

חברי ועדות התכנית

תכנית הלימודים ללומדים כימיה בחטיבה העליונה בהיקפים ובהדגשים שונים הוכנה בכמה שלבים על ידי ארבע ועדות תכנית שונות. כולן פעלו בתיאום עם ועדת המקצוע.

בשלב הראשון פותחה התכנית ליחידה הראשונה.

חברי הוועדה לפיתוח התכנית ליחידה הראשונה

פרופ' אהרון גדנקן	יושב ראש הוועדה , המחלקה לכימיה, אוניברסיטת בר-אילן
ד"ר אבי הופשטיין	מרכז הוועדה , מפקח מרכז על הוראת הכימיה, משרד החינוך
פרופ' יואב אייזן	המחלקה לכימיה, הטכניון, חיפה
גב' ורדה אקשטיין	מורה לכימיה, תיכון עירוני "בית חינוך", ירושלים
גב' רות בוצר	מורה לכימיה, בית ספר תיכון "הראשונים", הרצליה
פרופ' נאוה בן-צבי	המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים
ד"ר רות בן-צבי	קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן למדע
פרופ' ישראל גולדברג	המחלקה לכימיה, אוניברסיטת תל אביב
ד"ר חוסאם דיאב	מפקח על הוראת המדעים במגזר הערבי, משרד החינוך
ד"ר חנה ויניק	מפקחת מרכזת על מדעים וטכנולוגיה בחטיבת הביניים, המינהל למדע וטכנולוגיה, משרד החינוך
ד"ר חגית מאיר	מנהלת גף מדעים, המינהל למדע וטכנולוגיה, משרד החינוך
ד"ר צחי מילגרום	המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים
ד"ר רחל ממלוק	המחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן למדע, רחובות
ד"ר דני מנדלר	המחלקה לכימיה, האוניברסיטה העברית בירושלים
פרופ' רון נעמן	המחלקה לכימיה, מכון וייצמן למדע, רחובות
ד"ר מיכל צלטנר	מורה לכימיה, בית הספר ע"ש רוטנברג, רמת-השרון
פרופ' ארנון שני	המחלקה לכימיה, אוניברסיטת בן גוריון, באר-שבע

חברי ועדות התכנית

בשלב השני פותחה התכנית ליחידה השנייה וליחידה השלישית, הדבר נעשה במקביל לפיתוח התכנית ליחידה הרביעית וליחידה החמישית לתלמידי כימיה.

חברי הוועדה לפיתוח התכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית

פרופ' אבי הופשטיין	יושב ראש הוועדה , המחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן למדע
ד"ר רחל טסה	מרכזת הוועדה , מפקחת תכנים ותכניות לימודים בכימיה, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך
ד"ר ניצה ברנע	מפקחת מרכזת על הוראת הכימיה, משרד החינוך
מר עזיז דעים	מורה בבית ספר הנזירות הפרנציסקניות, נצרת, ומנהל בית הספר "יוחנן הקדוש", חיפה
גב' נירה דינרי	הגימנסיה העברית "הרצליה", תל אביב; עד שנת תשס"ב
ד"ר מרדכי ליבנה	המחלקה לכימיה, אוניברסיטת בר-אילן, רמת-גן
גב' רות לפלר	בית ספר תיכון עירוני ה', חיפה; עד שנת תשס"ב
ד"ר צחי מילגרום	המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים
פרופ' אברהם ניצן	המחלקה לכימיה, הפקולטה למדעים מדויקים, אוניברסיטת תל אביב
פרופ' רון נעמן	המחלקה לפיזיקה כימית, מכון וייצמן למדע, רחובות
גב' דבורה קצביץ	בית ספר תיכון אזורי, גדרה

חברי ועדות התכנית

חברי הוועדה לפיתוח תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה

פרופ' דניאל מנדלר	יושב ראש הוועדה , המחלקה לכימיה אי-אורגנית ואנליטית, האוניברסיטה העברית בירושלים
ד"ר רחל טסה	מרכזת הוועדה , מפקחת תכנים ותכניות לימודים בכימיה, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך
ד"ר ניצה ברנע	מפקחת מרכזת על הוראת הכימיה, משרד החינוך
פרופ' שלמה אפרימה ז"ל	המחלקה לכימיה, אוניברסיטת בן גוריון בנגב, באר-שבע
ד"ר חוסאם דיאב	מפקח על הוראת מדע וטכנולוגיה במגזר הערבי, משרד החינוך
פרופ' דן זילברשטיין	הפקולטה לביוכימיה, הטכניון, חיפה
גב' זיוה לנדא	בית ספר תיכון אזורי רמלה-לוד ע"ש ביסטריצקי
ד"ר רחל ממלוק-נעמן	המחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן למדע, רחובות
פרופ' שלמה מרגל	המחלקה לכימיה, אוניברסיטת בר-אילן, רמת גן
גב' יהודית פלדמן	בית ספר תיכון ע"ש ברנר, פתח תקוה
פרופ' אורי פסקין	הפקולטה לכימיה, הטכניון, חיפה
גב' אוטיליה רוזנברג	בית ספר תיכון "הראשונים", הרצליה
גב' פנינה שפירא	בית ספר תיכון ע"ש אחד העם, פתח תקוה
גב' אילנה זוהר	בית ספר תיכון ע"ש מיי בויאר, ירושלים (תת-הוועדה לניסוח הקריטריונים למעבדה)

פרופ' שלמה מרגל	יושב ראש ועדת המקצוע לכימיה עד שנת תשס"ג, המחלקה לכימיה, אוניברסיטת בר-אילן, רמת-גן
פרופ' יהודית דורי	יושבת ראש ועדת המקצוע לכימיה בשנים תשס"ג - תשס"ח, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה

חברי ועדות התכנית

בשלב השלישי נכתבה תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידים הלומדים במגמת ביוטכנולוגיה.

חברי הוועדה שהכינה את תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה:

ד"ר ידידה שרעבי	יושבת ראש הוועדה, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן, רמת גן
ד"ר רחל טסה	מרכזת הוועדה, מפקחת תכנים ותכניות לימודים בכימיה, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך
ד"ר בת שבע כהן	מדריכה ארצית לביוכימיה, מגמת ביוטכנולוגיה, משרד החינוך
גב' אילת אברהם	מפקחת מרכזת על הוראת הביוטכנולוגיה, משרד החינוך
גב' ריבי בנדט	מורה לביוכימיה וכימיה, תיכון קריית שרת, חולון
ד"ר אסתר פרידלנדר	מורה לביוכימיה וכימיה, בית הספר הריאלי העברי בחיפה
גב' נאווה רותם	מורה לביוכימיה וכימיה, תיכון עמל ב', פתח תקוה
גב' יונת שמאי	מורה לביוכימיה וכימיה, תיכון "אביב", רעננה

קריאה והערות	גב' נאווה סגן, ד"ר צופיה יועד, ד"ר נטע עורבי, ד"ר ניצה ברנע, גב' אילת אברהם
עריכה והבאה לדפוס	ד"ר רחל טסה

עריכת הלשון	גב' ליאורה הרציג, גב' דרורה ועדיה
סדר ולוחות	ארט פלוס, ירושלים

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך, תש"ע, 2009

"מעלות" הוצאת ספרים בע"מ, רח' קרליבך 29 תל אביב, טל' 5614121 (03), www.maalot-sfarim.co.il

פתח דבר

תכנית הלימודים החדשה בכימיה מיועדת לתלמידים הבוחרים ללמוד את המקצוע בהיקף של חמש יחידות לימוד. התכנית מעודכנת לשנת תשע"א, 2011. תכנית זאת היא מודולרית: יחידה ראשונה, שתי יחידות המשלימות להיקף של שלוש יחידות לימוד (היחידה השנייה והיחידה השלישית) ושתי יחידות נוספות (היחידה הרביעית והיחידה החמישית) המשלימות להיקף של חמש יחידות לימוד. ההשלמה להיקף של חמש יחידות לימוד כוללת גם את היחידה הרביעית והיחידה החמישית, ביוכימיה בהרחבה, עבור תלמידי ביוטכנולוגיה.

חלק ראשון – מבוא (רציונל)

במבוא לתכנית מוצגים נושאים אלה: הרקע לכתיבת תכנית לימודים חדשה, התפיסה הרעיונית, עקרונות היסוד שהנחו את כותבי התכנית, העקרונות הפדגוגיים-דידקטיים שלה, היסודות המארגנים את התכנית, הרעיונות והמושגים המרכזיים בה, הערכים האוניברסליים והייחודיים שההוראה מכוונת לטפחם. כמו כן מפורטים מטרות-העל, המטרות האופרטיביות, המיומנויות והכישורים העיקריים שעל התלמידים לרכוש וכן דרכי הוראה רצויות. דגש מיוחד ניתן לדרכי הערכה מומלצות, תוך הדגשת החשיבות בשמירת קשר מתמיד בין ההוראה, הלמידה וההערכה.

חלק שני – מפרט התכנים

חלק זה מתייחס ליחידות הלימוד השונות ומבהיר את ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה של כל אחת מהן. בהמשך הדברים ניתן מפרט התכנים של כל יחידה תוך פירוט רב ככל האפשר. בצד פרטי התוכן ניתנות דוגמאות רבות כדי לסייע למורים ביישומה המושכל של התכנית. מבין הדוגמאות בנושאים השונים יבחר¹ המורה את המתאימות ביותר לכיתתו או יציע דוגמאות משלו.

חלק שלישי – מאמרים

מאמרים אלה רלוונטיים לנושאי הלימוד ולדרכי ההוראה ומטרתם הרחבה והעמקה למורים ולתלמידים.

¹ לנוחיות הקריאה נקטנו בדרך כלל לשון זכר יחיד. בכל התכנית הכתוב מתייחס למורים ולמורות, לתלמידים ולתלמידות.

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 ומתקדמות 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".

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 ומתקדמות 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 ושואלת: 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 גֶרָדָא, 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, ביטכנולוגיה, 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 ביטכנולוגיה "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**בְּנִית 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, מְבַנֶה 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.

טבלת הפריסה של הנושאים על פני כל יחידות הלימוד

חלק שני: מפרט התכנים של יחידות הלימוד

טבלת הפריסה של הנושאים על פני כל יחידות הלימוד

יחידה ראשונה – 90 שעות לימוד			
מספר שעות לנושא	הנושא	אופן הבחירה	סוג
45	התפתחות הכימיה	יש לבחור נושא-גרעין אחד	נושאי גרעין
	עולם כימי עתיר טכנולוגיה		
45	בריאות וחולי ומה שביניהם	יש לבחור נושא-המשך אחד	נושאי המשך
	כימיה והחיים		
	סביבות ואיכויות		
	עולמן של מולקולות הענק		
	תהליכים על פני כדור הארץ		

טבלת הפריסה של הנושאים על פני כל יחידות הלימוד

יחידה שנייה ויחידה שלישית – 180 שעות לימוד			
מספר שעות לנושא	הנושא או הסוגיה	אופן בחירה	סוג
55	חומרים ותגובות בהיבט כמותי		חובה
20	הכול כימיה – קריאת מאמר מדעי		חובה
55	כימיה... זה בתוכנו	יש לבחור נושא אחד	בחירה
	כימיה והסביבה		
40	טעם של כימיה	יש לבחור נושא אחד	
	חומרים כבקשתך		
10	שעות לפי ראות עיני המורה		

טבלת הפריסה של הנושאים על פני כל יחידות הלימוד

יחידה רביעית לתלמידי כימיה – 90 שעות לימוד			
מספר שעות לנושא	הנושא	אופן בחירה	סוג
45	אנרגטיקה ודינמיקה – שלב ראשון		חובה
45	כימיה אורגנית	יש לבחור נושא עיוני אחד	בחירה
	ביוכימיה		
	כימיה פיזיקלית		
	כימיית פני-שטח		
	כימיה של הסביבה		
	אנרגטיקה ודינמיקה – שלב שני		

טבלת הפריסה של הנושאים על פני כל יחידות הלימוד

יחידה חמישית לתלמידי כימיה – 90 שעות לימוד		
מספר שעות לחלק	אפשרויות הצירופים של חלקי היחידה	אופן בחירה
45 שעות לכל חלק של יחידת מעבדה או לנושא עיוני	אפשרות א: חלק ראשון של יחידת המעבדה נושא עיוני *	יש לבחור אפשרות אחת מבין אפשרויות א, ב, ג
	אפשרות ב: חלק ראשון של יחידת המעבדה חלק שני של יחידת המעבדה	
	אפשרות ג: נושא עיוני * נושא עיוני *	

* הכוונה לנושא עיוני שלא נבחר קודם מבין נושאי הבחירה העיוניים ביחידה הרביעית.

טבלת הפריסה של הנושאים על פני כל יחידות הלימוד

יחידה רביעית ויחידה חמישית לתלמידי ביוטכנולוגיה – 180 שעות לימוד		
סוג	הנושא	מספר שעות לנושא
חובה	מבוא: מקרומולקולות ביולוגיות והתא החי	5
חובה	חומצות גרעין וביוסינתזה של חלבונים	30
חובה	חלבונים – מבנה ותפקוד	100
חובה	פחמימות, ליפידים וממברנות ביולוגיות	45

היחידה הראשונה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

היחידה הראשונה ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

מטרת-העל של תכנית הלימודים ליחידה הראשונה היא להקנות לתלמידים **אוריינות כימית**, ומכאן הזיקה בין מטרות-העל של תכנית הלימודים ליחידה הראשונה לבין מטרות-העל של תכנית ההשלמה להיקף של שלוש יחידות לימוד. ההבדלים הם במידת ההעמקה הנדרשת בכל רמה.

מטרות-העל בהקניית אוריינות כימית

- הכרה כי הכימיה היא חלק ממכלול המדעים המדויקים.
- הכרה כי לכימיה תפקיד מיוחד בהכרת מבנה החומר ובניצול הידע הזה לשיפור תנאי החיים בעולמנו.
- הקניית התובנה של מהות המדע ושל דרכי התפתחותו. הכרת הגורמים המייחדים את המדע ואת דרכי עבודתו של המדען.

המטרות הכלליות

- לימוד המושגים הבסיסיים של מקצוע הכימיה ושל השפה הכימית.
- הכרת מאפייני מדע הכימיה.
- הבנת תופעות בחיי היום-יום ובסביבה הקרובה.
- פיתוח עניין וסקרנות להרחבת הידע הכימי.

דרכי הוראה-למידה-הערכה מומלצות

- שילוב המעבדה כמרכיב מרכזי בתהליך ההוראה-למידה.
- התנסות בדרכי הוראה והערכה חלופיות. דרכי ההוראה החלופיות יכללו עבודה בקבוצות, פרויקטים אישיים וקבוצתיים, ניסויי חקר.

דרישות הקדם

הידע הנרכש בבית הספר היסודי ובחטיבת הביניים, הן במתמטיקה והן במדעים האחרים, הוא בסיס מספק ללימוד היחידה הראשונה

היחידה הראשונה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

ליבת המיומנויות

במסגרת תכנית הלימודים ליחידה הראשונה יפותחו המיומנויות האלה:²⁶

מיומנויות חשיבה ביקורתית

- זיהוי או ניסוח שאלות.
- קביעה של סיבה ותוצאה.
- זיהוי יחסים בין משתנים.
- השוואת נקודות דמיון ושוני.
- הבחנה בין עובדות להשערות.
- התייחסות לטיעונים מבוססים על מידע חסר, פגום או שגוי.
- יכולת לבסס טיעון על מידע מדעי.
- זיהוי תיאורים שהמסקנות בהם אינן תוצר הגיוני של העובדות המוצגות.
- יכולת לבחון תקפותה של מסקנה המתייחסת לנתונים.
- יכולת פתרון בעיות ושימוש נכון ברמות ההבנה בכימיה: סמל, מקרו, מיקרו, תהליך.
- יכולת פתרון בעיות ומתן הסברים תוך שימוש בצורות ייצוג שונות (כגון: מודל, גרף, מפת מושגים).

מיומנויות ניתוח מידע וייצוג

- זיהוי רעיונות מרכזיים.
- יכולת לזהות עיקר וטפל.
- ארגון מידע וייצוגו בטבלאות.
- תיאור מידע וייצוגו בדרך גרפית תוך בחירת קנה מידה מתאים וזיהוי מגמות בגרף.
- פענוח מידע המצוי בטקסט, בטבלאות, בגרפים, בתרשימים ובמודלים.
- בדיקת התאמה בין נתונים המתוארים בטבלאות, בגרפים ובתיאורים מילוליים.

²⁶ הפירוט בליבת המיומנויות זהה לכל המקצועות באשכול המדעים.

היחידה הראשונה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

ליבת הערכים

במסגרת תכנית הלימודים ליחידה הראשונה, יודגשו הערכים המשותפים לכל המדעים:

- ייחוס ערך למחקר מדעי (בניגוד לתפיסות פסבדו-מדעיות).
- יושרה מדעית, אתיקה והגינות (כגון: דיווח אמת על ממצאים, יושרה בשימוש בידע ובמקורותיו, ציון מקורות המידע).
- מגבלות המדעים (כגון: הרעיון כי אין אמת מוחלטת במדע, עקרון הספק, גבולות המדע במתן מענה לכל שאלה).
- אחריות האדם להשלכותיה של הקדמה הטכנולוגית על הפרט והחברה: השלכות חברתיות, כלכליות, לאומיות, תרבותיות, סביבתיות (כגון, ניצול אחראי של משאבים: מים, קרקע ומקורות אנרגיה).
- כבוד האדם – היבטים ביו-אתיים.
- קדושת החיים (לדוגמה: איסור ניסויים בבני אדם, צער בעלי חיים – יחס אתי לבדיקת חומרים כימיים על בעלי חיים).
- אהבת הארץ, נופיה וערכי הטבע שבה (לדוגמה: שמירת טבע, מניעת זיהום).
- סובלנות ופתיחות (לדוגמה: עבודה בצוות, קבלת האחר, פתיחות לדעות שונות, לטעויות ולחידושים, סקרנות).

תוכני היסוד

מבנה החומר

- לכל חומר יש מבנה והרכב האופייניים לו.
- אטומים של יסודות רבים הם יציבים מאוד, כלומר גרעיניהם אינם משתנים מעצמם. אטומי יסוד יכולים להרכיב את היסוד או להיות חלק מתרכובת, מבלי שגרעיני האטומים האלה ישתנו. (אטומים אחרים, גרעיניהם אינם יציבים. גרעין מסוג זה הופך לגרעין של יסוד שונה תוך כדי פליטת חלקיקים מתוך הגרעין המקורי, ו/או קרינה רדיואקטיבית. פליטות אלה נקראות תהליכים רדיואקטיביים).
- ממספר קטן יחסית של סוגי אטומים (כ- 100 יסודות) נוצר מספר עצום של תרכובות (יותר מ- 20 מיליון).
- תכונותיה של תרכובת שונות מתכונות היסודות היוצרים אותה; תכונותיה אינן שוות לסכום התכונות של היסודות המרכיבים אותה.

היחידה הראשונה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

שינויים באנרגיה ובמידת הסדר (במהלכם של שינויים בחומר)

- קיים קשר בין שינויים בחומר לבין שינויי אנרגיה:
 - שינויים בחומר מלווים בשינויי אנרגיה.
 - שינויי אנרגיה גורמים במקרים רבים לשינויים בהרכב ובמבנה של החומר.
- מערכות מבודדות מגיעות למצב של אי-סדר מרבי.
- בתנאים מתאימים, ניתן להצמיד שתי מערכות זו לזו באופן שאחת מהן תגיע למצב של סדר גדל על חשבון הגדלת אי-הסדר במערכת השנייה.

דינמיות של תגובות (שיקולים קינטיים)

- יש תגובות איטיות ויש תגובות מהירות. בגבולות מסוימים יכול הכימאי לשלוט על תנאי התגובה.
- מהירות התגובה תלויה בתנאים, לדוגמה בטמפרטורה; ובמקרים מסוימים היא תלויה בנוכחות חומרים נוספים – זרזים.
- הוספת זרזים מאפשרת התרחשות של תגובות. ללא תוספת זרזים, תגובות אלה לא היו מתרחשות, לדוגמה: אנזימים במערכות חיות.

מאפיינים ייחודיים למבנים ולתהליכים ביצורים חיים (בשלוש הרמות לעיל)

- הגיוון הרב של התרכובות ביצורים חיים (למרות שהן מתבססות בעיקר על הכימיה של יסוד אחד – הפחמן, ועוד יסודות אחדים).
- הספציפיות של התרכובות ביצורים חיים.
- בצומח מתרחשת אינטראקציה בין חומר וקרינה.
- בגופם של יצורים חיים מתרחשות תגובות בתנאים עדינים בהרבה מאשר במערכות לא חיות.

הכימיה בונה "חומרים כבקשתך"

על סמך הידע המצטבר על אודות התלות של תכונות החומר (עולם התופעות) במבנה המיקרוסקופי של החומר (התייחסות כללית בלבד).

היחידה הראשונה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

פירוט המושגים

להלן פירוט המושגים הכלולים בתכנית הלימודים ליחידה הראשונה על פי תוכני היסוד. מושגים אלה מתייחסים רק לנושאי החובה שבתכנית.

הנושא	תת-נושא	פירוט	הערות
מבנה החומר	מבנה האטום	- חלקיקים תת-אטומיים: גרעין האטום (פרוטונים וניטרונים), אלקטרונים - מספר אטומי, מספר מסה, איזוטופים, רדיואקטיביות, תגובות גרעיניות - היערכות האלקטרונים ברמות אנרגיה (באטומים וביונים) - אנרגיית יינון	
	שפת הכימיה	- אטום, מולקולה, יון, סמלים ונוסחאות, נוסחה אמפירית ומולקולרית - ניסוחי תהליכים - ארבע רמות ההבנה בכימיה והמעברים ביניהן: סמל, מיקרו, מקרו, תהליך - תאוריה, השערה, מודל	
	המערכה המחזורית	- מבנה המערכה: שורות וטורים - מתכות ואל-מתכות - משפחות כימיות: מתכות אלקליות, הלוגנים וגזים אצילים - תכונות מחזוריות: אנרגיית יינון, מטען היון, ערכיות.	
	חוקי היסוד	- חוק שימור המסה - חוק היחסים הקבועים	
	מצבי צבירה	- מאפיינים - מעברים בין מצבי צבירה	
	מבנה, קישור ותכונות	- טמפרטורת היתוך, טמפרטורת רתיחה, מצב צבירה בטמפרטורת החדר - הולכת חשמל - קשיות, פריכות - הקשר המתכתי, המבנה והתכונות של מתכות - הקשר היוני, המבנה והתכונות של תרכובות יוניות - הקשר הקוולנטי, נוסחות ייצוג אלקטרוניות, תכונות של חומרים מולקולריים, מקרומולקולות ביולוגיות וסינתטיות - הקשר הקוולנטי וחומרים אטומריים - קשר בין מבנה החומרים, תכונותיהם והשימושים בהם	

היחידה הראשונה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

הנושא	תת-נושא	פירוט	הערות
שינויים באנרגיה ובמידת הסדר		- שינויים באנרגיה ובמידת הסדר במעבר בין מצבי הצבירה - שינויי אנרגיה בפירוק קשרים וביצירת קשרים	ללא חישובים
		- השפעת זרזים - השפעת הטמפרטורה	ברמה איכותית בלבד

מסגרת ההוראה

תכנית הלימודים ליחידה הראשונה כוללת 7 נושאים: 2 נושאי גרעין ו-5 נושאי המשך. לכל נושא מוקצבות 45 שעות. על כל תלמיד ללמוד 2 נושאים: נושא גרעין אחד ונושא בחירה אחד. שני הנושאים יחד מכסים את 90 שעות יחידת הלימוד. הטבלה להלן מסכמת את מסגרת ההוראה ביחידה הראשונה:

סוג	אופן הבחירה	הנושא	המפרט בעמ' השעות	מספר
נושאי גרעין	נושא אחד מבין 2 נושאי הגרעין	התפתחות הכימיה	59	45
		עולם כימי עתיר טכנולוגיה	60	
נושאי המשך	נושא אחד מבין 5 נושאי המשך	בריאות וחולי ומה שביניהם	61	45
		הכימיה והחיים	62	
		סביבות ואיכויות	63	
		עולמן של מולקולות הענק	62	
		תהליכים על פני כדור הארץ	65	

היחידה הראשונה – מפרט התכנים

נושא גרעין: התפתחות הכימיה

נושאים ומושגים בכימיה	היבטים כלליים
• הרכב האטום: חלקיקים תת-אטומיים - גרעין האטום (פרוטונים, נייטרונים), אלקטרונים, הערכות אלקטרונים • סימול כימי, מספר אטומי, מסה אטומית, ערכיות • יונים: אנרגיית יינון • איזוטופים, רדיואקטיביות טבעית; תגובות גרעיניות: תהליכי ביקוע והיתוך • תערובות, תרכובות ויסודות; מתכות ואל-מתכות • חומרים מן החי • מתכות, חומרים יוניים ומולקולריים • חוקי שימור • שינוי מצב צבירה לעומת תגובות כימיות • בתגובות נוצרים חומרים חדשים • בתגובה נשברים קשרים ונוצרים קשרים אחרים • בתגובה משתתפים חלקיקים רבים • שינויים בחומר מלווים בשינויי אנרגיה. • פירוק ויצירה של קשרים מלווים בשינויי אנרגיה • שימור אנרגיה לעומת אי-השימור של מקורות האנרגיה	• תיאוריות, השערות ומודלים • גילויים והמצאות לאורך הדורות • הקשר בין מדע וטכנולוגיה • השוני בין מדע וטכנולוגיה • רדיואקטיביות – שימושים לעומת נזקים • הצורך בשימור מקורות אנרגיה

היחידה הראשונה – מפרט התכנים

נושא גרעין: עולם כימי עתיר טכנולוגיה

נושאים ומושגים בכימיה	היבטים כלליים
• החומר – היבט מיקרו: - אטומים, חלקיקים תת-אטומיים, יונים - מערכת אלקטרונית מסבירה פעילות ותגובות בין אטומים • החומר – היבט מקרו: - תערובות, תרכובות ויסודות - מוליכים למחצה ושימושיהם - בדיקות ואנליזות – קביעת מבנה (איכותי בלבד) ובקרת איכות • מיון חומרים • תמיסות, תרחיפים ותחליבים כסביבות לשינויים בחומר - בתגובה כימית נוצרים חומרים חדשים - שינויים בחומר מלווים בשינויי אנרגיה - בתגובה נשברים ונוצרים קשרים	• חומרים שונים בשימוש האדם • יישום עקרונות טכנולוגיים • תהליך התיכון כתהליך בסיסי בתעשייה • תעשיית הקוסמטיקה, המזון והתרופות כהדגמה יישומית

היחידה הראשונה – מפרט התכנים

נושא המשך: בריאות וחולי ומה שביניהם

נושאים ומושגים בכימיה	היבטים כלליים
• מיון חומרים: - חומרים טבעיים וחומרים מעשה ידי אדם - חומרים יוניים ומולקולריים, חומר טהור, תערובת, יסודות ותרכובות • שינויים בחומר: - חוקי שימור, ניסוח תהליך - תהליכים גרעיניים - זרזים בתהליך הכימי; ההשלכה על הפעילות באורגניזם החי בכלל ועל התהליכים בגוף האדם בפרט • החומר – היבט מיקרו: - מולקולות ויונים - צורות של מולקולות ומשמעותן למבנה ופעילות של תרופות ורעלים - איזוטופים	• הכימיה בשירות הטכנולוגיה • רפואה קונבנציונלית ורפואה הומאופתית – המשמעות הכימית • הסכנות לאדם מקרינה רדיואקטיבית, השימוש באיזוטופים רדיואקטיביים ברפואה • הכימיה לשירות הטכנולוגיה: רוקחות ותרופות

היחידה הראשונה – מפרט התכנים

נושא המשך: כימיה והחיים

נושאים ומושגים בכימיה	היבטים כלליים
- מבנה האטום, סימול כימי, ערכיות, איזוטופים, רדיואקטיביות, תערובות ותרופות. - אטום הפחמן וייחודו - תערובות, תרכובות ויסודות - חומרים מן החי (הקשר הכימי), חומרים מולקולריים, מולקולות ומבני ענק - תרכובות פחמן, תרכובות פחמן בחי ובצומח - בתגובות משתנה אופי החומרים. - בדיקות ואנליזות - בתגובה נשברים קשרים ונוצרים קשרים אחרים - בתגובה משתתפים חלקיקים רבים - מהירות תגובה, זרזים ואנזימים - שינויי אנרגיה מלווים פירוק ויצירה של קשרים - תגובות ספונטניות ולא-ספונטניות - צימוד בין תגובות – הגורם המניע תהליכים	- מחזורי חומרים בטבע - דלקים פוסיליים והבעייתיות בשימוש בהם - ניצול ישיר של אנרגיית השמש (לדוגמה דודי שמש), לעומת ניצול עקיף שלה דרך מזון או נפט

היחידה הראשונה – מפרט התכנים

נושא המשך: סביבות ואיכויות

נושאים ומושגים בכימיה	היבטים כלליים
• מיון חומרים: חומרים טבעיים וחומרים מעשה ידי אדם, הטבלה המחזורית במשמעויותיה הניסוייות (דמיון ושוני) • סדרי גודל של ריכוזים (לדוגמה, יסודות קורט) • עקרונות טכנולוגיים ויישומיים • מקורות אנרגיה ודלקים • שינויים בחומר • יצירה ושבירה של קשרים כימיים כהסבר מיקרוסקופי לתהליכים מיקרוסקופיים בסביבה, תוך התייחסות לשינויי האנרגיה המלווים אותם • מעברי צבירה, חוקי שימור, תהליכים גרעיניים	• תגובות באוויר, במים ובאדמה • מודל מדעי ותקפותו • הטבלה המחזורית בפעולה • הכימיה בשירות הטכנולוגיה, החקלאות והניטור הסביבתי • הכימיה בהשתמעותה בסביבה, לדוגמה: איכות האוויר והמים

היחידה הראשונה – מפרט התכנים

נושא המשך: עולמן של מולקולות הענק

נושאים ומושגים בכימיה	היבטים כלליים
• מבנה האטום, סימול כימי, יונים, ערכיות • תערובות, תרכובות ויסודות • מתכות ואל-מתכות (הקשר היוני לעומת הקשר הקוולנטי) • מולקולות ומבני ענק (מתכות), חומרים יוניים ומולקולריים • תרכובות פחמן, תרכובות פחמן בחי ובצומח • אופי החומרים משתנה בתגובות כימיות. - בדיקות ואנליזות - בתגובה נשברים קשרים ונוצרים קשרים אחרים. - בתגובה משתתפים חלקיקים רבים. • מהירות תגובה, זרזים ואנזימים • שינויי אנרגיה מלווים פירוק ויצירה של קשרים • תגובות ספונטניות ולא-ספונטניות • צימוד בין תגובות – הגורם המניע תהליכים	• הקשר בין תכונות חומר לבין השימושים בו • חומרים שונים בשימוש האדם: סגסוגות, תרכובות, תערובות ותמיסות • כיצד נתכנן חומר למטרה מוגדרת • תעשייה כימית לרווחת האדם (לדוגמה: תעשיית הדשנים) • מחזור חומרים • "עידן הפלסטיק" • חומרים מן החי בשימוש האדם

היחידה הראשונה – מפרט התכנים

נושא המשך: תהליכים על פני כדור הארץ *

נושאים ומושגים בכימיה	היבטים כלליים
- גרעין האטום, איזוטופים, תגובות גרעיניות, מתכות לעומת אל-מתכות, חומרים טבעיים לעומת סינתטיים, תערובות, תרכובות ויסודות, קישור כימי, מולקולות ומבני ענק - תגובות כימיות - חוקי שימור - שינוי מצב צבירה לעומת תגובות - בתגובות משתנה אופי החומרים - בדיקות ואנליזות - בתגובה נשברים קשרים ונוצרים קשרים אחרים - בתגובה משתתפים חלקיקים רבים - שינויים בחומר מלואים בשינויי אנרגיה - פירוק ויצירה של קשרים מלואים בשינויי אנרגיה - שימור אנרגיה לעומת אי-השימור של מקורות אנרגיה - מהירות תגובה וזרזים - תגובות ספונטיות ולא-ספונטיות - צימוד בין תגובות – הגורם המניע תהליכים כימיים	- תהליכים המתרחשים בסביבה הקרובה והרחוקה יותר של התלמיד (לדוגמה: תגובות במטבח ותגובות בתעשייה הכימית לייצור חומרים לרווחת האדם) - תגובות המתרחשות על פני כדור הארץ - תגובות באטמוספירה - תגובות הגורמות לזיהום הסביבה, שיטות מחזור והבעייתיות שבהן

* תכנית הלימודים במדעי כדור הארץ והסביבה (תשס"ד) עוסקת בנושא זה בהרחבה.

היחידה השנייה והיחידה השלישית ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

היחידה השנייה והיחידה השלישית ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

דרישות הקדם

היחידה הראשונה הנלמדת בכיתה יוד, מהווה את דרישת-הקדם ללימוד היחידה השנייה והיחידה השלישית.

היקף השעות

היקף השעות הוא של שתי יחידות לימוד אלו: בכל יחידה 90 שעות, כלומר 180 שעות מרביות. (מסגרת ההוראה מתייחסת ליחידה השנייה וליחידה השלישית).

מיומנות קריאת טקסט מדעי

במשך לימוד היחידה השנייה והיחידה השלישית על התלמיד לבסס את מיומנות קריאת הטקסט המדעי, ולכך מוקדש אחד הנושאים. כבר ביחידה הראשונה (ראו עמ' 54) התלמיד נדרש לפתח **מיומנויות חשיבה ביקורתית ומיומנויות ניתוח מידע וייצוגו**. מיומנויות אלה הן הנדרשות בעת קריאה מושכלת של טקסט מדעי, והן נחשבות כמיומנויות חשיבה ברמה גבוהה (או: מסדר גבוה). יש המכנים את הלימוד והקניית המיומנויות באמצעות טקסט מסוג זה בשם חקר אירוע. ראו המאמר "חקר אירוע ושילובו בלימודי הכימיה" העוסק בפיתוח כישורי חשיבה ברמה גבוהה באמצעות חקר אירוע. "חקר אירוע הוא כלי לימוד בעל אופי תיאורי-סיפורי העוסק במצבים אמיתיים שיש לה השלכה על חיי היומיום של הלומד." (עמ' 165).

(ראו גם מראה מקום בביבליוגרפיה, עמ' 178: "כיצד לקרוא מאמר מדעי").

הבניית מיומנויות אלה איננה מתרחשת בפעם אחת. הן נבנות בדרך ספירלית, על ידי שימוש חוזר בהן תוך כדי עיסוק במאמרים חדשים, בין מעובדים ובין מקוריים, תוך כדי התמודדות עם מגוון נושאים רחב בכימיה, תוך כדי התייחסות לבעיות רלוונטיות ומעניינות. מאמרים מגוונים המעובדים הן על ידי מדריכי המורים, הן על ידי מרכז המורים הארצי והן על ידי מורים שונים, יעמדו לרשות המורים באתר המרכז הארצי. זאת לאחר בדיקת הדיוק המדעי.

בחירת מאמרים המתאימים לנושאים הנלמדים ביחידה הרביעית וביחידה החמישית תהיה נתונה לשיקול דעתו של המורה, הן מבחינת התכנים והן מבחינת דרגת הקושי.

היחידה השנייה והיחידה השלישית ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

נושאי חובה ובחירה

תכנית הלימודים ליחידות השנייה והשלישית כוללת 6 נושאים (2 נושאי חובה ו-4 נושאי בחירה).
כל תלמיד חייב ללמוד את 2 נושאי החובה ו- 2 נושאי בחירה (מתוך 4 נושאים מוצעים: אחד מכל זוג) בסך הכול, כל תלמיד חייב ב- 4 נושאים.

חלוקת השעות לנושאי חובה ובחירה וחובת שעות מעבדה

להלן טבלה ובה פירוט החלוקה לנושאי חובה ולנושאי בחירה על פי השעות.

הגישה לנושא החובה "חומרים ותגובות בהיבט כמותי" היא מנקודת הראות של לימוד מבנה הדעת.

הגישה לנושאי הבחירה העוסקים ב"חומרים, מבנה ותכונות", "תגובות כימיות: חימצון-חיזור, חומצה ובסיס" היא מנקודת הראות של פיתוח אוריינות כימית, ועל כן מפרט התכנים שלהם נכתב בנוסח סוגיה חברתית.

מספר שעות	הנושא	אופי הנושא	סוג הנושא
55	חומרים ותגובות בהיבט כמותי	גישת מבנה הדעת	חובה
20	קריאת טקסט מדעי	קריאת טקסט מדעי	חובה
55	תגובות כימיות: חימצון-חיזור, חומצה ובסיס	סוגיה חברתית	בחירה של סוגיה אחת מבין 2 הסוגיות
		סוגיה חברתית	
40	חומרים, מבנה ותכונות	סוגיה חברתית	בחירה של סוגיה אחת מבין 2 הסוגיות
		סוגיה חברתית	
בסך הכול: 170			

הטבלה לעיל מפרטת את חלוקתן של 170 שעות מתוך המרב של 180 שעות.

10 השעות הנותרות יוקדשו להמשך פיתוח המיומנויות המרכיבות את ליבת אשכול המדעים, נוסף לטיפול בהן במסגרת הוראת הנושאים השונים. לדוגמה:

- מיומנות הגלישה המושכלת באינטרנט באתרים רלוונטיים.
- שימוש במחשב להדמיית מודלים ואירועים כימיים שלא ניתן לבצע בכיתה או במעבדה.

חלוקת השעות העודפות בין אפשרויות אלה תהיה לפי ראות עיניו של המורה.

היחידה השנייה והיחידה השלישית ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

נושאי החובה, הסוגיות ושעות העבודה במעבדה

בטבלאות להלן תמצאו את שמות הנושאים, הן נושאי החובה והן נושאי הבחירה הכוללים את 4 הסוגיות. כמו כן מפורטות שעות העבודה במעבדה בכל אחד מהנושאים, מלבד בנושא "קריאת טקסט מדעי". כל 5 הנושאים האחרים מצריכים עבודה במעבדה. בכל אחד מהם התלמיד נדרש לערוך **ניסויים במעבדה בעצמו**, במסגרת השעות המוקצבות לכל נושא; כל זאת, מלבד הדגמות המורה.

- לימוד כל נושא מבין הנושאים שמוקצבות להם 55 שעות: "חומרים ותכונות בהיבט כמותי", "תגובות כימיות: חימצון-חיזור, חומצה ובסיס", מחייב לפחות **10 שעות עבודה במעבדה**.
- לימוד הנושא שמוקצבות לו 40 שעות: "חומרים, מבנה ותכונות" מחייב לפחות **5 שעות עבודה במעבדה**.
- בסך הכול, כל תלמיד חייב לעבוד לפחות **25 שעות במעבדה** כחלק מ- 4 הנושאים והסוגיות שבהם יעסוק.

טבלת נושאי החובה, היקף השעות, חובת שעות מעבדה

סוג	הנושא	המפרט בעמ'	מספר השעות
חובה	חומרים ותגובות בהיבט כמותי	73	55 כולל 10 שעות מעבדה
חובה	קריאת טקסט מדעי	75	20 בפריסה על פני כל תקופת הלימוד

טבלת נושאי הבחירה ודרך הבחירה בסוגיות, היקף השעות, חובת שעות מעבדה

סוג	הנושא	הסוגיה	המפרט בעמ'	מספר השעות
בחירה של סוגיה אחת מבין 2 הסוגיות	תגובות כימיות: חימצון-חיזור, חומצה ובסיס	כימיה... זה בתוכנו	77	55 כולל 10 שעות מעבדה
		כימיה והסביבה	79	
בחירה של סוגיה אחת מבין 2 הסוגיות	חומרים, מבנה ותכונות	טעם של כימיה	81	40 כולל 5 שעות מעבדה
		חומרים כבקשתך	83	

היחידה השנייה והיחידה השלישית ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

פירוט המושגים, העקרונות והתהליכים הנדרשים

להלן מפורטים המושגים הכימיים שעל התלמיד ללמוד במסגרת לימודי היחידה השנייה והיחידה השלישית, מחולקים על פי נושאי הלימוד. לעתים ליד המושג רשום בסוגריים: פירוט המושג, הבהרתו או מידת ההעמקה הנדרשת.

1. מבנה, קישור ותכונות חומרים

(שדרוג והשלמה של המושגים מכיתה יוד, מהיחידה הראשונה)

- קוטביות מולקולות על פי מבנה נתון
- מבנה חומרים מתכתיים, יוניים, אטומריים, מולקולריים, מבני ענק, פולימרים (כולל הסבר עקרוני של תגובת דחיסה לקבלת פולימר)
- קשרים בין-מולקולריים (קשרי ואן-דר-ואלס, קשרי מימן)
- תכונות הנובעות מהמבנה והקישור:
 - מצב צבירה – מוצק גבישי ואמורפי, נוזל, גז
 - טמפרטורת היתוך, טמפרטורת אידוי, טמפרטורת המראה
 - אנרגיה המעורבת ביצירת קשרים כימיים ובניתוקם
 - המסה בממסים שונים
 - מוליכות חשמלית בתמיסה מימית, במותך ובמוצק

2. היבטים כמותיים

- מול, מספר אבוגדרו
- מסה מולרית
- ניסוח מאוזן של תגובות
- חישובים סטוכיומטריים (חישובים פשוטים בלבד ללא גורם מגביל)
- ריכוז מולרי
- השערת אבוגדרו
- נפח מולרי של גז, תלותו בלחץ ובטמפרטורה

היחידה השנייה והיחידה השלישית ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

3. חמצון-חיזור

- חמצון, חיזור (מחמצן ומחזר)
- דרגת חמצון
- איזון תגובות חמצון-חיזור (לפי דרגות חמצון בתגובות פשוטות בלבד)
- שרשרת חמצון (מכוהל לחומצה)
- השורה האלקטרו-כימית של המתכות (ברמה איכותית)

4. חומצות ובסיסים

- בסיס וחומצה על פי ברונסטד-לאורי
- תגובות בסיס וחומצה
- מים כחומצה וכבסיס
- תמיסה מימית חומצית
- תמיסה מימית בסיסית
- אינדיקטורים (שינוי צבע כתוצאה משינוי רמת pH)
- pH (איכותי, "סרגל" בלבד)
- תגובת סתירה
- חומצה חלשה ובסיס חלש (חומצה ובסיס שאינם מגיבים עד תום).
- חומצות קרבוקסיליות
- חומצות אמיניות

היחידה השנייה והיחידה השלישית ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

5. אנרגיה (מושגי אנרגיה בסיסיים בלבד, הנושא יילמד לעומק ביחידה הרביעית)

- תגובות אקסותרמיות, תגובות אנדותרמיות
- שינוי האנרגיה בתגובה (ΔH); לתגובות אקסותרמיות - ΔH שלילי, לתגובות אנדותרמיות - ΔH חיובי.
- אנרגיה וקשר כימי
- אנרגיית הקשר הכימי (כולל סימון חיובי וסימון שלילי והקשר ל- ΔH)

6. תגובות שאינן מתפתחות עד תום (ברמה איכותית בלבד)

- תגובות הפיכות

היחידה השנייה והיחידה השלישית ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

דרך כתיבת מפרט התכנים בתכנית

מפרט התכנים של נושא בחירה נכתב בדרך שונה ממפרט התכנים של נושא חובה.

נושא חובה מטופל מנקודת הראות של **תחום-הדעת**. הדבר בולט בדרך הצגת התכנים בטבלת מפרט התכנים. בנושא חובה יובא תחילה פירוט הנושאים והמושגים, ואחר כך – הצעות לדוגמאות וליישומים.

הנושא	פירוט התכנים התלמיד ידע, יבין ויישם את המושגים, העקרונות והתהליכים הבאים:	הצעות לדוגמאות ויישומים
-------	---	----------------------------

נושא בחירה מתואר כ**סוגיה חברתית-טכנולוגית** הקשורה לחיי היומיום, ועל כן היא עשויה לעורר עניין בתלמידים. לכן, העמודה הראשונה מונה את תחומי העניין הקשורים לסוגיה, ורק אחר כך נמנים המושגים שהתלמיד ירכוש במהלך לימוד הסוגיה.

הסוגיה	במסגרת הסוגיה התלמיד ילמד על:	בעקבות לימוד הסוגיה התלמיד ידע, יבין ויישם את המושגים, העקרונות והתהליכים הבאים:	הצעות לדוגמאות ויישומים
--------	----------------------------------	--	----------------------------

הוראת נושא בחירה היא גמישה יותר מהוראת נושא חובה, ועל כן היא מאפשרת תרגול מיומנויות הכלולות בתכנית הלימודים (למשל: קריאת טקסט, חשיבה ביקורתית). נוסף לכך, לימוד נושא הבחירה יתבצע בחלקו באמצעות משימות ביצוע, עבודות, ניסויי חקר ופרויקטים. בכל הנושאים, ההצעות לדוגמאות ויישומים נועדו להבהרה והן בגדר הצעות בלבד. מורים ומפתחי חומרי למידה יוכלו להשתמש בהן, להוסיף עליהן או לגרוע מהן.

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

היחידה השנייה והיחידה השלישית מפרט התכנים

נושא חובה (גישת מבנה הדעת)

הנושא: **חומרים ותגובות בהיבט כמותי**

היקף: **55 שעות**

מטרות לימוד הנושא

- חזרה, שדרוג ו"יישור קו" לאחר לימוד היחידה הראשונה בכיתה יוד.
- היכרות עם ההיבט הכמותי ההכרחי להקניית אוריינות כימית ולהקניית בסיס להיבט הכמותי בפרקים הבאים.
- היכרות עם תרכובות פחמן בכלל, וכבסיס לפולימרים פשוטים בפרט.

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

הצעות לדוגמאות וליישומים	פירוט הנושאים התלמיד ידע, יבין ויישם את המושגים, העקרונות והתהליכים הבאים:	נושא חובה
– יתרונות השימוש בדלק מוצק בטיילים – חישובים בתהליכי ייצור בתעשייה הכימית – גזים המשתחררים בפיצוץ (יתרונות השימוש בכרית אוויר בכלי רכב כדוגמה לצורך בחישובים סטוכיומטריים)	מבנה וקישור סוגי הקשרים הכימיים, סוגים של קישור בין-מולקולרי * , (או כוחות בין-מולקולריים) השפעת המבנה על תכונות החומר: • מצבי צבירה והמעברים ביניהם • מבנה חומרים מתכתיים, יוניים, אטומריים ומולקולריים • קבוצה פונקציונלית בתרכובות הפחמן • פולימרים מלאכותיים וטבעיים סטוכיומטריה • הגדרת מול, מסה מולרית • ניסוח תגובות • חישובים סטוכיומטרים (חישובים פשוטים ללא גורם מגביל) המצב הגזי • לחץ, נפח וטמפרטורה; נפח מולרי של גז – תלות בלחץ ובטמפרטורה • השערת אבוגדרו (גישה מושגית)	חומרים ותגובות בהיבט כמותי 55 שעות

* ראו המאמר "טעויות המשגה בנושא מבנה וקישור" מאת ת' לוי נחום, עמ' 159.

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

נושא חובה

המיומנות: **קריאת טקסט מדעי**

הנושא: **הכול כימיה**

היקף כולל: **20 שעות**

נושא החובה השני כולל נושאים שונים מתחום הכימיה הרלוונטיים לחיי היומיום. הנושאים יכתבו כאסופה של מאמרים, שנועדה להציג בפני התלמידים עקרונות מדעיים, מגוון שימושים בכימיה ודילמות הקשורות בה. כל זאת תוך כדי רכישת מיומנות הקריאה של טקסט מדעי. הקניית מיומנות זו דורשת פיתוח אסטרטגיות חשיבה מגוונות וחשובות. ההקניה תיעשה בפריסה על פני כל תקופת הלימודים של היחידה השנייה והיחידה השלישית. *

לפי שיקול דעתו של המורה, הוא יוכל ללמד בתקופה מאוחרת יותר גם מאמרים אחדים המתאימים לנושאים הנלמדים ביחידה הרביעית וביחידה החמישית, הן מבחינת התכנים והן מבחינת דרגת הקושי.

* ראו מיומנויות קריאת מאמר מדעי בעמ' 66.

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

נושא חובה	התכנים	התלמיד ידע, יבין ויישם את המושגים הבאים:	התלמיד יעסוק באסטרטגיות החשיבה הבאות:
הכול כימיה 20 שעות בפריסה על פני כל תקופת הלימודים	• תעשיית היי-טק: מוליכים למחצה, ננו-כימיה • קוסמטיקה • מזון • תרופות • חומרי ניקוי • דשנים / ים המלח • תעשיית סוללות ומצברים	• חומצות ובסיסים • חמצון-חיזור • אנרגיה • מסיסות • היבטים קינטיים ותרמודינמיים • חומרים יוניים • חומרים אטומריים	– זיהוי רעיונות מרכזיים – יכולת לזהות עיקר וטפל – פענוח מידע המצוי בטקסט, בטבלאות, בגרפים, בתרשימים ובמודלים – בדיקת התאמה בין נתונים המתוארים בטבלאות, בגרפים ובתיאורים מילוליים – קביעה של סיבה ותוצאה – זיהוי יחסים בין משתנים – השוואה: ציון נקודות דמיון ושוני – הבחנה בין עובדות להשערות – התייחסות לטיעונים מבוססים על מידע חסר, פגום או שגוי – זיהוי תיאורים שהמסקנות בהם אינן תוצר הגיוני של העובדות המוצגות – יכולת לבחון תקפותה של מסקנה המתייחסת לנתונים

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

נושאי בחירה (סוגיה חברתית)

הנושא: **תגובות כימיות: חימצון-חיזור, חומצה ובסיס**

הסוגיה: **כימיה... זה בתוכנו**

היקף: **55 שעות**

מטרות לימוד הנושא

- חזרה, שדרוג, "יישור קו" ויישום בנושאים אלה: מבנה וקישור, אנרגיה כימית, שיווי-משקל.
- עיסוק **בסוגיה** המקשרת חומרים כימיים מגוונים עם צרכיו של האדם המודרני ועם שימושים רווחים בחיי היומיום.
- היכרות עם **המושגים המדעיים** הרשומים בטבלת מפרט התכנים להלן.
- היכרות עם **תרכובות פחמן**.

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

הסוגיה	במסגרת הסוגיה התלמיד ילמד על:	בעקבות לימוד הסוגיה התלמיד ידע, יבין ויישם את המושגים, העקרונות והתהליכים הבאים:	הצעות לדוגמאות וליישומים
כימיה... זה בתוכנו 55 שעות	חומצות ובסיסים • בגוף האדם • במטבח • בחומרי ניקוי • חומצות קרבוקסיליות • אמינים	• חומצות ובסיסים חזקים וחלשים • חומצות קרבוקסיליות ואמינים • תגובות סתירה	דוגמאות לחומצות ובסיסים: – בגוף האדם – HCl בקיבה, נזלים בגוף – במטבח – חלב, חומץ, מיץ לימון – לניקוי – מי-אש, אמוניה, סבון – חומצות אמיניות (בעקבות הלימוד על חומצות קרבוקסיליות ואמינים) כאבני הבניין של חלבונים ובקשר למזון וערכו התזונתי.
	חמצון-חיזור בגוף האדם • חמצון גלוקוז • חמצון אתנול לאצטאלדהיד (השפעת הכוהל על האדם) • אנטי-אוקסידנטים	• חמצון-חיזור • שרשרת חמצון (מכוהל לחומצה)	– ערך קלורי של מזונות
	מסיסות • המסת דשנים • המסת לכלוך	• קישור בין-מולקולרי • (הידרופילי / הידרופובי, קשרי מימן)	– דוגמה להמסת לכלוך: מתקן לניקוי זפת מהרגליים בשפת הים בעזרת נפט
	קורוזיה של מתכות	• השורה האלקטרו-כימית של המתכות	– קיבוע עצמות בעזרת מתכות בניתוחים אורטופדיים – מדוע משתמשים במתכת אחת ולא באחרת.

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

נושא בחירה (סוגיה חברתית)

הנושא: **תגובות כימיות: חימצון-חיזור, חומצה ובסיס**

הסוגיה: **כימיה וסביבה**

היקף: **55 שעות**

מטרות לימוד הנושא

- העמקה ויישום של העקרונות והתהליכים הכימיים שנלמדו בפרקי החובה.
- עיסוק בסוגיה המשלבת מדע, טכנולוגיה, חברה וסביבה כדי לעורר את המודעות להשפעת הכימיה על החברה האנושית ועל הסביבה.
- בחינת ההשפעה של התעשייה הכימית והתחבורה על הסביבה.
- הכרות עם עקרונות הכימיה הירוקה - פיתוח תהליכים חדשים שאינם כוללים חומרים מסוכנים ואינם יוצרים זיהומים סביבתיים.
- הכרות עם עקרונות פיתוח בר קיימא - ניצול משאבים לצורכי האנושות לצד שימור הסביבה למען הדורות הבאים.

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

הסוגיה	במסגרת הסוגיה התלמיד ילמד על:	בעקבות לימוד הסוגיה התלמיד ידע, יבין ויישם את המושגים, העקרונות והתהליכים הבאים:	הצעות לדוגמאות וליישומים
כימיה וסביבה 55 שעות	תהליכי שריפה ותגובות חמצון-חיזור • דלק פוסילי • תהליכי שריפה בתעשייה ובתחבורה • זיהום אוויר משריפות הנגרמות מפעילות אנושית וממקורות טבעיים • עקרונות של כימיה ירוקה ופיתוח בר-קיימא	• חומרים מחמצנים וחומרים מחזרים • אלקטרושליליות של יסודות • השורה האלקטרוכימית • דרגות חמצון ואיזון משוואות בעזרתן • מעברי אלקטרונים כאמצעי לזיהוי תגובות חמצון-חיזור	• הרכב האטמוספירה • גזים מזהמים (NO_x, SO_x); מחזור החנקן ומחזור הגפרית בטבע • דלקים לא מזהמים • ממיר קטליטי כפתרון טכנולוגי למזהמים גזיים מכלי רכב • גזי חממה, "אפקט" החממה והתגברות אפקט החממה • תופעת הערפיח הפוטוכימי והאוזון "הרע" • פריאונים • האוזון "הטוב" ותופעת "החור" באוזון
	תגובות חומצה-בסיס סביבנו • מבנה, זיהוי ותגובות של חומצות ובסיסים • השפעה אקולוגית של חומצות ובסיסים באוויר ובמים	• חומרים חומציים וחומרים בסיסיים – זיהוי באמצעות אינדיקטורים • מעבר פרוטונים כאמצעי לזיהוי חומר בסיסי וחומר חומצי • חומציות וסולם pH • תגובות לקבלת חומצות ולקבלת בסיסים • תגובת סתירה בין חומצה לבסיס, המים כחומצה וכבסיס • חוזק חומצות ובסיסים ופירוק ליונים בתמיסה מימית	• היווצרות גשם חומצי • נזקים סביבתיים (קורוזיה לדוגמה) ובריאותיים של גשם חומצי • יצירת ארוסולים של מלחי גפרית באוויר • אירוע "לונדון" ותופעת הסינרגיזם • תהליכי ספיגה כפתרון למזהמים גזיים חומציים – יצירת חומצות בקולטן

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

נושא בחירה (סוגיה חברתית)

הנושא: **חומרים, מבנה ותכונות**

הסוגיה: **טעם של כימיה**

היקף: **40 שעות**

מטרות לימוד הנושא

- העמקה ויישום של עקרונות שנלמדו בפרקי החובה.
- עיסוק בסוגיה המציגה את תרומת הכימיה (דשנים, חומרי הדברה) לייצור מזון ולמניעת רעב באוכלוסיית כדור הארץ, הגדלה בטור גאומטרי.
- הבנת המבנה הכימי של מרכיבי המזון, פחמימות, שומנים וחלבונים ותכונותיהם כחלק מתרכובות הפחמן.
- תרומת הכימיה להכנת מזון לכלל האוכלוסייה ולהכנת מזון ייחודי למגזרי אוכלוסייה מוגדרים.

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

הסוגיה	במסגרת הסוגיה התלמיד ילמד על:	בעקבות לימוד הסוגיה התלמיד ידע, יבין ויישם את המושגים, העקרונות והתהליכים הבאים:	הצעות לדוגמאות וליישומים
טעם של כימיה 40 שעות	• הרכב המזון: שומנים, סוכרים, חלבונים, ויטמינים, מינרלים • מזון כמקור האנרגיה בגוף האדם	• קבוצות פונקציונליות • תכונות חומרים: מסיסות, טמפ' היתוך • חום שרפה, ערך קלורי של מזונות, ΔH	– האם אוכלים קלוריות?
	• שומנים – מבנה, מיון, תכונות, חשיבות כמזון לגוף האדם	• שומן ושמן • חומצה קרבוקסילית • חומצות שומן • שומן רווי ובלתי רווי, סיפוח מימן לקשר כפול • איזומריית ציס-טרנס • טריגליצרידים • תגובות: איסטור, הידרוליזה חומצית	– שיטות הפקת שמנים – תהליכי בישול, טיגון ואפייה – מוצרי מזון דלי-קלוריות, דלי-שומן
	• סוכרים – מבנה, מיון, תכונות, חשיבות כמזון	• חד-סוכרים, דו-סוכרים, עמילן, צלולוז • קבוצות פונקציונליות • תגובת דחיסה	– ממתקים מלאכותיים
	• חלבונים – מבנה, מיון, תכונות, חשיבות כמזון	• חומצות אמיניות, הידרופיליות והידרופוביות, חומצות אמיניות חיוניות • קשר אמידי • דו-פפטיד • מבנה החלבון (ראשוני, שניוני, שלישוני)	– הכנת מוצרי חלב: גבינות, יוגורט, גלידות ועוד
	• הכנת מזון תעשייתי, שימור מזון, תוספי מזון		– מוצרי מזון עתירי סיבים, נטולי גלутן, נטולי קפאין – תוספי מזון: חומרי צבע, טעם וריח, שימור

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

נושא בחירה (סוגיה חברתית)

הנושא: חומרים, מבנה ותכונות

הסוגיה: חומרים כבקשתך

היקף: 40 שעות

מטרות לימוד הנושא

- חזרה, שדרוג, "יישור קו" ויישום בנושאים אלה: מבנה וקישור, אנרגיה כימית, שיווי-משקל.
- עיסוק בסוגיה המציגה מגוון רחב של קבוצות חומרים על פי השימושים הנפוצים בהם תוך התייחסות לעקרונות המדעיים המתאימים.
- היכרות עם תרכובות פחמן בכלל וכבסיס לפולימרים (מלאכותיים וטבעיים).

היחידה השנייה והיחידה השלישית – מפרט התכנים

הסוגיה	במסגרת הסוגיה התלמיד ילמד על:	בעקבות לימוד הסוגיה התלמיד ידע יבין ויישם את המושגים, העקרונות והתהליכים הבאים:	הצעות לדוגמאות ויישומים
חומרים כבקשתך 40 שעות	עידן הפלסטיק במבט לעתיד: פולימרים וננו-כימיה - פולימרים סינתטיים, קשר בין מבנה לתפקוד ולשימושים בחומר - שילוב חומרים שונים, כולל ננו-חומרים, בפולימר סינתטי להקניית תכונות ייחודיות	- סדרי גודל מהעולם המקרוסקופי אל העולם הננו-מטרי - מסה מולרית – הבנת סדרי הגודל של מולקולות פולימרים לעומת אלה של מולקולות המונומר - קשרים כימיים - מבנה חומרים עם דגש על פולימרים וננו-חומרים - קבוצות פונקציונליות כמאפשרות פלמור - פולימרים טבעיים (חלבונים) - פולימרים סינתטיים - רדיקלים חופשיים - הבנה רעיונית של תהליך הפלמור	- בדים סינתטיים: יתרונות וחסרונות מעכבי בערה כתוספת לתחפושות פורים - פולימרים ננו-קומפוזיטיים, לקבלת חומרים לייצור אפודי מגן - פולימרים ייחודיים לתעשיית החלל ותעופה - יצירת קפסולות ומיקרו-קפסולות מחומרים פולימריים לתרופות - שימוש בננו-כימיה: מולקולות "נשא" הנושאות תרופה ומשחררות אותה רק באתר היעד. - תפקידם של חומרים שונים כמו רטינואידים, אלפא וביתא הידרוקסי-חומצות, מסנני קרינה, פפטידים ביו-מימטיים וננו-חומרים בשמירה על העור ומניעת נזקים – מנגנון פעולה, הקשר בין מבנה ותפקוד ודיון בשאלה: האם אכן ניתן להחדיר חומרים אלו דרך העור?
	יישומים כימיים ברפואה: דיאגנוסטיקה, ריפוי ומניעה - פיתוח אמצעי אבחון רפואי ותרופות המתבססים על הבנת הקשר בין מבנה לתפקוד. - תפקידם של חומרים בתעשיית הקוסמטיקה		

היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

דרישות-הקדם

היחידה הראשונה הנלמדת בכיתה יוד וכן היחידה השנייה והיחידה השלישית הנלמדות על ידי כל התלמידים הבוחרים במקצוע כימיה מהוות את דרישת-הקדם העיקרית ליחידה הרביעית וליחידה החמישית לתלמידי כימיה. עם זאת, ייתכן שיהיה צורך להשלים ולהעמיק מושגים מסוימים שלא נרכשו קודם לכן ברמה מעמיקה. תיתכן אפוא חפיפה מסוימת בין היחידה הרביעית והיחידה החמישית ליחידות הקודמות, חפיפה שנועדה להעמיק במושגים המוכרים תוך לימוד מחודש, וזאת על פי עקרון הספירליות.

מיומנות קריאת מאמר מדעי

פיתוח מיומנות ההבנה של טקסט מדעי ברמות שונות היא אחת המטרות של התכנית בכימיה על כל שלביה. גם בתכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית יש לפתח בתלמידים מיומנות חשובה זו ולהגיע לרמה של יכולת הבנה טובה של מאמר מדעי; המאמר יכול להיות מעובד, אך יהיה במתכונת של מאמר מדעי אמיתי. הקניית המיומנות תשולב בהכרת ענפי ידע נוספים בכימיה נוסף לכלול במפרט התכנים של נושאי הבחירה העיוניים שבהמשך הדברים (לדוגמה: פולימרים או הקשר בין קרינה לחומר).

עקרונות ארגון ההוראה

- יחידת הלימוד הרביעית כוללת נושא חובה אחד ונושא בחירה אחד מבין 6 נושאי בחירה עיוניים. נושא החובה הוא אנרגטיקה ודינמיקה – שלב ראשון. ביחידת הלימוד החמישית אפשר ללמוד 2 מבניות מעבדה, או 2 נושאים עיוניים, או צירוף שלהם (ראו טבלת אפשרויות הבחירה, עמ' 121).
- הבחירה מתוך מגוון רחב של 6 נושאים עיוניים הן ביחידה הרביעית והן ביחידה החמישית מזמנת למורה ולתלמידים כיוונים רבים בעלי עניין.
- כדי שניתן יהיה בעתיד לחדש ולרענן את התכנים בהתמדה, חשוב לשנות ואפילו להחליף נושאים עם התפתחות הכימיה. התחדשות קבועה של התכנית ללימוד מקצוע הכימיה מומלצת ואף נדרשת בעקבות השינויים המהירים בתחום הדעת.
- בשנים האחרונות ירד קרנה של המעבדה הכימית, ובבתי ספר רבים מדי נסגרו המעבדות מחוסר תקציב. תכנית זאת מכוונת לשילוב פעילות המעבדה בלימוד הכימיה, תוך שימת דגש על השכלולים והחידושים של הציוד הדרוש. המטרה היא שבמשך השנים הקרובות ישובו ויפתחו המעבדות בבתי הספר ושכל היחידה החמישית על שני חלקיה תוקדש לעבודה במעבדה (ראו אפשרות ב' בטבלה עמ' 121). אבל היות ששינוי זה מצריך זמן, יהיו בתי

היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

ספר שימשיכו ללמד ביחידה החמישית שני נושאים עיוניים ללא מעבדה (ראו אפשרות ג' באותה הטבלה). כשלב ביניים אפשר לבחור בנושא עיוני אחד ובמחצית אחת של יחידת מעבדה (ראו אפשרות א'). יש להניח שיהיו בתי ספר בעלי מעבדה בהווה או בעתיד שיבחרו באפשרות א' גם בהמשך.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה

נושאי חובה ובחירה והיקף השעות

תכנית הלימודים ליחידה הרביעית כוללת 7 נושאים (נושא חובה אחד ו-6 נושאי בחירה).

כל תלמיד חייב ללמוד את נושא החובה וכן נושא בחירה אחד.

בסך הכול, כל תלמיד ילמד 2 נושאים:

נושא חובה אחד בהיקף של 45 שעות: **אנרגטיקה ודינמיקה – שלב ראשון**

נושא בחירה אחד בהיקף של 45 שעות.

נושאי הבחירה (נושאים עיוניים)

על המורה לבחור נושא אחד מבין 6 הנושאים לבחירה:

– **אנרגטיקה ודינמיקה – שלב שני**, העמקה והרחבה של השלב הראשון

מלבד נושא זה, שהוא חלק מכימיה כללית, הנושאים העיוניים שפותחו לבחירה בתור חלק מלימודי היחידה הרביעית (וגם היחידה החמישית כחלק

מהאפשרויות), עוסקים בתחומים מרתקים מענפים (דיסציפלינות) בולטים בשדה הכימיה.

נבחרו חמישה ענפים ואלה הם:

– **כימיה אורגנית**

– **ביוכימיה**

– **כימיה פיזיקלית**

– **כימיה של פני-שטח**

– **כימיה של הסביבה**

היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי כימיה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

מובן שאין לומדים את "כל התחום" בכל אחד מהענפים המוזכרים, ואין כוונה להגיע במשך 45 שעות לימוד לרמה אוניברסיטאית.

בכל אחד מהענפים הנזכרים נבחרו נושאים חשובים, ובהם ניתנו עקרונות יסוד בליווי דוגמאות מעניינות, העשויות להרחיב את דעתם וידיעותיהם של התלמידים ואף להלהיב אותם.

להלן טבלה המציגה את 7 הנושאים של היחידה הרביעית:

סוג	הענף	הנושא	המפרט בעמ'	מספר השעות
חובה	כימיה כללית	אנרגטיקה ודינמיקה – שלב ראשון	88	45
בחירה של נושא אחד מבין 6 נושאים	כימיה אורגנית	כיצד אנו חשים בחומרים?	91	45
	ביוכימיה	ביוכימיה של חלבונים וחומצות גרעין	94	
	כימיה פיזיקלית	מוליכים מיקרו-אלקטרוניים וחומרי צבע	100	
	כימיה של פני שטח	עקרונות בכימיה של פני שטח	106	
	כימיה של הסביבה	עקרונות בכימיה של הסביבה	112	
	כימיה כללית	אנרגטיקה ודינמיקה – שלב שני	115	

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא חובה

הענף: כימיה כללית

הנושא: אנרגטיקה ודינמיקה – שלב ראשון

היקף: 45 שעות

המטרה

הבנת הגורמים המניעים התרחשות של תהליכים כימיים בהיבטים התרמודינמיים והקינטיים של התהליכים. ההיבטים התרמודינמיים כוללים הבנת הגורמים לפליטה של אנרגיה או של קליטתה במהלך התרחשות תגובות כימיות; ידיעת דרכים לחישוב השינוי באנתלפיה של תגובה (תרמוכימיה); הבנת החוקים והעקרונות שעל פיהם מתרחשות תגובות כימיות בכלל. ההיבטים הקינטיים והדינמיים יתייחסו להבנת קצב התרחשותן של תגובות ואופן התחלתן ולהבנת המצב הייחודי של תגובה כימית הנמצאת בשיווי משקל.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	פירוט הנושא	הנושא
14	הדוגמאות יהיו מתחומי הכימיה, הביולוגיה והפיזיקה: – תרכובות פחמן כחומרי דלק – gasohole כדלק העתיד? – רטיות קרות וחסות – מים כמתנים תנודות בטמפרטורת הגוף ובסביבה: - תהליך ההזעה - מים כנוזל קירור בתעשייה – ערך קלורי של מזונות שונים – ערך קלורי של פעילויות גופניות שונות	• תהליכים מלווים בשינוי אנרגיה ובשינוי טמפרטורה • תגובות אקסותרמיות ואנדותרמיות • תיאור גרפי של ההפרש האנרגטי בין התוצרים למגיבים • שינוי אנתלפיה ΔH כמדד לשינוי באנרגיה המלווה תהליך (התמקדות במעברי אנרגיית חום) • מערכת / סביבה • חישוב ΔH על פי ניסוי • חוק הס • אנתלפיית קשר (פירוק קשרים ויצירתם) • חישוב ΔH על פי אנתלפיות הקשר • אנתלפיית התהוות • חישוב ΔH על פי אנתלפיות ההתהוות	1. שינויי אנרגיה בתהליכים כימיים
14	– חקר קינטיקה של תגובות בעזרת איזוטופים רדיואקטיביים – תגובות אטיות: החלדה, תופעות קארסטיות (המסה, זקיפים ונטיפים), פירוק מי-חמצן ללא זרז – תגובות מהירות: שרפת דלקים, פיצוץ חומרי נפץ – זרזים בתעשייה, זרזים בצינורות המפלט של כלי רכב – ממיר קטליטי – אנזימים, עיכוב אנזימטי על ידי תרופות או רעלים – אנזימים ממיקרואורגניזמים החיים בתנאים קיצוניים	• הבנה מקרוסקופית של קצב תגובה והמדדים למדידתה • הבנה מיקרוסקופית של מנגנון התהליך: - תאוריית ההתנגשויות - תצמיד משופעל כדוגמה למנגנון תגובה פשוט - אנרגיית שפעול • גורמים המשפיעים על קצב תגובה: ריכוז, טמפרטורה, שטח פנים, זרז (הסברים ברמה מולקולרית) • חוקי הקצב (סדר תגובה: תגובה מסדר אפס; מסדר ראשון; מסדר שני)	2. קצב תגובה

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	פירוט הנושא	הנושא
10	– עקרון לה-שטלייה בתעשייה הכימית – הפרעה למערכת שיווי המשקל של אוזון / חמצן בסטרטוספירה	• תגובות הפיכות – מאפיינים של מצב שיווי-משקל במערכות הומוגניות (גזים במערכות סגורות) • שיווי-משקל דינמי • הצגות גרפיות של מערכות בשיווי-משקל • הקשר בין ניסוח התגובה ונוסחת הקבוע • קבוע שיווי-משקל Kc, משמעות הביטוי וחישוב ערכו • עקרון לה-שטלייה – הפרעות למערכת בשיווי-משקל (כל הפרעה בנפרד): שינויים בריכוז, בלחץ/נפח, בטמפרטורה, הוספת זרז למערכת בשיווי-משקל • הסבר השפעת הריכוז על מצב שיווי משקל לפי תאוריית ההתנגשויות	3. שיווי-משקל במערכות כימיות
7	– חישוב שינוי האנטרופיה במהלך היתוך ורתיחה של חומר טהור	• ספונטניות של תגובה כימית • האנטרופיה ומשמעותה; אנטרופיה תקנית של חומרים מולקולריים • השינוי באנטרופיה במהלך התרחשות תגובה (חישובים) • השינוי באנטרופיה של הסביבה (חישובים) • השינוי באנטרופיה של היקום (חישובים) • החוק השני על פי השינוי באנטרופיה של היקום • הקשר בין תהליך ספונטני לשינוי האנטרופיה של היקום • הבחנה בין קצב תגובה לספונטניות של תגובה הרחבה • צימוד תגובות • הקשר בין קבוע שיווי משקל לטמפרטורה (איכותית) • שינוי האנטרופיה של היקום כתלות בטמפרטורה	4. אנטרופיה וספונטניות של תגובות כימיות

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא בחירה

הענף: כימיה אורגנית

הנושא: כיצד אנו חשים בחומרים?

היקף: 45 שעות

הרעיון המרכזי

מפרט התכנים מתבסס על מספר עקרונות יסוד בכימיה אורגנית: מנגנון התגובה, הקבוצה הפונקציונלית, הקשר בין מבנה לפעילות של קבוצה פונקציונלית וסטראוכימיה. בכל תת-פרק יובאו השלכות ודוגמאות, בעיקר בתחום האינטראקציה שבין החומרים לגופנו.

המטרה

הכרת הכימיה האורגנית דרך מנגנון התגובה; ההבנה שהכימיה האורגנית מבוססת על מעבר מקבוצה פונקציונלית אחת לשנייה, ושהקבוצה הפונקציונלית קובעת לא רק את מבנה החומר, אלא גם את פעילותו; חשיפה לעולם העשיר של הקבוצות הפונקציונליות בכימיה אורגנית והשפעתן על קביעת התכונות הכימיות והפיזיקליות של חומרים אורגניים.

המלצה לשיטות למידה-הוראה

הכימיה האורגנית נתפסת כמורכבת וכנשענת בעיקר על הזיכרון. לכן, אין היא תופסת מקום רב בלימודי הכימיה בבית הספר התיכון, ובתכנית החדשה (3-1 יחידות) פחת היקפה עוד יותר. עם זאת, הכימיה האורגנית מוצאת את ביטוייה כמעט בכל תחום בחינוך (למשל: תרופות, צבעים, דטרגנטים, בעיות סביבה), ואכן רוב התעשייה הכימית היא אורגנית (פולימרים, פטרוכימיה, פרמצבטיקה וכד').

למרות כל הנאמר לעיל, הכימיה האורגנית אינה קשה ללימוד מאחר שהיסודות העיקריים (C, O, N, H) המרכיבים את המולקולות, מקיימים את כלל ה"אוקטט" או ה"דואט". הבנת המגוון הרחב של התהליכים בכימיה אורגנית תבוא מתוך הכרת מנגנון התגובה המשותף לתהליכים רבים: מנגנון התגובה בין אלקטרופיל ונוקליאופיל שהם למעשה חומצה ובסיס, על פי Lewis. מכאן שהרחבת מושגי היסוד של חומצה ובסיס מסייעת להבנת העקרונות היסודיים של הכימיה האורגנית. מומלץ לקשור את כל היחידה לאינטראקציה שבין חומרים לגוף החי. תחת כותרת זו ניתן לכלול דוגמאות מגוונות מהתחומים הבאים: כימיה ברפואה (תכנון תרופות), השפעת חומרים אורגניים על תהליכים ביולוגיים, החושים שלנו (ריח וראייה), כימיה של טביעות אצבעות, רעילות של חומרים, סטראוכימיה, הכרה כיראלית של מערכות ביולוגיות.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא – הערות דידקטיות	הנושא
15	– הכנה של תרופות – אלקילציה של חומרים ביולוגיים (דוגמה: קבלת creatinine) – אלקילציה של DNA (פעילות מסרטנת של חומרים) – דוגמאות מהתעשייה הכימית	• חומצה ובסיס על פי לואיס: - חומצה היא אלקטרופיל, - בסיס הוא נוקלאופיל. • תהליך התמרה • מנגנון תגובה (קבוצה תוקפת וקבוצה עוזבת)	– חלק גדול מתהליכי הכימיה האורגנית הם דמויי חומצה-בסיס. הרחבת נושא חומצה-בסיס על פי Lewis - היא חלק חשוב בפרק זה.	1. מנגנון התגובה
20	– הכימיה של הריח (מדוע לחומרים שונים ריח שונה) – חומרים פעילי שטח, חדירות של חומרים דרך ממברנות, פעילות של תרופות, חומרי לחימה כימיים – חומרים פעילי-שטח, חומרי נפץ, הריח של חומר אורגני, הפעילות השונה של חומרים כתרופות	• חומצות ובסיסים אורגניים • הקבוצה הכהלית • אלקיל הליד • המעבר בין קבוצה פונקציונלית אחת לשנייה (בתהליך חמצון-חיזור או בהתמרה).	• שינוי קבוצה פונקציונלית אחת לאחרת הן על ידי התמרה והן על ידי תהליך חמצון-חיזור • קבוצות פונקציונליות מומלצות: קבוצה כהלית, קטון וקבוצה קרבוכסילית, קבוצה אמינית, ניטרו, אלקיל הליד • הקשר בין מבנה הקבוצה הפונקציונלית לבין תכונותיה ופעילותה הכימית	2. הקשר בין מבנה הקבוצה הפונקציונלית לבין פעילותה

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא – הערות דידקטיות	הנושא
10	– תרופות וכימיה – יופי וסימטריה – ההכרה הכיראלית של גופנו – ההבדלים בפעילות הכיראלית של אננטיומרים	• פעילות אופטית • הפחמן הטטראדרלי כמקור לפעילות אופטית • אננטיומרים, דיאסטיריזומרים, תערובת רצמית • קונפורמציה וקונפיגורציה • האנרגיה לסיבוב סביב קשר כימי	– כדי שפרק הכימיה האורגנית יהיה שלם יש לכלול בו מרכיב בסטראוכימיה העוסק בפעילות אופטית ובמקור לפעילות זו. פרק זה נקשר היטב לפרק הקודם: הוא מצביע על הבדל עצום בין פעילותם הביולוגית של אננטיומרים.	3. סטראוכימיה
	– חלבונים וחומצות אמיניות כדוגמאות לפולימרים ומונומרים – פולימרים ביו-רפואיים	• מונומר ופולימר • תהליך פולימריזציה		4. פולימרים (פרק אופציונלי)

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא בחירה

הענף: **ביוכימיה**

הנושא: **ביוכימיה של חלבונים וחומצות גרעין**

היקף: **45 שעות**

הרעיון המרכזי

מטרת הביולוגיה המודרנית היא להסביר את תהליכי החיים בכלים מולקולריים. לכימיה תפקיד מרכזי בכל תהליכי החיים, ולכן חשוב שללומדים כימיה בהיקף רחב יזדמן להתנסות בלימוד ובחקר של היבטים כימיים בביולוגיה.

בניית מושגי היסוד בביוכימיה מתבצעת דרך הבנה שאבני הבניין הכימיות, דהיינו החומצות האמיניות והבסיסים, הן חומר הגלם לאבני הבניין הביולוגיות – החלבונים וחומצות הגרעין. במילים אחרות, הטיפול וההבנה של מערכות ביולוגיות נעשה מתוך עבודה עם אבני בניין ביולוגיות שתכונותיהן נגזרות מאבני הבניין הכימיות.

למבנית זו יתרונות אחדים: לתלמידי הכימיה, שרובם אינם לומדים ביולוגיה, תהיה הכרות, ולו חלקית, עם מדעי החיים. מאחר שלביוכימיה המולקולרית יש תפקיד חשוב בעובדה שהביולוגיה היא כיום בחזית המחקר המדעי, תהיה יחידה זו תוספת מרעננת לתכנית הלימודים בכימיה.

המטרה: הקניית ידע ביסודות הכימיה הביולוגית והקניית מושגי יסוד במדעי החיים.

המלצה לשיטות למידה-הוראה : הוראה פרונטלית בליווי המחשה במחשב, סרטונים וקריאה מודרכת.

הערה כללית

אין חובה שכל הנושאים המפורטים להלן ייכנסו למסגרת הלימודית, על כן חלוקת השעות המוצעת אינה מחייבת. המטרה היא להביא את התלמיד להבנה כיצד פועלת מערכת ביולוגית המבוססת על ביופולימרים, וכיצד ניתן להשתמש בידע זה לצורכי האנושות.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	המלצות דידקטיות	מושגים	פירוט תת-הנושא	הנושא
2	– תיאור תא בעזרת המחשה ממוחשבת	• חיים • הומאוסטאזיס • תא	• הגדרת מושגים ודיון על המושג "חיים"	1. מבוא למדעי החיים
16	– המחשה ממוחשבת – המחשה בעזרת מודלים תלת-ממדיים – הדגמת תכונות של חלבונים בכיתה או במעבדה	• חומצה אמינית (ח"א) • דו-יון • קשר פפטידי • מבנה ראשוני, שניוני ושלישוני • קשרי מימן-גופרית	• מבנה החומצות האמיניות ותכונותיהן • התכונות של חומצה אמינית כדו-יון • החומצות האמיניות בטבע • מאפייני הקשר הפפטידי • מבנה החלבונים בטבע, הגורמים המשפיעים על מבנה החלבונים • תפקיד קשרי מימן וגופרית בייצוב מבני החלבון • תפקידי החלבונים • החלבונים כאנזימים • קינטיקה אנזימטית (הרחבה)	2. מחומצות אמיניות לחלבונים; ביופולימרים (חלק 1)

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	המלצות דידקטיות	מושגים	פירוט תת-הנושא	הנושא
16	– המחשה על ידי מחשב באמצעות תוכנות המאפשרות חקירה תלת-ממדית של מקרומולקולות • שימוש במודלים במעבדה	• פורנים ופירימידינים • נוקלאוטיד • DNA • מבנה דו-גדילי • RNA • מבנה חד-גדילי • שעתוק	• תיאור כללי של הבסיסים הפורנים והפירימידינים, המרכיבים את חומצות הגרעין • הסוכר ריבוז, תפקידו ומבנהו בחומצות הגרעין • תיאור נוקלאוטידים RNA ו-DNA: • הרכב כימי ומבנה מרחבי • DNA – הזוגיות והמבנה המרחבי של הסליל הכפול • RNA – גדיל אחד יוצר מבנים תלת ממדיים מ-DNA ל-RNA: • מנגנון השעתוק. היכן נעשה השעתוק? • מיהם האנזימים העיקריים המבקרים ומפעילים את תהליך השעתוק?	3. מבסיסים לחומצות גרעין; ביופולימרים (חלק 2)

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	המלצות דידקטיות	מושגים	פירוט תת-הנושא	הנושא
11	– שימוש בתוכנות מחשב וסרטונים לצורך המחשה – חלק מהתהליכים יודגמו בכיתה במערכת וירטואלית.	• התרגום • הקוד הגנטי	מ- RNA לחלבון: • מנגנון התרגום. היכן מתקיים תהליך התרגום? • מהו התפקיד והמבנה של הריבוזומים שבהם מתקיים תהליך התרגום? • הקוד הגנטי	4. מחומצות גרעין לחלבונים; אינטראקציות בין ביופולימרים
		• רסטריקציה • שיבוט • פלסמידים • DNA chips	• חיתוך באמצעות אנזימים. • רסטריקציה של גנים • כיצד קוראים רצף של גן • הדמיון בין קביעת רצף DNA לחלבון • עקרונות שיבוט של גנים • עקרונות קביעת רצף גנים (DNA) • הפלסמידים ותפקידם בטבע • שיטות מהירות (high through put) • לקביעת רצף הגנום וה- DNA chips • שימוש בשיטות לשיבוט גנים בפלסמידים	5. מהבנה ליישום; יסודות בהנדסה גנטית ובביוטכנולוגיה

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

פירוט הנושא בענף ביוכימיה

הנושא **ביוכימיה של חלבונים וחומצות גרעין** הוא נושא מורכב וחדש בתכנית הלימודים לכימאים, על כן הוא מובא להלן בפירוט יתר, החל מתת-נושא 2.

תת-נושא 2. מחומצות אמיניות לחלבונים – ביופולימרים (חלק 1)

מטרת פרק זה היא להציג בפני הלומדים את החומצות האמיניות ואת הפולימר שהן יוצרות – החלבון, ולהקנות להם את ההבנה הבסיסית שהטבע "עובד" עם אבני בניין ביולוגיות (ביופולימרים) הנגזרות מאבני בניין כימיות (מונומרים). נקודת המוצא היא המבנה הכללי של החומצה האמינית.

מבנה החומצות האמיניות ותכונותיהן

- משמעות הקבוצה האמינית והקבוצה הקרבוקסילית הקובעות את הפולריות של החומצה האמינית.
- המושג pI (pH איזואלקטרי).
- תפקיד הקבוצה הכללית R בחומצות האמיניות.
- מיון החומצות האמיניות לפי תכונותיהן הכימיות: הידרופוביות, חומציות, בסיסיות וכו'.

הקשר הפפטידי – כיצד הוא נוצר ומה הן תכונותיו (מחומצה אמינית לפולימר)

- הכימיה של הקשר הפפטידי.
- תיאור החלבון כפולימר; הקצה האמיני והקצה הקרבוקסילי.

מבנה חלבונים בטבע, הגורמים המשפיעים על מבנה החלבונים

- המבנה הראשוני, השניוני, השלישוני והרביעוני.
- הגורמים המשפיעים על יציבות המבנה השלישוני, קשרי מימן, גשרי גופרית.
- גורמים פיזיקליים המשפיעים על המבנה המרחבי של החלבון: טמפרטורה, pH , חוזק יוני של התמיסה שבה החלבון נמצא.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

תפקוד חלבונים – האנזימים

- חשיבות המבנה המרחבי לספציפיות של החלבון: החלבונים שמהם עשויים האנזימים קובעים את הספציפיות של כל תהליך כימי בתא. כל שינוי בטמפרטורה, בחוזק היוני או ב- pH ישפיע על המבנה המרחבי של החלבון, ומכאן על תפקודו.
- תפקודם של חלבונים כזרזים:
 - כיצד פועלים הזרזים הביולוגיים?
 - אתר פעיל ותכונותיו.
 - קישור אלוסטרי לאנזים (קישור תרכובת באתר שונה מהאתר הפעיל, דבר המשפיע על תכונות האתר הפעיל, למשל על האפיניות).
- קבוצות פרוסטטיות (prosthetic groups) וחשיבותן לפעילות האנזימים בטבע. (קבוצה פרוסטטית היא אטום מתכת או מולקולה אורגנית המשתתפים באתר הפעיל, לדוגמה: קבוצת ה- C של ציטוכרום, ויטמינים בחלבונים).
- קבועים קינטיים בפעילות אנזימים: קבועי קישור, מהירות וזיקה.

תת-נושא 3. מבסיסים לחומצות גרעין – ביופולימרים (חלק 2)

עוד פולימרים שהטבע עושה בהם שימוש נרחב הן חומצות הגרעין (אבני הבניין הביולוגיות), הבנויות ממונומרים (אבני בניין כימיות) שהם הבסיסים. המבנה של חלק זה, ביופולימרים (2), דומה למבנה הפרק הקודם, ביופולימרים (1). תחילתו בהבנת התכונות של הבסיסים ומבנה הנוקלאוטיד המרכיב את הפולימר – חומצת הגרעין. בשלב השני יכירו הלומדים ויבינו את מבנה הפולימר DNA על מרכיביו, את מבנה הסליל הכפול ומהם המאפיינים הכימיים המאפשרים מבנה זה. התלמידים יכירו את התפיסה שלפיה חומצות הגרעין נושאות את המידע הגנטי באמצעות קודים. המידע מורכב מארבעה בסיסים: שני פורינים ושני פרימידינים.

בשלב השלישי התלמידים יכירו את מבנה ה- RNA החד-גדילי, את תכונותיו הכימיות ואת האופן שבו הוא נוצר. יש להקדיש זמן להוראת התפיסה ש- RNA נוצר לפי התבנית של אחד מגדילי ה- DNA. עובדה זו חשובה גם להבנתו של מנגנון שכפול ה- DNA לפני חלוקת התא.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

תת-נושא 4. מחומצות גרעין לחלבונים – אינטראקציה בין ביופולימרים

מטרת פרק זה היא להקנות ידע על הבסיס הכימי בביולוגיה המולקולרית של המערכת התורשתית של התא, ולהסביר כיצד המידע הגנטי מתורגם לחלבונים. לסיום, נלמד כיצד המידע המצוי ב-RNA מתורגם לחלבון. לשם כך נפגש עם התלמידים את הקוד הגנטי ולאחר מכן נסביר את הבסיס הכימי ליצירת חלבונים. נתאר את "השחקנים הראשיים" בתהליך זה – הריבוזומים, ה-RNA השליח (mRNA) וה-RNA הנשא (tRNA).

תת-נושא 5. מהבנה ליישום – יסודות בהנדסה גנטית ובביוטכנולוגיה

בפרק זה ניישם את העקרונות שנלמדו בשני הפרקים הקודמים. עקרון ההנדסה הגנטית הוא זה: באמצעות אנזימים חותכי DNA ופולסמידים (חלקיקי DNA מחוץ לכרומוזום), ניתן לגרום לתאים לבצע תפקידים השונים מתפקידם המקורי. בטכנולוגיות אלה משתמשים בחקר מחלות ובתהליכים ביוטכנולוגיים.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא בחירה

הענף: כימיה פיזיקלית

הנושא: מוליכים מיקרו-אלקטרוניים וחומרי צבע

היקף: 45 שעות

הרעיון המרכזי

הכרת הבסיס המשותף להבנת המבנה האלקטרוני של אטומים, מולקולות וסריגים מוצקים בעזרת מודל האורביטל כדי להבין תכונות של החומר הנגזרות ממבנהו האלקטרוני (לדוגמה: צבע ומוליכות זרם).

המטרות

- הכרת האינטראקציה שבין קרינה אלקטרומגנטית לחומר ברמה הבסיסית.
- הכרת מבנה רמות האנרגיה והאורביטלים באטומים.
- הבנת הקישור הכימי באמצעות האורביטלים האטומיים והאורביטלים המולקולריים.
- הבנת צבעו של חומר על פי מבנהו האלקטרוני.
- הכרת תכונות מוליכות הזרם במוצקים על פי המבנה הכימי.
- הכרת חומרים מוליכים-למחצה ושימושיהם בתעשיית המיקרו-אלקטרוניקה.

המלצות לשיטות למידה-הוראה

בנושא האורביטלים: מומלץ ללמד באמצעות תצוגה גרפית וללא נוסחאות. מומלץ להשתמש בהדמיות מחשב של צורות "ענני המטען" ושל השתנותן במעבר מאטומים למולקולות.

בנושא חומרי הצבע: מומלץ לשלב פעילות מעבדתית בנושא הקורלציה בין מידת האל-איתור לבין אורך הגל של הבליעה.
בנושא המיקרו-אלקטרוניקה: מומלץ לשלב ביקור במפעלי תעשייה (בחדר הנקי) כדי להכיר יישומים של התקני מל"מ (מוליכים למחצה).

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

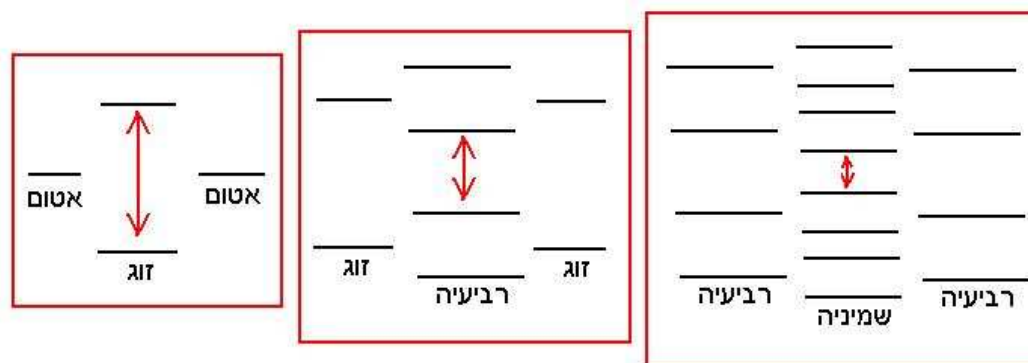
שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
17	– צבעי הקשת בענן – אור הלייזר לעומת אור לבן – בליעה או פליטה סלקטיבית של אורך גל מסוים – נייר צלופן צבעוני	• קרינה אלקטרומגנטית: אורך גל, תדירות, מהירות האור • אנרגיה של קרינה א"מ, קבוע פלנק, פוטון	• תחומי הספקטרום האלקטרומגנטי • מושגי אורך הגל, הצבע, האנרגיה והקשר ביניהם: $E = h\nu = hc / \lambda$ • תיאור איכותי של תופעות הבליעה והפליטה של מנות אנרגיית קרינה על ידי חומר (אטומים בודדים, מולקולות וסריגים)	1. המבנה האלקטרוני של אטומים ושל הקשר הכימי ביניהם הקרינה האלקטרו-מגנטית (א"מ)
	– שימוש בספקטרום אטומי לזיהוי מעבדתי – ניתוח הרכב כימי של כוכבים על פי הספקטרום שלהם – שימוש במתכות שונות בזיקוקי דינור צבעוניים	• ספקטרום בליעה וספקטרום פליטה • רמות אנרגיה • קוונטיזציה	• תיאור המדידה הניסיונית של ספקטרום הפליטה של אטום המימן והסקת המסקנה על קיומן של רמות אנרגיה בדידות באטום • היכרות איכותית עם תופעת ספקטרום הפליטה של אטומים אחרים (פסי פליטה וצבע האופייניים לכל אטום)	המבנה האלקטרוני של האטום
		• הסתברות נקודתית • "ענן אלקטרוני" • אורביטל • צורות מרחביות של אורביטלי s ו-p	• היכן ממוקם האלקטרון באטום? • תיאור הסתברותי של מיקום האלקטרון כ"ענן מטען". הגדרת האורביטלים כצורות אפשריות לפיזור המטען במרחב • היכרות עם הצורות המרחביות של אורביטלי s ו-p	מושג האורביטל האטומי

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
		- כללי האכלוס: - האיסור של פאולי - ספין	- היכרות עם סידור האלקטרונים באורביטלים עבור אטומי השורה הראשונה (עד ניאון) - היכרות עם כללי האכלוס על פי סדר ובמגבלה של שני אלקטרונים בכל רמה - היכרות עם עובדת קיומם של שני מצבי ספין לכל אלקטרון	(המשך המבנה האלקטרוני...) סידור האלקטרונים באטום
		- משיכה חשמלית - קישור קוולנטי - אנרגיית קשר - אורך קשר	מהו ההסבר ליצירת קשר בין זוג אטומים? שיתוף אלקטרונים (מטענים שליליים) באזור שבין הגרעינים החיוביים כגורם המייצב את המערכת	מבוא לקישור הכימי
	– מולקולות דו-אטומיות חשובות: חמצן, חנקן, מימן	- אורביטל מולקולרי - אל-איתור	- היכן ממוקם האלקטרון במולקולה דו-אטומית? אלקטרון באורביטל מולקולרי כ"ענן מטען" המשותף לשני גרעינים - תופעת האל-איתור של האלקטרון – אבדן הזיהוי של אלקטרוני הקשר עם אטום מסוים	האורביטל המולקולרי
		- אורביטל קושר - אורביטל אנטי-קושר	משני אורביטלים אטומיים המתאימים באנרגיה, מתקבלים שני אורביטלים מולקולריים: בראשון גדלה צפיפות המטען בין גרעיני האטומים – אורביטל קושר (נמוך באנרגיה בהשוואה לאורביטלים האטומיים); בשני מתאפסת צפיפות המטען בין גרעיני האטומים – אורביטל אנטי-קושר (גבוה באנרגיה בהשוואה לאורביטלים האטומיים).	אורביטלים קושרים ואנטי-קושרים

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
		סריג אטומי	- היכרות איכותית עם דיאגרמת רמות אנרגיה עבור שרשרות של 2, 4 ו-8 אטומים זהים (אטומי מימן כמודל). - קבלת $N/2$ רמות קושרות ו-$N/2$ רמות אנטי-קושרות. - אל-איתור אלקטרוני על פני מספר אטומים. - אכלוס האלקטרונים ברמות האנרגיה לפי כללי האכלוס	(המשך המבנה האלקטרוני...) מבנה אלקטרוני של סריג חד-אטומי
		HOMO = Highest Occupied Molecular Orbitals LUMO = Lowest Unoccupied Molecular Orbitals פער HOMO - LUMO	- הגדרת רמת HOMO (הרמה המאוכלסת הגבוהה ביותר באנרגיה) ורמת LUMO (הרמה הפנויה הנמוכה ביותר באנרגיה). - הצטופפות רמות האנרגיה והירידה בפער HOMO - LUMO עם התארכות השרשרת – הסבר איכותי על פי דיאגרמות האנרגיה. (ראו סרטוט).	



הקטנת פער ה HOMO LUMO עם אורך הסריג

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
14	– חומרי צבע, ערבוב צבעים, צבעים משלימים	• חומרי צבע	- הגדרת צבע על פי בליעה בתחום האור הנראה. ההבדל בין חומר חסר צבע לחומר צבע על פי פער HOMO - LUMO המכתיב את תחום הבליעה. - דוגמאות לפערי HOMO – LUMO בחומרי צבע אורגניים ובחומרים אורגניים חסרי צבע	2. חומרי צבע צבעים
	– מולקולות אורגניות לינאריות, ציקליות ופוליציקליות המכילות קשרים כפולים מצומדים	• קשרים כפולים מצומדים	הסבר תופעת האל-איתור של קשרים כפולים מצומדים במולקולות אורגניות פשוטות (בוטאדיאן, הקסאטריאן, בנזן וכו'). הצגה איכותית כקשרים מתחלפים	מערכות של קשרי דו מצומדים
	– הרטינל במערכת הראייה – קולטני אור במערכת הציטוכרום	• כרומופור	היכרות עם כרומופורים המבוססים על מערכות של קשרי דו מצומדים (דוגמאות לקולטני אור במערכות ביולוגיות)	כרומופורים
	– קביעה מעבדתית של אורך גל הבליעה על פי אורך המערכת המצומדת בשורה הומולוגית של כרומופורים	• קשר בין מבנה החומר וצבעו	- הקשר בין הופעת צבע (ירידה בפער HOMO – LUMO עם העלייה באורך הגל הנבלע) לתופעת האל-איתור של אלקטרונים על פי מודל הסריג האטומי - הסבר מערכת של קשרי דו מצומדים במונחים של סריג של אורביטלי p הניצבים למישור המולקולה	הקשר לאל-איתור אלקטרוני
	– חומרי צבע תעשייתיים והשימושים בהם			חומרי צבע והשימושים בהם

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
14	– מבנה סריגי של מוצקים שונים	• מבנה סריגי • פס אנרגיה מותר • פס אנרגיה אסור • חפיפת פסים	• היווצרות פס אנרגיה בסריג אינסופי (מקרוסקופי) על בסיס המודל של אל-איתור אלקטרונים בסריג אטומי פסי אנרגיה מותרים ואסורים בסריג של אטום רב-רמות • אפשרות לחפיפת פסים שמקורם ברמות אטומיות שונות	3. מוליכים מיקרו-אלקטרוניים מרמות אנרגיה באטום לפסי אנרגיה במוצק
		• פס הולכה • פס ערכיות	• מילוי האלקטרונים בפסים • הגדרת "פס הולכה" ו"פס ערכיות"	אכלוס האלקטרונים בפסי האנרגיה
		• מוליכות זרם • חורים	• התניית מוליכות זרם בקיום רמות אנרגיה אלקטרוניות פנויות: עודף אלקטרונים בפס ההולכה או מחסור באלקטרונים בפס הערכיות.	מוליכות חשמלית
	– מבנה הפסים של מוליכים תעשייתיים: נחושת או אלומיניום – מבנה הפסים של מל"מ – שימושי מל"מ: דיודות, טרנזיסטורים, לייזרים ממוזערים	• מוליך • מבודד • מוליך-למחצה (מל"מ)	• מודל קינטי למוליכות זרם באמצעות אנרגיית שפועל הנובעת מפער HOMO – LUMO בסריג • הגדרה כמותית של חומרים מוליכים ומבודדים באמצעות הפער HOMO – LUMO עבור דוגמאות שונות • תלות המוליכות בטמפרטורה במוליכים למחצה "נקיים" (אינטרינזיים)	מוליך, מבודד, מוליך-למחצה (מל"מ)
	– תהליך הייצור של רכיבי מל"מ בתעשיית המיקרו-אלקטרוניקה	• אילוח (סימון) • Donor • Acceptor • מל"מ מסוג P • מל"מ מסוג N	• סימון מטיפוס p ומטיפוס n • דוגמאות – ארסן (n) וגליום (p) • הקשר בין המיקום בטבלה המחזורית לסוג הסימון • רמות תורמות (donor) וקולטות (acceptor) בפס האסור • הולכת אלקטרונים והולכת חורים	סימון (אילוח) כימי של מל"מ
	– מחשב, פלאפון	• טרנזיסטור	• צומת PN, צומת PNP	מבנה טרנזיסטור PNP ועקרון פעולתו (איכותי)

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא בחירה

הענף: כימיה של פני-השטח

הנושא: עקרונות בכימיה של פני-השטח

היקף: 45 שעות

הרעיון המרכזי

כימיה של פני-שטח, תופעות שטח והתארגנות של מולקולות בפני-שטח מהוות נדבך חשוב בכימיה המודרנית. תחום זה הוא ביסודם של שימושים רבים, של מערכות ושל תופעות שנתקלים בהם בחיי היומיום. לדוגמה: נושאים הקשורים בחומרי ניקוי (סבונים, דטרגנטים), בתחליבים (מוצרי מזון, ערפיח), בתהליכי תעשייתיים (קטליזה הטרוגנית) ואף בתא החי (ממברנות) – נקבעים במידה מכרעת על ידי תופעות שטח, התנהגות מולקולות בפני-שטח ויצירת שטחים על ידי התארגנות מולקולות.

מאחר שסידור מולקולות (בתוך, בפני-שטח וכצברים) והתנהגותן של מולקולות הם תוצאת האינטראקציות ביניהן, הדיון בתופעות שטח הוא דרך מצוינת ללימוד ולהרחבה בנושאי יסוד אלו.

בגלל הקשר ההדוק עם תופעות הנצפות בחיי היומיום, יש לתכנית זאת רלוונטיות מיוחדת לתלמידים.

המטרה

הבהרה והרחבה של מושגים כימיים מרכזיים ברמת המולקולה וברמת הצברים המולקולריים, תוך היכרות עם מערכות מחיי היומיום המבוססות על כימיה בפני השטח.

המלצה לשיטות למידה-הוראה

שיעורים המלווים בהדגמות ובניסויים פשוטים.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
8	– נקודות רתיחה של נוזלים – מצב צבירה: מוצק, נוזל, גז – תלות המסיסות בטמפרטורה – הפקת מלחי ים המלח באופן בררני – מסיסות כהלים במים כתלות באורך השרשרת האלקנית – מסיסות חומצות אורגניות – מסיסות תרכובות הלואורגניות – התפלגות יוד בין מים לבין פחמן ארבע-כלורי – אינטראקציה עם ממסים שונים: מלחים לעומת שמנים	• מטען-מטען (אינטראקציה בין יונים) • דיפול-דיפול (נוזלים פולריים) • מטען-דיפול (מסיסות יונים בממסים). • אינטראקציית ון-דר-ולס • אנטרופיה, ערבוב, אנרגיה חופשית (אנתלפיה מול אנטרופיה) • יונים • ממסים פולריים ולא-פולריים • התפלגות • שיווי-משקל • מעבר חומרים בין פאזות • הידרופילי • הידרופובי • ליופובי ("שונא ממס" – הרחבת המושג "שונא מים")	• סוגי אינטראקציות בין מולקולות • אנטרופיית ערבוב כדחף תרמודינמי כללי להתמוססות • מסיסות של חומרים זה בזה מתוך זיקה לאנרגיות האינטראקציה ביניהם: יונים בממסים שונים (פולריים לעומת לא-פולריים), מולקולות פולריות בממסים שונים, התפלגות חומרים בין שתי פאזות • חומרים הידרופיליים והידרופוביים	1. מסיסות של חומרים

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
8	– סבון – ניסוי: קביעת מספר אבוגדרו בעזרת חומצה אולאית וטלק על פני מים – צורת טיפות – ניסוי למדידת מתח-פנים של מים: - בשיטת טבעת דה ניואי (De Nuy) - או בשיטת לוחית וילהלמי (Wilhelmy plate) – ניסוי כנ"ל בהוספת סבון – מדידת מתח-פנים לתמיסות סבון בריכוזים שונים (או צורת הטיפות)	• חומרים פעילי שטח (חפ"ש) • אמפיפיליות והכוונת מולקולות בפני-שטח • מתח-פנים, אנרגיית שטח • שבר האתרים (חלק השטח התפוס) • ספיחה	• חומרים פעילי שטח: מבנה, סידור בפני-שטח נוזל-אוויר ונוזל-נוזל • מתח-פנים והורדת מתח-פנים, שיטות למדידת מתח-פנים (ניסויים) • ריכוז של חומרים בפני-שטח, עודף שטח, שטח של מולקולה, השטח הפנוי למולקולה, חלק השטח התפוס, תלות מתח-פנים בריכוז • משוואת גיבס (בלי הפיתוח ובצורתה ההפרשית, לא הדיפרנציאלית)	2. חומרים פעילי שטח

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
5	– הרעלה של קטליזטורים – כרומטוגרפיה – ציפוי משטחים – תיולים על מתכות – זהב – סילנים על גבי זכוכית – ספיחה פיזיקלית של קרבוקסילטים, סולפונטים ואמינים	• איזותרמת ספיחה • קבוע שיווי-משקל • אתרים פנויים • אינטראקציות כימיות • אינטראקציות פיזיקליות • ספיחה כימית • יצירת תרכובות • משקעים ומלחים • התארגנות עצמית תוך יצירת קשרים כימיים (חומרים מכילי גופרית וסלן, תיולים וסילנים)	• ספיחה של חומרים על פני מוצקים • עקומת לנגמיר כשיווי-משקל • ספיחה כימית וספיחה פיזיקלית • ספיחה של חומרים "דו-צדדיים". • הקשר לכימיה "קלאסית" בתמיסה או בצובר • Self Assembly – התארגנות עצמית של מולקולות על גבי מוצקים • תכונות השטח המכוסה (הידרופובי / הידרופילי)	3. ספיחה על גבי מוצקים – עקרונות

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
5	– ציפוי זכוכית בחומר הידרופובי, למשל בחלונות מכונית (בדיקת צורת הטיפות) – סולפידי מתכות כבדות – כימיה של תיולים (כימיה אנליטית – זיהוי קטיונים) – שומן על זכוכית – ספיחת חומר צבע מתמיסה על ידי פחם פעיל – ניסוי למדידה של ספיחת מים על ידי טלק: לראות במיקרוסקופ את גודל החלקיקים, לחשב את השטח ולמדוד את כמות המים שנספחת – מסכות אב"כ – קטליזה בתעשיית מוצרי הנפט – קטליזטור ניקל בהידרוגנציה של תעשיית המרגרינה	• הרטבה • פחם פעיל • שטח פעיל • קבוצות שטח • קטליזה • קטליזה על פני-שטח • אתרים שונים על השטח	• חומרים מונעי הרטבה – שימושים • ספיחה על ידי פחם פעיל ושימושיו (לניקוי, במסנן) • חישוב שטח פנים של אבקה • קטליזה הטרוגנית, אתרי ספיחה, אתרי תגובה, הרעלה, חוזק קישור, הקשר לאנזים (ספיחה לעומת קישור)	4. ספיחה על גבי מוצקים – שימושים

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
5	– ערפיח, ענן – שימושים: - מזון (חלב, מיונז, קצפת) - קוסמטיקה (משחות חמות וקרות) - תעשיית מחצבים – טיפות שמן על פני מים: - התנהגות - ייצוב עם אבקה - השפעה של סבון - שימוש בהפקת נפט מבארות	• תחליב (אמולסיה) • סוספנסיה • דיספרסיה • ייצוב קינטי • ייצוב תרמודינמי	• תחליב מהו • יציבות תחליבים, אי-יציבות • הבשלת אוסטוולד – Ostwald Ripenning • ייצוב קינטי של תחליב, שבירת תחליב	5. תחליבים
12	– שימושים: מובילי תרופות, קוסמטיקה – תא חי כליפוזום – אנטיביוטיקה שפוגעת בממברנה או מעבירה יונים. – ניסויים פשוטים למעברים בין פאזות למלריות לפאזות איזותרופיות (של צברים כדוריים, למשל) (למלריות, מלשון לְמֶלָה = יריעה) – צמיגות ומיצלות כדוריות בתרחיף לא-צמיג – שימושים: סבון ובועות סבון, שמפו, הפקת סבון משומן צמחי ומשומן מהחי (הידרוליזה של אסטר), דטרגנטים סינתטיים	• התארגנות עצמית עקב אינטראקציות פיזיקליות • מיצלות, סיקלות וליפוזומים • ממברנות ביולוגיות • מעבר חומרים על פני הממברנה • תעלות יוניות • משאבות • מעברי פאזות בין הצורונים השונים	• מיקרו-אמולסיות. • צברים מולקולריים של חומרים אמפיפיליים • ממברנה ביולוגית, מבנה, פוספוליפידים, יכולת הפרדה, חלבונים בממברנה • תלות בטמפרטורה של מבנים המתקבלים מאינטראקציות פיזיקליות	6. התארגנות עצמית בתמיסה

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא בחירה

הענף: כימיה של הסביבה

הנושא: עקרונות בכימיה של הסביבה

היקף: 45 שעות

הרעיון המרכזי

המבנית מתבססת על יציאה לשטח ודיגום (לקיחת דוגמאות) של כמה מרכיבים כבסיס להבנת העקרונות העיקריים של כימיה סביבתית.

המטרה

הכרת העקרונות העיקריים של כימיה סביבתית: כימיה אנליטית, דינמיקה של מערכת טבעית (טרנספורמציות של יסודות בטבע) והקשר שבין צורן (species) לבין פעילותו הסביבתית.

כימיה סביבתית היא מדע בין-תחומי המשלב לא רק את ענפי הכימיה השונים (כמו כימיה פיזיקלית, כימיה אנליטית), אלא גם מדעים אחרים כמו ביולוגיה, ואף תחומים שאינם כלולים דווקא במדעי הטבע' כמו כלכלה. אי-לכך ההחלטה היכן להדגיש ואילו היבטים מתחום הסביבה לחשוף בפני התלמידים אינה פשוטה, והיא פתוחה לדיון ולשינוי. מבנית זו נוגעת לשלושה היבטים מרכזיים של הכימיה הסביבתית:

- לימוד והבנה שדיגום וקביעה כמותית של מרכיב בסביבה אינם פשוטים.
- הבנה שיסודות ותרכובות בסביבה עוברים טרנספורמציות התלויות בכימיה של היסוד או התרכובת ובתנאים הסביבתיים. זאת הסיבה שמצבים שונים של אותו יסוד או תרכובת (speciation) מפגינים תכונות שונות לחלוטין המשפיעות על פעילותם הסביבתית.
- מכאן הצורך להבין את התהליכים (התרמודינמיקה והדינמיקה שלהם), את הכימיה האופיינית לצורונים השונים ואת השפעתם על הסביבה.

המלצה לשיטות למידה-הוראה

לב היחידה הוא היציאה לשטח לדיגום וניטור כמה מרכיבים. מומלץ שהתבנית תכלול יותר מיציאה אחת לשטח (לפחות פעם בתחילת המבנית ופעם עם סיומה), כדי שהתלמידים יתרשמו מהשינוי המשמעותי שחל אצלם בהבנת הסביבה, וביכולתם לדגום ולנטר. היציאה לשטח תתרכז במיקרו-סביבה (עדיפות למקווה מים: נחל, שפת הים וכד') ותלווה בעבודת הכנה ובעבודת שטח. ביציאה יאספו התלמידים דוגמאות שישמשו לדיון ואנליזה בכיתה.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	המלצות דידקטיות – יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
20-15	– ההחלטה מה למדוד תלויה במכשור הקיים. עקרונית אפשר למדוד גם pH, אם כי עדיף להשתמש בספקטרופוטומטר, אלקטרודה סלקטיבית לפלואוריד, כרומטוגרפיה גזית וכדומה. בתחום זה יש כר נרחב ביותר לפעילות עצמאית ויוצרת הן של המורים והן של התלמידים. קשר עם מעבדות בדיקה (כמו המעבדה המרכזית של "מקורות"), או לחלופין מעבדות מחקר באקדמיה, יוסיף רבות לתלמידים ולמורים. – ייתכן שכדאי לכלול בהוראה הכרות עם שיטות מדידה שונות: ספקטרוסקופיות, אלקטרוכימיות, שיטות הפרדה (כרומטוגרפיה) וכדומה. הלמידה תהיה מרתקת אם ישולבו במקביל שימוש במחשב ובתוכנות מתאימות ועבודה מעבדתית.	• אנליזה • דיוק • הדירות • מהימנות • כימות של מדידה: • חישובי שגיאה בסיסיים (ממוצע, סטיית תקן?) • הערה: חלק מהמושגים נובעים משיטות המדידה המסוימות שבהן יתנסו הלומדים.	יסודות הכימיה האנליטית: • מהות המדידה • כיצד מודדים מרכיב נעלם • מה רצוי לדגום • כיצד מכמתים שיטת מדידה • כיצד בוחרים שיטת מדידה • דיוק ומהימנות של תוצאות (precision and accuracy) • הדירות של מדידה (reproducibility) • גורמים המפריעים למדידה	1. כימיה אנליטית
15-10	• חלק זה קשור היטב לחלק הקודם כי התלמידים יבינו שלא די לקבוע, למשל, את כמות החנקן בדוגמה מסוימת, אלא יש לקבוע את התפלגות הצורנים השונים – אתגר אנליטי מורכב יותר אבל הכרחי. בנושא זה כלולים המרכיבים היותר פיזיקליים של הפרק: תרמודינמיקה (כולל חמצון-חיזור) של הצורנים השונים, קינטיקה לקבלת הצורנים השונים וכד'. ניתן לכלול נושאים כמו כימיה קואורדינטיבית (קומפלקסים אי-אורגניים). • מומלץ לעסוק בטרנספורמציות כימיות הן של יסוד מתכתי, כמו ברזל או כספית (מתילציה, או שינוי דרגת חמצון) והן של יסוד אל-מתכתי כמו חנקן או פחמן. גם ראוי לכלול את המרכיב האורגני – השינויים וההשפעות הסביבתיות של חומרים אורגניים שונים.	• תהליכי חמצון-חיזור • פוטנציאל חצי-תא • pH • שינוי דרגת חמצון • מסיסות • ספיחה ושיקוע (ברמה האיכותית) • הכימיה של מתכות מסוימות ותהליכים ספציפיים	• היסודות העיקריים המצויים בכל סביבה טבעית כדוגמת ברזל, מנגן, גופרית, חנקן ופחמן עוברים טרנספורמציות כימיות לצורנים שונים. • הכימיה העשירה של תרכובות חנקן (NO_2^-, NO_3^-, NO, N_2, NH_3) יכולה לשמש בסיס ודוגמה להבנת התהליכים המחוללים שינוי בצורנים הדומיננטיים ולאינטראקציה שלהם עם הסביבה (בעלי חיים, קרקע וכד')	2. טרנס-פורמציות כימיות

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

שעות	המלצות דידקטיות – יישומים ודוגמאות	מושגים	פירוט הנושא	הנושא
15-10	– בחלק האחרון מתבססת ההבנה שחומרים אורגניים או אי-אורגניים עוברים טרנספורמציות בסביבות שונות, וגדלה החשיפה לבעייתיות. גם מתבררת חשיבות פיתוחן של יכולות מדידה של טרנספורמציות אלה על מנת לנטר את הצורונים השונים בסביבה. כל אלה מובילים להכרה שלצורונים שונים של אותו יסוד או תרכובת, השלכות סביבתיות שונות. – ניתן לקשור חלק זה למקרים ידועים של זיהום הסביבה: - Minamata Disease – הרעלת הכספית שהתרחשה ביפן בשנות ה-50. - הרעילות השונה של כרום תלת-ערכי לעומת כרום שש-ערכי. - הבעייתיות של שימוש בחומרים אורגניים כמו DDT. - כיצד מתמודדים עם בעיות הנוגעות לסביבה. – מומלץ לסיים את לימוד הפרק בשדה, לרבות דיגום נוסף ו"חכם" יותר על סמך מה שנלמד קודם.		• רעילות כימית וכיצד היא נקבעת. • אינטראקציה בין חומר לרקמות חיות, היבטים ארוכי טווח • מתכות כבדות – תהליכי ספיחה ובליעה על ידי מיקרואורגניזמים • מערכות ניטור – הכרת מושגים בסיסיים • התמודדות עם מזהמים במערכות מימיות • קביעת סף מותר של מרכיבים במי-שתייה לעומת גבול גילוי וזיהוי • בעיות באיכות הסביבה – חברה וטכנולוגיה	3. הקשר בין הצורון לפעילותו הסביבתית

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא בחירה

הענף: כימיה כללית

הנושא: אנרגטיקה ודינמיקה – שלב שני

היקף: 45 שעות

נושא זה הוא המשך ישיר לנושא חובה: אנרגטיקה ודינמיקה – שלב ראשון. ראו עמ' 88.

מטרת-על

למידה מעמיקה של עקרונות התרמודינמיקה והקינטיקה וקשרי הגומלין ביניהם.

מטרות

- הבנה מעמיקה של השינויים האנרגטיים המלווים תהליך כימי.
 - הכרת העקרונות התרמודינמיים הבסיסיים המכתיבים את התרחשותו של תהליך כימי.
 - העמקה בדינמיקה של תהליך כימי ברמה המיקרוסקופית והמקרוסקופית.
 - הכרת קשרי הגומלין בין האנרגטיקה לדינמיקה בתהליך כימי.
 - בניית הכלים הנחוצים ללימוד היחידה החמישית.
- הערה:** נושאי ההרחבה וההעמקה הרשומים במפרט נועדו לכיתות מתקדמות או לתלמידים מתקדמים, מעבר לשעות המוקצבות.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

תרמודינמיקה

היקף: 30 שעות

נושא	מושגים	פירוט הנושא • – הערות דידקטיות	הצעות ליישומים ודוגמאות
1. תרמודינמיקה	חזרה על מושגי יסוד שנלמדו בשלב הראשון		
2. חוק שימור האנרגיה	- החוק הראשון של התרמודינמיקה - מערכת וסביבה (מערכת פתוחה, סגורה ומבודדת)	- הלימוד מתבסס על ההנחה שהתלמידים מכירים את העיקרון שאנרגיה אינה הולכת לאיבוד. - מעבר אנרגיה בין מערכת לסביבה	– כיצד מוכיחים את חוק שימור האנרגיה (אי-קיומה של מכונת פרפטום מובילה). – מערכות ביולוגיות וקישור למצב שיווי-משקל
3. פונקציות מצב	- לחץ (P) ונפח (V) - טמפרטורה (T) - אנרגיה (E) - אנתלפיה (H) - אנטרופיה (S) - אנרגיה חופשית (G) - תכונות של פונקציות תרמודינמיות - פונקציית מצב - תנאים סטנדרטיים	- הבחנה בין חום (q), טמפרטורה (T), עבודה (w) ואנרגיה – חלק זה יהיה במידה מסוימת חזרה על תכנים שנלמדו במסגרת השלב הראשון של אנרגטיקה ודינמיקה. - הסבר מדוע חום ועבודה אינם פונקציות מצב - הפרש בין שני מצבים (מצב סופי ומצב התחלתי) – בשלב זה אין צורך לעסוק בכל הפונקציות, אלא רק בהכרת "פונקציית מצב" ותכונתה העיקרית: גודל פונקציית מצב שווה להפרש בין גודלה במצב הסופי וגודלה במצב ההתחלתי, ואין כל תלות בדרך המעבר בין המצבים.	– ניתן לקשר בין פונקציית מצב ותכונותיה לבין אנרגיה פוטנציאלית.

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא	מושגים	פירוט הנושא • – הערות דידקטיות	הצעות ליישומים ודוגמאות
4. אנתלפיה	הצעת העמקה: • הגדרת האנתלפיה • הוכחת הגדרת האנתלפיה: $H = E + PV$ • הוכחת החוק הראשון בצורה מתמטית	– אם כוללים את המשוואות: $\Delta E = q + W$ $W = -P\Delta V$ ניתן להוכיח שהאנתלפיה שווה לשינוי החום כאשר הלחץ קבוע. (תנאי זה חל על מרבית התהליכים המבוצעים במעבדה או במערכות טבעיות.)	
	• אנתלפיית התהוות תקנית	– יש להדגיש ולהראות בחישובים שגודלו של שינוי אנתלפיה של תהליך יכול להיות חיובי או שלילי. – חשוב מאוד להראות שכל עוד שומרים על מגיבים ותוצרים מסוימים, התוצאה היא זהה אם מחשבים בעזרת אנתלפיות התהוות, או אם מחשבים בעזרת אנתלפיות קשר.	– המושג "אנתלפיית התהוות תקנית" מצריך קביעה שרירותית של נקודת התייחסות. ניתן להמחיש זאת על ידי אנלוגיה של קביעת גובהו של הר בעזרת קביעת גובה 0 של פני הים, או על ידי אנרגיה פוטנציאלית ומישור הייחוס בגובה 0.
גזים	הרחבה: • מושג הטמפרטורה המוחלטת	הרחבה: • חוקי הגזים האידיאליים • מדוע חייבת להתקיים טמפרטורה מינימלית (האפס המוחלט).	– מהשערת אבוגדרו נובע שבין מולקולות גז אידיאלי אין כוחות בין-מולקולריים. – ניזול גזים וכוחות בין-מולקולריים

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא	מושגים	פירוט הנושא • – הערות דידקטיות	הצעות ליישומים ודוגמאות
5. הכוח המניע להתרחשות תהליכים כימיים (באופן איכותי)	- ספונטניות של תהליך - אנטרופיה	- הבנה שתהליך ספונטני איננו בהכרח אקסותרמי - צריך לבנות אצל הלומד את התפיסה שאקסותרמיות ואנדותרמיות אינן מדד לספונטניות. - מומלץ לקשר לשיווי משקל שנלמד בעבר. - בשלב הראשון המושג "ספונטניות" יינתן כמושג איכותי. - הקניית המושג נטייה טבעית, כלומר חוק טבע, תהיה באופן איכותי מתוך הדגמות. - הבנה שניתן לכמת אנטרופיה	- תהליכי המסה וערבוב כהדגמה - לכך שתהליכים ספונטניים אינם בהכרח אקסותרמיים; אידוי כדוגמה לתהליך ספונטני למרות היותו אנדותרמי. - המושג "אנטרופיה" יודגם על ידי ערבוב, המסה ותהליכים מעולם מדעי החיים.
6. הכוח המניע להתרחשות תהליכים כימיים (באופן כמותי)	- כימות הספונטניות - אנרגיה חופשית, ΔG° - החוק השני של התרמודינמיקה - הקשר המתמטי בין ΔS, ΔH, ΔG וחישובים - חיזוי הספונטניות של תהליך	- המושג "אנרגיה חופשית" כצורך במדד לספונטניות של תהליך - הקישור התפיסתי בין הנטייה לאי-סדר ובין אנרגיה - צימוד של תהליכים כאמצעי לדחיפה של תהליך רצוי - ספונטניות של תהליך, גם כתלות בטמפרטורה, כולל גרפים פשוטים	- שימוש במערכת Self-assembly - הרחבה: הגידול באנטרופיה ביקום כגורם לירידת טמפרטורה - התא החי כמערכת המשתמשת באנרגיה כדי לא להגיע לשיווי-משקל עם הסביבה - צימוד תהליכי הנשימה התאית: ATP ADP
7. שיווי-משקל ותרמודינמיקה	הקשר בין ΔG לקבוע שיווי-משקל	חישובים פשוטים	תהליך האבר להפקת NH_3

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

קינטיקה

היקף: 15 שעות

נושא	מושגים	פירוט הנושא • הערות דידקטיות –	הצעות ליישומים ודוגמאות
1. דינמיקה של תהליכים כימיים	- מהירות תהליך – חזרה - על מושגים משלב I	- הבנה מקרוסקופית של מהירות התגובה - הבנה מיקרוסקופית של המושג "מנגנון התהליך"	דוגמאות שונות הנגזרות מעולם התעשייה והביוכימיה
2. מדידה של מהירות תהליך כימי	קבוע מהירות	- חשוב להבהיר שהגדלים ניתנים לכימות (למשל: מדידה כמותית של מהירות תהליך. העובדה שהמהירות איננה קבועה יכולה להבהיר היטב את ההבדל בין מהירות התהליך לבין קבוע המהירות, שהוא קבוע בטמפרטורה נתונה.) - יש לקבוע את כמות קבלת תוצר כתלות בזמן וכתלות בריכוז המגיב. מכאן מחשבים את מהירות התהליך ואת תלות מהירות התהליך בריכוז המגיב. במילים אחרות: בכל נקודת זמן מתקבלת משוואה של קו ישר, שהשיפוע שלו הוא k. k [מגיב] = מהירות התהליך	- מומלץ מאוד לשלב את הנלמד עם הדגמות ופעילות מעבדתית שתכלול: מדידה של כמות מגיב או כמות תוצר המתקבלת כתלות בזמן, וחישוב מהירות שינוי הריכוז של המגיב או התוצר. מומלצת מאוד עבודה עם Excel. - דוגמאות מתאימות: (1) פירוק מי-חמצן על ידי זרז אי-אורגני או אנזים; (2) מעקב אחר תהליך בעזרת מדידה של שינוי צבע או פליטת גז.
3. הגורמים המשפיעים על מהירות תהליך	- משוואת קצב - תלות מהירות התהליך בריכוז	- רישום מהירות תהליך על פי קבלת תוצרים או היעלמות מגיבים - הבנה שקיימת סקאלה רחבה מאוד של קבועי מהירות	דוגמאות לקבועי מהירות גבוהים ונמוכים בטבע ובמעבדה (ניסוי או אמצעי המחשה אחר)

היחידה הרביעית לתלמידי כימיה – מפרט התכנים

נושא	מושגים	פירוט הנושא – הערות דידקטיות	הצעות ליישומים ודוגמאות
	הרחבה: סדר תהליך (סדר ראשון, סדר שני)	- ייתכן שהמושג "זמן מחצית החיים" כבר מוכר. - הבנה שתהליך יכול להתרחש בכמה דרכים ושהשיקול האנרגטי הוא שמכריע.	- דוגמאות לתהליכים מסדר ראשון (גם אם המתמטיקה לא תטופל). - דוגמאות מומלצות: דעיכה רדיואקטיבית (אם נלמדה בעבר).
מהירות תהליכים ברמה מיקרוסקופית	העמקה: - תהליך חד-שלבי ורב-שלבי - שלב קובע מהירות - אנרגיית שפעול – מצב מעבר - התנגשויות פוריות ולא-פוריות – סיכוי להתרחשות תהליך - זרז, אנזים	התפלגות מהירויות החלקיקים בתלות בטמפרטורה (אנרגיה קינטית). התהליך מתרחש החל ממהירות חלקיקים מסוימת ומעלה.	- אפשר לתת דוגמאות לקינטיקה הטרוגנית (על פני משטחים). - יש לעשות שימוש נרחב בביוכימיה: הבנה כיצד חומרים רבים יכולים להימצא בסמיכות מקום (בתא החי) ולא להגיב זה עם זה, למרות שמבחינה אנרגטית הדבר אפשרי. (הבנה כזאת תמחיש את חשיבות הזרזים).
	העמקה: בקרה תרמודינמית של תהליך, מול בקרה קינטית שלו	קבלת תוצרים מותנית לעתים בתרמודינמיקה של התהליך ולעתים בקינטיקה; שליטה על הקינטיקה עשויה להכתיב קבלת תוצרים מסוימים שאינם מועדפים תרמודינמית.	

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

היחידה החמישית לתלמידי כימיה עריכת ניסויים במעבדה

היקף השעות וחלוקתן

ליחידה החמישית מוקצות 90 שעות.

יחידה זו מחולקת באופן שווה לשני חלקים, ולכל חלק 45 שעות.

כפי שיפורט להלן, קיימות אפשרויות בחירה אחדות לגבי שני החלקים של היחידה החמישית, הן מתוך מבחר הנושאים העיוניים – מאלה שלא נבחרו ביחידה הרביעית – והן צירוף של חלקי יחידת המעבדה.

האפשרויות לבחירת חלקי היחידה החמישית

א	חלק ראשון של יחידת מעבדה *	נושא עיוני 45 שעות	<u>הערה:</u> אין חשיבות לסדר הלמידה של שני החלקים.
ב	חלק ראשון של יחידת מעבדה *	חלק שני של יחידת מעבדה * *	
ג	נושא עיוני 45 שעות	נושא עיוני 45 שעות	<u>הערה:</u> אין חשיבות לסדר הלמידה של שני החלקים.

* ניסויים מרמות I ו-II (הפירוט בהמשך, עמ' 126)

* * ניסויים מרמות II ו-III (הפירוט בהמשך, כנ"ל)

באפשרויות א' ו-ב' על המורה לבחור לכיתתו נושא או נושאים עיוניים שלא נלמדו במסגרת היחידה הרביעית. נושא עיוני בטבלת האפשרויות לעיל הוא אחד מנושאי הבחירה הכתובים ביחידת הלימוד הרביעית בטבלה בעמ' 87. התכנים של הנושאים לבחירה כתובים בעמ' 91 – 120.

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

עיקר הדיון בפרק זה הוא אפשרות ב' – בחירה בשני החלקים של יחידת המעבדה.

שני החלקים של יחידת המעבדה, החלק הראשון והחלק השני, מורכבים ממגוון של פעילויות מעבדתיות והן מעמידות יחידת לימוד מלאה. מספר שעות הלימוד בכל חלק הוא זהה (45 שעות), אך התכנים והרמות הנדרשות הם שונים. שני החלקים אינם חלופיים, אלא פרוגרסיביים מבחינת רמת הקושי והמורכבות. לכן מורה הבוחר באפשרות א', ילמד את החלק הראשון של יחידת המעבדה.

משך תקופת הלימוד במעבדה ביחידה החמישית

כדי שתלמידים הלומדים את שני החלקים של יחידת המעבדה (אפשרות ב') יפנימו את הנדרש מהם, מומלץ לפרוס את הלימודים על פני שנתיים – כיתות י"א-י"ב. כידוע, הלימודים הרציפים והמסודרים בכיתה י"ב מסתיימים ברוב בתי הספר כבר סמוך לחג הפסח, וגם זאת יש להביא בחשבון בתכנון העבודה במעבדה.

עדיף מצב שבו הפעילות בשני החלקים (דהיינו, ביחידה כולה) תתפרש על פני שתי שנות לימוד. עם זאת, בהתחשב באילוצים שונים, יש להניח בידי המורה את ההחלטה כיצד לחלק את תכנית הלימודים בתקופה זו.

מורה הבוחר באפשרות א', כלומר מלמד את החלק הראשון של יחידת המעבדה ונושא עיוני אחד, ישקול מהו סדר הלימוד המתאים ביותר לו ולכיתתו.

חשיבות לימודי המעבדה ביחידה החמישית²⁷

במסגרת של לימודי ההתמחות, אין ערוך לעבודה מסודרת במעבדה כימית. יותר מכול, העבודה במעבדה היא שמלמדת את מהותה המדעית האמתית של הכימיה. בעת עריכת הניסויים, התלמידים מתמודדים בפועל עם העקרונות התיאורטיים שלמדו בשיעור. כך הניסוי במעבדה ממחיש את הנלמד מזווית אחרת. ניסויים במעבדה העוסקים בנושאים מעניינים, ילחיבו את התלמידים, יעוררו בהם סקרנות ועניין ויהפכו את לימודי הכימיה לרלוונטיים לחייהם.

כאמור, בשנים האחרונות בבתי ספר תיכוניים רבים הפסיקו כמעט לחלוטין להפעיל את מעבדת הכימיה גם במסגרת הלימודים ביחידה הרביעית וביחידה החמישית. ועדות התכנית רואות לנכון להדגיש שוב, כי לימודי המעבדה הם חלק בלתי נפרד מתכנית הלימודים הרשמית והמחייבת. **מלבד שני החלקים של יחידת המעבדה שעומדים לבחירה ביחידה החמישית, לימודי המעבדה יהיו חלק בלתי נפרד מכל הלימודים העיוניים בשלוש יחידות הלימוד, ביחידה הרביעית ובנושאים העיוניים לבחירה.**

²⁷ ראו גם: חשיבות הלמידה במעבדה הכימית, עמ' 20; משאבים – המעבדות וציוודן, עמ' 36; "חלוקת השעות לנושאי חובה ובחירה וחובת שעות המעבדה" בתכנית היחידה השנייה והיחידה השלישית, עמ' 68.

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

חשיבות עדכון הניסויים

מאחר שנושאי האקטואליה בכימיה משתנים עם הזמן, חשוב שנושאי המעבדה ישתנו גם הם. עדכון הנושאים יתבצע מפעם לפעם על ידי גורמים המוסמכים לכך במשרד החינוך ופורסם באתר תכניות הלימודים של האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, בחוזרי מפמ"ר, ובאתר מרכז המורים הארצי של מורי הכימיה. ועדת התכנית ממליצה כי ועדת המקצוע תמנה תת-ועדה שמתפקידה יהיה לבחון ולאשר באופן שוטף הצעות פעילות לניסויי מעבדה חדשים מטעם גורמים חיצוניים (ציבוריים או פרטיים). התנאי הוא שהצעות אלה יתאימו לקריטריונים ולמבנה המתוארים להלן בתכנית הלימודים. ההצעות ייבדקו ויאושרו על ידי תת-הוועדה, ולא יהיה צורך למנות ועדת תכנית חדשה לשם כך או לקבל את אישורה של ועדת המקצוע.

עמידת הניסויים בקריטריונים של המעבדה

בעת העיסוק בפעילויות מעבדתיות, בנפרד או בקבוצה, חייבים התלמידים לרכוש **מיומנויות חקר** מתאימות המפורטות בהמשך הדברים, ולכן הניסויים שהמורה בוחר לכיתתו חייבים לפתח מיומנויות אלה. התלמידים חייבים גם לפתח את מיומנויותיהם בתחום **המידענות** כחלק מהכרת הרקע המדעי הנדרש לניסוי. תוך כדי עבודתם במעבדה הם יפעילו ויפתחו **מיומנויות חשיבה מסדר גבוה**, כגון: שאילת שאלות, עריכת השוואות, העלאת טיעונים. רשימת מיומנויות החקר והפעילויות המופיעה בהמשך הדברים, היא המגדירה אם ניסוי מסוים עומד בקריטריונים של המעבדה.

כל ניסוי שהמורה מעביר לתלמידיו חייב לעמוד בקריטריונים של המעבדה. כמו כן נדרש מספר ניסויים מינימלי בכל רמה מהרמות השונות של הניסויים; כלומר, על כל תלמיד לערוך לפחות את מספר הניסויים הזה, כדי שיוכל לעמוד בדרישות היחידה החמישית על פי תכנית הלימודים.

כיום קיימות כמה סדרות ניסויים לבחירתו של המורה. סדרות אלה פותחו על ידי גורמים חיצוניים בתמיכת משרד החינוך, והניסויים בהן – כולם, רובם או חלקם – מתאימים לקריטריונים אלה. מפתחי סדרות הניסויים הקיימות יפרסמו באתר מורי הכימיה את אופן התאמת הניסויים שלהם לקריטריונים, על פי הרמות השונות שבתכנית הלימודים. **יש להדגיש שכל הניסויים חייבים לעמוד בקריטריונים.** ניסוי שאינו עומד בקריטריונים, יש לעבדו ולשדרגו כדי "ליישר קו" על פי דרישות תכנית הלימודים.

כל הניסויים המאושרים יוכלו להיכלל בפעילויות המעבדתיות של היחידה החמישית. יתר על כן, כל מורה שפיתח ניסוי מעניין מוזמן להגיש את הניסוי לאישור תת-הוועדה.

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

הוועדה ממליצה כי רשימת כל הניסויים המוצעים למורים, ניסויים העומדים בקריטריונים של תכנית הלימודים על פי אישור תת-הוועדה הנ"ל, תופיע באתר האינטרנט של מרכז המורים הארצי של מורי הכימיה. ליד שמו של כל ניסוי יצוין לאיזו רמה הוא מתאים.

שני החלקים של יחידת המעבדה

מטרות המעבדה

- הכרת עקרונות הכימיה הלכה למעשה.
- המחשת התכנים העיוניים.
- פיתוח סקרנות ועניין בכימיה.
- הפיכת הכימיה לרלוונטית.
- פיתוח מיומנויות בתחום המידענות.
- פיתוח מיומנויות חקר וכלי עבודה מחקריים כגון: ניסוח שאלת חקר,²⁸ הגדרת משתנים ובידודם, תכנון ניסוי, הצגת תוצאות וניתוחן, הסקת מסקנות.
- פיתוח מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה כגון: שאילת שאלות, סרטוט גרפים וניתוחם, שיפוט והערכה, יישום והעברה.
- פיתוח היכולת ללימוד עצמאי ולעבודה עצמאית.

מטרות אופרטיביות במעבדה (עבור שני החלקים של יחידת המעבדה)

ניסוח המטרות האופרטיביות להלן מתייחס הן לתלמיד העובד עצמאית והן לתלמיד העובד בקבוצה.

לימוד הרקע המדעי

1. לימוד הרקע המדעי הדרוש לניסוי – באופן מודרך ולאחר מכן באופן עצמאי.
2. בעקבות סיור לימודי – הפגנת ידע והבנה בנושא מדעי רלוונטי הדרוש כרקע לביצוע הניסוי.
3. יישום מיומנויות של מידענות ופענוח מידע (הערכת איכות מקור המידע, הבחנה בין עיקר לטפל, זיהוי משפטי מפתח, הבנת משמעותם של טבלאות וגרפים וכדומה).

²⁸ ראו גם מאמר: "כיצד מנסחים שאלת חקר", עמ' 169.

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

תכנון הניסוי וביצועו (מיומנויות חקר)

4. ניסוח שאלת חקר.
5. ניסוח השערה שתכנון את התלמידים בתכנון ניסוי.
6. תכנון ניסוי באופן מודרך ולאחר מכן באופן עצמאי.
7. יישום מיומנויות של ביצוע ניסוי (מיומנויות של עבודה מעשית במעבדה, כמו שימוש נכון בכלי עבודה ובמכשירים; מיומנויות של הפעלת שיטות עבודה נוספות, כגון חיישנים או טכניקות של ניסוי ממוזער; מיומנויות של בידוד משתנים נכון; מיומנויות של שמירה על איכות המדידה ודיוקה ברמה בסיסית; מיומנויות של שמירה על כללי עבודה מסודרת ועל כללי הבטיחות במעבדה).
8. ניסוח שאלת חקר נוספת הנובעת מתוצאות הניסוי שנערך ומסקנותיו (ראו להלן).

ניתוח הממצאים, עיבודם וייצוגם

9. ניתוח הממצאים, עיבודם וייצוגם באופני ייצוג שונים (טבלה, דיאגרמת עמודות, דיאגרמת עוגה, גרף: המשמעות של הקשר הליניארי ושל שיפוע הגרף).
10. הסקת מסקנות נכונות מהממצאים המעובדים.
11. כתיבת דיון מסכם (תוקף המסקנות, בעייתיות בניסוי, ביקורת עצמית, רפלקציה).

הצגת העבודה

12. הצגת עבודת הסיכום בכתב ובעל פה תוך שימוש מושכל באמצעי הצגה מתאימים.

פעילויות המעבדה

במסגרת יחידת המעבדה תיערכנה פעילויות **בשלוש רמות** השונות זו מזו בדרישות מהתלמידים. (בהמשך הדברים יפורטו המיומנויות הנדרשות מהתלמיד בכל אחד מסוגי הפעילות.) רמת החשיבה והביצוע בשלוש הרמות תהיה פרוגרסיבית. ההחלטה מהי הרמה שבה תיכלל פעילות מסוימת אינה מותנית בשיטת המעבדה (למשל מעבדה ממוזערת או מעבדה ממוחשבת), אלא בדרישות שהפעילות מציבה, בהיקף העבודה שהפעילות מצריכה ובמיומנויות הנדרשות מהתלמיד לביצועה המוצלח.

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

לימוד הרקע ייעשה באמצעים מגוונים, לדוגמה: ניתוח מאמר מדעי מעובד או מקורי (חקר אירוע), הדמיה מולקולרית (חקר מבנה מולקולה בתוכנת מחשב), חקר-רשת (חקר נושא בתוך רשת האינטרנט), סיור לימודי. כל אלה יהוו תמיכה ורקע למרכיב העיקרי שהוא הניסוי. עם זאת, **הפעילות חייבת להיות מעבדתית, דהיינו פעילות שעיקרה ניסוי המבוסס על ביצוע תצפית מדעית וחקירתה.** (המילים "תצפית מדעית וחקירתה" מתייחסות לניסוי מעשי שבו "מרטיבים את הידיים". במקרה אחד המפורט בהמשך, אפשר להמיר ניסוי בפעילות אחרת.)

רמה I נקראת להלן **רמה בסיסית**, וכל ניסוי הנכלל בה נקרא **ניסוי בסיסי**. רמה זו כוללת מגוון ניסויים פשוטים או מורכבים יותר. המשותף להם הוא שהתלמיד אינו מחויב לתכנן את הניסוי בעצמו. המורה יבחר את הניסוי מתוך מאגר כלל-ארצי של ניסויים מאושרים. מטרת הפעילות ברמה I היא לעבוד על פי הנחיות, תוך הבנת הפעילות המתבצעת ברמה הניסויית וברמה העיונית.

רמה II נקראת להלן **רמה מתקדמת**, וכל ניסוי הנכלל בה נקרא **ניסוי מתקדם**. רמה זו כוללת מגוון ניסויים שבהם התלמיד נדרש לתכנן ניסוי בעצמו ולבצע על פי תצפית או משימה המוצגות על ידי המורה, או כהמשך לניסוי מקדים, ניסוי בסיסי ברמה I. גם כאן יבחר המורה את הניסוי מתוך מאגר ניסויים כלל-ארצי. מטרת הניסוי ברמה II היא להקנות לתלמיד את עיקרי הגישה האמפירית מנקודת מבטו של חוקר, תוך מתן דגש על היבטים איכותיים וכמותיים.

רמה III היא **הרמה הגבוהה ביותר**, והיא כוללת **ניסוי מתקדם-מורחב**, שבו התלמיד בוחר בעצמו את נושא המחקר, מנסח את שאלת החקר, מתכנן את הניסוי ומבצע אותו. הניסוי המתקדם-המורחב יונחה על ידי המורה ובאישורו, ואינו בא בהכרח (אם כי הוא יכול להילקח) ממאגר ניסויים קיימים. הניסוי המתקדם-המורחב יכלול סדרת ניסויים נוספת שתנבע מהמסקנות שהוסקו ותצריך ניסוח שאלת חקר המשכית. עבודת הניסוי המתקדם-המורחב תיעשה בכיתה ואינה כרוכה בהנחיה חיצונית.

היקף השעות בכל סוג ניסוי על פי הרמה

רמה I – היקף השעות של ניסוי בסיסי אחד הוא כ-4 שעות לתלמיד (כולל הכנה, ביצוע ועיבוד).

רמה II – היקף השעות של ניסוי מתקדם אחד הוא כ-6-8 שעות לתלמיד (כולל כל סוגי הפעילויות).

רמה III – היקף השעות של הניסוי המתקדם-המורחב הוא כ-15 שעות לתלמיד (כולל כל סוגי הפעילויות).

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

מספר הניסויים הנדרש בכל חלק של יחידת המעבדה

בחלק הראשון התלמיד יעסוק בניסויים ברמה I וברמה II.

מספר הניסויים בחלק הראשון יהיה:

רמה I – 3 ניסויים בסיסיים.

רמה II – 4 ניסויים מתקדמים.

בחלק השני התלמיד יעסוק בניסויים ברמה II וברמה III.

מספר הניסויים בחלק השני יהיה:

רמה II – 3 ניסויים מתקדמים.

רמה III – ניסוי מתקדם-מורחב אחד.

אפשרויות המרה

מורה הבוחר בשני החלקים של יחידת המעבדה (אפשרות ב' בטבלה, עמ' 121), יכול להמיר ניסוי בסיסי אחד או שניים (רמה I) בפעילות אחרת, "פעילות חלופית".

הפעילויות החלופיות הן אלה: הדמיה מולקולרית, ניסוי חקר חלקי, או חקר-רשת.

היקף הפעילות החלופית יהיה זהה להיקף הפעילות בניסוי בסיסי – 4 שעות עבודה לתלמיד. מורה הבוחר בחלק הראשון של יחידת מעבדה (אפשרות א'), אינו רשאי להמיר ניסוי בסיסי בפעילות חלופית.

העבודה בקבוצות

העבודה בקבוצות במעבדה מביאה למורה תועלת שאין לזלזל בה: עליו לטפל במספר מצומצם יותר של דוחות מעבדה וגם עבודת ההדרכה שלו פוחתת בהיקפה. לכך מתווספת מטרה חינוכית והיא הקניית מיומנות העבודה בצוות. עבודת הצוות היא שיטת העבודה הנהוגה בעולם המודרני בתחומי עיסוק ומחקר שונים ומגוונים. לדוגמה: סיעור מוחות כשגרת עבודה הוא חלק בלתי נפרד מקידום המשימה. על כן חשוב לפתח מיומנות זו אצל כל התלמידים. תלמידים רבים הורגלו לעבוד בקבוצות כבר בשלבי לימוד קודמים, ובכל זאת יש לעודד פיתוח הרגלי עבודה נכונים, חלוקת משימות יעילה, שיתוף פעולה

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

וכדומה. מומלץ שהרכב קבוצות העבודה לא יהיה קבוע; על ידי כך יוכלו התלמידים למלא תפקידים מגוונים ולקבל על עצמם אחריות מסוגים שונים.

למרות האמור לעיל, אין לראות את העבודה בקבוצות כחובה. לעבודה עצמית יתרונות רבים, וראוי אפוא שתלמידים יתנסו הן בעבודה קבוצתית והן בעבודה העצמית.

המספר המומלץ של תלמידים בקבוצה על פי רמות הניסויים

רמה I – ניסוי בסיסי – עבודה בזוגות עד רביעיות.

רמה II – ניסוי מתקדם – עבודה בזוגות עד רביעיות.

רמה III – ניסוי מתקדם-מורחב – עבודה ביחידים או בזוגות.

להלן טבלה מסכמת לדרישות מכל רמה במעבדה.

רמה	סוג הניסוי	היקף השעות לניסוי	מספר התלמידים בקבוצה
I	ניסוי בסיסי	4	2 עד 4
II	ניסוי מתקדם	6 - 8	2 עד 4
III	ניסוי מתקדם-מורחב	כ-15	יחיד או זוג

המיומנויות הנדרשות ברמות הניסויים השונות (הקריטריונים)

רמה I – ניסוי בסיסי

1. קריאה והבנה של ההנחיות.
2. הבנת הרקע המדעי.
3. ביצוע הניסוי ורישום תצפיות וממצאים.
4. ניתוח התוצאות, עיבודן וייצוגן באופנים שונים.
5. הסקת מסקנות.

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

6. דיון מסכם (תוקף המסקנות, בעייתיות בניסוי, ביקורת עצמית).
7. הצעה לפעילויות נוספות שעולות בדיון (סיור, חקר ברשת האינטרנט, הדמיה מולקולרית וכדומה).
8. הצגת העבודה ותוצאותיה בכתב.

רמה II – ניסוי מתקדם

1. א. ביצוע ורישום תצפיות הקשורות לתופעה המוצגת לכל הכיתה על ידי המורה.
- א: ב. ביצוע ניסוי מקדים על ידי התלמיד לפי הנחיות ברורות ברמה I (מתוך מאמר, חקר אירוע, חקר-רשת וכדומה).
2. חיפוש מידע.
3. יישום מיומנויות של מידענות ופענוח מידע, כולל ניתוח מאמר מדעי (רישום של פרטי מקור המידע, הערכת איכות מקור המידע ומהימנותו, הבחנה בין עיקר לטפל, זיהוי משפטי מפתח, הבנת משמעותם של טבלאות וגרפים וכדומה).
4. ניסוח שאלת חקר.
5. ניסוח השערה. (ההשערה חייבת להיות מבוססת על ידע קודם של התלמיד ויש לנמקה).
6. תכנון ניסוי (שכלול ותיקון התכנון במהלך שיחה עם המורה ושאר התלמידים).
7. ביצוע הניסוי – יישום מיומנויות של ביצוע ניסוי (מיומנויות של עבודה מעשית במעבדה, כמו שימוש נכון בכלי עבודה ובמכשירים ומיומנויות בהפעלת שיטות עבודה אחרות, כגון חיישנים או טכניקות של ניסוי ממוזער).
8. ייצוג תוצאות (כולן או חלקן) בצורה גרפית תוך שימוש בחיישנים (ערכות ממוחשבות) או סרטוט גרף בגיליון אלקטרוני. מעבר בין צורות שונות של ייצוג תוצאות: גרף, טבלה, נוסחה, תיאור מילולי וכדומה.
9. ניתוח ועיבוד התוצאות (כולל הערכת איכות המדידה ודיוקה ברמה בסיסית, הבנת הקשר בין הספרות המשמעותיות במכשירי המדידה לבין הספרות המשמעותיות של התוצאות המחושבות לפי המדידות האלה).
10. הסקת מסקנות.
11. דיון מסכם (תוקף המסקנות, בעייתיות בניסוי, ביקורת עצמית).
12. הצעה להמשך (ניסוח שאלת חקר חדשה שעולה כתוצאה מהדיון).
13. הצגת העבודה על תוצאותיה בכתב ובעל פה.

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

רמה III – ניסוי מתקדם-מורחב

ניסוי ברמה III הוא למעשה הרחבה של הניסוי המתקדם (רמה II). ברמה III התלמיד מרחיב את ידיעותיו ברקע התאורטי של התופעה או בתהליך שבחר לחקור מעבר למה שלמד ברמה II. ברמה III התלמיד עורך שתי סדרות של פעולות ניסוי: הוא מנסח את שאלת החקר הראשונה, מתכנן ניסוי ומבצע אותו, לאחר מכן בעקבות התוצאות והמסקנות הוא מנסח שאלת חקר חדשה, מתכנן ניסוי חדש, וממשיך לחקור גם את שאלת החקר השנייה.

1. איתור נושא למחקר. (אפשר לבחור נושא מתוך מאגר הניסויים שבוצעו בעבר או מתוך נושאים שיוצעו על ידי המורה או על ידי התלמיד.)
2. חיפוש מידע במאגרי מידע להרחבת הידע התאורטי (לפחות שלושה מקורות, מומלץ [לא חובה] שמקור אחד מתוכם יהיה באנגלית, ייתכן בסיוע של המורה לאנגלית), רישום פרטי כל מקורות המידע.
3. יישום מיומנויות של מידענות ופענוח מידע (הערכת איכות מקור המידע ומהימנותו, הבחנה בין עיקר לטפל, זיהוי משפטי מפתח, הבנת משמעותם של טבלאות וגרפים וכדומה).
4. ניסוח שאלת חקר.
5. ניסוח השערה.
6. תכנון ניסוי.
7. ביצוע הניסוי ורישום תצפיות. יישום מיומנויות של ביצוע ניסוי (מיומנויות של עבודה מעשית במעבדה כמו שימוש נכון בכלי עבודה ובמכשירים, מיומנויות בידוד נכון של משתנים, שמירה על איכות המדידה ודיוקה ברמה בסיסית).
8. ייצוג תוצאות (כולן או חלקן) בצורה גרפית תוך שימוש בחישובים (ערכות ממוחשבות) או סרטוט גרף בגיליון אלקטרוני, מעבר בין צורות שונות של ייצוג תוצאות: גרף, טבלה, נוסחה, תיאור מילולי וכדומה.
9. ניתוח ועיבוד התוצאות (כולל הערכת איכות המדידה ודיוקה ברמה בסיסית, הבנת הקשר בין הספרות המשמעותיות במכשירי המדידה לבין הספרות המשמעותיות של התוצאות המחושבות לפי המדידות האלה).
10. הסקת מסקנות.
11. דיון מסכם (תוקף המסקנות, בעייתיות בניסוי, ביקורת עצמית).
12. הצעה להמשך (שאלת חקר חדשה שעולה כתוצאה מהדיון).
13. תכנון ניסוי לשאלת החקר הנוספת.
14. ביצוע הניסוי הנוסף.

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

15. הצגת התוצאות (כמו מס' 8).

16. ניתוח ועיבוד התוצאות (כמו מס' 9).

17. הסקת מסקנות.

18. הצגת העבודה על תוצאותיה בכתב ובעל פה.

הרכב תיק העבודות

כל תלמיד ינהל תיק עבודות אישי (תלקיט, פורטפוליו) ובו כל המסמכים והסיכומים הנוגעים לעבודתו והמעידים על התקדמותו. בתיק האישי יבוא לידי ביטוי התהליך הלימודי שהתלמיד עבר בפעילותו ביחידת המעבדה (לדוגמה, כיצד התקדם בהבנת משמעותה של שאלת חקר וביכולתו לנסח שאלה מסוג זה).

התיק יכיל את כל הדוחות של כל המעבדות שהתלמיד השתתף בהן בתקופת העבודה במעבדה, כולל תיקוני המורה והערותיו. מלבד דוחות המעבדה, התיק יכלול גם את דפי ההנחיה, דפי העבודה, המאמרים וכל חומר עזר אחר המאפשר לתעד את המקורות של עבודת התלמיד. התיק יהיה ערוך על פי נושאים שייכתבו בתוכן העניינים. התיק יהיה מסודר ואסתטי.

לדעת הוועדה, ראוי שהתלמיד יתייחס בתיקו האישי להערות המורה ויענה לעצמו על שאלות מסוג: "מה למדתי מהערות אלה?", "מה הייתי עושה כדי לתקן את הניסוי?", "מה היה עלי לעשות אחרת?", "מה כדאי לי לשפר בניסויים הבאים?" וכדומה. התייחסות זאת אינה אורכת זמן רב והיא תיעשה בזמנו החופשי של התלמיד. התמריץ לתלמיד הוא שבדרך זאת הוא מכין את תיק העבודות שלו באופן שלם יותר לקראת הערכת המעריך החיצוני; בדרך זו יהיה התלמיד גם מוכן טוב יותר לענות על שאלות הנוגעות לניסויים שנערכו זמן רב קודם להערכה החיצונית.

תגובות התלמידים להערות המורה על דוחותיהם אפשר גם להעמיד להערכתם של תלמידים אחרים (הערכת עמיתים). כדי שהתלמידים יוכלו להעריך אותן באופן הוגן, יש להחליט על קריטריונים להערכת התגובות. תלמיד-מעריך מפתח מיומנות של חשיבה ביקורתית, ובה-בעת עליו ליישם את הידע שלו לצורך ההערכה. יישום הידע ופיתוח החשיבה הביקורתית הן שתי מטרות אופרטיביות חשובות בתחום הקוגניטיבי.

היחידה החמישית לתלמידי כימיה - עריכת ניסויים במעבדה

הערכת העבודה במעבדה

הערכת עבודת התלמיד במעבדה בכימיה תהיה **הערכה מתמשכת** כל תקופת העבודה על פי עקרונות **החלופות בהערכה**. הכוונה היא להערכה באמצעות תיק העבודות ובאמצעות תצפית המורה על דרך עבודת התלמיד במעבדה.

המורה יעקוב בהתמדה שיטתי אחרי התקדמות התלמיד. הציון של המורה או הציון הבית ספרי יהיה עיקר הציון הכולל של התלמיד, והוא אינו מחויב לגשת לבחינת בגרות חיצונית במעבדה. עם זאת, חלק קטן מהציון הכולל חייב להיות הערכה של גורם חיצוני.

ההחלטה הסופית כיצד תיערך ההערכה החיצונית תיעשה על ידי ועדת המקצוע להוראת הכימיה. עם זאת, לאור הדיונים בוועדת התכנית מומלץ לבחור בהערכה חיצונית המבוססת על אחת משתי האפשרויות שלהלן או על שילוב שלהן:

אפשרות ראשונה: מעריך חיצוני יבחן את תיק העבודות, והתלמיד יחויב "להגן" על עבודתו המתמשכת. בשיחה עם הבוחן התלמיד צריך לגלות הבנה בפעילויות שביצע ועליו גם להצדיק את שיקוליו. הציון של המעריך החיצוני ישוקלל עם הציון הבית ספרי.

אפשרות שנייה: בחינה עיונית על המיומנויות. בבחינה מסוג זה התלמיד יקבל קטע מעובד ממאמר שלא ראה קודם לכן – חקר אירוע. הקטע יציג תיאור ניסוי, או תופעה, או מולקולה, או תיאור של תכונות חומרים. התלמיד יתבקש לנתח את הקטע תוך יישום מיומנויות חקר וחשיבה ברמה גבוהה. הציון של בחינת המיומנויות ישוקלל עם הציון הבית ספרי.

הוועדה ממליצה כי בעתיד, עם הפעלתם של סוגי המעבדה השונים בבתי הספר, ייערכו פעולות הערכה של עבודת המעבדה. ועדת המקצוע, הפיקוח על הכימיה, מרכז המורים לכימיה והאגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים יקבלו עליהם לבחון את רמתן של הגישות השונות להוראת המעבדה. הם יבחנו את עמידת הניסויים בקריטריונים, את רמת התלמידים ועמידתם בדרישות מבחינת התקדמותם בהבנה מעמיקה יותר של החומר הנלמד. כפי שנאמר, הוועדה אינה קובעת מסמרות באשר לדרכי ההערכה החיצונית שילוו את ההערכה הבית-ספרית. יש להניח שבעבודת המעבדה על פי הגישות השונות תחול התפתחות דינמית, ועם הזמן תתקבל סטנדרטיזציה גם באופן ההערכה החיצונית.

היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי ביוטכנולוגיה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

דרישות-הקדם

היחידה הראשונה הנלמדת בכיתה יוד, ולאחריה היחידה השנייה והיחידה השלישית הנלמדות על ידי כל התלמידים הבוחרים במקצוע כימיה, מהוות את דרישת-הקדם העיקרית ליחידה הרביעית וליחידה החמישית **ביוכימיה בהרחבה** לתלמידי ביוטכנולוגיה. עם זאת, ייתכן שיהיה צורך להשלים בניית מושגים מסוימים שלא נרכשו קודם לכן, בייחוד בתחום המבנה והתכונות של חומרים בעלי חשיבות ביולוגית.

תיאור התכנית

התכנית מתמקדת בקשר ההדוק הקיים בין המבנה של מקרומולקולות ביולוגיות לתפקוד שלהן כבסיס להבנת תהליכי יישום בתעשייה, בחקלאות, ברפואה ובמחקר. התכנית עוסקת במפורט במבנה המקרומולקולות חומצות גרעין, חלבונים, פחמימות וליפידים ובתפקידיהן במערכות ביולוגיות המוכרות לתלמיד. התכנית מושתתת על בסיס ידע בכימיה (המבנה) ועל בסיס ידע בביולוגיה (התפקיד).

ארגון הלמידה

המבוא לתכנית דן במבנה ובתכונות של חומרים בתא החי ובניצול הידע על תהליכים בטבע לפיתוח יישומים בתחום הביוטכנולוגיה.

התכנית כוללת שלוש חטיבות לימוד מרכזיות:

– חומצות גרעין וביוסינתזה של חלבונים

– חלבונים – מבנה ותפקוד

– פחמימות, ליפידים וממברנות ביולוגיות.

כל הנושאים האלה, המפורטים להלן במפרט התכנים לתת-נושאים, הם **נושאי חובה** המהווים כולם תכנית אחת, ואין בה פרקי בחירה.

היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי ביוטכנולוגיה – ארגון הלמידה ומסגרת ההוראה

מסגרת ההוראה

הוראת התכנית **ביוכימיה בהרחבה** תיעשה בכיתה י"א ובכיתה י"ב. סדר הוראתן של שלוש חטיבות הלימוד יקבע על ידי המורה בהתאם לסדר הוראת הנושאים במקצוע **מערכות ביוטכנולוגיות** וכדי לתת תמיכה מרבית לנלמד במקצוע זה.

נושא-העל וחלוקתו

תכנית היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה עוסקת בנושא-העל:
מבנה ותפקוד של חומצות גרעין, חלבונים, פחמימות וליפידים

נושא-העל מתחלק לנושאים הבאים:

סוג	הנושאים	פירוט בעמ' פירוט	מספר השעות
חובה	מבוא: מקרומולקולות ביולוגיות והתא החי	135	5
חובה	חומצות גרעין וביוסינתזה של חלבונים	136	30
חובה	חלבונים – מבנה ותפקוד	142	100
חובה	פחמימות, ליפידים וממברנות ביולוגיות	150	45

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

מבוא: מקרומולקולות ביולוגיות והתא החי

היקף: 5 שעות

נושאים	תת-נושאים
1. היסודות השכיחים באורגניזם החי	
2. השוואה בין שכיחות היסודות בקרום כדור הארץ לבין שכיחותם בגוף האדם	
3. התא החי – תיאור סכמתי לתא אנימלי	o גרעין, ריבוזומים, מיטוכונדריה, ממברנת התא
4. ההיררכיה של הארגון המולקולרי בתא החי	o חומרי מוצא אי-אורגניים (מסה מולרית 18 – 44): CO_2 , H_2O , N_2 o אבני בניין (מסה מולרית 100 – 350): מונו-נוקלאוטידים, חומצות אמינו, חד-סוכרים, חומצות שומן וגליצרול o מקרומולקולות ביולוגיות (מסה מולרית 10^3 – 10^9): חומצות גרעין, חלבונים, רב-סוכרים, ליפידים o מבנים על-מולקולריים (מסה מולרית 10^6 – 10^9): קומפלקסים אנזימיים, ריבוזומים ועוד o אברונים תוך-תאיים
5. השכיחות היחסית של המקרומולקולות הביולוגיות בתא החי	o חלבונים < חומצות גרעין < פחמימות < ליפידים
6. התפקידים העיקריים של המקרומולקולות הביולוגיות	o חומצות גרעין – אגירה והעברה של אינפורמציה גנטית o חלבונים – מבנה, תובלה, קשירה, ביוקטליזה o רב-סוכרים – תשמורת, מבנה o ליפידים – תשמורת, מרכיב מבני של הממברנה
7. ניצול הידע על תהליכים בטבע לפיתוח ויישום של תהליכים ביוטכנולוגיים	o דוגמאות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

נושא: חומצות גרעין וביוסינתזה של חלבונים

היקף: 30 שעות

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	• פירוט תכנים (הערות)
1	1. חשיבות הבנייה המדויקת של החלבונים		
6	2. מבנה ה-דנ"א		
	2.1. מבנה הנוקלאוטיד (נוקלאוזיד פוספאט)		
	2.2. סוגים עיקריים של נוקלאוטידים		
	2.3. הקישור בין הנוקלאוטידים (קשר פוספודיאסטרי)		
	2.4. דגם הסליל הכפול של ה-דנ"א	2.4.1. כיווניות הגדילים הבונים את הסליל	
		2.4.2. הקשרים המייצבים את מבנה הסליל	• המספר השונה של קשרי המימן בין הבסיסים השונים
	2.5. דנטורציה ורנטורציה של ה-דנ"א	2.5.1. הקשר בין הרכב הבסיסים בסליל לבין תהליך הדנטורציה שלו	
		2.5.2. השפעת הטמפרטורה על דנטורציה ורנטורציה של דנ"א	

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

* שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	• פירוט תכנים (הערות)
3. הכפלת ה-דנ"א		
6	3.1. חשיבות תהליך ההכפלה המדויקת של ה-דנ"א	
	3.2. הפרדת הגדילים על-ידי האנזים ליקאז	
	3.3. בניית שרשראות דנ"א משלימות	3.3.1. מנגנון הארכת השרשרת על-ידי האנזים דנ"א-פולימראז
		3.3.2. היווצרות "מזלג ההכפלה"
		3.3.3. מנגנון ההכפלה של הגדיל המוביל והמאחר (קטעי אוקזקי)
		3.3.4. פעילות האנזים דנ"א-ליגאז
		3.3.5. היווצרות מוטציות ב-דנ"א
		• מוטציות חסר/הוספה, החלפה (ברמת אזכור)

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	• פירוט תכנים (הערות)
6	4. תהליך השעתוק (תעתוק)		
	4.1 חשיבות תהליך השעתוק		
	4.2 מבנה מולקולת ה-רנ"א	4.2.1 סוגי הנוקלאוטידים והקשר ביניהם	
	4.3 ההבדלים בין מבנה מולקולת ה-דנ"א לבין מולקולת ה-רנ"א		
	4.4 עקרון תהליך השעתוק על-ידי רנ"א-פולימראז		
	4.5 שלבי תהליך השעתוק	4.5.1 שלב האיניציאציה (אתחול)	
		4.5.2 שלב האלונגציה (הארכה)	
		4.5.3 שלב הטְרמינציה (סיום)	

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקה לנושאים	תת-נושאים	• פירוט תכנים (הערות)
6	5. תהליך התרגום		
	5.1 חשיבות תהליך התרגום		
	5.2 מולקולות ה-רנ"א המשתתפות בתהליך התרגום	5.2.1 רנ"א-שליח (m-RNA) – מבנה ותפקוד	
		5.2.2 רנ"א-ריבוזומלי (r-RNA) – מבנה ותפקוד	
		5.2.3 רנ"א-מסיע (t-RNA) – מבנה ותפקוד	
	5.3 הצופן הגנטי		
	5.4 האנטיקודונים		
	5.5 שלבי תהליך התרגום	5.5.1 חשיבות השתתפות פקטורים בתהליך	(ברמת העיקרון, מבלי להיכנס לפירוט תפקיד ספציפי ומיקום הפעילות)
		5.5.2 שלב האקטיבציה – הפעלה	
		5.5.3 שלב האיניציאציה – התחלת השרשרת הפוליפפטידית	
		5.5.4 שלב האלונגציה – הארכת השרשרת החלבונית	
		5.5.5 שלב הטרמינציה – סיום השרשרת החלבונית	
		5.5.6 מסגרת הקריאה של החלבון	
		5.5.7 שינויים במבנה מולקולת החלבון לאחר התרגום כתנאי להפעלתה הביולוגית (עיבוד החלבון)	• לדוגמה: זימוגן

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)	
5	6. בקרת ביטוי של המידע הגנטי			
	6.1 חשיבות מנגנון ויסות ובקרה של הגנום			
	6.2 אנזימים קונסטיטוטיבים ואנזימים אינדוקטיבים (מושרים)			
	6.3 בקרת הביוסינתזה ברמת השעתוק	6.3.1 גנים רגולטורים וגנים מבניים		
		6.3.2 בקרה חיובית – אינדוקציה	• לדוגמה: אופרון הלקטוז	
		6.3.3 בקרה שלילית – רפרסיה	• לדוגמה: אופרון הלקטוז	
		6.3.4 מושגים: רפרסור, אופרטור, פרומוטור, אופרון		

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

הנושא: **חלבונים – מבנה ותפקיד**

היקף: **100 שעות**

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)
	1. מבנה חלבונים		
1	1.1 חשיבות החלבונים		
12	1.2 החומצה האמינית	1.2.1 מבנה כללי	
		1.2.2 מטען הקצה הקרבוקסילי והקצה האמיני בתנאי pH שונים	
		1.2.3 אפיין החומצות האמיניות	• על-פי השייר הצדדי: קוטביות, הידרופוביות, חומציות, בסיסיות, מכילות גפרית, ארומטיות • איזומריה מרחבית D/L (אזכור בלבד)
		1.2.4 pH איזואלקטרי של חומצות אמיניות	• חישוב מטען החומצה האמינית בערכי pH שונים: - חומצות אמיניות נייטרליות - חומצות אמיניות שבהן קבוצת ה-R מתייננת: - חומציות, בסיסיות, ציסטאין, טירוזין

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקה לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)
18	1.3 ארבעת המבנים של החלבון	1.3.1 מבנה ראשוני של חלבון	- הקשר הפפטידי ומאפייניו - חשיבות סדר החומצות האמיניות בפפטיד - קביעת סדר החומצות האמיניות בפפטיד קצר (שיטת סנגר, שיטת אדמן, חיתוך על-ידי אנזימים וריאגנטים ספציפיים – חפיפת מקטעים) - קביעת מטענו החשמלי של פפטיד ב- pH-ים שונים
		1.3.2 מבנה שניוני של חלבון	- קשרים המאפיינים את המבנה השניוני (קשרי מימן) - מבנה סליל α (מגבלות ואפשרויות) - מעטפת קפלים β - השוואה בין מבנה הסליל למבנה מעטפת קפלים
		1.3.3 מבנה שלישוני של חלבון	- קשרים המייצבים את המבנה השלישוני - דוגמאות למבנים שלישוניים: חלבונים גלובולרים, חלבונים סיביים
		1.3.4 מבנה רביעוני של חלבון	לדוגמה: המוגלובין
		1.3.5 שינויים במבנים השונים של החלבון: דנטורציה ורנטורציה, פירוק קשרים פפטידיים	

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	• פירוט תכנים (הערות)
1	2. תפקודים מבניים של חלבונים (Structural Proteins) חלבוני מבנה		
	2.1 השיער והקולגן	2.1.1 מבנה כללי והתאמה לתפקיד	
7	3. תפקידי תובלה של חלבונים (Transport Proteins) חלבוני תובלה		
	3.1 חשיבות העברת חמצן בגוף על-ידי נשאים		
	3.2 מיוגלובין	3.2.1 מבנה כללי (גלובין + הם) ותפקיד	(ללא פירוט)
	3.3 המוגלובין	3.3.1 מבנה ההמוגלובין (בהשוואה למבנה המיוגלובין), ותפקידו	
	3.4 עקומות הקישור לחמצן של מיוגלובין ושל המוגלובין	3.4.1 הקשר בין צורת העקומות לבין מבנה החלבונים ותפקודם	(הסבר העקומות תוך אזכור עקרון הקואופרטיביות במקרה של המוגלובין)
		3.4.2 השפעות ה-pH וריכוז CO ₂ על זיקת המוגלובין לחמצן וביטוי בעקומת הקישור	(הסבר העקומות תוך התייחסות למצבי מאמץ ומנוחה)

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	• פירוט תכנים (הערות)
16	4. נוגדנים חלבוני קשירה (Binding Proteins)	4.1 התכונות הבסיסיות המאפיינות את היווצרות הנוגדנים במערכת החיסונית	
			4.1.1 אבחנה בין מרכיב עצמי לבין פולש זר
			4.1.2 ספציפיות
			4.1.3 חיסון פעיל וחיסון סביל (ברמת הגדרה)
			4.1.4 זיכרון חיסוני
	4.2 היווצרות הנוגדנים	4.2.1 היווצרות נוגדנים על-ידי תאי פלסמה	
		4.2.2 נוגדנים רב-שבטיים וחד-שבטיים (ברמת הגדרה)	
	4.3 מבנה הנוגדן	4.3.1 מבנה ה- Fab ומבנה ה- Fc ואזכור תפקידם	
		4.3.2 קישור בין נוגדן לדטרמיננטה אנטיגנית (התאמה מרחבית וסוגי הקשרים)	
		4.3.3 נוגדנים הבנויים ממספר תת-יחידות (ברמת אזכור)	

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	• פירוט תכנים (הערות)
	4.4 תפקידי הנוגדנים	4.4.1 הצמדת אנטיגנים	
		4.4.2 נטרול אנטיגנים (רעלים)	
		4.4.3 תבלון אנטיגן בנוגדנים להגברת יעילות פעילותם של המקרופאגים	
		4.4.4 ניווט תאי הרג לעבר האנטיגן	
		4.4.5 הפעלת מערכת המשלים	
	5. אנזימים חלבוני קשירה (Binding Proteins)		
1	5.1 חשיבות האנזימים במערכות ביולוגיות		
3	5.2 תכונות הזרזים הביולוגיים	5.2.1 אנזים כחלבון	
		5.2.2 פעילות האנזים בתנאים מתונים	
		5.2.3 כושר קטליטי גבוה	
		5.2.4 ויסות ובקרה של פעילות אנזימטית	

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)
7	5.3 עקרון פעילות האנזים	5.3.1 נוסחה כללית לתיאור פעילות האנזים (קישור למצע, היווצרות תצמיד, קבלת תוצר)	
		5.3.2 קישור האנזים למצע	• התאוריה הקשיחה (מנעול ומפתח) • התאמה מושרית • הקשרים המייצבים את תצמיד האנזים-מצע
8	5.4 קינטיקה אנזימטית	5.4.1 עקומה המתארת את השינוי החל בריכוזי האנזים, המצע, התצמיד והתוצר במהלך התגובה האנזימטית	
		5.4.2 שיטות לקביעת קצב פעילות האנזים	• קביעת קצב פעילות האנזים על-פי קצב העלייה בריכוז התוצר • קביעת קצב פעילות האנזים על-פי קצב הירידה בריכוז המצע
18	5.5 גורמים המשפיעים על קצב פעילות האנזים	5.5.1 השפעת ריכוז האנזים על קצב הפעילות	• הכרת העקומה
		5.5.2 השפעת ריכוז המצע על קצב פעילות האנזים	• הכרת עקומת מיכאליס-מנטן • הכרת משוואת מיכאליס-מנטן • משמעות הקבועים: V_{max}, K_m • ניתוח משוואת מיכאליס-מנטן: התייחסות לריכוזי מצע שונים – $[S] = K_m$, $[S] \ll K_m$, $[S] \gg K_m$ • הכרת משוואת לינואאר-ברק • הכרת עקומת לינואאר-ברק • חישוב הקבועים הקינטיים מתוך העקומה

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)
	5.5 (המשך)	5.5.3 השפעת מעכבים על קצב פעילות האנזים	• עיכוב הפיך לעומת עיכוב בלתי הפיך • עיכוב הפיך תחרותי: - ביטוי לעיכוב תחרותי בעקומת מיכאליס-מנטן - ביטוי לעיכוב תחרותי בעקומת לינואאר-ברק • עיכוב הפיך לא תחרותי: - ביטוי לעיכוב לא תחרותי בעקומת מיכאליס-מנטן - ביטוי לעיכוב לא תחרותי בעקומת לינואאר-ברק
		5.5.4 השפעת הטמפרטורה על קצב הפעילות האנזימטית	• הכרת צורת העקומה המתארת את השפעת הטמפרטורה על קצב התגובה והבנת משמעותה • טמפרטורה אופטימלית
		5.5.5 השפעת ה- pH על פעילות האנזים	• העקומות המתארות את הקשר בין ה-pH לבין קצב התגובה האנזימטית • הקבוצות המיוננות באתר הפעיל המושפעות משינוי pH • הקשרים המושפעים משינוי ב- pH • pH אופטימלי
		5.5.6 הקשר בין מבנה האנזים לפעילותו: דנטורציה ורנטורציה של אנזים על- ידי pH, טמפרטורה, חומרים שונים	(אין צורך לזכור את שמות החומרים ופעילותם)

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)
8	6. שיטות להפרדת חלבונים		
	6.1 השפעת ריכוזי מלח (אמוניום סולפט) על חלבונים שונים Salting In / Salting Out		
	6.2 הפרדה על-פי מטען	6.2.1 אלקטרופורזה	• כולל פענוח תוצאות
		6.2.2 מחליפי יונים	• כולל פענוח תוצאות
		6.2.3 השקעה ב- PI	• כולל פענוח תוצאות
	6.3 הפרדה על-פי גודל	6.3.1 דיאליזה	• כולל פענוח תוצאות
		6.3.2 כרומטוגרפיית סינון בג'ל	• כולל פענוח תוצאות
		6.3.3 אלקטרופורזה ב- S.D.S (Sodium Dodecyl Sulphate)	• כולל פענוח תוצאות
	6.4 הפרדה על-פי זיקה ביולוגית	6.4.1 אנזים – מצע / מעכב, אנטיגן-נוגדן	• כולל פענוח תוצאות

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

הנושא: פחמימות, ליפידים וממברנות ביולוגיות
היקף: 45 שעות

* *	שם הפרק חלוקה לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)
	1. פחמימות		
2	1.1 מבוא	תפקיד הסוכרים כמקור פחמן ואנרגיה	
		דוגמאות לתפקידי מפתח ביולוגיים נוספים	
		מבנה כללי וסיווג	- לפי גודל: חד-סוכרים, דו-סוכרים, אוליגו-סוכרים, רב-סוכרים - לפי קבוצה פונקציונלית: אלדוזות וקטוזות
5	1.2 חד-סוכרים	1.2.1 נוסחאות מבנה	- נוסחת פישר (Fischer Projection) - מבנה טבעתי: טבעת משושה, טבעת מחומשת, דוגמאות למבנים שכיחים בטבע - נוסחת האוורט (Haworth Projection) - קונפורמציות כסא וסירה - אנומרים α, β, מוטרוטציה
		1.2.2 המגוון הרב של חד-סוכרים – איזומריה	דוגמאות

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

* שם הפרק חלוקה לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)
4 1.3 דו-סוכרים	1.3.1 הקשר הגליקוזידי	• (מהות הקשר, ללא מנגנונים) • אפשרויות קישור מגוונות – דוגמאות • צורת רישום מקוצרת לדו-סוכר, לדוגמה: $\text{Glu } \alpha(1 \rightarrow 4)\text{Glu}$, ומעבר מצורת רישום מקוצרת לנוסחת מבנה ולהיפך
5 1.4 רב-סוכרים	1.4.1 מבנה, תכונות ותפקיד רב-סוכרים נפוצים	• השפעת סוג ותצורת הקשר על המבנה • רב-סוכרים לתשמורת (עמילן-עמילוז ועמילופקטין, גליקוגן) • רב-סוכרים מבניים (תאית) • השפעת הקבוצה הצדדית על תכונות הרב-סוכר (לדוגמה: כיטין, פקטין וכו') • (לא נדרש לשער מבנה רב-סוכר בלתי ידוע על-פי קשרים אחרים מאלה שנלמדו)
6 1.5 שיטות זיהוי של פחמימות	1.5.1 סוכרים מחזרים ושאינם מחזרים	• זיהוי באמצעות בדיקת בנדיקט (פהלינג) • (נדרש לדעת כי גם פרוקטוז מגיב בבדיקת בנדיקט, ללא מנגנון)
	1.5.2 זיהוי הרכב הסוכרים: סוג הסוכרים והקשרים ביניהם – α , β , $1 \rightarrow 4$, $1 \rightarrow 6$, וכו'	• הידרוליזה חומצית (שלמה או חלקית) • הידרוליזה אנזימטית ספציפית • כרומטוגרפיה (פענוח כרומטוגרמה) • (לא נדרש רישום מרחבי שבו מפורטות היחסיות המרחבית של המונומרים זה לגבי זה.)

* מספר השעות המומלצות

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקה לנושאים	תת-נושאים	• פירוט תכנים (הערות)
	2. ליפידים		
1	2.1 מבוא	2.1.1 חשיבות הליפידים כמקור אנרגיה וכמרכיב מבני בממברנות ביולוגיות	
		2.1.2 דוגמאות לליפידים נפוצים	
5	2.2 חומצות שומן רוויות ובלתי רוויות	2.2.1 מבנה כללי	• אורך השרשרת • קשרים כפולים • ציס וטרנס
		2.2.2 הקשר בין מבנה חומצות השומן לתכונותיהן	• תכונות פיזיקליות (אינטראקציות עם ממסים קוטביים ולא קוטביים, נקודות היתוך) • רגישות לחמצון
6	2.3 אסטרים של גליצרול עם חומצות שומן (טריגליצרידים)	2.3.1 שומנים מוצקים ושומנים נוזליים	
		2.3.2 השפעת מבנה חומצות השומן על התכונות הפיזיקליות של הטריגליצרידים	(ראו סעיף 2.2.2)
		2.3.3 הידרוליזה בסיסית – תהליך הסיבון	• סיווג הליפידים: - ליפידים שעוברים סיבון - ליפידים שאינם עוברים סיבון (כולסטרול, ויטמינים) (ברמת דוגמאות)
		2.3.4 אפיון טריגליצרידים	• זיהוי הרכב השומן על ידי כרומטוגרפיה, פענוח הכרומטוגרמה מספר סיבון, מספר יוד – כמדדי השוואה בין שומנים (ללא חישובים)

היחידה הרביעית והיחידה החמישית "ביוכימיה בהרחבה" לתלמידי ביוטכנולוגיה – מפרט התכנים

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)
	3. ממברנות ביולוגיות		
1	3.1 מבוא – מבנה ותפקוד של ממברנה	מבנה דינמי – הפסיפס הנוזלי	
7	3.2 ליפידים ממברנליים	3.2.1 פוספוליפידים	• מבנה • צורות פיזור בתמיסה מימית: מיצלה, רובד דו-שכבתי, ליפוזום • השפעת המבנה על התכונות הפיזיקליות – T_m ומידת הנוזליות: - גודל "הראש ההידרופילי" - אורך, מידת הריוויון / אי הריוויון של השרשרות ההידרופוביות • הקשר בין הטמפרטורה שבה מצויים התאים לבין הרכב הפוספוליפידים בממברנה
		3.2.2 גליקוליפידים	• מבנה הגליקוליפידים ומיקומם בממברנה • חשיבות הגליקוליפידים כאמצעי זיהוי והיכרות ביולוגיים, קבוצות הדם כדוגמה
		3.2.3 כולסטרול	• מבנה, מיקום ותפקיד בממברנת התא • שינויים בתכולת הכולסטרול בממברנה בטמפרטורות שונות
3	3.3 חלבונים ממברנליים	3.3.1 חלבונים היקפיים ואינטגרליים – מבנה, מיקום ותפקוד	• חלבונים חוצי ממברנה • התייחסות לסוג החומצות האמיניות בקטע החלבון שבתוך הממברנה (השכבה ההידרופובית) ומחוץ לתווך ההידרופובי • גליקופרוטאינים – הכרה ותקשורת בין תאים • לקטינים – ספציפיות בקשירה לקבוצות סוכריות

* מספר השעות המומלצות

חלק שלישי: מאמרים

על אוריינות כימית

מאת: יעל שורץ¹

הגדרת אוריינות כימית וקביעת סטנדרטים להוראת הכימיה חייבים, בראש ובראשונה, להתיישב עם התפיסות הרווחות כיום לגבי אוריינות מדעית בכלל. אוריינות מדעית כוללת כמה מרכיבים מרכזיים:

ידע: הכרת עקרונות ורעיונות מרכזיים במדע.

מיומנויות קוגניטיביות: חשיבה רציונלית, יכולת הצדקת טיעונים, תפיסה מערכתית, הפעלת ביקורתיות, וכן מיומנויות קוגניטיביות נוספות. **פרמטרים סוציו-פרגמטיים:** הבנת חשיבות המדע לאיכות חיי הפרט והחברה, תקשורת בין אנשים בהקשרים הנוגעים למדע, קבלת החלטות בסוגיות בעלות הקשר מדעי, צרכנות נבונה ועוד.

כחלק מהאוריינות המדעית, קיימת כיום מגמה המנסה להגדיר אוריינות דיסציפלינרית, כלומר להגדיר אוריינות פיזיקלית, אוריינות כימית, אוריינות ביולוגית, כלומר: סוגי אוריינות הכלולים במונח הרחב מאוד "אוריינות מדעית".

הוראת הכימיה יכולה לשמש נדבך חשוב בהקניית אוריינות מדעית לתלמידים, וזאת מהסיבות הבאות:

1. הכימיה היא "צומת מדעים", כלומר בעלת עקרונות ויישומים משותפים הן לתחומי הפיזיקה והן לתחומי הביולוגיה.
 2. הכימיה היא "תפאורה מתאימה" להצגת מאפייני המדע כפי שהם מצטיירים בספרות המדעית: מהי תאוריה מדעית וכיצד היא נבחנת? חשיבת חקר, הפורמליזציה המתמטית של הידע המדעי ועוד.
 3. הרלוונטיות הרבה של הכימיה והזיקה לתופעות וליישומים בחיי היומיום של כל אזרח.
- לגבי מרכיב הידע באוריינות כימית כחלק מאוריינות מדעית מקובלות שתי גישות מרכזיות:

¹ שורץ, י' (2003). מאמר זה הוא חלק מעבודת מחקר לקראת תואר שלישי בהנחיית פרופ' אבי הופשטיין וד"ר רות בן צבי, מכון ויצמן למדע, רחובות.

מאמרים

הגישה האחת שמה את מבנה הדעת של הכימיה במרכז הדיון ושואלת: מהם הרעיונות המרכזיים בכימיה? מהם מאפייני תחום הדעת? מהי הצגת המושגים השלמה והנכונה מבחינה מדעית?

גישה זו עוסקת בהרחבה בחקר טעויות המשגה של תלמידים ובבחינת אסטרטגיות קוגניטיביות לתיקון טעויות אלו, ועוסקת פחות במידת הרלוונטיות של המושגים הנלמדים לחיי התלמיד.

הגישה השנייה מעמידה את האזרח וצרכיו במרכז ושואלת מהו הידע, בהקשר לכימיה שיכול לתרום לחיי האזרח – ידע שיהיה רלוונטי עבורו. מטבע הדברים, על פי גישה זו,

הצגת הרעיונות בכימיה כתחום דעת תהיה כללית יותר, וההתמקדות היא במחקר העוסק בתפיסת הכימיה, בתרומתה וברלוונטיות שלה לחיי האזרח.

מיהו בר-אוריין בכימיה – עקרונות כלליים

באבחנה שבין הבור לבין המומחה, יש מקום של כבוד לאדם הנאור, המשכיל, לבר-אוריין. זהו האזרח שאליו מכוונים לימודי המדע בבית הספר התיכון. תפקיד לימודי המדע ברמת הקניית האוריינות אינו הכשרת מדענים; מטרתם היא לכוון לקראת אוריינות. אם ננסה לאפיין את תרומתם של לימודי הכימיה לאוריינות, הרי שבר-אוריין הוא –

- מי שמפתח עניין אישי בכימיה ויחס חיובי למקצוע.
- מי שרואה את הכימיה כעוסקת בשני תחומים: **תחום מחקרי** העוסק בסוגיה כיצד ניתן להסביר תופעות בעולם שסביבנו (תופעות ברמת המקרו) תוך שימוש במודלים ברמת המיקרו; **תחום יישומי** העוסק בסוגיה כיצד ניתן ליישם את הידע שלנו לגבי מבנה החומר ליצירת חומרים חדשים על פי צרכינו.
- מי שמבין את הרעיונות המרכזיים בכימיה ובונה לעצמו מפת מושגים המקשרת נכונה בין מושגי המפתח בדיסציפלינה; ובייחוד מי שמבין כי הכימיה עוסקת בתיאור תופעות ובהסברתן ברמת המבנה, האנרגיה והדינמיקה. כמו כן הוא מבין שאי אפשר ליצור חציצה מוחלטת בין שלושת התחומים וכי הם שלובים זה בזה.
- מי שרואה את הרלוונטיות של נושאי הלימוד לחייו ולסוגיות חברתיות.

מאמרים

- מי שמיישם את הידע והמיומנויות שרכש לפתרון בעיות בחייו ולהשתתפות מושכלת בדיונים בסוגיות ציבוריות.
- מי שמסוגל לראות קישורים רלוונטיים: התכונה המאפיינת יותר מכל את בר-האוריין היא הקישוריות, כלומר: היכולת לקשור בין הרעיונות המרכזיים בכימיה, היכולת לראות את הקשר בין כימיה לבין תחומים אחרים ובינה לחיי היומיום וכדומה, ולא לראות את הכימיה כאוסף עובדות בלבד.

הגדרת האוריינות הכימית היא כלי שימושי למורי הכימיה בכל הנוגע לקביעת מטרות ההוראה ולאפיון "התוצר" שהם מצפים לו.

הגדרת אוריינות כימית בממדי הידע, המיומנויות והקישוריות

I. ממד הידע

הרעיונות המרכזיים שעל בר-האוריין לדעת; הכימיה היא:

1. מדע המסביר את הקשר בין תכונות חומר (מקרו) לבין המבנה החלקיקי שלו (מיקרו) – **הדגשת ההיבט המבני**. מכאן, שיש לראות בכימיה מדע העוסק בקישור בין סדרי גודל קטנים לגדולים.
2. מדע המאפיין שינוי חומרים – **הדגשת ההיבט הדינמי**.
3. מדע החוקר ומאפיין יחסי מסה-אנרגיה – **הדגשת ההיבט האנרגטי**.
4. מדע המנסה למצוא חוקיות ולהסבירה: מדוע מתרחשות תגובות?
5. דיסציפלינה מדעית שיש לה שפה משלה.²

² סעיף זה מתמקד בעיקר בהבנת חשיבותה העקרונית של תקשורת מדעית בשפה המובנת לכול: בר-אוריין יבין כי התבססות שפת הכימאים כשפה המקובלת על כל המדענים העוסקים בתחום היוותה מנוף חשוב להתפתחות המקצוע. אף כי שליטה בסימולים, זכירת תגובות בעל-פה וכיוצא באלה אינם הכרחיים לבר-האוריין, עליו להבין כי אלמנטים שונים בשפת הכימאים מספקים מידע שקשה להעבירו בצורה מילולית. כך, למשל, הביטוי H_2O מביע מידע על הרכבה של המולקולה שאינו מובע במילה מים. נוסחת מבנה או ניסוח תהליך כימי מביעים אף מידע רב יותר. בר-אוריין בכימיה ישלוט באוצר מילים בסיסי המאפיין את הדיסציפלינה וישתמש בו בקריאה, כתיבה והתבטאות בעל-פה. בר-אוריין בכימיה יבין כי בכימיה, כמו בשאר המדעים, ניתן ביטוי מתמטי לתופעות ולחוקיות מסוימת. תופעות עשויות להיות מתוארות על ידי גרפים, משוואות וכדומה.

מאמרים

6. מדע ניסויי.

7. מדע החוקר את תהליכי החיים ברמה הבסיסית ביותר.

8. מדע וכתחום-דעת תומך בתחומי מדע אחרים.

II. ממד המיומנויות

בר-אוריין יהיה מסוגל לבטא מגוון כישורי חשיבה ומיומנויות אחרות, שיפורטו להלן, בהקשרים הנוגעים לכימיה. אין זאת אומרת שרק באמצעות הכימיה ניתן להקנות מיומנויות אלו, אלא שלימודי הכימיה צריכים לתרום משמעותית להקניית המיומנויות, ולהתאים למטרות החינוך הכלליות בבית הספר התיכון.

המיומנויות הן אלה:

מיומנויות אורייניות:

הבנת הנקרא, כתיבה עצמאית (בניגוד ל-cut & paste), הבעה בעל פה והקשבה.

מיומנויות למידה:

חיפוש מידע, יכולת לקרוא צורות שונות של ייצוג ידע (גרף, טבלה, איור), יכולת לעבד מידע באופנים שונים.

מיומנויות חקר:

הבנת המושגים האלה: תצפית, עובדה, חוק, תאוריה מדעית ואת יחסי הגומלין ביניהם. אבחנה בין ממצאים ונתונים לבין מסקנות.

מיומנויות חברתיות:

– צרכנות נבונה – בר-אוריין יהיה **צרכן נבון** של מוצרים טכנולוגיים שיש להם קשר לכימיה, כגון: מסנני מים, מסנני קרינה, דלק לסוגיו, ויטמינים ותוספי מזון אחרים.

– קבלת החלטות (היכולת לאתר סיכונים, יכולת שיפוט ונקיטת עמדה) – בר-אוריין יוכל ליטול חלק בדיון ציבורי הנוגע לסוגיות מדעיות וכימיות ולנקוט עמדה ולנמקה וכן להבין את טיעוני הצדדים השונים.

מאמרים

III. ממד הקישוריות

- בר-אוריין יכיר בחשיבות הכימיה בחיי היומיום ויוכל לתת דוגמאות לחשיבותה בתחומים שונים (מזון, דלקים, מלחים, בריאות, בשמים וקוסמטיקה, מטבח, כביסה, תכשיטנות, כימיה פורנזית, זכויות, חקלאות, צילום ועוד).
- בר-אוריין יכיר את תפקידה של הכימיה בעיצוב פני החברה בעבר וכיום – השפעתה על התפתחות רעיונות פילוסופיים-קיומיים, על הכלכלה, על מדיניות החוץ ועל סגנון החיים.
- בר-אוריין יהיה מסוגל להסביר תופעות שונות בחיי היומיום.
- בר-אוריין יהיה מסוגל לפתור בעיות תוך שימוש ויישום הידע הכימי שרכש (שימוש נכון בממסים שונים, שימוש מושכל באמצעים שונים לאספקת אנרגיה, הבנת משמעות המושגים ריכוז, מיהול, חומר פעיל [בתרופה], הבנת ההבדל בין מרכיבי מזון לבין ערכו התזונתי וכדומה).

היבטים רגשיים (אָפֶקְטִיבִּיִּים) בהגדרת אוריינות כימית

- בר-אוריין ידע להעריך את תרומתה של הכימיה לשיפור איכות חיינו ויוכל לציין תחומים שבהם תרומתה היא מכרעת (ייצור מקורות מזון, ייצור דשנים, ייצור תרופות, תעשיית הפולימרים).
- בר-אוריין ינקוט גישה אובייקטיבית ומושכלת כלפי הכימיה ויישומיה.
- בר-אוריין יבין כי מדע הכימיה ותגליותיו אינם חיוביים או שליליים כשלעצמם. הסיווג הערכי תלוי בחברה ובשימוש שהיא עושה בידע המדעי. (לדוגמה: המצאת חומר הנפץ על ידי אלפרד נובל נוצלה לטובה – פריצת דרכי תחבורה, פיצוץ מבוקר של מבנים מסוכנים; ולרעה – כאמצעי לוחמה וטרור. חומר מסוים עלול להיות פסולת מטרידה בסיטואציה מסוימת או חומר גלם חשוב לתעשייה בסיטואציה אחרת.) באוזני בר-אוריין המילה "כימיקלים" לא תישא משמעות שלילית דווקא.
- בר-אוריין ירצה להעמיק ידיעותיו בתחום (הן באופן פורמלי והן באופן לא פורמלי).
- ההבדל העיקרי בין תלמידי כימיה במסלולים השונים (מוט"ב³, יחידה ראשונה, יחידה שנייה ויחידה שלישית, או יחידה רביעית ויחידה חמישית) יהיה ברמת ההעמקה והפירוט שבה יילמדו הנושאים המרכזיים בדיסציפלינה. על פי תפיסתנו, ביחידה הראשונה יש להציג את הרעיונות המרכזיים

³ מוט"ב – מדע וטכנולוגיה בחברה, תכנית לימודי מדעים בחטיבה העליונה לתלמידים שאינם בוחרים מקצוע מדעי.

מאמרים

בכימיה ובמדעים אחרים, תוך הדגשת הרלוונטיות ופיתוח המיומנויות. בכיתות י"א-י"ב שבהן מתמחים בכימיה ולומדים לקראת בחינת הבגרות, יש להמשיך ולהעמיק באותם רעיונות מרכזיים תוך הדגשת האופן שבו התפתחו התאוריות המרכזיות, לעמוד על הרצף של ההתפתחות המדעית ולציין את נקודות המפנה החשובות. בד בבד תכלול ההוראה המשך פיתוח המיומנויות.

המשך רכישת אוריינות כימית גם לאחר סיום בית הספר

על פי תפיסתנו, רכישת אוריינות מדעית וכימית היא תהליך הנמשך כל החיים, וראוי שבר-האורייין ימשיך להתעניין בתחום ולהעמיק את ידיעותיו. לצערנו, אין הנאמר לעיל מובן מאליו. **המטרה העיקרית בלימודי מדעים ובלימודי הכימיה היא להגיע למצב שבו תלמידינו יהיו בני-אורייין. כלומר, להביא את כל אזרחי העתיד למצב שבו יתעניינו בכימיה וירגישו מסוגלים להתמודד עם מידע או עם סוגיות הנוגעות לכימיה.**

היות שרכישת אוריינות היא "מחויבות לכל החיים" (Life-time Commitment), אין לקבוע כי רמת אוריינותו של תלמיד עם סיום לימודיו היא רמת אוריינותו הסופית, אלא לנסות ולבדוק האם קיים בו הפוטנציאל, הבסיס, להמשך פיתוח אוריינותו המדעית. בהשאלה ניתן לומר כי אנו מנסים לבדוק האם גרעין הידע והמיומנויות שנזרע בו במהלך לימודיו, נובט ומבלבל, או שמא הצטמק ולא נותר ממנו דבר (או גרוע מזה – אם מבחינה רגשית נותרו בו משקעים ורגשות שליליים כלפי המדע).

טעויות המשגה בנושא "מבנה וקישור"

(מתוך מחקר על בסיס הממצאים שנתקבלו מניתוחים של בחינות הבגרות בכימיה בשנים 1991-2003)

מאת: תמי לוי נחום¹

אחד הנושאים המרכזיים בהוראת הכימיה הוא הנושא העוסק במבנה החומרים ובקשרים הכימיים, או כפי שהוא מכונה **מבנה וקישור**. הבנת נושא זה חיונית להבנתם של נושאים רבים בכימיה.

מדי שנה נערך ניתוח בחינות הבגרות בכימיה במרכז הארצי למורי הכימיה.² מתברר כי למרות שתלמידים רבים כותבים הסברים ברורים ומעמיקים בנושא מבנה וקישור, ניתוחי בחינות הבגרות חושפים לעתים טעויות המשגה בנושא זה, למרות ההסבר המדויק לכאורה. מסתבר שעל אף מאמצי המורים, קיימת בעיה באשר להבנת מושגי המפתח בנושא זה, וחלק מהטעויות חוזרות מדי שנה.

במחלקה להוראת המדעים של מכון וייצמן למדע ובמרכז הארצי למורי הכימיה, נערכו מחקרים העוסקים בטעויות המשגה ובקשיי למידה. במסגרת מחקרים אלה נותחו קשיי הלמידה וטעויות ההמשגה בבחינות הבגרות.

הקשיים העיקריים שאותרו במחקר הם אלה:

- א. קושי באבחנה בין תכונות של חומר ובין תכונות המיוחסות לחלקיק בודד.
- ב. קושי בהבנה שחומר מורכב מִצָּבָר של חלקיקים.
- ג. קושי בהתמודדות עם שלוש רמות החשיבה הדרושות להבנת מבנה החומר: סמל, מקרו ומיקרו.
- ד. קשיים בקביעת סוג החלקיקים המרכיבים את החומר וסוג הכוחות הפועלים בין חלקיקים אלה.
- ה. קשיים בקביעת סוג החומר ובהבנת הקשר בין מבנה החומר לבין תכונותיו.

¹ לוי נחום, ת' (2003). מאמר זה הוא חלק בלתי נפרד מעבודת מחקר לקראת תואר שלישי בהנחיית פרופ' אבי הופשטיין וד"ר רחל ממלוק-נעמן, מכון וייצמן למדע, רחובות. אין להשתמש בממצאים אלה ללא רשות.

² בר-דב, ז' (מנחה צוותים לניתוח בחינות בגרות) (1991-2003), **ניתוחי בחינות הבגרות**. המרכז הארצי למורי הכימיה והמחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן למדע, רחובות.

מאמרים

מוצגות להלן 8 קטגוריות המתארות את הטעויות הנפוצות של התלמידים. כל קטגוריה מודגמת במובאות מתשובות תלמידים בבחינות בגרות משנים שונות.

הקטגוריה	דוגמאות
1. תלמידים נוטים להתייחס לחלקיק בודד כאל חומר, ולהפך.	"מולקולה עם קשרי מימן תהיה נוזלית" (2001). "נתרן כלורי מורכב משני יונים" (1999).
2. תלמידים נוטים לבלבל קשרים קוולנטיים תוך-מולקולריים עם כוחות בין-מולקולריים.	"חומר מולקולרי הוא בעל טמפרטורת היתוך נמוכה בגלל שהקישור בין האטומים חלש" (2002). "יוד הוא מוצק כיוון שהקשרים הקוולנטיים בין האטומים במולקולה חזקים מאוד" (1996). "טמפרטורת הרתיחה של ליתיום כלורי גבוהה מזו של מימן כלורי, כיוון שקשרים יוניים חזקים יותר מקשרים קוולנטיים" (2003).
3. תלמידים נוטים לייחס לתרכובות את תכונות היסודות שמהם הן מורכבות.	" $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{F}$ היא תרכובת גזית כיוון שהיא מורכבת מפלואור שהוא יסוד גזי" (2001). " CH_4 אינו מוליך חשמל כיוון שהוא מורכב משני היסודות מימן ופחמן שאינם מוליכים חשמל" (2003).
4. תלמידים נוטים לבלבל חומרים יוניים עם חומרים מולקולריים.	"הכוחות הבין-מולקולריים שבין מולקולות הנתרן כלורי חזקים יותר מהכוחות הפועלים בין מולקולות האשלגן היודי" (1998). "מגנזיום חמצני היא מולקולה קוטבית ולכן הכוחות המשיכה האלקטרוסטטיים בין המולקולות חזקים יותר" (2001, 2003).
5. תלמידים מתקשים להבין את סוג החלקיקים בתמיסות מימיות.	"קשרי ואן דר וולס אינם מתמוססים במים" (1998). "בתמיסה מימית רובידיום כלורי מתפרק ליונים. לכן, ישנם אלקטרונים חופשיים כך שהתמיסה מוליכה חשמל" (1992).
6. תלמידים נוטים לבלבל נוזל עם תמיסה מימית, תהליך היתוך עם תהליך התמוססות במים.	" $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ הוא נוזלי כיוון שקשרי המימן מאפשרים לו להתמוסס במים. לכן הוא נוזל בטמפרטורת החדר" (2001). "ליתיום כלורי נוזלי מוליך חשמל כיוון שהיונים ניידים בתמיסה המימית" (2003).
7. תלמידים מתקשים בהבנת המושגים: אלקטרו-שליליות, זיקה אלקטרונית, אנרגיית יינון, קוטביות, ונוטים לבלבל ביניהם.	"תרכובת יונית בעלת אלקטרושליליות גבוהה היא בעלת טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר" (1998). "מימן פלואורי יותר אלקטרושלילי מאמוניה" (2003).
8. תלמידים נוטים להשתמש בסמאות, הצהרות, והכללות-יתר (במקום בהסברים ברמה מיקרוסקופית).	"פחמן דו-חמצני הוא גז כיוון שהוא חומר מולקולרי" (2002). "תרכובות קוטביות מתמוססות בממסים קוטביים" (1998). "זוהי תרכובת יונית - לכן היא מוליכה חשמל במצב צבירה נוזלי" (2003).

מאמרים

במחקר שערכנו, בדקנו מה חושבים תלמידים על תשובות שגויות הנפוצות בקרב התלמידים בנושא מבנה וקישור. מתוך השאלונים והראיונות עם תלמידים מסתבר שיש מקרים שבהם, גם כאשר נראה שתלמיד מבין את המושג ומסביר אותו היטב בכתב - לאחר מכן, בעת ריאיון אישי עמו, מתברר כי למעשה המושג אינו ברור לו.

להלן תיאור אירוע להמחשת קטגוריה 2 (בטבלה לעיל)

ענת (שם בדוי), תלמידת כיתה י"ב, מגמת כימיה, הישגיה בינוניים.

לענת הוצגה תשובה של תלמיד לשאלה מבחינת הבגרות תשס"ב. התלמיד הסביר כי ל- H_2O_2 טמפרטורת רתיחה גבוהה יחסית כי: "הקשרים התוך-מולקולריים במולקולת H_2O_2 שנוצרו בין אטומי ה- O כל כך חזקים שהם גורמים לו להיות בעל טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר".

תשובת ענת בכתב מדוע לדעתה התלמיד ענה כך:

"התלמיד לא התייחס לקשרים הבין-מולקולריים ורק לתוך-מולקולריים. הוא לא הבחין בין קשרים בין-מולקולריים לתוך-מולקולריים, ובשאלה זו צריך להתייחס דווקא לקשרים הבין-מולקולריים – קשרי המימן, ולא קיימת התייחסות בתשובת התלמיד".

קטעים נבחרים מריאיון עם ענת

תמי: תלמידים בדרך כלל סבורים שקשרי מימן הם קשרים קוולנטיים בין אטום כלשהו לאטום מימן.

ענת: קוולנטיים? קוולנטיים אבל זה תוך.

תמי: נכון.

ענת: הם פשוט לא מבחינים בין קשרים בין-מולקולריים לקשרים תוך-מולקולריים, הם מכלילים את הכול ביחד, תחת הקבוצה של קשרים.

תמי: אם היית צריכה לצייר מולקולות של מים, נניח בתוך טיפה של מים,

ענת: (מציירת): הנה- O מתחבר עם H ועוד H.



מאמרים

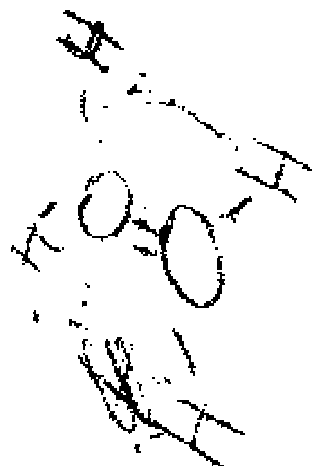
תמי: נכון. ועכשיו נסי לצייר עוד מולקולה אחת ולהראות היכן עשוי להיווצר הקשר המימני.

ענת: (מציירת ומראה קשר בין חמצן לחמצן.)



תמי: קשר מימני הוא בין חמצן לחמצן?

ענת: לא. הוא בין לבין. כלומר בין המולקולה לבין כל המולקולה. (והיא מציירת את הקשר בין מימן למימן.) "הוא בין H ל-H הקשר".



תמי: קשר מימני הוא בין מימן למימן?

.....

תמי: אז הקשר המימני הוא בין מי למי?

ענת: בין O ל-H.

מאמרים

תמי: אז את יכולה להראות איפה הקשר בין המימן לחמצן?

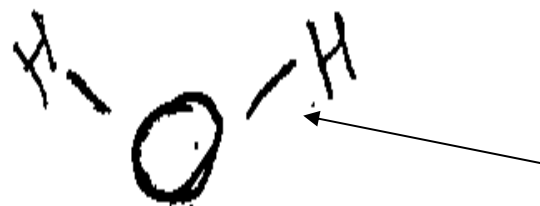
ענת: בין המימן לחמצן?

ענת: קשר מימני אחד? אני לא מבינה מה את שואלת.

תמי: תנסי לצייר קשר מימני אחד. בין מי למי הוא נוצר?

ענת: בין החמצן למימן (ומצביעה על הקשר בתוך המולקולה).

תמי: כן, קשר מימני אחד, לצייר אותו בקו מקווקו.



תמי: הקשר הזה בתוך המולקולה?

ענת: לא.

תמי: אז איפה?

ענת: פה. למימן אחר, ברור שלמימן במולקולה שנייה, כי זה קשר בין-מולקולרי ולא תוך-מולקולרי!

לסיום, ידוע שהתמודדות המורה עם טעויות המשגה של תלמידים איננה משימה קלה. אך היכרות המורה עם האפשרות של חשיבה מוטעית אצל תלמיד היא ללא ספק השלב הראשון בהתמודדות.

חקר אירוע ושילובו בלימודי הכימיה

מאת: צביה קברמן, עירית ששון ואורית הרשקוביץ¹

לקראת תום המאה העשרים דיווחו חוקרים רבים כי תכניות הלימודים במדע מבוססות על לימוד עובדות והגדרות מספרי לימוד ואינן שמות דגש על יישום ידע מחיי היומיום ועל פיתוח כישורי חשיבה ברמה גבוהה. נמצא כי המורים משתמשים בספרי הלימוד כמקור כמעט בלעדי לפעילויות תלמידיהם, וברוב הספרים לתלמידים נשאלות שאלות הדורשות מיומנות חשיבה ברמה נמוכה, כגון שינון עובדות מדעיות וסיכום נושאים.

אחת המטרות העיקריות ברפורמה בהוראת המדעים היא פיתוח כישורי חשיבה ברמה גבוהה - Higher Order Thinking Skills. בהוראת הכימיה, נוסף לפיתוח כישורי החשיבה הללו, נדרשים תלמידי הכימיה לפתח ולשפר את ההבנה ברמה המקרוסקופית, ברמה המיקרוסקופית, ברמת התהליך וברמת הסמל (Dori & Hameiri, 2003; Gabel, 1993).

כישורי חשיבה ברמה גבוהה, על פי רזניק, קשים להגדרה אך ניתן לזהותם כאשר הם מתרחשים (Resnick, 1987). לדעתה, חשיבה מסדר גבוה אינה אלגוריתמית ודפוסית המחשבה אינם ברורים ומוגדרים מראש. היא מסתיימת לעתים קרובות בפתרונות מרובים, שלכל אחד מהם יתרונות וחסרונות, אך לא קיים פתרון יחיד וברור. כישורי חשיבה אלו כוללים מיומנויות של שאילת שאלות, שאילת שאלות חקר, הסקת מסקנות מניסוי, מיומנויות גרפיות, פתרון בעיות, חשיבה ביקורתית, הנמקה, קבלת החלטות ונקיטת עמדה. (הרשקוביץ, 1999; קברמן, 2003; ששון, 2002) (Dori, 2003; Dori & Herscovitz, 1999)

קיימות גישות מגוונות לעידוד פיתוח מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה. כאן נתמקד בשילוב חקר אירועים בלימודי הכימיה. חקר אירוע הינו כלי לימוד או הערכה בעל אופי תיאורי-סיפורי, העוסק במצבים אמיתיים בעלי השלכה על חיי היומיום של הלומד. ההיסטוריה של שילוב חקר אירועים בהוראה מעוגן בחינוך אוניברסיטאי בתחומי משפטים, רפואה ומנהל עסקים.

בחינוך מדעי מקובל להשתמש בחקר אירועים בשלושה היבטים:

(1) ככלי לחשיבה ביקורתית / רפלקטיבית

(2) ככלי הוראה של מקצוע מדעי

(3) ככלי להערכה ומחקר

(Koballa & Tippins, 2000)

1 המחקרים המתוארים נערכו במסגרת לימודים לתואר דוקטור בהנחיית פרופ' יהודית דורי, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.

מאמרים

ההיבט הראשון, שימוש בחקר אירוע ככלי רפלקטיבי, המכונה גם חקר מקרה,² מתואר על ידי החוקרים כהצצה בחלון אל כיתת המדעים (Tobin, Kahle, & Fraser, 1990). שני ההיבטים האחרונים – חקר אירועים ככלי הוראה והערכה – מדגישים ניתוח של אירועים אמיתיים הכוללים מידע ונתונים מדעיים, טכניים, היסטוריים, סוציולוגיים או שילוב ביניהם. למרות שהאירועים מתרכזים בנושאים ייחודיים, הם מטבעם בין-תחומיים. פעמים רבות האירועים מציגים דילמות שאין להן פתרון אחד דווקא, והם מלווים בשאלות מנחות ברמות חשיבה שונות תוך עידוד הלומדים להעלות שאלות נוספות. החוקר הריאד מציין כי למרות ששיטת הוראה המבוססת על חקר אירועים אינה המרפא לכל חוליי הוראת המדעים, היא אידאליה לפיתוח כישורי חשיבה ברמה גבוהה, שכל מורה שואף להקנות לתלמידיו (Herried, 1994). הריאד שילב חקר אירועים במספר קורסים מדעיים במשך ארבע שנים ומצא, כי שימוש בשיטה זו מעודד ללמידה תוך עשייה, מפתח מיומנויות של חשיבה אנליטית, של חשיבה ביקורתית ושל קבלת החלטות תוך התמודדות עם בעיות סבוכות ומורכבות – ממש כמו בחיי היומיום. משימות הבאות בעקבות חקר אירוע עשויות לפתח מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה, לדוגמה נדון במיומנות של שאילת שאלות.

שאילת שאלות

השאלות ממלאות תפקיד חשוב בתהליך ההוראה והלמידה ומטרתן היא לעורר חשיבה והתמקדות בנושא נתון. בשיטות ההוראה המסורתיות שאילת השאלות היא נחלתו הבלעדית כמעט של המורה, לעומת זאת כיום מומלץ לשלב שיטות הוראה המעודדות שאילת שאלות על ידי התלמידים עצמם. שאילת שאלות על ידי התלמידים היא מרכיב חשוב והכרחי בניסיון לפתור בעיות אמיתיות בסביבתנו, והיא אחת הדרכים לעידוד פיתוחם של כישורי חשיבה ברמה גבוהה ו"התנהגות חוקרת":
(Dori, Sasson, Kaberman & Herscovitz, 2004).

טווח השאלות נע משאלות בעלות תשובה אחת ויחידה ועד לשאלות ברמה הגבוהה ביותר בזמן עבודת מחקר, שבהן התשובות ניתנות על ידי פותר הבעיה בהסתמך על תצפיותיו והניסויים שערך. ניתן לדרג את השאלות על פי רמת החשיבה הנדרשת כדי לענות עליהן. ההיררכיה שהייתה נפוצה לדירוג שאלות מבוססת על הטקסונומיה של בלום וכוללת שאלות ידע, הבנה, יישום, אנליזה, סינתזה והערכה (Bloom, 1956). שאלות אנליזה, סינתזה והערכה הן שאלות ברמת חשיבה גבוהה והן מאופיינות בכך שיש להן תשובות אחדות נכונות, ואילו בשאלות האחרות רק תשובה אחת נכונה (פרלברג ומלר, 1976).

החוקר שודל מציין כי למרות שתמצית החשיבה המדעית היא שאילת שאלות, רוב התלמידים תופסים את המדע כלימוד של עובדות (Shodell, 1995) ניתן להסביר זאת, לדבריו, בכך שהמורים מרבים יותר לשאול שאלות הדורשות עובדות כתשובה, מאשר שאלות המצריכות חשיבה. הוא טוען כי התפקיד המרכזי של הוראת המדעים הוא להדגיש לתלמיד את חשיבותה של מיומנות העלאת שאלות. מיומנות זו מפתחת יצירתיות וחשיבה ברמה גבוהה ומאפשרת להגיע ללמידה משמעותית.

² באנגלית, חקר אירוע וחקר מקרה הם אותה המילה – case study.

מאמרים

רמות ההבנה בכימיה

חוקרים רבים בתחום הוראת הכימיה (Gabel & Bunce, 1994; Johnstone, 1991) תיארו שלוש רמות שהתלמיד נדרש לעבור ביניהן כדי להבין את המושגים המדעיים באופן נכון ולמנוע במידת האפשר את הנטייה ליצור מושגים מדעיים חלופיים או מוטעים:

- א. הרמה המקרוסקופית (macroscopic) – הרמה התחושתית המתייחסת לתופעות שניתן לראות או למשש (כגון: גרגירי מלח מוצק הנמסים במים).
- ב. הרמה המיקרוסקופית (microscopic) – רמת החלקיקים (כגון: יצירת מעטפת המיום סביב יוני המלח המומסים בתמיסה המימית).
- ג. רמת הסמל (symbolic) – הרמה המייצגת את החומרים והתהליכים במונחים של נוסחה כימית ומשוואה כימית.
- ד. רמת התהליך (process). החוקרות דורי והמאירי הציעו רמת הבנה רביעית, רמת התהליך: (Dori & Hameiri, 1998; Dori & Hameiri, 2003).

החוקרות ביקשו לבדוק כיצד מבצעים התלמידים מעברים בין רמת הסמל לבין כל אחת משלוש רמות ההבנה האחרות – מאקרו, מיקרו ותהליך, כדלקמן:

1. מהסמל לרמת המאקרו – מהנוסחה לחומר/מסה – ולהפך;
 2. מהסמל לרמת המיקרו – מהנוסחה לחלקיקים: אטומים, מולקולות, יונים או אלקטרונים – ולהפך;
 3. מהסמל לרמת התהליך – מהמשוואה לתגובה הכימית – ולהפך.
- במחקרן בקרב תלמידי כימיה בתיכון מצאו כי קיימת היררכיה בין הרמות השונות. ככל שמורכבות הבעיה עולה, התלמיד נדרש לשלב יותר רמות הבנה בתשובתו וכן לבצע יותר מעברים בין הרמות השונות (המאירי, 1998).

מחקרים הבוחנים שילוב חקר אירועים בהוראת הכימיה

במחקרן של דורי, ברנע וקברמן (1999), חקר האירוע שימש כלי להערכה של פרויקט "בגרות 2000". בין היתר הוערכו שיטות הוראה והערכה מגוונות וחלופיות בקרב תלמידי מדעים בכלל ותלמידי הלומדים את היחידה הרביעית והיחידה החמישית בכימיה בפרט. באמצעות חקר האירוע ניתן היה להצביע על הבדלים ביכולות אקדמיות של תלמידי הלומדים כימיה וביולוגיה שלמדו בגישה מסורתית לעומת אלה שלמדו בגישה חוקרת (Dori, 2003).

במחקר אחר (Dori, Sasson, Kaberman & Herscovitz, 2004) נערך מעקב אחר תהליכי למידה בגישת החקר, המתרחשים בקרב תלמידי המתמחים בכימיה בחטיבה העליונה בתכנית המעבדות הממוחשבות, המבוססת על חקר אירועים (הרשקוביץ, קברמן, ששון ודורי, 2002). אחת ממטרות המחקר הייתה לבחון את ההשפעה של עריכת ניסויים ממוחשבים המבוססים על חקר אירועים, על פיתוח מיומנויות של שאילת שאלות ומיומנויות גרפיות. השאלות שהתלמידים העלו, נותחו הן על פי רמות החשיבה והן על פי רמות ההבנה בכימיה הנדרשות מתלמיד כדי לענות על השאלות. המיומנויות הגרפיות נותחו על פי מספר קריטריונים, ובהם יכולת המעבר של התלמידים בין רמות ההבנה השונות בכימיה בעת השוואה בין גרפים שונים או בעת הסקת מסקנות מגרף. ממצאי המחקר העלו כי תלמידים שהתנסו בחקר אירועים, שאלו במבחן המסכם שאלות ברמות חשיבה גבוהות יותר מאשר במבחן המקדים והסיקו מסקנות תוך שילוב שתיים או שלוש רמות הבנה בכימיה (קברמן, 2003; ששון, 2003).

לסיכום, שילוב חקר אירוע בהוראת הכימיה הוכח כתורם לטיפוח מספר מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה וליכולת התלמיד לשלב בשאלותיו ובתשובותיו כמה רמות הבנה בכימיה, דבר המעיד על הבנה מעמיקה של מושגים ותהליכים בכימיה (דורי, בפרסום). כמו כן נמצא כי חקר אירוע מסייע הן בהוראה והן בהערכה של תלמידי

מאמרים

מקצועות מדעיים בתיכון (דורי, ברנע וקברמן, 1999) וכמו כן בהערכה ובהתפתחות המקצועית של מורי חטיבת הביניים (הרשקוביץ, 1999; הרשקוביץ ודורי, 2000).

מקורות

- דורי, י' גישת החקר בסביבות למידה ממוחשבות: השלכות על רמות הבנה בכימיה וכישורי חשיבה ברמה גבוהה, מתוך זוהר, ע' (עורכת) (בפרסום). **החקר**, פרק 11, הוצאת חברת מדנס.
- דורי, י', ברנע נ' וקברמן צ' (1999). **הערכת פרויקט 22 בתי הספר "בגרות 2000"**, דו"ח מחקרי, הוגש ללשכת המדען הראשי במשרד החינוך, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.
- המאירי, מ' (1998). **ניתוח רב-ממדי של בעיות כמותיות בכימיה ויישומי בלומדה**, עבודת דוקטורט, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.
- הרשקוביץ, א' (1999). **מורי מדע בעידן של שינוי – לקראת הוראה/למידה בין-תחומית משולבת אירועים**, עבודת דוקטורט, הטכניון, חיפה.
- הרשקוביץ, א' ודורי, י' (2000). גישה מערכתית בהוראת מדעים – תיאוריה, יישום והערכה של התנסות מורי "מדע וטכנולוגיה" בנושא המסיסות, **הלכה למעשה**, 15, עמ' 73-50.
- הרשקוביץ, א', קברמן, צ', ששון, ע' ודורי, י' (2002). **מעבדות חקר ממוחשבות בכימיה, השמיים הם הגבול...** חוברת לתלמיד ומדריך למורה, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.
- פרלברג, א' ומלר צ' (1976). **שאלות שאלות ברמה גבוהה**, המחלקה להכשרת מורים, הטכניון, חיפה.
- קברמן, צ' (2003). **מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה של תלמידי כימיה הלומדים על פי תכנית מעבדות חקר ממוחשבות**, עבודה לתואר מ.א., המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.
- ששון, ע' (2003). **ניסויים ממוחשבים מבוססי חקר אירועים והשפעתם על פיתוח כישורים חזותיים והבנת הכימיה בקרב תלמידי החטיבה העליונה**, הצעת מחקר לדוקטורט, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.
- Bloom, B. S. (1956). **Taxonomy of Educational Objectives: Handbook 1, The Cognitive Domain**, Mckay, New York.
- Dori, Y.J. (2003). From nationwide standardized testing to school-based alternative embedded assessment in Israel: Students' performance in the "Matriculation 2000" Project, **Journal of Research in Science Teaching**, 40(1), pp.34-52.
- Dori, Y.J. & Hameiri, M. (2003). Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems – Symbol, macro, micro and process aspects, **Journal of Research in Science Teaching**, 40(3), pp.278-302.

מאמרים

- Dori, Y.J. & Herscovitz, O. (1999). Question Posing Capability as an Alternative Evaluation Method: Analysis of an Environment Case Study, **Journal of Research in Science Teaching**, 36, pp.411-430.
- Dori, Y.J., Sasson, I., Kaberman, Z. & Herscovitz, O. (2004). Integrating case-based computerized laboratories into high-school chemistry, **The Chemical Educator**, 9, pp.1-5.
- Gabel, D. L. & Bunce, D. M. (1994). Research on Problem Solving: Chemistry, In Gabel, D. L. (Ed.), **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**, Macmillan Publishing Company, New York, pp.301-326.
- Herried, C. F. (1994). Case Studies in Science – A Novel Method of Science Education, **Journal of College Science Teaching**, 23, pp.221-229.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom What They Seem, **Journal of Computer Assisted Learning**, 7, pp.75-83.
- Resnick, L. B. (1987). **Education and Learning to Think**, National Academy Press, Washington, D.C.
- Sasson, I., Dori, Y. J., Kaberman, Z. & Herscovitz, O. (2003). **Assessing the Effect of Integrating Case-based Computerized Laboratories into Chemistry Teaching**, Paper presented at the 2003 NARST Annual Meeting – the National Association for Research in Science Teaching Conference, Philadelphia, PA.
- Shodell, M. (1995). The Question-Driven Classroom: Student Questions as Course Curriculum in Biology, **The American Biology Teacher**, 57, pp.278-281.
- Tobin, K., Tippins, D. & Gallard, A. (1994). Research on instructional strategies for science teaching, In Gabel, D. L. (Ed.), **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**, Macmillan, New York, NY, pp.45-93.
- Zohar, A. & Dori, Y.J. (2003). Higher Order Thinking Skills and Low Achieving Students – Are They Mutually Exclusive? **Journal of the Learning of Sciences**, 12, pp.145-182.

מאת: רולי אינטרטור, תיכון אזורי ע"ש הרצוג, בית חשמונאי

מטרות המודל: המודל המוצג להלן יכול לסייע למורה בעת דיון בכיתה, דיון שמטרתו להנחות את התלמידים בהבנת מהותה של שאלת חקר.

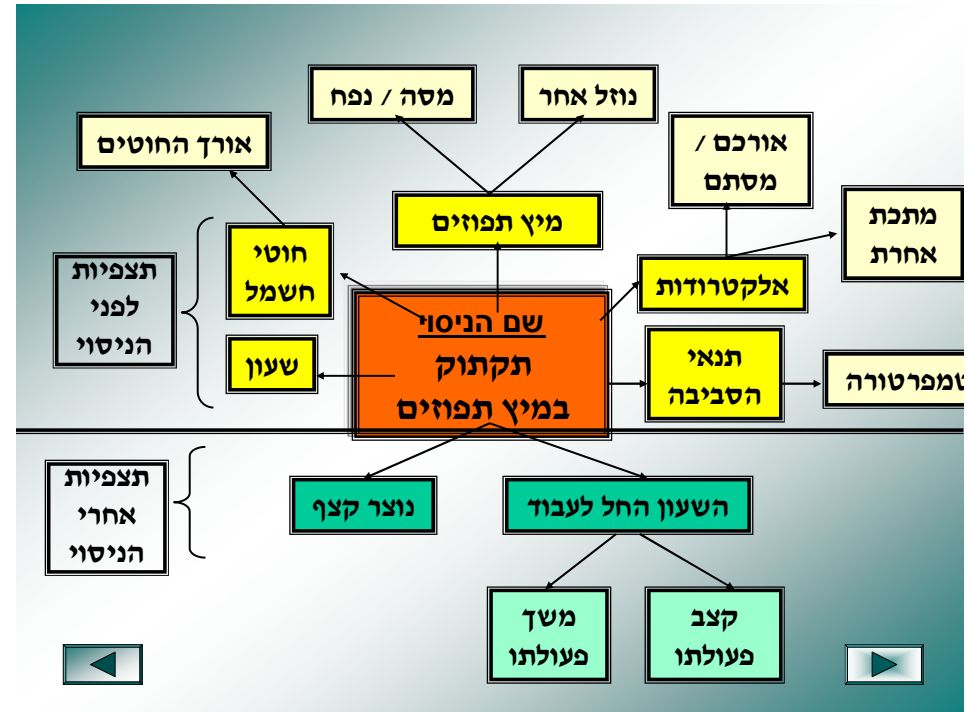
משך הפעילות: שני שיעורים כפולים (4 שעות בסך הכול).

סדר הרישום על הלוח בעת הדיון בכיתה:

1. רושמים את שם הניסוי במרכז. אפשר להעביר קו לרוחב הלוח מתחת לשם הניסוי.
2. בחלק העליון רושמים את החומרים, את תנאי הניסוי ואת הציוד הרלוונטי לשאלות החקר (תצפיות לפני הניסוי).
3. בחלק התחתון רושמים את התהליכים שהתרחשו (תצפיות אחרי הניסוי).
4. מפרטים כל אחד מהגורמים הרשומים בשני החלקים.
5. מנסחים שאלת חקר הכוללת **משתנה בלתי תלוי** מהחלק העליון ו**משתנה תלוי** מהחלק התחתון.

³⁶ הכותבת התבססה על תוכנת "דרך המלך" לחטיבת הביניים, סביבה אינטרנטית פתוחה המאפשרת למידה באמצעות פרויקטים, המרכז להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות.

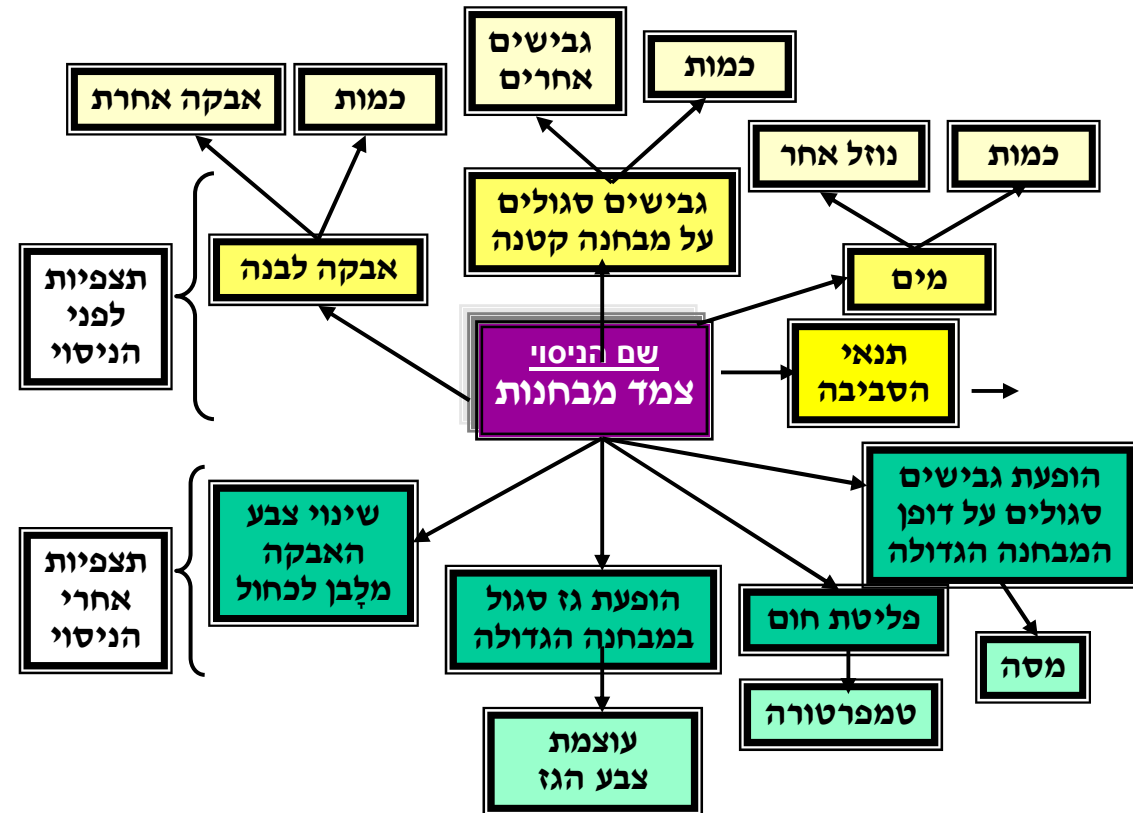
להלן דוגמה למראה הלוח בכיתה לקראת ניסוח שאלת חקר, אחרי צפייה בניסוי "תקתוק במיץ תפוזים" (מתוך "מעבדה ממוחשבת", הטכניון, חיפה)



להלן פירוט הכתוב על הלוח

דוגמאות לשאלות חקר שהתלמידים ניסחו מהכתוב על הלוח:	– שם הניסוי	בכתום
א. כיצד משפיעה מסת מיץ התפוזים על משך פעולת השעון?	– מרכיבי הניסוי, תנאי הניסוי (מה השפיע על הניסוי?)	בצהוב
ב. כיצד תשפיע אלקטרודה ממתכת אחרת על קצב פעולת השעון?	– מה התרחש בזמן הניסוי? מה השתנה? (מה הושפע בניסוי?)	בירוק
	– מה אפשר לבדוק במרכיבי הניסוי?	בצהוב בהיר
	– מה אתם רוצים לבדוק בתוצאות הניסוי?	בירוק בהיר

דוגמה למראה הלוח בכיתה לקראת ניסוח שאלת חקר, אחרי צפייה בניסוי "צמד מבחנות" (מתוך "מעבדה חוקרת", מכון וייצמן, רחובות)



להלן פירוט הכתוב על הלוח

בסגול	שם הניסוי	דוגמאות לשאלות חקר שהתלמידים ניסחו מהכתוב על הלוח
בצהוב	מרכיבי הניסוי, תנאי הניסוי (מה השפיע על הניסוי?)	א. כיצד משפיעה כמות הגבישים הסגולים במבחנה הקטנה על מסת הגבישים הסגולים במבחנה הגדולה?
בירוק	מה התרחש בזמן הניסוי? מה השתנה? (מה הושפע בניסוי?)	ב. כיצד משפיעה אבקה לבנה אחרת על שינוי צבע האבקה מלבן לכחול?
בצהוב בהיר	מה אפשר לבדוק במרכיבי הניסוי? מה הייתם רוצים לשנות במרכיבי הניסוי?	
בירוק בהיר	מה אתם רוצים לבדוק בתוצאות הניסוי?	

מאמרים

כיצד מנחים תלמידים בכתיבת עבודה בכימיה

מאת: רחל טסה

קידום האוריינות הלשונית היא מטרת-על בחינוך הישראלי – אחד הדגלים העיקריים שמשרד החינוך נושא ברמה. היבט מרכזי של האוריינות הלשונית הוא יכולת התבטאות טובה בכתב. זהו אתגר שכל אחד מהמורים במערכת בכל הגילים והמקצועות אמור להתמודד עמו. אך מאחר שקשיי הוראת מקצוע הכימיה עצמו אינם קטנים, יש להתמודד עם הנחיית הכתיבה בצוות. צוות מורי הכימיה בשיתוף עם צוות מורי הלשון של בית הספר מסוגלים להתמודד בהצלחה עם האתגר המורכב הזה!

איסוף מידע רלוונטי ממקורות מידע מגוונים

מה על תלמיד לעשות כאשר מוטל עליו לאסוף מידע ממקורות מגוונים לכתיבת עבודה, לקראת פרויקט או לצורך תכנון ניסוי במעבדה? לפניכם רשימת פעולות – שהן למעשה מיומנויות, שהתלמיד מפתח בעת איסוף מקורות. חלק מהפעולות/מיומנויות מתאימות גם למקרה שבו התלמיד נדרש לקרוא ולהבין מאמר מדעי.

- הפקת מידע ולמידה מספרי לימוד, מספרי מידע וממקורות מידע דיגיטליים, ממילונים ומאנציקלופדיות, מספרי יען נוספים, מכתבי עת ועיתונים יומיים. (מקורות)
- הפקת מידע מן הטקסט בהסתמך על המרכיבים הבאים: הכתוב, איורים, צילומים וצלמיות, מפות וגרפים. (מקורות, מאמר)
- שימוש במקדמי ארגון שבטקסט לאיתור המידע הדרוש: כותרת, כותרת-משנה, ספרור, תוכן העניינים, פסקות, הדגשים, הערות שוליים, מפתוח ומיון נושאי. (מקורות, מאמר)
- זיהוי רכיבי מבנה בולטים בטקסט והבנת תפקידם: שאלה ותשובה, הסבר, טענה, נימוק, הגדרה, דוגמה, הוראות הפעלה. (מקורות, מאמר)
- זיהוי היחסים הלוגיים בתוך הטקסט: בעיה ופתרון, סיבה ותוצאה, השוואה, הנגדה, רצף כרונולוגי. (מקורות, מאמר)
- זיהוי הרעיונות העיקריים בטקסט והבחנה בין הפרטים החשובים לאלה שאינם חשובים. (מקורות, מאמר)
- הבחנה בין דעות ועובדות וזיהוי עמדת הכותב. (מקורות, מאמר)
- איתור טקסטים למטרות למידה בעזרת ההיכרות עם שיטות ארגון הספרייה, איתור טקסטים בספריות ובאינטרנט. (מקורות)

מאמרים

- דליית מידע ממספר מקורות בהתאם למטרות הלימודיות. (מקורות)
 - הערכת אמינותו של המידע לפי סוג המקור, לפי זהות הכותב ולפי תאריך הפרסום. (מקורות, מאמר)
- מקור:** תכנית הלימודים **חינוך לשוני, עברית – שפה, ספרות ותרבות**
ראו אתר האגף לתכניות לימודים:

[/http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Chinuch_Leshoni](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Chinuch_Leshoni)

כתיבת עבודות ופרויקטים

בתחומי לימוד רבים, כמו בלימודי הכימיה, תלמידים נדרשים לכתוב עבודות. מקובל ונכון הוא שעבודה צריכה לכלול פתיחה, גוף וסיום, ויש לדעת להנחות את התלמידים "איך עושים את זה?" מומלץ שמורים יעזרו בתכניות הלימודים של החינוך הלשוני. להלן קטעים נוספים מתוך תכנית הלימודים **חינוך לשוני** המגדירים את תכונותיה של כתיבה טובה.

כיצד כותבים?

- שימוש באוצר מילים שהולם את הנושא, את הנמענים ואת המטרה.
- שימוש נכון בכל סימני הפיסוק בהתאם לכללים.
- מתן כותרת, כותרות משנה ו/או ספרור וחלוקה לפסקאות, בהתאם לסוג הטקסט שכותבים.
- כתיבה הממוקדת בנושא או ברעיון ופיתוחם תוך שמירה על נקודת ראות מסוימת.
- ארגון רעיונות במבנים מתאימים: תיאור והדגמה, סיבה ותוצאה, טיעון והנמקה, שאלות ותשובות, בעיות ופתרון, השוואה.
- שמירה על רצף בין משפטים ובין פסקאות ושימוש בקשרים: מילות זמן (כגון: כאשר, בעת, לפעמים, מפעם לפעם), מילות סיבה ותוצאה (כגון: לכן, אי לזאת, מפני ש-, בגלל זה ש-, משום ש-, יוצא אפוא, מכאן נובע, למרות זאת, אף-על-פי-כן).
- שילוב חומר חזותי ואמצעים גרפיים להמחשת הרעיון שבטקסט הכתוב ולהרחבתו.

מאמרים

כיצד כותבים עבודה?

בתכנית הלימודים **עברית לחטיבה העליונה** נמנים שלבים אלה בכתיבת עבודה:

- **תכנון ואיסוף חומר חיצוני – העלאת רעיונות וארגון**
- **יצירת הטקסט ופיתוחו**
- **עריכת הכתוב**

ראו פירוט השלבים האלה באתר האגף לתכנון ופיתוח תכניות לימודים:

[/http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Ivrit](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Ivrit)

כיצד מסכמים טקסט?

בעת עיבוד החומר, צריך לרוב לסכם את המקור.

בספר **דברים לעניין – יסודות הכתיבה, הסיכום וארגון הטקסט**, האגף לתכנון ופיתוח תכניות לימודים, תשס"ג, אפשר למצוא הנחיות מועילות לסיכום טקסט.

כיצד ממזגים מקורות אחדים?

בספר **דברים ככתבם – המאמר העיוני, דרכי קריאה וכתיבה לחטיבה העליונה**, האגף לתכנון ופיתוח תכניות לימודים, תשנ"ז, מוצע: "כדי לסכם את החומר במקורות יש לקבוע תחילה נושאי-משנה לגוף העבודה. אחד המקורות יכול להיות המקור הראשי, ואותו מסכמים לפי נושאי-המשנה. אחר כך משווים את המידע שבשאר המקורות לסיכום של המקור הראשי, ואז רושמים תחת כל נושאי המשנה רק את המידע הנוסף".

כתיבת עבודה (או הרצאה)

בתכנית הלימודים **עברית לחטיבה העליונה** מוצאים התייחסות זו:

מאמרים

להכנת עבודה (או הרצאה) אוספים בדרך כלל מידע מכמה מקורות. המידע יכול להיות נתונים מספריים, עובדות היסטוריות, עמדות של חוקרים או של אישים שהביעו את דעתם במסגרות שונות ועוד. לעתים יש חפיפה בפריטי המידע ממקורות שונים, ולעתים המקורות מספקים מידע על היבטים שונים של הנושא. תהליך שילובו של המידע בטקסט הנכתב כולל בחירת המקורות, איתור הקטעים הרלוונטיים, דלייה או סיכום של פרטי המידע מן המקורות והשוואה ביניהם, ארגון המידע, ניסוחו וקישורו לטקסט הנכתב. בכתיבת עבודה מקובל לכתוב ציון ביבליוגרפי בכל מקום שיש בו שימוש במקור (הכותב, שם החיבור, שם הפרסום, שנת הפרסום והעמודים הרלוונטיים).

ראו אתר האגף לתכנון ופיתוח תכניות לימודים:

[/http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Ivrit](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Ivrit)

"המביא דברים בשם אומרם" (ציון המקורות) ומוסיף משהו משל עצמו

הדרישה לציון את המקור מתייחסת הן למקור כתוב והן לקטע מתוך אתר אינטרנט, גם אם הכותב כתב את הדברים "במילים שלו". טוב הדבר שהכותב עורך את הדברים ומנסחם בדרכו, כל עוד הוא מכבד את הכותב המקורי. ככלל, אין זה מומלץ שהעבודה תהיה אוסף קטעים שהועתקו בשיטת "גזור והדבק" – אלא חשוב מאוד שיהיה בה עיבוד עצמאי של המידע.

מאמרים

ביבליוגרפיה

פיתוח החשיבה

יועד צ' וחובריה (2010). **חשיבה בתהליך הלמידה בעידן הידע**; חלק ראשון: **אסטרטגיות חשיבה מסדר גבוה**; חלק שני: **מידענות** האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך, ירושלים.

מבחן הישגים

וגנר מ' (1991). **יש מבחן – בניית מבחני הישגים והערכותם**, מכון הנרייטה סאלד, המרכז לבחינות בגרות ומשרד החינוך והתרבות, האגף לחינוך על-יסודי, ירושלים.

תמיר פ' (1989). **הערכת הישגים לימודיים במדעי הטבע**, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

הערכה חלופית

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.

נוסינוביץ ר', דודי ו' (2000). **הערכה: אפשר גם אחרת**, המרכז להוראת המדעים, המרכז הארצי להוראת הביולוגיה, האוניברסיטה העברית בירושלים.

בירנבוים מ' (1997). **חלופות בהערכת הישגים**, הוצאת רמות, אוניברסיטת תל אביב.

תלקיט

אמדור ל' (1999). **התלקיט – כלי הערכה התומך בהוראה ומקדם למידה**, המרכז לטכנולוגיה חינוכית, תל אביב.

מיפוי מושגים

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

מאמרים

קריאת מאמר מדעי

פלד ל', ברנהולץ ח' (1995). **איך לקרוא מאמר מדעי?**, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

למידה חוץ-כיתתית

אוריון נ', גרטל ג' (1986). **הוראה בסביבת הלימוד החוץ-כיתתית**, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, ירושלים.

עבודת חקר

לזרסון ע', (1999). **הזמנה לחקר**, האגף לחינוך על-יסודי, משרד החינוך, ירושלים והמרכז לטכנולוגיה חינוכית, תל אביב.

כתיבת עבודה

רפאלי ר', גדיש ר' (2003). **דברים לעניין – יסודות הכתיבה, הסיכום וארגון הטקסט**, ספר ותקליטור, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, ירושלים.

רפאלי ר', גדיש ר' (1996). **דברים ככתבם – המאמר העיוני, דרכי קריאה וכתיבה לחטיבה העליונה**, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, ירושלים.