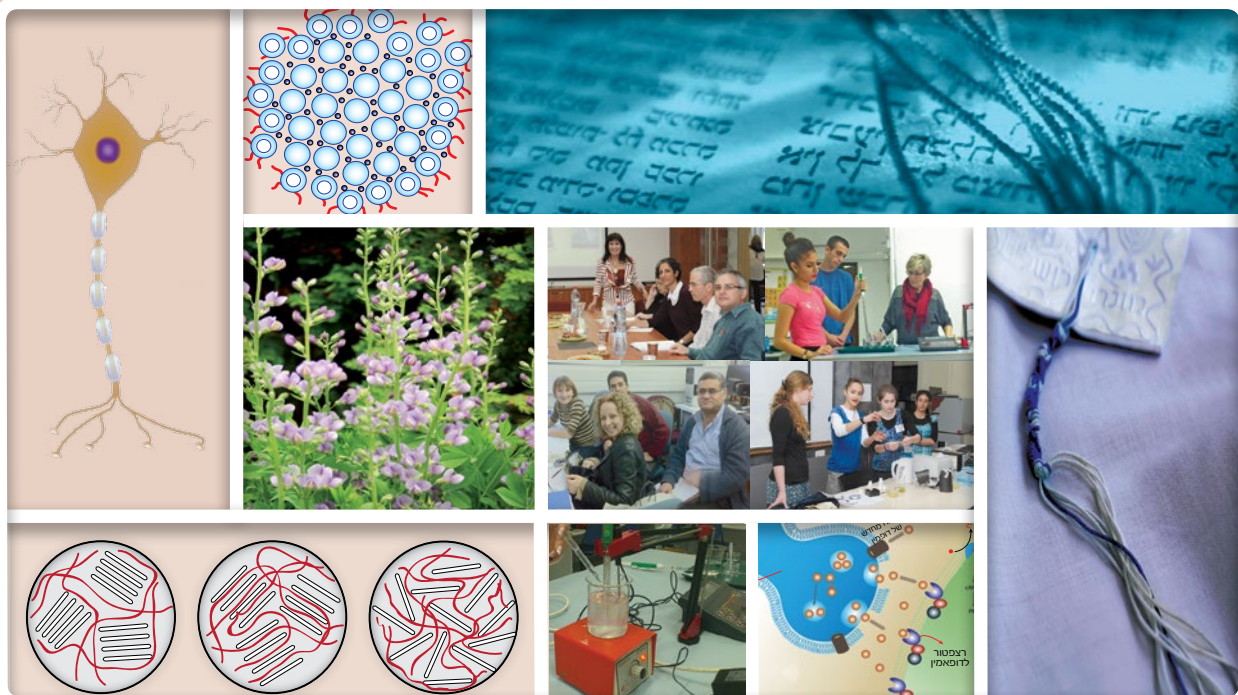


על-כימיה

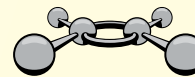


מינהלת מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט





המחלקה להוראת המדעים



המרכז הארצי
למורי הכימיה



מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים



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



גיליון מס' 23 • סיון תשע"ג • יוני 2013

דבר המערכת

גיליון זה, כקודמו, משתף בתוצריהם של מורים שהשתתפו בהשתלמויות המרכז הארצי למורי הכימיה, כמו גם בתרומתם הנכבדה של מורים מן השדה.

במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה מתקיימים מדי שנה קורסים ייחודיים להכשרת מורים שמטרתם, בין היתר, להוביל לקידום המקצועי של מורים ולהפיכתם למפצי ה"תורה" בשדה, הן ברמת עמיתיהם המורים והן ברמת התלמידים.

הקורס להכשרת מנחי עבודות בכימיה, שהתקיים בשנת תשע"ב, האיר בזרקור את עבודות הגמר בכימיה. תלמידים שביצעו עבודות גמר מעידים שהדבר היה בעבורם אירוע מכונן. על החשיבות הטמונה בביצוע עבודות הגמר, על היתרונות שבהן ועל הקשיים הנלווים כתבה בגיליון הקודם נעמה בני. תוצר נוסף של הקורס מופיע בגיליון זה. קטי חורי, עבדאללה חלילה ומרואן חושאן משתפים את קוראי העלון בהתנסות האישית שלהם, לרבות התכנים שבהם התמקדו ואף התחושות שליוו אותם בביצוע המחקר; כל זאת בכתבתם **"קשרים הלוגניים, אמצעי סופרא-מולקולרי להיערכות ננו-חלקיקי זהב בתמיסה"**. מחכה לכם הפתעה: תכירו סוג נוסף של קישור בין מולקולרי.

קורס נוסף של המרכז הארצי למורי הכימיה אשר תוצריו מיוצגים בגיליון זה הוא "כימיה ובריאות". בכתבה **"הטיפול התרופתי בהפרעות קשב וריכוז"** מתארים ד"ר יעל שוורץ ומשתתפי הקורס המתקשב את התסמונת, את הרקע הכימי והביולוגי להפרעה ומדווחים על הטיפול התרופתי בתסמונת. משתתפי הקורס "מורים מובילים בהוראת פולימרים" יצאו לסיור במכון "שנקר" ומעדכנים אותנו ש**"הנדסת פלסטיקה ופולימרים לומדים בשנקר"**.

מורים מן השטח משתפים אותנו בפעילויות ובנושאים מעניינים. תוכלו לקרוא על שתי מעבדות חקר מעניינות, הראשונה ניתנת לשילוב במסגרת הנושא טעם של כימיה, **"מעבדה לחקר קולואידים"** שכתבה רחל אידלמן. השנייה, **"מסיסות הקזאין"**, מתוארת בכתבה של אורית מולוויזון. הכתבה מציעה ניסוי חקר המתקשר ליחידת הביוכימיה. בניסוי התלמידים רואים בצורה מוחשית את הקשר בין מסיסות החלבון ובין מטענו החשמלי המשתנה כתוצאה משינוי ה-pH. דפנה שלם מתארת בפנינו פרויקט שהפעילה עם תלמידיה להמחשת מושגים מופשטים בכימיה **"פרויקט בנושא סטויכיומטריה לתלמידי כימיה בכיתה י"א"**. רותי שטנגר מעשירה אותנו בכתבתה **"ואריאציות על מבנה מולקולרי"** המפרטת שינויים במבנה של מולקולות אשר גורמים לשינויים במטבוליזם של מולקולות אלה בגוף. השינויים נעשים הן בתעשיית המזון, כדי לייצר תחליפים דלי קלוריות למצרכי מזון מוכרים, והן לצרכים רפואיים.

ולסיום, הדובדבן שבקצפת: פינת התלמידים. כתבה אשר השתתפה בתחרות "יש לנו כימיה" וזכתה במקום שני - **"תעלומת התכלת"**. בכתבה התלמידים מנסים לברר מה מקור המצוה לקשור על הציצית פתיל בצבע תכלת? ואם זו מצוה - למה מעטים כל-כך, אם בכלל, מקיימים אותה?

אנו מאחלים לכל קוראינו קריאה מהנה. נשמח לקבל הצעות לנושאים המעניינים אתכם, וכן נודה לכם אם תשתפו אותנו בפעילויות מעניינות שערכתם בכיתותיכם או בבתי הספר.

בברכת פריחה ושגשוג מקצוע הכימיה,

חברי מערכת "על-כימיה"

תוכן העניינים

מזור	מאמר	עמוד
	דבר המערכת	3
	דבר המפמ"ר	4
חזית המדע	קשרים הלוגניים, אמצעי סופרא-מולקולרי להיערכות ננו-חלקיקי זהב בתמיסה קטי חורי, עבדאללה חלילה, מרואן חושאן וטניה שירמן	5
העשרה	מורה נבוכים: הטיפול התרופתי בהפרעות קשב וריכוז יעל שוורץ ומשתתפי הקורס "כימיה ובריאות"	12
פעילויות	פרויקט בנושא: סטויכיומטריה לתלמידי כימיה בכיתה י"א דפנה שלם	23
	מסיסות הקזאין אורית מולוויזון	30
	מעבדה לחקר קולואידים רחל אידלמן	38
השתלמויות	הנדסת פלסטיקה ופולימרים לומדים בשנקר רון בלונדר	43
כימיה של מזון	ואריאציות על מבנה מולקולרי רותי שטנגר	46
מורים מצטיינים	מורים מצטיינים לשנת תשע"ג	50
כנסים	כנס חנוכה תשע"ג זיוה בר-דב ושרה אקונס	54
פינת התלמידים	תעלומת התכלת תחיה פויכטונגר, ריזל סובר, נחמה ברנר ורבקה רביבו	56

עורכת אחראית: ד"ר דבורה קצביץ

dvora.katchevich@weizmann.ac.il

מערכת: ד"ר רחל ממלוק-נעמן, ראש המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע.
ד"ר דורית טייטלבלאום, מפמ"ר כימיה.
ד"ר רון בלונדר וד"ר יעל שוורץ, קבוצת הכימיה, המלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

יעוץ מדעי: פרופ' אבי הופשטיין

עריכה לשונית: נדן קלברמן

גרסת אינטרנט: ד"ר שלי ליבנה

איורים ועיצוב גרפי: זיו אריאלי
וציפי עובדיה

עריכה ועיצוב כריכה: ציפי עובדיה

כתובת המערכת: המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע, רחובות 76100

© כל הזכויות שמורות – משרד החינוך

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחוברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.

דבר

המערכת...



קשרים הלוגניים, אמצעי סופרא-מולקולרי להיערכות ננו-חלקיקי זהב בתמיסה

קטי חורי*, עבדאללה חלילה**
מרוואן חושאן** וטניה שירמן***

הפועלים באינטראקציות בין-מולקולריות. כימיה סופרא-מולקולרית משתמשת בקשרים חלשים, כגון: קשרי מימן, קשרים מתכתיים (בגביש), קשרי ואן-דר-ואלס או השפעות אלקטרוסטטיות במערכת מרובת קומפלקסים מולקולריים. עד כה פותחו מערכות כימיות מורכבות מאוד של מרכיבים, אשר קיימים ביניהן כוחות בין-מולקולריים לא קוולנטיים¹. קשרי המימן (HB) ככל הנראה נחקרו יותר מכול, וביסודיות, וזאת משום שקשרי מימן ממלאים תפקיד חיוני בתהליכים כימיים, פיזיים וביוכימיים רבים².

לאחרונה הוקדשה תשומת לב גוברת לאינטראקציות מולקולריות אחרות: קשרים הלוגניים (XB) שבהם אטומי ההלוגן מתפקדים כחלקיקים אלקטרופיליים. עוד מהמאה התשע-עשרה ידוע כי I_2 , Br_2 , Cl_2 יכולים ליצור קומפלקסים עם בסיסי לואיס כגון אמוניה ומתילאמינים. מאוחר יותר נמצא שלא רק דיהלוגנים אלא גם הלידים אורגניים רבים יכולים ליצור קומפלקסים כאלה. אנלוגיות בין סוג זה של אינטראקציית HB-י נדונו על ידי בנט ואחרים³.

עם זאת, המונח קשרים הלוגניים הוצג לראשונה על-ידי

על הקורס שפתח לנו את הדלת למעבדת המחקר

בקורס להכשרת מנחי עבודות גמר, שהתקיים במרכז הארצי למורי הכימיה במכון ויצמן, השתתפו מורים בעלי תואר שני ושלישי. הפגישות נערכו במחלקה להוראת המדעים בהנחייתן של ד"ר רון בלונדר וד"ר דבורה קצביץ. בתחילת הקורס נחשפנו לנושאים מגוונים ומעניינים, על מנת שנבחר מעבדת מחקר לביצוע המחקר שלנו. החוקרים שתארו את המחקר שלהם, הביעו נכונות להנחות את עבודת המחקר שלנו, שבעקבותיה נכתוב "מיני" עבודת גמר. כל קבוצת מורים בחרה נושא וביצעה את עבודת הגמר במעבדת מחקר מתקדמת. אנחנו בחרנו בנושא קשרים הלוגניים, וביצענו את המחקר במעבדות מכון ויצמן, בהנחיית ד"ר טניה שירמן.

נושא המחקר שלנו היה "קשרים הלוגניים, אמצעי סופרא-מולקולרי להיערכות ננו-חלקיקי זהב בתמיסה."

רקע תאורטי למחקר

כימיה סופרא-מולקולרית

כימיה סופרא-מולקולרית היא תחום המתמקד בקשרים

* קטי חורי, מורה לכימיה, סנט ג'וזף, אקלירקי, "אלמוטראן"- נצרת.

** עבדאללה חלילה, מורה לכימיה, תיכון אלחיכמה, סח'נין.

*** מרוואן חושאן, מורה לכימיה, תיכון כפר מנדא.

**** העבודה בוצעה בהנחייתה של ד"ר טניה שירמן, המחלקה לכימיה אורגנית, מכון ויצמן למדע.

דבר המפמ"ר

ד"ר דורית טייטלבוים, מנהלת תחום דעת כימיה, משרד החינוך

שלום רב,

בתחילת דבריי אני רוצה לאחל לכולנו קיץ טוב ובריא, עשיר בפעילויות והשתלמויות לפיתוח מקצועי, תוכני ופדגוגי.

השנה התבשרנו בבשורה משמחת מאוד: תלמידי כיתה ט' לומדים כימיה. הוראת הכימיה בכיתה ט' מתאפשרת תודות לסיום תהליך ההטמעה של תכנית הלימודים החדשה במדעים לכיתות ז'-ט'. ייחודיות התכנית היא בכך שהיא מציגה את התכנים הנדרשים על פי חלוקה לדיסציפלינות השונות: כימיה ופיזיקה (מדעי החומר) וביולוגיה (מדעי החיים). במסגרת תכנית הלימודים במדעים לכיתה ט' התלמידים לומדים מגוון נושאים בכימיה. אם כן הוראת הכימיה בכיתה ט' דורשת ממורי מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים (חטה"ב) ידע בכימיה. מתוך צורך זה יזמתי ביחד עם מפמ"רית מדע וטכנולוגיה, גב' שושי כהן, מהלך לחיזוק הידע התוכני בכימיה למורי חט"ב. למהלך זה התגייסו גם המרכז הארצי למורי הכימיה, בראשותה של ד"ר רחל ממלוק-נעמן, והמרכז הארצי למורי חט"ב, בראשותה של ד"ר זהבה שרץ.

במהלך שנת תשע"ג הכשרנו ביחד קבוצה של 35 מורי כימיה מעולים, מהשורה הראשונה, מכל רחבי הארץ, על מנת שישמשו כמורי מורים וילמדו כימיה בהשתלמויות של מורי מדע וטכנולוגיה בחטה"ב. במסגרת ההכשרה למדו מורי המורים להכיר את תכנית הלימודים בכימיה לכיתה ט' בחטה"ב ולהבין את מידת ההעמקה הנדרשת בה. הם נפגשו עם מפמ"רית מדע וטכנולוגיה, גב' שושי כהן ושמעו ממנה על הוראת המדעים לקבוצה הטרוגנית של לומדים. מורי המורים נחשפו לפדגוגיה חדשנית להוראת הכימיה בכיתה ט', פיתחו תכנים, תרגילים ומשימות הערכה.

במקביל לתהליך ההכשרה יצאו מורי המורים לשטח, להשתלמויות של מורי מדע וטכנולוגיה בחטה"ב. שם הם לימדו, הסבירו, הרצו והדגישו ניסויים בדגש על ניסויי חקר. ההשתלמויות התקיימו בכל רחבי הארץ, מצפון לדרום ובכל המגזרים. מורי המורים היוו עוגן משמעותי להטמעת התכנים הנדרשים בכימיה בחטה"ב לצד הדגשת הידע בכימיה. השתלמויות אלו היו מלאות מפה לפה מתוך הצורך של מורי חטה"ב, אשר ביקשו ללמוד ולהכיר לעומק את התכנים בכימיה.

מורי המורים, הכימאים שלנו, זכו לשבחים רבים ממורי חטיבות הביניים וממדריכי מדע וטכנולוגיה. מעט על קצה המזלג אביא פה בפניכם:

אני שמחה איידך על שביטול רצון גדול מאוד של מאורי מדע וטכנולוגיה בחט"ב במחש"ג"א ממפ"שי הפלגמא באכני הכימיה.

בכל מפ"שי הכימיה במחש"ג באמאנא נלרכים ניסויים שהמורים מנסים בחצמא וכן פדלמא. אלגים קרובא פניסויים מבוססים על חומרים פלטיים וכלים פלטיים שהמורים יכולים "לקחת" אלגם כמו לפם אכיגה. בכל אחד מהמפ"שים יש לבדא חקר, מדעליים פוראם מפורלג של אחד אל יאגר משלבי פחקר.

פפילמא אפלגמא אפלגמא פכפכא מלידא על פצור פפלגמא אול אול על שביטול פדלמא פכפכא מהכנים, מדכר פלכרמא, מפלגמא פכפכא, מפפמא אמוקולא נאספם ומאספמא מסודר של כל פקכצים - מצלג אדפי פליאל שטימא אל פמורים פפלגמא אפמאם - אלנא פכפכא, מואל אקיים שוב פלגמא בכימיה אמוי חט"ב וכן פלגמא נאספם בכימיה אמוי פלגמא פלגמא פלגמא.

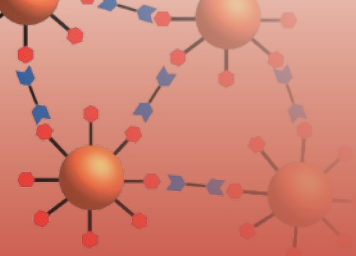
ביום שלישי נלרכה בפס"פ בחיפם פליג פלגמא ראשונה בכימיה. פדלמא אולר פפלגמא פייגה מוצלמא מאוד. פדלמא שלאן מקבאים מלנא מקצולא אל שאלאניא וחומרים פמאגאמים ארמא פמורים ארמא פלמידיים. פמאן גרדא אל פלגמאם אפליך.

בכל פפלגמא אמוי במחש"ג מרככ פקיימא ככר שני מפ"שים, אמאכונני על שניי. על כה פסקנא בלפם פכימיה, בקלר שילאפי אפייחאדיל של אטאם פפמאן. פמאן אלסאק גם פכפכא פפמאן. יש שביטול רצון מפמאמא אכימיה, אפמורים מרליים לפם נגרימא פן פמא פידעל אן פמא פדלמא אפלגמא בכימיה.

אני רוצה להודות למפמ"רית מדעים, גב' שושי כהן, על השותפות, המקצועיות והחברות לאורך כל הדרך. מספר מדריכות ליוו אותנו במהלך זה: בכימיה - ד"ר מרים כרמי וגב' אורית מולוידזון; בחטה"ב - גב' נירה קושינסקי. כמו כן אני רוצה לציין את התרומה החשובה של חברי המרכזים הארציים, שנרתמו באופן מוחלט למהלך זה. במרכז הארצי למורי כימיה: ד"ר דבורה קצביץ וד"ר מלכה יאיון; במרכז הארצי למורי חטה"ב - ד"ר מרסל פרייליך.

ישר כוח לכל העוסקים במלאכה על העשייה עד כה, והמשך פעילות נמרצת ופורייה גם בעתיד.

אני מאחלת לכולנו קיץ מהנה ולא חם מדי.



יישומים רבים, ניצול של NPs מחייב ייצור צברים מבוקרים מבחינה מורפולוגית¹². אחת המתודולוגיות היעילות ביותר לארגון NPs של מתכת כולל צבר עצמי המבוסס על בקרה סלקטיבית של אינטראקציות לא קוולנטיות. המולקולות האורגניות או הליגנדיות אשר עובדות כמייצבים על פני NP מאפשרות לנו-חלקיקים להתקשר ביניהן באמצעות אינטראקציה ספציפית וסלקטיבית. הצבר בנוי מ-NP של זהב שנקשרים ביניהם באמצעות HB, אינטראקציות ואן-דר-ואלס, π - π , אינטראקציות אנטיגן-נוגדן כמו גם באמצעות כוחות אלקטרו-סטטיים.

לפיכך, החוקרים סבורים כי אינטראקציות XB הן כלי מצוין ליצירה מבוקרת של מבנים היברידיים בתמיסה. יתרה מזאת, ליצירת מבנים המורכבים מנו-חלקיקים על פני משטחים שימושיים רבים. מתודולוגיות שונות שימשו למען צירוף NPs על גבי משטחים: אינטראקציות ספציפיות, וגם סלקטיביות ובלתי קוולנטיות. שיטות אלה כוללות לחב שינוי כימי של פני השטח של המשטח עם חד-שכבות אורגניות כדי לקשור ולארגן את ה-NPs על פניהן¹³.

שאלת המחקר ומטרתו

המטרה העיקרית של המחקר הייתה לחקור את היווצרותם של מבנים סופרא-מולקולריים המבוססים על קשרים הלוגניים ולהבין בצורה יסודית את מאפייניהם הפיזיקו-כימיים. לפיכך, שאלת המחקר שנגזרה ממטרה זו היא:

האם אינטראקציות XB מסוגלות לספק אמצעי חדש לבניית מערכים של ננו-חלקיקי זהב בתוך תמיסה?

מערך המחקר

על מנת לחקור את השאלה שהוצגה, הותמרו ננו-חלקיקי זהב בתמיסת DDA עם ליגנדה 1 כפי שמוצג באיור 3, התורמת XB וארגון עצמי שלהם באמצעות מולקולה נוספת בעלת שתי עמדות קישור המקבלות XB (BPEB). זאת על פי התהליך המוצג באיורים 2 ו-3.

יישומים שונים של XB

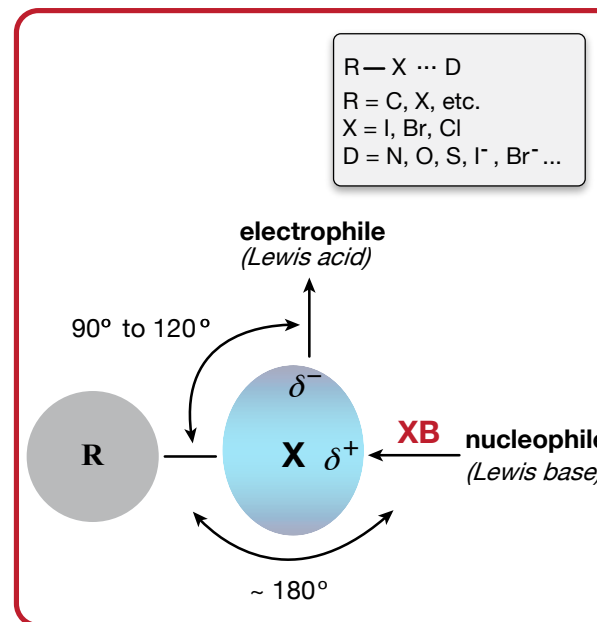
הפוטנציאל של אינטראקציות XB משתרע על שדות שונים רבים, החל מהנדסת קריסטלים ועד לביו-פרמקולוגיה ומדע החומר⁶. ידוע כי אינטראקציות XB ממלאות תפקידים חשובים במערכות טבעיות ובתהליכים ביולוגיים, וכי היא יכולה להיות מנוצלת באופן יעיל בייצור תרופות. תחום נוסף של היישום הוא הנדסה גבישית. כמו כן, XB עשוי להציע אפשרויות חדשות במדע החומרים. לדוגמה, מוליכים מולקולריים עם מבנה גבישי הנקבע על ידי אינטראקציות C-I...D (D = CN, Br, S) מטיפוס קטיון-קטיון. מחקרים ניסויים בנושא אינטראקציות XB נחוצים מאוד להבנה טובה יותר של הקשר בין מבנים מולקולריים והיערכות סופרא-מולקולרית⁷.

אינטראקציות XB לא נחקרה בהקשר של יצירת הרכבים היברידיים גדולים. למשל, יצירת רכיבים אורגניים המסוגלים ליצור XB עם מערכות אי-אורגניות כגון ננו-חלקיקים וננו-מוטות, משטחי מצע תפקודיים ואשכולות מתכת-היא אתגר מעניין מהסיבה שאלו עשויות לגלות חומרים תפקודיים חדשים. קואורדינציה מתכתית, אינטראקציות אנטיגן-נוגדן, HB, ויחסי גומלין חלשים אחרים נוצלו זה כבר לבניית הרכבים אי-אורגניים מבניים המבוססים על ננו-חלקיקים ואשר חלקם מגלים תכונות הקשורות לחישה⁸⁻¹⁰. חשוב לציין, כי עד ימינו לא נמצאו מחקרים שדיווחו על בקרה של היווצרות מבנים סופרא-מולקולריים המבוססים על ננו-חלקיקים הקשורים בקשרי XB.

בניית צברים סופרא-מולקולריים מבוססי XB של ננו-חלקיקים מתכתיים בתמיסה ועל משטחים

קיימים יישומים רבים לננו-חלקיקי מתכת (NPs). לדוגמה, לננו חלקיקי זהב (AuNP) יישומים רבים במגוון תחומים, כולל קטליזה, תאים פוטו-וולטאיים וציפויים, כמו גם בתחום המתפתח של ננו-רפואה שבו הם יכולים לשמש סוכני הדמיה וגם במערכות הובלה של תרופות¹¹. בעבור

לכיוון ציר הקשר הקוולנטי: "שיטוח קוטבי". כאשר הפולריות והמסה האטומית של ההלוגן גדלות, האזור של הפוטנציאל האלקטרו-חיובי מתפתח לאורך ציר הקשר הקוולנטי.



איור 1: ייצוג סכמטי של XB. תורמים מסוג D הם חלקיקים ניטרליים או אניוניים. אטומי ההלוגן (X) יכולים להיות קשורים קוולנטית לפיגומים מולקולריים שונים (R).

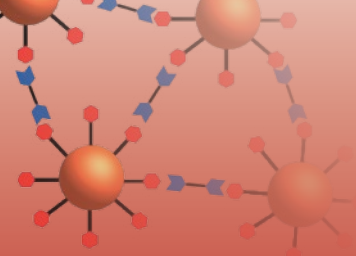
תוצאות ניסוייות מאשרות חלוקה לא הומוגנית זו ומוכיחות את האופי האמפוטרי של הלוגנים. כתוצאה מכך, כמה הלוגנים הקשורים קוולנטית יכולים לייצר אינטראקציות עם נוקליאופילים וגם עם אלקטרופילים, ולמגעים הללו יש העדפות כיווניות, כמוצג באיור 1. נוקליאופילים מקיימים אינטראקציה עם החלקים החיוביים החיצוניים של הלוגנים, ואלקטרופילים-עם הצדדים השליליים. המונח XB מתייחס אך ורק לאינטראקציות בחלקים החיוביים החיצוניים של משטחי ההלוגן עם החלקים השליליים של מולקולות אחרות.

דיומא⁴. הניתוח העמוק יותר של קומפלקסים הקשורים זה לזה דרך אינטראקציות כאלה בוצע על ידי לגון, אשר חקר את תכונותיהם הגיאומטריות בפאזה גזית. מספר סקרים על XB פירסמו בנט, מנטרגולו, רסנטי ואחרים⁵. קיים דמיון רב בין אינטראקציה זו לבין HB; הדמיון בא לידי ביטוי בגאומטריה של האינטראקציה ובאנרגיות הקישור הבין-מולקולרי; בדומה ל-HB, גם היא עשויה למלא תפקיד מכריע בייצוב מערכות גבישיות וביו-מולקולריות, והדבר עשוי לשמש בייצור תרופות והנדסת חומרים.

מאפיינים כלליים של אינטראקציות XB

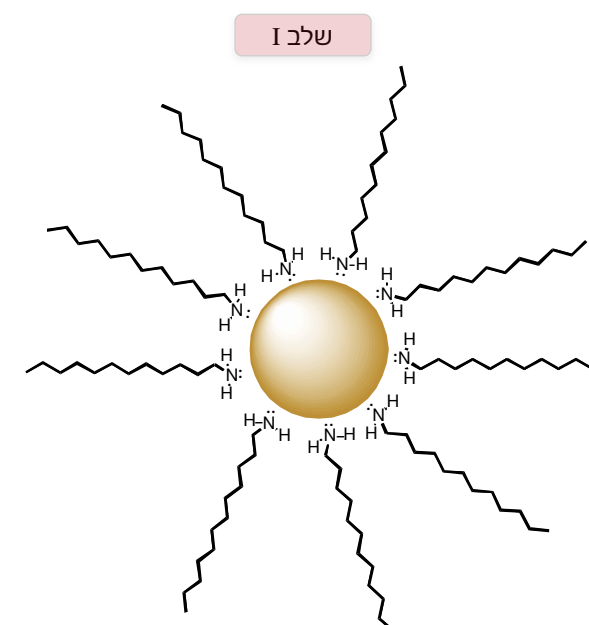
XB מתאר אינטראקציה לא קוולנטית כיוונית ביותר בין אטום הלוגן קשור קוולנטית X (I, Br, Cl = X) לבין אתר שלילי D, כגון זוג אלקטרונים בודד של אטום אחר (כמו, N, O, P, S). כך, ב-XB, הלוגנים מתנהגים כמו קולטנים של צפיפות האלקטרונים (חומצת לואיס, תורם XB) מכל תורם אלקטרונים (בסיס לואיס, מקבל XB), והסכימה הכללית R-X...D, יכולה להיות מיושמת על אינטראקציה זו (איור 1). אטומי ההלוגן בתרכובות אורגניות נמצאים בדרך כלל בשולי המולקולות, ולכן הם יכולים להיות מעורבים באינטראקציות לא קוולנטיות אשר יכולות להיות שונות במידה ניכרת בתכונות האנרגטיות והגיאומטריות שלהן. קיומן של אינטראקציות R-X...D ידוע זה זמן רב, אך מקורן לא הובן היטב עד לתקופה האחרונה.

קיומן של קשרי XB עשוי להיראות סותר לעובדה כי הלוגנים הקשורים קוולנטית נתפסים בדרך כלל כבעלי המטענים החלקיים השליליים בקשר. אם כן, מדוע הם מקיימים אינטראקציה עם אתרים שליליים? הסבר הגיוני לתופעה זו הגיע בתחילה מניתוח ממוחשב של הפוטנציאלים האלקטרוסטטיים על גבי שטחי ההלוגנים. הניתוח הראה כי צפיפות האלקטרונים מפוזרת באופן לא הומוגני סביב גרעין ההלוגן, ויוצרת אליפסה מוארכת בניצב

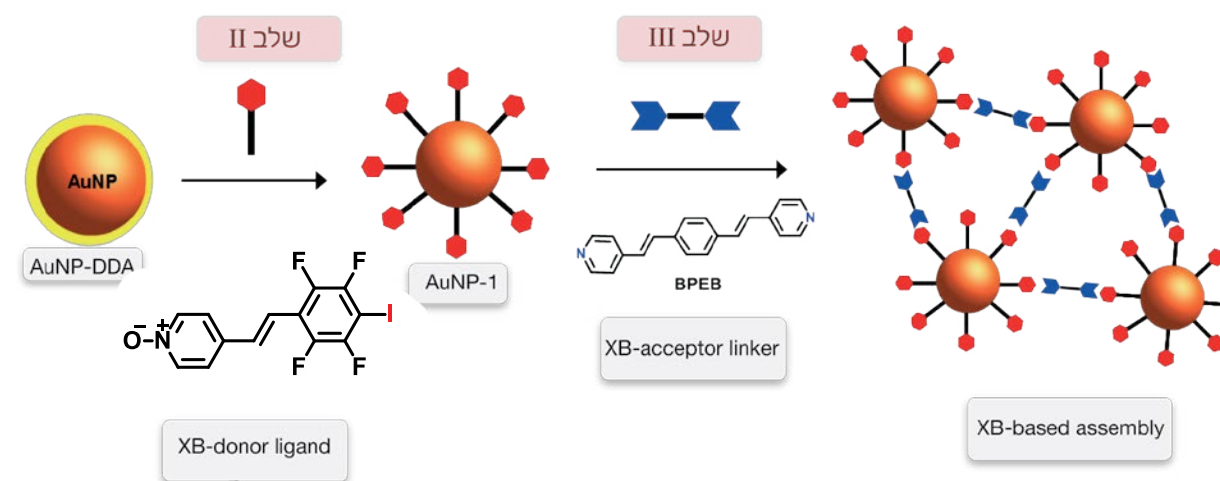


מקרא לאיורים 2-3

שם מקוצר	ייצוג	נוסחה
AuNP		Au
DDA-dodecylamine		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{NH}_2$
AuNP-DDA		
XB-donor ligand		(1)
AuNP-1		
BPEB		



איור 2: ננו-חלקיקי זהב עטופים ב-DDA (AuNP-DDA) כאשר קבוצות האמין נקשרות לחלקיקי הזהב והשרשראות ההידרופוביות פונות החוצה



איור 3: תהליך להכונת היווצרות אגרגציות של ננו-חלקיקי זהב – AuNP, המבוססים על קשרים הלוגניים.

שלב II: הוספת הליגנדה 1 (XB-donor ligand) שהיא תורמת קשר הלוגני;

שלב III: חשיפת הננו-חלקיקים עם השכבה העוטפת בליגנדה למקשר (linker-BPEB) שהוא מקבל קשר הלוגני, במטרה לקבל אוספים/אגרגטים של AuNP באמצעות קשרים הלוגניים.

דוגמה לממצאים ועיבודם

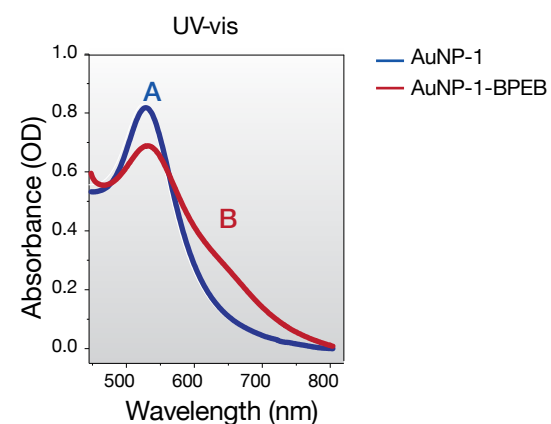
אפיין תמיסת NP לאחר הוספת המקשר BPEB המקבל קשרי XB

להתרחשות האגרציה המבוקרת של NP נוספה תמיסת המקשר BPEB לאחר המודיפיקציה של השכבה העוטפת לתמיסת NP. אחרי יממה, התמיסה אופיינה במכשיר UV-Vis וב-TEM ובוצעה השוואה לתוצאות שהתקבלו בעבור תמיסת NP לפני הוספת המקשר BPEB. איורים 4 ו-5 מציגים את הממצאים שהתקבלו.

באיור 4 ניכר כי הבליעה של NP בגרף B לאחר הוספת המקשר לתמיסה היא בעוצמה נמוכה יותר ומוסטת לאורכי גל ארוכים יותר, ומלווה בהופעת "כתף" בסביבת 650 ננומטר. שינוי זה מעיד על התרחשות אגרציה של NP על ידי קשרי XB בין היוד שבליגנדה 1, התורמת קשרי XB לחנקן שבקצה המקשר BPEB שמקבל קשרי XB.

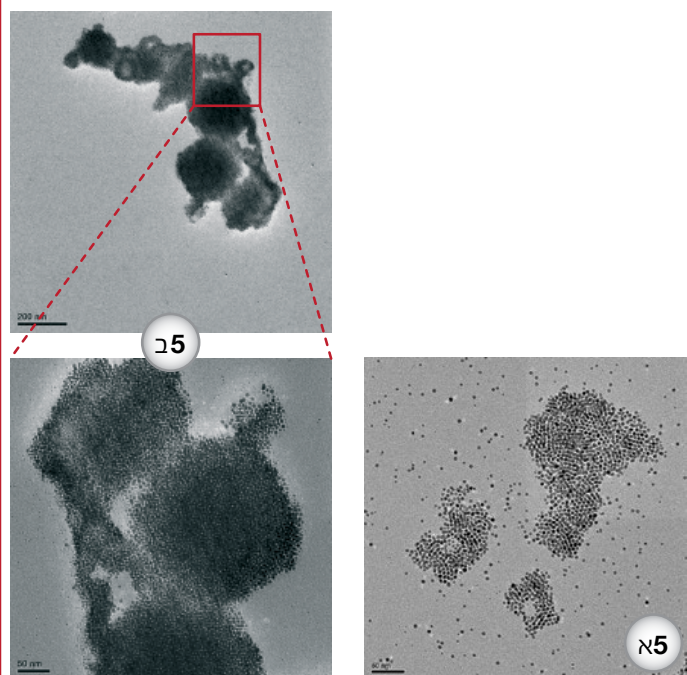
לסיכום, שני הממצאים מעידים על התרחשות אגרציה כתוצאה מקשרי XB בין המקשר ל-NP.

Characterization of aggregation



איור 4: אפיין האגרציה על-ידי מדידת הבליעה בספקטרוֹפוטומטר לפני ואחרי הוספת המקשר BPEB - לתמיסת AuNP-1

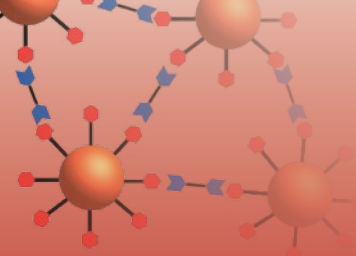
TEM



איור 5: אפיין האגרציה ב-TEM.

5א לפני הוספת המקשר - אין היווצרות אגרגציות.

5ב לאחר הוספת המקשר BPEB לתמיסת AuNP-1 - יש היווצרות אגרגציות



לסיכום

1. אינטראקציה של קשרים הלוגניים XB עשויים ליצור אגרגציה של ננו-חלקיקי זהב ליצירת אוסף סופרא-מולקולרי שלהם. כלומר, קשרים הלוגניים הם מעין "דבק" לחלקיקי זהב.
2. יצרנו אינטראקציות אלה באמצעות הוספת ליגנדה ל-AuNP, שהיא התורמת קשר הלוגני XB. ליגנדה זו יצרה שכבה עוטפת את ה-NP. הוספת מקשר שהנו מקבל קשר XB ביפונצקציונלי (משני הקצוות שלו). מקשר זה נקשר בקצהו האחר ליוז, שהוא תורם קשר XB של הליגנדה, ומהווה את השכבה העוטפת של AuNP, וכן באותה צורה נקשר בקצהו השני לחלקיק זהב אחר. בצורה זו נוצרה אגרגציה וקיבלנו חלקיקי זהב בהיערכות סופרא-מולקולרית.

רפלקציה על התהליך שעברנו

השתלמות זו תרמה לנו רבות בהיבטים שונים, החל ממחקר מדעי פרופר וכלה בעבודת צוות.

קורס זה רענן בעבורנו חלק מהידע הכימי שלא עסקנו בו שנים רבות בנוסף לעבודה במעבדת הכימיה ובמחקר. חוויון בהשתלמות תהליך מעשיר ומהנה. הצלחנו להתמודד עם קשיים בהבנת החומר החדש שנרכש, להציגו מול מורים בכירים ומול מומחים בתחום. וכן, לכתוב הנחיות לתלמידים כיצד להתמודד עם קשיים אלו.

בכל פעם שנדרשנו להגיש עבודה היינו צריכים לחבוש את כובע התלמיד מחד גיסא ואת כובע המורה מאידך גיסא, וכך התמודדנו עם הקשיים המתעוררים בכל מצב. כתיבת עבודת הגמר הסופית כשלעצמה מיקדה אותנו וסיכמה את החומר החדש שרכשנו בתחום.

באשר לעבודת הצוות, נהנינו רבות משיתוף הפעולה ומהרמוניה ששררה בינינו כצוות לעבודה. אנו בטוחים

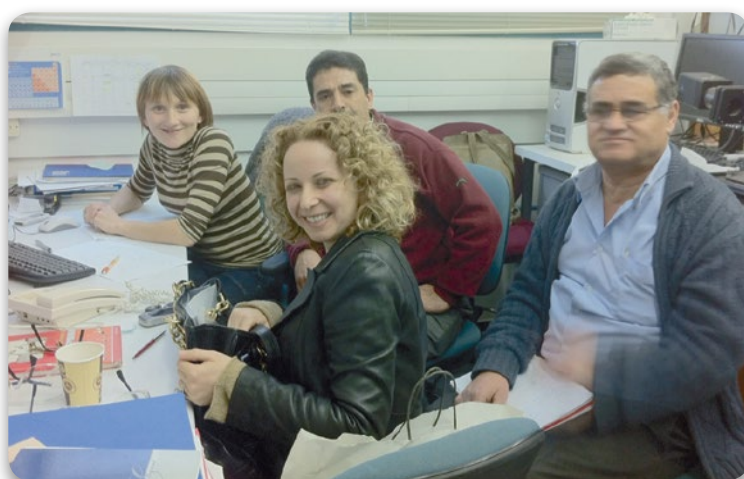
שחוויה של השתתפות במחקר מדעי אותנטי מעשירה מאוד בעבור התלמידים הן בפן המדעי והן בפן החברתי. לפיכך נעודד את תלמידינו לעבור תהליך זה ונדגיש את חשיבותו ואת מידת תרומתו לקידומם הן מבחינת האישיות והן מבחינת הידע הכימי.

חשוב לנו לציין, שכל תהליך הלמידה המעשיר שעברנו לא היה מתאפשר בלא הנחייתה המסורה של ד"ר טניה שרמן, אשר תמכה בנו לאורך הדרך וסייעה לנו בכל עת שנזקקנו לכך, ועל כך תודותינו המיוחדות.

רשימת מקורות

- 1) Schalley, C. A. "Supramolecular Chemistry", Anal. Methods Supramol. Chem. 2007, 1-16.
- 2) Desiraju, G. R. "C-H...O and Other Weak Hydrogen Bonds. From Crystal Engineering to Virtual Screening", Chem. Commun. 2005, 2995-3001.
- (3) Bent, H. A. "Structural Chemistry of Donor-Acceptor Interactions", Chem. Rev. 1968, 68, 587-648.
- (4) Dumas, J. M.; Gomel, M.; Guerin, M. "Molecular Interactions Involving Organic Halides", Chem. Halides, Pseudo-Halides Azides 1983, 2, 985-1020.
- 5) Metrangolo, P.; Neukirch, H.; Pilati, T.; Resnati, G. "Halogen Bonding Based Recognition Processes: A World Parallel to Hydrogen Bonding", Acc. Chem. Res. 2005, 38, 386-395.
- (6) Metrangolo, P.; Resnati, G.; Pilati, T.; Liantonio, R.; Meyer, F. "Engineering Functional Materials by Halogen Bonding", J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem. 2006, 45, 1-15.

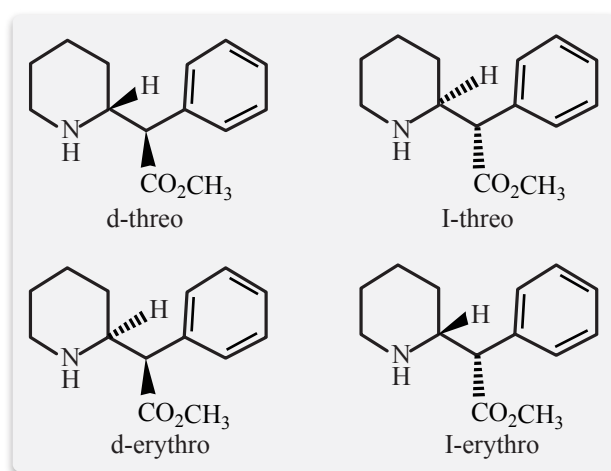
- 11) Willner, I.; Willner, B.; Katz, E. "Biomolecule-Nanoparticle Hybrid Systems for Bioelectronic Applications", Bioelectrochemistry 2007, 70, 2-11.
- 12) Kalsin, A. M.; Fialkowski, M.; Paszewski, M.; Smoukov, S. K.; Bishop, K. J. M.; Grzybowski, B. A. "Electrostatic Self-Assembly of Binary Nanoparticle Crystals with a Diamond-Like Lattice", Science 2006, 312, 420-424.
- 13) Crespo-Biel, O.; Ravoo, B. J.; Reinhoudt, D. N.; Huskens, J. "Noncovalent Nanoarchitectures on Surfaces: from 2D to 3D Nanostructures", J. Mater. Chem. 2006, 16, 3997-4021.
- (7) Fourmigue, M. "Halogen Bonding: Recent Advances", Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. 2009, 13, 36-45.
- 8) Ji, Q.; Acharya, S.; Hill, J. P.; Richards, G. J.; Ariga, K. "Multi-dimensional Control of Surfactant-Guided Assemblies of Quantum Gold Particles", Adv. Mater. 2008, 20, 4027-4032.
- 9) Lim, S. I.; Zhong, C.-J. "Molecularly Mediated Processing and Assembly of Nanoparticles: Exploring the Interparticle Interactions and Structures", Acc. Chem. Res. 2009, 42, 798-808.
- 10) Shirman, T.; Lamere, J.-F.; Shimon, L. J. W.; Gupta, T.; Martin, J. M. L.; van der Boom, M. E. "Halogen-Bonded Supramolecular Assemblies Based on Phenylethynyl Pyridine Derivatives: Driving Crystal Packing through Systematic Chemical Modifications", Cryst. Growth Des. 2008, 8, 3066-3072.



יעל שורץ*, ומשתתפי הקורס "כימיה ובריאות" **



על כימיה | גליון 23 יוני 2013



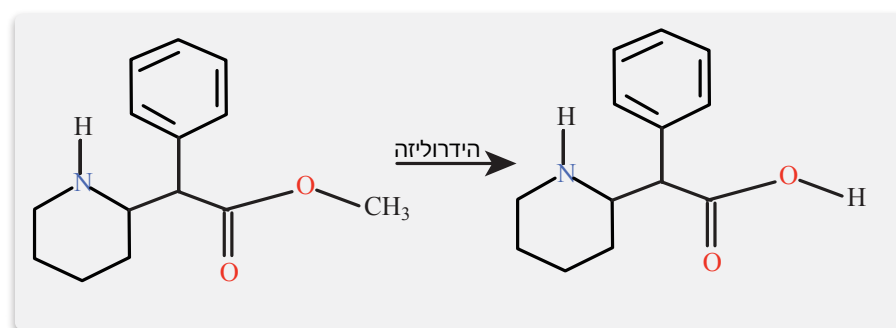
איור 3: האננטיומרים המרכיבים את התערובת הרצמית

מחקרים שבדקו את האננטיומרים השונים גילו שרק אחד מהם פעיל, אך אף אחד מהם אינו מסוכן. ההפרדה בין האננטיומרים היא תהליך כלכלי בלבד. ואכן בתחילת פיתוחה שווקה התרופה כתערובת דיאסטריומרים, ולאחר מכן התמקדו המאמצים הסינתטיים בהפרדה ובהמרה פנימית של האננטיומרים, על מנת לקבל רק את התוצר הפעיל ובכך להגביר את יעילות התרופה.

מנגנון הפעולה של ריטלין

פעולתו של הריטליין מבוססת על דמיון בינו לבין הנוירורנסמיטור דופאמין.

ככל הנראה מתילפנידאט מגרה שחרור דופאמין מבועיות בתא

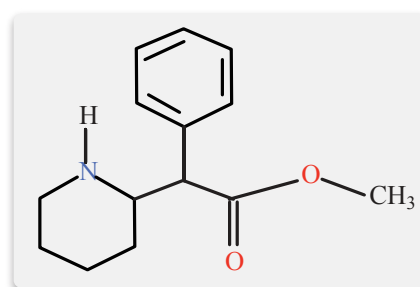


איור 4: הידרוליזה של ריטלין

הטיפול התרופתי בתסמונת

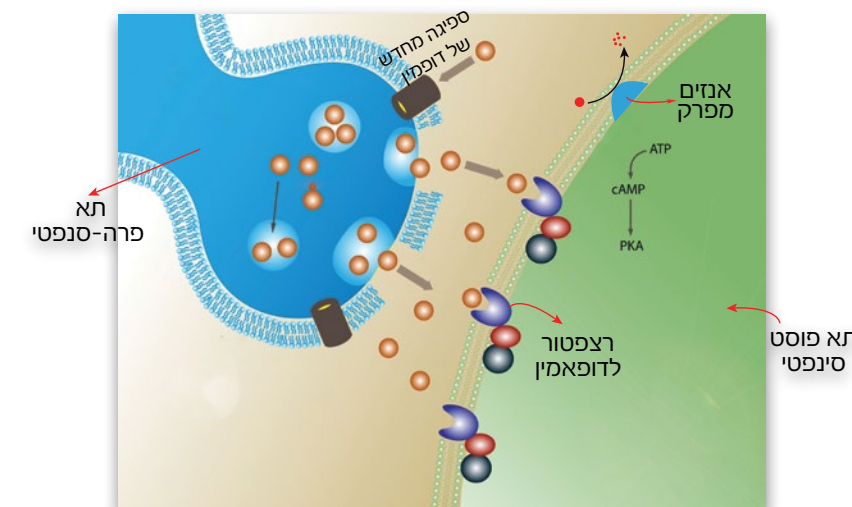
התרופה המקובלת ביותר בישראל היא הריטלין (מתילפנידאט).
נוסחה מולקולרית: $C_{14}H_{19}NO_2$. ראו איור 2 - נוסחת מבנה
מקוצרת של החומר הפעיל.

החומר הפעיל סונתז לראשונה ב-1944, וב-1954 הוא זוהה כחומר ממריץ ומעורר השייך למשפחת האמפטמינים. האם אין זה פרדוקס לתת חומר מעורר לאדם הלוקה ממילא בהיפראקטיביות? מתברר שלא. הריטלין גורם לערנות, לדריכות, למצב רוח משופר, ליתר יוזמה, הוא מעלה את הביטחון העצמי, את היכולת להתרכז ומשפר את יכולות החישוב והדיבור; למעשה, הוא מעורר את מערכת המיקוד (focusing), שתפקודה לקוי בקרב הסובלים מהלקות.



איור 2: נוסחת מבנה מקוצרת של פנילפנידאט

מבחינה כימית, למולקולה 2 מרכזים כיראליים, ולכן מתקבלים בסניתיזה 4 אננטיומרים בתערובת רצמית, ראו איור 3.



העברת אותות דרך הסינפסה

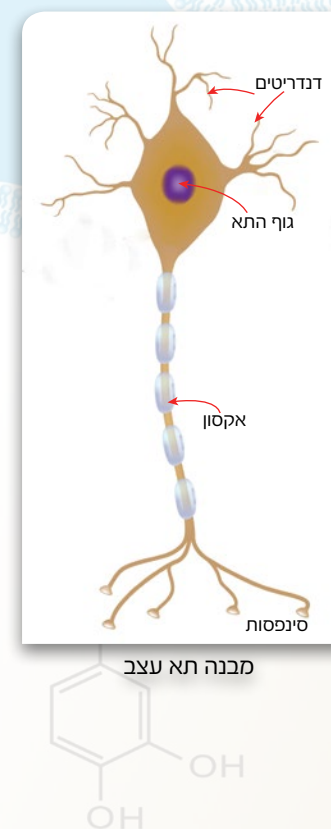
העברת האות בסינפסה

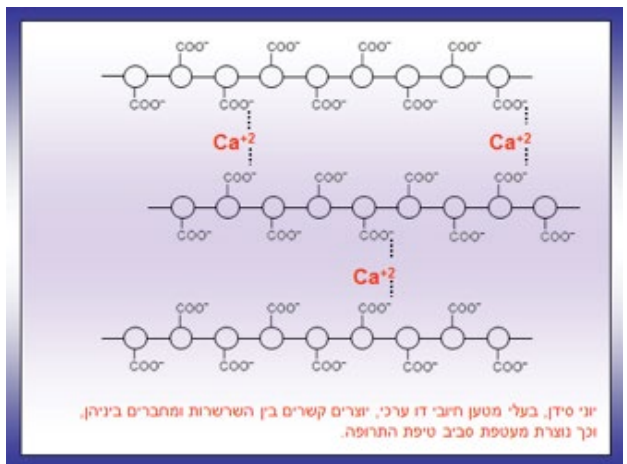
תא עצב טיפוסי מורכב ממספר חלקים, כפי שניתן לראות בתרשים. לאורך האקסון מועבר האות העצבי בדחף חשמלי. בין קצה אקסון של תא עצב אחד לדנדריט של תא עצב סמוך יש מרווח שאת חשמלי אינו יכול לעבור דרכו. מרווח זה קרוי **סינפסה**. כאשר הדחף החשמלי מגיע לסינפסה, הוא גורם להפרשת חומר המכונה ניוטרנסמיטור (בעברית מתווך עצבי). המתווך העצבי נקשר לקולטנים בתא העצב השכן ומעורר דחף עצבי בתא השכן.

לאחר שחרור הניוטרנסמיטור לסינפסה, יש צורך בפירוקו או בפינויו המהיר משם, שאם לא כן - ימשך הדחף העצבי זמן רב מדי, ולבסוף תהיה מעין "התעייפות" של המערכת ושיתוקה.

שני מנגנונים עיקריים אחראים לסילוק הנוירטרנסמיטור מהסינפסה:

- שאיבה של הנירטרנסמיטור בחזרה אל תא העצב שהפריש אותו. הנירטרנסמיטור נאגר לשימוש חוזר בדחף הבא. שאיבה זו נעשית על-ידי טרנספורטרים חלבוניים ספציפיים.
- פירוק של הנירטרנסמיטור על ידי חומרים המצויים במרווח הסינפטי (למשל אצטיל כולין אסטרזא) האחראי לפירוק אצטיל כולין לאחר הפרשתו (בסינפסה).





הסוד הכמוס בכמוסה

ניסויי חקר בכימוס (אנקפסולציה) של תרופות

רותי שטינגר, ד"ר מירי קסנר, ד"ר דנה ירון-מרקוביץ, ד"ר אורלי לכיש-זלאיט וד"ר חנה מרגל
מכון דוידסון לחינוך מדעי, מכון ויצמן למדע

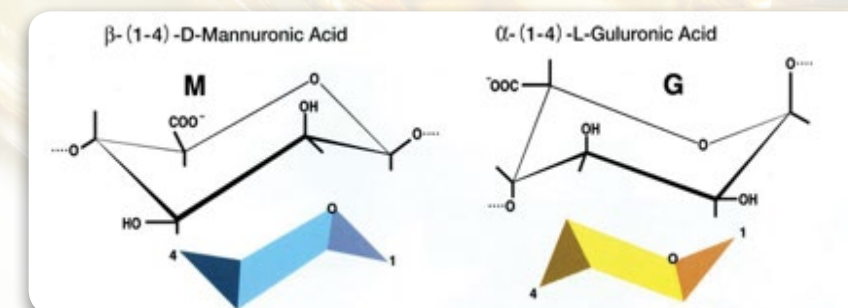
במסגרת "תכניות מדעיות לכיתות" שבמכון דוידסון לחינוך מדעי, מוצעת פעילות שבה התלמידים מכינים כמוסות ועורכים ניסויי חקר העוסקים בתכונות הכמוסות.

כימוס (אנקפסולציה) הוא תהליך של "לכידת" חומר אחד בתוך חומר אחר. באמצעות הכימוס ניתן "להגן" על חומרים ולגרום לשחרור המבוקר. הכימוס נפוץ בתעשיית התרופות, חומרי הדברה, מזון, דיו, קטליזה, קוסמטיקה ועוד.

בניסויי חקר בכימוס של תרופות, התלמידים מכינים כמוסות המדמות כמוסות של תרופות ועוקבים אחר תכונות שונות של הכמוסות כגון קשיות הכמוסות או שחרור אטי של ה"תרופה" בתנאים שונים.

ה"תרופה" היא תמיסה של צבע מאכל. תמיסה צבעונית זו "נעטפת" בתוך כמוסות עגולות הנוצרות על-ידי טפטוף של תמיסת נתרן אלגינאט $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$ המכילה את צבע המאכל, לתוך תמיסת סידן כלורי.

נתרן אלגינאט הוא מלח של החומצה האלגינית המופקת מאצות חומות. נתרן אלגינאט הוא למעשה פולימר של רב סוכר, המורכב משרשרות ארוכות של יחידות בעלות קבוצות טעונות במטען חשמלי שלילי. היחידות מוצגות באיור הבא.



כשמטפטפים תמיסת נתרן אלגינאט הצבועה בצבע מאכל לתמיסת יוני סידן בעלי מטען חיובי דו-ערכי, נוצר צילוב בין השרשרות על-ידי קשרים יוניים, וכך נוצרת מעטפת סביב ה"תרופה" הצבעונית, כמתואר באיורים הבאים.



במהלך הניסוי התלמידים מכינים את הכמוסות. לאחר הכנת הכמוסות התלמידים שואלים שאלות חקר הנוגעות לתכונות הכמוסות ולקצב שחרור התרופה מהכמוסות.

ציוד לקבוצה

- משורה 10 מ"ל
- 2 כוסות כימיות 100 מ"ל
- מבחנה 50 מ"ל + מעמד למבחנה
- טפי חד-פעמי 3 מ"ל עם קצה חתוך
- טפי חד-פעמי 1 מ"ל
- פיפטור של 100 μl + טיפים מתאימים
- פיפטור של 1000 μl + טיפים מתאימים
- קיווטות לספקטרופוטומטר + מעמד לקיווטות
- עט סימון
- ספקטרופוטומטר סורק
- שעון או סטופר

מהלך העבודה

- לערבב בכוס כימית 10 מ"ל תמיסת אלגינט 2% ו-100 μl צבע מאכל 1%
- למזוג לכוס כימית אחרת כ-20 מ"ל תמיסת CaCl_2 1%
- בעזרת טפי חד פעמי, לטפטף לפחות 30 טיפות תמיסת אלגינט צבועה לתמיסת ה- CaCl_2
- להמתין כ-3 דקות

שאלות חקר אפשריות

- כיצד משפיע ריכוז תמיסת סידן כלורי על קשיות הכמוסות?
- כיצד משפיע זמן השריה שונה בתמיסת סידן כלורי על קשיות הכמוסות?
- מה הקשר בין המטען החשמלי של היוני החיובי בתמיסה לבין התרחשות תהליך הכימוס?
- כיצד משפיע זמן ההשריה של הכמוסות ב-EDTA על קשיות הכמוסות?
- מה הקשר בין שינוי יוני הסידן ליונים אחרים בעלי מטען שווה לבין חוזק הכמוסות?
- מהו הקשר בין זמן השהיה של הכמוסות בתמיסת יוני הסידן לבין שחרור ה"תרופה" מהכמוסות (המתבטא בעוצמת הצבע של התמיסה)?

שאלת חקר לדוגמה:

- מהו הקשר בין זמן השהיה של הכמוסות בתמיסת יוני הסידן לבין שחרור ה"תרופה" מהכמוסות (המתבטא בעוצמת הצבע של התמיסה)?

חומרים לקבוצה

- 1 מ"ל צבע מאכל 1% במים
- 10 מ"ל נתרן אלגינט 2% במים
- 50 מ"ל 1% CaCl_2 במים



קונסטרוקטיביזם - תפיסת למידה המדגישה את תהליך בניית הידע

במאה ה-18 טען היסטוריון ופילוסוף בשם ויקו (Vicco) ש"המציאות החווייתית" היא מציאות הנובעת ממעשים. כדי להבין משהו - יש לעשותו, יש לדעת ליצור אותו בפועל (רימור, 2007). כ-200 שנה לאחר ויקו ביטא פיזיקאי תפיסה דומה, הגורסת שהידיעה מורכבת מבנייה מחדש של מושא הידע. תהליך בניית ידע מתחיל בתהליכי הפנמה ובניית סכמה של הידע. לאחר שלבים אלה הפרט משתמש בידע המופנם באמצעות פעולות של בנייה במציאות החיצונית. סימור פפרט, מתמטיקאי ותלמידו של פיזיקאי, גרס שילדים בונים את מבני הידע שלהם כתוצאה מהתנסויות קונקרטיות. הוא דיבר על קונסטרוקטיביזם מנטלי והעניק תפקיד חשוב להחצנה של המבנים המנטליים (הסכמות). הקונסטרוקטיביזם מדגיש אפוא את תהליך הפנמת הידע תחילה, ולאחר מכן את תהליך ההחצנה של הידע באמצעות פעולות קונקרטיות.

כיום מבחינים בין קונסטרוקטיביזם מנטלי לפי תפיסת פיזיקאי ובין קונסטרוקטיביזם חברתי לפי תפיסתו של ויגוצקי. ויגוצקי הדגיש את חיוניותה של החברה להתפתחות החשיבה ולבניית הידע של הפרט. לדעתו, תהליך הלמידה דורש מגע בין-אישי לא פחות משהוא מחייב תהליכים תוך-אישיים, ובניית הידע היא אפוא תהליך המתרחש בתוך הקשר חברתי ותרבותי.

בשילוב הגישות, אפשר לתאר את פעולת בניית הידע כפעילות שבה הפרט מבזר את התהליכים הקוגניטיביים שלו, כלומר, מבצע אותם בעזרת שותפים נוספים, אנושיים, פיזיים או טכנולוגיים, תוך כדי ניהול יחסי גומלין עם סביבתו הפיזית והחברתית-תרבותית.

ידע מטה-קוגניטיבי ותהליכי רפלקציה

היכולת של האדם לחשוב על החשיבה שלו-עצמו היא אחת מתכונותיו הייחודיות כיצור אנושי. הראשון שכינה יכולת רפלקסיבית זו בשם "מטה-קוגניציה" היה פלבל (Flavell, 1979, בתוך רימור, 2007). פלבל התייחס לידע ולמודעות של הפרט בכל הנוגע לפעילות הקוגניטיבית שלו-עצמו כמו גם ליכולתו לכוונה ולפקח עליה באופן פעיל.

Baird (1990) טוען, כי המטה-קוגניציה מתייחסת לשלושה תחומים: ידע מטה-קוגניטיבי הכולל את ידע התלמידים לגבי דרכי הלמידה שלהם, מודעות מטה-קוגניטיבית הנובעת משאלות מכוונות של התלמידים המלוות תהליכי חשיבה ושליטה מטה-קוגניטיבית הקשורה בהחלטות הלומדים כיצד לבצע משימה. הופשטיין (2003) טוען שתלמידים בעל ידע מטה-קוגניטיבי הם תלמידים המודעים לדרכי הלמידה שלהם, כלומר, יודעים אילו דרכי למידה הן אפקטיביות לגביהם. כדי להגיע לכך, עליהם להתנסות בדרכי למידה שונות. גם Papaleontiou-Louca (2003) מציינת שידע מטה-קוגניטיבי כולל ידע של הפרט לגבי הידע של עצמו, לגבי התהליכים השכליים והרגשיים המתחוללים בו ולגבי היכולת שלו לפקח עליהם ולווסת אותם באופן מודע. טענתו החשובה היא שידע מטה-קוגניטיבי הוא ידע הניתן להעברה (transfer) בין מצבים שונים. רימור (2002) בדקה במחקרה תהליכי רפלקציה גלויים (בכתב), והיא מגדירה את הידע המטה-קוגניטיבי באמצעותם. לדבריה, הרפלקציה מארגנת התנסות קודמת וידע קודם ומבטאת את הקשר ההכרחי שבין חשיבה ובין פעולה, בין הידע של הפרט ובין הבקרה שלו על תהליכי הלמידה. ההנחה היא שרפלקציה מבטאת מודעות לתהליכי הלמידה ומסייעת ללומדים לעקוב אחר התקדמותם, להעריכה ולשפרה. תפיסת הלמידה הקונסטרוקטיביסטית גם היא רואה ברפלקציה ובהמללתה החיצונית מנגנון לבניית ידע.

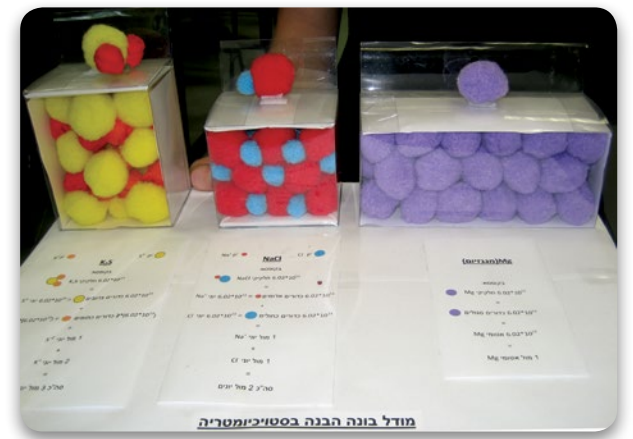
הפרויקט

תלמידי כיתה י"א, שלמדו פרק סטויכיומטריה, התבקשו ליצור מודל פיזי שימחיש כיצד הם "רואים" את המושג מול או חושבים על המושג מול כמו גם על גורמים אחרים בתוך הפרק. הוגדר שהעבודה תתבצע בקבוצות של עד שלושה תלמידים, אך אושר מראש לבצע את הפרויקט גם באופן יחידני, כך שלא ייכפו דרכי חשיבה. בעת הגשת הפרויקט הציגו התלמידים בכיתה את המודלים שלהם והסבירו לחבריהם כיצד הדבר עזר להם לחשוב או להבין לעומק מונח שהתקשו בו. כמו כן נדרשו התלמידים ללוות את המודל שלהם בדף הסבר המתאר את האופן שבו המודל מסייע לחשיבה.

כבר בשיעור הראשון של שנת הלימודים קיבלו התלמידים את ההנחיות לפרויקט. נאמר להם שהם מתחילים ללמוד פרק הדורש חשיבה מופשטת ושעל מנת להצליח בו ולהבין את מושגיו לעומק - עליהם לנסות "לראות" בדמיונם אטומים, מולקולות וחבילות שלהם (מולים).

התלמידים התבקשו לשים לב בכל פעם שהם מדמינים משהו על מנת להבין את תוכני השיעור, ולהסביר לעצמם כיצד זה עוזר להם בהבנה. בשלב הראשון לא נקבע תאריך יעד לביצוע אקטיבי של הפרויקט, אך הבקשה לחשוב על החשיבה יצרה החל מהשיעור הראשון ניסיונות לבנות מודלים מחשבתיים אשר בסופו של דבר ייבנו באופן פיזי. במהלך השבועות שבהם נלמד הנושא, פנו אליי תלמידים רבים בהפסקות כדי להתייעץ או להסביר מה הם מתכננים לבנות. יש לציין שהחשיבה על הפרויקטים התפתחה ככל שהתקדמנו בלמידה.

לאחר שסיימנו ללמוד את הפרק, ולפני שנבחנו על כולו, הציגו התלמידים את תוצרי הפרויקט שלהם בכיתה ושיתפו זה את זה ב"פטנטים" להבנה, לזכירת טכניקה ונוסחאות ועוד. חלקם עשו זאת בליווי מצגות. התוצרים והצגתם היו מרשימים ביותר. עבודה מעניינת ניתן לראות בסדרת הקומיקס המופיעה בעמוד הבא, אשר "מתעדת" את מציאת מספר אבוגדרו. [הסבר התלמידים לסיפור הקומיקס.](#)



הקשר בין המושג "מול" לבין מספר חלקיקים/אטומים/יונים

עם סיום ההצגה בכיתות (2 כיתות מתוך 3 כיתות י"א ביצעו

פרויקט בדרך זו), הוצגה תערוכה בחלל המרכזי של מתחם המדעים, כך שתלמידי הכיתות השונות יוכלו לצפות במודלים של חבריהם בעזרת דפי ההסבר. יש לציין שבשלושת השבועות שבהם הוצגה התערוכה, רבים צפו בה: גם תלמידי י"א לכימיה, אך גם תלמידי מדעים אחרים, תלמידי כימיה מכיתה י"ב התעניינו בתערוכה כי הבינו את מסריה, תלמידי כימיה י' הסתקרנו מתכניה וניסו להבינם, וכך גם תלמידי מקצועות אחרים. חשוב לציין שתלמידי י"ב הלומדים פיזיקה נתקלים במונח "מספר אבוגדרו", והם הופנו על-ידי מורתם לצפות בתערוכה.

בסופו של כל התהליך התבקשו התלמידים לכתוב רפלקציה ולהתייחס בה לבניית המודל של עצמם ולצפייה במודלים של חבריהם. לאחר מספר שבועות פורקה התערוכה, אך רבים מהמודלים הועברו אל תוך חדרי הכיתות. התלמידים שמחים לראות את המודלים של עצמם מוצגים וגם מגיבים שוב ושוב לדברים שעולים ממודל של חברים, וזאת לאחר שכבר סיימו ללמוד את הפרק בכיתה.

תחושותיהם של התלמידים לגבי הפרויקט והלמידה באמצעות

בעת החשיפה לפרויקט הייתה תחושת חרדה ובלבול. התלמידים לא הבינו מה נדרש מהם, ורבים שאלו אם אפשר לעשות בוחן במקום. עם זאת ככל שהתקדמנו בלמידה, יותר ויותר תלמידים הגיעו כדי להתייעץ אתי כיצד לבחור בין מספר רעיונות שעליהם חשבו. היו תלמידים שהיו נחושים בהחלטתם לתקוף דווקא משהו שאותו התקשו "לראות", ובעזרת הדיבור על הקושי והבנת הקושי - הצליחו לבנות מודל מחשבתי ממשי שאותו יצרו באופן מושלם לאחר מכן.

בסוף התהליך התבקשו התלמידים לכתוב רפלקציה על הלמידה באמצעות הפרויקט. בחיבוריהם של התלמידים ניתן למצוא משפטים רבים המעידים על כך שהתפתחו אצלם מיומנויות מטה-קוגניטיביות ושהם מייחסים התפתחות זו לבניית המודל. דבריהם של התלמידים מתייחסים לתחומים השונים של המטה קוגניציה, כפי שהוגדרו על ידי Baird.





□Papaleontiou-Louca, E. (2003). The concept and instruction of metacognition. *Teacher Development*, vol. 7(1), pp.9-28.

Baird, J.R. (1990). Metacognition, purposeful enquiry and conceptual change. In E. Hegarty-Hazel (Ed.). *The student laboratory and the science curriculum*, (183-200). Routledge, London.

מספר אבאגדו. לא הפגתי אפני כן את משמלה המספר $6.02 \cdot 10^{23}$ ולאחר המודעים הפגשתי מלדלו".

סיכום

גם בתחושה שלי, וגם לדברי התלמידים, ביצוע הפרויקט תרם רבות לביסוס ההבנה בנושא סטויכיומטריה. מעבר לגיוון בהוראה, שהוא פרמטר חשוב בפני עצמו, הרי בניית תוצרי ההבנה בהתאם לגישה הקונסטרוקטיביסטית, הלמידה בחברותה בהתאם לגישתו של ויגוצקי והתהליכים המטה-קוגניטיביים שהתלמידים נאלצו לעבור תרמו להבנה עמוקה. ואף סייעו לתלמידים לגלות מה קשה להם ואיך הם חושבים. מדברים שנאמרו בעל פה עלה שהפרויקט גם עורר חשיבה על עצמנו כלומדים גם במקצועות אחרים: "טוב לי עם נוסחאות", "אני ממש לא מצליח לראות דברים", "אני צריך פטנטים כדי לזכור" וכדומה.

חשוב לי לציין שבשיעורים הראשונים, כאשר התלמידים שידרו מצוקה לנוכח הדרישה לפרויקט, חשבתי לעצמי, ואף אמרתי להם, שאם באמת תהיה בעיה, נבטל את העניין. כדיעבד התוצרים עלו מעל ומעבר לציפיותי, וזו הייתה חוויה של ממש. ברור לי שאחזור על הפרויקט, הוא מימש את כל ציפיותי ממנו.

מקורות מידע

בכירנבויים. מ', (1997) חלופות בהערכת הישגים. תל-אביב, הוצאת רמות.

בר-דב, ז', (2004). ניתוח תשובות התלמידים בבחינות בגרות
- כלי עזר לשיפור ההוראה. על-כימיה, גיליון 6. המחלקה
להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות.

הופשטיין, א', שור, ר., קיפניס, מ., לוי נחום, ת. (2003).
למידת כימיה בדרך החקר. קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת
המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות.

רימור, ר' (2002). מחיפוש מידע לבניית ידע. תהליכי ארגון ובניית ידע בסביבות ממוחשבות של מסדי נתונים. חיבור לקבלת תואר דוקטור. אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.

רימור, ר' (2007). ממידע לידע. מחיפוש מידע לבניית ידע בסביבות עתירות טכנולוגיה. האוניברסיטה הפתוחה.

מדברי התלמידים על הפרויקט

"החשיבה על הפדיונות והבנייה שלו עזרה לי להבין את המושג מול המושג המספר אבל עדיין זה לא יגר מפני שזה איננו אלא להשקיע זמן ומאמץ בשביל להסביר ולהבין את זה"

"המאזל פביטא אארי אחשיבה למאקה יארג אהמאדגאל קם קצמו, הייג חייב אהבין קל מנה אקטשול מאזל, ואלטס בחומר קל מנה אהקציון אהקטביו אכנה"

"החשיבה על הפסיכיקט והבנייה שלו בהחלט כזו אי אהבין מכיון שכאשר אני רואה איך גמדיים אחריהם הבין את אלה ואלא בצורה שונה ומסבירים אי את דבר ההבנה שלהם אני מבין את המושג בצורה טובה הרבה יותר"

"החשיבה הן הפשוטות והבנייה החדשה אי אפשר יחד טוב אלא המושג מזה ובחידוד החשיבה החדש כי המושג החדש אלא כי הפחד והחשש משינויים ביחס מילים."

"חוק מהמאותים שהוצגו בכיתה עצרו אי אהבין. המוצו של... המחיש אי כמה המספר גדול ולדבר אי אקבל גמולו בחור ילד של המספר".

"החשיבה הן הפסיכיקט הצרדי אי בעיקר אפאמיטל צומט. דערין אי ארבודע שלן פלא
אמאן צוקר שאן ינקארי בל, כח דברע יודים אחרים, אנו מניחה, בהמחלה
המולד. ההמחלה טרבע ארבענה, אבו גמ חשיבה אלאומן ארצאל ארדומה.
הבנייה ארצול פחול משמחלה, אבו החשיבה הצרדי אי ארבען אר פמולדע,
אר ארצול."

"זאפי פאחטלע אפונעם יארק שו פאשליס פאשליס חן ידינו
בסטויכאטריה".

"השימוש במודלים גאומטריים אחרים של אגף פוליסה".

[illegible][illegible]

"המוראים בכיתה חצו לי ארבעין דבר אחד טוב יאמר - חזר כמה גדול פאלא בציורה בלגי ומשם הפס' אבאגדח".

"החשיבה הן הפלויקט נדרה אי ארביין דז כמה מסיבי מספר אבאגדור.
מחשבה, אמתן לא אוקחים בחשבון דז כמה הא גדור דז לאפאין מחשבים
לא יכולים אפגין אליו".

"מורדים מאוד חזרים ארבעין מושלים בעלל שלהם מחמישים במציאלר כמה
הדבר גדול או אלה זה מגופל ככה."

"מה שהכי אמצעי מפתאזים לבון חבריי אכילת היה גאולא פאדפיק של

ההנחיות שקיבלו התלמידים לפרויקט

מודל בונה הבנה בסטויכיומטריה

אחד הפרקים המופשטים ביותר בכימיה הוא פרק סטוכיומטריה, העוסק בחישובי כמויות (מסות, נפחים, מספר חלקיקים) של חומרים.

חשיבות הפרק היא במעבר מהנייר והטבלה המחזורית אל המעבדה הכמותית והתעשייה.

שלא מתוך כוונה להפחיד... המונחים בפרק זה נחשבים במחקרי למידה שונים בעולם כבעייתיים במיוחד. לא לדאוג... בסוף כולם יודעים את זה מצוין. אבל... כדי להקל על עצמכם בהפנמת המונחים וב"ראיית" החלקיקים, אתם צריכים להתבונן פנימה ולבדוק **איך אתם חושבים** ומה כן מקל עליכם בהבנת הנושא ובפתרון בעיות.

כל אחד מאתנו **חושב קצת אחרת** - לאחד עוזר לצייר, השני צריך נוסחה, והשלישי קולט מהקראה בקול רם.

עליכם ליצור מודל מוגדל כלשהו שבעזרתו תוכלו להסביר לחבריכם מה עוזר **לכם** בהבנת המונחים. אין מדובר בכתיבת סיכום בגודל פלקט, אלא בהמחשה של תהליכי ההבנה והחשיבה. אפשר לבנות משחק, מודל תלת-ממדי או משהו אחר.

עליכם להתארגן בקבוצות של עד שלושה תלמידים. התוצר שתגישו הוא כלי עזר עבור חברים כללמדת הנושא, והוא ייתלה ברחבת הכניסה בבנין המדעים לצד התוצרים האחרים. בנוסף תידרשו להציג את התוצר שלכם בכיתה ולהסביר מה הוביל אתכם לבנייתו כפי שנבנה, וכיצד הוא **מועיל לכם ועשוי להועיל לאחרים**.

ציונו של הפרויקט ישוקלל כציון בוחן ויהיה בנוי מהרכיבים הבאים:

אחוז מהציון	הרכיב הנבדק
20%	מקורות
20%	רלוונטיות
20%	סיוע בהבנה לתלמידים אחרים
20%	צורת ההגשה
20%	ההסבר בכיתה

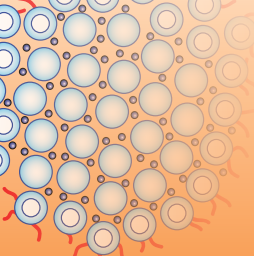
הערה: שלב ההסבר בכיתה הוא אישי - לא דיברת? קיבלת עליו אפס.

אמנם אנחנו בראשית הפרק, אבל כמה אפשרויות מראש: מושג המול, מספר אבוגדרו, קשר בין מול למסה מולרית ולמסה, חישובים בתגובות, סטויכיומטריה של גזים, סטויכיומטריה של תמיסות.

בינתיים, בכל פעם שאתם מבינים בדרך מסוימת הציפו לתודעתכם את דרך חשיבתכם, וחשבו על אפשרות להשתמש בזה לבניית המודל.

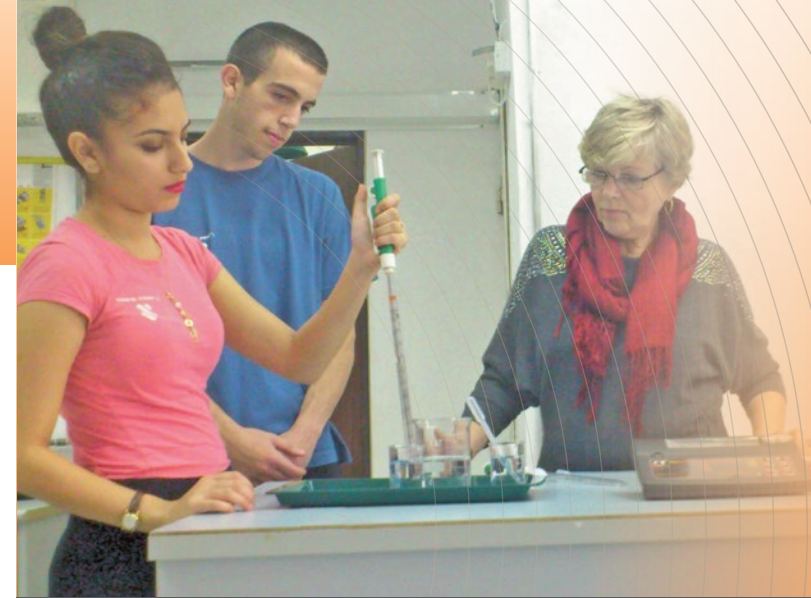
הצגת המודל תידרש לקראת סוף לימוד הפרק. תאריך ראשוני להתכוון אליו - 24.10, סביר שתאריך מדויק יותר ימסר בהמשך.

בהצלחה!



מסיסות הקזאין

אורית מולידזון*



של "הכימיה של החלב" שנכתב במסגרת הסדנה להכשרת מורים מובילים לכימיה. ערכו שרית שמאי ויעל שוורץ).

בניסוי מקדים התלמידים נחשפים להשפעת הוספת החומצה על מסיסות של הקזאין (תמונה 1) במים.

כפי שניתן לראות בתמונות א-2 ו-2 תמיסה צלולה שבה התמוסס החלבון קזאין במים, הופכת לעכורה כתוצאה מהוספת תמיסת HCl. בעזרת pH מטר ניתן לראות את הקשר בין שינוי ה-pH לבין דרגות עכירות שונות בתמיסה. העכירות מעידה על הירידה במסיסות החלבון עד שקיעתו בנקודה איזואלקטרית ($pH = 4.6$), כפי שניתן לראות בתמונה ג. בהמשך ההוספה של כמה טיפות של תמיסת 1M HCl גורמת להיעלמות המשקע.



אמיניות שמתעכלות באטיות. לעתים קרובות מוסיפים קזאין לתחליפים של מוצרי חלב, כדי לשפר את המרקם שלהם. קזאין משמש גם בתהליך הייצור של דבקים, חומרי קישור, ציפויי מגן, סוגי פלסטיק שונים, בדים, תוספי מזון וחומרים רבים אחרים. קזאין הוא שמה של תערובת שמכילה ארבעה סוגי חלבונים (אלפא 1, אלפא 2, ביתא וקאפא קזאינים). כל סוגי הקזאינים הם חלבונים עם קבוצה פוספואסטרית (שקושרת סידן), הקשורה לשייר של החומצה האמינית סרין.

שלושת הסוגים הראשונים של הקזאינים הם הידרופוביים, ילו חלבוני הקאפא-קזאין הם אמפיפטיים (בעלי חלקים הידרופיליים והידרופוביים במולקולה).

ההתארגנות המרחבית של הקזאינים בחלב היא במיצלה כדורית, שמורכבת מכ-31% חלבון, 2% מינרלים ו-66% מים. החלבונים ההידרופוביים שבקזאין נמצאים במרכז המיצלה, ואילו החלבונים האמפיפטיים נמצאים על פני השטח של המיצלה. איור 1 מראה מיצלה כדורית של קזאין (מתוך מאמר

פעילותו באופן חלקי או מלא.

בתכנית הלימודים מוקדש זמן רב להוראת הנושא של השפעת pH על המטען החשמלי וחוזק האינטראקציות בין החלקיקים בפפטידים ובין החלקיקים בחלבונים. המטען של קבוצות צד משפיע על המבנה המרחבי של מולקולות החלבון בתמיסה ולכן משפיע גם על מסיסות החלבון. ב-pH האיזואלקטרי, (pH שבו סך כל המטענים השליליים שווה לסך כל המטענים החיוביים), המטען נטו שנושאות מולקולות החלבון שווה לאפס. ב-pH זה כוחות המשיכה החשמליים בין מטענים מנוגדים חזקים מאוד, ואילו האינטראקציות עם מולקולות מים הן חלשות, וכתוצאה מכך החלבון אינו מסיס ושוקע.

על מנת להמחיש את הקשר בין הרמה המיקרוסקופית לרמה המקרוסקופית ולעזור לתלמידים להבין את הנושא, אני נוהגת לבצע ניסוי חקר שבדק את המסיסות של החלבון קזאין במים. ניתן לבצע ניסוי זה ברמות חקר שונות בהתאם למטרת המורה. הוא מדגים איך שינוי באינטראקציות בין מולקולות החלבון (בעקבות שינוי המטען החשמלי של קבוצות צד) משפיע על מסיסותו. כמו כן ניסוי זה מאפשר לי לתרגל ולפתח את המיומנות של בניית שאלת חקר.

חלבון היא מילה שמעוררת במוחו של אדם תמונה של בשר, דג, ביצים, מוצרי חלב ורצון לאכול. במוחו של כימאי המילה חלבון מעוררת תמונה של מולקולות ענק, מולקולות היעילות והמגוונות ביותר במערכות חיים.

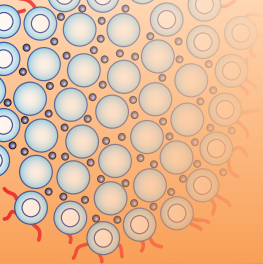
פעילותו של חלבון תלויה במבנה המרחבי של המולקולות שלו, בעיקר במבנה השלישוני של החלבון. מבנה שלישוני האופייני לכל חלבון מקנה לו יציבות בסביבה הפיזיולוגית שבה הוא נמצא והתאמה לתפקידו. ניתן מיין חלבונים לשתי קבוצות עיקריות: חלבוני מבנה וחלבוני תפקוד. חלבוני המבנה הם בדרך כלל חלבונים סיביים ואילו חלבוני התפקוד הם בעלי מבנה כדורי. חלבונים סיביים הם בעלי תפקיד בתמיכה מכנית של אברי הגוף ואינם מסיסים במים. ואילו החלבונים הכדוריים נעים בסביבה מימית ומשמשים כאנזימים, נשאים, הורמונים, נוגדנים ועוד.

שינוי באינטראקציות בין מולקולות החלבון מביא לשינוי במבנה החלבון, והוא יכול להיגרם על ידי שינוי התנאים בהם נמצא החלבון כמו שינוי בטמפרטורה, שינוי בריכוז מלחים, שינוי ב-pH וקרינה. אם משתנה המבנה המרחבי הטבעי של המולקולות (המבנה השלישוני נפגע), החלבון מאבד את

* אורית מולידזון, מורה לכימיה בגימנסיה גן נחום ראשון לציון, מדריכה ארצית, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע



תמונה 1: החלבון קזאין במצב מוצק



שלב ראשון - ניסוי מקדים:

1. כיול את מכשיר ה-pH מטר.
2. העבירו כ-250 מ"ל תמיסת קזאין 0.25% לכוס כימית בנפח של 400 מ"ל. שימו בתוכה בוחש מגנטי והעמידו את הכוס על פלטת הבחישה.
3. טבלו בתוך התמיסה את האלקטרודה של pH מטר. העמידו מאחורי הכוס גיליון בריסטול שחור והפעילו את הבחישה.
4. טפטפו בעזרת פיפטת פסטור או ביורטה תמיסת 1M HCl לתוך תמיסת החלבון ושימו לב לשינויים החלים בתמיסת החלבון. רשמו תצפיות רבות, מפורטות ומגוונות.
5. המשיכו בטפטוף החומצה עד שיתקבל משקע שייראה כעכירות לבנה יציבה. רשמו את ה-pH בנקודה זו ובלי להמתין יותר מ-15 שניות הוסיפו עוד טיפה או שתיים של תמיסת 1M HCl עד להיעלמות המשקע. רשמו תצפיות רבות, מפורטות ומגוונות.

שלב שני: מהלך חקר ותכנון הניסוי

1. שאלו שאלות רבות (5 לפחות) ומגוונות שקשורות לניסוי.
2. בחרו שאלה אחת שברצונכם לחקור ונסחו אותה כשאלת חקר.
3. העלו השערה מנומקת שמתאימה לשאלת חקר שניסחתם. נמקו את השערתכם על סמך ידע מדעי כולל חיפוש ברשת.
4. תכננו ניסוי שבדק את ההשערה ועונה על השאלה שבחרתם.
 - הגדירו את המשתנה התלוי והבלתי תלוי ואת צורת מדידתם.
 - ציינו גורמים קבועים.
 - הגדירו את הבקרה.
 - רשמו מהלך מפורט של שלבי הניסוי. הציגו את שלבי הניסוי בצורה מפורטת ובסדר לוגי.
 - הגישו רשימה מפורטת של חומרים וציוד לניסוי המתוכנן.
 - הגישו למורה לאישור ואחר כך ללבוראנטית.

להלן הוראות העבודה לתלמידים וחומר רקע למורה לניסוי חקר - מסיסות קזאין במים (רמה II).

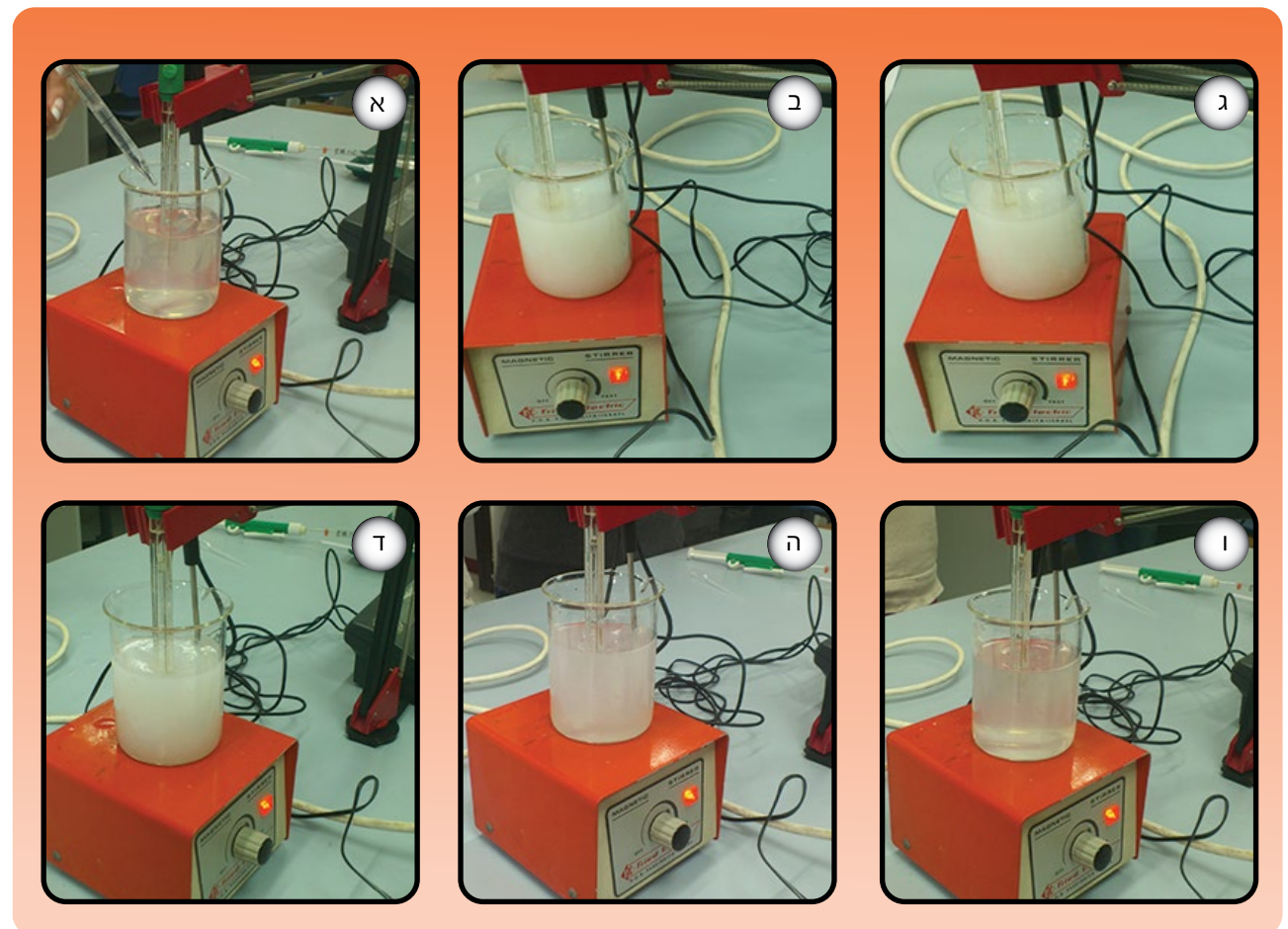
מבוסס על ניסוי של ד"ר בת שבע כהן, מרים שטרן, שרה אליאס מלקט ניסויים בביוכימיה מכשירית.

הוראות כלליות

- קראו היטב את כל ההנחיות לפני תחילת ביצוע הניסוי.
- הרכיבו משקפי מגן ושמרו על כללי הבטיחות.
- הקפידו על ביצוע הפעולות האלה:
 - מילוי מדויק אחר ההנחיות לביצוע הניסוי;
 - רישום תצפיות מפורטות, מדויקות ורבות ככל האפשר;
 - דיווח ברור ומאורגן של התצפיות (מומלץ לארגן את התצפיות בטבלה).
 - חלוקת תפקידים בתוך הקבוצה ושיתוף כל חברי הקבוצה בפעילות.
- ודאו שעומדים לרשותכם כל הציוד והחומרים הדרושים לביצוע הניסוי.
- השתמשו בשפה מדעית מדויקת ונכונה במהלך כתיבת הדו"ח.
- הגישו דוח מאורגן, קריא ואסתטי.

ציוד וחומרים

- כוס כימית בנפח של 400 מ"ל
- סטופר
- pH מטר או נייר pH אוניברסלי
- גיליון בריסטול שחור
- פיפטת פסטור או ביורטה
- תמיסת 1M HCl
- משורה
- תמיסת קזאין 0.25%
- פלטת הבחישה
- מגנט

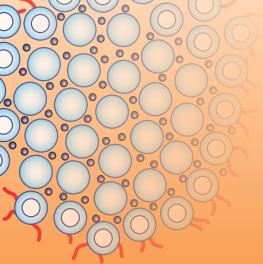


תמונות א2-12: שלבים המציגים כמויות שונות של חומצה שהוספה לתמיסת הקזאין.

תמונה ג2 מתארת את הנקודה האיזולטרית של הקזאין שבו המסיסות של החלבון היא מינימלית.

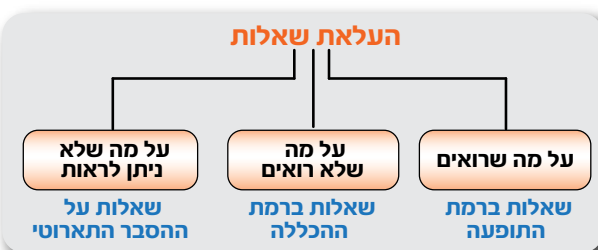


תמונה 3: הוספת החומצה לתמיסת הקזאין



במטרה ליצור בנק שאלות אני מכוונת את התלמידים לשאול שאלות מגוונות שניתן למיין אותן לפי התרשים הבא:

שם הניסוי: מסיסות החלבון קזאין במים



שאלות על מה שרואים

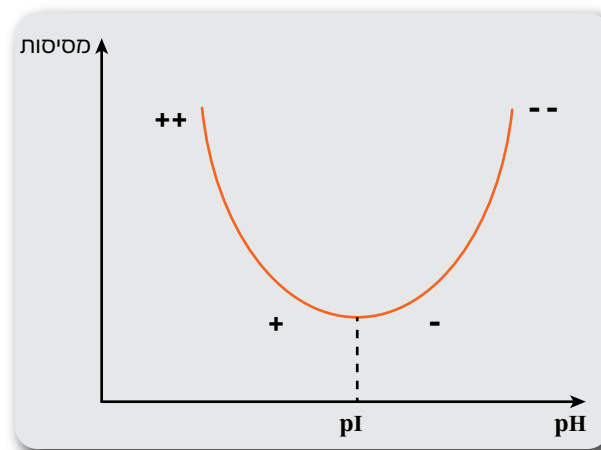
- מדוע לא מופיעה עכירות מיד עם הוספת תמיסת HCl?
- באיזה pH הופיעה עכירות יציבה?
- מהו נפח תמיסת החומצה הדרוש להופעת משקע?
- האם מסיסות החלבון במים תלויה ב-pH?

שאלות על מה שלא רואים (מתחילות ב: אילו, לו, מה היה קורה לו...)

- מה היה קורה לו הכנסנו לקזאין תמיסות מסוגים אחרים (בסיס, ניטרלי)?
- מה היה קורה לו לקחנו חלבון אחר?
- האם תמיד מופיעה עכירות כשמכניסים לתמיסת חלבון חומר כלשהו?
- לו היינו משתמשים בחלבון הביצה, האם הייתה מתרחשת התופעה הנצפית בניסוי?

שאלות על מה שלא ניתן לראות (שאלות על ההסבר המשוער)

- האם חלה תגובה בין מרכיב בקזאין לחומצה?
- איזה חומר/ים בחלב גורם/ים לשיקוע?
- האם יש קשר בין pI לשיקוע חלבון?



איור 2: גרף המראה תלות בין מסיסות ל-pH

ניתן לנצל את השינוי במסיסות הקזאין כתלות ב-pH בייצור גבינות ("הכימיה של החלב", שרית שמאי ויעל שוורץ). בתהליך ייצור הגבן מתרחשת שבירת מיצלות של הקזאין. למרות שמיצלות הקזאין יציבות דיין, יש שתי דרכים תעשייתיות עיקריות המשמשות לקרישת החלב וליצירת גבן: (1) שימוש באנזים חיתוך ששמו רנין כימוזין; (2) שימוש בחומצה.

השימוש בחומצה גורם לירידה ב-pH. בנקודה האיזואלקטרית המטען החשמלי של חלבון שווה לאפס, לכן אין כוחות דחייה בין המיצלות, והן מתאחות ליצירת קריש גבן.

קיימות שתי שיטות מקובלות להחמצה. הראשונה נעשית בעזרת חיידקים המפרישים חומצה לקטית לחלב. השיטה השנייה מתבססת על הוספה ישירה של חומצה. החומצות שמקובל להשתמש בהן הן חומצה לקטית, חומצה אצטית - חומץ וחומצה ציטרית - חומצת לימון.

כפי שציינתי, אני מנצלת את הניסוי גם לצורך הקניית המיומנות של שאילת שאלות בכלל ושאלות חקר בפרט. להלן אפרט את תהליך ההקניה בניסוי זה:

- א. **יצירת בנק שאלות** (מבוסס על הצעה של רות שטנגר).
- ב. **יצירת תרשים ניסוי** לצורך בניית שאלת החקר (מבוסס על הצעה של רולי אינטרטור, תיכון אזורי "הרצוג", בית חשמונאי).

חומר רקע למורה

חלבונים הם ביופולימרים, וחומצות אלפא אמיניות המונומרים שבונים את החלבונים. לכל החומצות האמיניות שתי קבוצות פונקציונליות, קבוצה קרבוקסילית וקבוצה אמינית. לחלק מהחומצות האמיניות יש גם קבוצה פונקציונלית נוספת בקבוצות צד. חומצות אמיניות יכולות להתנהג גם כחומצה וגם כבסיס.

החומצות האמיניות מאופיינות בערכים של pK_a שמהווים מדד לחוזק הקבוצות החומציות. pK_a מציינ pH שבו מחצית ממולקולות החומצה מסרו פרוטון, ומחצית עדיין לא מסרו פרוטון. מטען הקבוצות החומציות, בפפטיד או בחלבון, משתנה עם שינוי ה-pH בהתאם ל- pK_a של הקבוצות הנ"ל.

נקודה איזואלקטרית pI של חומצה אמינית, של פפטיד או של חלבון מוגדרת כ-pH שסכום המטענים השליליים שבו שווה לסכום המטענים החיוביים. כלומר, כאשר $pI=pH$, המטען הכולל שעל החלבון שווה ל-0.

שינויים ב-pH משפיעים על מסיסות החלבון

בתחום pH ששווה לנקודה איזואלקטרית, מסיסות החלבון נמוכה ביותר בהשוואה למסיסותה בתחומי pH אחרים. כתוצאה מכך החלבון שוקע, כי ב-pH זה יש קבוצות COO^- וקבוצות NH_3^+ טעונות, וכך נוצרים כוחות משיכה בין שרשרות החלבון; השרשרות מתקרבות זו לזו, ולמולקולות המים קשה להפריד ביניהן.

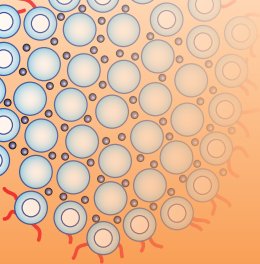
כאשר pH לא שווה ל-pI, המטען על שרשרות החלבון חיובי או שלילי, ופועלים ביניהן כוחות הדחייה. השרשרות דוחות זו את זו, ולמים קל יותר לחדור בין השרשרות, ליצור אינטראקציות מתאימות ולהפריד בין השרשרות. כתוצאה מכך מולקולות החלבון מתפזרות בין מולקולות המים, והוא מתמוסס כפי שניתן לראות באיור 2.

כל שהפרש בין ה-pH לבין pI גדול יותר - המטען החשמלי גדול יותר (חיובי או שלילי), הדחייה בין שרשרות החלבון גדולה יותר, והמסיסות טובה יותר.

שלב שלישי - ביצוע הניסוי והסקת המסקנות

5. **בצעו** את הניסוי שתכננתם כפי שאושר על ידי המורה.
 - הקפידו על רישום מפורט, מדויק וברור של התצפיות.
 - הציגו את התוצאות בצורה מאורגנת (טבלה, גרף, תרשים וכו').
 - פרשו ונתחו את התוצאות בצורה גרפית.
 - עבדו, במידת האפשר, את התוצאות בצורה גרפית.
6. הסיקו מסקנות על סמך כל התוצאות של הניסוי.
 - הסבירו את מסקנותיכם על בסיס ידע מדעי רלוונטי ונכון.
 - התייחסו לקשר שבין המסקנות לשאלת החקר וההשערה.
7. בדיון המסכם הקבוצתי:
 - התייחסו בביקורתיות לתוצאות (מגבלות, דיוק וכו').
 - התייחסו בביקורתיות למסקנות (מידת ההתאמה בין המסקנה להשערה, תוקף מסקנות).
 - במידת הצורך הצביעו על השינויים הרצויים בתהליך החקר (בניסוח השאלה, בתכנון הניסוי...).
 - רשמו שאלות נוספות שהתעוררו בעקבות הניסוי כולו.
8. הגישו דוח מאורגן, אסתטי וקריא.

עבודה נעימה



להלן שאלות חקר שעלו בכיתתי במהלך ביצוע הניסוי:

1. האם וכיצד משפיע השינוי בנפח החומצה/הבסיס על זמן הופעת העכירות?
 2. האם וכיצד תשפיע החלפת הקזאין בחלבון אחר על ערך ה-pH שבו מופיעה עכירות יציבה?
 3. האם וכיצד תשפיע טמפרטורת הקזאין על זמן הופעת/אי הופעת שתי הפאזות בניסוי?
 4. האם וכיצד משפיע סוג הממס על זמן הופעת העכירות?
 5. האם יש קשר, ואם כן - מהו הקשר בין ריכוז הקזאין ובין ה-pH שבו מופיעה עכירות יציבה?
 6. האם וכיצד ישפיע שינוי בריכוז הקזאין על זמן הופעת עכירות יציבה?
 7. האם וכיצד ישפיע שינוי בריכוז תמיסת NaOH/HCl על זמן הופעת עכירות יציבה?
 8. האם שינוי בסוג החומצה/הבסיס ישפיע על זמן הופעת עכירות יציבה?
 9. מהו הקשר בין אופי התמיסה (חומצה/בסיס/ניטרלי) לבין זמן הופעת עכירות יציבה/על ה-pH שבו מופיעה עכירות יציבה?
 10. כיצד משפיע pH של התמיסה המוספת לקזאין על זמן הופעת עכירות יציבה/על ה-pH שבו מופיעה עכירות יציבה?
 11. כיצד משפיעה הנקודה האיזו-אלקטרית pI של החלבון על המסיסות שלו במים?
 12. כיצד משפיע שינוי בנפח תמיסת NaOH/HCl על כמות המשקע או על זמן הופעת המשקע או על pH שבו ייווצר המשקע?
 13. מהו הקשר בין היעלמות המשקע לריכוז התמיסה המוספת?
 14. האם וכיצד משפיעה טמפרטורת תמיסת הקזאין על ערך ה-pI של קזאין?
 15. מהו הקשר בין ריכוז החומצה המוספת ל-pH שבו מידת העכירות של תמיסת הקזאין מקסימלית?
- לסיכום:** אני ממליצה למורים שמלמדים פרק בחירה בביוכימיה לשלב ניסוי זה בהוראת הנושא של תכונות החומצות האמיניות והשפעת המטען החשמלי של החלבון על מסיסותו. ניתן לבצע את הניסוי בניסוי חקר מלא או בניסוי חקר חלקי. התלמידים שלי דיווחו שבתחילה נראה להם הניסוי המקדים כקסם: תמיסה צלולה הופכת לעכורה, ושוב לצלולה, ושוב לעכורה מספר פעמים. ואחרי דיון בקבוצה והעמקה בחומר תאורטי הם הבינו מהי הכימיה שעומדת מאחורי התופעה. כל התלמידים אמרו שניסוי זה עזר להם להבין את הנושא של קביעת המטען של חומצות אמיניות ושל חלבונים בתמיסה ב-pH שונה ואת חשיבותו המעשית של המטען על תכונות החלבונים. רוב התלמידים בוחרים בניסוי זה למבחן המעבדה ומספרים בהתלהבות למורים הבוחנים על נפלאות הקזאין.

מקורות:

1. אתר המחקר של חברת תנובה
2. "הכימיה של החלב" שנכתב במסגרת הסדנה להכשרת מורים מובילים לכימיה ערכו שרית שמאי ויעל שוורץ.
3. לקט ניסויים בביוכימיה מכשירית. הוצאת אורט
4. Marleen Verheul and Sebastianus P. F. M. Roefs (1998). Structure of Particulate Whey Protein Gels: Effect of NaCl Concentration, pH, Heating Temperature, and Protein Composition J. Agric. Food Chem., 1998, 46 (12), pp 4909–4916

אני מרגילה את התלמידים בכל ניסוי ליצור תרשים על פי ההנחיות הבאות:

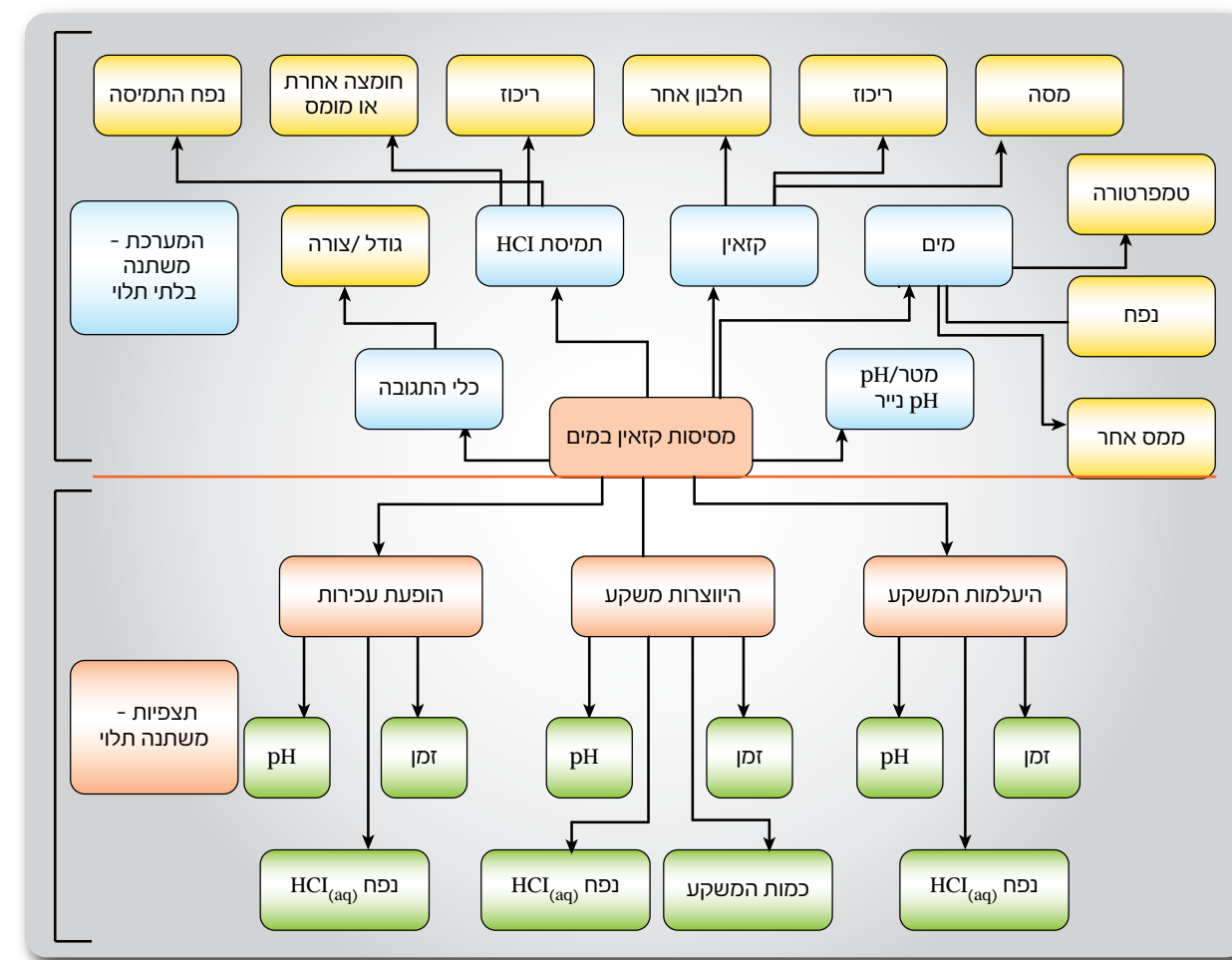
א. לרשום את שם הניסוי במרכז עמוד ריק, מעליו לרשום כל מושג או רעיון המתקשר למערכת - המשתנה הבלתי תלוי, ומתחת לשם הניסוי לרשום כל מושג או רעיון המתקשר לתצפיות - המשתנה התלוי.

ב. לרשום ליד כל מרכיבי המערכת את הגורמים הניתנים לשינוי.

ג. לרשום את התצפיות ולידן את כל הגורמים הניתנים למדידה.

ד. לבחור משתנה אחד הניתן לשינוי ולמדידה ולנסח את שאלת החקר.

תרשים לניסוי מסיסות החלבון קזאין במים



מבוסס על תרשים של רולי אינטרטור (הסבר לגבי הכנת התרשים ניתן למצוא באתר המפמ"ר - תכנית לימודים:



למיינן לפי מצב הצבירה של שני החומרים המעורבים. החומר הראשון ("פאזה מפוזרת") מציין את החומר המומס; החומר השני ("פאזה רציפה") נמצא בכמות רבה יותר מהחומר הראשון, וחלקיקיו מקיפים את חלקיקי החומר הראשון.

1. נתונים הקולואידים הבאים: קצף, קלקר, ערפל, דיו, סירופ, קצפת, חלב, עשן, זכוכית, אבק, בועות סבון, מיונז, גבינה, דם, ג'ל, צבע (לצביעה), תרופת אנטיביוטיקה לילדים, שוקולד.

מיינ את החומרים באמצעות הטבלה הבאה:

קולואיד של...							
גז בנוזל	גז במוצק	נוזל בגז (תרסיס נוזלי)	נוזל בנוזל (תחליב)	נוזל במוצק	מוצק בגז (תרסיס מוצק)	מוצק בנוזל (תרחיף)	מוצק במוצק

לעתים קיים בלבול בין **תחליב ותרחיף**; בשניהם הפאזה הרציפה המפוזרת היא נוזל, אך הפאזה המפוזרת עשויה להיות מוצק (ואז היא מכונה דיספרסיה או תרחיף) או נוזל (ואז היא מכונה אמולסיה או תחליב), כאשר לא תמיד נעשית הבחנה ברורה במיון הקולואידים השונים לתרחיפים ולתחליבים.

מעניין לדעת



תאודור (תה) סבדברג
Theodor Svedberg
1884-1971

כימאי שבדי, חתן פרס נובל לכימיה לשנת 1926, "על עבודתו במערכות מפוזרות" (קולואידים).

מעניין לדעת



ריכרד אדולף זיגמונדי
Richard Adolf Zsigmondy 1865-1929

היה כימאי אוסטרו-גרמני ממוצא הונגרי, שעסק בחקר קולואידים. זכה בפרס נובל לכימיה לשנת 1925 "על הדגמת האופי ההטרוגני של תרכובות קולואידיות והשיטות שבהן השתמש. **מכתש ז'יגמונדי** בירח קרוי על שמו.



מעבדה לחקר קולואידים

רחל אידלמן*

(שלא נגעו בכימיקלים במעבדה בניסויים רגילים), כדאי לרכוש כאלה או לבקש מהתלמידים להביא קערה בנוסף. יש לזכור שהמערבל הביתי שלהם צריך לחזור לשירות מלא בביתם ללא חשש...

להלן דפי העבודה לתלמיד הכוללים הכנה לקראת המעבדה והוראות עבודה למעבדה עצמה.

מעבדה זו מועברת על ידי זו השנה השנייה. כל המעבדות הקשורות לאוכל שביצעתי עם תלמידיי זכו לתשואות אך מעבדה זו התעלתה עליהן (והמעבדה להכנת סופגניות...).

סוד קסמה של המעבדה נעוץ כנראה בהשתאות התלמידים לנוכח העובדה שהם יכולים להכין מיונז בבית, ואמנם, אחרי הפעילות במעבדה התחילו כמה מהם להכין בביתם מיונז במקום לקנותו.

שם המעבדה: **"חקר קולואידים"**

נושאי המעבדה: המעבדה מתקשרת לנושאים כלליים במבנה וקישור כגון תמיסות ותערובות וקשרים בינמולקולריים, ומשמשת כניסוי מוטיבציה. אפשר בהחלט לבצע את המעבדה גם בסוף כיתה י' (בשל הנושאים שבהם היא עוסקת וגם כמעבדת הכנה למעבדות החקר בשנה הבאה, כניסוי ברמה 1) או בתחילת י"א (אחרי החזרה על מבנה וקישור) או כמעבדת השלמה ביי"ב כניסוי חקר ברמה 2.

הנושא של תערובות קולואידיות אינו כלול בתכנית הלימודים. יש במעבדה זו הזדמנות להרחיב ולהעשיר את ידיעותיהם של התלמידים ולשים דגש על מיומנויות החקר.

דרישות מיוחדות: התלמידים צריכים להביא מערבול ידי מהבית. אם אין במעבדה קערות מיוחדות לעבודה עם מזון



* רחל אידלמן, מורה לכימיה, תיכון ע"ש רבין, מודיעין.



מיונז

הכנת המיונז מתבצעת על ידי הוספה אטית של שמן לתוך תערובת של חלמונים, חרדל, חומץ ומלח תוך כדי טריפה נמרצת של התערובת. הלציטין שבחלמונים והחרדל פועל כחומר מחליב. הוספה של המלח בסיום התהליך במקום בתחילתו עלולה לגרום להיווצרות כתמים לבנים. ניתן להשתמש במעבד מזון אך יש הטוענים כי מיונז שנערך ביד עולה באיכותו על מיונז שהוכן במכונה.

לקריאה מדעית נוספת: הבלוג של נעמי זיו:

<http://scienceinmyplate.com/2011/08/29/>

2. לציטין פועל כחומר מחליב. היעזר בקישורים הבאים על מנת להסביר את מבנה הלציטין ופעולתו.

1. <http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9C%D7%A6%D7%99%D7%98%D7%99%D7%9F>
2. <http://www.biofor-skin.com/showHomearticle.asp?aid=221>
3. http://www.cps.ci.cambridge.ma.us/CRLS/LC_R/classrooms/AUGUSTINE/Chemistry_of_Life/index_new_files/slide0053_image072.jpg

במתכון הצרפתי המקורי נעשה שימוש בשמן ובחומץ האיכותיים ביותר, והוא חריף או חזק בהרבה מהמיונז התעשייתי. מיונז ביתי עשוי להגיע לרמת שומן של 85%, ומיונז תעשייתי טיפוסי לרמה של 70% עד 80%. מיונז "דל-שומן" מכיל עמילנים וחומרים מייצבים מלאכותיים אחרים על מנת לדמות את מרקמו של המיונז האמתי.

חלק ב - המעבדה

מטרת הניסוי: הכנת תחליב - מיונז

הוראות כלליות

הקפידו על ההוראות האלה:

- מילוי מדויק אחר ההנחיות
- איסוף תצפיות רבות ככל האפשר
- דיווח ברור ומאורגן של התצפיות
- שיתוף כל חברי הקבוצה בביצוע המשימות השונות שימוש בשפה מדעית נכונה ומדויקת לכל אורך התהליך.

ציוד וחומרים

1 חלמון

חצי כוס שמן בטמפרטורת החדר

רבע לימון

פלפל

מלח

מהלך הניסוי

1. מכניסים לקערת מערבול חלמון מלח, פלפל ו-2-3 טיפות מיץ לימון.
2. מערבלים בעזרת מיקסר יד במהירות בינונית.
3. כשהתערובת מתחילה לתפוח, מתחילים להוסיף את השמן בזריף דק מאוד בערבול מתמיד.
4. כשהמיונז מתחיל להסמיך, עוצרים ומטפטפים פנימה כמה טיפות של מיץ לימון.
5. ממשיכים בערבול המיונז תוך כדי הוספת השמן בזריף דק עד שמתקבל מיונז

שלב החקר

1. **התבוננו** במתרחש. רשמו תצפיות רבות ככל האפשר.
2. **רשמו** 5 שאלות מגוונות שעלו כתוצאה מהניסוי המקדים.
3. **בחרו** שאלה אחת והפכו אותה לשאלת חקר.
4. **העלו** השערה מתאימה לשאלת החקר שניסחתם.
5. **תכננו** ניסוי הבדק את השערתכם.
6. **הגישו** רשימת כלים וחומרים מתאימה לניסוי.
7. **בצעו** את הניסוי שתכננתם.
8. **הציגו** את תוצאות הניסוי בצורה ברורה (אם אפשר בטבלה).
9. **פרשו** ונתחו את התוצאות.
10. **הסיקו מסקנות** רבות ככל האפשר על בסיס כל תוצאות הניסוי ונמקו.

בדיון המסכם הקבוצתי

- **חוו דעתכם** על הניסוי. **ציינו** אם התעוררו בעיות במהלך הניסוי, ובמידה ויש לכם רעיון או הסבר - **הציגו** אותו.
- **רשמו** שאלות שהתעוררו במהלך הניסוי.
- **הקפידו** על דוח מאורגן, אסתטי וקריא.

עבודה נעימה!



קשיים שעשויים להיתקל בהם

הקושי הראשון נעוץ בעובדה שלא קל להכין מיונז. אם השמן מוסף במהירות רבה מדיי- המיונז לא נוצר, ומקבלים שתי שכבות שאינן מתערבבות זו בזו. קושי נוסף קשור לשאלות החקר שהתלמידים שואלים. בדרך כלל השאלות מתרכזות בהשפעת גורמים שונים על היווצרות המיונז. 'היווצרות המיונז' אינו משתנה כמותי ואף אינו מוגדר היטב. לכן יש להפוך משתנה איכותי ולא מוגדר זה למשתנה כמותי ומוגדר על ידי הגדרת סקלה של סמיכות (לפי מראית העין), למשל מ-1 עד 5, כאשר 1 היא הסמיכות הנמוכה ביותר, אילו 5 היא הסמיכות הגבוהה ביותר. בעקבות שינוי זה אף ניתן לשרטט גרף מתאים.

שאלות חקר לדוגמה: (הגדרת סקלת סמיכות 1-5)

1. כיצד ישפיע סוג השמן על סמיכות המיונז? [שמן זית, קנולה, סויה]
2. מה הקשר בין מספר החלמונים לבין סמיכות המיונז?
3. כיצד תשפיע טמפרטורת השמן על הזמן שלוקח למיונז להיווצר? [שמן שהוחזק במקרר ללילה: 4°C, שמן בטמפ' החדר, שמן שחומם לטמפ' 50°C].
4. כיצד ישפיע סוג הביצה על סמיכות המיונז? [ביצת תרנגולת, ביצת ברווז, ביצת אווז]¹.
5. כיצד תושפע סמיכות המיונז מזמני בישול שונים של הביצה? [ביצה לא מבושלת, ביצה שבושלה למשך 1 דקה, ביצה שבושלה למשך 5 דקות, ביצה שבושלה למשך 10 דקות].

1. ניסוי זה לא בוצע מסיבות מובנות... לא מצאנו ביצי אווז וברווז...

הנדסת פלסטיקה ופולימרים לומדים בשוקר

רון בלונדר*

מובילים וצברו ניסיון תעשייתי רב. לצד עבודתם האקדמית, רובם משמשים גם כיועצים ושותפים בפרויקטים מתקדמים רבים בארץ ובעולם. להלן תיאור ההרצאות שהתקיימו במסגרת יום העיון:

- פרופ' חנה דודיק – ראש המחלקה להנדסת פלסטיקה ופולימרים הציגה את הפעילות האקדמית הנעשית במחלקה, את מסלול הלימודים וכן דיברה על המחקר שבו היא עוסקת – דבקים וציפויים פונקציונליים מיוחדים. **הרצאה של פרופ' דודיק בנושא הוסרטה לצורך השתלמות מתקדמת**, וניתן לצפות בה.
- פרופ' שמואל קניג – התייחס לתחום הננו-קומפוזיט של שילוב ננוטכנולוגיה בחומרים פלסטיים לקבלת חומרים פלסטיים בעלי תכונות משופרות. שילוב של ננוחלקיקים בתוך פולימרים מוביל לשילוב תכונות הפולימר עם

הנדסת פלסטיקה ופולימרים לומדים בשוקר

בחופשת פסח התארחו **במחלקה להנדסת פלסטיקה ופולימרים בשוקר** קבוצת מורים מובילים לכימיה במסגרת השתלמות שנתיית**. המורים מלמדים את נושא הפולימרים בתיכון, אולם תכנית הלימודים נכתבה לפני שנים רבות, וההשתלמות נועדה לעדכן את הידע התוכני המתחדש בעולם הפולימרים והפלסטיקה. יום העיון בשוקר כלל סדרת הרצאות, אשר הציגו את חזית המחקר והפיתוח בתחום הנדסת פולימרים, המתקיימים בשוקר. חברי הסגל הבכיר של המחלקה להנדסת פלסטיקה ופולימרים באים מתחומי התמחות שונים ומגוונים. בין חברי הסגל ניתן למצוא מדענים מתחום הפולימרים אשר קיבלו את הכשרתם במסגרת מחקר



תיאור סכמטי של מטריצת פולימר המכילה ננו-חלקיקים ברמות הפרדה שונות.

* ד"ר רון בלונדר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

** יום העיון התקיים במסגרת קורס מיוחד שהתקיים בהנחיית זיוה בר-דב וד"ר רון בלונדר במרכז מורי הכימיה, תשע"ג.
"הכשרת מורים מובילים להוראה, הערכה והנחיה של נושאים מתקדמים בכימיה – אנרגטיקה ודינמיקה 2 ופולימרים".

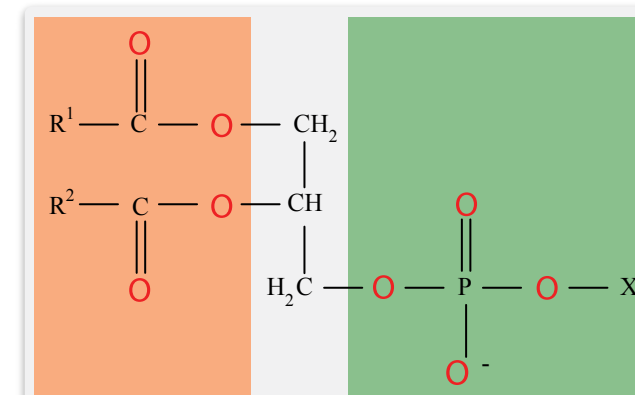
פתרון לשאלה 1

קולואיד של...							
גז בנוזל	גז במוצק	נוזל בגז (תרסיס נוזלי)	נוזל בנוזל (תחליב)	נוזל במוצק	מוצק בגז (תרסיס מוצק)	מוצק בנוזל (תרחיף)	מוצק במוצק
קצף	קצפת	קלקר	ערפל	דם	ג'ל	עשן	זכוכית מועשרת במלחים
בועות סבון				חלב	גבינה	אבק	שוקולד
				מיונז			צבע (לצביעה)
							דיו
							סירופ אנטיביוטיקה לילדים

פתרון לשאלה 2

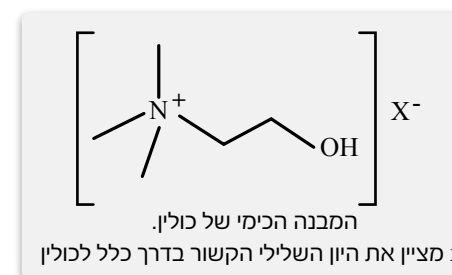
לציטין (מיונית - **lekithos** חלמון הביצה. קרוי גם **פוספטידיל כולין**) הוא פוספוליפיד המהווה חומר חיוני לחיים. מדובר בקבוצת מולקולות שומנית, המגינה על ממברנות התאים ואף מהווה חלק מהם.

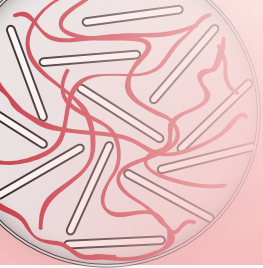
הודות לתכונתו של הציטין כמסיס גם במים וגם בשומן הוא פועל כמתחלב המאפשר מיזוג שומן ומים באותו חומר. בתעשיית המזון נהוג לעשות שימוש בציטין במיני-מזונות רבים כגון: שוקולד, מיני מאפה, גלידות, מיונז, גבינה צהובה, ממתקים ועוד. הציטין מצוי בחי ובצומח וניתן למיצוי ממקורות כמו חלמון ביצים, סויה, לפתית ועוד. בחומרים מוספים למזון הוא שייך לקבוצת חומרים מתחלבים. הציטין עלול לגרום לכאבי ראש בקרב אנשים שרגישים לחומר זה.



מבנה כללי של פוספוליפיד:

האזור ההידרופילי צבוע בירוק, האזור ההידרופובי צבוע בכחול. שריר פחמימה R מייצג את השריר הכוהלי, ו-X במרכז השלד הגליצרולי.





תכונות הנוחלקיק. תחום זה נקרא פולימרים ננו-מרוכבים (nanocomposite polymers). הרעיון של שילוב ננוחומרים בתוך פולימר מוביל מחד לשיפור תכונות החוזק של הפולימר בהשפעת הנוחלקיקים המשולבים בתוך הפולימר, ומאידך הפולימר עדיין נותר חומר נוח לעיבוד. **כתבה שכתבה חנית ברד** בנושא זה פורסמה בעלון מורי הכימיה.

- ד"ר דן לויטוס הציג תחום מחקר שבו מהנדסים ביופולימרים לשימושים ברפואה. מחקרו של דן עוסק במחקר ופיתוח של חומרים פולימריים עבור נורו-פרוטזות על מנת להקטין את תגובת המוח לגוף זר. כדי להשיג מטרה זו פותחו שתי מערכות: (1) פולימרים מהירי התכלות ומבוססים על חומצה אמינית, המאפשרים החדרה של מכשירים אלקטרוניים מיקרוניים תוך כדי מניפולציה של רקמת המוח והקטנת תגובת המוח להתפתחויות כרניות; (2) אלקטרודות ביו-היברידיות המבוססות על תרכובות ננו-צינוריות פחמן ורב-סוכר. אלקטרודות אלו מופעלות באמצעות חלבונים על פני השטח. בכך פותח סוג חדש של מכשירים אלקטרוניים בהשראה ביולוגית.

- ד"ר אנה דותן סיפרה על תחום הפולימרים ביומתכלים ועסקה בנושא של הקשר בין פולימרים לאיכות הסביבה. בהרצאתה עמדה ד"ר דותן על ההגדרות של פולימרים מתכלים וביומתכלים ועל ההבדלים ביניהם. ניתן ללמוד על התחום מתוך סרטון מעובד **לכתבה בערוץ 33**. הנושא קשור הן למבנית של כימיה והסביבה והן להוראת נושא הפולימרים.

- ד"ר פביאן ריוס הציג את תחום תהליכי עיבוד, תכן ומוצרים, והרצאתו לוותה בביקור במעבדות שנקר, כדי להכיר את המכשור המשמש במחקר ואת אפיון החומרים הפלסטיים.

ההרצאות והביקור במעבדות הציגו בפני המורים את חזית המחקר והפיתוח בתחום הנדסת הפלסטיקה והפולימרים.

נושאים רבים שהוצגו מתקשרים באופן ישיר לנלמד במסגרת לימודי הכימיה בתיכון, ויכולים להוות מוקדי עניין לתלמידים הלומדים כימיה בבית-ספר תיכון. שנקר מעודדת עבודת גמר בכימיה ומצמידה לתלמידי התיכון המעוניינים בכך תלמיד מחקר אשר מנחה אותם בעבודת הגמר בכימיה. ניתן להביא כיתות לביקור בשנקר הכולל הרצאה וסיור במעבדות. כדי לתאם פעילויות אלה יש ליצור קשר עם גב' **רונית אנידגר**, מתאמת אקדמית במחלקה להנדסת פלסטיקה ופולימרים.

בנוסף נחשפו המורים לפעילות הנעשית בשנקר בתחום של הנדסת פלסטיקה ושעוסקת במסלול הלימודים הקיים, במסלול לעתודה ובלימודים לתארים מתקדמים הנעשים במקום. אין ספק כי מידע זה יכול לעודד תלמידים לבחור במגמת הכימיה בתיכון. מכיוון שמרבית המורים לא הכירו את המסלולים הללו, החלטנו להתייחס אליהם בכתבה.

המחלקה להנדסת פלסטיקה ופולימרים היא היחידה בישראל המכשירה מהנדסי פולימרים ופלסטיקה. המחלקה הוקמה ביוזמה ובשיתוף תעשיות הפלסטיקה והגומי בישראל. מדי שנה התעשייה תורמת כספים עבור מלגות לסטודנטים מצטיינים וכן עבור רכישת ציוד מעבדתי חדש ומתקדם למחלקה.

תכנית הלימודים **לתואר ראשון** במחלקה להנדסת פלסטיקה מקנה את התואר B.Sc. בהנדסת פלסטיקה ופולימרים, ובוגריה רשומים בפנקס המהנדסים "כמהנדס פלסטיקה". מטרת התכנית היא להקנות את הידע והמיומנויות הנדרשים למהנדס פולימרים ופלסטיקה בדרך להשתלבות מוצלחת בתעשייה במקצוע רב-תחומי זה, כמו גם להשתלבות במחקר ופיתוח מתקדמים בדיסציפלינות שונות הקשורות לתחום. משך הלימודים הוא 4 שנים (בהיקף של 160 נקודות זכות), ובסיומן על הבוגרים להגיש עבודת גמר המתבצעת בדרך כלל בשיתוף עם התעשייה. לתלמידי התכנית שלמדו כימיה בתיכון יש יתרון גדול על פני עמיתיהם שלא למדו כימיה. ראשית, הם אינם צריכים להשתתף במכינה שעוסקת בכימיה בסיסית. שנית, קל להם להתמודד עם קורסי המבוא הניתנים בשנה הראשונה.

לכן ניתנת עדיפות למועמדים שלמדו כימיה בהיקף של 5 יחידות לימוד בתיכון. ראש המחלקה, פרופ' דודיק, מוכנה לשקול בנסיגה ממשיים בקבלת תלמידי 5 יחידות כימיה למחלקה. חשוב להדגיש כי סטודנטים המסיימים את לימודי התואר הראשון מוצאים בקלות משרות בתעשייה בתחום מקצועם ובמשכורות יפות.

בנוסף מתקיימת במחלקה תכנית ייחודית **ללימודי תואר שני** עם תזת מחקר או עבודת גמר, המקנה תואר M.Sc. בהנדסת פלסטיקה. משך הלימודים הוא שנתיים (בהיקף של 40 נקודות זכות). תלמידים מצטיינים אף יכולים להמשיך **ללימודי דוקטורט בהנדסת פלסטיקה**, אשר מתקיימים בתכנית בינלאומית משותפת עם אוניברסיטת מסצ'וסטס שבעיר לוואל. הקורסים יתקיימו ב-UML בתמיכת אגודת הידידים של שנקר בארה"ב, ועבודת המחקר תתבצע במעבדות של המחלקה להנדסת פלסטיקה ב"שנקר" בהנחיה משותפת של אנשי הסגל משני המוסדות.

כדאי גם להכיר את **המסלול לעתודה האקדמית** הקיים בשנקר. מסלול עתודה אקדמית הנו מסלול ללימודים על תיכונים המאפשרים זכאות לתואר המוכר במדינת ישראל במסגרת דחיית השירות הסדיר. ההרשמה למסלול העתודה מיועדת לתלמידי י"ב.

ולסיום, נחזור ליום העיון של מורי הכימיה בשנקר. בתום יום העיון סיירו במעבדות של שנקר. מה שראינו, (איור 2) זה מעיד על הייחודיות של הלימודים בשנקר. זה לצד זה עומדים מחד מכשור מדעי מתקדם כגון: מיקרוסקופ כוח אטומי חדש, מיקרוסקופ אלקטרונים סורק, מכשירים למדידת testing-tensile; ומאידך - יצירות ופרטי אופנה מעוצבים המבוססים על חומרים פלסטיים שעוצבו במסגרת עבודות הגמר של סטודנטים במחלקות אחרות בשנקר. השילוב של המדע עם התוצרים החזותיים מוביל בשנקר ליצירות ולשיתופי פעולה מיוחדים בין התחומים השונים.



מרצה פרופ' חנה דודיק ראש המחלקה להנדסת פלסטיקה ופולימרים משתתפי השתלמות השנתית בנושא פולימרים בביקור ב"שנקר".

וריאציות על מבנה מולקולרי

רותי שטנגר*



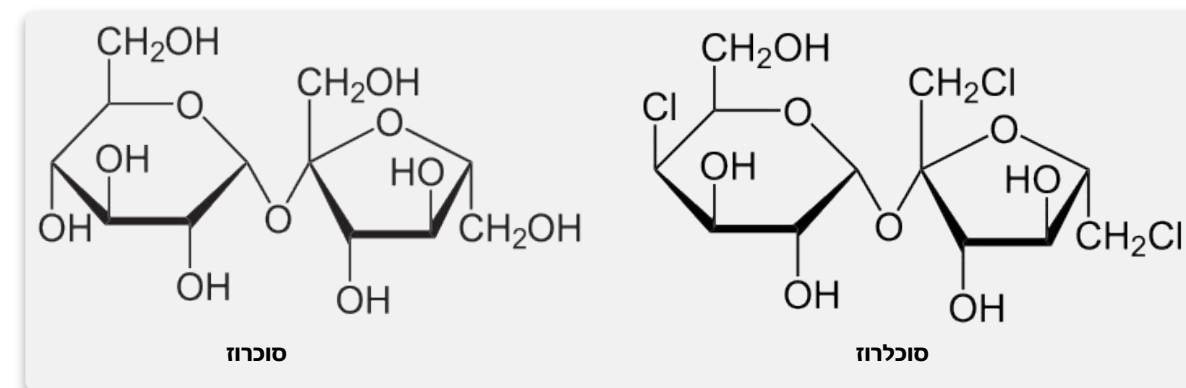
שינויים במבנה של מולקולות מוכרות גורמים לשינויים במטבוליזם של מולקולות אלה בגוף. שינויים כאלה נעשים הן בתעשיית המזון, כדי לייצר תחליפים דלי קלוריות למצרכי מזון מוכרים, והן לצרכים רפואיים. במאמר זה נכיר מספר דוגמאות לחומרים כאלה, מתוך המגוון הרב של החומרים הקיימים בשוק.

הדוגמה המוכרת ביותר בקבוצת חומרים אלה היא תחליף הסוכר, סוקרלוז - ממתיק מלאכותי בעל מבנה הדומה מאוד למבנה הסוכרוז, והמוכר מאז שנות השבעים של המאה הקודמת.

הסוכרוז מורכב מטבעת פרוקטוז ומטבעת גלוקוז הקשורות זו

לזו. הסוכרלוז מורכב מטבעת פרוקטוז ומטבעת גלוקטוז, ובנוסף משלושה אטומי כלור המחליפים שלוש קבוצות הידרוקסיליות: על-פחמנים 1 ו-6 בפרוקטוז ועל פחמן 4 בגלוקטוז. החלפת קבוצות הידרוקסיליות באטומי כלור הופכת את מולקולת הסוכרלוז להידרופובית יותר ממולקולת הסוכרוז בחלקים מסוימים של המולקולה. לכן מולקולות הסוכרלוז נקשרות טוב יותר לקולטני הטעם, וסוכרלוז מתוק בערך פי 600 יותר מסוכרוז.

הקשר הגליקוזידי בין הגלוקוז ובין הפרוקטוז מתפרק בגופנו בעזרת אנזים מתאים, והחד-סוכרים המתקבלים נספגים ממערכת העיכול לכלי הדם. כל גרם של סוכרוז מספק לגופנו 4 קילוקלוריות.



* רותי שטנגר עוסקת בפיתוח חומרי לימוד במט"ח, המרכז לטכנולוגיה חינוכית, ויועצת מדעית ופדגוגית בפרויקט "טבע הכימיה" של פר"ח מטעם מכון דוידסון לחינוך מדעי, מכון ויצמן למדע.

לעומת זאת, הקשר הגליקוזידי בין הגלוקטוז לפרוקטוז בסוכרלוז אינו מתפרק, ולכן רב הסוכרלוז מופרש מהגוף, והתרומה הקלורית שלו נמוכה מאוד.

גרם אחד של חלבונים או פחמימות מספק לגוף 4 קילוקלוריות, אך כל גרם של שומן מספק לגוף 9 קילוקלוריות. מסיבה זו יוצרו פיתוחים רבים להכנת חומרים שיחליפו שומנים ושומנים הנמצאים בשימוש בתעשיית המזון ויספקו לגוף פחות קלוריות.

תחליפי השומן מתחלקים למספר קבוצות: תחליפי שומן המבוססים על שומנים, תחליפי שומן המבוססים על חלבונים ותחליפי שומן המבוססים על פחמימות.

בשנות השישים של המאה הקודמת הצליחו מדענים במעבדות פרוקטור וגמבל ליצור תחליף שומן שנקרא אולסטר (Olestra) או אולאן (Olean). מולקולות האולסטר מורכבות מסוכרוז, ששש עד שמונה מהקבוצות ההידרוקסיליות שלו קשורות לחומצות שומניות בקשרים אסטריים. התחושה, הטעם והשימוש באולסטר דומים מאוד לתחושה של שומן רגיל. כאשר החומצות השומניות הקשורות לסוכרוז קצרות מאוד,

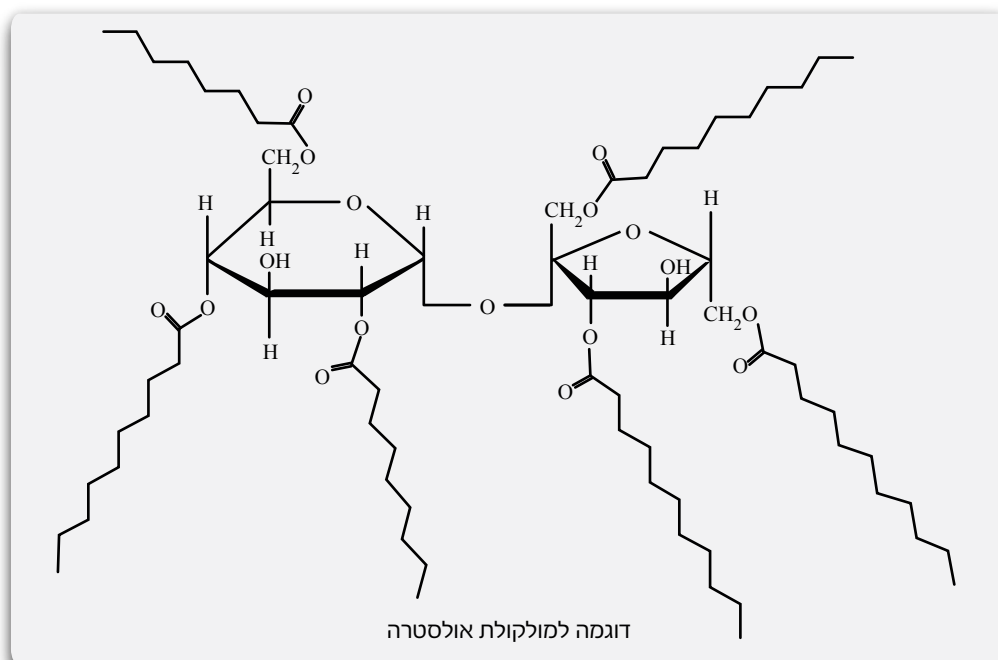
האולסטר מוצקה בטמפרטורת החדר, וכאשר החומצות השומניות בלתי רוויות, האולסטר נוזלית בטמפרטורת החדר.

מכיוון שאין בגופנו אנזים המתאים לפירוק קשרים אסטריים אלה, מולקולות האולסטר אינן מתפרקות בגוף אלא מופרשות ממנו, והחומר הוא נטול קלוריות - חלומה של כל אוהב אוכל. בשנות התשעים מנהל התרופות האמריקני אישר



את השימוש באולסטר בחטיפים מלוחים בלבד כמו חטיפי צ'יפס וקרקרים, ובשנת 2004 אושר השימוש בה גם להכנת פופקורן במיקרוגל.

חסרונו הגדול של מוצר זה הוא שוויטמינים המתמוססים בשומן (A, D, E, K), מתמוססים היטב גם באולסטר, מופרשים אתה מהגוף, וכתוצאה מכך נוצר חוסר בוויטמינים אלה בגוף. כדי לפתור בעיה זו חייב מנהל התרופות הפדרלי





להוסיף ויטמינים אלה למוצרים המכילים אולסטרה. מספר מחקרים מצביעים גם על יתרונות רפואיים אפשריים בשימוש בחומר זה לאוכלוסיות מסוימות, למשל, ירידה ברמת ה-LDL ("הכולסטרול הרע") בדם.

תחליף שומן אחר הוא הקפּרֶנִין (caprenin). שומן זה הוא טריגליצריד עם שלוש חומצות שומניות רוויות.

שתיים מהחומצות הן חומצות בעלות אורך שרשרת בינוני: חומצה קפּרֶנִית, C10:0, וחומצה קפּרֶנִילית, C8:0. החומצה השלישית, חומצה פֶּהֶנִית, היא בעלת שרשרת ארוכה מאוד: C22:0. המטבוליזם של הקפּרֶנִין בגוף זהה לזה של טריגליצרידים אחרים, אך מכיוון שהספיגה של החומצה הפֶּהֶנִית בגוף מועטה, ולחומצות שומניות בעלות אורך בינוני ערך קלורי נמוך מזה של חומצות שומניות ארוכות (לגרם אחד של חומר), גרם אחד של קפּרֶנִין מספק לגוף כ-5 קילוקלוריות במקום 9 קילוקלוריות.

הקפּרֶנִין דומה בתכונותיו לחמאת קקאו, ולכן מיועד להחליף חמאה זו בייצור ממתקים רכים.

בדומה לקפּרֶנִין, קיימים בשוק גם תחליפי שומן נוספים עם מבנה דומה: טריגליצרידים מלאכותיים עם מגוון של חומצות שומניות בינוניות וארוכות מאוד.

שיטה אחרת ליצירת תחליפי שומן בעלי ערך קלורי נמוך יותר, היא שימוש בפחמימות או בחלבונים שעברו טיפול מתאים. הערך הקלורי של תחליפים אלה הוא 4 קילוקלוריות לגרם במקום 9 קילוקלוריות לגרם.

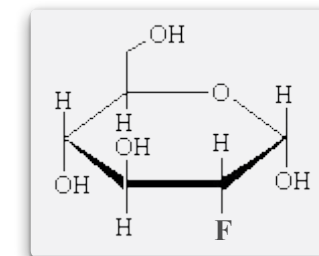


סִימְפֶּלֶס (Simplese) הוא דוגמה לתחליף שומן המיוצר מחלבון חלב או חלבון ביצה שעברו טיפול בחום וערבול נמרץ, ליצירת חלקיקי חלבון כדוריים מיקרוסקופיים ולקבלת תוצר בעל טעם ותחושה הדומים לשומן. סימפלס משמש כתחליף שומן דיאטתי בקינוחים, גלידה, גבינות, יוגורט ורטבים לסלט.

פֶּזֶלִי SA2 (SA2 Paselli) הוא דוגמה לתחליף שומן המבוסס על פחמימות. הוא מיוצר מעמילן שמקורו בתפוחי אדמה ושעבר הידרוליזה חלקית על ידי אנזימים. פֶּזֶלִי SA2 יוצר עם מים מרקם ג'לטיני שיכול להחליף שומן במגוון מאכלים בתחום רחב של טמפרטורות (מאפים, גלידות דלות קלוריות וגבינות) ובתחום רחב של pH - כמו ברוטבי סלט חומציים. מכיוון שריכוז החומר הנחוץ ליצירת המרקם הרצוי במזון הוא קטן, הערך הקלורי של פֶּזֶלִי SA2 נמוך מאוד.

שינויים במבנה המולקולרי של חומר היוצרים שינוי במטבוליזם של החומר בגוף, מיוצרים לא רק לצרכים דיאטטיים, אלא אף לשימושים רפואיים.

Fluorodeoxyglucose (FDG) הוא גלוקוז שהקבוצה ההידרוקסילית על פחמן מספר 2 שלו הוחלפה באטום פלואור רדיואקטיבי, ^{18}F . FDG משמש בבדיקות הדמיה לאיתור תאים סרטניים בגוף.



FDG מוזרק לגוף ונכנס לתאי הגוף כמו גלוקוז רגיל, אך השינוי במבנה אינו מאפשר לתא להשתמש ב-FDG כמקור אנרגיה ליצירת פחמן דו-חמצני ומים. הקבוצה ההידרוקסילית על-פחמן 2 נחוצה למטבוליזם של הגלוקוז בתא, ומכיוון שקבוצה זו חסרה ב-FDG, הוא מצטבר בתא.

תאי סרטן צורכים כמות גדולה של גלוקוז, ולכן כמות ה-FDG המצטברת בהם גדולה. סריקה של הגוף לאחר הזרקת ה-FDG מראה את המקומות בגוף שבהם הצטבר FDG בכמות גדולה בתאים.

זמן מחצית החיים של ^{18}F הוא כשעתיים, ואז הוא הופך ל- ^{18}O . פרוטון נקלט מהסביבה המימית, ועל פחמן 2 של הגלוקוז מתקבלת שוב קבוצה הידרוקסילית, המאפשרת את המשך פירוקו ופינויו מהתא.

FDG משמש בשנים האחרונות גם לאבחון מוקדם של אלצהיימר ומחלות דומות הגורמות לדמנציה. הזרקת FDG וסריקת מוח של אדם הנמצא במנוחה, מאפשרים מדידה כמותית של צריכת הגלוקוז ברקמות שונות במוחו בדקה.

אצל אנשים החולים באלצהיימר או במחלות דומות הבדיקה מגלה ירידה בצריכת הגלוקוז בחלק מהרקמות במוח. אצל אנשים חולי אלצהיימר השינוי בצריכת הגלוקוז חל ברקמות מסוימות במוח, ואילו אצל אנשים החולים במחלות אחרות עם תסמינים דומים, השינוי חל ברקמות אחרות במוח.



הבדיקה מאפשרת לקבוע אם החולה חולה באלצהיימר או במחלה אחרת, היא מאפשרת אבחון מוקדם של אלצהיימר ומחלות דומות וכן מעקב אחר יעילות השפעתן של תרופות שונות על התקדמות המחלה.

הרבה בריאות לכולנו!

מקורות:

1. Kirk-Othmer Food and Feed Technology, vol. 1, Wiley, 2008
2. Riaz Khan, Low Calorie Foods & Food Ingredients, Chapman & Hall, 1996
3. [http://en.m.wikipedia.org/wiki/Fludeoxyglucose_\(18F\)](http://en.m.wikipedia.org/wiki/Fludeoxyglucose_(18F))
4. <http://radiology.rsna.org/content/244/1/39.figures-only>
5. Flavio Nobili and Silvia Morbelli, [18F]FDG-PET as a Biomarker for Early Alzheimer's Disease, The Open Nuclear Medicine Journal, 2010, 2, pp. 46-52
6. <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/11/071101122822.htm>



השתלמויות ייחודיות בנושא ומתמקדת בהסרטה ועריכה של סרטים המתארים ניסויים שלא ניתן לבצע בכיתה מטעמי בטיחות או מכשור מסובך.

במהלך השנים ד"ר יאיון עודדה תלמידים רבים להשתתף בתחרויות ארציות והובילה אותם לזכייה במקומות הראשונים. מלכה משלבת מצוינות בהוראה ויחסי אנוש נפלאים עם כל באי בית ספרה: תלמידים, מורים והורים. בזכות קשרים נפלאים אלה ויכולות הוראה מגוונות ומאתגרות, רבים מתלמידיה המשיכו ללמוד מדעים בתארים גבוהים.

מלכה היא דמות מובילה בקרב מורי הכימיה, מהווה דגם לחיקוי לפרחי הוראה רבים הצופים בשיעוריה ומציינים שזו חוויה מעשירה ומלמדת. היא מהווה מודל של מורה יצירתית ומתחדשת אשר מוערכת על ידי עמיתיה ואהובה על ידי תלמידיה.

על כל אלה אנו מעניקים לד"ר מלכה יאיון את הפרס על הצטיינות בהוראת הכימיה ע"ש נעמה גרינשפון ז"ל בשנת 2012.



ד"ר מלכה יאיון



נימוקי הועדה

ד"ר מלכה יאיון מורה לכימיה בבית הספר התיכון קציר ברחובות, בעלת ניסיון רב בהוראת כימיה וחינוך בחטיבה העליונה. סיימה את לימודיה לתואר ד"ר במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן, בנושא פיתוח כלי דיאגנוסטי לבחינת ההבנה של תלמידים בנושא מבנה האטום וקשר כימי ד"ר יאיון מובילה חדשנות בהוראת הכימיה, חברה בקהילות בינלאומיות לשילוב טכנולוגיות של המאה ה-21 בהוראת הכימיה, ומשלבת טכנולוגיות אלו הלכה למעשה. היא מובילה

פרס למורים מצטיינים לשנת 2012 ע"ש נעמה גרינשפון ז"ל



אמירה אלוש



נימוקי הועדה

אמירה אלוש היא רכזת כימיה, רכזת טכנולוגיות, מורה לכימיה ומגישה את תלמידיה לבגרות בהיקף של חמש יחידות לימוד בבית הספר "נופי גולן" בקצרין. מזה שני עשורים היא מעניקה את אהבת הכימיה לתלמידיה ולכן רבים בחרו להתמחות במקצוע זה באוניברסיטה.

אמירה מובילה פרויקט חקר לטיהור מים עם תלמידי כתה ט' המשלב למידה חוץ-כתתית בגן האקולוגי בבית ספרה. היא שותפה לתכנון הגן ובנית מערכת מחקרית המתאימה לשילוב כימיה עם חקלאות, ביולוגיה ופיסיקה. ביצוע פרויקטי החקר בנושאי כעידוד תלמידים לבחירה בכימיה בתיכון זכה לשבחים

ממנכ"לית משרד החינוך שבקרה בבית ספרה. אמירה מנחילה לתלמידיה הן בכתות ט' והן בחטיבה העליונה מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה, קריאה מעמיקה של טקסטים מדעיים ומיומנויות שימוש באמצעים טכנולוגיים (מחשבי NOVA) אשר מלווים את היחידות החדשות בכימיה. בנוסף לפעילותה המיוחדת בבית ספרה היא היתה מורה נסיינית מהחלוצות בקרב מורי הצפון בהטמעת המבניות החדשות החל מ"מעבדות חקר ממוחשבות והדמיה מולקולארית בכימיה" ועד "כימיה מכל וחול: מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה". בכל המחקרים החינוכיים שנערכו בטכניון אמירה לקחה חלק פעיל עם תלמידי כיתותיה לשם בחינת ההוראה והלמידה של המבניות הללו. בשנתיים האחרונות אמירה היא דוקטורנטית במחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים בטכניון ומתמקדת באוריינות מדעית ובגישת הוראה המשלבת למידה פנים אל פנים ומרחוק בקרב סטודנטים בטכניון. אמירה מהווה דוגמה למורה לכימיה יוזמת, מעורבת בהוראת הכימיה בארץ, תורמת לקידומה ומהווה דוגמה למורים רבים.

על כל אלה אנו מעניקים לאמירה אלוש את הפרס על הצטיינות בהוראת הכימיה ע"ש נעמה גרינשפון ז"ל לשנת 2012.



כנס חנוכה תשע"ג

זיוה בר-דב ושרה אקונס*



המצטיין על שם ד"ר ורה מנדלר זכה גסאן חטיב, מורה בתיכון סלמאן חטיב בע"ר ובתיכון ע"ש דנציגר בקריית שמונה, מדרך במגזר הערבי דרוזי (ראו הרחבה בכתבה נפרדת). בפרס על שם נעמה גרינשפון זכו ד"ר מלכה יאיון ואמירה אלוש. ד"ר מלכה יאיון, מורה לכימיה בתיכון קציר ברחובות, בעלת ניסיון רב בהוראת כימיה וחינוך בחטיבה העליונה.

אמירה אלוש היא מורה ורכזת כימיה בבית הספר "נופי גולן" בקצרין (ראו כתבה נפרדת).

בכנס התקיימו שלוש הרצאות מליאה.

ההרצאה "לחיות מהאוויר - איך אוכל ודלק באים לעולם?" ניתנה על ידי ד"ר רון מילוא מהמחלקה למדעי הצמח במכון ויצמן למדע. ההרצאה עסקה בצמחים כפתרון אפשרי למשבר האנרגיה על ידי תהליך פוטוסינתזה ובאגירת אנרגיה מתחדשת בדרך ידידותית לסביבה.

ההרצאה "התפתחות מקצועית - איפה היינו ולאן נשאף להגיע?" ניתנה על ידי ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"רית כימיה במשרד החינוך. במוקד ההרצאה עמדו התפתחות המקצועית של מורי הכימיה ושאפותיהם המקצועיות. ד"ר טייטלבוים סקרה את התוצאות של בחינת הבגרות האחרונה והציגה את ההישגים בהוראת הכימיה בשנה האחרונה: הוראת הכימיה בכיתה י' בשילוב אוריינות ובחינת בגרות בהיקף יחידה 1, שילוב טכנולוגיות דיגיטליות בהוראה, עלייה במספר נבחנים בבחינת הבגרות, פתיחת כיתות כימיה חדשות בדרום הארץ ועוד.

בחנוכה תשע"ג התקיים, כמו בכל שנה, הכנס הארצי של מורי הכימיה. נושא הכנס "כימיה מניעה את העולם: אנרגיה מתחדשת". הכנס עסק בסוגים שונים של אנרגיה לשירות האדם ובהתמקצעות מורים המהווה מרכיב מרכזי בפעילות של המרכז הארצי למורי הכימיה.

הכנס התקיים במכון דוידסון שבמכון ויצמן למדע ואורגן על ידי חברי המרכז הארצי למורי הכימיה, ובראשם ד"ר רחל ממלוק-נעמן, יושבת ראש הכנס, מנהלת המרכז הארצי, בשיתוף עם פיקוח על הוראת הכימיה - ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"רית כימיה במשרד החינוך.

בארגון הכנס לקחו חלק חברי המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן. הוועדה המארגנת: זיוה בר-דב, יו"ר, שרה אקונס, ד"ר רון בלונדר, ד"ר מלכה יאיון, ד"ר דבורה קצביץ, ד"ר יעל שורץ.

הכנס נפתח במושב חגיגי שהתחיל בהדלקת נרות חנוכה על ידי עדינה שינפלד, מורה מובילה ומדריכה ארצית, שתורמת רבות לקידום המקצוע.

נשאו ברכות ד"ר רחל ממלוק-נעמן, יושבת ראש הכנס, מנהלת המרכז הארצי למורי הכימיה, וד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"רית כימיה. ד"ר רחל ממלוק-נעמן סקרה את הפעילויות של המרכז הארצי והדגישה את תפקידם ומעמדם של המורים בישראל. ד"ר דורית טייטלבוים הדגישה את חשיבות הכנסים של מורי הכימיה, שבהם נפגשים המורים כדי לחדש ולהתחדש. בכנס הוענקו פרסים למורי כימיה מצטיינים: בפרס המורה

* זיוה בר-דב ושרה אקונס, המרכז הארצי למורי הכימיה בישראל, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

על גוף האדם "לשתות או לא לשתות? (האם התשובה היא רק "כן" או "לא"?). יוזמות חינוכיות הוצגו על ידי יונת שמאי - "פיתוח ניסויי חקר ברמה III", וד"ר אירה ריימן - "כימיה וצבע - תלמידים מפתחים ומפעילים פעילויות וניסויים". דרכי הוראה באמצעות פעילויות מתוקשבות הוצגו על ידי ד"ר תמר

ההרצאה "תאים סולריים המרוגשים בצבע" ניתנה על ידי פרופ' אריה צבן מהמרכז לננוטכנולוגיה וחומרים מתקדמים באוניברסיטת בר-אילן. ההרצאה עסקה בתאים סולריים וכללה הדגמות שאפשר לבצע במעבדת בית ספר. בסיום ההרצאה הוענק לכל מורה תא סולרי.



ד"ר דורית טייטלבוים
מנהלת תחום דעת כימיה



ד"ר רחל ממלוק-נעמן
מנהלת המרכז הארצי למורי הכימיה

אליאש אלפנדרי - "הקניית ידע כימי דרך סרטונים ופיתוח סרטונים שמאפשרים הקניית ידע כימי או חזרה על החומר";

רחל אידלמן ורות ולדמן - "מקרה יבש למעבדה וירטואלית"; ענת פלדנקרייז - "פעילויות מתוקשבות - מעבדות, סרטונים ומבחן יחידה"; שלי רפ - "יש לנו כימיה בפייסבוק? שילוב סרטונים ורשתות חברתיות בהוראת הכימיה". הרצאות מליאה והרצאות במושב המורים חשפו את משתתפי הכנס לחידושים מחזית המדע, למחקרים



חדשים ולדרכי הוראה מעניינות וחדשניות.

תמונות וחומרים להרצאות ולפעילויות מהכנס נמצאים באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

במרכז הכנס עמד מושב הרצאות מורים. אמיל אידן סיפר על הוראת הכימיה דרך סוגיות בהיסטוריה של המדע ויצירת

סביבה המעודדת טיעונים; פאדיה חטיב הדגימה את בניית הדגם של מיקרוסקופ כוח אטומי AFM ואת השימוש בו להוראת נושא הקישור הבין מולקולרי; אורית מולוידזון, דבורה ברוט, ד"ר מירה קיפניס וד"ר מירי קסנר הציגו כימיה - חידון מכנס הסיום של הפרויקט "יש לנו כימיה!" - פעילות מיוחדת של

למידה בהנאה. פעילויות שפותחו והופעלו במסגרת פרויקט בין-לאומי PROFILES הוצגו על ידי מספר מורים: סמדר אהרונ-גרנט, שרון דויטש וד"ר בתיה ליפשיץ-גולדרייך הציגו פעילות "מה עדיף לשתות - מים מבקבוק או מי ברז?"; סופיה ליידרמן ובעז הדס הדגמו קבלת החלטות ופיתוח ניסויים בהוראה בגישת החקר "סכנה מלמעלה!!! כיצד נבחר קרם הגנה?"; ליאורה עזרא, בלה שקולניק וג'ואד אגבריה הציגו פעילות "האם שמן משומש הוא הדלק של הדור הבא?"; אורלי פלוטקין הציגה פעילות העוסקת בהשפעת אלכוהול

תעלומת התכלת

תחיה פויכטונגר, ריזל סובר, נחמה ברנר ורבקה רביבו*

מה הקשר בין צמח, חילזון, צביעת בדים בשיטות עתיקות ומודרניות ומצוות?

אנחנו, תחיה פויכטונגר, ריזל סובר, נחמה ברנר ורבקה רביבו יצאנו למסע בבירור כימי והלכנו בעקבות פתיל התכלת. נסענו למפעל "פתיל תכלת" שנמצא בכפר אדומים ולמדנו על הנושא

מקורו. הכתבה מבוססת על הידע שרכשנו במהלך הביקור ועל ההדרכה שקיבלנו מיזאל גוברמן, מנהל המפעל. קריאה מהנה!

7:02, אני קם, נוטל ידיים מתלבש מהר ורץ לתפילת שחרית. קורא עם כולם את קריאת שמע ומגיע לפסוק שבפרשה השלישית,

"ויעשו להם ציצית על כנפי בגדיהם לדורותם וזתנו על ציצית הכנף פתיל תכלת..." אזי מעיק מבט על המתפללים

שנסבבו. פתיל תכלת? יש כאן בדיוק שני

אנשים שיש להם פתיל תכלת בציצית... אחרי התפילה אני פונה לעמידתי, בחזר מהשכונה, שהוא אחד מהמתפללים הבודדים אשר לגופם ציצית ולה פתיל תכלת. "תגיד עמידתי, פתאום שאלתי את עצמי - מה כל הקטע הזה עם פתיל התכלת שמוזכר בתפילה? למה יש מצווה לקשור על הציצית פתיל בצבע תכלת? ואם זו מצווה, למה כמעט אף אחד לא מקיים אותה?"

אז לאן נעלמה התכלת?

כשקיבלו בני ישראל תורה ומצוות מסיני, אחת מהמצוות שניתנה לנו היא מצוות התכלת. מצווה זו דורשת מהיהודי לתת בכנפי בגדו פתיל תכלת, אך היא נשתכחה כנראה לפני כ-1,500 שנה. בתקופה זו הרומאים, ששלטו בארץ ישראל, הטילו גזרות על נתיניהם. בין הגזרות היה איסור לבישת בגד שצבעו תכלת, שנחשב ללבוש מלכותי. הגזרה הוטלה כמובן גם על היהודים שלבישת התכלת היא כאמור אחת ממצוותיהם. בנוסף לגזרה זו התכלת היא חומר יקר המופק מבלוטות הצבע של החילזון שעפי" הגמרא "עולה אחת לשבעים שנה", כלומר, מגיע לאזור החוף לעתים נדירות. כך, אט אט, נשתכחה המסורת להכנת התכלת, ונעלמו פתיל התכלת מציצותיהם של ישראל.



ארגמון קהה קוצים

אם כך, השאלה בדבר היעלמות התכלת אמנם נפתרה, אבל במקומה עולה שאלה אחרת - מהי התכלת בימינו? אם המסורת נשתכחה, כיצד יש אנשים שמקיימים מצווה זו? התשובה היא שבשנים האחרונות נערך חיפוש אחר החילזון שממנו הופק התכלת בימי קדם. האדמו"ר מרדכי ון הרב הראשי לישראל, הרב הרצוג, חקרו כל אחד בתקופתו והגיעו למסקנות שונות אודות החילזון המדובר. אך מכיוון שחלזונות אלו לא ענו על כל הדרישות המופיעות בגמרא,

* תחיה פויכטונגר, ריזל סובר, נחמה ברנר ורבקה רביבו, תלמידות כיתה י"א באולפנת בהר"ן בגדרה. הכתבה נכתבה במסגרת התחרות - "יש לנו כימיה! כימיה, תעשייה וסביבה בראי החברה והפרט".

1. ניתן לעיין במחקרים בספר "התכלת" של מנחם בורשטיין

התהליך הכימי שמתרחש במהלך צביעת הצמר לצבע תכלת



"קלא אילין" - צמח האינדיגו

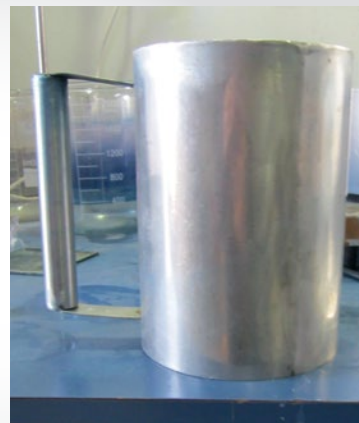
עמיתי ואני הלכנו למפעל "פתיל תכלת" שנמצא בכפר אדומים כדי ללמוד על התהליך של צביעת התכלת. הדבר הראשון שהיכה אותנו בכניסתנו היה הריח החזק של... של מה?

יואל גוברמן קיבל את פנינו והסביר שהריח נוצר עקב פליטת גפרית מימנית שנוצרת בתהליך הצביעה.

"קודם כולו אנחנו אוקייא אל באלטל הצבע המיוהשלל ולמים אלג באל, הפסביר ואל. " אחי"כ אנחנו מוסיפים מים לגרמי. חום המים מאלי" אל גרמי. לאחר מכן אנחנו מוסיפים חומר בסיסי⁴, אל מכילון הפחמזר לנדל אביצאל גרמי. פולח רק בסביבה בסיסית, אל - חומר מחזר⁵. פסיבה אפסלם החומר הפחמזר היא לפדיכלול אינדיגו - הצבע של החילזון - אינו מסיס במים, והחומר הפחמזר פוסך אלג אילין, שלפא מסיס במים."



הכלי שאינו חשוף לקרינת UV



הכלי החשוף לקרינת UV

2. Murex Trunculus

3. על-ידי תמיסה מימית של בסיס, חומר מחזר, בלוטות הצבע מהחילזון וחומצה

4. סודיום קרבונט Na_2CO_3

5. Na_2SO_4

יואל אפשר לנו להוסיף את החומרים לתמיסה ולערבב. כשסיימנו לערבב הוסיף יואל ואמר שהצמר הוא חלבון, ולכן אם נוסיף אותו כעת לתמיסה, הוא ייהרס מהסביבה הבסיסית. הפתרון לכך הוא נטרול התמיסה על ידי הוספת חומצה. "אבל לא יהיה פיצוץ אם נוסיף אגרום?" שאלתי בחשש. יואל חיך והוסיף את החומצה. "הפיצוץ" שנוצר הוא תסיסה רגעית בכלי התמיסה, ולאחר הנטרול הוספנו את הצמר בלי חשש. בינתיים התוצאה לא נראית בצבע תכלת, ואפילו לא סגול - אלא מן צבע ירקרק לא נעים למראה.



"הצמר הירקרק שינה את צבעו במהירות רבה לתכלת או לסגול"

יואל המשיך והסביר: "גראו כיצד אפשר להכין מאלגה המייסה שני צבעים: סגול וגראו. אם נחלק את המייסה לשני כלי, ונניח כלי אחד בשמש ולאחר בחושך - הצבע של הצמר שבו ישלגה!"

"בואו נבין ממה מורכב מולקולר הצבע וכך נבין ממה נובע ההבדל בין שני המייסות. מולקולר הצבע בנוי מפתח, מימן, חנקן, חמצן, וברום⁶.

אם לאחר הפסגה המזכיר, נניח את המייסה בשמש, כאמור, מתחילתה UV, גשבור הקרינה את הברום מהמולקולה, ובמקום אטומי הברום, ייקשלו אטומי מימן. כעת המולקולה כבר אינה דיברלוא 22 בלם אינדיגו, אלא אינדיגו, ובעת החשיפה לשמש היא נפסקה למעשה לצבע שפיר אבדו למשך זמן כה רב ושריג מדענים כה רבים - הגראו."

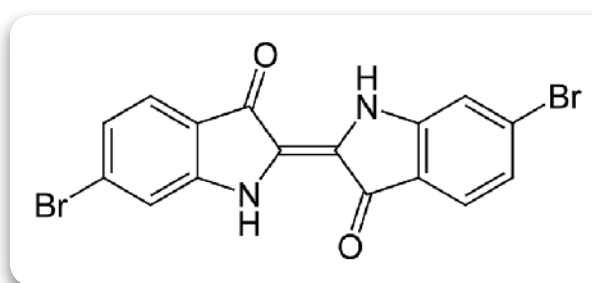
"לחצמגראו" אמר יואל, "המייסה שלא גיחלף לקרני UV גפיה מורכבת מן המולקולה המקורית, שגפיק את הצבע הסגול-אדמני."

6. $\text{BrC}_6\text{H}_3\text{NHCOC}_2\text{NHCOC}_6\text{H}_3\text{Br}$

עמיחי הקשיב להסבר המלומד והקשה: "טוב, אז הבנו מה קורה למייסות השלג, אבל כשאנחנו מסבאים על שני המייסות - צאג שנחלפה לקרינת UV גם זו שלא נחלפה - לגיפה בצבע ירקרק! מה מקרה הצבע לזמנו?"

"מזין, בואו נראה מה קורה למייסות לאחר החשיפה אל הפיצוץ. יאלו פוביו אלגו אחיו ופביא את שני המייסות אחד. "לכשיו גראו איך החומר היוני חלבר גפויך חמצן-חיבור עם החמצן שבאלוהי."

בלי יותר מדי דיבורים הוא שלף את הצמר מהתמיסה והשאיר אותו נדהמים. ברגע שהצמר הספוג בתמיסה היונית בא במגע עם החמצן שבאוויר, שינה הצמר הירקרק את צבעו לפי התהליך הכימי שעבר במהירות רבה לתכלת או לסגול! לאחר רגעי התדהמה חיך יואל והסביר מה התרחש כאן. "המולקולה היונית משחררת מגרם את האלקטרון שקיבולת בעת החיבור, וכעת פליטת הצבע של החומר משלגה." "רעל, זה לא יורד בכביסה?" שאל עמיחי.



"מולקולת צבע" - דיברמו אינדיגו

"לא, זהו אחד הדברים המיוחדים בגפויך הצבעה. כאשר המולקולה היונית משחררת מגרם את האלקטרון שקיבולת בעת החיבור, לא רק פליטת הצבע משלגה, אלא גם סגל המולקולה משלגה: מולקולה יונית היא חוזרת לפיה מולקולרית, ולכן אינה מסיסה במים, וצבעה לא יורד בכביסה."

"אז הבנו את הגפויך שמגרש בעת צביעת הצמר לצבע גראו" אמרתי, "זה מדפיה! אבל... אין איצו דרך קיצור, דרך קלה יגר לפישל את צבע הגראו? מקור טבעי אחר לצבע גראו?"

"שאלה מצוינת" השיב יואל. "האמת, ישנו צמח שמזכיר בעמקא ששמו "קלא איזין"⁷. צבעו גראו ופא דומה מאוד לגראו מהחיזון. העמקא אסבר את השימוש בצמח זה בציצית הגראו-אני פאא זה שלגינד איפך...ממי לגרף קלא איזין בעלדו לאמר גראו פיא.⁸

את הסיבה האמיתית לאיסור אנחנו לא יודעים אומר. אנחנו רק יכולים לשער שהעלול אלרגי גרזים. הסיבה האפשרית האשונה לאיסור היא כבוד המצוה! כמו שלא גרזת את האשג טבעל שמשובצת בה אכן צכוכה במקום אכן יפוא, כך במצוה אנו צריכים לפשמש בחומר האמיתי ולא בחיקוי, כי פאא המזכיר והמשלוח בוגר."

"הסיבה השנייה - למידוג הצבע היוצא מהחיזון עבדה יגר מעמידוג הצבע לביקלא איזין. מאחורי זה עומדת סיבה כימית פשוטה. בעת החיבור חלק מולקולר דיברלוא אינדיגו איזן פופכר אינדיגו אלא נשלולר כמולקולה



תהליך צביעת הצמר - החמצון

7. צמח האינדיגו - הצבע ממנו מפיקים כיום את צבע הג'ינס.

8. מנחות סא

המקורית. המולקולה פאא דורשג מחצר חצק יגר מולקולר אינדיגו, מה שאומר שיוגר קשה לפעיד אגם מהצמר, ולכן הצבע לביחזון עמיד יגר מהקלא איזין פפא רק אינדיגו."

"ואו! כל הכבוד על האמונה שלך ופביטחון בצדקה הדך!" אמרנו בהתלהבות, "אבל יש לנו שאלה נוספות, בכמה חזלונג אגם משלגשים כדי לצבול פגריים ציצית אגה?"

רואים על יואל שהוא התכוון לשאלה הזאת, "אנחנו משלגשים בכ-30 חזלונג לפסקר צבע בשלבו חיפול ציצית אגה..."

"מה?! שאלנו בתדהמה, "איך יכולו לפיה לביחזון איזין מצוה אנחנו צריכים לפחל כל כך הרבה חזלונג? מה עם צלד בעלי חיים, זה גם ציווי מהגרה?"

יואל נשם עמוק ואמר: "טוב, אני אענה לכם בקצרה. קודם כל החיזון פאא בעל חיים עם מעדכר עזבים לא מפלגה, ולכן פאא כמעט ולא מיליש שחלבים או אג בלוטת הצבע..."



תכלת דומה לים וים דומה לרקיע

