

חלק ראשון: מבוא

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 לצורכיהם של תלמידי תחומים שונים שבהם לומדים כימיה.

במשך יותר משני העשורים שחלפו מאז פרסומה של התכנית הקודמת חלו שינויים רבים הן בעולם הדעת כימיה והן בדרכי ההוראה של הכימיה כמקצוע מדעי. במשך שנים אלו הופקו לקחים הן מניסיונם המצטבר של המורים והמדריכים בתחום הוראת המקצוע והן מממצאי המחקרים בתחום הוראת הכימיה באשר למידת העניין שתלמידים מגלים במקצוע על נושאי השונים, ובאשר לעמדותיהם ומשאלותיהם של מורים ומדריכים. כל אלה העלו את הצורך בתכנית לימודים חדשה בכימיה. יתר על כן, התכנית החדשה באה "להחזיר עטרה ליושנה" באשר למקומה ולחשיבותה של העבודה במעבדה במסגרת לימודי הכימיה בחטיבה העליונה. תחום הדעת כימיה הוא כידוע, מדע ניסויי, על כן המקצוע כימיה הנלמד בבית הספר הוא מקצוע מדעי, שלא רק אנשי המחקר, אלא גם תלמידי בית הספר התיכון נדרשים לערוך ניסויים בפועל במעבדה (Hands-on) במשך לימודיהם.

עוד יעדים הבאים לידי ביטוי בתכנית החדשה:

- להאיר ולהבהיר את הקשר של הכימיה לחיי היומיום, ותרומתה ליישומים טכנולוגיים שונים ולתחומי דעת ועניין נוספים.
- לתת מענה לצורך ההולך וגדל של הפרט ושל החברה להכיר עקרונות בתחום הכימיה, כדי להבין טוב יותר סוגיות אקולוגיות, רפואיות וכד' שבהן דרושה מעורבות הציבור.²
- 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.³

² על אודות החינוך לקיימות, ראו בפרק "התפיסה הרעיונית: החינוך לקיימות והבנת עקרונות הכימיה", עמ' 13.

³ התייחסות מורחבת להיבטים אלה, ראו בפרק "התפיסה הרעיונית: חשיבות משיכת תלמידים ללימודי כימיה לקראת עיסוק בכימיה בעתיד", עמ' 16.

מבוא

- לבנות תכנית מעניינת ומגוונת המציעה מבחר נושאים מאתגרים וחדשניים, שמטרתם להקנות עקרונות מדעיים, וכן להציג את חשיבות הכימיה ואת משמעות היות הכימיה מדע ניסויי.
- לשמור על רמה גבוהה של גמישות בהפעלת התכנית ועל יכולת התחדשות מתמדת שלה ולעודד שימוש באמצעי ההוראה החדשניים ביותר. לבנות תכנית שתהיה "היהלום שבכתר", כלומר "מנוף" שיניע את התלמידים ללימוד מקצוע הכימיה מתוך עניין אמיתי ומתוך מעורבות במתרחש בסביבתם הקרובה והרחוקה.

אוכלוסיית היעד

התכנית מיועדת לכלל תלמידי החטיבה העליונה הבוחרים במקצוע הכימיה במגזרים השונים: היהודי, הערבי והדרוזי וכן ללומדים בנתיב העיוני והטכנולוגי. תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי ביוטכנולוגיה מיועדת לתלמידים במגמה זו שהשלימו לימודי יסוד בכימיה בהיקף של שלוש יחידות, ובכיתות י"א-י"ב הם מעוניינים להרחיב את ידיעותיהם ולהתמחות בתחום הביוכימיה, המהווה תשתית ללימודי הביוטכנולוגיה.

התפתחויות בתחום הדעת של הכימיה

מדע הכימיה הולך ומתפתח, ככל המדעים, בד-בבד מתפתחת גם הטכנולוגיה הכימית. כל החידושים ויישומיהם משפיעים השפעה של ממש על החברה האנושית ועל המתרחש על פני כדור הארץ. מובן שעקרונות הכימיה הבסיסיים לא השתנו כלל ועיקר, אך כיום הולך וגובר העניין בלימוד ההשלכות של המתרחש ב"חזית המחקר". לדוגמה: החידושים בתחום הביוכימיה משפיעים על המחקרים המתקדמים ביותר בתחום חקר הגנום האנושי, על מחקרים בתחום התרופות החדשות ועל חקר הסרטן. הכימיה של פני השטח והתעשייה הפטרוכימית מאפשרות פיתוח מתמיד של חומרים חדשים ומפתיעים, מהם ממש "תפורים" על פי הזמנה, למשל לצורכי חקר החלל או לפיתוח מטוסים חדישים. בתחום הכימיה הפיזיקלית הולכות ומתקמות אפשרויות של פיתוח חומרים חדשים הן בתחום המיקרו-אלקטרוניקה והן בתחום הננו-אלקטרוניקה והננו-כימיה.

ההתפתחויות הרבות שהתחוללו במשך השנים בתחום הדעת חייבות לבוא לידי ביטוי גם בתכנית הלימודים. לפיכך נוצר צורך לתת ביטוי להתקדמות המרשימה של המחקר המדעי בתכנית לימודים חדשה, תכנית עדכנית האמורה ליידע את תלמידי החטיבה העליונה על המתרחש "בחזית המדע".

מבוא

שינויים בדרכי הוראת הכימיה כמקצוע מדעי

גישת "האוריינות הכימית" בהוראת המקצוע כימיה

תכנית הלימודים הקודמת הושפעה מהגישה האקדמית שרווחה בקרב אנשי הוראת המדעים בשנות ה-80 של המאה העשרים, על פיה כל תלמידי הכימיה חייבים להכיר את **מבנה הדעת**⁴ של המקצוע.

לעומת זאת, גישות עדכניות בתחום הוראת הכימיה מצדדות בלימוד נושאים מרכזיים בהקשרם המתאים תוך **שמירה על האוטנטיות**, כלומר: הצגת תופעות כפי שהן מופיעות בחיים עצמם, ולא דווקא בלימוד מקיף של כל הכימיה. מגישה זו נגזרת הצבת מטרות בהוראת התחום בהדגש של פיתוח האוריינות הכימית של הלומדים. גישה זו מאפיינת הן את תכנית היחידה הראשונה והן חלק מתכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית, המשלימה להיקף של שלוש יחידות לימוד.

כבר בשלב הלימודים הקודם בחטיבת הביניים מטרת תכנית הלימודים של "מדע וטכנולוגיה" היא פיתוח **האוריינות המדעית**⁵ בקרב התלמידים. אוריינות מדעית כוללת גם אוריינות כימית וגם פיתוח אוריינות בתחומי הפיזיקה, הביולוגיה, הטכנולוגיה ומדעי כדור הארץ. מבחינה זאת תכנית הלימודים החדשות בכימיה, הן תכנית היחידה הראשונה הנלמדת בכיתה יוד אחרי סיום הלימודים בחטיבת הביניים, והן לימודי ההמשך על פי תכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית המשלימה להיקף של שלוש יחידות לימוד, מבוססות על אותה תפיסת הוראה.

גישות משולבות אלה – שמירת האוטנטיות בלמידה לצורך קידום האוריינות של התלמיד בתחום-הדעת – הן שהנחו את חברי הוועדה בכתיבת תכנית היחידה הראשונה משנת תש"ס והן את חברי הוועדה השנייה בכתיבת תכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית.

⁴ ראו להלן, עמ' 9.

⁵ אוריינות מדעית – כפי שנוסחה על ידי עורכי מבחן PISA – Program for International Student Assessment – המבחן הבינלאומי לתלמידים בני 15 של 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".

מבוא

כאמור, **האוריינות הכימית** היא אחד המרכיבים החשובים באוריינות המדעית של האדם. הוראת הכימיה צריכה להציג את מקצוע הכימיה ללומד כאחד המדעים הניסויים ולהביא לפניו את הרעיונות המרכזיים שבהם הכימיה עוסקת. כמו כן חשוב להדגיש את מקומה של הכימיה בין תחומי דעת מדעיים אחרים, את תרומתה להסבר תופעות טבע ואירועים בחיי היומיום ואת השפעתה על איכות החיים ועל התרבות האנושית. ההתמקדות בקידום האוריינות הכימית נובעת גם מהגישה 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

"גישה זו שמה את מבנה הדעת של הכימיה במרכז הדיון ושאלת: מהם הרעיונות המרכזיים בכימיה? מהם מאפייני תחום הדעת? מהי הצגת המושגים השלמה והנכונה מבחינה מדעית?" (מתוך המאמר "על אוריינות כימית"⁶)

תכנית הלימודים של היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה המשלימה להיקף של חמש יחידות לימוד ומיועדת למתמחים, הולמת את הגישה של **מבנה הדעת** וכוללת נושאים חשובים וחדשים מענפים מרכזיים בתחום הדעת של הכימיה. אכן, השינויים וההתקדמות בתחום זה מביאים להוספת "עוד ועוד מדע" לתכנית הלימודים.

תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית פותחה כדי להכשיר את הלומדים לקראת עתיד עתיר טכנולוגיה שבו מידע המשתנה כל העת. לכן הושם בה הדגש על **עקרונות היסוד של הכימיה** כחלק מהותי **ממבנה הדעת** שלה, עקרונות החיוניים כדי להבין בעתיד את התכנים החדשים. אמנם יש חשיבות ללימוד תכנים עדכניים, אך יש להיות מודע לעובדה שהם עשויים להשתנות בקרוב. לעומת זאת, הקניית עקרונות היסוד של המקצוע הם הבסיס להבנת תכנים חדשים גם בעתיד. עם זאת, התכנית מעודדת לעשות זאת בדרך שאינה הקניית ידע גֶרְדָּא, אלא בדרך פתוחה יותר, מסקרנת ומושכת לתלמידים.

⁶ ראו מאמר של שורץ י', עמ' 153

מבוא

מלבד הנאמר לעיל על גישת האוריינות הכימית במרבית התכנית ליחידה השנייה וליחידה השלישית, תכנית נושא החובה עוצבה בה על פי גישת מבנה הדעת.

גם כלל תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית נוסחה לפי גישת מבנה הדעת. מטרת התכנית היא לבנות אצל התלמידים בסיס מוצק להבנה מעמיקה ככל האפשר של הכימיה כתחום דעת שהוא **מדע ניסויי** הנמצא בחזית המחקר המדעי. בסיס זה חיוני גם אם תלמידים אלה ימשיכו בלימודים אקדמיים בתחום הכימיה וגם אם לא. אופייה הניסויי של הכימיה מובלט בתכנית המעבדה ליחידה החמישית, שם מוגדרים הקריטריונים הנדרשים מכל ניסוי מעבדה (כל קריטריון הוא למעשה מיומנות נדרשת במעבדה). ראו עמ' 129.

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

תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה נבנתה אפוא תוך ראיית הכימיה הן **כמדע ניסויי** והן **כצומת מדעים**. מראייה זו נגזרת הגישה המקשרת את הכימיה הן עם המדעים האחרים והן עם תופעות ומצבים בחיי היומיום. בעיקר מתבטא הדבר ביחידות העיוניות המוצעות לבחירה 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 מתחומי הפיזיקה או הביולוגיה, התכנית ממליצה לנהוג כך, (למשל: תרמודינמיקה וביוכימיה).

תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי ביוטכנולוגיה "ביוכימיה בהרחבה" נבנתה גם היא תוך ראיית הכימיה **כצומת מדעים** בין הכימיה לביולוגיה תוך הרחבה והעמקה בתחום הביוכימיה.

מבוא

שינויים כלליים במהות תהליך ההוראה

בתכנית החדשה בכימיה באו לידי ביטוי השינוי שחל בראיית תהליך ההוראה ומטרתו. על פי הראייה החדשה בעת ה**בניית הידע** התלמיד הוא שותף פעיל בתהליך יצירת הידע. כדי שהלמידה תהיה משמעותית, על התלמיד להבנות את הידע החדש תוך שילובו בידע הקיים כבר אצלו. מדובר בתהליך של יצירה קוגניטיבית במוחו של התלמיד שבסופו הידע אכן הופך להיות "שלו באמת". למידה ללא הבניית הידע היא למידה שטחית, למידה שיש בה שינון בלבד, ולאחר המבחן, ידע כזה משתכח במהירות על פי רוב.

אחד השינויים החשובים בגישה הפדגוגית-דידקטית הנהוגה כיום במקצועות השונים במערכת החינוך, הוא ההכרה **במגוון סגנונות החשיבה ואסטרטגיות הלמידה**. מערכות החינוך בארץ ובעולם דרגו בעבר את התלמידים רק מבחינת היכולת הקוגניטיבית-אנליטית. כיום מיישמים בתכניות הלימודים השונות ובחומרי הלמידה למיניהם את ההבנה שהלומדים ניחנו לא רק באינטליגנציה אנליטית, אלא גם באינטליגנציות וכשרים מסוגים אחרים. עם הזיהוי של סגנונות למידה והבנה שונים התפתחה התפיסה שיש ללמד בדרכים מגוונות המותאמות לשונות הזאת. ההנחה היא שתלמיד הלומד בדרך המתאימה ליכולתו ולכישוריו תוך מודעות לדרך זו ולתרומתה, מבנה את הידע שלו בעצמו. כאמור, דרך השינון אין בה כדי להבנות את הידע וכדי לתרום ללמידה משמעותית.

במערכות החינוך בארץ ובעולם מתרחש בימינו שינוי פדגוגי חשוב נוסף, לאור הגידול העצום בכמויות המידע (Information) המתפרסמות בכל רגע ורגע. ישנם מובילים בתחום החינוך המעודדים להפחית בכמויות הידע (Knowledge) לשמו המוקנות לתלמידים. הם ממליצים להרבות 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).

חברת בני האדם בכפר הגלובלי נמצאת כיום בעיצומם של תהליכי השתנות מואצים הגורמים לאדם שלמד ורכש מקצוע מסוים להמשיך ולהתמחות בתחום המקצועי שלו, ובשעת הצורך להיות מסוגל ללמוד משלח יד חדש ולפעול בתחומו ביעילות. לימוד נכון של מקצועות הלימוד בבית הספר מעניק ללומד תשתית להשכלתו ולכישוריו להיות תלמיד גם בעתיד. על כן חשוב לעורר בבני הנוער **סקרנות ללמוד ורצון להבין את המתרחש סביבם**. רק כך יוכלו להיות אזרחים מועילים לעצמם ולחברה.

מבוא

התפיסה הרעיונית של התכנית (רציונל)

חשיבות לימוד הכימיה כתחום דעת

כבר בימי קדם גילו חכמים ופילוסופים עניין במהות החומר. לאחר מכן ניסו האל-כימאים להפוך חומרים שונים לזהב. אך רק ב-200 השנים האחרונות הביא הידע שהצטבר במשך הדורות להתפתחות מדע הכימיה, והתפתחות זו היא שהביאה שינויים טכנולוגיים שבזמנו לא ניתן היה לשערם.

מדע הכימיה מתמקד בחומרים שמהם בנוי העולם שבו אנו חיים. כל חומר וחומר – מרכיב בגופו של יצור חי, חלק מהעולם הדומם, חומר טבעי או חומר מלאכותי – מורכב בסופו של דבר מאותן אבני בניין: היסודות. העושר העצום של החומרים, שמספרם נאמד כיום ביותר מ-20 מיליון, נובע מיכולתם של כ-100 יסודות בלבד להגיב ביניהם בתגובות כימיות. מושאי המחקר של מדע הכימיה הם התהליכים השונים הגורמים לשינויים בחומרים כמו מעבר בין מצבי הצבירה והיווצרות חומרים חדשים, וכן פיתוח התאוריות השונות המסבירות תהליכים אלה.

היישומים הטכנולוגיים של הידע בתחום הכימיה ושל הניסיון שהצטבר במהלך הדורות באים לידי ביטוי בטווח רחב של מופעים: מצד אחד הם מתבטאים בחיי היומיום של כל אחד מאתנו, לדוגמה במתרחש במטבח הביתי: בישול, אפייה, טיגון, החמצה; ומצד שני הם מיושמים בענפי התעשייה השונים: תעשיית המזון, תעשיית המתכות, הבנייה, התחבורה, תעשיית ההיי-טק, האלקטרוניקה והחלל. במילים אחרות, הכרת התהליכים הכימיים היא הבסיס להבנת מגוון 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 שניתן להסבירם בהתבסס על אותם העקרונות הכימיים.

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.

מבוא

החינוך לקיימות והבנת עקרונות הכימיה

במדינות המפותחות מתחזקת כיום ההבנה שבכל מעגלי החברה ובמערכות החינוך יש לטפח את התחום הקרוי **פיתוח בר-קיימא** (Sustainable Development) או **קיימות** (Sustainability). החינוך לקיימות מבוסס על הגישה הרואה חשיבות עקרונית בעצם התקיימותה של החברה האנושית ובהמשכיותה בעתיד. לשם כך מטרתו לשפר את איכות חייו של האדם תוך כדי התחשבות בצורכי הדורות הבאים ותוך דאגה לשימור משאבי הטבע גם לעתיד. אלו פעילויות לאומיות ובינלאומיות המתבססות על העקרונות הבאים: פיתוח המתחשב באינטרסים הן של המדינות המפותחות והן של המתפתחות, דאגה לקבוצות חלשות באוכלוסייה, מאמצים לצמצום פערים ברמת החיים של התושבים במטרה לבער את העוני, הגנת הסביבה כחלק אינטגרלי מהפיתוח, שמירה על תקינות המערכות האקולוגיות, שימוש מושכל במשאבי הטבע, מניעה וצמצום של פליטת פסולת, מחזור של חומרים.

החינוך למודעות לעצם חשיבות הקיימות מכוון לעודד את מעורבות הציבור בסוגיות אקולוגיות וכן לעודד את קידום הידע והמחקר המדעי. יש לקוות שבאמצעות החינוך לקיימות יתפתח דור בעל הבנה מעמיקה יותר בסוגיות מדעיות. כיום אנשים מגלים לא פעם שמידת הבנתם את עקרונות הכימיה אין בה כדי לבקר נכונה את המידע המועבר באמצעי התקשורת על תופעות הלוואי (השליליות בדרך כלל) של התעשייה הכימית והפטרו-כימית. בגלל השפעת אמצעי התקשורת למיניהם, אנשים אינם מודעים ליתרונותיה הבולטים של תעשייה זו: בתי הזיקוק של נפט גולמי מפיקים סולר ומזוט – מקור האנרגיה העיקרי בימינו להפקת חשמל, בתי הזיקוק מפיקים גם בנזין, סולר וקרוסין להנעת מכוונות, מכוניות, אוניות ומטוסים, תוצרים אחרים של זיקוק הנפט הגולמי משמשים לייצור חומרים חדשים, פולימרים כמו הפלסטיק לסוגיו, וחומרים אחרים המשמשים בתעשיית התרופות, הבדים, הקוסמטיקה, הצבעים ובתעשיות רבות אחרות, האספלט המתקבל בתחתית מגדל הזיקוק משמש לאיטום ולסלילת כבישים, ועוד ועוד.

יחד עם זאת, לחלק מהחומרים החדשים שפותחו בתעשייה הכימית יש חסרונות. בניגוד למתכות לדוגמה, הבעיה במוצרי פלסטיק היא שלרוב לא ניתן להשתמש בהם לשימוש חוזר. על כן הם גורם מזהם הפוגע באיכות הסביבה. למרות ההיבטים השליליים, ההתפתחות הטכנולוגית והכימית בעולמנו משפרת מאוד את רמת החיים של בני האדם. גם מבקריה של התפתחות זו יודו שכמעט איש מאזרחי העולם המפותח אינו 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 הטכנולוגי שביניהן לבין העולם המפותח.

מבוא

יש להקנות לתלמידי התיכון את נקודת הראות של הקיימות כדי שבעתיד יידעו ליישם עקרונות שלמדו בבית הספר, לדוגמה: חשוב מאוד לחסוך במקורות אנרגיה מתכלים ולהשתמש בהם שימוש מושכל ומתחשב. כמו כן, חשוב מאוד לפתח דרכים למזעור נזקים, כמו פליטת חומרי פסולת, בעת הפקת חומרים. עם זאת יש לדעת שאין שום אפשרות לגרום לחומרי פסולת "להתכלות" לחלוטין, כלומר להיעלם, משום שדבר זה נוגד את חוק שימור החומר. לדוגמה: שקית פלסטיק המתגוללת ברחוב אינה עוברת שינויים כימיים. אבל נניח שהיו מפתחים שקית המורכבת מפחמן ומימן בלבד וקרינת השמש הייתה גורם לה להגיב עם החמצן שבאוויר: שקית כזאת הייתה אכן נעלמת, אלא שבמקומה היינו מקבלים אדי מים ופחמן דו-חמצני – תרומה נוספת 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 השונים: כלכליים, בריאותיים, סביבתיים ולבחור בחלופה שנזקיה הם הפחותים ביותר. על פי נקודת ראות זו יש לעודד שימוש מושכל ונבון בידע המדעי ובאמצעים הטכנולוגיים למיניהם, אלה הקיימים ואלה שעוד יפותחו, תוך נתינת הדעת לשימוש בעקרונות הכימיה לא רק לפיתוחים חדשים, אלא גם לתיקון נזקים ולמניעתם, ככל האפשר.

מאפיינים של המדעים הניסויים

כימיה היא אחד ממדעי הטבע, או בשמם האחר המדעים המדויקים, כולם מדעים ניסויים. לפיכך, במהלך לימודי הכימיה צריכים הלומדים להכיר ולהבין את מאפייני המדע הניסויי ואת דרכי פעולתו.

חלק חשוב ממטרות הוראת הכימיה הוא הקניית מאפייני המדעים הניסויים:

- **חוקיות:** עולם הטבע אינו שרירותי ואינו פועל אקראית, ניתן למצוא כללים וחוקים לפעולתו ולנסחם.
- **המגבלות והאפשרויות של המדע המדויק:** החוקרים בתחומי המדע המדויק מציגים שאלות ומנסים למצוא תשובות אך ורק בסוגיות הניתנות לצפייה ולמידה.
- **אופיו של הידע המדעי-ניסויי:** משתנה, אמפירי, פומבי, שואף לאובייקטיביות, ניתן להפרכה.
- **רכישת מיומנויות התהליך המדעי-ניסויי:** ניסוח שאלת חקר, העלאת השערה, תכנון ניסוי, עיבוד ממצאי הניסוי וייצוגם במגוון דרכים, הסקת מסקנות הנובעות מהממצאים והתצפיות. ראו גם עמ' 32
- **הממד היצירתי בניסוח תאוריות מדעיות:** מדע אינו רק איסוף שיטתי של עובדות, אלא צירוף העובדות (שהן ממצאי הניסויים והתצפיות וגם המסקנות הנובעות מהם) לחוקים אמפיריים כדי לנסות לנסח תאוריה מדעית שבעתיד תנבא בהצלחה תופעות נוספות.

מבוא

- **מהותה של התאוריה המדעית:** המדעים המדויקים המבוססים על ניסויים, על ממצאיהם ועל המסקנות הנגזרות מהם, מציעים הסברים כוללניים לתופעות שונות: תופעות טבע ומערכות מעשה ידי אדם. המדע המדויק שואל מדוע מתרחשת תופעה מסוימת, מציע הסבר ובוחן אותו בדרך ניסויית. כוחו של ההסבר, או התאוריה, הוא ביכולת הניבוי של תופעות נוספות ואף תופעות עתידיות.
- **עקרון ההפרכה:** תאוריות מדעיות עומדות למבחן מתמיד ונחשבות נכונות "לעת עתה". כאשר תאוריה אינה מצליחה להסביר תופעה חדשה, לעתים מתקנים ומעדכנים אותה ולעתים זונחים אותה.⁷
- **מדע בסיסי מול מדע יישומי:** בעוד שמטרת המדע הבסיסי היא ניסוח תאוריות מדעיות תקפות כדי להבין "כיצד פועל הטבע", הרי שמטרת המדע היישומי היא פיתוח יישומים מעשיים, יעילים ומושכלים של הידע המדעי והטכנולוגי, ואלה גורמים לשינויים מהירים באורח החיים ובאיכותם.

תרומת הכימיה להתפתחות אוכלוסיית כדור הארץ

בעקבות חיבוריו של הכלכלן תומס רוברט מלתוס (T. R. Malthus) משנת 1789, במשך המאה ה-19 רווחה אצל כלכלנים רבים תאוריה 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 עתידות לפרוץ 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

⁷ על פי **עקרון ההפרכה** של **קרל פופר** (Karl Popper, 1902 – 1994), תאוריה מוגדרת כתאוריה מדעית אם היא ניתנת להפרכה. עיקרון זה שומט לכאורה את הבסיס המוצק מתחת לתאוריה, כי אם מפריכים תאוריה, פירוש הדבר שהיא אינה נכונה יותר. אך הדגש הוא על עצם היכולת העקרונית להפריך תאוריה. אם היא איננה ניתנת להפרכה בשום מקרה, פירוש הדבר שאין זו תאוריה מדעית. דוגמה לתאוריה 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.

מבוא

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 על משך חיי אדם ואיכותם, בייחוד בחברה המערבית. יש לקוות שבעתיד גם תושבי ארצות העולם השלישי יפיקו את מלוא התועלת מהתפתחויות אלה.

חשיבות הכימיה בתחומים נוספים

הכימיה היא תחום דעת התורם ידע מדעי וטכנולוגי למחקר בתחומי דעת אחרים, לדוגמה: בארכאולוגיה – זיהוי הרכב הממצאים, קביעת גילם; שמירת ממצאים עתיקים בתנאים נכונים וכדומה.

באמנות – בדיקת מקוריות התמונה, זיהוי זיופים, קביעת גיל היצירה, שימוש בדרכים מתוחכמות לאחזר צבעי ציור עתיק וכדומה. במדע פורנזי – זיהוי ממצאים בזירת הפשע באמצעות אנליזה כימית וכדומה.

חשיבות משיכת תלמידים ללימודי כימיה לקראת עיסוק בכימיה בעתיד

מצד אחד, בעולם העבודה 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.

מצד אחר, בעולם בית הספר 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.

עקרונות פדגוגיים-דידקטיים

שינוי מוקדי ההוראה

תכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית מתמקדת בגישת **האוריינות הכימית** (ראו עמ' 8). תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית מתמקדת בגישת **מבנה הדעת** (ראו עמ' 9).

ראוי ללמד על פי התכנית על שתי גישותיה בהלימה עם עקרונות פדגוגיים מתקדמים, המבוססים על ידע מצטבר על אודות אופני הוראה ולמידה של הכימיה, קשיי למידה חוזרים, תפיסות שגויות נפוצות בכימיה והתמודדות המורים אֶתן. (ראו מאמר: טעויות המשגה בנושא "מבנה וקישור", עמ' 159).

- כמו כן, ראוי ללמד את התכנית בהלימה עם אותם עקרונות פדגוגיים שהוכיחו את עצמם בהוראה במקצועות רבים אחרים ולא רק בכימיה. לפי עקרונות אלה:
- הלומדים יעמדו במרכז הלמידה וההתבססות תהיה על **עקרונות הגישה הקונסטרוקטיביסטית**⁸ בלמידה. לפי הגישה הקונסטרוקטיביסטית הלומדים **מְבַנִּים** את הידע במוחם בתהליך למידה משמעותי הנערך בהנחיית המורה (ראו גם: שינויים כלליים במהות תהליך ההוראה, עמ' 11)
- בתהליכי הלמידה-ההוראה ייעשה שימוש **במגוון דרכי הוראה** כדי להתאימן ללומדים השונים וכדי לעורר עניין ומוטיבציה ללמידה עצמית ולמידת חקר.

שימוש במשאבי מידע מגוונים

ההתפתחות שחלה בשנים האחרונות בכל הנוגע לשילוב מחשוב ותקשוב בהוראה מחייבת 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 המתחדש ללא הרף. כיום, הכלי המשמעותי המאפשר הצגה והכרה של נתונים ומידע עדכניים הוא **רשת האינטרנט (מְרֻשָּׁת)**. 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

⁸ הנחת היסוד של **הגישה הקונסטרוקטיביסטית** היא שאין אנו תופסים את העולם על פי המציאות האובייקטיבית דווקא, אלא על פי ההתנסויות הסובייקטיביות ודרכי התפיסה והקליטה של כל אדם. תהליך זה נעשה 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**.

מבוא

הרב והמעודכן שבאינטרנט נחוץ מאוד לעריכת מחקרים ולכתיבת עבודות ופרויקטים.⁹ 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 **הדמיות ומודלים ממוחשבים**, **תוכנות מחשב**, 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. במאגרים אלה מנצלים את יתרונות המדיה הדיגיטליים. שילוב משאבים אלו, נוסף למידע העדכני הנדרש, גם יאפשר הקניית מיומנויות למידה וטיפוחן, ובכלל זה מיומנויות עבודה בסביבה ממוחשבת ומתוקשבת.

משדרים בערוצי המדע וסרטי וידאו או DVD

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

מאמרים רלוונטיים באמצעי תקשורת למיניהם

כתבות ומאמרים המתפרסמים בעיתונות היומית, ברבעונים, בשנתונים ובשאר אמצעי התקשורת 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' 12).

⁹ ראו מאמר: כיצד מנצחים תלמידים בכתיבת עבודה בכימיה, עמ' 173.

מבוא

שימוש במגוון דרכי הוראה לפיתוח החשיבה וההבנה

בזיקה למה שנאמר על השיטה הקונסטרוקטיביסטית והבניית הידע לעומת השינון לשמו (ראו עמ' 17) וכן על חשיבות הקניית המיומנויות, הבנת העקרונות והתהליכים לעומת רכישת עובדות בלבד (ראו שינויים כלליים במהות תהליך ההוראה, עמ' 11) – חשוב להדגיש כי שיטת הוראה שרוב הזמן מוקדש בה להכתבה של חומר הלימוד, איננה מפתחת חשיבה עצמאית והבנה וכך הלומדים אינם מבנים במוחם את הידע הנדרש.

שימוש במפת מושגים

התנסות חוזרת בבנייה עצמאית של מפת מושגים עשויה להוביל את הלומד לקישור לוגי בין המושגים שנלמדו ולחיזוק ההבנה של הנושא הלימודי.¹⁰

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 שהלומד הבנה במוחו באמצעות עבודה הכתובה ברמה מתקבלת על הדעת הן מבחינת סיכום החומר ועריכתו והן מבחינת רמת השפה (ראו מאמר: כיצד מנחים תלמידים בכתיבת עבודה בכימיה, עמ' 173).

¹⁰ ראו הפניה למאמר על מיפוי מושגים, ביבליוגרפיה, עמ' 177.

מבוא

חשיבות הלמידה במעבדה הכימית

כימיה איננה מקצוע עיוני, וכדי שיוכלו להבין את מהותה, חיוני שהלומדים יערכו ניסויים במעבדה, שכן אין תחליף לעבודת לומדים 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** (הן ועדת תכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית והן ועדת תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה) **וועדת המקצוע ממליצות בכל פה על שיקום המעבדות הקיימות, על בניית מעבדות חדשות וצידן בציד הכרחי (כולל אספקה שוטפת) ועל הגדלת התקציבים הדרושים.** יש לשקול שדרוג חדרי מעבדה קיימים כדי שאותה מעבדה עצמה תשמש את לומדי 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 בעבודה כזו, יגונו את סוגי הניסויים ויקנו ללומדים 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 הלומד 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 ליחידה הרביעית וליחידה החמישית ראתה לנכון לאפשר השתלבות מדורגת של בתי הספר ביחידת המעבדה (ראו טבלת אפשרויות בחירה, עמ' 51 או עמ' 121). למרות שהתכנית אינה מחייבת בחירה של לפחות מחצית יחידת המעבדה, 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 מציוד מורי הכימיה, דרך הנהלת בית הספר והרשות המקומית ועד משרד החינוך.

מבוא

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 כְּאֶסָה" ("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:

- גופים חיים או דוממים עשויים מחומרים המצויים בטבע.
- ניתן לאפיין חומרים ולמיון אותם על פי מקורותיהם, תכונותיהם ודרכי השימוש בהם.
- האדם פיתח אמצעי מדידה כדי לאפיין חומרים ולזהותם.
- אפיון חומרים מחייב ביצוע פעולות כגון מדידה, תצפית, השוואה ומיון.
- ניתן להשתמש בחומרים למטרות מסוימות על פי תכונותיהם.
- להפקת חומרים מהטבע, לעיבודם ולייצור חומרים על ידי האדם יש השפעה רבה על איכות החיים ועל הסביבה.
- חומרים שונים, כגון חומרי דלק, מהווים מקורות אנרגיה.
- 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 בטבלת היסודות, בתהליכים כימיים, בשפת הכימאים ובאנרגיה כימית, וכן בשם הדיסציפלינה: כימיה. בכיתה ט' התלמידים פוגשים במושג הקשר הכימי וכיצד הוא קשור לאנרגיה הנפלטת מתהליך כימי או הנקלטת בו.

מבוא

להלן הרעיונות המרכזיים שביסוד הנושא המרכזי **חומרים: מבנה, תכונות ותהליכים** כפי שהם מופיעים בתכנית הלימודים המעודכנת **מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים**, תשע"א (2011). במעבר מתכנית לימודים אחת לבאה אחריה אפשר להבחין בהתפתחות הספירלית ברעיונות ובהדגשים:

- גוף מאופיין על-פי החומר ממנו הוא עשוי, צורתו, מסתו ונפחו.
- חומרים מאופיינים על-פי ההרכב, המקור, התכונות הכימיות והפיזיקליות.
- האדם משתמש לצרכיו בחומרים בהתאם לתכונותיהם.
- בחומרים יכולים להתרחש שינויים פיזיקליים. בשינוי פיזיקלי מהות החומר אינה משתנה.
- חימום גוף (תוספת חום) או קירור גוף (גריעת חום) יכולים לגרום לשינויים פיזיקליים ולשינויים כימיים.
- על-פי מודל החלקיקים כל חומר בנוי מחלקיקים (אטומים, מולקולות, יונים); ביניהם קיים ריק; החלקיקים נמצאים בתנועה מתמדת.
- מודל החלקיקים מסביר תכונות של חומרים ותופעות הקשורות בהם.
- בעולם החומרים ניתן להבחין בין יסודות, תרכובות, תערובות וחומרים מרוכבים.
- כל החומרים בנויים מאטומים.
- כל יסוד בנוי מאטומים זהים, השונים מהאטומים של היסודות האחרים.
- כל אטום בנוי מרכיבים תת-אטומיים: אלקטרונים וגרעין; הפרוטונים והניטרונים הם גרעין האטום. הרכיבים התת-אטומיים זהים בכל סוגי האטומים.
- היסודות נחלקים לשתי קבוצות: מתכות ואל מתכות.
- כל היסודות מסודרים במחזורים ובטורים בטבלת היסודות.
- תרכובת מורכבת מצירוף של יסודות; התכונות של התרכובת שונות מהתכונות של היסודות המרכיבים אותה.
- בתהליך כימי חומרים הופכים לחומרים אחרים; ייצוג תהליך כימי מתאר את התהליך בשפת הכימאים: תוצרים → מגיבים.
- תהליכים כימיים מלווים בשינויים באנרגיה כימית.
- בכל תהליכי השינוי בחומרים, נשמרת המסה הכוללת; איזון של ייצוג תהליך כימי נעשה על סמך חוק שימור המסה.
- להפקת חומרים, לעיבודם ולשימוש בהם יש השפעה מכרעת על איכות חיי האדם ועל הסביבה.

מבוא

- להלן למעוניינים, גם הרעיונות המרכזיים כפי שנוסחו בתכנית הלימודים מתשנ"ו (1996).
 - ניתן לאפיין גוף על פי החומר שממנו הוא עשוי, צורתו וממדיו (מסה, נפח, שטח פנים).
 - חומרים ניתנים לאפיון ולמיון בדרכים שונות, כגון על פי הרכבם, מקורותיהם, תכונותיהם הכימיות והפיזיקליות ושימושיהם.
 - קיים קשר בין מבנה חומרים לבין תכונותיהם. ניתן לנצל את החומרים על פי תכונותיהם לשימושים ספציפיים.
 - כל חומר בנוי מחלקיקים (אטומים, מולקולות) שביניהם קיים ריק. החלקיקים נמצאים בתנועה מתמדת.
 - תופעות הקשורות בחומר (כגון מצבי צבירה והמעברים ביניהם, פעפוע, דחיסה) ניתנות להסבר על פי המבנה החלקיקי של החומר.
 - בעולם החומרים ניתן להבדיל בין יסודות, תרכובות, תערובות וחומרים מרוכבים.
 - בטבלה המחזורית, היסודות מאורגנים על פי תכונותיהם.
 - בעולם החומרים יכולים להתרחש שינויים פיזיקליים וכימיים.
 - בכל תהליכי השינוי, נשמרת המסה הכוללת במערכת.
 - 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.
 - תהליך כימי מלווה תמיד בקליטה או בפליטה של אנרגיה.
 - 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 יוד, על פי התכנית **כימיה ליחידה הראשונה**, שנקראה בעבר גם **כימיה לרמת הבסיס** (תש"ס). כאן מקצוע הכימיה אינו עוד נושא מרכזי בתוך תכנית כללית במדעים, אלא מקצוע העומד בפני עצמו. התכנית מסבירה מיהו בר-אורייין בכימיה ומהם הנושאים שעליו להכיר כדי לרכוש אוריינות כימית. לשם כך הולמד מעמיק יותר בנושאים כמו מבנה האטום, שפת הכימאים, המערכה המחזורית, הקשר הכימי, חומרים יוניים ומולקולריים, ופוגש לראשונה נושאים כימיים חדשים.

מבוא

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 ליחידה השנייה וליחידה השלישית, מודגש במפרט התכנים של נושאי החובה (ראו עמ' 73), כי יש צורך ב"חזרה, שדרוג ויישור קו' לאחר לימוד תכנית היחידה הראשונה בכיתה יוד". 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 "אנרגטיקה ודינמיקה" נלמד כנושא החובה ביחידה הרביעית, ואילו השלב השני, הכולל העמקה ספירלית של שני הנושאים הללו, נלמד כנושא בחירה ביחידה הרביעית או החמישית. אלו תכנים 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 הרבה יותר.

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 חומצה-בסיס נלמד בהרחבה בכל הקשור למצבי היינון השונים של חומצות אמינו וחלבונים
- נושא 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 לעתים גם בין חלקים שונים של אותה המקרומולקולה, תוך עיצוב וייצוב המבנה המרחבי שלה, למשל מבנה שניוני ושלישוני של חלבון, RNA שליח ועוד.
- הנושא של אנרגטיקה ודינמיקה מורחב בפרק העוסק באנזימטיקה, בעיקר בקינטיקה אנזימטית.

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

מבוא

לא רק רכישת התכנים, אלא 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 הלומדים 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 הלומדים 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' 17) 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 מציגה גיוון בגישות ההוראה. בלימוד נושא גרעין אחד, "התפתחות הכימיה", לומדים כימיה בגישה היסטורית. נושא הגרעין האחר, "עולם כימי עתיר טכנולוגיה", עוסק 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 המשך אחד מתוך היצע של חמישה נושאים. מכאן שהגיוון הוא גם בנושאים וגם בגישות ההוראה (ראו טבלת הנושאים, עמ' 48).

תכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית כוללת שני נושאי חובה, ומגוון נושאי בחירה (ראו טבלת הנושאים, עמ' 49, או עמ' 67-68).

מבוא

תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה מאפשרת בחירה וגיוון.

בתכנית היחידה הרביעית, נוסף לנושא חובה אחד, מציעה התכנית מגוון נושאים עיוניים לבחירה (ראו טבלת הנושאים ביחידה הרביעית, עמ' 50, או עמ' 87). בתכנית היחידה החמישית, המורה בוחר בין צירופים שונים של נושאים עיוניים וחלקים של יחידת המעבדה (ראו טבלת אפשרויות הבחירה ביחידה החמישית, עמ' 51, או עמ' 121). הגיוון מתבטא הן בנושאים העיוניים והן בשיטות המעבדתיות. פרט לכך יש גיוון רב במבחר המאמרים המדעיים והפרויקטים הפתוחים ללומדים בכל תכניות הכימיה בחטיבה העליונה.

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

היסודות המארגנים את התכנית

היסוד המארגן בתכנית היחידה הראשונה הוא גישת האוריינות הכימית (פירוט על כך ראו עמ' 8. להרחבה ראו המאמר: "על אוריינות כימית", עמ' 153). המורה יתחשב בליבת התכנים להלן ובליבת המיומנויות (עמ' 54) וברשימת הערכים המשותפים לליבת אשכול המדעים (ראו להלן, עמ' 55) בעת התייחסותו ליסודות המארגנים את יחידת הלימוד הראשונה ובתכנון ההוראה של היחידה.

בתכנית היחידה השנייה והיחידה 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.

בתכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה יילמדו עקרונות יסוד בכימיה בגישת מבנה הדעת של המקצוע, היא הגישה המושגית. נושא החובה בתכנית זו, אנרגטיקה ודינמיקה – שלב ראשון (שיווי-משקל ומהירות תגובה) יילמד על פי היסוד המארגן של גישת מבנה הדעת, שכן נושאים אלה הם

מבוא

הבסיס להבנת מדע הכימיה. תוכני חובה אלה, אנרגטיקה ודינמיקה, הם הנושא הראשון של היחידה הרביעית, ובו בזמן הם מהווים בסיס להבנת כל אחד מנושאי הבחירה ביחידה הרביעית. כמו כן, בקיאות בתוכני היחידה החמישית, במעבדה ובנושאי הבחירה האחרים, מחייבת את הלומדים להביא לידי ביטוי את הבנות היסוד שלהם באנרגטיקה ובדינמיקה.

גם בנושאי הבחירה בתכנית **היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה** היסוד המארגן הוא **גישת מבנה הדעת**. בבחירת הנושאים העיוניים לבחירה, בא לידי ביטוי ייצוג הענפים השונים (הדיסציפלינות) של תחום-הדעת. מתן ייצוג מתאים לענפים אלה הוא יסוד מארגן נוסף בחלק העיוני של תכנית 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 ביחידה השנייה וביחידה השלישית.

מבוא

הרעיונות והמושגים המרכזיים

תכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית רואה את הכימיה כמסבירה את עולם הטבע (הן "עולם הדומם" והן "עולם החי") בשלושה היבטים – מבנה, אנרגיה, דינמיקה – ובאינטראקציה בין היבטים אלו.

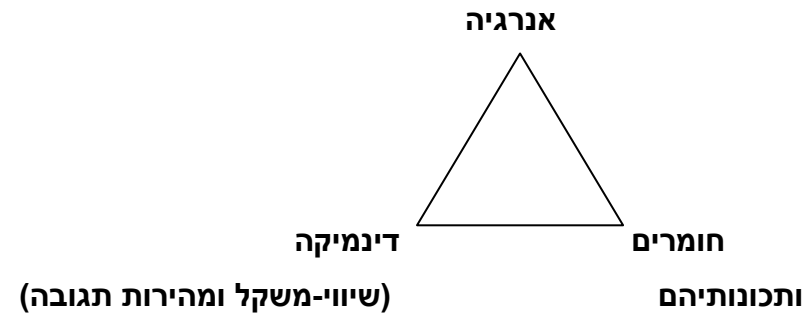
היבט המבנה – ההסברים עוסקים בשאלת התלות בין מבנה החומר ברמה המיקרוסקופית לבין תכונותיו ברמה המקרוסקופית. מבנה החומר כולל הן את סוג החלקיקים שמהם חומרים בנויים, הן את היערכותם של חלקיקים אלו והן את הקשרים הפועלים ביניהם. הבנת תלות זו מאפשרת לכימאי לייחס תכונות משותפות לקבוצות חומרים.

היבט האנרגיה – ההסברים מדגישים כי מצד אחד שינויים בחומר מלווים בשינויי אנרגיה, ומצד אחר שינויי אנרגיה יכולים לגרום לשינוי בהרכב החומר ובמבנהו.

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 לאי-התרחשותה של תגובה מסוימת.

היבט 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 שצוינו לעיל:



מבוא

תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה אף היא שמה דגש 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. לפיכך מושגי היסוד בתחום זה (כמו חום, טמפרטורה, אנטלפיה, אנטרופיה), חיוניים להבנת העקרונות הבסיסיים ביותר במדע הכימיה.

דינמיקה – ההבנה הבסיסית של התרחשות תהליכים כימיים אינה 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 ובתאוריה המדעית הנגזרת ממנו.

כדי שנושאים בסיסיים אלו יופנמו היטב אצל הלומדים, 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.

תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה שמה דגש על הקשר ההדוק בין המבנה לתפקוד של מקרומולקולות ביולוגיות כבסיס לפיתוח טכנולוגיות מתקדמות בתחומי התעשייה, המחקר והרפואה, טכנולוגיות שנועדו להביא תועלת לפרט ולחברה.

הערכים האוניברסליים והייחודיים

כחלק מהטיפול בכימיה, בטכנולוגיה ובחברה ותוך טיפוח האוריינות הכימית, התלמידים הלומדים **בתכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית** עוסקים גם בשאלות ערכיות הנוגעות לתעשייה הכימית, להצטברות הפסולת ולדרכי הטיפול בה. סוגיות **זיהום הסביבה** הן סוגיות ערכיות שהלומדים נדרשים להתמודד אתן. הנושא **כימיה ומזון** גם הוא מעורר דיונים ערכיים, לדוגמה: צבעי מאכל וחומרי שימור – האם הם מזיקים לבריאות? (על פיתוח בר-קיימא והחינוך לקיימות, ראו עמ' 13).

מבוא

בתכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה מוצגות שאלות חברתיות ועולים ערכים 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, ותכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית עוסקת 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 בלומדים **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 ולנקיטת עמדה בנדון.

מטרות-העל

מטרות-העל מגדירות את ייעודו של מקצוע הכימיה במערכת החינוך. הן מציגות את מה שראוי וצריך להתכוון אליו בתכנון ההוראה, גם אם לא ניתן להעריך או לאמוד את מידת השגתן.

להלן מטרות ההוראה והלמידה של הכימיה בכל היחידות בבית הספר התיכון.

- **הבנת העקרונות המדעיים** בתהליכים הכימיים השונים.
- **הבנת עקרונות המדע הניסויי** בניסויים שהלומדים עורכים בפועל ובאלה שהם דנים בהם.
- **הכרת הכימיה בחיי היומיום**: הדגשת הקשר של הכימיה למציאות היומיומית במטרה להפוך אותה לרלוונטית ללומדים.
- **קישור הכימיה לחברה**: בניית קשר בין הכימיה לנושאים מגוונים שהלומדים עשויים למצוא בהם עניין. לדוגמה: הכימיה בשירות המשטרה, הכימיה בייצור תרופות, הכימיה בתעשיית המזון וכדומה.
- **הבנת היות הכימיה צומת מדעים**: הכימיה מצויה בצומת בין הפיזיקה לביולוגיה ולביוטכנולוגיה.
- **הכרת הכימיה כתחום דעת משיק לתחומים נוספים**: חקלאות, רפואה, גאולוגיה ושאר מדעי כדור הארץ והסביבה, ארכיאולוגיה, טכנולוגיה, תעשייה.

מבוא

מטרות ליחידה השנייה וליחידה השלישית

מטרתה המרכזית של התכנית הוא פיתוח אוריינות אצל הלומדים בתחום הכימיה. בהתאם לכך, המטרות העיקריות בלימודי הכימיה בתכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית הן אלה:

- הכרת הכימיה כמרכיב מרכזי בחיי הפרט ובחברה לדוגמה: מזון, בריאות, תחבורה, הפקת חשמל
- הבנת השילוב בין כימיה-טכנולוגיה-חברה המתבטא ביישום הכימיה בתחומים טכנולוגיים, כמו התעשייה הכימית לסוגיה וההשלכות החברתיות של יישומים אלה, לדוגמה: ניצול עפרות להפקת מתכות, ניצול משאבי אנרגיה – התועלת לחברה מיישומים אלה והבעיות הסביבתיות שיש לפתור.

מטרות ליחידה הרביעית וליחידה החמישית לתלמידי כימיה

- התוודעות מעמיקה אל עולם הכימיה על ידי תוספת תכנים והעמקת הלימוד בגישת מבנה הדעת.
- הקנייה מעמיקה של עקרונות מדעיים (מתודה מדעית), שאותם ניתן לראותם כ"כלי העבודה" של העוסקים במדע. לדוגמה: שיטות העבודה בניסוי מדעי, דרכי הסקת המסקנות מהניסוי, משמעות התאוריה המדעית, אישושה או סתירתה.
- הפיכת מקצוע הכימיה למקצוע מעניין ומרתק הן בלימודים העיוניים והן במעבדה, מקצוע שבו השקעת מאמצים מביאה הצלחה וסיפוק.
- הכנת הלומדים ללימודים גבוהים בתחומי הכימיה והמדעים הקרובים (כגון: חקלאות, ביולוגיה, רפואה).

מטרות ליחידה הרביעית וליחידה החמישית 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 בביוטכנולוגיים.

מבוא

המטרות האופרטיביות

במטרות האופרטיביות משולבים ההישגים המצופים בתחום הידע, בתחום הכישורים והמיומנויות הייחודיים לכימיה כמדע ניסויי, בתחום המיומנויות ואסטרטגיות החשיבה ובתחום הערכים.

המטרות האופרטיביות נגזרות ממטרות-העל ומציינות במפורש במה על הלומד להיות בקי אם למד על פי התכנית.

להלן המטרות האופרטיביות:

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

ובהמשך לימודיהם:

- הלומדים יגלו בקיאות ויכולת העמקה גדולות יותר בעולם המושגים והתאוריות המדעיות בתחומי האנרגיה והדינמיקה בכימיה.
- הלומדים 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.
- הלומדים ייחשפו לענפי הכימיה השונים והמגוונים, שמשותפים להם מרבית העקרונות הכימיים (כמו חומצה ובסיס, חימצון-חיזור).
- הלומדים יגלו הבנה ויכולת יישום של ידע קודם בתופעות מחיי היומיום (פעולת חומרי ניקוי, תהליכים מעולם המטבח, תעשיית המזון וכדומה).

מבוא

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 הולכות וגדלות. המיומנויות המפורטות להלן יקבלו דגש והעמקה שונים בעת לימוד הנושאים בהשלמה להיקף של שלוש יחידות ובהשלמה להיקף של חמש יחידות.

המיומנויות העיקריות בלימודי הכימיה¹¹

- חשיבה מדעית-כימית¹² הכוללת הבחנה בין העולם המיקרוסקופי לבין העולם המקרוסקופי, כמו גם יכולת קישור ביניהם, תוך הבנה שהתנהגות העולם המיקרוסקופי מהווה הסבר לתופעות בעולם המקרוסקופי.
- יכולת מעבר בין ארבע רמות הייצוג בכימיה: מיקרו, מקרו, סמל ותהליך (ראו המאמר "חקר אירוע ושילוב בלימודי הכימיה", עמ' 164).
- הבנת התפתחותה של תאוריה מדעית ומשמעותה של תאוריה מדעית.
- תפיסה מופשטת של מושגים מדעיים.
- יכולת עבודה במעבדה כימית לסוגיה להבנתן ולרכישתן של שיטות החקר המודרניות. ראו תיאור מיומנויות החקר כחלק בלתי נפרד מהמטרות האופרטיביות (עמ' 124) ומהקריטריונים (עמ' 129) בפרק עריכת ניסויים במעבדה, היחידה החמישית לתלמידי כימיה.

¹¹ **המיומנויות העיקריות בלימודי כימיה** הן ספציפיות לתחום-הדעת, ועל כן לא קיבלו בהכרח דגש בליבת המיומנויות המשותפת לכל המקצועות המדעיים (ראו ארגון הלמידה ביחידת הלימוד הראשונה, עמ' 54).

¹² **מיומנויות החשיבה הביקורתית** הנחוצות בכל מקצוע מדעי, כתובות בליבת המיומנויות (ראו ארגון הלמידה ביחידת הלימוד הראשונה, עמ' 54).

מבוא

מיומנויות הקריאה של טקסט מדעי, הבנתו והערכתו הביקורתית¹³

- זיהוי רעיונות מרכזיים.
- יכולת לשאול שאלות הנובעות מתוך הטקסט (ראו "חקר אירוע ושילובו בלימודי הכימיה", עמ' 165).
- 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 לבין ממצאים.
- יכולת לבדוק קשר והתאמה בין ממצאי הניסוי והמסקנות.
- 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.

¹³ יש דמיון בין מיומנויות הקריאה של טקסט מדעי הכתובות בעמוד זה לבין מיומנויות ניתוח מידע וייצוגו כפי שהן רשומות בליבת המיומנויות (ראו ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה ביחידת הלימוד הראשונה, עמ' 54). כאן יש פירוט-יתר של מיומנויות אלה בגלל החידוש בתכנית הלימודים הנוכחית בהכנסת קריאת מאמר מדעי כמבנית חובה (ראו ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה ביחידה השנייה וביחידה השלישית, עמ' 66).

מבוא

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.

היבטים כלליים ביישום התכנית

שיקולים בתכנון תוכני ההוראה

על תוכני ההוראה להיות תואמים לתפיסה הרעיונית של התכנית, למטרותיה ולתכנים המפורטים בה. כפי שנאמר, התכנית הנוכחית מקדמת שתי תפיסות רעיוניות: בתכנית **היחידה השנייה והיחידה השלישית** באה לביטוי גישת "האוריינות הכימית" (ראו עמ' 8) המתאפיינת בעיסוק בסוגיות חברתיות, ואגב כך מוקנים המושגים והעקרונות המדעיים הרלוונטיים. תפיסה זו תבוא לידי ביטוי בעיצוב חומרי הלמידה המתאימים. לעומת זאת, גישת "מבנה הדעת" (ראו עמ' 9) מתאפיינת בבנייה מתודית של המושגים המדעיים תוך התייחסות מקיפה ליישומים הרלוונטיים ללומדים. בחומרי הלמידה שיפותחו, תבוא לידי ביטוי התפיסה הרעיונית המתאימה.

תכנון תוכני ההוראה של **נושא החובה ביחידה הרביעית** יתבסס על הקניית כלים מדעיים (חלקם מתמטיים) בגלל אופי נושאי הלימוד – אנרגטיקה ודינמיקה. עם זאת, מומלץ לנסות ולהתמודד עם נושאים אלה באמצעות גישה תיאורית המסתמכת על תופעות שלא יוכנסו לתוך משוואות. קישור הנושאים לתופעות מעולם המציאות (מערכות ביולוגיות, תעשייה כימית ותופעות המוכרות מחיי היומיום) הוא צורך חיוני ואינו למטרות העשרה בלבד. במילים אחרות, השימוש בדוגמה אינו להדגמה גרידא, אלא גם להעמקה בתוכן המדעי. גישה זו, המשלבת הבנה מילולית עם הבנה מתמטית, תועיל אחר כך בהתמודדות עם התכנים של נושאי הבחירה ושל המעבדה.

בפיתוח **ששת נושאי הבחירה של היחידה הרביעית** נבחרו נושאים עשירי תוכן החושפים את הלומדים לעולם המעניין והמגוון של הכימיה.

בפיתוח הקריטריונים של **המעבדה ביחידה החמישית** באה לביטוי העובדה שלראשונה יכולה המעבדה 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.

מבוא

תכנון תוכני ההוראה בכל הנושאים לתלמידי כימיה הן של **היחידה הרביעית** והן של **היחידה החמישית** יתבסס על אֶתגור הלומדים והנעתם 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, יידרשו המורים 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 פעילויות 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' 19; ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה ביחידה השנייה וביחידה השלישית - שעות העבודה במעבדה, עמ' 68; פרק המעבדה ביחידת הלימוד החמישית, עמ' 121). הדבר מחייב בניית מעבדות וצידון כראוי על כל המשתמע מכך מבחינה תקציבית. ככל הניתן יש לתכנן שימוש משותף של מקצועות המדעים השונים במעבדה תוך הנהגת דרכי התייעלות, כגון חדר הכנה ולברנט משותף לכל סוגי המעבדות.

מבוא

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 (מְרִשָּׁת)

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 סְפָרִית ולא-סְפָרִית. 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 הלומדים 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.

מבוא

למידה חוץ-כיתתית

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

בתכנית היחידה הרביעית והיחידה החמשית לתלמידי כימיה, לפחות בנושא בחירה עיוני אחד נדרשת פעילות חוץ-כיתתית. הכוונה היא לנושא בענף הכימיה של הסביבה (ראו מפרט התכנים, עמ' 112), שהוא אחד מתוך 6 הנושאים לבחירה ביחידות אלה. 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 עמ' 177, ביבליוגרפיה: "הוראה בסביבת הלימוד החוץ-כיתתית").

ארגון הסביבה הלימודית

הארגון תלוי בלוגיסטיקה של כל בית ספר.

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

מעבדה מצוידת היטב שנמצאים בה 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, ממומלץ לארגן את מערכת השעות בצורה שתאפשר לתלמידים רבים ככל האפשר ליהנות משעות לימוד רבות יותר במעבדה ומשימוש תכוף יותר במחשבים.

מבוא

תהליכי הערכה כחלק אינטגרלי מתהליכי ההוראה-למידה (ה"ה)

הערכה לשם למידה¹⁴

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**.¹⁵ 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 ב**תהליך הלמידה** ולא רק בהישג הסופי. לכן היא עושה "יותר צדק" עם הלומד ומבטאת התייחסות מקיפה יותר למאמציו המתמשכים וליחסו למקצוע.

על ההערכה להיות חלק בלתי נפרד מתהליך הלמידה וההוראה, 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,¹⁶ 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 ב**פיקוח הלומדים על תהליכי למידתם**, הערכת תהליך הלמידה והידע הנבנה והתאמת אסטרטגיות של למידה וחשיבה על פי הצורך. משום שהלומדים נדרשים לעקוב

¹⁴ יועד, צ' (2002). בתוך תכנית הלימודים במקרא לבית הספר הממלכתי, תשס"ג. יעוץ מדעי: פרופ' מנוחה בירנבוים, בית הספר לחינוך, אוניברסיטת תל אביב.

¹⁵ בירנבוים, מ' בתוך: בירנבוים, יועד, כ"ץ, קימרון, (2004). **בהבניה מתמדת – סביבה לפיתוח מקצועי של מורים** בנושא **תרבות ה"ה המטפחת הכוונה עצמית בלמידה**, אוניברסיטת תל אביב ומשרד החינוך, ירושלים.

¹⁶ ראו הנחת היסוד של תפיסה זו בהערת שוליים 7, עמ' 16 בתכנית זו.

מבוא

בעצמם אחרי תהליכי למידתם וחשיבתם, ובעצם פיתוח המודעות המְטָה-קוגניטיבית¹⁷ שלהם והודות לתהליכי הרפלקציה¹⁸ שלהם, הם אמורים לקדם את הישגיהם. המעקב המתמיד אחר התקדמות הלומד כרוך, כמובן, גם בהיבטים אישיותיים, שהרי לא ניתן להפריד את ההוראה מהחינוך. בתהליך הערכה לשם למידה (ה"ל"ל) שלושה מהלכים מרכזיים, ושותפים להם 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 שותפים בהצבתם. הלומדים יהיו שותפים פעילים במדידת הישגיהם ובהערכתם במהלך הלמידה וישפרו בתוך כך את ביצועי ההבנה¹⁹ שלהם בחומר הנלמד.

¹⁷ 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.

¹⁸ רפלקציה או רפלקסיה, חשיבה רפלקטיבית – חשיבה לאחור: מה היה? מה עשיתי? איפה טעיתי? מה הייתי עושה בדרך שונה וכדומה. החשיבה על העשייה מחייבת רפלקציה (שיקוף) ומשוב על התהליכים והתוצרים תוך כדי תהליך הלמידה.

¹⁹ ביצוע הבנה – התלמיד מבצע דבר-מה בעל משמעות הכולל שימוש במיומנויות חשיבה מסדר גבוה.

מבוא

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' 19), עריכת פרויקטים ולמידת חקר הם דרכי למידה מומלצות. הערכת פרויקט כזה או ניסוי חקר אינה פשוטה, וחלק מהותי בה הוא התהליך שהלומד עובר תוך כדי התקדמותו במשימה.

כאמור, כדי להתמודד כראוי עם הערכת הפרויקטים שהלומדים מבצעים ומציגים בכתב ובעל פה, יש להציב **קריטריונים** ברורים להערכה; חשוב שקריטריונים אלה יהיו ברורים וייקבעו מראש בשיתוף עם התלמידים. תלמיד היודע מראש כיצד תוערך עבודתו יעבוד בביטחון גדול יותר, ללא "ריות באפלה". 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, ויש להקפיד 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. פיתוח 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 הלומדים בכתיבת העבודות (ראו המאמר: "כיצד מנחים תלמידים בכתיבת עבודה בכימיה", עמ' 174).

מבוא

הקשר 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.²⁰
- 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.

²⁰ "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 • רפלקציה • 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 יוזמה • 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

מבוא

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 ורפלקציה)
- 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 הלומדים ביישום התכנים שלמדו תוך הפעלת מיומנויות חשיבה גבוהות כמו: תכנון, ארגון ומיזוג מידע, הסקת מסקנות, ביקורתיות וכדומה.

מטלת הביצוע היא משימה מאתגרת ומושכת עבור הלומדים שאינה מתרחשת בלחץ של זמן. מטלת ביצוע היא מטלה פתוחה ומורכבת המאפשרת מתן פתרונות שונים. בתחילת ביצוע הלומדים נדרשים לתכנן את מהלך עבודתם ולהפעיל שיקול דעת בבחירת התכנים המתאימים. המשכה של עבודת הלומדים 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 **מחוון** (מלשון חיווי) שממדיו מתייחסים ליעדים שהוצבו.

מבוא

מחווון

המחווון הוא כלי ציינון (מתן ציון) המארגן קריטריונים וציוני דרך (benchmarks) לביצוע המטלה ומתארם בדירוגים של איכות. הצבת הקריטריונים וציוני הדרך מראש מאפשרת ללומדים 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 ורפלקציה)

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 הלומדים לחשיבה וכתובה רפלקטיבית מעודדת אותם ומאפשרת להם להתבונן ממרחק של זמן על המהלכים שעברו ועל תוצאותיהם. החשיבה והכתיבה 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 לומדיהם, ואילו הלומדים מנהלים דיאלוג פנימי עם עצמם ודיאלוג חיצוני עם מוריהם ולעתים אף עם עמיתיהם. דיאלוגים אלה מהווים סוג של ראיות משמעותיות שהלומדים 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. כמו כן אמצעי זה 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.

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

מבוא

בתלקיט ניתן לכלול פריטים מסוגים שונים – פריטים כתובים, מוקלטים, חזותיים (שיעורי בית, מבחנים, תוצרי מטלות ביצוע, תוצרי חקירה עיונית) או תוצרים כמו: דוח, דגם, מצגת, עיתון וכדומה, רפלקציה 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 גם עבודות טובות וגם טובות פחות, ובתנאי שייצגו את התפתחותם של הלומדים בתהליך למידתם.

תלקיט משולב המשלב את שני הסוגים.

חשוב מאוד שהמורים והלומדים 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.^{21 22 23}

²¹ בירנבוים, מ' (1997). **חלופות בהערכת הישגים**, רמות, תל-אביב.

²² בירנבוים, מ' (עורכת), (1999). **הערכה מושכלת – מתאוריה למעשה**, רמות, תל אביב.

²³ בירנבוים, יועד, כ"ץ, קימרון, (2004). **בהבניה מתמדת – סביבה לפיתוח מקצועי של מורים בנושא תרבות ה"ה, המטפחת הכוונה עצמית בלמידה**, אוניברסיטת תל אביב ומשרד החינוך, ירושלים.

מבוא

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 הלומדים 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 והלומדים למהלך הלמידה, ולא רק באמצעות ציון מספרי מסכם.²⁴

סיכום

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

²⁴ 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 בספר הנ"ל: מראה מקום 18, פרק ראשון, מטלת ביצוע בביוולוגיה.

מבוא

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."²⁵

²⁵ טישמן, פרקינס, ג'יי (1996). **הכיתה החושבת**, מכון ברנקו-וייס והאגף לתכנון ופיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, ירושלים, עמ' 2.