

מקוונים לכימיה

ללמוד מהיסוד

פרק הקשר הקוולנטי
מדריך למורה

פיתוח: ד"ר אורית הרשקוביץ
ראש הפרויקט: פרופ' יהודית דורי
צוות יישום בשטח:
חגית רפאלי-משקין
גבי שוורץ

הטכניון, המחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה קבוצת הכימיה

בוח
5
D

פחמן
6
C

זנקו
7
N

עריכת לשון ומגדר: שלומית ברנע

עיצוב וגרפיקה: נועם שושן

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע,
לשדר או לקלוט בכל דרך או בכל אמצעי אלקטרוני,
אופטי או מכני אחר כל חלק שהוא מהחומר בספר זה.
שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה
אסור בהחלט, אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.

©

כל הזכויות שמורות להוצאת ספרים יסוד
רחוב החופר 34 חולון טל' 03-5587990
נדפס בישראל תשע"ה 2015

מיפוי הפרק

<ul style="list-style-type: none"> • הכרת הקשר הקוולנטי כקשר המבוסס על שיתוף של זוגות אלקטרונים • היכרות עם רמות הבנה בכימיה: רמת התופעה, רמת החלקיקים, רמת הסמל ורמת התהליך כדרך לפרש ולהבין מידע כימי • הכרת צורות ייצוג שונות של קשר קוולנטי במולקולות • הכרת חומרים מולקולריים בחיי היומיום • הבנת מגבלותיו של מודל מולקולרי • הכרת מאפייני הקשר הקוולנטי לעומת הקשר היוני • הבנת ההיבט האנרגטי בקשרים כימיים - השקעת אנרגיה לפירוק הקשר ושיחרור אנרגיה ביצירת הקשר 		מטרות
משיכה או דחייה חשמלית, מולקולה, כלל האוקטט, קשר קוולנטי, נוסחת ייצוג אלקטרונית מלאה (נוסחת לואיס), נוסחת מבנה, נוסחה כימית	קשר קוולנטי בין אטומים זהים	נושאים ומושגים מרכזיים
קשר קוולנטי קוטבי, קשר קוולנטי טהור, קשר קוולנטי כפול ומשולש	קשר קוולנטי בין אטומים שונים	
השוואה ברמת התופעה: מצב צבירה, הולכה חשמלית, טמפרטורת היתוך ומסיסות במים; ברמה החלקיקית: סוגי חלקיקים בקשר, סוג המשיכה, חוזק הקשר; וברמת הסמל: נוסחת התרכובת, תיאור סכמתי של התרכובת	קשר קוולנטי לעומת קשר יוני	
פליטה והשקעת אנרגיה, מאזן אנרגיה כולל: תגובה אנדותרמית ותגובה אקזותרמית	אנרגיה וקשרים כימיים	
<ul style="list-style-type: none"> • מעברים בין צורות ייצוג מולקולרי: נוסחה כימית, נוסחת לואיס, נוסחת מבנה • חקר אירוע: פלואור, עששת ומה שביניהם • חקר אירוע: האמוניה - תגלית מדעית או הרסנית? • ניתוח גרף וטבלה בנושא יצירת אמוניה 		מיומנויות מרכזיות
פעילות עם מודלים - בניית מולקולות פשוטות באמצעות מודלים מסוג כדור-מקל וייצוגם בצורות שונות צפייה בסרטון הדמיה המציג את חשיבות יצירת הקשרים הקוולנטיים במולקולות ביולוגיות הנחוצות לקיום החיים.		פעילויות ייחודיות

קשר קוולנטי בין אטומים זהים

קשר קוולנטי בין שני אטומי פלואור



פסק למן לחשיבה ולתראול - אטום הפלואור



1 H מימן																	2 He הליום
3 Li ליתיום	4 Be בריליום											5 B בור	6 C פחמן	7 N חנקן	8 O חמצן	9 F פלואור	10 Ne ניאון
11 Na נתרן	12 Mg מגנזיום											13 Al אלומיניום	14 Si צורן	15 P איתן	16 S גופרית	17 Cl כלור	18 Ar ארגון
19 K אשלגן	20 Ca סידן	21 Sc סקנדיום	22 Ti טיטניום	23 V וודיום	24 Cr כרום	25 Mn מנגן	26 Fe ברזל	27 Co קובלט	28 Ni ניקל	29 Cu נחושת	30 Zn אבץ	31 Ga גליום	32 Ge גרמניום	33 As ארסן	34 Se סלניום	35 Br ברום	36 Kr קריפטון
37 Rb רובידיום	38 Sr סטרונציום	39 Y איטריום	40 Zr זרקוניום	41 Nb ניאוביום	42 Mo מוליבדן	43 Tc טכנציום	44 Ru רוטניום	45 Rh רודיום	46 Pd פלדיום	47 Ag כסף	48 Cd קדום	49 In אינדיום	50 Sn נייל	51 Sb אנטימון	52 Te טלור	53 I יוד	54 Xe קסנון
55 Cs צזיום	56 Ba בריום	57-71 Lanthanides	72 Hf הפניום	73 Ta טנטלום	74 W טונגסטן	75 Re רניום	76 Os אוסטיום	77 Ir אירידיום	78 Pt פלטינה	79 Au זהב	80 Hg כספית	81 Tl תליום	82 Pb עופרת	83 Bi ביסמוט	84 Po פולוניום	85 At אסטטין	86 Rn רדון
87 Fr פרנציום	88 Ra רדיום	89															

57 La לנתן	58 Ce צזיום	59 Pr פרמדיטיום	60 Nd נדימיום	61 Pm פרמיתיום	62 Sm סמריום	63 Eu איוויום	64 Gd גדוליום	65 Tb טוביום	66 Dy דיספזיום	67 Ho הולמיום	68 Er ארביום	69 Tm תולום	70 Yb איטרביום	71 Lu לוטציום
89 Ac אקטיום	90 Th תוריום	91 Pa פסקטיום	92 U אורניום	93 Np נפטוניום	94 Pu פלוטוניום	95 Am אמריציום	96 Cm קוריום	97 Bk ברקליום	98 Cf קלפוריום	99 Es אישטיום	100 Fm פרמיום	101 Md מדלבוים	102 No נובליום	103 Lr לורנציום

1. מצאו את אטום הפלואור במערכת המחזורית.

א. מה מספר הפרוטונים בגרעין אטום הפלואור, ומה מספר האלקטרונים סביב אטום פלואור?

I. 9 פרוטונים ו-7 אלקטרונים

II. 9 פרוטונים ו-9 אלקטרונים

III. 9 פרוטונים; אין אפשרות לדעת את מספר האלקטרונים

VI. אין אפשרות לדעת את מספר הפרוטונים; 9 אלקטרונים

ב. באיזו שורה ובאיזה טור נמצא אטום הפלואור?

I. שורה שנייה, טור שביעי

II. שורה שנייה, טור 17

III. שורה ראשונה, טור שביעי

VI. שורה ראשונה, טור חמישי

ג. ממיקומו של אטום הפלואור במערכה המחזורית אפשר ללמוד כי:
 הפלואור הוא אטום של מתכת בעל 9 אלקטרוני ערכיות
 הפלואור הוא אטום של מתכת בעל 7 אלקטרוני ערכיות
 הפלואור הוא אטום של אל-מתכת בעל 9 אלקטרוני ערכיות
הפלואור הוא אטום של אל-מתכת בעל 7 אלקטרוני ערכיות

2. כאשר שני אטומי פלואור מתקרבים זה לזה (סמנו את ההיגד **שאיננו** נכון):

א. נוצרת משיכה חשמלית בין האלקטרונים סביב אטום פלואור אחד לבין פרוטונים שבגרעין אטום הפלואור האחר, מכיוון שהאלקטרונים והפרוטונים הם בעלי מטען חשמלי מנוגד.
ב. נוצרת משיכה חשמלית בין האלקטרונים סביב אטום פלואור אחד לבין אלקטרונים סביב גרעין אטום הפלואור האחר, מכיוון שהאלקטרונים סביב גרעיני אטומים שונים הם בעלי מטען מנוגד.

ג. נוצרת דחייה בין הפרוטונים שבגרעין אטום פלואור אחד לבין פרוטונים שבגרעין אטום הפלואור האחר, מכיוון שהפרוטונים בגרעיני האטומים הם בעלי מטען זהה (חיובי).
 ד. נוצרת דחייה בין האלקטרונים סביב גרעין אטום פלואור אחד לבין אלקטרונים סביב גרעין אטום הפלואור האחר, מכיוון שהאלקטרונים סביב גרעיני האטומים הם בעלי מטען זהה (שלילי).

3. חברו בין כל היגד בטור הימני להיגד המתאים לו בטור השמאלי.

הכוחות הפועלים בין האטומים
1. כוחות המשיכה החשמליים שווים לכוחות הדחייה.
2. בין האטומים אין כוחות משיכה ו/או כוחות דחייה.
3. יש גם כוחות דחייה וגם כוחות משיכה, אך כוחות המשיכה חזקים יותר.

מרחק האטומים זה מזה
א. האטומים במרחק רב זה מזה.
ב. האטומים מתחילים להתקרב זה לזה.
ג. האטומים נמצאים במרחק מסוים שבו נוצר הקשר הכימי.

תשובה:

היגד א' מתאים להיגד 2
 היגד ב' מתאים להיגד 3
 היגד ג' מתאים להיגד 1

הערות כלליות להסבר נוסחאות הייצוג השונות:

בהסבר על הצגת אלקטרוני הערכיות סביב האטום המרכזי מומלץ להדגיש שקודם ממקמים את האלקטרונים מסביב לאטום (כך שהדחייה ביניהם תהיה מינימלית), בארבעה צדדים נפרדים, ורק לאחר מכן "מזווגים אותם". זאת כדי שהתלמידים יכתבו נכון נוסחאות לואיס.


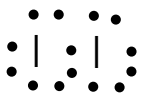

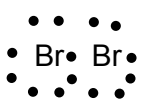
בהסבר על כלל האוקטט מומלץ להציג את "יוצאי הדופן" – מימן והליום – שעבורם רמה חיצונית מלאה היא של שני אלקטרונים.

כאשר מציירים את כל האלקטרונים סביב אטומים בקשר, נהוג לרשום בסימן שונה את האלקטרונים של כל אחד מהאטומים בקשר (לאחד עיגולים ולשני סימני X) או בצבע שונה. רישום כזה אמנם מדגיש אילו אלקטרונים הגיעו מכל אטום, אך עלול ליצור תפיסה מוטעית שלפיה יש הבדל בין האלקטרונים של כל אטום. לכן חייבים להיזהר ברישום מסוג זה.

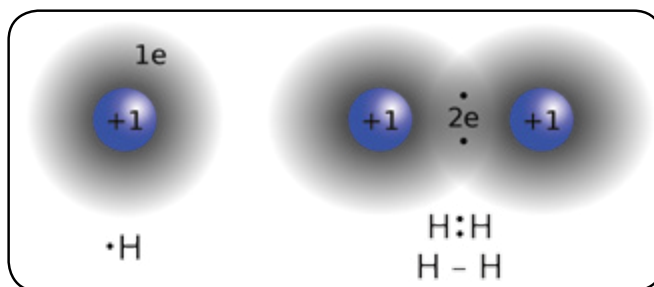
קשר קוולנטי בין אטומים זהים

פסק למן לחשיכה ולתראול

1. כל משפחת ההלוגנים (היסודות בטור השביעי במערכת המחזורית) יוצרת מולקולות שיש בהן קשרים קוולנטיים בדומה למולקולת הפלואור. השלימו את הטבלה הבאה:

נוסחה כימית (מולקולרית)	נוסחת מבנה	נוסחת ייצוג אלקטרונית (מלאה (נוסחת לואיס)	האטומים במולקולה
F_2	F-F		F, F
I_2	I-I		I, I
Cl_2	Cl-Cl		Cl, Cl
Br_2	Br-Br		Br, Br

2. הסבירו את האזור הבא. התייחסו לאותיות ולמספרים שבו והסבירו את משמעותם.



האיור מתאר קשר קוולנטי בין שני אטומי מימן בשלוש צורות ייצוג: נוסחת מבנה, נוסחת ייצוג אלקטרונית (נוסחת לואיס) ותיאור סכמתי של שני אטומי מימן סמוכים זה לזה כשביניהם שני אלקטרונים משותפים. הסימון +1 מייצג פרוטון אחד בגרעין כל אטום מימן.

פסק לאן לחשיבה ולתראות – סיכום הקשר הקוולנטי בין אטומים להים



לפניכם קבוצת היגדים המסכמת את המידע שלמדתם עד כה בנושא היווצרות הקשר הכימי בין שני אטומי הפלואור. היגדים אלו מתארים קשר זה בארבע רמות: הרמה המקרוסקופית (רמת התופעה), הרמה המיקרוסקופית (הרמה החלקיקית), רמת הסמל ורמת התהליך.

1. קיימת דחייה חשמלית בין האטומים: בין אלקטרונים באטום אחד לאלקטרונים באטום אחר.
2. מצב הצבירה של החומר F_2 הוא גזי בטמפרטורת החדר.
3. $F-F$
4. כל אטום ייצור את הקשר הקוולנטי כך שישלים ל-8 אלקטרונים ברמה החיצונית – על פי כלל האוקטט.
5. קיימת משיכה חשמלית בין האטומים: בין אלקטרונים באטום אחד לפרוטונים באטום האחר ולהפך.
6. תחילה לא קיימים כוחות דחייה ו/או משיכה בין האטומים. לאחר מכן האטומים מתחילים להתקרב זה לזה, נוצרים כוחות משיכה חשמליים וכוחות דחייה, עד שהאטומים מגיעים לנקודת איזון שבה כוחות הדחייה משתווים לכוחות המשיכה ונוצר הקשר הקוולנטי.
7. F_2
8. קיימת דחייה חשמלית בין האטומים: בין פרוטונים באטום אחד לפרוטונים באטום האחר.
9. הקשר הקוולנטי מבוסס על שיתוף אלקטרונים בין האטומים.

התאימו כל אחד מההיגדים לרמת ההבנה הכימית שהוא מייצג.

תשובה:

היגד 1, 4, 5, 6, 8, 9 – מיקרוסקופית

היגד 2 – רמה מקרוסקופית

היגד 3, 7 – רמת הסמל

היגד 6 – תהליך



המידע הבא דן בשימושים של הפלואור ותרבותיו בחיי היומיום. קראו את המידע וענו על השאלות בהמשך.

פלואור, עששת ומה שביניהם

פלואוריד הוא מלח של פלואור הנמצא בטבע. במקומות שבהם הפלואוריד נמצא במים באופן טבעי, התחלואה בעששת בקרב האוכלוסייה נמוכה יותר. הוכח כי הימצאות פלואוריד במי השתייה מחזקת את גבישי זגוגית השן בעת היווצרותם וגם יוצרת שכבת מגן על פני השן שבקעה אל תוך הפה - כך עולה עמידות השן בפני חומצה. לאור זאת הוחלט בשנת 2001 במשרד הבריאות בישראל להוסיף פלואורידים למי השתייה. אין מחלוקת בעניין ההשפעה החיובית של הפלרת מי השתייה על ירידת התחלואה בעששת. עם זאת, ארגונים סביבתיים מתנגדים להוספה גורפת של פלואור למי השתייה עקב הנזקים הסביבתיים הנגרמים בשל כך. פרט לאירלנד ולישראל אין שום מדינה שמפלירה מי שתייה על פי חוק. עם זאת, יש מדינות שמספקות פלואור בדרכים אחרות (טיפות או הוספת פלואור למלח). בשנת 2014 תבוטל הפלרת מי השתייה בארץ לפי החלטת שרת הבריאות יעל גרמן.

א. בפרסומים רבים הפונים לציבור הרחב בנושא זה מצוין כי מדובר בפלואור במי השתייה. למעשה, במי השתייה העוברים תהליך הפלרה נמצאים פלואורידים. הסבירו מה ההבדל בין פלואור ובין פלואוריד. התייחסו גם לסוג הקשרים הכימיים בין שני החומרים.

תשובה: הפלואור F_2 הוא יסוד הנמצא במצב גזי בטמפרטורת החדר. הוא בנוי ממולקולות שבכל אחת שני אטומי פלואור עם קשר קוולנטי ביניהם. פלואוריד הוא מלח של פלואור הכולל יוני מתכת ויוני פלואור F^- וביניהם קשר יוני. מלחי הפלואור מסיסים במים.

ב. כיצד מסייע הפלואוריד במניעת עששת השן? הציעו סכמה המתארת זאת.

תשובה:

תרשים זרימה אפשרי: מחזקת את גבישי זגוגית השן - << יוצרת שכבת מגן על פני השן שבקעה - << גורמת לה להיות עמידה יותר בפני חומצה

ג. בקטע מתואר כי הוספת פלואור למי השתייה הייתה מאז ומתמיד סוגיה שנויה במחלוקת.
I. הסבירו מהי המחלוקת.

תשובה:

מחד השפעות חיוביות על חיזוק השיניים, ומאידך השפעה שלילית על הסביבה.

II. התחלקו לשתי קבוצות: קבוצה אחת תייצג חוקרים המצדדים בהוספת פלואור למי השתייה, וקבוצה שנייה תתנגד לכך. כל קבוצה צריכה למנות לפחות שלושה טיעונים אשר תומכים בעמדתה, ולהציג אותם לכיתה באופן משכנע ככל האפשר.

אפשר ורצוי להשתמש במקורות המידע הבאים:

[שאלות ותשובות בנושא הוספת פלואוריד למים](#)

[פלואוריד: כמה זה בטוח?](#)

[עצומה נגד הוספת פלואוריד למי השתייה](#)

[האם החדרת פלואור למי השתייה שלנו מסכנת אותנו?](#)

[סערה בכוס: חובת הוספת פלואור למים תבוטל ב־2014](#)

[האם פלואוריד במי השתייה מסוכן לבריאותכם?](#)

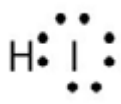
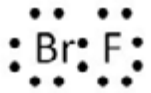
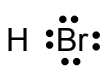

ד. שרת הבריאות יעל גרמן החליטה כי בשנת 2014 תבוטל הפלרת מי השתייה בארץ. לו הייתם יכולים לשאול את שרת הבריאות שלוש שאלות הנוגעות להחלטה שקיבלה – מה הייתם שואלים? מומלץ לרשום על הלוח שאלות שמציעים התלמידים ולמיין לשאלות מעמיקות, ערכיות, שיפוטיות וכדומה, לעומת שאלות טכניות, שוליות – תירגול של שאלת שאלות ומיון. אפשר גם להרחיב את הפעילות בכיתה לכתובת מכתב / הכנת תוצר קבוצתי שאותו יציגו וכדומה.

קשר קוולנטי בין אטומים שונים

קשר קוולנטי בין שני אטומים שונים 

פסק למן לחשיכה ולתראול

השלימו את הטבלה הבאה:

נוסחה כימית (מולקולרית)	נוסחת מבנה	נוסחת ייצוג אלקטרונית מלאה (נוסחת לואיס)	האטומים במולקולה
BrCl	Br-Cl		Br, Cl
HI	H-I		H, I
HBr	H-Br		H, Br
HCl	H-Cl		H, Cl

פסק למן לחשיכה ולתראול - הקשר הקוולנטי בין שני אטומים



מיינו את החומרים הבאים (המוצגים באמצעות נוסחאות כימיות) לפי סוג הקשר הקוולנטי שלהם: קוטבי או טהור.

BrI, Br₂, HBr, Cl₂, HCl, I₂, ClBr, HI, H₂

תשובה:

קשר קוולנטי קוטבי: HI, ClBr, HBr, BrI

קשר קוולנטי טהור: H₂, I₂, Br₂, Cl₂

מומלץ לצייר עם התלמידים על הלוח את כל נוסחאות הייצוג עבור המולקולות מומלץ לבקש מהתלמידים לספור כמה אלקטרונים יש סביב כל אטום, כדי לבדוק את כלל האוקטט (מלבד אטום המימן אשר סביבו רק שני אלקטרונים).

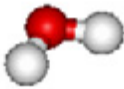


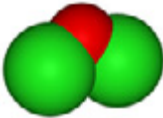
פסק לאן לחשיכה ולתראות

היעזרו במודלים מסוג "כדור-מקל" המכילים כדורים בצבעים שונים, המייצגים אטומים שונים, ומקלות המייצגים קשרים קוולנטיים בין האטומים.

1. זַהו את הכדורים המייצגים את האטומים הבאים: H, C, N, O, Cl. הסבירו כיצד עשיתם זאת. רמז: היעזרו במקומם של אטומים אלו במערכה המחזורית.

הערה: הכדור התכלת המייצג את החנקן מכיל 4 "חורים" ולא שלושה (עקב החשיבות הרבה של שני האלקטרונים שאינם קושרים אצלו), לכן יש להסביר לתלמידים כי הוא חריג וכי זו אחת ממגבלות המודל.

2. בנו מודלים של מולקולות בעזרת אטומים אלו והשלימו את הטבלה הבאה:

נוסחה מולקולרית	מספר קשרים קוולנטיים במולקולה	נוסחת מבנה של המולקולה	ציור מודל המולקולה המתקבל	סוגי האטומים במולקולה
H ₂ O	שני קשרים קוולנטיים בודדים	H - O - H		H, H, O
H-Cl	קשר קוולנטי בודד	H-Cl		H, Cl
NH ₃	שלושה קשרים קוולנטיים בודדים	$\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$		N, H, H, H
CH ₄	ארבעה קשרים קוולנטיים בודדים	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$		C, H, H, H, H
Cl ₂ O	שני קשרים קוולנטיים בודדים	$\begin{array}{c} \text{O} \\ / \quad \backslash \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \end{array}$		O, Cl, Cl

3. השוו בין נוסחת המבנה שציירתם למולקולה המתקבלת מאטום C ואטומי מימן, לבין ציור המודל של מולקולה זו. במה הם שונים?

תשובה:

במודלים מתקבל מבנה מרחבי תלת-ממדי. הציור הוא דו-מימדי ומתקבל מבנה מישורי.

4. ערכו באמצעות הטבלה הבאה השוואה בין המודלים המייצגים את האטומים והמולקולות שבניתם, לבין אטומים ומולקולות אלו במציאות:

מציאות	מודל	
אין צבעים	לאטומים יש צבע	צבע
גדלים זעירים ננומטריים	גודל שניתן לראות ולחוש	גודל האטומים
גודל האטום תלוי במרחק מגרעין האטום שבו ניתן למצוא את אלקטרוני הערכיות.	ישנם הבדלים בין גודלי הכדורים המייצגים את האטומים השונים, אך הבדלים אילו אינם תואמים ו/או אינם בקנה-מידה אמיתי.	גודל יחסי של האטומים בינם לבין עצמם
המרחק נקבע לפי עוצמת כוחות המשיכה (בין אלקטרוני הקשר לגרעיני האטומים) והדחייה (בין האלקטרונים בקשר) בקשר, ומדובר בסדרי גודל שונים מאשר המוטות במודל.	המרחק נקבע על-ידי מוט מקשר. לעתים מוט קצר יותר מייצג קשר כפול, ולעתים שני מוטות גמישים מייצגים קשר כפול. אך אורך המוטות אינו מייצג את המרחק האמיתי בין האטומים.	מרחק בין האטומים במולקולה
זוגות אלקטרונים קושרים המשותפים לשני האטומים שבקשר השיתופי	מוצג באמצעות מוט המחבר בין שני כדורים.	מהות הקשר הקוולנטי

חשוב להדגיש לפני התלמידים כי האטומים אינם כדורים קשיחים כמו המודל. מדובר בענני אלקטרונים המייצגים את התחום המרחבי שבו יש הסתברות מתאימה למציאת אלקטרונים השייכים לאטום.

פסק למן לחשיבה ולתרגול

השלימו את הטבלה הבאה:

מספר הקשרים הקוולנטיים במולקולה והסוג שלהם	נוסחת מבנה	מספר האטומים במולקולה והסוג שלהם	נוסחה כימית
שלושה קשרים קוולנטיים בודדים בין אטום מימן לאטום זרחן	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{P} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	אטום זרחן אחד ושלושה אטומי מימן	PH_3
שלושה קשרים קוולנטיים בודדים בין אטום פחמן לכל אטום כלור. קשר קוולנטי בודד בין אטום פחמן לאטום מימן	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{Cl} \\ \\ \text{H} \end{array}$	אטום פחמן (C) אחד, שלושה אטומי כלור (Cl) ואטום מימן אחד (H)	CHCl_3
שני קשרים קוולנטיים בודדים בין אטום גופרית לבין כל אטום מימן	$\text{H} - \text{S} - \text{H}$	אטום גופרית אחד ושני אטומי מימן	H_2S
שני קשרים קוולנטיים בודדים בין אטום חמצן לכל אטום כלור	$\text{Cl} - \text{O} - \text{Cl}$	שני אטומי כלור ואטום חמצן אחד	Cl_2O
קשר קוולנטי כפול בין אטום פחמן לחמצן. שני קשרים קוולנטיים בודדים בין אטום פחמן לכל אטום מימן	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \end{array}$	אטום חמצן (O) אחד, אטום פחמן (C) אחד ושני אטומי מימן (H)	CH_2O
4 קשרים קוולנטיים בודדים בין אטום פחמן לבין כל אטום כלור	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	אטום פחמן וארבעה אטומי כלור	CCl_4

הערה: יש לשים לב כי ציורי נוסחאות המבנה בטבלה לא תואמות את המבנה המרחבי של המולקולות (מדובר בציור סכמטי בלבד המדגיש את הרכב האטומים במולקולה וסידורם סביב האטום המרכזי)



1. התאימו את המושגים בעמודה הימנית להסברים בעמודה השמאלית:

קשר המבוסס על שיתוף אלקטרונים בין שני אטומים שונים	קשר קוולנטי בודד
קשר המבוסס על שלושה זוגות אלקטרונים משותפים בין שני אטומים סמוכים	קשר קוולנטי כפול
קשר המבוסס על שיתוף אלקטרונים בין שני אטומים זהים או אטומים בעלי נטייה זהה למשוך אליהם את האלקטרוני הקשר	קשר קוולנטי משולש
קשר המבוסס על שני זוגות אלקטרונים משותפים בין שני אטומים סמוכים	קשר קוולנטי טהור
קשר המבוסס על זוג אלקטרונים משותף בין שני אטומים סמוכים	קשר קוולנטי קוטבי

תשובה:

קשר קוולנטי בודד – קשר המבוסס על זוג אלקטרונים משותף בין שני אטומים סמוכים.
 קשר קוולנטי כפול – קשר המבוסס על שני זוגות אלקטרונים משותפים בין שני אטומים סמוכים.
 קשר קוולנטי משולש – קשר המבוסס על שלושה זוגות אלקטרונים משותפים בין שני אטומים סמוכים.
 קשר קוולנטי טהור – קשר המבוסס על שיתוף אלקטרונים בין שני אטומים זהים או אטומים בעלי נטייה זהה למשוך אליהם את האלקטרוני הקשר.
 קשר קוולנטי קוטבי – קשר המבוסס על שיתוף אלקטרונים בין שני אטומים שונים.

2. במולקולת המים (H_2O) קיימים שני זוגות אלקטרונים משותפים. גם במולקולת חמצן (O_2) קיימים שני זוגות אלקטרונים משותפים. מהם ההבדלים העקרוניים בין זוגות האלקטרונים המשותפים במולקולת החמצן לעומת מולקולת המים? לוו את הסברים באמצעות ציור נוסחאות המבנה לשתי המולקולות.

תשובה:

1. קשר כפול לעומת קשר בודד. במולקולת המים אטום חמצן יוצר קשר קוולנטי בודד עם כל אחד משני אטומי המימן – כל אטום מימן משתף זוג אחד בלבד של אלקטרונים. לעומת זאת במולקולת חמצן שני אטומי החמצן משתפים שני זוגות אלקטרונים, ולכן הקשר הוא קשר קוולנטי כפול.

2. קשר קוולנטי טהור לעומת קוטבי. במולקולת חמצן האלקטרונים נעים סביב שני אטומי החמצן באופן שווה, משום שנטיית שני החמצנים למשוך אלקטרונים היא זהה. במולקולת המים, מכיוון שלאטום החמצן נטייה חזקה יותר למשוך את האלקטרונים הקשר אליו, אלקטרוני הקשר נעים יותר סביבו ופחות סביב אטום המימן, כלומר: אין שוויון בשיתופיות.

3. הנוסחה המולקולרית של מים היא: H_2O .

הרכב האטומים בה הוא:

א. שני אטומי מימן (H) ואטום חמצן (O) אחד

ב. שני אטומי מימן (H) ושני אטומי חמצן (O)

ג. אטום מימן (H) אחד ושני אטומי חמצן (O)

ד. אטום מימן (H) אחד ואטום חמצן (O) אחד

4. סך כל האטומים במולקולה H_2O :

א. 1

ב. 2

ג. 3

ד. 4

5. הנוסחה המולקולרית של אמוניה היא: NH_3 .

הרכב האטומים בה הוא:

א. אטום חנקן (N) אחד ואטום מימן (H) אחד

ב. שלושה אטומי חנקן (N) ואטום מימן (H) אחד

ג. אטום חנקן (N) אחד ושלושה אטומי מימן (H)

ד. שלושה אטומי חנקן (N) ושלושה אטומי מימן (H)

6. סך כל האטומים במולקולה NH_3 :

א. 2

ב. 3

ג. 4

ד. 5

7. הנוסחה המולקולרית של כלורופורם היא: CHCl_3 .

הרכב האטומים בה הוא:

- א. אטום פחמן (C) אחד, אטום מימן (H) אחד ואטום כלור (Cl) אחד
- ב. אטום פחמן (C) אחד, שלושה אטומי מימן (H) ושלושה אטומי כלור (Cl)
- ג. שלושה פחמן (C), שלושה אטומי מימן (H) ושלושה אטומי כלור (Cl)
- ד. אטום פחמן (C) אחד, אטום מימן (H) אחד ושלושה אטומי כלור (Cl)

8. סך כל האטומים במולקולה CHCl_3 :

א. 3

ב. 5

ג. 7

ד. 9

9. הנוסחה המולקולרית של גלוקוז היא: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$.

הרכב האטומים בה הוא:

- א. אטום פחמן (C) אחד, אטום מימן (H) אחד ואטום חמצן (O) אחד
- ב. 6 אטומי פחמן (C), 12 אטומי מימן (H) ואטום חמצן (O) אחד
- ג. אטום פחמן (C) אחד, 6 אטומי מימן (H) ו-12 אטומי חמצן (H)
- ד. 6 אטומי פחמן (C), אטום מימן (H) אחד ו-12 אטומי חמצן (H)

10. סך כל האטומים במולקולה $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$:

א. 19

ב. 18

ג. 9

ד. 3

11. הנוסחה המולקולרית של חומצה גפרתית היא: H_2SO_4 .

הרכב האטומים בה הוא:

- א. אטום מימן (H) אחד, אטום גפרית (S) אחד ואטום חמצן (O) אחד
- ב. שני אטומי מימן (H), אטום גפרית (S) אחד ואטום חמצן (O) אחד
- ג. שני אטומי מימן (H), אטום גפרית (S) אחד וארבעה חמצן (O)
- ד. אטום מימן (H) אחד, שני אטום גפרית (S) וארבעה אטומי חמצן (O)

12. סך כל האטומים במולקולה H_2SO_4 :

א. 3

ב. 6

ג. 10

ד. 7

פסק למן לחשיבה ולתראול - הרכב חומרים מולקולריים



לפניכם נוסחאות כימיות של מספר חומרים מולקולריים. השלימו בטבלה הבאה את סוג האטומים המרכיבים את המולקולה ואת מספרם.

נוסחה כימית	שם החומר בחיי היומיום	סוג האטומים ומספרם במולקולה	סך כל האטומים במולקולה
H_2O	מים	2 אטומי מימן, H אטום חמצן, O, אחד	3
$CHCl_3$	כלורופורם	אטום פחמן שלושה אטומי כלור אטום מימן אחד	5
NH_3	אמוניה	אטום חנקן שלושה אטומי מימן	4
$C_6H_{12}O_6$	גלוקוז	6 אטומי פחמן 12 אטומי מימן 6 אטומי חמצן	24
H_2SO_4	חומצה גופרתית	2 אטומי מימן אטום גופרית 4 אטומי חמצן	7

פסק למן לחשיבה ולתראול - נוסחאות של מולקולות רב-אטומיות



1. סמנו את נוסחת המבנה המתאימה למולקולה SCl_2 ונמקו.

א. $S=Cl-Cl$ ב. $Cl-S-Cl$ ג. $S-Cl-S$ ד. $Cl-S=Cl$

נימוק:

לאטום גופרית יש 6 אלקטרונים ברמה "החיצונית" (הרמה האחרונה שמאכלסת באלקטרונים) והוא "צריך" עוד שניים על מנת להשלים לרמה של שמונה אלקטרונים. לאטום כלור יש 7 אלקטרונים ערכיות והוא "זקוק" לעוד אחד על מנת להשלים לרמה של שמונה אלקטרונים. בסופו של דבר כל אטום גופרית חולק עם כל אטום כלור זוג אלקטרונים בקשר

קוולנטי בודד.

2. סמנו את נוסחת המולקולה שאינה נכונה ונמקו.

א. CIBr ב. C_2H_4 ג. NI_3 ד. CBr_5

נימוק: _____

אטום הפחמן הוא בטור 4, כלומר יש לו ארבעה אלקטרוני ערכיות, כך שהוא יכול לשתף ארבעה אלקטרונים עם ארבעה אטומי ברום בלבד, ולא חמישה כפי שנתון בנוסחה CBr_5 . מומלץ לצייר נוסחאות לואיס של כל התרכובות ולהראות מדוע המולקולות האחרות אפשריות.

3. סמנו את נוסחת המולקולה בה קיים קשר כפול ונמקו.

א. C_2H_2 ב. C_2H_4 ג. C_2H_6 ד. CH_4

נימוק: _____

כל אטום מימן משתף רק אלקטרון אחד עם אטום פחמן. מכיוון שכל אטום פחמן משתף את כל ארבעת אלקטרוני הערכיות שלו, רק במולקולה C_2H_4 קיים קשר כפול בין שני אטומי C – כלומר כל אטום C משתף שני אלקטרוני ערכיות עם אטום C אחר ואת שני אלקטרוני הערכיות האחרים שלו משתף עם שני אטומי מימן.

פסק למן לחשיבה ותרצוף – כניית מולקולות – משימה



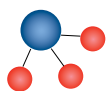
במשימה הבאה תיעזרו ביישומון שבו תוכלו לבנות בקלות מולקולות לפי הנוסחה הכימית שלהן ולפי חוקי הכימיה המגבילים את מספר הקשרים האפשריים לכל אטום. לכניסה לאתר לחצו [כאן](#). היישומון מוצג באתר דוידסון לחינוך מדעי ומומלץ גם להיעזר בחומר שמוצג באתר. לאחר שהתנסיתם ביישומון, ענו על השאלות הבאות:

א. ציירו נוסחת ייצוג אלקטרונית (נוסחת לואיס) לשלוש מולקולות: למולקולה שבניתם בערכה 1, למולקולה מערכה 2 ולמולקולה מערכה 3.

ב. כתבו נוסחה כימית לכל מולקולה מסעיף א, וציינו את סוג הקשרים הקוולנטיים במולקולה ואת מספרם.

ג. בחלק קודם של פרק הלימוד השתמשתם במודלים קשיחים מפלסטיק, וביישומון יצרתם מודלים ממחושבים. אילו יתרונות וחסרונות אתם מוצאים בשימוש בכל אחד מהמודלים הללו?


מומלץ להתייחס להיבטים הבאים:



יתרונות וחסרונות השימוש במודלים

פפיזיקליים קשיחים	וירטואלים - ממוחשבים
יתרונות <ul style="list-style-type: none"> תלמידים בונים במו ידיהם גופים תלת ממדיים ניתן לבחון סיבוב בין קשרים 	יתרונות <ul style="list-style-type: none"> נוחיות ופשטות בהן ניתן לבנות מולקולות בכל גודל ובמיגוון צורות ייצוג דיוק של אורכי הקשרים והזוויות
חסרונות <ul style="list-style-type: none"> אורכי הקשרים והזוויות בחלק מהערכות הם ברמת דיוק נמוכה וטכנית קשה למדוד זוויות 	חסרונות <ul style="list-style-type: none"> יש הנרתעים / חוששים מהשימוש במחשב לא ניתן לטובב קשר בודד אלא את כל המולקולה
בכל המודלים - המבנה הכדורי, צבע הכדורים, היחס בין גדלי אטומים שונים ואורכי הקשר אינם מדויקים ועלולים להטעות	

יתרונות וחסרונות השימוש במודלים מולקולריים

ממלא מרחב	כדור מקל	קווי
		
יתרון: מדגיש את הרעיון שאטומים תופסים מקום/נפח במרחב	יתרון: מאפשר הצגה ברורה של קשרים קלוולנטיים יחידים, כפולים ומשולשים	יתרון: צורות הייצוג המדויקות ביותר לגבי אורך הקשרים וגודל הזוויות בין אטומים
חסרון: סוג הקשרים הקלוולנטיים: יחיד, כפול או משולש - מעורפלים	חסרון: השימוש במקלות כסמלים לקשר עלול ליצור תפיסות מוטעות בקרב תלמידים	חסרונות: אין המחשה של הרדיוס האטומי מקלות עלול ליצור תפיסות מוטעות

פסק למן לחשיבה ולתראול - הקשר הקולנטי כאולקולות אחיי היומיום



להלן מקבץ תירגולים במערכת המקוונת:

חומרים מולקולריים - משימה 1

בחרו שלושה מבין החומרים אשר ניתחתם בשאלות הקודמות את ההרכב המולקולרי שלהם: מים, אמוניה, כלורופורום, גלוקוז, חומצה גופרתית וסכמו בקצרה את השימושים שלהם או את החשיבות שלהם בחיי היומיום.

צרפו את המקורות בהם השתמשתם לסיכום.

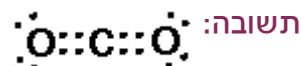
מומלץ להנחות את התלמידים לשלב היבטים כימיים בתשובתם ולהמנע מהעתקה ממקור מידע אחד. רצוי לשלב בין מספר מקורות מידע ובמידת האפשר לשלב תהליכים וניסוחם.

פחמן דו-חמצני משימה 2

נוסחת המבנה של מולקולת CO₂ היא: O=C=O.
א. אילו קשרים קוולנטיים קיימים במולקולה זו?

תשובה: 2 קשרים כפולים בין אטום חמצן לפחמן

ב. ציירו נוסחת לואיס למולקולה.

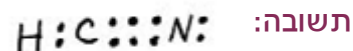


ג. פחמן דו-חמצני, CO₂, קשור לתופעת ההתחממות העולמית. הסבירו קשר זה.

כמות הפחמן הדו-חמצני בעולם עלתה מאוד בעשורים האחרונים עקב פעילות האדם, בעיקר כתוצאה משריפה מוגברת של דלקים פוסיליים (נפט, פחם, גז טבעי). הפחמן הדו-חמצני הוא "גז חממה", מכיוון שנוכחותו באוויר גורמת לכך שקרינת השמש הפוגעת בכדור הארץ נבלעת בו ולא נפלטת בחזרה לחלל. כתוצאה מכך חלה עלייה מתמדת בעשורים האחרונים בטמפרטורת כדור הארץ, ומדענים צופים עקב כך לשינויים אקלימיים קיצוניים וסכנות רבות. כיום חותרות מדינות רבות בעולם לחתום על אמנות שונות כדי להקטין את השימוש בדלקים אשר שריפתם גורמת לפליטה נוספת של פחמן דו-חמצני לאוויר, במטרה להקטין את ההתחממות העולמית.

ציאניד משימה 3

ציאניד הוא חומר רעיל ביותר המסוגל להרוג אדם בוגר תוך שניות. למרות רעילותו, הציאניד נמצא בכמויות מזעריות ברוב הפירות המכילים חרצן כגון: דובדבנים, משמשים ושקדים. הגוף יודע לפרק ציאניד, והרעלה מתרחשת רק כאשר כמות הציאניד הנכנסת לגוף בבת אחת היא גדולה יחסית. במולקולת ציאניד, שנוסחתה: HCN, קשר קוולנטי בודד וקשר קוולנטי משולש. ציירו נוסחת מבנה למולקולת הציאניד ונמקו את בחירתכם.



לאטום פחמן 4 אלקטרוני ערכיות, ולכן הוא "זקוק" לארבעה אלקטרונים נוספים על מנת להשלים לרמת אנרגיה "חיצונית" (הרמה האחרונה שמאוכלסת באלקטרונים) מלאה. אטום חנקן בטור 5, ולכן הוא "זקוק" ל-3 אלקטרונים על מנת להשלים לרמת אנרגיה "חיצונית" מלאה. אטום מימן זקוק לאלקטרון אחד בלבד על מנת להשלים לרמת אנרגיה מלאה. החלוקה תהיה כזו שאטום פחמן יחלוק עם אטום מימן זוג אלקטרונים וייווצר קשר קוולנטי בודד, ועם אטום חנקן שלושה זוגות נוספים ליצירת קשר קוולנטי משולש. מומלץ לצייר תחילה מבנה לואיס לכל אטום ורק לאחר מכן לבצע את החיבור הנכון בין האטומים.

4 אצטילן משימה

אצטילן הוא גז מתלקח, חסר צבע וריח. הוא משמש בתעשייה לצורכי ריתוך וחיתוך באמצעות תערובת שלו עם חמצן. להבת התערובת של אצטילן וחמצן מייצרת טמפרטורה גבוהה במיוחד (מעל $3,000^{\circ}\text{C}$) ולכן מאפשרת חיתוך והתכה של מתכות קשות במיוחד בתהליכי ייצור תעשייתיים. נוסחת האצטילן היא C_2H_2 . השלימו את הטבלה הבאה לגבי מולקולת אצטילן.

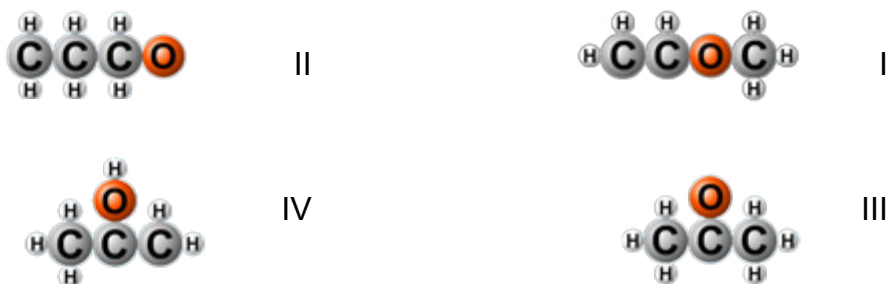
סוג הקשרים הקוולנטיים במולקולה ומספרם	נוסחת מבנה	נוסחת לואיס
קשר קוולנטי משולש בין שני אטומי פחמן 2 קשרים קוולנטיים בדדים בין אטום פחמן לאטום מימן	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	$\text{H}:\text{C}:::\text{C}:\text{H}$

5 אצטון משימה

אצטון הוא נוזל חסר צבע ובעל ריח חריף אופייני בטמפרטורת החדר. השימוש הרווח באצטון בחיי היומיום הוא כרכיב הפעיל במסיר לק ציפורניים, ומשתמשים בו גם בייצור פלסטיק, סיבים, תרופות, חומרי נפץ ועוד.

הנוסחה הכימית של האצטון היא $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$. מולקולת האצטון מכילה קשר קוולנטי כפול בין אחד מאטומי הפחמן לבין חמצן. שאר הקשרים הקוולנטיים במולקולה הם בודדים.

לפניכם מספר מודלים. סמנו את המודל המתאר את מבנה מולקולת האצטון ונמקו.



אטום הפחמן בטור 4, כלומר יש לו ארבעה אלקטרוני ערכיות. ארבעה אלקטרונים נוספים יאפשרו השלמה לרמת אנרגיה חיצונית מלאה. למימן עוד אלקטרון אחד בלבד יאפשר השלמה לרמת אנרגיה מלאה (רמת האנרגיה הראשונה סביב הגרעין היא של 2 אלקטרונים בלבד). לחמצן יש 6 אלקטרוני ערכיות ולכן שני אלקטרונים נוספים יאפשרו השלמה לרמה מלאה. לאחר שמציירים נוסחת לואיס לכל אטום רואים כי המבנה המתאים שבו כל האטומים משלימים לאוקטט הוא מבנה III. איך נוכל לבדוק את עצמנו? נספור את מספר האלקטרונים מסביב לכל אטום כדי לבדוק אם יש לו רמה חיצונית מלאה (8 אלקטרונים עבור פחמן וחמצן ו-2 אלקטרונים עבור מימן). אם יש לו – זהו המבנה המתאים. אם אין לו – סימן שזה לא המבנה הנכון.

האמוניה - תגלית מדעית או הרסנית?



בסוף שנת 2013 פורסם כי הממשלה אישרה הקמת מפעל לייצור אמוניה בדרום, וזה יאפשר לפנות את מיכל האמוניה המהווה סכנה לתושבי חיפה. היה בכך משום ניצחון למשרד להגנת הסביבה אחרי תהליך ארוך להשגת מטרה זו. מדוע האמוניה כה מסוכנת מצד אחד וכה חשובה לנו מצד שני? האמוניה, שנוסחתה המולקולרית היא NH_3 , היא גז חסר צבע אך בעל ריח חזק וחרیف. שאיפת אמוניה עלולה לגרום לנזק חמור לריאות ואף למוות. עם זאת, לאמוניה שימושים רבים בתעשייה הכימית, ואחד המרכזיים שבהם הוא העשרת קרקעות עניות בחנקן כדשן כימי.

התהליך התעשייתי לייצור אמוניה פותח ע"י המדען פריץ האבר (Fritz Haber) בשנת 1909, והוא מבוסס על תגובה בין חנקן, N_2 , למימן, H_2 , לקבלת אמוניה, NH_3 . התגובה נראית לכאורה פשוטה, אך היא מתבצעת בלחץ ובטמפרטורות גבוהות, וחשיבותה אדירה הן מבחינה כלכלית והן מבחינה חברתית. מדוע?

במאה ה-19 התרחש גידול מואץ באוכלוסיית העולם. כתוצאה מכך הדרישה למשאבים ובפרט למזון הלכה וגדלה. על מנת להגדיל את התוצרת החקלאית נעשה שימוש גובר בדשנים. השיטה שהציע פריץ האבר לייצור אמוניה לצורך הפקת דשנים הייתה פשוטה, יעילה ורווחית. הייצור התעשייתי המסיבי של אמוניה שהתאפשר בזכות המצאתו של פריץ האבר תרם לצמצום הרעב ולהארכת תוחלת החיים בעולם כולו.

ייצור האמוניה עפ"י שיטתו של פריץ האבר מתבסס על השלבים הבאים: תחילה מפיקים את חומרי הגלם - חנקן מופק מהאוויר ומימן מהמים. לאחר מכן דוחסים את שני הגזים ומחממים אותם עד לטמפרטורה של 500 מעלות צלסיוס. חלק מהחנקן ומהמימן מועברים על פני תערובת המכילה אבקת ברזל ומלחים שונים, ונוצר גז אמוניה. החנקן והמימן שלא הגיבו מוחזרים לכלי, והתהליך מתחיל שוב.

הדרישה לאמוניה לא נעצרה לצורכי הפקת דשנים בלבד אלא קיבלה היבט חשוב במלחמת העולם הראשונה. הסיבה המרכזית לכך היא שאמוניה מהווה את חומר הגלם המרכזי ליצירת חומרי נפץ ואבקת שריפה. גרמניה, שהצליחה להפיק אמוניה בכמויות מסחריות, השתמשה ביתרון זה לטובתה וכתוצאה מכך הפגינה לוחמה משמעותית וקשה נגד הבריטים.

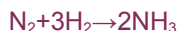
מקורות: [ויקיפדיה, הספרייה של מט"ח](#)

שאלות

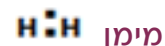
1. רשמו שתי תכונות מקרוסקופיות של אמוניה המוזכרות בקטע. הוסיפו מידע ברמה המיקרוסקופית לגבי אמוניה, בהתבסס על לימודיכם בפרק.

תכונות מקרוסקופיות: גז חסר צבע, בעל ריח חזק וחריף
 תכונות מיקרוסקופיות: אמוניה היא מולקולה המורכבת מאטום חנקן אחד ושלושה אטומי מימן. בין כל אטום חנקן לכל אטום מימן יש קשר קוולנטי יחיד שבו הם משתפים זוג אלקטרונים.

2. א. נסחו במשוואה כימית את התהליך לקבלת אמוניה בתגובת פריץ האבר.



ב. מי הם המגיבים בתגובת פריץ האבר? ציירו עבורם נוסחת ייצוג אלקטרונית מלאה (נוסחת לואיס).



ג. ציינו מהם התוצרים בתגובת פריץ האבר. ציירו עבורם נוסחת ייצוג אלקטרונית מלאה (נוסחת לואיס).



3. בקטע מצוין כי התגובה להפקת אמוניה שהציע פריץ האבר היא בעלת חשיבות כלכלית וחברתית. הסבירו מדוע.

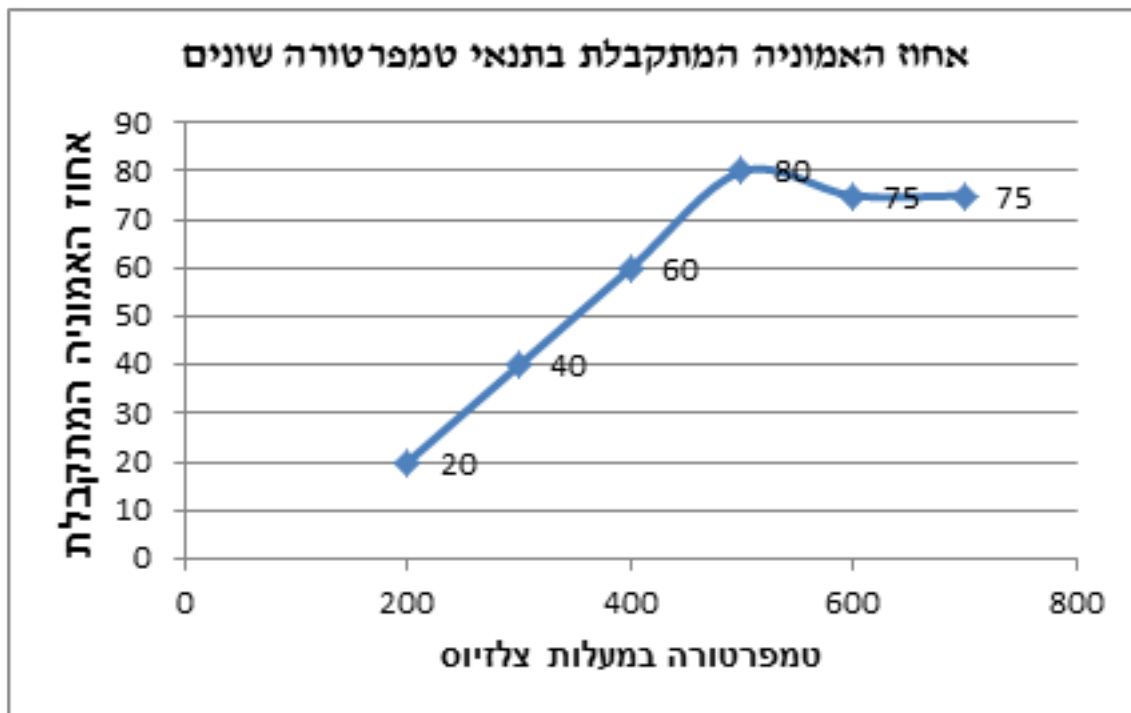
חשיבות כלכלית: מתבטאת בהגדלת התפוקה החקלאית ובהענקת רווח משמעותי לתעשייה החקלאית.

חשיבות חברתית: בעקבות הפקת האמוניה בקנה-מידה תעשייתי נמנע רעב עולמי בתקופה שבה אוכלוסיית העולם גדלה בקצב מסיבי.

4. הציגו באמצעות סכמה את השלבים השונים בתהליך הפקת האמוניה על-פי שיטת פריץ האבר.



5. לפניכם גרף המציג את כמות האמוניה שמתקבלת בטמפרטורות שונות בלחץ קבוע של 300 אטמוספרות.



א. מהם תנאי הטמפרטורה האופטימליים שבהם הרווח הכלכלי עבור מייצרי האמוניה הוא הגדול ביותר? נמקו.

עפ"י הגרף ניתן לראות שב-500 מעלות צלזיוס מתקבל אחוז האמוניה הגבוה ביותר – 80%. על כן בטמפרטורה זו הרווח הכלכלי יהיה הגדול ביותר.

ב. העבירו את הנתונים שבגרף לטבלה שתכיל שתי עמודות: עמודה של טמפרטורות ועמודה של אחוז האמוניה המתקבל. התייחסו לטווח טמפרטורות שבין 200 מעלות צלזיוס לבין 700 מעלות צלזיוס.

אחוז האמוניה המתקבלת [%]	טמפרטורה [מעלות צלזיוס]
20	200
40	300
60	400
80	500
75	600
75	700

6. א. הסבירו את כותרת חקר האירוע: האמוניה – תגלית מדעית או הרסנית, על סמך המידע המלא שקראתם.

מחד, האמוניה הכרחית וחיונית לתעשייה החקלאית ומאפשרת להגדיל את התנובה החקלאית המתקבלת ולשפר את כמות היבולים. מאידך, היא הרסנית משום שהיא מהווה את חומר הגלם המרכזי ליצירת חומרי נפץ ואבקת שריפה, וכך השימוש בה פוגע בבני אדם. הציעו כותרת משנה לחלק א' ולחלק ב' של האירוע.
"אמוניה – אי אפשר איתה ואי אפשר בלעדיה"

8. במידע אנו נחשפים לשימוש שלילי במחקר מדעי-טכנולוגי.

א. הסבירו כיצד זה מתבטא במידע שקראתם.

הפקת האמוניה בשיטתו של פריץ האבר היא תוצר של מחקר מדעי שערכו בתקופה ההיא בעקבות הצורך בהגדלת היבול החקלאי בצורה קלה, נגישה ורווחית. אולם לאחר תגליתו של פריץ האבר נעשה בהפקת האמוניה גם שימוש שלילי ליצירת חומרי נפץ ואבקת שריפה.

ב. יש הטוענים שהתועלת במחקר המדעי לא מצדיקה לעתים את הנזק שהוא עלול להניב. האם אתם מסכימים לטענה זו? נמקו את תשובתכם על סמך המידע בהקשר לאמוניה. חזקו את דעתכם על-ידי דוגמה/אות מדעיות נוספות.

למורה: זוהי הזדמנות טובה לעורר דיון בכיתה, לבקש מהתלמידים לחפש ברשת דוגמאות נוספות לתגליות שנעשה בהן שימוש שלילי אשר הסב נזק.

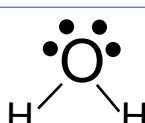
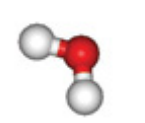
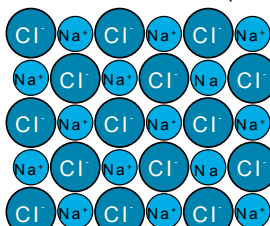
9. הכימאי היהודי-גרמני פריץ האבר אחראי לאחת מהתגליות הגדולות של תקופתנו – יש אף שיגידו: התגלית החשובה מכולן. לכאורה, הוא אמור להיות מפורסם ונערץ על כולם, אך פיתוח נוסף שלו הפך אותו בעיני רבים לבן-בריתו של השטן. האזינו לסיפורו המרתק של פריץ האבר בהרצאה קצרה בנושא זה [בקישור](#), סכמו נקודות מרכזיות בחייו של פריץ האבר וחוו דעתכם עליו כמדען וכאדם.

קשר קוולנטי וקשר יוני

רגע, עוצרים: קשר מול קשר 

להלן טבלת ההשוואה בין קשר חומרים יוניים לחומרים מולקולריים:

השוואה בין חומרים יוניים לחומרים מולקולריים

חומר מולקולרי	חומר יוני	קריטריון להשוואה
רמת התופעה – הרמה המאקרוסקופית		
חומרים מולקולריים שקיימים בהם קשרים קוולנטיים יכולים להיות בטמפרטורת החדר במצב צבירה גז, נוזל, או מוצק. דוגמאות: $O_{2(g)}$, $H_2O_{(l)}$, $S_{8(s)}$	חומרים שקיימים בהם קשרים יוניים הם מוצקים בטמפרטורת החדר. דוגמה: מלח בישול $NaCl_{(s)}$	מצב צבירה
חומרים מולקולריים שקיימים בהם קשרים קוולנטיים אינם מוליכים חשמל.	חומרים שקיימים בהם קשרים יוניים אינם מוליכים חשמל במצב צבירה מוצק אך מוליכים חשמל במצב צבירה נוזל ובתמיסה מימית.	הולכה חשמלית
לחומרים מולקולריים, שקיימים בהם קשרים קוולנטיים, יש טמפרטורות היתוך נמוכות יחסית.	לחומרים שקיימים בהם קשרים יוניים יש טמפרטורות היתוך גבוהות יחסית.	טמפרטורת היתוך
מרבית החומרים המולקולריים שקיימים בהם קשרים קוולנטיים אינם מסיסים במים. לדוגמה: כלורופורם $CHCl_{3(l)}$. עם זאת יש גם המסיסים במים. לדוגמה: סוכר מאכל $C_6H_{12}O_{6(aq)}$.	מרבית החומרים שקיימים בהם קשרים יוניים מסיסים במים. לדוגמה: מלח בישול, $NaCl_{(aq)}$. יש גם חומרים יוניים שהם קשי תמס. לדוגמה: אבן גיר $CaCO_{3(s)}$	מסיסות במים
הרמה החלקיקית – הרמה המיקרוסקופית		
אטומים של אל-מתכות	יונים חיוביים הנוצרים מהמתכת בתרכובת היונית ויונים השליליים הנוצרים מהאל-מתכת בתרכובת היונית	סוגי החלקיקים בקשר
משיכה חשמלית בין כל אחד מגרעיני האטומים המשתתפים בקשר לבין זוגות האלקטרונים המשותפים	משיכה חשמלית בין היונים החיוביים ליונים השליליים בחומר	סוג המשיכה
משיכה חשמלית חזקה בתוך המולקולה*	משיכה חשמלית חזקה	חוזק הקשר
רמת הסמל		
נוסחה מולקולרית המייצגת את המספר המדויק של החלקיקים המרריבים אותה. לדוגמה: $H_2O_{(l)}$	נוסחה אמפירית (מייצגת את סמלי החלקיקים בתרכובת היונית אך לא את מספרם בתוכה). לדוגמה: מלח בישול $NaCl_{(s)}$	נוסחת התרכובת
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;">נוסחת מבנה של מים</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;">מודל של מולקולת מים</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">סכמה (דו־ממדית) של מבנה גביש של מלח בישול</div>  </div>	איור

* בין המולקולות של חומר מולקולרי קיימים כוחות משיכה חלשים יחסית לכוחות המשיכה של הקשר הקוולנטי בתוך המולקולה.

מקוונים לכימיה – פרק הקשר הקוולנטי – מדריך למורה 2014



1. מיינו את החומרים הבאים לחומרים יוניים ולחומרים מולקולריים:



תשובה:

חומרים יוניים - $\text{CaCl}_{2(s)}, \text{MgSO}_{4(s)}$

חומרים מולקולריים - $\text{CCl}_{4(l)}, \text{H}_2\text{S}_{(g)}, \text{C}_2\text{H}_6_{(g)}, \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(l)}, \text{N}_{2(g)}$

2. לפניכם היגדים / איורים שונים. גרו כל אחד מהם למקומות המתאימים בטבלה הבאה המציגה

רמות הבנה בכימיה:

רמת סמל	רמה מיקרוסקופית	רמה מאקרוסקופית
ג	א	ב
ד	ה	ז
ה		ח
ט		

א. בחומר יוני קיימת משיכה חשמלית חזקה בין יונים חיוביים לשליליים. **מיקרוסקופית**

ב. מלח בישול הוא מוצק גרגירי וצבעו לבן. **מאקרוסקופית**

ג. Na^+ **סמל**

ד. CH_4 **סמל**

ה. כל אחד מאטומי המימן במולקולות המימן משתף אלקטרון אחד על מנת להגיע לרמה מלאה

ובה סה"כ שני אלקטרונים. **מיקרוסקופית**

ו. **סמל**



ז. מים הם חסרי צבע, חסרי ריח ובמצב צבירה נוזל. **מקרוסקופית**

ח. אם נמיס מלח במים, התמיסה תוליד חשמל. **מקרוסקופית**

ט. **סמל**



אנרגיה וקשרים כימיים

יצירה ופרוק של קשרים כימיים



פסק למן לחשיכה ולתראול

1. התגובה הבאה היא תגובת שרפה של גז מתאן CH_4 . בתגובה ניתקים קשרים במגיבים ונוצרים קשרים חדשים בתוצרים. במאזן האנרגיה הכולל נפלטת אנרגיה לסביבה – תגובה אקזותרמית. השלימו את הטבלה הבאה:

$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$				התגובה
	$\text{O}=\text{O}$	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$		נוסחאות של מבנה המולקולות בתגובה
ניתקו: 4 קשרים בודדים מסוג C-H	ניתקו: קשר כפול אחד בין שני החמצנים	נוצרו: שני קשרים כפולים מסוג C=O	נוצרו: שני קשרים בודדים מסוג O-H	מספרם וסוגם של הקשרים הקוולנטיים שניתקו או נוצרו בתגובה

* אפשר לצייר את מולקולת המים גם בצורה קווית: H-O-H, אך מכיוון שהתלמידים כבר ראו מודל של מולקולת המים מומלץ (לא חובה) להסביר כי המולקולה אינה קווית אלא בעלת צורת V.

2. התגובה הבאה היא תגובת פרוק אמוניה, NH_3 , ליסודות המרכיבים אותה. בתגובה ניתקים קשרים במגיבים ונוצרים קשרים חדשים בתוצרים. במאזן האנרגיה הכולל, נקלטת אנרגיה מהסביבה – תגובה אנדותרמית. השלימו את הטבלה הבאה:

$2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$			התגובה
	$\text{N}\equiv\text{N}$	$\text{H}-\text{H}$	נוסחאות של מבנה המולקולות בתגובה
			מספרם וסוגם של הקשרים הקוולנטיים שניתקו או נוצרו בתגובה



1. השלימו את הקטע הבא לגבי יצירה וניתוק של קשרים קוולנטיים (היעזרו באוצר המילים שלמטה):
 בין שני אטומי מימן המתקרבים זה לזה פועלים **כוחות משיכה** בין האלקטרונים של כל אחד מהאטומים לבין הפרוטונים בגרעין של כל אחד מהאטומים. במקביל קיימים גם **כוחות דחייה** שפועלים בין האלקטרונים באטום אחד לאלקטרונים באטום האחר, וכן בין שני הגרעינים. במרחק מסוים בין שני גרעיני האטומים מתקיים **איזון** בין כוחות המשיכה לכוחות הדחייה, נוצר קשר קוולנטי המבוסס על שיתוף אלקטרונים, **ונפלטת** אנרגיה לסביבה. כדי לפרק את הקשר **הקוולנטי** שנוצר בין שני אטומי המימן יהיה עלינו **להשקיע** אנרגיה. בתגובה כימית **ניתקים** קשרים בחומרים המגיבים, **נוצרים** קשרים חדשים בתוצרים. התגובה כולה יכולה להיות מלווה בפליטת אנרגיה וקרויה תגובה **אקזותרמית**, או מלווה בקליטת אנרגיה וקרויה תגובה **אנדותרמית**.

אוצר מילים: איזון, כוחות משיכה, כוחות דחייה, נוצרים, נפלטת, להשקיע, קוולנטי, ניתקים, אקזותרמית, אנדותרמית

2. כדי לפרק קשר כימי צריך להשקיע אנרגיה כדי:

- א. להתגבר על כוחות המשיכה בין החלקיקים בתרכובת
- ב. לקרב את האטומים זה לזה
- ג. ליצור קשר חדש
- ד. לחזק את המשיכה החשמלית בין החלקיקים בתרכובת

3. יצירת קשר כימי חדש כרוך:

- א. בהרחקת החלקיקים זה מזה
- ב. בהשקעת אנרגיה
- ג. בפליטת אנרגיה
- ד. בתגובה אנדותרמית