג מתאים לענפים אלה הוא יסוד מארגן נוסף בחלק העיוני של היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה.

היסוד המארגן של המעבדה ביחידה החמישית הוא בניית המיומנויות הנדרשות באופן מדורג: החל ממילוי הנחיות לביצוע ניסוי נתון, עיבוד הממצאים, ייצוגם והסקת מסקנות ועד לניסוח עצמאי של שאלת חקר, ניסוח עצמאי של השערה, תכנון ניסוי באופן עצמאי, ביצועו, ייצוג הממצאים בדרכים מגוונות והצגתו ברמה ראויה.

גם בתכנית העיונית ליחידה הרביעית וליחידה החמישית לתלמידי ביוטכנולוגיה, היסוד המארגן הוא גישת מבנה הדעת. והיא נבנתה תוך התבססות על הידע הקודם שנבנה ביחידות השנייה והשלישית.

ז. הרעיונות והמושגים המרכזיים

התכנית המשלימה להיקף של שלוש יחידות לימוד רואה את הכימיה כעוסקת בהסברת עולם הטבע (הן "עולם הדומם" והן "עולם החי") בשלושה היבטים – מבנה, אנרגיה, דינמיקה – ובאינטראקציה בין היבטים אלו.

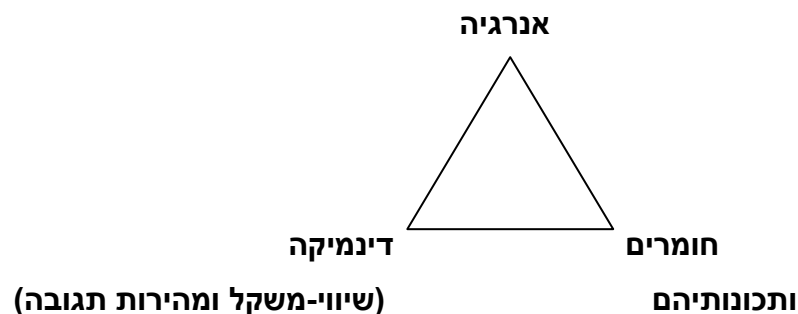
בהיבט המבנה, ההסברים עוסקים בשאלת התלות בין מבנה החומר ברמה המיקרוסקופית לבין תכונותיו ברמה המקרוסקופית. מבנה החומר כולל הן את סוג החלקיקים שמהם חומרים בנויים, הן את היערכותם של חלקיקים אלו והן את הקשרים הפועלים ביניהם. הבנת תלות זו מאפשרת לכימאי לייחס תכונות משותפות לקבוצות חומרים.

בהיבט האנרגיה, ההסברים מדגישים כי שינויים בחומר מלווים בשינויי אנרגיה, מחד גיסא, וכי שינויי אנרגיה יכולים לגרום לשינוי בהרכב החומר ובמבנהו, מאידך גיסא.

שינויים אלה, הן במבנה החומר והן באנרגיה, חלים כתוצאה מ"נטיית" היקום לאנטרופיה מרבית, ובמקרים רבים מ"נטיית" מערכות להגיע למצב של אנרגיה מזערית. ההסברים ידגישו את ההסתברות לקיומו של מצב מסוים ואת ההסתברות להתרחשותה או אי-התרחשותה של תגובה מסוימת.

בהיבט הדינמיקה, ההסברים עוסקים בהדגשת הדינמיות שהיא מאפיין עיקרי של תגובות כימיות, וכן בהיבט הקינטי. ההיבט הקינטי כולל את הבנת המושג **אנרגיית שפעול**, הבנת גורמים המשפיעים על גובה אנרגיית השפעול והכרת תפקידם של הזרזים בעולם החי ובתעשייה הכימית.

להלן ייצוג של שלושת ההיבטים המרכזיים שנמנו כאן:



גם התכנית בהיקף חמש יחידות לתלמידי כימיה שמה את הדגש על המושגים המרכזיים "אנרגטיקה" ו"דינמיקה".

אנרגטיקה – התרחשותם של תהליכים כימיים מותנית בראש ובראשונה בשיקולים אנרגטיים. דהיינו, התרחשותו (או אי-התרחשותו) של תהליך כימי, כמו גם שינוי מצב צבירה, נובעת משיקולי אנרגיה במובנה הרחב ביותר. אי-לכך, מושגי היסוד בתחום זה (כמו חום, טמפרטורה, אנתלפיה, אנטרופיה), חיוניים להבנת העקרונות הבסיסיים ביותר במדע הכימיה.

דינמיקה – ההבנה הבסיסית של התרחשות תהליכים כימיים איננה שלמה אם אין מכירים את עקרונות הדינמיקה הבסיסיים, המשותפים גם הם לכלל התהליכים הכימיים. מסיבה זו הוקצה חלק משמעותי מנושא החובה ללימוד מעמיק של קצב התרחשותם של תהליכים. הנושא מחולק לשני רבדים – האחד נובע מהתצפית הניסויית ועוסק בעולם התופעות ברמה המקרוסקופית; השני מתמקד בעולם המיקרוסקופי ובתיאוריה המדעית הנגזרת ממנו.

כדי שנושאים בסיסיים אלו יופנמו היטב אצל התלמידים, הושם דגש על קישור הדינמיקה והאנרגטיקה למתרחש במערכות ביולוגיות, לסוגי התעשייה הכימית ולפעילות הכימית בחיי היומיום. נושאים אלה נחוצים להבנת העקרונות האוניברסליים של הכימיה לענפיה.

בתכנית **ביוכימיה בהרחבה** בהיקף חמש יחידות לתלמידי ביוטכנולוגיה, הושם דגש על הקשר ההדוק בין המבנה לתפקוד של מקרומולקולות ביולוגיות, כבסיס לפיתוח טכנולוגיות מתקדמות בתחומי התעשייה, המחקר והרפואה, טכנולוגיות שנועדו להביא תועלת לפרט ולחברה.

ח. הערכים האוניברסליים והייחודיים

כחלק מהטיפול בכימיה, בטכנולוגיה ובחברה, ותוך טיפוח האוריינות הכימית, תלמידים הלומדים בהיקף של שלוש יחידות לימוד עוסקים גם בשאלות ערכיות הנוגעות לתעשייה הכימית, להצטברות הפסולת ולדרכי הטיפול בה. סוגיות **זיהום הסביבה** הן סוגיות ערכיות שהתלמידים נדרשים להתמודד אתן. הנושא **כימיה ומזון** גם הוא גורר דיונים ערכיים, לדוגמה: צבעי מאכל וחומרי שימור – האם הם מזיקים לבריאות? (על פיתוח בר-קיימא, ראו עמ' 16).

בתכנית הלימודים המשלימה להיקף של חמש יחידות לימוד יש נגיעה ישירה לשאלות חברתיות ולערכים אנושיים וחברתיים כמו שמירת הבריאות, תרופות – השפעתן ותופעות הלוואי שלהן, השפעת דשנים וחומרי הדברה על הקרקע ועל הצמחים. הכימיה, או ליתר דיוק – תופעות הלוואי האפשריות בתעשייה הכימית, נתפסת לרוב בעיני הציבור כגורם שלילי, והיחידות הרביעית והחמישית עוסקות אפוא בהפרכת הדימוי הזה (דוגמאות: הבנה תרמודינמית של תהליך הפיצוץ של חומרי נפץ ותוצאותיו השליליות, בצד הבנת הרכבם של חומרי דשן, הבנויים מתרכובות דומות, אך

תרומתם לחברה האנושית היא חיובית; התועלת שהחברה מפיקה מתוצרי התעשייה הכימית לעומת זיהום הסביבה מתהליכי העיבוד ומהפסולת הנותרת).

יש לפתח בתלמידים ראייה נייטרלית מבחינה ערכית כלפי הכימיה, לפתח הבנה שחומרים כימיים אינם טובים או רעים, אלא השימוש שבני אדם עושים בהם יכול להיות לרעת החברה והסביבה או לטובתן. דיון בהיבטים אתיים של קדמה מדעית משמש מנוף ליצירת עניין ולפיתוח עמדה בנדון.

ט. המטרות האופרטיביות

מטרות-על של תכנית לימודים מנוסחות כהצהרות וכשאיפות שיש להשיגן (ראו עמ' 20). הן מנוסחות במונחים כגון "הכרה של", "פיתוח הבנה ב-", "הקניית עקרונות" וכדומה. המטרות האופרטיביות נגזרות מהניסוחים של מטרות-העל ואומרות במפורש במה על התלמיד להיות בקי אם למד על פי התכנית.

להלן המטרות האופרטיביות:

- התלמידים יבינו את משמעות מושגי היסוד ויוכלו להשתמש בהם וליישם אותם כראוי. לדוגמה: קשר כימי, מבנה וקישור, חומצה-בסיס, אנרגיה, שיווי-משקל כימי, מהירות תהליך.
- התלמידים יקשרו כראוי בין מושגים ברמה המיקרוסקופית לבין תופעות שבהן צופים ברמה המקרוסקופית.
- התלמידים יהיו מסוגלים לתת הסברים מדעיים-לוגיים (כולל הסברים ברמה המיקרוסקופית), תוך הימנעות משימוש בטיעונים מעגליים ומשימוש בסיסמאות, בהצהרות, ובהכללות-יתר.
- התלמידים ישתמשו נכון במודלים (מוחשיים וממוחשבים) ובאנלוגיות להמחשת משמעותם של מושגים מופשטים, כגון מהירות תגובה, שיווי-משקל כימי, מבנה חלקיקי של חומרים.
- התלמידים יגלו יכולת הבנה של טקסט מדעי.

ובהמשך לימודיהם –

- התלמידים יגלו בקיאות ויכולת העמקה גדולות יותר בעולם המושגים והתיאוריות המדעיות בתחומי האנרגיה והדינמיקה בכימיה.
- התלמידים יתנסו התנסות מגוונת בעבודה מעבדתית לפיתוח מיומנויות של עבודה ניסויית על כל מרכיביה. הם יפתחו מיומנויות אלה: שאילת שאלת חקר, העלאת השערות, תכנון וביצוע ניסוי, ייצוג תוצאות ניסוי בדרכים מגוונות, הגשת דוח מעבדה, הסקת מסקנות לוגיות תוך ביקורת מדעית, הגינות בעבודת המעבדה ובדיווח.

- התלמידים ייחשפו לענפי הכימיה השונים והמגוונים, שמשותפים להם מרבית העקרונות הכימיים (כמו חומצה ובסיס, חימצון-חיזור).
- התלמידים יגלו הבנה ויכולת יישום בתופעות מחיי היומיום (פעולת חומרי ניקוי, תהליכים מעולם המטבח, תעשיית המזון וכדומה).

י. המיומנויות והכישורים העיקריים

המיומנויות והכישורים העיקריים הדרושים בלימודי הכימיה (כמו גם במדעים אחרים), מתפתחים תוך כדי לימוד המדעים ומטופלים במשך כל שנות הלימודים. בשנות הלימודים המוקדמות מפתחים מיומנות מסוימת ברמה בסיסית ובהליך מדורג, ועם הזמן רמת הביצוע והשליטה גדלות. המיומנויות המפורטות להלן יקבלו דגש והעמקה שונים בעת לימוד הנושאים בהיקף של שלוש יחידות ובהיקף של חמש יחידות.

❖ המיומנויות המהותיות ללימודי הכימיה⁶

- פיתוח חשיבה⁷ מדעית-כימית הכוללת הבחנה בין העולם המיקרוסקופי לבין העולם המקרוסקופי, כמו גם יכולת קישור ביניהם, תוך הבנה שהתנהגות העולם המיקרוסקופי מהווה הסבר לתופעות בעולם המקרוסקופי.
- פיתוח יכולת מעבר בין ארבע רמות הייצוג בכימיה: מיקרו, מקרו, סמל ותהליך (ראו חקר אירוע בכימיה, עמ' 165).
- הבנת התפתחותה של תיאוריה מדעית ומשמעותה של תיאוריה מדעית.
- פיתוח תפיסה מופשטת של מושגים מדעיים.
- פיתוח יכולת עבודה במעבדה כימית לסוגיה להבנתן ולרכישתן של שיטות החקר המודרניות.

⁶ המיומנויות המהותיות ללימודי כימיה הן ספציפיות לתחום-הדעת, ועל כן לא קיבלו בהכרח דגש בליבת המיומנויות המשותפת לכל המקצועות המדעיים (ראו ארגון הלמידה ביחידת הלימוד הראשונה, עמ' 48).

⁷ המיומנויות הכלליות של חשיבה ביקורתית, הנחוצות בכל מקצוע מדעי רשומות בליבת המיומנויות (ראו ארגון הלמידה ביחידת הלימוד הראשונה, עמ' 48).

❖ **מיומנויות הקריאה של טקסט מדעי, הבנתו והערכתו הביקורתית**⁸

- זיהוי רעיונות מרכזיים.
- יכולת לשאול שאלות הנובעות מתוך הטקסט.
- יכולת להבחין בין הנחות יסוד, השערות, ממצאים ומסקנות.
- יכולת לזהות את הפרמטרים הקבועים, יכולת לבחור את הפרמטרים המשתנים ולהסביר את משמעותם.
- יכולת לבדוק התאמה בין צורות ייצוג שונות של מידע (ייצוג מילולי, מספרי, טבלאי, גרפי).
- יכולת לבדוק קשר והתאמה בין נתונים וממצאים.
- יכולת לבדוק קשר והתאמה בין ניסויים ומסקנות.
- יכולת לנסח תשובות לשאלות בנושא הנדון בטקסט.

❖ **כישורי מידענות – מיומנויות איתור, מיון, עיבוד, ייצוג מידע והצגתו**

- איתור מידע – חיפוש חומר מדעי בספרייה, במאגרי מידע וברשת האינטרנט.
 - יכולת לסרוק את המידע סריקה מהירה.
 - מיון מידע – יכולת לבחון את רמת המידע ומהימנותו.
 - עיבוד מידע וייצוגו – יכולת לעבד את החומר בצורה נבונה ולייצג את התובנות החדשות תוך שימוש בכלים שמעמידה לרשותנו המדיה הדיגיטלית.
 - חשיבה ביקורתית ושיפוט המסקנות – יכולת הערכה ביקורתית של טיב המידע.
 - הצגת התוצר הסופי – יכולת הצגת התוצר (כרזה, הרצאה, עבודה בכתב) בצורה מושכלת.
- הערה:** מיומנויות הקריאה הביקורתית של טקסט מדעי הן חלק מכישורי מידענות, אלא שהוועדה מצאה לנכון להדגיש את מיומנויות הקריאה של מאמר משום שמוקדשות להן שעות לימוד מיוחדות בתכנית.

⁸ יש דמיון בין **מיומנויות הקריאה של טקסט מדעי** הרשומות בעמוד זה לבין **מיומנויות ניתוח מידע וייצוגו** כפי שהן רשומות בליבת המיומנויות (ראו ארגון הלמידה ביחידת הלימוד הראשונה, עמ' 49). כאן יש פירוט-יתר של מיומנויות אלה בגלל החידוש בתכנית הלימודים הנוכחית בהכנסת קריאת מאמר מדעי כמבנית חובה (ראו ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה ליחידה השנייה וליחידה השלישית, עמ' 61).

יא. היבטים כלליים ביישום התכנית

❖ שיקולים בתכנון תוכני ההוראה

על תוכני ההוראה להיות תואמים לתפיסה הרעיונית של התכנית, למטרותיה ולתכנים המפורטים בה. כפי שנאמר במבוא (ראו עמ' 11), התכנית הנוכחית מקדמת שתי תפיסות רעיוניות: גישת "האוריינות הכימית" מתאפיינת בעיסוק בסוגיות חברתיות, ואגב כך הקניית המושגים והעקרונות המדעיים הרלוונטיים. תפיסה זו תבוא לידי ביטוי בעיצוב חומרי הלמידה המתאימים. לעומת זאת, גישת "מבנה הדעת" מתאפיינת בבנייה מתודית של המושגים המדעיים, תוך התייחסות מקיפה ליישומים הרלוונטיים לתלמידים. חומרי הלמידה שיפותחו, יביאו לידי ביטוי את התפיסה הרעיונית המתאימה.

תכנון תוכני ההוראה בנושאי החובה ביחידה הרביעית יתבסס על הקניית כלים מדעיים (חלקם מתמטיים) בגלל אופי נושאי הלימוד – אנרגטיקה ודינמיקה – הניתנים לתיאור באמצעים מתמטיים. עם זאת, מומלץ לנסות ולהתמודד עם נושאים אלה באמצעות שילוב התיאור המתמטי עם חלק תיאורי שמסתמך על תופעות שלא יוכנסו לתוך משוואות. למרות שחלק מהלומדים מפנימים את המשמעות המתמטית ומסוגלים לקשר בינה לבין התופעות, חלק הארי מעדיפים הסבר מילולי-תיאורי, המסתמך רק בחלקו על משוואות מתמטיות. הדגש בפיתוח היחידה חייב להיות שילוב מבוקר, זהיר ונבון של שתי הגישות. בשום שלב או פרק העוסק בחלקים שנוגעים לאנרגטיקה ודינמיקה אין לבנות את ההסבר על מתמטיקה בלבד. יתר על כן, קישור הנושאים לתופעות מעולם המציאות (מערכות ביולוגיות, תעשייה כימית ותופעות המוכרות מחיי היומיום) הוא צורך חיוני ואיננו למטרות העשרה בלבד. במילים אחרות, השימוש בדוגמה איננה להדגמה גרדא, אלא גם להעמקה בתוכן המדעי.

גישה זו, המשלבת הבנה מילולית עם הבנה מתמטית, תועיל אחר כך בהתמודדות עם התכנים והנושאים של היחידה החמישית.

שונה הייתה הגישה שהנחתה את כותבי התכנית בפיתוח הנושאים העיוניים לבחירה לחלקה השני של היחידה הרביעית וליחידה החמישית ובפיתוח הקריטריונים למעבדה ליחידה החמישית. מחד גיסא, לראשונה המעבדה יכולה להקיף יחידת לימוד שלמה והיא מבוססת על מגוון רחב של פעילויות. פעילויות אלה מפתחות את מיומנויות המעבדה מהרמה הבסיסית עד לרמה גבוהה של תכנון וביצוע עצמאיים של פרויקט-חקר. המבניות העיוניות, מאידך גיסא, חושפות את הלומדים לעולם העשיר והמגוון של הכימיה. תכנון תוכני ההוראה במבניות אלה תתבסס על הנעת הלומדים ואתגורם באמצעות חשיפה להיבטים שבחזית המדע והטכנולוגיה ותוך קישור הדוק לצורכי החברה והסביבה. המגמה היא לפתוח צוהר רחב לעולם מרתק וחדש, תוך הסתמכות על עקרונות בסיסיים, כמו אנרגטיקה ודינמיקה, שכבר נרכשו קודם לכן.

❖ הכשרת מורים

מובן שהתכנית מתבססת על הכשרתו הבסיסית של המורה לכימיה. עם זאת, בגלל השוני הרב בין התכנית החדשה לבין התכנית הקודמת, המורים יידרשו לעבור השתלמויות מתאימות להטמעת התכנית, בעיקר כדי להפיק את המרב מהיחידה החמישית. ההשתלמויות יקיפו הן תכנים חדשים והעמקה בתכנים קיימים ובתכנים חדשים והן הכרה של הפעילויות ההולכות ונבנות למבניות החדשות.

מומלץ שהמורים יעברו השתלמות מסודרת שבה יכירו לעומק את כל סוגי המעבדה המוצעים היום. כך יכירו טוב יותר את היתרונות של כל אחד מסוגי המעבדה ואת מידת התאמתו לתלמידיהם, וכן יגלו כי יש לא מעט מהמשותף בגישות השונות. במהלך ההשתלמות, יתמודדו המורים עם קשת של קשיים צפויים: קשיים טכניים, הבנת הרציונל הדידקטי של כל סוג מעבדה, משמעות הכנת תיק העבודות ועמידה על חשיבותה של ההערכה החלופית ויישומה.

❖ משאבים

□ מעבדות וצידון

כפי שנאמר במבוא, התכנית כוללת דרישה לעבודה במעבדה כחלק אינטגרלי של הוראת הכימיה (ראו חשיבות הלמידה במעבדה הכימית, עמ' 24; ארגון הלמידה בתכנית ההשלמה ליחידות השנייה והשלישית - שעות העבודה במעבדה, עמ' 63; פרק המעבדה ביחידת הלימוד החמישית, עמ' 124). הדבר מחייב בניית מעבדות והצטיידותן כראוי, על כל המשתמע מבחינה תקציבית. ככל הניתן, יש לתכנן שימוש משותף של מקצועות המדעים השונים במעבדה, תוך הנהגת אמצעי התייעלות, כגון חדר הכנה ולברנט משותף לכל סוגי המעבדות.

עם זאת, יש לשקול מודלים שונים של בניית מעבדות. לדוגמה: מעבדות בֶּלְמוֹנְטָה (Belmonte) באוניברסיטה העברית בירושלים משרתות בתי ספר ירושלמיים רבים. תלמידיהם באים ללימודי המעבדה באוניברסיטה וכך לא נדרשת בניית מעבדה משוכללת בכל בית ספר בנפרד. דוגמה אחרת היא בית ספר חמד"ע בתל אביב, שתלמידים מבתי ספר רבים באים אליו הן ללימודי המקצוע והן למעבדה הנלווית.

□ מחשבים ורשת האינטרנט (מְרֻשָּׁת)

התכנית החדשה מתבססת על למידה עצמית והשגת מידע בכל אמצעי מוכר ומקובל, לרבות האינטרנט. כלומר, התכנית מכוונת לשימוש נרחב בסגולות המידע הדיגיטלי. הכוונה היא לעודד

יצירת אתרי אינטרנט מתאימים לתמיכה במורים ובלומדים, ומגמה זאת אכן מתפתחת לאחרונה. הוועדה ממליצה אפוא על פיתוחם של אתרים כאלה, בד בבד עם פיתוח חומרי למידה ממוחשבים.

לאור מיומנותם הגוברת של בני הנוער בשימוש במקורות מידע דיגיטליים ולאור השימוש הגובר במחשבים בבתי הספר, יש לקוות שהצורך לעבוד בסביבות עבודת דיגיטליות לא יהווה מכשול ביישום התכנית. חשוב שבתי הספר יאפשרו לתלמידים שאין להם מחשב בבית, להשתמש במחשבי בית הספר בשעות אחר הצהריים לאיתור חומר מהימן ורלוונטי ולכתיבת עבודות.

□ מרכז משאבים

חשוב שבית הספר יכלול ספרייה מצוידת היטב ובה מדיה ספרית ולא-ספרית. הספרייה תצויד בספרות מדעית (ספרי לימוד, ספרי-יען ועיתונות מדעית), בסרטים לימודיים, בתוכנות מחשב מתאימות. רצוי מאוד שהתלמידים יוכלו לעבוד בספרייה על מחשבים מהירים לצורך חיפוש באינטרנט, ואולי אפילו יוכלו לצפות בטלוויזיה בסרט לימודי תוך האזנה אישית באוזניות. מרכז משאבים כזה יקדם את התלמידים בהשגת מטרות התכנית. (שאלה נפרדת היא כיצד לקדם את התלמידים במידת שליטתם בשפה האנגלית כדי שיוכלו להיעזר בספרים ובעיתונים באנגלית, כמו גם באתרי אינטרנט בשפה זו).

❖ למידה חוץ-כיתתית

התכנית ממליצה על פעילויות חוץ-כיתתיות שישולבו ככל האפשר בנושאים העיוניים בכל שלבי הלימוד, בין אם בשלוש יחידות או בחמש יחידות. הכוונה היא בעיקר לביקורים לימודיים מובנים ומתוכננים היטב במפעלים של התעשייה הכימית, כגון מפעלי ים המלח, תעשיית הדשנים, תעשיית ההיי-טק.

בתכנית בהיקף של חמש יחידות לתלמידי כימיה לפחות בנושא בחירה עיוני אחד, נדרשת פעילות חוץ-כיתתית. הכוונה היא לנושא בענף הכימיה של הסביבה (ראו מפרט התכנים, עמ' 120), שהוא אחד מתוך 5 הנושאים לבחירה ביחידה הרביעית וביחידה החמישית. הפעילות החוץ-כיתתית היא לב המבנית הזאת, והיא כוללת דיגום והכרת מערכת מיקרו-סביבה. על מערכת זו תבוצע פעילות כיתתית, שתכלול אנליזה של מרכיבי סביבה שונים.

(ראו גם הנספחים: ביבליוגרפיה, הוראה בסביבת הלימוד החוץ-כיתתית, עמ' 177).

❖ ארגון הסביבה הלימודית

הארגון תלוי בלוגיסטיקה של כל בית ספר.

כיתה שמספר התלמידים בה איננו גדול, רצוי שתלמד באופן קבוע במעבדה. על ידי כך יהפוך חדר המעבדה לכיתה הקבועה של תלמידי הכימיה.

מעבדה מצוידת היטב, ובה שולחנות מעבדה נוחים, יכולה לשמש גם לשיעורים פרונטליים וגם לעבודת מעבדה קבוצתית. עליה לכלול מחשבים אחדים לניסויים ממוחשבים עם התוכנות המתאימות, ספרי יסוד וספרי נתונים וכן את המודלים הכימיים הדרושים להדגמה. רצוי שהמעבדה תכלול גם מחשבים אחדים המחוברים לאינטרנט והמצוידים בתוכנות מחשב משוכללות בתחום הכימיה.

ברור שאם כיתות אחדות לומדות כימיה במקביל, אי-אפשר שכל כיתה תעבוד במעבדה משלה. בבית ספר גדול יותר, יש להניח שהשיעורים הפרונטליים ייעשו בכיתת-האם. כך או אחרת, מומלץ לארגן את מערכת השעות בצורה שתאפשר לתלמידים רבים ככל האפשר ליהנות משעות לימוד רבות יותר במעבדה ומשימוש תכוף יותר במחשבים.

יב. תהליכי ההערכה כחלק אינטגרלי מתהליכי ההוראה-למידה

❖ הערכה לשם למידה (ה"ל")⁹

הערכת ההישגים בלימודי הכימיה תיערך על פי הגישה האיכותית, הרואה את ההערכה כתהליך הערכה לשם למידה (ה"ל"). גישה זו מוכרת גם בכינוייה הערכה מעצבת.¹⁰ ההערכה על פי גישה זו איננה מסתפקת במתן סיכום או דין וחשבון על רמת הישגיהם של הלומדים. מטרת ההערכה על פי הגישה האיכותית היא לתת משוב מפורט לשם קידום הלמידה ולשם שיפור ההוראה. בהערכה כזו יש התמקדות בתהליך הלמידה ולא רק בהישג הסופי. לכן היא עושה "יותר צדק" עם התלמיד ומבטאת התייחסות מקיפה יותר למאמציו המתמשכים וליחסו למקצוע.

⁹ יועד, צ' (2002). בתוך תכנית הלימודים במקרא לבית הספר הממלכתי, תשס"ג. יעוץ מדעי: פרופ' מנוחה בירנבוים, בית הספר לחינוך, אוניברסיטת תל אביב.

¹⁰ בירנבוים, מ' בתוך: בירנבוים, יועד, כ"ץ, קימרון, (2004). בהבניה מתמדת – סביבת למידה מתוקשבת לפיתוח מקצועי של מורים בנושא תרבות ההל"ה המטפחת הכוונה עצמית בלמידה, משרד החינוך, ירושלים.

על ההערכה להיות חלק בלתי נפרד מתהליך הלמידה וההוראה, ואכן, התהליך המשולב של ההוראה-למידה-הערכה מכונה בקיצור ה"ה". מטרת הגישה האיכותית היא להביא את הלומדים והמורים לכך שיתכננו את עשייתם בעת התרחשותה, יציבו יעדים, יבחנו באיזו מידה הושגו היעדים, יאתרו נקודות חוזק, נקודות לחיזוק, קשיים וכשלים. תרבות הערכה זו מכוונת הן את הלומדים והן את המורים לאסוף ראיות על עשייתם והבנתם תוך שיפוט אינטגרטיבי של הראיות המצטברות.

יסודה של גישה זו בתפיסה הקונסטרוקטיביסטית,¹¹ המטפחת אצל הלומד את ההכוונה העצמית בלמידה, ועל פיה האחריות ללמידה עוברת אל הלומד. תפיסה זו מדגישה את יצירת הידע והבנייתו על ידי הלומדים בתהליך בנייה פרשני, כלומר תוך חיפוש משמעות ופרשנות לידע ההולך ונבנה. למידה כזו כרוכה בפיקוח הלומדים על תהליכי למידתם, הערכת תהליך הלמידה והידע הנבנה, והתאמת אסטרטגיות של למידה וחשיבה על פי הצורך. משום שהלומדים נדרשים לעקוב בעצמם אחרי תהליכי למידתם וחשיבתם, ובעצם פיתוח המודעות המְטָה-קוגניטיבית¹² שלהם והודות לתהליכי הרפלקסיה¹³ שלהם, הם אמורים לקדם את הישגיהם. המעקב המתמיד אחר התקדמות התלמיד כרוך, כמובן, גם בהיבטים אישיותיים, שהרי לא ניתן להפריד את ההוראה מהחינוך. בתהליך הערכה לשם למידה (ה"ל") שלושה מהלכים מרכזיים, ושותפים לו המורה והלומדים; יחד הם -

- מציבים יעדים שאת מידת השגתם מבקשים להעריך.
- מעצבים מטלות וקובעים קריטריונים וציוני דרך (benchmarks) אשר לפיהם יוערך ביצוע כל מטלה.
- מעריכים את הביצוע תוך הפקת משוב בונה.

בתהליך הערכה זה אמורים הלומדים להבין מראש מה מצופה מהם בתחום התכנים ובתחום מיומנויות הלמידה והחשיבה: לאן הם אמורים להגיע ובאלו דרכים יוכלו להשיג את היעדים שהיו

¹¹ ראו גם עמ' 22 בתכנית, הערת שוליים.

¹² מְטָה-קוגניציה - המעקב של הלומד אחרי דרך חשיבתו שלו. על פי הגישה הקונסטרוקטיביסטית ללמידה, אנשים לומדים באופן הטוב ביותר על ידי עשייה, ולאחריה חשוב שיקיימו חשיבה על העשייה.

¹³ רפלקסיה או רפלקציה, חשיבה רפלקטיבית - חשיבה לאחור: מה היה? מה עשיתי? איפה טעיתי? מה הייתי עושה בדרך שונה וכדומה. החשיבה על העשייה מחייבת רפלקסיה (שיקוף) ומשוב על התהליכים התוצרים תוך כדי תהליך הלמידה.

שותפים בהצבתם. הלומדים יהיו שותפים פעילים במדידת הישגיהם ובהערכתם במהלך הלמידה וישפרו בתוך כך את ביצועי ההבנה¹⁴ שלהם בחומר הנלמד.

❖ הערכת פרויקטים בכימיה

תכנית הלימודים החדשה בכימיה מעודדת רכישת מיומנות קריאת טקסטים מדעיים ופיתוח מיומנויות המידענות לצד עבודה נרחבת במעבדה. סוגי לימוד אלה שונים מהלימוד המסורתי בכיתה ומעודדים עבודה עצמית הן בקבוצה והן באופן אישי. גם התנסויות לימודיות אלה מחייבות הערכת הישגי הלומדים בדרך שונה מהמבחן המסורתי.

כפי שנאמר בעקרונות הפדגוגיים-דידקטיים של התכנית (ראו שימוש במגוון דרכי הוראה לפיתוח החשיבה וההבנה, עמ' 23), עריכת פרויקטים ולמידת חקר הם דרכי למידה מומלצות. הערכת פרויקט כזה או ניסוי חקר איננה פשוטה, וחלק מהותי בה הוא התהליך שהתלמיד עובר תוך כדי התקדמותו במשימה.

כאמור, כדי להתמודד כראוי עם הערכת הפרויקטים שהתלמידים מבצעים ומציגים בכתב ובעל-פה, יש להציב קריטריונים ברורים להערכה; חשוב שקריטריונים אלה יהיו שקופים וייקבעו מראש בשיתוף עם התלמידים. תלמיד היודע מראש כיצד תוערך עבודתו יעבוד בביטחון גדול יותר, ללא "יריות באפילה". תלמיד ששותף מלכתחילה בניסוח הקריטריונים מרגיש שלקח חלק בתהליך ההערכה, ויפנים טוב יותר את משמעות תיקוני המורה והערותיו.

□ הערכת כתיבה והבעה

בין הקריטריונים שמציבים מראש, יש לכלול דרישות לעריכת החומר בדרך נבונה ובהירה, וחשוב לא פחות – על ניסוח מובן ובהיר: משפטים נכונים ומשמעותיים המקושרים זה לזה בדרך לוגית, היעדר שגיאות דקדוק וכתיב.

דרישה כוללת זו מופיעה בכל תכניות הלימודים, בכל הגילים ובכל המקצועות. קידום יכולת התבטאות נבונה היא אחת המשימות המוטלות על בית הספר, ולא ניתן להגיע אליה בשיעורי ההבעה המועטים המוקצים לכך במערכת השעות. על כן, מומלץ שצוות מורי הכימיה וצוות מורי ההבעה יעבדו במשותף על הנחיית התלמידים בכתיבת העבודות (ראו הנספחים: כיצד מנחים תלמידים בכתיבת עבודה בכימיה, עמ' 174).

¹⁴ ביצוע הבנה – התלמיד מבצע דבר-מה בעל משמעות, הכולל שימוש במיומנויות חשיבה מסדר גבוה.

❖ שמירת קשר בין תהליכי ההוראה-למידה לבין תהליכי ההערכה

מתוך תפיסה זו של מהות ההערכה, מוצע להתייחס להיבטים הבאים:

- יש לשמור על הקשר בין תהליכי ההוראה, הלמידה וההערכה.
- ההערכה תתייחס לביצועי ההבנה של הלומדים הכוללים הן את תחום התוכן והן את תחום כישורי החשיבה והלמידה שההוראה אמורה לפתח אצל הלומדים: כישורים קוגניטיביים, כישורים מטה-קוגניטיביים, כישורים חברתיים, כישורים בניהול משאבים וכישורים הקשורים באיכויות אישיות.¹⁵
- ההערכה תתרחש במסגרת **דיאלוג מתמשך בין המורים לתלמידים**, כשהלומדים לוקחים חלק פעיל בתהליכי ההערכה לשם הוכחת המסוגלות שלהם וההבנות שלהם בחומר הנלמד ובתהליכי למידתם (שותפות בהצבת היעדים ובהגדרת סוג הראיות הנדרשות, הערכה עצמית, הערכת עמיתים).
- ההערכה תכלול **מטלות** משמעותיות ומאתגרות, שתתבצענה בסביבות למידה מגוונות.

מתוך כל האמור לעיל, מומלץ לא להסתפק בהערכה המפיקה ציון מספרי מסכם בלבד. ככל שיאומצו דרכי הערכה איכותיות, תהווה ההערכה יסוד בונה בתהליכי הלמידה ותגבר ההיענות לצורכי התלמידים השונים: ליכולותיהם, לאינטליגנציות השונות שבהן בורכו, לסגנונות הלמידה השונים שלהם וכדומה.

¹⁵ "כשירות קוגניטיבית": פתרון בעיות ▪ חשיבה ביקורתית ▪ חשיבה לוגית ▪ המצאה/יצירתיות ▪ הבעה בכתב ובעל-פה ▪ הגדרת נושא ▪ שאילת שאלות ▪ שימוש יעיל במידע ▪ עיבוד המידע, מיזוגו וארגונו ▪ ניסוח השערות למחקר ▪ התבוננות/תצפית ▪ שימוש נכון במכשירים ▪ ניתוח נתונים ▪ הצגת נתונים באופן מתקשר ▪ הסקת מסקנות ▪ שיפוט/הערכה.

כשירות מטה-קוגניטיבית: ▪ תכנון מהלך הפעולה ▪ בחירת אסטרטגיה מתאימה ▪ פיקוח על ההבנה ▪ הערכת יעילות האסטרטגיה ▪ הפעלת אסטרטגיית תיקון ▪ רפלקסיה ▪ הערכה עצמית.

כשירות חברתית: ▪ תקשור עם הסביבה ▪ ניהול שיחה/דיון ▪ שכנוע ▪ הנהגה ▪ עבודה בצוות ▪ הקשבה ▪ שיתוף פעולה ▪ סובלנות ▪ כיבוד הזולת.

כשירות בניהול משאבים: ▪ חיפוש מידע רלוונטי ▪ ניהול לוח-זמנים ▪ חיפוש סיוע.

איכויות אישיות: ▪ הנעה פנימית ▪ נקיטת יזמה ▪ סקרנות ▪ פתיחות ▪ עמידה במצבי תסכול ▪ נטילת אחריות ▪ אמונה ביכולת האישית ▪ עצמאות ▪ התמדה ▪ כושר ריכוז ▪ הסתגלות לשינויים ועוד."

מתוך: בירנבוים, מ' (1997). **חלופות בהערכת הישגים**, רמות, תל אביב, עמ' 24

❖ כלי הערכה

להלן יובא פירוט הכלים המרכזיים לאיסוף הראיות על ההישגים והערכתם, כלים שניתן לעשות בהם שימוש מושכל במהלך הלמידה וההוראה. באמצעות השימוש בכלים אלה אוספים הלומדים והמורים ראיות על תהליכי הלמידה ומעריכים את הבנת הנלמד, מפרשים את הראיות ומיישמים את מסקנותיהם על מנת לקדם את הישגיהם:

- מטלות ביצוע (+ מחוונים)
- יומני תיעוד הלמידה (תיעוד ורפלקסיה)
- תלקיטים (פורטפוליו)
- עבודות ומבחנים מסוגים שונים (ובתנאי שיפוחו על פי העקרונות של הערכה לשם למידה)

□ מטלת ביצוע

מטרת מטלת ביצוע היא להעריך את יכולתם של התלמידים ביישום התכנים שלמדו תוך הפעלת מיומנויות חשיבה גבוהות כמו: תכנון, ארגון ומיזוג מידע, הסקת מסקנות, ביקורתיות וכדומה. מטלת הביצוע היא משימה מאתגרת ומושכת עבור התלמידים שאינה מתרחשת בלחץ של זמן. מטלת ביצוע היא מטלה פתוחה ומורכבת המאפשרת מתן פתרונות שונים. בתחילת ביצועה התלמידים נדרשים לתכנן את מהלך עבודתם ולהפעיל שיקול דעת בבחירת התכנים המתאימים. המשכה של עבודת התלמידים היא בחקירה ובמתן פתרונות שונים, בהתבוננות על בעיות מנקודות מבט שונות ובשימוש בתהליכי חשיבה מורכבים – כל זאת כדי להביא לידי ביטוי את הידע שרכשו. מטלת ביצוע מאפשרת עבודה בצוות ומעודדת את העמקת ההבנה באמצעות הדיון הקבוצתי ובאמצעות הערכה עצמית ומהלכים רפלקטיביים של הלומדים.

תוצרי מטלת הביצוע יכולים להיות באמצעות דוח, דגם, מצגת, הדמיה, עיתון, תערוכה וכדומה. **תהליך פיתוח מטלת הביצוע** ראשיתו בהצבת היעדים והמשכו בכתיבת המטלה, שביצועה אמור לספק ראיות על מידת השגת היעדים. יש להציב קריטריונים מוגדרים היטב להערכת דרך ביצוע המטלה על ידי הלומדים, וזאת באמצעות **מחונן** שממדיו מתייחסים ליעדים שהוצבו.

□ מחונן

המחונן הוא כלי ציינון (מתן ציון) המארגן קריטריונים וציוני דרך (benchmarks) לביצוע המטלה ומתארם בדירוגים של איכות. הצבת הקריטריונים וציוני הדרך מראש מאפשרת לתלמידים לדעת מה מצופה מהם בביצוע המטלה וכיצד יוערכו. ציוני הדרך מתארים את מה שיימצא בעבודות התלמידים בדרגות ביצוע שונות: גבוהה, בינונית ונמוכה ביחס לכל אחד מהקריטריונים שהוצבו. הם מתארים את איכות אפיוני הביצוע של התלמידים בשלבי העבודה השונים על המטלה במונחים של תוכן ובמונחים

של ביצועי חשיבה ולמידה. ציוני הדרך מנוסחים במונחים התנהגותיים וכוללים דוגמאות, כך שבאמצעות תיאור זה יוכלו המורים והתלמידים להעריך את איכות ביצועה של המטלה.

□ יומן תיעוד הלמידה (תיעוד ורפלקסיה)

יומן תיעוד הלמידה הוא אחד מכלי הלמידה וההערכה המעודדים הסתכלות פנימה על תהליכי הלמידה והבנת החומר הנלמד. היומן מכיל אוסף של הערות ומחשבות שהלומדים כתבו, על תהליך למידתם ועל הישגיהם. הנחיית התלמידים לחשיבה וכתובה רפלקטיבית מעודדת אותם ומאפשרת להם להתבונן ממרחק של זמן על המהלכים שעברו ועל תוצאותיהם. החשיבה והכתובה הרפלקטיבית ביומני תיעוד הלמידה ממקדות את הכותבים בניתוח הנעשה, ובאיתור מהלכים מוצלחים שעברו ובהבנתם, וכן באיתור נקודות המצריכות חיזוק בלמידתם, תוך התייחסות לתכנון השיפור הנדרש.

באמצעות יומני תיעוד הלמידה, המורים מנהלים דיאלוג כתוב עם תלמידיהם, ואילו התלמידים מנהלים דיאלוג פנימי עם עצמם, ודיאלוג חיצוני עם מוריהם ולעתים אף עם עמיתיהם. דיאלוגים אלה מהווים סוג של ראיות משמעותיות שהתלמידים מספקים לעצמם ולמוריהם על תהליכי למידתם ועל מידת הבנתם את הנלמד.

□ תלקיט (פורטפוליו)

התלקיט הוא אוסף מכוון של חלק מעבודות התלמיד שנבחרו בקפידה במהלך השנה על ידי התלמיד עצמו כראיות למהלכי הלמידה, להבנתם ולביצועים בחומר הנלמד. התלקיט משקף את מאמציהם, התקדמותם והישגיהם של הלומדים במקצוע הנלמד. התלקיט משמש מכשיר להערכה מתמשכת של תהליך הלמידה ותוצאותיה ומעיד על תהליך הבניית הידע של הלומדים במהלך למידתם. מאחר שהתלקיט נבנה על ידי כל לומד ולומדת, הוא מהווה ביטוי עצמי וייחודי.

התלמידים יקבעו וינסחו עם המורים קריטריונים ברורים לבחירת החומר שייכלל בתלקיט, וכן קריטריונים ברורים לשיפוט החומר. התלמידים יהיו אחראיים לניהול התלקיט לאורך השנה ולבחירת הראיות שייכללו בו.

בתלקיט ניתן לכלול פריטים מסוגים שונים – פריטים כתובים, מוקלטים, חזותיים (שיעורי בית, מבחנים, תוצרי מטלות ביצוע, תוצרי חקירה עיונית) או תוצרים כמו: דו"ח, דגם, מצגת, עיתון וכדומה, רפלקסיה והערכה עצמית, הערכות עמיתים, תצפיות וכדומה.

כל פריט שייבחר להיכלל בתלקיט ילווה בהסבר קצר על הסיבות לבחירתו, מה הוא אמור לייצג, איך נוצר, מה היו הקשיים בביצועו, כיצד התגברו על הקשיים, מה הערך המוסף של פריט זה לעולם הידע של הלומדים וכדומה.

קיימים שלושה סוגים עיקריים של תלקיטים:

תלקיט עבודות נבחרות שבו הלומדים מציגים את העבודות הטובות ביותר שביצעו לאורך השנה.
תלקיט תהליך שבו הלומדים כוללים דוגמאות המבטאות את תהליך למידתם, ולכן הוא כולל עבודות טובות וטובות פחות, ובתנאי שייצגו את התפתחותם של הלומדים בתהליך למידתם.
תלקיט משולב המשלב את שני הסוגים.

חשוב מאוד שהמורים והתלמידים יגדירו לעצמם מראש מהי מטרת התלקיט ואיזה שימוש ייעשה בו ויבנו במשותף קריטריונים ברורים להערכתו.

דוגמאות למטלות ביצוע, למחווים, ליומני תיעוד הלמידה, לתלקיטים ולכלים נוספים בהערכה ניתן למצוא במראי המקום המומלצים.^{16 17 18}

¹⁶ בירנבוים, מ' (1997). **חלופות בהערכת הישגים**, רמות, תל-אביב.
¹⁷ בירנבוים, מ' (עורכת), (1999). **הערכה מושכלת - מתיאוריה למעשה**, רמות, תל אביב.

¹⁸ בירנבוים, יועד, כ"ץ וקימרון (בדפוס). **בהבניה מתמדת - סביבת למידה מתוקשבת לפיתוח מקצועי של מורים בנושא טיפוח הכוונה עצמית בלמידה**, משרד החינוך, ירושלים.

□ בחנים ומבחנים מסוגים שונים

הבחנים והמבחנים יינתנו בכתב או בעל-פה בזמן מוגדר, על יחידת חומר מוגדרת, לעתים בעזרת מערכה מחזורית חלקית או מלאה, לעתים בעזרת ספר פתוח ובשימוש מושכל בחומרי עזר. הבחנים והמבחנים יהיו בכיתה או לעתים כמבחן-בית. הם יבדקו את ידיעות התלמידים ביחידת לימוד שנלמדה בכיתה ובבית ויכללו שאלות המצריכות חשיבה ברמה גבוהה (הסבר, השוואה, נימוקים בעד ונגד, ניתוח, הערכה וכדומה) ולא שינון וזכירה בלבד. ההערכה עליהם תהיה באמצעות משוב מפורט, בהתאם ליעדים שהציבו המורים והתלמידים למהלך הלמידה, ולא רק באמצעות ציון מספרי מסכם.¹⁹

סיכום

כאמור, דרושה הלימה בין דרכי ההוראה בכיתה לבין דרכי הלמידה והערכה הנהוגות בה. מצד אחד, סביבת הלמידה צריכה לאפשר ללומדים התנסות בסוגי עבודה מגוונים, כאלה היוצרים את תרבות החשיבה בכיתה. מצד אחר, הערכת פעילות זו מצריכה שימוש במגוון חלופות להערכה.

כפי שנאמר בספר **הכיתה החושבת**: יש להפוך את תרבות הכיתה לתרבות של חשיבה, ואת הכיתה לסביבת למידה התומכת בפיתוח מיומנויות, גישות, ערכים והרגלי חשיבה ומעודדת אותם. זאת כדי להכשיר את התלמידים לקראת עתיד שבו יהיו מסוגלים לפתור בעיות ביעילות ובדרך יצירתית, לקבל החלטות לאחר שיקול דעת מעמיק ולהמשיך ללמוד כל חייהם. "לדבר על תרבות חשיבה כיתתית פירושו להתייחס אל הסביבה הכיתתית, שבה חוברים יחד כוחות השפה, הערכים, הציפיות וההרגלים במטרה לחזק ולטפח את מפעל החשיבה הטובה."²⁰

¹⁹ לעיון בדוגמאות מעשיות ולקריאת תגובות של מורים ותלמידים להערכה החלופית, מומלץ לעיין במדריך: רז ר', בן אליהו ש' (עורכים) (2004). **איך עושים את זה? – מדריך מעשי לחלופות בהערכת הישגים**, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים והאגף לחינוך על-יסודי, משרד החינוך, ירושלים. לתשומת לב המורים: עותק אחד של מדריך זה נשלח לכל אחד מבתי הספר. חלקו הראשון של הספר עוסק בתנאים להפעלת חלופות בהערכה. חלקו השני דן בדרכי ההערכה של כלים ספציפיים: מטלות ביצוע, מפת מושגים, מבחן הישגים, תלקיט, עבודת חקר, למידה חוץ-כיתתית. התכנים בספר אינם בהכרח מדעיים, אבל הדוגמאות עשירות ומגוונות, וניתן בהחלט ללמוד מניסיונם של מורים שלמדו להעריך את תלמידיהם בדרכים חלופיות. ראו גם מראה מקום 18, פרק ראשון, מטלת ביצוע בביולוגיה. ²⁰ טישמן, פרקינס, ג'יי (1996). **הכיתה החושבת**, מכון ברנקו-וייס, והאגף לתכניות לימודים, משרד החינוך, ירושלים, עמ' 2.