

תכנית לימודים

כימיה ללומדי ביולוגיה

לכיתות י"ב-י"ג

בבית הספר העיוני

תל משרד החינוך, התרבות והספורט

משרד החינוך, התרבות והספורט
המינהל הפדגוגי

המזכירות הפדגוגית

האגף לתכניות לימודים

כימיה ללומדי ביולוגיה

תכנית לימודים לחטיבה העליונה
לכיתות י'-י"ב
בבית הספר העיוני

ירושלים התשנ"ה

ועדת התכנית:

ד"ר אבי הופשטיין, מפמ"ר כימיה, יו"ר הוועדה
גב' ברוריה אגרסט, מפמ"ר ביולוגיה
פרופ' נאוה בן-צבי, מל"מ, ירושלים
ד"ר רות בן-צבי, מל"מ, מכון ויצמן למדע
גב' שרה ורטהיימר, בי"ס תיכון עירוני דתי, רמת גן
ד"ר איטה כהן, מל"מ, מכון ויצמן למדע
ד"ר חגית מאיר, מנהלת גף מדעים, אגף למדע וטכנולוגיה
ד"ר צחי מילגרום, האגף לתכניות לימודים ומל"מ, ירושלים
גב' רחל ממלוק, בי"ס תיכון עירוני ז, יפו

עריכת הלשון: עטרה סמואל

סדר מחשב: שולמית ירושלמי

© כל הזכויות שמורות

תוכן העניינים

- 5 מבוא – העקרונות והמטרות של תכנית הלימודים
- 8 ארגון הלימודים – מבנה תכנית הלימודים
- 9 א. פירוט הנושאים ליחידת הלימוד בכיתה י'
(משותפת לכל התלמידים)
- ב. פירוט המבניות בכימיה ללומדי ביולוגיה
לשתי יחידות הלימוד בכיתה י"א או בכיתות י"א-י"ב
מבנית ראשונה - הכימיה של תרכובות הפחמן –
- 11 שיקולי מבנה ואנרגיה (מולקולות קטנות)
- 13 מבנית שנייה – אנרגיה ותהליכי החיים
- 14 מבנית שלישית – התרחשות של תגובות כימיות
- 15 מבנית רביעית – פולימרים בתהליכים ביולוגיים

מבוא – העקרונות והמטרות של תכנית הלימודים

א. הרציונל

כ-9,000 תלמידים (כ-20% מאוכלוסיית הניגשים לבחינת בגרות), נבחרים מדי שנה בשנה בחינת בגרות בביוLOGיה בהיקף של 5 יחידות לימוד. לימודי הכימיה מהווים בסיס תוכני חשוב ללימודי הביוLOGיה בעיקר למתמחים, אולם ללומדי ביוLOGיה חסרה תשתית רחבה בכימיה. תכניות הלימודים החדשות בביוLOGיה, מדגישות את הצורך בתכנית לימודים בכימיה שתהיה רלוונטית ומותאמת ללימודי הביוLOGיה.

ב. העקרונות המנחים את התכנית

1. תכנית הלימודים "כימיה לביוLOGים" תהיה בהיקף של 3 י"ל שהן 270 שעות לימוד.
2. היחידה הראשונה תהיה משותפת לכל הלומדים בכיתה י', ותהיה זהה לסילבוס "תכנית הלימודים בכימיה", שהתפרסמה באגף לת"ל בתשמ"ו.
3. שתי היחידות הנוספות תהיינה בנות ארבע מבניות (=מודולות). אם בית הספר אינו יכול להיערך להוראת מסגרת מלאה של 2 י"ל, תהיה לו אפשרות ללמד מבניות על פי צורכי הביוLOGיה בבית הספר. מבניות אלו מגובשות מסביב לשני יסודות:
 - א. מבנה – מן המונומר לפולימר
 - ב. שיקולי אנרגיה בתהליכי החיים.באופן כללי יש במבניות שני היבטים – האחד סטטי, שבו הדגש הוא על היבטים של מבנה, והאחר – דינמי, שבו הדגש הוא על שיקולי קינטיקה, על זרזים ועל אנזימים.
4. הנושאים והמושגים הכלולים בתכנית נבחרו כדי שתיווצר אינטראקציה מרבית בין הבסיס הכימי לבין הביוLOGיה הנלמדת בהיקף רחב.
5. נעשה מאמץ שההדגמות והניסויים הכלולים במבניות המוצעות ייעשו בחומרים מתחום הכימיה האורגנית (תרכובות פחמן) והביוכימיה.

ג. מטרת כלליות בלימודי הכימיה

1. התלמידים יכירו את ארבעת הצירים המרכזיים של הכימיה: מבנה, תגובות בין חומרים, מחזוריות וכן אנרגיה ודינמיקה ויבינו את קשרי הגומלין שביניהם.
2. התלמידים יכירו תגובות כימיות, תכונות של חומרים וכן את האמצעים שניתן להשתמש בהם כדי לקבוע את התכונות הללו.
3. התלמידים יידעו להשתמש במודל מיקרוסקופי כדי להסביר תכונות מקרוסקופיות. לדוגמה, הם יידעו ליישם את הנושאים **מבנה האטום ומחזוריות** להסברת המבנה של חומרים ותכונותיהם.
4. התלמידים יבינו את הקשר שבין כימיה לבין תחומי מדע אחרים.
5. התלמידים יידעו ויבינו כיצד מיושמים התהליכים הכימיים בביוכימיה ובתהליכי החיים ובמה הכימיה מהווה נדבך מרכזי בהבנת תהליכים ביולוגיים.
6. התלמידים יידעו להעריך את תרומת הכימיה לחברה ולאנושות, יפתחו יחס חיובי למקצוע ויגלו התעניינות בתופעות כימיות.

ד. על דרכי הוראת הכימיה

1. שיעורי הכימיה חייבים להיות מלווים בביצוע ניסויים **במעבדה**. באמצעות עבודה במעבדה ניתן לפתח שורה של מיומנויות חשובות כגון:
 - א. תצפיות בתופעות
 - ב. קישור בין מודלים לבין תופעות
 - ג. עיבוד נתונים, ניתוח נתונים ופתרון בעיות
 - ד. הסקת מסקנות ודיווח על ממצאי ניסוי.

העבודה במעבדה צריכה להיעשות ברובה כעבודה עצמית או קבוצתית (קבוצת חקר) של התלמידים ומיעוטה כהדגמות מורה.
הוועדה ממליצה, כי התלמידים יעבדו במעבדה לפחות במשך שליש מן הזמן המוקדש ללימודי הכימיה בכללם.

2. יש להשתמש במודלים שאפשר יהיה להמחיש ולהסביר לפיהם תופעות כימיות.

3. מומלץ להציג בפני התלמידים את הצד היישומי הרלוונטי של הכימיה (ביולוגיה, ביוטכנולוגיה, תעשייה, רפואה, חקלאות וכו'). כל זאת, כדי שהתלמידים ילמדו להעריך את האפליקציות המדעיות, החברתיות, הסביבתיות והכלכליות של הכימיה וכן את תרומת הכימיה בחיי יום-יום.

ארגון הלימודים – מבנה תכנית הלימודים

התכנית המפורטת להלן כוללת שתי מסגרות.

- א. מסגרת להוראת כימיה בהיקף של יחידת לימוד אחת (1 י"ל = 90 ש'). מסגרת זו זהה לכל לומדי הכימיה והיא מיועדת ללימוד בכיתה י'.
- ב. מסגרת ובה ארבע מבניות ייחודיות לתכנית "כימיה ללומדי ביולוגיה" (בהיקף של 2 י"ל – 180 ש'). המיועדת ללימוד בכיתות י"א ו-י"ב (או רק בכיתה י"א). במסגרת זו, המבנית הראשונה מהווה תשתית לשאר המבניות.
- ג. הוראת המבניות לתלמידי ביולוגיה תיעשה בנפרד מן ההוראה לתלמידים הבוחרים ללמוד כימיה בהיקף של 3 י"ל על פי התכנית הרגילה.
- ד. תלמידים הלומדים את התכנית "כימיה לביולוגים" יוכלו להיבחן בחינת בגרות בהיקף של 3 י"ל.
- ה. לא ניתן להשלים לימודים על פי תכנית זו להיקף של 5 י"ל.

א. פירוט הנושאים ליחידת הלימוד בכיתה י' (משותפת לכלל התלמידים)

1. **מושגי יסוד**
תערובת, תמיסה, תרכובת, יסוד, מתכות, אל-מתכות, אטום, מולקולה, יון. סימולים, נוסחות וניסוחי תגובה, נוסחה אמפירית, נוסחה מולקולרית. מצבי צבירה, הפרדת תערובות (זיקוק), חוק שימור החומר, חוק ההרכב הקבוע.
2. **חומרים יוניים**
הולכה יונית, המסת תרכובות יוניות במים, התכת תרכובות יוניות, תגובות שיקוע, אלקטרוליזה של נתכים.
3. **מבנה האטום**
אי-רציפות החומר, חלקיקים תת-אטומיים, מספר אטומי, מספר מסה, איזוטופים, קרינה רדיואקטיבית וסוגיה, ראיות לקיום הגרעין, אנרגיות יינון, זיקה אלקטרונית, הערכות אלקטרוניים ברמות אנרגיה ראשיות, אלקטרוני ערכיות.
4. **מחזוריות ומשפחות כימיות**
מבנה המערכה המחזורית (ליסודות ייצוג בלבד), דוגמות למשפחות כימיות (אלקאליים, אלקאליים עפרוריים, הלוגנים אציליים). תכונות מחזוריות: אופי היסוד (מתכת, אל-מתכת, גז אציל). מטען היון, אנרגיות יינון ראשונות, זיקה אלקטרונית, ערכיות, תכונות והרכב תרכובות מייצגות של יסודות השורה השנייה והשלישית (כגון: הידרידים, כלורידים ותחמוצות).
5. **מבנה קישור ותכונות החומר**
הקשר הכימי כמבטא משיכה חשמלית בין חלקיקים. קשר מתכתי, גורמים המשפיעים על חוזק הקשר המתכתי, סריג מתכתי ותכונות מתכות.
קשר יוני, גורמים הקובעים את חוזק הקשר היוני, סריג יוני ותכונות חומרים יוניים.
קשר קוולנטי, נוסחות ייצוג אלקטרוניות, אלקטרו-שליליות קוטביות קשר, גורמים הקובעים את חוזק הקשר הקוולנטי.

סריג אטומרי (כגון יהלום, גרפיט, SiO_2) ותכונות החומרים האטומריים.

צורות של מולקולות פשוטות, קוטביות מולקולות, כוחות בין מולקולריים, כוחות ואן-דר-ואלס וקשרי מימן.

סריג מולקולרי ותכונות החומרים המולקולריים.

6. היבטים כמותיים בכימיה*

מסה אטומית יחסית, מול, מסה מולרית.

תכונות משותפות לגזים. השערת אבוגדרו ויישומים המבוססים עליה. נפח מולרי של גז. חישוב נוסחה אמפירית ונוסחה מולקולרית, ריכוז מולרי. חישובים סטויכיומטריים.

7. חמצון-חיזור

חמצון-חיזור כתהליך של מעבר אלקטרונים.

השורה האלקטרוכימית של המתכות.

חמצון-חיזור בהלוגנים.

אלקטרוליזה של חומר יוני מותך ושל תמיסות מימיות של חומרים יוניים (כאשר המים אינם משתתפים בחמצון-חיזור), כתהליכים של חמצון ושל חיזור. דרגות חמצון. ניסוח תגובות חמצון-חיזור (פשוטות בלבד).

8. בסיסים וחומצות

הגדרת בסיס וחומצה לפי ברנסטד ולאורי.

תגובת בסיס חומצה, המים כבסיס וכחומצה.

תמיסה חומצית, תמיסה בסיסית, אינדיקטורים pH כמדד

(איכותי בלבד) לאופי התמיסה: החומצית, ניטרלית, בסיסית.

תגובות שיש לדעת בנושא זה;

תגובות עם מים: מתכת אלקלית במים, הידריד מתכתי, תחמוצת מתכתית, תחמוצת אל-מתכתית.

תגובות של תמיסה חומצית: עם מתכת, עם מלח פחמתי מסיס, עם גיר, עם תחמוצת מתכתית, עם

תמיסה בסיסית – סתירה.

ב. פירוט המבניות לשתי יחידות הלימוד בכיתה י"א או בכיתות י"א-י"ב

מבנית ראשונה – הכימיה של תרכובות הפחמן – שיקולי מבנה ואנרגיה
(מולקולות קטנות)

הנושא	יישומים ביולוגיים
1. הצגת המולקולות של מתאן, מתאנול, מתאנאל, חומצה מתאנואית, מתיל אמין, אתן, קשר אסטרי, קשר אמיד, קבוצות פונקציונליות, בהסתמך על ידע קודם מתפרק "מבנה וקישור". מושגים: קשרים בין-מולקולריים, מסיסות חישובי ריכוזים מולריים.	הצגת מולקולות מורכבות – גלוקוז, חומצה שומנית, שומן, גלוקוז-פוספט. קבוצות הידרופיליות והידרופוביות, ממברנה ביולוגית, קשרי אנזים – מצע, קשרי מימן ב-D.N.A. וב-R.N.A.
שימוש בנוסחות מבנה ובמודלים ממלאי מרחב. ניסויים: מסיסות שמן במים או במי סבון ובממס אורגני. מסיסות יוד בממסים קוטביים ולא-קוטביים, מהירות היעלמות הטיפה – כוחות בין-מולקולריים, מסיסות כוהל במים ובממסים אורגניים.	המסת שומן על ידי לציטין ומלחי מרה "סבונים ביולוגיים".
2. אנרגיה וטמפרטורה – טמפרטורה במושגים של תנועה מולקולרית. אנרגיה במושגים של כמות החומר והטמפרטורה שלו. הטמפרטורה (מספר הדרכים – מדד לאנטרופיה).	מחזור הדם כגורם להשוואת טמפרטורה בחלקי הגוף השונים. בעלי חיים פויקילותרמיים והומותרמיים.

יישומים ביולוגיים

נשיפה של אדי מים

פיזור אנרגיה לסביבה באמצעות נשימה.

קירור גוף על ידי הזעה והלחתה.
שומן וגלוקוז כספקי אנרגיה.
שריפת שומן, בוטנים - ערך קלורי.
תגובות אקסותרמיות ואנדותרמיות.

קיבוע שיווי משקל של
המוגלובין ומיוגלובין.
הומאוסטזיס:
ריכוז קבוע של גלוקוז בדם.
מנגנוני feedback
מחזור החנקן בטבע.

3. שינויי אנתלפיה בניתוק קשרים,
ביצירת קשרים ובשילוב בין שניהם.
תגובות אקסותרמיות ואנדותרמיות.
שינויי אנטרופיה בסביבה.
השוואת אנתלפיות של קשרים קוולנטיים
עם אנתלפיות של קשרים בין-מולקולריים.
ניסויים: תגובה אנדותרמית - אידוי כוהל
על היד (חיטוי ואלחוש).
תגובה אקסותרמית - שריפת כוהל.

4. שיווי משקל.
תגובות הפיכות.
מערכות סגורות או קואזי-סגורות
Steady State
מדוע מערכת מגיעה לשיווי משקל?
תיאור מילולי לאנטרופיה (במושגים
של הסתברות - אי-סדר).
ביטוי לקבוע שיווי המשקל - משמעות ערכו של K .
עקרון לה-שטליה (רק לגבי ריכוזים).

מבנית שנייה – אנרגיה ותהליכי החיים

הנושא	יישומים ביולוגיים
1. ATP (ומולקולות דומות GTP) צימוד – תגובה ספונטנית (K גדול) דוחפת תגובה בלתי ספונטנית (K קטן). בתגובה ספונטנית – עלייה באנטרופיה של היקום.	ATP ותגובתו עם מים. תגובה של ATP עם מים (K גדול) בצימוד עם תגובה שיש לה K קטן, כמו בבניית גלוקוז-פוספט או או ביצירת קשר פפטידי.
2. הנשימה. חמצון-חיזור – הגדרה על פי מעבר אלקטרונים. השורה האלקטרוכימית המצומצמת. דרגות חמצון – תרגול פשוט, בעיקר עם C.H.O. נשימה א-אירובית ואנ-אירובית.	ניצול סוכרים לקבלת אנרגיה. צימוד לקבלת ATP. א. גליקוליזה – חמצון סוכר (ללא חמצן). ב. זרחון חמצוני חמצון של NADH ג. חמצון-חיזור של חומצה אסקורבית (ויטמין C). ד. ניסויים – נחושת ויוני כסף, בדיקת בנדיקט לגלוקוז. ניסוי בקבוק כחול.
3. פוטוסינתזה. הפוטוסינתזה כמערכת של תגובות חמצון-חיזור. דירוג החומרים NADPH, NADH חמצן, מים, פחמן דו-חמצני, על פי נטייתם לעבור חיזור (כלומר כושרם לפעול כחמצנים).	צימוד לקבלת ATP. פירוט התהליכים בפוטוסינתזה: א. שלב האור – חמצון מים וחיזור NADP+ ב. שלב החושך – חיזור פחמן דו-חמצני.

מבנית שלישית – התרחשות של תגובות כימיות

יישומים ביולוגיים

הנושא

1. המים כממס וכמיינן
תכונות קוליגטיביות ולחץ אוסמוטי
אלקטרוליטים.
בסיסים וחומצות. הגדרה על פי ברונסטאד
תגובות חומצה – בסיס (חישובים)
חישובי מיהול
שיווי משקל (pH, בופרים)
עקרון לה-שטלייה ויישומו
חומצות חזקות וחלשות
אינדיקטורים.
 2. חמצון-חיזור
דהידרוגנציה של תרכובות אורגניות
ותסיסה
דרגות חמצון בתרכובות פחמן
מעברי אלקטרונים בתגובות חמצון-חיזור
שינויי אנרגיה בתהליכי חמצון-חיזור
 3. שיווי משקל
דינמיקה של תגובות
קיבוע שיווי משקל
הסבר מולקולרי של קצב תגובה
גורמים המשפיעים על קצב התגובה:
טמפרטורה, pH,
ריכוז אנרגיית שפעול.
- המים בתא, חיים בסביבה מימית,
פעילות חיידקים בסביבה בעלת לחץ
אוסמוטי גבוה, שימור מזון
מסיסות חמצן ו-CO₂ (צלילה)
חומציות בקרקע, קליטת מינרלים
גשם חומצי
חומציות במערכת העיכול
בופרים בתא ובאורגניזם
שימוש באינדיקטורים במחקר ביולוגי
- מעברי אלקטרונים בפוטוסינתזה
נשימה
צימוד לקבלת ATP
ויטמין C
מעכבי חימצון בשימור מזון
נשאי אלקטרונים ומימנים (כגון: NAD⁺)
- אנזימים (מודל מיכאליס-מנטן)
שיווי משקל חמצן ו-CO₂ במערכת הז
השוואת תגובות אנזימטיות לתגובות
מחוץ לגוף.

מבנית רביעית – פולימרים בתהליכים ביולוגיים

יישומים ביולוגיים

הנושא

הקדמה – מה הן מקרומולקולות
פולימרים סינתטיים: ניילון
פולימרים טבעיים: חלבונים,
חומצות גרעין, פחמימות וליפידים.

א. מחומצות אמיניות לחלבון

1. המונומר – חומצות אמיניות:

מבנה חומצות אמיניות

20 החומצות האמיניות המצויות בטבע

תכונות של החומצות האמיניות.

התנהגות כחומצה וכבסיס,

נקודה איזואלקטרית,

איזומטריה אופטית,

הקשר הפפטידי,

הידרוליזה.

חומצות אמיניות הכרחיות.

2. הפולימר – חלבון, מבנה ותפקוד:

מבנה ראשוני, רצף חומצות אמיניות

מבנה שווינוני, α הליקס, משטח קפלים β

מבנה שלישוני: קשר יוני, קשר דיסולפיד, קשר מימן, קשר הידרופובי

מבנה רביעוני: חלבונים בעלי תתיחידות

דנטורציה – פתיחת הקיפולים:

השפעות של חומצה וחום,

שינויים במסיסות החלבון כתוצאה מדנטורציה.

חלבונים סיביים: משי, קרטין.

חלבונים כדוריים, כימוטריפסין,

ליזוזים, המוגלובין

עיקור מזון וכלים, תעשיית מוצרי

חלב, יישור וסלסול שיער.

יישומים ביולוגיים

הנושא

3. חקר חלבונים:
- שיטות הפרדה
 - קביעת רצף
 - חקר המבנה.
4. סוגי חלבונים:
- אנזימים – חלבונים תפקודיים
ספציפיות לריאקציה,
האתר הפעיל.
פעילות אנזימטית.
 - חלבונים מבניים.
- ב. חומצות גרעין DNA ו-RNA
1. המונומר של ה-D.N.A.:
סוכר (ריבוז), קבוצת פוספאט, בסיס
חנקני של ה-R.N.A.:
סוכר (ריבוז), קבוצת פוספאט, בסיס חנקני.
 2. הפולימר:
פוליאסטרם, הסליל הכפול.
 3. חקר חומצות גרעין:
אלקטרופורזה, קביעת רצף.
- עיכוב תרופתי
- חלבונים במערכת החיסון
- קרומי תאים
- מן הגן אל החלבון
- שכפול – שעתוק – תרגום
סינתזת חלבון
עיכוב על ידי אנטיביוטיקה
מוטציות.