

1. מדידת צמיגות גליצרין בטמפרטורת החדר

מטרת הניסוי: מציאת ערך צמיגות הגליצרין.

ציוד:

1. מבחנה מלאה בגליצרין, חתומה בשסתום, עם סמני גובה ניתנים להזזה.
2. מגש ובו כדורים בקטרים שונים (עבור כל קוטר יש מספר כדורים).
3. מאזניים דיגיטליות.
4. מולטימטר עם חיישני טמפרטורה.
5. סרגל שצמוד למבחנה.
6. שעון עצר עם קופסת לחצנים לתחילת הריצה, סיומה ואיפוסה.
7. קליבר ומיקרומטר.

קראו בעיון את התדריך וענו על השאלות המנחות טרם ביצוע הניסוי. שימו לב כי אין אפשרות להוציא את הכדורים לאחר הכנסתם למבחנה. לא ינתנו כדורים נוספים במהלך הניסוי.

תדריך ושאלות מנחות לתכנון הניסוי

בסוף הניסוי תידרשו לחלץ את צמיגות הגליצרין- η מתוך גרף של זמן שקיעת הכדור כפונקציה של רדיוס הכדור $t(r)$. הקשר התיאורטי בין גדלים אלו נתון ע"י הנוסחה:

$$(1) \quad t = \frac{9L\eta}{2g(\rho_b - \rho_l)r^2}$$

כאשר L - מרחק השקיעה, ρ_l - צפיפות הגליצרין, ρ_b - צפיפות הכדורים ו- g – תאוצת הכובד.

- 1.1. על מנת לחלץ את צמיגות הגליצרין בעזרת נוסחה (1) מדדו את צפיפות הכדורים- ρ_b בהנחה שהצפיפות זהה בין הכדורים השונים.
- 1.2. מרחק השקיעה, L , קבוע לאורך הניסוי. נסמנו בעזרת הסמנים השחורים (ניתנים להזזה) המוצבים על המבחנה הגדולה. **סמנים אלו אינם תוחמים בהכרח מקטע בו מהירות הכדור קבועה.** חשבו: כיצד, בעזרת הציוד שבעמדה, תוכלו **למדוד** ולוודא שהכדור הגיע למהירות קבועה?
בדקו באיזה אזור המהירות קבועה, לאחר מכן קבעו את המרחק L בתוך אזור זה בעזרת הסמנים ומדדו אותו.
- 1.3. מדדו בעזרת שעון העצר את זמן השקיעה של כדורים ברדיוסים שונים. על-מנת להפיל כדור לתוך מבחנת הגליצרין, הניחו אותו בתוך הפקק השחור ופתחו את השסתום בעזרת הידית הקטנה שבצד הפקק. שימו לב שהכדור מפלח את הנוזל הסמיך ומותיר מאחוריו מעין תעלה. לאחר מעבר הכדור יחלפו מספר רגעים עד שהתעלה תיסגר; על-כן, חכו מעט בין כדור לכדור.
- 1.4. כיצד תחושב השגיאה של מדידת הזמן? ודאו שהשגיאה היחסית בזמן קטנה מ 1%.

1.5. אילו כדורים נופלים מהר יותר, בתוך הנוזל? מדוע?

1.6. על מגש משותף לכלל העמדות תמצאו שתי מבחנות ובהן אריומטרים. מבחנה אחת מלאה במים, ואילו השנייה – בגליצרין. בכל מבחנה נמצא אריומטר. המבחנה עם המים נמצאת שם להתרשמות בלבד. מדדו את צפיפות הגליצרין בעזרת האריומטר. מה שגיאיתו?

1.7. לאחר שתחלצו את צמיגות הגליצרין תתבקשו להשוות בינה לבין תוצאה תיאורטית. העזרו בגרף הנמצא התדריך וגלו מה ערך הצמיגות התאורטי ומה שגיאיתו. **איזה נתון עלינו לדעת על מנת לקבל ערך זה מהגרף? (רמז: נספחים ב'-ג')**

1.8. בצעו עיבוד מדגמי לתוצאות בזמן ביצוע הניסוי. למשל, אפשר לחשב את הערך של הצמיגות עבור מדידת גובה בודדת מבלי לערוך גרף על ידי הצבה בנוסחה (1).

תוצאות סופיות

בסוף חלק זה של הניסוי עליכם לבנות גרף $t(r)$ ממנו תחלצו את צמיגות הגליצרין ע"י התאמה לפונקציה מהצורה $t(r) = \frac{a_1}{r^2}$. חשבו איזה עוד פרמטר אפשר להוסיף לפונקציה לפני ביצוע ההתאמה. לבסוף, השוו בין ערך צמיגות הגליצרין שקיבלתם לערך התיאורטי.

2. מדידת צמיגות הגליצרין כפונקציה של הטמפרטורה

מטרת הניסוי: מדידת צמיגות הגליצרין כתלות בטמפרטורה.

הנחיות כלליות לביצוע הניסוי

- 2.1. בחלק זה של הניסוי תקבלו מבחנה נוספת ששהתה בקירור.
- 2.2. במבחנה הקרה שקוע חישן טמפרטורה. חברו אותו למולטי-לאב ומדדו את הטמפרטורה של הגליצרין הקר (ראו נספח ד': הפעלת מערכת המולטי-לאב למדידת טמפרטורת הגליצרין).
- 2.3. מה יקרה לטמפרטורה במשך הזמן? נסו לאפיין אותה במשך כמה דקות לפני שתתחילו בניסוי.
- 2.4. **שימו לב:** בחלק זה מתרחשים שני תהליכים שונים בסקאלות זמן שונות: הזמן שלוקח לכדור ליפול בתוך המבחנה, לעומת הזמן שלוקח לטמפרטורה של הנוזל להשתנות. מהי ההנחה שתחתיה המדידות שלנו תקפות?

ביצוע הניסוי:

- 2.5. בדומה לחלק הקודם, בחרו מקטע וסמנו אותו בגומיות. מדדו את משך הנפילה של כדור במקטע (בצעו מדידות רק עבור רדיוס אחד).
- 2.6. בצעו מדידות בטמפרטורות שונות וחשבו את צמיגות הגליצרין לכל מדידה.
- 2.7. **שימו לב:** הטמפרטורה של הגליצרין לא אחידה בכל הכלי – היכן כדאי למקם את גומיות המדידה ביחס לחישן? כיצד תעריכו את השגיאה בטמפרטורה?
- 2.8. כיצד נעריך את השגיאה בזמן הנפילה? האם ניתן לבצע חזרות בחלק זה בדומה לחלק הקודם?

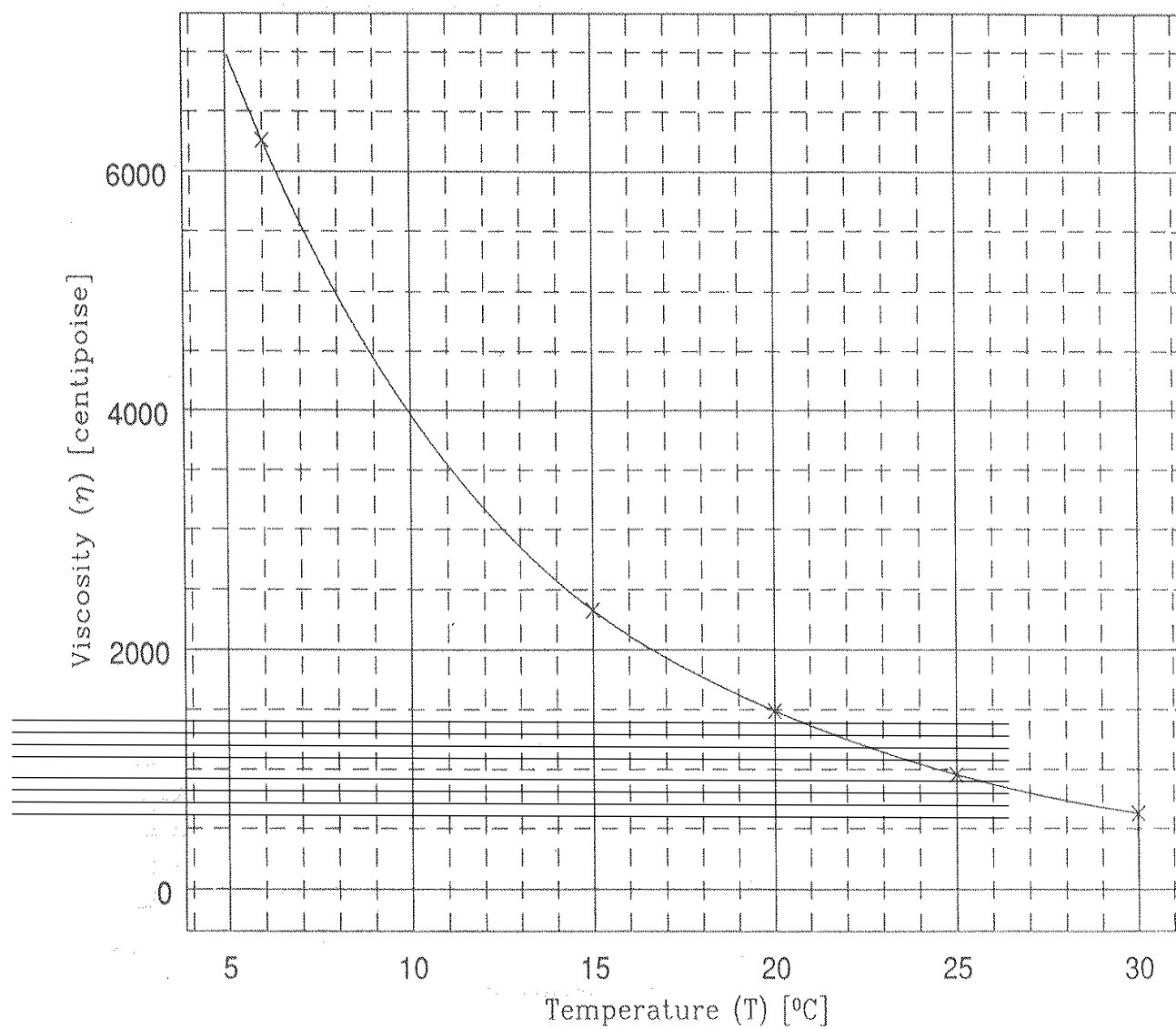
הנחיות לעיבוד תוצאות

- 2.9. האם הצמיגות עולה או יורדת עם עליית הטמפרטורה? מבין שני התהליכים שפורטו ברקע התיאורטי, הסיקו, לכן, מהו התהליך הדומיננטי בקביעת הצמיגות.
- 2.10. התאימו את התוצאות למודל המתמטי שהוצע ברקע התיאורטי, ומיצאו את שני הפרמטרים שבו ואת שגיאותיהם. מהם היחידות של הפרמטרים הללו?

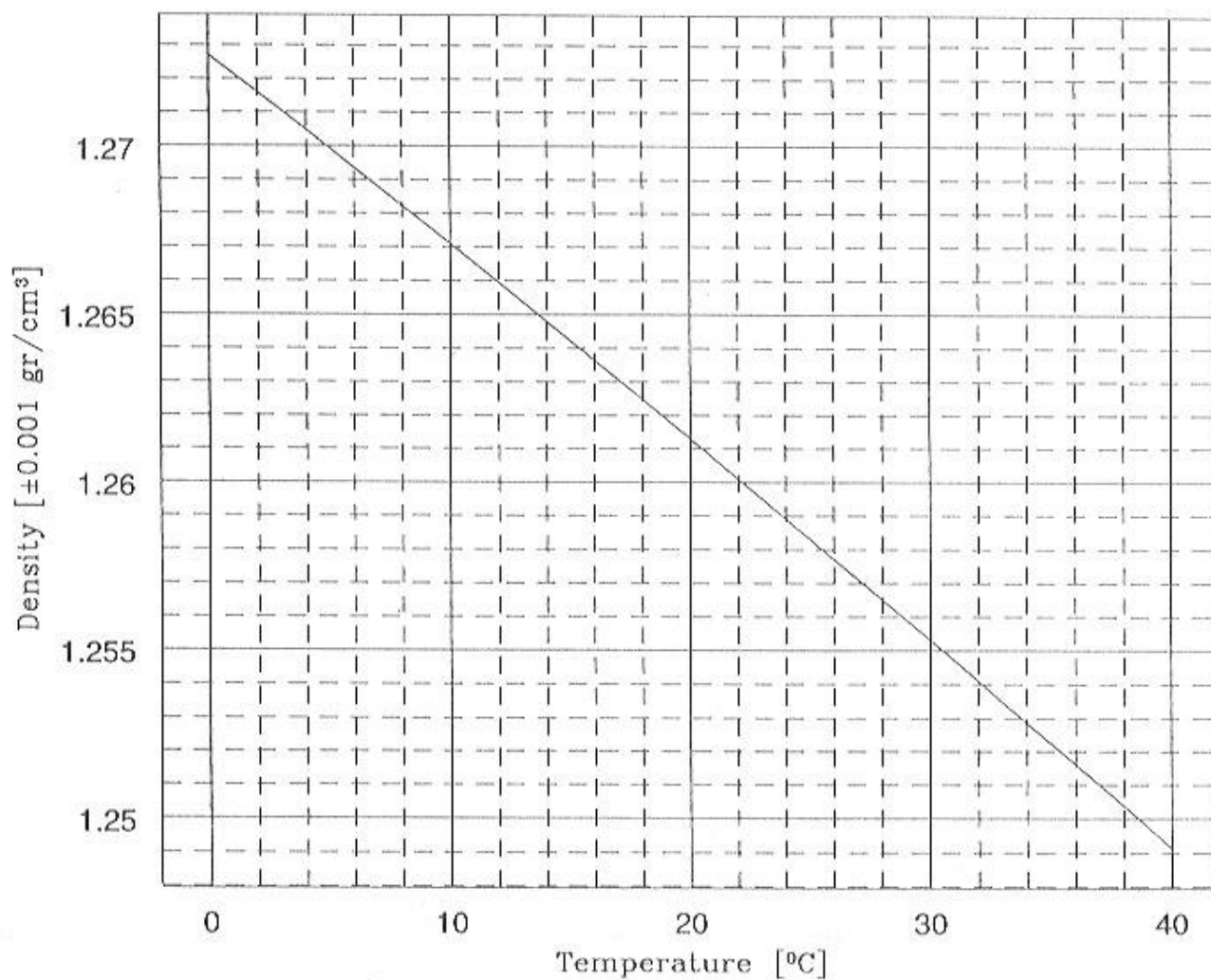
נספח א' – תרשים המערכת



Viscosity of Glycerin ($C_3H_8O_3$)



Reference: *Handbook of Chemistry & Physics* (70th ed. 1989–1990)
Table F-42

נספח ג' – צפיפות הגליצרין כתלות בטמפרטורה*Density of Glycerol ($C_3H_8O_3$)*

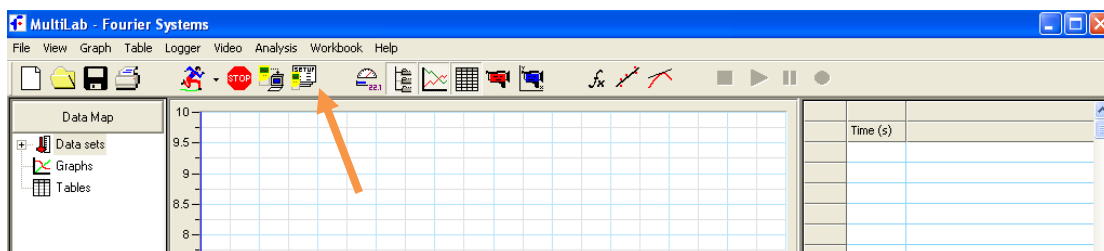
Reference:

International Critical Tables

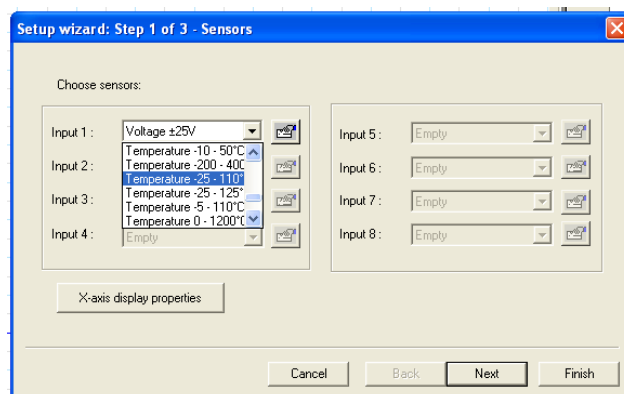
3,28 (1926)

נספח ד' – הפעלת מערכת המולטי לאב למדידת טמפרטורת הגליצרין

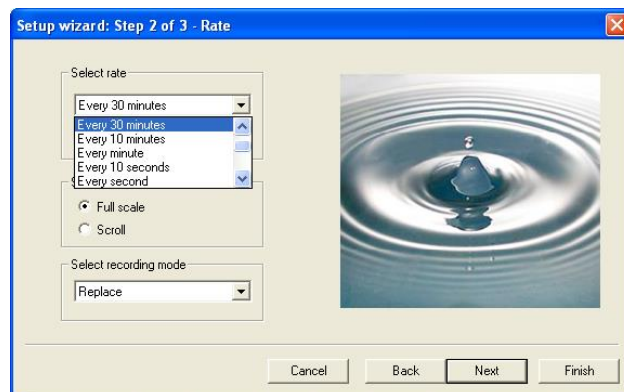
1. הפעילו את המולטי לוג.
2. הפעילו את תוכנת המולטי לאב. במסך שיפתח לחצו על *SETUP*.



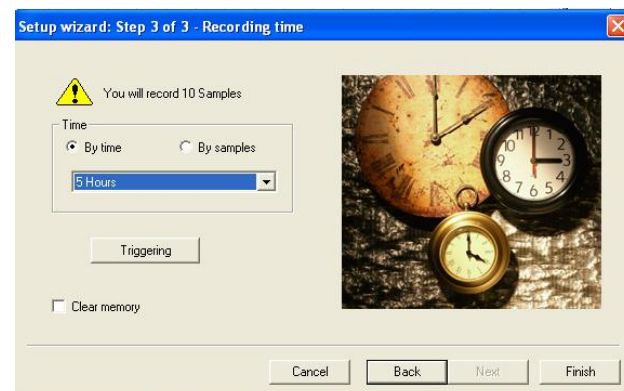
3. במסך שיפתח בחרו במדידת טמפרטורה בתחום של $-25 - 110$ מעלות, ולחצו על *NEXT*.



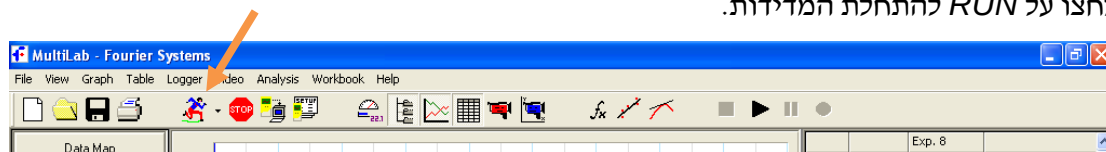
4. בחרו בקצב של מדידה כל 10 שניות (אפשר גם מהיר יותר), ולחצו על *NEXT*.



5. בחרו בזמן מדידה ארוך מספיק, כלומר יותר מ 4 שעות, ולחצו על *FINISH*.



6. לחצו על RUN להתחלת המדידות.



7. כעת תופיע רשימת תוצאות מדידה בצד ימין של התוכנה. המדידה הראשונה תופיע מיד, והמדידות הנוספות יופיעו לפי קצב המדידה שבחרתם.

