

מקוונים לכימיה

ללמוד מהיסוד

פיתוח וכתובה: ד"ר אורית הרשקוביץ

ראש הפרויקט: פרופ' יהודית דורי

ספר המלווה את יחידת הלימוד המקוונת בנושא **חומרים**, כיתה ט'
מותאם לתכנית הלימודים החדשה במדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים

© כל הזכויות שמורות למחברים ולמוסד הטכניון למחקר ופיתוח

בוו
5
D

פחמן
6
C

זנקו
7
N

ברצוננו להודות:

- ♥ למורים ולפרחי ההוראה אשר תרמו הצעות לפעילויות בנושאי הלימוד בספר (לפי סדר א"ב):
תובל ברנדון-ברנסבורג, תמר גריס, עבלה יעקוב, גבי שוורץ, איילה עדי, חגית רפאלי-מישקין,
ד"ר ראיד שורוש, אמאל שיני-גיראיסי
- ♥ למנהלת בית הספר כפר גלים הגב' יוליה ארגמן ולמורות יעל גול-ורדי ומירי צעירי על ניסוי
חלקים מיחידת הלימוד המקוונת בכיתותיהן ומתן משוב משמעותי
- ♥ לגבי שוורץ על סיועה בפרק הקשר הקוולנטי ובהכנת המדריך למורה
- ♥ לחגית רפאלי-מישקין, לגבי שוורץ ולאמאל שיני-גיראיסי על הסיוע בניסוי חומרי הלימוד
בכיתות הניסוי
- ♥ לד"ר צביה קברמן על קריאת החומר ועל מתן הערות חשובות

עריכת לשון ומגדר: שלומית ברנע

עיצוב וגרפיקה בספר: נועם שושן

גרפיקה ביחידת הלימוד המקוונת: תמי סיון

עיצוב עטיפה: טל הרשקוביץ



כל הזכויות שמורות למחברים ולמוסד הטכניון תשע"ה, ינואר 2015
אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאכסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט
בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה.
שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט אלא ברשות
מפורשת בכתב מהמחברים ומהמוציא לאור.

תוכן העניינים

4	מבוא
5	הקשר הקוולנטי
6	קשר קוולנטי בין אטומים זהים
6	קשר קוולנטי בין שני אטומי פלואור
9	קשר קוולנטי בין אטומים שונים
9	קשר קוולנטי בין שני אטומים שונים
11	קשר קוולנטי במולקולה רב-אטומית
13	קשר קוולנטי כפול ומשולש
15	קשר קוולנטי וקשר יוני
15	רגע, עוצרים: קשר מול קשר
16	חושבים כימיה - רמות הבנה בכימיה
18	אנרגיה וקשרים כימיים
18	יצירה ופירוק של קשרים כימיים
21	היסוד פחמן ורכובותיו
22	מחזור הפחמן בטבע
23	הפחמן - יסוד אחד וכל-כך מיוחד
24	מבוא - יהלום וגרפיט
27	צורות אלטרופיות של פחמן
31	ייחודו של אטום הפחמן
31	תרכובות הפחמן
32	תרכובות הפחמן - מבוא
34	צורות ייצוג של תרכובות פחמן
39	פחמימנים
40	זמן חקר - מסיסות במים של תרכובות פחמן
42	מסיסות אתאנול במים - חושבים כימיה
43	פחמימנים בנפט גולמי
44	תגובות שרפה של פחמימנים
44	תרכובות פחמן במזון
44	מבוא
45	שומנים
51	פחמימות
55	חלבונים
60	חומרים והשפעתם על הפרט, על החברה ועל הסביבה
60	מטלפונים ניידים למחזור החיים של מוצרים
60	מיחזור טלפונים ניידים
62	מחזור החיים של מכלי שתייה
62	מחזור החיים של בקבוק זכוכית
65	מחזור החיים של פחית אלומיניום
67	מחזור החיים של בקבוק פלסטיק לשתייה
69	סיכום
71	בחזרה לטלפונים הניידים

מבוא

תלמידים יקרים,

ביחידת לימוד זו פתחנו בפניכם צוהר לעולם הכימי של חומרים ותכונותיהם, לתופעות שאנו רואים וחשים, להתרחשויות בין החלקיקים המרכיבים את החומרים ולשפה הכימית המאפשרת לנו לתאר את התהליכים סביבנו.

פיתוח יחידת לימוד זו מבוסס על הניסיון הרב שנצבר בשני העשורים האחרונים בקבוצת הכימיה במחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, בראשות פרופ' יהודית דורי ובשיתוף עם ד"ר אורית הרשקוביץ.

אנו מאחלות לכם לימוד מהנה ופורה ומקוות שעוררנו בכם עניין להמשיך וללמוד מדעים בכלל וכימיה בפרט.

אורית ויהודית

מה כולל הספר?

הספר מלווה את יחידת הלימוד המקוונת ומכיל את ליבת חומרי הלימוד בנושא חומרים. כל המידע המוצג במצגות של השיעורים השונים במערכת המקוונת Lnet מוצג בספר, כולל הפעילויות המשולבות בשיעורים אלו.

תוכן העיניינים ומבנה הנושאים השונים בספר מותאם למבנה המוצג במערכת המקוונת באופן הבא:

מייצג שיעור המוצג במערכת Lnet כמצגת בעלת שם זהה לזה שבספר



מייצג פעילות תירגול או דיון הנמצאת בתוך מצגת השיעור

במערכת Lnet

פסק למן לחשיבה ולתראול

מייצג פעילות תירגול במערכת Lnet. מתחת לסמל

זה מוצגים שמות התירגולים השונים במערכת

המומלצים לתירגול הנושא הנלמד

פסק למן לחשיבה ולתראול



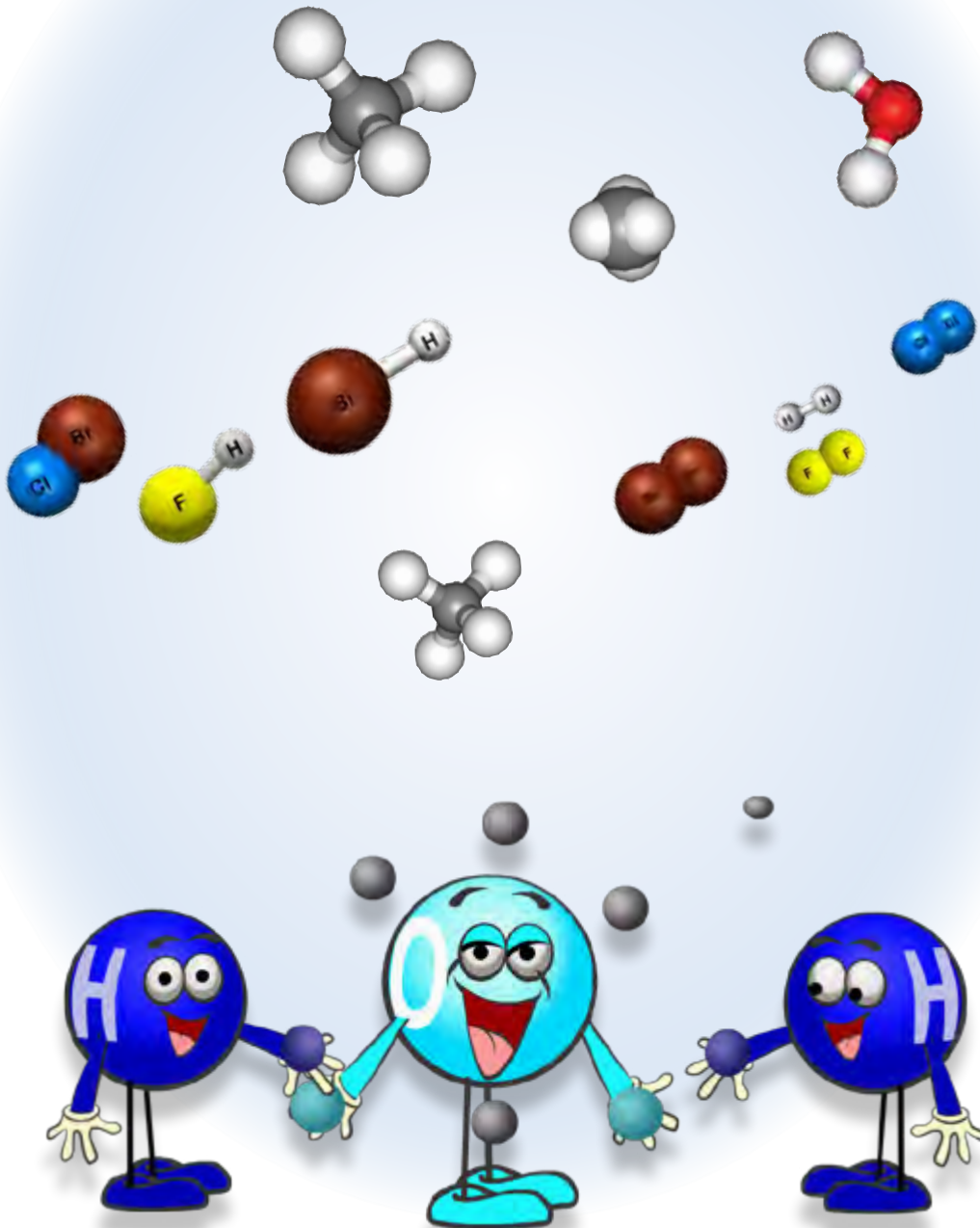
פחמן

6
C

זנקו

7
N

הקשר הקוולנטי



בוה
5
D

פחמן
6
C

זנקו
7
N

קשר קוולנטי בין שני אטומי פלואור



”סיפור אהבה” כימי בין אטומים

רבים מכורים לדרמות ההוליוודיות החושפות סיפורי אהבה מרגשים וקורעי לב או לתכניות הראליטי המיועדות למציאת בני זוג ולתיאור תהליך ההתאהבות. פעמים רבות השחקנים מתארים כי הם התאהבו זה בזה מכיוון שהייתה ביניהם כימיה. מתברר שגם בין אטומים מתקיים סיפור אהבה כימי* בעל עלילה מעניינת ומורכבת, שבסופה נוצר הקשר הכימי המכונה **קשר קוולנטי**.

תחילת העלילה: ”סיפור אהבה” כימי פשוט

בואו נצא ל”מסע האהבה” של שני אטומי פלואור (F) ונראה מה מאפיין אותו.

בשלב הראשון נמצאים אטומי הפלואור במרחק רב זה מזה, ולכן אינם חשים **במשיכה או בדחייה חשמלית** זה כלפי זה (בדומה לשני אנשים שאינם מכירים זה את זה).

בשלב הבא, כאשר האטומים מתחילים להתקרב זה לזה, האלקטרונים הנמצאים סביב גרעין אטום פלואור אחד מתחילים להימשך לפרוטונים שבגרעין אטום פלואור אחר ולהפך. כך מתחיל להירקם סיפור אהבה. במקביל מתקיימים גם כוחות דחייה בין האלקטרונים סביב גרעין אטום פלואור אחד לאלקטרונים סביב גרעין אטום פלואור אחר, ובין הפרוטונים שבגרעין אטום פלואור אחד לפרוטונים שבגרעין אטום פלואור אחר. הכוח המניע את האטומים להמשיך ולהתקרב זה לזה הוא המשיכה החשמלית החזקה שבין הפרוטונים שבגרעין אטום אחד לאלקטרונים סביב גרעין האטום האחר.

האטומים ממשיכים להתקרב זה לזה עד שבמרחק מסוים, כוחות המשיכה החשמליים שבין הפרוטונים שבגרעין אטום אחד לבין האלקטרונים סביב גרעין אטום אחר משתווים לכוחות הדחייה שבין הפרוטונים בשני גרעיני האטומים והאלקטרונים בשני האטומים. זהו שלב מכריע שבו מתרחש איזון בין כוחות הדחייה לכוחות המשיכה ונוצר הקשר הכימי הקרוי **קשר קוולנטי** (קו – שיתוף; וְלִנְטִיּוֹת – ערכיות)

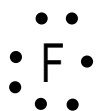
ומתקבלת **מולקולה**. מולקולה זו מתקיימת לאורך זמן מכיוון שכוחות המשיכה והדחייה **בתוך** המולקולה משתווים.

מולקולה מורכבת מקבוצת אטומים, זהים או שונים, הקשורים ביניהם בקשר כימי קוולנטי.

* זיכרו כי כמובן מדובר באנלוגיה לחיים ואין ליחס רגשות לעולם החומרים בכלל ולאטומים בפרט.

לאחר שהאטומים "התאהבו" זה בזה ונוצרה מולקולה שבה האטומים קשורים ביניהם בקשר קוולנטי, ננסה להבין מה מאפיין את הקשר שלהם: האם "הזוגיות" שלהם מבוססת על "אהבה" ושיתופיות?

כל אטום פלואור מכיל 9 פרוטונים ו-9 אלקטרונים; 7 אלקטרונים נמצאים ברמת האנרגיה האחרונה ואלה הם אלקטרוני הערכיות.



בשפה הכימית נהוג לצייר נוסחת ייצוג לכל אחד מאטומי הפלואור בדרך הבאה:

כלל האוקטט (אוקטט - שמונה) קובע כי אטומים נוטים להיקשר בקשר כימי כך שלכל אחד מהם יהיו שמונה אלקטרונים ברמת האנרגיה החיצונית - הגבוהה ביותר שלו, בדומה למבנה האלקטרוני היציב של גז אציל. לכלל זה הרבה יוצאים מן הכלל ולמעשה הוא מתקיים בעיקר ביסודות השורה השניה והשלישית במערכת המחזורית.

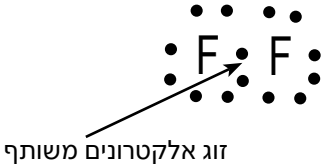
קשר קוולנטי מאפיין בשיתוף של זוגות אלקטרונים. זוגות אלקטרונים אלו שייכים לאלקטרוני הערכיות של האטומים המשתתפים בקשר.

נוסחת ייצוג אלקטרונית מלאה (נוסחת לואיס) מציגה את סמלי האטומים במולקולה וסביבם כל אלקטרוני הערכיות כולל זוגות האלקטרונים המשותפים.

נוסחת מבנה מציגה את סמלי האטומים במולקולה ואת הקשרים הקוולנטיים בניהם. קשרים אלה מוצגים באמצעות קווים אופקיים. כל קו מייצג זוג אלקטרונים משותף.

לפי **כלל האוקטט** שואף האטום להשלים לרמת אנרגיה מלאה ובה 8 אלקטרונים. לכן כל אטום פלואור "זקוק" לאלקטרון אחד נוסף כדי להשלים לרמת אנרגיה מלאה. על כן הקשר שנוצר בין שני אטומי פלואור הוא **קשר שיתופי** שבו לכל אחד מאטומי הפלואור יש 8 אלקטרונים ברמה האחרונה. התוצאה היא שיש **זוג אחד של אלקטרונים המשותף** לשני אטומי הפלואור. זוג אלקטרונים זה מושך במידה שווה את שני הגרעינים של אטומי הפלואור שבקשר. זו הסיבה שהקשר קרוי קשר קוולנטי ($\text{קו} = \text{שיתוף}$, **ולנטיות** = ערכיות).

בנוסחת הייצוג הבאה אפשר לראות את כל אלקטרוני הערכיות של שני אטומי הפלואור כולל את זוג האלקטרונים המשותף ביניהם.



נוסחת ייצוג זו, שמוצגים בה כל אלקטרוני הערכיות (האלקטרונים ברמת האנרגיה החיצונית של האטום) מייצגת מולקולה וקרויה **נוסחת ייצוג אלקטרונית מלאה או נוסחת לואיס** (על שם הכימאי גילברט ניוטון לואיס).

נהוג לסמל את זוג האלקטרונים המשותף בקשר הקוולנטי באמצעות קו כפי שאפשר לראות בנוסחת הייצוג הבאה: $\text{F}-\text{F}$, הקרויה גם **נוסחת מבנה**.

לאחר היווצרות הקשר הקוולנטי בין שני אטומי הפלואור נוצרה מולקולה ובה שני אטומי פלואור המיוצגת

באמצעות הנוסחה הכימית: F_2 .

אפשר, אם כן, לסכם ולומר כי "הזוגיות" של שני אטומי הפלואור אכן מבוססת על "אהבה ושיתופיות".

נוסחה כימית מייצגת את סמלי האטומים בתרכובת ואת מספרם. הנוסחה הכימית, של חומר הבנוי ממולקולות עם קשרים קוולנטיים בין האטומים, קרויה גם בשם **נוסחה מולקולרית**.

פסק למן לחשיבה ולתראול



אטום הפלואור

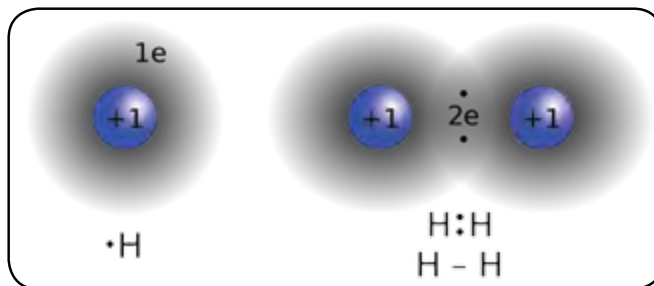
פסק למן לחשיבה ולתראול



1. כל משפחת ההלוגנים (היסודות בטור השביעי במערכה המחזורית) יוצרת מולקולות שיש בהן קשרים קוולנטיים בדומה למולקולת הפלואור. השלימו את הטבלה הבאה:

נוסחה כימית (מולקולרית)	נוסחת מבנה	נוסחת ייצוג אלקטרונית (מלאה) (נוסחת לואיס)	האטומים במולקולה
F_2	F-F		F, F
			Cl, Cl
			I, I
			Br, Br

2. הסבירו את האיור הבא. התייחסו לאותיות ולמספרים שבו והסבירו את משמעותם.



פסק למן לחשיבה ולתראול



סיכום הקשר הקוולנטי בין אטומים להים, שימושים של פלואור ותרכובותיו.

קשר קוולנטי בין שני אטומים שונים



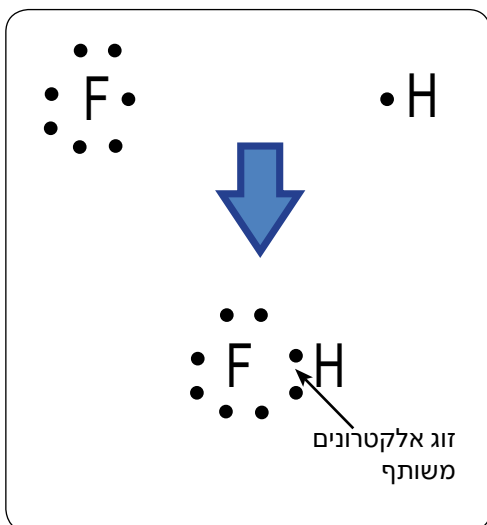
המשך העלילה: "סיפור אהבה" כימי מורכב

עד כה תיארנו את מסע ההתאהבות ויצירת הקשר הכימי השיתופי – הקשר הקוולנטי, בין שני אטומים זהים כגון פלואור, כלור, ברום. נזכיר שלאחר היווצרות קשר זה ושיתוף האלקטרונים התקבלה מולקולה שסימולה הכימי הוא: F_2 , Br_2 , Cl_2 .

אך כמו בכל טלנובלה משובחת ודרמה הוליוודית קורעת לב, העלילה הולכת ומסתבכת וסיפורי האהבה הופכים מורכבים מתמיד. כפי שכבר הבחנתם, עולם הכימיה לא פחות מרתק ומעניין. בחלק הבא נציג את הקשר השיתופי שנוצר בין שני אטומים שאינם זהים ונראה כיצד הקשר הקוולנטי מתאפשר ביניהם.

להלן מוצג "סיפור אהבה" כימי מורכב שנוצר בין אטום מימן, שסמלו הכימי הוא H, לאטום פלואור שכבר פגשנו, וסמלו הכימי הוא F.

יחודו של אטום מימן הוא בהיותו בעל פרוטון אחד בלבד בגרעין ואלקטרון אחד בלבד. כלל האוקטט לא מתקיים באטום מימן, אשר עבורו רמה מלאה תכיל שני אלקטרונים בלבד. כפי שכבר ראינו, לפלואור יש 9 פרוטונים בגרעין ו-9 אלקטרונים סביבו, שבעה מתוכם נמצאים ברמת האנרגיה החיצונית הרחוקה ביותר מהגרעים בה נמצאים אלקטרונים הערכות). לאור זאת, גם מימן וגם פלואור "זקוקים" לאלקטרון אחד בלבד על מנת להשלים לרמת ערכיות מלאה. כתוצאה מכך כל אחד משתף "במערכת יחסים" זו אלקטרון משלו על מנת להשלים את "תהליך ההתאהבות" שלהם באופן סופי. באופן זה נוצר הקשר הקוולנטי השיתופי ביניהם. אפשר לראות זאת באיור הבא באמצעות נוסחאות לואיס:



יצירת קשר קוולנטי בין אטום מימן לאטום פלואור

מתקבלת המולקולה מימן פלואורי אשר נוסחת המבנה שלה היא H – F ונוסחתה המולקולרית HF. אם נספור את מספר האלקטרונים אשר מקיפים כל אטום נראה כי סביב אטום המימן יש שני אלקטרונים, ועל כן הוא השלים לרמת ערכיות מלאה מבחינתו והוא "מרוצה" במערכת היחסים שלו עם פלואור. סביב אטום פלואור יש 8 אלקטרונים ברמת האנרגיה החיצונית שלו וגם הוא "מרוצה" במערכת היחסים שלו עם המימן.

פסק למן לחשיבה ולתראול

השלימו את הטבלה הבאה:

האטומים במולקולה	נוסחת ייצוג אלקטרונית (נוסחת לואיס)	נוסחת מבנה	נוסחה כימית (מולקולרית)
F, Br			
Br, Cl			
H, I			
H, Br			
H, Cl			

לסיכום

בדוגמה שלעיל הצגנו כי בין אטום מימן לאטום פלואור נוצר קשר קוולנטי שיתופי לקבלת המולקולה H-F. אך האם הזוגיות שלהם מבוססת על שיווין מלא ועל שיתופיות מוחלטת? כלומר האם זוג האלקטרונים שהם משתפים שייך לשניהם באותה מידה? או שכמו בכל מערכת יחסים יש מישהו שאוהב יותר ומישהו שאוהב פחות?

מתברר כי לכל אטום יש נטייה משלו כלפי "האהבה" שלו לאלקטרונים ועד כמה הוא שואף שיהיו לצדו. לאטום פלואור "אהבה" חזקה יותר לאלקטרונים מאשר לאטום מימן. לכן, אף על פי

ששניהם משתפים זוג אלקטרונים במולקולה HF, זוג האלקטרונים המשותף נמשך חזק יותר לאטום הפלואור מאשר לאטום המימן. דוגמה זו מייצגת שיתופיות בקשר הקוולנטי אך לא שיוויונית. קשר קוולנטי מסוג זה מכונה **קשר קוולנטי קוטבי**.

אם ניזכר בסיפור האהבה הכימי הפשוט בין שני אטומי פלואור, נוכל לומר כי שניהם "אוהבים" באותה מידה את האלקטרונים, ולכן במקרה זה מדובר בזוגיות שיתופית מוחלטת. קשר קוולנטי מסוג זה מכונה קשר קוולנטי טהור.

קשר קוולנטי קוטבי נוצר בין אטומים בעלי נטייה שונה למשוך את זוג האלקטרוני הקשר אליהם. לאטום פלואור הנטייה הגבוהה ביותר למשוך אליו אלקטרוני קשר מבין כל האלמנטות.

קשר קוולנטי טהור נוצר בין אטומים זהים או אטומים בעלי נטייה שווה למשוך את זוג האלקטרוני הקשר אליהם.

פסק למן לחשיבה ולתראול



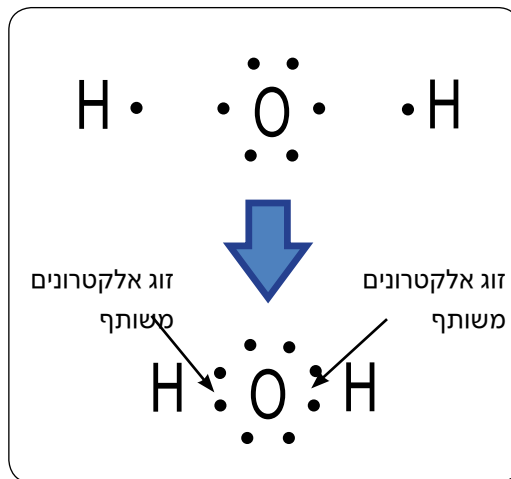
הקשר הקוולנטי בין שני אטומים

קשר קוולנטי במולקולה רב-אטומית

העלילה מתרחבת: "סיפור אהבה" כימי רב משתתפים

כמו בחיים, גם בזוגיות הזאת יש לעתים מעורבים נוספים. מה קורה כאשר אטום מימן פוגש אטום חמצן? כאן "האהבה" בין שני האטומים בלבד לא מספקת מכיוון שאטום החמצן, בעל שישה אלקטרוני ערכיות, "זקוק" לשני אלקטרונים נוספים כדי להשלים לאוקטט של שמונה אלקטרונים ברמת הערכיות שלו. אטום מימן אחד יכול לשתף עם אטום החמצן רק אלקטרון אחד. עם זאת, שני אטומי מימן יכולים לשתף ביחד שני אלקטרונים כך שאטום החמצן ישלים לאוקטט של שמונה אלקטרונים. לצורך כך אטום החמצן "יאלץ" לשתף שני אלקטרונים שלו - כל אלקטרון ישתתף בקשר זוגי עם אטום מימן אחד.

באיור הבא מוצגים, באמצעות נוסחאות לואיס, הקשרים הקוולנטיים הנוצרים בין אטום חמצן לשני אטומי מימן.



יצירת קשרים קוולנטיים בין אטום חמצן לשני אטומי מימן

אפשר לייצג את התרכובת שנוצרה גם באמצעות נוסחת המבנה הבאה: H - O - H. כל קו בנוסחת המבנה מייצג קשר קוולנטי בודד. במולקולה זו קיימים שני קשרים קוולנטיים בודדים. קשרים אלה הם קשרים קוולנטיים קוטביים מכיוון שהאטומים המשתתפים בקשר אינם זהים והנטייה שלהם למשוך את אלקטרוני הקשר איננה זהה. הנוסחה הכימית של המולקולה היא H₂O, המוכרת לנו כמולקולת המים.

פסק למן לחשיבה ולתראות

היעלרו במודלים מסוג "כדור-מקל", המכילים כדורים בצבעים שונים המייצגים אטומים שונים, ומקלות קוולנטיים בין האטומים.

1. זהו את הכדורים המייצגים את האטומים הבאים: H, C, N, O, Cl. הסבירו כיצד עשיתם זאת. רמז: היעזרו במקומם של אטומים אלה במערכת המחזורית.

2. בנו מודלים של מולקולות בעזרת אטומים אלה והשלימו את הטבלה הבאה:

נוסחה מולקולרית	מספר קשרים קוולנטיים במולקולה	נוסחת מבנה של המולקולה	ציור מודל המולקולה המתקבל	סוגי האטומים במולקולה
H ₂ O	שני קשרים קוולנטיים בודדים	H - O - H		O, H, H
				H, Cl
				N, H, H, H
				C, H, H, H, H
				O, Cl, Cl

3. השוו את נוסחת המבנה שציירתם למולקולה המתקבלת בין אטום C ואטומי מימן לבין ציור המודל של מולקולה זו. במה הם שונים?

4. ערכו השוואה בין המודלים המייצגים את האטומים והמולקולות שבניתם לבין אטומים ומולקולות אלה במציאות באמצעות הטבלה הבאה:

מציאות	מודל	
		צבע
		גודל האטומים
		גודל יחסי של האטומים בינם לבין עצמם
		מרחק בין האטומים במולקולה
		מהות הקשר הקוולנטי

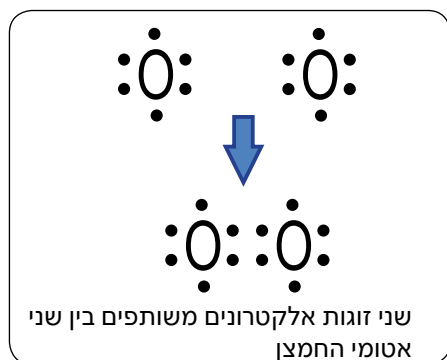
קשר קוולנטי כפול ומשולש

תפנית בעלילה: "סיפור אהבה" כימי צמוד במיוחד

כל "סיפורי האהבה" שהכרנו עד כה התבססו על קשר קוולנטי שיתופי, טהור או קוטבי, שבו כל אטום שיתף עם אטום אחר אלקטרון אחד בלבד ונוצר זוג אלקטרונים משותף. כלומר אטום קשור לאטום סמוך באמצעות זוג אלקטרונים משותף אחד בלבד. אך כמו בחיים, מערכות יחסים מבוססות על שיתוף של מרכיבים רבים הן רגשיים והן חומריים. גם בכימיה ייתכן שיתוף: האטומים משתפים עם האטום שלצדם שניים ואף שלושה אלקטרונים.

הכרנו את אטום החמצן כאשר ראינו שהוא יצר שני קשרים קוולנטיים בודדים עם שני אטומי מימן ליצירת מולקולת המים.

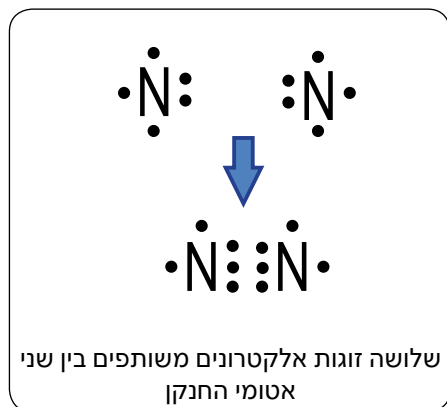
מה קורה כאשר אטום חמצן "פוגש" אטום חמצן אחר? אטום חמצן נמצא בטור השישי במערכת המחזורית והוא בעל שישה אלקטרוני ערכיות. הוא "זקוק" לשני אלקטרונים נוספים כדי להשלים לאוקטט של שמונה אלקטרונים ברמת הערכיות שלו. עקב זאת כל אחד משני אטומי החמצן "שנפגשו"



יצירת קשר קוולנטי כפול בין שני אטומי חמצן

משתף במערכת יחסים זו שני אלקטרונים כפי שניתן לראות באיור הבא:

אפשר לראות על פי נוסחת לואיס כי כעת שני אטומי החמצן חולקים שני זוגות אלקטרונים המשותפים לשניהם. קשר קוולנטי זה מכונה **קשר קוולנטי כפול**. בקשר זה יש שמונה אלקטרונים סביב כל אטום חמצן. נוסחת המבנה של מולקולת החמצן שנוצרה היא: $O=O$ והנוסחה המולקולרית: O_2 .



יצירת קשר קוולנטי משולש בין שני אטומי חנקן


מה קורה כאשר אטום חנקן "פוגש" אטום חנקן אחר? אטום חנקן נמצא בטור החמישי, ולכן הוא בעל חמישה אלקטרוני ערכיות. הוא "זקוק" לשלושה אלקטרונים נוספים כדי להשלים לאוקטט של שמונה אלקטרונים ברמת הערכיות שלו. עקב זאת כל אחד מאטומי החנקן משתף "במערכת יחסים" כפי שאפשר לראות באיור הבא.

אפשר לראות על פי נוסחת לואיס כי כעת שני אטומי חנקן חולקים שלושה זוגות אלקטרונים אשר משותפים לשניהם. קשר קוולנטי זה מכונה **קשר קוולנטי משולש**. בקשר זה יש שמונה אלקטרונים סביב כל אטום חנקן. נוסחת המבנה של מולקולת החנקן שנוצרה היא: $N\equiv N$ והנוסחה הכימית: N_2 .

חשוב לציין כי קשרים קוולנטיים כפולים ומשולשים נוצרים לא רק בין אטומים זהים.

מה קורה כאשר אטום פחמן "פוגש" אטום פחמן אחר? אטום פחמן נמצא בטור הרביעי, ולכן הוא בעל ארבעה אלקטרוני ערכיות. הוא "זקוק" לארבעה אלקטרונים נוספים כדי להשלים לאוקטט של שמונה אלקטרונים ברמת הערכיות שלו. כאן "העניינים" לא מסתדרים והזוגיות כבר צמודה מדי. ארבעה זוגות אלקטרונים משותפים לא ייווצרו בין שני אטומי פחמן. אטום פחמן יכול ליצור קשרים בודדים, כפולים או משולשים עם אטומים אחרים.

כמו בחיים, כאשר הזוגיות מבוססת על גורמים רבים, היא גם צמודה יותר והאהבה גדולה יותר. בדומה לכך גם אטומים הקשורים ביניהם בקשר כפול או משולש "צמודים" יותר זה לזה לעומת קשר בודד, והמרחק בין האטומים קטן יותר.

להדמיה של יצירת קשרים קוולנטיים היכנסו לסרטון במצגת: קשר קוולנטי כפול ומשולש, שקף 9 המציג גם את חשיבות יצירת קשרים קוולנטיים במולקולות ביולוגיות הנחוצות לקיום החיים. 

פסק למן לחשיבה ולתרגול

השלימו את הטבלה הבאה:

מספר הקשרים הקוולנטיים במולקולה וסוגם	נוסחת מבנה	מספר האטומים במולקולה וסוגם	נוסחה כימית
			PH ₃
		אטום פחמן (C) אחד, שלושה אטומי כלור (Cl) ואטום מימן (H) אחד	
	H - S - H		
			Cl ₂ O
		אטום חמצן (O) אחד, אטום פחמן (C) אחד ושני אטומי מימן (H)	
	<pre> Cl Cl-C-Cl Cl </pre>		



הקשר הקולטני במאון מולקולות, הרכב חומרים מולקולריים, נסחאות של מולקולות רב-אטומיות, כניית מולקולות, הקשר הקולטני במולקולות אחי" היום יום.

קשר קוולנטי וקשר יוני

רגע, עוצרים: קשר מול קשר



בחיי היומיום אנו חווים סוגים שונים של קשרים: עם חברים, עם הורים, ועם המורים שלנו. לכל קשר המאפיינים הייחודיים לו ובכל קשר אנו מתנהגים אחרת. בעולם הכימיה נחשפנו עד כה לשני סוגי קשרים, הקיימים בחומרים שונים ולהם השפעה על תכונות חומרים אלה:

קשר קוולנטי-שיתופי - קיים בחומרים מולקולריים

קשר יוני - קיים בחומרים יוניים

על מנת "לחשוב כימיה" עלינו להתייחס לרמות ההבנה בכימיה, ובהתאם - נשווה בין חומרים שקיימים בהם סוגי קשרים שונים כמוצג בטבלה בעמ' 19.

שימו לב כי כאשר מתייחסים לחומרים נוהגים להוסיף לצד הנוסחה הכימית את מצב הצבירה של החומר בטמפרטורת החדר בתוך סוגריים ובגודל מוקטן.

- מצב צבירה מוצק מיוצג באמצעות האות s (קיצור של המילה solid). לדוגמה: $\text{H}_2\text{O}(s)$.
- מצב צבירה נוזלי מיוצג באמצעות האות l (קיצור של המילה liquid). לדוגמה: $\text{H}_2\text{O}(l)$.
- מצב צבירה גזי מיוצג באמצעות האות g (קיצור של המילה gas). לדוגמה: $\text{H}_2\text{O}(g)$.
- כאשר חומר מומס במים נהוג לציין זאת באמצעות צמד האותיות aq (קיצור של המילה מים בלטינית: aqua). לדוגמה: $\text{NH}_3(aq)$.

חושבים כימיה: רמות הבנה בכימיה



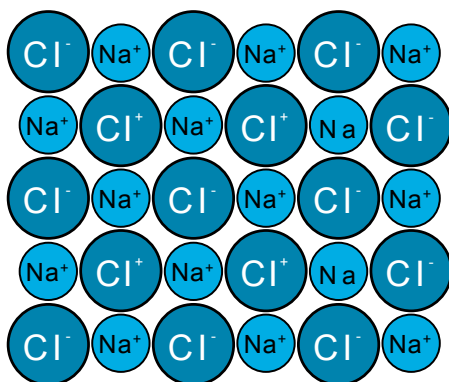
כימאים נוהגים להתייחס למידע כימי ולפרשו במספר רמות הבנה.

• רמת התופעה – הרמה המאקרוסקופית

(macroscopic) – זוהי הרמה התחושתית המתייחסת לתופעות שאפשר לראות או למשש. ברמה זו הכימאי מזהה חומרים, מתאר את תכונותיהם ומנסה להכין מהם חומרים חדשים בעלי תכונות חדשות. ברמה זו נכללים תהליכים ותופעות שאפשר לעקוב אחריהם באמצעות שינויים כגון שינויי טמפרטורה, שינויי צבע, שינויי pH מוליכות ומסיסות.



מלח בישול



מודל דו-ממדי המייצג סריג של מלח בישול
תוך הדגשת היונים בסריג

• רמת החלקיקים – הרמה המיקרוסקופית

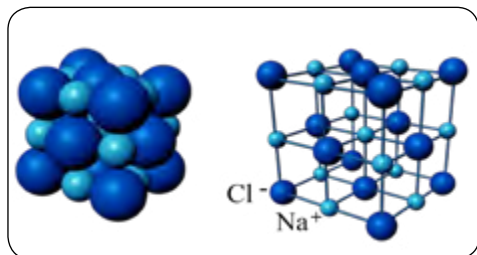
(microscopic) – זוהי הרמה המספקת הסבר ברמת החלקיקים. ברמה זו משתמש הכימאי במושגים מופשטים, המתארים חלקיקים (אטומים, מולקולות, יונים) השייכים לרמה המיקרוסקופית, כדי להסביר התרחשויות המתוארות ונצפות ברמה המאקרוסקופית.

• רמת הסמל – הרמה המייצגת את שפת

הכימיה. ברמת זו משתמשים בייצוגים מגוונים: סמלים כימיים, נוסחאות כימיות, מודלים, משוואות וגרפים.

• רמת התהליך (process) – הרמה המייצגת במילים או

בנוסחאות את הבנת התהליך כימי.



מודלים תלת-ממדיים המייצגים סריג של
מלח בישול

השוואה בין חומרים יוניים לחומרים מולקולריים

חומר מולקולרי	חומר יוני	קריטריון להשוואה
רמת התופעה – הרמה המאקרוסקופית		
חומרים מולקולריים שקיימים בהם קשרים קוולנטיים יכולים להיות בטמפרטורת החדר במצב צבירה גז, נוזל, או מוצק. דוגמאות: $O_{2(g)}$, $H_2O_{(l)}$, $S_{8(s)}$	חומרים שקיימים בהם קשרים יונים הם מוצקים בטמפרטורת החדר. דוגמה: מלח בישול $NaCl_{(s)}$	מצב צבירה
חומרים מולקולריים שקיימים בהם קשרים קוולנטיים אינם מוליכים חשמל.	חומרים שקיימים בהם קשרים יונים אינם מוליכים חשמל במצב צבירה נוזל ובתמיסה מימית.	הולכה חשמלית
לחומרים מולקולריים, שקיימים בהם קשרים קוולנטיים, יש טמפרטורות היתוך נמוכות יחסית.	לחומרים שקיימים בהם קשרים יונים יש טמפרטורות היתוך גבוהות יחסית.	טמפרטורת היתוך
מרבית החומרים המולקולריים שקיימים בהם קשרים קוולנטיים אינם מסיסים במים. לדוגמה: כלורופורם $CHCl_{3(l)}$. עם זאת יש גם המסיסים במים. לדוגמה: סוכר מאכל $C_6H_{12}O_{6(aq)}$	מרבית החומרים שקיימים בהם קשרים יוניים מסיסים במים. לדוגמה: מלח בישול, $NaCl_{(aq)}$. יש גם חומרים יוניים שהם קשי תמס. לדוגמה: אבן גיר $CaCO_{3(s)}$	מסיסות במים
הרמה החלקיקית – הרמה המיקרוסקופית		
אטומים של אל-מתכות	יונים חיוביים הנוצרים מהמתכת בתרכובת היונית ויונים השליליים הנוצרים מהאל-מתכת בתרכובת היונית	סוגי החלקיקים בקשר
משיכה חשמלית בין כל אחד מגרעיני האטומים המשתתפים בקשר לבין זוגות האלקטרונים המשותפים	משיכה חשמלית בין היונים החיוביים ליונים השליליים בחומר	סוג המשיכה
משיכה חשמלית חזקה בתוך המולקולה*	משיכה חשמלית חזקה	חוזק הקשר
רמת הסמל		
נוסחה מולקולרית המייצגת את המספר המדויק של החלקיקים המרכיבים אותה. לדוגמה: $H_2O_{(l)}$	נוסחה אמפירית (מייצגת את את סמלי החלקיקים בתרכובת היונית אך לא את מספרם בתוכה). לדוגמה: מלח בישול $NaCl_{(s)}$	נוסחת התרכובת
נוסחת מבנה של מים <div style="text-align: center;">  <p>מודל של מולקולת מים</p>  </div>	סכמה (דו־ממדית) של מבנה גביש של מלח בישול <div style="text-align: center;">  </div>	איור

* בין המולקולות של חומר מולקולרי קיימים כוחות משיכה חלשים יחסית לכוחות המשיכה של הקשר הקוולנטי בתוך המולקולה.



אנרגיה וקשרים כימיים

יצירה ופרוק של קשרים כימיים



סיום העלילה: "סיפור אהבה" של זוגיות ופרידה

"סיפורי האהבה" שנחשפנו אליהם עד כה דיברו על יצירת זוגיות מתוך אהבה - זוגיות המבוססת על שיתוף ומשיכה כמו בחיי האדם. אך לעתים קשר מסתיים גם בפרידה ובניתוק הקשר והשיתופיות. כאשר נוצר קשר בין בני זוג הם מקרינים לסביבה חום, אהבה ותחושות חיוביות. כדי להפריד זוגיות טובה צריך להשקיע לא מעט מאמץ מהסביבה. בני הזוג הפרודים הם בעלי רגשות טעונים מאוד. אפשר להמשיל זאת לעולם החומרים שמעורבת בו אנרגיה הן בתהליך יצירת הקשרים והן בפירוקם. קיימים שני תהליכים מנוגדים המעורבים בשינויי אנרגיה: האחד - תהליך יצירת קשר כימי (כפי שלמדנו עד כה) והאחר - תהליך פירוק קשר כימי.

כאשר מפרקים קשר כימי צריך להשקיע אנרגיה על מנת להרחיק את החלקיקים המרכיבים את הקשר. כך גם בקשר קוולנטי: בין האטומים בקשר קיימת משיכה חשמלית חזקה בין גרעיני האטומים לבין זוגות האלקטרונים המשותפים. כדי לפרק קשר זה יש להרחיק את האטומים זה מזה, כלומר יש להשקיע אנרגיה כדי להתגבר על כוח המשיכה החשמלי החזק הקיים ביניהם. דמיינו לעצמכם שעליכם להפריד בין ידי זוג המשלב ידיים בחזקה. על מנת להצליח בכך עליכם להשקיע אנרגיה פיזית ומאמץ. דומה הדבר למתרחש בעולם החומרים: צריך להשקיע אנרגיה - תרמית (חום), חשמלית או קרינה - על מנת לפרק את הקשר הכימי הקוולנטי. ככל שהקשר הקוולנטי חזק יותר כך נדרשת השקעת אנרגיה רבה יותר.

האטומים הנפרדים הם עכשיו בעלי אנרגיה גבוהה וחסרי יציבות. כאשר אטומים כאלה "נפגשים" נוצרת "זוגיות" חדשה - קשר קוולנטי חדש המביא את האטומים למצב יציב. מצב זה של יצירת קשר כימי חדש כרוך בפליטת אנרגיה.



שִׁרְפָה - תגובה אקזותרמית



אידיוי אצטון - תגובה אנדותרמית

חשוב לזכור כי העולם הכימי מורכב יותר ומאזן האנרגיה הכולל של יצירת קשרים וניתוקם מתבטא לעתים בפליטת אנרגיה לסביבה ולעתים מצריך קליטת אנרגיה מהסביבה.

כאשר מאזן האנרגיה הכולל בתגובה מתבטא בפליטת אנרגיה לסביבה - התגובה נקראת תגובה אקזותרמית.

כאשר מאזן האנרגיה הכולל בתגובה מתבטא בקליטת אנרגיה לסביבה - התגובה נקראת תגובה אנדותרמית.

בכל מקרה, בכל התהליכים הכימיים המתרחשים בעולם מעורבים שינויים אנרגטיים.

פסק למן לחשיבה ולתראול

1. התגובה הבאה היא תגובת שרפה של גז מתאן CH_4 . בתגובה ניתקים קשרים במגיבים ונוצרים קשרים חדשים בתוצרים. במאזן האנרגיה הכולל נפלטת אנרגיה לסביבה - תגובה אקזותרמית. השלימו את הטבלה הבאה:

$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$				התגובה
				נוסחאות של המולקולות בתגובה
				מספרם וסוגם של הקשרים הקוולנטיים שניתקו או נוצרו בתגובה

2. התגובה הבאה היא תגובת פרוק אמוניה, NH_3 , ליסודות המרכיבים אותה. בתגובה ניתקים קשרים במגיבים ונוצרים קשרים חדשים בתוצרים. במאזן האנרגיה הכולל, נקלטת אנרגיה מהסביבה - תגובה אנדותרמית. השלימו את הטבלה הבאה:

$2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$				התגובה
				נוסחאות מבנה של המולקולות בתגובה
				מספרם וסוגם של הקשרים הקוולנטיים שניתקו או נוצרו בתגובה

פסק למן לחשיבה ולתראול



אנרטיה והקשר הכימי

ביו

פחמן

6

זנקה

7

N

היסוד פחמן ותרבותיו



בו
5
D

פחמן
6
C

זנקו
7
N



הפחמן מצוי בטבע בגופם של יצורים חיים, בצמחים, בים ובאוויר. הפחמן משתתף בתהליכים שונים בעולם ואפשר לראות אותו בצורה מחזורית בתהליכים אלה. זהו מעגל הפחמן בטבע. מעגל זה מתקיים הן על פני היבשה והן בתוך האוקיינוסים.

על פני היבשה מתקיימים שני סוגים של תהליכים:

א. תהליכים הפולטים פחמן לאוויר [בצורת $CO_2(g)$] כגון נשימה של בעלי חיים ושרפה של דלקים פוסיליים (מאובנים הנוצרים מריקבון של בעלי חיים וצמחים, בהם נפט, פחם וגז טבעי);

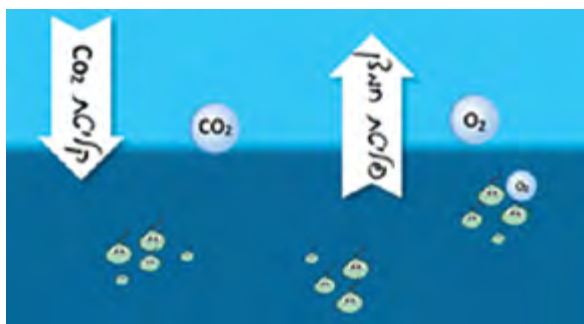
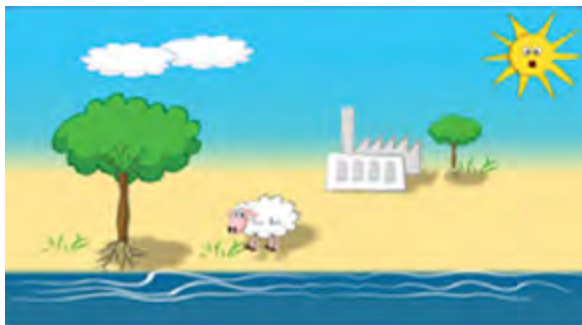
ב. תהליכים הקולטים פחמן ומקבעים אותו חזרה לאדמה, למשל: פוטוסינתזה והתמוססות דו־תחמוצת הפחמן [$CO_2(g)$] באוקיינוסים.

גם באוקיינוסים מתקיימים תהליכים מחזוריים של הפחמן, בהם קליטת פחמן דו־חמצני מהאוויר באמצעות התמוססות במים. חלק מפחמן דו־חמצני זה משתתף בתהליך הפוטוסינתזה, המתבצע באמצעות פִּיטוֹפְּלַנְגְטוֹן (יצורים ימיים זעירים), אשר את חלקו אוכלים דגים וחלקו נאגר בקרקעית האוקיינוסים עם מות הפלנגטון ושקיעתו בקרקע. זרמים קרים וחמים מעלים את הפחמן לפני המים ומשתחרר מהם הפחמן כפחמן דו־חמצני.

פסק למן לחשיבה ולתראול



מחזור הפחמן בטבע וסיפורו של אטום הפחמן חלק א' וחלק ב'



מבוא – יהלום וגרפיט



ללא פחמן לא ייתכנו חיים. גופם של כל היצורים החיים בנוי מתרכובות של פחמן וגם במזוננו אנו צורכים תרכובות של פחמן. הפחמן הוא אחד היסודות הנפוצים ביותר בעולמנו. תרכובות הפחמן עשויות להימצא בסלעים פחמתיים כגון אבן גיר, בדלקים מאובנים כגון פחם, ובגזים כגון פחמן דו-חמצני המצוי באוויר.



הפחמן נמצא בעשרות אלפי תרכובות בטבע ואי אפשר לדמיין את עולמנו ללא יסוד הפחמן ותרכובותיו.



הפחמן כיסוד מופיע במספר צורות. המוכרות ביותר הן היהלום והגרפיט הבנויים מאטומי פחמן בלבד.

גרפיט הוא החומר הרך המשמש לייצור עפרונות (המכונה לעתים בטעות "עופרת").



יהלום, לעומתו, הוא החומר הקשה ביותר בטבע המוכר לאדם. הגרפיט והיהלום שונים מאוד מזה – ממש הפוכים בתכונותיהם הפיזיקליות.

פסק למן לחשיבה ולתראול

1. בטבלה הבאה מוצגות תכונות שונות של יהלום וגרפיט. התאימו את התכונות הבאות למקומן המתאים בטבלה:

גבוהה מאוד, חסר צבע, קשה (10 בסולם מוס), מוליך, שחור, מבודד, רך (2 בסולם מוס), גבוהה מאוד

תכונות היהלום והגרפיט

תכונה	יהלום	גרפיט
צבע		
קשיות (על פי סולם מוס*)		
הולכת חשמל		
טמפרטורת היתוך		

* **סולם מוס (Mohs)**, המודד קשיות של מינרלים, עשר דרגות. קשיות המינרל היא יחסית ונקבעת על פי מידת התנגדותו לחריצה על ידי מינרל אחר. על פי סולם זה היהלום הוא בעל הערך הגבוה ביותר – 10, והטלק הוא בעל הערך הנמוך ביותר – 1.

2. לדיון: איך ייתכן ששני חומרים הבנויים מאטומים של פחמן יהיו כה שונים זה מזה בתכונותיהם הפיזיקליות? איך ייתכן שהיהלום הנוצץ, השקוף, היקר והקשה מכל החומרים, שאינו מוליך חשמל, זהה בהרכבו לגרפיט השחור, מוליך החשמל והרך?

חושבים כימיה – רמות הבנה בכימיה

טבעת היהלום והעיפרון הם מוצרים המוכרים לנו מחיי היומיום והם מכילים את החומרים יהלום וגרפיט בהתאמה. התכונות הפיזיקליות של היהלום והגרפיט, כמוצג בטבלה במסך הקודם, הן תכונות השייכות לרמה המאקרוסקופית של החומרים. תכונות אלה הן ביטוי של "העולם הפנימי" של החומרים, הקרוי הרמה המיקרוסקופית. ניתן להציג את היהלום והגרפיט גם ברמת הסמל באמצעות מודלים (יוצגו בהמשך). את התהליכים שהיהלום והגרפיט או כל חומר אחר עוברים אפשר לתאר ולהסביר ברמת התהליך (דוגמאות יוצגו בהמשך לימוד הנושא).

הרמה המיקרוסקופית (microscopic level) – הרמה המספקת הסבר ברמת החלקיקים. ברמה זו משתמש הכימאי במושגים מופשטים, המתארים חלקיקים (אטומים, מולקולות, יונים), את הסידור המרחבי שלהם ואת הקשרים ביניהם, השייכים לרמה המיקרוסקופית, כדי להסביר התרחשויות המתוארות ונצפות ברמה המאקרוסקופית.

הרמה המאקרוסקופית (macroscopic level) – הרמה הדנה בתופעות שאפשר לראות, להריח או למשש. ברמה זו מזהה הכימאי חומרים, מתאר את תכונותיהם ומנסה להכין מהם חומרים חדשים בעלי תכונות חדשות. ברמה זו נכללים תהליכים ותופעות שאפשר לעקוב אחריהם באמצעות שינויים שונים כגון שינויי טמפרטורה, שינויי צבע, שינויי pH, שינויים במוליכות ובמסיסות.

רמת התהליך (process level) – הרמה המייצגת במילים או בנוסחאות את הבנת התהליך כימי.

רמת הסמל (symbolic level) – הרמה המייצגת את שפת הכימיה. ברמת זו משתמשים בייצוגים מגוונים: סמלים כימיים, נוסחאות כימיות, מודלים, משוואות וגרפים.

צורות אלטרופיות של פחמן

א. צורות אלטרופיות נפוצות של פחמן

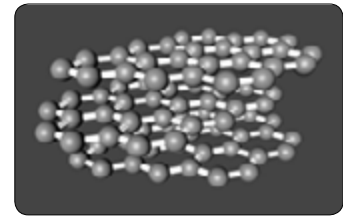
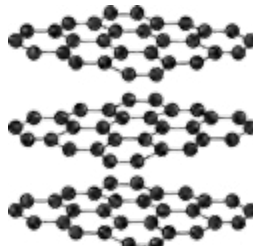
היהלום והגרפיט הם שתיים מהצורות האלטרופיות הנפוצות של הפחמן בטבע. שניהם בנויים מסריג של אטומי פחמן, כלומר ממבנה ענק ומסודר של אטומי פחמן בלבד. ההבדל ביניהם הוא בסידור השונה.

אלטרופיות היא תכונה של יסודות בטבע המופיעים ביותר מצורה אחת או ביותר מסידור מבני אחד.

סריג הוא צֶבֶר של חלקיקים המאורגנים בסדר מסוים החוזר על עצמו באריזה צפופה, שבה לכל חלקיק יש מקום קבוע. חומר במצב מוצק בנוי כסריג.

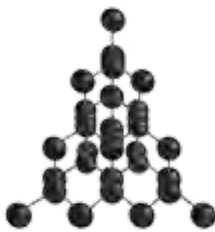
לפניכם שני מודלים המציגים את סידור האטומים בסריג של גרפיט.

מודל הוא כלי מדעי נפוץ ורב חשיבות במדעים השונים. מטרתו לתאר תהליך, תופעה, גוף, רעיון וכדומה. המודלים בכלל ובמדעי הטבע בפרט יכולים להיות מודלים פיזיים/מוחשיים, מודלים מתמטיים או מודלים גרפיים. מודלים מסייעים גם לראות באופן פשוט, מוקטן או מוגדל תופעות שאי אפשר לצפות בהן באופן ישיר. מעלתו של מודל טוב היא היכולת לחקור באמצעותו שאלות שמעבר לתופעה ההתחלתית, להעלות השערות ולבדוק אותן דרך ניסוי.



(הכדורים מציינים אטומי פחמן. הקווים המחברים ביניהם מייצגים קשרים קוֹוֹלֵנְטִיִּים.)

פסק למן לחשיבה ולתראול



(הכדורים מציינים אטומי פחמן; הקווים המחברים ביניהם מייצגים קשרים קוֹוֵלֵנְטִיִּים)

1. צפו בסרטון, המוצג בשיעור המקוון, המציג את סריג הגרפיט. מה הם מאפייניו של סריג זה?
2. לפניכם מודל המציג את סידור האטומים בסריג של יהלום.

צפו גם בסרטונים בשיעור המקוון המציגים את סריג אטומי הפחמן ביהלום. מה הם מאפייניו של סריג זה?

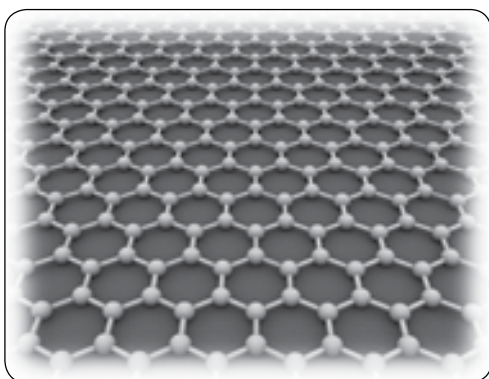
לסיכום

הרכב חומר (ברמה המיקרוסקופית) קובע במידה רבה על תכונות החומר ברמה המאקרוסקופית. כיצד מבני הסריגים השונים של הגרפיט והיהלום גורמים להיווצרות תכונות כה שונות בחומרים אלה? כדי לענות על שאלה זו נכיר בהמשך את הכימיה של אטום הפחמן.

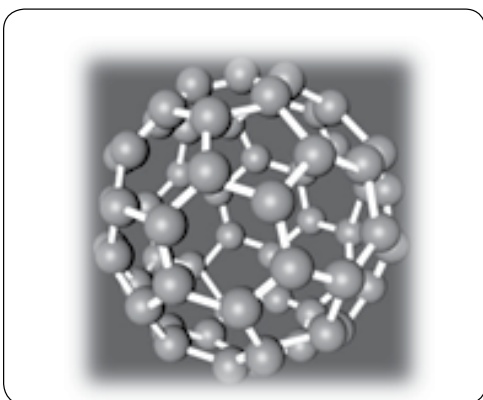


ב. צורות אלטרופיות נוספות של פחמן

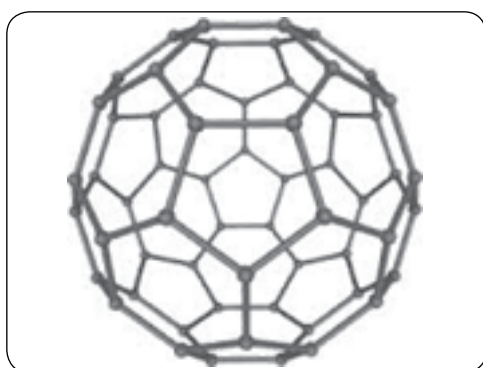
מלבד הצורות האלטרופיות המוכרות של הפחמן - גרפיט ויהלום - יש לפחמן צורות נוספות. הגרפיט מורכב משכבות רבות של גרפן. (graphene) כל שכבת גרפן מכילה אטומי פחמן הקשורים זה לזה בצורה של משושים, כמו כורת דבורים הערוכה במישור שעוביו אטום אחד בלבד. כשאנו כותבים בעיפרון אנחנו מורחים על הדף מספר קטן מאוד של שכבות גרפן.



כשגרפן מתקפל לצורות עגולות נוצרים פולרנים, הכוללים גלילים הקרויים צינוריות ננו-פחמניות (carbon nanotubes), מולקולות דמויות כדורגל, המכונות כדורי באקי (buckyball), וכן שלל צורות המשלבות את שני המבנים.



גילוי ננו-צינוריות הפחמן בשנת 1991 מיוחס לפיזיקאי היפני סומיו איגימה אף על פי שדווח על ננו-צינוריות הפחמן כבר בשנת 1952. סביר להניח שעוד לפני כן הצליחו לייצר ננו-צינוריות פחמן אלא שלא הייתה דרך להבחין בהן.



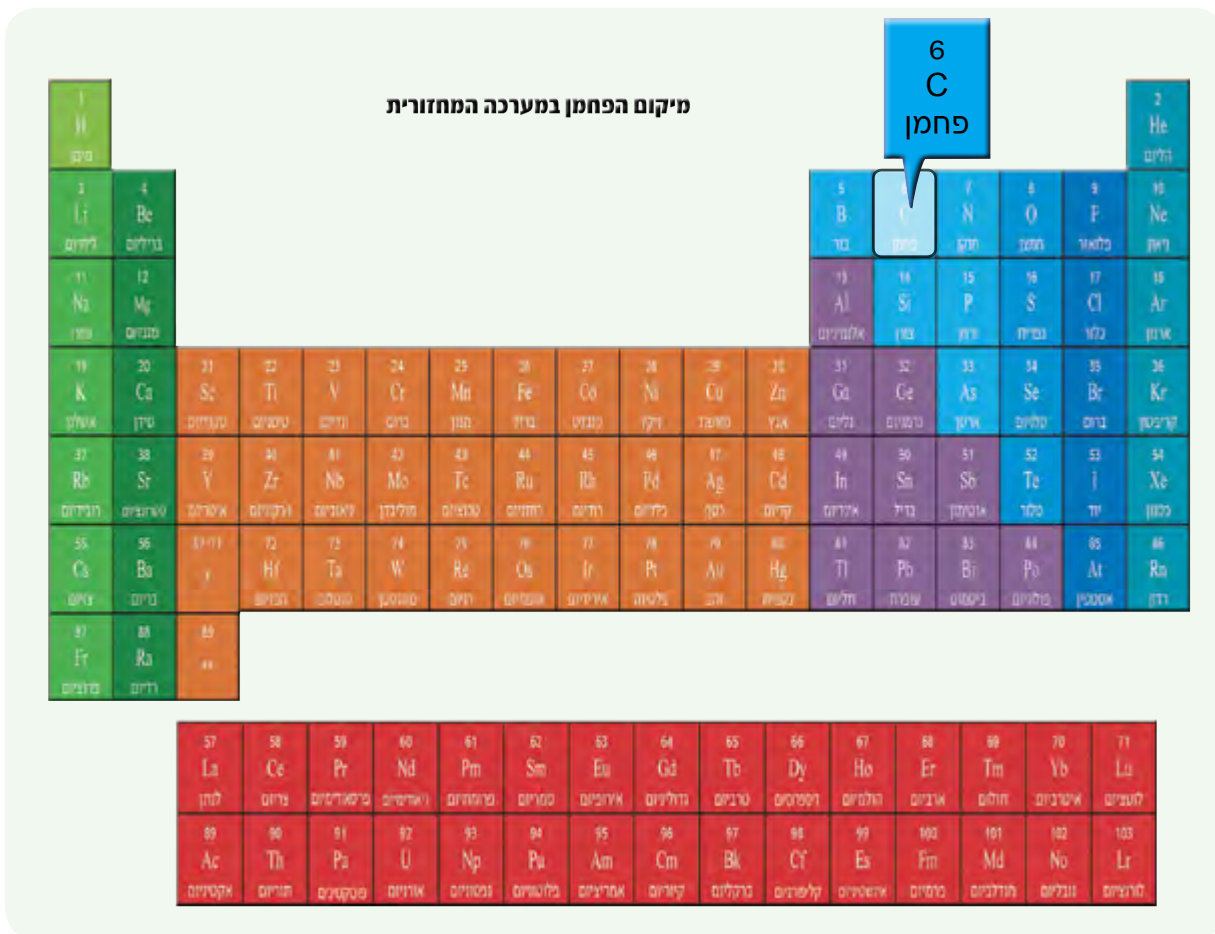
בשנת 2010 הוענק לאנדרה גאיים וקונסטנטין נובוסלב מאוניברסיטת מנצ'סטר פרס נובל לפיזיקה על ניסוייהם פורצי הדרך בחומר גרפן. שני המדענים היו הראשונים שהצליחו לבדוד שכבה של גרפן מהחומר שאותו הוא מרכיב - גרפיט - ולזהות את תכונותיו הייחודיות. כיום משולב החומר בטכנולוגיות רבות בשל מוליכותו ושקיפותו: במסכי מגע, בתאים סולאריים ועוד. מחקר מעמיק נערך בשנים האחרונות בפיתוח רכיבים אלקטרוניים מגרפן כתחליף לשבבי סיליקון.



ייחודו של אטום הפחמן



לאטום הפחמן יכולת ייחודית ליצור קשרים קוולנטיים עם אטומי פחמן נוספים או עם אטומים אחרים. וכך ליצור עשרות אלפי תרכובות שונות המכילות אטומי פחמן. באיור הבא מוצג מיקומו של אטום הפחמן במערכת המחזורית.



פסק למן לחשיבה ולתראות

1. באיזו שורה ובאיזה טור נמצא הפחמן במערכת המחזורית? מה אפשר ללמוד עליו ממיקומו זה?
2. הפחמן מסוגל ליצור ארבעה קשרים קוולנטיים עם אטומי פחמן נוספים או עם אטומים אחרים. הקשרים הקוולנטיים האלה יכולים להיות בודדים, כפולים או משולשים.
 - א. מדוע יוצר הפחמן ארבעה קשרים?

I. כי הוא יסוד אל-מתכתי

II. כי הוא יסוד מתכתי

III. כי הוא נמצא בשורה השנייה במערכה המחזורית

IV. כי יש לו ארבעה אלקטרונים ברמת הערכיות

ב. כמה אטומים יהיו סביב אטום פחמן היוצר ארבעה קשרים קוֹוֹלנטיים בודדים?

I. אחד II. שניים III. ארבעה IV. אי אפשר לקבוע ללא הסתכלות על המולקולה.

הסבירו את בחירתכם.

ג. כמה אטומים יהיו סביב אטום פחמן היוצר שני קשרים קוֹוֹלנטיים כפולים?

I. אחד II. שניים III. ארבעה IV. אי אפשר לקבוע ללא הסתכלות על המולקולה.

הסבירו את בחירתכם.

ד. כמה אטומים יהיו סביב אטום פחמן היוצר קשר משולש אחד וקשר קוֹוֹלנטי בודד אחד?

I. אחד II. שניים III. ארבעה IV. אי אפשר לקבוע ללא הסתכלות על המולקולה.

הסבירו את בחירתכם.

ה. לא קיימת מולקולה המכילה שני אטומי פחמן בלבד. מדוע לדעתכם?

I. מולקולה בעלת שני אטומים אינה יציבה.

II. קשר קוֹוֹלנטי מרובע בין שני אטומי פחמן אינו יציב.

III. מיקומו של אטום הפחמן במערכה המחזורית אינו מאפשר זאת.

IV. תכונות הפחמן אינן מתאימות למבנה כזה.

הסבירו את בחירתכם.

קשרים קוֹלֵנְטִיִּים סביב אטום הפחמן

לאטום הפחמן יכולת ליצור ארבעה קשרים קוֹלֵנְטִיִּים חזקים עם אטומי פחמן נוספים או עם אטומים אחרים. ארבעת **אלקטרוני הערכיות** של הפחמן מאפשרים שיתוף עם אלקטרוני ערכיות של אטומים אחרים, וכך ליצור קשרים קוֹלֵנְטִיִּים בודדים, כפולים או משולשים. יכולת ייחודית זו מאפשרת את קיומו של מגוון רחב מאוד של תרכובות יציבות. תרכובות אלה יכולות להיות במבנה של שרשרות ישרות, של שרשרות מסועפות או של טבעות (בעיקר משושות).

אלקטרוני ערכיות הם האלקטרונים הנמצאים ברמת האנרגיה האחרונה באטום (רמת האנרגיה הרחוקה ביותר מהגרעין). אלקטרוני הערכיות הם אלה הקובעים את אופיו הכימי של האטום כיוון שהם אלה המשתתפים בתגובות כימיות.

פסק למן לחשיכה ולתראול

פעילות עם בלונים

הפחמן יכול ליצור ארבעה קשרים קוֹלֵנְטִיִּים עם ארבעה אטומים סביבו. כיצד מסתדרים מבחינה מרחבית ארבעה אטומים סביב אטום פחמן אחד?

בצעו את המשימה הבאה:

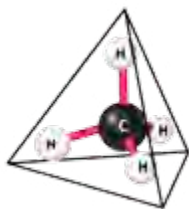
1. נפחו ארבעה בלונים שצבעם אחיד. כל בלון מייצג אטום מסוים. לדוגמה: אטום מימן.



2. קשרו יחד את כל ארבעת הבלונים, קרובים זה לזה ככל האפשר.

הנקודה המרכזית שאליה קשורים כל ארבעת הבלונים מייצגת את אטום הפחמן שאליו קשורים בקשרים קוֹלֵנְטִיִּים בודדים ארבעת האטומים (המיוצגים על ידי ארבעת הבלונים).

3. איזה מבנה קיבלתם? תארו אותו.

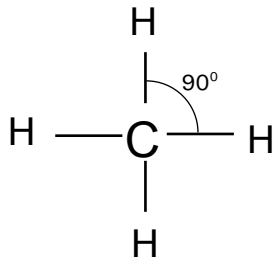


היערכות מרחבית סביב אטום פחמן

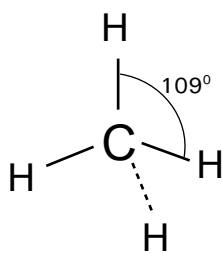
כשאטום פחמן קשור בארבעה קשרים קוֹלֵנְטִיִּים בודדים לארבעה אטומים, נוצרת מולקולה בעלת מבנה מרחבי הנקרא **טטראדר (ארבעון בעברית)**. טטראדר הוא מבנה מרחבי של פירמידה משולשת שכל ארבע פאותיה הן משולשים זהים. הדבר גורם לכך, שאם לאטום הפחמן המרכזי קשורים ארבעה אטומים זהים, למשל ארבעה אטומי מימן, הם יהיו במרחקים שווים מאטום הפחמן המרכזי ובזוויות שוות.

ראו הדמיה ביחידת הלימוד המקוונת.

למבנה מרחבי זה יתרון מכיוון שהמרחק בין אלקטרוני הקשר של האטומים במולקולה גדול יותר מאשר במבנה מישורי וכך קִטְנָה הדחייה בין אלקטרונים אלה.



לדוגמה: במולקולה מתאן (CH_4) קשור אטום הפחמן לארבעה אטומי מימן בקשרים קוֹנְלִנְטִיִּים בודדים. אם האטומים היו מסתדרים במבנה מישורי, הייתה הזווית בין כל זוג אלקטרוני קשר (או זוג קשרים) בין האטומים: 90° . אפשר לראות זאת בנוסחת המבנה הבאה:



במבנה מרחבי של טטראדר הזווית בין כל זוג אלקטרוני קשר (זוג קשרים) בין האטומים היא 109° . אפשר לראות זאת בנוסחת המבנה הבאה:

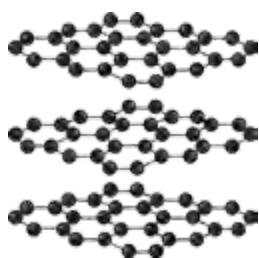
מבנה מרחבי זה מאפשר את הקטנת הדחייה בין אלקטרוני הערכיות של האטומים במולקולה ולהגדיל בכך את יציבותה.

חושבים כימיה – הרמה המיקרוסקופית של מבנה הגרפיט והיהלום

ארגון אטומי הפחמן במרחב ומספר הקשרים סביב כל אטום פחמן בסריג של יהלום שונים מאשר בסריג של גרפיט. שוני זה ברמה המיקרוסקופית משפיע על תכונותיהם של החומרים יהלום וגרפיט ברמה המאקרוסקופית.



ביהלום – כל אטום פחמן קשור לארבעה אטומים נוספים במבנה מרחבי של טטראדר. כך נוצר מבנה מרחבי ענק של אטומים הקשורים בקשרים קוֹנְלִנְטִיִּים. זו הסיבה לקשיות הגבוהה של היהלום. כל ארבעת אלקטרוני הערכיות של אטומי הפחמן ביהלום קשורים בקשרים קוֹנְלִנְטִיִּים, ולכן אין היהלום מוליך חשמל.



בגרפיט – כל אטום פחמן קשור לשלושה אטומי פחמן סמוכים בקשרים קוֹנְלִנְטִיִּים, והאלקטרון הערכי הנוסף הוא בלתי מאותר וחופשי לנוע בין האטומים בסריג. זו הסיבה לכך שהגרפיט מוליך חשמל וחום ובעל צבע (שחור). סריג הגרפיט בנוי ממשטחים מישוריים שבהם ערוכים אטומי הפחמן בפינות של משושים משוכללים. זו הסיבה שאפשר לחתוך גרפיט בקלות בכיוון אחד (כיוון המשטחים).

תרכובות הפחמן – מבוא



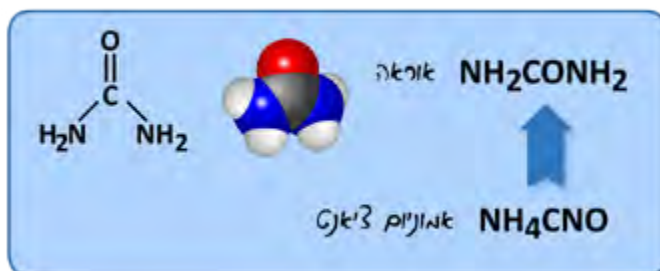
קיימות עשרות אלפי תרכובות שונות המכילות אטומי פחמן, ולכן ליסוד פחמן מקום מרכזי בעולם החומרים.

בעבר נהגו למיין את החומרים בעולם לשתי קבוצות: חומרים אורגניים וחומרים אנאורגניים. כך התפתח תחום נרחב בכימיה שנקרא **כימיה אורגנית** ועיסוקו בחומרים שהתקבלו מהחי ומהצומח. במקביל אליו עסק תחום **הכימיה האנאורגנית** בתרכובות אנאורגניות שמקורן במחצבים. הבסיס למיין זה היה באמונה כי לתרכובות האורגניות "כוח חיים" (vital force) שמקורו בחי ואי אפשר להפיקן במעבדה.



פרידריך ולר
1882 - 1800

בתחילת המאה ה-19 הפיק הכימאי הגרמני פרידריך ולר את התרכובת האורגנית **אוריאה** (נוסחתה: NH_2CONH_2) מהתרכובת האנאורגנית אמוניום ציאנט (נוסחתה: NH_4CNO). הפקה זו הוכיחה שאין "כוח חיים" המייחד את התרכובות האורגניות. מכיוון שהתרכובות האורגניות מכילות אטומי פחמן, נהוג כיום לקרוא לתחום הכימיה העוסק בתרכובות אלה: הכימיה של תרכובות הפחמן.

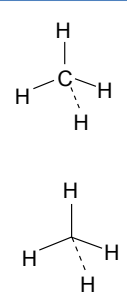
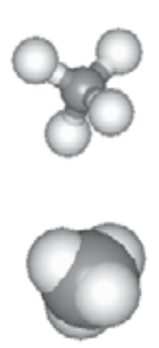


צורות ייצוג של תרכובות פחמן



אפשר לייצג תרכובות מולקולריות ככלל ותרכובות פחמן בפרט במגוון ייצוגים. כל ייצוג מספק מידע שונה על המולקולה. בטבלה הבאה מוצגות צורות ייצוג שונות של מולקולת מתאן.

צורות ייצוג של מולקולת מתאן

שם צורת הייצוג	ייצוג	מידע שניתן לקבל מהייצוג	הערות
שם החומר	פחמן מימני	סוג האטומים המשתתפים במולקולה: פחמן ומימן	מולקולה זו שייכת לסדרה של תרכובות פחמניות, והשם מתאן הוא שם היסטורי שניתן לה. עדיין נהוג להשתמש בשם זה אף על פי שהונהג רישום שמות שיטתי לפי IUPAC ₁ .
נוסחה כימית	CH ₄	שמות האטומים במולקולה ומספרם (אטום פחמן אחד וארבעה אטומי מימן)	קרויה גם נוסחה מולקולרית
נוסחת מבנה		שמות האטומים במולקולה, מספרם והסידור המרחבי שלהם	נוסחת מבנה מלאה המציגה את כל היסודות האטומים נוסחת מבנה שמוציגים בה אטומי המימן, אך אטומי הפחמן (במקרה זה אטום אחד מרכזי) אינם מוצגים. מוסכם כי מפגש של קווים, המייצגים קשרים קוולנטיים, משמעו אטום פחמן .
מודל כדור-מקל מודל ממלא מרחב		מבנה מרחבי של המולקולה ויחס בין גודלי האטומים*	כדורים בצבעים שונים ובגדלים שונים מייצגים את האטומים השונים. כדור שחור: אטום פחמן כדור לבן: אטום מימן

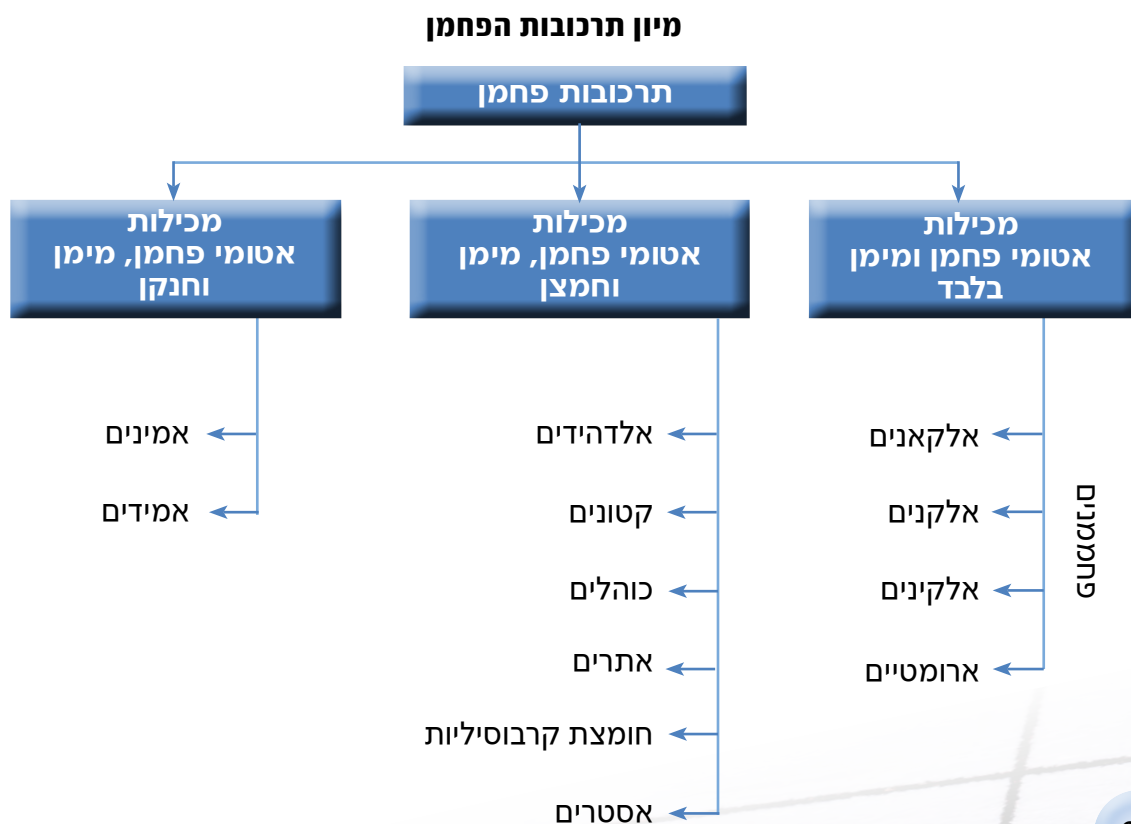
* **חשוב לזכור** כי הכדורים המייצגים את האטומים השונים במודל הם בעלי צבע וגודל שונה אך מדובר במודל כללי בלבד. **הצבעים** נועדו רק כדי לייצג אטומים שונים; לאטומים אין צבעים. כמו כן, **גודלי הכדורים** השונים מייצגים באופן כללי הבדל בין גודלי אטומים אך אינם מייצגים כלל את היחס האמיתי בין גודלי האטומים. גם **המרחקים** בין האטומים אינם מייצגים את יחסי המרחקים האמיתיים בין האטומים (אורכי הקשרים הקוולנטיים).

מגוון תרכובות הפחמן

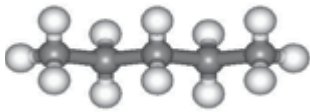
תרכובות הפחמן מכילות בעיקר אטומי פחמן, אטומי מימן ואטומי חמצן. קיימות גם תרכובות פחמן המכילות אטומי חנקן, הלוגנים (פלואור, כלור, ברום ויוד), גפרית וזרחן. תרכובות הפחמן בנויות משלד של אטומי פחמן הקשורים ביניהם בקשרים קוֹוֹלנטיים בודדים, כפולים או משולשים ואליהם קשורים האטומים האחרים. שלד זה יכול להכיל מאטום פחמן בודד (כמו במולקולה: CH_4 לדוגמה) ועד לעשרות ולמאות אטומים במולקולות ענק הקרויות מאקרומולקולות. לשלד הפחמני יכולות להיות קשורות קבוצה אחת או יותר של אטומים נוספים הכוללים, לדוגמה, אטומי חמצן או חנקן. קבוצת אטומים זו, הקשורה לשלד הפחמני, קרויה **קבוצה פונקציונלית** ולה השפעה רבה על הפעילות הכימית של המולקולה ועל תכונות החומר הבנוי ממולקולות אלה.

קבוצה פונקציונלית היא אטום או קבוצת אטומים הקשורים למולקולה (בדרך כלל שלד של אטומי פחמן) והפעילים במהלך תגובה כימית. קיימות משפחות של תרכובות שלכולן אותה קבוצה פונקציונלית (לדוגמה: קבוצת OH בכהלים) אך השלד הפחמני שלהן שונה (באורכו, במבנהו המרחבי או בסוגי הקשרים בין אטומי הפחמן).

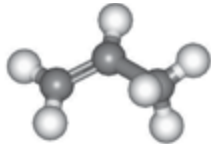
האיור הבא מתאר מיון של תרכובות הפחמן לתת קבוצות עיקריות לפי מבנה השלד הפחמני ולפי הקבוצה הפונקציונלית הקשורה אליו. תרכובות הפחמן הבנויות ממאקרומולקולות אינן מיוצגות במיון זה.



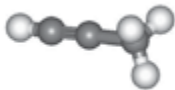
פחמימנים



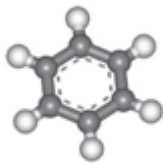
מודל של מולקולה השייכת לקבוצת האלקאנים



מודל של מולקולה השייכת לקבוצת האלקנים



מודל של מולקולה השייכת לקבוצת האלקינים



מודל של טבעת בנזנית

הפחמימנים מהווים קבוצה רחבה של תרכובות פחמן המכילות אטומי פחמן ואטומי מימן בלבד. בתוך קבוצה זו קיימות מספר תת קבוצות, כמוצג באיור לעיל, השונות זו מזו בסוג הקשרים הקוֹנְלְנְטִיִּים הקיימים בין אטומי הפחמן במולקולה. כל התרכובות יכולות להכיל שרשרות ישרות, מסועפות או טבעתיות.

לדוגמה: בקבוצת האלקאנים קיימים רק קשרים קוֹנְלְנְטִיִּים בודדים בין אטומי הפחמן. בקבוצת האלקנים קיימים גם קשרים בודדים וגם קשרים כפולים בין אטומי הפחמן, ובקבוצת האלקינים קיימים קשרים משולשים בין זוג אחד לפחות של אטומי פחמן.

קבוצת התרכובות הארומטיות מכילה לפחות "טבעת" משושה אחת של שישה אטומי פחמן הקשורים ביניהם בצורה ייחודית בעלת יציבות גבוהה, הקרויה טבעת בנזנית.

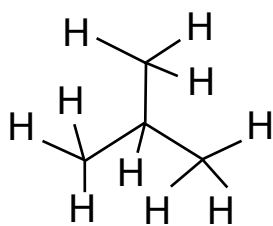
המונח "טבעת" בהקשר למבנה של מולקולות מתייחס לשרשרת אטומים הקשורים בצורה סגורה (ללא "קצוות").

פסק למן לחשיכה ולתראול

היעזרו בערכה לבניית מודלים מסוג "כדור-מקל".

1. בנו את המולקולות המתוארות בטבלה והשלימו בה את החסר.

סוג הקשרים במולקולה ומספרם	ציור מודל המולקולה	מספר אטומי מימן	מספר אטומי פחמן	שם החומר	נוסחה כימית
				מתאן	CH_4
				אתאן	C_2H_6
				פרופאן	C_3H_8
				בוטאן	C_4H_{10}
				אתן	C_2H_4
				פרופן	C_3H_6



2. המולקולה C_4H_{10} שבניתם היא בעלת "שרשרת ישרה" (הכוונה למבנה בו אטומי הפחמן קשורים זה לזה ברצף ללא הסתעפויות). נסו לבנות את המולקולה במבנה המסועף המוצג להלן.

א. זהו את אטומי הפחמן בנוסחת המבנה המסועפת וסמנו אותם.

ב. כמה קשרי C-C וכמה קשרי C-H קיימים במבנה זה? סמנו בצבע שונה כל אחד מסוגי קשרים אלה.

ג. במה שונה המבנה של מולקולה מסועפת זו ממבנה המולקולה "הישרה" שבניתם?

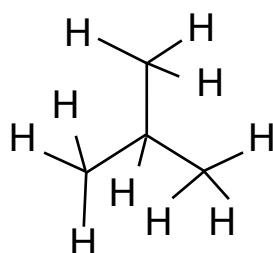
ד. תארו מה עליכם לעשות כדי לעבור ממבנה מסועף זה למבנה "הישר" שבניתם לפני כן.

תופעת האיזומריה

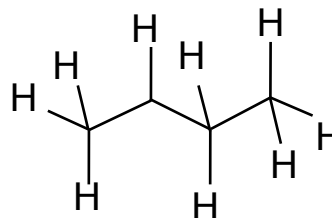
נוסחה כימית של תרכובת מייצגת את סוג האטומים ואת ומספרם במולקולה אך לא את האופן שהאטומים מסודרים במולקולה. לעתים אפשר לארגן את האטומים במולקולה בצורות מרחביות שונות. תופעה זו נקראת **איזומריה**, והמבנים השונים נקראים **איזומרים**.

לדוגמה, אפשר לארגן את האטומים במולקולת הבוטאן (נוסחתו המולקולרית היא C_4H_{10}) בשתי דרכים: במבנה של שרשרת ישרה ובמבנה של שרשרת מסועפת. כדי להבחין בין האיזומרים השונים של בוטאן, נוהגים לקרוא למבנה של השרשרת הישרה n בוטאן (n - normal), ולמסועפת - איזו-בוטאן (איזומר של בוטאן), כפי שאפשר לראות באיור הבא.

איזומרים של בוטאן



איזו-בוטאן
(איזומר של בוטאן בעל שרשרת מסועפת)



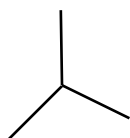
n - בוטאן
(איזומר של בוטאן בעל שרשרת ישרה)

מכיוון שככל שהשלד הפחמני גדול יותר מספר האיזומרים של התרכובת גדול יותר, פותחה שיטת שמות מקובלת (IUPAC) המאפשרת להבין באופן חד-משמעי כיצד ערוכים האטומים במולקולה.

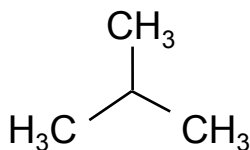
נהוג להציג את נוסחת המבנה של תרכובות הפחמן והאיזומרים שלהם גם בצורה מקוצרת יותר, ללא סימון של אטומי המימן. מוסכם כי במפגש של קווים (המייצגים קשרים קוולנטים) נמצא אטום פחמן.

ובקצה של שרשרת ממוקם אטום פחמן עם שלושה אטומי מימן (CH_3) אלא אם מצוין אחרת.
באיור הבא מוצגות שלוש צורות ייצוג לנוסחת המבנה של איזו-בוטאן (C_4H_{10} נוסחתו המולקולרית היא C_4H_{10}).

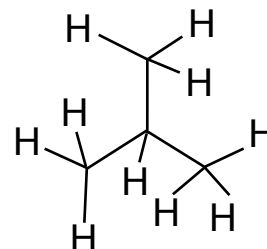
צורות ייצוג לנוסחת המבנה של איזו-בוטאן C_4H_{10}



נוסחת מבנה שמוצגים
בה רק הקשרים
הקוֹנְלִנְטִיִּים במולקולה



נוסחת מבנה שמוצגים בה
אטומי הפחמן והמימנים
הנמצאים רק בקצות
המולקולה



נוסחת מבנה הכוללת את כל
אטומי המימן. אטומי הפחמן
אינם מסומנים בה.

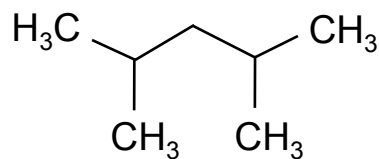
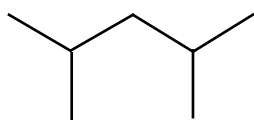
המבנה המרחבי השונה בין האיזומרים תורם לשוני בחלק מתכונות החומר כגון טמפרטורת רתיחה ומסיסות. המעבר ממבנה של איזומר אחד למבנה של איזומר אחר כרוך בשבירה של חלק מהקשרים במולקולה וביצירה של קשרים חדשים.

תופעת האיזומריה נפוצה מאוד לא רק בקרב פחמימנים, אלא בכל תרכובות הפחמן. יש בכך תרומה גדולה למגוון העצום של תרכובות פחמן בטבע. לדוגמה: לפחמימן C_8H_{18} אפשריים 18 איזומרים, ולפחמימן $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ אפשריים 366,319 איזומרים.

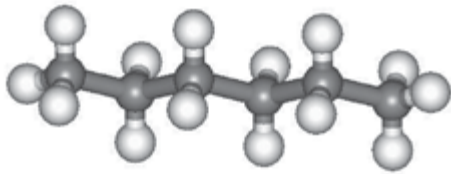
ספק למן לחשיכה ולתראול

מבחינים בין איזומרים

1. לפניכם נוסחת מבנה של מולקולת אלקאן בעלת מבנה מסועף המוצגת בשתי צורות ייצוג:



ציירו נוסחת מבנה של איזומר בעל שרשרת ישרה המתאים למולקולה זו.



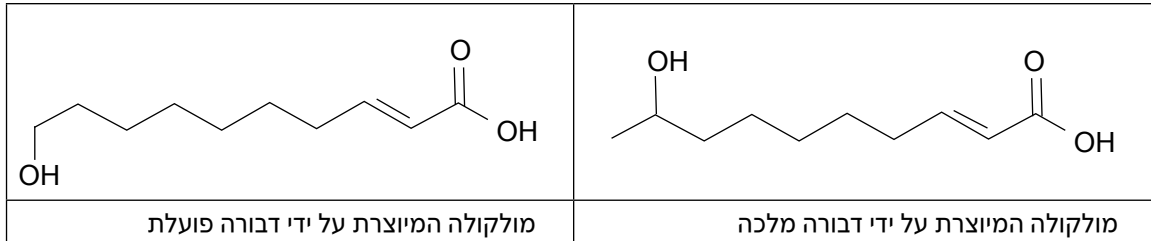
2. לפניכם מודל של אלקאן בעל שרשרת ישרה.

א. ציירו נוסחת מבנה לאלקאן זה.

ב. ציירו אפשרות אחת לאיזומר המסועף לאלקאן זה.

ג. הסבירו כיצד קבעתם כי נוסחת המבנה שצירתם בסעיף ב' הוא איזומר של האלקאן שצירתם בסעיף א'.

3. לפניכם שתי נוסחאות מבנה המייצגות חומרים המיוצרים על ידי דבורים: האחת על ידי דבורה מלכה והאחרת על ידי דבורה פועלת.

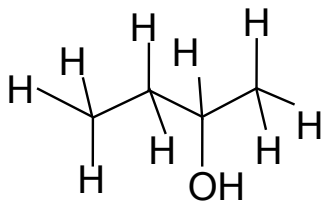


א. האם מולקולות אלה הן איזומרים? נמקו.

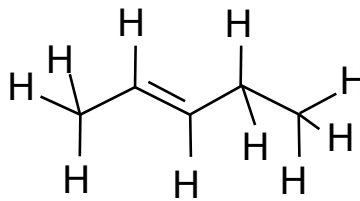
ב. במה דומות ובמה שונות מולקולות אלה?

ג. ציירו נוסחת מבנה לאיזומר אפשרי למולקולה המיוצרת על ידי דבורה מלכה.

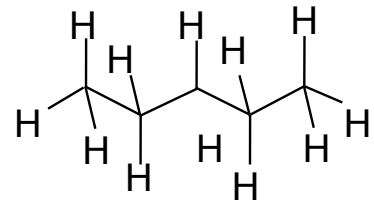
4. לפניכם נוסחאות מבנה של שש תרכובות פחמן. מי מהן מייצגות פחמימנים?



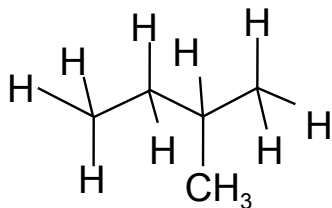
III



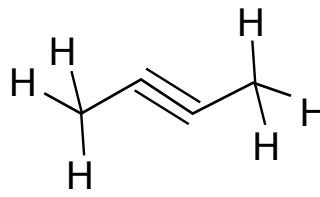
II



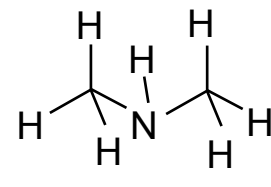
I



VI



V



IV

א. כולן

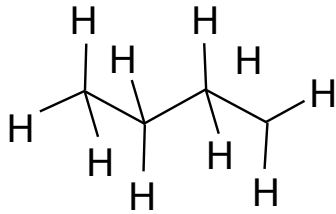
ב. נוסחאות I, III

ג. נוסחאות I, III, VI

ד. נוסחאות I, II, V, VI

ה. נוסחאות I, V

ו. הסבירו את בחירתכם.



5. לפניכם נוסחת המבנה של מולקולה של האלקאן בוטאן:

סמנו את האפשרות המתאימה.

א. מספר האטומים של הפחמן בתרכובת הוא:

1. 4 2. 6 3. 8

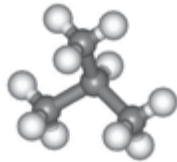
ב. נוסחת התרכובת היא:

1. CH_{10} 2. C_4H_{10} 3. C_6H_{10}

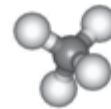
ג. מספר הקשרים הקוֹוֹלנטיים מסוג C-C הוא:

1. 3 2. 5 3. 10

6. התאימו כל אחד מהמודלים הבאים לנוסחה הכימית המתאימה לו.



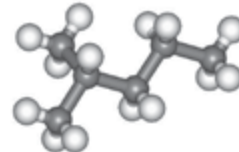
II



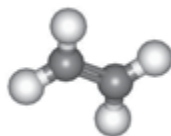
I



VI



III



IV



V

הנוסחאות הכימיות: C_2H_4 , C_2H_6 , CH_4 , C_6H_{14} , C_3H_8 , C_4H_{10}

7. ציירו את נוסחאות המבנה של המולקולות הבאות וציינו את סוג הקשרים הקוֹלנטיים בין אטומי הפחמן (בודדים, כפולים, משולשים) ואת מספרם.

נוסחת המולקולה	נוסחת המבנה	סוג הקשרים הקוֹלנטיים בין אטומי הפחמן ומספרם
C_3H_6		
C_5H_{10}		
C_2H_2		
C_3H_4		
C_7H_{14}		
C_2H_4		
C_2H_6		

זמן חקר – מסיסות במים של תרכובות פחמן

במשימה זו תחקרו בשלב א' מסיסות במים של ארבע תרכובות פחמן המוכרות לכם מחיי היומיום: אתאנול, אצטון, פרפין ונפט. בשלב ב' תתמקדו במסיסות במים של אתאנול.

רקע קצר לשימוש של חומרי הניסוי בחיי היומיום



הֶאֱתָנוֹל שייך למשפחה של תרכובות פחמן הנקראת **כֶּהָלִים** ונוסחתו היא C_2H_5OH . האתאנול מצוי בכל סוגי היינות והמשקאות החריפים. ההשפעה הרבה של המשקאות החריפים על **התרבות** האנושית הביאה לכך שבשפת היומיום מכונה האתנול כוהל או אלכוהול, כמייצג הראשי של משפחת הכהלים כולה (הכוללת אלפי **תרכובות** אחרות). האתאנול משמש גם כחומר חיטוי ברפואה, ובארצות שונות מסודרים – כתחליף דלק למכוניות.



הָאֶצְטוֹן שייך למשפחה של תרכובות פחמן הנקראת **קֶטוֹנִים** ונוסחתו C_3H_6O . השימוש הנפוץ והמוכר באצטון בחיי היומיום הוא כרכיב הפעיל במסיר **לק לציפורניים**. עם זאת, משתמשים בו גם בייצור פלסטיק, סיבים, תרופות וחומרי נפץ.



פְּרָפִין הוא תערובת של אלקאנים בעלי שרשרות של 20 **אטומי** פחמן ויותר. הפרפין משמש ברפואה ובקוסמטיקה כחומר מרכז בצורת שמן או קרם לחות להרגעת העור. כמו כן משמש הפרפין לייצור נרות.



נָפֶט הוא נוזל שחור בעל ריח אופייני וצמיגות גבוהה, המורכב מתערובת של תרכובות פחמן רבות, בעיקר של פחמימנים. לאחר זיקוק הנפט מתקבלים מוצרים רבים המשמשים חומרי דלק, אך גם חומרי גלם בתעשיית הפלסטיק, הצבעים וחומרי הטעם והריח.

עברו להנחיות לניסוי הנמצאות בשיעור המקוון.



מסיסות של אתאנול במים

חושבים כימיה

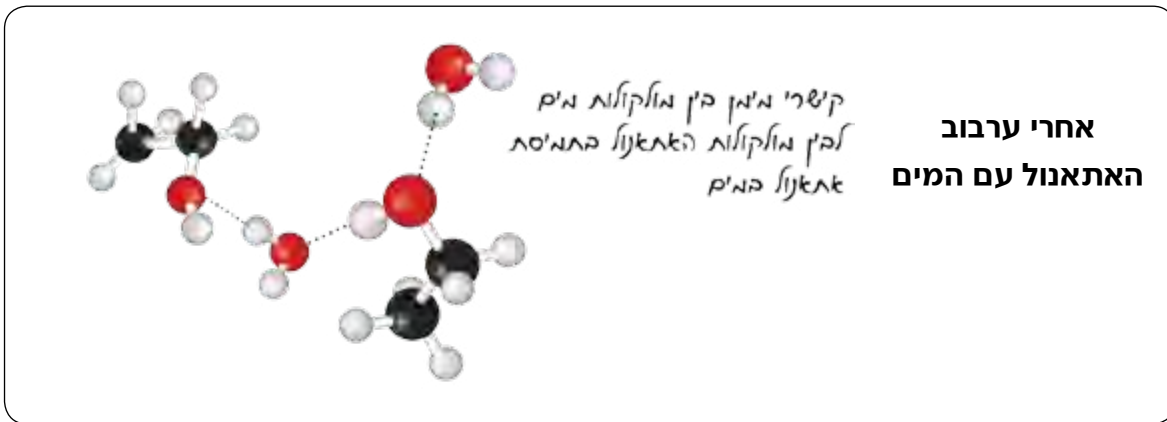
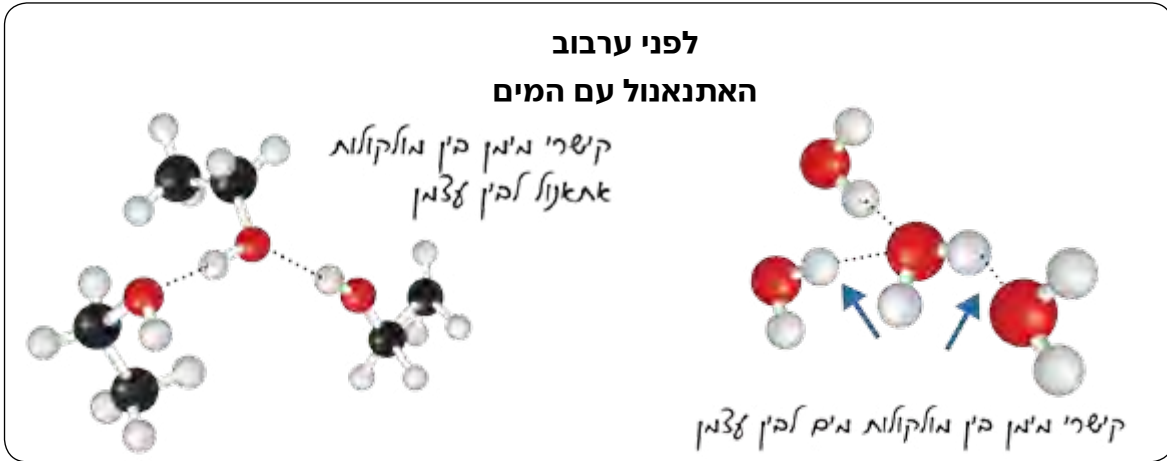
התצפיות שערכתם בניסוי ומדידת הנפחים שייכים **לרמה המאקרוסקופית** של מסיסות האתנול במים. ברמה זו ראיתם כיצד בשלב הראשון של הוספת האתנול למים, הוא "צף" על המים (עקב צפיפות נמוכה יותר מזו של המים), ולאחר הערבוב נוצרה תמיסה אחידה של אתאנול מומס במים.



ברמה המיקרוסקופית אנו מנסים להבין מה התרחש בין החלקיקים המרכיבים את החומרים בתהליך: המים והאתנול במקרה זה. מולקולות האתאנול ומולקולות המים מכילות כל אחת את קבוצת האטומים $-OH$. המימן (בעל המטען החיובי יחסית לחמצן) בקבוצת אטומים זו "נמשך" לאטום חמצן (בעל המטען השלילי יחסית למימן) בקבוצת $-OH$ של מולקולה שכנה ויוצר אתה קשרים הנקראים: קשרי מימן. בצורה כזו נוצר מארג של **קשרי מימן** בין מולקולות המים לבין עצמן ובין מולקולות הכוהל לבין עצמן. מצב זה קיים לפני ערבוב האתנול עם המים. לאחר ערבובם נוצרים קשרי מימן בין קבוצות $-OH$ של מולקולות המים לבין קבוצות $-OH$ של מולקולות האתנול.

ברמת הסמל אפשר לתאר את מולקולות המים ומולקולות האתאנול המופרדות לפני הערבוב ואת פיזורן בתמיסה הנוצרת לאחר הערבוב וההמסה - כמוצג באיור הבא.

תהליך המסת אתאנול במים



ברמת התהליך - נסכם את התהליך שהתרחש.

כשמערבבים מולקולות מים עם מולקולות אתאנול מתרחשת "התקרבות" של שני סוגי המולקולות לזה לזה עקב תנועת המולקולות. עקב זאת "נשברים" חלק מקשרי המימן שבין מולקולות המים לבין עצמן וכן קשרי המימן בין מולקולות האתאנול לבין עצמן. נוצרים קשרי מימן חדשים בין מולקולות האתאנול לבין

מולקולות המים ונוצרת התארגנות מרחבית חדשה ו"צפופה" יותר. התארגנות מרחבית זו מתבטאת ברמה המאקרוסקופית בהקטנת הנפח הסופי של התמיסה. התהליך כולו מלווה גם בשינויי אנרגיה. בהמסת אתאנול במים משתחררת אנרגיה המתבטאת בעליית הטמפרטורה של התמיסה הנוצרת.

גם במולקולות גדולות יותר של פֶּהֶלִים, המכילות אף הן את קבוצת האטומים -OH, ייווצרו קשרי מימן בין מולקולות המים ובין מולקולות הכהל, אך הם יהיו

חלשים יותר בשל גודלה של מולקולת הכוהל, ולא יתאפשר להבחין בתופעה של הקטנת הנפח הסופי של התמיסה. כהלים בעלי שישה אטומי פחמן ויותר במולקולה אינם מסיסים במים.

**מומלץ לצפות באנימציה של תהליך מסיסות
אתאנול במים - בשיעור המקוון.**



פחמימנים בנפט גולמי



בחיי היומיום אנו צורכים מוצרים לאין ספור המכילים תרכובות פחמן. מקור רבים מהם בנפט גולמי.

הנפט הגולמי הוא נוזל סמיך, שמנוני וכהה המצוי באדמה. הנפט נוצר בתהליכים ממושכים, במשך מיליוני שנים. הנפט הגולמי הוא תערובת של עשרות תרכובות פחמן, רובן פחמימנים. הרכבן של תערובות הפחמן בנפט שונה ממקום למקום. הנפט המצוי במזרח התיכון מכיל מגוון רחב של פחמימנים בעלי שרשרות ארוכות, המקנות לנפט סמיכות גדולה. לעומתו, הנפט הנמצא בים הצפוני מכיל פחות פחמימנים בעלי שרשרות ארוכות, ולכן הוא דליל יותר.



הנפט עובר תהליך זיקוק כדי להפרידו לתרכובות המרכיבות אותו. בתהליך הזיקוק מנצלים את העובדה שלחומרים השונים בתערובת הנפט יש נקודות רתיחה שונות. תהליך הזיקוק מבוסס על חימום התערובת. החומרים השונים בתערובת רותחים (הופכים לגז) בטמפרטורות שונות. זו מזו וכך ניתן להפרידם (בתהליך עיבוי) מן התערובת. בזיקוק נפט מתקבל מגוון חומרים המנוצלים לשימושים רבים, החל בדלקים לרכבים ולתעשייה ועד לתעשיות פלסטיק, צבעים, רפואה, קוסמטיקה, טקסטיל ומזון. בשל חשיבותו הרבה של הנפט ושל מוצריו בחיינו נוהגים לכוונתו בשם "הזהב השחור".



חוקרים נפט ברשת. חקר אירוח: כתאי נפט ביס, כיצד לנקות כתם נפט? כיצד לנקות כתם נפט ביס?

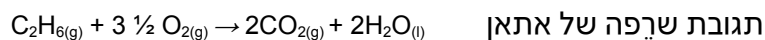
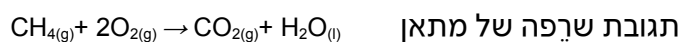
תגובות שרפה של פחמימנים



לו הייתם נוחתים על הירח, והיה לכם קר, לא הייתם יכולים להדליק אש כדי להתחמם. הסיבה לכך היא שהדלקת אש היא תגובת שרפה ומהותה התרכבות של חומר עם חמצן. על הירח אין חמצן. פחמימנים נוטים להתרכב בקלות יחסית עם חמצן, ולכן מתאימים במיוחד לשמש חומרי דלק. בתא השרפה במנוע של מכונית מתרכב הדלק (בנזין, סולר) עם החמצן שבאוויר בתגובת שרפה ומשתחררת אנרגיה הדרושה לתנועת המכונית.

בתגובת השרפה נוצרים דו-תחמוצת הפחמן, $\text{CO}_{2(g)}$ ומים. שרפה בסביבה דלה בחמצן תגרום ליצירת חד-תחמוצת הפחמן, $\text{CO}_{(g)}$ ומים או אף ליצירת פח, $\text{C}_{(s)}$ למעשה, כאשר להבת הגז בכיריים הביתיים אינה תקינה – נוצר פח על תחתית הסירים.

מתאן ואתאן הם המרכיבים המרכזיים של הגז המופק ממקורות טבעיים. תגובות השרפה שלהם מתוארות להלן:



פרופאן, C_3H_8 , ובוטאן, C_4H_{10} , משמשים כגז בישול; בבנזין, המשמש דלק למכוניות, אפשר למצוא את הפחמימן אוקטאן, C_8H_{18} , ובדיזל יש תערובת של פחמימנים בעלי שרשרת של 16 אטומי פחמן בממוצע.

תרכובות פחמן בעלות שרשרות של של 20–40 אטומי פחמן קרויות פּרָפִינים ומייצרים מהם נרות. בעבר השתמשו בשומנים מהחי (שומן של בעלי חיים, דוגם מכוורות דבורים וכו') לייצור נרות. היום מתבסס ייצור הנרות על תזקיקים של נפט וה"חומר" העיקרי לייצור נרות הוא פּרָפִין.



אנו אוכלים כדי לחיות. מאות ואלפי סוגי המזונות שאנו אוכלים מורכבים מארבע קבוצות עיקריות: שומנים, פחמימות, חלבונים וויטמינים – כולם בנויים מתרכובות פחמן. כמו כן אנו צורכים במזון גם מינרלים שונים כגון אשלגן, מגנזיום, סידן וברזל, שהם חומרים אנאורגניים.

השומנים, הפחמימות והחלבונים מהווים את המקורות העיקריים שלנו לאספקת אנרגיה ולבניית רקמות הגוף והם דרושים לנו בכמויות של עשרות ומאות גרמים ליום. הוויטמינים והמינרלים חיוניים לתפקוד ולפעילות תקינה של גופנו ודרושים לנו בכמויות קטנות: גרמים אחדים, אלפיות ואף מיליוניות גרמים ליום.

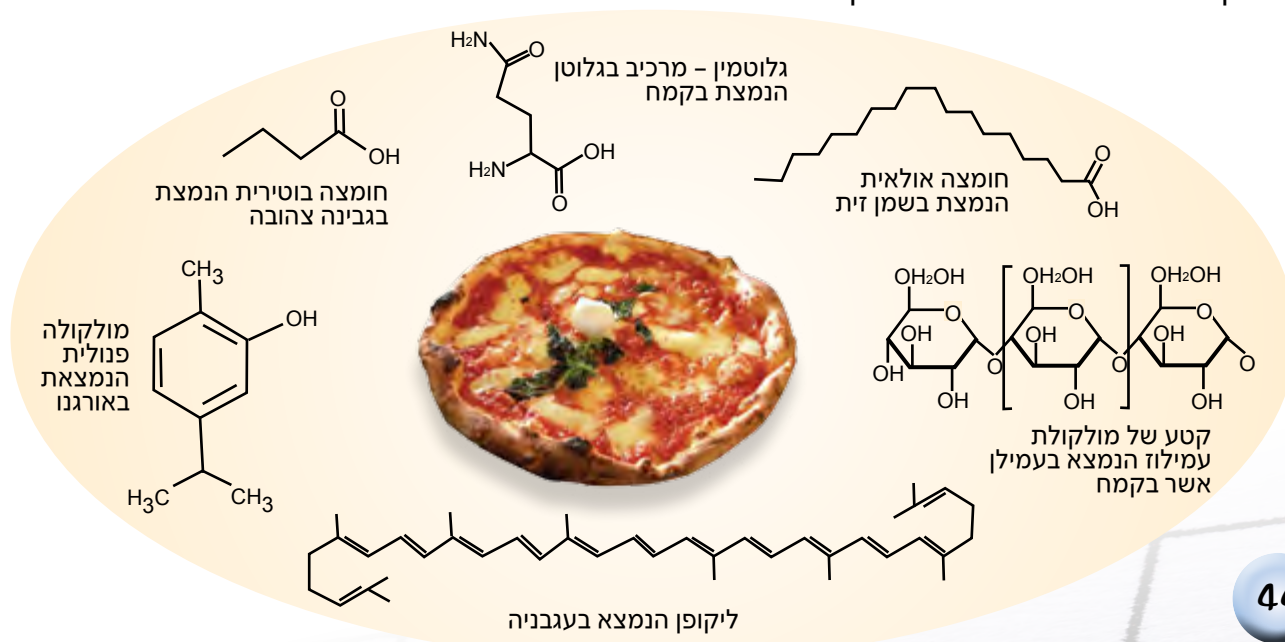
הפיצה "הכימית"

אחד המזונות האהובים כמעט בכל העולם הוא פיצה. האם חשבתם על פיצה כמעבדה כימית? בחומרים המרכיבים את הפיצה יש מאות תרכובות פחמן. נמצא בהם את כל אבות המזון כפי שאפשר

לראות בטבלה הבאה:

מרכיב בפיצה	דוגמאות לאבות המזון במרכיבי הפיצה
בצק	עשוי מקמח שהמרכיבים העיקריים בו הם עמילן, השייך למשפחת הפחמימות, וגלוטן, השייך למשפחת החלבונים
רוטב עגבניות	מכיל עגבניות וגם שמן, השייך למשפחת השומנים
גבינה צהובה	מכילה חלבונים ושומנים שמקורם בחלב
זיתים	מכיל שמנים ובעיקר את חומצת השומן: חומצה אולאית
אורגנו	מכיל ויטמינים וחומרים נוגדי חמצון

להלן כמה דוגמאות לתרכובות פחמן בפיצה.



פסק לאן לחשיבה ולתראול

השלימו את הטבלה הבאה בהתייחס לדוגמאות של תרכובות הפחמן בפיצה.

	מספר אטומי הפחמן במולקולה:	גלוטמין
	מספר אטומי המימן במולקולה:	חומצה אולאית
	נוסחה מולקולרית:	חומצה בוטירית
	מספר הקשרים הקוולנטיים הכפולים במולקולה:	ליקופן

פסק לאן לחשיבה ולתראול



פירמית האלון

שומנים

השומנים חיוניים לתפקודו התקין של גופנו ומשמשים לבניית קרומי התאים ולאספקת אנרגיה. גרם שומן מספק 9 קילו-קלוריות לעומת חלבונים ופחמימות המספקים רק 4 קילו-קלוריות לגרם. כמו כן, השומנים מאפשרים ספיגה טובה של ויטמינים (E, A, D, K) בגופנו.

שומנים ושומנים שייכים למשפחה רחבה ומגוונת של חומרים המכונים **ליפידים**. התכונה המשותפת לכולם היא אי מסיסותם במים. אין הבדל בין המבנה הכימי של שומן לזה של שמן. ההבחנה ביניהם היא לפי מצב הצבירה שלהם בטמפרטורת החדר. השומן הוא מוצק בטמפרטורת החדר ואילו השמן הוא נוזלי.

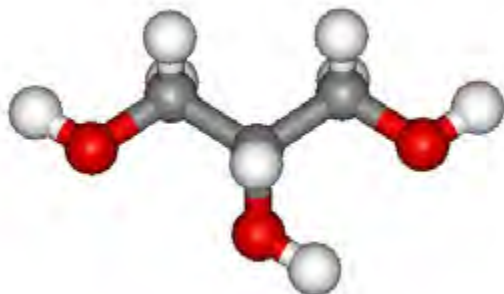
פסק לאן לחשיבה ולתראול

מזונות המכילים שומנים או שמנים מקורם מהחי ומהצומח. לפניכם תמונות של מספר מזונות העשירים בשומן. מיינו אותם לפי מקורם: מהחי או מהצומח.



מבנה השומנים

שומנים בנויים מתרכובות הנקראות טריגליצרידים. טריגליצריד מורכב ממולקולה אחת של גליצרול ומשלוש מולקולות של חומצות שומן.



מודל של מולקולת גליצרול

כדור אפור מייצג אטום פחמן

כדור לבן מייצג אטום מימן

כדור אדום מייצג אטום חמצן

פסק למן לחשיבה ולתראול

השלימו את המידע על מבנה מולקולת גליצרול בטבלה הבאה.

	מספר אטומי הפחמן במולקולה:
	מספר אטומי המימן במולקולה:
	מספר אטומי החמצן במולקולה:
	נוסחה מולקולרית של גליצרול:
	נוסחת מבנה של גליצרול:

חומצות שומן

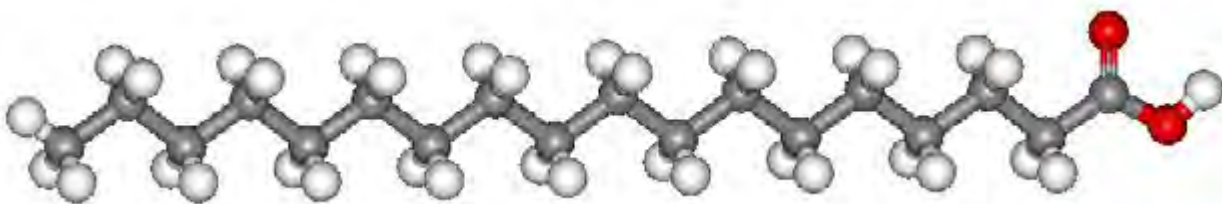
חומצות שומן הן קבוצת תרכובות המתאפיינות על-ידי שרשרת של אטומי פחמן, שאליהם קשורים אטומי מימן, ובקצה השרשרת קבוצת האטומים: COOH הקרויה **קבוצה קרבוקסילית**.

מרבית חומצות השומן מכילות בין 4 ל-20 אטומי פחמן בשרשרת. שרשרת של אטומי הפחמן יכולה להיות ללא קשרים כפולים או עם קשר כפול אחד או יותר בשרשרת. חומצות שומן אשר אינן מכילות קשרים כפולים בשרשרת אטומי הפחמן קרויות **חומצות שומן רוויות**. חומצות שומן אשר מכילות קשר כפול אחד או יותר בשרשרת אטומי הפחמן קרויות **חומצות שומן בלתי-רוויות**.

להדמיה של יצירת חומצות שומן מומלץ לצפות בסרטון בשיעור המקוון
המקוונת (מתוך המאגר של מכון דוידסון אונליין).



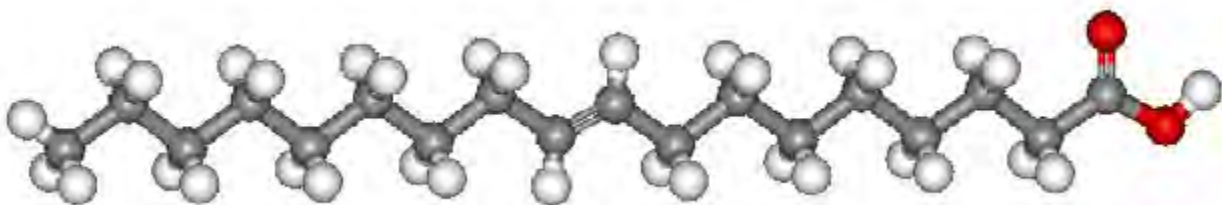
1. לפניכם מודל של חומצת שומן הקרויה **חומצה סטארית**.



כדור אפור מייצג אטום פחמן; כדור לבן מייצג אטום מימן; כדור אדום מייצג אטום חמצן.

- האם זו חומצת שומן רוויה או בלתי רוויה? נמקו.
- סמנו את קבוצת האטומים: COOH במולקולה.
- כמה אטומי פחמן בשרשרת החומצה?
- מה הנוסחה המולקולרית של החומצה?

2. לפניכם מודל של חומצת שומן הקרויה **חומצה אולאית**.



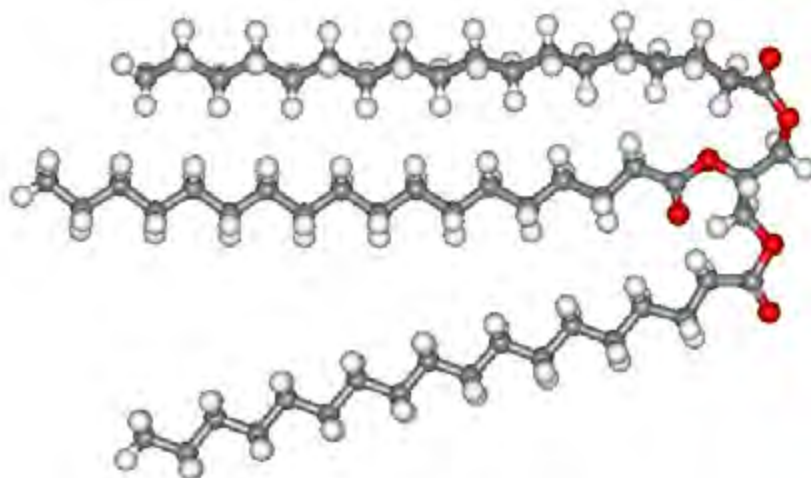
כדור אפור מייצג אטום פחמן; כדור לבן מייצג אטום מימן; כדור אדום מייצג אטום חמצן.

איזומרים הם תרכובות בעלות אותה נוסחה מולקולרית - כלומר אותו מספר וסוג אטומים, אך בעלות סידור מרחבי שונה של האטומים בתרכובות.

- האם זו חומצת שומן רוויה או בלתי רוויה? נמקו.
- כמה אטומי פחמן בשרשרת החומצה?
- במה דומה ובמה שונה חומצה זו מחומצה סטארית?
- האם חומצה אולאית וחומצה סטארית הן **איזומרים**? נמקו.

3. חומצה פלמיטית מכילה 16 אטומי פחמן בשרשרת ואינה מכילה קשרים כפולים. ציירו נוסחת מבנה לחומצה זו.

4. לפניכם מודל של טריגליצריד הקרוי **טריסטריין**.



כדור אפור מייצג אטום פחמן; כדור לבן מייצג אטום מימן; כדור אדום מייצג אטום חמצן.

- סמנו את החלק במולקולה שמקורו בגליצרול.
- האם חומצות השומן בטריגליצריד הן רוויות או לא רוויות? נמקו.
- מה מספר אטומי הפחמן בכל אחת משלוש השרשרות של חומצות השומן בטריגליצריד זה?

חומצות שומן חיוניות

גוף האדם, כמו גופם של בעלי חיים אחרים, מסוגל לייצר את מרבית חומצות השומן הרוויות והבלתי רוויות שלהן הוא זקוק ממרכיבי המזון השונים כגון פחמימות, אלכוהול וחלבונים. עם זאת, יש שני סוגים של חומצות שומן שהגוף אינו יכול לייצר בעצמו: חומצות שומן מסוג אומגה 3 וחומצות שומן מסוג אומגה 6. ההבדל בין שני סוגי חומצות אלה הוא מספר הקשרים הכפולים בשרשרת ומיקומם בשרשרת. חומצות שומן אלה, אשר הגוף זקוק להן אך אינו יכול לייצרן בעצמו, קרויות **חומצות שומן חיוניות**. מסיבה זו עלינו לאכול מזונות אשר מכילים את החומצות האלה ואין להוציא לחלוטין את השומן מהמזון אותו אנו צורכים.

חומצות מסוג אומגה 3 נמצאות במזונות מהצומח כגון זרעי פשתן, אגוזי מלך ושמן קנולה, ובמזונות מהחי, בעיקר בדגי ים מאזורים קרים, כגון סלמון, טונה, בקלה והליבוט; ודגי בריכה כגון פורל, מוסר, לברק ובס.

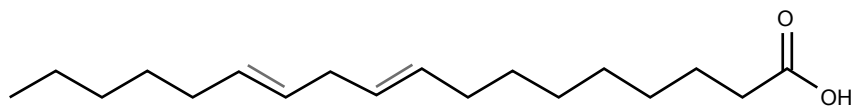
חומצות מסוג אומגה 6 אפשר למצוא ברוב השמנים הצמחיים, בעיקר בשמן סויה, תירס וחמניות וכן בשומשום ובטחינה.

פסק למן לחשיבה ולתראות

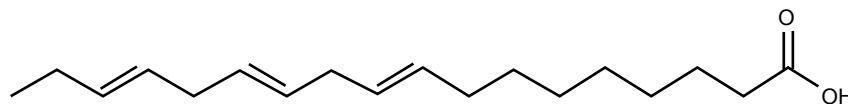
לפניכם נוסחאות המבנה של שתי חומצות שומן:

- חומצה לינולאית, שהיא מסוג אומגה 6

- חומצה לינולנית שהיא מסוג אומגה 3.



חומצה לינולאית



חומצה לינולנית

- א. האם חומצות שומן אלה רוויות או בלתי רוויות? נמקו.
ב. מה דומה ומה שונה במבנה שתי חומצות שומן אלה?

סיכום: סוגי שומנים

השומנים חיוניים לתפקודו התקין של הגוף ולשמירה על בריאות הלב. עם זאת, חשוב לשים לב לא רק לכמות השומנים שאנו צורכים, אלא גם להרכב השומנים שאנו בוחרים לאכול. ההמלצה היא להעדיף אכילת מזונות המכילים שומנים לא רוויים על פני אכילת מזונות המכילים שומנים רוויים ולהימנע מאכילת מזונות המכילים שומן טרנס. מה ההבדל בין שומנים אלה?

שומן רווי - לרוב זהו שומן שמקורו מהחי והוא מוצק בטמפרטורת החדר. רוב חומצות השומן (אם כי לא כולן) המרכיבות שומן זה הן רוויות (ללא קשרים כפולים בשרשרת). הוא מצוי במזונות כגון חמאה, שמנת, גבינות עתירות שומן (למשל גבינה צהובה וגבינת שמנת), חלמון הביצה, נקניקיות, המבורגר, ובשרים שמנים (כבש ובקר, למשל). בצומח הוא מצוי בכמות גדולה באגוזי קוקוס, בשמן קוקוס ובשמן דקלים. שומן זה מעלה את רמות הכולסטרול "הרע" בגוף ומעלה את השכיחות של מחלות לב ושל שבץ מוחי. לכן רצוי לצמצם את השימוש היומיומי בשומנים אלה.

שומן בלתי-רווי - נחשב כשומן רצוי לגוף. רוב חומצות השומן המרכיבות שומן זה הן חומצות שומן בלתי רוויות (מכילות קשר כפול אחד או יותר בשרשרת). אפשר למצוא שומן זה בשמנים כגון שמן זית, שמן קנולה, באגוזים שונים, בשקדים, אבוקדו וטחינה. שומן בלתי רווי נחשב כמוריד את רמות הכולסטרול בדם ועשוי לעזור בירידת שכיחות מחלות לב. שומנים אלו עשירים בדרך כלל בוויטמין E המשמש כאנטי אוקסידנט המגן בפני תהליכי חמצון בגוף שעלולים לגרום לנזקים.

שומן טרנס - מכיל חומצות שומן שבמקורן הן בלתי רוויות נוזליות אשר עברו בתעשייה תהליך של הקשיה והפכו לשומן מוצק המוכר גם בשם **שומן צמחי מוקשה**. הדבר נעשה בעיקר בתהליך הפיכת שמן לסוגים שונים של מרגרינות. אפשר למצוא שומן זה בעיקר במזונות המכילים מרגרינה תעשייתית ולכן הוא מצוי בדברי מאפה קנויים כגון סופגניות, עוגות, עוגיות, בורקסים, קרואסונים, פיצות, מלאווח וגיחנן. הוא מצוי גם בחטיפים ובדברי מאכל מוכנים שונים. שומן טרנס נחשב כמעלה את הסיכון לסתימת כלי דם ומעלה את רמת הכולסטרול "הרע" בגוף. מומלץ להימנע מאכילת מוצרים המכילים שומן צמחי מוקשה וכך גם מכל מרגרינה שמכילה יותר מ 1% שומן טרנס.

פסק זמן לחשיבה ולתראול



שומנים, כולסטרול - טוב או רע?



הפחמימות הן משפחת החומרים האורגניים הנפוצה ביותר בעולם החי והצומח על פני כדור הארץ. הפחמימות מהוות מקור אנרגיה לגוף. גוף האדם מסוגל לייצר פחמימות ממרכיבי מזון אחרים, כגון חלבונים ושומנים. עודפי הפחמימות בגוף נאגרים בכבד ובשרירים בצורת גליקוגן אשר משמש בשעת הצורך להפקת אנרגיה.

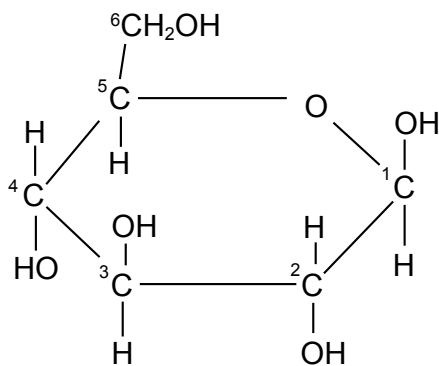
הפחמימות הן סוכרים ותרכובותיהן בנויות מאטומי פחמן, מימן וחמצן. הסוכרים הפשוטים קרויים **חד-סוכרים** והם אינם עוברים פירוק לתרכובות פשוטות יותר או לסוכרים אחרים. חד-סוכרים מוכרים הם: גלוקוז, פרוקטוז (מוכר גם בשם סוכר פירות) וגלקטוז (תוצר הפירוק של סוכר בחלב). מרבית הסוכרים הפשוטים מסיסים במים והם בעלי טעם מתוק. החד-סוכרים מהווים את אבני הבניין של ה**דו-סוכרים**. דו-סוכר מתקבל בתגובה בין שני חד-סוכרים תוך יציאת מולקולת מים. הדו-סוכר המוכר ביותר הוא סוכרוז שאנו צורכים כסוכר בשימוש הביתי. ה**רב-סוכרים** מורכבים ממספר רב של מולקולות של חד-סוכרים, לעתים גם אלפים. לרב-סוכרים חשיבות מרכזית בתזונת האדם כמקור לגלוקוז ולסיבים תזונתיים. רב-סוכרים מוכרים הם עמילן, גליקוגן ותאית. העמילן מעוכל בגוף האדם ומתפרק לגלוקוז. לעומתו התאית איננה מעוכלת בגוף האדם אך יש לה חשיבות רבה כמרכיב בסיבים תזונתיים.

מבנה כימי של סוכרים פשוטים

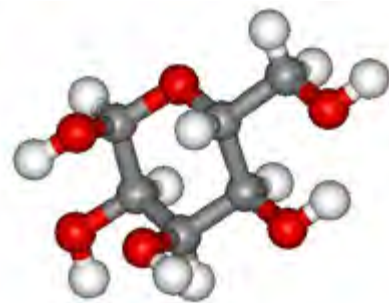
הסוכרים בנויים מטבעות של אטומי פחמן, הקשורות לאטומי מימן וחמצן.

לדוגמה: לחד-סוכר גלוקוז נוסחה מולקולרית: $C_6H_{12}O_6$.

נוסחת מבנה של גלוקוז



מודל של גלוקוז



כדור אפור מייצג אטום פחמן;

כדור לבן מייצג אטום מימן;

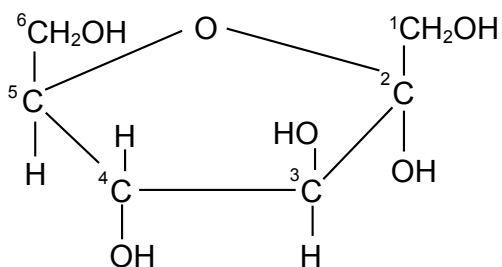
כדור אדום מייצג אטום חמצן.

אפשר לראות כי בטבעת הגלוקוז שישה אטומים - חמישה אטומי פחמן ואטום חמצן אחד.

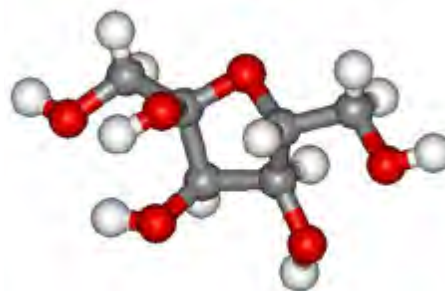
פסק למן לחשיבה ולתראות

- במולקולת הגלוקוז נמצא אטום חמצן אחד בתוך הטבעת, וחמשת אטומי החמצן האחרים נמצאים כחלק מקבוצות הידרוכסיליות: -OH.
 - סמנו את את חמש הקבוצות ההידרוכסיליות במודל מולקולת הגלוקוז.
 - ארבע קבוצות הידרוכסיליות קשורות לאטומי הפחמן שבטבעת. הקבוצה החמישית קשורה לאטום פחמן שאיננו שייך לאטומי הפחמן המרכיבים את הטבעת. סמנו קבוצה זו במודל מולקולת הגלוקוז.
 - הקבוצות ההידרוכסיליות במולקולת הגלוקוז אחראיות למסיסות של הגלוקוז במים. ציירו מודל של מולקולת מים. האם יש דמיון בין מבנה המים ובין מבנה הגלוקוז? מהו?
- הפרוקטוז הינו חד-סוכר שנוסחתו המולקולרית אף היא: $C_6H_{12}O_6$, כמו של הגלוקוז. לפניכם מודל ונוסחת מבנה של מולקולת פרוקטוז:

נוסחת מבנה של פרוקטוז



מודל של פרוקטוז

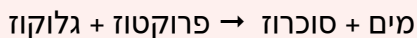


כדור אפור מייצג אטום פחמן;
 כדור לבן מייצג אטום מימן;
 כדור אדום מייצג אטום חמצן.

- מהו ההבדל הבולט בין מבנה הגלוקוז למבנה הפרוקטוז?
- האם גלוקוז ופרוקטוז הם איזומרים זה של זה? נמקו.
- השלימו את הטבלה הבאה בהתייחס למבנה הגלוקוז והפרוקטוז:

פרוקטוז	גלוקוז	מאפיין
		נוסחה מולקולרית
		מספר אטומי הפחמן בטבעת
		מספר קשרי C-C במולקולה
		מספר קבוצות הידרוכסיליות -OH אשר אינן קשורות לאטומי הפחמן בטבעת

3. הדו-סוכר סוכרוז מורכב ממולקולת גלוקוז וממולקולת פרוקטוז שהגיבו ביניהן תוך יצירת מולקולת מים בתהליך הבא:



כתבו בתגובה את הנוסחאות המולקולריות של גלוקוז, פרוקטוז ומים. על פי ניסוח המגיבים בתגובה, מהי הנוסחה המולקולרית של סוכרוז?

מבנה כימי של רב-סוכרים



עמילן ותאית הם שתי דוגמאות לרב-סוכרים נפוצים במזוננו. העמילן מהווה את המרכיב העיקרי בקמח חיטה, ולכן אנו צורכים אותו במידה רבה. כמו כן, הוא מצוי בתפוחי אדמה ומפיקים ממנו את הקורנפלור המשמש בתעשיית המזון.



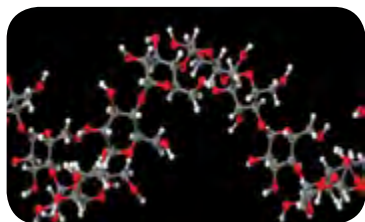
התאית נמצאת בעיקר מזונות המכילים דגנים מלאים כגון אורז מלא, גרנולה, שיבולת שועל; בקטניות כגון שעועית לבנה, פולי סויה, עדשים, פול וגרגירי חמוס וגם בפרות יבשים, בשקדים, באגוזים ובירקות כמו כרוב, סלרי, ברוקולי וסלק.



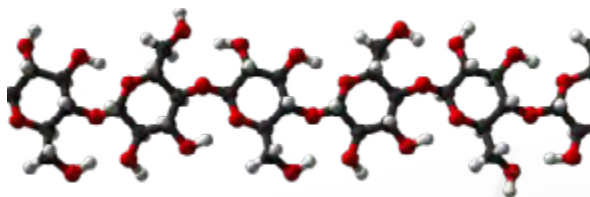
מבחינה כימית הן העמילן והן התאית בנויים ממולקולות גלוקוז אשר הגיבו ביניהם תוך יציאת מולקולת מים. כל אחד מהם מורכב מאלפי יחידות של גלוקוז. עם זאת, קיים שוני בתכונותיהם. העמילן מעוכל בגופנו ומספק לנו אנרגיה, ואילו התאית איננה עוברת תהליכי עיכול

וספיגה בגופנו. התאית הבלתי מתעכלת סופחת מים וחומרים בלתי רצויים לגוף כמו כולסטרול ותורמת להפרשתם מהגוף בצואה.

הבדל זה קשור במבנה השונה שבו קשורות מולקולות הגלוקוז זו לזו בתוך רב הסוכר תאית ובתוך רב הסוכר עמילן. להלן מודלים המייצגים קטעים של אחד מרב סוכרים אלה.

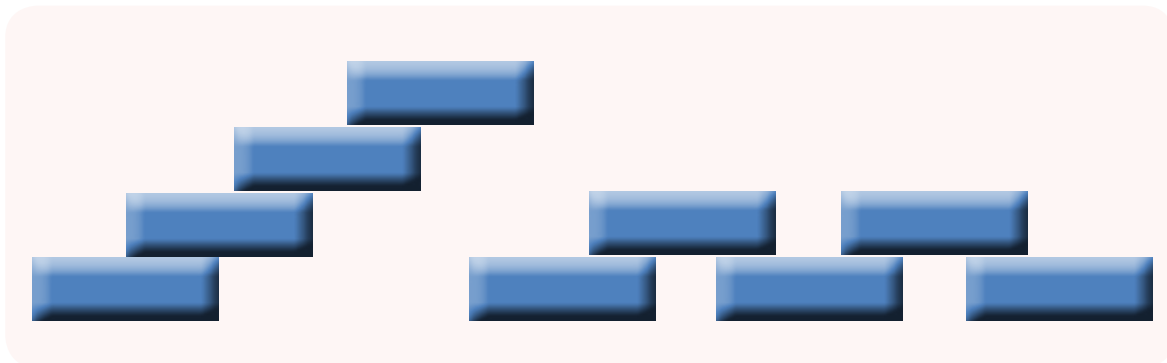


מודל של קטע ממולקולת עמילן



מודל של קטע ממולקולת תאית

אפשר לדמיין הבדל זה כבנייה של אבנים הזהות זו לזו בשתי דרכים: האחת בשרשרת, כך שנוצרות "מדרגות" - מבנה הדומה למולקולת עמילן. הדרך השנייה היא במבנה "מסובב" הדומה למבנה מולקולת התאית.



אנלוגיה לארגון מולקולות הגלוקוז בעמילן

אנלוגיה לארגון מולקולות הגלוקוז בתאית

אפשר לסכם כי למבנה המיקרוסקופי של החומר יש השפעה משמעותית על התכונות של החומר ברמה המאקרוסקופית. כך, אף על פי שעמילן ותאית מורכבים מאותן יחידות מבנה - גלוקוז - קישור וארגון שונה של יחידות אלה ברמה המיקרוסקופית גורם לשוני משמעותי בתכונות החומרים עמילן ותאית ברמה המאקרוסקופית.

פסק למן לחשיבה ולתראול



מאתיקים מלאכותיים, להירות - סוכר במלון!



חלבונים

החלבונים מהווים אבני בניין מרכזיות לרקמות השונות בגוף. נוסף על תפקידם בבניית רקמות, כמו רקמות שריר, רקמות חיבור ורקמות עצם, לחלבונים תפקידים מגוונים בהיותם אנזימים, נוגדנים והורמונים. בגופנו יש עשרות אלפי חלבונים שונים. מזונות עשירים בחלבון הם בעיקר מזונות מהחי אך גם מזונות מהצומח, בעיקר דגנים (אורז, חיטה, בורגול, סולת, תירס, שיבולת שועל) וקטניות (סויה, אפונה, שעועית, חמוס, פול, עדשים).



דוגמאות למקורות נפוצים לחלבון מהחי



דוגמאות למקורות נפוצים לחלבון מהצומח

חומצות אמיניות

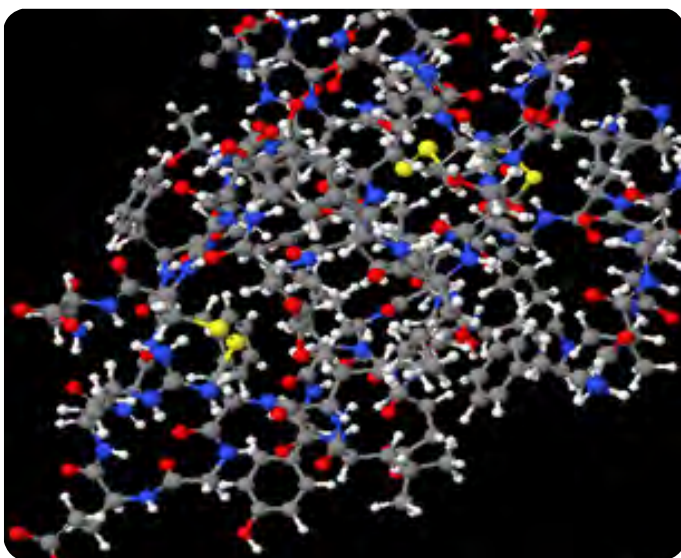
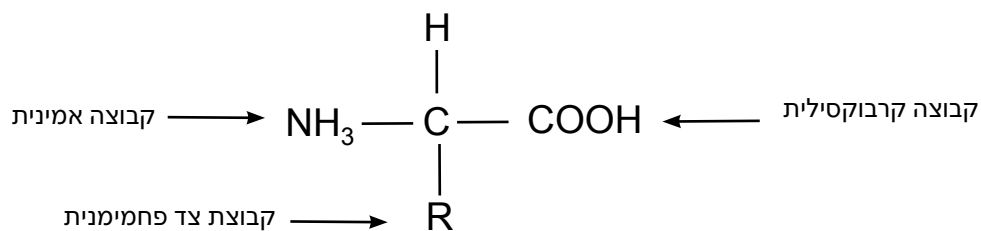
מולקולות החלבונים גדולות מאוד (מאקרומולקולות). אבני הבניין של מולקולות אלה הן חומצות אמיניות. קיימות 20 חומצות אמיניות הדרושות לגוף האדם, ומהן מיוצרים חלבונים לאין ספור. כיצד ייתכן? בכל חלבון מאות ואלפים של חומצות אמיניות ברצף שונה, המאפשר את המגוון העצום של חלבונים. אפשר לדמות זאת למגוון העצום של מילים בעברית, המבוססות על 22 אותיות בלבד. בכל מילה מספר שונה של אותיות וברצף שונה.

גוף האדם זקוק לכל 20 החומצות האמיניות, אך הוא חסר את היכולת לייצר כמחצית מהן, בגלל חוסר באנזימים הדרושים לכך. החומצות האמיניות שהגוף אינו יכול לייצר נקראות **חומצות אמיניות חיוניות** ובני האדם חייבים לקבל אותן מחלבונים במזון. חלבון הביצה נחשב לחלבון בעל הערך הביולוגי הגבוה ביותר, כלומר החלבון המלא והמתאים ביותר לצורכי האדם, כיוון שהוא מכיל, ביחס המתאים, את כל החומצות האמיניות שהגוף זקוק להן.

החומצות האמיניות המרכיבות את החלבונים מכילות, מלבד אטומי פחמן, חמצן ומימן, גם אטומי חנקן וגופרית. החומצות בנויות מאטום פחמן מרכזי שאליו קשורות ארבע קבוצות:

- קבוצה קרבוקסילית (חמצית): -COOH
- קבוצה אמינית (בסיסית): -NH₂
- קבוצת צד שהיא קבוצה פחמימנית (ולעתים מכילה אטומים נוספים) השונה בכל אחת מהחומצות האמיניות
- אטום מימן

מבנה כללי של חומצה אמינית



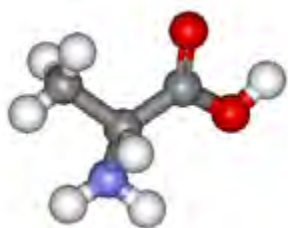
דוגמה למאות ואלפי חומצות אמיניות המרכיבות חלבון תוך יצירת מבנה מורכב ביותר

להדמיה של יצירת חלבונים מחומצות אמיניות מומלץ לצפות בסרטון בשיעור המקוון (מתוך המאגר של מכון דוידסון אונליין).

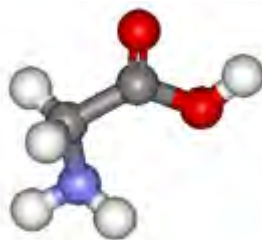


פסק למן לחשיבה ולתראות

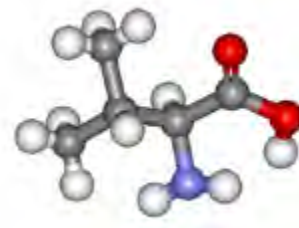
1. לפניכם מודלים של שלש חומצות אמיניות:



גליצין



אלאנין



ואלין

כדור אפור מייצג אטום פחמן; כדור לבן מייצג אטום מימן; כדור אדום מייצג אטום חמצן; כדור כחול מייצג אטום חנקן.

- זהו בכל אחת מהמולקולות את הקבוצה הקרבוקסילית ואת הקבוצה האמינית. מצאו בהתאם את אטום הפחמן המרכזי וסמנו אותו.
- מהי קבוצת הצד בכל אחת משלש החומצות?
- ציירו נוסחת מבנה של שלש חומצות אמיניות אלו.

2. קבוצת הצד של החומצה האמינית סרין היא: $-\text{CH}_2\text{OH}$.
ציירו נוסחת מבנה מלאה לחומצה אמינית זו.

3. שתי חומצות אמיניות מכילות בקבוצה הצדדית שלהן גם אטום גפרית. לדוגמה, קבוצת הצד של החומצה האמינית ציסטאין היא: $-\text{CH}_2\text{SH}$. ציירו מודל של חומצה אמינית זו.

פסק למן לחשיבה ולתראות



חומצות אמיניות

פחמן

6

זנקה
7
N

בזר

חומרים והשפעתם על הפרט, על החברה ועל הסביבה



מטלפונים ניידים למחזור החיים של מוצרים

מיחזור טלפונים ניידים

ענת ואביה נכנסו לחנות של טלפונים ניידים כדי לרכוש טלפון חדש. כשעמדו בתור לרכישת אחד מהטלפונים הניידים החדשים הבחינה ענת בשלט האומר: "עברו לירוק! החזירו את הטלפון הנייד הישן שלכם וקבלו 15% הנחה לקניית טלפון חדש!"



"נהדר", חשבה ענת. "אחזיר את הטלפון הישן שלי ואקבל את ההנחה על קניית הטלפון החדש." כשהתקרבו לתצוגת הטלפונים, הבחינה בשלושה טלפונים ניידים הנושאים עליהם את סמל המיחזור. מחירם היה נמוך ממחיר הטלפונים האחרים. פנתה ענת לאחד המוכרים ושאלה: "מה משמעות סמל המיחזור על חלק מהטלפונים?" המוכר הסביר כי תווית סמל המיחזור ניתנת למוצר אם

הוא עומד בקריטריונים ירוקים מקובלים. ועוד הוסיף כי "המשמעות היא שהחומרים שמהם עשויים טלפונים אלה או הדרך שיוצרו בה מזיקים לסביבה פחות משמזיקים הטלפונים הסטנדרטיים." "אם כן, תהתה ענת, "מדוע הם זולים יותר מהאחרים?" "כי הממשלה גובה מסים מופחתים על יבוא של טלפונים העומדים בסטנדרטים ירוקים! לכן אפשר למכור את הטלפונים האלה במחיר מוזל. זה נהדר!" ענה המוכר.

"אם כן, חשבה ענת, "לא רק שאני צריכה לבחור טלפון אלא עליי גם לחשוב על ההשפעה הסביבתית שלו!"

מומלץ לצפות בשיעור המקוון בסרטון האנימציה המציג את התרחיש שקראתם.



פסק למן לחשיבה ולתראות

התרחיש שהוצג לעיל אינו קיים במציאות – עדיין. כשאנו רוכשים טלפון נייד, לא מצורף אליו מידע על כמות הפסולת, הרעילה שנוצרה במהלך ייצורו. ערכו דיון על השאלות הבאות:

- האם חשוב שנקבל מידע כזה?
- כשאתם קונים מוצר חדש, האם אתם חושבים על החומרים שמהם הוא מיוצר? מה תהליך ייצורו? מה קורה למוצר כשאתם מפסיקים להשתמש בו? האם יש מקום לחשוב על כך?
- מה הבעיה בפסולת אלקטרונית של טלפונים, מסכי טלוויזיה, iPad וכדומה? היעזרו [בקישור המוצג](#) ביחידת הלימוד המקוונת.

הפעילויות הבאות יאפשרו לכם לחקור את ההשפעה הסביבתית של מוצרים שונים.

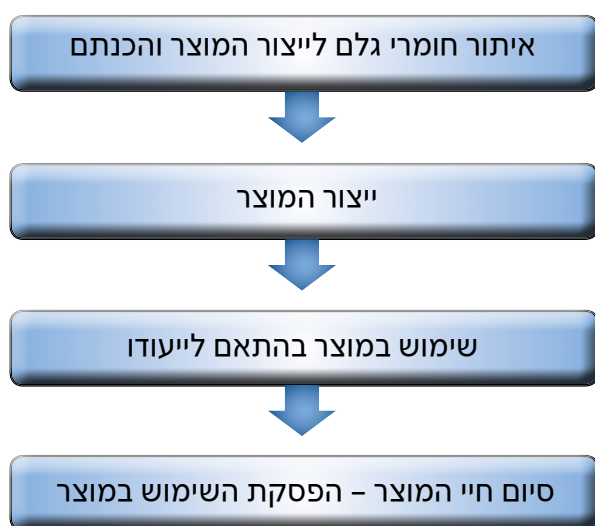
מחזור החיים של מוצרים והשפעה הסביבתית שלהם

כאשר מהנדס חומרים או כימאי עומדים לקבל החלטות באשר לפיתוח חומרים ומוצרים חדשים הם חושבים על היבטים שונים ומעלים את השאלות הבאות:

- איך ישתמשו בחומרים/במוצרים אלה?
- אילו מקורות נדרשים לייצור חומרים/מוצרים אלה?
- מה יקרה לחומרים/למוצרים אלה כאשר יפסיקו להשתמש בהם?

שאלות אלו מהוות את הבסיס להכנת סכמה של **מחזור החיים של המוצר**. באיור הבא מוצגים השלבים העיקריים של מחזור החיים של מוצר.

שלבים במחזור החיים של מוצר



מחזור חיי מוצר מתחיל תמיד בחומרי גלם המופקים בשלב ראשון מאוצרות הטבע על פני כדור הארץ. בכל אחד מהשלבים מושקעת אנרגיה ונוצרת פסולת שיש להרחיקה. בשלב של סיום חיי המוצר אפשר למחזרו לשימוש חוזר או להטמינו באדמה, על פי כללי בטיחות מחמירים, במקומות המיועדים לכך. תכנון מראש של שלבים אלה מאפשר לצמצם את הנזק הצפוי לסביבה מייצור המוצר ומשימוש בו.

פסק לטן לחשיבה ולתראות



האיור הבא מתאר את מחזור החיים של מוצר. מה לדעתכם קורה אחרי הפסקת השימוש במוצר?

מחזור החיים של מכלי שתייה

אחד המוצרים שאתם משתמשים בו בחיי היומיום הוא מכל שתייה. עד תחילת שנות החמישים של המאה הקודמת, כל מכלי השתייה (חלב, משקאות קלים, בירה וכדומה) היו עשויים מזכוכית. כיום עשויים רוב המכלים מזכוכית, מאלומיניום או מפלסטיק. לפניכם מידע המתאר את מחזור החיים של שלושת המוצרים האלה.



מחזור החיים של בקבוק זכוכית



הזכוכית הנפוצה ביותר מיוצרת מתערובת של שלושה חומרי גלם עיקריים: חול, נתרן פחמתי (המוכר גם בשם סודה לכביסה) ואבן גיר או סיד. חומרים אלה נאספים ומופקים ממחצבים טבעיים על פני כדור הארץ. אנרגיה מושקעת בתהליכי ההפקה של חומרי הגלם.

המרכיב העיקרי בחול הוא צורן דו-חמצני שנוסחתו הכימית היא SiO_2 (המוכר בשם סיליקה). נקודת ההיתוך של סיליקה טהורה, $\text{SiO}_2(\text{s})$, היא בערך $2,000^\circ\text{C}$. להקלת ההכנה מוסיפים נתרן פחמתי, שנוסחתו הכימית היא Na_2CO_3 ואשר מוריד את טמפרטורת ההיתוך ל- $1,000^\circ\text{C}$ בקירוב. את החומר אבן הגיר, ששמו הכימי הוא סידן פחמתי ונוסחתו הכימית היא: CaCO_3 , מוסיפים כדי להעלות את היציבות הכימית בזמן תהליך ערבוב החומרים לצורך קבלת הזכוכית הגולמית.

בתהליך ייצור הזכוכית, מערבבים את שלושת חומרי הגלם במכל מיוחד הנקרא **מכל תגובה**, ומחממים



לטמפרטורה שבה כל המרכיבים מותכים ומתקבלת תערובת נוזלית. תערובת זו מקוררת באמצעות הזרמת מים קרים סביב מכל התגובה, ומתקבלת זכוכית גולמית. תוצרי הלוואי המתקבלים בתהליך הייצור הם מים חמים, שהתחממו כתוצאה מקירור מכל התגובה, וחומרים נוספים שלא השתתפו בתגובה לקבלת הזכוכית. מהזכוכית הגולמית אפשר להפיק מגוון רחב של זכוכיות שונות. כדי לקבל זכוכית בצבעים שונים מוסיפים חומרים כגון תחמוצות של ברזל ותחמוצות של נחושת. בקבוקי הזכוכית המשמשים לשתייה או לצרכים אחרים נוצרים בתהליך ניפוח מיוחד.

לאחר השימוש בבקבוקי הזכוכית מסתיים מחזור החיים שלהם. בשלב זה אפשר לאסוף את הבקבוקים, למיין לפי צבעם, לגרוס אותם, להתיכם ולייצר בקבוקים חדשים. למיחזור הזכוכית הזה יש יתרון: טמפרטורת ההיתוך של תערובת הזכוכית הגרוסה נמוכה מזו של חומרי הגלם המקוריים ששימשו לייצור הזכוכית.

זכוכית שלא תמוחזר תתפרק רק לאחר כמיליון שנים.

פסק למן לחשיבה ולתראול

1. בטקסט המידע על מחזור החיים של זכוכית מוזכרים חומרים כימיים אחדים ונוסחאותיהם. השלימו את טבלת המידע הכימי הבאה:

שם החומר	השם הכימי של החומר	נוסחתו הכימית	האם החומר הוא תרכובת, תערובת או יסוד?	סוגי האטומים המרכיבים את החומר* ומספרם
סיליקה	צורן דו־חמצני	SiO ₂		
סודה לכביסה	נתרן פחמתי	Na ₂ CO ₃		
אבן גיר	סידן פחמתי	C _a CO ₃		

* יש לרשום את סמלי האטומים

2. בטקסט המידע מתוארים ארבעת השלבים של מחזור החיים של בקבוק זכוכית. כתבו בטבלה את המידע המרכזי בכל שלב.

שלב במחזור החיים	תיאור תמציתי
חומרי הגלם	
הייצור	
השימוש	
סיום חיי המוצר	

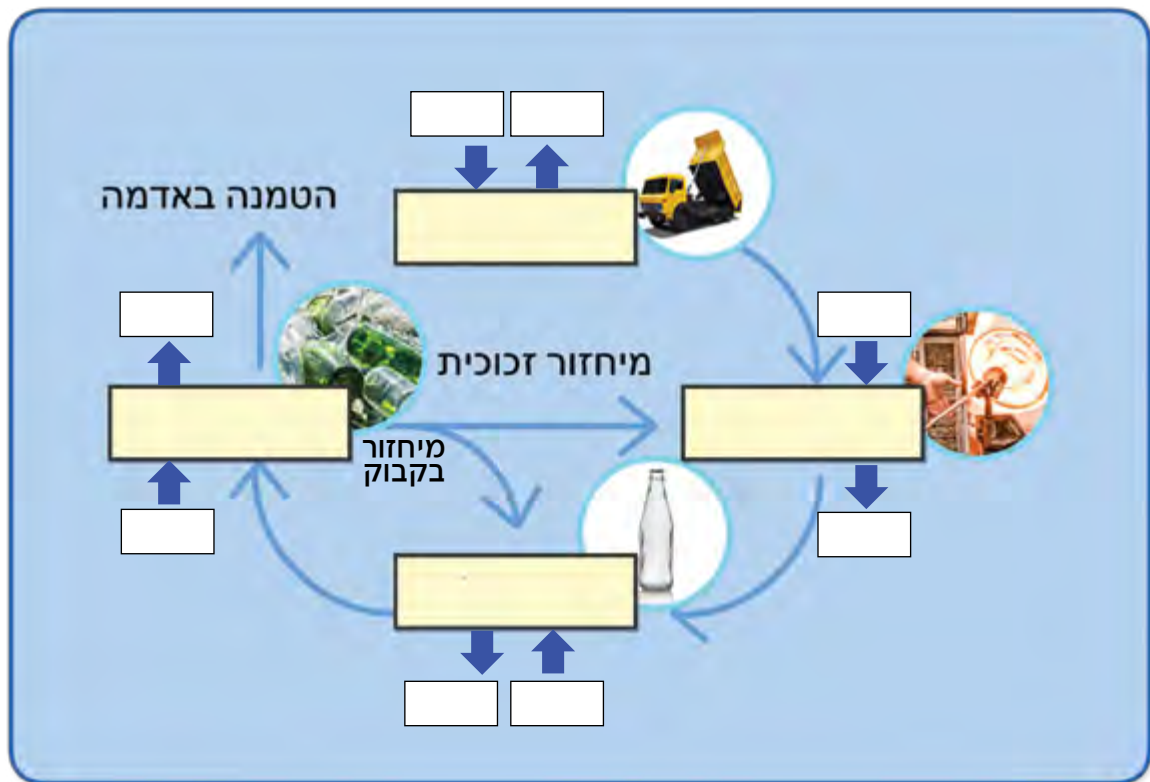
3. הכינו תרשים זרימה והציגו בו - במלבנים ובחצים - את סדר השלבים השונים בתהליך הפקת הזכוכית.

- הפקת חומרי הגלם: חול, נתרן פחמתי ואבן גיר ממחצבים טבעיים
- ערבוב שלושת חומרי הגלם במכל תגובה
- חימום מיכל התגובה לטמפרטורה שבה כל החומרים מותכים
- קירור התערובת לקבלת זכוכית נוזלית
- ניפוח הזכוכית לקבלת מוצרים שונים

4. לפניכם סכמה המתארת את מחזור החיים של בקבוק זכוכית.

א. הוסיפו במקומות המתאימים בסכמה את שלבי מחזור החיים (חומרי הגלם, הייצור, השימוש, סיום חיי המוצר).

ב. על החצים הוסיפו את המושגים **אנרגיה** או **פסולת** במקומות המתאימים.



זכוכית קרמית



כיום נפוץ השימוש בזכוכיות קרמיות המתאפיינות בתכונות ייחודיות. השימוש בזכוכית קרמיות החל בשנת 1952, לאחר גילוי מקרי של המדען ד"ר סטוקי (S.D. Stookey). סטוקי השאיר בתנור, שפעל בטמפרטורה גבוהה, תערובת של זכוכית העשויה מליתיום סילקאט וכסף. כשחזר מצא חומר קרמי לבן במקום למצוא "שלולית" של זכוכית מותכת. היתרון בזכוכית קרמית הוא שאפשר לעבד אותה בקלות כמו את הזכוכית הרגילה, ועם זאת, לזכוכית הקרמית תכונות ייחודיות של עמידות גבוהה לחום ולמים.

זכות תכונותיה של הזכוכית הקרמית אפשר להשתמש בה לייצור סירי בישול, פלטות לבישול חשמלי, מראות טלסקופיות וחלונות מאובטחים.

פסק למן לחשיכה ולתרואן



מחזור החיים של בקבוק לכוכית

מחזור החיים של פחית אלומיניום



אלומיניום טהור אינו מצוי בצורה טבעית על פני כדור הארץ. הוא מצוי בתרכובות המצויות בֶּעֶפְרוֹת שונות, שיש לכרות אותן בצורת סלעים. העופרה הנפוצה ביותר, המכילה תרכובות של אלומיניום, נקראת בוקסיט (Bauxite). לאחר גריסתו של הבוקסיט, מערבבים אותו עם תמיסה חמה של נתרן זרחתי (Na_3PO_4). לאחר העברת זרם חשמלי בתמיסה המתקבלת – נוצר אלומיניום מתכתי. כדי לייצר 1 ק"ג של אלומיניום חדש נדרשים 4 ק"ג של בוקסיט. תהליך זה יקר, צורך השקעת אנרגיה רבה וגורם לזיהום. לכן פחיות אלומיניום ממוחזרות במידה רבה כיום. לייצור אלומיניום ממוחזר צריך רק 5% מהאנרגיה הנדרשת לייצור אלומיניום חדש מבוקסיט.

בתהליך ייצור הפחיות משטחים את לוחות האלומיניום עד לקבלת משטחים דקים, אשר עוברים חיתוך וגלגול לצורת הפחית הרצויה. את הפחיות ממיינים לפי השימוש המתאים, ממלאים במשקה הרצוי, מסמנים, אורזים ומשווקים.

לפחיות הריקות אין שימוש והן עוברות לגריסה ולהטמנה או למיחזור. בתהליך המיחזור הפחיות נגרסות, מותכות ומעוצבות כמשטחי אלומיניום דקים שמהם מכינים פחיות חדשות.

אלומיניום יכול להיות ממוחזר פעם אחר פעם, ולמעשה הוא החומר היחיד שאפשר למחזרו לחלוטין.



בטקסט המידע מתוארים ארבעת השלבים של מחזור החיים של פחית אלומיניום. כתבו בטבלה הבאה את המידע המרכזי בכל שלב.

שלב במחזור החיים	תיאור תמציתי
חומרי הגלם	
הייצור	
השימוש	
סיום חיי המוצר	



עוד על אלומיניום



אלומיניום, חמךן בעברית, הוא היסוד השלישי הנפוץ בטבע. שכיחותו גדולה בכל הסלעים המהווים את הקרום המוצק של כדור הארץ. האלומיניום נמצא בעיקר בעפרות בוקסיט וקריאוליט. אבנים טובות בשם קורונד, רובין וספיר הן בעיקרן תחמוצות אלומיניום צבועות בכמות קטנה של תחמוצות מתכות כבודת שונות.

המספר האטומי של האלומיניום הוא 13 והסימון הכימי שלו בטבלת היסודות הוא Al. משקלו הסגולי הוא 2.70, נקודת ההיתוך 660°C ונקודת הרתיחה 1800°C . האלומיניום הוא מתכת כסופה, בעלת ברק עמום ומחזירה אור, רכה וניתנת לריקוע, חסינה יחסית להתחמצנות, קלה וללא תכונות מגנטיות.



הנס כריסטיאן אורסטד
1851-1777

השימוש באלומיניום ובתרכובות שלו מוכר בהיסטוריה כבר מאות שנים. השימוש בתחמוצות האלומיניום נעשה בכלי חרס כבר בתקופת מצרים העתיקה. ביוון העתיקה ובאימפריה הרומית השתמשו במלחי אלומיניום (אלום) לצביעה וגם לעצירת דימום בפצעים בשנת 1825 הצליח הנס כריסטיאן אורסטד (Hans Christian Oersted) לבודד לראשונה את הצורה הטהורה של האלומיניום. ב-1827, שנתיים אחריו, הצליח פרידריך ולר (Friedrich Wohler) לבודד את מתכת האלומיניום בערבוב אלומיניום כלורי (AlCl_3) עם אשלגן (K).



פרידריך ולר
1882 - 1800

אלומיניום הוא חומר חזק מאוד. מאלומיניום בונים חלקי מכונות, מטוסים, משאיות, כלי שיט, טילים ועוד. יתרונו הגדול הוא במשקלו הנמוך לעומת מתכות אחרות. שני שלישים מהאלומיניום שיוצר בעולם עדיין בשימוש היום.



מחזור החיים של בקבוק פלסטיק לשתיה



חומרי פלסטיק מיוצרים מתרכובות של פחמן ומימן הקרויים פחמימנים. הפחמימנים מופקים מנפט גולמי. בתהליך הייצור מחומם הנפט לטמפרטורה של כ-900°C. כתוצאה מחימום זה, נשברים קשרים כימיים במולקולות שונות המצויות בנפט ומתקבל מגוון של מולקולות קטנות יותר. אפשר להשתמש בחלק מתרכובות אלה ליצירת מולקולות ענק הנקראות **פולימרים**. הפולימר הנפוץ ביותר לייצור בקבוקי פלסטיק נקרא **פוליאתילן טראפאתלט** (polyethylene terephthalate), המוכר בשם: P.E.T. חומר זה מופק בשלב ראשון כגרגירים קטנים, וממנו מייצרים את בקבוק הפלסטיק בתהליך של חימום, מתחה וניפוח. לאחר שלב זה הבקבוק מוכן לסימון, למילוי ולאריזה בהתאם לשימוש המתוכנן שלו.



לאחר סיום השימוש בבקבוקי הפלסטיק אפשר להטמינם או למחזרם. ההטמנה בקרקע, גם לאחר מעיכת הבקבוקים כדי להקטין את נפחם, יוצרת כמויות ענק של פסולת שאינה מתכלה במשך מאות שנים. שרפת בקבוקי הפלסטיק אינה מתאימה כיוון שמשחררים חומרים רעילים לסביבה. מיחזור של בקבוקי הפלסטיק הוא הפתרון המועדף, והוא צובר תאוצה רבה בשנים האחרונות. קיימים שישה סוגי פלסטיק ולכל אחד מהם תהליך מיחזור שונה. תהליך המיחזור של בקבוקי הפלסטיק (P.E.T) כולל שטיפה, גריסה ועיבוד עד

לקבלת פתיתי פלסטיק המשמשים חומר גלם למוצרים שונים. מיחזור פלסטיק שאינו P.E.T (כמו הפקקים של בקבוקי הפלסטיק) עובר תהליך של התכה ויצירת לוחות פלסטיק המשמשים חומר גלם למוצרי פלסטיק תואמים. אפשר למחזר 80% מבקבוקי הפלסטיק. לפלסטיק ממוחזר מבקבוקים יש כיום שימוש רחב בייצור סיבי בדים, בעיקר פליס. סין, יצרנית הטקסטיל הגדולה בעולם, קונה ממדינות רבות את הפלסטיק הממוחזר ומייצרת ממנו בדים סינטטיים.

פסק למן לחשיבה ולתראול

בטקסט המידע מתוארים ארבעת השלבים של מחזור החיים של בקבוק פלסטיק לשתייה. כתבו בטבלה הבאה את המידע המרכזי בכל שלב.

שלב במחזור החיים	תיאור תמציתי
חומרי הגלם	
הייצור	
השימוש	
סיום חיי המוצר	

בקבוק פלסטיק מתכלה



חברת NatureWorks האמריקאית פיתחה ביו-פולימר המבוסס על עמילן תירס שאפשר לייצר ממנו בקבוקי פלסטיק לשתייה. תהליך ייצור חומר הגלם, הקרוי Ingeo, שונה מייצור P.E.T (שממנו מייצרים כיום את בקבוקי הפלסטיק לשתייה) והוא מאפשר הורדה משמעותית (כ-60%) בפליטה של גזי חממה, פליטה זו גורמת להתחממות גלובלית ולשינויי מזג אוויר, מקטינה את התלות במשאבי נפט כחומר גלם ומציגה חיסכון ניכר בכמויות הפסולת שמייצר האדם.

חומר הגלם בתהליך הייצור הוא תירס. זהו חומר גלם מתכלה ומתחדש שנתיב בניגוד ל P.E.T, המבוסס על נפט גולמי אשר נוצר במשך עשרות מיליארדי שנים והוא בבחינת משאב מתכלה. בתנאים מתאימים, הבקבוק העשוי מעמילן תירס מתכלה לחלוטין תוך 90 יום והופך לביו-מסה, לפחמן דו-חמצני ולמים. בקבוק שיגיע למטמנה יסיים גם הוא את חייו ויתכלה ללא השארת פסולת תוך כמה חודשים.

כמו כן קיימת טכנולוגיה המאפשרת למחזור את הבקבוקים המתכלים ולהפוך אותם לחומר גלם. כך אפשר להחזירם למעגל הייצור, בניגוד למחזור P.E.T, שאחריו אין אפשרות לייצר בקבוקים.

על פי: <http://www.ecobuilding.co.il/page.asp?id=570>

פסק למן לחשיבה ולתראול



מחזור החיים של בקבוק פלסטיק לשתייה ואמידות בקבוקי פלסטיק – משימה או ובי (ניסוי חקר)

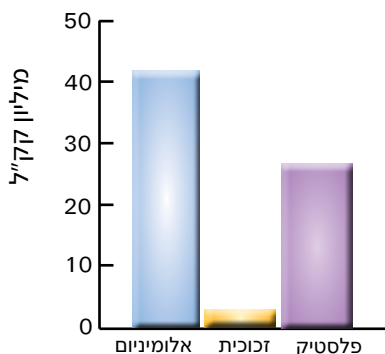
פסק לזמן לחשיבה ולתראות



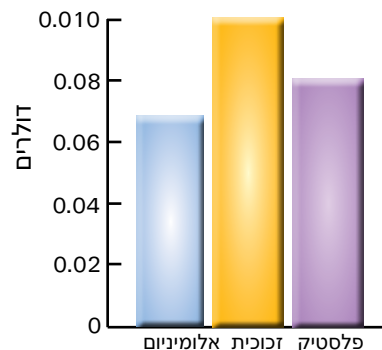
בקבוקי זכוכית, מתכת ופלסטיק

לפניכם ארבעה גרפים המשווים בין שלושת המוצרים שלמדם עליהם: בקבוקי זכוכית, פחיות אלומיניום ובקבוקי פלסטיק. הנתונים מתייחסים לארה"ב (2007).

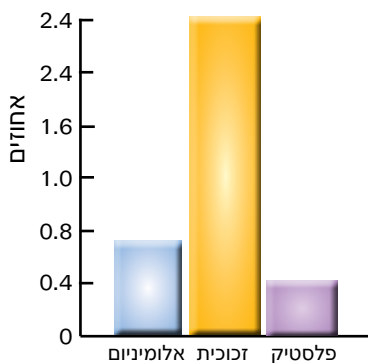
אנרגיה הדרושה לייצור טון של מוצר



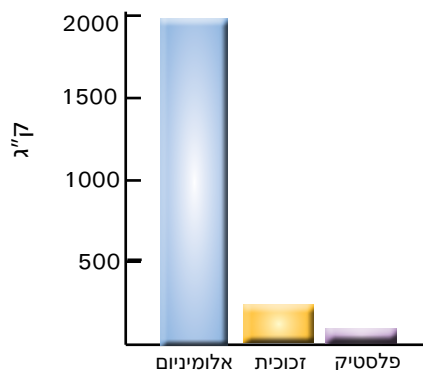
עלויות לייצור מוצר



היקף הפסולת המוצקה



כמות מזהמים הנוצרות מייצור של טון מוצר



התבססו על הגרפים הנתונים וסמנו את התשובה הנכונה.

- א. לאיזה מוצר יש יתרון מבחינת כמות האנרגיה הדרושה לייצורו? פלסטיק / זכוכית/אלומיניום / אי אפשר לקבוע
- ב. מהו המוצר שעלות ייצורו היא הגדולה ביותר? פלסטיק / זכוכית / אלומיניום / אי אפשר לקבוע
- ג. מהו המוצר הגורם לכמות הזיהום הגבוהה ביותר בתהליך הייצור שלו? פלסטיק / זכוכית / אלומיניום / אי אפשר לקבוע
- ד. מהו המוצר הגורם לכמות הפסולת הגדולה ביותר? פלסטיק / זכוכית / אלומיניום / אי אפשר לקבוע



כימיה ירוקה ומחזור החיים של בקבוקי זכוכית, מתכת ופלסטיק

לפניכם חמישה עקרונות מובילים בכימיה ירוקה:

- עדיף למנוע יצירת פסולת מאשר לנקות אותה לאחר שנוצרה.
- בתהליך תכנון של ייצור מוצרים חדשים יש לוודא שחומרי הגלם וחומרי התוצר הסופי אינם רעילים או מסוכנים לאדם ולסביבה.
- יש להקטין את צריכת האנרגיה בתהליך הייצור.
- יש להשתמש בחומרי גלם שאינם מתכלים.
- יש לתכנן את המוצרים כך שלאחר סיום השימוש בהם אפשר יהיה למחזרם ולא להעבירם להטמנה (הטמנה מגדילה את כמות הפסולת בעולם).

הסתכלו על טבלאות מחזור החיים של בקבוקי זכוכית, מכלי אלומיניום ובקבוקי פלסטיק שהכנתם, חשבו על ההיבטים הבאים וכתבו:

א. באיזו מידה תואמים שלבי מחזור חיים של המוצרים לעקרונות הכימיה הירוקה? צרפו דוגמאות לתשובתכם.

ב. הציעו הצעות אחדות לכל אחד מהמוצרים לגבי דרכים לצמצום ההשפעה המזיקה של תהליכי החיים של מוצרים אלה על הסביבה.

ג. לאחר למידתכם את נושא השפעת השימוש בחומרים על הפרט, על החברה ועל הסביבה: האם לדעתכם יש לציין על גבי המוצר את מחזור החיים שלו? דונו וסכמו את דעות חברי הקבוצה. האם יש הסכמה ביניכם?



בחזרה לטלפונים הניידים

מומלץ לצפות בשיעור המקוון בסרטון האנימציה המציג את המידע שלהן.



כולנו משתמשים בטלפון נייד והוא חלק בלתי נפרד על ההשפעה הסביבתית של תהליך ייצורו ועל השלב שמפסיקים להשתמש בו.

בטלפון הנייד תשעה חלקים עיקריים שלכל אחד מהם מחזור חיים משל עצמו: לוח מעגלים, מסך (LCD), סוללה, אנטנה, לוח מקשים, מיקרופון, רמקול, כיסוי פלסטיק ואביזרים נלווים כגון מתאמים, אוזניות וכיסוי לטלפון.

מרכיבי הטלפון הנייד עשויים באופן כללי מכ-30% מתכות ו-70% פלסטיק. כך למשל לוח המעגלים מורכב מחומרי גלם מתכתיים ובהם נחושת (Cu), זהב (Au), עופרת (Pb), ניקל (Ni), אבץ (Zn), בריליום (Be), טנטאליום (Ta) ועוד. הלוח כולל גם פלסטיק, המיוצר מנפט גולמי, וסיבי זכוכית המיוצרים מחול ומאבן גיר. רוב החומרים שהוזכרו, המשמשים לייצור לוח המעגלים, הם חומרים רעילים, המסוכנים לסביבה במשך זמן רב - גם לאחר הפסקת השימוש בטלפונים.

סקרים מראים כי השימוש הממוצע בטלפון נייד הוא כשנה וחצי, ואז הוא מוחלף בטלפון חדש ומתקדם יותר. כך נוצר מצב שבו יש להיפטר מיותר מ-125 מיליוני טלפונים בכל שנה, היוצרים מעל ל-65,000 טון של אשפה בשנה!

אפשר למחזר טלפונים ניידים באחת משתי הדרכים הבאות: האחת - חידוש המכשיר באמצעות החלפת סוללה ושימוש חוזר כטלפונים משומשים. השנייה - השמדתם באמצעות גריסה והפרדה בין חלקי הפלסטיק לחלקי המתכת. חלק מתוצרי גריסה אלה חוזרים לתעשייה וחלק מוטמנים באדמה. אין לשרוף את תוצרי הגריסה מפני שהם מכילים מתכות וחומרי פלסטיק ששחררתם משחררת חומרים רעילים.

פסק זמן לחשיבה ולתראות

- התבססו על טקסט המידע שקראתם וערכו דיון על השאלות הבאות.
 - האם תשקלו פעם נוספת את החלטתכם לרכוש טלפון חדש?
 - איך אפשר להתמודד עם הלחץ החברתי הקשור ברכישת הטלפון החדש ביותר שיוצא לשוק?
 - האם אפשר לעצור את הקדמה?
- סכמו את הדעות השונות של חברי הקבוצה. האם יש הסכמה ביניכם?

