

הצעה לשאלת מיומנויות חקר

דיפוזיה: חגיגה של חלקיקים

מגישות: פאדיה חטיב ורונית ברד

דיפוזיה: קטע מידע

דיפוזיה היא אחת התופעות החשובות בתחום המדעים כמו ביולוגיה, כימיה, פיזיקה, גיאולוגיה והנדסה, ומשמעותה תנועה של אטומי חומר על פני מפל ריכוזים - כלומר, מעבר של אטומים מריכוז גבוה לריכוז נמוך עד לשוויון ריכוזים. דיפוזיה מתקיימת בשלושת מצבי הצבירה בחוקי דיפוזיה דומים. ההבדל בין דיפוזיה במצבי צבירה שונים היא הדרך (המנגנון) בה היא מתבצעת.

בתהליך הדיפוזיה חלקיקי החומר מתפזרים בנפח העומד לרשותם תוך כדי תנועה עצמית של חלקיקים, התהליך נגרם בשל תנועתם המתמדת והאקראית של חלקיקי החומר, המתאפשרת מהאנרגיה הקינטית שלהם.

תהליך הדיפוזיה מבוסס על החוק השני של התרמודינאמיקה, לפיו, למערכת ביקום יש נטייה להגדיל את האנטרופיה (אי הסדר). לדוגמא: עשן המתפזר בחלל גורם לעליה של האנטרופיה בחלל ולכן יש סיכוי גדול יותר לעשן מפוזר מאשר עשן שמרוכז בפינה אחת של החדר.

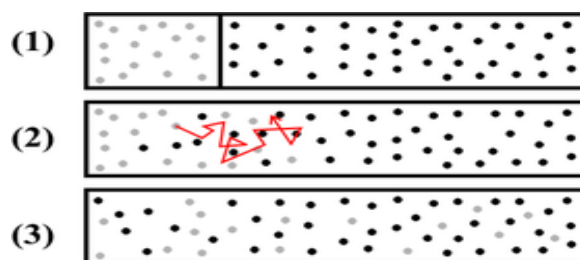
דיפוזיה במוצקים

דיפוזיה במוצקים היא מיוחדת מכיוון שהקשרים בין החלקיקים בצבר הם חזקים יחסית ולכן התהליך איטי מאד.

הניסוי הבא מתאר תהליך דיפוזיה במוצקים: הכינו שתי תיבות מתכת האחת מעופרת והשנייה מזהב לטשו אותן היטב והצמידו אחת לשנייה למשך 20 שנים. כעבור זמן זה נמצאו שתי התיבות מחוברות ביניהן ע"י תערובת של זהב ועופרת בעובי של כ- 1 מ"מ. (רפרנס 2)

מנגנון הדיפוזיה במוצקים מתואר באמצעות הסכימה הבאה:

סכימה 1: דיפוזיה במוצקים (רפרנס 1)



גורמים המשפיעים על קצב הדיפוזיה

ישנם מספר גורמים לקצב הדיפוזיה, להלן הגורמים המרכזיים:

- **שטח המגע** - ככל ששטח המגע גדול יותר כך תהליך הדיפוזיה יתרחש באופן מהיר יותר.
- **המרחק שהחלקיקים עוברים** – הערבוב בין החלקיקים יהיה טוב יותר ככל שהמרחק משטח המגע בין החומרים קטן יותר.
- **גודל החלקיקים** - התהליך יתבצע באופן מהיר יותר ככל שהחלקיקים יהיו קטנים יותר.
- **טמפרטורת סביבה** - ככל שטמפרטורת הסביבה גבוהה יותר כך הדיפוזיה מהירה יותר.
- **מפל ריכוזים**- מפל הריכוזים הוא הפרש הריכוזים בין שני החומרים. ככל שהפרש הריכוזים גדול יותר הדיפוזיה תהיה מהירה יותר.

שאלת מיומנויות חקר

<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/SolidDiffusion>

היכנסו לקישור הנ"ל : בדף המרכזי מופיע איור המכיל ריבועים ירוקים וכחולים, לחצו על *Run Solid* הפעילו את ההדמיה פעם נוספת והחליטו מתי אתם רוצים לסיים את הצפייה בה.

נמקו את החלטתכם לגבי סיום ההפעלה של ההדמיה.

רשמו 3 מתצפיות שנראות לכם משמעותיות ביותר .

1. מבנה צפוף ומסודר על ריבועים כחולים מימין ומבנה צפוף ומסודר של ריבועים ירוקים משמאל ברגע הפעלת ההדמיה מתחיל מעבר של ריבועים ירוקים בין הריבועים הכחולים ושל הריבועים הכחולים בין הריבועים הירוקים ונוצרים ריבועים שחורים. עם התקדמות ההדמיה קשה להבחין בקו האמצע שהיה בולט מאד בתחילתה.
2. ניתן לראות באופן גרפי את המרחק אליו מגיעה הדיפוזיה. ככל שמתקדמים עם ההדמיה המרחק גדל עד למרחק מקסימאלי.
3. ניתן לראות בגרף נוסף את מספר החלקיקים הכחולים והירוקים בכל עמודה. ככל שמתקדמת ההדמיה מספר הריבועים הירוקים באזור הירוק יורד ועולה באזור הכחול וכנ"ל לגבי הכחולים באזור הכחול. לאחר כ 5 דקות של הפעלה נראה שהשינויים אינם משמעותיים יותר.

האם ניתן למיין את התצפיות שהצגתם למיקרוסקופיות ולמקרוסקופיות? אם כן מיינו ואם לא הסבירו מדוע.

תצפית מיקרוסקופית: שינוי המיקום של הריבועים הכחולים, הירוקים והופעת הריבועים השחורים

תצפיות מקרוסקופיות: התוצאות המוצגות בגרפים ותצפיות הקשורות במקומו של קו האמצע (החיבור) שבולט מאד בהתחלה וכמעט אינו בולט עם התקדמות ההדמיה.

בחרו תצפית אחת לפחות ופרשו אותה.

1. הריבועים השחורים הם כנראה חללים שנוצרים ומאפשרים מעבר של ריבועים כחולים בין הירוקים מכיוון שבצד ימין ריכוז הריבועים הכחולים הוא גבוה ובצד שמאל ריכוז הריבועים הכחולים נמוך.

וכנ"ל לגבי הריבועים הירוקים והתנועה משמאל לימין. המבנה הכללי מתאר מצב צבירה מוצק וכל ריבוע מתאר חלקיק במוצק מכיוון שהמבנה צפוף ומסודר.

תארו במילים את הניסוי המבוצע בהדמיה.

ההדמיה מתארת דיפוזיה במוצקים. שני מוצקים הנוגעים אחד בשטח הפנים של השני בצורה מושלמת (הדוקה מאד) כתוצאה מהפרש בריכוזים של החלקיקים בנקודת המפגש מתרחש מעבר של חלקיקים ממוצק כחול לירוק וההפך תוך היוצרות של היעדרויות המאפשרות את המשך התנועה. בתחילת התהליך הוא מתרחש קרוב לנקודת המפגש בין המוצקים, אך ככל שהתהליך מתקדם ניתן לארות שהדיפוזיה מגיעה גם לאזורים רחוקים יותר על שהיא מגיעה למרחק המקסימאלי, ז"א בכל המוצק. באזורים בהם מתרחשת הדיפוזיה מתקבלת תערובת של שני המוצקים ולא ניתן להפריד ביניהם. במהלך הדיפוזיה יש שינוי בריכוז החלקיקים בכל אחד מהמוצקים עד לשוויון ריכוזים, המערכת נמצאת בש"מ, מעבר החלקיקים ממשיך אך לא גורם לשינוי בריכוזים.

שאלו 3 שאלות שמתעוררות בעקבות התצפיות.

כיצד הופיעו הנקודות השחורות? איך במוצק "אמיתי" יופיעו החללים והאם הדיפוזיה גורמת להם להתרבות?

האם תוספת של חומר שלישי שנוגע מעט באחד המוצקים יכולה להשפיע על הדיפוזיה בין שני המוצקים הנבדקים.

קראנו בקטע המידע שטמפרטורת הסביבה משפיעה על קצב הדיפוזיה, ושדיפוזיה מתרחשת בשלושת מצבי הצבירה. האם הטמפרטורה משפיעה באותה מידה על דיפוזיה במצבי צבירה שונים?

נסחו שאלה אחת כשאלת חקר. הקפידו שתכלול משתנים מתאימים.

כיצד משפיעה הטמפרטורה על קצב הדיפוזיה במצבי צבירה שונים?

נסחו השערה מתאימה לשאלת החקר

ולכן טמפרטורה תזרז את זמן הדיפוזיה בין כל המצבים אבל קצב הדיפוזיה בין גזים יושפע הרבה יותר מאשר זמן הדיפוזיה בין מוצקים.

נמקו את השערתכם והיעזרו בקטע המידע המצורף.

לפי מה שראינו בהדמיה הדיפוזיה תלויה בקיומם של חללים שמאפשרים חדירה של חלקיק לאזור בו הריכוז שלו נמוך יותר. גז מכיל חללים גדולים יותר מאשר נוזל ומוצק, ונוזל מכיל חללים גדולים יותר מאשר מוצק. חימום יגרום לעליה באנרגיה הקינטית של החלקיקים ולכן יגביר את התנועה שלהם ואת הסיכוי שלהם להתערבב. בגזים זה ישפיע יותר מכיוון שאין את המגבלה של היוצרות החללים תוך כדי תהליך, אלא החללים קיימים והם גדולים יותר מחלקיקי הגז. להשערתנו דרוג ההשפעה של השינוי בטמפרטורה על זמן הדיפוזיה הוא כזה: (מהגבוה לנמוך)

גז-גז (הכי גבוה)

גז-נוזל

נוזל-נוזל

גז-מוצק

נוזל-מוצק

מוצק-מוצק (הכי נמוך)

תכננו ניסוי שיבדוק את השערתכם.

הניסוי שלנו כולל 24 מערכות סגורות. 6 המערכות המתוארות בהשערה שיבדקו בארבע טמפרטורות: מי קרח, חדר, 40° 70°.

סוג המערכת	ההרכב	זמן עד מצב ש"מ במי-קרח	זמן עד מצב ש"מ בטמפ' חדר	זמן עד מצב ש"מ ב 70°C
גז-גז	חנקן דו-חמצני (חום) באוויר			
גז- נוזל	חנקן דו-חמצני במים			
גז מוצק	חנקן דו-חמצני ומלח ביסול			
נוזל- נוזל	תרכיז פטל ומים			
נוזל – מוצק	נחושת כלורית ומים			
מוצק-מוצק	נחושת כלורית ומלח ביסול			

לאחר מדידת הזמנים נקבע באחוזים את ההאטה במי-קרח יחסית לזמן בטמפרטורת החדר ואת הזירוז בטמפ' גבוהה יותר יחסית לטמפרטורת החדר ונוכל להשוות את מידת ההשפעה של השינוי בטמפרטורה.

האם ניתן לבצע את הניסוי שתכננתם במעבדת בית הספר שלכם? נמקו את תשובתכם.

את הניסוי שלנו ניתן לבצע בחלקו בבית הספר, אין מגבלה של ציוד וחומרים אבל קיימת מגבלה של זמן. להערכתנו הדיפוזיה במוצקים תהיה איטית מידי גם אם נעמיד את הניסוי לתקופה ארוכה.

הניחו כי ביצעתם את הניסוי שתכננתם וארגנתם את תוצאות הניסוי בגרף. האם הגרף יהיה גרף רציף או גרף עמודות? נמקו את תשובתכם.

הגרף המתקבל יהיה גרף רציף מכיוון שהמשתנה הבלתי תלוי, הטמפרטורה הוא משתנה רציף. נתאר עבור כל מערכת נבדקת גרף מתאים על אותה מערכת צירים על מנת שנוכל להשוות.

התייחסו לניסוי הדיפוזיה במוצקים, כפי שמתואר בקטע המידע:

תארו בעזרת מודל מיקרוסקופי את תוצאות הניסוי

מהן מגבלות הניסוי לדעתכם?

מגבלת הניסוי העיקרית היא זמן.

מגבלות נוספות הן: בידוד המשתנים, יש גורמים רבים שמשפיעים על דיפוזיה וחלקם תלויים בסוג החומרים ולא רק במצה הצבירה. בנוסף גם ההחלטה לסיים את המדידה ז"א להגדיר את מצב ש"מ הוא סובייקטיבית מידי.

רשימת מקורות

1. ככימה מס' 1 : [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Diffusion_\(1\).png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Diffusion_(1).png)

2. dana.ashkenazi.googlepages.com

3. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/SolidDiffusion>

טיפים למורה

- ✓ הפעילות חוברת באופן הזה מכיוון שעלתה האפשרות להחליף את הבחינה בע"פ במעבדה בשאלת מיומנויות חובה שתופיע בשאלון ההשלמה. זה מחייב אותנו, המורים, להתארגן אחרת ולהכין את תלמידינו לכך.
- ✓ שאלת מיומנויות מהסוג הזה ניתנת לביצוע בצוותים (עד 3 תלמידים) או ביחידים. ההמלצה שלנו היא שאת השאלות הראשונות אותם אתם מתרגלים עם התלמידים, לתת לקבוצה אך להקפיד לתרגל ולבדוק גם באופן יחידני מכיוון שבבחינת הבגרות התלמיד עונה ביחידות ולא בצוות. דיפוזיה במוצקים הוא נושא לא פשוט להתמודדות המעבדה עבו תלמידי חטיבה עליונה ולכן אנו ממליצים לבצע את הפעילות הזו בקבוצות.
- ✓ הפעילות המוצעת כוללת שאלות שהתשובות עליהם מגוונות. אנו יודעות שיש קושי בבדיקת מטלות שאינן חד משמעיות אך זוהי רוח יחידת הערכה חלופית באמצעות מעבדות חקר וחשוב לנו לשמור עליה. התשובות שאנחנו הצענו הן רק חלק מהתשובות האפשריות.

רפלקציה

- ✓ על מנת להתאים את תוכן הקורס לפעילות של תלמידים הכנו קטע מידע פשוט ובהתאם לרמת התלמידים. התאמה של תהליך הדיפוזיה במוצקים לתלמידים הייתה לא פשוטה מכיוון שהתהליך מורכב ולא ניתן להדגמה במעבדות בית הספר ובנוסף אין לתלמידים בסיס מדעי מספיק על מנת שיוכלו להתעמק ולהבין.
- ✓ הקושי הראשון בו נתקלנו היה לשחזר את הניסויים שהוצגו ע"י המרצה בקורס. הפתרונות היו לבחור ניסויים אחרים כמו הניסוי בצלחת פטרי או הגן הכימי, או להשתמש בניסויים מוסרטים. ניסויים

בצלחת פטרי או הגן הכימי לא ביטאו כראוי דיפוזיה של מוצקים וניסויים מוסרטים לא מצאנו, הבחירה הייתה להשתמש בהדמיה.

- ✓ הכוונה המקורית שלנו הייתה לפתח פעילות שתסייע ב"לימוד מיומנויות חקר במעבדה" ותוך כדי העבודה שמענו על שינוי מיידית במתכונת הבחינה ולכן בחרנו לפתח פעילות מתאימה, מתוך אמונה שמורים יעשו את ההכנה המתאימה אם הם מכירים את סוף הדרך.
- ✓ הפעילות שלנו מתאימה לתלמידים שחוו והתנסו במעבדות חקר. המיומנויות הנדרשות מהם התפתחו באופן רציף ומדוד במהלך שנתיים לפחות ולכן הם יוכלו לעמוד במשימה. הבסיס המדעי הנדרש מהם נמצא בקטע המידע, אך אנחנו מקוות שתלמידים בשלב זה נושאים מטען מדעי נוסף שנרכש בשעורי הכימיה.
- ✓ הביקורת על העבודה: ביקורת טכנית- אנחנו לא יודעות להתאים סרטים או לצלם סרטים ברמה מתאימה ולכן נאלצנו להשתמש בסרטונים הקיימים ברשת. על פי הניסויים שבחרנו לא יכולנו התייחס במידה שווה לכל מיומנויות החקר הנדרשות.