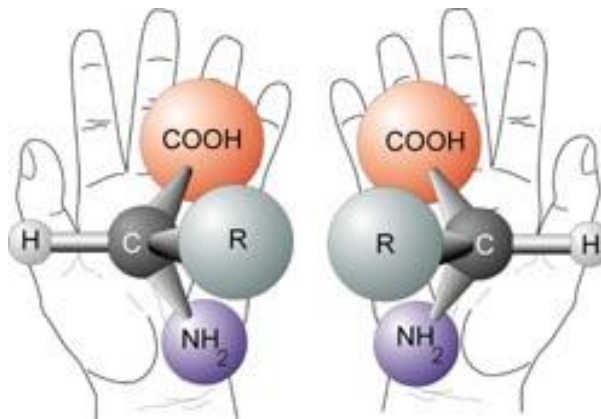


אורגנית מתקדמת 1

מושגי יסוד בכימיה אורגנית

נושאי השיעור

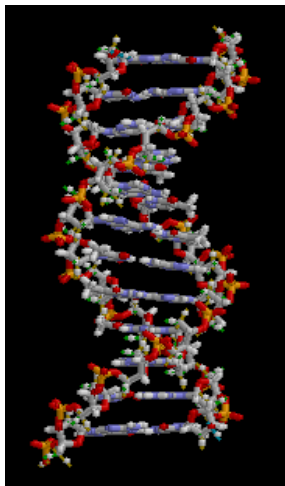
- ◀ סוגי איזומריה ומשפחות בכימיה אורגנית
- ◀ איזומריה אופטית



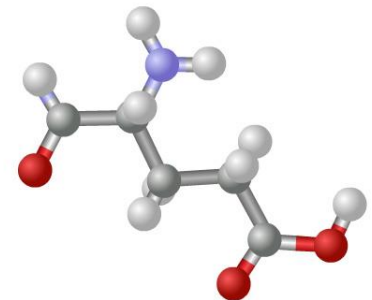
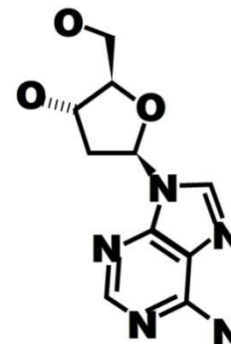
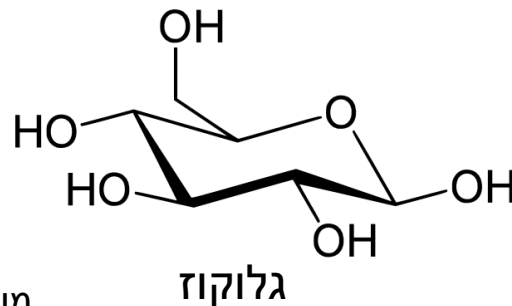
אננטיומרים של חומצות אמינו
ויקיפדיה, ערך אננטיומר

http://nai.nasa.gov/library/images/news_articles/159_1.jpg

- ◀ הפחמן הוא האטום הקטן ביותר בטור 4.
- ◀ הוא בעל יכולת ליצור ארבעה קשרים קוולנטיים חזקים יחסית עם אטומים אחרים.
- ◀ משערים כי קיימות כ-10 מיליון תרכובות פחמן בטבע, אך ייתכן שמספרן גדול בהרבה. כמו כן, כמות עצומה של תרכובות פחמן מסונטזת בדרך מלאכותית. בתרכובות אלו קשורים עוד אטומים דוגמת P, S, O, N.
- ◀ תרכובות אלו מרכיבות את החי, הצומח וכן שפע של חומרים כמו תרופות, חומרי הדברה, צבעים ועוד.
- ◀ הפחמן והמימן יוצרים גם מולקולות ארוכות שרשרת, הנקראות פולימרים. פולימרים מרכיבים את הפלסטיק לסוגיו וכן חלבונים, סוכרים, DNA ועוד.



DNA
מיקיפדיה



משפחות וקבוצות פונקציונליות בכימיה אורגנית

קבוצה פונקציונלית היא קבוצת אטומים במולקולה שאיננה מורכבת מפחמנים ומימנים בקשר יחיד כדוגמת קשר כפול, NH_2 , COOH . נוכחות קבוצה פונקציונלית כלשהי במולקולות החומר מקנה לחומר התנהגות כימית ופיזיקלית ייחודית.

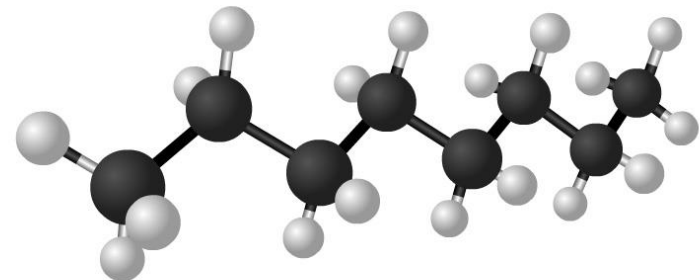
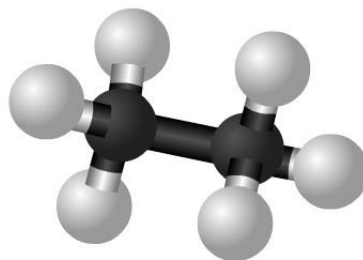
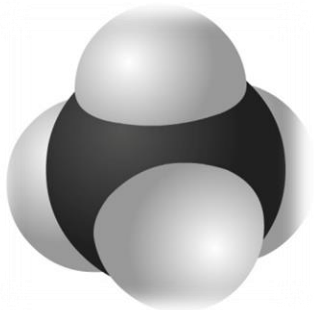
משפחה כימית היא קבוצת תרכובות בעלות קבוצה פונקציונלית זהה.

המשפחות שצריך להכיר:

◀ אלקאנים – קשרי C-C ו- H-C בלבד	◀ כוהלים – ROH
◀ אלקנים – C=C	◀ דוגמה: אתאנול - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OH}$ אלכוהול, נמצא במשקאות חריפים
◀ דוגמה: פרופן - $\text{CH}_3\text{CH=CH}_2$	◀ אמינים – RNH_2
◀ אתרים – R-O-R	◀ דוגמה: מתיל אמין - CH_3NH_2
◀ דוגמה: דו-מתיל אתר $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ שימש בעבר חומר הרדמה	◀ חומצות קרבוקסילית – ROOH
◀ אלקיל הלידים – R-X (R-F, R-Cl, R-Br)	◀ דוגמה: חומצת חומץ - $\text{CH}_3\text{-COOH}$, מרכיב בחומץ
	◀ תיאולים – R-SH

אלקאנים:

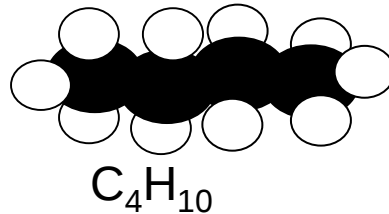
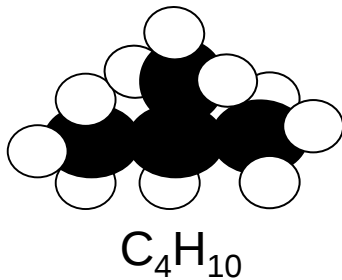
- ◀ **פחמימנים** הם תרכובות של פחמן ומימן בלבד.
- ◀ **אלקאנים** הם פחמימנים המכילים קשרי פחמן-פחמן ופחמן-מימן יחידים.
- ◀ נוסחתם הכללית היא: C_nH_{2n+2}
- ◀ דוגמאות של אלקאנים: CH_4 C_2H_6 C_3H_8 C_4H_{10} C_5H_{12}
- ◀ כל הפחמימנים יוצרים מולקולות לא-קוטביות, לכן הקשרים הבין-מולקולריים שלהם הם קשרי ון-דר-ולס, ללא דו-קוטב קבוע. הם אינם מסיסים במים אך כן מסיסים בממסים לא-קוטביים דוגמת הקסאן, $C_6H_{14(l)}$ או $CCl_{4(l)}$.



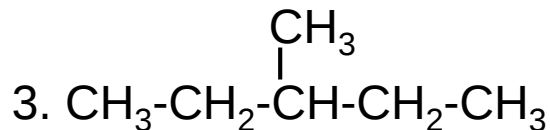
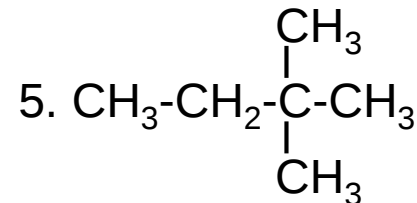
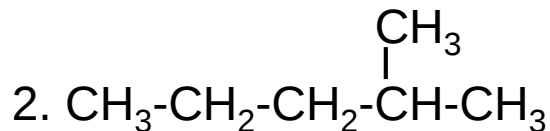
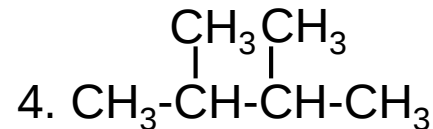
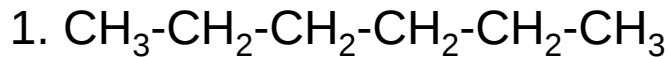
איזומרית שרשרת:

איזומרים הם תרכובות בעלות נוסחה מולקולרית זהה אך נוסחת מבנה שונה. האיזומרים השונים מייצגים חומרים שונים, הנבדלים זה מזה בסדר הקישור של האטומים, ולכן גם בכמה מתכונותיהם.

לדוגמה שני האיזומרים של בוטאן - C_4H_{10}



דוגמה נוספת: לנוסחה C_6H_{14} אפשר להרכיב 5 נוסחאות מבנה שונות. כל אחת מהן מייצגת תרכובת שונה. תופעה זו של איזומריה מאפיינת מאוד תרכובות פחמן.



שאלה 1:

רשמו את כל האיזומרים של C_5H_{12}

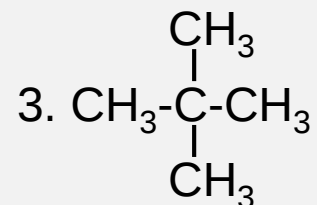
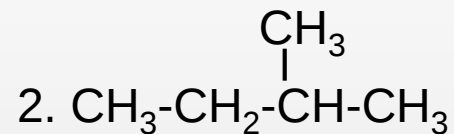
שלבי הפעולה המומלצים:

- א. תחילה, ציירו את האיזומר בעל השרשרת הארוכה בלא סיעוף.
- ב. הורידו מן השרשרת אטום פחמן אחד ליצירת סיעוף.
- ג. צרו את כל האפשרויות החדשות לסיעוף בעזרת פחמן אחד, שאינן חוזרות על עצמן.
- ד. הורידו מן השרשרת אטום פחמן נוסף.
- ה. צרו את כל האפשרויות החדשות לסיעוף, בעזרת שני אטומי פחמן.
- ו. בדקו שלא חזרתם על נוסחאות שכבר היו.

שאלה 1:

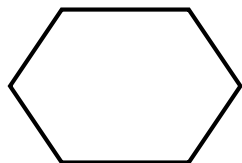
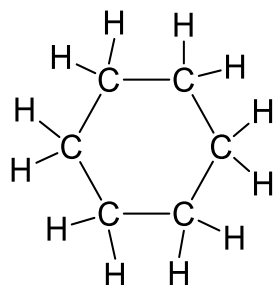
רשמו את כל האיזומרים של C_5H_{12}

תשובה:

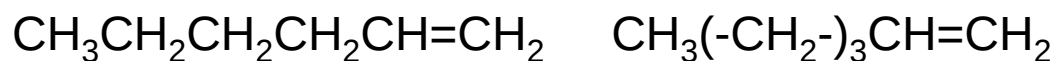


C₆H₁₂ - איזומרים שונים בסגנונות כתיבה שונים

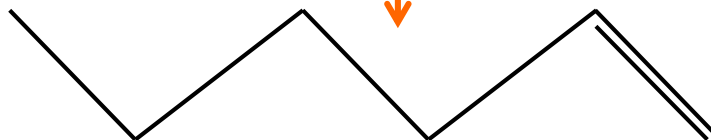
לנוסחה C₆H₁₂ קיימים מספר רב של איזומרים, מקצתם טבעתיים ורובם בעלי קשר כפול.



ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה



נוסחאות ייצוג מלא של נוסחת מבנה



ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה

שאלה 2:

הציעו עוד איזומרים בעלי הנוסחה המולקולרית: C_6H_{12}

רמז: אפשר ליצור איזומרים עם שרשרת מסועפת וכן לשנות את מיקומו של הקשר הכפול.

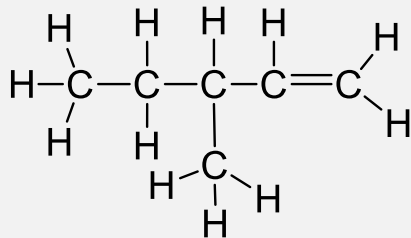
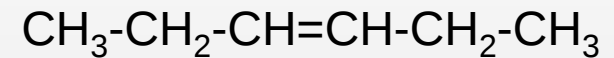
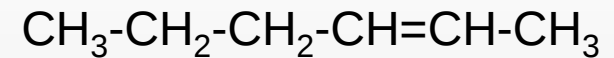
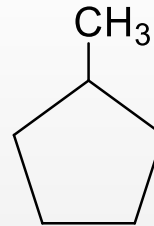
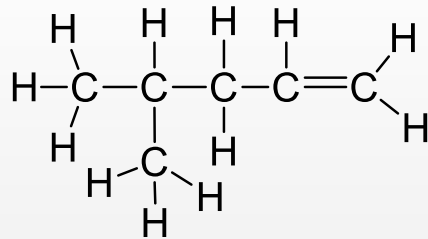
שאלה 2:

הציעו עוד איזומרים בעלי הנוסחה המולקולרית: C_6H_{12}

רמז: אפשר ליצור איזומרים בעלי שרשרת מסועפת וכן לשנות את מיקומו של הקשר הכפול.

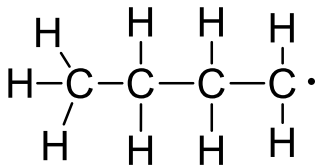
תשובה:

עוד איזומרים לדוגמה:

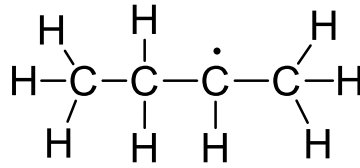


קבוצות אלקיליות

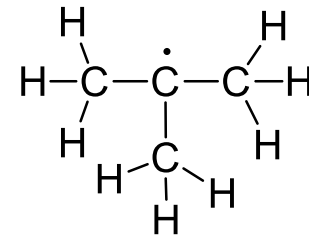
קבוצת אלקיל היא קבוצה שנגזרת מאלקאן לאחר שהורידו ממנו מימן עם אלקטרון. קבוצה זו אינה קיימת עצמאית, היא תמיד חלק של מולקולה גדולה יותר. קיימים שלושה סוגים של אלקילים: אלקיל ראשוני, אלקיל שניוני ואלקיל שלישוני.



אלקיל ראשוני



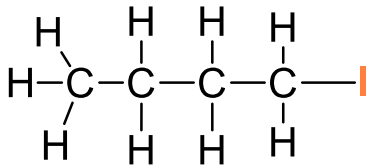
אלקיל שניוני



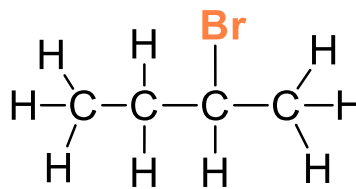
אלקיל שלישוני

אלקיל הלידים – R-X

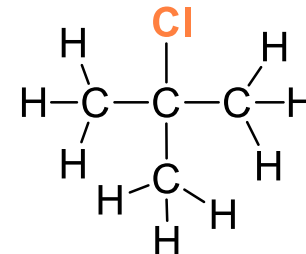
אלקיל הלידים הם תרכובות פחמן (אלקאנים) עם הלוגן (מטור 7).



אלקיל יודיד ראשוני



אלקיל ברומיד שניוני

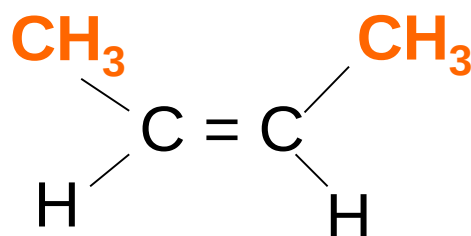


אלקיל כלוריד שלישוני

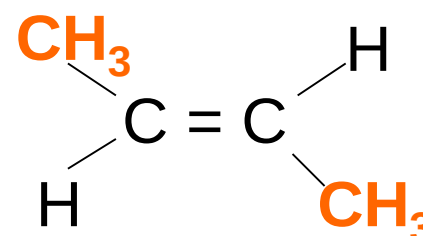
פחמימנים שהם אלקנים

- אלקנים מכילים קשר כפול $C=C$
- נוסחתם הכללית היא: C_nH_{2n}
- תתקיים בהם איזומרית שרשרת כמו באלקאנים
- תתקיים בהם גם איזומריה מרחבית מסוג ציס-טרנס סביב הקשר הכפול.
- הקשרים הבין-מולקולרים שלהם הם קשרי ון-דר-ולס, ללא דו-קטב קבוע. לכן אלקנים יתנהגו בהמסה ובשינוי מצב צבירה כמו אלקאנים.

איזומריה מסוג ציס-טרנס מתקיימת כאשר לכל אחד מפחמני הקשר הכפול יש שני מתמירים שונים.



ציס 2 בוטן



טרנס 2 בוטן

האיזומרים דומים בתכונותיהם הכימיות אך שונים בתכונותיהם הפיזיקליות (טמפרטורת רתיחה, קוטביות וכו')

שאלה 3:

לאיזו מן התרכובות הבאות תהיה איזומריה ציס-טרנס? נמקו.

א. $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ב. $\text{CHBr}=\text{CHCl}$ ג. $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

ד. $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

רמז: ציירו את נוסחת המבנה כך שהקשר הכפול במרכז ולכל פחמן קשור המתמיר שלו.

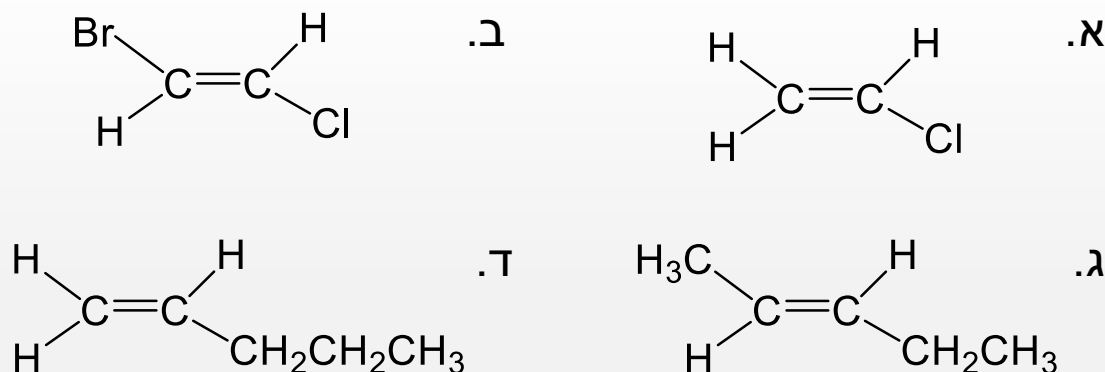
שאלה 3:

לאיזו מן התרכובות הבאות תהיה איזומריה ציס-טרנס? נמקו.

א. $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ב. $\text{CHBr}=\text{CHCl}$ ג. $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

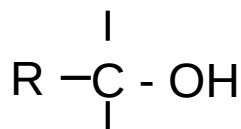
ד. $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

תשובה:

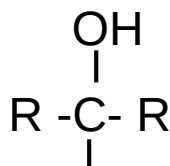


איזומרים ציס-טרנס יש רק **ל-ב' ו-ג'** כי לכל פחמן של הקשר הכפול יש שני מתמירים שונים.
ב-א' ו-ד', על אחד הפחמנים של הקשר הכפול, קשורים מתמירים זהים, מימנים.

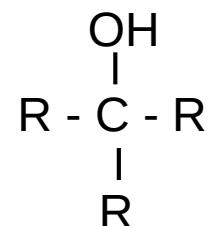
- ◀ הכוחלים מכילים את הקבוצה הפונקציונלית: -OH
- ◀ הם בעלי יכולת ליצור קשרי מימן, ולכן כאשר מסתם המולרית נמוכה הם מסיסים במים וגם בממסים לא-קוטביים עם קשרי ון-דר-ולס. ככל שהשייר הפחמימני שלהם גדל, קטנה מסיסותם במים וגדלה מסיסותם בממסים לא-קוטביים עם קשרי ון-דר-ולס.
- ◀ לכוהלים טמפרטורות רתיחה והיתוך גבוהות לעומת פחמימנים בעלי גודל ענן אלקטרוני דומה, בגלל קשרי המימן.
- ◀ הכוחלים נחלקים לשלוש קבוצות: כוחלים ראשוניים, כוחלים שניוניים, כוחלים שלישוניים.



כוחל ראשוני



כוחל שניוני



כוחל שלישוני

חומצות אורגניות הן החומצות הקרבוקסיליות- $R-COOH$.

הבסיסים האורגניים הם האמינים- $R-NH_2$

לשתי המשפחות יכולת ליצור קשרי מימן.

לחומצות הקרבוקסיליות יש קשרי מימן חזקים יותר מלכוהלים בעלי אותה מסה מולרית ואילו

לאמינים קשרי מימן חלשים מלכוהלים.

האמינים, כמו הכוהלים, יכולים להיות משלושה סוגים :

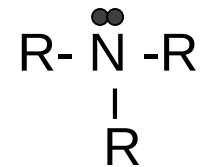
אמינים ראשוניים, אמינים שניוניים ואמינים שלישוניים.



אמין ראשוני



אמין שניוני



אמין שלישוני

שאלה 4:

א. הסבירו את המשפטים:

א. כוהלים קטנים נמסים גם במים וגם בממסים לא-קוטביים.

א. לאמינים קשרי מימן חלשים מלוהלים בעלי גודל דומה של ענן אלקטרוני.

ב. נסחו את התגובה במים של החומרים: $\text{CH}_3\text{NH}_{2(g)}$ ו- $\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}$

שאלה 4:

א. הסבירו את המשפטים:

א. כוהלים קטנים נמסים גם במים וגם בממסים לא-קוטביים.

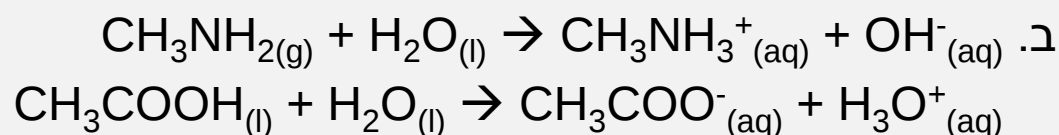
א. לאמינים קשרי מימן חלשים מלוהלים בעלי גודל דומה של ענן אלקטרוני.

ב. נסחו את התגובה במים של החומרים: $\text{CH}_3\text{NH}_{2(g)}$ ו- $\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}$

תשובה:

א. א. מולקולות של כוהלים מכילות קבוצה OH וגם שייר פחמימני לא-קוטבי. לכן הן יכולות מצד אחד, ליצור קשרי מימן עם מולקולות מים ולהתמוסס בהן, ומצד אחר הן יכולות להשתלב בין קשרי ון-דר-ולס בממסים לא קוטביים.

א. הקשר המימני באמין חלש יותר מכוהלים כי הקשר הקוולנטי מימן-חנקן פחות קוטבי מן הקשר הקוולנטי מימן-חמצן. כאשר הקשר הקוולנטי למימן פחות קוטבי הוא פחות "חשוף מאלקטרונים" ולכן ייצור קשרי מימן בין-מולקולריים חלשים יותר עם זוג אלקטרוני לא-קושר שעל חנקן במולקולה שכנה.

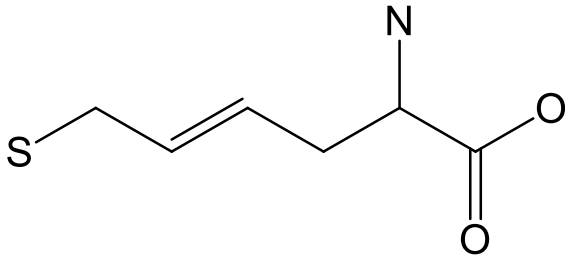


שאלה 5:

נתונה המולקולה הבאה (ראו ציור):

א. ציינו וסמנו את הקבוצות הפונקציונליות שלה.

ב. מהי הנוסחה המולקולרית שלה?

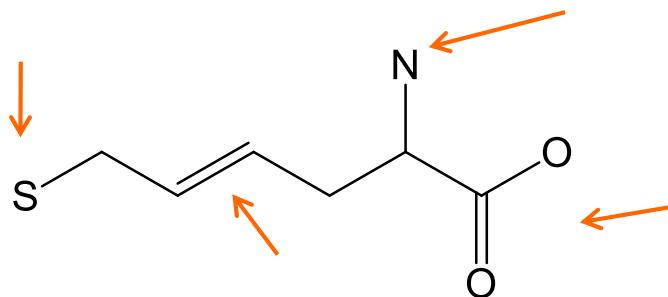


רמז: תחילה הוסיפו את המימנים החסרים. הניחו שלא חסרים אטומים נוספים.

שאלה 5:

נתונה המולקולה הבאה:

- ציינו וסמנו את הקבוצות הפונקציונליות שלה.
- מהי הנוסחה המולקולרית שלה?



רמז: תחילה הוסיפו את אטומי המימן החסרים. הניחו שלא חסרים אטומים נוספים.

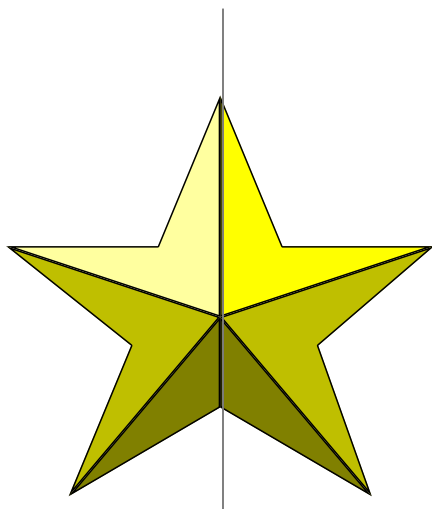
תשובה:

- הקבוצות הפונקציונליות במולקולה (מימין לשמאל) הן:
 קבוצה קרבוקסילית - COOH
 קבוצה אמינית - NH_2
 קשר כפול - $\text{C}=\text{C}$
 קבוצה תיאולית - SH

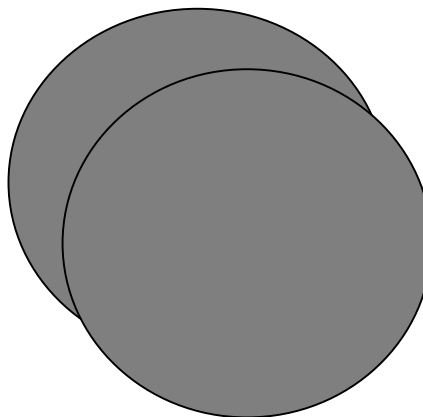
- נוסחת המבנה המלאה שלה היא: $\text{HS-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
 הנוסחה המולקולרית שלה היא: $\text{C}_6\text{O}_2\text{NSH}_{11}$

גופים חופפים - גופים זהים. כל חלקיהם מתלכדים כש"מלבישים" אותם זה על זה.

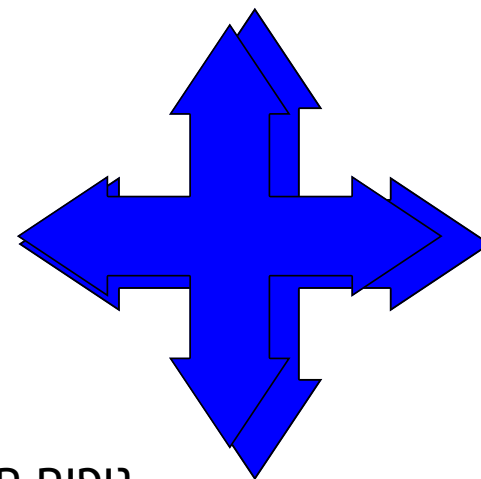
גופים סימטריים - יש להם מישור סימטריה. הם חופפים את דמות הראי שלהם.



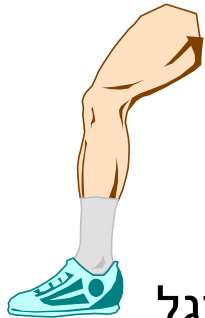
גוף בעל מישור סימטריה



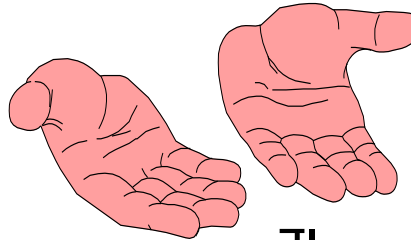
גופים חופפים



לגופים א-סימטריים, קיראליים אין מישור סימטריה והם אינם חופפים את דמותם בראי. כאלה הן הידיים, רגליים ואוזניים. יד ימין אינה חופפת את יד שמאל וכנ"ל האוזניים והרגליים.



רגל

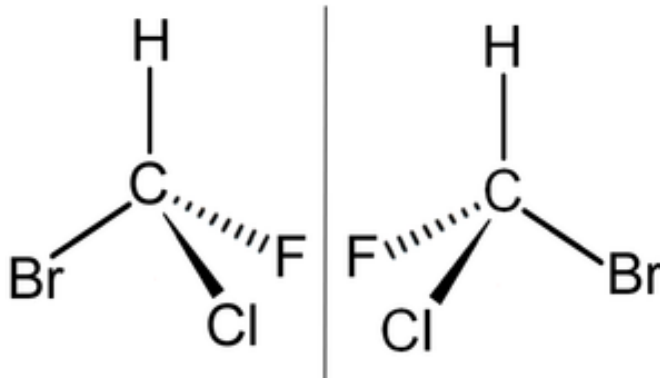


יד

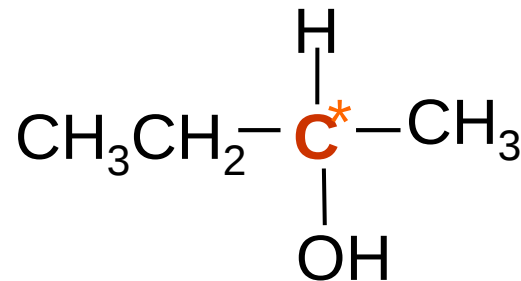


אוזן

אטום פחמן קיראלי, א-סימטרי הוא אטום פחמן שלו ארבעה מתמירים שונים. מולקולות בעלות פחמן קיראלי הן א-סימטריות ויהיו להן שני איזומרים שהם דמות ראי אחד של השני.



דמות ראי (נוסחת טריזים לציון טטראהדר)



אור מקוטב מישורית ופולרימטר

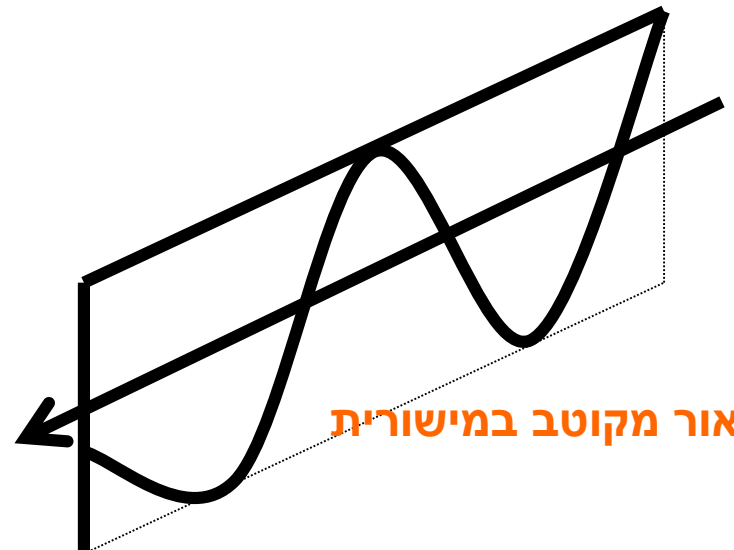
האור הוא דרך העברה של אנרגיה. האור מתפשט כגלים לכל הכיוונים. הגלים מתקיימים במישורים רבים, אך אפשר לבדוד גלים במישור אחד בלבד.

אור כזה נקרא **אור מקוטב מישורית**.

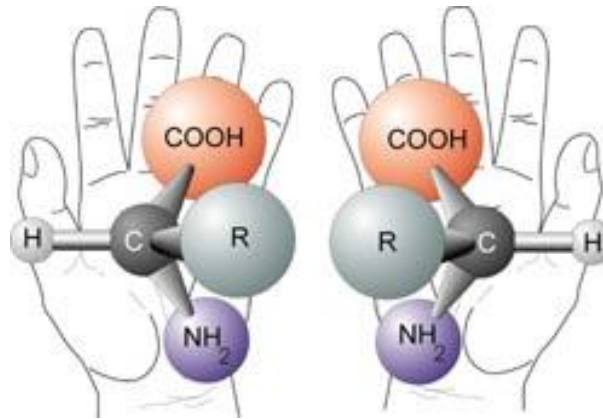
חומרים קיראלים בעלי פחמן א-סימטרי הם **חומרים פעילים אופטיים**. כאשר מעבירים דרכם אור מקוטב במישור, הם גורמים לסטייה בזווית הסיבוב של מישור האור המקוטב.

אפשר למדוד את זווית הסיבוב של מישור האור המקוטב בעזרת מכשיר הנקרא **פולרימטר** ובדרך זו לזהות את האיזומר האופטי.

איזומרים אופטיים דומים זה לזה בתכונות הכימיות והפיזיקליות, ולכן קשה לזהותם או להפריד ביניהם.



אננטיומרים – שני מבנים מרחביים של מולקולה המהווים תמונת ראי אחד של האחר. הם אינם חופפים זה את זה ולכן הם איזומרים מרחביים שונים.



אננטיומרים של חומצות אמינו
ויקיפדיה, ערך אננטיומר

http://nai.nasa.gov/library/images/news_articles/159_1.jpg

למולקולה בעלת פחמן א-סימטרי אחד אפשריים שני איזומרים שהם אננטיומרים. איזומר (+) יסובב את מישור האור המקוטב בכיוון השעון. איזומר (-) יסובב את מישור האור המקוטב בכיוון מנוגד לכיוון השעון. האיזומרים (+) ו- (-) הם דמות ראי אחד של האחר.

תערובת רצמית - תערובת שיש בה כמות שווה של שני האננטיומרים. התערובת לא תגלה פעילות אופטית.

על המר והמתוק... – סיפור האספרטם

- קראו עמודים 41-43 בספר: "מולקולות במסע התחנות שבדרך" וענו על השאלות הבאות:
- א. תארו את מבנה האספרטם.
 - ב. כמה פחמנים קיראליים יש במולקולת האספרטם.
 - ג. הסבירו את ההבדל במבנה של האספרטם המר לעומת האספרטם המתוק.
 - ד. מדוע רק אספרטם (-) אחראי לתחושת טעם מתוק בפינו?

על המר והמתוק... – סיפור האספרטם

- קראו עמודים 41-43 בספר: "מולקולות במסע התחנות שבדרך" וענו על השאלות הבאות:
- תארו את מבנה האספרטם.
 - כמה פחמנים קיראליים יש במולקולת האספרטם.
 - הסבירו את ההבדל במבנה בין האספרטם המר לאספרטם המתוק.
 - מדוע רק אספרטם (-) אחראי לתחושת טעם מתוק בפינו?

תשובה:

- א. האספרטם היא מולקולה אורגנית המורכבת משתי חומצות אמיניות: מן החומצה האמינית פניל אלנין, שבקבוצה הקרבוקסילית קשור אליה מתיל בקשר אסטרי, ומחומצה אספרטית הקשורה אליה בצד האמיני, בקשר אמיד.
- אפשר לרשום זאת באופן הבא: חומצה אספרטית – פניל אלנין – מתיל
- ב. במולקולת האספרטם יש שני פחמנים קיראליים. אלו הם הפחמנים המרכזיים בכל חומצה אמינית.
- ג. האספרטם המתוק מורכב מן האיזומר האופטי (-) שבו שני הפחמנים הקיראליים של האספרטם הם (-). האספרטם המר הוא האננטיומר (+) (דמות הראי).
- ד. באספרטם (-), כיוון הקבוצות השונות תואם את מבנה הקולטנים בתאי חוש הטעם האחראים לטעם המתוק. רק אספרטם (-) יכול להתקשר לקולטנים אלו. באספרטם (+), כיוון הקבוצות הפוך (דמות ראי) לכן הוא אינו יכול להתקשר לקולטנים בתאי הטעם המתוק.

סיכום המבוא:

- ◀ הפחמן הוא האטום האחראי לקיום המגוון העצום של התרכובות בכימיה האורגנית.
- ◀ יש להכיר את סוגי הנוסחאות השונים (מולקולרית, מבנה, מבנה מקוצרת, טריזים).
- ◀ יש להכיר את סוגי האיזומריה השונים: איזומרית שרשרת, איזומריה גאומטרית ציס-טרנס ואיזומריה אופטית.
- ◀ יש להכיר את תרכובות הפחמן המתחלקות למשפחות על פי הקבוצה הפונקציונלית האופיינית להם (כוהלים, אתרים וכו').

מושגים חשובים:

נוסחה מולקולרית, נוסחת מבנה, נוסחת מבנה מקוצרת, קונפורמציה - חופפת/ חורגת/ אנטי, אלקיל - ראשוני/ שניוני/ שלישוני, איזומרים, קבוצה פונקציונלית, איזומריה אופטית, פעילות אופטית, פחמן א-סימטרי/ קיראלי, אור מקוטב מישורית, נוסחת טריזים, אננטיומרים, תערובת רצמית, פולרימטר