

מעבדה שנה ג'

מחשוב מעבדה

בטמפרטורות נמוכות

ת.ז. : 29416377
ת.ז. : 28487791

מגישים : גיל פרל
אלכס רוזנבאום

תוכן עניינים :

3	.....: י1. כללי
4	.....: י2. התחלה
4	.....: י2.י1.י1. הגדרות וחיבור מערכת המחשב
10	.....: י2.י2.י1. הגדרת חיבורים למכשירים
10	.....: י2.י2.י1.י1. מדידת מתח
10	.....: י2.י2.י2.י1. מדידת זרם
10	.....: י2.י2.י3.י1. מדידת התנגדות Wire ohm2
10	.....: י2.י2.י4.י1. מדידת התנגדות Wire ohm4
11	.....: י3. התוכניות
11	.....: י3.י1.י1. ממשק התוכנית
12	.....: י3.י2.י1. מדידת התנגדות של נגד פחם בודדת
13	.....: י3.י3.י1. כיול נגד פחם, מדידת על מוליך ומדידת הולכת חם
13	.....: י3.י3.י2.י1. כיול נגד הפחם
13	.....: י3.י3.י3.י1. מדידת התנגדות העל-מוליך
14	.....: י3.י3.י3.י2. מדידת הולכת-חום
15	.....: י3.י4.י1. קיבול חום
16	.....: י3.י5.י1. שדה מגנטי קריטי
17	.....: י3.י6.י1. אפקט מייזנר
18	.....: י3.י7.י1. מדידת גובה הנוזל
19	.....: י4. דוגמאות לפלט של התוכנית
19	.....: י4.י1.י1. פתיחת קובץ LOW ב EXCEL
.....	.....: י5. שרטוט של התוכנית

1. כללי :

התוכנית באה להחליף מדידות ידניות במעבדת טמפרטורות נמוכות.

הניסוי מורכב ממספר חלקים שונים :

1. כיול נגד פחס, מדידת העל מוליך ומדידת הולכת חום.

2. מדידת קיבול חום.

3. מדידת שדה מגנטי קריטי.

4. אפקט מייזנר.

לצורך ביצוע הניסוי יש צורך במדידת התנגדויות, של השכבה הדקה, נגד הפחס ועוד.
המדידות מתבצעות דרך מכשירי מדידה המצוידים באפשרות לשליטה מרחוק (Remote) ע"י חיבור GPIB.

2. התחלה :

בתחילה יש להדליק את כל המכשירים המשתתפים בניסוי :

1. מחשב.

יש ללחוץ לחיצה כפולה על צלמית התוכנית LOW TEMP.

2. שני רב-מודד מסוג HP34401a.

יש לוודא כי המכשיר הימני נדלק עם כתובת 23 והמכשיר השמאלי נדלק עם כתובת 22.

3. ספק כוח.

יש לוודא כי המכשיר נדלק עם כתובת 12.

ללא הדלקת המכשירים התוכנית לא תעבוד !

החלק הבא מיועד לפעם הראשונה בה מתקינים את התוכנית על המחשב.

2.1. הגדרות וחיבור מערכת המחשב :

1. הרכבת כרטיס ה HPIB בתוך המחשב.

2. התקנת תוכנה מתאימה לכרטיס (driver) והגדרתו במחשב.

3. חיבור כל המכשירים בעזרת כבלי HPIB מתאימים.

4. התקנת תוכנה VEE.

5. הגדרת מכשירי המדידה כך שהתוכנית תזהה אותם ותוכל לשלוט עליהם. לאחר הפעלת VEE נבחר בתפריט ה Device ובו נבחר ב I/O instruments. בחלון ה I/O נגדיר את 3 המכשירים בניסוי לפי הטבלה הבאה :

Device Name :	dmm	dmm2	sup1
Interface :	HP-IB	HP-IB	HP-IB
Address :	722	723	712
Device Type :	hp34401a.cip	hp34401a.cip	ראה הרחבה **
Time Out :	15 sec	15 sec	15 sec
Byte Ordering :	MSB	MSB	MSB
Live Mode :	ON	ON	ON

הרחבה :

* לצורך הגדרת ה Device Type של הרב מודדים **dmm, dmm2** יש לבצע את הפעולות הבאות:

א. ללחוץ על כפתור ה Instrument Driver Config

ב. ללחוץ על כפתור ה IO Filename

ג. לבחור את הקובץ hp34401a.cip מתוך הרשימה במחשב. אם הקובץ אינו מופיע יש להתקינו מהתקליטור של תוכנת ה VEE.

** לצורך הגדרת ה Device Type של ספק הכוח **sup1** יש לבצע את הפעולות הבאות:

א. ללחוץ על כפתור ה Direct I/O Config.

ב. לוודא את ההגדרות הבאות :
Read Terminator : "\n"

EOL Sequence : "\n"

Conformance : IEE 488

Binblock : None

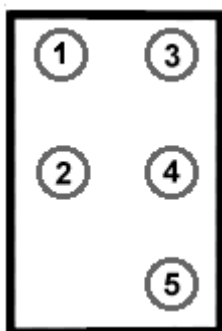
4. כעת ניתן להריץ את תוכנת ה VEE המיועדת למעבדה בטמפרטורות הנמוכות ע"י לחיצה כפולה על צלמית התוכנית.

2.2. הגדרת חיבורים למכשירים :

להלן פרוט החיבורים בהם משתמשים בניסוי, כאשר בכל חלק בניסוי מפורט המכשיר (כתובתו) וסוג המדידה על פיה יחובר הרכיב הנמדד למכשיר.

2.2.1. מדידת מתח :

חיבור נקודות הפוטנציאל השונות בין כניסות (+) 1 ו (-) 4.



דוגמה :

מדידה זו משמשת למדידת מתח של שדה מגנטי חיצוני באפקט מייזנר וכן מתח על מד הגובה כחלק ממדידת 4 מגעים לחשוב התנגדות מד הגובה. יש לחבר את שתי נקודות הפוטנציאל בכניסות המתאימות למכשיר המדידה עם הכתובת המתאימה. ראה פירוט בכל חלק בתוכנית.

2.2.2. מדידת זרם :

חיבור התיל המוליך בין כניסה 4 ויציאה 5.

דוגמה :

מדידה זו משמשת למדידת זרם דרך מד הגובה כחלק ממדידת 4 מגעים לחשוב התנגדות מד הגובה. יש לחבר את שתי נקודות הפוטנציאל בכניסות המתאימות למכשיר המדידה עם הכתובת המתאימה. ראה פירוט בכל חלק בתוכנית.

איור פנל החיבורים
מהרב מודד hp34401a

2.2.3. מדידת התנגדות 2Wire ohm :

חיבור הנגד הנתון לכניסות 3 + 4.

דוגמה :

מדידת התנגדות בשיטת שני מגעים, שהיא השיטה הרגילה למדידת התנגדות, מתבצעת ע"י חיבור הנגד הנתון לכניסות 3 + 4. חיבור זה מיועד למדידה של נגדים עם ערכים גדולים בהם המכשיר יכול להזרים זרם קטן ולהזניח את ההתנגדות של המוליכים במדידה. מדידה זו משמשת למדידת נגד הפחם (הטרמומטר). יש לחבר את הנגד בכניסות המתאימות למכשיר עם הכתובת המתאימה (לרוב כתובת 23). המכשיר מכוון למדוד את הנגד בתחום התנגדויות בהם הזרם דרך הנגד יהיה קטן מ 1mA, בצורה זו אנו מונעים את חימום הנגד ובזאת הכנסת חום למערכת - דבר שיגרום לשגיאות מדידה.

2.2.4. מדידת התנגדות 4Wire ohm :

חיבור הזרם דרך הנגד הנתון לכניסות 3 + 4. את נקודות מדידת המתח בנגד לכניסות (+) 1 ו (-) 2.

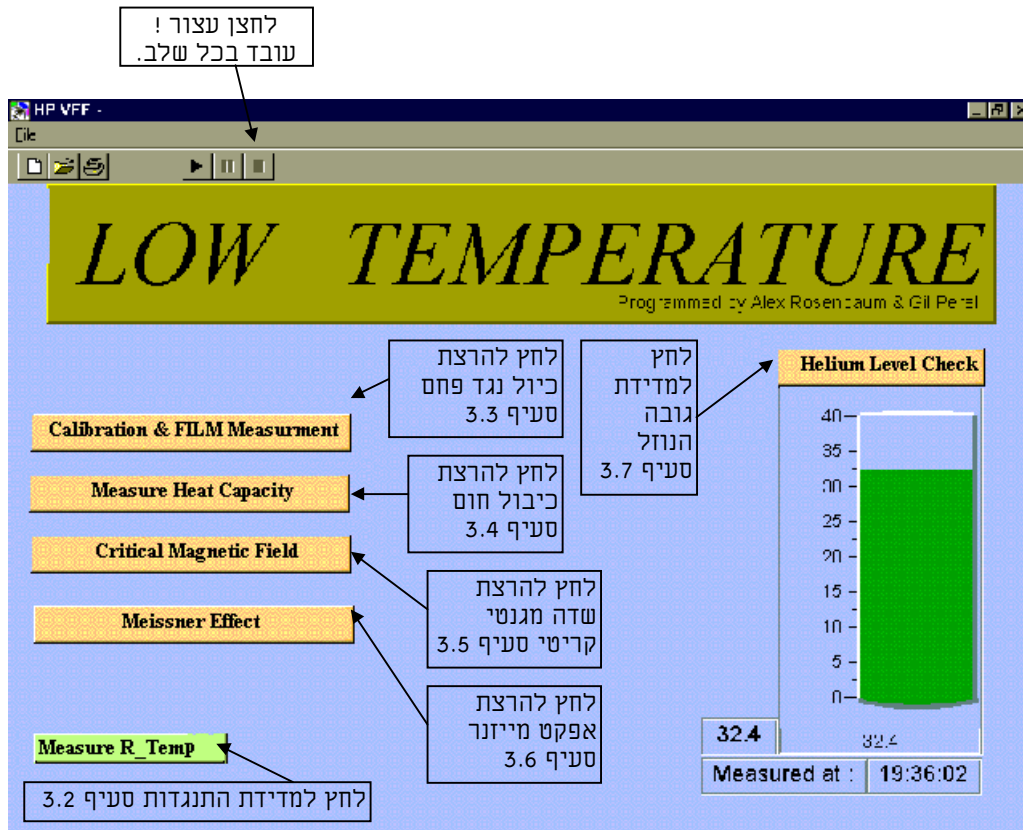
דוגמה :

מדידת התנגדות בשיטת 4 מגעים מתבצעת ע"י חיבור הזרם דרך הנגד הנתון לכניסות 3 + 4. את נקודות מדידת המתח בנגד לכניסות 1 + 2. חיבור זה מיועד למדידה של נגדים עם ערכים קטנים מאוד בהם צריך להתחשב בהתנגדות של המוליכים. מדידה זו משמשת למדידת השכבה הדקה (העל מוליך). יש לחבר את הנגד בכניסות המתאימות למכשיר עם הכתובת המתאימה (לרוב כתובת 22). המכשיר מכוון למדוד את הנגד בתחום התנגדויות בהם הזרם דרך הנגד יהיה קטן מ 1mA, בצורה זו אנו מונעים את השגיאה במדידה בעקבות התנגדות המוליכים והמגעים של חיבור העל מוליך.

3. התוכניות :

3.1. ממשק התוכנית:

לאחר לחיצה כפולה על צלמית התוכנית, מופיע החלון הבאה:



חלון זה הוא החלון הרטשי של התוכנית. ממנו תוכלו להריץ את החלקים השונים התוכנית. ליד כל כפתור רשום התפקיד שלו ובאיזה סעיף ניתן הפירוט המלא עליו.

הערות כלליות :

1. בזמן הרצת חלק מסוים לא ניתן להריץ חלק אחר של התוכנית.
2. בזמן ריצת חלק מסוים של התוכנית אסור לגעת במחשב! הדבר גורם לחוסר דיוק במדידות הקצובות לפי זמן.
3. ניתן להריץ כל חלק מהתוכנית ללא הגבלה ללא צורך לאתחל את התוכנית הכללית.

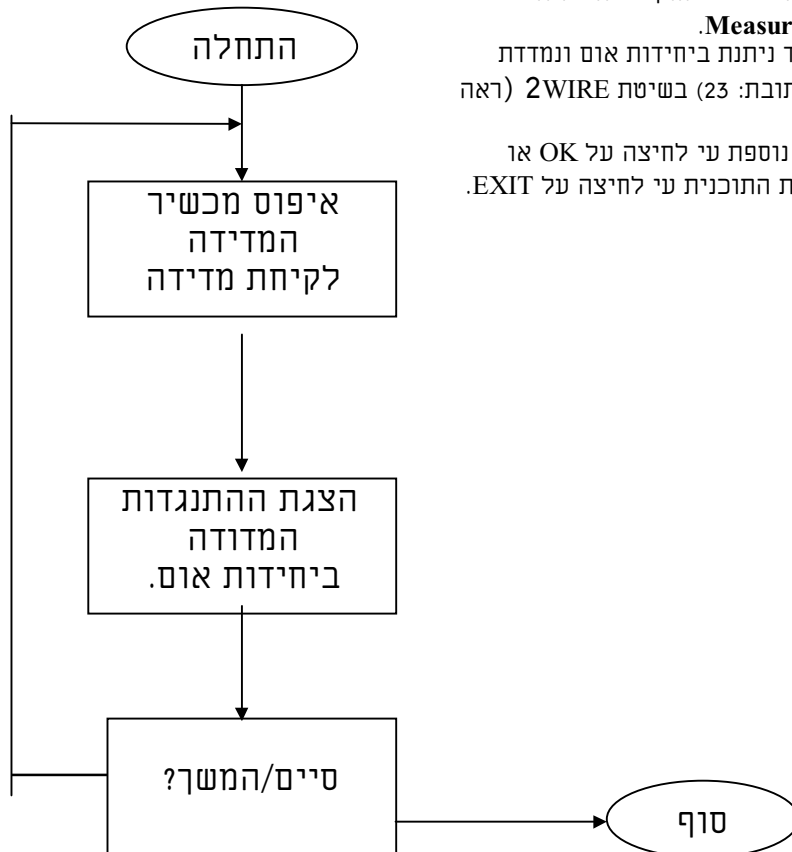
3.2. מדידת התנגדות של נגד פחם בודדת :

Measure R_Temp

מטרת תוכנית זאת לתת כלי מדידה בידי הסטודנט לצורך מדידות אקראיות של התנגדות נגד הפחם להם נזקק התלמיד במהלך הניסוי.
על מנת להתחיל יש ללחוץ על הכפתור

Measure R_Temp :
התנגדות הנגד ניתנת ביחידות אום ונמדדת ברב מודד (כתובת: 23) בשיטת 2WIRE (ראה סעיף 2.2).

לבצע מדידה נוספת עי לחיצה על OK או ניתן לסיים את התוכנית עי לחיצה על EXIT.



הערות: המדידה המתקבלת היא ממוצע של 5 מדידות בדידות הנלקחות ברציפות.

התוצאה הממוצעת מתקבלת לאחר כשניה אחת.

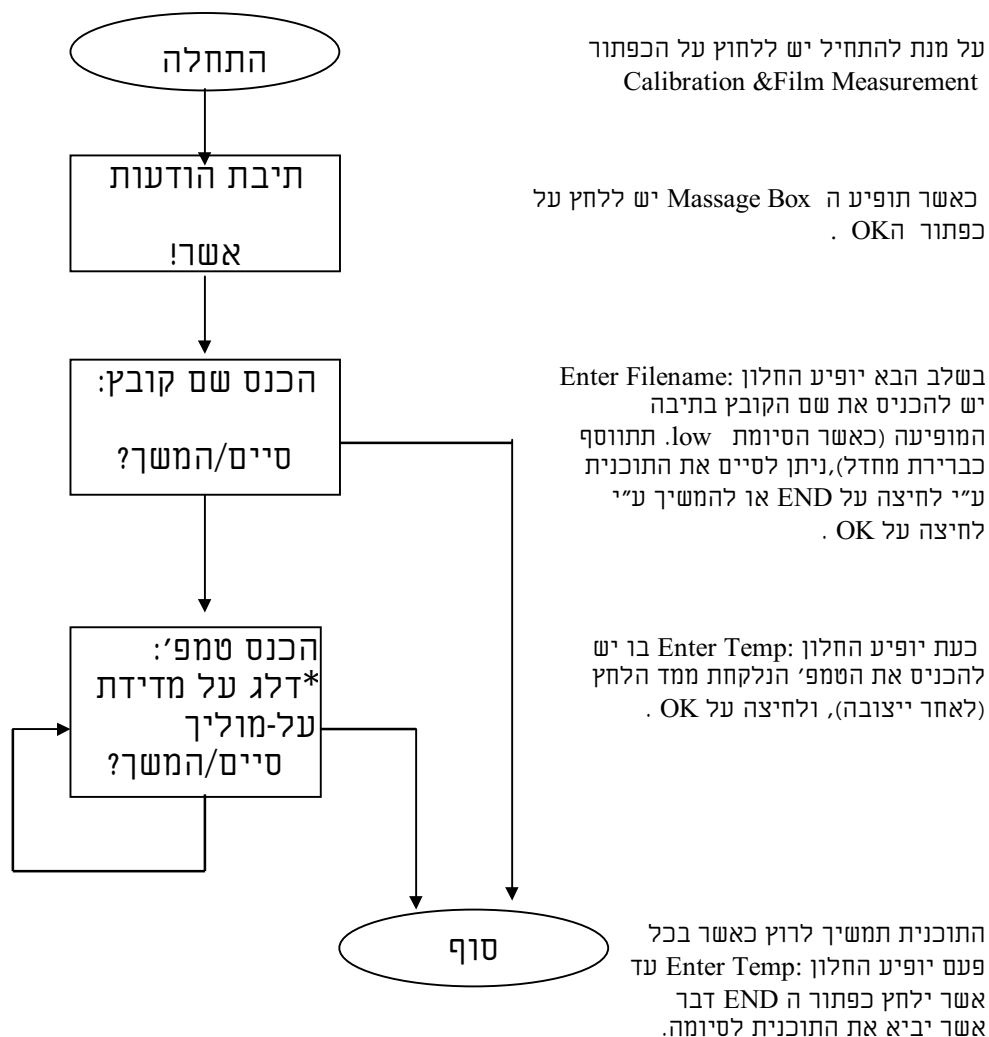
3.3. כיוול נגד פחם, מדידת על מוליך ומדידת הולכת חום :

Calibration & Film Measurement

תוכנית זאת משלבת בתוכה שלושה ניסויים:

3.3.1. כיוול נגד הפחם :

בתוכנית זאת לוקח המחשב מדידת התנגדות נגד הפחם באמצעות ה רב-מודד (כתובת: 23) בשיטת 2WIRE (ראה סעיף 2.2) עבור כל טמפ' מוכנסת ושולח את המדידה לקובץ במחשב, באמצעות נתונים אלו יוכל הסטודנט לבצע כיוול לקריאות נגד הפחם כתלות בטמפרטורה.



3.3.2. מדידת התנגדות העל-מוליך:

התוכנית מודדת את התנגדות העל-מוליך המדידה נעשית בשיטת ה 4WIRE (ראה סעיף 2.2) באמצעות הרב-מודד(כתובת: 22) , בו זמנית למדידת התנגדות נגד הפחם רב-מודד(כתובת: 23) . הנתונים ישלחו לקובץ והסטודנט יוכל לנתח את התנהגות העל-מוליך כפונקציה של הטמפ'.

על מנת להריץ תוכנית זאת יש לחזור על הפעולות המצוינות בתוכנית כיול נגד פחם וכאשר מופיע חלון ה Enter Temp יש לדאוג שלא מסומן x על יד האופציה skip measurement ! את התוכנית ניתן להריץ במקביל עם ניסוי כיול נגד פחם, ריצה במקביל של שתי התוכניות תחסוך זמן יקר והליום ולכן היא המומלצת!!

3.3.3. מדידת הולכת-חום :

בתוכנית זאת נמדדת הולכת החום בהליום כפונקציה של ה טמפ'. מכיוון שהולכת החום פרופורציונית להפרש הטמפ' נמדוד כאן את ההפרש עי הכנסת טמפ' (טמפ' פני הנוזל) וקריאת התנגדות נגד הפחם (טמפ' ליד הנגד בתחתית). לפיכך התוכנית שבה יש להשתמש היא התוכנית של כיול נגד הפחם שמבצעת בדיוק דברים אלו. יש לשים לב לתת לקובץ אליו נשלחים הנתונים שם שונה משם הקובץ של נתוני כיול נגד הפחם, כמו כן יש לדאוג לכך שבחלון ה Enter Temp יסומן x על יד האופציה skip measurement בכדי שלא תבוצע מדידה מיותרת שתבזבז זמן חשוב (וכן אם המכשיר לא מחובר זה עלול "לתקוע" את התוכנית).

הערות:

יש לשים לב לכך שבכל פעם שמורצת תוכנית מכשירי המדידה הרלוונטיים לתוכנית זאת יהיו מחוברים בעוד מועד (אי ביצוע דבר זה יוביל לבעיות בתוכנית והדרך לפתור זאת היא ע"י הדלקה מחדש של המערכת כך שהמכשירים מחוברים כראוי).

יש לדאוג לכך שעבור כל שם קובץ הניתן במהלך הניסוי לא יינתן אותו שם, דבר שיוביל למחיקת הקובץ הקיים (במיוחד לגבי אותו ניסוי המתבצע פעם נוספת). כמו כן יש לשים לב שהאופציה skip measurement תהיה מסומנת או לא בהתאם לאפשרות של הניסוי דבר שיכול לחסוך זמן אם אין צורך במדידה זו. במקרה של הכנסת נתונים שגואים אין אפשרות לחזור אחורה ולתקן, יש לזכור את הטעות ולהתעלם ממנה בקריאת הנתונים ! המדידות המתקבלות ע"י שני רבי המודד הן ממוצע של 20 מדידות בדידות הנלקחות ברציפות. זאת על מנת להעלות את דיוק המדידה במדידת התנגדות קטנה זו.

3.4. קיבול חום :

Measure Heat Capacity

חלק זה של התוכנית מיועד למדידת קיבול חום של הליום כתלות בטמפרטורה מעל ומתחת לנקודת λ .

התוכנית מודדת את התנגדות נגד הפחם בשיטת 2WIRE בהפרשי זמנים קבועים. בנוסף, התוכנית שולטת על ספק כוח ומפעילה אותו לפרקי זמן קבועים מראש וכך נכניס חום למערכת לצורך מדידת קיבול החום.

המדידות מתבצעות ברצף עד אשר לוחצים על לחצן העצור הנמצא בראש העמוד. בחלק זה יש לחבר את ספק הכוח אל נגד התנור ולכוון את מתח הספק כך שנקבל את ההספק הרצוי בחימום. יש להשאיר את הספק מחובה.

כמו כן יש לחבר את נגד הפחם לרב-מודד (כתובת 23) בשיטת ה 2WIRE ראה (סעיף 2.2)

ההרצת חלק זה בתוכנית יש ללחוץ על כפתור

Measure Heat Capacity

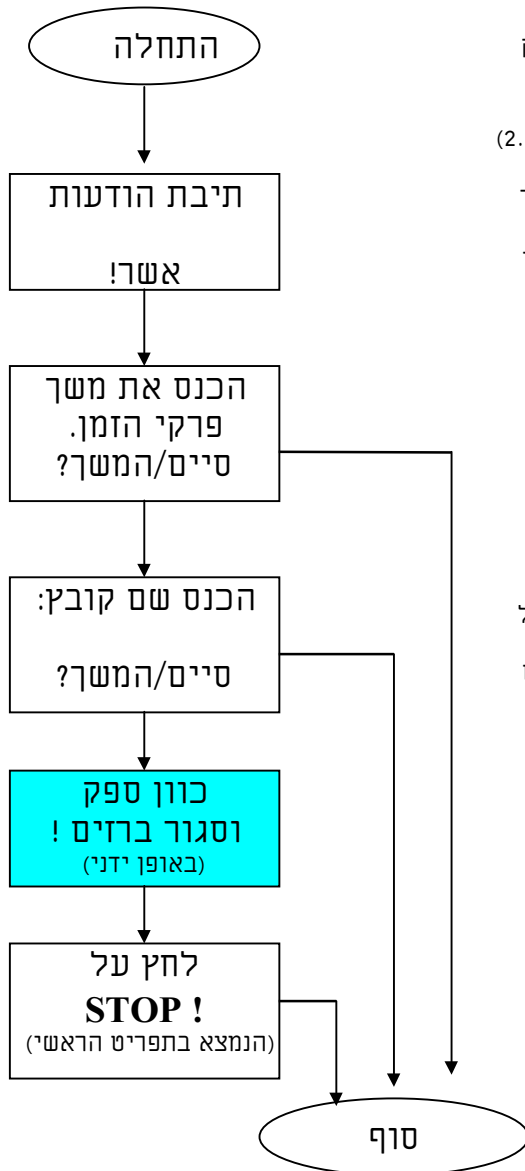
ההרצת התוכנית תתבקש לאשר את בקשתך בחלון ההודעות. לאחר מכן הכנס את יחידת הזמן לפיה יבוצע המדידות ולחץ OK

(כ 1 שניה - ברירת המחזל בחלון).

לאחר יפתח חלון ה File Name בו תתבקש להכניס את שם הקובץ אותו תיצור התוכנית ותכתוב לתוכו את כל המדידות. לפני לחיצה על OK יש לוודא כי כל החיבורים בוצעו כראוי!

הורד את טמפ' ההליום לערך הרצוי וברגע לפני לחיצה על ה OK סגור את כל הברזים של המערכת.

המדידות מתבצעות ברצף עד אשר לוחצים על לחצן העצור הנמצא בראש העמוד. כל הנתונים הנמדדים נשמרים בקובץ וניתן לסיים את התוכנית בכל שלב.



מחזור הפעולה של התוכנית פועל כך :

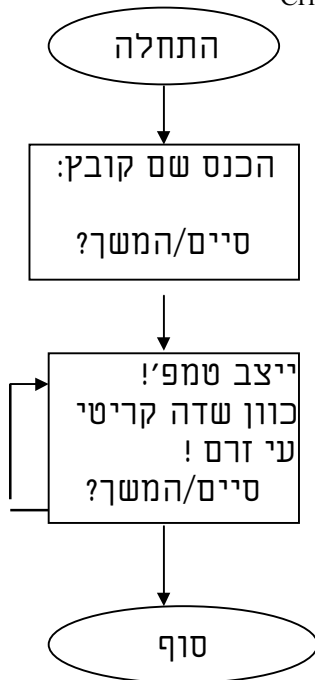
התוכנית מפעילה את הספק ומודדת את התנגדות נגד הפחם במשך 4 יחידות זמן הראשונות. מכבה את הספק, מחכה 10 יחידות זמן ובמשך 4 יחידות זמן נוספות מודדת את התנגדות נגד הפחם, וחוזרת לתחילת הלולאה. (סה"כ זמן מחזור של התוכנית 18 יחידות זמן) באמצעות שיטה זו ניתן לבצע מדידה תוך איבוד מסה מזערי יחד עם ידיעת החום המוכנס והחימום הטבעי של המערכת מהם ניתן לחשב את קיבול החום. המדידה המתקבלת היא ממוצע של 5 מדידות בדידות הנלקחות ברציפות.

3.5. שדה מגנטי קריטי :

Critical Magnetic Field

בתוכנית זאת מודד הסטודנט את השדה המגנטי הקריטי כלומר השדה המגנטי בו נפרצת תכונת העל מוליכות עקב הפעלת שדה מגנטי, כתלות בטמפרטורה בה הוא נמדד (המדידה היא בעצם של חצי התנגדות העל מוליך וזאת בשל הקושי להגיע להספקים גבוהים עם הספק שבידנו). חלק זה נעשה ע"י כיוון ידני כלומר מציאת מתח דרוש \leq זרם \leq שדה מגנטי קריטי כאשר התוכנית רק מבצעת מדידה לאחר מציאת השדה הדרוש. המדידות נעשות ע"י הספק הנותן את הזרם, רב המודד (כתובת 23) המודד את הטמפ' בשיטת ה 2WIRE (ראה סעיף 2.2) וכן מדידה של התנגדות הדגימה (כתובת 22) בשיטת ה 4WIRE (ראה סעיף 2.2) על מנת לוודא שנלקחה הנקודה הנכונה.

על מנת להתחיל יש ללחוץ על הכפתור Critical Magnetic Field



הכנס את שם הקובץ. לחץ OK או אם ברצונך לסיים יש ללחוץ על כפתור ה Cancel.

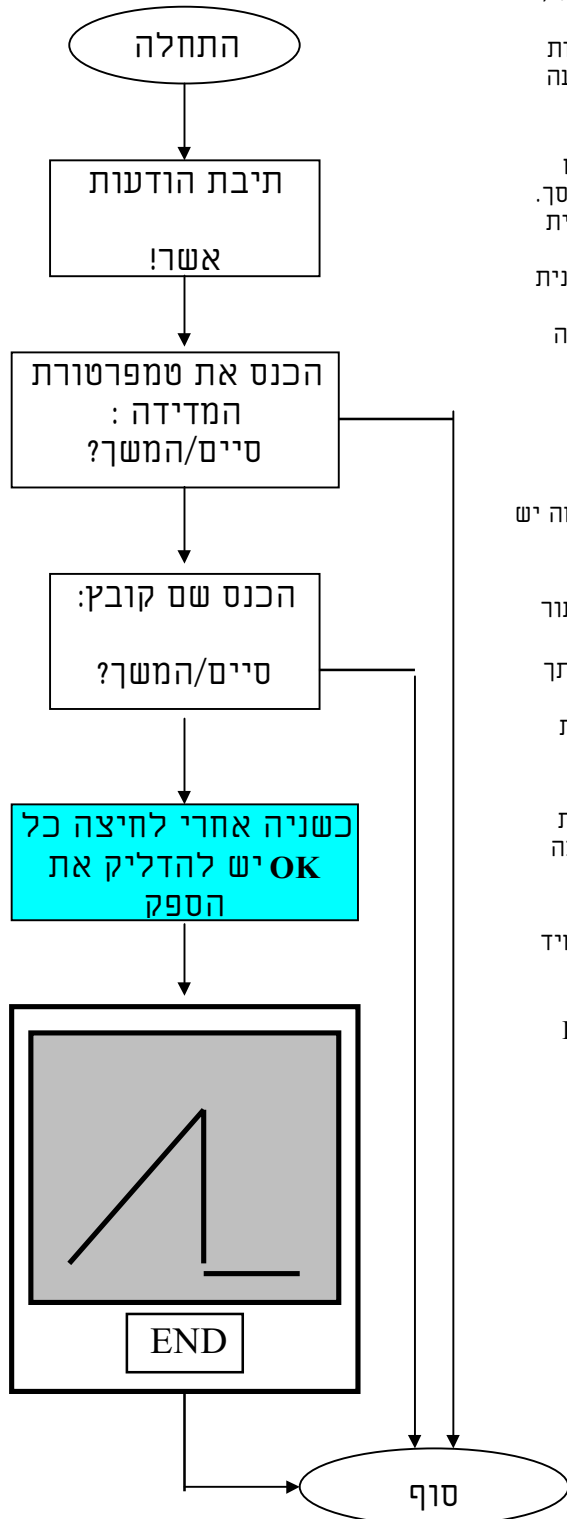
עתה יש לייצב את הטמפ' ולכוון את הזרם לשדה הקריטי וללחוץ על OK. השלב הזה יחזור על עצמו. כדי לסיים יש ללחוץ על כפתור ה END.

המדידות המתקבלות ע"י שני רבי המודד הן ממוצע של 20 מדידות בדידות הנלקחות ברציפות, כאשר מהספק נלקחת קריאה אחת לכול מדידה.

3.6. אפקט מייזנר :

Meissner Effect

חלק זה של התוכנית מיועד לביצוע של אפקט מייזנר. באפקט זה נבחן את תגובת העל מוליך לשדה מגנטי חיצוני.



התוכנית מודדת את מתח, המשתנה ליניארית, על הסליל הנמצא בשדה מגנטי חיצוני. ובמקביל מודדת את המתח ביציאה. המדידות מתבצעות ברצף עד אשר מתח הכניסה מגיעה ל 18 Volt ואז מסתיימת הריצה.

בזמן הריצה, התוכנית מציירת גרף של מתח היציאה כפונקציה של מתח הכניסה על המסך. גרף זה נועד לצורך בדיקה ויזואלית ראשונית של התוצאות המתקבלות. את הנתונים המתקבלים בזמן הריצה, התוכנית שומרת לקובץ במחשב אותו בחרתה מראש. בקובץ יופיע שני טורים של תוצאות המדידה וכן טור של זמן המדידה.

החיבורים שיש לבצע בחלק זה הם :

1. את מתח של השדה החיצוני יש לחבר לרב-מודד (כתובת 22) בשיטת ה **2WIRE**.
2. את הפרש המתחים מהסלילים של הדוגמה יש לחבר לרב-מודד (כתובת 23).

בשיטת ה **2WIRE**.

להוצאת חלק זה בתוכנית יש ללחוץ על כפתור ה **Meissner Effect**.

עם הרצת התוכנית תתבקש לאשר את בקשתך בחלון ההודעות. לאחר מכן תכניס את הטמפרטורה בה מתבצעת המדידה המסוימת ולחץ OK. ערך הטמפרטורה ישמר בקובץ. לאחר יפתח חלון ה File Name בו תתבקש להכניס את שם הקובץ אותו תיצור התוכנית ותכתוב לתוכו את כל המדידות. לפני לחיצה על **OK** יש לוודא כי כל החיבורים בוצעו כראוי !

כשהטמפ' מיוצבת לחץ על כפתור ה OK ומיד לאחר הפעל את השיפוע בספק המשתנה.

בסוף הריצה ניתן ללחוץ על כפתור ה END לסיום חלק זה. ניתן ללחוץ בכל שלב על כפתור העצור בראש העמוד כדי לעצור את התוכנית בכל זמן שהוא.

הערות : יש צורך לתת שם שונה עבור כל ריצה כדי שלא למחוק נתונים ישנים. דרך מקובלת לכך היא הכנסת השעה או הטמפרטורות המדידה כחלק משם הקובץ. יש לשים לב לכך שניסוי זה רגיש באופן מיוחד לרעשים ולכן יש לדאוג לכך שהסביבה תהיה נקיה במיוחד מרעשים. נלקחת מדידה אחת מכל מכשיר כאשר המדידות נלקחות בקצב מהיר.

3.7. מדידת גובה הנזל :

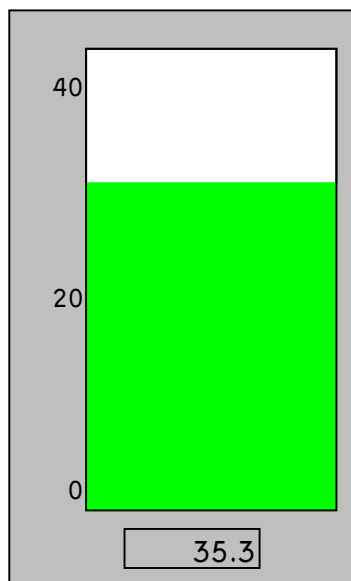
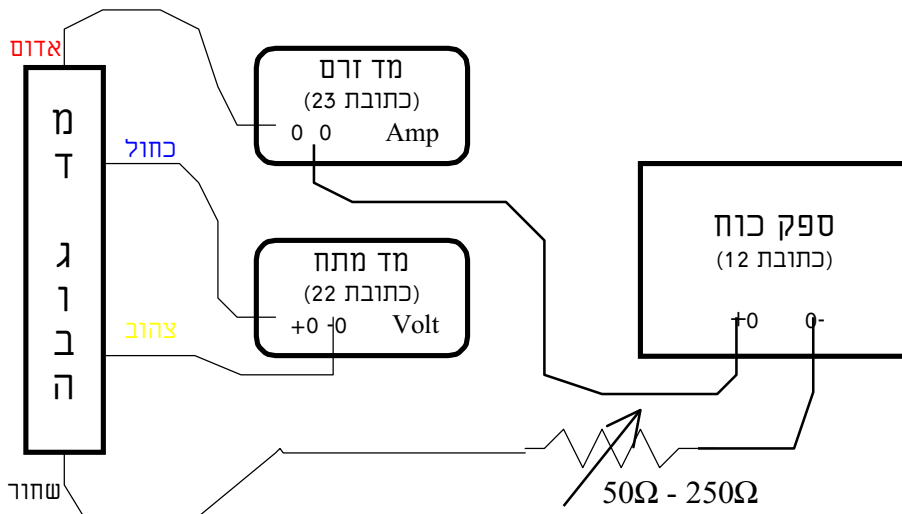
Helium Level Check

תוכנית זאת באה לתת כלי בידי הסטודנט למדידת גובה ההליום במיכל בעת המילוי ובמהלך הניסוי הן לצורך חישובים והן על מנת לדעת את כמות ההליום שנותרה עד לסיים. המדידה נעשית ע"י הזרמת זרם של כ-75mA מהספק אשר מושג ע"י חיבור בטור של נגד משתנה אשר בעזרתו יש לייצב את הזרם. הזרם נמדד ע"י רב המודד (כתובת 23) המחובר בטור למעגל (בשיטת ה-2Wire ראה סעיף 2.2), כמו כן נמדד המתח ע"י רב המודד (כתובת 22) המחובר במקביל למדיד (בשיטת ה-2Wire ראה סעיף 2.2). זוהי בעצם שיטת ה-4Wire והיא מתבצעת בצורה זו כדי שנוכל לשלוט על הזרם דרך המדיד. המדידות המתקבלות הם ממוצע של 5 מדידות עבור כל רב-מודד.

יש לדאוג לחיבור נכון לפני הרצת התוכנית. על מנת להריץ את התוכנית יש ללחוץ על כפתור ה-**Helium Level Check**. על המסך תופענה התוצאות הבאות: גובה ויזואלי של רמת ההליום במיכל, גובה בסנטימטרים של רמת ההליום במיכל, ההתנגדות המתקבלת במדידה של מד הגובה (לפני המרה לגבוה), הזמן בו התבצע המדידה. את המדידה יש לבצע בעת מילוי ההליום בין ניסוי לניסוי וכמו כן בכל פעם שיידרש לכך.

הערות :

שימו לב כי כאשר המדידה מורה אפס עדין נותר כ-9 ס"מ נזל מעל התחתית ובאזור זה נמצאת הדוגמית אך מומלץ בשלב זה לסיים את המדידות!



4. דוגמאות לפלט של התוכנית :

1. קובץ מהרצת תוכנית של כיול נגד פחם ומדידת על מוליך (CAL).
2. קובץ מהרצת תוכנית של מדידת קיבול חום (HEATC).
3. קובץ מאחת מהרצת של תוכנית למדידת אפקט מייזנר (MEISS).

4.1. פתיחת קובץ LOW ב EXCEL :

1. הרץ EXCEL.
 2. לחץ על פתיחה בתפריט הקובץ.
 3. שנה את סוג הקובץ ל All Files.
 4. מצא את הקובץ במחשב ופתח אותו.
 5. בחר את אופציה ה Delimited (ולא את ה Fixed Width) ולחץ על הבא (Next).
 6. סמן את אופציית ה פטיק (Comma) ולחץ הבא.
 7. ראה כי הקובץ אכן מחולק המשבצות שונות ולחץ על סיים (Finish).
 8. שמור מסמך זה כ XLS.
- הערה : ב 95WIN רצוי לשנות את שם בקובץ מ LOW * ל CSV * ואז ה EXCEL מזהה את הקובץ בפורמאט המתרים לו. לחיצה כפולה על הקובץ CSV * וה EXCEL יפתח עם קובץ הנתונים מהניסוי.

5. שרטוט של התוכנית :