

# נספחים

נספח 1 – ניסויים ליחידת הלימוד  
נספח 2 – למידה שיתופית בשיטת הג'יקסו

**ניסוי לקביעת אחוז חומצות שומן חופשיות בשמן זית**

הגדרת רמת הניסוי מבוססת על הגדרות ועדת המקצוע המופיעות בפירוט תוכנית הלימודים

ביחידת הלימוד החמישית <http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/A75E5D9C->

[9EEF-417D-BCF5-B624DA4BF32E/7401/Chemistry\\_15\\_Unit5\\_Lab.pdf](http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/A75E5D9C-9EEF-417D-BCF5-B624DA4BF32E/7401/Chemistry_15_Unit5_Lab.pdf)

יש להשתמש בשמן כתית רגיל, עליו מצוינת דרגת חמיצות של כ-2%. אין להשתמש בשמן מזוכך.

**דוגמאות לשאלות חקר אפשריות בעקבות ניסוי הבסיס**

1. כיצד משתנה איכות השמן (הנמדדת באחוז חומצות שומן חופשיות) כתלות בסוג השמן (קנולה, חריע, תירס, זית...)?  
גורמים קבועים: כמות השמן, אי חשיפתו/זמן חשיפתו לאוויר הפתוח, תאריך התפוגה של השמן, סוג וריכוז הבסיס המטטר.
2. כיצד משתנה איכות השמן כתלות במקור השמן - צמחי או ממקור חל?  
גורמים קבועים: כמות השמן, אי חשיפתו/זמן חשיפתו לאוויר הפתוח, תאריך התפוגה של השמן, סוג וריכוז הבסיס המטטר.
3. כיצד משתנה איכות השמן כתלות בתאריך תפוגת השמן?  
גורמים קבועים: סוג השמן, כמות השמן, אי חשיפתו/זמן חשיפתו לאוויר הפתוח, סוג וריכוז הבסיס המטטר.
4. כיצד משתנה איכות השמן כתלות במספר הפעמים בהן שימש לטיגון?  
גורמים קבועים: סוג השמן, כמות השמן, אי חשיפתו/זמן חשיפתו לאוויר הפתוח, סוג וריכוז הבסיס המטטר.
5. כיצד משתנה איכות השמן כתלות בזמן בו היה חשוף לאוויר ולזיהומים?  
(באוויר ישנה לחות המזרזת את תהליך ההידרוליזה. חשיפה לאוויר הפתוח יכולה להביא גם לחדירת חיידקים או זיהומים זרים אחרים, המכילים ליפאזות - אנזימים מפרקי שומן - הגורמים גם הם לזירוז ההידרוליזה).  
גורמים קבועים: סוג השמן, כמות השמן, תאריך התפוגה של השמן, סוג וריכוז הבסיס המטטר.

**מיקומו של הניסוי ברצף ההוראה ביחידת הלימוד**

בסיום הלימוד אודות הטריגליצרידים. פרק הלימוד עוסק בתגובות איסטור של גליצרול באמצעות שלוש חומצות שומן (חומצות קרבוקסיליות) לקבלת הגליצרול המאוסטר, כלומר הטריגליצריד.

הטריגליצרידים מצויים במוצרי מזון רבים, כמו שמנים למיניהם, חמאה, מרגרינה, מיונז וכן בגוף האדם כחלק מרקמות השומן. הניסוי עוסק בחקירת איכות השמן מבחינת טריגליצרידים שעברו הידרוליזה ותוצרי ההידרוליזה הם חומצות שומן חופשיות.

נספחים

הרשקוביץ, קברמן, אברג'יל ודורי (2007).  
טעם של כימיה - מדריך למורה

ניסוי זה מבוסס על ההנחה, כי התלמידים למדו את נושא החומצות והבסיסים וביצעו ניסויי טיטרציה ממוחשבים ו/או סטנדרטיים עם אינדיקטור פנולפאלאין.

### מטרת הניסוי

בהקשר ליחידת המזון – פגישה ראשונית עם אחד הממדים לבדיקת איכותם של שמני מאכל צמחיים המקובל בתעשיית השמנים.

בהקשר לנושאי הלימוד נוספים בסילבוס –

- טיטרציה של חומצה בסיס, במקרה זה הרחבה בנושא טיטרציה של חומצה חלשה עם בסיס חזק.
- מבנה וקישור – מסיסותן של חומצות שומן חופשיות באתנול לעומת אי מסיסותם של הטריגליצרידים בממס זה.

להלן שקפים אותם ניתן להציג כרקע לניסוי.

רקע לניסוי:  
**חומצות שומן חופשיות**  
**(Free Fatty Acids – FFA)**  
**בשמני מאכל**



נספחים  
 הרשקוביץ, קברמן, אברג'יל ודורי (2007).  
 טעם של כימיה - מדריך למורה

**הערה:** בסעיף השני, חסרה האות פ במילה "הפגת" ריח...

## שמן זית - הגדרות

מתוך תקן ישראלי 191 - שמן זית:

1.3.1. **שמן זית כתית:** שמן שהופק רק בתהליך מכני, שלא עבר טיפול נוסף ושלא הוסף לו שמן זית, שהופק בתהליך אחר.

1.3.2. **שמן זית מזוכך:** שמן זית כתית שעבר תהליך זיכוך (כלומר: סתירה, הבהרה והגת ריח).

1.3.3. **שמן זית:** שמן זית שהופק על ידי ערבוב של שמן זית כתית בשמן זית מזוכך.

## סיווג שמן זית

**שמן זית מסווג לשלוש דרגות איכות:**

כתית מעולה (*extra virgin*), בעל שיעור חומציות 0%-1%;

כתית (*virgin*), גם הוא באיכות גבוהה ושיעור החומציות שבו אינו עולה על 1%-2%;

וכתית רגיל (*ordinary*), בשיעור חומציות של 2%-3.3%.

כמו כן, יש שמן זית למאור - שאינו מתאים למאכל.

**הערה:** במשפט האחרון, ראוי לכתוב במקום זה שכתוב, את הנוסח הבא: "..... וקילקול השמן מתרחש....."

### חומצות שומן חופשיות בשמן

- ח הטריגליצרידים מהווים 98%-99% ממשקל השמן המזוכך.
- ח בנוכחות מזרזים, שמנים מסוגלים להגיב עם מים ולעבור הידרוליזה.
- ח כתוצאה מהידרוליזה חלקית של הטריגליצרידים, מכילים השמנים שהופקו ממקורות טבעיים גליצרידים חלקיים (די ומונו גליצרידים) וחומצות שומן חופשיות.
- ח הימצאות חומצות שומן חופשיות בשמן גורמת לחוסר יציבות השמן בהשוואה לגליצרוֹל המאוסטר וקלקולי השמן מתרחשים במהירות גבוהה יותר בנוכחותו.

### קביעת אחוז חומצות שומן חופשיות בשמן – ניסוי בסיס

- ח בדיקה זו נותנת אינדיקציה לתכולת חומצות שומן חופשיות שמבוטאת כגרמים של חומצה אולאית (M.W=282 gr\mol) ב – 100 גרם שמן.

$$F.F.A = \frac{282 * M * V}{W} * 100$$

- M – מולריות הבסיס
- V – נפח הבסיס המטוטר עד סתירה מלאה (ליטר)
- W – מסת דוגמת השמן (בגרם)
- FFA % = אחוז חומצות השומן החופשיות המבוטא כחומצה אולאית



## ניסוי השחמת סוכרים

### מטרת הניסוי

- הכרת תהליך ההשחמה הבלתי אנזימטית. התהליך מעסיק רבות את מהנדסי המזון במפעלים, המשקיעים רבות בניסיון למנעו או לעיכבו.
- חזרה על מבנה הסוכרים השונים שנלמדו ועל מאפייניהם.
- קישור לבעיות אמיתיות שאיתן מתמודדת תעשיית המזון. ניתן להרחיב את הדיון עם התלמידים על תנאי הייצור במפעלי המזון בפועל ועל תנאי אריזת ואיחסון המזון על המדף.

### הערה ללברנטית

הכנת התמיסות לניסוי - מספר טיפות של תמיסת  $\text{NaHCO}_3$  1% (1 גרם ב- 100 גרם מים) יוצרות את התמיסות בעלות ה-pH המבוקש.

### מיקומו של הניסוי ברצף ההוראה ביחידת המזון – טעם של כימיה

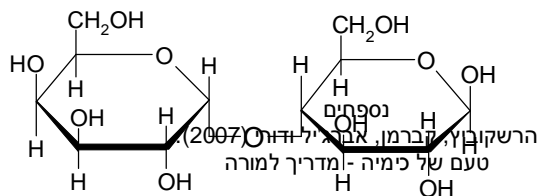
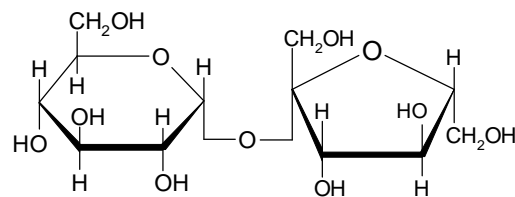
הניסוי עוסק בתגובה בין חד סוכרים ודו סוכרים, בעלי קבוצה אלדהידית או קטונית, לבין הקבוצה האמינית  $\text{NH}_2$  של חומצות אמיניות ב-pH בהם קבוצה זו אינה מיוננת. כיוון שכך, על התלמידים להכיר הן את מבנה החד והדו סוכרים בתהליך והן את מבנה החומצות האמיניות. מתאים לבצע את הניסוי בסיום לימוד פרק הסוכרים ולאחר לימוד נושא החומצות האמיניות בפרק החלבונים.

### תוצאות הניסוי:

סוכרוז	סורביטול	גלוקוז	לקטוז	פרוקטוז	
-	-	+	-	++	לאחר רבע שעה
-	-	+++	++	+++	לאחר מחצית השעה

### תשובות לשאלות

- מבנה טבעתי 1 – גלקטוז
- מבנה טבעתי 2 – גלוקוז
- מבנה טבעתי 3 – פרוקטוז



ג. סורביטול הינו רב כוחל, אשר אינו מכיל במבנהו קבוצה קרבונלית – קטונית או אלדהידית.

ד. כאשר הסוכרים נמצאים בצורתם הטבעית, הקבוצה הקרבונלית אינה זמינה לתגובת ההשחמה ולכן התגובה מתרחשת עם הסוכרים במצבם השרשתי בתמיסה.

ה. הסורביטול הינו רב כוחל, אשר אינו מכיל במבנהו קבוצה קרבונלית ולכן אינו יכול להגיב עם חומצות אמיניות ליצירת תהליך השחמה. לא מתרחש שינוי בצבע התמיסה גם לאחר חצי שעה הגלוקוז והפרוקטוז, שניהם חד סוכרים המכילים קבוצה קרבונלית, ועל כן כבר לאחר רבע שעה ניתן לראות כי קיימת תגובת השחמה. הפרוקטוז מגיב מהר יותר מהגלוקוז ולאחר רבע שעה עוצמת הצבע בתמיסת הפרוקטוז חזקה יותר בהשוואה לתמיסת הגלוקוז. זאת, כיוון שבתהליך שיווי המשקל הקיים בתמיסה בין הפרוקטוז השרשתי לבין שני האנומרים הטבעיים ( $\alpha$  ו  $\beta$  פרוקטוז), קיים ריכוז גבוה יחסית של פרוקטוז שרשתי. זאת, בהשוואה לתמיסת הגלוקוז, שבה במצב שיווי המשקל בין הגלוקוז השרשתי לבין האנומרים הטבעיים, קיים ריכוז נמוך יחסית של מולקולות גלוקוז שרשתי. כאשר הסוכר נמצא בתמיסה בצורתו הטבעית, לא קיימת קבוצה קרבונלית פעילה לשם תגובה עם הקבוצה האמינית.

הלקטוז הינו דו סוכר המורכב מגלוקוז ומגלקטוז. קבוצת ה-OH על C-1 של הגלקטוז משתתפת בקשר גליקוזידי עם קבוצת ה-OH על C-4 מולקולת הגלוקוז. הגלקטוז כבר אינו מקיים שיווי-משקל בתמיסה עם האנומרים הטבעיים שלו, כיוון שקבוצת ה-OH על הפחמן האנומרי C-1 הגיבה ליצירת הקשר הגליקוזידי. הגלוקוז לעומתו, הוא בעל קבוצת OH חופשית מקשר על C-1, הפחמן האנומרי, ועל כן יכול לקיים שיווי משקל עם המצב השרשתי בו קבוצת האלדהיד תוכל להגיב עם חומצת האמינו. תהליך השחמת מיארד יתרחש אך במידה מועטה יחסית. אחרי רבע שעה לא נראה השחמה. לאחר חצי שעה, ההשחמה נראית לעין אך בעוצמת צבע חלשה יותר מזו של הפרוקטוז והגלוקוז.

הסוכרוז הינו דו סוכר המורכב מגלוקוז ומפרוקטוז הקשורים בקשר גליקוזידי (1-2). לא קיימת קבוצת OH חופשית על פחמן אנומרי של שני הסוכרים ולכן לא תהיה קבוצה קרבונלית שתוכל להגיב עם חומצה אמינית. הסוכרוז אינו יוצר תגובת השחמה ולכן גם לאחר מחצית השעה, צבע התמיסה אינו משתנה.

ו. נוהגים להשתמש בסוכרוז, כי הוא איננו עובר תהליך השחמה ובכך מעריך את חיי המדף של המזון המעובד המכיל סוכרים וחלבונים. אם המזון היה מומתק בגלוקוז או פרוקטוז, הם היו עוברים תהליך השחמה עם הקבוצות האמיניות בחלבונים והמזון היה משחים ומתקלקל מהר.

ז. חומצות אמיניות אילו מכילות קבוצות אמיניות בקבוצות הצד שלהן ולכן גם קבוצות אלו יכולות להגיב בתגובת מיארד ובכך להחישו "להעצים" את התהליך.

הערה: מ"ל

הערה: אינני בטוח בתיקון זה. אנא בידקו זאת שוב.

### דוגמאות לשאלות חקר אפשריות בעקבות ניסוי הבסיס

1. האם וכיצד תושפע עוצמת תהליך ההשחמה (הנבחנת באמצעות צבע התמיסה) מריכוז תמיסות הסוכרים?  
גורמים קבועים: כמות וריכוז תמיסת החומצה האמינית גליצין, כמות וסוג תמיסות הסוכר, טמפרטורה, pH, רמת החשיפה לחמצן.
2. האם וכיצד ישפיע סוג החומצה האמינית המומסת על עוצמת תהליך ההשחמה?  
גורמים קבועים: כמות וריכוז תמיסות החומצות האמיניות, כמות, ריכוז וסוג תמיסות הסוכר, טמפרטורה, pH, רמת החשיפה לחמצן.
3. האם וכיצד ישפיע ה-pH בתמיסת הסוכר ובתמיסת החומצה האמינית על עוצמת תהליך ההשחמה?  
גורמים קבועים: כמות, ריכוז וסוג תמיסות הסוכר ותמיסת החומצה האמינית, טמפרטורה, רמת החשיפה לחמצן.
4. האם וכיצד ישפיע ריכוז החומצה האמינית על עוצמת תהליך ההשחמה?  
גורמים קבועים: כמות וסוג תמיסת החומצה האמינית, כמות, ריכוז וסוג תמיסות הסוכר, טמפרטורה, pH, רמת החשיפה לחמצן.

### ניסוי קביעת חום השריפה של פופקורן למיקרוגל

#### תשובה לשאלה המקדימה

כיוון שכל גרם חלבון מספק 4 קלוריות (גדולות) והמוצר מכיל 8 גרם חלבון ב-100 גרם, הרי שהחלבון תורם בסך הכל 32 קלוריות. גם הפחמימות מספקות 4 קלוריות לגרם ולכן בסך הכל מספקות 160 קלוריות. השומן תורם 9 קלוריות לגרם ולכן בסך הכל במוצר זה מספק 270 קלוריות. בחיבור הקלוריות משלושת המרכיבים מקבלים, כי 100 גרם פופקורן למיקרוגל מספקים 462 קלוריות.

#### ניתוח התוצאות

א.  $Q$  הינו מדד לכמות האנרגיה שנפלטת לסביבה ולכן החישוב יהיה החישוב הרגיל באמצעות הנוסחה  $Q = m C \Delta T$  תמיסה. (מסת הסביבה היא 50 גרם - כמות המים שחוממה).

$$\Delta T = 13.6^{\circ}\text{C}, \text{גרם } 0.8 \text{ נשרפו}$$

$$Q = 50 * 4.2 * 13.6 = 2856 \text{ J}$$

ב. לא ניתן לחשב את חום התגובה -  $\Delta H^{\circ}$  כיוון שלא ידוע מספר המולים המדויק של המוצר (אין בידינו פרטים על מסתו המולרית).

ג. יחידות חום השריפה תהיינה KJ/gram.

$$\text{ד. נשרפו } 0.8 \text{ גרם, } \Delta T = 13.6^{\circ}\text{C}, Q=2856 \text{ J}$$

נספחים  
חום השריפה

הרשקוביץ, קברמן, אברג'יל ודורי (2007).  
טעם של כימיה - מדריך למורה



**הערה:** יש כאן בעיה של מיקום המילים "חום השריפה" שימו לב

$$= -2856/0.8 = -3570 \text{ J/gram} = -3.57 \text{ KJ/gram}$$

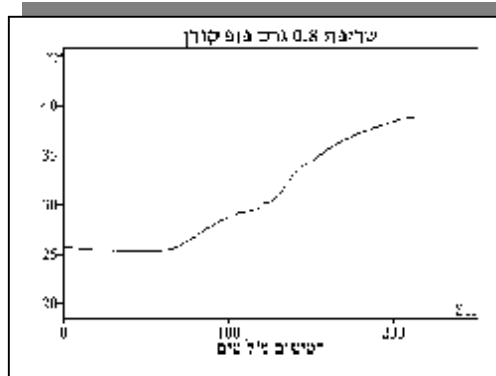
ה. מעבר לקלוריות גדולות מחושב על ידי חילוק ב- 4.184 ולכן:

$$\text{חום השריפה} = -3.57 \text{ KJ/gram} = -357 \text{ KJ/100gram} = -85 \text{ Kcal/100gram}$$

ערכי האנרגיה הניסויים ל-100 גרם מוצר, הינם קטנים בהרבה מאלו המוצהרים על ידי היצרנים על גבי האריזה. הסיבה לכך היא, שהמערכת איתה עבדנו לא הייתה סגורה - רוב האנרגיה משריפת הפופקורן "התבזזה" לסביבה ולא הושקעה בחימום המים. את הנתון לגבי חום השריפה קבענו על פי הפרש הטמפרטורות של המים לפני ואחרי התגובה, כאשר רק חלק מאנרגיית השריפה אמנם נותב לחימום המים.

#### תוספת לניתוח תוצאות עבור ניסוי ממוחשב -

גרף של טמפרטורה כנגד זמן עבור שריפת 0.8 גרם פופקורן למיקרוגל



הגרף יציב בשניות הראשונות ומצביע על טמפרטורת המים הראשונית (השווה לטמפרטורת החדר). בטרם הוצת הפופקורן והחל להישרף. לאחר 80 שניות לערך, הוצת הפופקורן והחומרים האורגניים שבו (פחמימות, שומנים וחלבונים) החלו להישרף. כתוצאה מתגובת השריפה האקסותרמית של הפופקורן, נפלטת אנרגיה לסביבה אשר התבטאה בצורת חום. המים אשר במבחנה היוו את הסביבה ולכן קלטו את אנרגיית החום ממערכת התגובה, הדבר התבטא בעליית הטמפרטורה בגרף. כאשר הסתיימה תגובת השריפה, טמפרטורת המים הגבוהה נותרה יציבה לזמן מה. אילו מדידת הטמפרטורה הייתה נמשכת, הייתה נצפית בגרף ירידה בטמפרטורה, שכן לסביבה לא הייתה נפלטת אנרגיית חום נוספת וטמפרטורת המים הייתה יורדת בחזרה עד טמפרטורת החדר.

#### דוגמאות לשאלות חקר אפשריות בעקבות ניסוי הבסיס

לפני עידן הפופקורן להכנה במיקרוגל, היה נהוג, לאחר הכנת הפופקורן הטבעי, להוסיף לו חמאה ומלח לשיפור הטעם. על מנת ליצור מוצר טעים יותר, מוסיפים יצרני הפופקורן

נספחים

הרשקוביץ, קברמן, אברג'יל ודורי (2007).  
טעם של כימיה - מדריך למורה

למיקרוגל, בזמן ייצור הגרגירים, שומן צמחי וכן כמות נכבדת של מלח. (ניתן לראות גם את ההבדל הגדול הקיים בכמות הנתרן).  
 כמות השומן בפופקורן למיקרוגל גדולה בערך פי 6 מכמות השומן בפופקורן הטבעי. דבר זה מעלה מאוד את כמות האנרגיה אותה מספק הפופקורן למיקרוגל לגופנו. יש נטייה לומר, כי פופקורן הוא בין החטיפים הפחות משמיינים, דבר המתברר כלא מדויק כאשר משתמשים בפופקורן למיקרוגל, המועשר בתוספות טעימות אך משמינות...  
 עובדה זו מזמינה שאלת החקר אשר תבחן את ההבדל בין חום השריפה של פופקורן טבעי אשר אינו מטוגן בשמן לבין זה של הפופקורן למיקרוגל.

א. האם וכיצד תלוי חום השריפה של פופקורן בסוג הפופקורן (בהרכב מרכיביו)?

משתנה תלוי – חום השריפה

משתנה בלתי תלוי – סוג הפופקורן

גורמים קבועים: מוצר פופקורן (גרגירי תירס), סוג הסביבה (מים), נפח הסביבה, אותו מד טמפרטורה/חיישן טמפרטורה, בחישה דומה.

ב. האם וכיצד תלוי חום השריפה של המזון בסוג המזון השונה?

משתנה תלוי – חום השריפה

משתנה בלתי תלוי – סוג מוצר המזון (בוטנים, קרקרים, במבה וכד')

גורמים קבועים: סוג הסביבה (מים), נפח הסביבה, אותו מד טמפרטורה/חיישן טמפרטורה, בחישה דומה.

נספחים

הרשקוביץ, קברמן, אברג'יל ודורי (2007).  
 טעם של כימיה - מדריך למורה

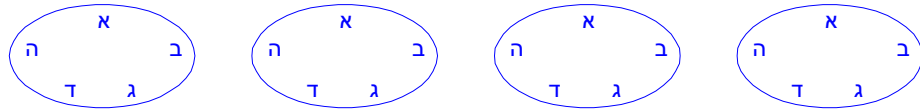
## נספח 2 - למידה שיתופית בשיטת הג'יקסו

שיטת הג'יקסו פותחה ע"י Aronson, Stephan, Sikes, Blaney & Snapp (1978). השיטה הותאמה ללמידה בארץ על-ידי שרן והרץ-לזרוביץ (1978), הרץ-לזרוביץ ופוקס (1987), ולהוראה בשיטת קבוצות החקר על-ידי Lazarowitz et. al (1985). השם "ג'יקסו" Jigsaw לקוח ממשחק ההרכבה "הג'יקסו פזל". בשיטה זו, המורה מחלק את הנושא הלימודי ל-4-5 תת-נושאים, שאינם תלויים זה בזה. תהליך הלמידה מתרחש בארבעה שלבים:

### שלב א': אירגון קבוצות הג'יקסו - קבוצות האם

המורה מחלק את הכיתה לקבוצות הטרוגניות, המורכבות מ-5-6 תלמידים (בהתאם למספר תת-הנושאים). כל תלמיד בקבוצת האם, מקבל תת נושא אחר (בהתאם לרמתו) ואותו יצטרך בהמשך ללמוד ולהתמחות בו.

תרשים 1 מתאר דוגמה לאירגון קבוצות אם ללמידת נושא, הכולל חמישה תת-נושאים שונים (המסומנים באותיות א - ה), בכיתה שבה 20 תלמידים.

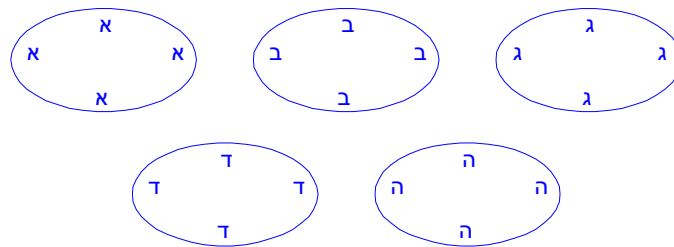


### תרשים 1: דוגמה לאירגון קבוצות אם ללמידת נושא המחולק לחמישה תת-נושאים

### שלב ב': למידה בקבוצות ההתמחות

התלמידים עוברים לקבוצות ההתמחות. קבוצת התמחות היא קבוצה הומוגנית, שכל חבריה אחראים ללמידת אותו תת-נושא. מטרת הלמידה בקבוצה זו היא לאפשר לכל תלמיד התמחות בנושא שקיבל ומתן אפשרות להתכונן כדי ללמוד ולהסביר נושא זה בהמשך, לשאר חבריו בקבוצת האם.

תרשים 2, מתאר את החלוקה לקבוצות ההתמחות ללמידת נושא המחולק לחמישה תת-נושאים בכיתה של 20 תלמידים.



### תרשים 2: דוגמה לאירגון קבוצות ההתמחות ללמידת נושא המחולק לחמישה תת-נושאים

נספחים

הרשקוביץ, קברמן, אברג'יל ודורי (2007).  
טעם של כימיה - מדריך למורה

### שלב ג': הוראת עמיתים בקבוצות הג' יקסו

הוראת העמיתים מהווה את המרכיב המרכזי, שיוצר את התלות ההדדית בין חברי הקבוצה. התלמידים חוזרים לקבוצות האם שלהם (תרשים 1). כל תלמיד בקבוצה, אחראי ללמד ולהסביר לשאר חברי הקבוצה את תת הנושא שלמד והתמחה בו. כל תלמיד בקבוצת האם תלוי בשאר חבריו לקבוצה ועליו ללמוד את כל תת הנושאים כדי להיות מוכן למבחן המסכם.

### שלב ד': המבחן המסכם

כל תלמיד נבחן באופן אישי על כל הנושא, גם על תת-הנושאים שלמד והתמחה בו וגם על תת הנושאים אותם למד מחבריו לקבוצה.

### מאפייני שיטת הג' יקסו:

- ✓ התלמיד פעיל, יוזם ולוקח אחריות ללמידה והמורה הוא המכוון והמדריך.
- ✓ לכל תלמיד תרומה חשובה וייחודית. הוא אחראי על למידת חלק מהנושא והוראתו לעמיתיו ועל למידת שאר הנושאים מחבריו. ישנה תלות ואחריות הדדית בין חברי הקבוצה.
- ✓ ניתן להתאים את רמת הקושי של חומר הלימוד ליכולתו האקדמית של התלמיד (ולכן השיטה מומלצת במיוחד לכיתה הטרונגנית).
- ✓ תהליך הלמידה מתבצע תוך אינטראקציה חברתית.
- ✓ המורה קובע את הרכב הקבוצות בהתאם לשיקולים אקדמיים (רמה לימודית של התלמידים בקבוצה) וחברתיים.

### ביבליוגרפיה להרחבה:

- הרץ-לזרוביץ, ר. ופוקס, א. (1987). למידה שיתופית בכיתה. הוצאת אח בע"מ. חיפה, ישראל.
- הרשקוביץ, א. ודורי, י. (1996). למידה שיתופית - יישום שיטת הג' יקסו במעבדה לכימיה בנושא חומצות ובסיסים, הלכה למעשה 11, האגף לתוכניות לימודים, משרד החינוך והתרבות, ירושלים, עמ' 127-152.
- שרן, ש. והרץ-לזרוביץ, ר. (1978). שיתוף פעולה ותקשורת בבית-הספר. שוקן, תל-אביב.

Aronson, E., Stephan, C., Sikes, J., Blaney, N. & Snapp, M. (1978). The Jigsaw Classroom. Beverly Hills, CA: Sage Publication.

Lazarowitz, R., Baird, J.H., Hertz-Lazarowitz, R. & Jenkins, J. (1985). The Effect of Modified Jigsaw on Achievement, Classroom Social Climate and Self Esteem in High-School Science Classes. In Slavin, R.E., Sharan, S., Kagan, S., Hertz-Lazarowitz, R., Webb, C., & Schmuck, R. (Eds.), Learning to Cooperate, Cooperating to Learn. New York and London: Plenum Press, 231-253.

### נספחים

הרשקוביץ, קברמן, אברג'יל ודורי (2007).  
טעם של כימיה - מדריך למורה