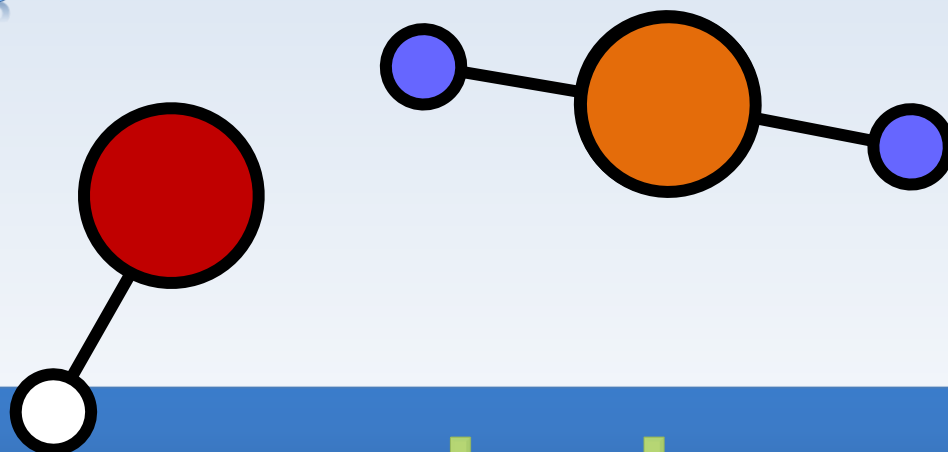
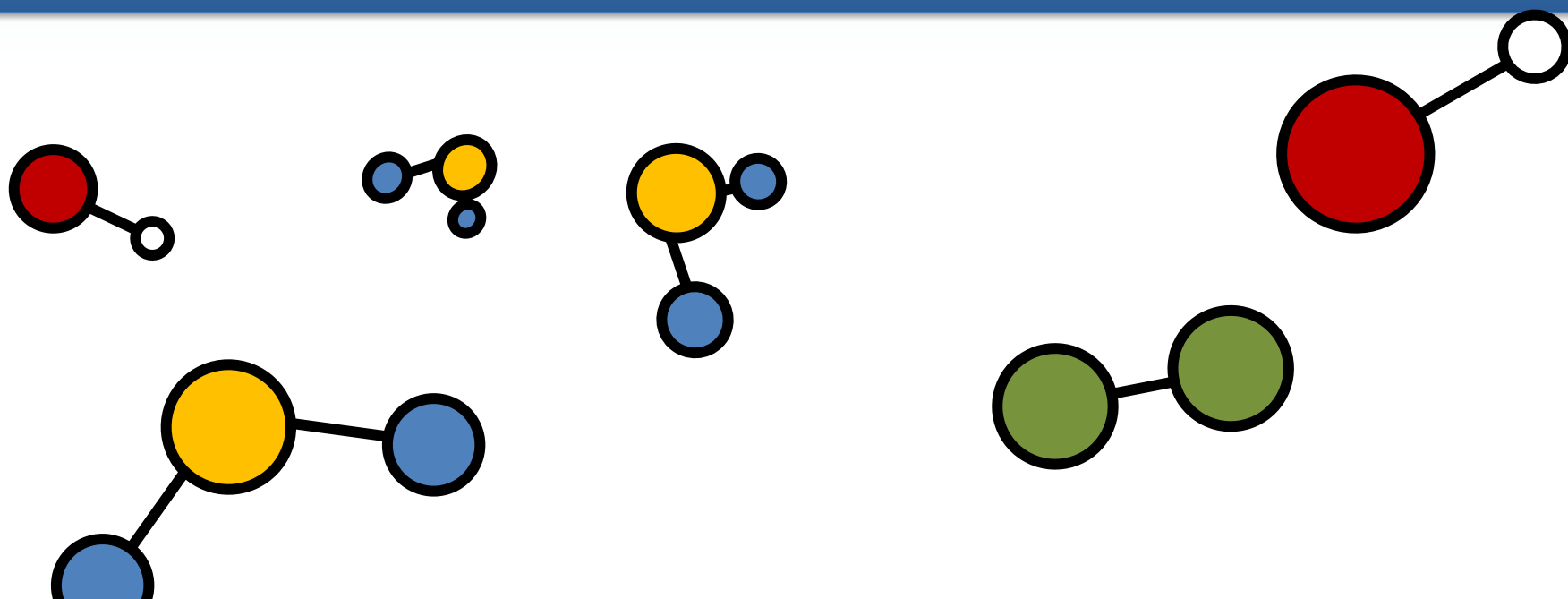




קשרים בין-מולקולריים חלק ב'



נכיר את קשרי (גשרי) מימן 

מה הם התנאים להיווצרות קשרי מימן? 

אילו גורמים משפיעים על חוזק קשרי המימן? 

מה אנחנו צריכים כבר לדעת?

קשר קוולנטי 

קוטביות הקשר 

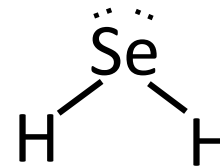
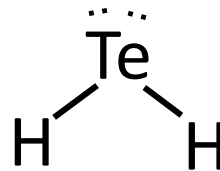
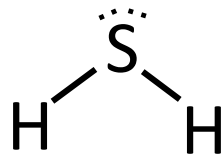
גיאומטריה מולקולרית 

קוטביות מולקולה (דו קוטבי קבוע ודו קוטב רגעי) 

קשרים בין-מולקולריים – קשרי ואן דר ואלס 

שאלה מקדימה (שכבר פתרנו בשיעור הקודם)

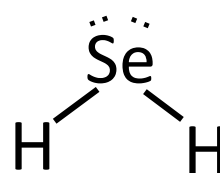
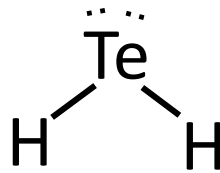
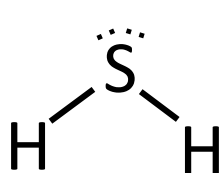
סדרו את החומרים הבאים לפי עוצמת כוחות ואן דר ואלס



8
O
חמצן 15.999
16
S
גופרית 32.065
34
Se
סלניום 78.960
52
Te
טלוריום 127.6

שאלה מקדימה (שכבר פתרנו בשיעור הקודם)

סדרו את החומרים הבאים לפי עוצמת כוחות ואן דר ואלס



8
O
חמצן
15.999
16
S
גופרית
32.065
34
Se
סלניום
78.960
52
Te
טלוריום
127.6



H ₂ Te	H ₂ Se	H ₂ S	
54 אלקטרונים	36 אלקטרונים	18 אלקטרונים	גודל ענן האלקטרונים
מבנה זוויתי ← כל המולקולות קוטביות			קוטביות
מבנה זהה = שטח פנים דומה			שטח הפנים

קשרים בינמולקולריים ומעבר מצב צבירה

במעבר מצב צבירה מוצק $\leftarrow$ נוזל (התכה) יש להשקיע אנרגיה
נוזל $\leftarrow$ גז (אידוי)

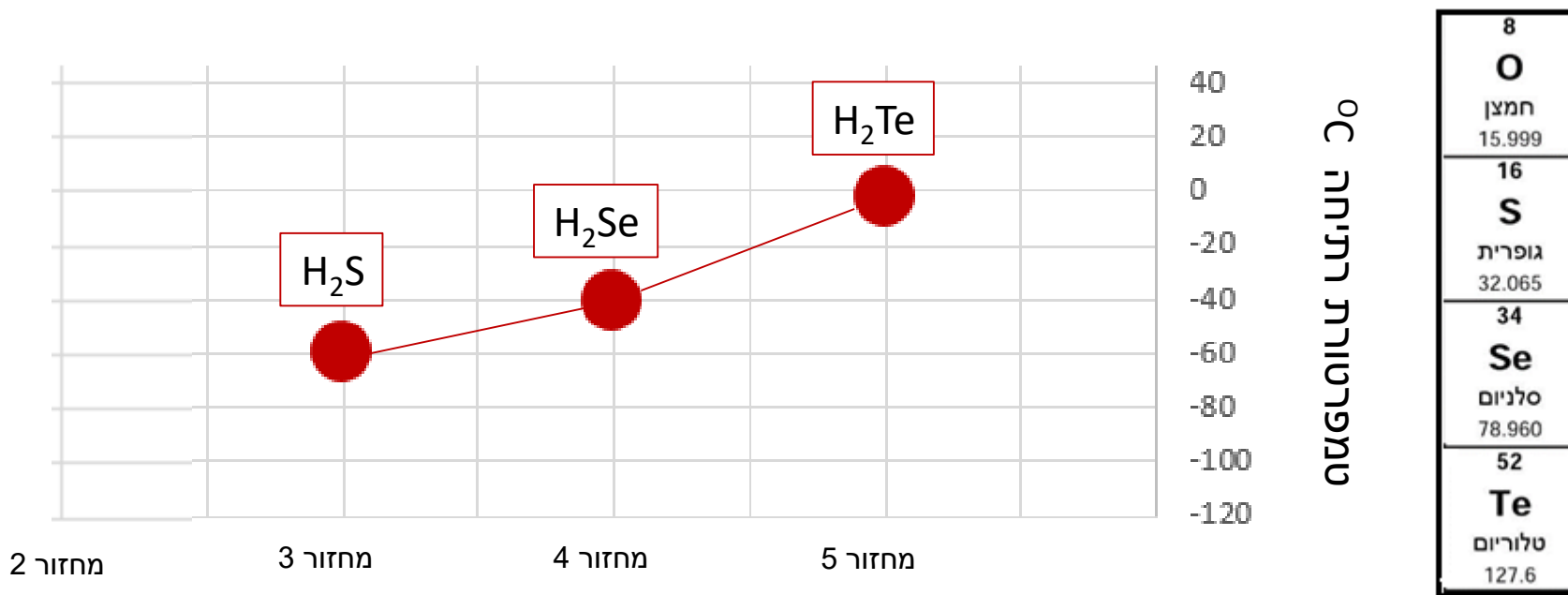
ככל שהקשרים הבין מולקולריים חזקים יותר נדרשת יותר אנרגיה למעבר מצב צבירה (ובהתאם טמפרטורות הרתיחה וההתכה גבוהות יותר)



-2.2 °C -41 °C -60 °C

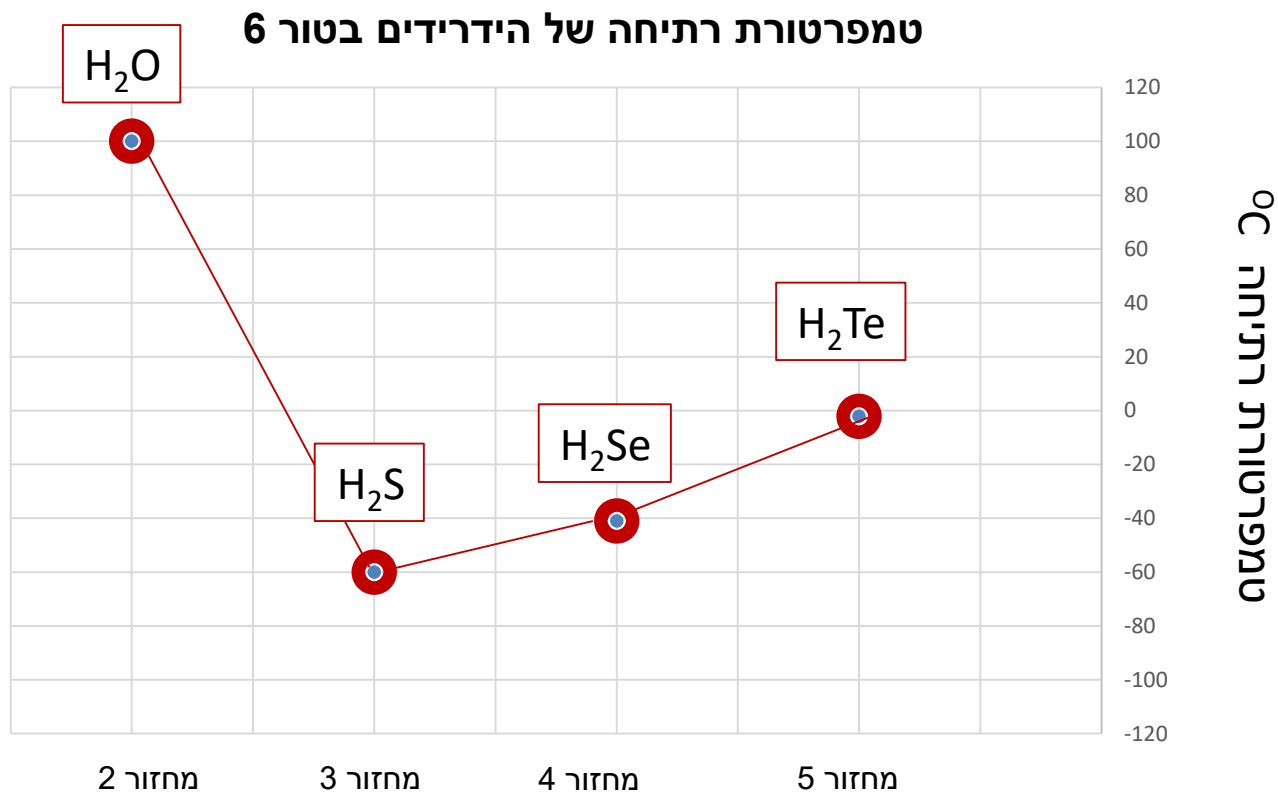
ל- H_2Te נקודת הרתיחה הגבוהה ביותר, מכיוון שבין המולקולות של חומר זה, קשרי ו.ד.ו החזקים ביותר ונדרשת יותר אנרגיה כדי לנתקם

טמפרטורת רתיחה של הידרידים בטור 6

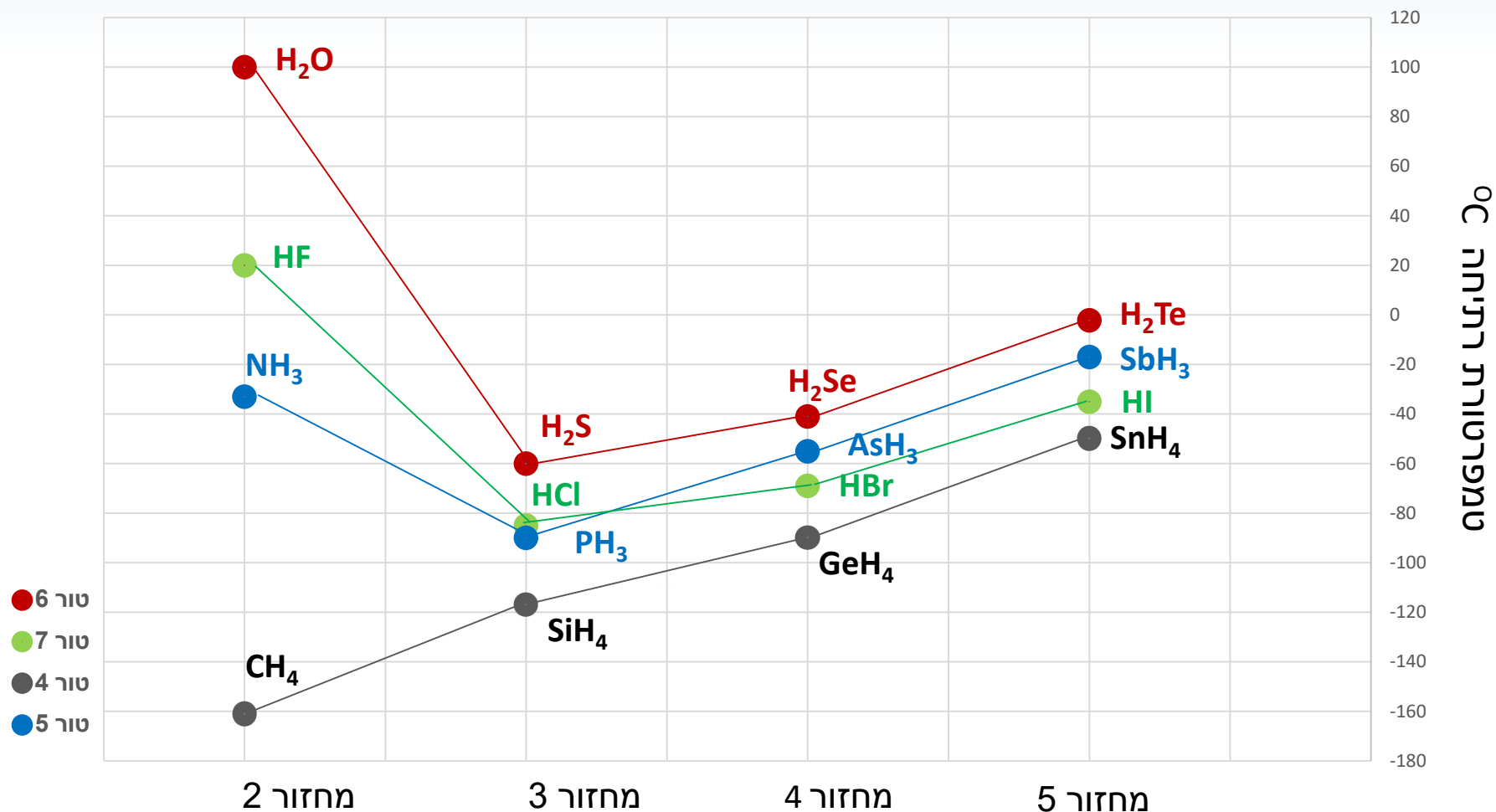


ככל שאנחנו יורדים בטור, ענן האלקטרונים גדול יותר ולכן אינטראקציות ו.ד.ו חזקות יותר כך שטמפרטורת הרתיחה של תרכובות אלה עולה

מה נצפה כי תהיה טמפרטורת הרתיחה של הבא בתור?

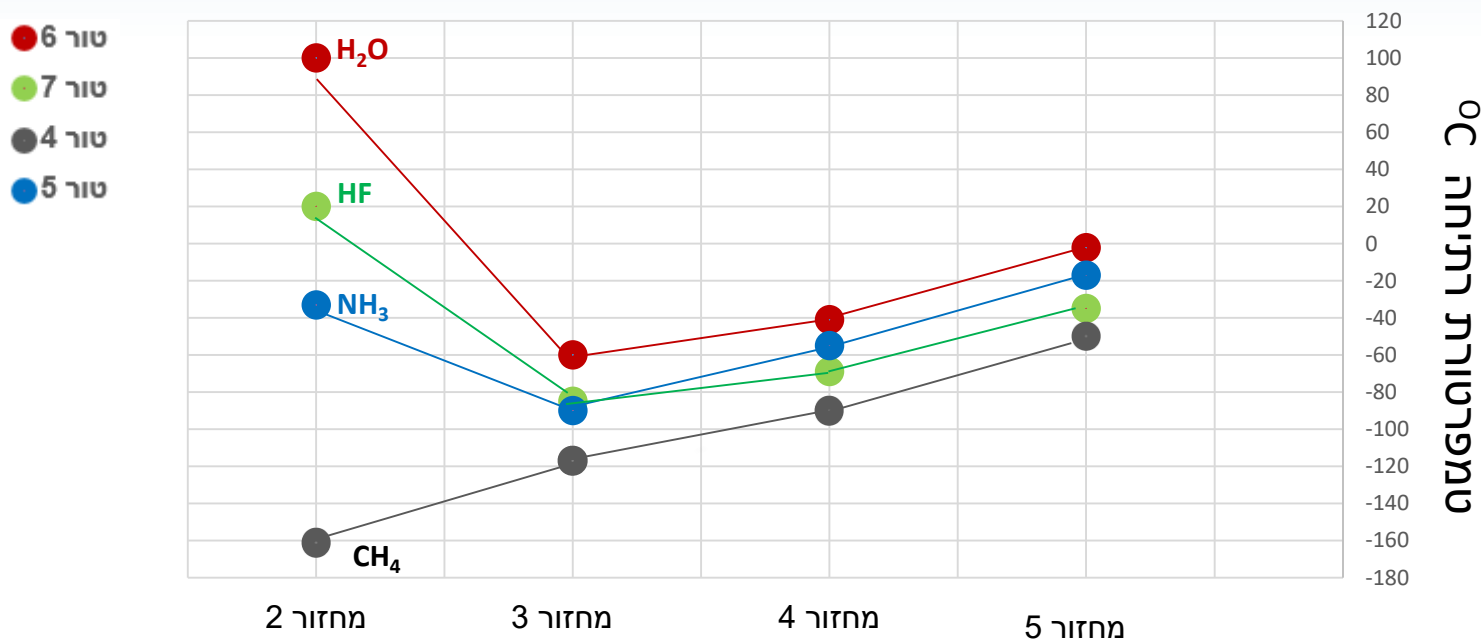


טמפרטורת רתיחה של הידרידים בטורים 4-7



מדוע טמפרטורת הרתיחה של NH_3 H_2O HF לא מתנהגות כצפוי ?

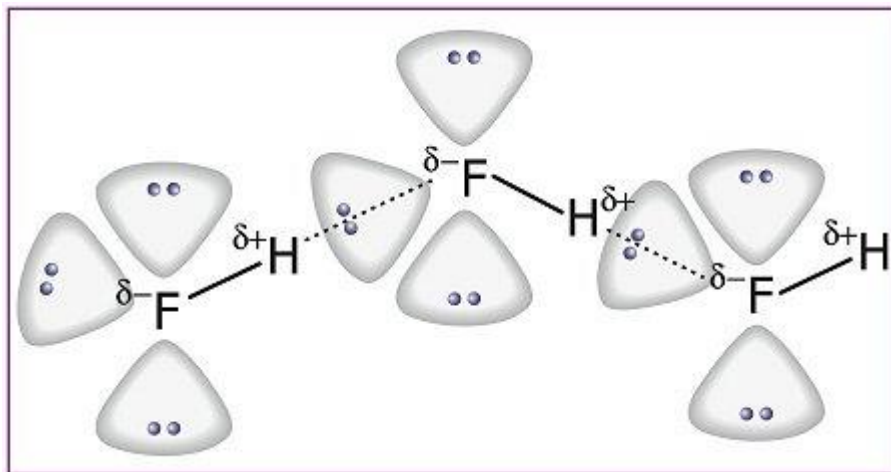
טמפרטורת רתיחה של הידרידים בטורים 4-7



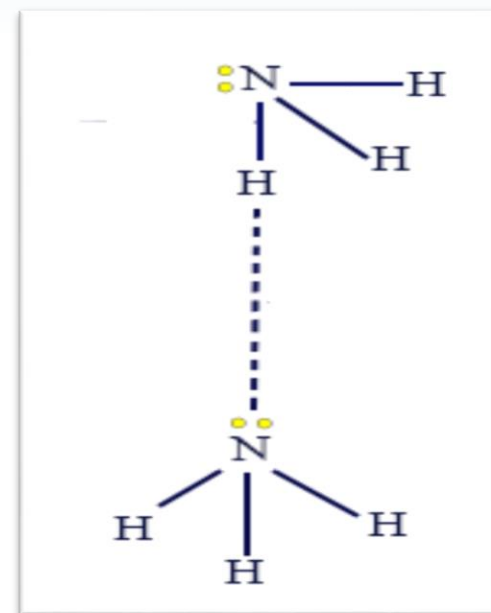
מדוע טמפרטורת הרתיחה של NH_3 H_2O HF לא מתנהגות כצפוי?

בין מולקולות אלה קיים כוח משיכה נוסף,
חזק מאינטראקציות ו.ד.ו. ← קשרי מימן

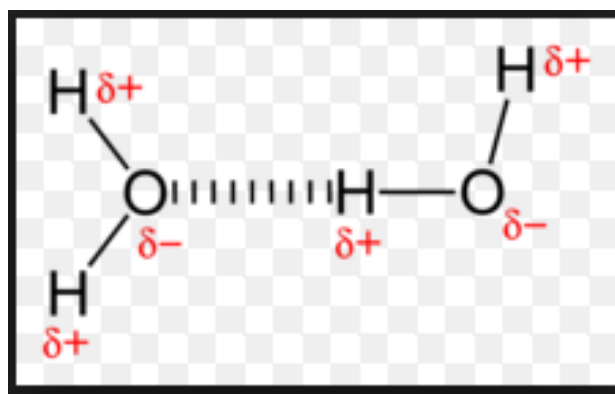
קשרי מימן של הידרידים בטורים 5-7



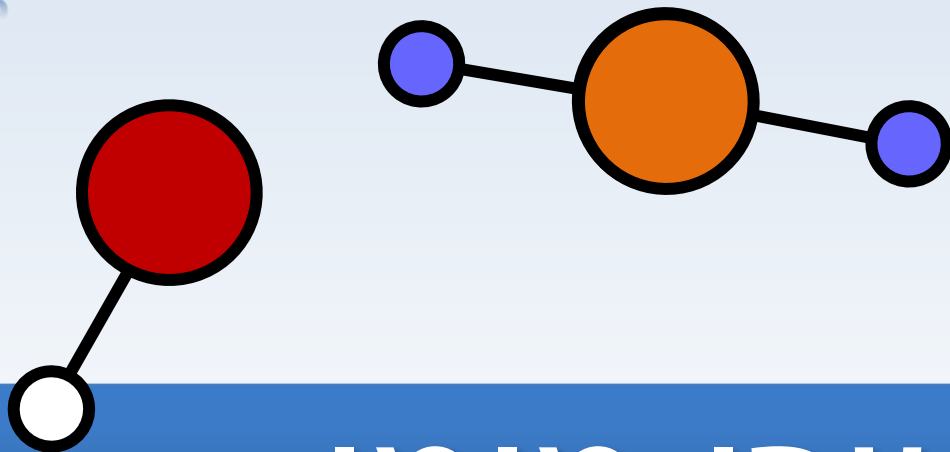
קשר מימני בין מולקולות HF



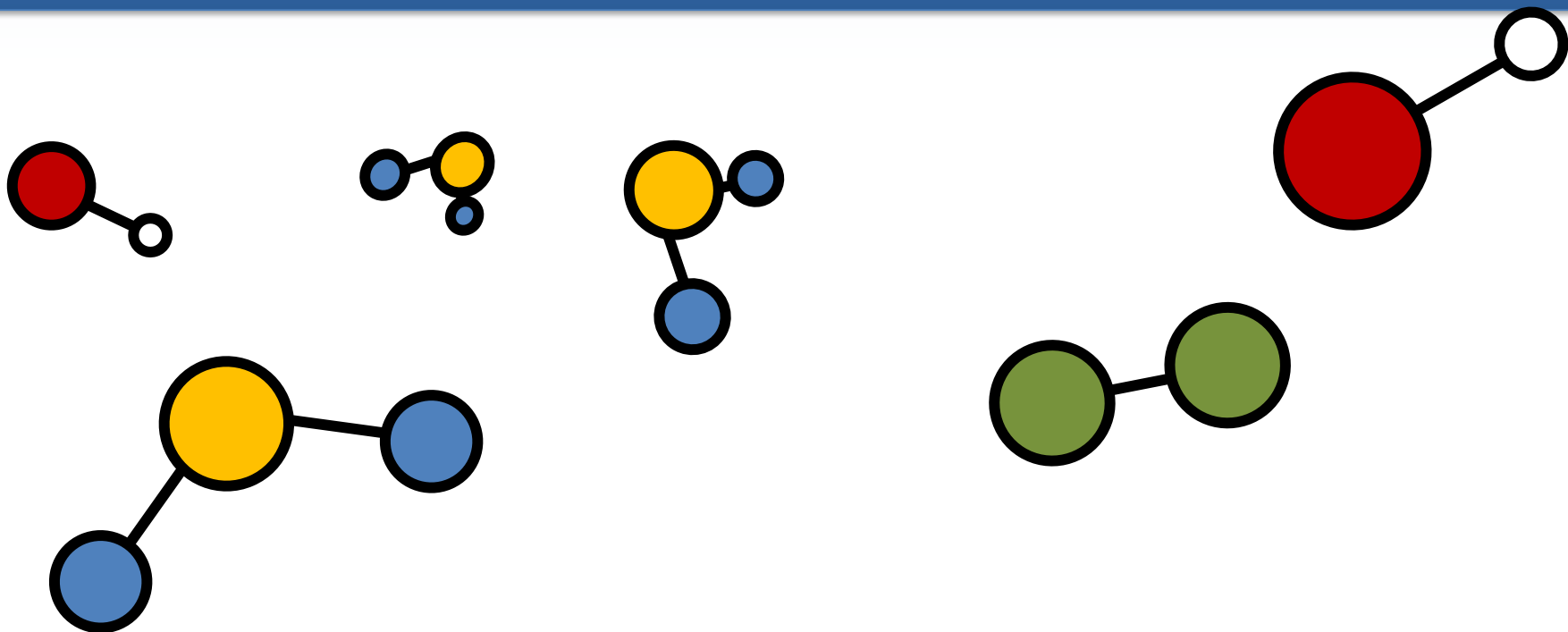
קשר מימני בין מולקולות NH₃



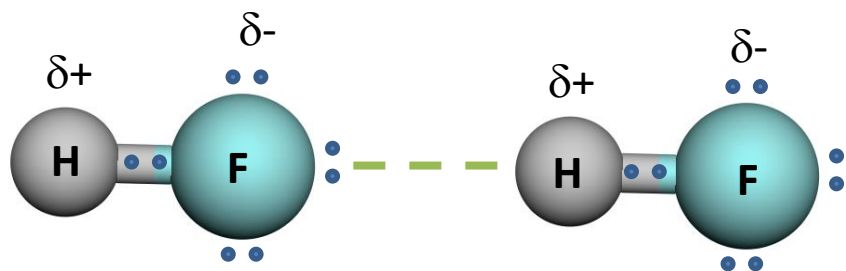
קשר מימני בין מולקולות H₂O



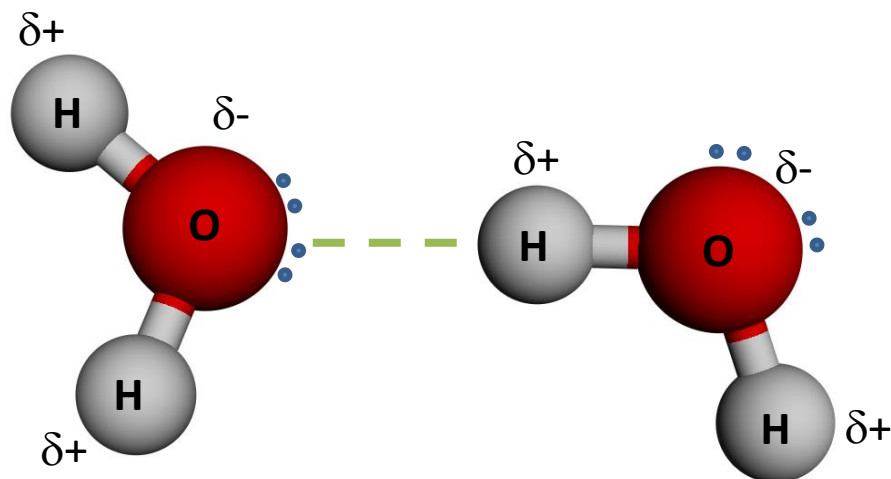
קשרי מימן



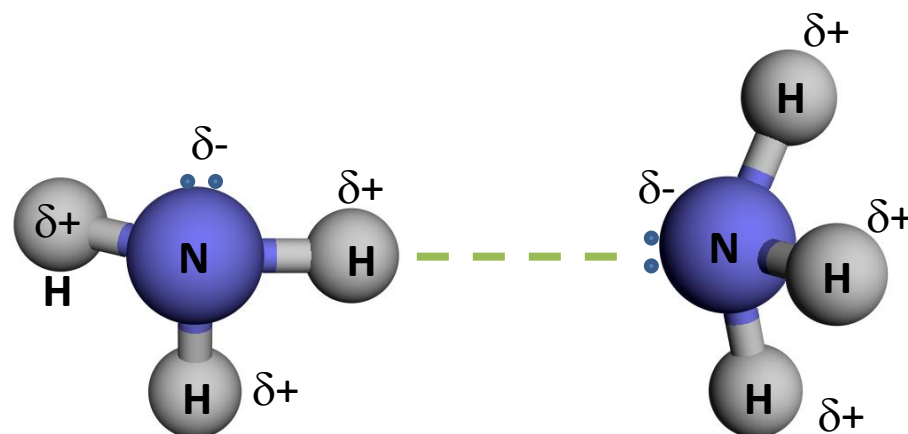
קשרי מימן מתקיימים בנוסף לאינטראקציות ו.ד.ו והם נחשבים חזקים מהם



קשר מימני בין מולקולות HF

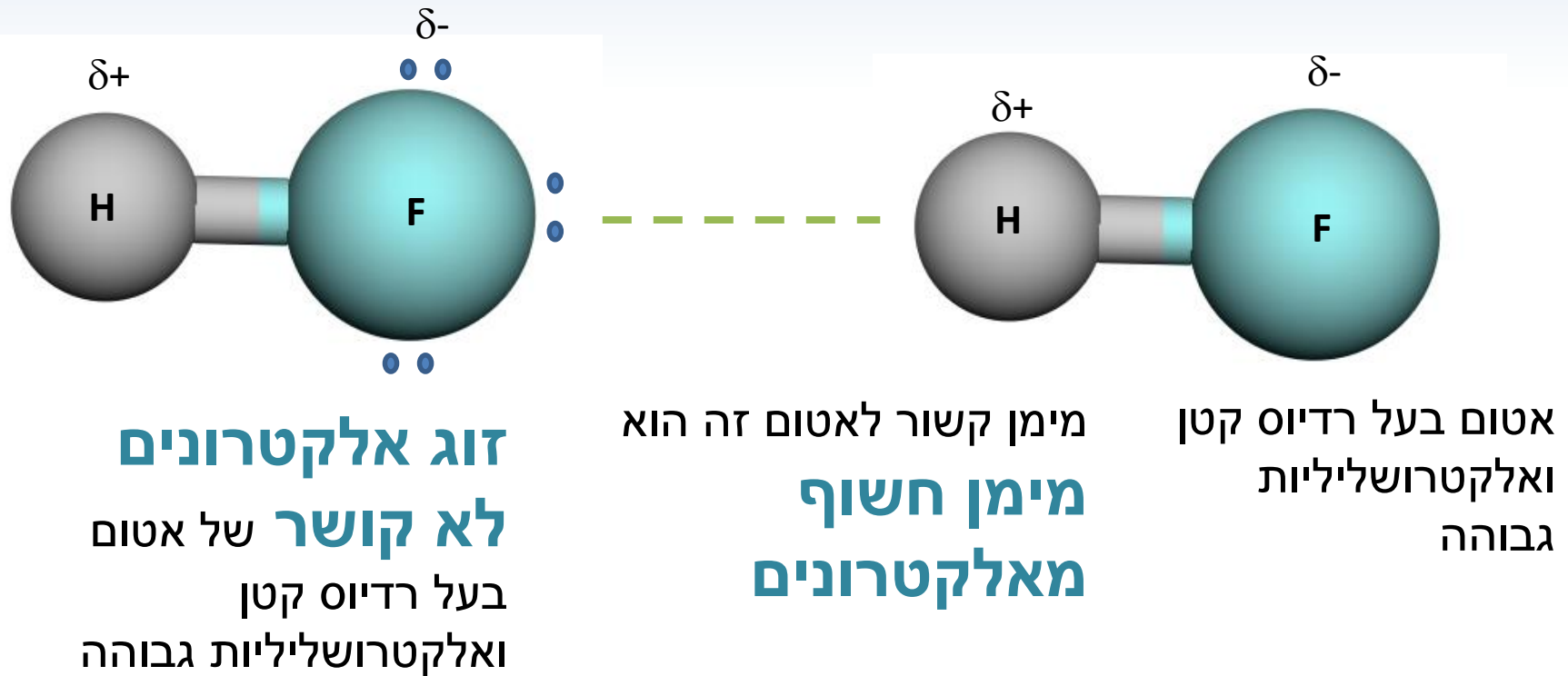


קשר מימני בין מולקולות H₂O



קשר מימני בין מולקולות NH₃

תנאים להיווצרות קשרי מימן



קשר מימן תמיד נוצר כך ששני האטומים
בעלי האלקטרושליליות הגבוהה ואטום
המימן שביניהם נמצאים על קו ישר

1. במולקולה הראשונה חייב להיות **מימן** אחד שהוא מספיק **חשוף מאלקטרונים** כך שהמטען החלקי עליו חיובי באופן מובהק.

2. במולקולה השנייה חייב להיות **אטום בעל רדיוס קטן ואלקטרושליליות גבוהה באופן ניכר משל מימן**, כך שהמטען החלקי עליו שלילי באופן מובהק.
על אטום זה קיים **זוג אלקטרונים לא קושר** המהווה מוקד ליצירת קשר מימן.

מי הם האטומים המתאימים?

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

מי הם האטומים המתאימים?

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

התנאים ליצירת קשרי (גשרי) מימן

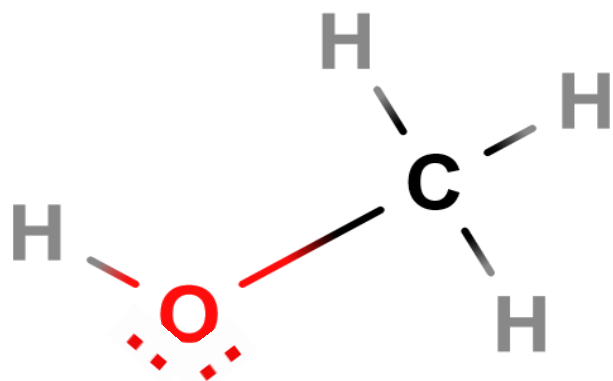


קשר מימן תמיד נוצר כך ששני האטומים בעלי האלקטרונים הליליות הגבוהה ואטום המימן שביניהם נמצאים על קו ישר

מוקד ליצירת קשר מימן הוא אתר במולקולה שיכול להשתתף בקשר מימן:
מימן חשוף מאלקטרונים (מימן הקשור לאחד מאטומי N,O,F)
או

זוג אלקטרונים לא קושר הנמצא על אחד מאטומי N,O,F

כמה מוקדים ליצירת קשרי מימן קיימים במולקולת מתנול CH_3OH ?



א. מוקד אחד

ב. 2 מוקדים

ג. 3 מוקדים

ד. 4 מוקדים

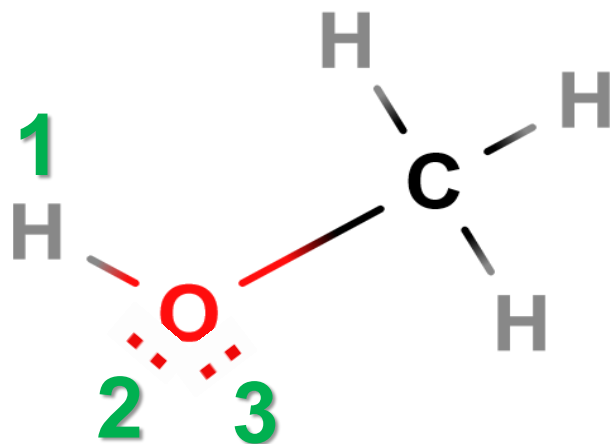
ה. אין מוקדים ליצירת קשרי מימן

מוקד ליצירת קשר מימן הוא אתר במולקולה שיכול להשתתף בקשר מימן:
מימן חשוף מאלקטרונים (מימן הקשור לאחד מאטומי N,O,F)

או

זוג אלקטרונים לא קושר הנמצא על אחד מאטומי N,O,F

כמה מוקדים ליצירת קשרי מימן קיימים במולקולת מתנול CH_3OH ?



א. מוקד אחד

ב. 2 מוקדים

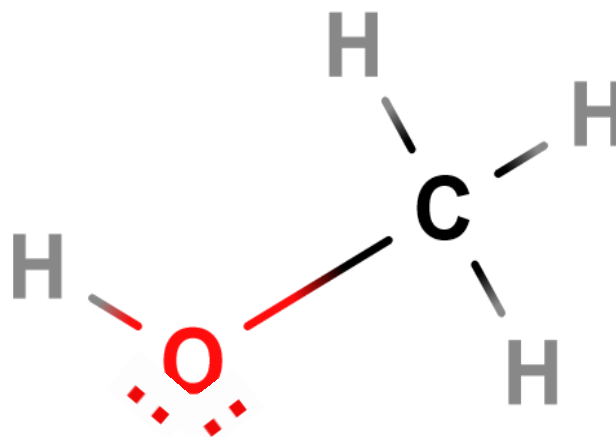
ג. 3 מוקדים

ד. 4 מוקדים

ה. אין מוקדים ליצירת קשרי מימן

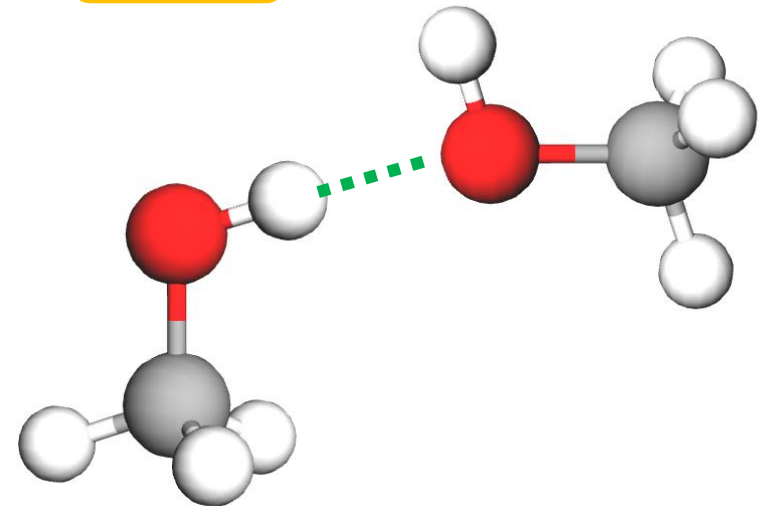
האם בנוזל של מתנול CH_3OH קיימים קשרי מימן?

א. כן ב. לא

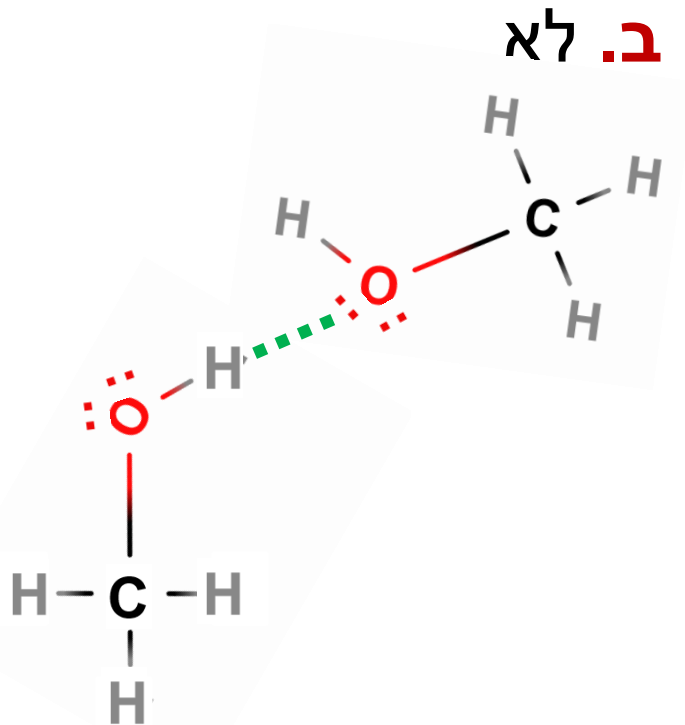


האם בנוזל של מתנול CH_3OH קיימים קשרי מימן?

א. כן



ב. לא

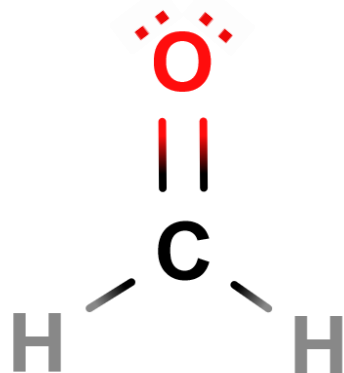


נהוג לצייר קשר מימני על ידי פס מקווקוו.
יש להקפיד כי 3 האטומים מצוירים על קו ישר

מוקד ליצירת קשר מימן הוא אתר במולקולה שיכול להשתתף בקשר מימן:
מימן חשוף מאלקטרונים (מימן הקשור לאחד מאטומי N,O,F)
או

זוג אלקטרונים לא קושר הנמצא על אחד מאטומי N,O,F

כמה מוקדים ליצירת קשרי מימן קיימים במולקולת פורמאלדהיד?



פורמאלדהיד (פורמלין)

א. מוקד אחד

ב. 2 מוקדים

ג. 3 מוקדים

ד. 4 מוקדים

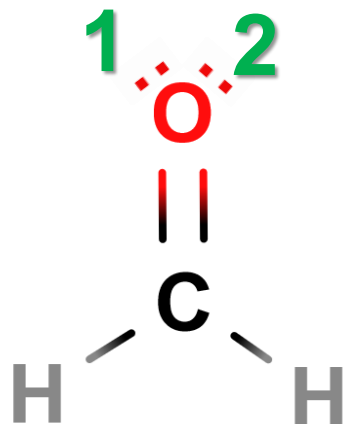
ה. אין מוקדים ליצירת קשרי מימן

מוקד ליצירת קשר מימן הוא אתר במולקולה שיכול להשתתף בקשר מימן:
מימן חשוף מאלקטרונים (מימן הקשור לאחד מאטומי N,O,F)

או

זוג אלקטרונים לא קושר הנמצא על אחד מאטומי N,O,F

כמה מוקדים ליצירת קשרי מימן קיימים במולקולת פורמאלדהיד?



פורמאלדהיד (פורמלין)

א. מוקד אחד

ב. 2 מוקדים

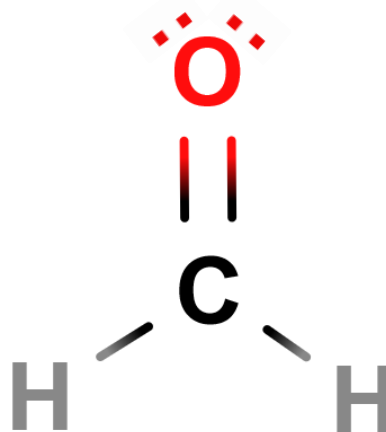
ג. 3 מוקדים

ד. 4 מוקדים

ה. אין מוקדים ליצירת קשרי מימן

האם בנוזל של פורמאלדהיד CH_2O קיימים קשרי מימן?

א. כן ב. לא



פורמאלדהיד (פורמלין)

האם בנוזל של פורמאלדהיד CH_2O קיימים קשרי מימן?

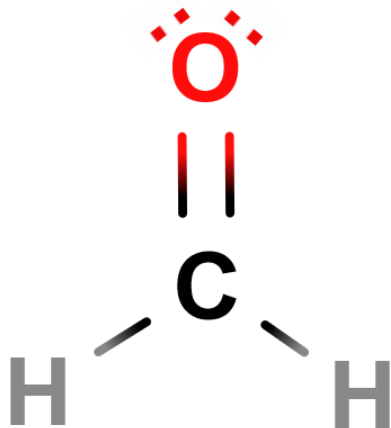
ב. לא

א. כן

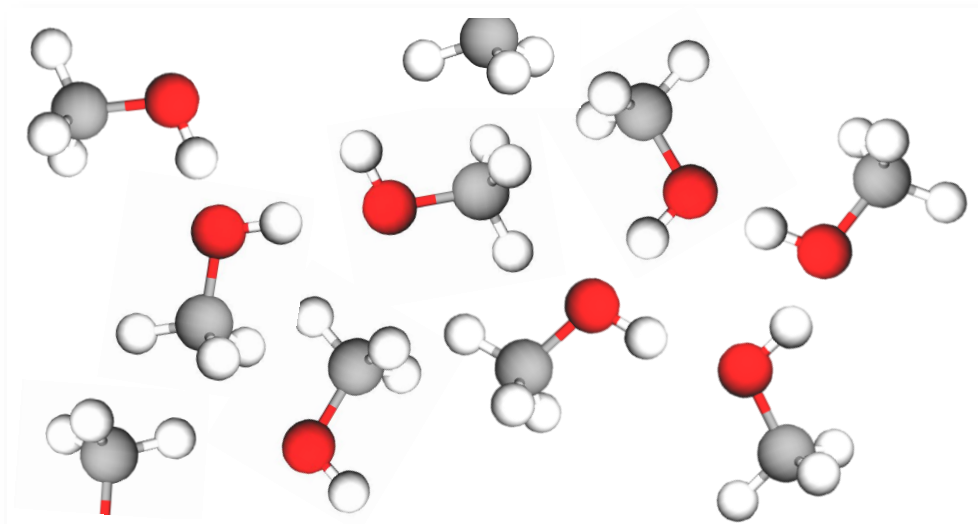
לפורמאלדהיד 2 מוקדים ליצירת קשר אך שניהם זוגות אלקטרוניים לא קושרים הנמצאים על אטום חמצן. אין לפורמאלדהיד מימנים חשופים מאלקטרוניים ולכן לא תתכן יצירת קשרי מימן בין שתי מולקולות פורמאלדהיד.

בין מולקולות הפורמאלדהיד לבין עצמן קיימים כוחות ואן דר ואלס בלבד!

יתכנו קשרי מימן בין מולקולות הפורמאלדהיד לבין מולקולות אחרות בעלות מימן חשוף מאלקטרוניים



מתנול $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$



רמת הסמל

תיאור מאקרוסקופי:
נוזל חסר צבע, שקוף

כיצד נתאר את החומר על פי רמת ההבנה המיקרוסקופית?

סוג החומר* וסוג החלקיקים: מולקולות / יונים / אטומים בודדים, אם

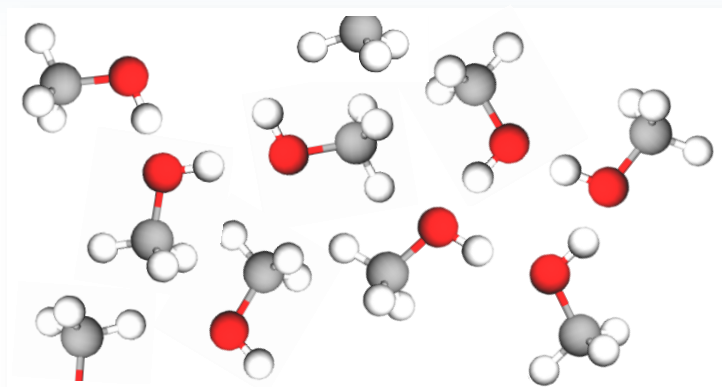
זוהי תרכובת אז נוסחת החומר

סוג הקשרים בין החלקיקים וסידור החלקיקים: פירוט סוגי הקשרים

בחומר, כולל בין אילו חלקיקים נוצר הקשר וכן התייחסות לסידור ולמרחק בין החלקיקים.

אופני התנועה של החלקיקים: תנודה (רטט), סיבוב ומעתק

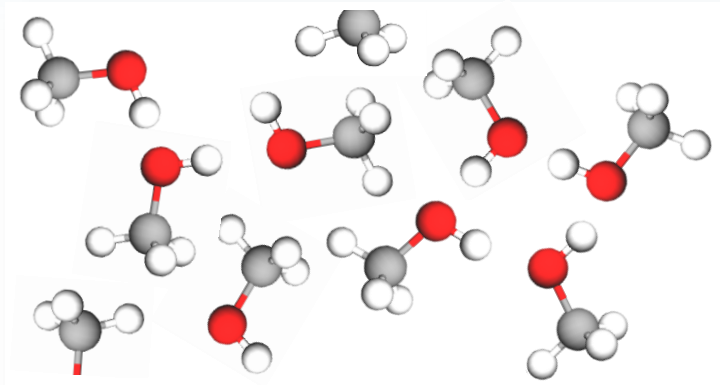
* בהמשך, נלמד את כל סוגי החומרים: סריג מתכתי, סריג יוני, סריג אטומרי וחומרים מולקולריים



מתנול $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$

תיאור מיקרוסקופי:

סוג החלקיקים: מתנול הוא חומר מולקולרי, כהל, המורכב ממולקולות של CH_3OH



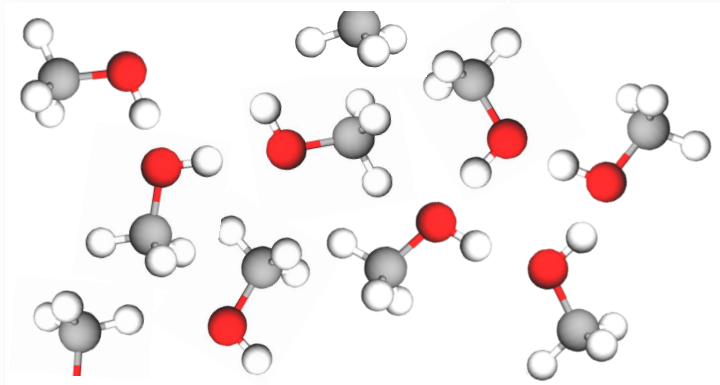
מתנול $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$

תיאור מיקרוסקופי:

סוג החלקיקים: מתנול הוא חומר מולקולרי, כהל, המורכב ממולקולות של CH_3OH

הקשרים בין החלקיקים: הקשרים הבינמולקולריים בין מולקולות המתנול הם אינטראקציות ואן דר ואלס וקשרי מימן.

אינטראקציות ו.ד.ו מתקיימות בעיקר בין השיירים הפחמימניים. זוהי משיכה בין דו-קטבים רגעיים וקבועים: בין קוטב חיובי במולקולה אחת לקוטב שלילי במולקולה סמוכה. קשרי מימן נוצרים בין אטום מימן חשוף מאלקטרונים במולקולת מתנול אחת לזוג אלקטרונים לא קושר של אטום חמצן במולקולת מתנול סמוכה. המולקולות אינן מסודרות ונמצאות קרוב אחת לשנייה.



מתנול $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$

תיאור מיקרוסקופי:

סוג החלקיקים: מתנול הוא חומר מולקולרי, כהל, המורכב ממולקולות של CH_3OH

הקשרים בין החלקיקים: הקשרים הבינמולקולריים בין מולקולות המתנול הם אינטראקציות ואן דר ואלס וקשרי מימן.

אינטראקציות ו.ד.ו מתקיימות בעיקר בין השיירים הפחמימניים. זוהי משיכה בין דו-קטבים רגעיים וקבועים: בין קוטב חיובי במולקולה אחת לקוטב שלילי במולקולה סמוכה. קשרי מימן נוצרים בין אטום מימן חשוף מאלקטרונים במולקולת מתנול אחת לזוג אלקטרונים לא קושר של אטום חמצן במולקולת מתנול סמוכה. המולקולות אינן מסודרות ונמצאות קרוב אחת לשנייה.

אופני התנועה של החלקיקים: המולקולות נעות בתנודות (רטט) וסיבוב.

אילו גורמים משפיעים על
חוזק קשרי המימן?

מס' אתרי הקשר

קוטביות הקשר
 $X-H$

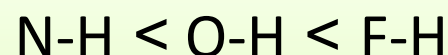
אילו גורמים משפיעים על חוזק קשרי המימן?

מס' אתרי
הקשר



ככל שיש יותר אתרי קשר יש
ריבוי אינטראקציות

קוטביות הקשר
 $X-H^*$



ככל שהקשר יותר קוטבי המטען
החלקי יותר גדול והמשיכות
החשמליות יותר חזקות

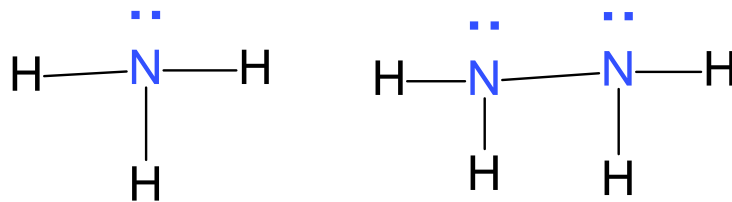
קשרי מימן יותר חזקים

$X=N; O; F^*$

ל- N_2H_4 טמפרטורת רתיחה גבוהה מאשר ל- NH_3 .
כיצד ניתן להסביר עובדה זו?

NH_3	N_2H_4	
		סוג הקשרים בין מולקולריים
		מספר מוקדים ליצירת קשרי מימן
		קוטביות הקשר

ל- N_2H_4 טמפרטורת רתיחה גבוהה מאשר ל- NH_3 .
כיצד ניתן להסביר עובדה זו?

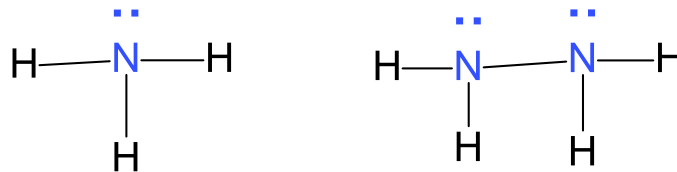


NH_3	N_2H_4	
קשרי מימן	קשרי מימן	סוג הקשרים בין מולקולריים
4	6	מספר מוקדים ליצירת קשרי מימן
H-N	H-N	קוטביות הקשר

* במולקולות קטנות, כמו המולקולות בשאלה, בהם כל האטומים יכולים להיות שותפים ביצירת קשרי מימן, השפעת כוחות ו.ד.ו היא לא משמעותית (זניחה)

ל- N_2H_4 טמפרטורת רתיחה גבוהה מאשר ל- NH_3 .

כיצד ניתן להסביר עובדה זו?



NH_3	N_2H_4	
קשרי מימן	קשרי מימן	סוג הקשרים בין מולקולריים
4	6	מספר מוקדים ליצירת קשרי מימן
H-N	H-N	קוטביות הקשר

שני החומרים מולקולריים. בין מולקולות NH_3 (l) ובין מולקולות N_2H_4 (l) קיימים קשרי מימן בין אטום מימן חשוף מאלקטרונים לזוג אלקטרונים לא קושר על אחד מאטומי החנקן במולקולות סמוכות זו לזו.

מכיוון שמספר המוקדים ליצירת קשרי מימן ב- N_2H_4 גדול יותר מאשר של מולקולת NH_3 נוצרים יותר קשרים.

לכן תידרש השקעת יותר אנרגיה לשבירת קשרי המימן בחומר N_2H_4 ולכן טמפרטורת הרתיחה שלו גבוהה יותר.

ל- $\text{CBr}_{4(l)}$ טמפרטורת רתיחה גבוהה מאשר ל- $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$.
 כיצד ניתן להסביר עובדה זו?

H_2O	CBr_4	
		סוג הקשרים בין מולקולריים

ל- $\text{CBr}_4(l)$ טמפרטורת רתיחה גבוהה מאשר ל- $\text{H}_2\text{O}(l)$.
כיצד ניתן להסביר עובדה זו?



H_2O	CBr_4	
קשרי מימן + I.D.I	I.D.I	סוג הקשרים בין מולקולרים
דו-קוטב קבוע	דו-קוטב רגעי	קוטביות המולקולה
10	146	גודל ענן האלקטרונים



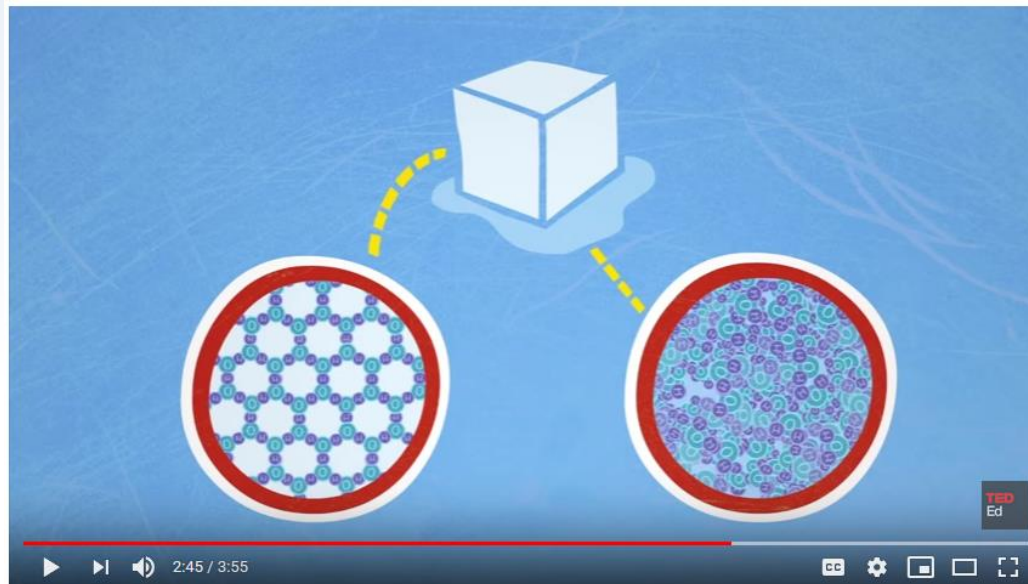
ל- $\text{CBr}_{4(l)}$ טמפרטורת רתיחה גבוהה מאשר ל- $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$.
כיצד ניתן להסביר עובדה זו?

שני החומרים הינם חומרים מולקולריים. בין מולקולות $\text{CBr}_{4(l)}$ מתקיימות אינטראקציות ו.ד.ו בין קטבים קבועים. בין מולקולות $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ קיימים קשרי מימן בין אטום מימן חשוף מאלקטרונים לזוג אלקטרונים לא קושר על אחד מאטומי החמצן במולקולות סמוכות זו לזו.

מכיוון שענן האלקטרונים של מולקולות $\text{CBr}_{4(l)}$ גדול בהרבה (146 אלקטרונים) מאשר של מולקולת המים (10 אלקטרונים), נוצרים מטענים חלקיים גדולים על פני מולקולה זו, מאשר על פני מולקולת המים. בשל כמותם, אינטראקציות ו.ד.ו הנוצרות חזקות יותר מאשר קשרי המימן שבין מולקולות המים.

לכן תידרש יותר אנרגיה לשבירת הקשרים הבין מולקולריים בחומר $\text{CBr}_{4(l)}$ ולכן טמפרטורת הרתיחה שלו גבוהה יותר.

נצפה בסרטון



מדוע קרח צף?

<https://youtu.be/UukRgqzk-KE>

קשרים בין מולקולריים: קשרי מימן 

התנאים ליצירת קשרי מימן 

גורמים המשפיעים על חוזק קשרי המימן 

הקשר בין קשרים בין-מולקולריים לשינוי מצבי צבירה 

