



בית הינוך קיבוצי "אופק".

סמל בי"ס: 260125.

כתובת בי"ס: קיבוץ עברון ד.ג.ג. מערבי 25235.

טלפון: 049857755. פקס: 049828528.



עבודת חקר בפיזיקה

התפרצות געשית



פרטי התלמידים:

שם התלמיד: בר כספי

מספר תעודת זהות: 323067371

כתובת: נהריה

שם התלמיד: גיא טלמור

מספר תעודת זהות: 212718126

כתובת: קיבוץ עברון

פרטי המנחה:

שם המנחה: אלון שפירו

מספר תעודת זהות: 040104267

תואר אקדמי: פיסיקה והיסטוריה.

עיסוק: מורה לפיסיקה.

כתובת: קיבוץ געתון.

מספר טלפון: 0523744911.

יוני 2019

תוכן עניינים

2	מבוא
3	רקע תיאורטי
3	לחץ
3	גז אידיאלי
3	צמיגות
4	חוק סטוקס
5	ניסויים
5	ניסוי 1 – השפעת לחץ במיכל על מהירות יציאת המים ממנו
6	ניסוי משני - לחץ כתלות בנפח
10	ניסוי 2 - השפעת גודל החור על מהירות יציאת המים
12	ניסוי 3 – השפעת צמיגות הנוזל על מהירות יציאתו
12	ניסוי משני - מציאת צמיגות של נוזלים שונים
14	ניסוי 4 – צמיגות גליצרול כתלות בטמפרטורה
16	סיכום ומסקנות
17	ביבליוגרפיה
18	נספחים
18	נספח א' – תוצאות ניסוי 1 - השפעת לחץ במיכל על מהירות יציאת המים ממנו
18	נספח ב' – תוצאות ניסוי משני – לחץ כתלות בנפח
18	נספח ג' – תוצאות ניסוי 2 – השפעת גודל החור על מהירות יציאת המים
19	נספח ד' – תוצאות ניסוי 3 – השפעת צמיגות הנוזל על מהירות יציאתו
19	נספח ה' – תוצאות ניסוי 4 - צמיגות גליצרול כתלות בטמפרטורה

מבוא

התפרצות געשית היא יציאה של מאגמה (סלעים מותכים הנוצרים בעומק כדור הארץ) דרך סדקים בקרום כדור הארץ אל פני השטח. המאגמה מתפרצת בשל היווצרות לחץ במרחב מסוים. כאשר הלחץ מספיק גדול נוצרים הסדקים, דרכם המאגמה יוצאת אל פני השטח. כאשר המאגמה מתפרצת על פני כדור הארץ היא נקראת לבה.

מטרת עבודתנו היא לחקור ולהבין מהם הפרמטרים המשפיעים על אופי התפרצות געשית. חשוב לחקור ולהבין את הנושא כדי לדעת להעריך גודל ואופי של התפרצות געשית בהסתמך על מדידות שיכולות להיעשות בשטח בזמן אמת. בנוסף, תובנות ומסקנות הנובעות ממחקר זה יכולות לשמש למגוון רחב של נושאים נוספים בעלי אופי דומה. לדוגמא, ייצור רובה מים או בניית מזרקות.

בעבודה זו נעסוק בפרמטרים שונים המשפיעים על אופי וסוג התפרצות געשית. נבדוק כיצד פרמטרים כמו הלחץ במקום בו נמצא הנוזל, צמיגותו של הנוזל וגודל החור דרכו הוא יוצא, משפיעים על מהירות יציאתו.

כמו כן, נחקור את הקשרים שבין הטמפרטורה ללחץ, ושבין הטמפרטורה לצמיגות. נושא זה עניין אותנו ורצינו לחקור אותו מכיוון שתופעות טבע בכלל והתפרצות געשית בפרט הן תופעות מאוד מלהיבות, מרשימות ומסקרנות שתמיד עניינו אותנו וגרמו לנו לרצות לדעת מה בעצם קורה, מה גורם להן לקרות וכיצד נקבע אופי ההתפרצות.

רקע תיאורטי

לחץ

לחץ הוא פרמטר המייצג את היחס בין כוח לבין השטח עליו מופעל הכוח. כמתואר במשוואה הבאה:

$$P = \frac{F}{A}$$

כאשר P הוא הלחץ, F הוא הכוח ו- A הוא השטח עליו מופעל הכוח. כאשר הכוח גדול יותר או שהשטח עליו הוא פועל קטן יותר אז הלחץ גדל. לדוגמא, אם נשכב על מסמר אחד אז הלחץ של המסמר על גופנו יהיה גדול בגלל שכל כובד הגוף יהיה מרוכז על שטח מאוד קטן (מסמר אחד). לעומת זאת אם נשכב על מיטת מסמרים שטח המגע של גופנו יתפרש על כל המסמרים לכן הלחץ של המסמרים על גופנו יהיה קטן בהרבה. בנוזלים או בגזים, לחץ יכול להתבטא גם כיחס בין אנרגיה לנפח. כמתואר במשוואה הבאה:

$$P = \frac{E}{V}$$

כאשר P הוא הלחץ, E היא האנרגיה של החלקיקים ו- V הוא הנפח בו נמצא הגז או הנוזל. יחידות של לחץ הן: פסקל (Pa)

גז אידיאלי

גז אידיאלי הוא גז בעל צפיפות נמוכה יחסית, כלומר גז שבו החלקיקים קטנים בהרבה ביחס למרחק בניהם, במצב זה כמעט ולא יהיו התנגשויות בין החלקיקים וניתן יהיה להזניח את אותן ההתנגשויות המועטות ויהיה אפשר להתייחס לגז כגז אידיאלי. המשוואה הבאה מתארת את הקשר בין הפרמטרים של הגז:

$$PV = Nk_B T$$

כאשר P מייצג את הלחץ של הגז, V מייצג את הנפח בו נמצא הגז, N מייצג את מספר החלקיקים (המולקולות), k_B הוא קבוע בולצמן (קבוע הממיר יחידות של טמפרטורה ליחידות של אנרגיה) ו- T מייצג את הטמפרטורה במעלות קלווין.

צמיגות

צמיגות היא תכונה של נוזלים. התכונה מבטאת שני דברים, הראשון, את יכולת הנוזל לזרום במהירות. כאשר נוזל בעל צמיגות גבוהה יזרום לאט יחסית ואילו נוזל בעל צמיגות נמוכה יזרום מהר יחסית. השני, את היכולת של גופים לנוע בתוכו. כאשר בתוך נוזל בעל צמיגות גבוהה הגופים ינועו לאט ובתוך נוזל בעל צמיגות נמוכה הגופים ינועו מהר. לדוגמא, כאשר מנסים

להזיז יד בתוך מים או אלכוהול היד תזוז בקלות רבה (כי צמיגות המים והאלכוהול נמוכה), לעומת זאת אם מנסים להזיז יד בתוך דבש או גליצרול היד תתקשה לזוז (כי צמיגות הדבש והגליצרול גבוהה).

היחידות של צמיגות הן: פסקל לשנייה (Pa*s)

חוק סטוקס

חוק סטוקס מתאר את כוח הגרר הפועל על גוף הנע בתוך נוזל צמיגי. לפי החוק, כוח הגרר (כוח החיכוך המתנגד לתנועת הגוף) הפועל על כדור ברדיוס R הנע במהירות v בתווך בעל מקדם צמיגות μ נתון על ידי:

$$F = -6\pi\mu Rv$$

ניסויים

ניסוי 1 – השפעת לחץ במיכל על מהירות יציאת המים ממנו

מטרת הניסוי: לבדוק איך הלחץ במזרק ישפיע על מהירות יציאת המים ממנו. בהתחשב בכך שכמות המים במזרק קבועה.

השערות: אנו מניחים שככל שהלחץ במזרק יהיה גדול יותר כך מהירות המים היוצאים ממנו תהיה גדולה יותר.

מתוך שיקולי אנרגיה, אנו מניחים שעבודת האוויר הדחוס במזרק תקבע כמה אנרגיה קינטית יקבלו המים היוצאים ממנו, על פי המשוואה הבאה:

$$\bar{p} \cdot \Delta V = \frac{1}{2} m v^2$$

כאשר \bar{p} הוא הלחץ הממוצע בעת תחילת יציאת המים מהמזרק. ΔV הוא השינוי בנפח בעת תחילת יציאת המים מהמזרק. m מייצג את מסת המים היוצאת בעת תחילת יציאת המים מהמזרק. v היא מהירות יציאת המים בעת תחילת יציאת המים מהמזרק. אם נבודד את v , נקבל את המשוואה הבאה:

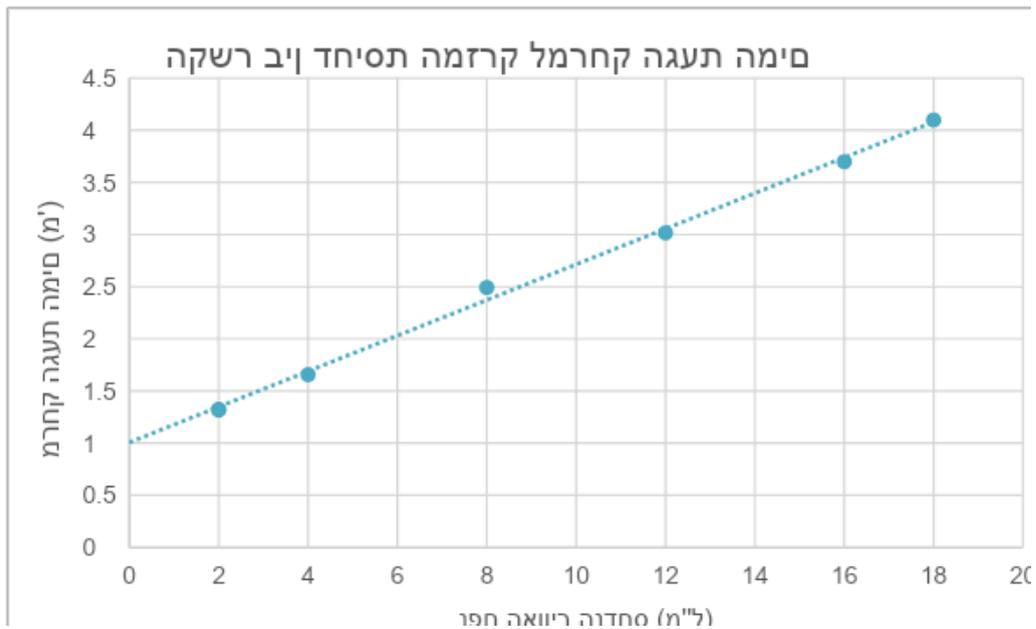
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta V}{m}} \cdot p^{0.5}$$

אם נחליף את m בביטוי $\rho \cdot \Delta V$, נקבל:

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho_{water}}} \cdot p^{0.5}$$

מהלך הניסוי: תחילה, מילאנו מים בצבעים שונים (כדי להבדיל בין ההשפעות) בתוך כוסות קרטון. לאחר מכן לקחנו מזרק ומילאנו בו כל פעם כמות קבועה של מים (14 מיליליטר), וכמות קבועה של אוויר (46 מיליליטר). לאחר מכן לחצנו את המזרק ללחצים שונים (בעודנו מונעים מהאוויר ומהמים לצאת), הגענו ללחץ הרצוי ושחררנו את הלחץ שהופעל על קצה המזרק. לאחר מכן מדדנו את המרחק אליו הגיעו הטיפות הרחוקות ביותר. עבור כל לחץ ביצענו 5 חזרות ומתוכן עשינו ממוצע למרחקים. מדדנו 7 לחצים שונים והכנסנו את תוצאות הניסוי לגרף הבא¹:

¹ לפירוט אודות תוצאות ניסוי זה, ראו טבלה בנספח א'



בגרף ניתן לראות שככל שדוחסים נפח גדול יותר של אוויר, המים מגיעים למרחק גדול יותר. לתוצאות הניסוי העברנו קו מגמה של חזקה, והחזקה שהתקבלה הייתה קרובה לחזקת חצי (שורש ריבועי). בשלב זה עדיין אין לנו הסבר לקו מגמה זה. על מנת להבין יותר טוב את הקשר, ננסה להמיר את תוצאות המרחקים למהירות יציאה (בעזרת נוסחאות הקינמטיקה) ואת מדידות נפח האוויר ללחץ האוויר שבתוך המזרק. על מנת לעשות זאת עשינו ניסוי הבדוק את הקשר בין פרמטרים אלו:

ניסוי משני - לחץ כתלות בנפח

מטרת הניסוי: לבדוק איך נפח האוויר במזרק משפיע על הלחץ בתוכו. השערה: ככל שהנפח במזרק יהיה קטן יותר כך הלחץ במזרק יהיה גדול יותר. לפי המשוואה הבאה:

$$P = Nk_B T \cdot V^{-1}$$

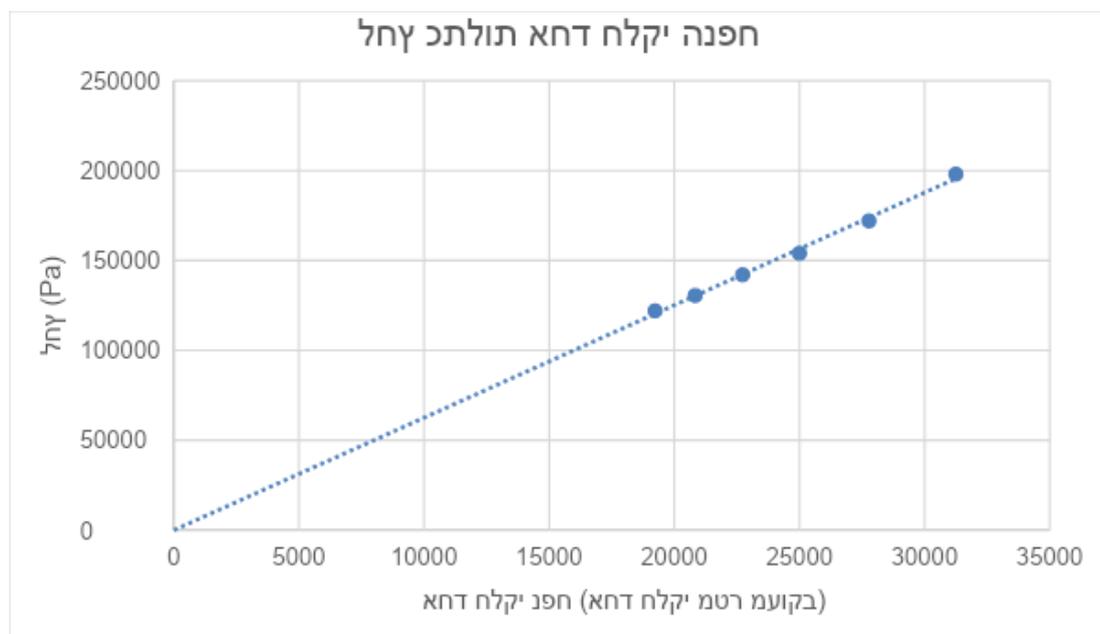
כאשר P מייצג את הלחץ במזרק, N מייצג את מספר המולקולות של האוויר שבמזרק, T מייצג את הטמפרטורה במזרק, v מייצג את הנפח ו- k_B הוא קבוע הממיר יחידות של טמפרטורה לאנרגיה.

מהלך הניסוי: תחילה לקחנו מזרק עם פקק מגומי. עשינו חור בפקק וחיברנו אליו מד לחץ. כל פעם הקטנו את נפח האוויר במזרק וראינו איך זה משפיע על הלחץ שבתוכו, כמתואר בגרף הבא²:

² לפירוט אודות תוצאות ניסוי זה, ראו טבלה בנספח ב'

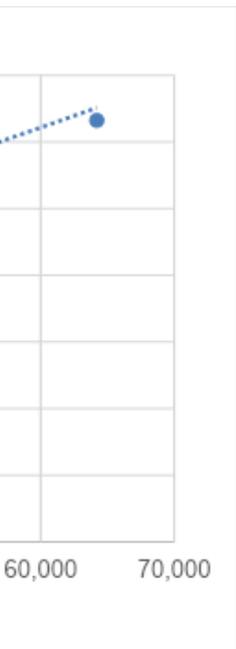


בגרף ניתן לראות שככל שנפח האוויר קטן, כך לחץ האוויר במזרק גדל (כמו ששיערנו). לתוצאות הניסוי העברנו קו מגמה של חזקה. ציפינו לקבל חזקה של 1- וקיבלנו חזקה של -0.988. כמו כן, ציפינו שהמקדם יהיה 5.07 ג'אול. על מנת לראות מה המקדם שיצא לנו בניסוי הצגנו את התוצאות בגרף של לחץ כתלות ב- $V/1$.



לתוצאות הגרף העברנו קו מגמה לינארי. ניתן לראות שהגרף עובר קרוב מאוד לראשית הצירים וששיפועו הוא 6.26 ג'אול (כ- 20% שגיאה). אנו סבורים כי השגיאה נובעת מכך שהיה קצת אוויר דחוס במזרק לפני תחילת המדידות שהיה קצת מעל הלחץ האטמוספרי (בעזרתנו

חישבנו את השיפוע הצפוי). אם היינו מחשבים את השיפוע הצפוי עם לחץ קצת יותר גבוה (כמו שהיה במזרק כנראה) השיפוע שהיינו מקבלים היה גבוהה יותר. לאחר שראינו את הקשר בין הלחץ לנפח, חזרנו לניסוי הראשי והצגנו גרף של מהירות יציאת המים מהמזרק כתלות בהפרש הלחצים (הלחץ בתוך המזרק פחות הלחץ האטמוספרי):



ניתן לראות בגרף שככל שהפרש הלחצים גדל כך גם מהירות יציאת המים מהמזרק גדלה. לתוצאות העברנו קו מגמה של חזקה. על פי השערת הניסוי, ציפינו לקבל שהחזקה תהיה חזקת חצי (שורש) ושהמקדם יהיה $0.044 \left(\sqrt{\frac{m^3}{kg}} \right)$. התוצאות שקיבלנו לא יצאו מאוד מדויקות. אנו סבורים כי התוצאות לא היו מאוד מדויקות מכיוון שהתעלמנו מהחיכוך של המים עם דפנות המזרק וגם מהחיכוך הפנימי של המים עם עצמם בעת יציאתם מהמזרק. כלומר, המשוואה התיאורטית, אמורה להיות כך:

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho_{water}} \cdot p - \frac{2w_f}{m}}$$

כאשר w_f מייצג את עבודת כוח החיכוך המים.

על מנת לדעת כמה מהאנרגיה הלכה לחיכוך הצגנו גרף של מהירות יציאת המים בריבוע כתלות בהפרש הלחצים. הגרף אמור לעבור בראשית הצירים (בהנחה שאין חיכוך), כלומר אפשר לראות כמה מהאנרגיה הומרה לחיכוך לפי החיתוך של הגרף עם הציר האנכי.



אפשר לראות שהגרף חותך את הציר האנכי בנקודה 5.6729 (מטר בריבוע לשנייה בריבוע) כלומר זו האנרגיה ליחידת מסה שהומרה לחיכוך. ייתכן ואם גודל החור היה שונה או שצמיגות הנוזל הייתה שונה, היינו מקבלים כמות שונה של אנרגיה שהייתה מומרת לחיכוך. נמשיך לחקור נושאים אלו בהמשך העבודה.

בנוסף, ניתן לראות שהשיפוע שהתקבל מהגרף הוא 0.0024 (מטר מעוקב חלקי ק"ג), כאשר אנחנו צפינו לקבל 0.002 (מטר מעוקב לק"ג) – שגיאה של כ-20%. כעת "נתקן" את תוצאות הגרף המקורי כאשר אנחנו מורידים את השפעת החיכוך. נקבל את הגרף הבא:



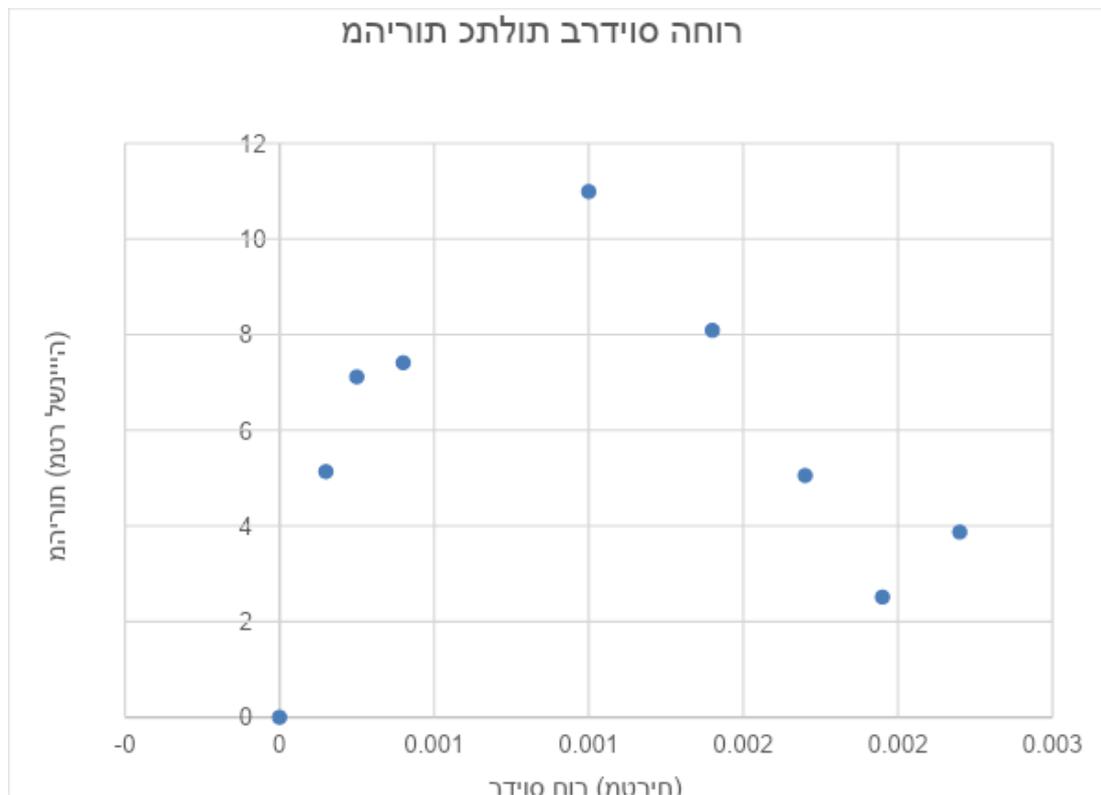
אחרי הורדת החיכוך השיפוע והחזקה (שיפוע- 0.0467, חזקה- 0.5042) יצאו קרובים מאוד להשערותנו המקורית (שיפוע- 0.044, חזקה- 0.5). שיפוע- שגיאה של כ- 6%, חזקה- שגיאה של כ- 0.8%.

ניסוי 2 - השפעת גודל החור על מהירות יציאת המים

מטרת הניסוי: לבדוק איך גודל חור של מזרק משפיע על מהירות יציאת המים ממנו (כאשר כמות המים והאוויר במזרק קבועים).

השערות: השערתנו הייתה שככל שגודל החור קטן יותר כך מהירות יציאת המים ממנו תהיה גדולה יותר מכיוון שאותה כמות מים יוצאת על שטח קטן יותר. אך אנחנו משערים גם כי בגדלי חורים קטנים מאוד, המהירות תקטן, עד שבגודל חור קטן מאוד המים לא יצאו כלל, אנו משערים זאת מכיוון שבחורים קטנים החיכוך משפיע יותר דבר שגורם לאיבוד האנרגיה הקינטית של המים לכן הם יצאו לאט יותר.

מהלך הניסוי: תחילה לקחנו מזרק, מילאנו בו מים (20 מיליליטר) ובכל שאר נפח המזרק (40 מיליליטר) השארנו אוויר. לאחר מכן דחסנו את האוויר ב- 20 מיליליטר. כל הזמן הזה האדם שהחזיק את המזרק חסם את המים שלא יצאו. לאחר דחיסת האוויר שחררנו את המים. את יציאת המים מהמזרק צילמנו בטלפון בהילוך איטי והעלנו את הסרטון ל- Tracker שם מצאנו את מהירות המים. לאחר כל מדידה הגדלנו את קוטר חור המזרק ואז ביצענו מדידה לחור החדש כאשר כמות המים ודחיסת האוויר לא משתנה (הפרמטר היחיד שמשתנה הוא קוטר החור). לאחר שמדדנו עד לגודל החור הרצוי חסמנו את החור ועשינו במזרק חורים קטנים יותר מהחור הראשוני (0.3 מילימטר, 0.5 מילימטר, 0.8 מילימטר, חור ראשוני- 2 מילימטר) כדי לבדוק האם השערותנו שבחורים קטנים המהירות תקטן, נכונה. את תוצאות הניסוי הכנסנו לגרף הבא³:



³ לפירוט אודות תוצאות ניסוי זה, ראו טבלה בנספח ג'

בגרף ניתן לראות שבחורים הקטנים המהירות הולכת וגדלה (ככל שמגדילים את החור) עד לנקודת מקסימום (בקוטר של כ- 2 מילימטר) ומשם המהירות יורדות (ככל שהחורים גדלים). תוצאות אלו מתארות את מה ששיערנו ושיציפינו שנקבל. אפשר לראות שהנקודה ה-8 בגרף יצאה נמוכה יותר מהנקודה ה-9, דבר שלא אמור לצאת לפי התאוריה שלנו. טעות זו יכולה לנבוע מכמה סיבות, לדוגמא- לא לחצנו את האוויר בדיוק אותו דבר או לא שמנו בדיוק 20 מיליליטר מים. בנוסף יכול להיות שבזמן שחרור המים חסמנו קצת עם האצבע את החור דבר שהאט את מהירות יציאת המים.

ניסוי 3 – השפעת צמיגות הנוזל על מהירות יציאתו

מטרת הניסוי: לבדוק איך צמיגות של נוזל מסוים משפיעה על מהירות יציאתו (ממזרק).
השערות: השערתנו הייתה שככל שהנוזל צמיג יותר כך מהירות יציאתו מהמזרק תהיה איטית יותר, בהנחה שכל הפרמטרים האחרים קבועים.
מהלך הניסוי: תחילה מצאנו צמיגות של מים, גליצרול, שמן, סבון, ואלכוהול. לאחר מכן לקחנו את החומרים השונים, והשפרצנו אותם באמצעות מזרק. הלחץ ונפח הנוזל במזרק היו קבועים בכל מדידה. את ההשפרצות צילמנו בטלפון בהילוך איטי ולאחר מכן העלנו את הסרטונים ל tracker ומצאנו את המהירות של כל נוזל.

ניסוי משני - מציאת צמיגות של נוזלים שונים

ראשית, לקחנו משורה ארוכה ומילאנו אותה בחומרים השונים: (גליצרול, סבון, שמן, מים, ואלכוהול). לאחר מכן אל כל נוזל הפלנו שלושה כדורים קטנים בעלי רדיוס שווה ומסה שווה, ומדדנו את זמן הגעתם אל תחתית המשורה. בעזרת הזמן הממוצע ואורך המשורה מדדנו את מהירות הנפילה הממוצעת של שלושת הכדורים בכל נוזל. אחר כך, מדדנו את המסה ואת הנפח של הנוזלים השונים, ובעזרת הנוסחה $\rho = \frac{m}{v}$ חישבנו את הצפיפות של החומרים.

חישבנו גם את נפח הכדורים בעזרת המשוואה $\frac{4}{3}\pi r^3$

לבסוף, בעזרת המשוואה הבאה חישבנו את צמיגות הנוזלים:

$$\eta = \frac{mg - \rho Vg}{6\pi Rv}$$

m – מסת הכדור

g – כוח הכבידה

ρ – צפיפות הנוזל

V – נפח הכדור

R – רדיוס הכדור

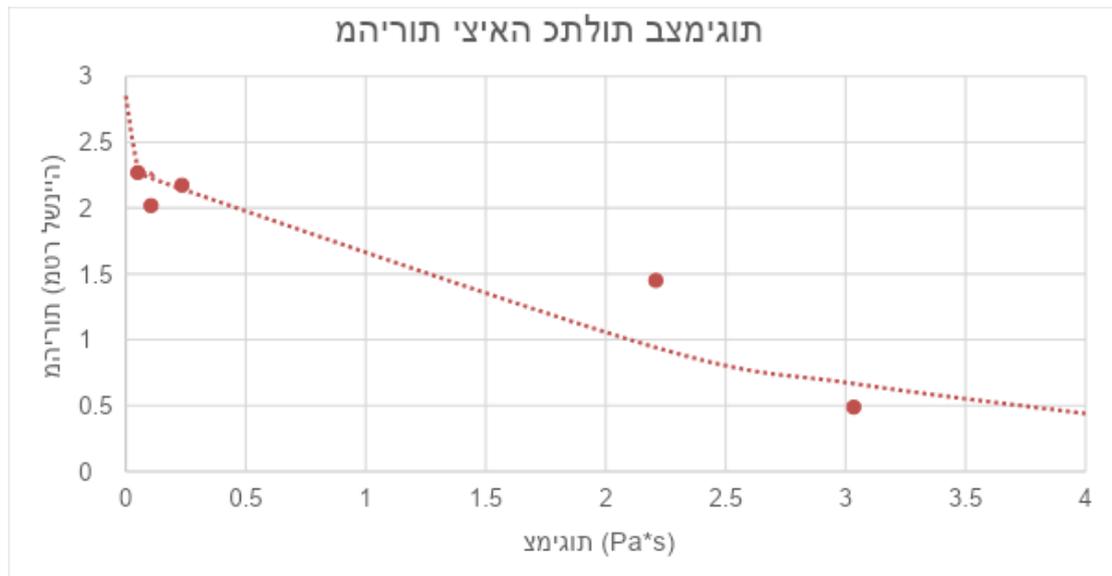
v – מהירות ממוצעת

• הצמיגויות שיצאו לנו:

צמיגות	סוג נוזל
Pa*s	
0.105	שמן
0.05	אלכוהול
3.034	גליצרול

0.234	מים
2.209	סבון

לאחר שמצאנו את הצמיגויות של כל הנוזלים ואת מהירות היציאה של כל נוזל, הכנסנו את התוצאות לגרף הבא⁴:



ניתן לראות בגרף שככל שצמיגות הנוזל גדולה יותר כך מהירות יציאתו קטנה יותר. העברנו קו מגמה מעריכי ולא לינארי. בחרנו בסוג קו מגמה זה מכיוון שככל שהצמיגות גבוהה המהירות תקטן ותשאף לאפס אך לא תוכל להגיע לאפס לכן זה לא יכול להיות לינארי מכיוון שגרף לינארי עובר גם בציר ה-X. בנוסף, הגרף לא יכול להיות חזקה מכיוון שאם הגרף הוא חזקה אז מתי שהצמיגות תהיה מאוד קטנה המהירות תשאף לאינסוף, מה שלא הגיוני. בניסוי זה גם אם הצמיגות תהיה מאוד נמוכה אז המהירות תהיה גבוהה אך לא תשאף לאינסוף.

- אנחנו לא יודעים בוודאות מה המשוואה הנכונה לתאר את הניסוי הזה ומהו קו המגמה הכי מתאים, הקו שעשינו בגדר השערה.

⁴ לפירוט אודות תוצאות ניסוי זה, ראו טבלה בנספח ד'

ניסוי 4 – צמיגות גליצרול כתלות בטמפרטורה

מטרת הניסוי: מטרת הניסוי לבדוק איך טמפרטורה של חומר כלשהו, במקרה הזה גליצרול, משפיעה על צמיגותו.

השערות: השערותנו הייתה שככל שהגליצרול יתחמם אז הצמיגות שלו תרד, כלומר הוא יהיה יותר נוזלי.

בהשערותנו התייחסנו לשני מודלים המקשרים בין צמיגות לטמפרטורה: המודל הראשון הוא של אוסבורן ריינולדס (פיזיקאי בריטי) משנת 1886. המודל הוא מודל אמפירי (מודל הנובע מתוצאות של מחקרים וניסויים), המתאים לטווח מצומצם של טמפרטורות. ומקיים את המשוואה הבאה⁵:

$$\mu(T) = \mu_0 \exp(-bT)$$

כאשר μ מייצג את הצמיגות, T מייצג את הטמפרטורה, ו- μ_0 ו- b הם מקדמים המתאימים לסוג החומר.

המודל השני הוא של סוונטה ארהניוס (כימאי שוודי) משנת 1889. המודל מבוסס על ההנחה שזרימת הנוזל מקיימת את משוואת ארהניוס - משוואה פשוטה אך מדויקת מאוד המתארת את התלות של קצב התגובה הכימית בטמפרטורה. המודל מקיים את המשוואה הבאה⁶:

$$\mu(T) = \mu_0 \exp\left(\frac{E}{RT}\right)$$

כאשר μ מייצג את הצמיגות, T מייצג את הטמפרטורה, R מייצג את קבוע הגזים, E מייצג את אנרגיית השפעול ו- μ_0 הוא מקדם המתאים לסוג החומר.

מהלך הניסוי: תחילה לקחנו מבחנה ומילאנו אותה בגליצרול. לאחר מכן לקחנו את המבחנה והכנסנו אותה לתוך משורה מלאה במים חמים. מדדנו את טמפרטורת המים באמצעות מד טמפרטורה. חיכינו שטמפרטורת המים תגיע ל- 80° מעלות ואז הוצאנו את המבחנה מהמשורה. לאחר מכן הפלנו כדור לתוך המבחנה וצילמנו בסרטון את נפילתו. הפלנו 8 כדורים מ- 80° ועד 10° (קפיצות של 10°). צילמנו בטלפון את הפלת הכדורים והעלנו את הסרטונים ל-Tracker, שם בדקנו את המהירות הסופית אליה הגיעו הכדורים בכל הפלה. לאחר מכן בעזרת המהירויות שקיבלנו ושאר נתוני הכדור והמערכת, חישבנו את צמיגות הגליצרול בכל טמפרטורה, באופן הבא:

⁵ לקוח מתוך הערך: "temperature dependence of liquid viscosity" שבאתר ויקיפדיה: https://en.wikipedia.org/wiki/Temperature_dependence_of_liquid_viscosity

⁶ לקוח מתוך הערך: "temperature dependence of liquid viscosity" שבאתר ויקיפדיה: https://en.wikipedia.org/wiki/Temperature_dependence_of_liquid_viscosity

$$\mu = \frac{mg - \rho Vg}{6\pi Rv}$$

g - תאוצה של גופים הנופלים בכדור הארץ.

m - מסת הכדור.

V - נפח הכדור.

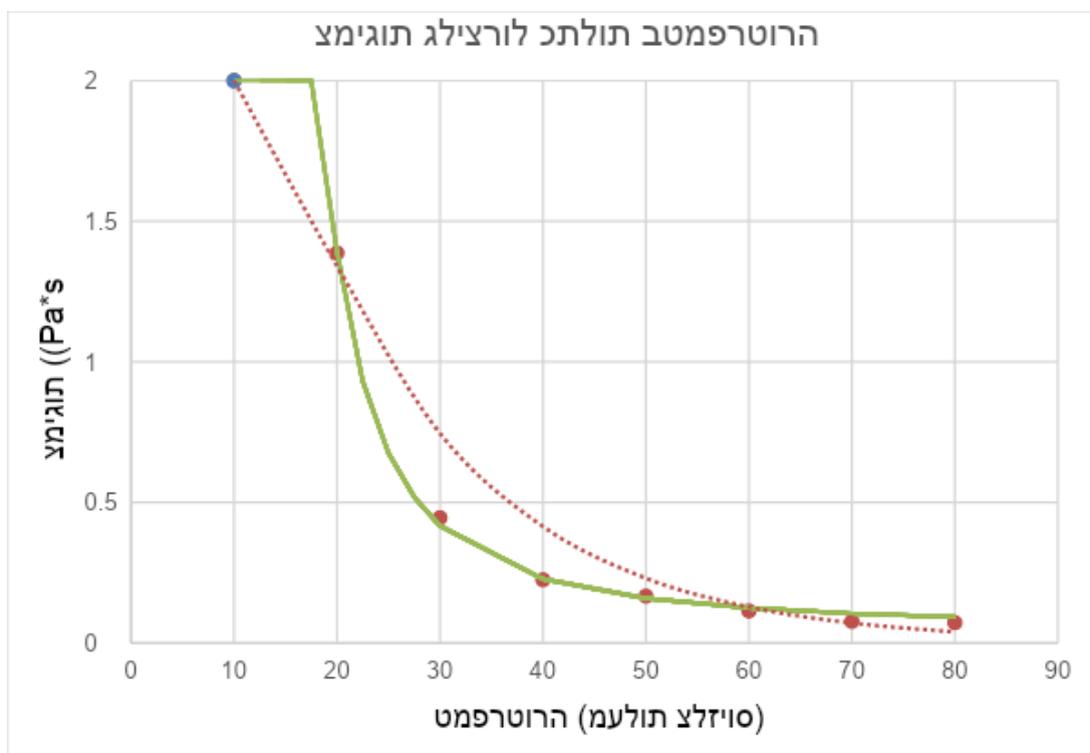
v - מהירות נפילת הכדור.

R - רדיוס הכדור.

ρ - צפיפות הנוזל (גליצרול).

תוצאות הניסוי:

בגרף אפשר לראות את צמיגות הגליצרול כתלות בטמפרטורה.⁷



מסקנות: בגדול קיבלנו את מה שציפינו, רואים בגרף שככל שהטמפרטורה גבוהה יותר הצמיגות נמוכה יותר וככל שהטמפרטורה קטנה יותר הצמיגות גבוהה יותר. לתוצאות העברנו שני קוי מגמה, אחד לפי המודל של ריינולדס (הקו האדום) ואחד לפי המודל של ארהניוס (הקו הירוק). אפשר לראות שהמודל של ארהניוס מתאים בצורה טובה מאוד לתוצאות שיצאו לנו.

נציין כי, הנקודה האחרונה בגרף (נק' ה- 10^0) יצאה רחוקה משאר הנקודות (לא ניתן לראות אותה בגרף). בדקנו באינטרנט וראינו כי נקודת הקיפאון של גליצרול היא ב- 17.8° ולכן יש

⁷ לפירוט אודות תוצאות ניסוי זה, ראו טבלה בנספח ה'

להניח שבנקודה של ה- 10^0 הגליצרוזל כבר במצב של מוצק ולא נוזל ולכן הוא יצא שונה קיצונית משאר הנקודות (המשוואה לחישוב צמיגות לא תקפה לו).

סיכום ומסקנות

בעבודה זו חקרנו כיצד תכונות של נוזל מסוים והסביבה בו הוא נמצא משפיעות על האופן שבו הוא מושפרץ. הגורמים אותם בדקנו היו: צמיגות הנוזל (המושפעת מסוג הנוזל ומטמפרטורתו), גודל החור ממנו הוא מושפרץ והלחץ בו הוא נמצא. את הניסויים שעשינו אי אפשר באמת למדוד על הר געש אז בדקנו את תכונות אלו בכלים ומחומרים העומדים לרשותנו. הפרמטרים שאיתם "שיחקנו" הם אותם הפרמטרים המשפיעים על התפרצות געשית גם כן.

במהלך העבודה גילינו כי ככל שהלחץ באזור סגור גדול יותר כך מהירות יציאתו תהיה מהירה יותר. דבר שבהר געש יגרום להתפרצות גדולה יותר וגבוהה יותר. דבר נוסף שגילינו הוא שחומרים בצמיגויות שונות יתפרצו במהירויות שונות זו מזו, כך שהחומרים בעלי הצמיגות הנמוכה יתפרצו במהירות גבוהה יותר מאלו שבעלי צמיגות גבוהה. ראינו גם שטמפרטורה משפיעה על הצמיגות, כך שככל שהטמפרטורה גבוהה יותר כך הצמיגות נמוכה יותר. לדוגמא בהר געש אם הטמפרטורה בהר גבוהה כך צמיגות הלבה תהיה נמוכה יותר דבר שיכול לגרום להתפרצות מהירה יותר וגבוהה יותר. פרמטר נוסף שבדקנו במהלך העבודה הוא איך גודל חור משפיע על מהירות יציאת הנוזל ממנו. בניסוי זה גילינו כי נוזל יצא במהירות גבוהה יותר ככל שהחור ממנו הוא יוצא קטן יותר, אך בגדלי חור קטנים במיוחד הנוזל יצא במהירות קטנה יותר עד שבגודל חור מסויים הוא כמעט ולא יצא בכלל. בהרי געש גודל חור יכול להשפיע על אופן ההתפרצות בכך שבגדלי חור קטנים יחסית הוא יושפרץ גבוהה למעלה במהירות גבוהה אך בחורים גדולים יותר הוא פחות ישפריץ ויותר "ינזל" מההר כלפי מטה.

יש עוד הרבה פרמטרים היכולים להשפיע על אופן התפרצות געשית.

הנה כמה המלצות לניסויי המשך:

1. השפעת טמפרטורה על לחץ.
2. השפעת אורך ורוחב של כלי על מהירות יציאת הנוזל ממנו.
3. השפעת סוג הצורה של החור ממנו יוצא הנוזל (לדוגמא- עיגול\ משולש\ ריבוע..) על מהירות יציאת הנוזל ממנו.

העבודה הייתה מאוד מעניינת ומהנה, אך חוץ מזה היא גם עזרה לנו בשיפור מיומנויות עבודה כגון טראקור ואקסל. העבודה גם עזרה לנו בשיפור כתיבת דוחות ניסוי, הוצאת מסקנות מגרפים ופיתוח תיאוריות לניסוי.

אנחנו רוצים להודות רבות למנחה שלנו אלון שעזר ותמך בנו במהלך כל שלבי העבודה ואפילו בא לעזור לנו מיוזמתו בזמנו הפנוי בימים לא "מוגדרים" של הפרויקט בבית ספר (כמו ימי שישי ואפילו בחופש הגדול).

ביבליוגרפיה

- הערך "לחץ" מתוך אתר ויקיפדיה:
<https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9C%D7%97%D7%A5>
- הערך "גז אידיאלי" מתוך אתר ויקיפדיה:
https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%92%D7%96_%D7%90%D7%99%D7%93%D7%99%D7%90%D7%9C%D7%99
- הערך "צמיגות" מתוך אתר ויקיפדיה:
<https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A6%D7%9E%D7%99%D7%92%D7%95%D7%AA>
- הערך "חוק סטוקס" מתוך אתר ויקיפדיה:
https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%97%D7%95%D7%A7_%D7%A1%D7%98%D7%95%D7%A7%D7%A1
- הערך: "temperature dependence of liquid viscosity" שבאתר ויקיפדיה:
https://en.wikipedia.org/wiki/Temperature_dependence_of_liquid_viscosity

נספחים

נספח א' – תוצאות ניסוי 1 - השפעת לחץ במיכל על מהירות יציאת המים

מזנו

מהירות יציאה (m/s)	הפרש לחצים (Pa)	לחץ במזרק (Pa)	מרחק השפצה ממוצע (m)	דחיסת המזרק (ml)
4.074	4,500	104,500	1.32	2
5.111	9,520	109,520	1.656	4
7.691	21,050	121,050	2.492	8
9.447	35,200	135,200	3.016	12
11.413	53,300	153,300	3.698	16
12.648	64,200	164,200	4.098	18

נספח ב' – תוצאות ניסוי משני – לחץ כתלות בנפח

לחץ (Pa)	נפח (מ"ק)
198000	0.000028
172000	0.000032
154000	0.000036
142000	0.00004
130500	0.000044
122000	0.000048
116540	0.00005

נספח ג' – תוצאות ניסוי 2 – השפעת גודל החור על מהירות יציאת המים

מהירות יציאה (m/s)	קוטר חור (mm)
5.136	0.3
5.422	0.5
7.412	0.8
10.99	2
8.089	2.8
5.055	3.4
2.513	3.9
3.872	4.4

נספח ד' – תוצאות ניסוי 3 – השפעת צמיגות הנוזל על מהירות יציאתו

מהירות (m/s)	צמיגות (Pa*s)	סוג הנוזל
2.0185	0.105	שמן
2.269	0.05	אלכוהול
0.488	3.034	גליצרול
2.1733	0.234	מים
1.45	2.209	סבון

נספח ה' – תוצאות ניסוי 4 - צמיגות גליצרול כתלות בטמפרטורה

צמיגות (Pa*s)	טמפרטורה (מעלות צלזיוס)
0.072	80
0.077	70
0.114	60
0.167	50
0.225	40
0.4455	30
1.387	20
5.634	10