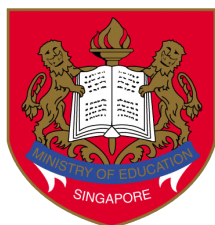


תשרי תשפ"ג,
ספטמבר 2022



סקירת תוכניות הלימודים בכימיה במדינות נבחרות בעולם

השוואה בין תוכנית הלימודים בכימיה בישראל לבין מדינות נבחרות בארה"ב, אסיה ואירופה



מחבר הסקירה: ד"ר יוסף חיים נחום חן טובי

תודתי הכנה והמיוחדת לד"ר דורית טייטלבוואם, מפמ"ר כימיה משרד החינוך ולד"ר רותמה ארנברג, מפקחת תוכניות לימודי מדעים במשרד החינוך, על שיתוף הפעולה הפורה והסיוע בהכנת הסקירה.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב



מינהלת מל"מ המרכז הישראלי לחינוך
מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה שליט



אוניברסיטת תל אביב
TEL AVIV UNIVERSITY
בית הספר לחינוך
המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי



משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף א' מדעים
הפיקוח על הוראת הכימיה

סקירת תוכניות הלימודים בכימיה במדינות נבחרות בעולם

השוואה בין תוכנית הלימודים בכימיה בישראל לבין מדינות נבחרות בארה"ב, אסיה ואירופה

עמ'

תוכן העניינים:

1. מבוא	3
1.1 רציונל ומטרות הסקירה	3-4
1.2 תקציר	4-5
2. חלק א' - טבלאות השוואה	5
טבלת השוואה 2.1 - הנושאים והתכנים הנלמדים	6-10
טבלת השוואה 2.2 - מיומנויות	10-11
טבלת השוואה 2.3 - ערכים ועמדות	11-14
טבלת השוואה 2.4 - הרציונל והמטרות בלימודי והוראת הכימיה	14-17
טבלת השוואה 2.5 - עקרונות פדגוגיים ותהליכי למידה	17-18
נקודות עיקריות לדיון העולות מהסקירה ביחס לת"ל בישראל	19
3. חלק ב' - הרחבה על המדינות הנסקרות	
3.1 אוסטרליה (Australia)	20-23
3.2 אנגליה (UK)	24-27
3.3 דנמרק (Denmark)	28-30
3.4 קליפורניה (California)	31-36
3.5 ניו-יורק (New York)	36-38
3.6 מסצ'וסטס (MA-Massachusetts)	38-41
3.7 יפן (Japan)	42-43
3.8 סינגפור (Singapore)	43-45
4. נספחים	46-85

1. מבוא

תכנית הלימודים (ת"ל) הנוכחית בכימיה לחטיבה העליונה (חטה"ע) של משרד החינוך פורסמה ב-2008. לאחרונה, הועלתה דרישה לבחון מחדש ולעדכן את התוכנית הנוכחית. לשם כך נתבקשתי ע"י ד"ר דורית טייטלבוים - מפמ"ר כימיה, ד"ר רוחמה ארנברג - אחראית פיתוח תכניות לימודים במדעים ומנהלת המל"מ לסקור ולהשוות בין ת"ל בכימיה בישראל לתוכניות הלימודים בשמונה מדינות על פני מספר יבשות. לשם השוואה נבחרו המדינות אוסטרליה, אנגליה ודנמרק (אירופה), קליפורניה, ניו-יורק ומסצ'וסטס (ארה"ב), יפן וסינגפור (אסיה). המדינות הנבחרות מתאפיינות בתוכניות הלימודים חדשניות וייחודיות, בהישגים במבחנים בין לאומיים ובהיותן מדינות נגישות מבחינת שפה.

חלקה הראשון של הסקירה מורכב מטבלאות השוואה בין ת"ל בישראל לבין המדינות הנסקרות. השוואה בוצעה על פי התבחינים: הנושאים והתכנים הנלמדים, מיומנויות, ערכים ועמדות, רציונל ומטרות ועקרונות ותהליכים פדגוגיים. בתחתית כל טבלת סוכמו עיקרי ממצאי ההשוואה.

בסיומו של חלק א' מובאות נקודות מרכזיות הראויות, להערכתנו, לדיון ביחס לת"ל בכימיה בישראל.

בחלקה השני של הסקירה הרחבנו על ת"ל של כל מדינה בפני עצמה. התכנים בדנמרק ויפן נכתבו מתוך תרגום גוגל. הסקירה מתייחסת לת"ל ולפרסומים פדגוגיים שהיו זמינים עד לזמן תחילת הסקירה במהלך המחצית הראשונה של שנת 2021. מקורות לסקירה מוצגים כהערות שוליים בגוף הסקירה.

תודתי הכנה והעמוקה נתונה לד"ר רוחמה ארנברג ולד"ר דורית טייטלבוים על הליווי, ההכוונה והתמיכה

ועל תרומתן החשובה וההכרחית מניסיון הענף בתוכניות לימודים במשרד החינוך לכתיבת סקירה זו.

1.1 רציונל ומטרות הסקירה

כימיה הנו מקצוע מדעי מרכזי המשמש כבסיס למגוון רב של תחומים. לכימיה חשיבות רבה בפיתוחים טכנולוגיים, בהבנה ובתהליכי קבלת החלטות בתחומי המדעים והטבע, החברה, הכלכלה, התעשייה ועוד. לת"ל בכימיה תפקיד מרכזי בהכשרת אזרחי העתיד הנדרשים למעורבות ולשותפות, להבנה ולפיתוח פתרונות לאתגרים ברמה הארצית והגלובלית.

בשנים האחרונות, משקיעות מדינות מאמצים רבים בעדכון ת"ל שלהן בתחומי המדעים בכלל ובכימיה בפרט, זאת, על מנת להכשיר את התלמידים לאתגרי ולדרישות המשתנות של המאה ה-21. התוכניות המעודכנות מיועדות לתת מענה לתוכן ולמיומנויות הרלוונטיים, לעושר ונגישות המידע, לרב תחומיות ולשיטות לימוד והוראה מתקדמות המשלבות אמצעים טכנולוגיים.

עדכון ת"ל בכימיה בישראל הנו פועל יוצא מהצורך בהתאמת מערך לימודי הכימיה בישראל למגמות המשתנות ולאתגרים הקיימים והעתידיים. מכאן הצורך בסקירה מעמיקה ומקיפה של ת"ל בכימיה במדינות נבחרות אשר אליהן ניתן יהיה להשוות את התוכנית הנוכחית וללמוד מהן לגבי התוכנית העתידית בישראל.

מטרת הסקירה שלהלן תיעוד ואפיון מגמות בלימודי הכימיה בחטה"ע בעולם בהשוואה לאלו המתקיימים בישראל ובחינת הרלוונטיות שלהן לת"ל העתידית בישראל.

הסקירה אינה מתיימרת לחקור לעומק תהליכים פדגוגיים, שיטות למידה וכיצד הם משתנים בין מדינה למדינה. הסקירה מעמידה להשוואה את התוכן והנושאים הנלמדים, מיומנויות, ערכים ועמדות, רציונל ומטרות ועקרונות פדגוגיים כפי שהם מוגדרים בעולם ביחס לנתון בישראל.

פעמים שמושגים מת"ל בכימיה בישראל לא אותרו בת"ל בכימיה במדינות הנסקרות, אולם, כן אותרו בת"ל הכללית במדעים או במסגרת ערכי הלמידה הכלליים ולפיכך, כן יופיעו בסקירה תחת המדינה.

1.2 תקציר

ממצאי ההשוואה בין ת"ל בישראל למדינות הנסקרות העלו מספר הבדלים ונקודות להשוואה.

מבחינת הנושאים והתכנים הנלמדים, ת"ל במדינות הנסקרות כוללות נושאים שאינם מוזכרים בת"ל בישראל או שאינם מקבלים דגש כגון, אורביטלים (s,p), משוואות הגזים, תאים אלקטרוכימיים, חישוב pH, בופרים וחומצות חלשות, כימיה אורגנית ופולימרים, אתגרי אנרגיה בתעשייה, אנרגיה חופשית של גיבס. לעומתם, נושאים כגון "מדוע תגובה מתרחשת", סוכרים או כימיה של המזון מת"ל בישראל כמעט ואינם מקבלים התייחסות במדינות הנסקרות. בנוסף, בחלק מת"ל, מוטמעים נושאי העשרה והרחבה אקטואליים ורלוונטיים ללומדי הכימיה בהתאם לתפיסת לימודי הכימיה באותן המדינות (אנרגיה ירוקה, שינויי אקלים וכד').

מבחינת מיומנויות, מצאנו כי ישראל ורוב המדינות הנסקרות שותפות למיומנויות בין אישיות ולמיומנויות חקר כאלו ואחרות. בנושא מיומנויות אישיות ניכר דגש בת"ל בישראל ביחס למדינות. בנושא מיומנויות המאה ה-21 ברוב המדינות אותרה התייחסות חלקית לעומת בישראל. בישראל קיים מסמך דמות הבוגר 2030 שטרם הוטמע בת"ל הנוכחית.

בנושא ערכים בת"ל לישראל ולמדינות ערכים משותפים כגון, אהבת הדעת וחזויות הלמידה, ערכי כיבוד המורשת והתרבות, ערכי כבוד האדם והמשפחה, צדק חברתי וערכות הדדיות. עם זאת, ישנן מדינות השמות דגש על ערכים הנוגעים ישירות לרלוונטיות של מקצוע הכימיה לנושאים גלובליים הנוגעים לאנושות, לשימור הסביבה או להכנה לאזרחות ולבריאות הנפשית והפיזית של הלומדים. מחויבות לערכי המדינה אופייניים בעיקר לישראל.

מבחינת השוואת הרציונל ומטרות לימודי הכימיה, ישראל רואה בכימיה מדע בסיסי המקנה מיומנויות ומהווה בסיס לתחומי מדע נוספים ומכין ללימודי המשך ולתעסוקה עתידית. בשאר המדינות ניכרת התייחסות גם לתרומת הכימיה לחברה, לכלכלה, לסביבה ולחקר הטבע. תוך דגש על חשיבות הכימיה ברמה הלאומית, התעסוקתית והאקדמית ולחלקה בהתפתחות המדעית והטכנולוגית ויכולת העמידה באתגרים ברמה הגלובלית.

מבחינת עקרונות פדגוגיים רוב המדינות, כולל ישראל, דוגלות בלמידה דיפרנציאלית, למידה דרך שאלת שאלות, ביצוע חקר, PBL תוך שימת דגש על שימוש באמצעים טכנולוגיים.

הסקירה שלהלן "מציפה" מספר נקודות למחשבה ושאלות הנוגעות לת"ל בכימיה בישראל, בפרט בזמן של התחדשות ובתקופה בה תהליכי לימודים והוראה עוברים שינויים ועדכונים.

2. חלק א' - טבלאות השוואה:

טבלאות ההשוואה בין ת"ל בישראל לבין מדינות הנסקרות על פי התבחינים שנבחרו:

טבלה 2.1 - הנושאים והתכנים הנלמדים בכימיה

טבלה 2.2 - מיומנויות

טבלה 2.3 - ערכים ועמדות

טבלה 2.4 - רציונל ומטרות

טבלה 2.5 - עקרונות פדגוגיים

במסגרת הטבלאות השתדלנו לפרט את ההבדלים באופן ברור בהשוואה לת"ל בישראל. במקומות בהם נדרשת הרחבה ניתן לפנות אל ההרחבה על המדינה בחלק ב' של הסקירה.

בתחתית כל טבלת מופיעה פיסקה המסכמת הבדלים מהותיים בין ישראל לבין המדינות הנסקרות.

בטבלאות 2.1 ו-2.2, על מנת לזהות בקלות את ההבדלים ביחס לישראל, הבלטנו את ההבדלים בתוכן ובמיומנויות על פי צבע התא, כדלהלן:

תאים בירוק – התוכן במדינה הנסקרת מקביל (יסומן ב-✓) או מוסיף על התוכן בישראל (יפורט בכתב)

תאים בכתום – התוכן במדינה הנסקרת שונה מהותית ביחס לנלמד בישראל

תאים באדום – לא אותר תוכן מקביל במדינה הנסקרת ביחס לנלמד בישראל

טבלת השוואה 2.1 – הנושאים והתכנים הנלמדים במדינות השונות:

על מנת להקל על ההשוואה לישראל, פרטנו בעמודה הימנית (ישראל) את הנושאים והתכנים הנלמדים על פי ת"ל בישראל ובהתאם לכך נכתבו התכנים במדינות הנסקרות. פירוט הנושאים, המושגים והבהרות¹ לתוכן בישראל ניתן למצוא בנספח 4 – ת"ל מותאמת בכימיה.

במדינות צפון אמריקה נכללים נושאי הלימוד תחת הסטנדרטים הרלוונטיים להוראת הכימיה. פירוט הסטנדרטים ונושאי הלימוד הנכללים בהם מפורטים בפרק ב' בהרחבה על מדינות ארה"ב. יש לציין שבנישואים ש"מ, מדוע מתרחשת תגובה, סוכרים ונושאי בחירה נלמדים במסגרת ה-30% של הערכה חלופית.

ישראל ¹	אוסטרליה ²	אירופה		צפון אמריקה			אסיה	
		אנגליה ⁹	דנמרק ⁸	קליפורניה ⁷	ניו-יורק ⁶	מסצ'וסטס ⁵	יפן ⁴	סינגפור ³
מושגי יסוד: - מצבי צבירה - סוג לחומרים - שפת הכימאים	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
תכונות ומבנה האטום: - חלקיקי האטום והגרעין - רדיואקטיביות - טבלה מחזורית - הערכות אלק' עד ^{20}Ca	היסטוריית מבנה האטום, יסודות ביקום	ספקטרום מסה, הערכות אלק' עד ^{36}Kr , אורביטלים s,p,d , מתכות מעבר	אורביטלים והיברדיזציה בקשרים בין פחמים (מודל בוהר)	היסטוריית מבנה האטום *רדיואקטיביות נלמד בפזיקה	ביקוע, איחוי ודעיכה רדיואקטיבית קרינה אלקטרומגנטית ונזקה	ביקוע, איחוי ודעיכה רדיואקטיבית	אורביטלים (s,p)	אורביטלים (s,p)
מבנה וקישור: קשר קוולנטי	VSEPR , אנליזת חומרים,	VSEPR , פולרן וגרפן,	איזומרים מבניים ואופטיים	✓	התייחסות לקשר מבנה-תפקוד	קשר מבנה-תפקוד SAR	קריסטלוגרפיה	VSEPR

¹ <https://edu.gov.il/mazhap/chemistry/studies-program/Pages/syllabus-chemistry.aspx>

² <https://www.australiancurriculum.edu.au/senior-secondary-curriculum/science/chemistry/?unit=Unit+1&unit=Unit+2&unit=Unit+3&unit=Unit+4>

³ <https://www.moe.gov.sg/-/media/files/post-secondary/syllabuses/science/pre-university-h1-chemistry-syllabus.pdf?la=en&hash=6F1325909BEC67AC99DF1A1BC8E82D06C0176E8B> H1

https://www.moe.gov.sg/-/media/files/post-secondary/syllabuses/science/preuniversity_h2_chemistry_syllabus.pdf?la=en&hash=0CB171C35F97263AA714163CFF809B81CF2421A6 H2

<https://www.moe.gov.sg/-/media/files/post-secondary/syllabuses/science/2018-pre-university-h3-chemistry.pdf?la=en&hash=04870AE4240CFC4B08C71F4C97761E2E47EECF97> H3

⁴ <https://erid.nier.go.jp/files/COFS/h30h/chap2-5.htm>

⁵ <https://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04.pdf>

⁶ <http://www.nysed.gov/common/nysed/files/programs/curriculum-instruction/chemist.pdf>

⁷ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/cascienceframework2016.asp>

⁸ <https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/fag-og-laereplaner/laereplaner-2017/stx-laereplaner-2017>

⁹ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/593849/Science_AS_and_level_formatted.pdf KS5 (GCE A-level exams)

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/800342/GCSE_single_science_updated_May_2019.pdf KS4 (CGSE exams)

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

ישראל ¹	אוסטרליה ²	אירופה		צפון אמריקה			אסיה	
		אנגליה ⁹	דנמרק ⁸	קליפורניה ⁷	ניו-יורק ⁶	מסצ'וסטס ⁵	יפן ⁴	סינגפור ³
הס ואנרגיית קשר								
קצב תגובה: - אנרגיית שפעול, - תצמיד משופעל, - המודל החלקיקי גורמים המשפיעים על הקצב	התייחסות לאנזימים, עלות הקורוזיה למשק	התפלגות בולצמן, קבוע הקצב של התגובה $Rate = K_A T^n B^n$, שלב קובע המהירות	תגובות מסדר אפס וראשון, משוואת ארניוס.	קישור לתהליכים בתעשייה ובחקלאות	✓	✓	תגובות מסדר אפס וראשון, זמן מחצית חיים, התפלגות בולצמן	✓
שיווי משקל כימי: - תגובות הפיכות מאפייני ש"מ - קבוע ש"מ K_c - מנת ריכוזים Q - שינוי תנאים בש"מ (שינויי ריכוזים, טמפר' והוספת זרז)	בהקשר לחו"ב וחוזק חומצה (Ka) , ש"מ ביון, פד"ח באטמוספירה והידרוספירה	קביעת Kw למים, חישוב pH לחומצות חלשות, K_a , תמיסות בופר והשימוש בהם	✓	ש"מ נלמד בהרחבה וקשר להנדסת תהליכים בתעשייה ובחקלאות	תהליך הפוטוסינתזה	✓	קביעת Kw למים חישוב pH לחומצות חלשות, K_a , תמיסות בופר והשימוש בהם	✓
מדוע תגובה מתרחשת: - אנטרופיה - ספונטניות של תגובה	לא אותר	✓	האנרגיה החופשית של גיבס	✓	לא אותר	✓	לא ברור ההיקף (ספונטניות תגובה)	האנרגיה החופשית של גיבס
סוכרים (חד-, דו- ורב סוכרים)	נלמד בהיקף מצומצם בכימיה אורגנית	לא אותר	נלמד בהיקף דומה לישראל כחלק מביוכימיה	לא אותר	לא אותר	לא אותר	לא ברור ההיקף	לא אותר
נושאי בחירה והרחבה (30%): - תרכובות ברום - פולימרים - כימיה פיזיקלית - כימיה אורגנית מתקדמת - ביוכימיה	כימיה אורגנית, פולימרים "ירוקים", DDT ותרכובות אורגנו-כלוריות, חלבונים, סוכרים, כימיה "ירוקה", ביו-דלקים,	כימיה אורגנית, פולימרים, כימיה אנליטית, מחזור חיים של חומר, זיקוק ו-cracking, כריה וניקוי מתכות, קורוזיה, ש"מ בתהליכים	כימיה אורגנית, ביוכימיה, מאקרו-מולקולות כולל פולימרים, קשר אנזים-סובסטרט, זיהוי חומרים ספקטרוסקופיה	חום ואנרגיה במערכות ביולוגיות ובכדה"א, ש"מ בתעשייה, כימיה ושינויים אקלימיים, חומציות האוקיאנוסים	לא אותר	קשר מבנה-תפקוד SAR בחומרי ניקוי, תרופות ורצפטורים, פולימרים	כימיה אורגנית, פולימרים, כימיה בחיי האדם (ביוכימיה), כימיה בפיתוחים טכנולוגיים	כימיה אורגנית בהרחבה, השפעות סביבתיות של דלקים

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

אסיה		צפון אמריקה			אירופה		אוסטרליה ²	ישראל ¹
סינגפור ³	יפן ⁴	מסצ'וסטס ⁵	ניו-יורק ⁶	קליפורניה ⁷	דנמרק ⁸	אנגליה ⁹		
						תעשייתיים, חקלאות ודישון, פוספט ואשלגן, ניצולת וחסכון בייצור. מדעי כדה"א והאטמוספירה.	ייצור ברמה מולקולרית	- כימיה של הסביבה אנרגטיקה - תוכניות מיוחדות וייחודיות פרי יוזמת מורי וצוותי כימיה

טבלה 2.1 - עיקרי ההבדלים בנושאים ובתכנים הנלמדים בין ישראל למדינות הנסקרות:

- **תכונות ומבנה האטום** - אורביטלים (s,p), תהליכי ביקוע, היסטוריית מבנה האטום, איחוי ודעיכה רדיואקטיבית.
- **מבנה וקישור** - VSEPR, קשר מבנה-תפקוד (SAR), איזומרים אופטיים, ננו-חומרים וקריסטלוגרפיה.
- **סטוכיומטריה** - משוואות הגזים ופתרון, חישובי ניצולת (נלמדת כמיומנות חקר לצד כימיה אנליטית וניצולת).
- **חמצון-חיזור** - תאים אלקטרוכימיים (אלקטרוליזה, סוללות).
- **חומצות ובסיסים** - חישובי pH, בופרים וחומצות חלשות וטיטרציות.
- **אנרגיה** - אתגרי אנרגיה עכשוויים, אנרגיה בסביבה, בתעשייה ותאים כימיים ותאי דלק.
- **קצב תגובה** - קבוע בולצמן, חישוב קצב והקשר לתהליכים בתעשייה.
- **ש"מ כימי** - בהקשר לתגובות חו"ב, קביעת Ka ו-Kw ותהליכים בתעשייה.
- **"מדוע תגובה מתרחשת"** - נושא שאותר רק בחלק מהמדינות, האנרגיה החופשית של גיבס.
- **סוכרים וכימיה של המזון** - לא אותרו ברוב המדינות.
- **נושאי בחירה והרחבה** משתנים בין מדינות בהתאם לרלוונטיות והאקטואליה של הנושאים, הרוב מלמדות כימיה אורגנית ופולימרים, נושאי בחירה כגון תרכובות ברום וכימיה פיזיקלית לא אותרו ברוב המדינות.

בישראל קיימת גמישות לצוותי ההוראה בפיתוח והכרה בתוכניות לימוד מיוחדות על בסיס ה-30%.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

טבלת השוואה 2.2 - מיומנויות:

המיומנויות כפי שהוגדרו עבור מקצוע הכימיה בישראל¹⁰ מחולקות לשלוש: **מיומנויות קוגניטיביות**, **מיומנויות תוך אישיות ומיומנויות בין אישיות**. בנוסף קיימות מיומנויות מעשיות הנלמדות בתהליך החקר ומיומנויות המאה ה-21. את המיומנויות הנוגעות ישירות לתהליך החקר הכנסנו תחת מיומנויות מעשיות בחקר. פירוט נוסף על המיומנויות בכל מדינה ניתן למצוא הרחבה על המדינות, בחלק ב'.

ישראל ¹⁰	אוסטרליה	אירופה		צפון אמריקה			אסיה	
		אנגליה	דנמרק	קליפורניה	ניו-יורק	מסצ'וסטס	יפן	סינגפור
מיומנויות קוגניטיביות: אוריינות מידע ומדיה, חשיבה ביקורתית, השוואתית, יצירתית, חשיבה רפלקטיבית, חשיבה מדעית-כימית, ידע וייצוג ידע, ניתוח, סינתזה/אינטגרציה	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
מיומנויות אישיות: אמפתיה, הכוונה עצמית, יוזמה, שליטה עצמית, מסוגלות, סקרנות	✓	לא אותר	לא אותר	✓	חלקי	חלקי	חלקי	✓
מיומנויות בין אישיות: מעורבות, ניהול שיח, עבודת צוות	✓	חלקי	✓	✓	✓	✓	✓	✓
מיומנויות מעשיות בחקר: רקע המדעי, איסוף וארגון תצפיות, שאלת שאלות, השערה, תכנון וביצוע ניסוי, הצגה, ניתוח ועיבוד תוצאות, רישום מקורות מידע, הסקת המסקנות, דיון מסכם, כתיבת דו"ח מעבדה	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
מיומנויות המאה ה-21: חשיבה מסדר גבוה, חשיבה יצירתית, חשיבה ביקורתית, הנמקה וטיעון, חשיבה מטה-קוגניטיבית, אוריינות מידע, אוריינות דיגיטלית וטכנולוגית, יזמות וחדשנות. פתיחות מחשבתית ואינטלקטואלית יושרה מקצועית, התארגנות וחריצות דימוי-עצמי חיובי. עבודת צוות ולמידה שיתופית, כישורי מנהיגות	✓	חלקי	חלקי	✓	חלקי	חלקי	חלקי	חלקי

¹⁰ <https://edu.gov.il/special/Curriculum/High-School/chemistry/Pages/Skills.aspx>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

טבלה 2.2 - עיקרי הממצאים ההשוואתיים:

בכל המדינות קיימת התייחסות למיומנויות קוגניטיביות ובין אישיות ולמיומנויות חקר. לגבי מיומנויות אישיות בחלק מהמדינות אותרה רשימה חלקית בלבד בעוד שבאירופה לא אותרה התייחסות כלל. לגבי מיומנויות המאה ה-21 ברוב המדינות אותרה התייחסות חלקית בלבד ביחס לפירוט בישראל. ראוי לציין שהחל מ-2020 בישראל קיים מסמך "מיומנויות דמות הבוגר 2030"¹¹ המפרט 13 מיומנויות המתחלקות למיומנויות קוגניטיביות, תוך אישיות, בין אישיות וגופניות. מסמך הסקירה הנוכחי מתייחס למיומנויות כפי שהן מופיעות ב"תיק תוכניות לימודים לעובדי ההוראה"¹² באתר משרד החינוך (לא באתר המפמ"ר לכימיה) ובהתאם לתפיסה הקודמת למסמך.

טבלת השוואה 2.3 - ערכים ועמדות:

לכל אחת מהמדינות הנסקרות סולם ערכים ועמדות אותם הן מצאו לנכון לשלב בהוראת הכימיה. פעמים שהערכים והעמדות משולבים במטרות וביעדים של תוכניות הלימודים ולפיכך החלוקה שלהלן עשויה להיות מאולצת, עם זאת, חשובה עבור הסקירה. ישנן מדינות בהן הערכים והעמדות משולבים באופן מלא בתוכנית הלימודים בכימיה וכאלה בהן הערכים והעמדות נגזרים מהתוכנית הכוללת להוראת המדעים. ערכים לחטיבה העליונה בכימיה בישראל מופיעים ב"תיק תוכניות לימודים לעובדי ההוראה"¹² משרד החינוך ולא באתר המפמ"ר לכימיה. שם ניתן למצוא מספר דוגמאות לטיפוח ערכי דמות הבוגר בתוכנית הלימודים.

ישראל ¹²	■ אהבת הדעת וחדוות הלמידה (סקרנות, שאיפה למיצוי ומצוינות, חשיבה עצמאית ויוזמה). ■ מחויבות לערכי מדינת ישראל כמדינה יהודית ודמוקרטית (הכרות ומחויבות לערכים יהודיים ודמוקרטיים). ■ כיבוד ערכי המורשת והתרבות במדינת ישראל (מחויבות לערכי מורשת ותרבות, היכרות וכבוד לתרבויות ומורשות אחרות). ■ כבוד האדם והמשפחה (כבוד האדם, זכויות ותרבות, השקפות וחירות, קדושת החיים, כיבוד הורים ומעגל משפחתי). ■ צדק חברתי וערכות הדדיות (סולידריות ועזרה לזולת, מעורבות חברתית ואזרחית, מחויבות לטבע וקידום צדק סביבתי).
	■ תרומת תרבות הילידים באוסטרליה להתפתחות הבנת המגוון הכימי (צמחי מרפא...). ■ תרומת הקשר עם הסביבה הבינ"ל הקרובה (אסיה) לתעשייה והמדע בתחום הכימיה.
אוסטרליה ¹³	

¹¹ https://meyda.education.gov.il/files/Mazkirut_Pedagogit/MadaTechnology/yesodi/boger2030.pdf

¹² <https://edu.gov.il/special/Curriculum/High-School/chemistry/Pages/values.aspx>

¹³ <https://www.australiancurriculum.edu.au/senior-secondary-curriculum/science/chemistry/structure-of-chemistry/>
<https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/structure/>

	- קיימות (Sustainability): השפעת הזמן והמקום על תהליכים כימיים בתחומי כדה"א ומחוצה לו (כימיה בחלל, כימיה ירוקה...). - תרומת הכימיה למאמץ האנושי, השלכות הידע המדעי על שיקולים חברתיים, כלכליים, תרבותיים ואתיים כגורם מועיל ו/או מזיק.
*אנגליה ¹⁴	- הקניית הידע הנדרש לפתח סקרנות לגבי העולם הסובב אותנו, תובנות והערכה לרלוונטיות של המדע לחיי היום יום, פיתוח חשיבה ביקורתית. - פיתוח חשיבה המעריכה את העוצמה ומגבלות הידע המדעי. התייחסות לסוגיות אתיות והערכות סיכונים בהקשרים חברתיים וסביבתיים. - פיתוח חשיבה עצמאית והבנה בין התחומית. - עידוד לנלהבות, מוטיבציה, אתגר, השראה ורצון להגעה להישגים. יצירת זיקה להמשך לימודים ותעסוקה במקצוע הנלמד.
דנמרק ¹⁵	- ההבנה שידע כימי, יצירתיות וחשיבה חדשנית ויזמית תורמים רבות לחברה המודרנית. בנוסף השילוב בין כימיה למקצועות אחרים יכול להביא לפתרון בעיות ופיתוח פתרונות לאתגרים המודרניים. - מסוגלות לחוות דעה ולהיות מעורבים בנושאים הנוגעים לכימיה.
קליפורניה ¹⁶	- פיתוח זהות של אדם בעל מוטיבציה, ביטחון יכולות ועניין ללמידה מתמשכת וזאת מתוך חשיבות לחברה, לקהילה ולתלמידים. - הכנת התלמידים להיות צרכנים נבונים של מידע, בעלי יכולת לפתור בעיות ומעורבים בדיון הציבורי. - חשיבות ללמידה רוחבית חוצה תחומים. - התמקדות בקשר בין האדם לסביבה ולטבע בהקשר לאתגרים העומדים בפנינו היום ובעתיד.
ניו-יורק ¹⁷	המשימה היא ליצור קהילה לומדת התומכת בחינוך מוגבר למדע ולשיפור הישגי התלמידים על פי הסטנדרטים שנקבעו. כל זאת לצורך הכנת התלמידים ללימודי המשך, לרכישת מקצוע עתידי וליצירת אוכלוסייה מלומדת בעלת זיקה לצרכי החברה, הכלכלה הגלובלית והקיומיות של הטבע החי והצומח.
מסצ'וסטס ¹⁸	- לימודי המדעים הכרחיים ליצירת אזרחים מעורבים בשיח ובקבלת החלטות בריאותיות וקהילתיות. ליצור אזרחים בעלי הערכה לפלאי הטבע ואזרחים מעורבים וביקורתיים לעולם הטכנולוגיה והפיתוחים. - להגביר את המוטיבציה והרלוונטיות של לימודי המדעים. - אימוץ השונות והמגוון האנושי. - פיתוח פרספקטיבות מדעיות על חברה, התרבות והקהילה. שאיפה לשוויון ובניית הזהות של התלמיד כחלק מהקהילה המדעית. - זיקה ללימודי המשך.
יפן ¹⁹	- פיתוח התכונות וטיפוח של אזרחים בריאים בשכלם ובגופם, חדורים בתכונות הנדרשות לאזרחים המקיימים חברה שלווה ודמוקרטית. - השגה נרחבת של ידע ותרבותיות, טיפוח רגישות וחוש מורליות, פיתוח גוף בריא. - פיתוח יכולות היחיד, אימוץ רוח של אוטונומיות ועצמאות, שימת דגש על הקשר בין קריירה וחיים פרקטיים. - אימוץ גישה המעריכה צדק, אחריות, כבוד בין אישי, שיתוף פעולה, שוויון בין גברים לנשים, ורוח אזרחית. - אימוץ גישה מכבדת לחיים ולטבע התורמת להגנת הסביבה.

¹⁴ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/381380/Science_KS4_PoS_7_November_2014.pdf

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/593849/Science_AS_and_level_formatted.pdf

¹⁵ <https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/fag-og-laereplaner/laereplaner-2017/stx-laereplaner-2017>

¹⁶ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwchapter1.pdf> p.3,10, 13

¹⁷ <http://www.nysed.gov/common/nysed/files/programs/curriculum-instruction/final-statewide-strategic-plan-for-sciencerev.pdf>

¹⁸ <https://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04.pdf> p.11-21

¹⁹ https://www.mext.go.jp/en/policy/education/elsec/title02/detail02/_icsFiles/afildfile/2011/03/28/1303755_001.pdf

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

- אימוץ גישה המכבדת מסורת, תרבות, אהבת המדינה ומקום המטפחת אותם, כיבוד מדינות אחרות, תרומה לשלום העולמי ולפיתוח של הקהילה הבין לאומית. - תפיסה של למידה לאורך כל החיים תוך מתן הזדמנויות שוות ללימוד.	
ערכי הליבה והמאה ה-21 מעצבים את האמונה, הגישה והפעולות של התלמיד: Respect - כבוד הדדי. Responsibility - אחריות אישית, משפחתית וחברתית מתוך מחויבות. Resilience - חוסן נפשי ועמידה בקשיים ובאתגרים, אומץ, אופטימיות, התאקלמות, הסתגלות ותושייה. Integrity – יושרה, אתיקה, עשיית ותמיכה בדבר הנכון. Care - דאגה לזולת, אכפתיות, מודעות, חמלה. Harmony - אחדות של המגוון, הרמוניה, כיבוד השונה. אורניות אזרחית (Civic Literacy), מודעות עולמית ומיומנויות חוצות תרבויות. מחשבה ביקורתית ויצירתית.	סינגפור ²⁰

* הערכים לוקטו מתוך תוכנית הלימודים KS4, KS5 (פירוט בפרק ב' – הרחבה)

טבלה 2.3 - עיקרי הממצאים ההשוואתיים:

נראה כי ברוב המדינות קיימים ערכי אהבת הדעת וחדוות הלמידה, באופן כזה או אחר, עם זאת, ישנן מדינות בהן שמו דגש על ערכים הנוגעים ישירות לרלוונטיות של לימודי המדעים והכימיה. מחויבות לערכי המדינה כמדינה.. ודמוקרטיה אותרו ביפן בלבד. ערכי כיבוד המורשת והתרבות קיימים בחלק ניכר מהמדינות. ערכי כבוד האדם והמשפחה קיימים באופן מובהק בעיקר ביפן ובסינגפור. ערכי צדק חברתי וערכי הדדיות קיימים באופן כזה או אחר ברוב המדינות.

בעוד שבישראל מוזכרים ערכים הנוגעים למחויבות האזרחים לחברה, לטבע ולסביבה, נראה כי בחלק מהמדינות הושם דגש על ערכים גלובליים הנוגעים לאנושות ולתרומתה לשימור, לחקר ולפיתוח כזה"א וערכים המכוונים להכנת התלמידים לאזרחות כצרכנים ויצרנים נבונים של מידע. ביפן אף קיים ערך הנוגע לבריאות הנפשית והפיזית של התלמידים מתוך השתלבות ויצירת חברה "בריא".

טבלת השוואה 2.4 – הרציונל והמטרות בלימודי ההוראת הכימיה:

²⁰ <http://www.nysed.gov/common/nysed/files/programs/curriculum-instruction/nysscienceintro.pdf>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

בטבלה הנוכחית ריכזנו את הרציונל והמטרות מתוך ת"ל כפי שניתן היה ללקט. בחלק מהמדינות לא קיימת הבחנה ברורה בין הרציונל למטרות והיה עלינו לעשות חלוקה שרירותית בין השניים. ניכר כי יש הבדל בין ישראל למדינות הנסקרות, לפיכך, החלטנו לכתוב בפירוט את הרציונל והמטרות על מנת שניתן יהיה לדייק בהבדלים. לפירוט נוסף וחלוקה לנקודות יש לעיין בחלק ב' בהרחבה על המדינות.

ישראל ²¹	הרציונל: כימיה היא מדע בסיסי הבנוי באופן היררכי, שיש ללמוד הן ברמה המאקרוסקופית והן ברמה המיקרוסקופית. זהו מדע ניסויי הדורש מיומנויות חקר (Hands-on). כימיה היא צומת בין מדעים הנשען על מדעי הפיזיקה ומהווה אבן היסוד למדעים רבים אחרים. כימיה הוא מקצוע פותח דלתות לתחומים רבים הן באקדמיה והן בתעסוקה. המטרות: ליצור בסיס מוצק להבנת העולם הסובב אותנו כולל תכנים חדשים בכימיה שילמדו בעתיד. לבצע מעבדות חקר הדורשות היכרות עם חומרים, כלים ותהליכי עבודה, בשילוב עם יכולות חשיבה ברמה גבוהה ופיתוח אוריינות מדעית.
אוסטרליה	הרציונל: כימיה היא מדע החומרים, המאפשר מניפולציות בעלות חשיבות כלכלית, סביבתית וחברתית והמשמש לחיזוי תכונות של חומרים ותגובות. מיומנויות החקר, הידע ודרך החשיבה הכימית יאפשרו השתלבות עתידית במחקרים חוצי תחומים. בנוסף, ללימודי הכימיה השפעה על התעסוקה והחקר ועל מיצובה של אוסטרליה במקום חשוב בסביבה הגלובלית. לכימיה חשיבות במציאת פתרונות לאתגרים לאומיים וגלובליים. המטרות: לעורר עניין והערכה ללימודי הכימיה והתועלת שלה בהבנת ובפתרון בעיות ואתגרים ותרומתה לתחומים נוספים. שימוש בכימיה ככלי לניתוח וחיזוי תופעות. רכישת מיומנויות חקר ופיתוח חשיבה ביקורתית ויצירתית כולל סוגיות אתיות. פתוח כישורי תקשורת, פרזנטציה, אוריינות וחשיבה כמותית הנדרשים.
אנגליה	הרציונל: לימודי מדעים (וכימיה בכללם) מהווים פלטפורמה ללימודי המשך ובסיס לפיתוח קריירה עתידית. לימודי מדעים מהווים בסיס להבנת, לפיתוח ולשגשוג ורווחת העולם סביבנו. לימודי מדעים מאפשרים לתלמידים להעריך את מורכבות והישגי המדע. המטרות KS4: ללמוד להעריך את המורכבות והמגוון של טבע העולם ע"י שימוש במודלים ובתאוריות, להניח שלכל תופעה יש סיבה. להבין שחומר משתנה כתוצאה מתגובה. להכיר בכך שהמדע מתקדם לפי עקרונות החקר (השערה, ניסוי...). שלניתוח הכמותי חלק חשוב בחקר. המטרות KS5: לעודד את המוטיבציה, ההשראה והאתגר של התלמידים במקצוע המדעי, בהגעה להישגים ויצירת זיקה להמשך לימודים ותעסוקה במקצוע. לפתח הבנה וקישור בין תחומים מדעיים שונים. פיתוח מיומנויות, הידע והבנה של שיטות מדעיות, כולל מיומנויות מעשיות ומתמטיות. להבין כיצד החברה לוקחת החלטות לגבי נושאים מדעיים וכיצד המדע תורם לשגשוג הכלכלי והחברתי.
דנמרק	רציונל: לכימיה חלק חשוב במדע המודרני. לכימיה חשיבות ותרומה רבה עבור הכלכלה והחברה הלאומית והבינלאומית, לטכנולוגיה, לתעשיות השונות ולמדעי הסביבה. מטרות: להציג ידע נרחב בכימיה ויכולות מחקר ברמה אקדמאית שיאפשרו לימוד המשך. ההכרה שידע כימי, יצירתיות וחשיבה חדשנית ויזמית תורמים רבות לחברה המודרנית. השילוב בין כימיה למקצועות אחרים מביא לפתרון בעיות ופיתוח פתרונות לאתגרים המודרניים. התלמידים ירכשו ידע הנוגע לחיי היום יום בסביבתם, על מנת להגביר מעורבות. רכישת מיומנויות המשלבות בין תיאוריה, מודלים, ניסויים והשלכות הכימיה בחיי היום יום. רכישת מיומנויות דיבור וכתובה.
קליפורניה ²²	רציונל לימודי המדעים בכללות: להכין את התלמידים להיות אזרחי ומדעני העתיד. ליצור זהות של האדם הלומד בעל מוטיבציה ועניין ללמידה מתמשכת מתוך חיוניות לחברה, לקהילה ותלמידים לעצמם ליצור אזרחים בעלי בטחון, יכולות ונטייה ללמידה.

²¹ <https://edu.gov.il/mazhap/chemistry/studies-program/Pages/syllabus-chemistry.aspx>

²² <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwchapter1.pdf>

מטרות לימודי המדעים: הבאת התלמידים לכדי הבנה מגובשת ונרחבת של העקרונות המדעיים בכדי להסביר תופעות בדיספלינות מדעיות שונות. זאת מתוך שאלות, מודלים, תכנון וביצוע מחקר, שימוש בחשיבה מתמטית ובאמצעים טכנולוגיים לניתוח והבנת ותופעות בעלות עניין אצל התלמיד. לשאוף ליצור חווית למידה משמעותית, מרתקת ומוצלחת. הכנת התלמידים להיות צרכנים נבונים של מידע, בעלי יכולת לפתור בעיות ולהיות מעורבים בדיון הציבורי. על התלמידים להבין שהמדע אינו רק אוסף של עובדות, אלא שהמדע הינו שילוב בין תהליכים מדעיים, תובנות יסודיות ועקרונות המשותפים לתחומים השונים.	
רציונל בלימודי המדעים בכללות: לימודי מדעים הנם הכרחיים לחדשנות ותחרותיות, הדרישות לקריירה במקצועות הללו יגדלו עם הזמן ומכאן החשיבות להגברת המוכנות של התלמידים ללימודי המשך בתחומים המדעיים. המקצועות הופכים יותר טכנולוגיים ומבוססי מידע ודורשים ידע וכישורים בתחומי המדעים, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה (STEM). המועסקים כיום ובעתיד נדרשים לפתרון בעיות מגוונות ולעבודה בצוות. בנוסף המגוון התרבותי, הגלובליזציה ועושר המידע דורשים מיומנויות מתאימות. יש צורך ביצירת אוכלוסייה מלומדת בעלת זיקה לצרכי החברה, הכלכלה והקיומיות של הטבע החי והצומח. מטרות לימודי המדעים (STEM): ליצור קהילה לומדת התומכת בחינוך מוגבר למדע ולשיפור הישגי התלמידים על פי הסטנדרטים שנקבעו. מתן אפשרויות המשקפות באופן מיטבי חקר ופרקטיקות של תופעות מדעיות והמחייבות אימוץ מיומנויות מתאימות. להטמיע שימוש באמצעים טכנולוגיים. תמיכה בהוראה ולמידה של תכני ליבה מדעיים, הבנה מושגית (רעיונית), ולמידה מבוססת חקר ומודלים של תופעות. פיתוח מיומנויות המאה ה-21.	ניו-יורק²³
רציונל לימודי המדעים בכללות: חינוך המשלב מדע, טכנולוגיה והנדסה (Science and Technology Engineering) מהווה הכנה טובה עבור התלמידים לאזרחות ומעורבות, לקריירה עתידית, ללימודי המשך ולאתגרי העולם מבחינה מדעית, כלכלית וחברתית. מטרות: התלמידים צריכים להיחשף ולהתנסות, בדינמיות וברב תחומיות של מדעי הטבע והטכנולוגיה וההנדסה. תכנית הלימודים אמורה לעורר עניין, פליאה ומוטיבציה ולתת כלים לחקר מעשי ומחשבתי לניתוח הטבע שסביבנו. התלמידים צריכים להיות מסוגלים לגלות אחריות ומעורבות בקבלת החלטות. יש לתת לתלמידים הזדמנות להבין ולחקור את התופעות הנוגעות להם ולחזק את המחשבה האנליטית והביקורתית. ידע לבדו אינו מספיק, התלמידים נדרשים ליישם מיומנויות מדעיות וטכנולוגיות בניתוח תופעות טבעיות, בפיתוח או בקביעת מנגנונים וסיבות בתחומים אזרחיים, בקולג' או בקריירה. הלימודים צריכים להיות קוהרנטיים ורציפים לאורך שנות הלימוד.	מסצ'וסטס²⁴
רציונל: לא אותרה התייחסות ספציפית לרציונל של לימודי המדעים או כימיה. מטרות לימודי הכימיה: לפתח אצל התלמידים את האיכויות והיכולות הנדרשות לחקר חומרים והשינויים שהם עוברים ע"י בחינה מתוך נקודת מבט מדעית, תצפיות וביצוע ניסויים. הבנת החומר והשינויים החלים בו בהקשר לחיי היום יום והחברה, תוך הקניית המיומנויות הנדרשות לתצפיות וחקר הנדרש. פיתוח המיומנויות הנדרשות לביצוע תצפיות וחקר. פיתוח והתעסקות עם חומרים, שינויים החלים בהם וחקר המשמעות שלהם.	יפן²⁵
רציונל: עם התפתחות המדע והטכנולוגיה והשפעתם על האופן בו אנו חיים חשוב לאפשר לימודי מדעים. אזרחי העתיד חיים בסביבה עטירת טכנולוגיה ועליהם לקחת חלק בביסוס הידע המדעי המשמש לקבלת החלטות ברמה האישית, חברתית וגלובלית. חשוב ללמד את תכני הליבה והמיומנויות הנדרשות לצורכי מעורבות בקבלת החלטות, השתתפות בדיונים ציבוריים ועמידה באתגרים. יש צורך בלימודי התוכן המדעי, התהליך המדעי וטבע המדע (nature of science). מטרות: באופן כללי, מטרות הסיליבוסים כימיה היא פיתוח אוריינות מדעית אצל התלמידים ע"י רכישת ידע בכימיה בסיסית, וחשיבה מדעית, כולל פיתוח אתיקה וגישה רלוונטית למדע מעשי. מעשית, הסיליבוס מתייחס לרמות המיקרוסקופיות, המאקרוסקופיות ורמת הסמל המאפשרים לתאר את העולם סביבנו. מטרות הסיליבוס הן לתת לתלמידים ניסיון שיפתח את העניין שלהם בכימיה ולבנות את בסיס הידע, מיומנויות והגישה שיהפכו אותם לאזרחים המוכנים לאתגרי המאה ה-21.	סינגפור²⁶

²³ <http://www.nysed.gov/common/nysed/files/programs/curriculum-instruction/nysscienceintro.pdf>

²⁴ <https://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04.pdf> p.8-10

²⁵ <https://erid.nier.go.jp/files/COFS/h30h/chap2-5.htm>

²⁶ <https://www.moe.gov.sg/-/media/files/post-secondary/syllabuses/science/pre-university-h1-chemistry-syllabus.pdf?la=en&hash=6F1325909BEC67AC99DF1A1BC8EB2D06C0176E8B>

21. פיתוח בתלמידים את ההבנה, מיומנויות, אתיקה וגישה לפרקטיקה של המדע. כולל, הבנת הטבע ועקרונות הידע המדעי, הדגמת מיומנויות חקר מדעי והיכולת לקשור בין מדע לחברה. פיתוח דרך החשיבה לצורך הסבר תופעה, גישה לפתרון בעיות במערכות כימיות.

טבלה 2.4 - עיקרי הממצאים ההשוואתיים:

בישראל עיקר הרציונל ללימודי הכימיה נוגע לחשיבות הכימיה כמדע בסיסי המקנה מיומנויות ומהווה צומת בין תחומים והכנה ללימודי המשך. בשאר המדינות הרציונל כולל התייחסות לחשיבות ותרומת מדעי הכימיה לחברה, לכלכלה, לסביבה ולחקר הטבע. שאר המדינות מתייחסות, בנוסף, לחשיבותה של הכימיה ברמה הלאומית, התעסוקתית (קריירה) והאקדמית ולחלקה בהתפתחות המדעית והטכנולוגית ויכולת העמידה באתגרים.

מבחינת מטרות, בישראל, מטרת לימודי הכימיה הן לתת לתלמידים בסיס להבנת העולם ובסיס ללימודי המשך ולפתח מיומנויות חקר ואוריינות מדעית. במדינות הנסקרות הושם דגש על מטרות נוספות כגון: פיתוח כישורים ומיומנויות גם (כולל מיומנויות המאה ה-21), פיתוח הערכה למורכבות המגוון הסובב אותנו, הבנת מאפייני ועקרונות המקצועות המדעיים בכללות והרב תחומיות, הגברת המוטיבציה והעניין בלימודי מדעים, יצירת זיקה ללימודי המשך והעמקת המעורבות חברתית וסביבתית.

טבלת השוואה 2.5 - עקרונות פדגוגיים ותהליכי למידה:

השוואה בין עקרונות פדגוגיים, הערכות ומסגרות זמן הן בבחינת "בנוס" בסקירה הנ"ל משום שנושאים כעין אלו נתונים להחלטת המחוזות ובתי הספר וברוב המקרים לא ניתן היה לאתר התייחסות ספציפית בת"ל הלאומית. בטבלה 2.5 ליקטנו מידע מתוך המלצות כלליות שאינן בהכרח מחייבות. בחלק ב' של הסקירה קיימת הרחבה נוספת על חלק מהמדינות.

פדגוגיה: באתר המפמ"ר לכימיה מוקדש חלק לפדגוגיה דרך השתלמויות, קהילות, חומרי הוראה וכו'. קיים עידוד חלופות בהערכה, כגון, חקר, למידה מבוססת פרויקטים (PBL) ותלקיט. הערכה: בחינות חיצוניות: עיונית (55%) + מעבדות חקר (15%), הערכה חלופית הערכה פנימית (למידה משמעותית - 30%). מסגרת זמן: נלמד 2-3 שנים, כתות י'-יב'.	ישראל
פדגוגיה: תכנית הלימודים מחויבת להוראה דיפרנציאלית לפי חוזקות וכישורי התלמידים. עידוד חקר, יישומי טכנולוגיה ותקשורת, עבודה בצוות, STEM. הערכה: תלמידי השנה 11-12 מקבלים תעודת סיום. לצורך קבלה לאוניברסיטה משקללים את ציון תעודת הסיום מביה"ס ואת ציוני מבחני ATAR. מסגרת זמן: כימיה נלמדת ב-4 יחידות הוראה שונות על פני השנים 11-12. קימת המלצה ל-50-60 שעות לימוד לכל יחידה בכל מחצית.	אוסטרליה

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

אנגליה	פדגוגיה: תכנית הלימודים מחויבת להוראה דיפרנציאלית לפי חוזקות וכישורי התלמידים. התייחסות כללית ל-STEM. הערכה: ברמת KS4 (מקביל ט'-י') בחינת GCSE. בסיום KS5 (מקביל יא'-יב') תלמידים נבחנים לפי הרמה בה הם למדו A/As level כולל בחינה על מיומנויות חקר מעשיות. מסגרת זמן: לא אותרה המלצה, נקבע ע"י ביה"ס.
דנמרק	פדגוגיה: למידה דרך התנסות ולמידה מבוססת תופעות, STEM. מסגרת זמן: ברמה A (הגבוהה ביותר) כימיה נלמדת בהיקף של 325 ש' סה"כ על פני 3 שנים, 16% מהם מיועדות לחקר (עד 25% מזמן הלימוד יכול להיערך במרחב וירטואלי ללא נוכחות המורה).
קליפורניה NGSS	פדגוגיה: למידה דיפרנציאלית, למידה דרך התנסות (חקר) ולמידה מבוססת תופעה, למידה בין תחומית STEM. התחשבות ב"כיצד לומדים התלמידים" (התבססות על חוויות וידע קודם, תהליך אקטיבי, מבוסס על רעיונות של התלמידים עצמם). קיימת התייחסות לטקסונומיה של בלום ולחלוקה לפי ווב (DOK), PBL, Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate, 5E-cycle. שימוש בטכנולוגיה. מסגרת זמן: אין המלצה בתוכנית הלימודים.
ניו-יורק	פדגוגיה: הוראה דיפרנציאלית, למידה דרך התנסות ולמידה מבוססת תופעות, שימוש באמצעים טכנולוגיים, למידה בין תחומית, STEM. מסגרת זמן: לא אותרה המלצה למעט דרישה של לפחות 20 ש' מעבדה בנוסף לשעות העיוניות.
מסצ'וסטס	פדגוגיה: הוראה דיפרנציאלית, למידה דרך התנסות ולמידה מבוססת תופעות, שאלות, שימוש באמצעים טכנולוגיים, למידה בין תחומית, STEM, PBL. מסגרת זמן: לא אותרה המלצה, עם זאת קיימת הנחיה ללמד 5.5 שעות שבועיות נושאי STE במסגרת התיכון.
יפן	פדגוגיה: הוראה דיפרנציאלית, למידה דרך התנסות ולמידה מבוססת תופעות, שאלות, שימוש באמצעים טכנולוגיים, למידה בין תחומית, STEM, PBL. הערכה: תלמידים החפצים בלימודי המשך אקדמאים יבחנו ב- EJU - Examination for Japanese University מסגרת זמן: התרגום לא ברור בנושא. ניתן ללמוד כימיה ברמה בסיסית 2 יח"ל או מתקדמת 4 יח"ל.
סינגפור	פדגוגיה: שימושי בנתונים ככלי למציאת תבניות חוזרות, הקשים והבנה עמוקה יותר של החומר (CONCEPTUAL UNDERSTANDING), חקר, שאלת שאלות. מיזם Singapore Student Learning Space (SLS) מיזם מקוון ללמידה למבוססת טכנולוגיה המאפשר דרכי הוראה שונות כגון, עבודת צוות, לימוד עצמאי, מדע בבית Curiosity at home, ניסויים וירטואליים, מיזם כזה הפוכה Home first, classroom later. מסגרת זמן: לא אותרה המלצה

טבלה 2.5 - עיקרי הממצאים ההשוואתיים:

בכללות רוב המדינות דוגלות ב**למידה דיפרנציאלית, למידה דרך שאלת שאלות, ביצוע חקר, PBL**. בנוסף, רוב המדינות שמות דגש על שימוש באמצעים טכנולוגיים ככלי פדגוגי. מבחינת הערכה ישנן מדינות בהן מתקיימת הוראה דיפרנציאלית (בכמה רמות). עם זאת, בשונה מישראל (בה נדרש ציון תעודת הבגרות בלבד), בעולם, רק חלק מתעודות הסיום מאפשרות קבלה ללימודי המשך אקדמאיים.

NGSS בארה"ב:

בארה"ב קיימת מערכת הנחיות לאומית ללימודי מדעים ה-NRC-framework. בחלק ממדינות ארה"ב עברו ההנחיות ה-NRC אדפטציה לתוכנית הוראה מתקדמת המיועדת להתאמת דרכי ההוראה ולמידת המקצועות המדעיים לאתגרי המאה ה-21, NGSS (Next Generation Science standards). הסקירה מתייחסת לשלוש המדינות קליפורניה, ניו-יורק ומסצ'וסטס שעברו הטמעה מלאה, חלקית ובכלל לא של תכנית ה-NGSS, בהתאמה.

באופן כללי, NGSS הינה תוכנית למידה הוליסטית (כוללת) המגדירה מחדש את הסטנדרטים הנדרשים **מהתלמידים כציפיות לביצועים Performance Expectations ולא כדרישות המסורתיות להוכחת ידע, הבנה, ויישום של החומר הנלמד**. התוכנית מעודדת למידה מתוך שאלות, מודלים, תכנון וביצוע מחקרי, שימוש בחשיבה מתמטית ושימוש באמצעים טכנולוגיים לניתוח והבנת תופעות בעלות עניין אצל התלמיד. NGSS מכילה הנחיות מפורטות תומכות למידה, הוראה והטמעה עבור צוותי ההוראה. הרחבה נוספת על מידת ההטמעה של NGSS בכל מדינה ניתן למצוא בפרק ב' – הרחבה על המדינות (קליפורניה).

נקודות עיקריות לדיון העולות מהסקירה ביחס ל"ל בישראל:

1. מבחינת נושאי הלימוד בכימיה ישנם נושאים הנלמדים במדינות הנסקרות שאינם נלמדים בישראל, וההפך, האם יש מקום לשינויים?
2. ישנן מדינות בהן ניכר חיבור והשילוב בין הערכים לבין תכני תוכנית הלימודים בכימיה. בת"ל בישראל לא ניכר חיבור תוכני בין הערכים החברתיים, מדיניים, הגאוגרפיים, הדתיים וכד' לנושאי הלימוד ולדרכי ההוראה בפועל בכימיה.
3. בחלק מהמדינות הערכים כוללים גם ערכים גלובליים הנוגעים לאנושות ולתרומתה לקיימות והכנת התלמידים לאזרחות. לא ניכר מת"ל בישראל.
4. מבחינת רציונל ומטרות ישנן במדינות מדינות בהן הרציונל בלימודי הכימיה נותן במה לתרומת הכימיה לחברה, לכלכלה, לסביבה ולחקר הטבע ברמה הלאומית, התעסוקתית, והאקדמית ולחלקה בהתפתחות המדעית והטכנולוגית ויכולת העמידה באתגרים. האם יש מקום לעדכן ערכים בת"ל בישראל?
5. עד כמה הרציונל ומטרות הלמידה מוטמעים בת"ל בכימיה ועד כמה התוכנית מדריכה להטמעתם בהוראה ובלמידה בפועל?
6. בדנמרק הושם דגש על כתיבת פרויקט בשפה האנגלית. האם כדאי לשלב אוריינות שפה זרה בת"ל בכימיה?
7. האם כדאי שת"ל תהיה מסמך הוליסטי (כוללני) המאגד בתוכו את כל הנדרש מבחינת נושאי לימוד, פדגוגיה ודרכי הוראה, פיתוח מקצועי, עזרי הוראה, ערכים וכו' על כל המשתמע מכך, או מסמך עוגן המכיל את עיקר ת"ל ומפנה למענים פדגוגיים וכד'?

8. תכנית ה-NGSS מעלה את שאלת מהו המאזן הנכון בין שימוש בדוגמאות, התנסויות ורכישת מיומנויות לבין כמות הנושאים הנלמדים? שאילת הכמות על פני איכות?
9. עד כמה יש ללמד כימיה כתחום עיקרי מרכזי ועד כמה כחלק ממאמץ מדעי רב תחומי, כגון במסגרת STEM? האם יש יותר מאפשרות אחת למסגרות למידה?
10. ישנן מדינות בהן שמים דגש מיוחד על קוהרנטיות ורצף למידה החל מהכתות הנמוכות. עד כמה ת"ל בישראל נדרשת לקוהרנטיות ורציפות?
11. מהי מידת ההכנה הנדרשת מתלמידי החט"ע לקראת לימודי המשך באקדמיה? ועל מה לשים דגש ידע לצד מיומנויות?



3. חלק ב' – הרחבה על המדינות הנסקרות:

3.1 אוסטרליה (Australia):



מערכת החינוך באוסטרליה מחולקת לשלושה: חינוך יסודי (Primary), חטיבת ביניים (Secondary), שנים (7-10) ולתיכון (senior secondary), שנים (11-12). אוסטרליה עצמה מחולקת למחוזות ולכל מחוז הבחירה כיצד לשלב את ת"ל הלאומית. כימיה נלמד כמקצוע חובה במסגרת לימודי מדעים עד לשנה העשירית, בשנים 11-12 (תיכון) כימיה הנו מקצוע רשות. לתלמידי הכימיה באוסטרליה הישגים לא מבוטלים באולימפיאדת הכימיה הבינ"ל (2012) מדליות ז', 42 כ' ו-72 א').

מבנה התוכנית:

בשנת 2012 פורסמה ת"ל העדכנית להוראת הכימיה באוסטרליה (Australian Curriculum (AC). תוכנית הלימודים באוסטרליה מוגדרת כתוכנית שלושת הממדים²⁷ המשלבת בין:

1. **תחומי לימוד כלליים** (learning areas): אנגלית, מתמטיקה, מדע, בריאות וחינוך גופני, מקצועות הומניים ומדעי החברה, אומנות, טכנולוגיה ושפות.
2. **כישורים כלליים** (general capabilities): אוריינות, חשיבה כמותית, טכנולוגיית מידע ותקשור, מחשבה ביקורתית ויצירתית, יכולות אישיות חברתיות, אתיקה וסובלנות ולמידה בין תרבותית.
3. **נושאי תיעוד רוחביים** (cross-curriculum priorities): תרבות הילידים באוסטרליה (Aboriginal and Torres Strait Islander), הקשר עם הסביבה הבינ"ל הקרובה (אסיה), קיימות (Sustainability).

תוכנית הלימודים בכימיה מורכבת מארבע יחידות לימוד (יח"ל) המעגנות בתוכן את שלושת הממדים הנ"ל.²⁸ כל יח"ל מוגדרת בת"ל על פי מטרת וחיבור היחידה, ביצעי הלמידה (learning outcomes) וסטנדרטים להוראת התוכן. ההמלצה היא להשקיע כ-50-60 שעות הוראה לכל יח"ל בכל מחצית.

²⁷ <https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/structure/>

²⁸ <https://www.australiancurriculum.edu.au/senior-secondary-curriculum/science/chemistry/structure-of-chemistry/>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

סטנדרטים להוראת התוכן מחולקים למיומנויות חקר, "המדע כמאמץ אנושי" והבנת וידיעת הכימיה. להלן הנושאים הכלליים של כל יח"ל (נספח 1 מכיל פירוט נרחב על כל יח"ל²⁹):

- **יחידה 1:** יסודות הכימיה: מבנים, תכונות ותגובות (תיאור מאקרוסקופי, קביעת תוצרי תגובה והשפעות אנרגיה על תגובה).
- **יחידה 2:** קשרים בין מולקולריים ותגובות כימיות (מודלים של מבנה וקישור, ותכונות החומר, גורמים המשפיעים על קצב התגובה)
- **יחידה 3:** ש"מ, חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור (מעברי אנרגיה, כימיה חישובית, חישוב קצב תגובה)
- **יחידה 4:** מבנים, סינתזה ותכנון (מודלים למבנים מולקולריים, שינויי אנרגיה בתגובות, תהליכי סינתזה בעיקר בתרכובות אורגניות, השלכות עיצוב מולקולות).

בכללות ת"ל בשנות התיכון שמות דגש על חיבור התוכן הנלמד לתופעות בטבע ופיתוחים מהתעשייה ולימוד דרך דוגמאות רבות (ראו פירוט בסוף נספח 1).

ההנחיות הן ללמד את היחידות בזוגות 1-2 ואז להתקדם ל-3-4.

מיומנויות בכימיה (טבלה 2.2):

תוכניות הלימודים באוסטרליה משלבת בכל תחום נלמד, ממד של "כישורים כלליים"³⁰ (general capabilities). כל אחת מארבעת יחידות הלימוד³¹ בכימיה מכילה פסקת "מיומנויות החקר המדעי" המפרטת כיצד מוטמעים הכישורים הנ"ל בתוכן לימודי הכימיה. להלן רשימת הכישורים הכלליים ושייכותם ללימודי המדעים, באופן כללי³². נספח מס' 1 מפרט כל מיומנות בהתאם ליח"ל:

1. **אוריינות (Literacy):** הבנה וניתוח טקסט מדעי, גרפים, דיאגרמות, תמונות, תרשימים, מפות ומודלים. ניסוח השערות וטענות. חיבור בין השפה למונחים בתחום.
2. **חשיבה כמותית (Numeracy):** מיומנויות אומדן וחישוב, איסוף, יחידות, הצגה וניתוח מדידות מספריות, הצגה גרפית. חוסר וודאות ואמינות של מדידות. זיהוי מגמות ותבניות, ניתוח סטטיסטי, דיוק ותוקף, שימוש ביחסים מתמטיים לחישוב וניבוי ולהוכחת השערות והנחות.
3. **טכנולוגיית מידע ותקשורת (Information and Communication Technology):** מיומנויות ICT לצורכי מחקר, יישומים, הבנת מושגים ותקשור המידע. כניסה למידע (איסוף, ניתוח והצגת נתונים), שימוש במודלים ובכלים מדעיים.
4. **מחשבה ביקורתית ויצירתית (Critical and Creative Thinking):** חשיבה ביקורתית ויצירתית בפתרון בעיות, בהבנה של תופעות ובהערכת מידע ורעיונות. הערכת סיכונים. העלאת שאלות, פרדיקציות, השערה,

²⁹ <https://www.australiancurriculum.edu.au/senior-secondary-curriculum/science/chemistry/?unit=Unit+1&unit=Unit+2&unit=Unit+3&unit=Unit+4>

³⁰ <https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/general-capabilities/>

³¹ <https://www.australiancurriculum.edu.au/senior-secondary-curriculum/science/chemistry/?unit=Unit+1&unit=Unit+2&unit=Unit+3&unit=Unit+4>

³² <https://www.australiancurriculum.edu.au/senior-secondary-curriculum/science/chemistry>

קבלת החלטות מבוססות ראיות, הערכה וניתוח ראיות. הבנת מושגים דרך שימוש נכון במידע. הערכת מקורות מידע לצורך הגעה למסקנות ולצורכי רפלקציה עצמית ועל תהליכים. פיתוח רעיונות חדשים, עידוד גמישות ופתיחות, פיתוח תהליכי חשיבה חדשים. הסתכלות על העולם מתוך נקודת מבט חדשה.

5. **יכולות אישיות וחברתיות (Personal and Social Capability):** פיתוח יכולות אישיות וחברתיות. למידה כיצד מועבר הידע המדעי, וכיצד הוא תורם להבנת הסביבה ומשפיע על תהליכים בקהילה. פיתוח מיומנויות תקשורת, ליזום שיח, קביעת מטרות, אינטראקציה עם אחרים, קבלת החלטות, יכולת לעבוד עצמאית ובשיתוף פעולה. פיתוח סקרנות. קבלת החלטות הנוגעות לתלמיד לאור המידע.

6. **אתיקה (Ethical Understanding):** מיומנות קבלת החלטות אתיות בהקשר לניסויים, קוד הביצוע, שימוש מידע וביישומים מדעיים. יושרה והשלכות מחקר על הסביבה והחיים בה.

7. **סובלנות ולמידה בין תרבותית (Intercultural Understanding):** פיתוח הבנה בין תרבותית. הערכה לתרומת התרבויות השונות למדע. רגישות בהעלאת סוגיות מדעיות. חשיבות להשלכות בין לאומיות.

מיומנויות החקר בכימיה באוסטרליה זהות לאלו בישראל ולפיכך לא פורטו. עם זאת קיימות מספר פרקטיקות מעשיות שראוי לציין כגון: טיטרציה, בניית תאים אלקטרוכימיים, חישוב pH, חישוב ניצולת וסינתזה אורגנית (פירוט נוסף בנספח מס' 1).

הרציונל והמטרות בלימודי הכימיה (טבלה 2.4):

כימיה הוא מדע החומרים, הכימאים יכולים לעשות שימוש בידע הכימי שלהם לבצע מניפולציות בעלות חשיבות לצרכים הכלכליים, סביבתיים והחברתיים (אתגרים כגון משבר האקלים, מאזן המים, משבר המזון ועוד). תלמידי הכימיה רוכשים ידע בתחומים רבים של הכימיה (מבנים, קשרים, תגובות ועוד), הם לומדים כיצד מודלים משמשים אותנו לחזות תכונות של חומרים ותגובות. התלמידים חוקרים מושגי מפתח ומודלים בכימיה תוך כדי חקר דוגמאות של השפעת הכימיה על החברה. התלמידים לומדים מיומנויות חקר, חשיבה כימית ורוכשים ידע שיאפשר להם להשתלב במחקרים חוצי תחומים. לימודי הכימיה, בפרט, נתפסים כבעלי חשיבות לתחומי תעסוקה וחקר רבים ומגוונים ולמיצובה של אוסטרליה במקום חשוב בסביבה הגלובלית הקרובה (אסיה) והרחוקה. בנוסף, ת"ל מעודדת שילוב ושימוש בדוגמאות רבות מהתעשייה, המחקר, הטבע ועוד הנוגעים למדעי הכימיה.

מטרות העל של מערכת החינוך באוסטרליה הן חינוך לאיכות ולמצוינות ולדאוג לכך שכל הצעירים האוסטרלים יהיו למדנים מוצלחים, בעלי בטחון עצמי ויצירתיים ויהפכו לאזרחים פעילים ובעלי מודעות.

המטרות הייעודיות בשנות התיכון הן לסייע לכולם לסיים את שנות הלימודים ולעודד אותם ללימודי המשך באוניברסיטאות או ב"ס מקצועיים. לתפיסתם, על התיכונים לספק מידע, ייעוץ, ואפשרויות כדי שהתלמידים יעשו החלטות מושכלות לגבי העתיד, ולדאוג להכשרה הנכונה בנוסף לשאיפה לטעת בהם את הרצון ללמידה מתמשכת כאזרחים.

פירוט המטרות בלימודי הכימיה:

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

- לעורר עניין והערכה של הכימיה והתועלת שלה בהבנת תופעות ובפתרון בעיות ואתגרים.
- הבנת מושגים, עקרונות מפתח, מודלים ותהליכים בכימיה ככלי לחיזוי תופעות ותכונות בכימיה.
- הבנת הפקטורים המשפיעים על תהליכים כימיים.
- הערכת מקצוע הכימיה כתחום מחקרי בעל השפה בתחומים רבים.
- רכישת מיומנויות חקר על כל המשתמע.
- פיתוח יכולת חשיבה ביקורתית ויצירתית כולל סוגיות אתיות בתחום הכימיה.
- פתוח כישורי תקשורת ופרזנטציה, כישורי אוריינות וחשיבה כמותית הנדרשים לתחום.

באוסטרליה לא אותר פרק ייעודי למיומנויות המאה ה-21, אולם מיומנויות רבות כגון חשיבה מסדר גבוה, חשיבה יצירתית, ביקורתית, הנמקה וטיעון, חשיבה מטה-קוגניטיבית, אוריינות מידע, אוריינות דיגיטלית וטכנולוגית, יזמות וחדשנות, פתיחות מחשבתית ואינטלקטואלית, יושרה, דימוי-עצמי חיובי, עבודת צוות ולמידה שיתופית וכישורי מנהיגות מופיעות בפירוט שבעת ה"כישורים הכלליים". עם זאת, לא איתרנו מיומנויות מסוג התארגנות וחריצות כדוגמת חתירה למצוינות, והתמדה.

אוסטרליה רואה בלימודי הכימיה יותר מידע ומיומנויות ולפיכך, היא מבקשת להנחיל את הערכים והעמדות הבאים כחלק אינטגרלי מת"ל ובהתאם ליחה"ל השונות (טבלה 2.3):

- מדע הנו מיזם גלובלי רב תחומי מבוסס על תקשורת גלובלית, כנסים, ביקורת עמיתים (peer review) ויכולת חזרה על תוצאות (יח"ל 1-2)
- לידע מדעי השלכה על ומושפעות משיקולים חברתיים, כלכליים, תרבותיים ואתיים. שימוש בידע מדעי יכול להועיל ועם זאת להזיק (יח"ל 1-2)
- הידע המדעי מאפשר למדענים להסביר ולנבא תופעות (יח"ל 1-2)
- טכנולוגיות ליצירת וניהול מידע ותקשורת התפתחו בכל הממדים, דיוק, גלובליזציה ועוד (יח"ל 3-4)
- מודלים נבחנים ומוחלפים באופן עקבי (יח"ל 3-4)
- קבלת והסכמה להשלכות הידע המדעי מושפעות מהקשרים חברתיים, תרבותיים וכלכליים (יח"ל 3-4)
- ניתן להשתמש בידע מדעי לצורך ביצוע הערכת סיכונים (יח"ל 3-4)
- המדע מוגבל ביכולותיו לספק תשובות ברורות לדיונים ציבוריים (יח"ל 3-4)
- אנו חיים בעולם שבו פעמים רבות נדרש שיתוף פעולה בינ"ל (יח"ל 3-4)

בנוסף, גם במקצוע הכימיה קיימת התייחסות ממוקדת לממד "נושאי תיעדוף רוחביים" הבא לידי ביטוי בתרומת ההיסטוריה של ילידי אוסטרליה להתפתחות הבנת המגוון הכימי באוסטרליה (צמחי מרפא וכו'). תרומת שיתופי הפעולה עם האזור הגאוגרפי הקרוב (אסיה) לתעשייה והמדע בתחום הכימיה. השפעת זמן ומקום על תהליכים כימיים בתחומי כדה"א ומחוצה לו. כימיה בחלל, כימיה ירוקה ועוד. ת"ל הכללית באוסטרליה מכילה מאפשרת גם פרויקט STEM בנושאי קיימות, סביבה וכד'.

3.2 אנגליה (UK):

מערכת החינוך באנגליה מחולקת לשלושה: חינוך יסודי לבני 5-11 (Primary), חטיבת ביניים לבני 12-16 (Secondary) וקולג' לבני 16-18 (6th form, college). באנגליה קיים חוק לימוד חובה עד גיל 16. תוכניות הלימודים מחולקות לחמישה חלקים: KS1-2 - שנות החינוך היסודי, KS3-4 - שנות הלימוד בחטיבה ו-KS5 - לימודי המשך בקולג' או במסגרת ה-6th form.³³ (גילאים 15-16) כימיה נלמדת כמקצוע חובה בשילוב עם ביולוגיה ופיזיקה או כמקצוע נפרד, התוכנית מעודכנת נכון לדמץ' 2014. בסיום התקופה ניתן להבחין ולקבל תעודת GCSE (General Certificate of Secondary Education).³⁴ המסיימים לימודי חובה יכולים להמשיך ללימודי מגמה במספר רמות. לימודי כימיה ברמת רמת A/AS-level,³⁵ בהתאם לת"ל KS5, מאפשרים לימודי המשך באוניברסיטה, בשנים אלו כימיה נלמד כמקצוע בחירה.

לתלמידי הכימיה באנגליה הישגים נאים באולימפיאדת הכימיה הבינ"ל (14 מדליות ז', 62 כ' ו-66 א').

באנגליה קיימת האגודה המלכותית לכימיה³⁶ Royal Society of Chemistry התומכת בכל מסגרות לימודי הכימיה במדינה לצרכי חומרי עזר והכשרת מורים. תפקידה לקדם את לימודי הכימיה במדינה בכל שכבות הלימוד והיא מסונכרנת עם תכנית הלימודים.

מבנה התוכנית:

ת"ל באנגליה להוראת המדעים ובכללם מדעי הכימיה לרמת A/AS level הינה מסמך המכיל יעדים ומטרות בדוגמת "יש לעודד תלמידים ל...". לאחריהם מובאות הנחיות לשימוש בנספחים להוראת תוכן ונושאים. לכימיה יש נספח ייעודי לנושאי הלימוד ועוד נספחים כלליים להוראת מיומנויות וכד' (דוגמא לתוכן הנספחים בנספח 2 בפרק ג' בסקירה). על המורים ללקט את הנושאים והמיומנויות מתוך הנספחים הרלוונטיים.

לשם השוואה רלוונטית ללימודי הכימיה בחטיבה העליונה בישראל התמקדנו בתוכניות KS4 ו-KS5.

מטרות העל של תכנית הלימודים הלאומית:

- לאפשר לתלמידים היכרות עם ידע הדרוש לאזרחים מחונכים. היכרות עם המידע הטוב ביותר. לעזור לתלמידים להכיר בחשיבות שביצירתיות ובהישגיות האנושית.
- תכנית הלימודים הינה אלמנט אחד מתוך הידע הנרכש ע"י תלמידים. תכנית הלימודים מסיעת למורים לפתח שיטות לימוד מעניינות ומושכות כדי לפתח את הידע, הבנה והמיומנויות.

³³ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/381380/Science_KS4_PoS_7_November_2014.pdf

³⁴ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/800342/GCSE_single_science_updated_May_2019.pdf

³⁵ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/593849/Science_AS_and_level_formatted.pdf

³⁶ <https://www.rsc.org/teaching-and-learning>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

- לימודי מדעים מהווים את היסודות להבנת העולם החומרי. התובנות המדעיות מעצבות את עולמנו והן הכרחיות עבור עתיד ורווחת העולם. לפיכך, על כל התלמידים לרכוש עקרונות חיוניים של ידע, שיטות, תהליכים ושימוש במדע.

נראה כי ת"ל באנגליה משלבת את הערכים והעמדות במסגרת מטרות הלימוד עבור כל שכבת גיל בנפרד (KS1-5). בחלק א' טבלאות ההשוואה 2.3 ו-2.4 עשינו חלוקה מלאכותית בין השניים והשתדלנו לחלץ נכון את הערכים מתוך רשימת המטרות. להלן פירוט של המטרות והיעדים כפי שהערכים כלולים בהם עבור KS4-5:

מטרות ויעדים בשלב KS4:

1. על התלמידים לדעת להעריך כיצד המורכבות והמגוון של טבע העולם במושגים של מספרים ושל רעיונות מפתח הנוגעים למדע:
 - שימוש במודלים תפיסתיים ובתאוריות כדי למצוא הגיון במגוון התופעות שבטבע.
 - ההנחה שלכל תופעה יש לפחות סיבה אחת.
 - ששינוי הנו תוצר של השוני בין עצמים (חומרים) ומערכות שונות כאשר הם מגיבים.
 - שהרבה מהתגובות הנ"ל קורות במרחק רב מבלי מגע ישיר בינם (נכון בעיקר לפיזיקה).
 - שהמדע מתקדם במעגל של השערה, ניסוי מדעי, תצפיות, התפתחות תיאורטיות וביקורת.
 - הניתוח הכמותי הנו מרכיב מרכזי של תאוריות רבות ושל שיטות חקירה מדעיות.
 2. יש ללמד באופן שיאפשר לתלמידי לפתח סקרנות לגבי העולם ולהעריך את השפעת המדע על חיי היום יום:
 - לפתח ידע מדעי והבנה תפיסתית בין תחומי המדע ביולוגיה, כימיה ופיזיקה.
 - לפתח הבנה של טבע, תהליכים ושיטות במדע ע"י חקר ושאלות שאלות.
 - לפתח וללמד מיומנויות לפתרון בעיות המבוססות על תצפיות, עבודה מעשית במעבדה, בשטח או במתחמי לימוד אחרים.
 - לפתח את היכולות של התלמידים להעריך הנחות או מסקנות מבוססות על המדע תוך חשיבה ביקורתית על השיטות העובדות והמסקנות, מבחינה כמותית ואיכותית.
- היקף ואופי הלימודים צריכים להיות נרחבים, מאוחדים, מעשיים ומעוררי סיפוק. כל זאת, על מנת לעודד את המוטיבציה, ההשראה והאתגר של התלמידים במקצוע המדעי ובהגעה להישגים.

מטרות ויעדים בשלב KS5:

- פיתוח ידע חיוני והבנה של תחומים שונים בנושא המדעי ולדעת לקשר ביניהם.
- לפתח ולהדגים הערכה עמוקה אל המיומנויות, הידע והבנה של שיטות מדעיות.
- לפתח יכולות וביטחון במגוון מיומנויות מעשיות, מתמטיות והמסייעות בפתרון בעיות.
- לפתח את הנלהבות והמוטיבציה של התלמידים אל החומר הנלמד ויצירת זיקה להמשך לימודים ותעסוקה במקצוע הנלמד.
- להבין כיצד החברה לוקחת החלטות לגבי נושאים מדעיים וכיצד המדע תורם לשגשוג הכלכלי והחברתי.

הנושאים הנלמדים ברמת היגדי תוכן כלליים, פירוט נוסף ניתן למצוא בנספח מס' 2 (טבלה 2.1):

KS4: מבנה האטום והטבלה המחזורית, מבנה וקישור, תגובות כימיות, שינויי אנרגיה בתהליך כימי, קצב תגובה, אנליזה כימית, כימיה בתעשייה מדעי כדה"א והאטמוספירה.

KS5: פורמולציות, תגובות, כמות החומר, מבנה האטום, מבנה וקישור, אנרגיה, קצב תגובה, ש"מ, חמצון-חיזור, כימיה אי-אורגנית והטבלה המחזורית, כימיה אורגנית.

תכנית הלימודים KS5 בנויה כעין ספירלה מרחיבה ומעמיקה את התוכן של KS4 ומוסיפה נושאים נוספים.

ת"ל KS4/KS5 משלבות את **התכנים הממוקדים** הבאים: ננו חומרים, תאים כימיים ותאי דלק, כימיה אורגנית, פולימרים, כימיה אנליטית, כימיה ותעשיות קשורות ומדעי הארץ והאטמוספירה.

מיומנות, הרחבה נוספת בנספח מס' 2 (טבלה 2.2):

הפרק "working scientifically" בתוכנית הלימודים של יחידה KS4 (GCSE)³⁷ מחולק לארבע ובו מפורטות המיומנויות הקוגניטיביות והמעשיות. המיומנויות בתוכנית KS5 (A-level) באות בהמשך למיומנויות ב- KS4 ויצוינו רק כאשר הן מוסיפות על הקיים:

1. פיתוח חשיבה מדעית:

- הבנה כיצד שיטות ותאוריות מדעיות מתפתחות עם הזמן.
- שימוש במודלים (מייצגים, מרחביים, תיאוריים, ממוחשבים ומתמטיים) לפתרון בעיות. ניבוי תוצאות של תהליכים, פיתוח הסברים מדעיים והבנה של ראיות מדעיות.
- הערכת עוצמת הידע המדעי ומגבלותיו, דיון בדילמות אתיות שעולות.
- שימוש בידע הנלמד בכדי לפתח שאלות, טענות ורעיונות (KS5).
- להסביר יישומים יומיים וטכנולוגים של המדע. להעריך השלכות אישיות, כלכליות, חברתיות וסביבתיות על המדע. קבלת החלטות על סמך הערכת עובדות וטענות.
- הערכת סיכונים במדע המעשי ובהקשר למעגל החברתי הרחב (הבחנה בסיכונים הקשורים במידע ובהשלכותיו).
- ההכרה בחשיבות של ביקורת עמיתים ותקשור המידע למגוון רחב של קהלים.
- שיקולים אתיים בטיפול בבני אדם ובע"ח והשפעה על הסביבה (KS5).
- הערכת תפקיד הקהילה המדעית בביסוס נכונות מידע ויושרה (KS5).

2. מיומנויות ואסטרטגיות מחקר:

- שימוש בידע תיאורטי ובהסברים לפיתוח השערות.
- תכנון ניסוי, תצפיות, ייצור או בדיקת ואפיון חומר, בדיקת השערה, בדיקת נתונים או חקר תופעה.

³⁷https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/800339/Combined_science_GCSE_updated_May_2019.pdf

- שימוש בטכניקות מרובות, ציוד, מכשירים וחומרים המתאימים לניסוי.
- שימוש במטודולוגיה הנכונה כולל אינפורמציה ותקשורת טכנולוגית לפתרון בעיות (KS5).
- ביצוע ניסוי תוך שימוש נכון במכשירי ושמירה על בטיחות.
- לזהות מתי וכיצד להשתמש בשיטות דגימה.
- הערכת שיטות מחקר והצעת שיפורים ומחקר משלים או עתידי.

3. ניתוח והערכה:

החלת מעגל האיסוף, הצגת וניתוח המידע הכולל:

- הצגת תצפיות ותוצאות תוך שימוש בשיטות המתאימות.
- המרת נתונים מצורה אחת לשניה.
- ביצוע אנליזות מתמטיות.
- הצגת התפלגות תוצאות והערכת סטיות (רמת נכונות).
- ניתוח תצפיות ונתונים (הצגה וורבלית, דיאגרמות, גרפים, סמלים ונוסחאות כמותיות), כולל ניתוח תבניות ומגמות, השלכות ומסקנות.
- הצגת הסבר הגיוני ומדעי להשערה.
- ניתוח והערכת נתונים לצורכי עדות מדעית, זיהוי קורלציה והקשרים.
- התייחסות אובייקטיבית לניתוח הנתונים באופן מדויק, נכון ובר חזרה. זיהוי נתונים רנדומליים וטעויות מערכתיות.

תקשור הרציונל מאחורי הניסוי, השימוש בשיטות שנבחרו, המסקנות שעלו תוך שימוש במאמרים ומצגות וורבליות, דיאגרמות, גרפים, משוואות וסימולים.

4. מונחים מדעיים, כמויות, יחידות, סימולים ונומנקלטורה:

- שימוש באוצר מילים, מושגים, מינוח והגדרות מדעיות.
- הכרת החשיבות שבכמויות והבנה כיצד הן נקבעות.
- שימוש ביחידות המוסכמות (ק"ג, גרם..) נומנקלטורה לפי IUPAC בכימיה.
- שימוש בקיצורים (חזקות) של מספרים בסדרי גודל גדום וקטנים (טרה, ג'יגה, מגה... מילי, מיקרו, ננו..).
- מעבר ביו יחידות.
- שימוש נכון בערכים משמעותיים תוך כדי חישוב (טווח טעות).

לא אותרה התייחסות ייחודית למיומנויות המאה ה-21 בתוכנית באנגליה, עם זאת, אותרו המיומנויות הבאות העונות על ההגדרה, כגון: אתיקה, יושרה, סקרנות, הערכת השפעת המדע על החיים, תפיסה בין תחומית, חשיבה ביקורתית, ביטחון, נלהבות, מוטיבציה, זיקה להיות אדם הלומד, חשיבה עצמאית.

3.3 - דנמרק (Denmark):

ת"ל בדנמרק³⁸ מ-2017 וכוללת עדכונים ל-2020. חלק ניכר מהסקירה על דנמרק מבוסס על תרגום גוגל מהשפה הדנית חלק אחר מובא מתוך סקירה באנגלית של דנמרק כמדינת איחוד (EU).

מערכת החינוך הינה חובה בגילאים 6-16 ומחולקת לשני שלבים יסודי (primary) וחטיבת ביניים (lower secondary). בסיום השלב השני יכולים התלמידים להמשיך לימודים במסגרת ה-upper secondary education ולבחור מבין מסלולי למידה המתחלקים, בגדול, לתוכניות לימודים מתקדמות בעלות זיקה ללימודי המשך אקדמאים או לתוכניות ללימודים מקצועיים.

בשנות ה-Upper Secondary Education קיימות 4 מסגרות לימוד אפשריות: STX, HTX, HHX שאורכות 3 שנים ו-HF שאורכת שנתיים (במקרה שהלימודים הקודמים נמשכו שנה נוספת). קורסים בכימיה ניתן ללמוד במסגרות השונות בשלוש רמות, C הנמוכה ביותר אחריה B ואז A:

- ב-STX ניתן לבחור בכימיה כמגמה (Specialized study program) ברמה A או B או שתיהן.
- ב-HTX (חיבור בין מקצועות טכנולוגים, מדעיים וקורסי בסיס) חובה ללמוד כימיה ברמה B וניתן ללמוד בנוסף כימיה כמגמה ברמה A.
- ב-HF כימיה נלמדת ברמה בסיסית C.
- ב-HHX (לימודי כלכלה ומסחר) לא לומדים כימיה.

על מנת להמשיך ללימודים אקדמאים במקצוע יש לבצע פרויקט אישי (קורס) המבוסס על שילוב בין מספר נושאים שנלמדו.

בסקירה הנוכחית נתמקד בקורסים הנלמדים ברמה A המאפשרת המשך לימודים אקדמאים בנושא ומקבילה לרמה הנלמדת בחטיבה העליונה בישראל (קיים מידע³⁹ לגבי לימודי הכימיה ברמות B ו-C).

מבנה התוכנית:

ת"ל כימיה הנה מסמך ייעודי להוראת הכימיה בכל רמה, בנפרד. המסמך מתחיל מרציונל ומטרות כלליות להוראת הכימיה שלאחריהם ארבעה חלקים המפרטים את נושאי הלימוד - מה על התלמידים לדעת מבחינת תוכן, חקר כימי - חומר משלים ומחקר כימי שעליהם לבצע, הנחיות למורים לארגון החומר והמיומנויות הנלמדות (פדגוגיה) בכל שלב וכיצד לבצע הערכה.

מטרות העל בתוכנית הלימודים הכללית הכוללות גם את הערכים שנסקרו בטבלה 2.3:

³⁸ <https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/fag-og-laereplaner/laereplaner-2017>

³⁹ <https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/fag-og-laereplaner/laereplaner-2017>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

- חינוך ברמה גבוהה ובסיס ללימודים לאורך כל החיים לכל האוכלוסייה.
- אימוץ של תרבות למידה לאורך כל החיים (LLL (Life Long Learning).
- לעודד יצירתיות, עצמאות ואחריות.
- מעבר רציף בין מסגרות הלמידה לפיתוח יכולות ותעודות הסמכה.

מטרות לשלב המקביל לתיכון בישראל (שנים 10-12):

- לסיים את הלימודים (זכאות לתעודת סיום).
- ללמוד נושאים אטרקטיביים וברמה גבוהה.
- הכנה ללימודי אקדמיה גבוהים מבחינת ידע ויכולות.
- ייעוץ, הכוונה והכנה ללימודי מקצוע מתאימים.
- שותפות בין מסגרות למידה מכל סוג, תעשייה ושותפים אחרים.
- לימוד מתוך נקודת מבט גלובלית לחיזוק שיתופים בין לאומיים.
- סביבת למידה חזקה ותומכת.

רציונל תכנית הלימודים בכימיה (טבלה 2.4) :

- כימיה היא חלק חשוב מהמדע המודרני.
- לכימיה חשיבות רבה עבור הכלכלה והחברה הלאומית והבין לאומית.
- לכימיה חשיבות בתעשייה כגון ביו- וננו- טכנולוגיה, תרופות, תעשיית המזון, מדעי הסביבה, פתוח חומרים חדשים וטכנולוגיות לצרכי ייצור תעשייתי.
- קיימת חשיבות לשילוב בין ידע, הבנת מושגים, ופיתוח דרך שילוב בין תיאוריה, מודלים וניסויים.

מטרות לתלמיד כימיה (טבלה 2.4):

- להציג ידע נרחב בכימיה ויכולות מחקר ברמה אקדמאית.
- לאפשר לתלמיד בעל ידע ומיומנויות בכימיה אפשרות להתקבל ללימוד המשך במקצועות כגון מדעי הטבע, מקצועות הרפואה והבריאות וטכנולוגיה.
- התעסקות בכימיה מביאה להבנה שידע כימי, יצירתיות וחשיבה חדשנית ויזמית תורמים רבות לחברה המודרנית.
- בנוסף השילוב בין כימיה למקצועות אחרים יכול להביא לפתרון בעיות ופיתוח פתרונות לאתגרים המודרניים.
- התלמידים ירכשו ידע על חומרים ושימושים יום יומיים בסביבתם, מה שיאפשר להן לחוות דעה ולהיות מעורבים בנושאים הנוגעים לכימיה.
- המיומנויות בכימיה נלמדות תוך שילוב בין תיאוריה, מודלים, ניסויים והשלכות הכימיה בחיי היום יום.
- התלמידים רוכשים מיומנויות דיבור וכתבה באופן שיאפשר להם לבחון לימודי המשך.

התוכנית כוללת לימודי בסיס בכימיה ופרויקט (קורס) נוסף להעמקת הלימודים והכנה ללימודים אקדמאים.

הנושאים הנלמדים בכימיה, פירוט נוסף ניתן למצוא בתרגום של תכנית ה-STX לכימיה⁴⁰ (טבלה 2.1):

⁴⁰ <https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/fag-og-laereplaner/laereplaner-2017/stx-laereplaner-2017>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

מושגי יסוד (שפת הכימאים, טבלה מחזורית, מודל האטום, מבנה וקישור, מצבי צבירה, איזומרים, חומרים, נומנקלטורה), כימיה חישובית (כולל גזים), כימיה אורגנית + תגובות, ביוכימיה, זיהוי חומרים (ספקטרוסקופיה, NMR), שווי משקל, חומצות ובסיסים (בופרים), חמצון חיזור ושיקוע, אנרגיה תרמודינמיקה (כולל האנרגיה החופשית של גיבס) וקצב תגובה.

חקר - לצורך המשך לימודים אקדמאים בכימיה תלמיד ברמה A (גם B ו-C) התלמיד אינו יכול להסתפק בלימודי הנושאים הנ"ל, עליו לעבור לפחות קורס מחקרי אחד נוסף על כימיה מבוסס על ידע ברמה אקדמאית, שיכללו היבטים של כימיה מהיום יום, כימיה מדיון עכשווי ופיתוחים כימיים בהקשר הגלובלי⁴¹. למעשה מדובר בקורס שהנו פרויקט חקר בנושא בעל המאפיינים שנזכרו. בנוסף, חלק מהלימוד חייב לכלול את השפה האנגלית.

מיומנויות (טבלה 2.2):

לא הצלחנו לאתר בתוכנית הלימודים רשימה מסודרת של מיומנויות כפי זו המוצגת בישראל. המיומנויות המופיעות בטבלה מוצגות מתוך המטרות של לימודי הכימיה כפי שהם מחולקים לארבע:

- **יכולות הצגת נתונים ושימוש במודלים:** אוריינות, שפה כימית, שימוש בכלים דיגיטליים (יישומים מתמטיים), הערכה וסקלול מסקנות, יישום, הערכה ותיעוד תוכן כימי, שימוש במודלים מתמטיים להצגת וניתוח מידע כימי.
- **מיומנויות חקר:** תכנון וביצוע ניסויים איכותיים וכמותיים, השערה, בטיחות, איסוף, ניתוח, הערכה של תצפיות ותוצאות, חשיבה כמותית, שימוש בטכנולוגיה, השוואה, הדגמת הידע.
- **תקשור ותיעוד מידע:** תיעוד מידע ניסויי, חיבור בין תיאוריה לניסוי, איסוף, הערכה, ניתוח ושימוש בטקסט מתחום הכימיה, התנסחות (חשיבה מילולית) בנושאים כימיים, פיתוח טענות.
- **נקודת מבט רב תחומית:** הצגת ידע בכימיה, יישום הידע לצרכי זיהוי, תיאור ודיון בנושאים הנוגעים לכימיה מתחום הטכנולוגיה, ייצור, אקטואליה והערכת פתרונות. עיסוק בנושאים בין תחומיים והדגמת והבנת הקשר והרציפות בינם. שילוב אלמנטים מתחומים שונים לפתרון בעיות. הבנה כיצד נבנה הידע התאורטי והמעשי.

מבחינה פדגוגית, תכנית הלימודים מציעה לימוד דרך פתרון בעיות (PBL), למידת עמיתים (הצגה בכיתה או בקבוצות) ולמידה עצמאית (חיפש מידע). השיטות הנ"ל מעודדות מיומנויות נוספות כגון ארגון והצגת חומר, ביקורת, מתן וקבלת משוב, מוטיבציה. בנוסף פרויקטים הנוגעים בחדשנות מפתחים יצירתיות ויזמות.

מיומנויות התואמות **למיומנויות המאה ה-21:** רכישת ידע והתעסקות במושגים בין תחומיים, שימוש במכשור דיגיטלי ובטכנולוגיה, שימוש בידע ובשיטות ניתוח, הערכה ופרספקטיבה סביבתית, חברתית, וטכנולוגית לצורך פתרון בעיות, עבודה בצוות, יצירתיות וחשיבה חדשנית, ביקורת, משוב, מוטיבציה.

⁴¹ <https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/fag-og-laereplaner/laereplaner-2017/stx-laereplaner-2017> עיף 3

3.4 קליפורניה (California):

מערכת הלימודים הציבורית בקליפורניה מוגדרת מגיל גן עד לשנת לימודים ה-12 (K-12). כיתות 9-12 (מקבילות ל'יב') נקראות High school. עד לשנה ה-8 כימיה נלמדת במסגרת לימודי מדעים וכדה"א. נראה שבשנים 7-8 כימיה מקבלת יותר פוקוס בנושא בפני עצמו (עדיין במסגרת לימודי מדעים). בשנים 9-12 (תיכון) לימודי כימיה הנם בחירה ויתכנו בשלושה מודלים אפשריים:

- **מודל שלושת הקורסים** - לימודי כימיה יחד עם ביולוגיה ופיזיקה תחת נושא העל, מדעי כדה"א והיקום.
 - **מודל ארבעת הקורסים** - המתחלק בין לימודי כימיה או פיזיקה (PS - physical science), מדעי החיים (LS) ומדעי כדה"א והחלל (ESS).
 - **מודל שלושת השנים** - שילוב של לימודי פיזיקה, ביולוגיה, כימיה ומדעי כדה"א ביחד החל מהשנה הראשונה. הסקירה עוסקת במודל **ארבעת הקורסים** בשל היותו בעל הדמיון הרב ביותר לתוכנית לימודי הכימיה כמקצוע בחירה עיקרי, בישראל.
- במהלך השנים באולימפיאדה לכימיה זכו תלמידים מארה"ב ב-47 מדליות ז', 64 כ' ו-33 א'. ב-2020 זכתה ארה"ב במקום הראשון ובסה"כ ב-4 מדליות זהב. בארה"ב קיימת החברה לכימיה **ACS - American Chemistry Society** המקיימת אולימפיאדה לאומית לכימיה, בשנת 2021, ארבעה תלמידים מקליפורניה זכו בדירוג הגבוהה ביותר high honor ושבעה ב-Honor.

מבנה התוכנית:

מ-2016 מוגדרת קליפורניה כמדינה שעברה **אדפטציה מלאה** לתוכנית ה-⁴² **CA-NGSS (Next Generation Science standards)** המהווה שינוי בתפיסת לימודי והוראת הסטנדרטים במקצועות המדעיים. תכנית ה-NGSS מיועדת להתוות דרך עדכנית וחדשה (מותאמת לאתגרי המאה ה-21) להוראת הנושאים והמיומנויות כפי שנקבעו ע"י ה-NRC framework (ההנחיות הלאומיות להוראת מדעים בארה"ב).

ה-**CA-NGSS חדשנית** בכך שהיא מגדירה מחדש את הסטנדרטים הנדרשים מהתלמידים כציפיות לביצועים Performance Expectations (PE) ולא, כבעבר, כדרישות להוכחת ידע, הבנה, מיומנויות ויישום של החומר הנלמד. CA-NGSS מעודדת לימוד מתוך שאלות, מודלים, תכנון וביצוע מחקרי, שימוש בחשיבה מתמטית ושימוש באמצעים טכנולוגיים לניתוח והבנת תופעות בעלות עניין אצל התלמיד.

⁴² <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/cascienceframework2016.asp>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

הציפיות לביצועים, PE, על פי ה-CA-NGSS, מוגדרים כסטנדרטים המשלבים בתוכם שלושה מרכיבים: פרקטיקות מדעיות והנדסיות (SEP) Science and Engineering Practices לצורך לימוד נושאי ליבה Disciplinary Core Ideas (DCI) שיובנו טוב יותר בהקשר של מושגים בין תחומיים Crosscutting concepts (CCC).

לשם השגת מטרות ה-NGSS על מערכות הלימוד לוודא שהתוכנית אחידה באופייה (קוהרנטית) ומתבססת על צבירת התנסויות מדעיות מגיל גן עד לשנת ה-12 (K-12). המוטו המרכזי הוא: מדע אינו רק רצף של עובדות מדעיות אלא שילוב בין הבנת תהליכים (מיומנויות) במדע (SEP), הכרת הרעיונות והידע (DCI) וחיבור בין מושגים מדעיים חוצי תחומים (CCC).

הסטנדרטים על פי ה-CA-NGSS רשומים כציפיות לביצועים (PE) המשלבים בין SEP, DCI ו-CCC. בנוסף, מפורטים הבהרות, גדר הסטנדרט ומיומנויות נוספות (חשיבה כמותית, שפה...). להלן דוגמא מפורטת לסטנדרט מס' PS1-3 הנלמד בקורס לכימיה בתיכון (HS) כפי שהוא מופיע ב-CA-NGSS:

HS-PS1-3. Plan and conduct an investigation to gather evidence to compare the structure of substances at the bulk scale to infer the strength of electrical forces between particles.

פרקטיקות מדעיות והנדסיות (SEP): תכנון וביצוע מחקר.

נושא ליבה (DCI): מבנה ותכונות של חומרים וסוגי אינטראקציות.

מושגים בין תחומיים (CCC): תבניות patterns, סיבה ותוצאה: מכניזם והסבר, מערכות ומודלים של מערכות.

דוגמא להבהרות לסטנדרט: יש לתת דגש להבדל בין חוזק הכוחות בין חלקיקים מבלי להתייחס לשמות הספציפיים של הכוחות. בדוגמאות לחלקיקים ניתן לכלול יונים, אטומים, מולקולות, סריגים כגון גרפיט. בדוגמאות לתכונות של חומרים ניתן לכלול טמפ' היתוך ורתיחה, לחץ אדים ומתח שטח פנים.

גדרי ההערכה: הערכה לא תכלול את חוק ראול וחישוב לחץ אידוי.

הנושאים הנלמדים (טבלה 2.1):

יש לציין כי הסטנדרטים על פי ה-NGSS אינם כוללים באופן מפורט את הנושאים הנלמדים בכימיה, אלא, בעיקר מטווים את דרך הלימוד וההוראה. על המורים, ביה"ס והמחוזות להחליט על רשימת הנושאים (קוריקולום) הנלמדים ולוודא שבוגרי התוכנית יוכלו לגשת למבחנים הארציים לקראת קבלה ללימודי המשך.

הסטנדרטים (PE) הרלוונטיים לכימיה מסווגים לחמש יחידות הוראה Instructional Segments (IS). כל יחידת הוראה, IS, מורכבת מהקדמה, פירוט הסטנדרטים (PE), קישור לרצף ההוראה הרלוונטי משנים קודמות ופירוט (כולל דוגמאות) לדרכי הוראה.

מודל ארבעת הקורסים – דוגמא אפשרית לחלוקת הסטנדרטים ליחידות הוראה IS (הסטנדרטים בסוגריים):

1. **תכונות החומר:** תצפיות ופימות תכונות החומרים וכיצד הם משתנים תוך כדי תגובה (HS-PS1-3).
2. **מבנה החומר:** זיהוי תבניות בתכונות החומרים ופיתוח המודל למבנה הפנימי של האטומים. יישום מודל האטום והמשיכה החשמלית ליצירת קשרים בין אטומים, הטבלה המחזורית (HS-PS1-2, HS-PS1-3).
3. **תגובות כימיות:** שימוש במודל הפנימי של האטום להסבר קצב של תגובות והאם אנרגיה נקלטת או נפלטת בתהליך (PS1-4, PS2-4, PS3-5).
4. **שינויים בתגובות כימיות:** שיווי משקל דינמי ותלוי תנאים קובע את כמות המגיבים והתוצרים בתגובה כימית (PS1-5, PS1-6, PS1-7, ETS1-2).
5. **שימור ומעבר אנרגיה:** חקר החוקים הבסיסיים של התרמודינמיקה והקשר לנושאים סוציאליים חשובים קשורים לדלקים ואספקת אנרגיה (PS3-1, PS3-3, PS3-4, ETS1-1,2,3,4).
6. **כימיה בגרעין:** רדיואקטיביות (PS1-8).

שיחידות הוראה (IS) מהוות דוגמא בלבד והצעה אפשרית לסידור קוהרנטי של ה-PE בהוראת הכימיה. על המורים וביה"ס לקבוע את סדר ורצף הלמידה באופן היעיל ביותר והמותאם לרמת התלמידים. קיימת המלצה לעודד שילוב בין תוכן עיוני ופרקטיקה מעשית. הסטנדרטים בתוכנית הלימודים הינם המינימום הנדרש לתיכון, עם זאת, מורים רשאים להוסיף סטנדרטים ותכנים משל עצמם בהתאם לרמה ולמטרות ההוראה שלהם.

להלן נושאי הרחבה וסוגיות מיוחדות בכימיה (ניתן להקביל לנושאי הבחירה בישראל) שלוקטו מתוך שלושת המודלים המוצעים (פירוט נוסף נמצא במודלים עצמם):

- חום ואנרגיה במערכות כדה"א
- אנרגיה בתנועת הלוחות (הטקטוניים)
- כימיה ושינויים אקלימיים
- דינמיקה בתהליכים כימיים וחומציות האוקיאנוסים
- פיתוחים הנדסיים ^(43 עמ' 54)
- עקרונות בנושאי הסביבה ^(37 עמ' 52).
- אופי המדע והבנת המיזמים המדעיים ^(37 עמ' 59).
- בקליפורניה קיים מיזם ⁴⁴ The California Education and the Environment Initiative (EEI) לחינוך סביבתי.
- נספח ⁴⁵ 2 בת"ל מפרט את הקשר בין התכנים הנלמדים לעקרונות ומושגים של הסביבה בה אנו חיים.

⁴³ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwchapter1.pdf>

⁴⁴ <https://californiaeei.org/framework/sci/EPC>

⁴⁵ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwappendix2.pdf>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב.

התוכנית בישראל דומה, במידה רבה, לתוכנית העבר בקליפורניה המתייחסת לרשימת נושאים מפורטת וברורה בה על התלמיד להדגים ביצועי ידע והבנה בכל נושא. התוכנית הנוכחית **מבליעה** את הנושאים הנלמדים (DCI) בתוך ה-PE באופן הנותן חופש רב למורים ולבתי הספר להחליט במה להתמקד ומכאן הקושי להשוואה עם ישראל.

בטבלת השוואת נושאי הלימוד לעיל 2.1 פורטו רק אותם נושאים שהצלחנו "לדוג" מתוך תכני ורצפי למידה על פי ה-CA-NGSS, אך נחטא אל האמת אם נסכם בזאת את כל הנושאים הנלמדים. עם זאת, יש לציין שבשל אופי הדרישות להוראה מעמיקה מבוססת דוגמאות וניסויים, האיכות עשויה לבוא על חשבון הכמות.

מיומנויות (טבלה 2.2):

כפי שכבר צוין, הסטנדרטים בתוכנית הלימודים מורכבים משלושה ממדים שהראשון שבהם הוא **פרקטיקות מדעיות וההנדסיות (SEP)**.⁴⁶ פרק 1 ב-CA-NGSS מפרט את מיומנויות ה-SEP מ-1-8 התחלקים בכללות לשלושה סוגים: **חקר** (תצפיות, ניסויים, מדידות וכו'), **פיתוח הסברים ופתרונות** (פיתוח מודלים והשערות, שימוש במודלים מתמטיים, חשיבה יצירתית, היגיון, חישוב תכנון וכו') **והערכה** (חשיבה ביקורתית, אמינות התוצאות...). להלן רשימת מיומנויות ה-SEP ופירוט המיומנויות ספציפיות העולות מתוכן:

SEP-1: שאילת שאלות והגדרת הבעיה (Asking Questions and Defining Problems): סקרנות בתהליך המדעי,

שאילת שאלות, יצירת מוטיבציה לחקר, יצירתיות וחדשנות, פיתוח פתרונות. הרחבת הידע.

SEP-2: פיתוח ושימוש במודלים (Developing and Using Models): חשיבות השימוש במודלים (תמונות, מתמטיים, ממוחשבים, אנלוגיים), חשיבה מופשטת, ביקורת, דיון ושכלול מודלים.

SEP-3: תכנון וביצוע חקר (Planning and Carrying Out Investigations): תכנון ניסוי, איסוף תצפיות, הערכת וצמצום אי הוודאות בתוצאות, הצגת התוצאות ע"י גרף וטבלה.

SEP-4: ניתוח ופירוש תוצאות (Analyzing and Interpreting Data): ארגון והצגת המידע לזיהוי תבניות, אמינות.

SEP-5: שימוש בחישובים ובמחשב (Using Mathematical and Computational Thinking): חשיבה כמותית לצרכי פתרון, חישוב ובניית מודלים.

SEP-6: בניית הסברים ותכנון פתרונות לבעיות (Constructing Explanations and Designing Solutions): חיפש מידע, טרמינולוגיה, סיבה ותוצאה,

SEP-7: התעסקות בארגומנטים (טענות) מתוך ראיות (Engaging in Argument from Evidence): בחינת טענות מדעיות מבוססות ראיות, היגיון, חשיבה ביקורתית, דיון, הקשבה, סובלנות, היכולת להעלות השערות, שיקול דעת.

SEP-8: השגת, הערכת ותקשור מידע (Obtaining, Evaluating, and Communicating Information): תקשור מידע מדעי, שימוש בשפה ובמנוחים מדעיים, אוריינות מדעית, (קריאה, כתיבה, הצגה, ניתוח, הבחנה בין עיקר לתפל, השוואה, הבחנה בין מקורות מידע ואמינותם).

⁴⁶ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwchapter1.pdf>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

מיומנויות המאה ה-21: על מנת להכין את התלמידים אל הקריירה והאזרחות במאה ה-21 הוקמה ועדה המורכבת מאנשים מובילים בתחומי החינוך, עסקים והמדיניות הציבורית שקבעה 4 אלמנטים למידה עיקריים המשולבים זה בזה (P21 framework) והמיומנויות הנגזרות מהן⁴⁷:

1. **מיומנויות חיים וקריירה:** גמישות, התאמה (adaptability), יזמות והתמצאות עצמית (self-direction), חברותיות, בין תרבותיות, פרודוקטיביות ואחריותיות (productivity and accountability), מנהיגות ואחריות (responsibility)
2. **מיומנויות למידה וחדשנות:** יצירתיות וחדשנות, שיתוף פעולה (תקשורת), חשיבה ביקורתית ופתרון בעיות
3. **מידע, מדיה וכישורים טכנולוגיים**
4. **נושאי מפתח יחד עם נושאי המאה ה-21:** מודעות גלובלית, ספרות מתחומים שונים (פיננסים, כלכלים, חברתי, יזמות, סביבה...)

פרק 11⁴⁸ בתוכנית ה-CA-NGSS מפרט הנחיות אסטרטגיות להוראה במאה ה-21 המסייעות לפתח אצל התלמידים את הסקרנות, המעורבות, עבודת צוות, שאילת שאלות, שימוש באמצעים דיגיטליים, מעבר מלמידה וחקר לקראת פיתוחים הנדסיים, התנסות, חקר, שיח ועבודה בצוות, הצגה, עבודה בסביבות שונות, חשיפה מוגברת, חיבור לתופעות הסובבות אותנו, כישורי שפה וחשיבה כמותית ועוד.

מבחינה פדגוגית פרק 1 בת"ל מגדיר קווים מנחים לשילוב שלושת הממדים כגון: לימוד מבוסס תופעה (Ambitious Science Teaching), לימוד קוהרנטי בין תחומים ובין שנים, אינטגרציה של מדע עם הנדסה מתחומים שונים, לימוד רלוונטי לניסיון התלמידים ולצרכי הקהילה.

יסודות התוכנית מנחים על ההבנה של כיצד לומדים התלמידים (פרק 11 עמ' 1446⁴⁹): סטודנטים מתחברים יותר לרעיונות המבוססים על התנסות קודמת, תלמידים מגיעים לכתה עם תפיסה עצמית מוקדמת של כיצד עובד העולם, למידה הינו תהליך פעיל (אקטיבי) ולא פסיבי, הלמידה הופכת יעילה יותר כאשר התלמידים מעצמם מעלים רעיונות על בסיס הנלמד.

רצפי הלמידה המוצעים מבוססים על אסטרטגיות פדגוגיות כגון 5E-cycle (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate), Outdoor Learning Experiences, PBL - לימוד חוץ כיתתי, בטבע, בחברה ובתעשייה.

בנוסף פרק 11⁴³ של התוכנית מספק הנחיות הוראת מדעים לצרכי פיתוחים הנדסיים (עמ' 1480), הנחיות לשימוש בטכנולוגיה דיגיטלית (עמ' 1492), הנחיות לתמיכה לשונית (שפה) בלימודי המדעים (עמ' 1494), הנחיות לשילוב המתמטיקה (חשיבה כמותית) בלימודי המדעים (עמ' 1498).

⁴⁷ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwchapter1.pdf> עמ' 62

⁴⁸ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwchapter11.pdf>

⁴⁹ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwchapter11.pdf>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

פרק 12⁵⁰ בתוכנית מתייחס להטמעת עובדי ההוראה (תמיכה, פיתוח, הכשרה, מנהיגות...) בהוראה מדעים באיכות גבוהה. בתוך כך, מפורטות גם הנחיות לפיתוח סביבת הלמידה (עמ' 1538).

פרק 13⁵¹ בתוכנית מתייחס לבחירת מקורות להוראה תומכי הוראה (כספרי למידה, קיט למידה (kit), מקורות מידע טכנולוגיים ומקורות וכתבים נוספים).

פרק 9⁵² בתוכנית מפורטות הנחיות, עקרונות, תדירות, דוגמאות והרציונל להערכת ביצועים.

נספח 3⁵³ בתוכנית מתייחס ישירות לשימושי מחשב בלימודי מדעים.

3.5 ניו-יורק (New York):

ב-2016 החליפה מדינת ניו יורק את ת"ל הוותיקה מ-1996 בסטנדרטים חדשים ללמידה על פי ה-New York State P-12 Science Learning Standards (NYSP-12SLS). התוכנית החדשה ללימודי מדעים מבוססת על ה-NRC framework ונשענת על הנחיות ללמידה על פי ה-NGSS. החל מ-2016 ניו-יורק מוגדרת כמדינה שעברה הטמעה מלאה של ה-NGSS אולם בשינויים קלים לעומת קליפורניה.

התוכנית בניו-יורק משתמשת בסטנדרטים על פי תכנית ה-NGSS מבוססים על ציפיות לביצועים (PE) המשלבים בין שלושה רכיבים: פרקטיקות מדעיות והנדסיות (SEP), נושאי ליבה (DCI) וחיבור רוחבי עם מושגים חוצי תחום (CCC). תכנית הלימודים בניו-יורק רואה כתנאי להצלחתה שילוב מלא בין כל השותפים (מורים, תלמידים, הורים, יועצים, קהילה, מחנכים, התעשייה וכו').

הסטנדרטים בת"ל הנוכחית מבוססים של חקר תופעה דרך שילוב שלושת המרכיבים הנ"ל.

הוראת הכימיה על פי ה-NYSP-12SLS נעשית בהתאם למודל ארבעת הקורסים: כימיה, פיזיקה (PS), physical science, מדעי החיים (LS) ומדעי כדה"א והחלל (ESS).

הוראת הכימיה מחולקת ליחידות הבאות:

1. מבנה ותכונות החומר (PS1-1, PS1-3, PS1-8, PS1-9, PS1-10, PS2-6)
2. תגובות כימיות (PS1-2, PS1-4, PS1-5, PS1-6, PS1-7, PS1-11, PS1-12)
3. אנרגיה (PS3-1, PS3-5)

⁵⁰ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwchapter12.pdf>

⁵¹ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwchapter13.pdf>

⁵² <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwchapter9.pdf>

⁵³ <https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/documents/scifwappendix3.pdf>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

4. גלים וקרינה אלקטרומגנטית (PS4-4)

5. חומר ואנרגיה באורגניזמים ומערכות אקולוגיות (LS1-5)

6. מיומנות ופיתוח הנדסי (ETS1-1,2,3,4)

באתר משרד החינוך של ניו יורק נמצא מסמך קוריקולום **ליבה** (Core curriculum) המפרט באופן את נושאי הלימוד והמיומנויות בכימיה ומטרתו הכנה לעזור למורים ולמפקחים ביצירת הקוריקולום והנחיות ללמידה ולהערכה.

תוכנית הלימודים הנוכחית⁵⁴ מוכוונת, בין השאר, להכנת התלמידים אל העולם מבוסס מידע המשתנה בדחיפות ודורשת מיומנויות בתחומי האוריינות, שפה, מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה (STEM). כוח אדם מקצועי נדרש ליכולת פתרון בעיות שאינן מובנות תוך עבודה בצוות מגוון ורב תרבותי. העליה המעריכית בכמות המידע ובאינטראקציות דורשת מיומנויות תקשורת, עיבוד, וניתוח. מקצועות רבים דורשים חשיבה מושגית (conceptual reasoning) הדורשת יצירתיות, חשיבה מופשטת, רפלקציה, יצירתיות, יוזמה ויכולת פתרון בעיות, בנוסף ליכולת כתיבה טכנית.

תוכנית הלימודים רואה ערך חשוב בהכנת התלמידים למיומנויות המאה ה-21, כגון, המשגה מופשטת (abstract reasoning), שיתוף פעולה, למידת עמיתים, למידה באמצעות טכנולוגיה, גמישות, לימוד בסביבה משתנה (הסתגלות), דו-שיח, התבוננות ממספר נקודות מבט, חשיבה ופתרון בעיות כשיש יותר מפתרון אחד. בנוסף, הגלובליזציה והרב תרבותיות מחייבות רכישת מיומנויות כגון חשיבה ביקורתית, תקשורת ומיומנויות חברתיות.

הסטנדרטים בתוכנית הלימודים מבוססים גם על פרקטיקות מדעיות והנדסיות (SEP). המונח פרקטיקות מתייחס גם למיומנויות (skills) וגם לידע הנדרש לצורך פיתוחים ופתרונות הנדסיים. להלן רשימת הפרקטיקות והמיומנויות הנכללות בהן⁵⁵:

1. **שאלות שאלות והגדרת הבעיה** (Asking Questions and Defining Problems): סקרנות בתהליך המדעי, שאלות שאלות, יצירת מוטיבציה לחקר, יצירתיות וחדשנות, פיתוח פתרונות. הרחבת הידע.
2. **פיתוח ושימוש במודלים** (Developing and Using Models): שימוש, פיתוח וסינתזת מודלים לניבוי תוצאות ויחסים בין חומרים.
3. **תכנון וביצוע חקר** (Planning and Carrying Out Investigations): תכנון וביצוע ניסויים.
4. **ניתוח ופירוש תוצאות** (Analyzing and Interpreting Data): ניתוח והשוואת נתונים תוך שימוש במכשור ובמתמטיקה לצרכי עקביות, אמינות ותיקוף הנתונים, שימוש במודלים לייצור וניתוח נתונים.
5. **שימוש בחישובים ובמחשב** (Using Mathematical and Computational Thinking): חשיבה כמותית לצרכי פתרון, חישבו ובניית מודלים.

⁵⁴ <http://www.nysed.gov/common/nysed/files/programs/curriculum-instruction/nysscienceintro.pdf>

⁵⁵ <http://www.nysed.gov/common/nysed/files/programs/curriculum-instruction/hs-science-learning-standards.pdf>

6. **בניית הסברים ותכנון פתרונות לבעיות** (Constructing Explanations and Designing Solutions):

פיתוח הסברים ופתרונות המבוססים על מקורות ממספר תלמידים. החלת עקרונות וראיות מדעיים ליצירת הסברים לתופעות ומציאת פתרונות לבעיות בשקלול גורמים בלתי צפויים. בניית ובחינה של הסברים בהתבסס על ראיות אמינים ותקפים ממספר מקורות (כולל חקר תלמידים, מודלים, סימולציות, ביקורת עמיתים). שדרוג לפתרונות קיימים.

7. **התעסקות בארגומנטים (טענות) מתוך ראיות** (Engaging in Argument from Evidence): בחינת טענות

מדעיות מתוך הראיות, חשיבה ביקורתית, היכולת להעלות השערות, הערכת טענות וראיות מדעיות והערכת ההיגיון והערך של הסברים ופתרונות קיימים.

8. **השגת, הערכת ותקשור מידע** (Obtaining, Evaluating, and Communicating Information): השגת,

הערכת ותקשור מידע לצורך הערכת האמינות והתוקף של טענות, שיתוך ופיתוחים מדעיים.

3.6 מסצ'וסטס (MA-Massachusetts):

במסצ'וסטס קימת תוכנית לימודים ייעודית לכתות גן עד תיכון (K-12) למקצועות המדעים והטכנולוגיה Science and Technology/ Engineering (MA-STE) מ-2016⁵⁰.

הסטנדרטים במסצ'וסטס הם פרי התאמה חלקית של תוכנית ה-NGSS בהתבסס על Framework for K-12 Science Education (NRC, 2012). תרומת ה-NGSS לסטנדרטים מתבטאת בשילוב בין **פרקטיקות מדעיות והנדסיות**, שמירה על **רצף למידה ויישום** המדע בהקשר **טכנולוגי והנדסי**. הסטנדרטים רשומים כתוצרים המשקפים את שעל התלמידים לדעת או להיות מסוגלים לבצע. אין בסטנדרטים כדי להגביל את התוכן הנלמד, הרצף או את שיטות ההוראה. על המורים ובתי הספר להחליט על הנ"ל וביכולתם להוסיף תכנים משל עצמם על גב הקיימים.

מבנה התוכנית (Massachusetts Curriculum Framework 2016):

מסמך אחד עבור מדעים, טכנולוגיה והנדסה (STE) המתייחס לכל שכבות הגיל. הפרקים הראשונים במסמך מתייחסים לחזון הוראת ה-STE ולסטנדרטים. בפרק התיכון מופיעה התייחסות מיוחדת להוראת הכימיה. לאחרים נספחים הנוגעים בכללות לסטנדרטים ונספחים עבור הקוריקולום. מורים המלמדים כימיה נדרשים להתייחס לפרקים הרלוונטיים להוראת הכימיה. **הסטנדרטים במסצ'וסטס, בשונה מ-NGSS' כוללים פירוט של הנושאים הנלמדים.**

חזון ת"ל (עמ' 8-9) סובר שחינוך המשלב מדע, טכנולוגיה והנדסה MA STE (Science and Technology/Engineering) מהווה הכנה טובה עבור התלמידים **לאזרחות ולמעורבות**, לקריירה עתידית, **ללימודי המשך** ולאתגרי העולם מבחינה מדעית, כלכלית וחברתית. עמ' 12 בתוכנית מפרט את מאפייני מפתח הנדרשים בכדי שהסטנדרטים של תוכנית הלימודים STE ישיגו את החזון והמטרות שלעיל.

עקרונות מנחים בהוראה ע"פ ת"ל משלבים בין נושאי ליבה (Core Ideas) לבין פרקטיקות מתחומי ההנדסה וטכנולוגיה ויישומי ההבנה והמיומנויות.

נושאי ליבה (Core Ideas) מוגדרים על פי לפחות לשניים מתוך ארבעת התנאים הבאים (נספח 3 עמ' 131):

1. בעל חשיבות רחבה במגוון תחומי מדע והנדסה או להוות עקרון מפתח ומנחה בתחום יחיד.
2. מספק כלי מפתח להבנה וחקר של רעיונות מורכבים יותר כולל פתרון בעיות.
3. נוגע לאינטרסים ולניסיון החיים של התלמידים, נוגע אישית או חברתית.
4. שניתן ללמד אותו או להורות אותו על פני השנים ברמת מורכבות גדלה. כלומר נגיש לכתות הנמוכות אך בעל פוטנציאל להרחבה בכיתות הגבוהות.

על מנת להכין את התלמידים לאתגרי המאה ה-21 הסטנדרטים ב-MA-STE משלבים שלוש גישות: רלוונטיות (למידה דרך הסבר תופעה הנוגעת לעולם סביבנו), חיבור בין נושאי הליבה לפרקטיקות מדעיות והנדסיות (למידה דרך שאלות, פיתוח פתרונות, שת"פ והכנה ללימודים גבוהים) ורצף לימודי (קוהרנטיות) במהלך שנות הלימוד ובין התחומים השונים. ברמה המעשית הסטנדרטים משלבים בין נושאי ליבה (core ideas) שניתן ללמוד לאורך השנים וליישם לצורך הבנת תופעות טבע ולהבנת ויישום בפיתוחים טכנולוגיים. בנוסף, הם משלבים מיומנויות של חשיבה כמותית ומילולית. התוכנית משמרת יחס שווה בין המדע המסורתי לטכנולוגיה והנדסה, מעודדת אך אינה כוללת יישום מונחים בין תחומיים (NGSS-CCC) ומאזנת בין מונחים כוללים לספציפיים.

מבחינת הפרקטיקות יש לשים לב לשלושה פרמטרים: רלוונטיות, מיומנויות מדעיות והנדסיות בדגש על הצורך ביכולות הנדסיות, חקר, שימוש במודלים, שאילת שאלות, התעסקות בטענות, ביקורת עצמית, דיון, תקשורת, עבודה בצוות, כישורי חברה, הצגת מידע, קבלת ותגובה לביקורת, למידת עמיתים, ניתוח מידע, פתרון בעיות קשות, חשיבה יצירתית, ביקורתית ואנליטית. **רצף לימודי** מדגיש את הצורך ביכולות מתמטיות, שפה, אוריינות ותקשורת הנקנות במשך שנות הלומד.

כמו **בקליפורניה ובניו יורק** גם במסצ'וסטס הוגדרו שמונה פרקטיקות מדעיות והנדסיות. המונח פרקטיקות מתייחס לשילוב בין **מיומנויות (skills)** וידע הנדרש לצורך פיתוחים ופתרונות הנדסיים. על פי ה-NRC 2012 מטרת הלימודים להקנות לתלמידים כלים לחקר, מודלים וסבר לתופעות העולם, בעוד שהשילוב בין מדע להנדסה מפתח סקרנות, מוטיבציה ותנועה של למידה מתמשכת. נספח מס' 1⁵⁶ מפרט את הפרקטיקות השונות מתוכן ליקטנו את המיומנויות הנלמדות חלקן נובעות מהתחום המדעי וחלקן מהפיתוח ההנדסי :

⁵⁶ <https://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04.pdf>

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

1. **שאלת שאלות (במדע) והגדרת הבעיה (ההנדסית) (Asking Questions and Defining Problems):** סקרנות, ניבוי באמצעות מודלים, סטימולציה לפתרון בעיות, שאלות, ביסוס תשובות על ראיות אמפיריות, הגדרת בעיות, בחינה מחדש ושיפור פתרונות ומודלים קיימים, ניתוח ופרשנות, השוואה.
 2. **פיתוח ושימוש במודלים (Developing and Using Models):** שימוש במודלים (גרפים, דיאגרמות מתמטיות, אנלוגיות, מחשבים), הערכת מגבלות המודל (תוקף ויכולת הפרדיקציה) והשוואה לנתונים קיימים, תקשורת.
 3. **תכנון וביצוע חקר (Planning and Carrying Out Investigations):** חשיבה רציונאלית וכל מיומנויות החקר המוכרות, עבודה בצוות.
 4. **ניתוח ופירוש תוצאות (Analyzing and Interpreting Data):** הצגת, ניתוח ותקשור נתונים באמצעים טכנולוגיים.
 5. **חשיבה מתמטית כמותית וממוחשבת (Using Mathematical and Computational Thinking):**
 6. **הבניית הסברים (במדע) ותכנון פתרונות לבעיות (הנדסיות) (Constructing Explanations and Designing Solutions):**
 7. **התעסקות בארגומנטים (טענות והנחות) מבוססי ראיות (Engaging in Argument from Evidence):** ביסוס וניתוח טענות מתוך ראיות, מציאת הפתרון המתאים ביותר, חשיבה ביקורתית, קבלת והתייחסות לביקורת, התייחסות לטענות הנוגעות לכלכלה, אתיקה וסביבה.
 8. **השגת, הערכת ותקשור מידע (Obtaining, Evaluating, and Communicating Information):** אוריינות שפה ומידע, תקשורת, ביקורתיות, שימוש במקורות מידע והערכת חשיבותם, התוקף והאמינות שלהם.
- על אף העובדה שלתכנית ה-STE של מסצ'וסטס מאפיינים דומים ל-NGSS, בכל זאת נשמרו ההבדלים הבאים:
- טכנולוגיה והנדסה **שווים** בערכם למדע המסורתי
 - תכנית ה-STE מכילה רק **שני ממדים**, מושגי ליבה ומיומנויות הנדסה וטכנולוגיה. ה-NGSS מכיל גם CCC (crosscutting concepts) כמימד בפני עצמו.
 - איזון בין מושגים בעלי משמעות רחבה לתובנות של תחום ספציפי וזו בכדי **לשמר פרשנות עקבית**.
 - שימור המודל של **קורסי מבוא בחירה** בתיכון.

הרחבה על הסטנדרטים של תכנית הלימודים MA-STE בהתאם לשלושת הפרמטרים שהוזכרו לעיל (עמ' 14-21 בת"ל):

1. **Relevance רלוונטיות** - התמקדות בנושאי ליבה שדרכם ניתן להסביר את העולם שסביבנו. ההשלכה על תכנית הלימודים תבטא בכך שהתלמידים ינתחו ויסבירו תופעות וניסויים הקרובים ורלוונטיים לעולם הסובב אותם. מתוך

הכנה למעורבות באתגרים שהעולם מציב. הרלוונטיות חשובה ללימוד דיפרנציאלי לפי רמות, מגדרים, מגזרים, יכולות כלכליות ועוד. לימוד סביב הרלוונטיות של רעיונות הליבה לתחומים שונים יבוא על חשבון כמות הידע הנלמד בכל תחום בנפרד. הבנת מנגנונים חשובה לפתרון בעיות בהם נתקל בעתיד בתחומים שונים. התפיסה היא שידע לבדו אינו מספיק אם לא נעשה בו שימוש מועיל לצרכי פיתוח או ניתוח של בעיות.

2. Rigor קפדנות וסטנדרטים גבוהים - מיומנויות מדעיות והנדסיות כמקשה אחת עם התפישות והמושגים המדעיים. ההשלכה על תכנית הלימודים היא שלימוד מבוססת חקר ופיתוח יערב באופן אינטגרלי פרקטיקות המשמשות ליצור, שימוש ויישום ידע. זהו למעשה חיבור בין עולם התוכן לבין מיומנויות ההנדסה והפיתוח.

3. Coherence אחידות לימודית על פני השנים והרמות - מושגים ומיומנויות נבנות עם הזמן ובין תחומי ידע שונים. ההשלכה על תכנית הלימודים היא תכנון מוקדם של רצף הלימודים storyline לאורך זמן ובין תחומי הידע השונים (נספח 3 עמ' 138-140 בת"ל). עקרון נוסף מובא בתוכנית ונוגע לאופן ההוראה, כזו המעודדת מעורבות ומחויבות

Engagement.

על הלימודים להיות מונגשים לתלמידים באופן שיעוררו בהם צימאון, סקרנות והתלהבות למדע ולפיתוח מתוך יכולת ניתוח והתלת ספקות. ניתן להשיג זאת ע"י תכנית לימודים הכוללת פעילות hands-on ו-minds-on, שימוש במעבדות, חקר ופיתוח אתגרים.

על התלמידים לקחת בעלות ואחריות על תהליך הלמידה שלהם ועל תהליך קבלת החלטות בעלות השלכה על הלימודים שלהם.

מעורבות פעילה בלימודים מעודדת הרחבה של הכלים ומיומנויות להתמודדות עם ידע חדש ומגבירה את הסיכויים להצלחה בלימודי ה-STE.

לת"ל שלוש מטרות על מרכזיות עבור כל התלמידים (עמ' 10): הכנה לאזרחות, הכנה ללימודי המשך (קולג') ומוכנות לקריירה.

3.7 יפן (Japan), מבוסס על תרגום גוגל:

מטרת לימודי הכימיה הבסיסית היא לפתח אצל התלמידים את האיכויות והיכולות הנדרשות לחקר חומרים והשינויים שהם עוברים ע"י בחינה מתוך נקודת מבט מדעית, תצפיות וביצוע ניסויים. המטרות הן:

1. הבנת החומר והשינויים החלים בו בהקשר לחיי היום יום והחברה, תוך הקניית המיומנויות הנדרשות לתצפיות וחקר הנדרש.

2. פיתוח המיומנויות הנדרשות לביצוע תצפיות וחקר.

3. פיתוח ההתעסקות עם חומרים ובשינויים החלים בהם וחקר המשמעות שבהם.

תכנית הלימודים ביפן עברה עדכון אחרון במרץ 2018.

על תפקידה, מטרתיה ומבנה תכנית הלימודים ביפן ניתן למצוא ב-Chapter 1 General Rules⁵⁷. על התוכן של תוכנית הלימודים בכימיה ניתן למצוא ב-Section 5 Science⁵⁸. פרטים לגבי מיומנויות ובפרט מיומנויות חקר Comprehensive Inquiry ניתן למצוא ב-Chapter 4⁵⁹.

מתוך התרגום של הפרקים הנ"ל הצלחנו לאתר את המיומנויות הבאות: פתרון בעיות, אוריינות מידע (כולל שימוש במחשב ובמדיה ורשת), חקר (איסוף, ניתוח, הצגה וכו'), עבודת צוות, עבודה עצמאית, הפעלת שיקול דעת, יכולת התבטאות, קבלת נק' מבט חיצונית, דרכי חשיבה (השוואה, קלסיפיקציה, אסוציאציה), כישורי שפה, יצירתיות, כישורים מורליים (חקר ופיתוח הפוטנציאל העצמי, מעורבות חברתית ולאומית, הערכה לרב לאומיות, סובלנות), למדנות, הומניזם. בחלק 5 המפרט את תוכנית הלימודים בכימיה איתרנו מספר מצומצם של מיומנויות הנוגעות לביצוע חקר וניסויים כגון, איסוף תצפיות ומידע, השערה, תכנון ניסוי, ביקורת ותוקף לניסוי ותוצאותיו, ניתוח והסקת מסקנות וכתובת דו"ח.

העקרונות מאחורי הקורסים הנלמדים ביפן המעודדים חשק לחיים **Zest for life**:

1. **ביסוס תעוזה אקדמאית**: להנחיל את העקרונות והבסיס, לטפח הסתכלות פנימית, השאיפה והתשוקה ללמוד

ולחשוב, קבלת החלטות ונקיטת פעולות באופן עצמאי, הכישרון והיכולת לפתור בעיות.

2. **להיות עשיר בהומניות**: טיפוח משמעת עצמית מאוזנת בהתחשבות באחר טיפוח חוש השראה, בהרמוניה עם

רוח של שיתוף פעולה.

3. **בריאות וכושר לחיים נמרצים**.

בנוסף תכנית החינוך מתכננת לאתגרים של 2030 והלאה מתייחסת לכך שהחברה המודרנית הנה מבוססת מידע ולמידע חדש וטכנולוגיה חשיבות רבה בתהליך. השינויים במידע ובטכנולוגיה מתגברים בקצב מהיר. בנוסף תקשורת גלובלית הופכת יותר מאתגרת ומקשה על הערכה של שינויים חברתיים. לפיכך, הוחלט שיש להשקיע בתהליכים הבאים:

1. פיתוחים טכנולוגיים, IOT (internet of things), big data, AI

⁵⁷ <https://erid.nier.go.jp/files/COFS/h30h/chap1.htm>

⁵⁸ <https://erid.nier.go.jp/files/COFS/h30h/chap2-5.htm>

⁵⁹ <https://erid.nier.go.jp/files/COFS/h30h/chap4.htm>

2. שינויים במבנה החברתי
3. הצלחה של נשים ושל השכלה המבוגרת
4. שינויי בסביבה התעסוקתית

3.8 סינגפור (Singapore):

מבנה התוכנית: תוכנית הלימודים הינה מסמך ייעודי לכימיה המכיל את הרציונל, הערכים והמטרות בהוראת הכימיה, יישום המדע, הנושאים הנלמדים, פדגוגיה, הערכות, ספרות עזר והפניות.

תכנית הלימודים ברמת A-level מתמקדת בשלושה תחומים:

1. **Life skills** - נועד להבטיח שהתלמיד יצא עם מיומנויות הנדרשות לאזרח, כגון תחמים הנלווים לתכנית הלימודים Co-Curriculum Activities, לימודי אזרחות, חינוך פיזי וערכים בפעולה Values in Action.
 2. **Knowledge skills** - פיתוח כישורי חשיבה, תקשורת, ניתוח מידע, חקר, כישורי שפה ועבודה מבוססת פרויקטים
 - 3 **Subject disciplines** - רכישת ידע בסיסי בתחומים שפה, מדעי החברה ואומנות ומתמטיקה ומדע.
- לכימיה, כמדע העוסק בתורת החומר, תכונותיו והשינויים הנעשים בו תפקיד מפתח במדע. זהו מדע המתבסס על חוקי הפיזיקה של החלקיקים ומהווה בסיס להבנת התנהגות מולקולות וחומרים במערכות ביולוגיות.
- באופן כללי, מטרות הסילבוסים כימיה היא פיתוח אוריינות מדעית אצל התלמידים ע"י רכישת ידע בכימיה בסיסית, וחשיבה מדעית, כולל פיתוח אתיקה וגישה רלוונטית למדע מעשי.
- באופן מעשי הסילבוס מתייחס לרמות המיקרוסקופיות, המאקרוסקופיות ורמת הסמל המאפשרים לתאר את העולם סביבנו. **מטרות הסילבוס הן:**

1. לתת לתלמידים ניסיון שיפתח את העניין שלהם בכימיה ולבנות את בסיס הידע, מיומנויות והגישה שיהפכו אותם לאזרחים המוכנים לאתגרי המאה ה-21.
 2. פיתוח בתלמידים את ההבנה, מיומנויות, אתיקה וגישה לפרקטיקה של המדע. כולל, הבנת הטבע ועקרונות הידע המדעי, הדגמת מיומנויות חקר מדעי והיכולת לקשור בין מדע לחברה.
 3. פיתוח דרך החשיבה לצורך הסבר תופעה, גישה לפתרון בעיות במערכות כימיות הכוללים:
- הבנת המבנה, תכונות ומעבר בין חומרים בהקשר ליסודות הכימיה.

- חיבור בין הרמות הרמות המיקרוסקופיות, המאקרוסקופיות ורמת הסמל לצורך פרדיקציה של התנהגות מערכות כימיות, הבנת המבנה והתכונות.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

תוכנית הלימודים H2⁶⁰ מהווה מכוונת להכנה התלמידים ללימודים אקדמיים ואתגרי המאה ה-21. מטרת תוכנית הלימודים היא להקנות לשלב בין ידע לפרקטיקות ומיומנויות. ההתנסות המדעית מורכבת משלושה רכיבים:

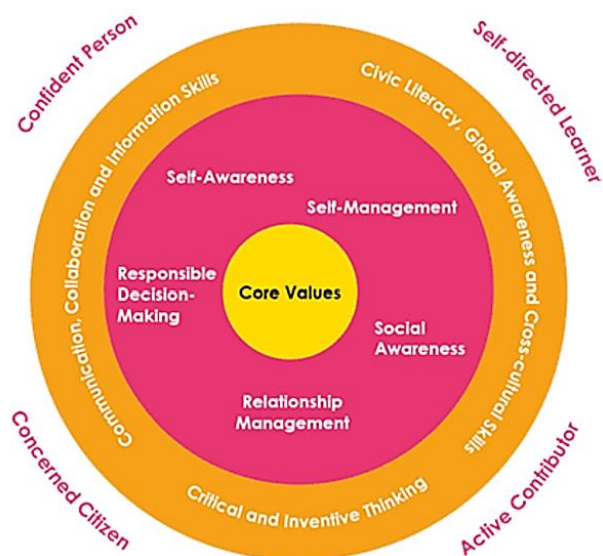
- 1. הבנת טבע הידע המדעי** (Understanding the nature of scientific knowledge): מדע הנו מבוסס ראיות ומודלים, שימוש בלוגיקה ויצירתיות, דיון ביקורתי ולמידת עמיתים (peer review), אמינות המידע, תוקף ועמידות המידע, בחינה מחדש.
- 2. הדגמת כישורי חקר** (Demonstrating science inquiry skills): שאלת חקר, תצפיות, השערות, תכנון ניסוי, דייקנות, בטיחות, ניתוח, ארגון, הצגת ופירוש נתונים, בניית הסברים וניתוח הסברים קיימים בהתבסס על נתונים חדשים, שימוש במודלים, פתרון בעיות וביצוע פרדיקציות, קבלת החלטות בהתבסס על הערכת טענות, נתונים, תוצאות ומסקנות, תקשור מידע ומסקנות תוך שימוש בשפה נכונה.
- 3. חיבור בין מדע וחברה** (Relating science and society): השפעת השלכות חוץ מדעיות (חברתיות, כלכליות ..) ואתיות על יישום ידע מדעי, שיקולי סיכון מול תועלת הכרוכים ביישומים מדעיים, שימוש בעקרונות ונימוקים מדעיים לפתרון בעיות.

יכולות (מיומנויות) המאה ה-21:

⁶¹משרד החינוך בסינגפור מתייחס ממוקדות ליכולות המאה ה-21. על פי המשרד אתגרי הגלובליזציה, שינויים דמוגרפיים והתפתחות הטכנולוגיה הם אלו המעצבים את העתיד ועל התלמידים להיות מוכנים לקראת האתגרים הללו. לשם כך פותחו ערכי ליבה ומיומנויות הנדרשות ליצור את התשתית ללימודים ההוליסטים שמערכת החינוך מציעה על מנת להגיע לתוצרי החינוך הרצויים בעולם הדיגיטלי.

ערכי הליבה (core values) המעצבים את האמונה, הגישה והפעולות של התלמיד:

1. Respect - כבוד הדדי.
2. Responsibility - אחריות אישית, משפחתית וחברתית מתוך מחויבות.



⁶⁰ https://www.moe.gov.sg/-/media/files/post-secondary/syllabuses/science/preuniversity_h2_chemistry_syllabus.pdf?la=en&hash=0CB171C35F97263AA714163CFF809B81CF2421A6

⁶¹ <https://www.moe.gov.sg/education-in-sg/21st-century-competencies>

3. Resilience - חוסן נפשי ועמידה בקשיים ובאתגרים, אופן, אופטימיות, התאקלמות, הסתגלות ותושייה.
4. Integrity – יושרה, אתיקה, עשיית ותמיכה בדבר הנכון.
5. Care - דאגה לזולת, אכפתיות, מודעות, חמלה.
6. Harmony - אחדות של המגוון, הרמוניה, כיבוד השונה.

מיומנויות חברתיות ואישיות (Social-Emotional Competencies) הדרושות לבניית זהות אישית בריאה, ניהול רגש, אחריות וקבלת החלטות, ניהול אתגרים, פעולה חיובית עבור התלמיד אחרים והסביבה. מיומנויות המפתח הן:

1. Self-Awareness - מודעות עצמית
2. Self-Management - ניהול עצמי
3. Responsible Decision-Making - אחריות בקבלת החלטות
4. Social Awareness - מודעות חברתית
5. Relationship Management
6. Relationship Management - ניהול יחסים בין גופים, אנשים...

מיומנויות המאה ה-21 בעולם הגלובלי:

1. אוריינות אזרחית (Civic Literacy), מודעות עולמית ומיומנויות חוצות תרבויות
2. מחשבה ביקורתית ויצירתית
3. תקשורת, שיתוף פעולה ומיומנויות מידע (Information Skills)

4. נספחים:

נספח מס' 1 – פירוט יח"ל 1-4 באוסטרליה:

יחידה 1 - ביצועי למידה - על התלמיד:

- להבין כיצד המודל האטומי ומודלים של קישור כימיה מסבירים את המבנה והתכונות של יסודות ותרופות.
- להבין את מושג האנתלפיה ולעשות בו שימוש איכותי וכמותי להסבר שינויי אנרגיה בתהליכים כימיים.
- להבין כיצד התפתחו מודלים בהתבסס על מקורות שונים ולהכיר במוגבלות התאוריות והמודלים*.
- לדעת לעשות שימוש במיומנויות חקר בנושאים הנלמדים ביחידה*.
- לדעת להעריך, בהתבסס על נתונים אמפיריים, טענות לגבי תכונות כימיות, מבנים ותגובות*.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

- לתקשר ולהסביר ו"לנבוא" תופעות כימיות במושגים איכותיים וכמותיים*.
- *זהה בכל יחידות הלימוד

יחידה 1 - הנושאים הנלמדים:

תכונות ומבנה האטום: מודל האטום (היסטוריה של מבנה האטום), רדיואקטיביות, יסודות ומבנה הטבלה המחזורית (משפחות, רדיוס, ערכיות, רמות אנרגיה וכו'), מודל קשרים כימיים מבוסס על מבנה האטום, ומבנה ותכונות היסודות ותרומות, תכונות ומבנה החומרים: ננו-חומרים, דרגת ניקוי וחשיבותה, הפרדת חומרים מבוסס על תכונותיהם, יסוד הפחמן (בהקשר לחיים על כד"א וגאולוגיה של מערכת השמש), חוזק הקשר הכימי וטמפ' ההתכה ורתיחה, תכונות מאקרוסקופיות ומודל מיקרוסקופי של תרכובות וחומרים יונים, מתכות, חומרים מולקולריים ואטומיים. תגובות כימיות - מגיבים תוצרים ואנרגיה בתגובות: אנרגיה ואנרגיה באופן איכותי וכמותי וכיצד היא משתנה בתגובות כימיות. חשיבות השקעת אנרגיה בתהליכים כולל תעשייה והדרישה גוברת לאנרגיה ירוקה, אנרגיה בתהליכים ביולוגיים בגוף, אנרגיה במזון, טמפ' מערכת וסביבה, תהליך אקסותרמי ואנדותרמי, אנרגיית הקשר, דלקים מושג המול, חוק שימור המסה.

יחידה 2 - ביצועי למידה - על התלמיד:

- להבין כיצד מודל של מבנה המולקולה וכוחות בין מולקולריים משמשים להסבת תכונות של חומרים כולל המסה במים.
- להבין כיצד התאוריה הקינטית משמשת להסבר מערכות גזיות וכיצד תאוריית ההתנגשויות יכולה להסביר את השפעת גורמים שונים על קצב התגובה.

יחידה 2 - הנושאים הנלמדים:

כוחות בין מולקולריים וגזים: המודל המרחבי של המולקולה (סימטריות, קוטביות, אורביטל) והקשרים הבין מולקולריים (ענן אלק', קשר קוטבי וקשרי מימן), כיצד הם משפיעים על תכונות המולקולה (טמפ' רתיחה והתכה ומסיסיות). אלקטרושליליות. הפרדה בין חומרים בהתבסס על תכונות וכוחות משיכה. גזים - תיאור איכותי של הקשר בין לחץ, נפח וטמפ' תמיסות וחומציות (גשם חומצי, כימיה בדם, איכות מים), ריכוז, pH, מולקולת המים והייחודיות שלה (קשרי מימן ומבנה מיוחד, טמפ' רתיחה, צפיפות המוצק ונוזל, מתח פנים ממס טוב), תגובות חומצה בסיס (דוגמאות ודרך לזהות יונים בתגובה), סולם pH, תגובות שיקוע כדי לזהות יונים, המסה במים הסבר מיקרוסקופי קצב תגובה: ניבוי תופעות והקשר לקצב התגובה - אנזימים (קטליזטורים), קורוזיה (שיתוך) - דוגמאות ונזקים ופתרונות, תאוריית ההתנגשויות של חלקיקים, מדידת קצב התגובה, השפעות גורמים שונים על קצב התגובה (טמפ', ריכוז, שטח פנים, לחץ), אנרגיית אקטיבציה, דיאגרמות אנרגיה (שינוי באנרגיה), קטליזטורים. **כימיה חישובית ושפת הכימאים נלמדים כמיומנויות ולא כתוכן ישיר הנכלל בידע והבנת הכימיה.

יחידות 1 ו-2 - כימיה כחלק ממאמץ מדעי לחקר הטבע וכמאמץ אנושי למחקר ופיתוח:

התייחסות כוללת לכימיה כחלק מהמדע, פיתוח מודלים מורכבים, הבנה כיצד תחום אחד משפיע על תחומי עניין נוספים, השפעות המדע לטוב ולרע, שימוש במדע לצרכי חינוך, המדע לצרכי פיתוח וכלכלה והשלכות על איכות הסביבה וקיימות.

יחידה 3: ביצועי למידה - על התלמיד:

- להבין את מאפייני תהליכים בש"מ ולהסביר כיצד שינויים בטמפ', ריכוז ולחץ ישפיעו על הש"מ.
- להבין את ההבדל בין חוזק וריכוזי חומצות, וזאת בהקשר לעקרונות הש"מ.
- להבין כיצד תגובות חמצון-חיזור, תאים גלונים ואלקטרוכימיים פועלים במובן של מעבר אלק'.

יחידה 3 - הנושאים הנלמדים:

שווי משקל כימי: ש"מ דינמי, תהליך הפיך (לא תמיד), השפעת טמפ', ריכוז ולחץ על הש"מ, לה שטליה, קבוע ש"מ, מערכת פתוחה סגורה, מבודדת, ש"מ בחומצות בסיסים pH, (הסבר כיצד מחושב), חוזק חומצות בהקשר לש"מ, חישוב ניצולת בתהליכים וקביעת pH החומצות חזקות, Ka, הגדרת ברונסטד לאורי, אינדיקטורים,

חמצון חיזור: הבנת תהליכי חמצון חיזור באמצעות תאים אלקטרוכימיים (הדגמת מסירת אלק'), תאים גלונים, פטנציאל חשמלי, תא אלקטרוכימי, בין מתכות, תהליך שריפה, קורוזיה, אלקטרוכימיה, קביעת חוזק חמצון או חיזור באמצעות השוואה לאלקטרודה. **כימיה חישובית, רישום חצאי תגובות חמצון וחיזור, איזון תגובות, קביעת דרגות חמצון, חישוב pH נלמדים כמיומנויות נדרשות.

יחידה 4: ביצועי למידה - על התלמיד:

- להבין כיצד נוכחות של קבוצות פונקציונאליות ומבנה המולקולה האורגנית אחראים לתכונות המולקולה.
- להבין תגובות הוספה, דחיסה וחמצון ולחזות את תוצרי התגובות.
- להבין כיצד ידע במערכות כימיות משמש לתכנון תהליכי סינתזה וכיצד ידע מטכניקות בכימיה אנליטית מספקים מידע על מבנים כימיים.

יחידה 4-הנושאים הנלמדים:

תכונות ומבנים של חומרים אורגניים: פולימרים, חלבונים, סוכרים, קבוצות פונקצ' ומבנים מולקולריים, שיטות אנליטיות: ספקטרומטר מסה, דיפרקציית קרני X, נומנקלטורה, מבנים ראשוני, שניוני, שלישוני וריבעוני כימיה אורגנית: סינתזה של מולקולות, בחירת ריאגנטים לתגובה, ניצולת ודרגת ניקוי, כימיה "ירוקה" לצמצום ניזקי סביבה ומחזור, תהליכי, הוספה, דחיסה, יצור בתעשייה.

יחידות 3-4 - כימיה כחלק ממאמץ מדעי לחקר הטבע וכמאמץ אנושי למחקר ופיתוח:

שימוש בטכנולוגיה מתקדמת הגדילה משמעותית את כמות ורמת הדיוק של נתונים בכל העולם, מודל נבדקים לאור מודלים ונתונים חדשים, הכרה בידע מדעי מושפע משינויים חברתיים, תרבותיים וכלכליים, ידע מדעי משמש לביצוע הערכת סיכונים, אמינות הידע המדעי הנצבר יכולה לעמוד במבחן, פעמים שנחזק ש"פ בין לאומי בפרויקטים מדעיים רחבי היקף, ידע מדעי יכול לסייע לפיתוח והערכת השלכות של פרויקטים כלכליים, חברתיים וסביבתיים ולצורך עיצוב פעולות לקיומיות.

תכנית הלימודים משלבת את התכנים הממוקדים הבאים - (פירוט בסעיף 8. תוכן התוכנית בכימיה):

- יחידה 1:** ננו-חומרים, רדיו-איוטופים בתעשייה וברפואה, יסודות ביקום, חשיבות של הפחמן בתהליכי החיים ואסטרוביולוגיה, דילמות במשק האנרגיה של האנושות, אנרגיה בגוף האדם, שימוש בדלקים בתעשייה.
- יחידה 2:** אנליזה של חומרים, שימושי כימיה בזיהוי פלילי, התנהגות גזים בצלילה, גשם חומצי, כימיה בדם, איכות מים, חשיבות האנזימים, עלות הקורוזיה לתעשייה, פיתוח תורת ההתנגשויות בין חלקיקים.
- יחידה 3:** ש"מ בייצור יין, פד"ח באטמוספירה, מכשיר נשיפה לבדיקת רמת אלקוהול בדם, תאים אלקטרוכימיים לייצור חשמל (סוללות), אלקטרוכימיה ומים נקיים.
- יחידה 4:** כימיה אורגנית, פולימרים "ירוקים" בדגש על השפעה על איכות סביבה וניצול משאבי טבע. שימוש בחומרי הדברה אורגנו-כלוריים כ-DDT. שיטות סינתזה ירוקות, ביו-דלקים, תהליכי ייצור ברמת המולקולה (סינתזת פפטידים ועוד.)

תכנית הלימודים של כל יחידת הוראה כוללת הנחיות ללימוד המיומנויות (skills) הנדרשות עבור כל יחידה בפני עצמה המתבססות על 7 היכולות הכלליות:

יחידה 1:

מיומנויות חקר:

- בניית שאלת חקר. בניית השערה, ניבוי תוצאה אפשרית לניסוי.
- תכנון ניסוי, שיטות וחומרים, איסוף תצפיות, הערכת סיכונים, מודעות וסוגיות באתיקה של המחקר.
- עריכת ניסוי בפועל כולל מדידות ואיסוף נתונים אמינים ועבודה בטוחה במעבדה.
- הצגת מידע ונתונים, גרפים, יחידות, ארגון המידע, זיהוי מגמות, דיון בתוצאות, ביקורת, מסקנות.
- ניתוח ופרשנות למידע קיים והערכה זהירה של איכות הממצאים והעובדות, יצירת הנחות מדעיות.
- שימוש נכון בשיטות תצוגה מתאימות כולל שפת כימאים מתאימה, רישום תגובות כימיות ומשוואות תרמודינמיות מתאימות, פתרון בעיות ויכולת ניבוי תוצאות.
- עשיית שימוש נכון בחשיבה כמותית לייצוג וניבוי ערכי תגובות כימיות, חישובי אחוז משקלי ומושג המול.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

- יכולת הצגה בפני קהל תוך שימוש בשפה המדעית הנכונה.

יחידה 2 - בנוסף למיומנויות החקר שפורטו לעיל:

- פירוש וניתוח טקסט מדעי, הערכת תהליכים ומסקנות מדעיות לאור העובדות ושימוש בהגיון ליצירת טענות מדעיות.

- שפת הכימאים: הצגה נכונה של מולקולות, דיאגרמות אנרגיה, נוסחת ייצוג אלק, נוסחאות של תרכובות, רישום תגובה כימית, מצבי צבירה.

- מיומנויות מעבדה: קביעת pH, קביעת קצב תגובה, קביעת תוצרי תגובה, בדיקת מסיסות, עבודה בטוחה ואיסוף תוצאות מהימנות.

- כימיה חישובית: חישוב מסה ונפח גזים ובתמיסות.

יחידה 3 - בנוסף למיומנויות החקר שפורטו לעיל:

- שימוש בטטירציה (מכשור לנפחים מדויקים) לצרכי חקר, בניית תאים אלקטרוכימיים.

- כתיבת חצאי משוואת חמצון חיזור, איזון תגובה כימית, קבוע וערכי ש"מ, קביעת דרגות חמצון, פוטנציאל אלקטרודה, ודיאגרמה של תא אלקטרוכימי,

- כימיה חישובית: חישוב פוטנציאל תא, חישוב pH, חישוב ניצולת (או תגובות בעודף), מול, מסה וריכוזים.

יחידה 4 - בנוסף למיומנויות החקר שפורטו לעיל:

- חקר כולל סינטזה אורגנית.

- הצגה נכונה ומתאימה של מבנים ראשוני-רביעוני, נומנקלטורה.

- כימיה חישובית: חישוב כמויות בתגובות כימיות, כולל תגובות רב שלביות, חישוב אחוז הניצולת בתהליך סינטזה.

נספח 2 – צילום תוכן נספחי ת"ל למדעים באנגליה:

Contents

GCE AS and A level subject content for biology, chemistry, physics and psychology	3
Introduction	3
Aims and objectives	3
Subject content	3
Appendix 1 - biology – knowledge and understanding	5
Appendix 2 - chemistry – knowledge and understanding	9
Appendix 3 - physics – knowledge and understanding	12
Appendix 4 - psychology – knowledge and understanding	16
Appendix 5 - working scientifically	18
Appendix 5a - practical skills identified for indirect assessment and developed through teaching and learning	19
Appendix 5b - practical skills identified for direct assessment and developed through teaching and learning	20
Appendix 5c -	21
Use of apparatus and techniques - biology	21
Use of apparatus and techniques - chemistry	22
Use of apparatus and techniques - physics	23
Appendix 6 - mathematical requirements and exemplifications	24
6a - biology	24
6b - chemistry	29
6c - physics	33
6d - psychology	38

נספח מספר 3 – פירוט תכנית הלימודים באנגליה (KS4/KS5 (A level):

תכנית הלימודים הצגה כסטנדרטים, על התלמיד לדעת..

KS4 הנתונים נלקחו מתוך הדרישות למבחני GCSE המעודכנים ל-6/2015 שהם כמעט זהים ל"ל KS4 אבל

יותר מפורטים

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/800342/GCSE_single_science_updated_May_2019.pdf

תכני הלימודים במדעים עבור הנבחנים ב-GCE A-levels (תואם KS5 מקביל לכיתות יא'-יב') 4/2014:
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/593849/Science_AS_and_level_formatted.pdf

1. מבנה האטום והטבלה המחזוריים:

מבנה האטום, מסה אטומית, מטען אלקטרונים ואיזוטופים:

- לתאר את מבנה האטום (גרעין חיובי מוקף אלק' טעונים שלילית ונמצא ביחס רדיוס מאד קטן לעומת האלק' המקיפים), עיקר המסה מרוכזת בגרעין.
- להכיר את הסדר גודל היחסי של אטומים ומולקולות.
- לתאר כיצד ולמה השתנה המודל האטומי עם הזמן.
- לזכור מטענים יחסיים ומסות של אלק', פרוטונים ונויטרונים.
- לדעת לחשב מס' פרוטונים, נויטרונים ואלק' שבאטום, יונים ואיזוטופים שונים.
- יונים ואיזוטופים: שימושי בספקטרומטר מסה לקביעת מסה אטומית ושכיחות איזוטופים.
- קביעת מבנה וסידור אלקטרונים ליסודות עד למס' אטומי 36 (Kr) במונחים של רמות אנרגיה ואורביטלים s,p,d.

הטבלה המחזורית המודרנית:

- כיצד ניתן לקבוע מס' אטומי וסידור האלק' ברמות האנרגיה מתוך מיקום היסוד בטבלה.
- להסביר ע"י איזוטופים כיצד הם משנים את ההצעה לסידור יסודות בטבלה לפי מנדלייב.
- לעשות שימוש במשואות וסמלים של 20 היסודות הראשונים, משפחות טור 1, 7 ו-0 לצורך כתיבת תרכובות ולאון משוואות כימיות כשצריך.
- להסביר כיצד תגובות בין מתכות קשורות למס' האלק' והסידור שלהן באטום.
- להכיר את התכונות הבסיסיות של יסודות טור 1, 7 ו-0.
- להסביר כיצד תכונות של יסודות טור 1, 7 ו-0 תלויים במס' אלקטרוני הערכיות שלהם, ולנבא תכונות של יסודות מאותה המשפחה.
- להכיר תגובות אפשריות ופעילות של יסודות מתוך מיקומם בטבלה.
- לתאר מתכות ואל מתכות ולהכיר את ההבדלים ביניהם ברמה הפיזית והכימית (מיקרו מאקרו?).
- להסביר כיצד מס' האטומי של מתכות ואל מתכות קשור למיקומם בטבלה.
- תכונות של יסודות בטבלה: טמפ' היתוך ואנרגיית ינון.

תכונות של מתכות מעבר:

להכיר תכונות כלליות של מתכות מעבר (טמפ' התכה, צפיפות, רמת פעילות, צבע היונים).
מתכות מעבר יוצרות קשר יוני יחיד או יותר מיחיד בעוד אורביטל d אינו מלא. עבור לפחות אחד משלוש מתכות המעבר טיטניום, נחושת לדעת ש:

- קיימות כמה דרגות חמצון.
- הם יונים בעלי צבעים שונים בתמיסה, ותגובות שיקוע בסיסיות.
- תגובות עם ליגנדים ליצירת קומפלקסים ותגובות מערבים החלפת ליגנדים.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

- ההתנהגות הקטליטית של היסודות ותרכובות שלהם.

2. מבנה וקישור ותכונות של חומרים:

מצבי צבירה ושינויים במצבי צבירה הסבר ע"י תנועת החלקיקים (תיאור מיקרו), חוזק הקשר הכימי וכוחות בין מולקולרים:

- להכיר ולהסביר את העקרונות העיקריים של מודל החלקיקים בהקשר של מצבי צבירה ושינויים בין מצב אחד לשני.
- להסביר את מגבלות מודל החלקיקים.
- להשתמש במושגים של מעברי אנרגיה, חוזק יחסי של קשרים אטומיים ובין מולקולריים כדי להסביר הבדלים בטמפ' התכה.
- לעשות שימוש בידע כדי לקבוע מצב צבירה של חומר.
- קשרים בין מולקולרים מבוססים על קוטביות רגעית וקבועה (ו.ד.ו בישראל) כולל קשרי מימן.
- אלקטרושליליות והשלכותיה על סוג הקשר.
- הסבר לתכונות הפיזיות במושגים של מבנה וקישור.
- מבנה של מולקולות פשוטות ויונים (עד 6 זוגות של אלק' ערכיות). הסבר מבוסס על תאוריית הדחייה של זוגות אלק' Valence-Shell Electron-Pair Repulsion Theory.

יוני, קוולנטי ומתכתי:

- לתאר ולהשוות בין קשרים כימיים תרכובות יוניות, מולקולות, חומרים אטומים, פולימרים ומתכות (במונחים של סידור אלקטרוני).
- להסביר קשרים כימיים במונחים חשמליים ובמעבר אלק'.
- לרשום נוסחת ייצוג אלק' ונוסחת מבנה למולקולת וחומרים יוניים.
- לתאר את מגבלת המודלים לייצוג מולקולות.
- לדעת כיצד תכונות החומרים מושפעות מאופי הקשרים הכימיים וחוזקם.

מבנה וקשרים בתרכובות הפחמן:

- לדעת שפחמן יוצר 4 קשרים.
- להסביר שמגוון תרכובות הפחמן השונות מבוסס על יכולת הפחמן ליצור משפחות של תרכובות מאותו הסוג, שרשראות, טבעות..
- להסביר את תכונות היהלום, גרפיט, פולרן וגרפן מבחינת מבנה וקשרים.

תכונות נפח ושטח פנים של חומרים כולל ננו-חומרים:

- להשוות בין ממדי ננו לממדים של אטום ומולקולה.
- לתאר את היחס נפח לשטח פנים של חומר עבור חלקיקים בגדלים שונים וכיצד היחס משפיע על תכונות החומרים.
- לתאר כיצד התכונות של ננו-חומרים קשורים לשימוש בהם.
- להסביר את השימוש הכרוך בחלק מהננו-חומרים.

שימוש במתמטיקה (חשיבה כמותית):

- להשוות יחסים וקני מידה בין אטומים וחפצים בעולם הפיזי.
- לפרש נתונים מתוך דיאגרמות ונוסחאות מתמטיות.
- לייצג מבנים דו- ותלת-ממדיים של מבנים מולקולריים, אלוטרופיים (אטומרים) של פחמן.
- להעריך גודל של אטומים וחלקיקי ננו.
- לעשות שימוש במספרים וחזקות כאשר עוסקים בננו-חומרים.
- לעשות שימוש ביחסים כשמדובר בגודל יחסי או יחסי נפח ולשטח.
- לחשב שטח ונפח של קובייה.

3. שינויים כימיים (תגובות כימיות):

סמלים בכימיה ותרכובות ותהליכים כימיים (שפת הכימאים):

- לעשות שימוש בסמלים כימיים לייצג יסודות ותרכובות מולקולריות פשוטות ותרכובות יוניות.
- לכתוב משוואה אמפירית של התרכובות מתוך המספר היחסי של האטומים בתרכובת או מתוך מודל או דיאגרמה, והפוך.
- לעשות שימוש בשמות וסמלים של יסודות ותרכובות שכיחים ושימוש בחוק שימור המסה כדי לרשום תגובה כימית מאוזנת וחצאי תגובה.
- לעשות שימוש בנוסחאות של יונים ידועים בכדי לדעת את הפורמולציה של תרכובות יוניות וכתובת נוסחאות (תגובות) מאוזנות לחומרים יונים. **איון תגובות כימיות ליונים ותרכובות.**
- לתאר מצבי צבירה לפי סימול s, l, g, aq.
- **זיהוי גזים מוכרים:** לתאר מבחני זיהוי לגז חמצן, מימן, פד"ח וכלור.

כימיה של חומצות:

- לדעת שחומצות מגיבות עם מתכות וקרבונט, רישום תגובה כימית עבור תגובות אלו.
- לדעת שחומצות יוצרות יוני הידרוניום בתגובה עם מים, ושמיסות של חומרים אלקליים (בסיסיים) מכילים יוני הידרוקסיד.
- לדעת שחומציות ובסיסיות נמדדים ב-pH.
- לרשום תגובות סתירה ברוטו ליצירת מים ומלח.
- לרשום תגובת סתירה נטו.
- להשתמש ב- ולהסביר את המושגים מיהול, ריכוז, דרגות יוניזציה של חומצות (חומצות חזקות וחלשות).
- לדעת שכאשר pH יורד ביחידה אחת הריכוז שליוני הידרוניום גדל בסדר גודל.
- לתאר סתירה מלאה ושאינה מלאה והאפקט של ריכוזי יוני ההידרונים על ה-pH.
- **טיטרציות פשוטות של חומצה-בסיס.**
- **חישובי טיטרציה בהתבסס על תוצאות ניסוי.**

סדרה של מתכות פעילות והנטייה שלהן להפוך ליוני חיובי:

- להסביר כיצד הנטייה של מתכות פעילות ליצור יון חיובי קשורים לתגובה שלהם עם מים או עם תמיסות חומציות.
- לקבוע רמת הפעילות של מתכות על סמך ניסויים.

אלקטרוליזה של חומרים יונים מותכים או בתמיסה:

- לתאר אלקטרוליזה במונחים של היונים הקיימים והתגובה עם האלקטרודה.
- לדעת שמתכות ומימן מצטברים בקתודה והאל מתכות באנודה.
- לנבא את תוצרי האלקטרוליזה של תרכובות יוניות (שני יונים) במצב המותר.
- לתאר תחרות בין תגובות באלקטרוליזה של תמיסות יוניות.

תגובות חמצון-חיזור:

- להסביר חמצון וחיזור במונחים של קבלת או מסירת חמצן, זיהוי מי המחמצן ומי המחזור.
- להסביר חמצון וחיזור במונחים של קבלת או מסירת אלק', זיהוי מי המחמצן ומי המחזור.
- **חישוב דרגות חמצון.**
- **פוטנציאל אלקטרודה והשימוש בהם.**

שימוש במתמטיקה בסיסית (חשיבה כמותית): לחשב באמצעות פעולות בסיסיות ויחסים בקביעת נוסחאות אמפיריות ואיון משוואות.

4. שינויי אנרגיה בכימיה:

תגובות אקסותרמיות ואנדותרמיות, כולל גרף אנרגיה של תגובה:

- הבחנה בין תגובות אקסותרמיות ואנדותרמיות בהתבסס על שינויי טמפ' של הסביבה.
- לצייר פרופיל תגובה (דיאגרמת שינוי אנרגיה) לתגובה אקסו ואנדותרמית, זיהוי אנרגית שפועל (אקטיבציה).
- להסביר את אנרגית השפועל (אקטיבציה) כאנרגיה הנדרשת על מנת שתגובה תתרחש.
- לחשב שינויים באנרגיה ע"י חישוב אנרגית הקשר.
- שינוי באנתלפיה (כולל סטנדרטית) של התגובה, אנתלפיית הקשר הממוצעת.
- שימוש בחוק הס לחישוב שינויים באנתלפיה.
- שימוש באנרגיה כולל באנטרופיה כדי לקבוע סבירות שתגובה תתרחש.

תרכובות הפחמן כדלק וכחומר גלם או לדלקים לתעשייה (feedstock):

- לדעת שנפט גולמי הוא המקור העיקרי לפחמנים וכחומר גלם לתעשייה הפטרוכימית.
- להסביר כיצד החיים המודרניים תלויים בפחמימנים ולהבין שנפט גולמי הנו משאב מוגבל.

תאים כימים ותאי דלק:

- לדעת שתאים כימיים מיצרים פוטנציאל חשמלי עד המגיבים מנוצלים עד תום.
 - להעריך את היתרונות והחסרונות של מימן או חמצן ותאים מבוססי דלק אחרים עבור שימוש מסוים.
- שימוש במתמטיקה (חשיבה כמותית): לחשב שינויי אנרגיה, ניתוח גרף אנרגיה של תגובה.

5. קצב תגובה כימית:

משתנים המשפיעים על קצב התגובה כולל קטליזטורים ביולוגיים:

- להציע דרך מעשית לקביעת קצב תגובה.
- לנתח גרפים של קצב תגובה.
- להסביר את ההשפעה של טמפרטורה, ריכוז, לחץ ושטח הפנים על קצב התגובה.
- להסביר את ההשפעה של טמפרטורה, ריכוז, לחץ ושטח הפנים על קצב התגובה מבחינת תיאוריית ההתנגשויות של החלקיקים.
- התפלגות בולצמן.
- להסביר את השפעת התכונות של הקטליזטור (זרז) על קצב התגובה.
- לזהות זרז בתגובה.
- להסביר את פעולת הזרז במונחים של אנרגיית אקטיבציה.
- לדעת שאנזימים משמשים כזרזים במערכות ביולוגיות.
- קביעת ושימוש בקבוע הקצב של התגובה $\text{Rate} = k[A]^m[B]^n$.
- שימוש בסדר התגובה בכדי לקבל מידע על שלב קובע/ מגביל המהירות.

תגובה הפיכה ומושג השווי משקל דינמי:

- לדעת שחלק מהתגובות הינן הפיכות ע"י שינוי בתנאי התגובה.
- לדעת ששווי משקל דינמי מתקבל כאשר הקצב הישיר שווה לקצב ההפוך של התגובה.
- לדעת לנבא את השפעת השינויים בתנאי התגובה (ריכוזים, טמפ' ולחץ) על הש"מ. להציע תנאים מתאימים כדי ליצור תוצר מסוים.
- קבוע ש"מ.
- חישוב קבוע ש"מ וקבוע הריכוזים.
- השפעת הטמפ' על קבוע ש"מ.
- תאוריית ברונסטד-לאורי לחומצות ובסיסים, תוצרי יוניזציה של מים, K_w , חישוב pH עבור חומצות ובסיסים חזקים.

- קבוע הפירוק לחומצות חלשות K_a , חישוב pH לחומצות חלשות.
- תמיסות בופר והשימוש בהם.
- שימוש במתמטיקה (חשיבה כמותית):
- לחשב יחסים בקצב התגובה.
- ציור וניתוח גרפים של קצב תגובה.
- קביעת גרדיינטים לגרפים כדי למדוד את קצב השינוי לקביעת הקצב (determining gradients of graphs as a measure of rate of change to determine rate).
- פרופורציות בהשוואה בין פקטורים המשפיעים על קצב התגובה.

6. כימיה אורגנית:

סדרות של משפחות הומולוגיות כולל אלקאנים, אלקנים, אלקוהול וחומצות קרבוקסיליות:

- לזהות קב' פונקציונליות ותרכובות הומולוגיות מאותה המשפחה.
- לקבוע שם ורישום מבנה (רישום מלא ורישום מקוצר) עבור הנ"ל.
- איזומרים מרחביים וסטריאו-איזומרים stereoisomers (כולל גאומטריית E/Z). איזומריזציה נוצרת ממגבלות הרטוציה סביב הקשר הכפול.
- איזומרים אופטיים הנוצרים כתוצאה מכירליות (single chiral center).
- תגובות בסיסיות עבור אלקאנים, אלקנים ואלכוהול:
- לקבוע נוסחה ומבנה של תוצרי תגובה (דחיסה, סיפוח על קשר כפול, חמצון אלקוהול לח' קרבוקסילית, רידוקציה, הידרוליזה).
- מנגנוני פעולה: התמרה רדיקלית, התמרה וסיפוח נוקלאופילי ואלקטרופילי.
- קשר יחיד וכפול, קוטביות הקשר, אנתלפיית הקשר כגורם המשפיע על רמת פעילות.
- בנונים מבנה וקישור.
- סינתזה של כימיה אורגנית באלקאנים, אלקנים, אלקנים הלוגנים, אלקוהול, ארנים, אלדהיד, קטון, קב' קרבוקסילית, אסטר, אמינים, חומצות אמינו ואמידים.

לדעת שהתגובות המיוחסות לקב' הפונקציונליות הן אלו שקובעות את התגובות בתרכובות אורגניות.

פולימרים סינתטיים וטבעיים כולל DNA:

- לדעת את העקרונות הבסיסיים בפילמור בהתייחס לקב' הפונקציונליות של המונומר והקבוצה החוזרנית בפולימר.
- לקבוע את המבנה לאחר הוספת מונומר ליצירת פולימר של אלקן פשוט והפוך.
- להסביר את עקרונות הדחיסה הפולימרית בהתייחס לקב' הפונקציונליות של המונומר, המספר המינימלי של קב' פונקציונליות במונומר, מספר החזרות, ויצירה בו זמנית של מולקולות קטנות.
- לדעת ש-DNA הוא פולימר בנוי נוקלאוטידים (מונומרים) ושישנם פולימרים טבעיים נוספים כמו חלבונים וסוכר.

7. כימיה אנליטית:

קביעת נקיות purity (חומר טהור) והפרדת תערובות:

- להסביר את המושג purity of substance דרגת נקיות של חומר ומה ההבדל בינו לבין המושג היום יומי של חומר נקי (טהור).
- להסביר שחומרים רבים הנם תערובות.
- לתאר ולהסביר שיטות הפרדה (פילטראציה, קריסטלוגרפיה, זיקוק וזיקוק בשלבים לפי טמפ' רתיחה).
- לדעת שכרומטוגרפיה כוללת פזה ניחת ופזה מובילית בה מתבצעת ההפרדה.
- לנתח כרומטוגרפיה כולל קביעת R_f .
- להציע שיטות להפרדה לאור הכרת תכונות החומרים.

- לעשות שימוש בנק' רתיחה כדי להבדיל בין חומר טהור לתערובת.
- להציע שיטות כרומטוגרפיה כדי להבדיל בין חומר טהור לתערובת.
- **שימוש בשיטות כמו ספקטרומטר מסה, ספקטרוסקופיה אינפרא-אדום, כרומטוגרפיה כולל שיטות לקביעת מבנה.**

שימור המסה והערכה כמותית של משוואות מאוזנות:

- לעשות שימוש בחוק שימור המסה.
- להסביר ולהבחין בשינויים במסה במערכות פתוחות והסברת השינוי במסה תוך שימוש במנוחים מיקרוסקופיים (חלקיקים).
- לחשב מסה מולרית לתרכובת בנפרד או כחלק מתגובה.

שימוש בכמות החומר בהתייחס למסה של חומר טהור (כימיה חישובית):

- לדעת להשתמש במס' אבוגדרו ובמול.
- להסביר כיצד המסה של חומר קשורה למס' המולים שלו והפוך.
- לעשות חישובים בסטויכיומטריה על פי המסה של המגיבים ותוצרים והסבר לגורם המגביל בתגובה.
- לעשות שימוש בתגובות מאוזנות לחישוב מסת מגיבים ותוצרים.
- להסביר את הקשר בין נפח ומסת התמיסה לריכוזה.

שימוש במול בהקשר לנפח גזים:

- לתאר את הקשר בין מס' מולים והנפח של גזים, חישוב נפח גז בתגובה תוך שימוש בנפח מולרי, טמפ' חדר ולחץ.

עקרונות בקביעת ריכוז תמיסה:

- להסביר את הקשר בין ריכוז, נפח ומס' מולים בתמיסה.
- להסביר את הקשר בין נפח תמיסה בריכוז ידוע לבין הנפח או הריכוז של חומר אחר המגיב בשלימות עם החומר בתמיסה.

זיהוי יונים ע"י תגובות כימיות ושיטות ספקטרוסקופיות:

- לתאר שיטות למציאת וקביעת קטיונים ואניונים ממוימים.
- לזהות את היון מתוך התוצאות.
- לנתח מבחן להבדיל כדי לזהות יונים מתכתיים (Li, Na, K, Ca, Cu).
- לתאר את היתרונות שבשיטות אנליטיות מבוססות מכשור (רגישות, דיוק ומהירות).
- לנתח תוצאות מכשור מטבלאות בהשוואה לתוצאות בקרה.

שימוש במתמטיקה (חשיבה כמותית):

- לחשב יחס, אחוזים, כימיה חישובית.
- לחשב עם מס' אבוגדרו.
- שינוי הנושא במשוואה מתמטית.
- לספק תשובה למספר סביר של תרשימים בעלי חשיבות.
- לבצע המרת יחידות במיוחד בין מסה למול.
- לנתח תרשימים בעיקר של ספקטרוסקופים.

8. כימיה ותעשיות קשורות:

מחזור החיים של חומר ומחזור:

- לתאר את הקרונות הבסיסיים בתהליך מחזור החיים של חומר.
- לנתח נתונים ממחזור חיים של חומר או תוצר.
- לתאר תהליך מחזור של חומר לשימוש אחר ולהסביר מדוע הנו בר קיימא (viable).
- לדעת להעריך פקטורים המשפיעים על ההחלטה למחזור.

זיקוק בשלבים של נפט גולמי ושבירת מולקולות ארוכות (cracking).

- להסביר הפרדת נפט גולמי ע"י זיקוק בשלבים.
 - להסביר את הפרקציות של הזיקוק כתערובות על אלקנים.
 - להסביר את ייצור החומרים היותר שמישים ע"י cracking.
- שיטות שונות לכרייה וניקוי מתכות בהתאם לרמת פעילות עם חמצן ומציאות הפחמן בתוכן.**
- להסביר, בהשתמש המיצוב הפחמן לסדרה הפעילה את עקרונות ה תעשייתיים לכריית מתכות כולל מתכות שאינן ברזל.
 - להסביר מדוע משתמשים באלקטרוליזה למיצוי חלק מהמתכות מהמחצב (מרבצים).
 - להעריך שיטות ביולוגיות למיצוי מתכות.

שימוש בחומרים:

- לתאר את התנאים לקורוזיה, וכיצד משככים (mitigation) את השפעות הקורוזיה (מחסום פיזי לחמצן וע"י הקרבת מתכות אחרות).
- לתאר את ההרכב של סגסוגות בהקשר לשימוש בהם ולחשיבותם.
- לתאר **כמותית** את התכונות הפיזיות של זכוכית וקרמיקת חימר, פולימרים, תרכובות ומתכות .
- להסביר כיצד התכונות של חומרים מתקשרות לשימוש בהם ובחירת חומרים מתאימים לפי התכונות ובהתאם לשימוש.

המאזן בין נקודת הש"מ והקצב בתהליכים תעשייתיים:

- לנתח גרף של תנאי תגובה אל מול קצב.
- להסביר את המאזן בין קצב היצור ונק' הש"מ בתהליכים תעשייתיים חשובים.
- להסביר כיצד התנאים ליצור שיווקי קשורים לזמינות ועלות חומרי הגלם, אספקת האנרגיה והשליטה בש"מ ובקצב התגובה.

תוצרי חקלאות והשימוש בדשנים מבוססי חנקן, פוספט ואשלגן:

- להסביר את חשיבות תהליך בר ביצור חקלאי.
- להכיר את החשיבות של חנקן, פוספט ואשלגן ביצירת דשנים לחקלאות.
- לתאר את היצור התעשייתי של דשנים במספר שלבים עם מספר חומרי גלם בהשוואה לסינתזה במעבדה.
- להשוות בין יצור תעשייתי של דשנים מול דשנים תוצרי מעבדה.

השוואה של ניצולת והסכון בייצור atom economy בתגובות כימיות:

- לחשב אחוז הניצולת של תוצר תגובה מתוך ניצולת התגובה.
- לחשב את הכמות התאורטית של תוצר מתוך כמות ידוע של מגיבים.
- להגדיר את היעילות (החיסכון) האטומית atom economy של תהליך.
- להסביר מדוע בוחרים בתגובה מסוימת לייצור בהתחשב ב-atom economy, ניצולת, קצב נק' ש"מ ושימוש בתוצרי הלוואי (הנלווים) של התהליך.

שימוש במתמטיקה (חשיבה כמותית): לחשב ניצולת ו-atom economy.

9. מדעי הארץ והאטמוספירה:

ההרכב והאבולוציה של אטמוספירת כדור"א:

- לנתח עדויות הנוגעות לתאוריית היווצרות האטמוספירה.
- להסביר כיצד לפי התאוריה נוצרה אטמוספירה עשירה בחמצן.

פחמן דו חמצני ומתאן כגזי חממה:

- להסביר את אפקט החממה במושגים של אינטראקציות בין קרינת שהמש והחומר.
- להעריך עדויות להשפעות אנטרופוגניות על שינוי האקלים, כולל שינויים ברמת פד"ח באטמוספירה, שימוש בדלק מאובנים, ותיאור חוסר הוודאות בעדויות הקיימות.
- לתאר את ההשפעות הפוטנציאליות של רמות עולות של פד"ח ומתאן על אקלים כדור"א וכיצד ניתן להנמיך את השפעתם, כולל השלכות סביבתיות.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

מזהמים אטמוספריים ומקורם: לתאר את המקורות העיקריים של פחמן חד חמצני, תחמוצת גופרתית, תחמוצות של חנקן והשפעתם המזיקה.

מאגרי המים בכדור"א והשגת מי שתיה: לתאר את העקרונות של השיטות להגברת זמינות מי השתיה במונחים של שיטות הפרדה כולל טיפול במי שפכים, מאגרים תת קרקעיים ומים מלוחים.

שימוש במתמטיקה (חשיבה כמותית): לנתח ולחלץ מידע מטבלאות, תרשימים וגרפים. שימוש בסדרי גודל לצורך הערכת מידע.

מיומנויות:

מתוך תכנית הלימודים עבור KS4:

מיומנויות של חשיבה כמותית (מפורטות בנספח 3 בתוכנית הלימודים): דרישות למיומנויות מתמטיות מוזכרות כחלק מתוכן של תכנית הלימודים עבור כל נושא נלמד בנפרד. בנוסף, בנספח מס' 3 מפורטות המיומנויות המתמטיות הנדרשות עבור מקצוע הכימיה בכללות.

מיומנויות מעבדת חקר ושימוש בציוד וממכשור (מפורטות בנספח 4 בתכנית הלימודים):

- שימוש בציוד ומכשור מתאימים למדידות (מסה, זמן, טמפ', נפח וכו).
- בטיחות שימוש במכשירים.
- שימוש בציוד ובמכשור מתאים לניתור תגובות כימיות (שימוש בריאגנטים, טכניקות למדידת pH).
- שימוש בטוח בציוד ובמכשור לניקוי והפרדת כימיקלים (אידי, פילטרציה, קריסטלוגרפיה, כרומטוגרפיה וזיקוק).
- רישום ומדידת תצפיות במהלך תגובות כימיות כולל טמפ', קצב תגובה (יצור גז או שינוי בצבע).
- שימוש זהיר ובטוח בגזים, נוזלים ומוצקים. כולל ערבוב ריאגנטים בתגובה תוך שימוש במכשור המתאים.
- שימוש בציוד ובמכשור המתאים לציור, והקמת תאים אלקטרוכימיים לצורך הפרדת וייצור חומרים.
- שימוש במכשור, ריאגנטים וטכניקות המתאימות לצורך אנליזה וזיהוי דגימות לא מוכרות או תוצרים הכוללים מבחני גז, להבה, תגובות שיקוע וקביעת ריכוזים של חומצות חזקות ובסיסים חזקים.

מתוך תכנית הלימודים עבור KS5:

- מיומנויות של חשיבה כמותית מפורטות בנספח b6 בתכנית הלימודים (גרפים, ניתוח ועיבוד מידע שימוש נכון במשוואות מתמטיות), הערכת טווח טעות, דיוק ונכונות הנתונים
- חשיבה עצמאית
- שימוש ויישום פרקטיקות ושיטות מדעיות (ביקורת על ניסוי והערכת שיטות, הצגת נתונים, הערכת תוצאות, הסקת מסקנות תוך חשיבה ביקורתית)

מיומנויות מעבדה (פירוט נוסף בנספח c5):

שימוש במכשור וציוד למדידת: נפחים, מסות, טמפ', מכשירי חימום, מדידת pH, טיטרציות (חומצה-בסיס), זיקוק, שיטות איכותיות לבדיקת יונים ותרכובות אורגניות, פילטרציה, ניקוי (קריסטלוגרפיה, הפרדת נוזלים, כרומטוגרפיה, תאים אלקטרוכימיים, וולטמטר).

בטיחות במעבדה. מדידת קצב תגובה (מדידה בנק' זמן ומדידה רציפה).

נספח מספר 4 – פירוט תכנית הלימודים המתואמת בישראל

תכנית הלימודים המותאמת בכימיה
התכנית תקפה לתלמידי כיתות י, י"א, י"ב.

מפמ"ר: ד"ר דורית טייטלבוים

אתר המפמ"ר: http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/chimya

בטבלה מופיעים מושגים והבהרות ללא צבע ועם רקע צבעוני. להלן מקרא למשמעות של כל צבע:

- ללא צבע – החלק שיהווה את בסיס הידע והמיומנויות (70%) בתכנית המותאמת
- ירוק – החלק שיהווה את הבחירה וההעמקה (30%) בתכנית המותאמת

5 יחידות לימוד בכימיה

מושגי יסוד

נושאים	מושגים	הבהרות
מצבי צבירה	מוצק, נוזל, גז טמפרטורת היתוך טמפרטורת רתיחה	כל מצבי הצבירה ילמדו: ברמה המאקרוסקופית (מה רואים ומוודדים) ברמה מיקרוסקופית (הרמה החלקיקית) ברמת הסמל
חומרים	חומר טהור: יסוד, תרכובת תערובת הומוגנית תערובת הטרוגנית	
שפת הכימאים	סמלים של יסודות ניסוח ואיזון תהליכים תגובות שריפה- שריפה מלאה ושריפה חלקית	חוק שימור החומר
מיומנויות החקר המדעי	תצפית תוצאות הסבר תוצאות מסקנות מיומנויות גרפיות, טבלאות ומעבר מצורת ייצוג אחת לצורת ייצוג אחרת	

מבנה האטום

נושאים	מושגים	הבהרות
חלקיקי האטום	גרעין, פרוטונים, נייטרונים ואלקטרונים. מספר אטומי, מספר מסה	תאוריה ומודל - התלמידים צריכים להכיר את המשמעות של מושגים אלו ועל כן מומלץ לשלבם בהוראת הפרק. אין חובה ללמד את התפתחות מודל האטום
הגרעין	איזוטופים	
רדיואקטיביות	קרינת אלפא, קרינת ביתא, קרינת גמא – הרכב, מטען והשוואת חדירות	התלמידים ידרשו לדעת את הקשר בין סוג הקרינה לשינוי במספר האטומי ומספר המסה, בניסוח נתון. ניסוחים לדוגמה: קרינת אלפא: ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + \alpha$ קרינת ביתא: ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + \beta$ התלמידים לא ידרשו לדעת לנסח תהליכים.
טבלה מחזורית	הטבלה המחזורית: טורים (משפחות) שורות (מחזורים) מתכות / אל מתכות	התלמידים ידרשו לדעת בע"פ את שמות המשפחות הכימיות הבאות: מתכות אלקליות, מתכות אלקליות עפרוריות, הלוגנים וגזים אצילים
אלקטרונים	הערכות אלקטרונים ברמות אנרגיה של האטום אלקטרוני ערכיות	התלמידים ידעו לרשום הערכות אלקטרונית של אטומים ויונים עד מספר אטומי 20, ועד בכלל. הקשר בין הערכות אלקטרונית ומיקום היסוד בטבלה מחזורית.
האטום	אורביטל	הגדרה בלבד
	חוק קולון	ברמה האיכותית
	רדיוס האטום	התלמידים ידעו לציין את הגורמים המשפיעים ולא ידרשו לנמק
	אנרגיית יינון ראשונה	התלמידים ידעו לציין את הגורמים המשפיעים ולהסביר
	יונים חד אטומים	התלמידים ידעו את הקשר בין היון (סוג היון ומטענו) לבין מיקומו של אטום היסוד, שממנו היון נוצר בטבלה המחזורית

מבנה וקישור

נושאים	מושגים	הבהרות
קשר קוולנטי	קשר טהור, קשר קוטבי קשר יחיד, כפול, משולש אלקטרושליליות מטען חלקי (חיובי/שלילי)	ערכי האלקטרושליליות נתונים
	אנרגיית קשר אורך קשר	הכרת הגורמים המשפיעים: סדר הקשר, רדיוס האטומים המשתתפים בקשר וקוטביות הקשר.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
		התלמידים ידעו לציין את הגורמים המשפיעים ולא ידרשו לנמק.
מולקולה	צורות ייצוג של מולקולות: נוסחה מולקולרית, נוסחת ייצוג אלקטרוני, ייצוג מקוצר, ייצוג מלא של נוסחת מבנה איזומרים	נוסחאות ייצוג אלקטרוני נדרשות עבור: מולקולות, אטומים בודדים ויונים חד אטומיים.
		הכרת המושג התלמידים ידעו לזהות איזומרים על פי נוסחאות מבנה נתונות. שרטוט איזומרים – התלמידים ידרשו לשרטט איזומרים רק בפרק כימיה של מזון עבור חומצות שומן בלתי רוויות (איזומרים גאומטריים).
	מבנה מולקולה: טטראדר, פירמידה משולשת, זוויתי, משולש מישורי, קווי	התלמידים ידרשו להכיר את המבנה אך לא לקבוע אותו.
	קוטביות מולקולה	התלמידים ידעו לקבוע קוטביות של מולקולות עם אטום מרכזי אחד, כשהמבנה הגיאומטרי של המולקולות נתון.
	פחמימן	התלמידים יכירו את ההגדרה של פחמימן.
	קבוצות פונקציונליות בתרכובות הפחמן (ללא תגובות): קשר כפול, הידרוכסיל (כהל), קרבוקסיל (חומצה קרבוקסילית), אמין	תלמידים ידרשו לזהות קבוצות אטומים האופייניות לקבוצות הפונקציונליות אלו, כולל זיהוי שם הקבוצה.
חומרים מולקולריים	קבוצות פונקציונליות בתרכובות הפחמן (ללא תגובות): אתר קטון, אלדהיד אסטר, אמיד	התלמידים ידרשו לזהות קבוצות אטומים האופייניות לקבוצות הפונקציונליות אלו, כולל זיהוי שם הקבוצה, מתוך דף נוסחאות שבו יופיעו נוסחאות מבנה כלליות של הקבוצות הפונקציונליות
	קשרים בין-מולקולריים: אינטראקציות ון-דר-ולס (i.d.v.)	התלמידים ידרשו לדעת את הגורמים המשפיעים על חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס (i.d.v.): מספר האלקטרוני הכולל במולקולה (גודל ענן האלקטרוני), קוטביות המולקולות, שטח הפנים של המולקולות.
	קשרים בין-מולקולריים: קשרי מימן	התלמידים ידרשו לדעת את הגורמים המשפיעים על חוזק קשרי מימן: מספר מוקדים ליצירת קשרי מימן, הפרש האלקטרושליליות בקשר הקוולנטי בו קשור אטום המימן. כיווניות קשרי מימן.

נושאים	מושגים	הבהרות
	תכונות: טמפרטורת היתוך, טמפרטורת רתיחה מסיסות	התלמידים ידרשו לדעת את ההסבר לפי חוזק הקשרים הבין-מולקולריים. השוואה בין טמפרטורות רתיחה של חומרים מולקולריים בלבד. התלמידים ידרשו לתאר ברמה מיקרוסקופית חומרים מולקולריים ותמיסות כמפורט בנספח 3 - תיאור חומרים ברמות הבנה שונות התלמידים ידרשו לדעת כי קשרים קוולנטים חזקים מקשרים בין מולקולריים. בהסבר מסיסות של חומר מולקולרי אחד בחומר מולקולרי אחר התלמידים ידרשו להתייחס לקשרים הנוצרים בין הממס למומס.
חומרים אטומריים	מודל הסריג האטומרי תכונות: טמפרטורת היתוך מוליכות חשמלית	התלמידים יכירו את החומרים האטומריים הבאים: יהלום, גרפיט, צורן, וצורן חמצני, SiO_2 התלמידים ידעו להסביר את התכונות תוך התייחסות למבנה החומר ולסוג הקשרים הקוולנטים בין האטומים (רמה מיקרוסקופית) התלמידים ידרשו לתאר ברמה מיקרוסקופית חומרים אטומריים כמפורט בנספח 3 - תיאור חומרים ברמות הבנה שונות
חומרים יוניים	יונים חד אטומיים, יונים רב אטומיים פשוטים נוסחה אמפירית של חומר יוני מודל הסריג היוני, קשר יוני בסריג תכונות: מוליכות חשמלית, מסיסות במים מצב צבירה בטמפרטורת החדר ניסוח תהליכי היתוך, ניסוח תהליכי המסה במים יונים ממוימים תגובת שיקוע	התלמידים ידרשו לדעת לכתוב נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של יונים חד אטומיים בלבד התלמידים ידעו להסביר את התכונות ברמה המיקרוסקופית התלמידים לא ידרשו לדעת בעל פה אילו חומרים הם קלי תמס ואילו חומרים הם קשי תמס זיהוי לפי ניסוח נתון המודל – יונים חיוביים ב"ם אלקטרוניים" התלמידים ידעו להסביר את התכונות ברמה המיקרוסקופית הגדרה תכונות הריקוע – השוואה בין סגסוגת למתכת
חומרים מתכתיים	מודל הסריג המתכתי, קשר מתכתי בסריג תכונות: מצב צבירה בטמפרטורת החדר מוליכות חשמלית ריקוע סגסוגת	

חישובים בכימיה (סטוכיומטריה)

הנוסחאות לחישוב מספר מולים על פי: מסה מולרית, ריכוז תמיסה ונפח של גז, יינתנו בבחינת הבגרות לכל התלמידים בדף הנוסחאות.

נושאים	מושגים	הבהרות
המול	הגדרת המול	
	מספר אבוגדרו	
	מסה מולרית	חישובים של הקשר בין מסה, מספר מולים ומסה מולרית
	ניסוח מאוזן של תגובה יחס מולים בתגובה	התלמידים ידעו לאזן ניסוחים של תגובות כימיות פשוטות
	חישובים בתגובה	ללא גורם מגביל - פרט לחישובים בתגובות סתירה חלקית
תמיסות	ריכוז מולרי	קשר בין מולים של מומס, נפח תמיסה וריכוז התמיסה. חישובים על פי ניסוח תגובה – ללא גורם מגביל
המצב הגזי	לחץ נפח טמפרטורה	התלמידים ידעו באופן איכותי בלבד (ללא חישובים) את ההשפעה של: שינוי טמפרטורה על הנפח והלחץ של גז שינוי מספר מולי הגז על הנפח והלחץ של גז שינוי נפח על הלחץ של גז, ולהפך שינוי לחץ על הנפח של גז
	טמפרטורה-סקאלה	התלמידים יכירו את סולם הטמפרטורות לפי צלזיוס ולפי קלוין
	השערת אבוגדרו	כולל קביעת נוסחה מולקולרית של חומר במצב צבירה גז
	נפח מולרי של גז	קשר בין נפח הגז, מספר מולים ונפח מולרי של גז
		חישובים על פי ניסוח תגובה – ללא גורם מגביל

חמצון חיזור

נושאים	מושגים	הבהרות
מושגי יסוד	חומר מחמצן, חומר מחזר, תהליך חמצון, תהליך חיזור	
פעילות יחסית של מתכות	ניסוח תגובות חמצון חיזור בין יוני מתכת לבין מתכת	
	שורה אלקטרוכימית	אין צורך לזכור בעל פה את השורה האלקטרוכימית
קורוזיה	גורמים המשפיעים על קורוזיה	ריכוז החמצן, אחוז לחות, טמפרטורה
	שיטות הגנה בפני קורוזיה	בידוד המתכת, טיפול בסביבה, הגנה קתודית
דרגות חמצון	כללים לקביעת דרגות חמצון	התלמידים ידעו לקבוע דרגות חמצון

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

קביעת דרגות חמצון של אטומים בתרכובות פחמן על פי נוסחת מבנה	דרגות חמצון של תרכובות פחמן	
	דרגת חמצון: מרבית (מקסימאלית) מזערית (מינימאלית)	
תגובות פשוטות בלבד. התלמידים לא ידרשו לאזן ניסוחי תגובות בהן יש גם שימוש בסכום מטענים	קביעת מחמצן ומחזר על פי שינוי בדרגות חמצון	איזון תגובות חמצון חיזור
התלמידים לא ידרשו לדעת לחשב דרגת חמצון על פי מספר מולי האלקטרונים שעברו בתגובה.	קביעת היחס בין מספר מולים של המגיב או התוצר למספר המולים של אלקטרונים שעובר בתגובה חישוב מספר מול אלקטרונים שעוברים בתגובה	
	אנטיאוקסידנט כחומר מחזר רדיקלים חופשיים	אנטיאוקסידנטים

חומצות ובסיסים

נושאים	מושגים	הבהרות
מושגי יסוד	בסיס, חומצה	הגדרת בסיס וחומצה לפי ברונסטד ולאורי
	אינדיקטור – חומר בוחן	השימוש באינדיקטורים כמדד לאופי התמיסה (חומצית, ניטרלית, בסיסית). התלמידים יכירו מגוון אינדיקטורים. אין צורך לזכור צבעים
	תגובות חומצה בסיס	
חומצות	הכרה וניסוח תגובות של מגוון חומצות עם מים חומצה קרבוקסילית, RCOOH	יש להיצמד לדף תגובות לפרקים חומצות בסיסים וחמצון חיזור התלמידים יכירו את המושגים תמיסה מימית חומצית ותמיסה מימית בסיסית
בסיסים	הכרה וניסוח תגובות של מגוון בסיסים עם מים אמין ראשוני, RNH_2	
מים	מים כחומצה וכבסיס	
	תגובות סתירה	
pH	סקלת ה-pH	ללא חישוב
	קביעת תחום pH בתמיסה	בסתירה מלאה וחלקית

כימיה של מזון

נושאים	מושגים	הבהרות
אבות המזון	פחמימות, שומנים, חלבונים, ויטמינים, מינרלים	הכרות כללית עם אבות המזון התלמידים לא ידרשו לזכור בעל פה נוסחאות של אבות המזון.

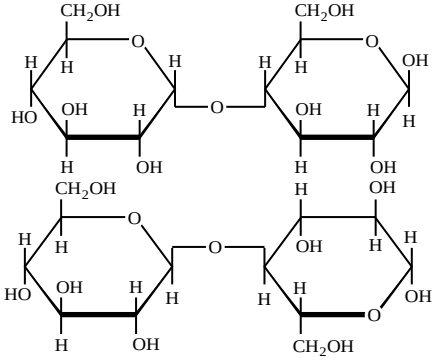
כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

		התלמידים ידרשו להבחין בין ויטמינים מסיסים במים לבין ויטמינים מסיסים בשמן ולהסביר את קביעתם
	חישוב ערך קלורי של מזון	התלמידים לא ידרשו לזכור בעל פה את הערכים הקלוריים של אבות המזון
חומצות שומן	נוסחאות ייצוג שונות	נוסחה מולקולרית נוסחת מבנה ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה רישום מקוצר (על פי המפורט בנספח 1)
	חומצות שומן רוויות ובלתי רוויות	ללא חמצון עצמי של קשר כפול
	חומצות שומן בלתי רוויות בעלות איזומריה גיאומטרית ציס וטרנס	התלמידים ידרשו לדעת לשרטט איזומרים גאומטריים
	השוואת טמפרטורות היתוך של חומצות שומן	גורמים משפיעים: אורך השרשרת דרגת ריוויון סוג איזומריה גיאומטרית
	חומצות שומן חיוניות	
	תגובת הידרוגנציה: סיפוח מימן לקשר כפול	
	הגדרה ומבנה	התלמידים יכירו את ההגדרה וידעו לזהות את המבנה של טריגליצריד
טריגליצרידים	תגובת איסטור לקבלת טריגליצריד	התלמידים ידרשו לנסח את התגובה ולזהות את הקבוצה האסטרית
	הידרוליזה של טריגליצריד	התלמידים ידרשו לנסח את התגובה
	השפעת הרכב חומצות השומן בטריגליצריד על טמפרטורת ההיתוך	

סוכרים

נושאים	מושגים	הבהרות
חד סוכרים	הכרת נוסחת הייזרת של גלוקוז ומיספור הפחמנים	מבנה הגלוקוז יינתן בבחינה. הטבעת הנתונה תהיה במבנה איזומר D התלמידים לא ידרשו להכיר את המושג איזומריה אופטית
	הכרת נוסחת פישור של גלוקוז ומיספור הפחמנים	מבנה הגלוקוז יינתן בבחינה. התלמידים לא ידרשו להעביר מנוסחת פישור לנוסחת הייזרת ולהיפך
	תהליך מוטרוטציה אנומרים	התלמידים לא ידרשו לדעת את מנגנון פתיחת הטבעת וסגירתה התלמידים לא ידרשו לדעת לנסח את תגובת המוטרוטציה. התלמידים ידרשו לדעת לשרטט אנומרים
	איזומרים של גלוקוז	איזומרים עם טבעת משושה בלבד. זיהוי האיזומרים בהשוואה לגלוקוז בלבד

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
דו סוכרים	יצירת קשר גליקוזידי	הקשר הגליקוזידי יופיע באיור כך: דוגמה 1 - שתי טבעות ישרות  דוגמה 2 - טבעת ימנית הפוכה
		התלמידים ידעו לשרטט את תוצרי ההידרוליזה התלמידים ידרשו לזהות את התבנית ועמדות הקישור מנוסחאות מבנה נתונות.
רב סוכרים	תאית	עמדת הקישור תפקוד כחומר מבנה
	עמילן וגליקוגן	עמדת הקישור תפקוד כחומר אגירה

אנרגיה ודינמיקה שלב 1

אנרגיה

נושאים	מושגים	הבהרות
מושגי יסוד	אנרגיה פנימית אנרגיה פוטנציאלית אנרגיה קינטית (כוללת)	הכרת מושגים אלו בלבד (ללא תרגול), הבנה איכותית אנרגיה פוטנציאלית – כמרכיב של אנרגיה פנימית
	אנרגיה קינטית ממוצעת טמפרטורה	התלמידים ידעו את הקשר בין אנרגיה קינטית ממוצעת לבין טמפרטורה. אנרגיה וטמפרטורה ואבחנה ביניהן
	מערכת וסביבה תגובה בכלי פתוח / סגור / מבודד	מושגי מערכת וסביבה. הכרת המושגים בלבד

שינויי אנתלפיה בתגובות כימיות אנתלפיה ושינוי אנתלפיה תגובות אקסותרמיות ותגובות אנדותרמיות יחידות מידה	שיטות ייצוג שונות: – בגרף – בציון ΔH^0 ליד ניסוח התגובה יחידות: קילוג'אול, kJ, ג'אול, J התלמידים ידעו כי ΔH^0 מתייחס לתגובה על פי הניסוח שלה (הקשר בין ΔH^0 לבין Q)
שינויי אנתלפיה במהלך שינויים במצבי צבירה	אנתלפיית היתוך אנתלפיית אידוי אנתלפיית המראה
חישוב השינוי באנתלפיה לפי חוק הס	
חישוב השינוי באנתלפיה של תגובה בעזרת אנתלפיות קשר	ללא אנתלפיית אטומיזציה החישוב יוגבל לתגובות שבהן המגיבים והתוצרים במצב צבירה גז בלבד

קצב תגובה ושינוי משקל

נושאים	מושגים	הבהרות
קצב תגובה	קצב תגובה – הבנת המושג אנרגיית שפעול תצמיד משופעל מודל ההתנגשויות בין החלקיקים	
	גורמים המשפיעים על קצב התגובה: ריכוז, טמפרטורה, שטח פנים, סוג המגיבים (אנרגיית שפעול)	
	זרז	לא צריך להכיר סוגי זרזים
שינוי משקל	מצב של שינוי משקל תגובות הפיכות, דינמיות, מאפייני שינוי משקל	שינוי משקל במערכות הומוגניות בלבד. רמה מאקרוסקופית רמה מיקרוסקופית
	הקשר בין מספר מולי הגז ללחץ בכלי	
	קבוע שינוי משקל, K_c	באופן איכותי
	חישוב קבוע שינוי משקל	לפי נתונים כולל הצגות גרפיות
	מנת ריכוזים, Q	

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

שינוי ריכוז	התלמידים ידרשו להסביר בהתייחס למודל ההתנגשויות או על ידי השוואת Q ל- Kc עקרון לה שטלייה –ניתן להיעזר בעיקרון לצורך ניבוי אך לא כהסבר.
שינוי טמפרטורה	התלמידים ידרשו לקבוע את הקשר בין קבוע שיווי משקל, לבין הטמפרטורה ולסוג התגובה (אקסותרמית, אנדותרמית), על פי עקרון לה שטלייה.
הוספת זרז	התלמידים ידרשו להבחין בין הוספת זרז בתחילת התגובה או הוספתו במצב שיווי-משקל

מדוע מתרחשות תגובות

נושאים	מושגים	הבהרות
אנטרופיה	משמעות המושג: מדד לפיזור האנרגיה ופיזור החלקיקים בחומר, (תיאור המצבים המיקרוסקופיים האפשריים) אנטרופיה של חומר במצבי צבירה שונים	התלמידים לא ידרשו להשוות ערכי אנטרופיה של חומרים שונים.
	השינוי באנטרופיה של מערכת	התלמידים ידעו להעריך את סימנו של השינוי באנטרופיה של מערכת תוך התבססות על : 1. שינויים במצבי הצבירה של החומרים 2. שינויים במספר המולים של מרכיבים גזים
	חישוב השינוי באנטרופיה של מערכת	$\Delta S^0 = \sum S_{\text{מוצרים}}^0 - \sum S_{\text{מגיבים}}^0$
	השינוי באנטרופיה של הסביבה	איכותי וכמותי (על פי חישובים)
	חישוב השינוי באנטרופיה של הסביבה	הנוסחה: $\Delta S_{\text{סביבה}}^0 = -\frac{\Delta H^0}{T}$
	החוק השני של התרמודינאמיקה על פי השינוי באנטרופיה של היקום.	
ספונטניות של תגובה	חישוב השינוי באנטרופיה של היקום	$\Delta S_{\text{סביבה}}^0 + \Delta S_{\text{מערכת}}^0 = \Delta S_{\text{יקום}}^0$
		התלמידים לא ידרשו להסביר את המצב של יקום $\Delta S^0 = 0$ התלמידים לא ידרשו לחשב את טמפרטורת ההיפוך. התלמידים לא ידרשו לקבוע את תחום הטמפרטורות בו התגובה ספונטנית

מבניות בחירה ברום ותרכובותיו

מבוא

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
ברום ותרבותיו	ברום ותרבות ברום	התלמידים יחשפו לתכונות והשימושים של ברום ותרבותיו
שיקולים בהקמתה של תעשיית הברום בישראל	שיקולים אקולוגיים שיקולים כלכליים שיקולים חברתיים	התלמידים יכירו את יתרונות ים המלח כמקור לחומרי גלם בייצור התעשייתי
עקרונות כלליים בפיתוח מוצר בתעשייה	חומרי גלם – שיקולים בבחירת חומרי גלם תרשים זרימה תפוקה, המרה וניצולת גימלון מיחזור והשבה תהליך רציף, תהליך מנתי, חומרי לוואי שיקולים בבחירת חומרי מבנה ואריזה בטיחות (בייצור, באחסון ובשינוע)	כל העקרונות המוזכרים בפרק זה יתורגלו בכל אחד מתהליכי הייצור התלמידים ידעו לקרוא תרשים זרימה. התלמידים ידעו לבנות תרשים זרימה פשוט. התלמידים ידעו לחשב המרה וניצולת. בכל החישובים יוגדר אחד המדדים (המרה או ניצולת) כ- 100%. ריכוז החומר יהיה נתון ביחידות מולאר, M

תהליכי הייצור

נושאים	מושגים	הבהרות
ברום Br_2	ייצור ברום במעבדה ובתעשייה נפיצות, תכונות, רעילות, בטיחות בעבודה ובשינוע, חומרים מנטרלים, חומרי גלם, זיקוק, עיבוי חומרי מבנה, מחליף חום, עלויות אנרגיה, תגובת חמצון חיזור, תוצרי לוואי	
מימן ברומי HBr	ייצור מימן ברומי בתעשייה תהליך רציף, תגובת חמצון חיזור, סחיפה, מיחזור, ספיגה, שיקולים תרמודינמיים וקינטיים, שיקולים אקולוגיים, אחסון ושיווק	
סידן ברומי $CaBr_2$	ייצור סידן ברומי בתעשייה חומרי גלם, תגובת חומצה בסיס, בטיחות ובקרה בייצור סינון, איוד, ייבוש, ספיגה, מיחזור, סחיפה, שיקולים תרמודינמיים וקינטיים	בטיחות ובקרה בייצור – מתקן עמיד בלחצים (בפליטת CO_2)

נושאים	מושגים	הבהרות
נתרן ברומטי NaBrO_3 ואשלגן ברומטי KBrO_3	ייצור נתרן ברומטי ואשלגן ברומטי בתעשייה תהליך רציף ותהליך מנתי, סינון, גיבוש, ניפוי, מיחזור והשבה, בקרת pH, אלקטרוליזה, שיקולים תרמודינמיים וקינטיים	התלמידים ידרשו להכיר ולהבין את גרף המסיסות במים של נתרן ברומטי, NaBrO_3 , ואשלגן ברומטי, KBrO_3 , כתלות בטמפרטורה

שימושים של תרכובות ברום

נושאים	מושגים	הבהרות
תרכובות ברום בעלות פעילות ביולוגית (ביוצידים)	ביוצידים מחמצנים, השפעת ה-pH על יעילות החיטוי, פעולה סינרגטית	התלמידים ידרשו לדעת ולהבין את גרף הפעילות כפונקציה של ה-pH פעולה סינרגטית – שילוב של ברום וכלור כביוצידים
מעכבי בעירה	משולש האש שלבים של תהליך הבעירה תהליך בעירה של תרכובות פחמן אופן פעולתם של מעכבי בעירה – תרכובות אנאורגניות – תרכובות ברום וכלור מעכבי בעירה פעילים מעכבי בעירה מוספים	התלמידים ידרשו לדעת את הסכמה של שלבי תהליך הבעירה. התלמידים ידרשו לדעת ולהבין את עקרונות פעילותם של מעכבי בעירה ולא את פירוט שלבי המנגנון
תרכובות ברום בקידוחי נפט	תכונות של תרכובות ברום בקידוחי נפט, טמפרטורת גיבוש של תמיסת סידן ברומי צפיפות תמיסות	התלמידים לא ידרשו לנתח את הגרף המציג את השפעת הצפיפות של התגובה על טמפרטורת הגיבוש.

פולימרים

מבוא לעידן הפלסטיק – מקרומולקולות (פרק א' בספר* - פולימרים סינתטיים כבקשתך / נאווה מילנר)

נושאים	מושגים	הבהרות
מקרומולקולות	מקרומולקולה מונומר פולימר	

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
פילמור יחידה חוזרת	פילמור יחידה חוזרת	פילמור יחידה חוזרת – ברמת המושג בלבד

תהליכי פילמור – כיצד נוצרות מקרומולקולות (פרק ב' בספר*)

נושאים	מושגים	הבהרות
פילמור סיפוח	שיטות פילמור – סיפוח מונומר יחידה חוזרת פולימר גבה צפיפות - הכרת המושג בלבד פולימר נמוך צפיפות - הכרת המושג בלבד	סיפוח 1,2 בלבד, ללא סיפוח 1,4, ללא פירוט שלבי הפילמור. יש לדון בכיתה בדוגמאות – LDPE, HDPE (פוליאטילן גבה צפיפות, פוליאטילן נמוך צפיפות) התלמידים יכירו את חשיבות המיחזור לחיי היום יום וסמלי המיחזור
פילמור דחיסה	שיטות פילמור – דחיסה פוליאסטר ופוליאמיד מונומר יחידה חוזרת	
	יחידה חוזרת של הפולימר קטע מייצג של הפולימר נוסחת הפולימר	השוואה בין פולימר סיפוח ופולימר דחיסה – טבלה בספר*
	דרגת פילמור ממוצעת - הכרת המושג בלבד, ללא חישובים מסה מולרית ממוצעת - הכרת המושג בלבד, ללא חישובים	התלמידים יכירו וידעו את השפעה של כמות היזם על דרגת הפילמור - איכותי. דרגת פילמור ממוצעת ומסה מולרית ממוצעת יישארו ברמת ההגדרה. התלמידים יקבלו נתון ויצטרכו להבין את השפעתו על תכונות הפולימר, באופן איכותי בלבד.
	הידרוליזה של קשר אסטרי הידרוליזה של קשר אמיד	הידרוליזה של קשר אסטרי ושל קשר אמיד בעמוד השדרה של הפולימר ו/או בקבוצה הצדדית
	קופולימר קופולימר אקראי	

הערכות מרחבית של מקרומולקולות (פרק ג' בספר*)

נושאים	מושגים	הבהרות
פיתול אקראי של שרשרת הפולימר	שרשרת מפותלת, ושרשרת פרושה – ללא חישוב אורך שרשרת.	

נושאים	מושגים	הבהרות
הערכות מרחביות של מקרומולקולות	גורמים המשפיעים על הפרעות לפיתול האקראי של שרשרת הפולימר. אזור קשיח בעמוד השדרה של השרשרת. קבוצה צדדית. אינטראקציות בין שרשרות	הפרעות לפיתול הנובעות מ: - מבנה עמוד השדרה של הפולימר - נוכחות קבוצות צדדיות - אינטראקציות בין שרשרות

התארגנות שרשרות הפולימר בצבר ותכונות הפולימר (פרק ד' בספר*)

נושאים	מושגים	הבהרות
התארגנות שרשרות הפולימר בצבר ותכונות הפולימר	מבנה גבישי, מבנה אמורפי מצב זגוגי, טמפרטורה זגוגית Tg, אזורים אמורפיים מבנה גבישי, טמפרטורת היתוך Tm, אזורים גבישיים אחוז גבישיות סדירות מרחבית של השרשרות	התלמידים ידרשו לדעת, להסביר ולהבין את גורמים המשפיעים על: - ערכי Tg - ערכי Tm - אחוז הגבישיות

פולימרים תרמופלסטיים, תרמוסטטיים ואלסטומרים – קשרי צילוב (פרק ה' בספר*)

נושאים	מושגים	הבהרות
פולימרים תרמופלסטיים	פולימרים תרמופלסטיים מבנה של פולימרים תרמופלסטיים שינויים במבנה הפולימר החלים בתהליך המתיחה סיבים מאפייני מבנה של סיבים מסילות של פולימרים	מיחזור (פלסטיק ואיכות סביבה). חדירות גזים. סיבים טבעיים וסיבים סינתטיים. השפעה של מתיחת הסיב על המבנה הגבישי של הסיב. סיבים לבגדי לבוש. ספיגת מים. גיהוץ בדים.
קשרי צילוב	קשרי צילוב - הגדרה	קשרי צילוב קוולנטיים בלבד. התלמידים ידרשו לזהות קטע מייצג של מבנה פולימר מוצלב התלמידים לא ידרשו לרשום קטע מייצג של פולימר מוצלב התלמידים לא ידרשו לדעת סוגי הצלבה בעת/לאחר פילמור
פולימרים תרמוסטטיים ואלסטומריים	פולימרים תרמוסטטיים הקשר בין מבנה ותכונות של פולימרים תרמוסטטיים פולימרים אלסטומריים מאפייני מבנה של פולימרים אלסטומריים	התנהגות במתיחה בלבד התלמידים צריכים לדעת את הקשר בין תדירות קשרי הצילוב (גבוהה או נמוכה) לתכונות הפולימר

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
	הקשר בין מבנה ותכונות הפולימרים האלסטומרים מסיסות ותפיחה של פולימרים	

כימיה פיזיקלית

פרק 1

נושאים	מושגים	הבהרות
מבוא – קרינה אלקטרומגנטית	ספקטרום הקרינה האלקטרומגנטית המודל הדואלי של האור אורך גל, תדירות, אנרגיה פוטון והקשרים ביניהם האור הנראה ערבוב שלושת צבעי היסוד של האור (חיבור צבעים)	
המבנה האלקטרוני של אטומים	עירור אלקטרוני באטומים ויונים חד אטומיים ספקטרום רציף מול ספקטרום קווי מודל האטום של בוהר בליעה ופליטה ספונטנית ספקטרום בליעה מול ספקטרום פליטה	התלמידים ידרשו להכיר את מודל בוהר באופן איכותי בלבד ולא לערוך חישובים של רמות או מעברי אנרגיה על פי מודל זה.
האורביטל האטומי	המודל הקוונטי של האטום אורביטלים אטומיים: s, p דיאגרמת רמות אנרגיה עבור אטום מימן ואטומים רב אלקטרוניים אכלוס אלקטרונים באורביטלים אטומיים: עיקרון פאולי, כלל הונד	

פרק 2

נושאים	מושגים	הבהרות
ראיית צבעים	ראיית צבע – בליעה ופיזור אור גלגל הצבעים וצבעים משלימים (חיסור צבעים) הבחנה בין פיזור לבין פליטה של אור	

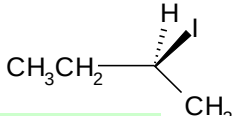
נושאים	מושגים	הבהרות
אורביטלים מולקולריים	הקשר הקוולנטי תאוריית האורביטלים המולקולריים אורביטלים מולקולריים עבור מולקולות ויונים דו-אטומיים הומונוקליאריים אורביטלים קושרים ואנטי קושרים אכלוס אורביטלים מולקולריים קביעת סדר קשר ויציבות של מולקולות דו אטומיות אורביטלים מולקולריים במולקולות רב אטומיות קשר סיגמא וקשר פאי אורביטלי HOMO ו-LUMO	מולקולות דו-אטומיות חשובות: חמצן, חנקן, מימן. התלמידים אינם צריכים לדעת את דיאגרמת האכלוס של מולקולות קוטביות, כגון מימן פלואורי. התלמידים ידעו לאכלס אלקטרונים בדיאגרמת רמות אנרגיה מולקולארית נתונה התלמידים יכירו את המושגים קשר סיגמא וקשר פאי, וידעו לזהות את התיאורים הסכמטיים.
הקשר בין מבנה המולקולה וצבעה	הקשר בין מבנה המולקולה וצבעה אל-איתור במולקולות אורגניות מצומדות כרומופור הקשר בין אורך הכרומופור להפרש האנרגיה בין אורביטל ה-HOMO ל-LUMO ולאורך הגל הגורם לעורר אלקטרוני	

פרק 3

נושאים	מושגים	הבהרות
המבנה האלקטרוני של מוצקים	מוליכים, מבודדים, מוליכים למחצה היווצרות פסי אנרגיה בסריג פס הולכה ופס ערכיות פער אנרגיה אסור אכלוס אלקטרונים בפסים – ההבדל בין מוליכים, מבודדים ומוליכים למחצה הסממה על ידי יסודות מטור 5 ומטור 3 מוליך למחצה מסוג N ומסוג P צומת PN – כיצד פועלת דיודה דיודה פולטת אור (LED)	יש ללמד מוליכים למחצה של יסודות. אין צורך ללמד את נושא התרכובות של מוליך למחצה (מל"מ)

כימיה אורגנית מתקדמת

מושגי יסוד

נושאים	מושגים	הבהרות
השלד הפחמני	נוסחה מולקולארית נוסחת מבנה נוסחת מבנה מקוצרת אזומרית שרשרת אזומריה גאומטרית (ציס, טרנס) קבוצת אלקיל – ראשוני, שניוני, שלישוני	
משפחות וקבוצות פונקציונליות	אלקאנים, אלקנים אלקיל הלידים כוהלים, אתרים חומצות קרבוקסיליות אמינים תיאולים	התלמידים אינם צריכים לדעת כינויים שיטתיים התלמידים צריכים להכיר את התכונות הפיזיקליות (היתוך, רתיחה ומסיסות בממסים שונים) התלמידים לא צריכים להבחין בהבדלי תכונות פיזיקליות של איזומרים ציס וטרנס, באלקנים
איזומריה אופטית	פחמן אסימטרי – פחמן כיראלי נוסחת "טריזים" לציור טטרהדר	נוסחת "טריזים"
	אננטיומרים פעילות אופטית, חומר פעיל אופטית תערובת רצמית	 תלמידים לא חייבים להכיר את צירוף המילים "נוסחת טריזים". התלמידים צריכים להכיר את הנוסחה המשורטטת, המייצגת מבנה תלת מימדי.
חומצות ובסיסים	הגדרה לפי בرونסטד לאורי תגובת חומצה בסיס	

מנגנון תגובה

נושאים	מושגים	הבהרות
מנגנון תגובה	מנגנון תגובה קבוצה מתקיפה (נוקליאופיל, בסיס) קבוצה עוזבת ממס פרוטי, ממס א-פרוטי, ממס קטבי	התלמידים צריכים להכיר ולדעת את הגורמים המשפיעים על טיב הקבוצה העוזבת: יכולת קיטוב עצמי, אורך קשר, מטען הקבוצה

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
	סדר תגובה קביעת סדר תגובה – בעזרת ניסוי שלב קובע מהירות בתגובה מצב מעבר תוצר ביניים כתיבת מנגנון תגובה באמצעות חיצים שינויי אנרגיה במהלך תגובה-הצגה גרפית	הגדרה כללית של המושגים

תגובות התמרה

נושאים	מושגים	הבהרות
תגובות התמרה	ניסוח תגובת התמרה	
	נוקלאופיל חוזק הנוקליאופיל (הגדרה קינטית)	התלמידים צריכים להכיר ולדעת את הגורמים המשפיעים על חוזק הנוקליאופיל: יכולת קיטוב עצמי, Kb, ממס
	קבוצה עוזבת	
SN2	מנגנון תגובת התמרה, SN2 (סדר שני) היבט מרחבי והיפוך ולדן היבטים הקשורים לפעילות אופטית	עבור כל אחד מהמנגנונים יש לדון: – בהשפעת השלד הפחמני – בנוקליאופיל – בקבוצה העוזבת – בממס – בהצגה גרפית של שינוי האנרגיה בתהליך
SN1	מנגנון תגובת התמרה, SN1 (סדר ראשון) יון קרבוניום, יציבות יון קרבוניום היבטים מרחביים הקשורים לפעילות אופטית	– בהתייחסות לתחרות בין תגובות במנגנונים השונים (E2, SN2, SN1) התלמידים יידרשו לנתח תחרות, להשוות ולבחור בין שני מנגנונים בזמנית בלבד.

תגובות אלימינציה

נושאים	מושגים	הבהרות
תגובות אלימינציה	ניסוח תגובת אלימינציה פחמן α , פחמן β הקבוצה המתקיפה (בסיס) השפעת הטמפרטורה (היבט קינטי)	
E2	מנגנון תגובת אלימינציה E2 (סדר שני) אלימינציה היבט מרחבי (קונפורמציה מועדפת, איזומריה גאומטרית)	עבור המנגנון E2 יש לדון: בהשפעת השלד הפחמני, בקבוצה המתקיפה, בקבוצה העוזבת, בממס, בטמפרטורה, בהצגה גרפית של שינוי האנרגיה בתהליך.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
		התלמידים ידעו כי יש כיוונויות מועדפת למצב המעבר בהיבט המרחבי (באופן כללי), אבל לא יידרשו לשרטט את המבנה המרחבי המדויק של תוצר המעבר. בהתייחסות לתחרות בין תגובות במנגנונים השונים (E2, SN2, SN1) התלמידים יידרשו לנתח תחרות, להשוות ולבחור בין שני מנגנונים בו זמנית בלבד.
E1	מנגנון תגובת אלימינציה E1 (סדר ראשון)	הגדרה כללית בלבד
אלימינציה כנגד התמרה	אלימינציה כנגד התמרה – מהי התגובה המועדפת? שיקול קינטי בלבד.	
אלימינציה וסיפוח	ניסוח תגובת סיפוח	התלמידים יכירו את תגובת הסיפוח כתגובה הפוכה לתגובת האלימינציה. התלמידים ידעו לנסח את תגובת הסיפוח התלמידים לא נדרשים להכיר את כלל מרקובניקוב

תגובות סיפוח

נושאים	מושגים	הבהרות
תגובות סיפוח	ניסוח תגובת סיפוח	

ביוכימיה

מבוא למדעי החיים

נושאים	מושגים	הבהרות
הכימיה של התא	תא, קרום התא ציטופלזמה גרעין	התלמידים ידעו שתא מהווה יחידה בסיסית של יצורים חיים ויכירו את המושגים קרום התא, ציטופלזמה וגרעין התא.

מחומצות אמיניות לחלבונים

נושאים	מושגים	הבהרות
חומצות אמיניות כאבני בניין של החלבונים	חומצה אלפא אמינית קבוצה קרבוקסילית קבוצה אמינית קבוצת צד – קוטבית – הדרופובית – חומצית – בסיסית	התלמידים יכירו את התכונות של חומצה אמינית כדו-יון. התלמידים ידעו למיין חומצות אמיניות לפי קבוצת הצד (קוטביות, הדרופוביות, חומציות, בסיסיות) ויבינו את השפעתן על מידת המסיסות במים. התלמידים ידעו כי ציסטאין היא חומצה אמינית בעלת קבוצת צד קוטבית (אינה יוצרת קשרי מימן עם המים). התלמידים ידעו כי טירוזין היא חומצה אמינית בעלת קבוצת צד קוטבית

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
	דו יון (צוויטריון) הידרופובי	
תכונות חומצה-בסיס של חומצות אמיניות	תכונות חומצה-בסיס של חומצות אמיניות קבוע שווי משקל של חומצה, K_a , pK_a , pI	התלמידים ידעו לכתוב את נוסחאות החומצה האמינית במצב שיווי משקל במקרים שבהם $pH = pK_a$ התלמידים ידעו לכתוב את נוסחת המבנה לחלקיקים של חומצה אמינית ב- pH נתון עפ"י ערכי pK_a נתונים. התלמידים ידעו לקבוע את המטען של החומצה האמינית ב- pH שונים התלמידים ידעו לקבוע את הנקודה האיזואלקטרית של חומצה אמינית
יצירת חלבון מחומצות אמיניות	תפקידי החלבונים הקשר הפפטידי ומאפייניו תהליך דחיסה פפטיד קצה N טרמינלי קצה C טרמינלי שרשרת פוליפפטידית נוסחה מקוצרת הידרוליזה מלאה וחלקית	התלמידים יכירו וידעו את הקשר בין מבנה החלבון לתפקודו. התלמידים ידעו לכתוב נוסחת מבנה לפפטיד התלמידים ידעו לחשב את המטען של פפטיד התלמידים ידעו למצוא את הנקודה האיזואלקטרית של פפטיד (לפפטידים המכילים עד 5 שיירים של חומצות אמיניות) התלמידים ידרשו לשרטט נוסחת מבנה של פפטיד המכיל עד 5 שיירים של חומצות אמיניות הנוסחה המקוצרת של פפטיד תכיל את שמות החומצות האמיניות באנגלית בלבד. התלמידים ידרשו לדעת לרשום תוצרי הידרוליזה חלקית ומלאה
מבנה החלבון: שלוש רמות ארגון	המבנה הראשוני של החלבון המבנה השניוני של החלבון: - סליל α - משטח β - קשרי מימן המבנה השלישוני של החלבון: - מבנה כדורי - דנטורציה - אינטראקציות הידרופוביות - אינטראקציות ון-דר-ואלס - אינטראקציות יוניות - קשרי מימן	התלמידים ידעו לזהות את סוגי הקישור ו/או הכוחות בכל אחת משלוש רמות הארגון של החלבונים ולקבוע בין אלו אטומים מתקיימים הקישור ו/או הכוחות. התלמידים ידרשו להתייחס להשפעת קבוצות טעונות, נפחיות, פרולין, על המבנה השניוני התלמידים ידעו לזהות ולהסביר את מיקום חומצה אמינית על פני חלבון כדורי (כלפי חוץ או כלפי פנים) התלמידים ידעו להסביר את השפעת: הטמפרטורה, ה- pH , והחומרים מרקפתואטאנול ואוריאה על המבנה השלישוני של החלבון התלמידים לא ידרשו לזכור בעל פה את הנוסחאות של אוריאה ומרקפתואטאנול

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
	– קשרי דו-גופרית	

מבסיסים לחומצות גרעין

נושאים	מושגים	הבהרות
מבסיסים לחומצות גרעין: דנ"א (DNA) הרכב ומבנה	דנ"א נוקלאוטיד דאוקסיריבוז קבוצת זרחה בסיסיים חנקניים פורנים ופירימידינים: – אדין – תימין – גואנין – ציטוזין קשר אסטרי קשר פוספו-אסטרי קשר גליקוזידי קצה 3', קצה 5' מבנה הסליל הכפול בסיסים משלימים הידרוליזה	התלמידים ידעו לכתוב נוסחת מבנה של נוקליאוטיד או קודון בהינתן נוסחאות המבנה של הסוכר, הזרחה והבסיס החנקני, או להיפך, לנסח תהליך הידרוליזה לנוקלאוטיד. התלמידים ידעו לזהות את סוג הקשר בין מרכיבי הנוקלאוטיד (פוספו-אסטרי, N-גליקוזידי). התלמידים ידעו להבחין בין סוגי הבסיסים - פורנים ופירימידינים. התלמידים ידעו לזהות את הקשרים המייצבים את הסליל. התלמידים ידעו לזהות מהו הבסיס החנקני בגדיל המשלים בהינתן נוקלאוטיד, ומספר קשרי מימן שיכולים להיווצר בין הבסיסים המשלימים התלמידים ידעו ויידרשו לקבוע בין אילו אטומים מתקיימים קשרי המימן שבין הבסיסים החנקניים המשלימים כאשר יינתן איור מתאים של שני גדילים המצויים זה מול זה, תוך התייחסות לכיוונית הקשר. התלמידים לא נדרשים לזהות את האטומים המשתתפים בקשרי מימן רק על סמך גדיל בודד. התלמידים ידעו לקבוע את סוג הקשר בין נוקלאוטידים באותו גדיל, בין אילו אטומים הוא נוצר, ואת כיוון צמיחת הגדיל. התלמידים לא ידרשו למספר את האטומים בטבעות בסיסים חנקניים
אריזת הדנ"א (DNA) בגרעין	כרומוזומים, גנים שרשרות פולינוקלאוטידיות, חלבונים היסטונים	התלמידים ידעו לזהות את הקשר בין החלבונים ההיסטונים לדנ"א ולהסביר את הקשר בין ההרכב הכימי של ההיסטונים לקשרים שנמצאים בינם לבין מולקולת הדנ"א.
רנ"א (RNA): הרכב ומבנה	מבנה חד-גדילי מבנה הנוקלאוטיד ריבוז בסיסיים חנקניים:	התלמידים ידעו לזהות את ההבדל בין מולקולת הרנ"א לדנ"א וייתייחסו לארבעת ההבדלים: מבנה (חד/דו גדילי), הבסיסים המרכיבים את הנוקלאוטידים, הסוכר והתפקיד.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
	- אורציל - גואנין - אדנין - ציטוזין - קבוצת זרחה	
תהליך התעתוק	חשיבות התהליך רנ"א שליח: מבנה ותפקוד	התלמידים ידעו לרשום את רצף הנוקלאוטידים שיתקבל ב-RNA, תוך התייחסות לכיוונית של תהליך התעתוק מ-3' ל-5' (על ה-DNA), וצמיחת ה-RNA מ-5' ל-3'. ולהיפך, בהינתן רצף נוקלאוטידים על גדיל הדנ"א. התלמידים ידעו לזהות שקשרים בין הבסיסים החנקניים בגדיל הדנ"א לבסיסים ברנ"א הם קשרי מימן במקרים בהם יידרשו התלמידים לתעתק סליל כפול, יצוין לאיזה מהגדילים על התלמיד להתייחס.

מחומצות גרעין לחלבונים

נושאים	מושגים	הבהרות
תהליך התרגום: המנגנון והקוד הגנטי	התרגום קודון אנטיקודון רנ"א-שליח רנ"א-מעביר רנ"א ריבוזומלי הקוד הגנטי ריבזום תרגום לחלבון על פי הקוד מוטציה	התלמידים ידעו לזהות את החומצה האמינית המתאימה לכל קודון ולהיפך (כולל במקרה שבו נתונה נוסחת מבנה) בהתאם לטבלת הקודונים הנתונה. התלמידים ידעו לזהות את ההבדל בתפקיד ובמבנה של מולקולות הרנ"א השונות התלמידים ידעו בהינתן רצף קודונים על הרנ"א שליח, לכתוב את רצף הנוקלאוטידים המתאים באנטיקודון שברנ"א מעביר התלמידים ידעו לכתוב את רצף החומצות האמיניות בחלבון שיתקבל. תוך התייחסות לכיוונית 5' ← 3' ותוך התחשבות בקודון התחלה כאשר הוא נתון (ולהיפך: אם נתון הרצף באנטיקודון או רצף החומצות האמיניות בחלבון להציע רצף קודונים אפשרי). התלמידים צריכים לדעת לזהות את המיקום וסוג הקשר בין מולקולת רנ"א מעביר לרנ"א שליח (מימני, בין האנטי-קודון לקודון), ובין מולקולת הרנ"א מעביר לחומצה אמינית (אסטרי, קצה 3') התלמידים צריכים לדעת שלרנ"א מעביר ולרנ"א ריבוזומלי מבנה מרחבי שניוני ושלישוני, ללא כוחות המייצבים מבנים אלו. התלמידים ידעו מהי מוטציה נקודתית ומה השפעתה על החלבון התלמידים ידעו את ההשפעה של מוטציה נקודתית על השינוי האפשרי בדנ"א, ברנ"א ובחלבון.

כימיה של הסביבה

איכות מי שתייה

נושאים	מושגים	הבהרות
תכונות המים	טמפרטורת היתוך ורתיחה של המים יכולת ההמסה של המים: חומרים יונים חומרים מולקולריים חומרים קשי תמס	המטרה בנושא זה היא להדגיש את ייחודיותם של המים ולהיזכר במושגים שנלמדו בכיתה י' וי"א שיהיו חשובים להמשך לימוד היחידה.

נושאים	מושגים	הבהרות
	אנומליה של המים (צפיפות גבוהה של המים הנוזליים יחסית לקרח)	
יחידות ריכוז בתמיסות	מקמ (מ"ג/ליטר) קמק (מיקרוגרם/ליטר) M (מולר)	
שיטות אנליטיות לקביעת ריכוז המומסים במים	מיומנויות עבודה במעבדה: - טיטרציה - ספקטרופוטומטריה - מיהול מדידה כמותית: חזרות על ניסוי, ממוצע, דיוק, סטיית תקן, מהימנות של תוצאות. טיטרציה כשיטת מדידה: - נקודת סוף - נקודת שוויון - אינדיקטור - טיטרציה עם EDTA לקביעת קשיות מים - טיטרציה למציאת ריכוז יוני כלוריד - ספקטרופוטומטריה כשיטת מדידה: - גרף כיול - חוק בר למבר - בחירת שיטת מדידה	במהלך ניסוי התלמידים יחשבו סטיית תקן כיתתית. התלמידים לא יתבקשו לחשב סטיית תקן במבחן אלא רק להבין את משמעותה. טיטרציה – הבנת עקרון השיטה. נקודת סוף: סיום טיטרציה לפי אינדיקטור נקודת שוויון: סיום טיטרציה לפי חישוב סטוכיומטרי התלמידים לא יידרשו לזכור בע"פ אינדיקטורים מסוימים ומהם הצבעים המתקבלים בתגובות שונות. ריכוז יוני הסיידן מבוסס במ"ג סידן פחמתי לליטר (מקמ). הבנה של עקרון השיטה הספקטרופוטומטרית כשיטה אנליטית: משמעות של אזורים שונים בגרף הכיול, התאמה של ריכוז הנעלם לאזור הלינארי. משמעות ה"בלאנק" אין צורך להכיר את מבנה ופעולת הספקטרופוטומטר. מגבלות של כל שיטה והשפעתן על דיוק המדידה
תהליכי טיהור	שיטות טיהור: - מצעי ספיחה: - פחם פעיל - חול - ספיחה ושיקוע במחליף יונים - סינון - זיקוק - חמצון-חיזור - התאמת שיטת הטיהור למזהם - גורמים המשפיעים על יעילות הטיהור באמצעות קולונה (גודל חלקיקים, קצב זרימה, משך השימוש, סוגי מזהמים)	יש להבין את עקרונות שיטות הטיהור השונות ברמה המולקולרית. תהליכי חמצון-חיזור: הלוגנים ורדיקלים חופשיים כמחמצנים. התלמידים לא יידרשו לזכור תגובות בע"פ

איכות האוויר ואפקט החממה

נושאים	מושגים	הבהרות
ספקטרוסקופיה	קרינה אלקטרומגנטית גלים – אורך גל ותדירות, מהירות האור הספקטרום האלקטרומגנטי אינטראקציה בין קרינה וחומר ברמת המאקרו, בליעה, פליטה, החזרה, העברה, צבע אינטראקציה בין קרינה וחומר ברמת המיקרו: בליעה, פליטה, מצב יסוד, מצב מעורר, ערור אלקטרוני, ערור ויברציוני	האופי הדואלי של הקרינה – גל וחלקיק (פוטון) $E = h\nu$ חישובים באמצעות הנוסחה התלמידים ידעו לבצע מעבר בין יחידות התלמידים לא יידרשו לדעת בעל פה את ההתאמה בין אורכי הגל וסוג הקרינה. התלמידים יבינו ויכירו את ההבדל בין ספקטרום בליעה לעומת ספקטרום פליטה. התלמידים יבינו ויכירו הקשר בין ספקטרום הבליעה לספקטרום הפליטה. התלמידים יבינו ויכירו הקשר בין הצבע הנראה לעין לבין הקרינה העוברת או מוחזרת.
התחממות גלובלית ("אפקט החממה")	"אפקט החממה" (היבט מאקרוסקופי ומיקרוסקופי) עלייה באנרגיה הקינטית הממוצעת (עליה בטמפרטורה) בעקבות בליעת קרינה - כתוצאה מהתנגשויות בין מולקולות "אפקט החממה" כתהליך לקיומם של החיים על פי החלוקה הבאה: – הקרינה שנפלטת מהשמש – אינטראקציה בין קרינת השמש לכדור הארץ (האטמוספירה ופני כדור הארץ) – הקרינה שנפלטת מכדור הארץ לאטמוספירה – "החלון האטמוספרי" – גזי "חממה" – השפעת מעורבות האדם על הגברת אפקט החממה	התלמידים ידרשו להסביר את אפקט החממה ברמה מיקרוסקופית לפי נתונים של ספקטרום של גזים שונים תוך שימוש במושגים כגון: פוטון, ערור, עליה באנרגיה קינטית.

אנרגטיקה ודינמיקה שלב שני

מושגי יסוד חזרה והרחבה (פרק א)

נושאים	מושגים	הבהרות
חזרה והרחבה	מצבי צבירה מדידות בכימיה – מסה, מול, ריכוז, נפח כוח ועבודה לחץ משוואת המצב של גזים אידיאליים קבוע הגזים טמפרטורה	כוח, עבודה, לחץ – באופן איכותי, ללא שימוש בנוסחאות. חישובים פשוטים המבוססים על הנוסחה $PV = nRT$.

החוק הראשון של התרמודינמיקה (פרק ב)

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים	הבהרות
אנרגיה, חום ועבודה	צורות של אנרגיה:	אנרגיה פוטנציאלית כובדית אינה נכללת בתוכנית הלימודים.
	– אנרגיה פוטנציאלית	
	– אנרגיה קינטית	
	אנרגיה פנימית	התלמידים ידעו את הבדל בין השינוי באנרגיה הפנימית, ΔU , לבין שינוי האנתלפיה, ΔH .
	פונקציית מצב	
	מערכת וסביבה – הגדרה תרמודינמית	
	חום ועבודה – צורות של מעבר אנרגיה	התלמידים ידעו לחשב את העבודה שמתבצעת על המערכת או על ידי המערכת בתהליך המתרחש בלחץ קבוע: $w = -RT\Delta n$
	– ברמה מולקולרית	
	– סימנים מוסכמים	
	עבודה של התפשטות ודחיסה של גז	
	החוק הראשון של תרמודינמיקה - $\Delta U = q + w$	התלמידים ידעו לחשב שינויים באנרגיה פנימית בתהליכים המתרחשים:
	אנרגיה פנימית ואנתלפיה	1. בלחץ קבוע - $\Delta U = \Delta H + w$
שינוי האנרגיה הפנימית בתהליך המתרחש בתנאים של נפח קבוע	2. בנפח קבוע - $\Delta U = q_v$	
שינוי האנרגיה פנימית בתהליך המתרחש בתנאים של לחץ קבוע	התלמידים ידעו לחשב את שינוי האנתלפיה, ΔH , מתוך הנוסחה $\Delta U = \Delta H + w$	
	התלמידים ידעו ש- $\Delta H = q_p$	

אנטרופיה והחוק השני של התרמודינמיקה (פרק ג)

נושאים	מושגים	הבהרות
אנטרופיה תהליכים ספונטניים תהליכים לא ספונטניים אנטרופיה כמדד לפיזור האנרגיה והחלקיקים בחומר. אנטרופיה מוחלטת והחוק השלישי של התרמודינמיקה	תנאים תקינים אנטרופיה מולרית תקנית, S^0 – השוואה בין האנטרופיה המולרית של חומרים במצבי צבירה שונים. – גורמים נוספים המשפיעים על ערכי S^0 של חומרים מולקולריים: המספר הכולל של אלקטרונים במולקולה, מורכבות המולקולה.	התלמידים יבינו מדוע יש ערכים מוחלטים של אנטרופיה התלמידים ידעו להסביר הבדלים בערכי אנטרופיה מולרית תקנית של חומרים מולקולריים במצב צבירה גז.

נושאים	מושגים	הבהרות
	שינויי אנטרופיה, ΔS^0 הגדרה לפי קלאוסיוס: $\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$	
	שינויי אנטרופיה תקנית בתגובות כימיות – חישוב ערכי מערכת ΔS^0, סביבה ΔS^0 ו- יקום ΔS^0.	התלמידים ידעו להעריך את השינוי באנטרופיה של המערכת (עליה / ירידה) על פי השינוי במספר המולים של גז. התלמידים ידעו לסווג את התהליכים על פי הסימן של מערכת ΔS^0 ו- סביבה ΔS^0.
	החוק השני של התרמודינמיקה. אנטרופיה ושיווי משקל	התלמידים ידעו שבמצב שיווי-משקל בתנאים תקינים: $\Delta S^0_{יקום} = 0$

אנרגיה חופשית (פרק ד)

נושאים	מושגים	הבהרות
אנרגיה חופשית	אנרגיה חופשית. אנרגיה חופשית תקנית וספונטניות של תגובה סיווג תהליכים על פי הסימן של ΔH^0 ו- ΔS^0. תגובות התהוות. חישוב ערכי ΔG^0 בעזרת הנוסחה $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ אנרגיה חופשית תקנית של התהוות. יציבות תרמודינמית. אנרגיה חופשית, ΔG ומצב שיווי משקל. תיאור גרפי של השתנות ΔG עם השינוי בהרכב המערכת, בטמפרטורה קבועה. הקשר בין ΔG, לקבוע שיווי המשקל, K, ולמנת הריכוזים, Q (ללא חישובים). הקשר בין ΔG^0 לבין K (ללא חישובים). השפעת הטמפרטורה על ΔG^0. טמפרטורת היפוך, T.	התלמידים ידעו להבחין בין ΔG^0 לבין ΔG. התלמידים יבינו את משמעות של העקומה המתארת את ההשתנות ΔG עם השינוי בהרכב המערכת. התלמידים יכירו ויבינו את התיאור הגרפי של השתנות ΔG^0 עם שינוי הטמפרטורה עבור ארבעה טיפוסים תגובות. התלמידים ידעו ששינוי בשיפוע הגרף של ΔG^0 כנגד T נגרם כתוצאה משינוי במצב הצבירה של אחד המגיבים או התוצרים. התלמידים ידעו לערוך חישובים על ידי שימוש בנוסחה: $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ מומלץ לדון בתגובה שבין מימן לחמצן כדי להסביר מדוע אי אפשר להפוך בשלמות חום, ΔH^0, לעבודה. התלמידים לא נדרשים לדעת כי תגובות לא ספונטניות יכולות להתרחש על ידי צימוד לתגובה ספונטנית. התלמידים יכירו את הקשר בין ΔG^0 לבין קבוע שיווי-המשקל, K. (ללא חישוב ותרגול)

מבנית מעבדת החקר

מבנית מעבדת החקר מחולקת לשני חלקים: חלק ראשון וחלק שני.

החלק הראשון ילמד במסגרת ה- 30%, ויוערך בהערכה פנימית.

בחלק הראשון תינתן למורה האוטונומיה להחליט אם ללמד את החלק הראשון של מעבדת החקר או אם ללמד מבנית בחירה **נספח**, ובסך הכל ללמד שתי מבניות בחירה עיוניות.

החלק השני ילמד במסגרת ה- 70%, ויוערך בהערכה חיצונית, על ידי בוחן חיצוני (כמקובל עד היום).

נושאים	מושגים/מיומנויות	הבהרות
שלבי החקר	הרקע המדעי*	התלמידים יבססו את הרקע המדעי על ידע מדעי, רלוונטי ונכון
	איסוף וארגון תצפיות	התלמידים ידעו לרשום תצפיות מגוונות ומפורטות
		התלמידים יבחינו בין תצפית לפירוש (יתארו תצפית ולא יפרשו)
	שאלת שאלות	התלמידים ידעו להעלות שאלות מגוונות ורלוונטיות לנושא הנחקר
		התלמידים ידעו לנסח באופן בהיר וענייני שאלת חקר המבטאת קשר בין שני משתנים מוגדרים היטב
	ניסוח השערה	התלמידים ידעו להעלות השערה המתאימה לשאלת החקר שנבחרה ולבססה על ידע מדעי רלוונטי ונכון
	תכנון הניסוי	התלמידים ידעו לתכנן ניסוי שבדוק את ההשערה שנוסחה
		התלמידים ידעו להציג את שלבי הניסוי בצורה מפורטת ובסדר לוגי תוך פירוט צורת המדידה של המשתנה התלוי
		התלמידים ידעו להגדיר בקרה שמתאימה לניסוי מתוכנן
		התלמידים ידעו לציין נכון את הגורמים הקבועים בניסוי
		התלמידים ידעו לתכנן ניסוי הכולל מספר מערכות ניסוי המאפשר ניתוח אמין של התוצאות (לפחות ארבע מערכות, כולל בקרה)
		התלמידים ידעו להכין רשימה מפורטת של חומרים וציוד המתאימה לניסוי מתוכנן
	ביצוע הניסוי	התלמידים ידעו לבצע ניסוי תוך שימוש נכון ובטיחותי בכלי המעבדה ו/או במכשירי המדידה ושמירה על סדר וניקיון בשולחן העבודה
	הצגה, ניתוח ועיבוד של התוצאות	התלמידים ידעו להציג את התצפיות ואת התוצאות באופן ברור ובאמצעות טבלה או תרשים זרימה שבנויים על פי הכללים
		התלמידים ידעו לעבד את התוצאות (במידת האפשר) באמצעות גרף מתאים שבנוי על פי הכללים (גרף באקסל / גרף המתקבל בעת שימוש בחיישנים/ גרף ידני על נייר מילימטרי)
		התלמידים ידעו לתאר את מגמת השינויים המוצגים בטבלה או בגרף
		התלמידים ידעו להסביר את התוצאות תוך התבססות על ידע מדעי, רלוונטי ונכון
	רישום מקורות מידע*	התלמידים יצרפו רשימת מקורות מגוונת ועדכנית (לפחות 3 מקורות שונים)
		התלמידים ירשמו את המקורות על-פי הכללים
	הסקת המסקנות	התלמידים ידעו להסיק מסקנות שמתאימות לכל התוצאות של ניסוי

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך במדינת ישראל, אין להעתיק או להשתמש בתוכן, באשר הוא, מתוך הסקירה ללא אישור מפורש בכתב

נושאים	מושגים/מיומנויות	הבהרות
		התלמידים ידעו להתייחס בצורה עניינית למידת התמיכה של המסקנות בהשערה
	דיון מסכם	התלמידים ידעו להתייחס בביקורתיות לתוצאות (מבחינת דיוק המדידות, מגבלות הניסוי וכו') ולתוקף המסקנות
	כתיבת דו"ח מעבדה	התלמידים יגישו דו"ח שכולל את כל המרכיבים, בהתאם להנחיות
		התלמידים ישתמשו בשפה מדעית מדויקת ונכונה

* המיומנויות נדרשת לניסויים ברמה 3 בלבד

מספר הניסויים הנדרש

להלן טבלה מסכמת של הדרישות והאפשרויות במבנית של מעבדת החקר:

סוג הניסוי	רמת הניסוי	מספר הניסויים המינימלי הנדרש				מספר הניסויים המינימלי הנדרש בשנת תשפ"א	
		היבחנות פנימית 30%		היבחנות חיצונית 70%		היבחנות חיצונית 70%	
		חלק ראשון	חלק שני – אפשרות א'	חלק שני – אפשרות ב'	חלק ראשון	חלק שני – אפשרות א'	חלק שני – אפשרות ב'
ניסוי רמה I	1	2	---	---	1	---	---
ניסוי רמה II חלקי	2 חלקי	1	1	---	0	1	---
ניסוי רמה II מלא	2 מלא	1	3	---	1	2	---
ניסוי רמה 3*		---	---	1	---	---	1 ללא ביצוע הניסוי של השאלה "המתגלגלת" ואילך

* להלן הדרישות במבנית של מיני מחקר רמה 3:

הכנת פרויקט מחקרי בכתב הכולל:

רקע מדעי, שתי שאלות חקר (שאלה ראשונה ושאלה "מתגלגלת"), חקר מעשי, תיעוד וניתוח החקר המעשי, עבודה כתובה, היבחנות חיצונית בעל פה.