

מתבוננים במבנה של מולקולות: מציאות רב־בִּדָּה

שכבת גיל

חטיבה עליונה – כיתה י"א

תקציר הפעילות

בפעילות זו יציירו התלמידים נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של כמה מולקולות. אחר כך יתבוננו בכרטיסים בעזרת אפליקציה המאפשרת לראות מולקולות בתלת-ממד (מציאות רב־בִּדָּה). התלמידים יוכלו לראות את המבנה המרחבי של המולקולות (הגאומטריה), את אלקטרוני הקשרים הקוולנטיים ואת זוגות האלקטרונים שאינם משתתפים ביצירת הקשרים הקוולנטיים. התלמידים יצפו במולקולות באפליקציה ויענו על שאלות בעקבות התצפיות.

משך הפעילות

שיעור אחד

כדאי להתחיל את הפעילות בכיתה, להמשיך אותה בבית ולסכם בכיתה.

מטרות הפעילות

· להבנות ידע בנושא מבנה מרחבי של מולקולות (גאומטריה).

מושגים מתוכנית הלימודים

קשר קוולנטי, נוסחאות ייצוג אלקטרוניות, מבנה מרחבי של מולקולה, גאומטריה

מיומנויות

הבניית ידע, רישום תצפיות

אופי הלמידה

זוגות

סוג הפעילות

פעילות להקניית ידע

קישור לסרטון

· "אלקטרוני ערכיות ודיאגרמות לואיס": <https://goo.gl/hX9vuD>

הכנות לקראת הפעילות

- לסיים ללמד את הנושאים קשר קוולנטי, נוסחאות ייצוג אלקטרוניות, מבנה (גאומטריה) של מולקולות.
- לבקש מהתלמידים להוריד לטלפון הסלולרי את האפליקציה Mirage – molecular geometry (הקיימת עבור מכשירי אנדרואיד וגם עבור iOS).
- להדפיס לתלמידים את הקובץ הבא: <https://goo.gl/PvrmoY> (הדפסה בשחור-לבן, חד-צדדי).
- לגזור את המלבנים ולהפריד אותם על הדפים המודפסים, כך שיהיו 12 מלבנים נפרדים הממוספרים 1–12, לחלוקה לתלמידים. יחולק כרטיס אחד בכל פעם לפי ההתקדמות בכיתה.
- לדאוג לאמצעי הקרנה בכיתה.

מה עושים?

- צפו בסרטון "אלקטרוני ערכיות ודיאגרמות לואיס" שבקישור הבא: <https://goo.gl/hX9vuD>.
- הורידו לטלפון הסלולרי שלכם את האפליקציה Mirage – molecular geometry. האפליקציה קיימת עבור מכשירי אנדרואיד וגם עבור iOS. בעת ההתקנה אפשרו לאפליקציה להשתמש במצלמת הטלפון.
- הפעילו את האפליקציה ולחצו על Start. אין צורך בחיבור לאינטרנט כדי להפעיל את האפליקציה.
- קבלו מן המורה את כרטיס מספר 1. כווננו את המצלמה אל הכרטיס והתבוננו במולקולה המוצגת – מולקולה של פֶּרֶצֶטָמוֹל, תרופה נגד כאבים וחום. הנוסחה המולקולרית של פֶּרֶצֶטָמוֹל היא $C_8H_9NO_2$. מהו המבנה המרחבי של מולקולה זו?
- כדי לענות על שאלה זו נתבונן, קודם כל, במבנה המרחבי של כמה מולקולות קטנות ופשוטות יותר. קבלו מן המורה בכל פעם כרטיס אחד, התבוננו במולקולה המוצגת ומלאו את הפרטים הנדרשים בטבלה המתאימה. אחרי שתמלאו את הטבלה תוכלו לקבל מן המורה את הכרטיס השני עבור אותו החומר, כדי לבדוק את תשובותיכם.
- בעת ההתבוננות בכרטיסים היעזרו במקרא הבא:

כדור שחור	פחמן, C
כדור לבן	מימן, H
כדור כחול	חנקן, N
כדור אדום	חמצן, O
2 נקודות כחולות	זוג אלקטרונים קושרים (זוג אלקטרונים שיוצרים קשר קוולנטי)
2 נקודות סגולות ב"ענן" סגול (אורביטל)	זוג אלקטרונים לא קושרים (זוג אלקטרונים של האטום המרכזי שאינם משתתפים ביצירת קשר קוולנטי)

* זכרו: אטום מרכזי הוא אטום הקשור ליותר מאטום אחד נוסף.

מספר הכרטיס	שם החומר	נוסחה מולקולרית
2	מתאן	CH ₄
ציירו נוסחת ייצוג אלקטרונית		
מספר זוגות אלקטרונים קושרים סביב האטום המרכזי (מספר זוגות אלקטרונים היוצרים קשרים קוולנטיים)	מספר זוגות אלקטרונים לא קושרים סביב האטום המרכזי (מספר זוגות אלקטרונים שאינם משתתפים בקשרים הקוולנטיים)	סך כול מספר זוגות האלקטרונים סביב האטום המרכזי
4	0	4

מבנה מרחבי (גאומטריה)

בחרו וסמנו: **טֶרְאֶדֶר** (ארבעון) | פירמידה משולשת | זוויתי | משולש מישורי | קווי

ציירו את המבנה

קבלו מהמורה את כרטיס מספר 7 ובדקו את תשובותיכם.

מספר הכרטיס	שם החומר	נוסחה מולקולרית
3	אָמוֹנְיָה	NH_3
ציירו נוסחת ייצוג אלקטרונית		
מספר זוגות אלקטרונים קושרים סביב האטום המרכזי (מספר זוגות אלקטרונים היוצרים קשרים קוולנטיים)	מספר זוגות אלקטרונים לא קושרים סביב האטום המרכזי (מספר זוגות אלקטרונים שאינם משתתפים בקשרים הקוולנטיים)	סך כול מספר זוגות האלקטרונים סביב האטום המרכזי
3	1	4

מבנה מרחבי (גאומטריה)

בחרו וסמנו: טרַאָדֶר (ארבעון) | פִּרְמִידָה משולשת | זוויתי | משולש מישורי | קווי

ציירו את המבנה:

קבלו מהמורה את כרטיס מספר 8 ובדקו את תשובותיכם.

מספר הכרטיס	שם החומר	נוסחה מולקולרית
4	מים	H_2O
ציירו נוסחת ייצוג אלקטרונית		
מספר זוגות אלקטרונים קושרים סביב האטום המרכזי (מספר זוגות אלקטרונים היוצרים קשרים קוולנטיים)	מספר זוגות אלקטרונים לא קושרים סביב האטום המרכזי (מספר זוגות אלקטרונים שאינם משתתפים בקשרים הקוולנטיים)	סך כול מספר זוגות האלקטרונים סביב האטום המרכזי

4	2	2
מבנה מרחבי (גאומטריה) בחרו וסמנו: טראַדֶר (ארבעון) פירמידה משולשת זוויתי משולש מישורי קווי ציירו את המבנה: קבלו מהמורה את כרטיס מספר 9 ובדקו את תשובותיכם.		

בשלב זה כדאי לערוך סיכום ביניים בכיתה.

הראו לתלמידים כי בשלוש המולקולות שראו עד כה יש ארבעה זוגות אלקטרונים, בסך הכול, סביב האטום המרכזי. ארבעה זוגות האלקטרונים מסודרים במבנה טראַדֶרלי. זוגות האלקטרונים דוחים זה את זה ומבנה טראַדֶרלי מאפשר את המרחק הגדול ביותר בין זוגות האלקטרונים. נוכחות זוגות האלקטרונים הלא קושרים גורמת למולקולת האמוניה להיות פירמידה משולשת ולא משולש מישורי, ולמולקולת המים להיות זוויתית ולא קווית.

לפני שממשיכים, עברו עם התלמידים על ההסבר כיצד לספור זוגות אלקטרונים סביב אטום מרכזי, הקשור בקשרים קוולנטיים כפולים או משולשים, ולא רק בקשרים קוולנטיים יחידים.

עד עתה בכל המולקולות היו רק קשרים קוולנטיים יחידים.

מה קורה כשבמולקולה יש קשרים קוולנטיים כפולים או משולשים?

במקרים כאלה קשר כפול או יחיד נספר אף הוא כזוג אלקטרונים אחד סביב האטום המרכזי. מדוע?

רק זוג אלקטרונים אחד, בקשר הכפול או המשולש, נמצא במרחב במיקום שגורם לדחייה בינו ובין זוגות אלקטרונים קושרים בקשרים קוולנטיים יחידים חוגות אלקטרונים לא קושרים. דחייה זו בין זוגות אלקטרונים משפיעה על המבנה המרחבי של המולקולה.

מספר הכרטיס	שם החומר	נוסחה מולקולרית
5	פחמן דו-חמצני	CO ₂
ציירו נוסחת ייצוג אלקטרונית		
מספר זוגות אלקטרונים קושרים סביב האטום המרכזי (מספר זוגות אלקטרונים היוצרים קשרים קוולנטיים)*	מספר זוגות אלקטרונים לא קושרים סביב האטום המרכזי (מספר זוגות אלקטרונים שאינם משתתפים בקשרים הקוולנטיים)	סך כול מספר זוגות האלקטרונים סביב האטום המרכזי
2	0	2
מבנה מרחבי (גאומטריה) בחרו וסמנו: טֶטְרָאֶדֶר (ארבעון) פירמידה משולשת זוויתי משולש מישורי קווי ציירו את המבנה: קבלו מהמורה את כרטיס מספר 10 ובדקו את תשובותיכם.		

זכרו: בקשרים כפולים סופרים רק זוג אלקטרונים אחד.

מספר הכרטיס	שם החומר	נוסחה מולקולרית
6	מתאן אָמין	CH_3NH_2
ציירו נוסחת ייצוג אלקטרונית		

במולקולת מתאן אָמין שני אטומים מרכזיים: C ו-N.

סך כול מספר זוגות האלקטרונים סביב האטום C	מספר זוגות אלקטרונים לא קושרים סביב האטום C (מספר זוגות אלקטרונים שאינם משתתפים בקשרים הקוולנטיים)	מספר זוגות אלקטרונים קושרים סביב האטום C (מספר זוגות אלקטרונים היוצרים קשרים קוולנטיים)
4	0	4
סך כול מספר זוגות האלקטרונים סביב האטום N	מספר זוגות אלקטרונים לא קושרים סביב האטום N (מספר זוגות אלקטרונים שאינם משתתפים בקשרים הקוולנטיים)	מספר זוגות אלקטרונים קושרים סביב האטום N (מספר זוגות אלקטרונים היוצרים קשרים קוולנטיים)
3	1	4

מה המבנה המרחבי סביב אטום הפחמן, C?

בחרו וסמנו: **טֶטְרָאָדְר (ארבעון)** | פירמידה משולשת | זוויתי | משולש מישורי | קווי

(בדומה למולקולת מתאן)

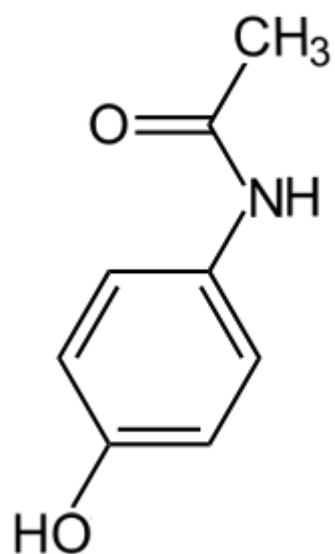
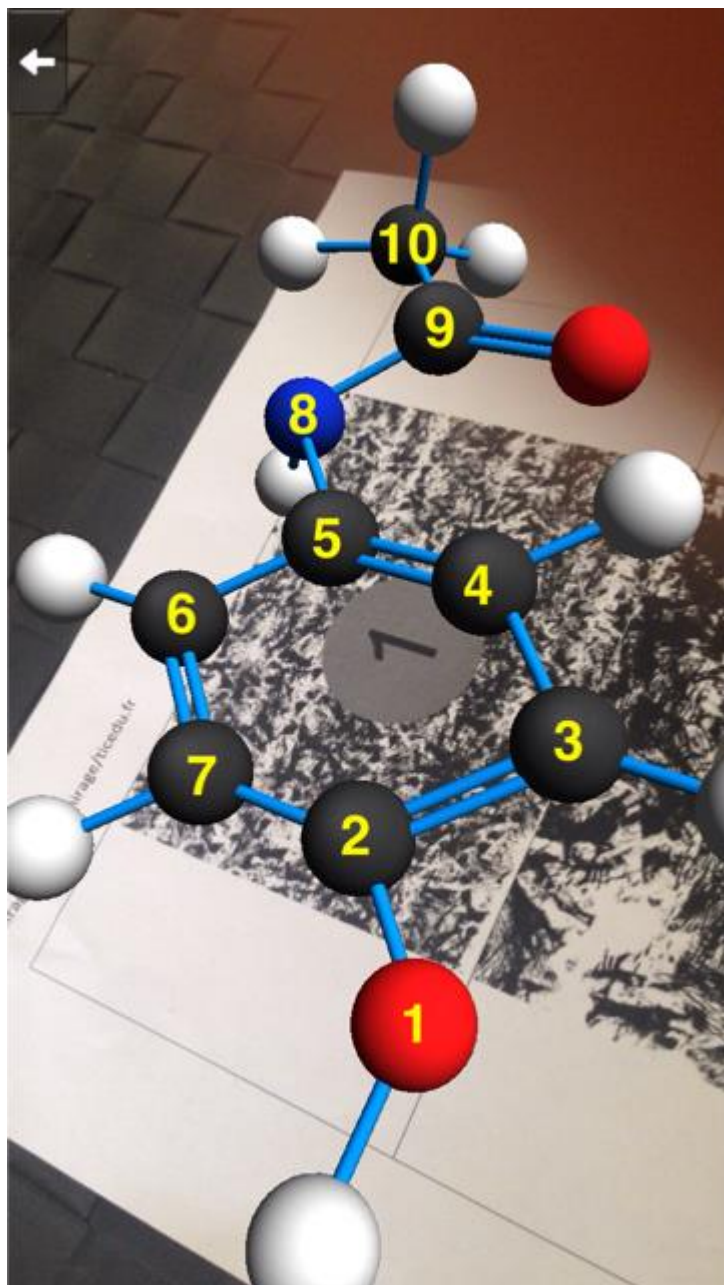
· מה המבנה המרחבי סביב אטום החנקן, N ?
בחרו וסמנו: קטראדר (ארבעון) | פירמידה משולשת | זוויתי | משולש מישורי | קווי
(בדומה למולקולת אמוניה)

ציירו את המבנה:

קבלו מהמורה את כרטיס מספר 11 ובדקו את תשובותיכם.

נחזור עתה למולקולת הפרצטמול.

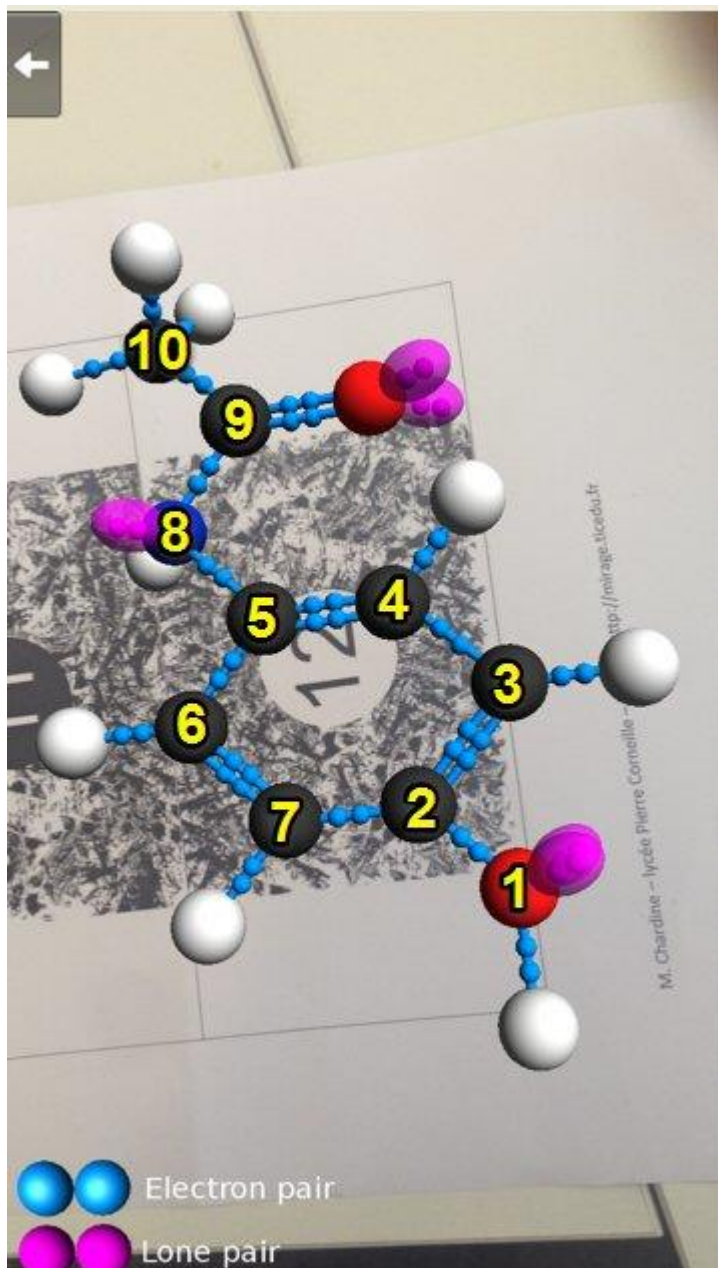
· כמה אטומים מרכזיים יש במולקולת הפרצטמול?
עשרה-שמונה פחמנים: שישה נמצאים בטבעת, 2-5, וכן גם פחמנים 9 ו-10; חמצן, 1; וחנקן, 8.



לקוח מ: Shutterstock

- רשמו כמה זוגות אלקטרונים קושרים וכמה זוגות אלקטרונים לא קושרים יש סביב כל אטום מרכזי.
- חמצן (1): שני זוגות אלקטרונים קושרים ושני זוגות אלקטרונים לא קושרים.
- כל אטום פחמן בטבעת (2-5): שלושה זוגות אלקטרונים קושרים.
- חנקן (8): שלושה זוגות אלקטרונים קושרים וחג אחד של אלקטרונים לא קושרים.
- פחמן (9): שלושה זוגות אלקטרונים קושרים.
- פחמן (10): ארבעה זוגות אלקטרונים קושרים.

אפשר לראות זאת בבירור באיור 12.



לקוח מ: Shutterstock

· רשמו מהו המבנה המרחבי סביב כל אחד מהאטומים המרכזיים.

אטום מספר	מבנה מרחבי (טֶטְרָאֶדֶר [ארבעון] פירמידה משולשת זוויתי משולש מישורי קווי)
1	זוויתי (בדומה למולקולת מים)
2	משולש מישורי
3	משולש מישורי
4	משולש מישורי
5	משולש מישורי
6	משולש מישורי
7	משולש מישורי
8	פירמידה משולשת (בדומה למולקולת אמוניה)
9	משולש מישורי
10	טֶטְרָאֶדֶר (ארבעון. בדומה למולקולת מתאן)

כדאי להראות לתלמידים כי הטבעת שטוחה לחלוטין מכיוון שהמבנה המרחבי סביב כל פחמני הטבעת הוא משולש מישורי.

· ציירו את המבנה של המולקולה.

קבלו מהמורה את כרטיס מספר 12 ובדקו את תשובותיכם.

פעילות זו מבוססת על הסילבוס הנוכחי בכימיה, המחייב תלמידים להכיר את המבנים המרחביים השונים של מולקולות, אך לא לקבוע בעצמם את המבנה. התלמידים מקבלים ציורים תלת-ממדיים: עליהם לזהות את המבנים השונים ולהעתיק אותם.

אפשר להרחיב ולהעשיר את הידע של התלמידים, ולבקש מהם לקשר בין מספר כל זוגות האלקטרוניים ומספר זוגות האלקטרוניים הקושרים סביב אטום מסוים, ובין מבנה המרחבי סביבו. בכך למעשה נלמד אותם כיצד לקבוע בעצמם את המבנה המרחבי סביב כל אטום מרכזי. כדאי לכוון את התלמידים ליצור את הטבלה הבאה:

מספר זוגות אלקטרוניים קושרים	מספר זוגות אלקטרוניים לא קושרים	מספר זוגות אלקטרוניים סה"כ	מבנה מרחבי
4	0	4	טטראדר (ארבעון)
3	1	4	פירמידה משולשת
2	2	4	זוויתי
3	0	3	משולש מישורי
2	0	2	קווי

לאחר מכן אפשר לבקש מהתלמידים לצייר נוסחאות מבנה אלקטרוניות של עוד כמה מולקולות ולקבוע את המבנה המרחבי שלהן:

- BH_3 (משולש מישורי)
 - PH_3 (פירמידה משולשת)
 - NF_3 (פירמידה משולשת)
 - CH_2O (משולש מישורי)
- וכו'.