

מעבדות נוער ע"ש בלמונטה - כיצד מתווכים בין נוער ובין מכשור מדעי מתקדם?



* רון בלונדר*

התיכון בירושלים יושם על מנת להתמודד עם מספר קשיים. אין אפשרות תקציבית של בית-ספר ירכוש בעצמו את הצד היקר, וגם לו הייתה אפשרות צאת, הפעלתנו ותחזוקתו השוטפת חיבת להיעשות על ידי אנשים מקצועיים. באוניברסיטה קיימן כוח אדם המיוני אנשים מקצועיים. מטרתנו ניצול מרבי של הצד הכספי בהפעלה ובאחזקה המכשורה. מעבר לכך הימצאות מכשור המשותף לכל בת-הספר בעיר במקום אחד, מאפשרת ניצול מרבי של הצד ומהילה עלויות. כל אחד מן המכשירים נמצא במעבדות בכמות המספיקה לכיתה שלמה לעובדה סימולטנית. למשל, כל תלמידי היכתה המתעניינים בלמונטה יכולים לבצע אותו הניסוי, כאשר כל שניים או שלושה עובדים על מכשור אישי, בעמدهה נפרדת.

שיטת הדראה המייחדת את מעבדות בלמונטה

מכשור מדעי מתקדם הנה הבסיס שלוינו נבנו מעבדות בלמונטה, אך ברצוננו לאפשר לתלמידים לעבוד בעצמם עם המכשורי. עבודה עם המכשור כוללת הפעלת המכשור, הבנת אופן פועלתו וקשרו התוצאות והמדידות לידע הכימי והמתמטי שעמדו מגעיהם התלמידים. לפיקר מוטל علينا לישם שיטות הדראה המתוארכות בין הידע שעמדו מגעיהם התלמידים ובין הידע הדרוש על מנת לעבוד עם המכשור הקיים במעבדות. לשם כך מתבססת הדראה בגבלמונטה על שלושה עקרונות: קונסטרוקטיביזם, פרטנות וטיפול בחשיבות המדעית, כפי שמצוג באIOR 1.

בלמידה קונסטרוקטיביסטית הלומד בונה את הידע שלו מתוך ניסיונו, חוויותו ופעילותו. רעיון זה מקדם את הבדיקה בין 'ידע' לבין 'ידע', הבדיקה שנעשה כבר ע"י פיאזה. על פי הבדיקה זו 'ידע' הוא תוכן שנמסר לאדם (תוך כדי קראיה, שמיעה וכד'), בעוד ש'ידע' הוא

מה הוא מרכז מעבדות נוער ע"ש בלמונטה?

מרכז מעבדות נוער ע"ש בלמונטה ממוקם באוניברסיטה העברית בקמפוס בגבעת רם. במרכז נמצאות מעבדות משוכללות לאיכות הסביבה, לכימיה, למדעי החיים ולפיזיקה. המעבדות פתוחות לתלמידי החטיבה העליונה ומאפשרות לתלמידי התיכון התנסות בעבודה תאורית ומעשית ברמה אוניברסיטאית. במאמר זה נתאר את הרוינות והמטרות העיקריים במרכז ונתאר כמה ניסויים המייצגים את פעילות המרכז בתחום הכימיה.

לרשותו של מרכז מעבדות נוער ע"ש בלמונטה ציוד ומכשור מתקדמים בתחום מדעי הטבע. לרעיון של הקמת מעבדות שבנה ציוד מחקרי מן השורה הראשונה וניסויים חדשים ומתקדמים, נלווה מספר עקרונות מוחדים. אם מאמינים כי מעבדות בלמונטה מהוות מקום מגש ייחודי של מדע וחינוך. لكن אנו משקיעים מאמצים לפתח את הצד המדעי מחד, ומძירק לאMESS שיטות הדראה המבוססות על תאוריות עדכניות של למידה, וגישה חדשה לטיפוח חשיבה.

המכשור המדעי – המכשור הקיים במעבדות הכימיה כולל מכשירים אנלסטיים כגון: מכשיר למדידת בליעה אטומית, ספקטרופוטומטר לתחום IR ולתחום Vis-UV ומכשיר קרומטוגרפיה גזים. בנוסף למכשור האנליטי ה"כבד", אנו משתמשים לצורך קל יותר כגון: פוטנציאומטרים, קונדקטומטרים, חיישני לחץ, חיישני טמפרטורה, ספקטרופוטומטרים, מכשירים למדידת טמפרטורת היתוך, פולרימטרים, קולוניות לקרומטוגרפיה, ספקרי כוח וליזרים שונים. הרעיון של ריכוז מכשור מדעי יקר וחדים באותה אגדה לשירותם של כל תלמידי

* ד"ר רון בלונדר, רקטור כימיה, מעבדות בלמונטה, האוניברסיטה העברית בגבעת רם, ירושלים 91904, www.belmonte.org.il.



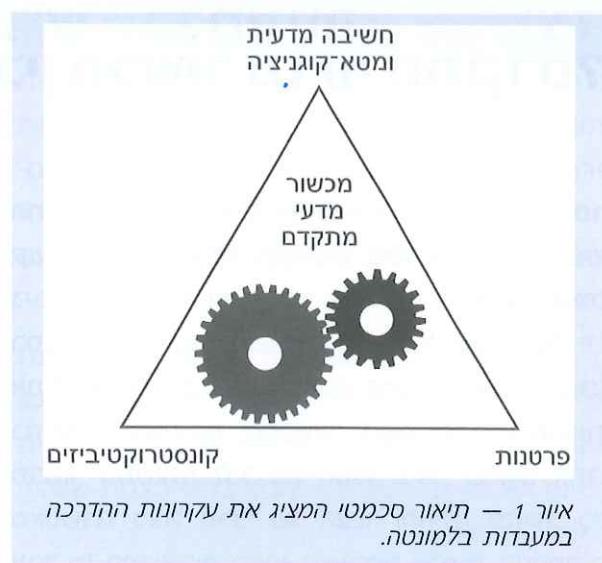
שאלות, השערת השערות, הסבר סיבתי, מטא-קוגניציה (חשיבה על חשיבה). בניסויי החקיר גליי העוסקים בכימיה דרך מכשור וציוויל מתקדמיים, כפי שתתקנים בבלטונטה, משתמשים התלמידים במינומנות החשיבה הללו ורוכשים באופן קונסטרוקטיביסטי ידע מסדר גובה בתחום הכימיה³. העיסוק המטא-קוגניטיבי מתקיים בעבודות באופן מודע וגליי. לא די בכך שהתלמידים יעברו את תהליכי החשיבה, מחקרים מראים שעילן להפנים תהליכי אלן, על הלומדים להעביר מנתה המודעות את תהליכי החשיבה. העיסוק במטא-קוגניציה מעלה את המודעות של הלומדים למינומנות החשיבה שבנה השתמשו במהלך הניסוי, ואף מאפשר להם להתמודד עם השאלה כיצד עליהם לחושב ולעבד במפגש הבא: אילו שינויים בתהליך החשיבה יש לבצע על- מנת לקדם את החשיבה המדעית.

הניסויים הקיימים בעבודות בלטונטה

סוגי המעבדות השונים הקיימים במרכז – אלו מפעלים בבלטונטה שלושה סוגים מעבדות, השונות זו מזו במטרותיהן ובדרך תכנון הניסוי (את הפרוצדורות של כל הניסויים ניתן למצוא באתר www.belmonte.org.il):

1. מעבדות מאשרות – מעבדות המאשרות חומר תאורטי הנלמד בכיתה.
2. מעבדות מלמדות – מעבדות המקנות לתלמידים מושגי יסוד חדשים.
3. מעבדות גליי וחקיר – מעבדות שבן התלמידים מתוכננים בעצמם את הניסוי שיענה על שאלת חקר מוצגת (בעבודות גליי) ושאלת חקר שהתלמידים מעלים (בעבודת חקר).

מעבדות מאשרות הינה מעבדות המאשרות תאוריה, חוק, תוכנה כימית וכי שלמדו התלמידים. בעבודות אלו מבצעים התלמידים ניסויים אשר נלמדו בכיתה באופן תאורטי. לדוגמה, לאחר שלמדו בכיתה על תגובות האسطור התלמידים מכינים בעבודה אسطר או לאחר שנלמד בכיתה נושא של טריציות חומצה-



איור 1 – תיאור סכמטי המציג את עקרונות ההדרכה בעבודות בלטונטה.

תוצר של עיבוד המידע ע"י האדם. הידע הוא המשמעות הניתנת למידע ע"י האדם. בעבודות בלטונטה אנו מ קופידים לספק את התנאים לבניית הידע מתוך התנסות בפעולות המעבדה, על מנת לסייע בהפיקת הידע' היבר לידע ולזונטי לתלמידים. הבניית הידע היא בדרך שבה אנו מגשרים על הפער הקיים בין הידע שעמדו מגעים התלמידים ובין הידע החדש על מנת לעורק ניסוי מתקדמי על ציוויל מורכב.

למידה פרטנית² – העובדה בעבדה מתקיימת בקבוצות קטנות, אך לא די בכך על מנת לאפשר לכל התלמידים למידה משמעותית – במקרים אחרות, כיצד אנו הופכים אותה בקבוצות קטנות לעובדה פרטנית? הנחת המוצא היא שככל תלמיד ותלמיד בקבוצה זוקקים להתייחסות שונה, בהתאם לכיקות הלימודית, להבנתם השונה וידעו שעמו הם באים. בהתאם לכך המדריך פועל כמנחה המפעיל ומכוון בהתאם לקצב, ליכולות ולצריכים האישיים. על מנת לספק לתלמידיםחויה של הצלחה והבנה, מפרק הניסוי לתתי-חלקים ולמשימות קטנות, כך שתהליך הלמידה הופך לתהליכי של הבניית ידע.

חשיבה מדעית ומטא-קוגניציה – בעבודות הכימיה של בלטונטה אם שמים דגש על פיתוח החשיבה המכידית. ניסויי החקיר והגליי מזכירים באופן טבעי שימוש במינומנות חשיבה חשובות כגון ביצוע תוצאות, שאלות

העיקריות של מעבדות מלמדות הנקראניות מושג יסוד בסיסיים בתחום הכימיה ויצירת עניין אצל התלמידים בכימיה ובמדעים המדוייקים בכלל. המעבדות המלמדות יוצאות מנקודת הנחה כי לתלמידים אין בהכרח ידע מוקדם בנושא המעבדה או בכימיה בכלל, ומאפשרות למדריכים להתאים את שפת הדין ורמותו לידע של התלמידים. לפיכך אין מגבלה לגיל התלמידים אשר יכולים לבצע את הניסוי ולהפיק ממנו תוצאה, והוא אינו מכoon אך ורק לתלמידי המגמה לכימיה, אלא פתוח לכולם. דוגמה למעבדה מלמדת היא מעבדה כלל התלמידים. דוגמה למעבדה מלמדת היא מעבדה חדשה שנכתבה בשנה זו: "עישון סיגריות ונרגילות – היבטים כימיים מדעיים". במעבדה זו בוחנים התלמידים את עשן הסיגריות והנרגילות באופן מדעי. מהלך ניסוי זה יפורט בהמשך המאמר.

- להלן רשימת הניסויים המלמדים הקיימים במעבדות הכימיה:
1. מעבדת היכרות עם הכימיה.
 2. ממצבי צבירה והמעברים ביניהם.
 3. זיהום אוויר.
 4. עישון סיגריות ונרגילות – אספקטים כימיים מדעיים.
 5. מעבדה בשיטות הפרדה.

מעבדות גליי וחקרא^{5,6} הנקן מעבדות שבן מושם דגש על מיומנויות חשיבה³, וזאת בנוסף לידע ולהבנה אשר נרכשים בסוגים השונים של המעבדות. למעבדת חקר שלושה חלקים עיקריים: שלב הטרום חקר, שלב החקר ושלב הפוסט חקר. בשלב הטروم חקר מכירים התלמידים את המערכת ואת התופעה שאotta יחקרו. בשלב זה מבצעים התלמידים, למעשה, ניסוי מן הסוג המאשר: הם עובדים לפי הוראות ברורות ומקבלים מידע על התופעה ועל המערכת והקשרים הקשורים במדידת התופעה. לאחר הכרת המערכת מעלים התלמידים שאלות שמעניינות אותן, בוחרים שאלה אחת שאotta יחקרו בשלב החקר, ומשערם השערת מחקר (תשובה מנומקת לשאלת החקר). בכך ניסוי גליי יקבלו התלמידים את שאלת החקר מובנית מראש ויתחילו את הניסוי



תמונה 1 – תלמידות בכיתה י"א ערכות ניסוי באשר בנושא חמצן-חיזור ובמציאות מדידה בספקטרופוטומטר.

ביסיס התלמידים מביצים בעצמם טטרציה ובודקים אם עקומות הטטרציה נראהות כפי שנלמד בכיתה. הניסוי במעבדה המאשרת – תפקחו לחת הוכחה ניסויית לחומר תוארכי שנלמד. لكن מתאמות מעבדות אלו לתלמידים הלומדים כימיה לבגרות, כיוון שהם מגיעים למעבדה לאחר שלמדו בכיתה את הרקע התיאורטי המתאים. בתמונה 1 ניתן לראות בניית כיתה י"א ערכות ניסוי בחמצן חיזור, ובמציאות מדידה במכשיר הספקטרופוטומטר.

- להלן רשימת הניסויים המאשרים הקיימים במעבדות הכימיה:
1. מעבדות בנושא חומצות ובסיסים: טטרציות פוטנציאומטריות, טטרציות קונדקטומטריות.
 2. מעבדות בנושא חמצן חיזור: מעבדה בסיס, טטרציות חמצן חיזור, היכולת עבודה עם ספקטרופוטומטר.
 3. מעבדה בנושא שווי משקל חמצן-חיזור ואלקטרוכימיה היכולת עבודה עם ספקן כות.
 4. ניסויים בכימיה אורגנית הכוללים עבודה עם מערכות זיקוק, מיצוי וסינון, וספקטרופוטומטר IR.
 5. מעבדה בנושא אণמיים וחלבונים היכולת עבודה עם חייני לחץ.

מעבדות מלמדות – קטגוריות המעבדות המלמדות שונותמן המעבדות המאשרות במספר היבטים. המטרות



בקע: נזקי העישון⁵ הנגרמים מעישון סיגריות ונרגילות הוכחו במחקרים מדעיים רבים. 80% מכלל מקרי סרטן הריאה מופיעים אצל מעשנים. עישון מהוות גורם עיקרי להתקפות סוגי סרטן נוספים. העישון גורם גם למחלות קשות אחרות בדרכי הנשימה: אסתמה, ברונכיטיס ועוד. העישון פוגע במוח ובклיות ומוריד מיידית את הקושר הגוף. העישון פוגע בפוריות הגוף, מוביל לזריז תהליickey הזרקנות וצירת קמיצים בעור הפנים ועוד. מה יש בעשן הסיגריות שגורם למפגעים בריאותיים כה מגונים? בניסוי זה ננסה לאפיין חלק מן המרכיבים הנשאפים לתוך הגוף בזמן העישון, על מנת להבין כיצד ועל ידי אילו חומרים נגרמות המחלות הרבות שנוצרות בעקבות העישון.

תחנה מס' 1: חומציות העשן הכללי – בניסוי זה נתייחס לכלול החומרים הנמצאים בעשן הסיגריות ונבדוק מהי החומציות הנוצרת בריאות כאשר מעשנים. בתחנה זו אנו מציגים את נושא החומציות בפני התלמידים (רמת הדעת תלויה במידע קודם של התלמידים) ובודקים את החומציות של חומרים שונים המוכרים מחיי היום יום בעזרת נייר pH ובעזרת אינדיקטור (ברומוטימול-כחול). בעזרתו אנו אינדיקטור התלמידים בודקים מהי החומציות של עשן הסיגריות, על ידי בעב우 עשן הסיגירה לתוך בקבוק ייקה המכיל את האינדיקטור. התלמידים מנסים לשער מהו המקור לחומציות ומהן ההשלכות הפיזיולוגיות של התוצאות המתיקבלות.

תחנה מס' 2: זיהוי המרכיבים הכימיים בפאזה הגזית – בתחנה זו נבדוק את המרכיבים של הפאזה הגזית בלבד. המרכיבים המסוגנים העיקריים של הפאזה הגזית הם: פחמן חד חמוץ, תחומיות של חנקן, אמונייה, תרכובות נזיפות של גופרית, תרכובות נזיפות של חנקן (כגון חומצה ציאנית), פחמנינים, כללים וחומרים אורגניים נוספים. בתחנה זו נבדוק הימצאות פחמן חד חמוץ, תחומיות של חנקן ותרכובות גופרית בעשן של סיגריות ובעשן של נרגילות. אנו נבצע בדיקות מסוימות ליהוו חומרים אלו באמצעות אינדיקטורים מיוחדים ונשווה בין התוצאות המתיקבלות בבדיקות עשן סיגריות ונרגילות.

משלב זה, התלמידים מתכננים ניסוי חקר, ומצמינים את כל הצד והחומרים הדרושים להם לשם ביצוע הניסוי. בשלב החקר מבצעים התלמידים את ניסויי החקר שתכננו בעצמם, ובזוקים אם הניסוי מッシュ או מפרק את השערתם. בשלב האחרון מעריכים התלמידים שאלות נוספות המשקנות אותם בעקבות הניסוי שביצעו, ובמציעים מטא-קוגניציה על תהליך הניסוי ועל דרכי החשיבה שלהם.

- ала מעבדות הגוף והמחקר הקימיות בבל蒙טה:
1. מעבדת חקר בנושא חומצות ובסיסים: טיטרציה פוטנציאומטרית/CONDENSOMETRİ.
 2. מעבדת חקר בנושא שיוי משקל הכללת עבודה עם מכשיר ספקטראופוטומטר.
 3. מעבדת חקר בנושא קישור בין מולקולרי, הכללת עבודה עם מכשיר גליי כרומטוגרפ.
 4. מעבדת גליי בנושא איכות מים, הכללת עבודה עם מכשיר בilyea אוטומית.
 5. מעבדת גליי בנושא סוכרים, הכללת הכנת קולונה ועבודה עם מכשיר הפולרימטר.
 6. מעבדת חקר בנושא אלקטרוליזה, הכללת עבודה עם ספקן כוח.
 7. מעבדת גליי בנושא אנדמיים הכללת עבודה עם חיוני לחץ.
 8. מעבדת גליי בנושא סטטואומטריה הכללת עבודה עם מאזנים אנליטיות וחישוני לחץ.
 9. מעבדת גליי בנושא כמיה אורגנית הכללת עבודה עם ספקטראופוטומטר IR.

דוגמאות מפורטות של 2 ניסויים בכימיה במעבדות בלונטה

- א. מעבדה מלמדת: עישון סיגריה ונרגילה –
ASFETİTİM CİMIYİM MEDÜİİM
בניסוי זה נבדוק בצורה אובייקטיבית עישון סיגריות ונרגילות מבחן כימית-מדעית. הניסוי מתאים לתלמידי חטיבה עלינה, המגיעים למעבדות בלונטה בליווי מורה לכימיה (או מדעים) ומבחן/ת היכיתה.



תמונה 2 – בנות בכיתה 7 בוחנות מקרוב ריאות חיה בריאה וריאות שעישן.

שאלונים שמלאים תלמידים לאחר שעברו את 4 התחנות מצביעים שקיים השפעה ברורה של הניסוי על העמדות של התלמידים כלפי עישון (עדין לא נערך מחקרים ל佗וח הארון).

ב. מעבדת חקר בנושא קישור בין מולקולרי הבניה סביב מכשיר הגז כרוםוגרפּי

בתחילת ניסוי זה מקבלים התלמידים רקע תאורטי וסביר על פעלת מכשיר הגז כרוםוגרפּי. עקרון העבודה המכשיר מקשר לידי התלמידים בתחום "קישור בין מולקולרי".

בחלק הפרא-חקר של הניסוי מזériקים התלמידים למכשיר הגז כרוםוגרפּי תערובת של שלושה כהלים (מתאןול, אتانול, פרופאנול) בשתי טמפרטורות שונות של הקולונה (150°C , 170°C). מתקבלות שתי כרוםוגרמות שונות, המוצגות באירור 3. התלמידים משווים ביניהן ומעלים שאלות מדעיות לגבי רצימם לברר בעקבות התוצאות של ניסוי הפרא-חקר. התלמידים מנשכים שאלת חקר, מתכננים ניסוי ומבצעים אותו. דוגמאות לשאלות חקר שהעלו תלמידים בניסוי זה מופיעות באירור 4. בניסוי חקר זה, כמו בניסוי חקר אחרים המתבצעים באמצעות מתקדם, ניתן לחלק את שאלות החקר שמעלים התלמידים לשלווש קבוצות, כפי שמצוג באירור 4: שאלות חקר המתיחסות לשיטת

את הזיהוי הכמותי של הגזים הרעלים באמצעות אמפולות מיוחדות המהוות אינדיקטורים לגזים ספציפיים כמו: NO_x , CO , SO_2 .

תמונה מס' 3 : בדיקת החלקיקים המוצקים בעשן – העשן הסיגריות בניי מפאה גזית ופהaza מוצקה. כל מ"מ מעוקב של עשן מכל עד 10×10^9 חלקיקים בעלי קוטר בין 0.2 ל-10 מילקロン (מייקרון הוא מיליאונית המטר). החומר ניקוטין נמצא באזהה המוצקה ונחשב לגורם העיקרי בתפקידו לעישון. בנוסף לניקוטין מכילה הפאה המוצקה תרכובות אורגניות נוספות ברוכן פחמן ארומטיים חד ורב טבעתיים. תערובת תרכובות מוצקות אלו מכונות "עטן". החומרים שבעתן הם ברובם חומרים מסרטנים. בבדיקה זו נאוסף את החלקיקים המוצאים בעשן סיגריות ונרגילה ונשווה ביניהם. איסוף החלקיקים המוצקים נעשה בעזרת פילטר המונח בין שני בקבוקי ניקקה, אשר אחד מהם מחובר לסיגירה (או לנרגילה) והשני מחובר למשאבת ואקום, כפי שמצוג באירור 2.



איור 2 – מערכת שעישן, האוספת את החלקיקים המוצקים על פני פילטר ניר.

תמונה מס' 4 : השפעת העישן על הריאות – בבדיקה זו המדריך מסביר לתלמידים על מבנה הריאות ומודגים את ההבדלים בין ריאה בריאה לריאה של אדם מעשן. בתמונה 2 ניתן לראות תלמידה בוחנת מקרוב את ההבדלים בין שתי הריאות.



כמה זה עולה לנו?

כפי שציינו, מעבדות בלומונטה פותחות ללא תשלום עבור תלמידי התיכון בירושלים. לבאים מחוץ לירושלים: עלות פעילות בת 4 שעות, ל-20 תלמידים היא 1500 ש"ח.

הפעולות כוללות ניסוי וודרכה כמפורט במאמר זה. מורים המעניינים להגיע עם כיתתם, מוזמנים להתקשר לד"ר רון בלונדר למספר הטל' 02-6586230 או ליצור קשר בדואיל' לכתבות ronb@savion.huji.ac.il

מראei מקום

1. לקרأت הוראה קונטראקטיביסטית – בחיפוש אחר הבינה, ז.ג. ברוקס ומ.ג. ברוקס, הוצאה מכון ברנקי ויס, 1997.

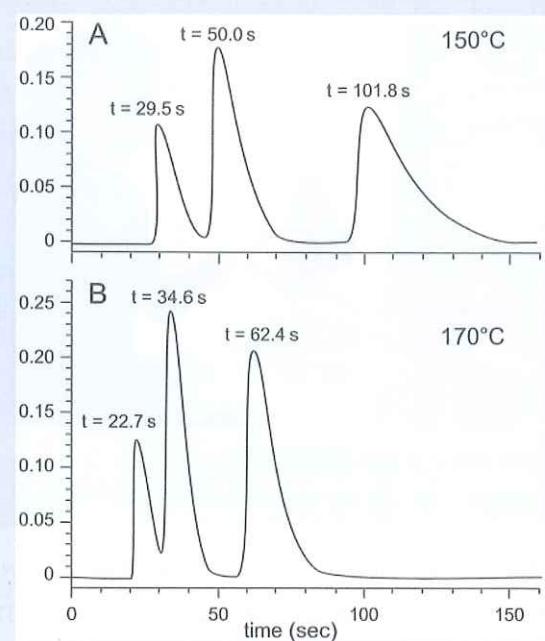
2. אתר מכון ברנקי ויס: <http://brancoweiss.org.il/ideas.asp?cat=9>

D.Hanson, T.Wolfskill, J. Chem. Educ. 2000,77, 120 .3 Inquiry-Based Experiments in Chemistry, V.L. 4

Lechtanski, Oxford University Press., 2000

5. אתר "כימיה בגישה חוקרת" מכון ויצמן: <http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/heker>

6. אתר משרד הבריאות: <http://www.health.gov.il/units/education/catalog/storm.htm>



איור 3 – כורומטוגרמות, המתבלבלות על ידי הזרקת תערובת כהלים (מתאנול, אתאנול ופרופאנול) לתוך כרומטוגרפ גזים, A – $T = 150^{\circ}\text{C}$, B – $T = 170^{\circ}\text{C}$.

המדידה, שאלות חקר סבב מכשיר המדידה ושאלות חקר בנוגע לחומר הלימוד (במקרה זה קישור בין מולקולרי). הגדלת המגוון והכניםים של שאלות החקר שימושים התלמידים בעקבות התוצאות עם מכשור מתקדם, פותחת בפניהם אפשרות להעלות את הרמה המדעית של שאלות החקר לידע כימי מסדר גובה³ (כפי שכתבתי בסעיף 2).

מהו סדר הייזאה של הכהלים מן הקולונה?

**שאלות חקר
בנוגע לחומר
הlimוד**

כיצד משפייע עליה במסה המולרית של הכהל על זמן יציאתו מן הקולונה?

מהו הקשר בין מבנה הכהל לבין הייזאה מן הקולונה?

כיצד משפייע שינוי הטמפרטורה על זמן יציאת החומרים?

**שאלות חקר
סבב המכשיר
המדעי**

מהי השפעת לחץ הגז הנשא על זמן הייזאה מן הקולונה?

כיצד משפייע שינוי הטמפרטורה על הפרדה של הפיקים בקרומטוגרפיה?

**שאלות חקר
המתיחסות
לשיטה המדידה**

כיצד שמיין ריכוז של החומרים בתערובת על זמן הייזאה?

כיצד משפייע שינוי ריכוז של החומרים על צורת וטיח הפיקים?

איור 4 – מילוי שאלות חקר
בנושאי עם כרומטוגרפ גזים על פי
קטגוריות שונות.

