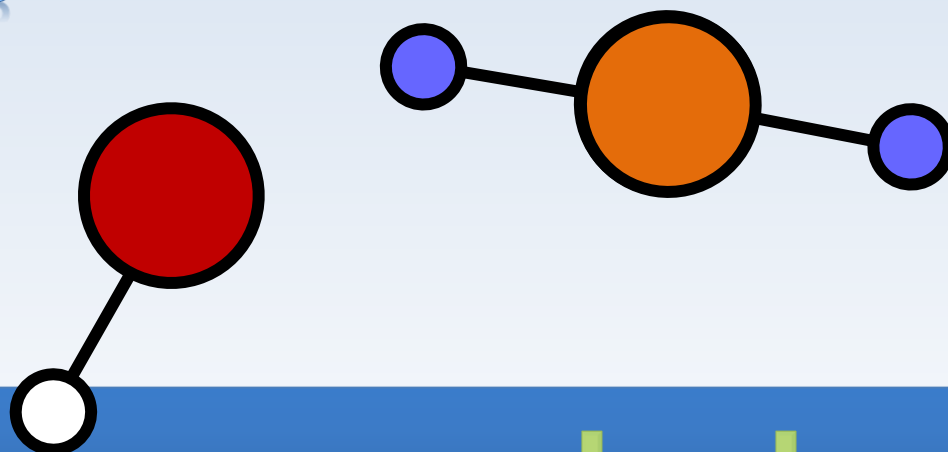
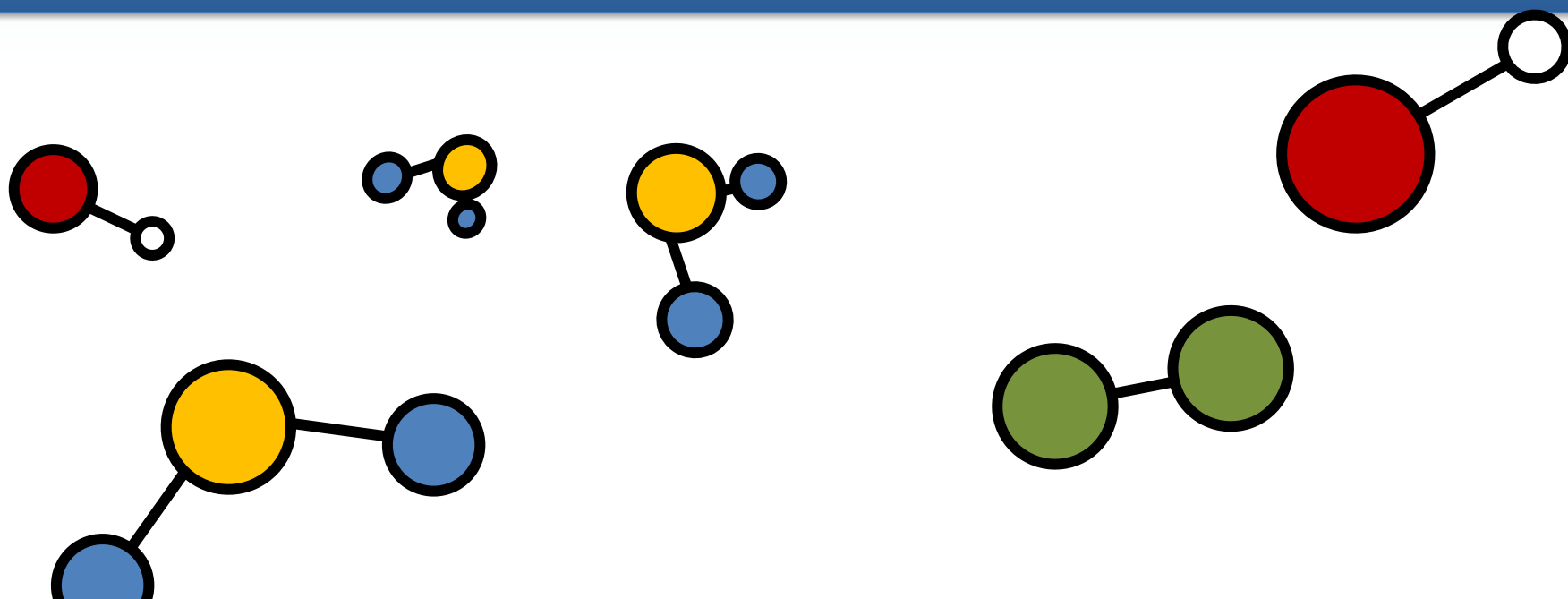
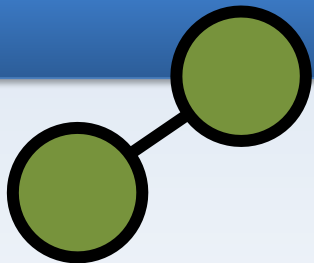




מבנה של מולקולות וקוטביות





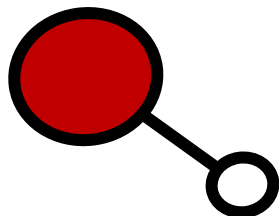
קשר קוטבי Vs. מולקולה קוטבית : איך הם קשורים?



נקבע את המבנה המרחבי של מולקולות קטנות

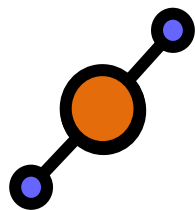
נקשר בין מבנה המולקולה לבין קוטביותה

נלמד כיצד לקבוע קוטביות של מולקולה



נתרגל מושגים אלה

מה אנחנו צריכים כבר לדעת?



קשרים קוולנטים טהורים וקוטביים,
אלקטרושליליות

דרכי ייצוג של מולקולות

לדוגמה: נוסחה מולקולרית, נוסחת ייצוג
אלקטרונית

שימוש במערכה המחזורית והתכונות המחזוריות

כאשר שני אטומים אל-מתכתיים זהים יוצרים קשר קוולנטי,

גרעין כל אטום מושך באותה מידה את אלקטרוני הקשר.

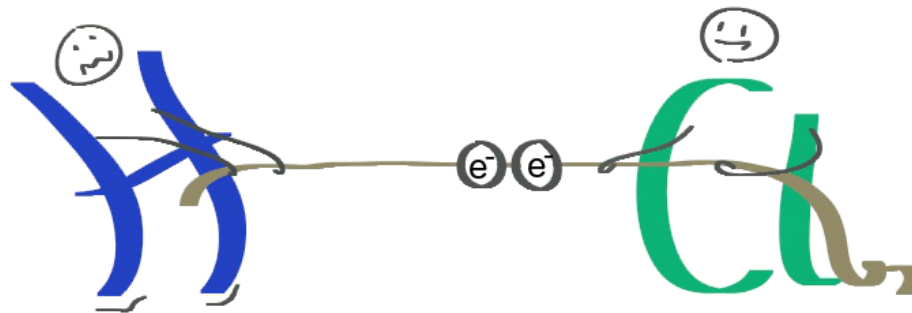
בקשר כזה, אין הפרש בין ערכי האלקטרושליליות, והקשר איננו קוטבי.

קשר זה מכונה בשם: **קשר קוולנטי טהור**.

אם האטומים האל-מתכתיים הם שונים, אזי קיים ברוב המקרים הפרש

בין ערכי האלקטרושליליות שלהם והקשר הוא **קשר קוולנטי קוטבי**.

כאשר שני אטומים המקיימים ביניהם קשר הם בעלי אלקטרשליליות שונה. הדבר דומה לשני אנשים בעלי כוחות שונים המושכים חבל.



קשר קוולנטי קוטבי

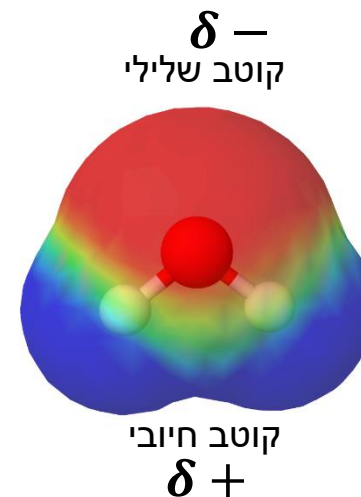
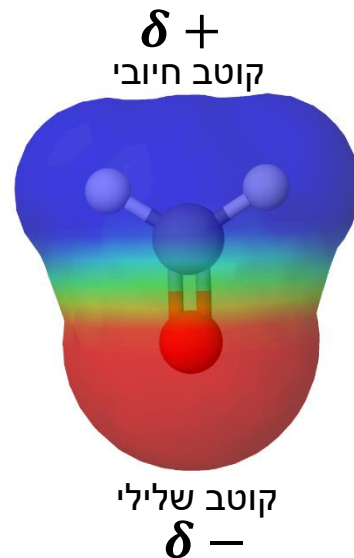
כתוצאה מהבדלים באלקטרשליליות נוצר מצב לא מאוזן בו אטום אחד מושך חזק יותר את אלקטרוני הקשר, כך שהוא עשיר באלקטרונים (קוטב שלילי), ואילו האטום השני עני באלקטרונים (קוטב חיובי).

בכדי לקבוע את קוטביות הקשר אנו משתמשים בסולם האלקטרושליליות של פאולינג שערכיו נעים בין 0-4.

H 2.1							He
Li 1.0	Be 1.5	B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0	Ne
Na 0.9	Mg 1.2	Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0	Ar
K 0.8	Ca 1.0	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8	Kr
Rb 0.8	Sr 1.0	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5	Xe

ומה בנוגע לקוטביות של מולקולות רבות אטומים?

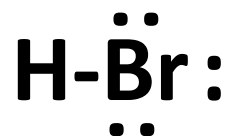
מולקולה היא קוטבית, כאשר יש בה אזור (או אזורים) **עשיר** **באלקטרונים** (קוטב או קטבים שליליים) ואזור (או אזורים) עני באלקטרונים (קוטב או קטבים חיוביים).



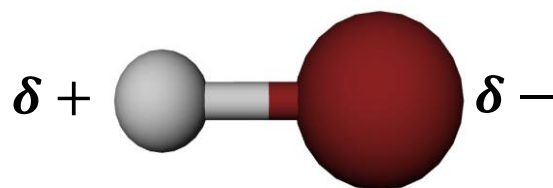
קוטביות במולקולות דו-אטומיות



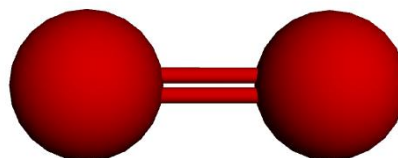
נוסחה מולקולרית:



מבנה המולקולה קווי



מולקולה קוטבית

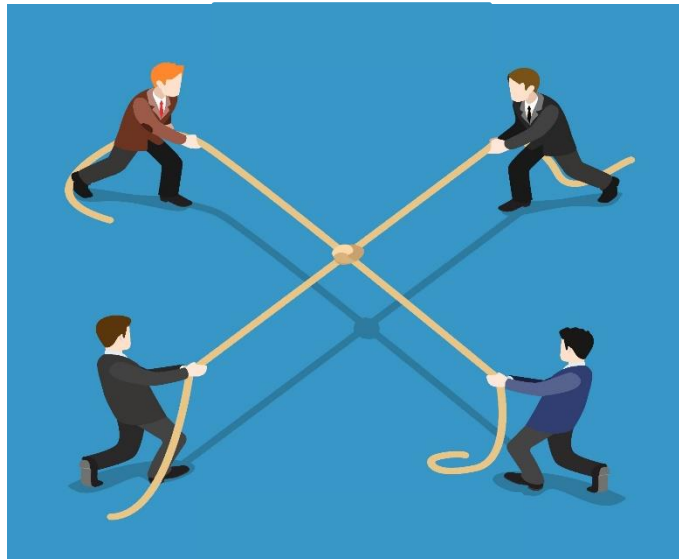


מולקולה לא קוטבית

המולקולה תהיה קוטבית, אם הקשר קוטבי

קוטביות במולקולות רבות אטומים

במולקולות רבות אטומים נתייחס לא רק לקוטביות הקשרים, אלא גם למבנה המרחבי של המולקולה, על מנת לקבוע את הקוטביות שלה.



מולקולה תהיה קוטבית אם יתקיימו בה שני תנאים:

❖ הימצאות **קשר קוולנטי קוטבי במולקולה**

❖ הקשרים הקוטביים ימוקמו במולקולה כך, **שכוחות המשיכה לא יתבטלו**

מודל דחית האלקטרונים

תאוריית ה-VSEPR - Valence Shell Electron Pair Repulsion

כאשר אטום אל-מתכת יוצר קשרים, לרוב הוא משלים למצב של 8 אלקטרוני ערכיות המסודרים ב-4 זוגות. אלו יכולים להיות:

- זוגות אלקטרונים המשתתפים בקשר - **זוגות קושרים**
- זוגות אלקטרונים שאינם משתתפים בקשר - **זוגות בלתי קושרים**.

אלקטרוני הערכיות דוחים זה את זה עד למצב בו הדחייה ביניהם תהיה מינימלית, בכדי לצמצם את ההפרעה המרחבית שהם יוצרים זה לזה.

זוגות אלקטרונים לא קושרים 'דוחים' יותר מאשר זוגות קושרים.

כיצד קובעים מבנה מרחבי של מולקולות?

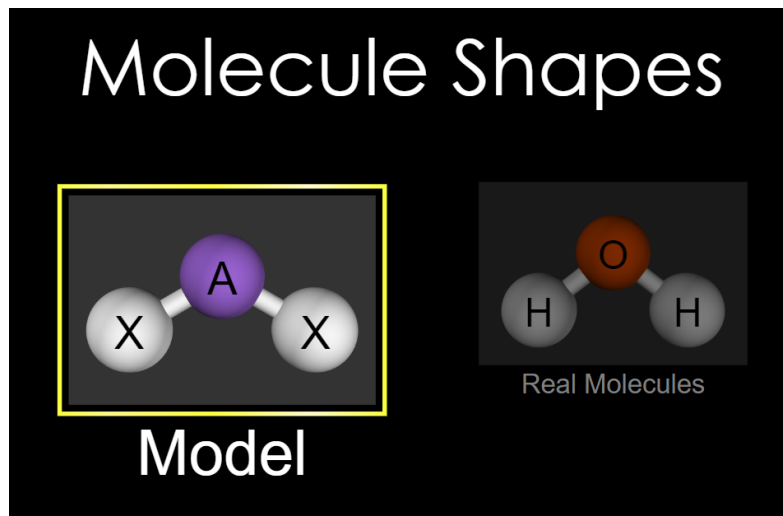
מודל דחית האלקטרונים

תאוריית ה-VSEPR - Valence Shell Electron Pair Repulsion

כדי לקבוע את המבנה המרחבי סביב האטום המרכזי נרצה לדעת:

1. כמה אטומים קשורים לאטום המרכזי?
2. כמה זוגות אלקטרונים לא קושרים יש על האטום המרכזי?

הדגמה על ידי סימולציה:



https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes_en.html

בהתבסס על הנאמר למעלה, המודל לתיאור התארגנות המולקולות בצורות השונות הוא **מודל דחיית האלקטרונים**.

אלקטרונים אחראיים ליצירת הקשרים הקוולנטיים וביניהם ישנה דחייה. הדחייה מגבילה את התקרבות החלקיקים במולקולה וגורמת להיווצרות צורות של מולקולות.

ישנם 5 צורות גיאומטריות של מולקולות*

* ישנם צורות נוספות אך הם אינם בתכנית הלימודים שלנו.

נכיר את **חמשת המבנים** העיקריים:

מבנים מישוריים

מבנה קווי 

מבנה זוויתי 

מבנה משולש מישורי 

מבנים מרחביים

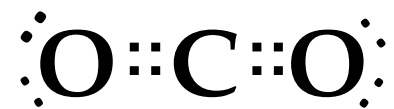
מבנה פירמידה משולשת 

מבנה טטראדר 

א. מבנה קווי:

מבנה מישורי המערב בדרך כלל 2-3 אטומים.
המבנה הקווי נוצר כאשר:

1. שני אטומים קשורים זה לזה; או –
2. אטום מרכזי הקשור ל-2 אטומים נוספים ועל האטום המרכזי אין אלקטרונים לא קושרים.
3. כאשר האטומים הנקשרים זה לזה הם בעלי ערך אלקטרושליליות זהה- המולקולה אינה קוטבית
4. כאשר האטומים הנקשרים זה לזה הם בעלי ערך אלקטרושליליות שונה- הקשר קוטבי, אך המולקולה כולה- לא בהכרח קוטבית.
5. הזווית הנוצרת בין הקשרים הינה 180° .

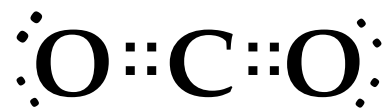


נוסחה מולקולרית:

נוסחת ייצוג
האלקטרונים:

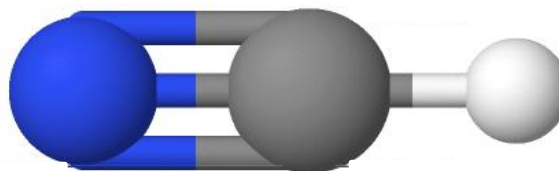
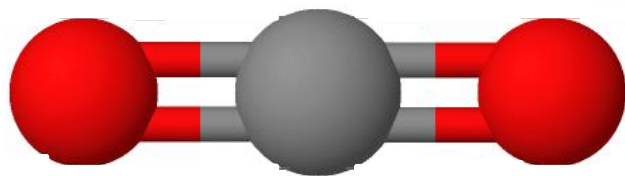


נוסחה מולקולרית:



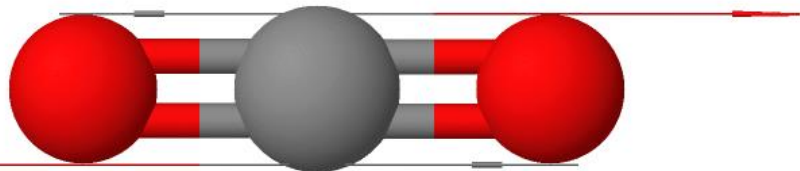
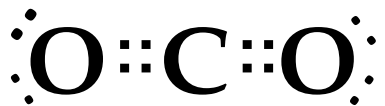
נוסחת ייצוג
האלקטרונים:

כדי למזער את הדחייה בין אלקטרוני הערכיות סביב האטום המרכזי, האלקטרונים יסתדרו בקו ישר כאשר ביניהם 180°. נקבל **מבנה קווי** של האטומים במולקולה

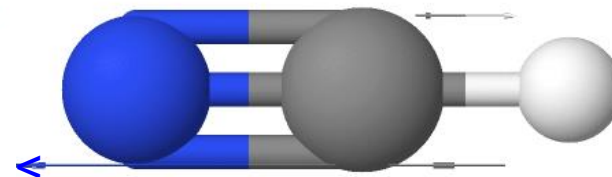


אם האטומים הקשורים לאטום המרכזי בעלי אלקטרשליליות זהה
המולקולה לא קוטבית

אם האטומים הקשורים לאטום המרכזי הם בעלי אלקטרשליליות
שונה המולקולה קוטבית



מולקולה לא קוטבית

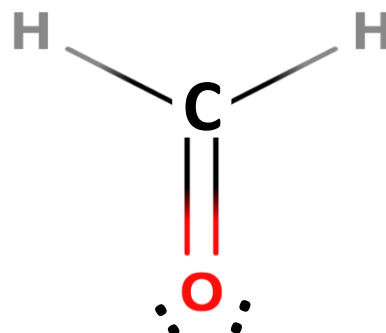
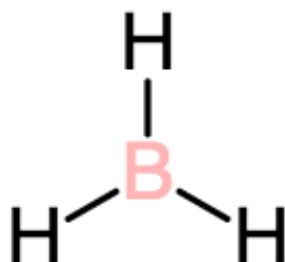


מולקולה קוטבית

ב. משולש מישורי:

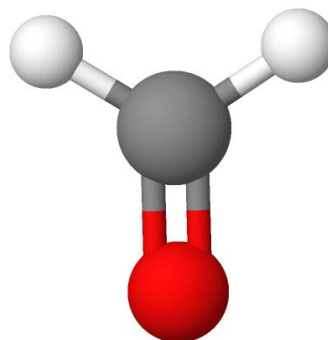
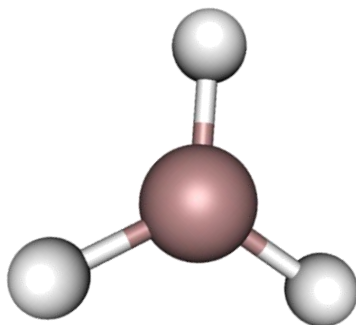
מבנה מישורי המערב בדרך כלל 4 אטומים.
מבנה משולש מישורי נוצר כאשר:

1. אטום מרכזי הקשור ל-3 אטומים נוספים ועל האטום המרכזי אין אלקטרונים לא קושרים.
2. כאשר 3 האטומים הנקשרים לאטום המרכזי זהים, הם בעלי אלקטרושליליות זהה- המולקולה אינה קוטבית
3. בכל מקרה אחר- המולקולה קוטבית.
4. הזווית הנוצרת בין הקשרים הינה 120° .



נוסחת ייצוג
האלקטרונים :

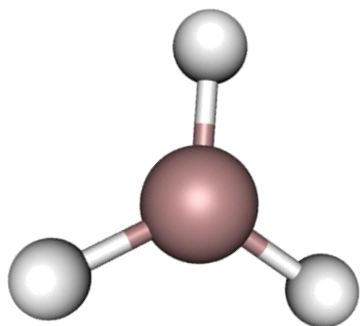
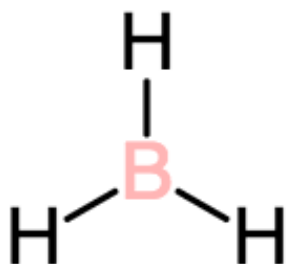
כדי למזער את הדחייה בין אלקטרוני הערכיות סביב האטום המרכזי, האלקטרונים יסתדרו כאשר ביניהם זווית של 120° .
נקבל מבנה משולש מישורי של האטומים במולקולה



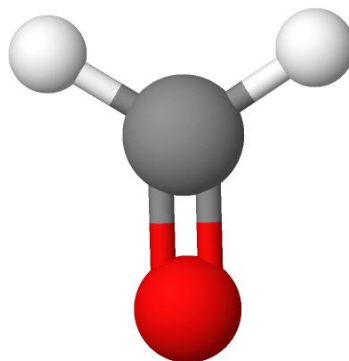
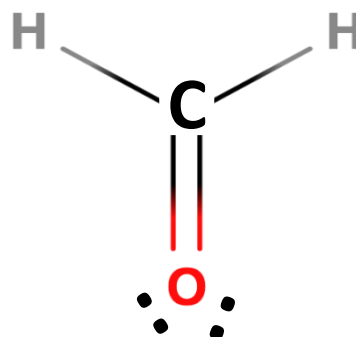
קוטביות במבנה משולש מישורי

אם האטומים הקשורים לאטום המרכזי בעלי אלקטרשליליות זהה המולקולה לא קוטבית

אם האטומים הקשורים לאטום המרכזי הם בעלי אלקטרשליליות שונה המולקולה קוטבית

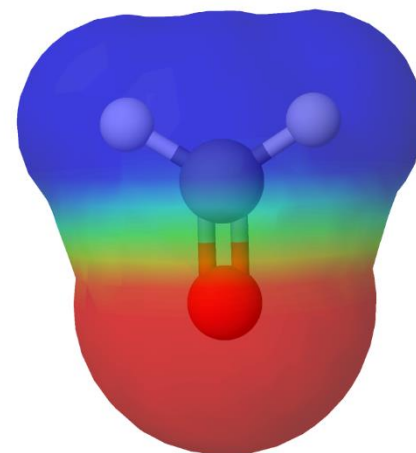


מולקולה לא קוטבית



מולקולה קוטבית

$\delta +$ קוטב חיובי



$\delta -$ קוטב שלילי

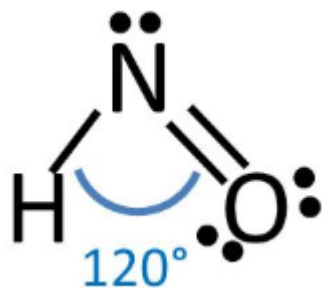
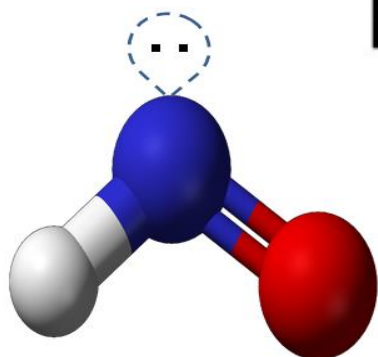
ג. זוויתי:

מבנה מישורי המערב 3 אטומים.
המבנה זוויתי נוצר כאשר:

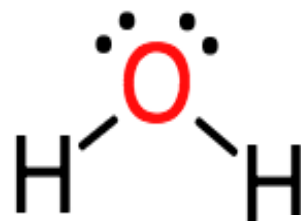
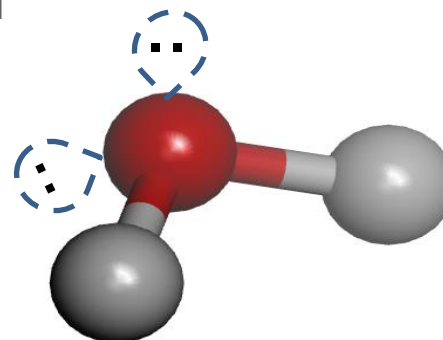
1. אטום מרכזי הקשור ל-2 אטומים נוספים ועל האטום המרכזי יש זוג אחד או שניים של אלקטרונים לא קושרים.
2. המולקולה כפופה (זוויתית, צורת "וי")
3. המולקולה קוטבית תמיד ובכל תנאי.
4. הזווית הנוצרת בין הקשרים הינה 104^0 - 108^0 *

* הזווית אינה קבועה ותלויה במספר האלקטרונים הלא-קושרים

HNO



H₂O

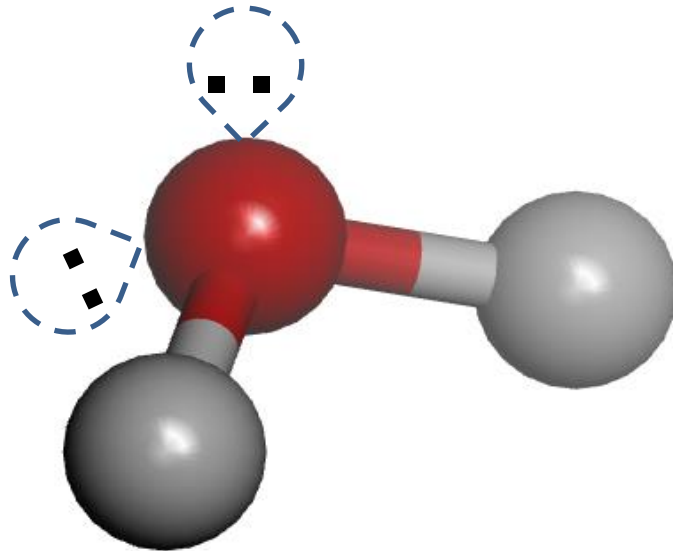


נוסחה מולקולרית
נוסחת ייצוג
האלקטרונים:

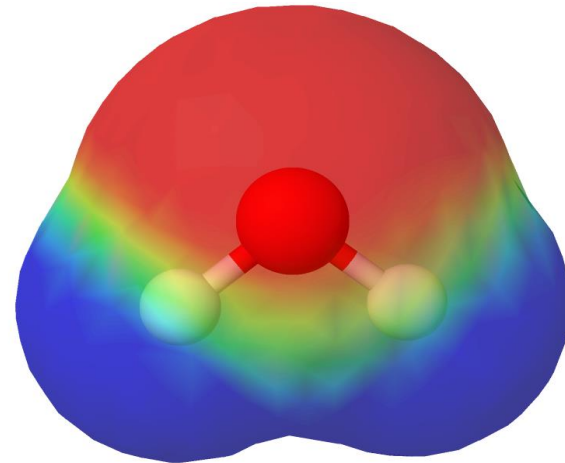
כדי למזער את הדחייה בין אלקטרוני הערכיות (2 זוגות אלקטרונים קושרים ובדרך כלל 2 זוגות לא קושרים, אם כי במקרים מסוימים ישנו זוג אלקטרונים אחד לא קושר- והזווית גדלה 120°).

סביב האטום המרכזי, האלקטרונים יסתדרו במבנה טטראדר, משמעות הדבר כי האטומים במולקולה יהיו מסודרים במבנה של זוויתי.

במבנה זוויתי לא קיימת סימטריה בה הקשרים הקוטביים ממוקמים באופן שהם יכולים לבטל זה את זה. בנוסף, פיזור האלקטרונים אינו יכול להיות אחיד עקב קיום זוג אלקטרונים (אד לפחות) לא קושר. לכן מולקולות בעלות מבנה זוויתי **תמיד** קוטביות.



קוטב שלילי

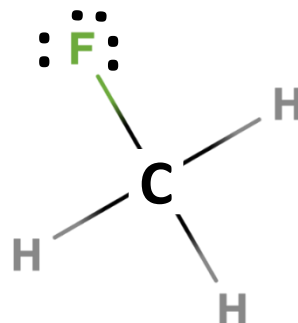
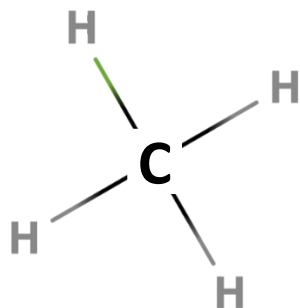


קוטב חיובי

ד. טטראדר:

מבנה מרחבי המערב 5 אטומים.
מבנה הטטראדר נוצר כאשר:

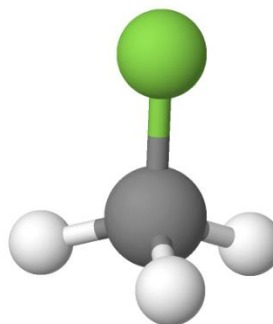
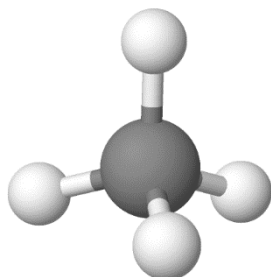
1. אטום מרכזי הקשור ל-4 אטומים נוספים.
 2. על האטום המרכזי אין אלקטרונים לא קושרים.
 3. כאשר 4 האטומים הקשורים לאטום המרכזי הינם זהים- הם בעלי אלקטרושליליות זהה והמולקולה אינה קוטבית.
 4. בכל מקרה אחר- המולקולה קוטבית*.
 5. הזווית הנוצרת בין הקשרים הינה 109° .
- * גם כאשר המולקולה נדמית כסימטרית- היא תהיה קוטבית אם האטומים הנקשרים לאטום המרכזי אינם זהים

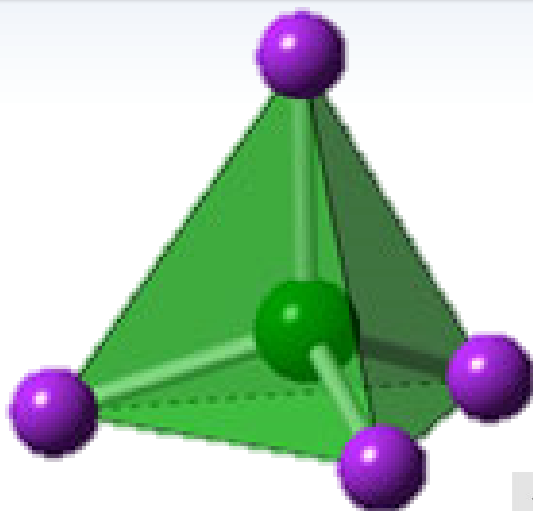


נוסחה מולקולרית:

נוסחת ייצוג
האלקטרונים:

כדי למזער את הדחייה בין אלקטרוני הערכיות סביב האטום המרכזי, האלקטרונים יסתדרו כאשר ביניהם זווית של 109° . נקבל מבנה טטראדר של האטומים במולקולה





טטראדר הוא גוף שכל ארבע פאותיו הן משולשים.



מתוך סט קובית
משחק של מבוכים
ודרקונים

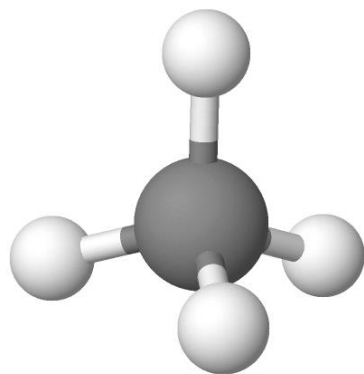
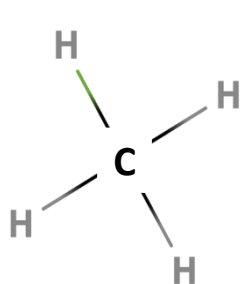
TETRAHEDRON	CUBE	OCTAHEDRON	DODECAHEDRON	ICOSAHEDRON

ישנן מולקולות בעלות מבנה של כל אחד
מחמשת הגופים האפלטוניים

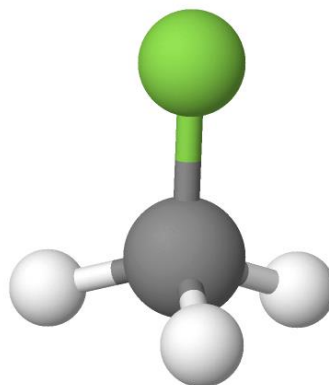
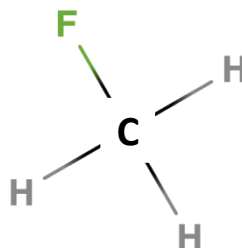
טטראדר משוכלל הוא טטראדר
שכל פאותיו הן משולשים שווי
צלעות והוא אחד מחמשת
הגופים האפלטוניים.

אם האטומים הקשורים לאטום המרכזי בעלי **אלקטרושליליות זהה**
המולקולה **לא קוטבית**

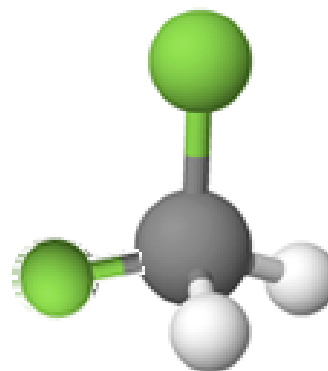
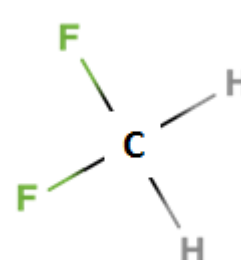
אם האטומים הקשורים לאטום המרכזי הם בעלי **אלקטרושליליות שונה**
המולקולה **קוטבית**



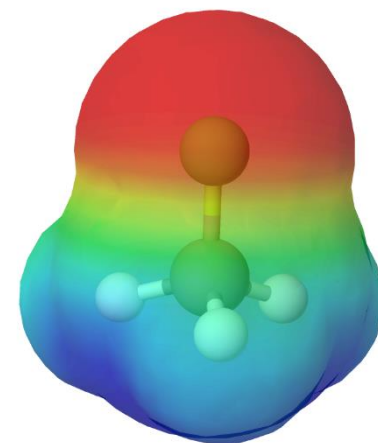
מולקולה לא קוטבית



מולקולות קוטביות



קוטב שלילי

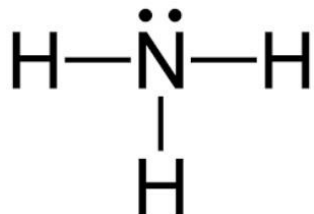


קוטב חיובי

ה. פירמידה משולשת:

מבנה מרחבי המערב 4 אטומים.
מבנה פירמידה משולשת נוצר כאשר:

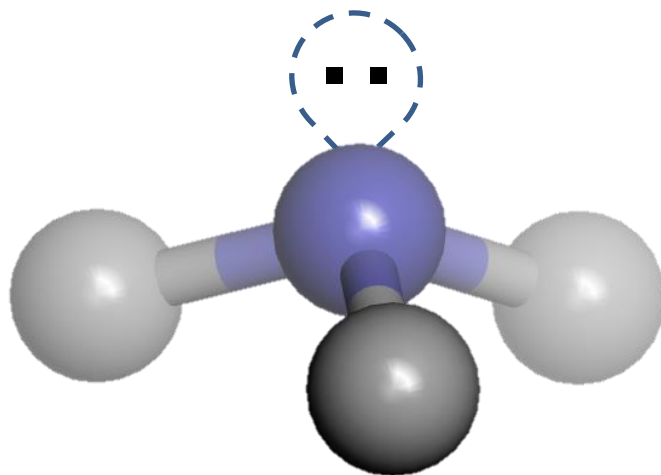
1. אטום מרכזי הקשור ל-3 אטומים נוספים.
2. על האטום המרכזי יש זוג אלקטרונים לא קושרים.
3. המולקולה קוטבית תמיד.
4. הזווית הנוצרת בין הקשרים הינה 107° .



נוסחה מולקולרית:

נוסחת ייצוג האלקטרונים :

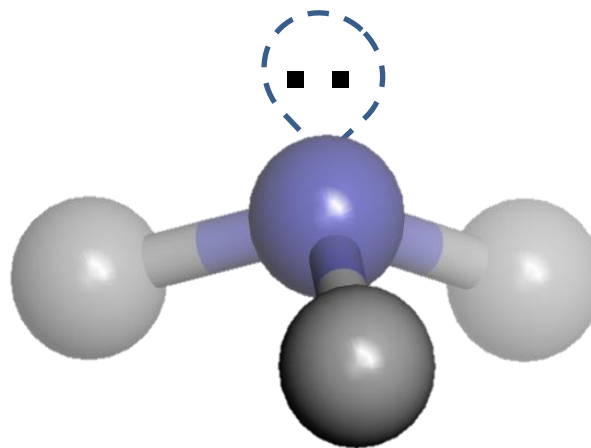
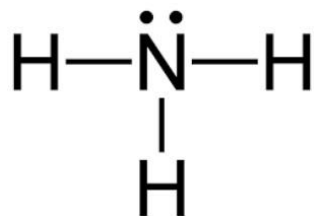
כדי למזער את הדחייה בין אלקטרוני הערכיות (3 זוגות אלקטרונים קושרים וזוג אחד לא קושר) סביב האטום המרכזי, האלקטרונים יסתדרו במבנה טטראדר, משמעות הדבר כי האטומים במולקולה יהיו מסודרים במבנה של פירמידה משולשת.



קוטביות במבנה פירמידה משולשת

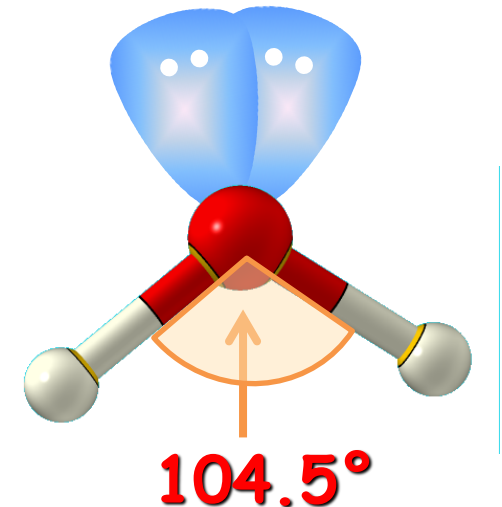
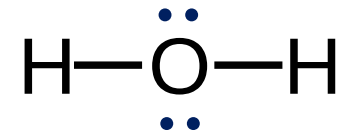
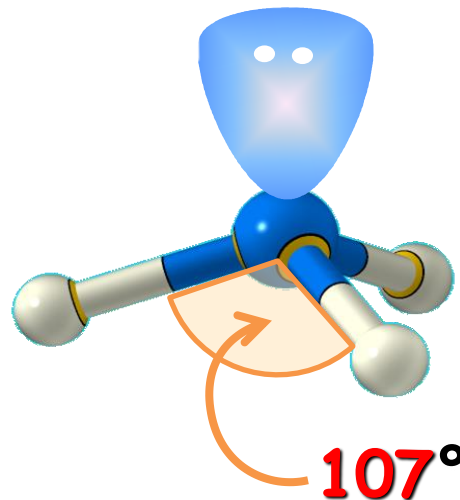
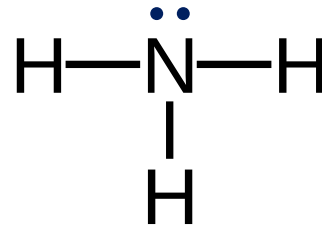
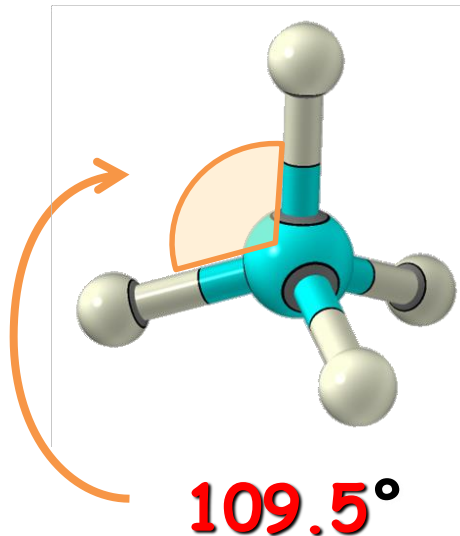
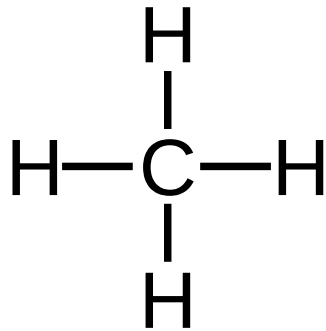
במבנה של פירמידה משולשת לא קיימת סימטריה בה הקשרים קוטביים ממוקמים באופן שהם יכולים לבטל זה את זה.

בנוסף, פיזור האלקטרונים אינו יכול להיות אחיד עקב קיום זוג אלקטרונים לא קושר. לכן מולקולות בעלות מבנה פירמידה משולשת **תמיד** קוטביות

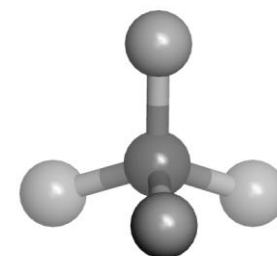
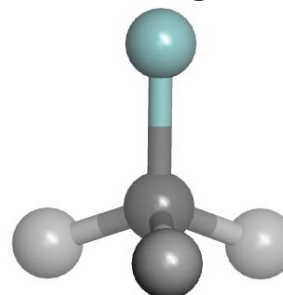
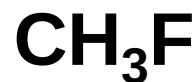
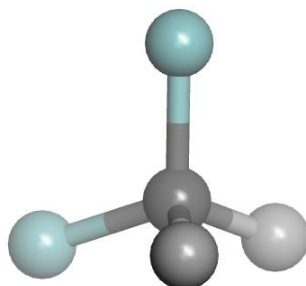
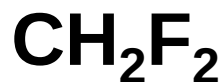
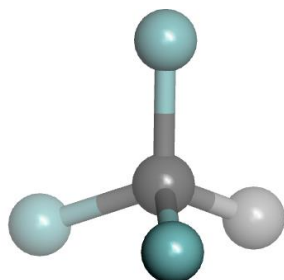


ארבעה זוגות אלקטרונים מסביב לאטום המרכזי

זוגות אלקטרונים לא קושרים 'דוחים' יותר לעומת זוגות קושרים ולכן הזווית קטנה יותר כאשר יש זוגות האלקטרונים לא קושרים



כל המולקולות שלפניכן הן בעלות מבנה טטראדר. אלו מהמולקולות הן קוטביות?



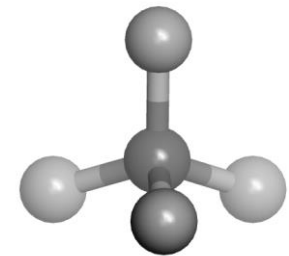
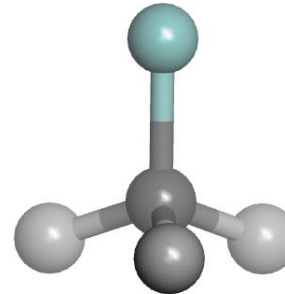
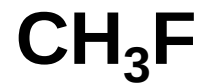
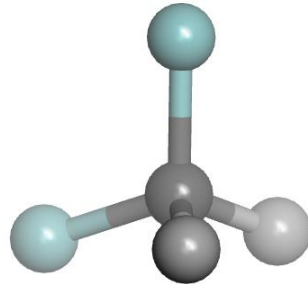
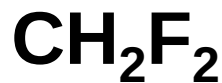
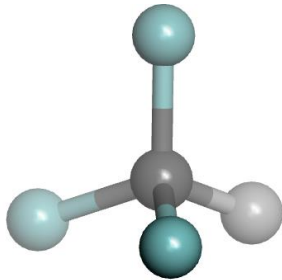
א. CH_3F , CH_4

ב. CHF_3 , CH_2F_2 , CH_3F

ג. כולן

ד. CHF_3 , CH_3F

כל המולקולות שלפניכן הן בעלות מבנה טטראדר. אלו מהמולקולות הן קוטביות?



א. CH_3F , CH_4

ב. CHF_3 , CH_2F_2 , CH_3F

ג. כולן

ד. CHF_3 , CH_3F

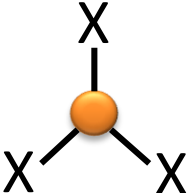
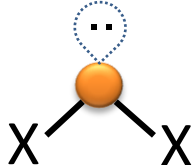
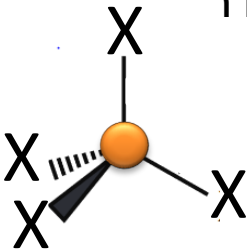
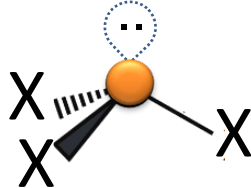
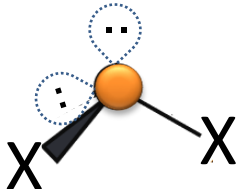
קוטביות

אם האטומים הקשורים לאטום המרכזי זהים באלקטרושליליות – המולקולה לא קוטבית.
אם האטומים הקשורים לאטום המרכזי שונים באלקטרושליליות – המולקולה קוטבית.

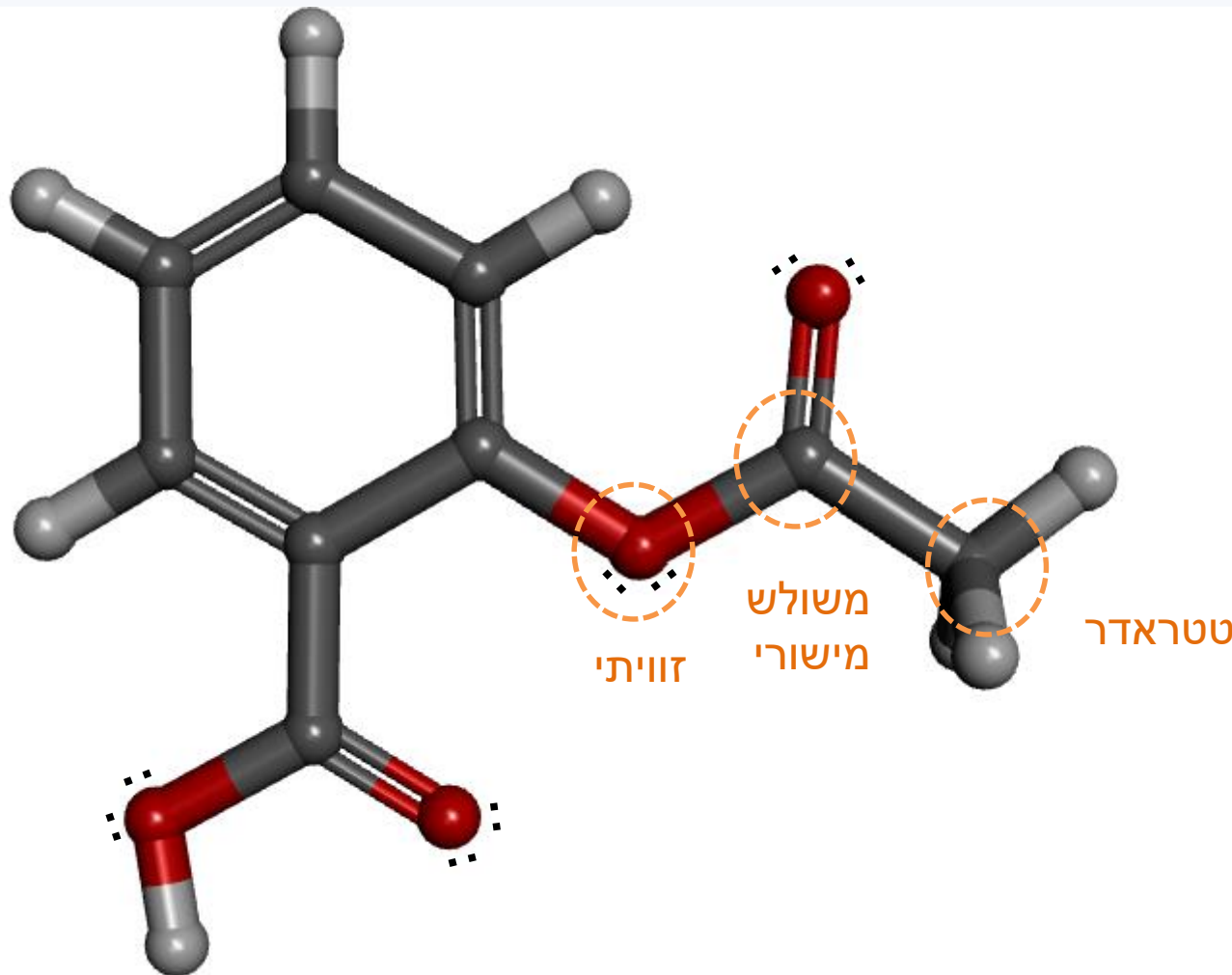
מבנים של מולקולות סביב אטום מרכזי

קו מייצג קשר קוולנטי יחיד, כפול או משולש

קו עבה מייצג קשר ש"יוצא" ממישור התמונה לכיוונינו. קו עבה מקווקו מייצג קשר ש"נכנס" אל מאחורי התמונה.

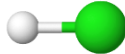
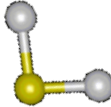
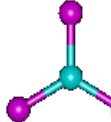
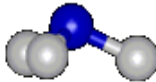
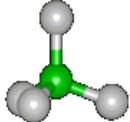
	0 זוגות אלקטרוניים לא קושרים		
2 "ענני" אלקטרוניים	קווי 	1 זוג אלקטרוניים לא קושרים	
3 "ענני" אלקטרוניים	משולש מישורי 	זוויתי 	2 זוגות אלקטרוניים לא קושרים
4 "ענני" אלקטרוניים	טטראדר 	פירמידה משולשת 	זוויתי 

אספירין



קביעת המבנה כפי שראינו עכשיו, נכונה גם למולקולות גדולות יותר. במולקולות גדולות יותר נסתכל בכל פעם על אטום מרכזי אחר.

מה למדנו בשיעור זה?

שם המבנה	מודל	מס' אטומים הקשורים לאטום מרכזי (אם יש)	קיום זוגות אלקטרונים בלתי קושרים על האטום המרכזי	קוטביות	דוגמאות
קווי		אין אטום מרכזי	אין אטום מרכזי	אם יש הפרש אלקטרושליליות	HCl F ₂
קווי		2	אין	אם קיים שוני באלקטרושליליות באטומים הקשורים לאטום המרכזי	CS ₂ HCN
זוויתי		2	יש	תמיד	H ₂ O HOCl
משולש מישורי		3	אין	אם קיים שוני באלקטרושליליות באטומים הקשורים לאטום המרכזי	H ₂ CO BH ₃
פירמידה משולשת		3	יש	תמיד	NH ₃ PHCl ₂
טטרادر		4	אין	אם קיים שוני באלקטרושליליות באטומים הקשורים לאטום המרכזי	CH ₄ CH ₂ F ₂