



ביוכימיה – הכימיה של חלבונים וחומצות גרעין* יחידת לימוד ברמה של חמש יחידות

מירי ברק, ראניה חוסן פראג', יהודית דורי

מבוא

בשנים האחרונות ועדת מקצוע הכימיה שבמשרד החינוך מובילה שינוי בתכנית הלימודים ומתאימה אותה לצורכי הלומדים ולתפיסות הפדגוגיות של המאה ה-21 (ברנע, 2003). השינויים בתכנית הלימודים בכימיה מבוססים על ההכרה כי אחת המטרות העיקריות של החינוך בעידן הטכנולוגי-מדעי היא עיצוב בוגרים בעלי אוריינות מדעית גבוהה היכולים לקשר בין התאוריות לבין העולם הסובב אותם (Barak, Carson & Zoller, 2007; Barak, & Dori, 2005).

במסגרת ועדת התכנית עלה הצורך לשלב יחידות לימוד שונות המציגות תכנים מחזית המחקר בעולם המדעי-טכנולוגי, מפתחות בקרב הלומדים מיומנויות חשיבה ברמות גבוהות ומקשרות את הנלמד לחיי היום-יום שלהם (Dori & Herscovitz, 1999; Zohar & Dori, 2003). במסגרת זו פותחה יחידת הלימוד: ביוכימיה – הכימיה של חלבונים וחומצות גרעין* במטרה להעמיק את היסודות הכימיים במדעי החיים. יחידת הלימוד מהווה חצי יחידה ומתוכננת להוראה במשך 45 שעות. זוהי יחידת בחירה לתלמידים הלומדים חמש יחידות כימיה לבגרות.

מהו מדע הביוכימיה ומדוע חשוב לשלבו בלימודי הכימיה בבית ספר תיכון?

הביוכימיה היא מדע העוסק בחקר הרכבם הכימי של יצורים חיים ובשינויים כימיים המתחוללים בתהליכי החיים. מדע הביוכימיה מקשר בין הכימיה האורגנית ובין הביולוגיה אגב התמקדות בפעילות של מולקולות ביולוגיות ובפעולות הגומלין שביניהן. לביוכימיה תפקיד

מרכזי בהבנת מנגנונים של מחלות, בחקלאות, בתעשיית המזון ובייצור תרופות. תחום מדעי זה הוא בעל חשיבות עליונה והשפעה מכרעת על תחומי מדע אחרים כגון רפואה, גנטיקה וביולוגיה מולקולרית.

בפתחו של המילניום השלישי התפתחו תחומים רבים המבוססים על עקרונות כימיים הדורשים הבנה מעמיקה של דיסציפלינה חשובה זו. הוכחה לכך הוא פרס הנובל בכימיה שניתן בשנת 2004 לשני מדענים ישראלים. השניים הם פרופ' אברהם הרשקו ופרופ' אהרון צ'חנובר מהפקולטה לרפואה בטכניון, שזכו בפרס יחד עם פרופ' אירוין רוז מהמכון לחקר הסרטן בפילדלפיה, ארה"ב. השלושה גילו בתחילת שנות השמונים את מערכת היוביקוויטין, האחראית לפירוק חלבונים בתוך התא ושולטת בתהליכים ביולוגיים רבים כמו חלוקת תאים, תיקון דנ"א (DNA) ואיכות ייצורם של חלבונים חדשים וכן חלקים מהותיים במערכת החיסונית. אף על פי שהשלושה עסקו במחקר בדיסציפלינה המוגדרת כ"ביוכימיה", ועל אף שהמצאתם תורמת למחקר רפואי ולתעשיית התרופות, ניתן הפרס במסגרת הכימיה. אכן, בחמישים השנים האחרונות, מחקרים בתחום מדעי הכימיה שברו את המסגרת הדיסציפלינרית המסורתית והתרחבו לתחומים בתעשיית המזון, התרופות, חקלאות, ננוטכנולוגיה ועוד.

לשינויים שעובר מדע הכימיה יש לתת ביטוי גם בכיתות הלימוד. אם בעבר עסקה הכימיה רק בנושאים הקשורים למולקולות, קשרים כימיים, סינתזה של מולקולות ופעילותן, כיום מתמודדים הכימאים עם שאלות בעלות השלכות משמעותיות על קיומנו ועל איכות החיים שלנו. מה חשוב יותר מאשר להבין את עצמנו: מאילו מולקולות

* יחידת הלימוד "ביוכימיה – הכימיה של חלבונים וחומצות גרעין" פותחה בטכניון, במחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים. הצוות כולל את ד"ר מירי ברק, ראש צוות פיתוח, אלישבע גבע ורולי אינטרטור. ראש הפרויקט: פרופ' יהודית דורי, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, והיועץ המדעי: פרופ' דני זילברשטיין, הפקולטה לביולוגיה, הטכניון.

מדעי, לשער השערות, לעבד ולנתח נתונים ולהסיק מסקנות.

● פיתוח מיומנויות חשיבה ברמות גבוהות: היכולת לפתור בעיות ולחשוב בצורה לוגית ומערכתית.

המיומנויות האופרטיביות כוללות את היכולות האלה:

● שילוב של טכנולוגיות מתקדמות (מחשבים ורשת האינטרנט) לעיבוד, לארגון, להערכה ולייצוג של מידע.

● שימוש בהדמיות מולקולריות ממוחשבות להבנה ויישום של מבנים מרחביים.

היחידה מורכבת מארבעה פרקים המתמקדים במקרומולקולות (מולקולות ענק) המצויות בתאים שבגופנו: החלבונים וחומצות הגרעין (דנ"א ורנ"א).

יחידת הלימוד מדגישה את המבנה החוזר של מולקולות החלבונים ושל חומצות הגרעין ואת ההבנה כי אלו הם פולימרים ביולוגיים בעלי יחידות קבועות וחוזרות.

פרק ראשון של יחידת הלימוד מהווה שער שדרכו הלומדים "צוללים" לתוך תאי גוף האדם ולומדים על הרכבם הכימי ועל המולקולות המרכיבות אותו. הפרק מתמקד בחשיבות של מולקולות החלבון בוויסות הכניסה והיציאה של מולקולות ויונים אל התא ומחוצה לו. פרק שני מתמקד במולקולות החלבון, ומפרט את חשיבותן ותפקודן בגוף האדם. הפרק מציג את החומצות האמיניות המהוות את אבני הבניין של מולקולות החלבון, אגב פירוט תכונותיהן הכימיות והפיזיקליות. המשך הפרק דן במבנה המרחבי של מולקולות החלבון והקשרים הכימיים המייצבים אותן. פרק שלישי דן בחומצות הגרעין: דנ"א ורנ"א, מולקולות שחבוי בהן סוד הרבייה והזיכרון הכימי בן מיליוני שנים. פרק זה מציג את ההרכב האטומי והמבנה הכימי שלהן ומתאר את תהליכי השכפול והתעתוק ברמה האטומית. פרק רביעי עוסק בכימיה של הקוד הגנטי ובתהליך כימי הנקרא 'תרגום', שבסופו מתקבלות מולקולות החלבון שבתאים. בכך פרק רביעי סוגר מעגל שהחל בחלבונים המהווים שוערים כימיים לתאי גופנו, ממשיך במבנה החלבונים ובהשפעתו על

הגוף שלנו מורכב? כיצד משפיע המבנה של המולקולות על תפקודן בגוף? מהם הקשרים ויחסי הגומלין בין המולקולות השונות? אכן, היש מופלא יותר מהעובדה שהבסיס לפעולות חיים, החל מנשימה ותנועה וכלה בחשיבה ורגש, טמון בתהליכים כימיים?

שאלות אלו מובילות לחשיבות ההוראה של נושאים בביוכימיה דווקא תחת המטרייה של מקצוע הכימיה. הביוכימיה היא תחום אינטרדיסציפלינרי ששילובו בתכניות הלימודים עשוי לקרב את הלומדים למקצוע הכימיה ולגרום לפריחה מחודשת של המקצוע בבתי הספר, אגב הכרה בחשיבותו ובתרומתו הרבה.

מה מטרתה ומאפייניה של יחידת הלימוד בביוכימיה?

יחידת הלימוד נכתבה ופותחה בהתאם למטרות הוראת הכימיה כמפורט בסילבוס החדש, חוזר מפמ"ר 2005. ביחידה שולבו פעילויות שונות ומגוונות המדגישות פיתוח מיומנויות חשיבה ברמות גבוהות וניתוח של מחקרים מדעיים. בכל אלו יידרשו התלמידים לגלות הבנה כימית ולתת תשובות מנומקות בהסתמך על ארבע רמות ההבנה בכימיה: רמת התופעה-הרמה המקרוסקופית, רמת החלקיקים-המיקרוסקופית, הסמל והתהליך.

מטרות היחידה כוללות מטרות בתחום התוכן ומטרות בתחום המיומנויות. המטרות בתחום התוכן הן אלה:

● הבנה של הבסיס הכימי לתופעות ביולוגיות בגוף האדם.

● פיתוח היכולת לקשר בין תהליכים כימיים לבין תופעות ביולוגיות בגוף האדם.

● היכרות עם נושאים העומדים בחזית ההתקדמות של הביוכימיה כיום ועם תרומתם לתחומים שונים בחיינו.

המטרות בתחום המיומנויות כוללות מיומנויות חשיבה (קוגניטיביות) כמו גם מיומנויות יישומיות (אופרטיביות).

המיומנויות הקוגניטיביות כוללות את היכולות האלה:

● פיתוח חשיבה מדעית: היכולת לקרוא ולהבין מחקר



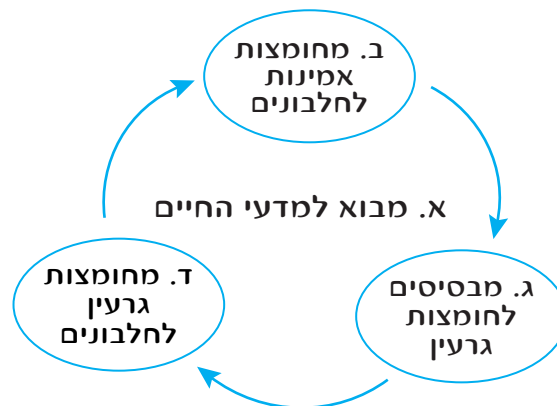
הבנה אינטואיטיבית, מחד, ומיומנויות חשיבה ברמות גבוהות, מאידך.

תפקודם, דן בחומצות הגרעין שתפקודן תלוי בקיומן של מולקולות חלבון ומסתיים בחלבונים שהיווצרותם תלויה בקיומן של חומצות הגרעין. (איור 1)

מהן גישות הלמידה המשולבות ביחידת הלימוד?

בנוסף לדיון בכימיה של מקרומולקולות ובתהליכים כימיים מורכבים המתרחשים בגופנו, יחידת הלימוד מדגישה שתי גישות למידה עיקריות:

- למידה באמצעות מאמרים מדעיים מעובדים המזמנים חשיבה מדעית להקניית אוריינות מדעית ופיתוח מיומנויות חקר בקרב התלמידים.
- למידה בסיוע הדמיות ממוחשבות לקידום ההבנה של מבנים מולקולריים מרחביים ויצירת קשר בין מבנה לתפקוד.



איור 1. מבנה יחידת הלימוד – ההיבט הספיראלי

למידה באמצעות מאמרים מדעיים מעובדים פותחה עבור יחידת הלימוד בביוכימיה כעיבוד של ניסוי מחשבתית (Gendler, 2005) ובהתבסס על מחקר מתמשך בנושא חקר אירועים (Dori & Herscovitz, 1999; 2005). בתחילת כל פרק מוצג מאמר מעובד הלקוח מתוך כתבי עת מדעיים. בסיוע המאמר התלמידים מנסים לענות על שאלה או לפתור בעיה שלא באמצעות ניסוי ממשי, אלא בעזרת הנתונים המוצגים במאמר, הידע שצברו במהלך לימוד הפרק ובסיוע המחשבה והדמיון.

יחידת הלימוד הדנה במבנים מרחביים מורכבים של מקרומולקולות ביולוגיות, משלבת בתוכה משימות ותרגילים המסייעים למורים ללמד את הנושאים ולתלמידים להבין. היחידה משלבת אמצעי המחשה מגוונים, כולל שימוש בגזרי נייר, במודלים פיזיקליים (מפלסטלינה או מפלסטיק) והדמיות ממוחשבות מרשת האינטרנט. בנוסף שולבו משימות חקר המתמקדות בנייתוח והבנה של מאמרים מעובדים המתארים ניסויים מדעיים. כל זאת במטרה לעודד את התלמידים לפתח

דוגמה לקטע מעובד מתוך מאמר מדעי המוצג בפתיחה של פרק בנושא חלבונים:

מה לקניבלים מגינאה החדשה ולמחלת הפרה המשוגעת?

בשנות ה-50 של המאה ה-20 התחקתה קבוצת חוקרים בראשות הניורולוג האמריקני קרלטון גידוצ'ק אחר מחלת הקורו ('פחד' בלשון המקומיים) – מחלת מוח קטלנית שהייתה נפוצה בקרב שבטים מסוימים בגינאה החדשה. התברר כי מדובר במחלת מוח מדבקת המתפשטת בגלל קניבלים פולחני, שבו אוכלים בני השבט את גופות מתיהם.

שלושים שנים מאוחר יותר, במקומות שונים באנגליה, נפוצה מחלת עצבים מסתורית בקרב הפרות שפשטה לממדי מגפה. נמצא שהופעתה הפתאומית של מחלת הפרות נובע ממקורות המזון של הבקר. להעשרת תזונתן של הפרות הוסיפו למזונן חלבונים מהחי, המופקים מחלקי בעלי חיים שאין אפשרות לשווקם לצרכים אחרים.

המשימה האחרונה מובילה לדיון כיתתי בנושאים אתיים וקונפליקטים מוסריים כגון ניסויים בחיות ומתן תרופות חדשות לבני אדם.

למידה בסיוע הדמיות ממוחשבות התגבשה בשנים האחרונות עקב התפתחות מוצצת של אמצעים טכנולוגיים וגרפיים (Barak, 2007; Barak & Dori, 2005; Barnea & Dori, 2000; Dori & Barak, 2001). כיום ישנו מספר רב של תכניות לימוד בכימיה בארץ ובעולם המשלבות שימוש בהדמיות ממוחשבות יחד עם מודלים מפלסטיק. ביחידת הלימוד ביוכימיה נעשה שימוש בתוכנות הדמיה: ISIS ו-Chime מחברת MDL (<http://www.mdl.com/downloads>), הניתנות להורדה בחינם. יחידת הלימוד כוללת משימות המפנות את התלמידים להדמיות ממוחשבות באינטרנט שפותחו באוניברסיטאות מוכרות כגון קרנגי מלון, לוס אנג'לס, אריזונה ועוד.

דוגמה לתרגיל הדמיה ממוחשב בנושא מבנה הסליל הכפול מוצגת להלן:

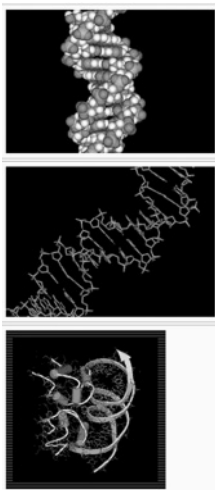
מעובד על פי: גביזון, ר. וטרבולוס, א. (1996) חידת הפריזונים. גלילאו 15, 17-21.

השאלה המוצגת בתחילת כל פרק והקטע המדעי המצורף אליה, מהווים גורמים המעוררים עניין וסקרנות. "לסיכום מוצגות שאלות מנחות המעודדות את התלמידים לפתח חשיבה מדעית.

דוגמאות למשימות מנחות:

1. קראו שנית את קטע המידע שהוצג בתחילת הפרק ורשמו 2-3 שאלות חקר.
2. בחרו שאלה אחת ועל פי הנלמד בפרק נסחו השערה שעשויה להוביל לביצוע ניסוי.
3. ציינו מהם הכלים שבהם תעשו שימוש כדי לבדוק את השערתכם?
4. תכננו ניסוי שעשוי לאושש או להפריך את ההשערה שלכם.
5. כתבו מה חשיבותו ותרומתו של המחקר וציינו מהם מגבלותיו.

תרגיל – חקר הסליל הכפול של הדנ"א בעזרת הדמיה מולקולרית



בתרגיל זה תחקרו את המבנה המרחבי של מולקולת הדנ"א בעזרת תוכנה להדמיה מולקולרית.

היכנסו לאתר: http://www.accelrys.com/reference/gallery/ls_dna.html וסמנו על ידי קליק כפול את ההדמיה: Stick rendering of DNA.

המבנה המרחבי של מולקולת הדנ"א

סובבו את מולקולת הדנ"א. מכמה גדילים בנויה מולקולת הדנ"א? כיצד ערוכים גדילים אלו במרחב?

הקשר בין מבנה ובין התכונות של מולקולת הדנ"א

סובבו את מולקולת הדנ"א עד שתגיעו למבט מלמעלה של מולקולה זו (צורת עיגול).

1. אילו מרכיבים של מולקולת הדנ"א פונים לחלקה החיצוני (ההיקפי)?
2. אילו מרכיבים של מולקולת הדנ"א פונים לחלקה הפנימי?
3. איזו תכונה, הידרופובית או הידרופילית, הייתם מצפים

שיהיה לחלקה החיצוני (ההיקפי) של מולקולת הדנ"א ואיזו תכונה לחלקה הפנימי? הסבירו את תשובתכם.

מה אומרים מורים נסיינים על יחידת הלימוד?

חמישה מורים נסיינים משישה בתי ספר התנדבו לשלב את יחידת הלימוד ביוכימיה – כימיה של חלבונים וחומצות גרעין במסגרת הוראת היחידה החמישית לבחינת הבגרות בכימיה בשנת תשס"ז. יחידת הלימוד נמצאת בשלבי פיתוח אחרונים ובשלבי מחקר ראשוניים. בקרב המורים הנסיינים נערכו ראיונות חצי מובנים כדי לענות על השאלות הבאות:

1. מדוע בחרו המורים ללמד את יחידת הלימוד ביוכימיה?
2. מה דעתם של המורים על יחידת הלימוד?
3. מהם הקשיים הצפויים בעת הוראת יחידת הלימוד? תשובותיה של אחת מהמורות הנסייניות לשאלות שהוצגו במהלך הריאיון מוצגות בהמשך.

הסיבות לכך שבחרתי ביחידת הלימוד ביוכימיה

יחידת הלימוד מטלבת כימיה וזיולוגיה יחד. הרגשתי שהיא יכולה להיות מעניינת לאלמנטים וגם אי באופן אישי, דווקא בללא שאין לי רקע בתחום הזיולוגי. מצד אחד, חששתי מהיבטים זיולוגיים, אך מצד שני הרגשתי שחסר לי ידע. קריאה ולימוד של יחידת הלימוד יצרו עבורי הזדמנות להיחשף לזיולוגיה בהיבטיה הכימיים. זמנים אחרות, דרך הכימיה אני מנסה להבין ולהתחבר לזיולוגיה.

דעתי על יחידת הלימוד ביוכימיה

מצאתי שהיחידה מקשרת טוב מאוד בין שתי הדיסציפלינות כימיה וזיולוגיה. מי שאיננו בעל רקע בתחום הזיולוגיה יכול להבין חלק גדול מהתכנים מאחר שהסקרונות והמושגים הבסיסיים מוסברים באופן מופשט וברור. בנוסף, היחידה מקשרת בין הכימיה אלף האדם, דבר שקרוב לעצמנו. לדעתי, לאחר לימוד היחידה הלאמידיים יבינו טוב יותר את התהליכים שקורים בגופם, את המבנה המולקולרי של החלבון, הדנ"א והרנ"א ומקדוים, וזה מקרב את הכימיה אחי" היום יום שלהם.

מחנית התכנים, כל הפרקים מצאו חן בעיניי אך התחברתי מאוד לפרק השני המסביר את מבנה החלבונים. שם מוסבר על

המבנה הראשוני, שניוני וטריטורני של החלבון. פרק הזה הזניח מחניתי כימיה מה הכוונה כשאוטורים "חלבון" ומה ההבדל בין חלבון אחד לאחר.

מחנית מיומנויות למידה, מצא חן בעיניי השימוש של הדמיות מולקולריות ממוחשבות. התנסו עם מודלים ממוחשבים מלביד את יכולת הראייה הלאמידיים של התלמידים ומאפשר להם להבין טוב יותר מבנים מרחביים מיוחדים כשמדובר במולקולות "ענק". במקרים כאלו לא ניתן לעשות שימוש במודלים מפיסטיים ומאוד קשה להסביר רק באמצעות דיבור או בטקסט.

הקשיים שמהם אני חוששת

הקושי העיקרי מחניתי הוא חוסר הידע שלי בזיולוגיה. אני מרצה לעולם את עצמי: האם יש לי בסיס זיולוגי מספיק כדי שאוכל ללמד את יחידת הלימוד בצורה הטובה ביותר? האם אני יכולה ללמד את הנשאים השונים המשלבים כימיה עם זיולוגיה? האם אדם אקסטר בין שתי הדיסציפלינות בצורה נכונה כך שאוכל ביוכימיה ולא כימיה בנפרד וזיולוגיה בנפרד? שאלות נוספות שמטרידות אותי קשורות לארגון החומר ודרכי הציגו: האם אוכל ללמד את היחידה בפרק הזמן המוקצב לה? צריך לזכור שזו השנה הראשונה שיחידת הלימוד מוצגת אין שאלות מחניתי בגרות קודמות שאפשר להיעזר בהן לקראת המחנה ולקבל דוגמאות אלגי התלמידים, אני בטוחה שחלקם מאוד ישמחו ללמוד נשאים הקשורים בגוף האדם, אבל צריך לקחת בחשבון שיש תלמידים שלא אוהבים זיולוגיה ומסיבה זו חזרו ללמוד כימיה ולא זיולוגיה.

מה ניתן לומר לסיכום?

לסיכום, ניתן לומר כי נמצאו ארבע סיבות עיקריות לכך שמורים בוחרים ללמד את יחידת הלימוד ביוכימיה:

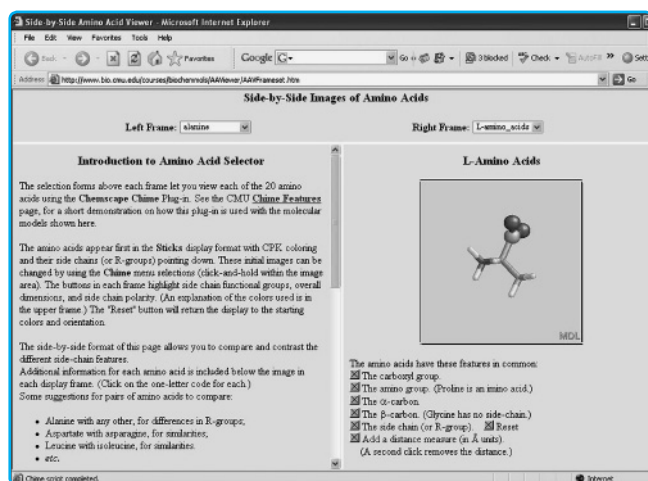
1. מורים שאין להם רקע בביולוגיה רואים ביחידת הלימוד "שער" שדרכו יוכלו להבין תהליכים בביולוגיה. אגב שימוש במושגים מוכרים מהכימיה.
2. מורים בעלי רקע בביולוגיה שמחים ללמד נושא שאליו הם "מתחברים" ושוב יש להם ידע קודם.
3. מורים המלמדים תלמידים שמרחיבים ביולוגיה, רואים

של התכנים והן בהיבט של גישות ההוראה והלמידה. הם מצאו שהתרגילים השזורים לאורך הפרקים עוזרים להבנת החומר ולחזרה על הכתוב והם נרגשים לקראת ההוראה של הביוכימיה בכיתות הלימוד שלהם. עם זאת, לאור החששות והקשיים שהמורים ציינו, בנוסף להשתלמויות מורים, נפתחה קבוצת דיון מתוקשבת שמשמשת ככלי להעברת מידע, שאלת שאלות, ופורום לפתרון בעיות.

ביחידת הלימוד הזדמנות נהדרת לשלב היבטים כימיים ובכך להשלים את הידע וליצור תמונה שלמה אצל התלמידים.

4. מורים שתלמידיהם אינם מרחיבים ביולוגיה, רואים ביחידת הלימוד הזדמנות לשלב היבטים ביולוגיים יחד עם הכימיה ועם מקצועות נוספים במטרה לפתח אוריינות מדעית כוללת. ולסיכום, המורים מרוצים מאוד מיחידת הלימוד, הן בהיבט

נספח 1. היכרות עם המבנים המרחביים של חומצות אמיניות המרכיבות את החלבונים



איור 2. מסך הפתיחה של האתר

במטרה להכיר את המבנים המרחביים של החומצות האמיניות ותכונותיהן הפיזיקליות והכימיות, נעשה שימוש במודלים ממוחשבים שפותחו באוניברסיטת Carnegie Mellon בשם: Side-by-Side Images of Amino Acids.

לאתר ניתן להיכנס בשתי דרכים: דרך אחת היא הקלדת הכתובת המלאה של האתר:

<http://www.bio.cmu.edu/courses/biochemmols/AAViewer/AAVFrameset.htm>

דרך נוספת היא שימוש במנוע חיפוש כגון גוגל www.google.com וכתובת משפט חיפוש:

"side by side amino acid viewer" שיוביל אתכם לאתר המבוקש.

האתר מציג: * מודלים מולקולריים של 20 חומצות אמיניות; * מודלים מולקולריים של שישה פפטידים שונים; * מידע כללי על כל חומצה אמינית ומידע על הקוטביות של הקבוצה הצדדית ואורכי קשרים.

האתר בנוי משני חלונות. בכל חלון ניתן להציג חומצה אמינית אחרת ולהשוות ביניהן. עם הכניסה לאתר מוצג מודל מקל (Sticks), והאטומים השונים במולקולה מסומנים בצבעים שונים. בעזרת לחיצה על הכפתור השמאלי של העכבר באזור ההדמיה ניתן לבצע פעולות שונות כגון לסובב את המודל, לשנות צורות ייצוג, לסמן קבוצות שונות ועוד.

היכרות עם משפחת החומצות האמיניות

בשלב זה נלמד לעשות שימוש במערכת ולהכיר את משפחת החומצות האמיניות. 1. בעזרת לחיצה בכפתור השמאלי של העכבר והזנתו תוכלו לסובב את המודל L-amino acids לכל הכיוונים. כוונת כן שתוכלו להבחין בקבוצות הפונקציונליות השונות של המולקולה. נסו לזהות את החומצה האמינית המוצגת על ידי המודל.

2. רשמו במחברותיכם את כל הקבוצות או האטומים הנמצאים סביב אטום פחמן α . תוכלו להיעזר בכתוב מתחת לחלון שבו מוצג המודל על ידי לחיצה על משבצות ה־X.
3. סובבו את המולקולה כך שניתן יהיה לראות את כל האטומים ורשמו את נוסחת המבנה של החומצה האמינית במחברותיכם. תוכלו לבדוק את עצמכם על ידי הקלקה על האותיות MDL, הנמצאות בפינה ימנית תחתונה של ריבוע ההדמיה, ובחירת 2D-Rendering תאפשר מעבר למודל דו-ממדי (נוסחת מבנה).
4. לחיצה בכפתור הימני של העכבר ובחירה של 3D-Rendering מחזיר את המודל התלת-ממדי.
5. בעזרת הקלקה על MDL ובחירת Rotation תוכלו לקבל מודל מסתובב. בחירה נוספת של Rotation תפסיק את הסיבוב.
6. בחירה ב-MDL וסימון Display מאפשר שינוי של צורת הייצוג של המודל, כגון:
 מודל מסגרת (Wireframe), מודל מקל (Sticks), מודל כדור מקל (Ball & Stick), מודל ממלא מרחבי (Space fill). השוו בין צורות הייצוג השונות של המודלים ורשמו במחברותיכם: מה המשמעות של כל צורת ייצוג ומה התיאור הייחודי לכל צורת ייצוג.
7. התנסו בהסתרה ובגילוי של אטומי מימן על ידי בחירה ב-MDL, סימון Display Hydrogens-ו Options. מדוע לדעתכם יש צורך באפשרות של גילוי והסתרה של מימנים במולקולה?
8. בחירה ב-MDL, סימון Dot surface ו-Van der Waals Radii מציג מעטפת ון-דר-ואלס סביב המולקולה. הסבירו מה המשמעות של הנקודות האדומות, האפורות והכחולות סביב המודל של המולקולה, מה ניתן ללמוד על המולקולה ומדוע צורת ייצוג זו חשובה. תוכלו להיעזר בסימון מיקום ושמות האטומים על ידי לחיצה על Labels.
9. כפתור Reset (מתחת לחלון המודל) מחזיר אתכם למודל המקורי ולצבעים ההתחלתיים.

מקורות

- Dori, Y.J. & Herscovitz, O. (1999). Question Posing Capability as an Alternative Evaluation Method: Analysis of an Environmental Case Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 4, 411-430.
- Dori, Y.J. & Herscovitz, O. (2005). Case-based long-term professional development of science teachers. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1413-1446.
- Dori, Y.J. & Barak, M. (2001). Virtual and physical molecular modeling: Fostering model perception and spatial understanding. *Educational Technology & Society*, 4(1), 61-74.
- Gendler, T.S. (2005). Thought Experiments in Science. *Encyclopedia of Philosophy*. New York: MacMillan
- Zohar, A. & Dori, Y.J. (2003). Higher Order Thinking Skills and Low Achieving Students—Are they Mutually Exclusive? *Journal of the Learning Sciences*, 12(2), 145-182.
- ברנע, נ. (2003). החזרת הכימיה למעבדה, על-כימיה, 4, 10-5.
- Barak, M. (2007). Transitions from traditional to ICT-enhanced learning environments in undergraduate chemistry courses. *Computers & Education*, 48(1), 30-43.
- Barak, M., Carson, K.M. & Zoller, U. (2007). 'Chemistry Is in the News' Project: Can a Workshop Induce a Change? *Journal of Chemical Education*, In press.
- Barak, M. & Dori, Y.J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89(1), 117-139.
- Barnea, N. & Dori, Y. J. (2000). Computerized molecular modeling the new technology for enhancing model perception among chemistry educators and learners. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 109-120,