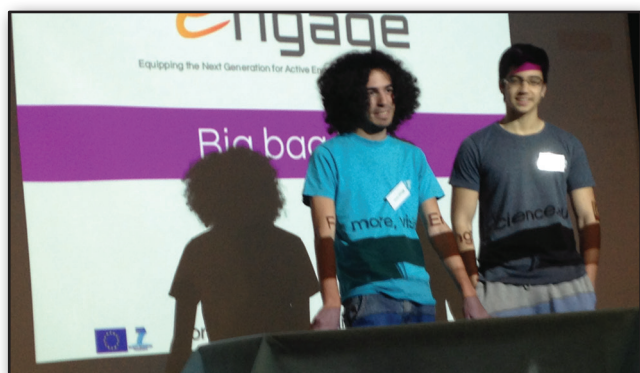




שילובים: פרויקט engage משלב נושאי חברה ואתיקה בלימודי הכימיה

אתי דגן, אמיל איידין וד"ר יעל שורץ



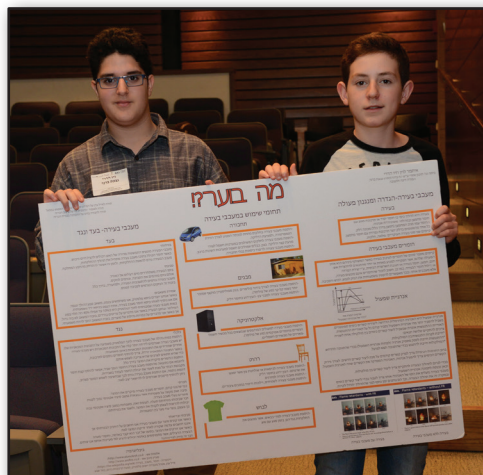
תלמידה של המורה נורית דקלו מבית הספר הרב-תחומי בפתח-תקוה מציגים את דילמות בנושא שימוש בשקיות פוליאטילן בכנס תלמידי כימיה שאורגן בבית ספרם

בכנס תלמידים שהתקיים השנה בתיכון אורט אבין בניצוחה של עדנה כהן התקיימה במושבים המקבילים פעילות ייחודית. דיבייט בנושא: "בעד ונגד השימוש בשקב אלקטרוני לזיהוי מיקומם של חפצים שונים".

שבוע לאחר מכן התקיים כנס תלמידים בבית הספר הרב-תחומי בפתח תקווה. בכנס הנחו תלמידי בית הספר פאנל שבו ענו מומחים מתחומים שונים על שאלות תלמידים והחוו דעתם בנושא השימוש בשקיות פלסטיק שונות: שקיות פוליאטילן, שקיות "מתכלות" ושקיות מתכלות-ביולוגיות. המומחים השונים היו לא אחרים מהתלמידים עצמם, והם ייצגו תחומי דעת שונים: וטרינר, מהנדס חומרים, מומחה במדעי הסביבה וסטטיסטיקאי.



צוות ENGAGE: מפגש חוקרים ומפתחים מ-14 מדינות באירופה, מכון ויצמן, ישראל



תלמידיה של המורה דינה זולצובר מציגים את עבודתם בנושא מעכבי בעירה בכנס "יש לנו כימיה בראי החברה והפרט"

על ההשלכות האתיות והמוסריות של מחקר עוד בשלבי התהוותו ואישורו. כך למשל, משמעויות אפשריות של מחקר בתאי גזע, השלכות סביבתיות של ייצור ננו-חומרים שונים או משמעות מחקר העוסק בשיבוט בני אדם.

די נאיבי לחשוב כי מדען בימינו אינו מודע כלל להשפעות תגליותיו. בואו ניזכר במה שאמר אלברט איינשטיין בעת שנשאל באיזה כלי נשק ישתמשו לדעתו במלחמת העולם השלישית, הוא השיב: "זאת אינני יודע, אולם ברור לי כי במלחמת העולם הרביעית ישוב האדם להילחם בכלי נשק העשויים מקלות ואבנים". מדוע נדרש איינשטיין לכלי נשק עתידיניים? האם רק בשל היותו פיזיקאי מבריק? ברור שלא. הוא נדרש לסוגיה זו, כמו מדענים ומהנדסים רבים בדורו, בשל מעורבותם בפרויקט הגרעין של ארה"ב, בזמן מלחמת העולם השנייה.

לימודי הכימיה כחלק מהחינוך המדעי נדרשים לדון אף הם בסוגיות סוציו-מדעיות, אתיות וערכיות, הן לטובת מי שיהפכו להיות מדעני העתיד והן לטובת האזרחים המדעית ומיומנויות קבלת החלטות מושכלות של כלל אזרחי העתיד. הוראה של נושאי RRI דורשת אינטגרציה של 3 היבטים מרכזיים:

- ההיבט המדעי-טכנולוגי - חשיפת התלמידים לנושאים עכשוויים מחזית המדע והטכנולוגיה.
- ההיבט הטיעוני - תרגול התלמידים במבנה הטיעון, תקשורת אפקטיבית ושיח טיעוני. בשיח זה מבליטים

וכעבור יומיים שמעו תלמידים בכנס בקריית גת על הבעיות הסביבתיות הקשות המלוות את העידן הטכנולוגי - פסולת אלקטרונית, השפעותיה והאתגרים במחזור.

בכנס השנתי של הפרויקט "כימיה בראי החברה והפרט" הוצגו מספר עבודות שדנו בדילמות, למשל: בעד או נגד מעכבי בעירה, בעד ונגד שימוש בריטלין, האם סגולותיו הרפואיות של הקנביס עולות על חסרונותיו? חלק מהעבודות המוזכרות אף זכו בפרסים.

מה משותף לכל הפעילויות הללו? כולן התקיימו בהשראתו של פרויקט אירופי בשם ENGAGE ששם לעצמו מטרה - לשלב בהוראת המדעים נושאים הקשורים לבעיות חברתיות, התנגשות ערכים וחשיבה אחראית על ההשלכות של המצאות מדעיות וטכנולוגיות שונות.

RESPONSIBLE RESEARCH & INNOVATION

פרויקט ENGAGE הוא חלק מהלך הרוח החינוכי העכשווי של האיחוד האירופי לקידום Responsible Research and Innovation - RRI של האיחוד האירופי, מחקר וחדשנות.

עד היום שלטה הגישה המקובלת שלפיה מדען עוסק במחקר טהור ובסיסי, ואין לו אחריות לאופן שבו תבחר החברה ליישם את המידע הנובע מתגליותיו. גישה זו הולכת ומתערערת בתחומי מחקר רבים הן בשל משך הזמן ההולך ומתקצר בין גילוי ידע מדעי לבין יישומו, והן בשל הצורך לחשוב מראש

נושאים ייחודיים: ניתוח עלות מול תועלת וניתוח סיכוי מול סיכון וכן עמידה על ההבדל ביניהם. נושאים נוספים העולים בהיבט הטיעוני הם ראיות מדעיות, מהימנות, תקפות וכמובן, אמינות מקורות המידע.

■ ההיבט הערכי-חברתי - שילוב תחומי החברה, הכלכלה, הסביבה, העולם הערכי-אתי והאידאולוגי במערך השיקולים בדיון בסוגיות סוציו-מדעיות.



פרויקט ENGAGE הנו אחד משורה של פרויקטים חינוכיים במימון האיחוד האירופי שבו חוברים יחד אנשי חינוך, מדע וטכנולוגיה מארצות שונות לחשיבה ופעולה משותפים בנושא. בפרויקט ENGAGE שותפות 14 מדינות באירופה, כולל ישראל, כמובן, בהובלת המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן.

מטרות הפרויקט

- לסייע למורים להתייחס בהוראתם לסוגיות מדעיות בעידן המודרני, ליישומיהן והשלכותיהן השונות, כך שיהיו רלוונטיות לחיי התלמידים.
- להקנות בסיס איתן לתלמידים וכלים למעורבות פעילה בסוגיות מדעיות שייתקלו בהן במהלך חייהם ויהיו מסוגלים לקבל החלטות בסוגיות שאין להן תשובה חד-משמעית.
- להמחיש לתלמידים כי מדע וטכנולוגיה בעידן המודרני מסתמכים הן על עדויות והן על הערכות לא ודאיות (למשל, בנושא ההתחממות הגלובלית), ולכן השקפותיהם ומעורבותם בסוגיות אלו הן חשובות.

הפרויקט פעיל משנת 2014, והוא פונה למורי מדעים ב-3 רמות מעורבות:

- Adopt - קורא למורים להעביר פעילויות הוראה מוכנות המצויות באתר הקורס (<http://www.engagingscience.eu/he>). פעילויות אלו מכוונות ל-1-3 שיעורים קצרים וממוקדים, וזאת מתוך מחשבה שיש להקל על המורים בשילוב תכנים אלו, למרות תכנית הלימודים העמוסה במילא.
- Adapt - קורא למורים ליישם כלי הוראה ייחודיים שפותחו בפרויקט בתכנים שונים: ערכת הכלים כוללת את כלי ההוראה הבאים: אפיוני דילמות סוציו-מדעיות, דיון בשאלה מהי דילמה טובה, הדיון הקבוצתי, הדיון הכיתתי, טיעון, חקר עיוני בנושאי מדע וחברה ועוד. כל אחד מהכלים כולל

דוגמאות, יישומים ואסטרטגיות להפעלה בכיתה.

■ Transform - בשלב זה הפרויקט מסייע ביצירת פלטפורמה שבה מורים ותלמידים בשיתוף עם מדענים יוזמים פרויקט ייחודי בנושאי מדע וחברה.

צוות הפיתוח ב-ENGAGE עוסק בפיתוח חומרי למידה מוכנים לשימוש, השתלמויות העוסקות בהעשרת ידע המורים והקניית כלים להעברת סוגיות מדעיות חברתיות בכיתה. כמו כן שוקד הצוות על יצירת פלטפורמה לקהילת מורים מתוקשבת, החולקים מניסיונם באמצעות דיוג הפעילויות, טוקבקים ובלוגים, במטרה ליצור שיתופי פעולה פוריים סביב מדע בחדשות וחומרי למידה הנוגעים לכך.

מטרת החשיבה מאחורי יצירת קהילת מורים וירטואלית היא כפולה - הן לאפשר למורים ליצור ביניהם קשר בלתי אמצעי לשיתופי פעולה עתידיים כמו - דיונים משותפים בכנסים מורים שהוצגו בתחילת הכתבה; והן לאפשר לצוות הפרויקט ללמוד ממה שקרוי "חכמת ההמונים" - המורים מעירים הערות חשובות, נותנים משוב הנוגע להפעלה בכיתה, שואלים שאלות לגבי הידע המדעי, מציעים הצעות שונות ועוד. בעקבות כל אלו אנו מתקנים ומשפרים את חומרי הלמידה ללא הרף בתהליך ובקצב המותאמים ללמידה והוראה במאה ה-21.

חומרי הלמידה

החומרים המצויים באתר עוסקים בנושאים מדעיים וטכנולוגיים רלוונטיים (למשל: הפעילות האחרונה שעלתה לאתר עוסקת בהשפעת נגיף הזיקה על התפתחות עוברים). התוכן והמבנה זהים לכל המדינות השותפות בפרויקט, מעובדים ומתורגמים לשפה הרצויה ולהיבטים המקומיים של כל מדינה. בכל פעילות קיים מדריך קצר למורה המלווה בהנחיות מדויקות להעברת השיעור. כמו כן ישנן מצגות הכוללות הנחיות לתלמידים לביצוע המשימות. ההנחיות למורים ממוקדות בנושא הפעילות מחד גיסא, ומאידך גיסא מאפשרות לכל מורה לקחת את הפעילות לכיוון הרצוי לו וליישם אותה בשטח על פי רמת הידע ומידת התעניינותם של התלמידים בכל שכבת גיל. להלן דוגמאות לפעילויות וחלק מתגובות המורים שהתנסו בפעילויות אלו.

פעילות 1: "קולה? לא בבית ספרנו"

נושא מדעי: מזון ובריאות.

מתאים לכל שכבת גיל מבית ספר יסודי ועד לחטיבה עליונה



פעילות 2: חלקי חילוף לגוף

השמנת יתר וסוכרת. הרגשתי שהצלחתי להעביר את החומר בצורה כיפית, מעניינת, לא משעממת. בשיעור אחד ניתנה הרצאה של מרצה מוסמך, ובשיעור השני התנהל דיון בקבוצות ודיון במליאה הכולל הסקת מסקנות. לשמוע את התלמידים מדברים על הנושא ומגיעים למסקנות בעצמם עשה לי מאוד טוב והרגשתי שעשיתי את שלי!!" (ר' מורה לביולוגיה)

פעילות 2: "חלקי חילוף לגוף"

הנושאים המדעיים בפעילות זו: תאים, רקמות ואיברים
בעשורים האחרונים אנו עדים לתופעה של עלייה בתוחלת החיים, ועמה הדרישה להשתלת איברים שיחליפו את אלו שאינם מתפקדים עוד. השאלות שמתעוררות בעקבות זה הן אלה: האם אפשר לגדל תאים שנלקחו מגוף המטופל ולגדל אותם לכדי איבר מתפקד ופעיל? האם טכנולוגיה שכזו תהווה אלטרנטיבה להשתלה? האם טכנולוגיה שכזו תוכל להיות זמינה בעשור הקרוב?

תגובת מורים לפעילות זו העוסקת בהתמיינות תאי גזע ובסכנות השיבוט, דווקא הציעה לקחת את הפעילות לכיוונים אחרים, שניהם בעלי היבטים כימיים:

1. "ניתן להוסיף גם מידע על הדפסת איברים במדפסת תלת-ממד, תחום אשר מתפתח בצעדי ענק בעולם המדעי";
2. "כיצד מתמודדים הגוף ומערכת החיסון עם שתלים?"

פעילות 3: הסוף לשקיות הפלסטיק

פעילות זו נכתבה לאור המגבלות החדשות והנוקשות שהאיחוד האירופי אישר לאחרונה על מנת לקצץ בשימוש בשקיות פלסטיק. יעדים חדשים ייכפו על כל מדינה, על מנת להפחית את השימוש בשקיות פוליאתילן ב-80% לפני 2019. בפעילות זו התלמידים לומדים מעט על פולימרים ובוחנים



פעילות 1: קולה? לא בבית ספרנו

בצורה ספירלית בנושא בריאות האדם, איכות החיים ודרכים לשמירה עליהן, וכן בנושא תזונה נכונה ופירמידת המזון. בחטיבה עליונה ניתן לשלב פעילות זו בלימודי הביולוגיה בנושאים כמו מערכת העצבים ומערכת ההובלה. בלימודי הכימיה ניתן לשלב פעילות זו בנושא הסוכרים.

תיאור מהלך הפעילות

בשנים האחרונות מצטברים מחקרים רבים המעידים על השפעות הסוכר על המוח.

בעקבות מחקרים אלו עולות יוזמות שונות לצמצום כמות הסוכר שילדים צורכים, בין היתר תוך הגבלת צריכת משקאות קלים. בפעילות זו הדגש הוא על השאלות הבאות: מהן הראיות הקושרות בין צריכת סוכר להשמנה ומחלות שונות? האם ישנן די ראיות המצדיקות חקיקה המגבילה צריכת משקאות קלים בקרב ילדים. תגובה של מורה לפעילות: "החלטתי לבחור בנושא שקרוב מאוד לחיי היום של התלמידים והוא שתיית קולה, מאחר שרובם מכורים לקולה. ואפילו שמתי לב שהם מגיעים בשעות הבוקר המוקדמות לבית הספר כשבידם קולה! הזדעזעתי מהמראה הזה והחלטתי להתרכז בנושא הזה ולדאוג להכניס לבית הספר סוג של אורח חיים בריא. חילקתי את התלמידים לקבוצות. כל קבוצה התבקשה לכתוב מהם לדעת חברה היתרונות והחסרונות של שתיית קולה. המטרה שלי הייתה לפתח דיון, שהתלמידים ירבו לדבר ולהביע את דעתם בנושא. בנוסף לכל היתרונות של הקולה (טעים, מרווה), יש לא מעט חסרונות: משקאות קלים מכילים בתוכם כמות עצומה של סוכר, שעלולה לגרום לבעיות שיניים והשמנת יתר במיוחד בקרב הנוער. תלמידים רבים חשבו שיש לאסור על תלמידים מתחת לגיל 18 לשתות משקאות קלים, ובמיוחד לא למכור בבית הספר שהוא מוסד חינוכי. רוב הכיתה הסכימה שזה גם חומר ממכר ומי שמתמכר אליו סובל מתזונה לא נכונה,



פעילות 4: האי השוקע

עבודת צוות ודיונים שמפרים את החשיבה של התלמידים.אני בהחלט מתכוונת ללמד את השיעור. אני אדפיס את הדפים ואניילן כדי שמערך השיעור יהיה רב פעמי. כמו כן אשב עם שאר מורי גאוגרפיה ואדריך אותם איך להעביר את השיעור ואדאג שהשיעור יבוצע בכל הכיתות." ועוד קוריוז - מורים לאנגלית ולצרפתית מצאו עניין בפעילויות שלנו כאמצעי לדיון ברמה גבוהה בשפות שהם מלמדים, וזאת בשל העובדה שהפעילויות קיימות ברשת ב-8 שפות.

כלים פדגוגיים למורים

במסגרת הפרויקט פותחו לא רק יחידות הוראה כפי שהודגם מעלה, אלא גם ארגז כלים פדגוגי למורים. החשיבה מאחורי פיתוח כלים אלו הייתה שכל מורה למדעים הוא מומחה בתחום ההוראה שלו, ובתחום זה יש לו ידע פדגוגי-תוכני (PCK) מתאים. הכלים שחסרים למורי מדעים הם דווקא אלו החיוניים להתמודדות עם דילמות חברתיות ואתיות, עם מצבים שבהם אין תשובה מדעית אחת נכונה, עם מצבי ניבוי בתנאי חוסר ודאות לגבי השלכות עתידיות של תגלית מדעית או טכנולוגית ועוד.

לכן בחשיבה זו פותחו הכלים הבאים:

- דילמה טובה - מה?
- אסטרטגיות לניהול שיח משמעותי בקבוצות קטנות.
- כיצד ליצור דיון כיתתי פורה, המאפשר השמעת דעות מנוגדות ודיון מכבד במחלוקות?
- אסטרטגיות לפתרון בעיות המערבות תחומי מדע-אתיקה וחברה.
- כיצד להנחות תלמידים בלמידה וחקר סביב מקרה אותנטי?
- ביצועי הבנה - כיצד מעריכים את ביצועי התלמידים בתחומים הנושקים למדע וחברה?



פעילות 3: הסוף לשקיות?

את החלופה של שקיות מתכלות כימית ושקיות מתכלות ביולוגית לשקיות הפוליאטילן הרגילות. הם מתייעצים עם מומחים, שואלים שאלות ומגיעים להחלטה מושכלת בנוגע לדילמה: האם שקיות מתכלות פותרות את הבעיה שנגרמת על ידי שקיות פוליאטילן רגילות? הפעילות מתאימה מאוד כפעילות העשרה לנושאים חוק שימור החומר (מה המשמעות של חומר מתכלה?), מבנה וקישור ויחידת הבחירה פולימרים. מורים ציינו בתגובותיהם את הרלוונטיות של הפעילות: "הפעילות מאוד אקטואלית בעקבות החוק החדש שיצא לדרישת תשלום עבור שקיות בסופר".

פעילות 4: האי השוקע

למרות שהפרויקט מכון את יחידות הלימוד הללו למורי מדעים ולשיעורי מדעים, הרי שלמרבית ההפתעה גם מורים אחרים מצאו עניין רב בפעילויות.

למשל, הפעילות "האי השוקע" העוסקת באחת התוצאות האפשריות של ההתחממות הגלובלית - עלייה אפשרית של גובה פני הים. בפעילות זו התלמידים לומדים כיצד לבצע תחזיות וניבוי מדעי לעליית גובה פני הים בסביבת האי קריבטי שבאוקיינוס הפסיפי. הדילמה שבה הם עוסקים היא: כיצד באה לידי ביטוי השפעת העלייה בגובה פני הים על תושבי האי קריבטי? האם יש קשר בין עליית פני הים להתערבות האדם? מיהו הגורם האחראי לפצות את התושבים ואת המדינות שיינזקו על הנזק שנגרם?

כך כותבת בטוקבק לפעילות מורה לגאוגרפיה: "מערך השיעור על האי קריבטי מעולה!!! עברתי עליו והוא בנוי בצורה חכמה. כלומר, יש כאן שימוש ברמות חשיבה גבוהות (יישום, הסקת מסקנות וכו'), ויש כאן שימוש בטכניקות של

כלים אלו מועברים למורים בהשתלמויות מורים ייחודיות לפרויקט.

השתלמויות מורים

להשתלמויות המורים מספר מטרות - היכרות עם הגישה החינוכית המשלבת לימודי מדע ו-RRI, התנסות ביחידות הלימוד בפרויקט והיכרות עם ארגז הכלים הפדגוגי.

הצגת ארגז הכלים הפדגוגי כוללת התבססות על פדגוגיות מבוססות מחקר, הצגת שיטות הוראה לחקר סוציו-מדעי באופן מודרך ומובנה, פיתוח יכולות הוראה והנחיה מתקדמות ומגוונות ופיתוח סגנונות למידה והכשרה בגישה מתקדמת.

הנושאים המרכזיים הבאים לידי ביטוי בהשתלמויות

- הצגת סוגיות הרלוונטיות לחיי התלמידים ולמקום במטרה ליצור מעורבות רגשית אצל התלמידים, שהיא תנאי הכרחי ללמידה וליצירת מוטיבציה פנימית.

- תרגול והרחבה של נושא מיומנויות הטיעון ובייחוד הטיעון בעל-פה. העיסוק בסוגיות מדע וחברה מזמן שימוש נרחב במיומנויות טיעון. יש לציין כי ארגז הכלים של מיומנויות הטיעון הנדרשות בהקשר המדעי בלבד או בהקשר של מעבדת החקר, שונה ומצומצם מזה הנדרש בדיון בסוגיות מדע וחברה. בדיון בנושא מדע וחברה תלמידים נדרשים לבטא את מחשבותיהם ואמונותיהם, להצדיק אותן ולבססן על נתונים. ארגז מיומנויות הטיעון הנדרש הוא רחב בהרבה ודורש שימוש ברמות חשיבה גבוהות. רכישת מיומנויות טיעון אינה מתרחשת בעקבות שיעור אחד או שניים במהלך השנה, אלא לאורך טווח זמן ארוך ותרגול מתמיד. ההקשר של סוגיות מדע וחברה מאפשר זאת.

- אתיקה - דיון בסוגיות מדע וחברה מעמת ערכים מנוגדים וסותרים, מה שמעורר דיון אתי. זוהי הזדמנות לעסוק בסוגיות הנוגעות לשאלות כבדות משקל של מה ראוי לעשות, בדילמות שאינן "שחור-ולבן" אלא דורשות לפעמים לבחור ברע במיעוט.

- הקניית ערכים דמוקרטיים - הדיון בסוגיות מדע וחברה מעודד ערכים של פלורליזם וחופש ביטוי. המפגש עם מגוון רחב של דעות ואף עם פעילויות מסוימות המעודדות כניסה אל נעליו של זה שחושב אחרת ממך, מעודד סובלנות, הקשבה, תרבות דיון המהווים תשתית לשיח פלורליסטי.

ההשתלמויות מתקיימות בשני פורמטים - השתלמות פנים אל פנים והשתלמות מתוקשבת. בהשתלמות המתוקשבת

מתקיימים מפגשים במתכונת סינכרונית וא-סינכרונית. כמו כן יש בהשתלמויות התייחסות מעמיקה לפיתוח הדיון ומיומנות הטיעון בכלי ה"דיבייט", להבנה מעמיקה יותר של סוגיות שנויות במחלוקת ולניסיון להגיע לפשרות. וכמובן, ההשתלמויות נותנות את הדעת ליצירת קהילת מורים מתוקשבת שתתווך בין תלמידים למדענים ליצירת שיתופי פעולה פוריים.

ובנימה אישית - הנקודה הישראלית

אחד מחברי הצוות, ושותף בכתיבת כתבה זו, מצא כי גישת RRI עוזרת לו כמורה לכימיה להציג באור נכון ואחראי נושאים רלוונטיים רבים במסגרת הוראתו. הוא מסביר:

"רבות נהוג לדבר על ההי" טק כקטר הצמיחה של המשק הישראלי בלי להזכיר את התעשייה הכימית והפרמצבטי בישראל. התעשייה הכימית מהווה כ-25% מהתל"ג (על פי נתוני התאחדות התעשיינים) וללא ספק מהווה עמוד תווך במשק הישראלי.

אני מניח כי רובנו כמורים לכימיה נזכיר נתונים אלו בהתלהבות כדי למשוך תלמידים למגמה, או כדי לעודד את התלמידים שכבר בחרו במגמה. אך האם אנו מדברים אתם על המשמעויות וההשלכות השונות של פעילות התעשייה הכימית בישראל?

האם אנו מנהלים דיון חברתי מדעי מושכל על סוגיות שונות הנוגעות לחיי התושבים במדינה ולאותה תעשייה? האם קיום דיונים שכאלו אינו נדחק הצדה על חשבון עוד פרטי ידע בכימיה? ומה אנו כמורים לכימיה רוצים להנחיל לתלמידי ההווה, כימאי העתיד ואזרחי העתיד?

שגורה בפינו, מורי הכימיה, האמרה כי "כימיה זה הכול" או "כימיה זה החיים", אך האם התלמידים מרגישים שכימיה היא חלק מהחיים שלהם?

להלן מספר סוגיות אקטואליות שלעניות דעתי צריכות לעניין כל אזרח במדינת ישראל ובפרט אותנו מורי הכימיה: הזאת מכל האמונה ממפרץ חיפה, נתוני זיהום האוויר במפרץ חיפה, כריית פוספטים בשדה בריר, פיצוץ צינור קצא"א בערבה, מעבר לשימוש בגז מתאן, אנרגיות מתחדשות, הפלרת מי השתייה ועוד ועוד.

סוגיות אלו אינן חלק מתכנית הלימודים בכימיה, אך חשוב לשלבן בשיעורי הכימיה ולעורר את מודעות התלמידים לסוגיות אלו.