

סיכומילכה: המודל החלקיקי של החומר 2012-2013

מבוא: משחר ההיסטוריה האנושית, בחנו בני האדם את סביבתם, וניסו למצוא הסברים לקיומם של מבנים, תהליכים ותופעות אליהן נחשפו.

הם זיהו סוגי חומרים, והבדילו ביניהם על פי תכונותיהם, צפו בשינויים שעובר החומר, כמו: שינוי מצב צבירה, שריפה, ריקבון ועוד.

הם ערכו גם בדיקות וניסויים: ערבבו, הפרידו, מיצו ואף יישמו את הידע שצברו לתועלתם בתחומי חיים שונים.

גם השאלה : ממה בנוי החומר? עלתה במהלך השנים.

לפני כ 2500 שנה, ביוון הקדומה, הציע פילוסוף יווני בשם: דמוקריטוס, בשיתוף עם תלמידיו- מספר התייחסויות למבנה החומר.

4 עקרונות הדגם החלקיקי של החומר

- א. כל החומרים בנויים מחלקיקים זעירים.
- ב. בין החלקיקים יש רווחים שאין בהם דבר: ריק (= ואקום)
- ג. בין החלקיקים קיימים כוחות משיכה.
- ד. בכל חומר, בכל מצב צבירה, החלקיקים נעים מעצמם כל הזמן.

רעיונותיהם אילו לא זכו לתמיכה באותם ימים וגם הרבה זמן אחר כך, ונזנחו משום שלא הייתה היכולת להוכיחם.

לפני כ 300 שנים, החלו להשתכלל שיטות החקר המבוקר, הניסויים ואמצעי העזר האחרים.

ההשערה החלקיקית החלה לזכות ליותר תמיכה, לה- בניגוד

להצעות אחרות- הייתה היכולת להסביר קשת רחבה של תופעות.

האישור והביסוס ל"השערה החלקיקית" התקבל ב 1986, בצילום של חלקיקי סיליקון- צילום שהתקבל בעזרת מיקרוסקופ אלקטרוני משוכלל ביותר.

מרגע זה שונה השם: " השערת החלקיקים" ל : " תורת החלקיקים".

הדגמה: "מכונת הכדורים" אמצעי המחשה- דגם לחלקיקי החומר:
תיאור תנועתם של חלקיקי הגז.

טבלה מספר 1

במציאות	בדגם
מספר עצום	מספר כדורי הפלסטיק קטן
החלקיקים זעירים מאוד	כדורים גדולים
תנועה עצמית	תנועה בעזרת בטריות
ניתן להשפיע על התנועה ע"י חימום/ קירור או שינויים בלחץ.	ניתן להשפיע על התנועה ע"י שינויים במספר הבטריות המחוברות.
התנועה לכל הכיוונים	כוון תנועת הכדורים מעלה מטה.
בין החלקיקים יש ריק	בין הכדורים יש חלקיקי אוויר

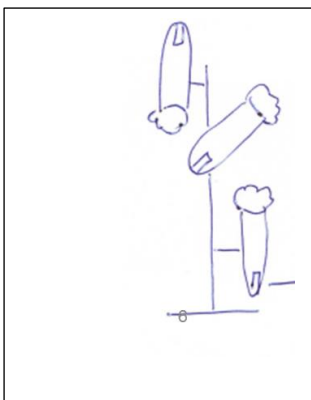
הדגמה: פעפוע אמוניה בשלוש מבחנות המוצבות בזוויות שונות

מטפטים מעט אמוניה על 3 כדורי צמר גפן.
הכדורים מוחדרים כפקק בקצה כל מבחנה. המבחנות ממוקמות על גבי מעמד
ב- שלוש זוויות שונות במרחב.

בבסיס כל מבחנה- מבפנים- מייצבים בעזרת מים או דבק – נייר מיוחד :
אינדיקטור. נייר זה משנה את צבעו מוורוד לכחול בנוכחות אמוניה.

כעבור מספר דקות הנייר מכחיל בשלוש המבחנות.

מסקנה: התנועה של חלקיקי החומר שהתאדו (גז) אקראית= לכל הכוונים,
לא מסודרת.



© סיכומילכה: הדגם החלקיקי של החומר

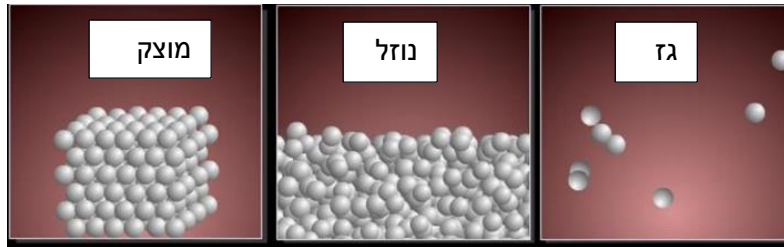
טבלה 2 (למטה) : שלושה מצבי צבירה: ריכוז מאפיינים תכונות נצפות

מוצק	נוזל	גז
אינו זורם	זורם	זורם
נפח קבוע	נפח קבוע	נפח משתנה, נוטה להתפשט בכל החלל העומד לרשותו.
אינו ניתן לדחיסה	כמעט ואינו ניתן לדחיסה	ניתן לדחיסה
צורה קבועה	מקבל את צורת הכלי, אך אינו ממלא את כל נפחו.	צורה אינה קבועה.

מוצק	נוזל	גז	
כוחות משיכה חזקים מאוד	כוחות משיכה חזקים	אין כוחות משיכה (חלשים מאוד)	כוחות משיכה בין החלקיקים
סדר חוזר על עצמו. ישנם מוצקים בעלי מבנה גבישי- חוקיות ומחזוריות בסידור המרחבי	" שכנים מתחלפים"	אין סדר	סדר
תנועה = תנועה במקום	יש מידה של חופש תנועה- מעין 'החלקה' תנודתית וסיבובית	תנועה אקראית וחופשית תנודתית סיבובית ומעתק	תנועה
קטן	קטן	גדול מאוד ביחס לגודלם	מרחק בין חלקיקים

טבלה 3 (למעלה) : אפיון שלושת מצבי הצבירה על פי תורת החלקיקים

החלקיקים של אותו חומר במצב גז, נוזל או מוצק הם אותם חלקיקים עצמם. ההבדל בין מצבי הצבירה של אותו חומר מתבטא במרחק שבין החלקיקים במהירותם, במידת הסדר והמשיכה ביניהם.



טבלה 4: כשחומר משנה מצב צבירה.....

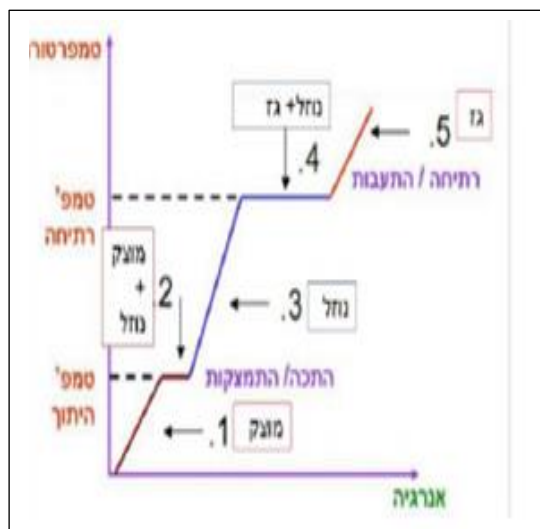
מה משתנה?	מה נשאר ללא שינוי?
סדר החלקיקים המרחק בין החלקיקים כוחות המשיכה בין החלקיקים	סוג החלקיק וגודלו , צורת החלקיק הבודד כמות = מסת החלקיקים הכוללת מסת החלקיק הבודד מספר החלקיקים

החומר עובר שינויים: חימום ושינוי טמפרטורה, חימום ושינוי מצב צבירה

הטמפרטורה: היא ביטוי לאנרגיית התנועה הממוצעת של החלקיקים.

כאשר מחממים, אך לא משנים את מצב הצבירה של החומר החימום גורם להגדלת מהירות החלקיקים, אנרגיית התנועה שלהם גדלה וגם הטמפרטורה גדלה.

בזמן שינוי מצב צבירה של חומר, ממוצק לנוזל או מנוזל לגז תוספת האנרגיה הנמסרת מחלישה/ מנתקת את כוחות המשיכה בין החלקיקים, אך מהירותם לא משתנה וגם לא אנרגיית התנועה הממוצעת שלהם: כלומר: הטמפרטורה לא משתנה.



פעפוע (דיפוזיה) : תהליך שבו מתקיים פיזור של חלקיקים מרכז גבוה לנמוך, עד לפיזור אחיד בנפח נתון, ללא התערבות, ללא ערבול או ערבוב, בריק או במקום שיש בו חלקיקים. הפעפוע הוא תוצאה של תנועתם העצמית והמתמדת של החלקיקים.

הדגמה: פעפוע בין גזים.

על מנת להמחיש את התנועה העצמית של החלקיקים, ניתן להשאיר בקבוק בושם פתוח במקום מוסתר. ה"ריח" מתפשט בכל חלל החדר. חלקיקי בושם שהתאדו (מצב גז) נודדים מעצמם, ובתוך שניות ניתן לזהותם ממרחק.

הדגמות: פעפוע בין נוזלים. מקור: אל תוך החומר עמודים 166-168

2 שכבות פטל ומים: ניתן להיעזר במזרק, וליצור בתוך כוס שקופה שתי שכבות של נוזלים: שכבת פטל ושכבת מים. כעבור מספר ימים מתקבלת תמיסה אחידה.

משורת 3 השכבות: יש המדגימים פעפוע בין נוזלים בצורה מרשימה ע"י הזרמה זהירה ומוקפדת של 3 נוזלים שונים. סדר המזיגה הדרגתי, כשבבסיס המשורה התמיסה הצפופה ביותר, והעליונה הכי פחות צפופה. כעבור מספר ימים הגבולות הברורים של גוני הצבע בין השכבות נעלמים.

פעפוע בין מוצקים: ניסוי מתואר.

2 משטחים עגולים חלקים מכסף וזהב הוצמדו והודקו זה לזה. כעבור כ 150 שנים נמצאו דגימות: כסף בזהב ולהפך.

קצב הפעפוע : מהדוגמאות ניתן ללמוד כי למצב הצבירה של החלקיקים יש השפעה על קצב הפעפוע.

מדוע פעפוע בין גזים מהיר מזה שבנוזלים או במוצקים?

כשהמרווחים גדולים יותר, ובין החלקיקים אין משיכה חזקה, התנועה יותר חופשית, ולכן קצב הפעפוע מהיר יותר.

נמצא כי הפעפוע מהיר יותר כשהטמפרטורה גבוהה יותר.

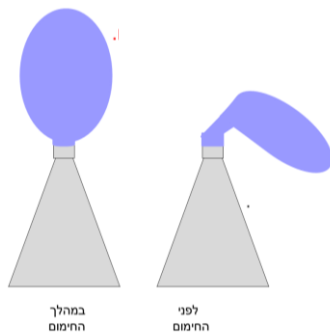
ניתן למצוא בטבע וגם במעבדה באופן מלאכותי מצבים בהם חומרים מפעפעים אילו באלו, גם כשמצב צבירתם שונה. למשל: חלקיקי חמצן (גז בטמפרטורת החדר) מפעפעים לתוך המים הנוזליים.

טבלה 5: מבנה הגז ותכונותיו

תכונות הגז	הסבר על פי מבנה חלקיקי
1. נפח הגז אינו קבוע: גז מתפשט וממלא את כל נפח הכלי בו הוא נמצא.	כמעט ואין משיכה בין חלקיקי הגז. כל חלקיק נע באופן חופשי.
2. נפח הגז אינו קבוע: ניתן להקטין את נפח הגז על ידי הקטנת נפח הכלי = ניתן לדחוס גז	בגז יש רווחים גדולים בין החלקיקים, וניתן להקטין את הרווח על ידי דחיסה.
3. צורת הגז אינה קבועה- צורתו כצורת הכלי בו הוא נמצא	חלקיקי הגז נעים באופן חופשי, ומתנגשים זה בזה ובדפנות הכלי, כך שהם מתפזרים בכל ממדי הכלי בו הם נמצאים.
4. ניתן להוסיף כמות נוספת של גז לכלי מלא גז.	בין חלקיקי הגז יש רווחים גדולים, בין הרווחים יכולים להיכנס חלקיקים נוספים.
5. גזים מפעפעים ומתערבבים זה בזה במהירות.	חלקיקי הגז נמצאים בתנועה חופשית, והרווח ביניהם גדול, לכן הם יכולים להיכנס ברווחים בין חלקיק אחד לשני.

הדגמה: נפח הגז בעת שינוי הטמפרטורה שלו

אם נחמם גז, בכלי פתוח או בעל דפנות גמישים- נפחו יגדל. מהירות החלקיקים תגדל, לחץ החלקיקים על דופן הכלי יגדל, ונפח הכלי יגדל (אם הדופן יכולה לנוע). מימין: לפני חימום אוויר בכלי, משמאל: לאחר החימום.



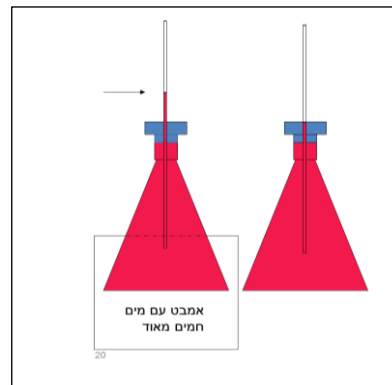
מסת הגז ללא שינוי.

מבנה הנוזל ותכונותיו טבלה: 6

תכונות הנוזל	הסבר על פי המבנה החלקיקי
1. נפח הנוזל קבוע- נוזל אינו מתפשט	בין החלקיקים יש כוחות משיכה, והם אינם יכולים להתרחק זה מזה.
2. נפח הנוזל קבוע- לא ניתן להקטין את נפח הנוזל, לא ניתן לדחוס נוזל.	החלקיקים קרובים, ולא ניתן להקטין את המרחק ביניהם.
3. צורת הנוזל כצורת הכלי (עד לגובה פני הנוזל)	חלקיקי הנוזל נמצאים בתנועה, ויכולים להחליק זה על גבי זה ולשנות את מיקומם עד שפוגעים בדופן הכלי בו הם נמצאים.
4. נוזלים מפעפעים זה לתוך זה.	חלקיקי הנוזל נעים, ויכולים להחליק זה על גבי זה, ולהתערבב זה בזה במרווחים שנוצרים בין החלקיקים.
5. פעפוע נוזלים איטי מפעפוע של גזים.	חלקיקי הנוזל קרובים זה לזה, ופועלים ביניהם כוחות משיכה המגבילים את חופש התנועה ולכן תנועתם איטית יותר.

הדגמה: נפח הנוזל בעת שינוי הטמפרטורה שלו. מקור: אל תוך החומר עמ' 96

כאשר נחמם נוזל (מבלי לשנות מצב צבירה) נפח הנוזל יגדל. מהירות החלקיקים תגדל, המשיכה תקטן במעט, והמרחק בין החלקיקים יגדל במעט. מסת הנוזל ללא שינוי.



© סיכומילכה: הדגם החלקיקי של החומר

מבנה המוצק ותכונותיו טבלה 7

תכונות המוצק	הסבר על פי המבנה החלקיקי
נפח המוצק קבוע- אינו מתפשט	יש כוחות משיכה חזקים בין החלקיקים , והם אינם יכולים להתרחק אחד מהשני.
נפח המוצק קבוע- לא ניתן להקטין את נפחו, אינו נדחס.	החלקיקים קרובים ולא ניתן להקטין את המרחק ביניהם.
צורת המוצק קבועה כל עוד לא מפעילים עליו כוח.	יש כוחות משיכה בין החלקיקים והם אינם יכולים לשנות את מיקומם. החלקיקים מסודרים.
כאשר מפעילים כוח , וצורת המוצק משתנה, נפחו אינו משתנה.	בעת הפעלת כוח, גורמים להחלקת חלקיקים ממקום למקום אך המרחק ביניהם לא משתנה
פעפוע במידה זעירה מאוד.	החלקיקים כמעט ואינם משנים את מקומם.
בחלק מהמוצקים יש מבנה גבישי אופייני לסוג החומר.	החלקיקים מסתדרים בסדר קבוע החוזר על עצמו, והאופייני לסוג החומר.
כאשר נחמם מוצק מבלי לשנות מצב צבירה, נפח המוצק יגדל במעט.	מהירות החלקיקים תגדל, המשיכה בין החלקיקים קטנה, המרחק בין החלקיקים יגדל במעט.

הדגמה: חימום כדור מתכת. מחממים כדור מתכת מוצק מבלי לשנות את מצב צבירתו, רק הטמפרטורה שלו גדלה. לפני החימום עובר הכדור דרך טבעת. אחרי חימום: לא. כלומר: נפחו גדל. מבחינה חלקיקית: מהירות החלקיקים גדלה, המשיכה בין החלקיקים קטנה, המרחק בין החלקיקים גדל במעט.

הדגמה: היתוך פרפין. מחממים בזהירות רבה פרפין מוצק בתוך מבחנה- עד היתוכו והפיכתו לנוזל. ניתן לראות בברור כי נפח הפרפין הנוזל אחרי החימום גדול מנפח המוצק לפני ההיתוך. בטבלה 3 ההסבר מבחינה חלקיקית.

נושאים נוספים: להרחבה ותרגול

צמיגות על פי מודל החלקיקים, כוחות המשיכה בין חלקיקי הנוזל הם אלה שמקנים לכל אחד מהחומרים צמיגות שונה.

כך ניתן להסביר כי אם צמיגותו של נוזל מחומר ב' גדולה מזו של נוזל א', יש להניח כי כוחות המשיכה בין חלקיקי חומר ב' גדולה יותר.

דחיסה:

לתוך מזרק עם פקק הכניסו גז. כעבור זמן מה דחפו את הבוכנה כלפי פנים. מה שהשתנה הוא: נפח הגז, הלחץ והמרחק בין החלקיקים. מה שנשאר קבוע: מסת הגז, מספר החלקיקים, גודל החלקיק הבודד ומסתו.

מהירות החלקיקים:

שמים בלון גמיש מלא באוויר וסגור באמבט עם מים קרים מאוד. מה יקרה? ניתן לשער שהבלון יתכווץ.

ההסבר על פי מודל החלקיקים: המהירות הממוצעת של חלקיקי האוויר תקטן, הלחץ יקטן, ולכן נפח הבלון יקטן.

מה קובע את תכונות החומרים?

סוג החלקיקים, הערכות החלקיקים, כוחות המשיכה הפועלים בין החלקיקים.

השפעת הטמפרטורה על קצב הפעפוע:

נתונות 2 כוסות זהות עם מים בכמות שווה. באחת הטמפרטורה 80 מעלות צלזיוס ובשנייה 50 מעלות צלזיוס. מכניסים לכל אחת מהן באותו הזמן שקית זהה של תמצית תה. היכן יתרחש פעפוע מהיר יותר?

ניתן לשער שהפעפוע יהיה מהיר יותר בכוס עם המים שהיו בטמפרטורה הגבוהה יותר. בכוס זו מהירות החלקיקים ואנרגיית התנועה הממוצעת שלהם גדולה יותר. קצב הפעפוע מושפע מ: מהירות החלקיקים, יכולת התנועה שלהם והמרחק בין החלקיקים.

התאדות ורתיחה : מעבר ממצב צבירה נוזל לגז

התאדות: מתרחשת משטח הפנים של הנוזל, מתרחשת בכל טמפרטורה, תהליך הדרגתי, אין מאפיין בולט לעין.
רתיחה: מתרחשת מכל גוף הנוזל, מתרחשת כאשר חומר מגיע לטמפרטורה מסוימת אופיינית, בלחץ מסוים. התהליך מתבטא בהופעת בועות בתוך הנוזל.

כמות אנרגיית חום:

נתונים 2 כדורי ברזל, בטמפרטורה 26 מעלות צלזיוס, שמסתם 1 ק"ג ו 2 ק"ג. רוצים להעלות את הטמפרטורה בשניהם ב 10 מעלות צלזיוס.
 כדי להגיע לטמפרטורה הרצויה יש להשקיע.....
 יותר אנרגיית חום בכדור שמסתו גדולה יותר.

השוואה בין קצב פעפוע גז לתוך כלי ריק ופעפוע לתוך כלי עם גז כלשהו

הכניסו גז צבעוני בכמות שווה לשני כלים שווים בגודלם, כלי א' שבו ריק וכלי ב' שהכיל אוויר, ובדקו את מהירות תנועת הגז הצבעוני בכל אחד מהכלים. היכן המהירות גדולה יותר?
 תנועת הגז מהירה יותר בכלי א' מפני שאין כל גורם שיפריע לתנועת החלקיקים.

דוגמה לפתרון שאלת: טענה+ הסבר על פי עקרונות הדגם החלקיקי

שאבו חלק מהאוויר מתוך בקבוק. מה נכון לומר על האוויר שנשאר בבקבוק?
 לשאלה שכזאת מצורף לעיתים תרשים המתאר 4 מצבים:
 א. חלקיקי האוויר שנותרו מפוזרים בכל נפח הבקבוק.
 ב. חלקיקי האוויר שנותרו מצויים בחלק העליון של הבקבוק.
 ג. חלקיקי האוויר הכבדים נמצאים רק על קרקעית הבקבוק.
 ד. חלקיקי האוויר מצטופפים סמוך לפיית הבקבוק שהוא אזור השאיבה.

תשובה א היא הנכונה.

תנועת חלקיקי הגז עצמית, לכל הכוונים, ואינה מוגבלת על ידי כוחות משיכה חזקים, מתאפשר פיזורם בכל המרחב העומד לרשותם.

בהצלחה לכולם: מילכה ברקו גרש