**פעילות מתוקשבת בנושא סטיוכיומטריה של תגובות שריפה**

**1. תיאור כללי של המשימה**

* **שם המשימה:** סטוכיומטריה "באש ובמים"
* **שם המפתחים:** הפעילות מבוססת על פעילות שפיתחו ברק אהרונסון ומארק קמינר - סטודנטים בקורס: *דרכי הוראת הכימיה* בטכניון, בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ
* **עריכה לפני העלאה לאתר**: גבי שוורץ וד"ר אורית הרשקוביץ, הטכניון
* **קישור לנושא הוראה**:
* תגובות שריפה
* חוק שימור החומר ואיזון תגובות
* שימוש בנוסחאות לחישובים סטוכיומטריים (מול, מסה, מסה מולרית)
* **ערך מוסף של שימוש בפעילות**:
* הסימולציה מאפשרת לבצע מעבדות וירטואליות רבות הממחישות תגובות שריפה ללא צורך בחומרים וציוד אמיתי.
* התלמידים יכולים לבדוק את החישובים הכמותיים שביצעו ע"י שימוש בסימולציה.
* הסימולציה ממחישה בצורה טובה מהו "גורם מגביל" וכיצד זה בא לידי ביטוי בעת ביצוע תגובות כימיות.
* התלמידים מקבלים תחושה לגבי ביצוע תגובות כימיות בתעשייה בקנה מידה גדול ע"י שימוש בריאקטורים ובכמויות גדולות של חומרים.
* **קישור לפלטפורמה מתוקשבת**:

<http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/stoichiometry/stoic_excess_oxy.html>

* **סוג פעילות**: סימולציה של תגובות שריפה בריאקטור
* **אופן ביצוע פעילות**: יחידים או בזוגות
* **מיקום ביצוע הפעילות**: רצוי במהלך בשיעור במעבדת מחשבים
* **זמן משוער**: שיעור כפול

**2. דפי עבודה לתלמידים המלווים את הפעילות**

סטוכיומטריה "באש ובמים"

במסגרת עבודתם של המדענים, הם נדרשים לבצע חישובים כמותיים באופן תמידי במעבדה אשר יסייעו להם בהוצאת תגובות כימיות לפועל באופן מלא ובצורה בטוחה ומדויקת.

הכירו את המדען "דַלִיק" .

אחת התגובות האהובות על "דַלִיק" הן תגובות שריפה. הבעיה ש"דַלִיק" לא יודע לחשב את הכמויות הנדרשות לצורך התגובה ולכן הוא ועמיתיו במעבדה נתונים בסכנה.

**דליק זקוק לעזרתם של מדענים צעירים,כמותכם, אשר מיומנים בחישובים סטוכיומטריים!**

בפעילות הבאה תסייעו ל"דליק" באמצעות התנסות בסימולציה של תגובות שריפה כאשר תפקידכם המרכזי יהיה:

1. איזון תגובות השריפה
2. ביצוע חישובים כמותיים כך שתגובת השריפה תצא לפועל במלואה

1. על מנת לשמור על בטחונו של "דליק" תחילה נוודא שאתם זוכרים מהן תגובות שריפה ומה מאפיין אותן; צפו בסרטון הבא וענו על השאלות שאחריו

<https://www.youtube.com/watch?v=q7ZKnnXz5R4>

א. מהם המגיבים בתגובת שריפה ומהם תוצרי התגובה?

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ב. אזנו את שתי התגובות המופיעות בסוף הסרטון והסבר על אילו עקרונות התבססתם

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ג. חשבו כמה מול יש ב- 4 גרם CH4 וכמה מול חמצן יידרש לתגובת שריפה זו?

ד. בהתייחס לנתונים בסעיף הקודם, כמה מול מים וכמה מול פחמן דו חמצני יוותרו בתגובה זו?

**עכשו אתם מוכנים לעבור לשלב הבא שבו "דליק" מחכה לכם במעבדה!**

**2**. בפעילות הבאה אתם תצפו בסימולציה שבה תתרחש בזמן אמת תגובת שריפה של שלושה גזים פחמימנים שונים בריאקטור תעשייתי.

ריאקטור הוא כלי או מיכל ייעודי שבו מתרחשת תגובה כימית; בדרך כלל הריאקטור בנוי בצורה כזו שמותאמת לסוג התגובה על מנת שיוכל לשמור על בידוד מהסביבה, לחץ גבוה, טמפרטורה גבוהה וכדומה. מידע נוסף על ריאקטורים וסוגים שונים שלו תוכלו למצוא [בקישור זה](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A8%D7%99%D7%90%D7%A7%D7%98%D7%95%D7%A8).

פתחו את דפדפן האינטרנט וגלשו [לקישור זה](http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/stoichiometry/stoic_select_both.html).

בכניסתכם לאתר תראו את המסך הבא:



בחלק העליון של המסך מופיעה ניסוח תגובה (ליד כל מגיב ותוצר ישנו ריבוע ריק- שימולא במספר שאתם תכתבו מאוחר יותר). מתחת לניסוח התגובה מצויר ריאקטור גדול עם שני בלוני גז המחוברים אליו משני הצדדים. על הבלון השמאלי כתוב באנגלית Oxygen = חמצן, ומעליו ריבועים ריקים לידם מסומנים גרמים = grams ומולים = moles .

גם על הבלון הימני מופיעים שני ריבועים דומים עם גרמים ומולים. אך אין כיתוב על הבלון.
ביציאה מהריאקטור מופיעים שני מיכלים קטנים שמסומנים ב CO2 ו H2O – אילו הם קולטי התוצרים (סופחAbsorber = ) .

**שלבי הפעילות בסימולציה ממוספרים בלשוניות 1-5; לחיצה על כל לשונית מאפשרת לכם לבצע שלב שונה בתהליך תגובת השריפה באופן הבא:**

1. לחצו על הלשונית הצהובה בפינה השמאלית העליונה הממוספרת בספרה 1. עליה כתוב:

1. Select Gas (בחר גז) – יופיע תפריט של גזים (CH4 ,C2H6, C3H8). בחרו באחד הגזים.
שימו לב שבבחירת גז משתנות הכתוביות בניסות תגובת השריפה ובבלון הגז הימני

**מתאן** - Methan CH4, , **אתאן** Ethane C2H6 – , **פרופאן** Propane C3H8

1. כעת עליכם לאזן את תגובת השריפה – הקלידו את מקדמי הניסוח בריבועים המתאימים.
**שימו לב!** יש להקליד מספרים שלמים – השתמשו במכנה המשותף הקטן ביותר.
לאחר הזנת המקדמים הקליקו על SUBMIT = הגש , המחשב יאשר תשובה נכונה או ידווח שיש טעות ויתן את תשובה הנכונה.
2. בשלב השלישי עליכם לבחור את כמות המגיבים**:** Select the amount of O2 and Hydrocarbon

מצד כל בלון (חמצן והגז הנבחר) יש כפתור הזזה מעלה ומטה -
בחרו כמות על-ידי גרירת הכפתור לגובה הרצוי – כמות החומר תחושב אוטומטית ותופיע בריבועים מעל לבלונים **הן בגרמים והן במולים.**

1. לחצו על החץ מתחת ל Start the Reaction = התחל תגובה
2. לאחר השלמת התגובה נאספים התוצרים במיכלי הספיחה המתאימים- המחשב יחשב עבורכם את כמות התוצרים. תוכלו לבחור האם תרצו לקבל את כמות התוצרים במולים או בגרמים.

**6. שחקו והתנסו מספר פעמים בסימולטור וגשו לסייע ל"דליק":**

בחרו בגז מתאן CH4 והשלימו את הטבלה הבאה במהלך התנסותכם בסימולטור:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| כמות הגז | כמות החמצן | כמות CO2 שנוצרת | כמות המים שנוצרת |
| גר' | מול | גר' | מול | גר' | מול | גר' | מול |
| 10 |  | 100 |  |  |  |  |  |
| 20 |  | 100 |  |  |  |  |  |
| 30 |  | 100 |  |  |  |  |  |
| 40 |  | 100 |  |  |  |  |  |
| 50 |  | 100 |  |  |  |  |  |

1. הזינו במיכל הגז 10 גרם מתאן. חשבו כמה מול יש בכמות זו והשוו את תוצאתכם לזו שבסימולטור. רישמו בטבלה.
2. בחר את הכמות המקסימאלית של חמצן- 100 גרם.
3. הריצו את הסימולטור בהתאם לשלבים 1-5 עבור כל אחת מהכמויות שבטבלה ורישמו את כמות התוצרים בטבלה.
4. מהן הכמויות המרביות של פחמן דו חמצני ומים שהינכם יכולים לייצר בריאקטור?
5. האם "דליק" השתמש בכל כמות גז המתאן שלרשותו במעבדה? הסבירו.
6. מדוע לא ניתן להגדיל את הכמות של פחמן דו חמצני ומים (תוצרי התגובה) בסימולטור?
7. חיזרו על הניסוי שביצעתם עם מתאן אך הפעם בצעו אותו עם אתאן ןעם פרופאן עפ"י שלבים א-ו.

I. מי מבין שלושת הגזים מפיק בסימולציה את הכמות הגדולה ביותר של פחמן דו חמצני ומדוע?

II. מי מבין שלושת הגזים מפיק בסימולציה הכי הרבה מים ומדוע?

ח. לסיכום, רשמו שני דברים חדשים שלמדתם בעת התנסות בסימולטור. בתור מדענים צעירים מה הייתם ממליצים ל"דליק" בעת ביצוע חישובים כמותיים במעבדה?

**3. רקע למורה**הנחיות דידקטיות להפעלת הפעילות בכיתה:

הפעילות מתחלקת לשני חלקים מרכזיים: החלק הראשון הינו חלק מקדים, לצורך רענון ידע התלמידים לגבי תגובות שריפה, איזונן וחישובים כמותיים בסיסיים (גרמים ומולים). בחלק השני, התלמידים עובדים ומתנסים בסימולציה תוך כדי חקירה כמותית של תהליך שריפת פחממנים.

מומלץ שהחלק הראשון ייעשה בכיתה ביחד עם המורה ובחלק השני התלמידים ייעברו למעבדת המחשבים לעבודה עצמאית לאחר שהמורה מדגים פעם אחת כיצד עובדים עם היישומון.

דגשים חשובים:

* בתחילת השיעור מומלץ להקרין לכל הכיתה יחדיו את סרטון הרענון בנושא "תגובות שריפה" ולתת לתלמידים לענות על השאלות בדף העבודה. כמו כן ניתן לכתוב את הנוסחאות הרלוונטיות על הלוח על מנת שהתלמידים יוכלו להיעזר בהן במהלך הפתרון.
* בבדיקת החלק המקדים עם התלמידים בכיתה, מומלץ לוודא שכלל התלמידים יודעים לבצע איזון תגובות וחישובים כמותיים בתגובות שריפה (מעברים בין כמויות בגרמים וכמויות במולים).
* בשלב זה ניתן לחלק את התלמידים ליחידים או זוגות (כתלות במעבדת המחשבים ובמספר התלמידים) ולתת להם לעבוד עצמאית תוך כדי שהמורה עובר ביניהם ומסייע במידת הצורך.
* ההנחיות לפעילות מתייחסות לשריפה במצב בו יש כמות מירבית של 100 גר' חמצן. ניתן לתת לתלמידים להתנסות בהמשך (אן לתלמידים שמסיימים את הפעילות מוקדם מהאחרים) במצבים שונים של כמויות חמצן. ניתן למשל, לקחת כמות קבועה של פחממן ולבדוק מה כמות החמצן המירבית הנידרשת לשריפה מלאה.

תיאור ההתקנה והפעלת פלטפורמה:

מדובר באתר אינטרנט שלצורך הפעלתו אין צורך ולא נדרש מהתלמיד להוריד תוכנות מסוימות. מכיוון שהמסך הראשי בפעילות מעט עמוס, רצוי שהמורה תציג אותו בפני כל הכיתה ותנחה את התלמידים כיצד יש להתקדם בו על פי המספור שמופיע.

לא נדרש ציוד מיוחד פרט למחשבים וחיבור לאינטרנט על מנת להיכנס לאתר ולתפעל אותו.

**4. פתרון דף העבודה**

חלק 1

* מהם המגיבים בתגובת שריפה ומהם תוצרי התגובה?

|  |
| --- |
| מגיבים: פחמימן CxHy וחמצןתוצרים: פחמן דו -חמצני ומים |

* אזנו את שתי התגובות המופיעות בסוף הסרטון והסבירו על אילו עקרונות התבססתם

|  |
| --- |
| $$2C\_{2}H\_{6}+ 7O\_{2}\rightarrow 4CO\_{2}+6H\_{2}O$$חוק שימור החומר מציין שחומר לא נעלם או נוצר מאין .סה"כ מספר האטומים מסוג מסוים נשאר קבוע.בשפת הכימאים יש לוודא שמספר האטומים מהסוגים השונים זהה בצד התוצרים והמגיבים$CH\_{4}+ 2O\_{2}\rightarrow CO\_{2}+2H\_{2}O$  |

* חשבו כמה מול יש ב- 4 גרם CH4 וכמה מול חמצן יידרש לתגובת שריפה זו?

|  |
| --- |
| m= 4 [gr]M.w = 16 [gr/mol]n(CH4) = 4/16= 0.25 moln(O2) = 0.25\*2=0.5 mol (יחס 1:2) |

* בהתייחס לנתונים בסעיף הקודם, כמה מול מים וכמה מול פחמן דו חמצני יוותרו בתגובה זו?

|  |
| --- |
| n(H2O)= n(O2) = 0.5 moln(CO2) = n(CH4) = 0.25 mol |

חלק 2

תוצאות סימולציה של שריפת מתאן:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| כמות הגז | כמות החמצן | כמות CO2 שנוצרת | כמות המים שנוצרת |
| גר' | מול | גר' | מול | גר' | מול | גר' | מול |
| 10 | 0.62 | 100 | 3.12 | 27.4 | 0.62 | 22.4 | 1.24 |
| 20 | 1.24 | 100 | 3.12 | 54.8 | 1.24 | 44.9 | 2.49 |
| 30 | 1.86 | 100 | 3.12 | 68.7 | 1.56 | 56.3 | 3.12 |
| 40 | 2.49 | 100 | 3.12 | 68.7 | 1.56 | 56.3 | 3.12 |
| 50 | 3.11 | 100 | 3.12 | 68.7 | 1.56 | 56.3 | 3.12 |

1. מהן הכמויות המרביות של פחמן דו חמצני ומים שהינכם יכול לייצר בריאקטור?

ניתן לייצר (בשימוש במתאן) עד 68.7 גר' פחמן דו חמצני ו 56.3 גר' מים.

1. האם "דליק" השתמש בכל החומר שלרשותו במעבדה? הסבירו.

"דליק" השתמש בכל החמצן ( 100 גרם) אך רק ב- 25.6 גרם מתאן. (כדי לבדוק זאת יש להנחות את התלמידים לבדוק את הטווח שבין 20 גר' מתאן ל- 30 גר' מתאן שבו כבר כמות התוצרים קבועה).

1. מדוע לא ניתן להגדיל את הכמות של פחמן דו חמצני ומים (תוצרי התגובה) בסימולטור?

הסיבה היא שכמות החמצן מוגבלת. לא ניתן לשרוף את שארית המתאן כי אין יותר חמצן בבלון.

1. חיזרו על הניסוי שביצעתם עם מתאן אך הפעם בצעו אותו עם אתאן ןעם פרופאן עפ"י שלבים א-ו.

I. מי מבין שלושת הגזים מפיק בסימולציה את הכמות הגדולה ביותר של פחמן דו חמצני ומדוע?

II. מי מבין שלושת הגזים מפיק בסימולציה הכי הרבה מים ומדוע?

בכל המקרים החמצן הוא הגורם המגביל אך היחס בין הפחמן דו חמצני והמים תלוי ביחס מספר אטומי הפחמן לאטומי המימן במולקולת הגז הנשרף – במולקות הפרופאן היחס הגדול ביותר של פחמן לעומת מימן (3:8>2:6>1:4) ולכן בשריפה של פרופאן (עם כמות חמצן מוגבלת) תיווצר המסה הגדולה ביותר של פחמן דו חמצני (יתקבלו 82.5 גר' פחמן דו-חמצני). לעומת זאת, במולקות המתאן היחס הגדול ביותר של מימן לעומת פחמן (4:1>6:2>8:3) ולכן בשריפה של מתאן (עם כמות חמצן מוגבלת) תיווצר הכמות הגדולה ביותר של מים (56.3 גר' מים).

1. לסיכום, רשמו שני דברים חדשים שלמדתם בעת התנסות בסימולטור. בתור מדענים צעירים מה הייתם ממליצים ל"דליק" בעת ביצוע חישובים כמותיים במעבדה?

דברים חדשים שנילמדו: (1) זיהוי גורם מגביל (2) להבין איזה חומר נשאר בעודף;

המלצות: לבצע חישובים כמותיים תוך התחשבות בכמות החומרים שיש במעבדה וביחס שבו החומרים מגיבים ביניהם בתגובה הכימית המאוזנת. זו הדרך היעילה ביותר לשימוש נירבי בכמויות החומרים הנתונות.