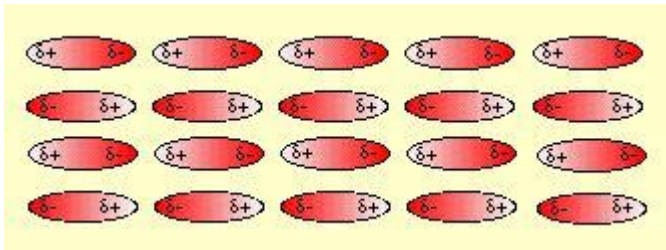


## כוחות בין מולקולריים – סיכום

חומרים מולקולריים קיימים בשלושת מצבי הצבירה בטמפרטורת החדר. במצב צבירה מוצק ובמצב צבירה נוזלי המולקולות ערוכות בצברים. הן קשורות זו לזו באמצעות כוחות בין מולקולריים, שהם כוחות משיכה חשמליים בין המולקולות. קיימים שני סוגי כוחות בין מולקולריים: כוחות (אינטרקציות) ואן-דר-ולס וקשרי מימן.

### כוחות (אינטרקציות) ואן-דר-ולס

כוחות משיכה חשמליים חלשים בין המולקולות. ענן האלקטרונים המולקולרי נמצא בתנועה מסביב לגרעיני האטומים במולקולה. חלוקת המטען איננה אחידה במשך כל הזמן, ונוצרים אזורים חיוביים ושלייליים רגועים. כאשר מולקולות מתקרבות זו לזו אזור חיובי במולקולה אחת נמשך חשמלית למולקולה שנייה. המולקולות, אם יהיו מספיק איטיות, ייצרו קשרים ביניהן.



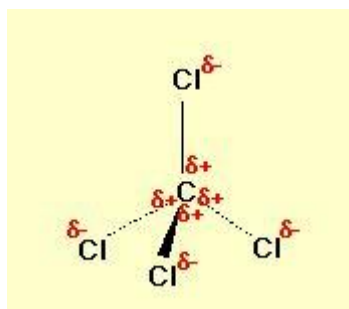
באיור משמאל תוכלו לראות כיצד מולקולות מסתדרות זו ליד זו ונוצרים כוחות משיכה ביניהן.

במולקולות קוטביות קיימים כוחות ואן-דר-ולס מוגברים: במולקולות קוטביות יש חלוקת מטען, וקיימים אזורים קבועים על המולקולה בהם קיים מטען חשמלי. כיצד קובעים האם מולקולה היא קוטבית?

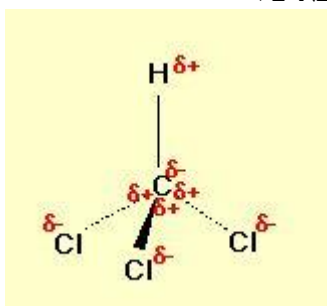
- קובעים מיהו האטום המרכזי במולקולה (בד"כ מי שיכול ליצור הכי הרבה קשרים).
- רושמים נוסחת ייצוג אלקטרוניים למולקולה, ובדקים לפי האלקטרושליליות של היסודות שמרכיבים אותה האם היא מכילה קשרים קוטביים.
- קובעים את צורת המולקולה, בהתאם למספר אוטמים שקשורים לאטום המרכזי וזמספר זוגות אלקטרוניים לא קושרים (שלחתי כבר סיכום)
- אם המולקולה אינה מכילה זוגות אלקטרוניים לא קושרים והאלקטרושליליות של האטומים המחוברים לאטום המרכזי שווה המולקולה איננה קוטבית.
- אם המולקולה אינה מכילה זוגות אלקטרוניים לא קושרים אבל האלקטרושליליות של לפחות אחד המחובר לאטום המרכזי שונה מהאלקטרושליליות של שאר האטומים שמחוברים לאטום המרכזי אז פיזור האלקטרוניים סביב האטום המרכזי אינו אחיד והמולקולה קוטבית.
- אם המולקולה מכילה זוגות אלקטרוניים לא קושרים, המולקולה תמיד קוטבית.

לדוגמא: המולקולה  $\text{CCl}_4$  איננה קוטבית למרות שהיא מכילה 4 קשרים קוטביים משום שמתקיים בה ביטול כוחות. לעומתה המולקולה  $\text{CHCl}_3$  קוטבית, משום שאין בה ביטול כוחות,

כפי שניתן לראות באיורים הבאים:



יש ביטול  
כוחות מלא -  
כל אטומי  
הכלור טעונים  
באופן זהה.



האזור של המימן  
טעון במטען חלקי  
חיובי והאזור של  
אטומי הכלור -  
במטען חלקי  
שלילי:

כאשר כוחות (אינטרקציות) ואן-דר-ולס חזקים יותר ממפרטורות ההיתוך והרתיחה של החומרים גבוהות יותר.

חוזק הכוחות תלוי בגורמים הבאים:

1. גודל ענן האלקטרונים

ככל שענן האלקטרונים גדול יותר, הכוחות חזקים יותר.

2. קוטביות המולקולה

במולקולות קוטביות קיימת חלוקת מטען על המולקולה. חלוקת המטען גורמת לכוחות חזקים יותר בין המולקולות. ככל שהקיטוב (ההפרש באלקטרושליליות בין האטומים) גדול יותר, כך חלוקת המטען חזקה יותר והאינטרקציות יהיו חזקות יותר.

3. שטח הפנים של המולקולה

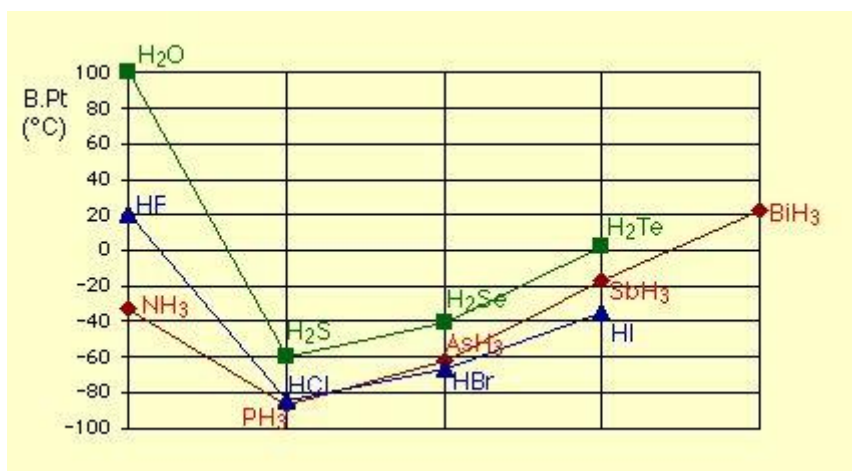
עבור מולקולות בעלות ענן אלקטרונים בגודל דומה שטח פנים גדול יותר מאפשר מגע טוב יותר בין המולקולות וכוחות חזקים יותר בין המולקולות. בקישור הבא תוכלו לצפות בהיווצרות כוחות ואן-דר-ולס בין אטומים:

## קשרי מימן

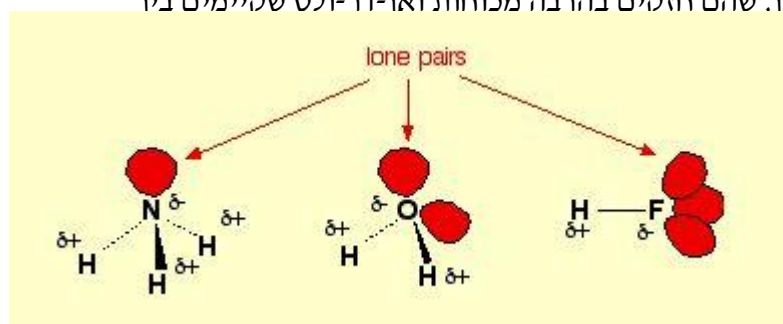
ישנם חומרים שבהם קיימים קשרי מימן בנוסף לכוחות ואן-דר-ולס.

קשרי מימן הם קשרים ייחודיים שנוצרים בין אטום מימן מקוטב במטען חשמלי חיובי (קשור לאטום בעל אלקטרושליליות גבוהה) לבין אטום בעל אלקטרושליליות גבוהה במולקולה סמוכה.

קשרי מימן קיימים בעיקר בין אטומי מימן לבין אטומים של היסודות N, O, F. בגרפים הבאים מוצגות טמפרטורות הרתיחה של ההידרידים של יסודות הטורים 5-7:



קשרי המימן שקיימים בין המולקולות בחומרים H<sub>2</sub>O, HF, ו-NH<sub>3</sub> גורמים לטמפרטורות רתיחה גבוהות בהרבה מטמפרטורות הרתיחה של ההידרידים של היסודות הבאים אחריהם באותו טור. בין מולקולות אלה קיימים קשרי מימן. שהם חזקים בהרבה מכוחות ואן-דר-ולס שקיימים בין המולקולות של ההידרידים האחרים.



קשרי המימן מתקיימים בין אטום המימן במולקולה אחת לבין זוגות האלקטרונים הלא-קושרים במולקולה סמוכה. זוגות אלה מסומנים באיור משמאל:

חוזק הכוחות תלוי בגורמים הבאים:

1. עוצמת הקיטוב בין אטום המימן לבין האטום הסמוך לו. ככל שהקיטוב (ההפרש באלקטרושליליות בין האטומים) גדול יותר, כך חלוקת המטען חזקה יותר והאינטרקציות יהיו חזקות יותר.
2. מספר קשרי המימן האפשריים למולקולה מספר קשרי המימן שיכולים להיווצר בין מולקולות תלוי במספר המימנים המקוטבים ומספר זוגות האלקטרונים הלא-קושרים על האטום האלקטרושלילי. ככל שמספר קשרי המימן האפשריים למולקולה גדול יותר, הכוחות הבין מולקולריים חזקים יותר. כאשר הכוחות הבין מולקולריים חזקים יותר, טמפרטורות ההיתוך והרתיחה של החומרים גבוהות יותר.

בקישורים הבאים תוכלו לצפות בהיווצרות קשרי מימן בין מולקולות:

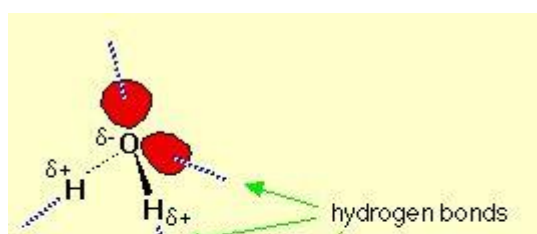
<http://www.chemguide.co.uk/atoms/bonding/hbond.html>

<http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/161Ahydrogenbond.html>

### הייחוד של מולקולות המים

מולקולות מים יכולות ליצור מספר אופטימלי של קשרי מימן:

בכל מולקולה שני אטומי מימן טעונים במטען



חשמלי חיובי חלקי, ושני זוגות אלקטרוניים לא קושרים על האטום האלקטרושלילי – החמצן. כל מולקולה יכולה ליצור עד ארבעה קשרי מימן עם מולקולות סמוכות, כפי שניתן לראות באיור משמאל.

קשרי המימן אחראים לאנומליה של המים: הצפיפות של המים יורדת כאשר הם הופכים מנוזל למוצק. קשרי המימן שנוצרים בין מולקולות המים יוצרים מרווחים בין המולקולות, וכך צפיפותם קטנה.

בקישורים הבאים תוכלו לצפות בקשרי מימן בין מולקולות מים:

[http://ithacasciencezone.com/chemzone/lessons/03bonding/mleebonding/hydrogen\\_bonds.htm](http://ithacasciencezone.com/chemzone/lessons/03bonding/mleebonding/hydrogen_bonds.htm)

<http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=8772>

### כיצד תסבירו הבדלים בין טמפרטורות רתיחה של חומרים מולקולריים?

טמפרטורת הרתיחה של חומר מולקולרי היא מדד לחוזק כוחות המשיכה בין המולקולות. ככל שכוחות המשיכה בין המולקולות גדול יותר, כך טמפרטורת הרתיחה גבוהה יותר (נדרשת טמפרטורה גבוהה יותר על מנת להתגבר על כוחות המשיכה ולנתק את הקשרים).

בדקו מהו סוג הכוחות הבין-מולקולריים שקיימים בין המולקולות. זכרו שכוחות ואן-דר-ואלס קיימים בכל מקרה! במקרים בהם עיקר הכוחות בין המולקולות הם קשרי מימן, כוחות ואן-דר-ואלס זניחים? אלא אם מספר האלקטרוניים גדול מספיק.

כאשר קיימים קשרי מימן בין המולקולות:

בדקו כמה קשרי מימן אפשריים למולקולה, ומהי מידת הקיטוב של הקשר בין אטום המימן לבין האטום האלקטרושלילי הקשור אליו. עוצמת הכוחות עולה כאשר:

- ◆ מספר קשרי המימן האפשריים למולקולה גדול יותר
- ◆ מידת הקיטוב של הקשר בין אטום המימן לבין האטום האלקטרושלילי הקשור אליו עולה.

כאשר קיימים כוחות ואן-דר-ואלס בין המולקולות:

הגדלים שמשפיעים על כוחות ואן-דר-ואלס הם:

- ◆ גודל ענן האלקטרוניים
- ◆ קוטביות המולקולות
- ◆ שטח הפנים של המולקולות

בדקו מהו גודל ענן האלקטרונים. ככל שענן האלקטרונים גדול יותר, הסיכוי ליצירת קטבים רגועים וכן גודל הקטבים גדול יותר ולכן טמפרטורת הרתיחה גדולה יותר.

עבור מולקולות בעלות ענן אלקטרונים דומה בגודלו:

בדקו את חלוקת המטען על המולקולה. אם קיימת חלוקת מטען במולקולה (המולקולה קוטבית), כוחות המשיכה חזקים יותר וטמפרטורת הרתיחה גבוהה יותר.

עבור מולקולות בעלות קוטביות דומה:

בדקו את שטח הפנים ואפשרויות המגע בין המולקולות. בין מולקולות שיכולות להיצמד אחת לשנייה ביתר קלות יהיו יותר אינטראקציות ואן דר ולס. מולקולות אלה יוצרות צברים בקלות רבה יותר. לכן כוחות המשיכה בין המולקולות חזקים יותר וטמפרטורת הרתיחה שלהן גבוהה יותר.