**משימת הערכה חלופית בנושא תגובות שיווי משקל ותעשיית האמוניה**

**1. תיאור כללי של המשימה**

* **שם המשימה: הקרב על הזרז – פריצת הדרך לפיתוח תהליך ייצור האמוניה**
* **מפתחת:** ד"ר צביה קברמן, הטכניון, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה ובי"ס תיכון מקיף נשר
* **עריכה ועיבוד**: ד"ר אורית הרשקוביץ, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון
* **מטרות הפעילות**:
* יישום ידע בתגובות שיווי משקל בתהליך הפקת האמוניה.
* הכרות עם שיקולים בתהליך ייצור תעשייתי (המרה וניצולת).
* פיתוח מיומנויות של שאלת שאלות, חשיבה ביקורתית, העלאת טיעונים תוך הצגת עמדה מנומקת, עבודת צוות, עמידה מול קהל והצגת נושא.
* **תיאור תמציתי של הפעילות:**

הפעילות כוללת שלושה חלקים עיקריים: (1) קריאת שלושה קטעי מידע מעובדים בנושא: הפקת אמוניה, תהליך האבר ושיקולים ומושגים בהפקה תעשייתית של אמוניה. השאלות המלוות כוללות מגוון מיומנויות: יישום ידע כימי, ניתוח מידע מגרפים, שאילת שאלות, העלאת טיעונים מנומקים. (2) העמקה תוך חיבור חידון באמצעות אפליקציית KAHOOT העוסק בתגובות שיווי משקל ובתעשיית האמוניה. (3) הרחבה – כתיבת מאמר עמדה בנושא תגליות מדעיות והשלכותיהן על העולם ועל האנושות והצגתו בדיון פומבי בכיתה.

* **דרכי הערכה חלופיות במשימה (הכוללים מחוונים):**
* חיבור חידון באמצעות אפליקציית KAHOOT
* כתיבת מאמר עמדה והצגתו בדיון פומבי.
* **רקע נדרש לתלמיד:**

ידע בנושא שיווי משקל, אנתלפיות תגובה אנדותרמית ואקזותרמית, זרזים כימיים.



**2. המשימה לתלמידים**

**הקרב על הזרז – פריצת הדרך לפיתוח תהליך ייצור האמוניה**

**מבוא**

הגידול באוכלוסיית העולם והירידה בשטחים החקלאיים המעובדים הביאו להחרפת הבעיה של אספקת מזון בעולם המודרני. התופעה החריפה במיוחד במדינות המתפתחות, בהן צפיפות האוכלוסין גבוהה ורבים בהן רעבים ללחם או סובלים מתת תזונה. כדי לפתור בעיה זו, יש למצוא דרכים להעלאה משמעותית של היבולים ליחידת שטח מעובד.

אחד הפתרונות העיקריים לבעיית הרעב העולמי הוא השימוש בדשנים אנאורגניים ובמיוחד בחנקות. היסוד חנקן דרוש לצמח בכמויות גדולות והוא בעל מספר תפקידים בגדילת הצמח:

* הכרחי ליצירת החלבונים ולכן משפיע על רמת היבולים ואיכותם
* משתתף בבניין הכלורופיל שהוא בעל תפקיד חשוב בפוטוסינתזה
* מהווה מרכיב חיוני של חומצות הגרעין ((DNA, RNA.

לרוע המזל, מרבית הצמחים אינם מסוגלים לקלוט חנקן ישירות מהאטמוספירה אלא רק בצורת יונים שמקורם בתרכובות מסיסות באדמה, דרך השורשים.

שנים רבות העסיקה את המדענים הבעיה כיצד לייצר באופן תעייתי דשנים מתאימים שיספקו את החנקן לצמח. הבעיה המרכזית הייתה כיצד ניתן לייצר **אמוניה – NH3**, בצורה פשוטה וכלכלית. זאת מכיוון שהאמוניה היא המקור העיקרי ממנו מפיקים את כל הדשנים המסיסים המכילים את החנקן בצורה מתאימה על ידי הצמח: יוני NH4+(aq), יוני NO3-(aq) או אמידים מסיסים (למשל אוריאה CO(NH2)2). מציאת דרך תעשייתית לייצור אמוניה, היוותה צעד חשוב ביותר בדרך לפתרון בעיית הדישון בעולם המודרני.



**חלק א**

לפניכם שלושה קטעי מידע אודות תהליך הפקת אמוניה. קראו את קטעי המידע וענו על השאלות בהמשך.

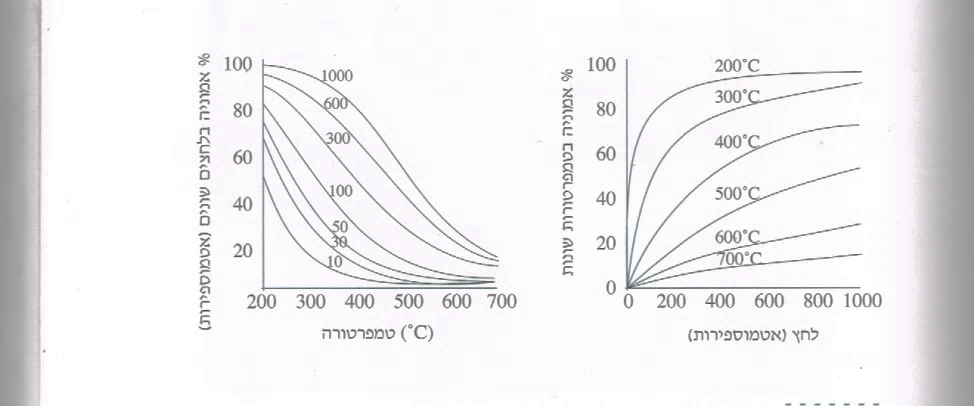
**שיקולי שיווי משקל בתהליך הפקת האמוניה**

תהליך הפקת האמוניה מתבסס על תגובת שיווי משקל בין הגזים חנקן (המופק מן האוויר) ומימן (המופק בבתי הזיקוק מפחמימנים שמקורם בנפט), כמתואר להלן:



ΔH=-92.4KJ

מטרת התעשיינים הינה למצוא תנאי תגובה מיטביים לקבלת האמוניה בניצולת גבוהה.

הגרפים הבאים מתארים את אחוז תוצר האמוניה המתקבל בהתרחשות התגובה בתנאי לחץ וטמפרטורה שונים:

גרף א גרף ב

אחד המדענים אשר חקר את תגובת ההיווצרות של אמוניה מהיבטים הנוגעים לשיקולים של מהירות תגובה היה הכימאי הצרפתי **הנרי לואי לה-שטלייה**. לה שטלייה חיפש פתרונות לבעיות ייצור האמוניה, הוא חפש זרזים מתאימים שיאפשרו לתגובה להתרחש בטמפרטורה נמוכה יחסית.

בשנת 1901, לאחר ניסויים רבים, הגיע לה-שטלייה לתנאים הדומים למדי לתנאים בהם עובדת התעשייה כיום, אלא שלרוע המזל, התרחשה התפוצצות עזה באחת המערכות בהן בצע את הניסוי. לאחר מכן, כתב לה-שטלייה בזיכרונותיו: "אפשרתי לתגלית של יצירת האמוניה לחמוק מבין אצבעותיי. זו השגיאה האווילית ביותר בכל הקריירה המדעית שלי".

מעובד על-פי:

מירי קסנר (1998). לא על הדשן לבדו – סיפורו של מפעל חיפה כימיקלים, מכון וייצמן למדע

רות בן צבי ויהודית זילברשטיין (1992). הכימיה אתגר – תעשיית האמוניה, מכון וייצמן למדע

שאלות

1. בהתייחס לשני הגרפים הנתונים בקטע המידע:
   1. מה תוכלו להסיק מגרף א לגבי הטמפרטורה המיטבית להפקת אמוניה? מהו תחום הלחצים המיטביים להפקת אמוניה? נמקו.
   2. האם העקומות המוצגות בגרף ב תומכות במסקנתכם מגרף א או סותרות אותה? נמקו.
   3. לאור תשובתכם לסעיפים א ו- ב, מהם התנאים המיטביים מבחינת לחצים וטמפרטורות הדרושים לקבלת האמוניה?
   4. הסבירו את מסקנתכם לגבי הטמפרטורות הדרושות לקבלת אחוז אמוניה מיטבי על פי עיקרון לה-שטלייה ואנתלפיית התגובה הנתונה.
   5. הסבירו את מסקנתכם לגבי הלחצים הדרושים לקבלת אחוז אמוניה מיטבי על פי עיקרון לה-שטלייה ועל פי מספר מולי הגז במגיבים לעומת מספר מולי הגז בתוצרים, בניסוח התגובה.
2. מהם הקשיים ביישום תנאים אלו להפקת אמוניה? כדי להשיב על השאלה, צרו מפת מושגים הכוללת, בין היתר, את המושגים הבאים: לחץ גבוה, מהירות תגובה איטית, עלויות מתקנים גבוהות, טמפרטורה נמוכה, בטיחות.

3. א. הסבירו מהו תפקידו של הזרז בתגובה כימית

ב. מה היתרונות בשימוש בזרז בתהליך ייצור האמוניה בתנאים אותם הסקתכם כמיטביים?

**תהליך האבר – "האיש שקטף לחם מהשמיים"**

****בשנת 1908, הצליח המדען היהודי הגרמני פריץ האבר למצוא זרז מתאים ליצירת אמוניה בתגובה ישירה בין חנקן ומימן. התנאים בהם עבד היו טמפרטורה של 500°C, לחץ של 200 אטמוספירות (הלחץ המירבי שניתן היה להשיג בתקופתו של האבר) ונוכחות **תחמוצת ברזל כזרז**.

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 הזרז ונוצר גז אמוניה. החנקן והמימן שלא הגיבו מוחזרים לכלי, והתהליך מתחיל שוב.

בשנת 1918, בעיצומה של מלחמת העולם הראשונה, קיבל פריץ האבר פרס נובל על פיתוח התהליך ההופך את החנקן שבאוויר לאמוניה. האבר הוגדר כמי ש"היטיב עם האנושות" על ידי פיתוח חומר גלם לייצור דשן. את תהליך האבר כינו בגרמניה – "לייצר לחם מן האוויר".

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.

(מעובד מתוך: <http://www.ranlevi.com/texts/ep129_fritz_haber_text/>.)

שאלות

1. ציירו סכמה המתארת את תהליך ייצור האמוניה על-פי שיטת האבר.

2. הסבירו כיצד המצאתו של פריץ האבר תרמה לצמצום הרעב ולהארכת תוחלת החיים בעולם כולו.

**המרה וניצולת בהפקה תעשייתית של אמוניה**

במפעל "דשנים וחומרים כימיים" הממוקם בחיפה, מיוצרת האמוניהבאופן תעשייתי כבר עשרות שנים. התנאים המיוחדים בהם עובדים במפעל אינם התנאים המיטביים לקבלת כמות מירבית של אמוניה, אך אלו הם תנאי פשרה המאפשרים קבלת כמות סבירה של תוצר. התנאים בהם מיוצרת האמוניה הינם טמפרטורה של 500°C, לחץ של 300 אטמוספירות ונוכחות זרז: תערובת של תחמוצות ברזל FeO ו – Fe2O3 ביחס של 1:1.

המרה וניצולת הם שני גורמים בעלי חשיבות רבה בעת ייצור האמוניה במפעל והם קובעים במידה רבה את ריווחיות התהליך.

**ככל שאחוזי ההמרה והניצולת גבוהים יותר, כך ייצור האמוניה במפעל יעיל יותר, ומתקבלת אמוניה בכמות גדולה יותר בתהליך האבר.**

**המרה** - היחס באחוזים בין כמות המגיב שהגיבה לבין כמות המגיב שהוכנסה למיכל התגובה.

**אחוז ההמרה**=100\* כמות המגיב שהגיבה

כמות המגיב שהוכנסה

לתגובה

ההמרה תלויה בערכו המספרי של קבוע שיווי המשקל K. כאשר הקבוע גדול מאד, K>1010 נהוג לומר שבאופן מעשי התגובה מתרחשת עד תום ואז ההמרה קרובה ל – 100%.

בדרך כלל מחשבים את ההמרה על פי המגיב המצוי בכמות המגבילה, שהוא לרוב המגיב היקר.

**ניצולת** – היחס באחוזים בין כמות התוצר המבוקש המתקבלת בתגובה נתונה לבין הכמות שהייתה צריכה להתקבל על פי ניסוח התגובה, הכמות ההתחלתית של המגיבים ואחוז ההמרה.

ניצולת תלויה באובדן מגיבים או תוצרים ובתהליכים מתחרים.

**אחוז הניצולת**=100\* כמות התוצר שהתקבלה

כמות התוצר שהייתה מתקבלת ע"פ הכמות ההתחלתית של המגיבים ע"פ הניסוח ואחוז ההמרה

שאלות

1. הכניסו למיכל התגובה 1000 ק"ג חומר A ובתום התגובה נותרו 600 ק"ג חומר A שלא הגיבו. מהו אחוז ההמרה?

2. במיכל מתרחשת התגובה . למיכל התגובה הוכנסו 100 מול A, ו – 90 מול B. עם תום התגובה, ולאחר הפרדת התוצר, נמצא כי התקבלו 120 מול C, ונותרו בין היתר 10 מול B שלא הגיבו.

א. מהו אחוז ההמרה של חומר B?

ב. מהו % הניצולת של תהליך קבלת חומר C?

3. למיכל התגובה הוכנסו 150 מול חנקן ו – 420 מול מימן. עם תום התגובה נמצא כי התקבלו 210 מול אמוניה ונותרו 30 מול מימן שלא הגיבו.

מהו אחוז ההמרה והניצולת על פי תהליך האבר לייצור האמוניה?

**חלק ב - העמקה: כתיבת חידון באמצעות אפליקציית KAHOOT העוסק בתגובות שיווי משקל ובתעשיית האמוניה**

**אודות KAHOOT**

מדובר בפלטפורמה ידידותית ליצירת חידון מקוון עם שאלות רבות ברירה, המאפשר מענה של מספר משתמשים בו זמנית דרך הטלפון הנייד, הטאבלט או המחשב. כל מה שעליכם לעשות הוא לכתוב שאלות וכמה תשובות לבחירה. לאחר מכן תקבלו קוד, שהמשתתפים יתבקשו להזין לנייד שלהם. בהפעלת החידון, כל משתתף יוכל לסמן באמצעות הטלפון הנייד, הטאבלט או המחשב את התשובה הנכונה לדעתו. הסימון ייראה על גבי מסך המחשב הראשי אותו מפעיל כותב החידון. אם תרצו, תוכלו גם לקבל התפלגות של התשובות הנכונות והשגויות.

שימו לב: Kahoot מספק חוויה משחקית ותחרותית אך שם את התוכן הלימודי במרכז.

**כיצד בונים חידון KAHOOT?**

תחילה יש להיכנס לכתובת הבאה:

<https://getkahoot.com/>

לשם יצירת חשבון חדש יש ללחוץ על:

Get my free account ולמלא את הפרטים הדרושים.

לאחר מכן, כדי להתחיל לבנות את החידון, היכנסו לקישור הבא

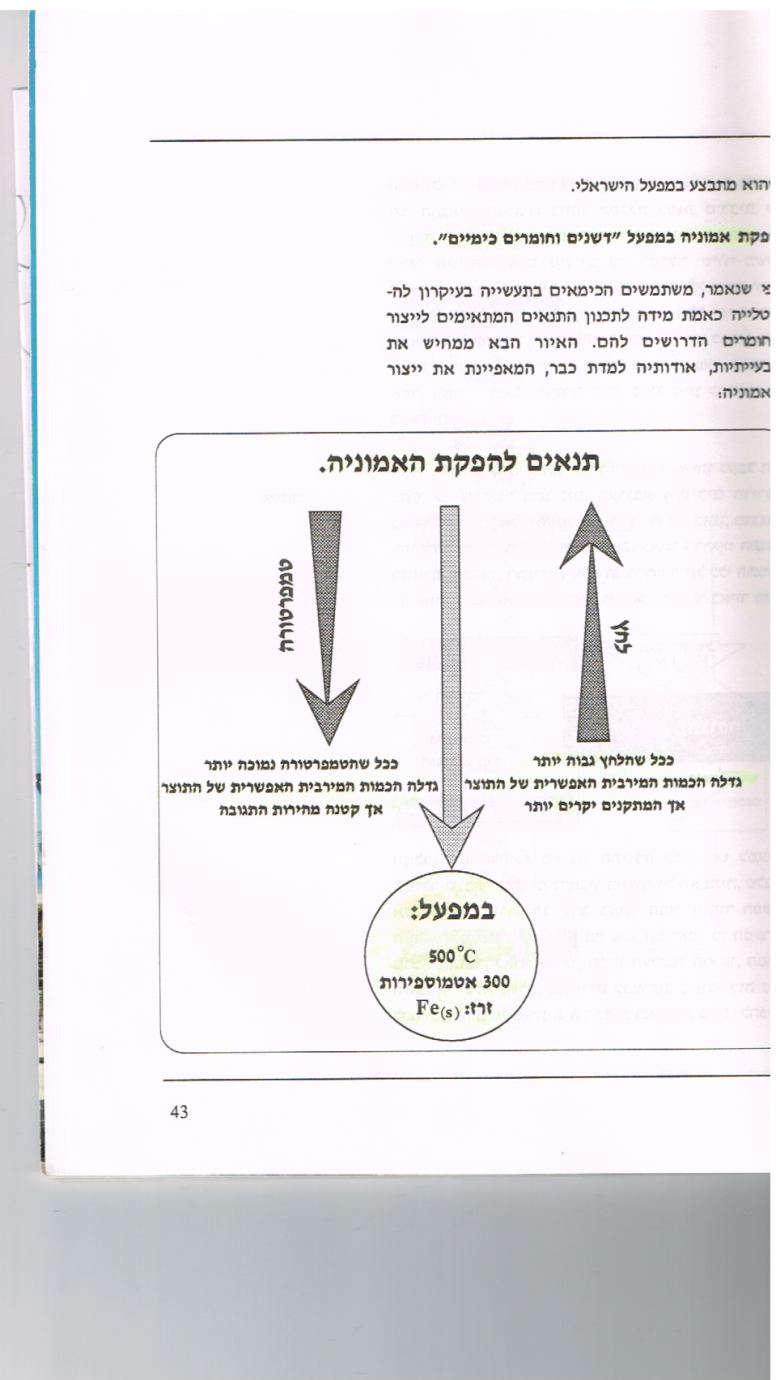
<https://www.youtube.com/watch?v=gRvGHv6UM_4>

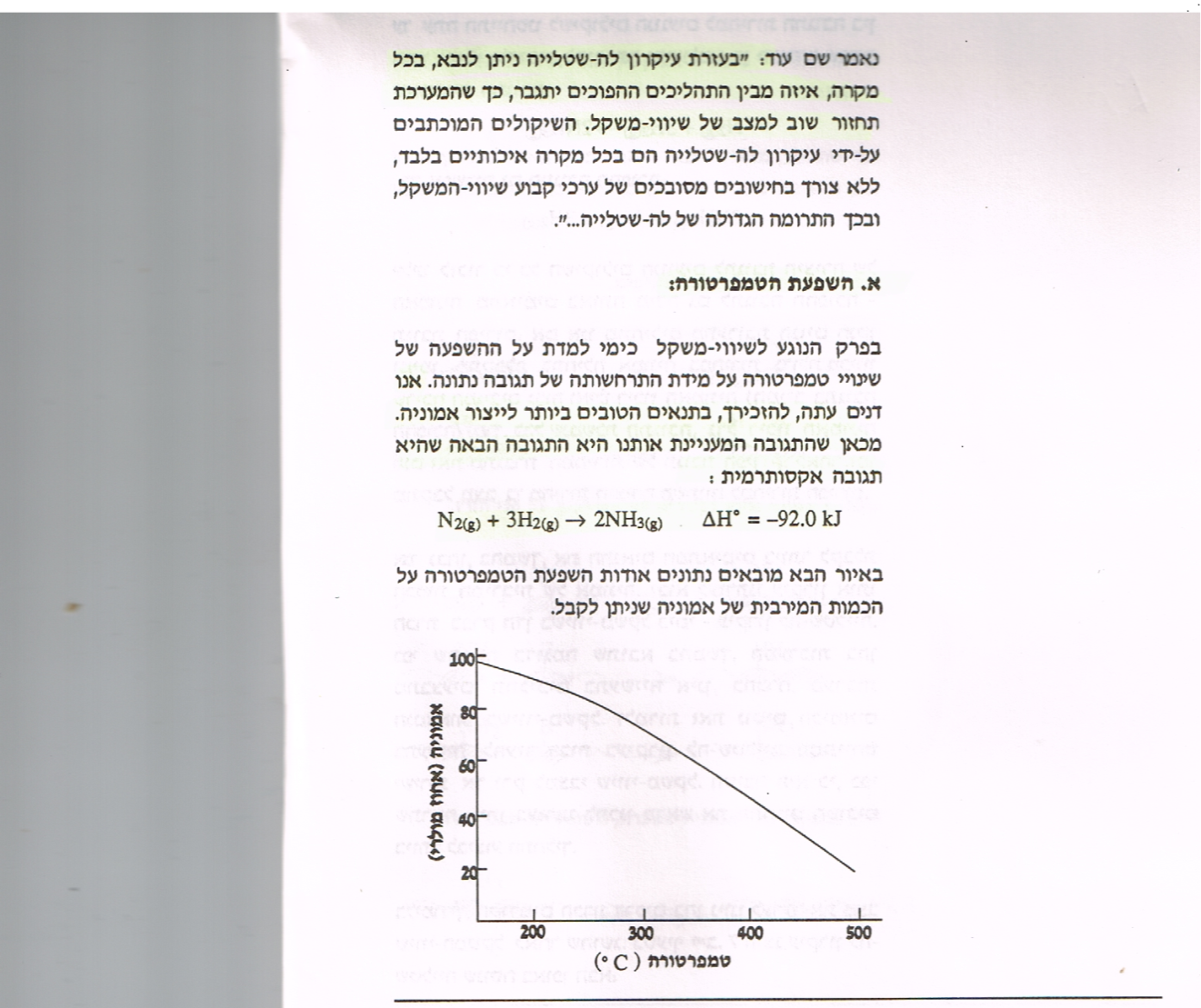
וצפו בו החל מ 11:45 דקות. בסרטון הסבר מפורט המתאר כיצד לבנות את החידון בפלטפורמה זו.

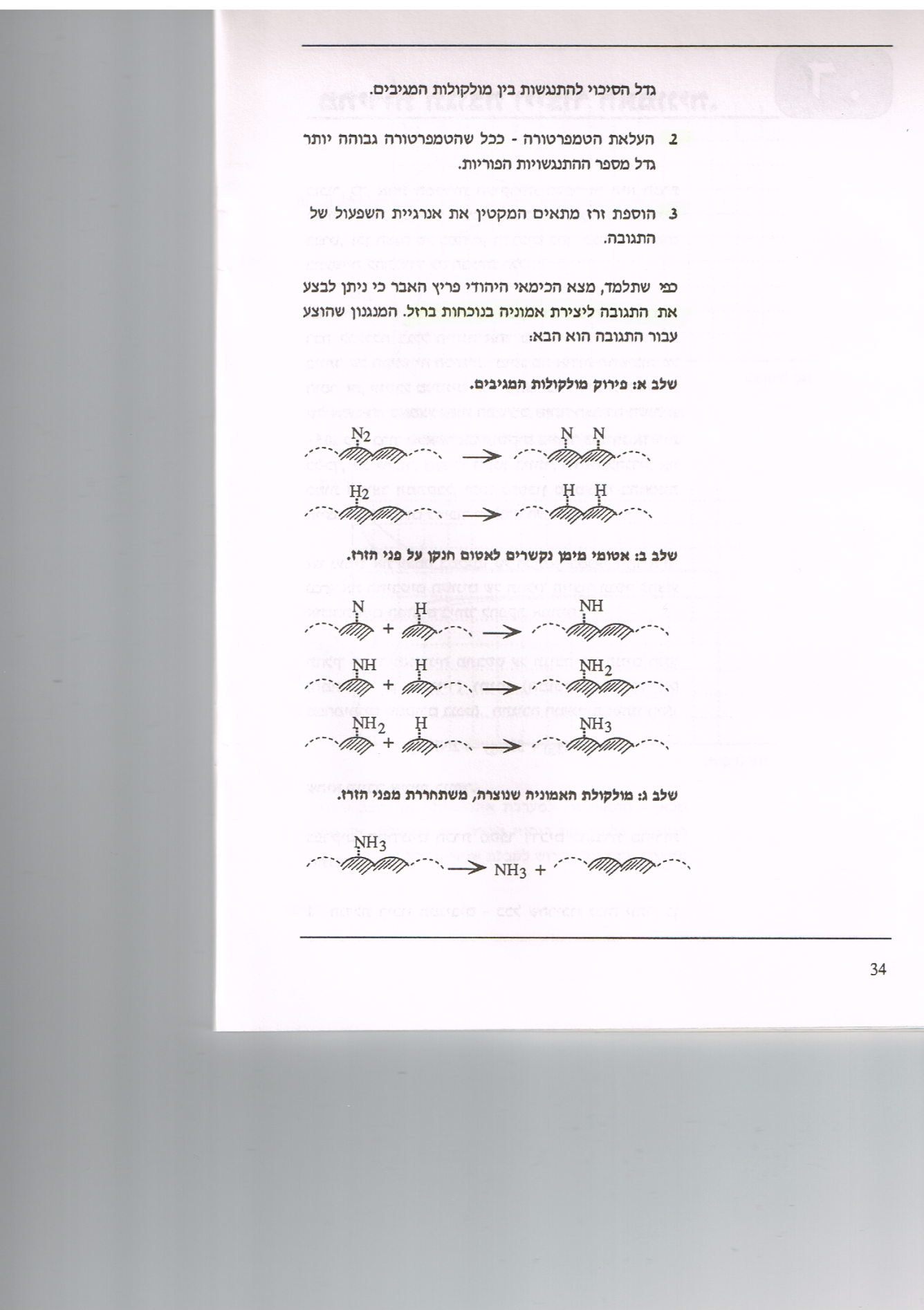
**מה יכלול החידון?**

החידון יכלול שאלות העוסקות בנושא שיווי משקל בכלל ובנושא תהליך ייצור האמוניה (תהליך האבר) בפרט. ניתן לשאול שאלות העוסקות ברמה המיקרוסקופית של תהליכי שיווי משקל, הרמה המאקרוסקופית, הפרעות לשיווי משקל, תנאים מועדפים לביצוע תגובות שיווי משקל, אחוזי המרה וניצולת, היבטים מוסריים הנוגעים לתהליך האבר ועוד.

יש לכלול בחידון גם שניים מבין שלושת האיורים הבאים ולשאול עליהם שאלות.







* החידון יכלול 10 שאלות
* לכל שאלה יש לחבר 3 או 4 תשובות אפשריות לבחירה
* לכל שאלה תהיה אך ורק תשובה נכונה אחת
* השאלות והתשובות לבחירה ינוסחו באופן ברור וחד משמעי
* כל קבוצה תציג את החידון בפני הכיתה, לשם השתתפות פעילה של שאר התלמידים בפתרון השאלות דרך KAHOOT.
* יש להעביר את דף השאלות למורה לצורך קבלת משוב והערכה מעצבת.
* את החידון תעביר כל קבוצה בכיתה לפי סדר שייקבע על-ידי המורה. יש לתכנן את שיתוף כל חברי הצוות בביצוע החידון בכיתה.

**מחוון להכנת חידון באפליקציית KAHOOT והצגתו בכיתה**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **קריטריון וחלקו היחסי בציון** | **פירוט** | **מדדי ביצוע** | | | **ציון והערות** |
| **גבוה** | **בינוני** | **חלש** |  |
| **השאלות בחידון**  **60%** | מגוון של שאלות מבחינת תוכנים ורמות חשיבה | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |
| בשאלות יש ביטוי לכל רמות ההבנה בכימיה (מאקרוסקופית, מיקרוסקופית, סמל ותהליך) | 15-20 | 8-14 | 1-7 |  |
| תכני השאלות והתשובות מדויקים מבחינה כימית | 15-20 | 8-14 | 1-7 |  |
| השאלות המתייחסות לשני האיורים הניבחרים מרחיבות את ידע התלמידים | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |
| **הצגת החידון בכיתה**  **20%** | ניהול יעיל של זמן הצגת החידון בכיתה והפעלה תקינה של האפליקציה | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |
| שיתוף פעולה בין חברי הצוות תוך ביטוי של הבנת הנושא על ידי כל חברי הצוות | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |
| **יצירתיות ומקוריות**  **10%** | קיים ביטוי לחשיבה יצירתית ומקוריות בשאלות או הוספת מידע חדש/ייחודי/מעניין בשאלות | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |
| **עמידה בלוח זמנים**  **10%** | עמידה בלוח זמנים במהלך הכנת החידון ובמהלך הצגתו בכיתה | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |

**חלק ג – תגליות מדעיות והשלכותיהן על העולם ועל האנושות - מאמר עמדה ודיון פומבי**

אמוניה מהווה את חומר הגלם המרכזי ליצירת חומרי נפץ ואבקת שריפה. גרמניה, שהצליחה להפיק אמוניה בכמויות מסחריות במהלך מלחמת העולם הראשונה, השתמשה ביתרון זה לטובתה וכתוצאה מכך הפגינה לוחמה משמעותית וקשה נגד הבריטים.

קראו את מאמרו של רן לוי "האיש שקטף לחם מהשמיים" [בקישור זה](http://www.ranlevi.com/texts/ep129_fritz_haber_text).

"העובדה שחלק מהמצאותיו של פריץ האבר נוצלו למטרות מלחמה, הרס והרג, מעמידות אותו למבחן ההיסטוריה ומעלות סוגיות ערכיות קשות באשר לניצול ידע מדעי כדי להיטיב עם האנושות או לחלופין להשגת מטרות שליליות"

בהתבסס על המאמר שקראתם ועל מקורות מידע נוספים בהם תבחרו להשתמש, דונו בקבוצה אודות הציטוט המובא למעלה וכתבו **מאמר עמדה קצר** המבטא את עמדתכם לגבי תגליות מדעיות והשלכותיהן על העולם ועל האנושות בכלל ולגבי תגליותיו של פריץ האבר בפרט. את עמדתכם זו תציגו בדיון פומבי שיערך בכיתה.

מהו מאמר עמדה?

טקסט עיוני שיש בו טיעון, חוות דעת ופרשנות. הוא מביע עמדה כלפי תופעה או נושא ומיועד לשכנע את הקוראים לאמץ את דעתו של הכותב בנושא שעל סדר היום הציבורי.

 המאמר כולל כותרת, שמות הכותבים, פתיחה, גוף המאמר וסיום.

* תמצית הטענה תובא לעתים כבר בכותרת
* בפתיחה תופיע לרוב טענה או הצגת מצב שבו מבקשים לעסוק
* בגוף המאמר תבוא בדרך כלל סקירה של המצב הנדון באמצעות סיפור או תיאור, הבעת דעות בעד או נגד הטענה.

 ניתן לעשות שימוש באמצעים שונים כדי להצדיק את הטענה ולהופכה לאמינה ובדוקה:

|  |  |
| --- | --- |
| http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/FADF5DC1-C5BF-4BFA-A908-C76FD76FA5D0/0/bull2.gif | מבנים של טיעון: טענה, ביסוס (הסבר + נימוקים), מסקנה (+המלצה). |
| http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/FADF5DC1-C5BF-4BFA-A908-C76FD76FA5D0/0/bull2.gif | הפרכת טיעונים של אחרים באמצעות מבנים של השוואה והנגדה, הסתייגות וציון סיבה ותוצאה: ואף על פי כן, אמנם, אבל, יש, בעקבות זאת, לעומת זאת, בדומה לכך, בניגוד לכך, רק, אפילו, דווקא. |

* הסיום כולל בדרך כלל סיכום הטענות, מסקנה וניסוח מחודש, ולעתים נחרץ יותר, של דעת הכותב/ת.

תהליך העבודה:

1. כתיבת מאמר עמדה

* הכינו מאמר עמדה לאחר שדנתם בקבוצתכם לגבי טיעונים הקשורים בתגליות מדעיות והשלכותיהן. אורך המאמר כעמוד אחד.
* בחרו בכותרת מתאימה לעמדתכם ורישמו את שמות חברי הקבוצה.
* שימו לב להתייחס לטיעונים בעד ונגד הנושא תוך הצדקת עמדתכם.
* בכתיבה יש להקפיד על מבנה הגיוני וברור של טיעונים, על דרכי קישור הולמות בין טיעונים שונים ועל אוצר מילים מדויק.
* מיסרו למורה את מאמר העמדה שהכנתם.

2. את עמדתכם זו תציגו בדיון פומבי שיערך בכיתה. לרשות כל קבוצה 5 דקות להצגת עמדתה. הכינו את הצגתכם מראש כך שאתם משתפים את כל חברי הקבוצה בהצגת עמדתכם.

לאחר הצגת עמדות כל הקבוצות, יערך דיון פומבי פתוח בכיתה.

**מחוון להצגת מאמר עמדה והצגתו בדיון פומבי**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **קריטריון וחלקו היחסי בציון** | **פירוט** | **מדדי ביצוע** | | | **ציון והערות** |
| **גבוה** | **בינוני** | **חלש** |  |
| **מאמר העמדה**  **60%** | הכותרת מביעה את תמצית העמדה | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |
| במאמר מובאים טיעונים בעד ונגד הנושא הכוללים נימוקים רלוונטיים ודוגמאות שונות לתגליות מדעיות שונות | 21-30 | 11-20 | 1-10 |  |
| הסיכום כולל את העמדה המנומקת של הקבוצה | 12-15 | 7-11 | 1-6 |  |
| ניסוח תקין | 4-5 | 1-3 | 0 |  |
| **הצגת העמדה בדיון הפומבי**  **20%** | רצף לוגי של הצגת העמדה תוך התנסחות ברורה וממוקדת וניצול יעיל של הזמן | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |
| שיתוף פעולה בין חברי הצוות תוך ביטוי של הבנת הנושא על ידי כל חברי הצוות | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |
| **יצירתיות ומקוריות**  **10%** | קיים ביטוי לחשיבה יצירתית ומקוריות בדרך בה מוצגת העמדה או הוספת מידע חדש/ייחודי/מעניין | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |
| **עמידה בלוח זמנים**  **10%** | עמידה בלוח זמנים במהלך הכנת מאמר העמדה ובמהלך הצגתו בכיתה | 8-10 | 4-7 | 1-3 |  |