

כימיה ותעשייה

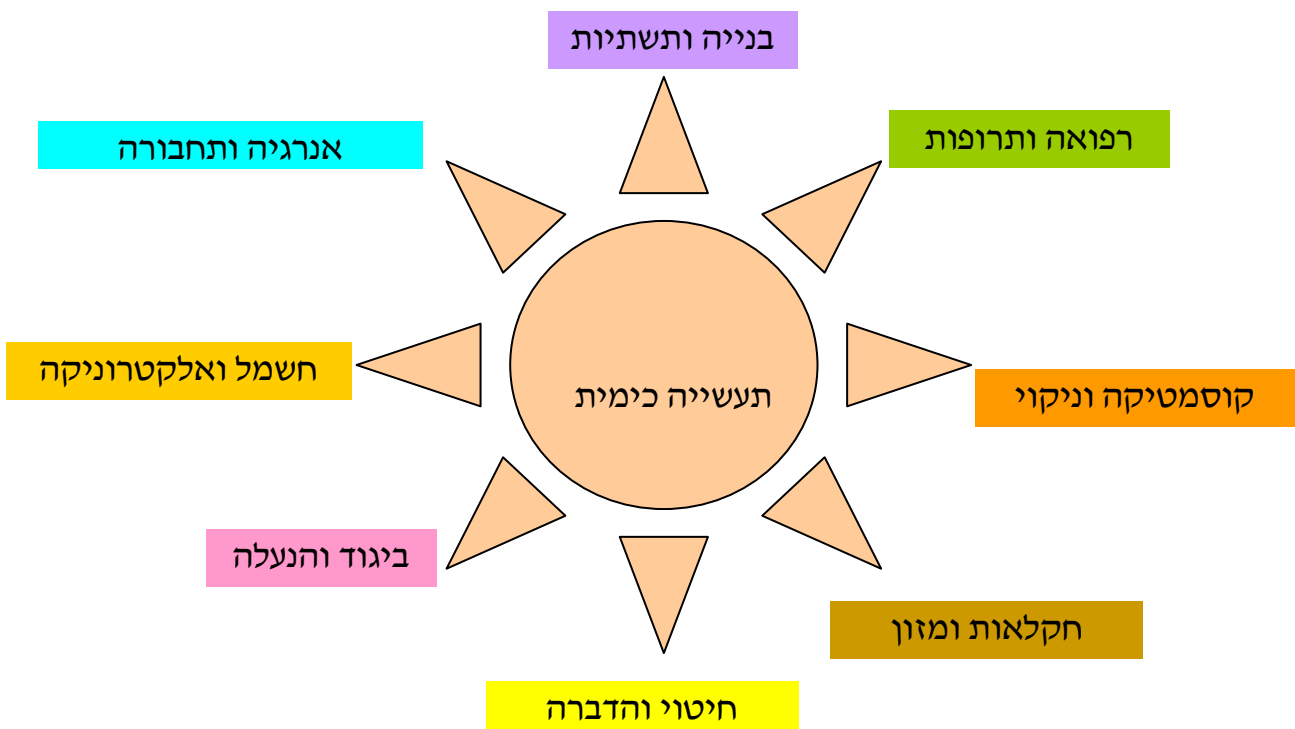
ד"ר מירי קסנר, המחלקה להוראת המדעים – מכון ויצמן למדע

תעשייה הכימית נקשרת אצל רבים ל מושג כימיקלים, אשר מעורר אצל רבים אסוציאציות של סכנות, חומרים מזיקים ותאונות. מה הסיבות לכך? האם מוצדק הדימוי השלילי שיש לתעשייה הכימית ומוצריה? האם אנו מוכנים לוותר עליהם?

גם סוכר ומלח בישול הם כימיקל ים. שניהם מ ופקים על ידי מפעלים בתהליכי הפרדה כימיים שונים, ונראה כי כולנו נסכים שלא נוכל לוותר עליהם. גם דשנים, המשמשים להשבחת גידולים, או חומרי דלק, המשמשים כמקורות אנרגיה לכל צרכינו, הם כימיקלים שנדבקה להם לעיתים קרובות תדמית של חומרים מסוכנים. האם חומרים אלו ואחרים, המשמשים אותנו לצורכי חיינו המגוונים הם כימיקלים שניתן להסתדר בלעדיהם?... ומה עם תרופות, צבעים, חומרים פלסטיים, מוצרי קוסמטיקה, מוצרי נייר... שבבי מחשב... ועוד? האם אינם פרי של התעשייה הכימית? כיצד ניתן לשמור על איכות חיים ויחד עם זאת לא לפגוע בה ולא להשאיר נזקים לדורות הבאים?

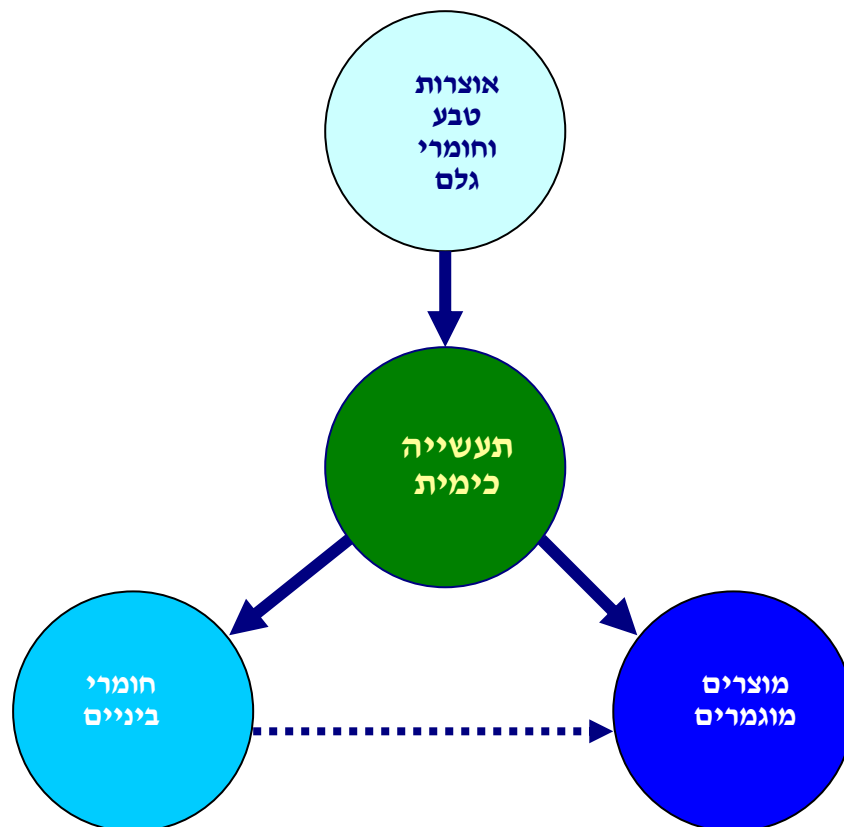
אנו מוקפים בחומרים רבים המהווים חלק בלתי נפרד מחיינו ותורמים לאיכות החיים שלנו. כל החומרים המקיפים אותנו הם כימיקלים. חלקם נוצרים בטבע וחלקם מיוצרים במפעלים תעשייתיים. מרבית האוכלוסייה אינה מוכנה לוותר על השימוש בחומרים אלו ועל השיפור המתמיד ברמת החיים. יחד עם זאת נשמעות לעיתים קרובות התקפות על התעשייה הכימית ומוצריה. כיצד ניתן לגשר בין הדימוי לבין המציאות? בין כימיקל (מסוכן) לבין מוצר (חשוב) של התעשייה הכימית?

התעשייה הכימית משרתת כמעט כל תחום בחיינו. התרשים הבא מראה רק חלק קטן מתחומים אלו:



התעשייה הכימית בארץ מהווה חלק חשוב בכלכלת המדינה. תעשייה זו מאגדת פעילות של כ- 400 מפעלים המייצרים מגוון מוצרים. כמו מרבית התעשיות, גם תעשייה זו נשענת על חומרי גלם מצד אחד ומקורות אנרגיה מצד שני.

אמנם לא בורכנו באוצרות טבע רבים ובמקורות אנרגיה זולים, אך למרות זאת את המעט שיש לנו מנצלת התעשייה הכימית להפקת חומרים רבים לשימושים מגוונים. בעזרת אוצרות הטבע המעטים המצויים בארץ, חומרי גלם המיובאים מחו"ל וכוח אדם מקצועי ומיומן הפכה התעשייה הכימית בארץ, ש התמקדה בעבר הלא רחוק בעיקר בי יצור חומרים בסיסיים, לתעשייה שאחוז גבוה מכלל הייצור של ה הם חומרי המשך ומוצרים בעלי ערך מוסף גבוה. התעשייה הכימית בישראל כיום עוסקת במגוון רחב מאד של תחומים והיא מהמתקדמות בעולם.



מפעלי התעשייה הכימית משתמשים באוצרות הטבע ובחומרי הגלם המיובאים על מנת לייצר מגוון מוצרים. חלק מהמוצרים הם מוצרים מוגמרים, וחלק משמשים כחומרי ביניים להמשך הייצור התעשייתי

הענפים הבולטים בתעשייה הישראלית הם:

- זיקוק נפט ודלקים
- רמצבטיקה
- דטרגנטים ותמרוקים
- מינרלים
- דשנים
- הדברה וחיטוי
- צבעים ודבקים
- ביוטכנולוגיה ודיאגנוסטיקה רפואית

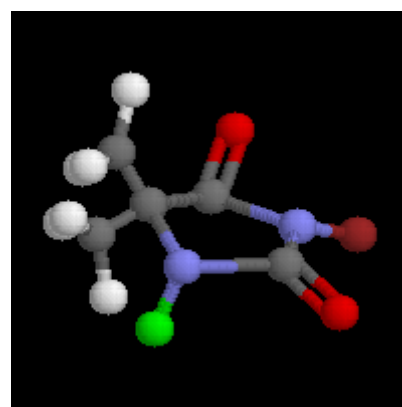
משאבי הטבע העיקריים בארץ הם ים המלח ומרבצי הפוספטים בנגב. ים המלח מהווה מקור למספר חומרים, שהחשובים ביניהם הם האשלג, הברום והמגנזיום, ואילו מרבצי הפוספט מהווים מקור לחומר חשוב נוסף - החומצה הזרחתית. חומרי גלם אלו מהווים בסיס משמשים הן כמוצרים מוגמרים והן כחומרי ביניים המהווים בסיס למוצרים רבים ומגוונים. חלקם אף משמשים ליישומים ייחודיים ביותר והם מהווים תשתית לתעשייה כימית רבת היקף וענפה ולמוצרים הניתנים לניצול למטרות רבות. למעשה אין גבול לפרי הדמיון ולפיתוח חומרים חדשים לשימושים שונים ומגוונים. הדינמיות שבתעשייה הכימית, ההתפתחות הטכנולוגית והמחקר והפיתוח המדעי, מביאים לייצור חומרים חדשים, לשיפור המוצרים הקיימים, למציאת יישומים חדשים לחומרים ישנים ולאיתור חומרים ותהליכים שהם ידידותיים יותר לסביבה.

המוצרים בתעשייה הכימית נחלקים לשתי קבוצות עיקריות:

מוצרים בסיסיים (Commodities) לרוב בעלי ערך מוסף נמוך ומיוצרים בכמויות גדולות. דוגמאות למוצרים בסיסיים המיוצרים בארץ: אשלג המיוצר במפעלי ים המלח ומשמש בעיקר כדשן או לייצור דשנים אחרים, ברום המיוצר גם הוא ממי ים המלח, חומצה גופרית המיוצרת מגופרית, אוויר ומים ומשמשת לייצור דשנים וחומרים אחרים, חומצה זרחתית המיוצרת מפוספט וחומצה מימן כלורית או חומצה גופריתית.

מוצרים מיוחדים (Specialties) לרוב בעלי ערך מוסף גבוה ומיוצרים בכמויות קטנות יותר. למשל: מעכבי בעירה (לדוגמה - הקסא-ברומו ציקלו דודקאן או בקיצור HBCD), חומרי חיטוי (לדוגמה – הידנתואין-1 ברומו, 3-כלורו, 5-דימתיל, או כפי שקרוי בשפה מסחרית הלוברום), תוספי מזון המיוצרים בדרגת ניקיון מיוחדת, תרופות ועוד.

מולקולת הלוברום-חומר המשמש לחיטוי מים

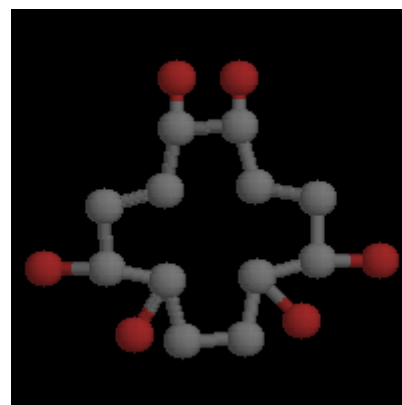


מולקולת HBCD-חומר המשמש לעיכוב בעירה

אשלג - KCl

חומצה גופרתית - H_2SO_4

חומצה זרחתית - H_3PO_4



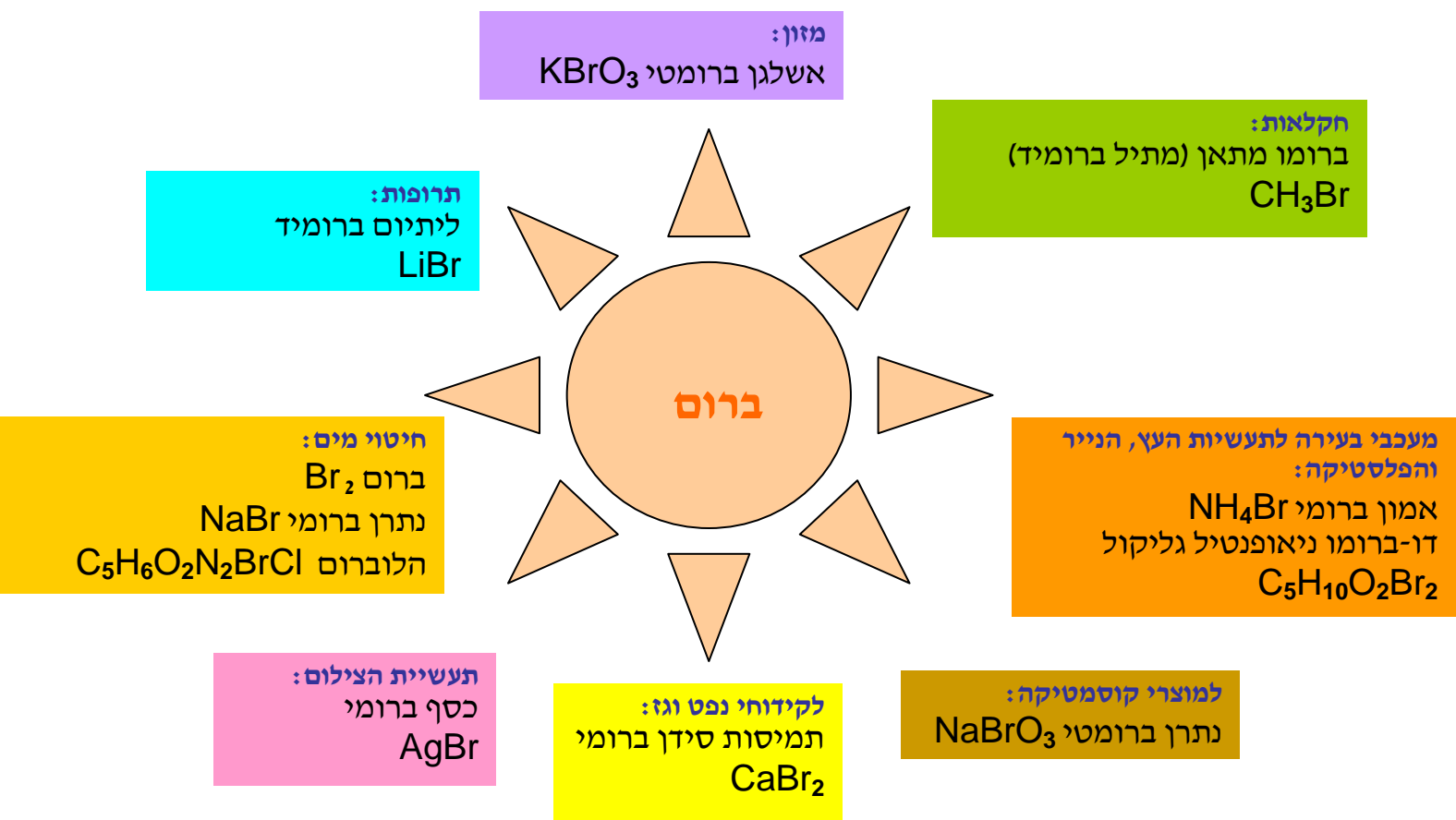
כדי לייצר את חומרים אין די בידע כימי אלא חייבת להתקיים מערכת מורכבת של שיתוף פעולה בין בעלי מקצועות ותפקידים רבים לצורך העברת התהליך מניסוי במעבדה למיתקן כימי המייצר בקנה מידה גדול, תוך כדי שמירה על הבטיחות ואיכות הסביבה מצד אחד והרווחיות מצד שני. אנשי המדע מתחומי הכימיה, הביולוגיה, הביוכימיה, הביוטכנולוגיה ועוד, מהנדסים וטכנאי מתחומי הכימיה, המכונות, החשמל והאלקטרוניקה, מומחי בטיחות, טוקסיקולוגיה ואיכות הסביבה, אנשי כלכלה, לוגיסטיקה, שיווק ומכירות, מינהל ועוד.

נביא מספר דוגמאות מהתעשייה הכימית הישראלית:

הברום מיוצר בתהליך חמצון חיזור בין כלור גזי לבין יוני ברומיד שמקורם בתמיסות מי ים המלח (תמלחות) לאחר שעברו תהליכי אידוי ושיקוע של מספר מלחים.



הברום כיסוד מהווה מוצר מוגמר למספר שימושים, אך למרבית השימושים הוא למעשה חומר ביניים ממנו מקבלים בתהליכים כימיים שונים (חמצון-חיזור, חומצה בסיס, סיפוח, התמרה, שיקוע ועוד) מגוון מוצרים, אשר רק חלק קטן מהם מופיע בסכימה שבעמוד הבא:



המוצרים הללו, חלקם שייכים לקבוצת המוצרים הבסיסיים וחלקם לקבוצת המוצרים המיוחדים. הם מיוצרים במפעל תרכובות ברום, השייך לקבוצת הברום, וממוקם ברמת חובב בנגב: <http://www.dsbg.com>

קיימות תעשיות נוספות המתבססות על מוצרי מפעל תרכובות ברום והן ברובן מייצרות מוצרי המשך, שהם מוצרים מיוחדים. תוכלו לראות דוגמאות למוצרים כאלה באתר **מפעל כימדע**, שהוא כיום מפעל בת של קבוצת הברום: <http://www.chemada.com>

דוגמה אחרת לתעשייה כימית ענפה המנצלת חומרי גלם מיובאים היא התעשייה הפטרוכימית-תעשייה המבוססת על מוצרי הנפט. למרות שארצנו לא בורכה במאגרי נפט, הוקמה כאן תעשייה פטרוכימית חשובה המתבססת על ידע מדעי וטכנולוגי, שחלקו נקנה במקומות שונים בעולם, וחלקו פותח בכוחות מקומיים. עיקר השימוש של הנפט הוא כמקור לאנרגיה בכלי התחבורה השונים, כחומר דלק להנעת מיתקנים במפעלים שונים, לבישול ולחימום. יחד עם זאת משמש הנפט גם כחומר גלם בעל חשיבות גדולה במיוחד, שכן אפשר להפיק ממנו מספר גדול מאד של מוצרים המשמשים אותנו בכל תחומי חיינו. כיום ידועים יותר מ-10 מיליון חומרים אשר ניתנים להפקה מהנפט הגולמי. בתרשים הבא ניתן לראות כי הנפט הוא חומר גלם המשמש בתחום רחב מאד של תעשיות.

לצורך כך נבנו בארץ שני נמלי נפט (בחיפה ובאשדוד), אשר דרכם מובא לארץ הנפט הגולמי. בשני בתי הזיקוק אשר נבנו בסמוך, מזקקים ומפרידים את הנפט הגולמי למרכיביו, והם מועברים לעשרות מפעלי תעשייה בהם מייצרים את מוצרי הצריכה המשמשים אותנו.

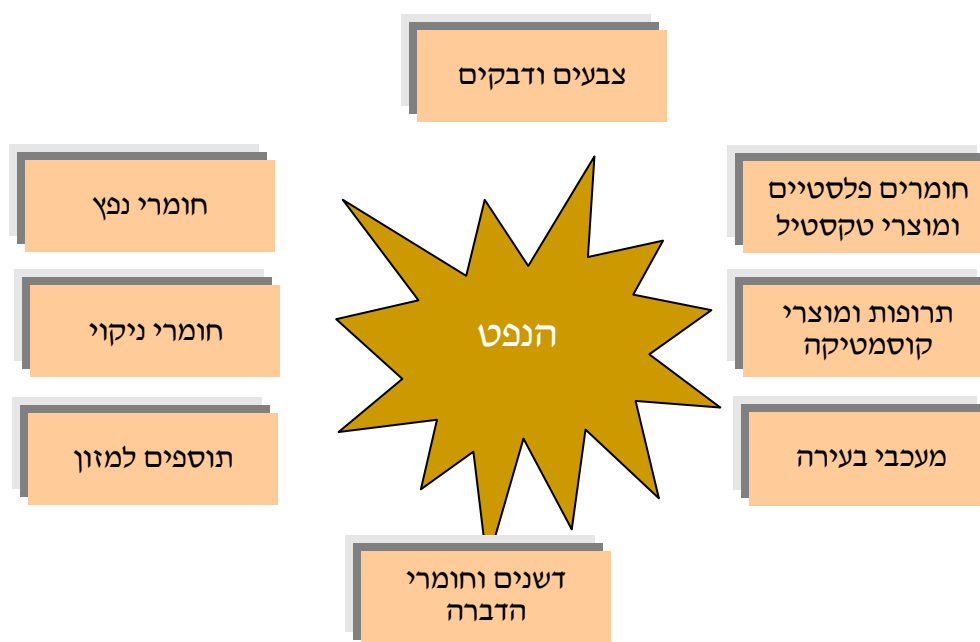
להלן מספר כתובות של מפעלי פטרוכימיה בארץ:

<http://www.orl.co.il> בתי הזיקוק בחיפה

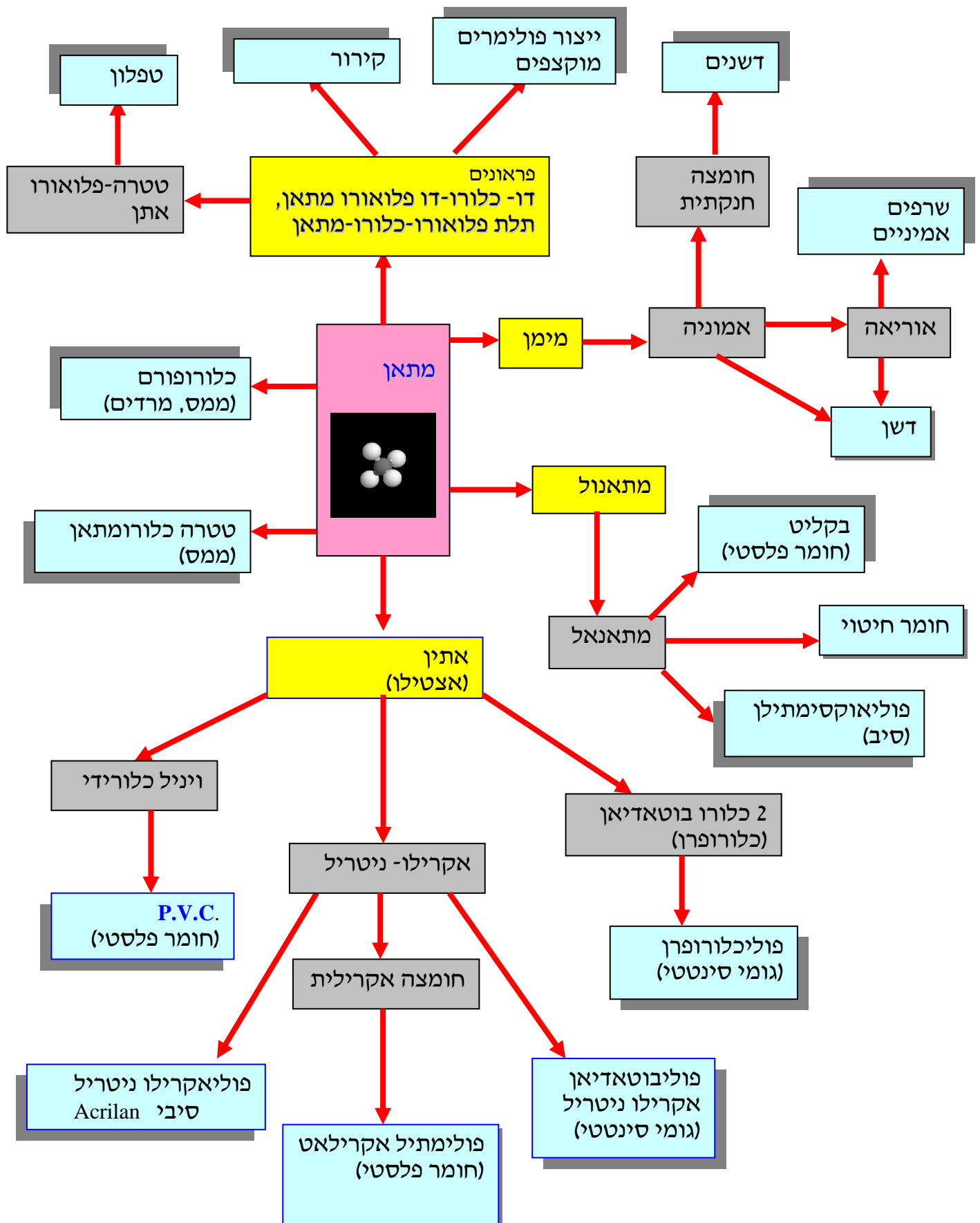
<http://www.gadiv.com> גדיב תעשיות פטרוכימיה

<http://www.dor-chemicals.co.il> דור כימיקלים

<http://www.carmel-olefins.co.il/> כרמל אוליפינים



הנפט הגולמי הוא למעשה תערובת של פחמימנים-תרכובות פחמן ומימן. המולקולות של תרכובות אלו יכולות להיות בנויות ממספר קטן או גדול של אטומים, החל מחומר כמו המתאן, CH_4 , שהמולקולות שלו בנויות מאטום פחמן אחד וארבעה אטומי מימן (גז המתאן, המצוי בתערובות הנפט הגולמי, המופק בדרך כלל בקידוחי הנפט יחד עם הנפט הגולמי) ועד למולקולות המכילות כמה עשרות של אטומי פחמן ואטומי מימן בהתאמה. בתהליכי פרוק והרכבה שונים ניתן באמצעות זרזים ייחודיים או תנאים מתאימים, למשל תנאי לחץ וטמפרטורה, לייצר פחמימנים בעלי שרשרות קצרות או ארוכות, ישרות או מסועפות, טבעות בגדלים שונים ואף להתמיר אטומי מימן או פחמן באטומים שונים אחרים. כך למעשה אין סוף למגוון האפשרויות. פחמימנים אלו או נגזרותיהם יכולים לשמש הן כמוצרים מוגמרים והן כמוצרי ביניים לקבלת חומרים מורכבים עוד יותר, או פולימרים שונים לשימושים מגוונים. לדוגמה נוכל לעיין בסכימה הבאה (שנלקחה מתוך האתר הלימוד: "כימיה ותעשייה כימית בשרות האדם". הסכימה הוכנה על ידי סוזנה דוד מתיכון הדסים ותיכון שי עגנון בנתניה, ודורית טייטלבוים מתיכון ש. בן-צבי בגבעתיים) המציגה מקצת מהחומרים המיוצרים על **בסיס גז המתאן**:



דוגמה נוספת לתהליך ייחודי המשלב הן חומרי גלם מקומיים והן חומרי מיובאים ועושה שימוש בטכנולוגיות ייחודיות, הוא התהליך לייצור הדשן אשלגן חנקתי, KNO_3 . תהליך זה פותח בשנות השישים על ידי מדעני תמ"י (תעשיית מחצבי ישראל), נרשם כפטנט, וזכה לפרסום בכל העולם כ"תהליך חיפה", אשר היווה את הבסיס להקמתו של מפעל חיפה כימיקלים שתוצרתו משווקת למדינות רבות בעולם. האשלגן החנקתי מיוצר מחומרי הגלם אשלג וחומצה חנקתית (המיוצרת על ידי תהליך חמצון של אמוניה, שהיא חומר גלם מיובא, וספיגת תחמוצת החנקן במים). בתהליך שיווי משקל, מתקבלים האשלגן החנקתי המוצק ותמיסת חומצה מימן כלורית. העובדה שתהליך זה הוא תהליך שיווי משקל, גורמת לכך שתיווצר תערובת של חומרי גלם ותוצרים-מה שמביא, הן לקשיי הפרדה של המוצר הסופי מתערובת התגובה, והן לניצולת נמוכה יחסית. בתהליך מתוחכם המשלב טכנולוגיות של מיצוי והפרדה, מתקבל תוצר ייחודי בדרגת ניקיון גבוהה ביותר. תמיסת החומצה המימן כלורית אינה הולכת לאיבוד או מושלכת לסביבה. היא משמשת בתהליך המשך לייצור חומצה זרחתית, על ידי תגובה עם חומר גלם נוסף-פוספט. תהליך זה פועל כיום במפעלי חיפה כימיקלים <http://www.haifachem.co.il> ובמפעל רותם אמפרט נגב <http://www.iclfertilizers.com>.



סקרנו כאן רק מקצת התהליכים והמוצרים של התעשייה הכימית. תוכלו לחזור לשאלות שנשאלו בתחילת המאמר ולהשיב עליהן בעצמכם. אין ספק שהתעשייה הכימית מייצרת מוצרים חשובים, שלא ניתן כיום לתאר את חיינו בלעדיהם. אין ספק שאחריות רבה מוטלת על כל הרשויות לדאוג לכך שהן הייצור והן השימוש יהיו בטיחותיים, ידידותיים לסביבה ולאדם - כך תשתפר תדמיתם בציבור וה דימוי השלילי הקיים לעיתים יהפוך להכרה בחשיבות ולהערכה.

ביבליוגרפיה:

1. לא על הברום לבדו, מים המלח למוצרים בשרות האדם (1999). מאת מירי קסנר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.
2. הזהב השחור מאת שרה שני (2000). המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.
3. לא על הדשן לבדו, תעשיית הדשנים בישראל (1999). מאת מירי קסנר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.
4. דרך הצבע מערכות התעשייה (2002). מאת ליאורה סער ומירי קסנר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

5. התעשייה הכימית בישראל, מאת יוסי דנקונה

<http://www.weizmann.ac.il/ICS/booklet/8/pdf/hataasia.pdf>

פורסם בבטאון החברה הישראלית לכימיה, כימיה בישראל, גיליון מס' 7, אוגוסט 2001

6. באתר החברה הישראלית לכימיה

מידע מתומצת באנגלית (מסודר לפי A-Z) על מפעלי התעשייה הכימית והפרמצבטית העיקריים בישראל: סקירה כללית קצרה, פרטים עיקריים ותמצית קצרה על תחומי העיסוק של המפעלים (מעודכן ל-1998).

http://www.weizmann.ac.il/ICS/new_pages/indus_en.html#top

7. באתר התאחדות התעשיינים

רשימת מפעלים, כולל חיפוש לפי מילות מפתח:

https://www.bdi.co.il/i_D21J_IMA.asp

קטלוג באנגלית של יצואנים ישראלים, מסודר לפי ענפים:

http://www.tamas.gov.il/tamas_Mainlink.asp?link=bin/goto.asp?{F3639

8. אתר משרד מסחר ותעשייה של ממשלת ישראל:

<http://www.tamas.gov.il/>

9. אינדקס תפוז על תעשייה בישראל: תעשייה כימית, זכוכית, תרופות, פלסטיק ועוד.

<http://www.tapuz.co.il/index/proceed.asp?c=850>

10. אינדקס מוזאיק על מפעלי תעשייה

<http://il.dir.mosaicfx.com/serf.pl?data=170>

11. המרכז לייצור נקי, אתר ישראלי מטעם התאחדות התעשיינים והמשרד לאיכות הסביבה:

<http://www.cpc.org.il/>

12. האתר הלימודי: כימיה ותעשייה כימית בשרות האדם, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

ומשרד החינוך-תעשייה כימית בישראל, מאגר מפעלים.

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/learnchem/>