

חומרי עזר למורה

פותחו במסגרת מפגשי קהילת מורים מובילים בכימיה בטכניון

בחודשים אוקטובר – דצמבר 2021 תשפ"ב



ריכוז: ד"ר אורית הרשקוביץ

הצוות המוביל:

ד"ר שולמית עציוני, מיכל ברונשטיין-טוחן

ד"ר שירלי אברג'יל, ד"ר אורית הרשקוביץ

מובילה אורחת: פרופ. יהודית דורי



הפרויקט מבוצע במסגרת המרכז הארצי למורי כימיה

תוכן עניינים

3	דפי פעילות להפעלה בכיתה
3	לקראת למידת הקשר הכימי – פעילות עם לגו
13	ניסויים חדשים
13	אפקט מפמבה – ניסוי חקר רמה II
17	שיווי משקל באמבט – המסת נתרן מימן פחמתי. ניסוי חקר רמה II
22	מצגות מלוות
22	היבטים פדגוגיים הקשורים בהיבט מפמבה
23	הזמנה לחקר - המסת נתרן מימן פחמתי

דפי פעילות להפעלה בכיתה

לקראת למידת הקשר הכימי – פעילות עם לגו

רציונל

ניתן לשלב אבני לגו במגוון רב של נושאי לימוד: איזוטופים, מבנה האטום (עם דגש על פרוטונים, נייטרונים ואלקטרונים), קישור יוני, חומצות ובסיסים, איזון משוואות כימיות ועוד. שימוש בלגו יעזור לבסס הרבה מושגים התחלתיים שקשה להמחישם בדרכים אחרות כמו למשל, כלל האוקטט ושיתוף אלקטרונים. יתרון נוסף שיש לשימוש בלגו, שהוא עמיד מאוד ולא מתכלה. למרות שהוא יקר, אך הוא ישרוד למשך מחזורי כיתה רבים ומאפשר שימוש תדיר לאורך השנה.

מטרות הפעילות

- התלמידים יצאו עם הבנה של משמעות אלקטרוני ערכיות והקשר שלהם למידת הקישור של אטום מסוים ולנוסחת לואיס של האטום
- התלמידים יבינו את כלל האוקטט
- התלמידים יבינו את העקרון של שיתוף האלקטרונים בקישור קוולנטי
- התלמידים יתנסו בהרכבת נוסחאות מבנה של תרכובות קטנות
- למדה בדרך חווייתית

קהל היעד

תלמידי מגמת כימיה בכיתה י' או תלמידי יחידה מדעית מבוא לכימיה. אפשרי גם לשלב באופן בצורה כללית יותר גם בשיעורי כימיה בחטיבת הביניים.

שלבי הפעילות

הפעילות אורכת 2-3 שיעורים רצופים (90-135 דקות). כל תלמיד (או זוג תלמידים) יקבל ערכה אישית שכוללת חלקי לגו שונים (פירוט בנספח הציוד והמדריך למורה בסוף המסמך), דף הנחיות ומערכה מחזורית. ראשית, כל תלמיד (או זוג תלמידים) צריך לבנות מחלקי הלגו שלו ייצוג למספר אטומים שונים, כגון, חמצן, פחמן, מימן, סידן וכיו"ב. בשלב זה כל תלמיד מנסה להגדיר לעצמו את חוקיות הייצוג ללא הנחיות מפורשות.

לאחר מכן, נקיים דיון במליאה בו מספר תלמידים יציגו את האטומים שבנו ויסבירו את הרציונל שעומד מאחורי הייצוג שלהם. נדון על היתרונות ועל החסרונות של כל מודל שהוצג. בשלב הבא, המורה יציג את המודל שהוא רוצה ליישם בעזרת הלגו (כל בליטה מייצגת אלקטרון ערכיות. הבסיס הוא 4 ולאחר מכן כל אלקטרון נוסף מורכב על בליטה של הבסיס 4 וכך נוצרים זוגות אלקטרונים לא קושרים). נמשיך בדיון על חסרונות המודל הזה והיתרונות שלו.

בעקבות המודל שהוצג ע"י המורה, נמשיך לשאלה מה היחס של המודל לנוסחת לואיס של האטומים השונים. מה ההקבלה של שני המודלים? המורה יסביר את העקרון הבסיסי של שיתוף אלקטרונים בקשר קוולנטי וכיצד מייצגים זאת במודל הלגו. מכאן נמשיך את הדיון וההסבר על יכולת הקישור של כל אטום וכלל האוקטט. חשוב לציין שהמודל המוצע ממחיש את כלל האוקטט אבל לא מסביר באופן מלא את הסיבה לקיומו ואת ה"יוצאים מהכלל".

בשלב הבא, התלמידים ינסו "לבנות" מולקולות פשוטות בעזרת המודל המוצג. דיון מעמיק לגבי ההקבלה לנוסחת מבנה ונוסחת לואיס של מולקולות יכולה להוות סיכום לפעילות, אם יישאר זמן.

מאחר והמטרה היא הקניית ידע חדש באופן חווייתי, אין לפעילות זו תוצרי למידה להגשה ולהערכה. תוצרי הלמידה צריכים לבטא את הבנתם ועל המורה לעקוב על כך אבל ללא ערך מספרי לציון.

תוצרי הלמידה של הפעילות

תוצרי הלמידה הם המודלים שהתלמידים בנו ודף העבודה שמלווה את הפעילות. התלמידים נדרשים (לפי דף ההנחיות שהם מקבלים) לצלם את המודלים שבנו ולשלוח למורה. יש שלושה שלבים לשליחת תצלומים למורה:

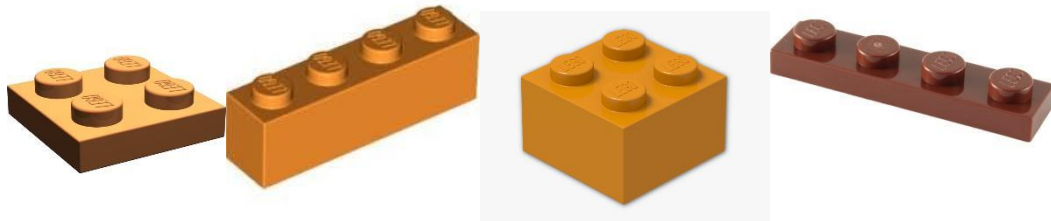
- המודלים של האטומים לפני הדיון במליאה (לפי החוקיות אותה קבעו לעצמם)
- המודלים של האטומים לאחר הדיון במליאה והצגת המודל של המורה
- המודלים של המולקולות

ע"י בחינת התוצרים הנ"ל וההסברים שהתלמידים כתבו בדפי העבודה המורה יכול לבדוק האם התלמיד אכן הפנים את המשמעות של המודל.

דיון נוסף לגבי הפעילות

ישנם כמה "מוקשים" שיכולים לעלות במהלך הפעילות עקרונית, המודל הזה יכול להראות גם קישוריות ונוסחה אמפירית של חומרים יוניים. אבל, בגלל השוני באופי הקשר (שיתופיות של אלקטרונים בקשר הקוולנטי לעומת אלקטרונים ערכיים הנמצאים רק אצל היונים השליליים) המודל לא יכול להתייחס לכך ולא מומלץ להשתמש בו עבור חומרים יוניים.

בנוסף, יש צורות שונות של קוביות לגו ובמודל המוצג, אין התייחסות לשוני בצורות. החשיבות היא רק במספר ה"בליטות" ולא אם מסודרות בריבוע או בשורה. כלומר, ניתן להציג את אותו אטום בצורות שונות. למשל, אטום פחמן יכול להיות מיוצג באחת מהדרכים הבאות:



כדאי לתת לזה את הדעת לקראת העברת הפעילות ולהיות מוכנים לתשובה לפי הגישה שתבחרו.

רשימת ציוד

- דפים/ כרטיסיות של הנחיות לתלמיד (נספח 2)
- חלקי לגו לפי הפירוט הבא:



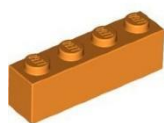
- 4 חלקים עם "בליטה" אחת ב-2-3 צבעים שונים (סה"כ 8-12).



- 4 חלקים עם 2 "בליטות" ב-2-3 צבעים שונים.



- 4 חלקים עם 3 "בליטות" ב-2-3 צבעים שונים.



○ 4 חלקים עם 4 "בליטות" ב-2-3 צבעים שונים.



○ 2 חלקים עם 6 "בליטות" ב-2-3 צבעים שונים.



○ 2 חלקים עם 8 "בליטות" ב-2-3 צבעים שונים.

○ ניתן להוסיף עוד חלקים שונים כדי לראות אילו מודלים נוספים התלמידים יכולים להעלות

○ חשוב שתהיה חפיפה בצבעים של החלקים השונים.

הנחיות לתלמידים

כל שלב ניתן לתלמידים בנפרד רק לאחר שסיימו את השלב הקודם

שלב 1

לפניכם קוביות לגו בגדלים ובצבעים שונים. בנו/הרכיבו מקוביות הלגו מודלים לאטומים הבאים והוסיפו הסבר שמתאר את הקשר בין מבנה האטום למודל שבניתם. שלחו תמונה של הטבלה המלאה למורה.

אטום	מודל לגו	הסבר
מימן H		
מגנזיום Mg		
ברום Br		
אלומיניום Al		

קהילת מורים מובילים בכימיה, תשפ"ב

הסבר	מודל לגו	אטום
		נאון Ne
		הליום He
		פחמן C
		חמצן O
		זרחן P

שלב 2

לפניכם קוביות לגו בגדלים ובצבעים שונים.

בנו/הרכיבו מקוביות הלגו מודלים לאטומים הבאים לפי ההסבר שניתן בכיתה ולפי המודל שהמורה הציגה. שלחו למורה תמונה של הטבלה המלאה (זהה לטבלה מהשלב הקודם), בהתאם למודל שנלמד. הסבירו את השוני בין המודל שאתם עשיתם לבין החדש.

הסבר	מודל לגו	אטום
		מימן H
		מגנזיום Mg
		ברום Br
		אלומיניום Al

קהילת מורים מובילים בכימיה, תשפ"ב

		נאון Ne
		הליום He
		פחמן C
		חמצן O
		זרחן P

שלב 3

לפניכם קוביות לגו בגדלים ובצבעים שונים.

בנו/הרכיבו מקוביות הלגו מודלים למולקולות הבאות, לפי הנלמד בכיתה. הוסיפו עבור כל מולקולה הסבר לגבי הקישור הכימי הקיים בה וכיצד זה מתבטא במודל. שלחו תמונה של הטבלה (מעבר לדף) המלאה למורה.

מולקולה	מודל לגו	הסבר
מים H ₂ O		
פחמן דו-חמצני CO ₂		
מימן ברומי HBr		

קהילת מורים מובילים בכימיה, תשפ"ב

		חמצן מולקולרי O_2
		מימן מולקולרי H_2
		פוספין PH_3
		מתאן CH_4
		פורמאלד היד CH_2O

מדריך למורה

מטרת הפעילות היא לחדד את המודל האטומי והבנת אלקטרוני הערכיות לקראת לימוד קשר קוולנטי. הרעיון בבניית המודל הוא להמחיש לתלמידים את מבנה לואיס של אטומים ומולקולות קטנות, לקשר בין המושגים של אלקטרוני ערכיות, 2 אלקטרונים באורביטל, קישוריות האטום, שיתוף אלקטרונים בקשר קוולנטי, זוגות אלקטרונים לא קושרים וכלל האוקטט.

חשוב ביותר להדגיש שאבני הלגו מהווים מודל ולהדגיש את מגבלותיו כדי למנוע תפיסות שוגויות של מבנה וקישור כימי.

זמן הפעילות המומלץ הוא 3 שיעורים רצופים כאשר זה כולל גם התנסות בבניית המודלים וגם הסבר תיאורטי פרונטלי.

מיקום הפעילות בתכנית הלימודים: לאחר שלמדו באופן מלא את מבנה האטום (כולל ייצוג אלקטרוני – מבנה לואיס) ולפני שלומדים על הקשר הקוולנטי (יכול לשמש כהצגת המושג) או בתחילת הוראת הקשר הקוולנטי (להמחשה).

ראשית התלמידים מתנסים בבניית מודל של אטומים בודדים בעצמם (שלב 1).

לאחר מכן, דיון בכיתה בו כולם מציגים בקצרה את המודלים שלהם עם הסבר על כיצד המודל מייצג את האטום. בסוף הצגת התוצרים של כולם, יש לציין מהם המגבלות של המודלים שעלו.

בשלב הבא, המורה יציג את המודל בו ישתמשו בהמשך הפעילות:

קהילת מורים מובילים בכימיה, תשפ"ב

כל "בליטה" מייצגת אלקטרון והאטומים מיוצגים במבנים של שורה בודדת עד 4 או ריבוע. זה נועד להסביר את העובדה ש-8 אלקטרוני הערכיות האפשריים מסודרים ב-4 אורביטלים של הקליפה החיצונית. אם לאטום יש יותר מ-4 אלקטרונים, האלקטרונים הבאים יוספו בשורה מעל.

כל החלקים המרכיבים יחד אותו אטום, צריכים להיות באותו צבע (להמחיש את מקור האלקטרונים)

לאחר מכן שולחים את התלמידים עם הנחיות שלב 2. מוודאים שהם הבינו את המודל שהוצג. בסיום שלב 2, מסבירים את מהות הקשר הקוולנטי. מחברים זאת למודל שהוצג: בחיבור 2 אטומים ליצירת מולקולות יוצרו "עמודות" שבהן יש בליטה של צבע אחד (אטום אחד) ומעל, "בליטה" של צבע אחר (אטום אחר). כך ניתן להמחיש לתלמידים ששני האלקטרונים המשתתפים בקשר הם באותו אורביטל. מראים את המודל המתאים של מולקולת המים ושולחים את התלמידים לבצע את שלב 3.












לא מומלץ להחיל את המודל הנ"ל על חומרים יוניים. למרות שמבחינת יכולת הקישור זה מתאים, אין דרך טובה, לדעתי, להסביר את ההבדל בין סוגי הקישור. המשמעות שיש 2 "בליטות" אחת על השניה היא ששני האלקטרונים שהבליטות מייצגות נמצאים באותו אורביטל משותף לשני האטומים ולא אלקטרונים באותו אורביטל על היות השלילי בלבד.

מומלץ להדפיס כל דף הנחיות לכל שלב בדף דו-צדדי שצד אחד הוא ההנחיות והצד השני הוא הטבלה למילוי. את הדף הזה לניילן ולחלק לכל זוג תלמידים את הדף, קוביות הלגו וטוש מחיק דק בעזרתו יוכלו לכתוב את ההסבר על גבי הטבלה. כך ניתן לעשות שימוש חוזר בדפים.

להלן הפתרונות לפי המודל שהוצג:

אטום	מודל לגו – גרסה של ריבוע	דוגמאות של הגרסה על שורה של 4
מימן H		
מגנזיום Mg		

קהילת מורים מובילים בכימיה, תשפ"ב

		ברום Br
		אלומיניום Al
		נאון Ne
		הליום He
		פחמן C
		חמצן O
		זרחן P
דוגמאות של הגרסה על שורה של 4	מודל לגו – גרסה של ריבוע	מולקולה

קהילת מורים מובילים בכימיה, תשפ"ב

		מים H_2O
		פחמן דו- חמצני CO_2
		מימן ברומי HBr
דוגמא עם 2 צבעים שונים לנוחות האבחנה בשני האטומים של החמצן		חמצן מולקולרי O_2
		מימן מולקולרי H_2
		פוספין PH_3
		מתאן CH_4
		פורמאלד היד CH_2O

שאלות לדין וחשיבה

1. איפה הייתם משלבים את הפעילות ברצף הלמידה?

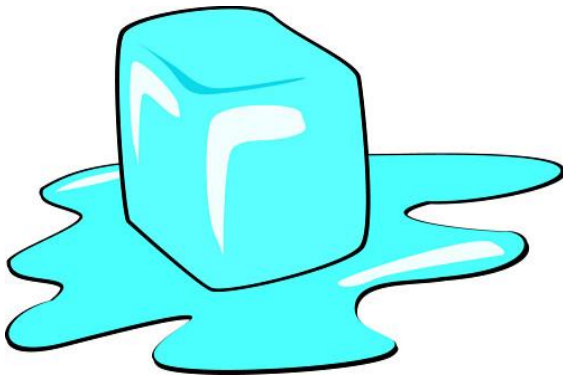
קהילת מורים מובילים בכימיה, תשפ"ב

2. האם פעילות זו מתקנת תפיסות שגויות בתחום, או שיש לכם פעילויות נוספות שיכולות לסייע?

ניסויים חדשים

אפקט מפמבה – ניסוי חקר רמה II

הנחיות כלליות



- חובה להרכיב משקפי מגן .

- לפני תחילת הניסוי , קראו היטב את כל ההנ
- הקפידו לעבוד על פי ההנחיות בכל שלבי הני
- בדקו שנמצאים ברשותכם כל הציוד והחומ
- הדרושים לביצוע הניסוי .

ציוד וחומרים

- מים (לא מזוקקים)
- 2 כוסות כימיות זהות בנפח 200-250 מ"ל
- 2 תרמומטרים
- קומקום חשמלי/אמצעי לחימום מים
- מקפיא/אמצעי לקירור מים מתחת ל-0°C
- מאזניים
- שעון עצר

מהלך הניסוי

חלק א' - הכרות עם התופעה

1. חממו מחצית מהמים לטמפרטורה של כ-60°C
2. שקלו לתוך כוס כימית 100 גרם מים לא מחוממים ותעדו את הטמפרטורה של המים.
3. שקלו לתוך כוס כימית 100 גרם מים מחוממים ותעדו את הטמפרטורה של המים.
4. הכניסו את 2 הכוסות למקפיא כאשר התרמומטרים בתוך הכוס.

קהילת מורים מובילים בכימיה, תשפ"ב

5. בדקו את טמפרטורת המים בכוסות לאחר 10, 20 ו-30 דקות. השתדלו להשאיר את הכוסות במקפיא בזמן המדידה.
6. רשמו תצפיות מדויקות.

חלק ב' – מהלך החקר

1. א. נסחו **לפחות** 5 שאלות רלוונטיות ומגוונות שמתעוררות בעקבות הניסוי שבצעתם והתצפיות שערכתם.
- הכינו מפת שאלות בהתאם למפורט להלן.

שלבם בהכנת מפת שאלות:

1. רשמו את שם הניסוי במרכז.
2. בחלק העליון רשמו את החומרים, תנאי הניסוי והציוד הרלוונטיים לשאלות החקר (היעזרו בשלב המקדים – הכרות עם התופעה).
3. בחלק התחתון רישמו את התהליכים שהתרחשו.
4. פרטו כל אחד מהגורמים הרשומים בשני החלקים ע"י הוספת גורמים אשר ניתן לשנות. הפרוט בחלק העליון – המשתנה הבלתי תלוי; הפרוט בחלק התחתון – המשתנה התלוי.
5. נסחו שאלות חקר רבות ככל האפשר תוך שימוש במילות השאלה המתאימות מ"בנק השאלות" לדוגמא:

מהי השפעת _____ על _____ ?

כיצד גורם השינוי ב _____ ל _____ ?

כיצד _____ גורם ל _____ ?

האם וכיצד שינוי ב _____ יגרום לשינוי ב _____ ?

כאשר:

המשתנה הבלתי תלוי – מהחלק העליון והמשתנה התלוי - מהחלק התחתון.

- ב. בחרו שאלה אחת מהשאלות שהעליתם.

ג. נסחו שאלה זו כשאלת חקר, בצורה בהירה ובמידת האפשר כקשר בין שני משתנים, כאשר המשתנה התלוי והמשתנה הבלתי תלוי מוגדרים היטב).

ד. נסחו בצורה בהירה ועניינית השערה מתאימה לשאלה שבחרתם לחקור.

ה. נמקו את השערתכם על בסיס ידע מדעי רלוונטי ונכון, בצורה מעמיקה.

2. תכננו ניסוי שיבדוק את השערתכם.

א. תכננו ניסוי שיכלול מספר מערכות (לפחות 4 מערכות, כולל הבקרה) שיאפשר ניתוח אמין של התוצאות.

ב. הגדירו את המשתנה התלוי ואת המשתנה הבלתי תלוי.

ג. פרטו את צורת המדידה של המשתנה התלוי.

ד. ציינו את הגורמים הקבועים.

ה. הגדירו בקרה מתאימה לניסוי וציינו האם זוהי בקרה פנימית או חיצונית, נמקו קביעתכם.

ו. פרטו את כל שלבי הניסוי, בסדר לוגי, כולל שלב הבקרה.

ז. התייעצו במורה ושנו במידת הצורך.

ח. הכינו רשימה מפורטת של חומרים וציוד הדרושים לביצוע הניסוי המתוכנן.

ט. קבלו את אישור המורה למהלך הניסוי שהצעתם.

י. העבירו ללברנט/ית את רשימת הציוד והחומרים.

3. א. בצעו את הניסוי שהצעתם כפי שאושר על ידי המורה.

ב. עשו שימוש נכון בכלי המעבדה ו/או במכשירי המדידה.

ג. שמרו על סדר וניקיון בשולחן העבודה.

ד. הציגו את התצפיות ואת התוצאות בצורה מאורגנת ובאופן ברור (טבלה, תרשים, גרף וכו').

ה. עבדו את התוצאות (במידת האפשר) באמצעות גרף מתאים שבנוי על פי הכללים (גרף ממוחשב/גרף ב-Excel/גרף ידני).

ו. תארו את מגמת השינויים המוצגים בטבלה או בגרף.

ה. נתחו את התוצאות והסבירו אותן תוך התבססות על ידע מדעי, רלוונטי ונכון.

- ד. הסיקו מסקנות רבות ככל האפשר על סמך כל תוצאות הניסוי .
ה. התייחסו למידת התמיכה של המסקנות בהשערה.

הקפידו לבסס את טעוניכם, לאורך כל שלב ניתוח התוצאות, הסקת המסקנות והדיון, על ידע מדעי רלוונטי ונכון, הכולל **ניסוחי תגובות** המתרחשות בשלבים השונים!!!

4. **בדין המסכם הקבוצתי:**

- א. התייחסו בביקורתיות לתוצאות הניסוי (מבחינת דיוק הנתונים , מגבלות הניסוי וכו')
ב. התייחסו בביקורתיות לתוקף המסקנות (מידת ההתאמה בין המסקנות להשערות, מידת ההשפעה של תכנון הניסוי ו/או ביצוע הניסוי על המסקנות).
ג. במידת הצורך הצביעו על השינויים הרצויים בתהליך החקר(בניסוח ההשערה , בתכנון הניסוי וכו').
ד. רשמו שאלות נוספות שהתעוררו בעקבות הניסוי כולו (2 שאלות לפחות).
5. א. הכינו דווח בכתב, הכולל את כל שלבי הפעילות ואת הרקע המדעי המתאים.
ב. הגישו דו"ח מאורגן, אסתטי וקריא .
ג. השתמשו בשפה מדעית מדוייקת ונכונה בכל חלקי הדו"ח.
ד. כתבו בצורה עניינית ובעברית תקינה.
ה. הכינו את סיכום ניסוי החקר של קבוצתכם להצגה בפני הכיתה.

עבודה נעימה!!

שיווי משקל באמבט – המסת נתרן מימן פחמתי

ניסוי חקר רמה II

מבוסס על המאמר:

[Daisuke Kajiyu \(2021\). Using Sodium Hydrogen Carbonate to Teach Chemical Concepts of Thermodynamics. Journal of Chemical Education. DOI: 10.1021/acs.jchemed.1c00680](#)

הנחיות כלליות

שימו לב: יש להרכיב משקפי מגן ולהשתמש בכפפות

- לפני תחילת הניסוי, קראו היטב את כל ההנחיות.
- לפני התחלת הניסוי הכינו טבלאות מתאימות לרישום התצפיות.
- הקפידו לעבוד על פי ההנחיות בכל שלבי הניסוי.
- בדקו שנמצאים ברשותכם כל הציוד והחומרים הדרושים לביצוע הניסוי.

ציוד וחומרים

כוס כימית של 250 מ"ל
משורה של 100 מ"ל
פיפטור+משאבה למדידת 5 מ"ל / משורה של 5 מ"ל
10 מבחנות זהות
10 פקקים מתאימים למבחנות
פיפטה
אמבט מים לחימום
מד טמפרטורה
2 כנים למבחנות
מד pH
שעון עצר
5 גרם סודה לשתייה (NaHCO_3)
120 מ"ל מים מזוקקים (H_2O)
תמיסת אינדיקטור

חלק א': היכרות עם התופעה

הקפידו על ביצוע ההנחיות:

- מילוי מדויק אחר ההנחיות לבצוע שלב א'
- איסוף תצפיות רבות ככל האפשר
- דווח ברור ומאורגן על התצפיות
- שיתוף כל חברי הקבוצה בביצוע המשימות השונות
- שימוש בשפה מדעית נכונה ומדויקת לכל אורך התהליך

מהלך הניסוי:

1. מלאו את אמבט המים עד $\frac{3}{4}$ מגובהו במים וחממו ל 90°C
2. מדדו 100 מ"ל מים מזוקקים ומזגו לכוס הכימית
3. שקלו 5 גרם סודה שתיה, הוסיפו למים וערבבו היטב לפחות 5 דקות.
4. מזגו למבחנה אחת 5 מ"ל מים מזוקקים (בעזרת פיפטור או משורה)
5. לכל אחת מ-9 המבחנות הנותרות מזגו 5 מ"ל של תמיסת הסודה (בעזרת פיפטור או משורה)
6. טפטפו 3 טיפות מתמיסת האינדיקטור לכל האחת מהמבחנות
7. הניחו בכך מבחנות אחד את המבחנה עם המים ואחת מהמבחנות של תמיסת הסודה (ביקורת)
8. מדדו את ה-pH של המבחנות מסעיף 7
9. בכך מבחנות שני הניחו את 8 המבחנות הנותרות והכניסו אותו לאמבט החימום ומדדו זמן
10. לאחר 5 דקות של חימום, פקקו בזהירות את כל המבחנות
11. 15 דקות מתחילת החימום הוציאו מבחנה מחימום, הניחו בכך המבחנות שמחוץ לאמבט ומדדו את ה-pH. רשמו תצפיות.
12. חזרו על שלב 11 כל 15 דקות עם 7 המבחנות הנותרות.
13. סכמו את תצפיותיכם בטבלה מתאימה

חלק ב' – מהלך החקר

א. נסחו **לפחות 5** שאלות רלוונטיות ומגוונות שמתעוררות בעקבות הניסוי שבצעתם והתצפיות שערכתם.
ניתן להיעזר במפת שאלות בהתאם למפורט להלן.

שלבים בהכנת מפת שאלות:

1. רשמו את שם הניסוי במרכז.
2. בחלק העליון רשמו את החומרים, תנאי הניסוי והציוד הרלוונטיים לשאלות החקר (היעזרו בשלב המקדים – הכרות עם התופעה).
3. בחלק התחתון רשמו את התהליכים שהתרחשו.
4. פרטו כל אחד מהגורמים הרשומים בשני החלקים ע"י הוספת גורמים אשר ניתן לשנות. הפרוט בחלק העליון – המשתנה הבלתי תלוי; הפרוט בחלק התחתון – המשתנה התלוי.
5. נסחו שאלות חקר רבות ככל האפשר תוך שימוש במילות השאלה המתאימות מ"בנק השאלות" לדוגמא:

מהי השפעת _____ על _____ ?
כיצד גורם השינוי ב _____ ל _____ ?
כיצד _____ גורם ל _____ ?
האם וכיצד שינוי ב _____ יגרום לשינוי ב _____ ?
כאשר: המשתנה הבלתי תלוי - מהחלק העליון והמשתנה התלוי - מהחלק התחתון.

- ב. בחרו שאלה אחת מהשאלות שהעליתם.
- ג. נסחו שאלה זו **כשאלת חקר**, בצורה בהירה ובמידת האפשר כקשר בין שני משתנים, כאשר המשתנה התלוי והמשתנה הבלתי תלוי מוגדרים היטב).
- ד. נסחו בצורה בהירה ועניינית **השערה** מתאימה לשאלה שבחרתם לחקור. בסו את ההשערה על ידע מדעי רלוונטי ונכון, (כולל היבטים מיקרוסקופיים וניסוחי תגובה מתאימים- במידת האפשר).
- ה. **נמקו** את השערתכם על בסיס ידע מדעי רלוונטי ונכון, בצורה מעמיקה.

קהילת מורים מובילים בכימיה, תשפ"ב

- ו. **תכננו ניסוי שיבדוק את השערתכם.**
- תכננו ניסוי שיכלול מספר מערכות (לפחות 4 מערכות, כולל הבקרה) שיאפשר ניתוח אמין של התוצאות.
 - הגדירו את המשתנה התלוי ואת המשתנה הבלתי תלוי.
 - פרטו את צורת המדידה של המשתנה התלוי.
 - ציינו את הגורמים הקבועים.
 - הגדירו בקרה מתאימה לניסוי וציינו האם זוהי בקרה פנימית או חיצונית, נמקו קביעתכם.
 - הציגו את שלבי הניסוי בצורה מפורטת כולל שלב הבקרה, בסדר לוגי, ציינו את צורת המדידה של המשתנה התלוי (יש להתייחס לנפחים, למסות, לריכוזים וכיו"ב).
 - התייעצו במורה ושנו במידת הצורך.
 - הגישו רשימה מפורטת של חומרים וציוד הנדרשת לניסוי המתוכנן כולל התייחסות לנפחים, למסות, לריכוזים וכיו"ב.
 - קבלו את אישור המורה למהלך הניסוי שהצעתם.
 - העבירו ללבורנט/ית את רשימת הציוד והחומרים.
- ז. **בצעו את הניסוי שהצעתם כפי שאושר על ידי המורה.**
- ב. עשו שימוש נכון בכלי המעבדה ו/או במכשירי המדידה.
 - ג. שמרו על סדר וניקיון בשולחן העבודה.
 - **הציגו את התצפיות ואת התוצאות בצורה מאורגנת ובאופן ברור (טבלה, תרשים, גרף וכו').**
 - **עבדו את התוצאות (במידת האפשר) באמצעות גרף מתאים שבנוי על פי הכללים (גרף ממוחשב/גרף ב-Excel/גרף ידני).**
 - **תארו את מגמת השינויים המוצגים בטבלה או בגרף.**
 - ה. **נתחו את התוצאות והסבירו אותן תוך התבססות על ידע מדעי רלוונטי ונכון, כולל היבטים מיקרוסקופיים וניסוחי תגובה מתאימים - במידת האפשר.**
 - ד. **הסיקו מסקנות רבות ככל האפשר על סמך כל תוצאות הניסוי.**
 - ה. התייחסו למידת התמיכה של המסקנות בהשערה.

הקפידו לבסס את טיעוניכם, לאורך כל שלב ניתוח התוצאות, הסקת המסקנות והדיון, על ידע מדעי רלוונטי ונכון, כולל היבטים מיקרוסקופיים וניסוחי תגובות המתרחשות בשלבים השונים!!!

ח. בדין המסכם הקבוצתי.

- התייחסו בביקורתיות לתוצאות הניסוי (מבחינת דיוק הנתונים , מגבלות הניסוי וכו').
- התייחסו בביקורתיות לתוקף המסקנות (מידת ההתאמה בין המסקנות להשערות, מידת ההשפעה של תכנון הניסוי ו/או ביצוע הניסוי על המסקנות).
- במידת הצורך הצביעו על השינויים הרצויים בתהליך החקר (בניסוח ההשערה , בתכנון הניסוי וכו').
- **רשמו 3 שאלות נוספות** שהתעוררו בעקבות הניסוי כולו (אחת לפחות מנוסחת כשאלת חקר).

ט. הכנת הדו"ח

- הכינו דווח בכתב, הכולל את כל שלבי הפעילות ואת הרקע המדעי המתאים.
- הגישו דו"ח מאורגן, אסתטי וקריא .
- השתמשו בשפה מדעית מדויקת ונכונה בכל חלקי הדו"ח.
- כתבו בצורה עניינית ובעברית תקינה.
- הכינו את סיכום ניסוי החקר של קבוצתכם להצגה בפני הכיתה.
- **בתום הפעילות עליכם להגיש דו"ח. על דו"ח הניסוי להיות:**
- ענייני, מאורגן, אסתטי וקריא.
- כתוב בעברית תקינה.
- כתוב בשפה מדעית מדויקת ונכונה.

עבודה נעימה!

מצגות מלוות

אפקט מפמבה

היבטים פדגוגיים

היבטים פדגוגיים שבאים לידי ביטוי בניסוי אפקט מפמבה

מיומנויות מעבדה

- רישום תצפיות
- ארגון תצפיות בטבלה
- שרטוט גרף

חשיבה מדעית

- תכנון גורמים קבועים, מסי מערכת/חזרות
- מסקנות ותקפותן
- המשך חקר

למידת תוכן

- מושגי בסיס: קינור/חימום, מצבי צבירה, טמפר' קופאון
- תרמודינמיקה, מפל טמפר', השעת חום, קצב תהליכים

אפקט או פרדוקס?

מיוונית (para (παράδοξος): (מעבר), doxa (צפיות) בניגוד לציפיות, לא יאומן, מופלא.

רב-מילים
אמרים אחר המילה באותו ענין

פְּרֹדוּקְס

1. תופעה או מצב הכוללים תכונות או עובדות שיש ביניהן ניגוד או סתירה או שאחת מהן מנוגדת למה שניתן לצפות בהינתן התכונה או העובדה האחרת.
2. טענה או קביעה שהוסקה בהיסק תקף מהקדמות שלכאורה אין לחלוק עליהן אך כוללת סתירה פנימית או מנוגדת להיגיון. ניתוח מעמיק עשוי להביא להתרת הפרדוקס על-ידי תיקון במושגים או בדרך החשיבה שהובילה אליו.

פרדוקס = סתירה עם ניסיון או תאוריה
הסיבה לפרדוקס: טעות בדרך החשיבה או תאוריה לא נכונה

קישורים ומידע על אפקט מפמבה

◀ [רטון שיכול להיות פתיח לניסוי](#)

◀ [רטון הסבר \(באנגלית\)](#)

◀ [קישור להסבר של "מדע גדול, בקטנה"](#)

◀ [קישור לאתר של RSC עם התחרות והצעות לפעילויות בנושא](#)



**הזמנה לחקר:
המסת נתרן
מימן פחמתי**
 $\text{NaHCO}_3(s)$
במים

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה

קהילת מורים מובילים
ד"ר אורית הרשקוביץ

הפעילות מבוססת על רעיון שתואר במאמר:
Using Sodium Hydrogen Carbonate to Teach Chemical
Concepts of Thermodynamics
בעיתון: (2021) Journal of Chemical Education
[file:///C:/Users/User/Downloads/Using%20Sodium%20Hydrogen%20Carbonate%20to%20Teach%20Chemical%20Concepts%20of%20thermo%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Using%20Sodium%20Hydrogen%20Carbonate%20to%20Teach%20Chemical%20Concepts%20of%20thermo%20(1).pdf)

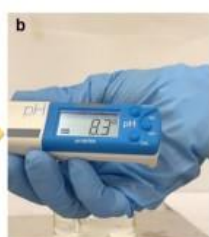
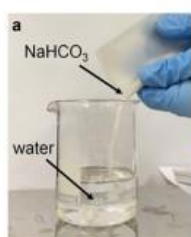
תגובת המסה של נתרן מימן פחמתי במים

$$\text{NaHCO}_3(s) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+(aq) + \text{HCO}_3^-(aq)$$
$$\text{HCO}_3^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3(aq) + \text{OH}^-(aq)$$

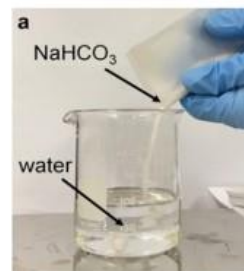
שינויים בטמפרטורת התגובה

שינויים בחומציות התמיסה

תגובת המסה של נתרן מימן פחמתי במים - חקר חומציות התמיסה

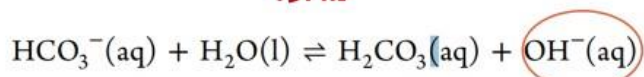


העלו השערה מנומקת לשאלת החקר:
האם ואם כן כיצד ישתנה ה- pH
של התמיסה בתהליך המסת
נתרן מימן פחמתי במים?

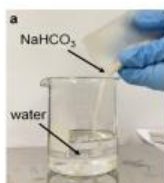


pH של מים הוא 7. לאחר הוספת $\text{NaCO}_3(s)$ עלה ה- pH ל- 8.3 - התמיסה הפכה בסיסית חלשה

מדוע?



מה יתרחש כאשר נחמם תמיסת נתרן מימן פחמתי?



נבצע את הניסוי הבא:

נעביר כמות מדודה של התמיסה ל- 8
מבחנות ונעביר אותן לאמבט מים חמים
(כ- 90 מעלות צלזיוס).

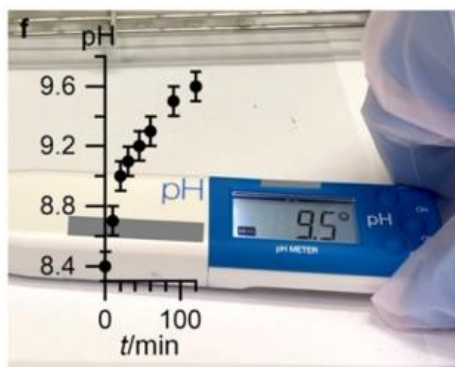
נמתין שעתיים במהלכן, נוציא כל רבע
שעה מבחנה אחת ונימדוד את PH של
התמיסה.

מה יתרחש כאשר נחמם תמיסת נתרן מימן פחמתי?

- א. מהי שאלת החקר המתאימה לניסוי?
ב. מהו המשתנה התלוי ומהו המשתנה הבלתי תלוי?
ג. מהם הגורמים הקבועים שיש לשמור בניסוי?
ד. העלו השערה מנומקת, מה יהיו תוצאות הניסוי.
- א. האם וכיצד משתנה ה- pH של התמיסה כתלות במשך זמן שהות התמיסה באמבט מים חמים?
ב. משתנה תלוי: pH. משתנה בלתי-תלוי: משך זמן שהות התמיסה באמבט מים חמים
ג. גורמים קבועים: טמפרטורת אמבט המים החמים, נפח התמיסה
ד. ככל שהתמיסה שווה זמן ארוך יותר במים חמים, ערך ה- pH

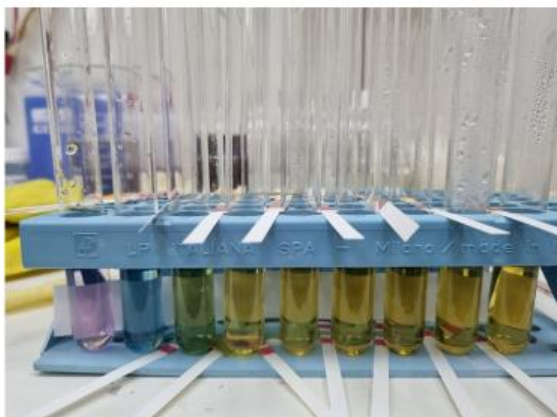
מה יתרחש כאשר נחמם תמיסת נתרן מימן פחמתי?

לפי השערתכם, הציעו גרף מתאים לתוצאות הניסוי והסבירו אותו.



- לפניכם תוצאות הניסוי.
- א. האם הוא תואם את השערתכם?
ב. הסבירו מדוע ה- pH של התמיסה עלה ככל שזמן החימום היה ארוך יותר?

ממצאים מצולמים של הניסוי

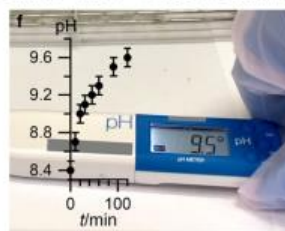


❖ המבחנה עם הצבע הסגול - מים ללא נתרן מימן פחמתי

❖ המבחנה עם הצבע הכחול- ללא חימום

❖ המבחנה עם הצבע הירוק- לאחר חימום 15 דקות

❖ המבחנה עם הצבע הצהוב השמאלי- לאחר חימום 30 דקות וכו'

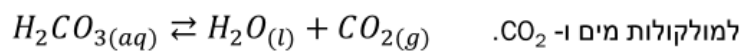


הסבר לתוצאות

יוני המימן הפחמתי מגיבם עם המים לקבלת חומצה פחמתית ויוני הידרוקסיד בתגובת שיווי-משקל. התגובה אנדותרמית.

$$\text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$$


החומצה הפחמתית היא חומצה חלשה שכמעט ולא מתפרקת ליונים. היא עצמה מתפרקת




למולקולות מים ו- CO_2 . בחימום, לפי לה-שטלייה, מופר שיווי המשקל לכיוון התוצרים ומתקבלים יותר יוני הידרוקסיד והתמיסה הופכת בסיסית יותר.

ככל שזמן החימום גדל, יותר מולקולות CO_2 עוזבות את פני הנוזל, שיווי המשקל מופר לכיוון התוצרים וכך מתקבלים יותר יוני הידרוקסיד ולכן התמיסה הופכת בסיסית יותר.

הצעות לשאלות חקר נוספות

נסחו שאלות חקר נוספת 

ציינו מה המשתנים ומה הגורמים הקבועים 

תארו את מהלך הניסוי הנדרש כדי לענות על שאלת החקר 

העלו השערה מנומקת לתוצאות הצפויות. 