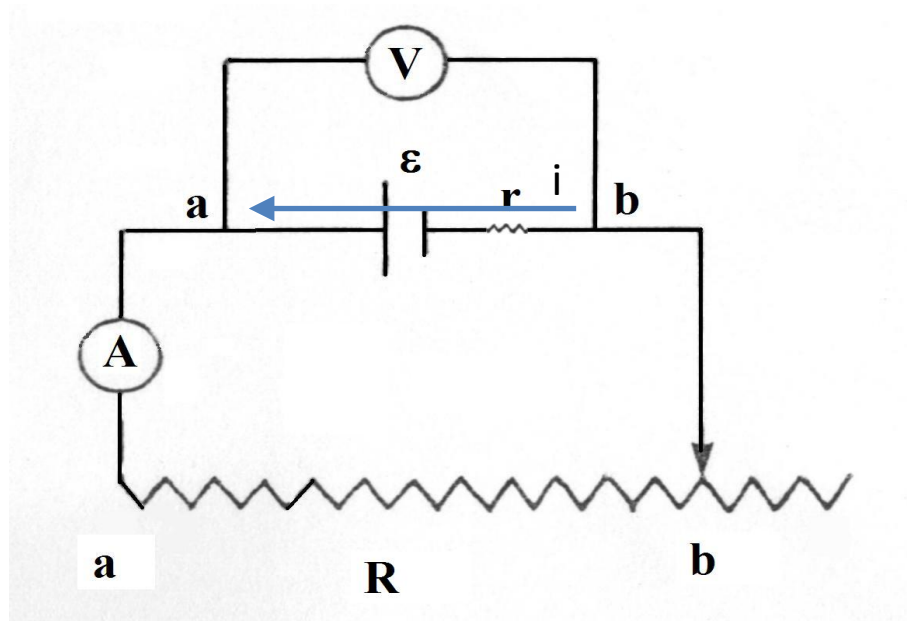


מעבדה - מדידת כא"מ והתנגדות פנימית

שאלות הכנה

- א. הגדיר את המושג כא"מ. כא"מ – כוח אלקטרו מניע: כמות האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית שהמקור מספק לכל יחידת מטען שעוברת דרכו.
- ב. נתון המעגל החשמלי הבא: סמ'י את כיוון הכא"מ ε ואת כיוון הזרם במעגל:



- ג. רשום/י ביטוי למתח ההדקים V של הסוללה כתלות בכא"מ ε בזרם i ובהתנגדות הפנימית r . $V = \varepsilon - ir$
- ד. רשום/י ביטוי למתח ההדקים V של הסוללה כתלות בזרם i ובהתנגדות החיצונית R . $V = iR$
- ה. אמפרמטר (מד-זרם) מחברים **בטור** (מחקי את המיותר) לנגד שאת הזרם דרכו רוצים למדוד.
- ו. וולטמטר (מד-מתח) מחברים **במקביל** (מחקי את המיותר) לנגד שאת המתח עליו רוצים למדוד.
- ז. הסבר/י מדוע חשוב שהתנגדות האמפרמטר תהיה נמוכה מאוד. **אנו רוצים שהתנגדות האמפרמטר תהיה נמוכה מאוד כדי לא להשפיע על ההתנגדות החיצונית הכוללת, R , ומכך כדי לא להשפיע על הזרם במעגל.**

ח. הסבר/י מדוע חשוב שהתנגדות הוולטמטר תהיה גבוהה מאוד. **אנו רוצים שהתנגדות הוולטמטר תהיה גבוהה מאוד כדי שלא יעבור דרכו הרבה זרם ובכך הוא לא ישפיע על הזרם הכולל במעגל.**

ט. האם ניתן, בעזרת מדידה ישירה של מכשירי המדידה (אמפרמטר, וולטמטר, אוהם-מטר), למצוא את הכא"מ של מקור המתח? אם כן, כיצד? אם לא, הסבר/י מדוע לא. **כן! לפי הנוסחה בסעיף ג, $V = \mathcal{E} - ir$ ניתן לראות שכאשר $i = 0$ אז $V = \mathcal{E}$. כלומר, מספיק לחבר את המכשירי מדידה ישירות לבטריות (ובכך נקבל $i = 0$) ומכך נוכל למדוד את המתח, V , שיהיה שווה ל \mathcal{E} .**

י. האם ניתן, בעזרת מדידה ישירה של מכשירי המדידה (אמפרמטר, וולטמטר, אוהם-מטר), למצוא את ההתנגדות הפנימית של הסוללה? אם כן, כיצד? אם לא, הסבר/י מדוע לא. **לא! ע"י מדידה אחת בלבד לא נוכל למדוד את r . לא ניתן לחבר את האמפרמטר והוולטמטר ישירות לתוך הבטרייה, ולכן לא נוכל למדוד את r . לעומת זאת, כן יהיה ניתן לחשב את ההתנגדות הפנימית ע"י מספר מדידות: אם נמדוד את (V, i) מספר רב של פעמים נוכל למצוא משוואה ליניארית המתארת את הקשר ביניהם. שיפוע הגרף יהיה שווה ל $-r$, והאיבר החופשי יהיה \mathcal{E} , בדיוק כפי שהמשוואה $V = \mathcal{E} - ir$ מתארת.**

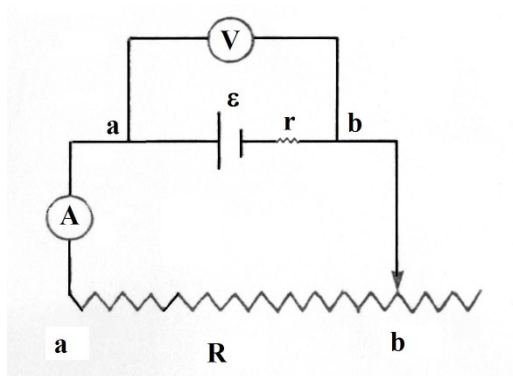
מטרות הניסוי

- לאשר את הנוסחה $v = \mathcal{E} - ir$
- למצוא את הכא"מ \mathcal{E} של הסוללה.
- למצוא את ההתנגדות הפנימית r של הסוללה.
- למצוא עבור איזו התנגדות חיצונית מתקבל הספק מקסימלי.

ציוד

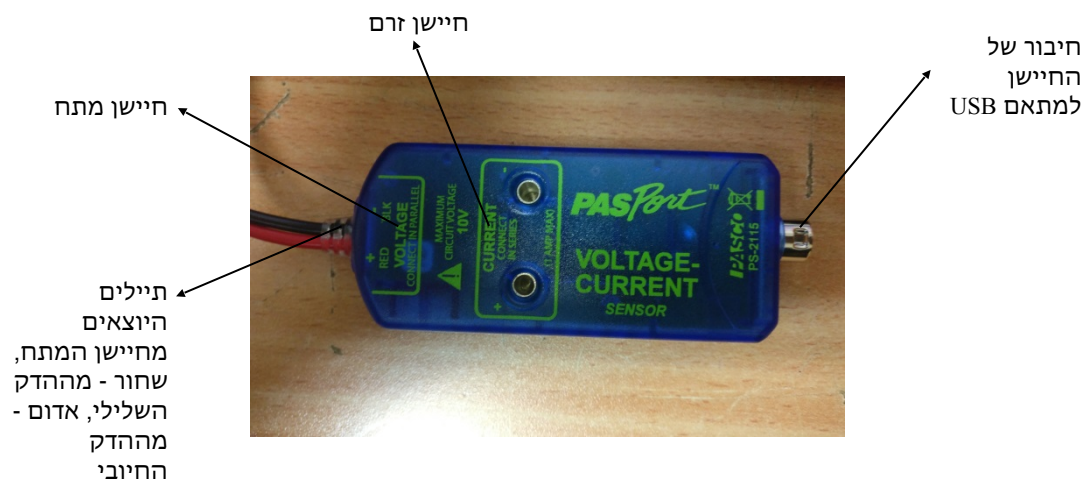
שלוש סוללות **טריות** של 1.5(V), בית סוללות, נגד משתנה, חיישן זרם-מתח, מתאם USB, תוכנת PASCO CAPSTONE.

מהלך הניסוי



1. חברי את שלוש הסוללות בטור בתוך בית הסוללות ובנה/י את המעגל הבא:
(בשלב הראשון, ללא מכשירי מדידה).

2. הכרת חיישן הזרם-מתח



מתאם USB

כניסת חייושן
זרם-מתח



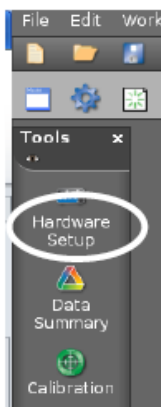
יציאה למחשב
(USB)

3. חברי את חייושן
המתח להדקים

של בית הסוללה. הקפדי על הקוטביות - שחור להדק השלילי, אדום להדק החיובי (בינתיים, אל תחברי את חייושן הזרם).

4. חברי את החיושן למחשב בעזרת מתאם ה-USB.

5. הפעלת התוכנה



א. יש לפתוח את התכנה PASCO CAPSTONE, הנמצאת על המחשב. ראשית נוודא שהתכנה מזהה את החיושן. לחצי על כפתור: Hardware Setup (סרגל Tools, בחלק השמאלי של המסך). וודאי ש-Voltage-Current SENSOR מופיע.

לאחר מכן לחצי שוב על Hardware Setup (איור 1).

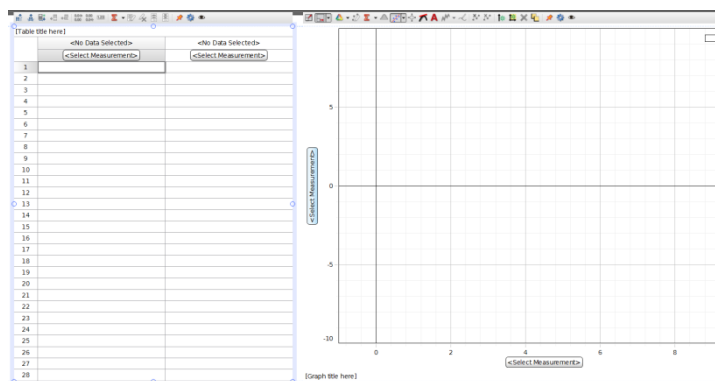
ב. במסך הראשי של התכנה בחרו באפשרות Graph & table.

יפתח מסך כמתואר באיור 2 ובאיור 3.

איור 1



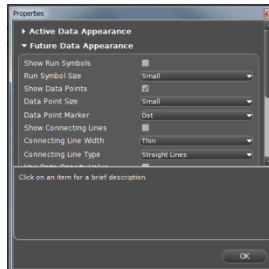
איור 2



איור 3

ג. כעת בחר/י צירים: לחץ/י על כותרות הצירים בגרף (במסגרת האפורה) ובחר/י:

ב-Voltage בציר האנכי וב-Current בציר האופקי. בטבלה בחר/י:
ב-Voltage בעמודה השמאלית וב-Current בעמודה הימנית.



איור 4

ד. כעת, על מנת שהתוכנה לא תחבר בעצמה את הנקודות בקו:

בתפריט האופקי שמעל הגרף לחץ/י על גלגל השיניים (בצד ימין) ייפתח התפריט הבא המופיע באיור 3:

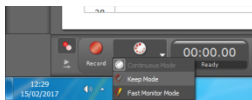
בחר/י ב-FUTURE DATA APEARANCE

והורד/י את הסימון מהתיבה:

SHOW CONNECTING LINES.

מדידה ראשונה - מדידה ישירה של הכא"מ

6. נתק/י את הנגד המשתנה (כך שלא יזרום זרם במעגל) ומדוד/י את המתח.



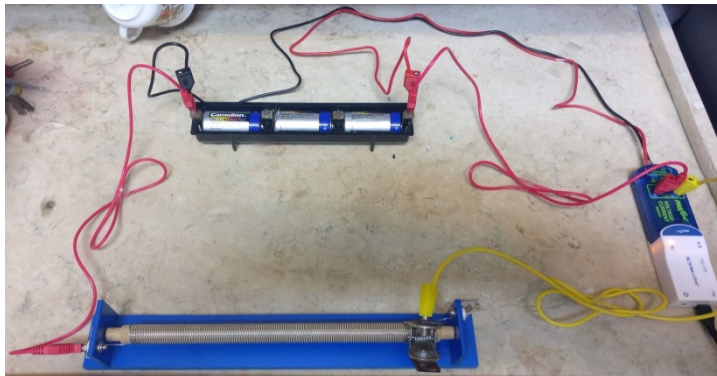
איור 5

אופן ביצוע המדידה בתוכנה: בתחתית המסך בצד שמאל מופיע כפתור עליו רשום CONTINUES MODE, לחץ/י על החץ שבצידו ואז בחר/י ב-KEEP MODE, כמתואר באיור 4.

ההבדל בין המצבים הוא מדידה בדידה (KEEP MODE) לעומת מדידה רציפה (CONTINUES).

כעת לחץ/י על הלחצן הסמוך, עליו רשום PREVIEW, ולאחר מכן על ה-'ו' (Keep Sample), תתקבל נקודה ראשונה על הגרף וערך ראשון בטבלה. (עבורו הזרם אפס).

חיבור מד הזרם והמדידות הבאות



חברי את הגרר

לקצה b של הנגד

המשתנה.

וכעת חבר/י את חיישן

הזרם (בטור!) למעגל

(מד הזרם ימוקם בין

הסוללות לנגד.

כמתואר באיור 5.



7. כעת לחץ/י שוב על ה'וי' (Keep Sample). תתקבל נקודה נוספת על הגרף ובטבלה.

8. מדוד/י ערכים נוספים של מתח וזרם כאשר את/ה ^{איור 6} מקטין / ה בהדרגה את התנגדות הנגד המשתנה. אך הקפד/י לא לרדת עד לקצה הנגד המשתנה. יש למדוד את המתח לפחות עבור 8 זרמים שונים.

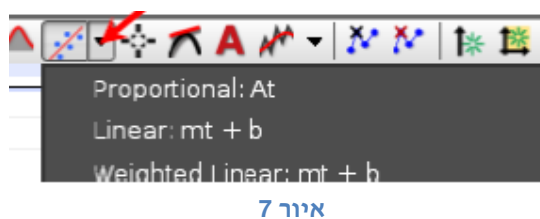
9. לאחר סיום המדידה נתקי את המעגל.

תוצאות הניסוי

10. כדי לראות את הגרף שהתקבל בקנה מידה מתאים:

לחץ/י בתפריט שמעל  הגרף
על  ש מ א פ ש ר
להתאים את קנה-המידה לנקודות.

עיבוד התוצאות



11. התאמת משוואת 'קו מגמה' לתרשים: לחץ/י על הלשונית שליד אייקון 'קו'.


המגמה' (החץ האדום באיור 6), ובחרי ב-Linear

12. כעת יופיע בתרשים קו המגמה הלינארי, ערך R^2 והפרמטרים של משוואת הישר, רשום/י אותם.

13. צלם/י את המסך (ניתן לעשות זאת ע"י 'כלי החיתוך' של Windows, חפשי/י אותו ב'התחל' ← 'עזרים'), והוסף/י את הגרף והטבלה במקום המתאים לו בדו"ח המעבדה.

עיבוד נוסף של הנתונים

14. כעת נבקש מהתוכנה להציג גרף של ההספק P כתלות בזרם I. כדי לעשות זאת, לחץ/י על כותרת הציר האנכי ובחרי ב-P (Power).

15. לחץ/י שוב  על כדי להתאים את קנה המידה לגרף

16. הורד/י את  הסימון מצורת הגרף הלינארית, אמור להתקבל גרף

דומה לפרבולה. לכן בקשי מהתכנה להתאים את קו המגמה לפרבולה ע"י

התאמת עקום מסוג: AI^2+BI+C .

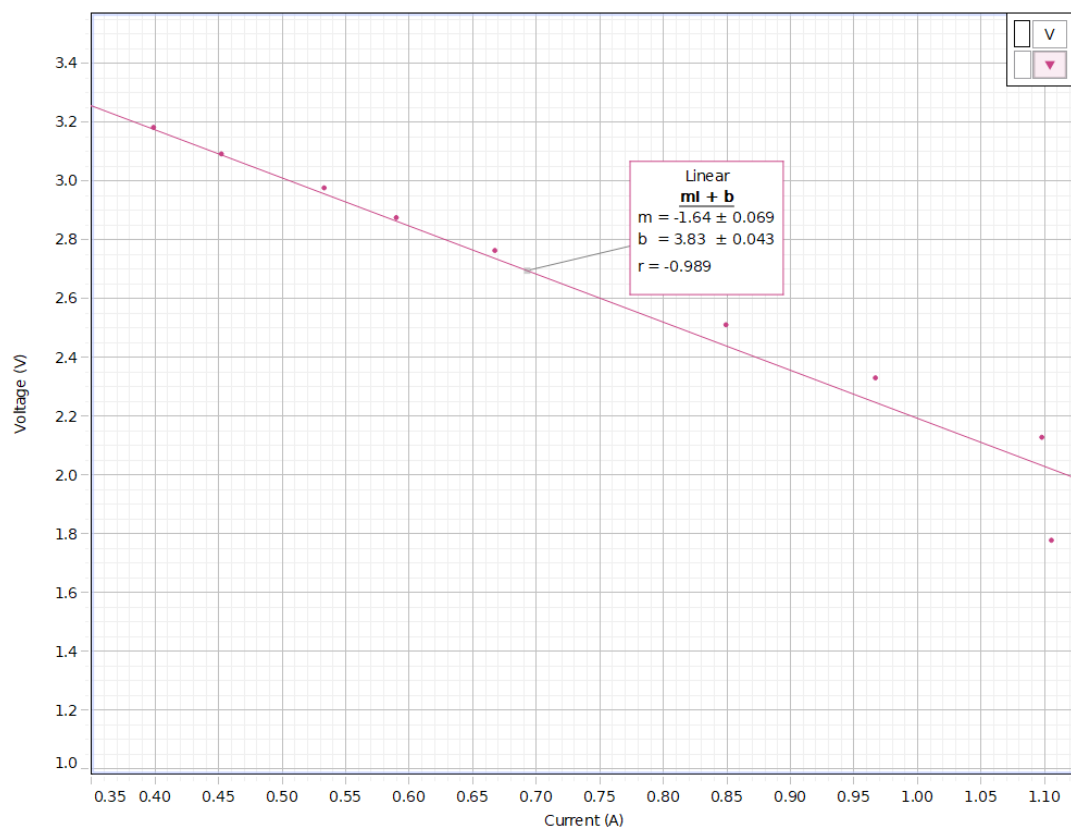
17. שנה/י את עמודת המתח בטבלה לעמודת הספק P.

18. רשום/י את המשוואה שקיבלת ואת הפרמטרים של הפרבולה (A, B ו-C).

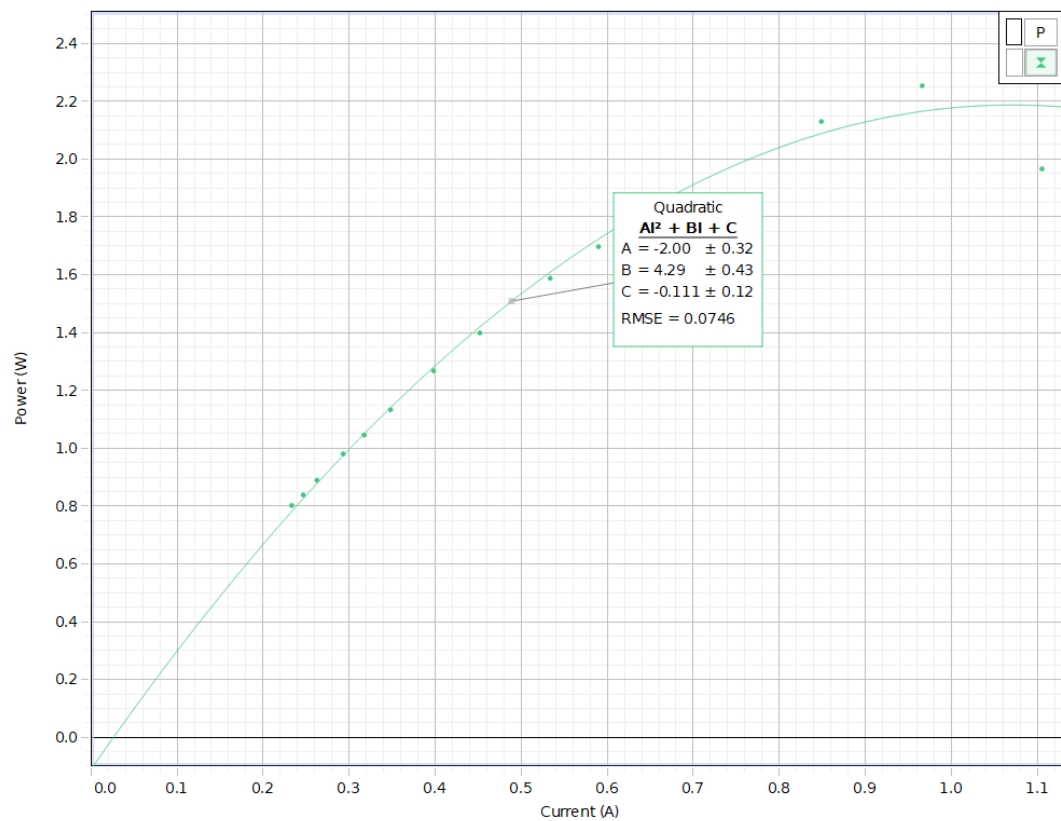
19. בצעי צילום מסך והעתקי את הגרף והטבלה למקום המתאים בדו"ח.

להלן התוצאות:

	▼ Voltage (V)	⚡ Current (A)
1	3.42	0.23
2	3.41	0.25
3	3.38	0.26
4	3.34	0.29
5	3.29	0.32
6	3.25	0.35
7	3.18	0.40
8	3.09	0.45
9	2.97	0.53
10	2.88	0.59
11	2.76	0.67
12	2.51	0.85
13	2.33	0.97
14	2.13	1.10
15	1.78	1.11



	✂	✂
	Power (W)	Current (A)
1	0.80	0.23
2	0.84	0.25
3	0.89	0.26
4	0.98	0.29
5	1.05	0.32
6	1.13	0.35
7	1.27	0.40
8	1.40	0.45
9	1.59	0.53
10	1.70	0.59
11	1.84	0.67
12	2.13	0.85
13	2.25	0.97
14	2.34	1.10
15	1.97	1.11



מסקנות

א. האם הניסוי מאשר את הנוסחא $v = \varepsilon - ir$. אם כן, מצאי בעזרת תוצאותיו את

הכא"מ, וההתנגדות הפנימית של הסוללה.

כן, בניסוי קיבלנו שקיים יחס לינארי בין המתח לזרם לפי המשוואה

$$V = -r \cdot i + \varepsilon$$

הפנימית ($r = 1.64 [\Omega]$), והכא"מ שווה לזרם כלומר לנק החיתוך עם הציר

$$\text{האנכי } (\varepsilon = 3.83 [V]).$$

ב. מהי משמעות נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי? (ציר הזרם).

בנקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי המתח מתאפס ומכאן נקבל כי

$$i = \frac{\varepsilon}{r}, \text{ כלומר התנגדות הנגד החיצוני היא אפס, ולכן בעצם יש קצר.}$$

ג. כאשר שרטטת את גרף ההספק כנגד הזרם - התקבלה פרבולה. פתחי את

משוואת הפרבולה באופן תיאורטי, ורשום/י למה שווים, ע"פ התיאוריה,

קבועי הפרבולה (A, B ו- C).

$$V = \varepsilon - i \cdot r$$

$$P = i \cdot V$$

$$\Rightarrow P = i \cdot (\varepsilon - i \cdot r) = -i^2 r + i \cdot \varepsilon$$

במשוואה זו $r = -A, \varepsilon = B, C = 0$.

ד. באיזה זרם מתקבל ההספק המקסימלי? (מהו הערך התיאורטי? מהו הערך

שהתקבל בניסוי?).

נגזור את הביטוי שקיבלנו ל- $P = -i^2 r + i \cdot \varepsilon$ ונקבל כי $P'(i) = \varepsilon - 2ir$ ולכן

$$\text{עבור } i = \frac{\varepsilon}{2r} \text{ ההספק מקסימלי. בניסוי, קיבלנו כי הזרם המקסימלי הינו } (A) 1.1.$$

ה. מהו ההספק המקסימלי? (מהו הערך התיאורטי? מהו הערך שהתקבל

בניסוי?).

$$P = -\left(\frac{\varepsilon}{2r}\right)^2 r + \frac{\varepsilon}{2r} \cdot \varepsilon = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

נציב את הזרם שמצאנו בסעיף הקודם ונקבל

בניסוי, קיבלנו כי ההספק המקסימלי הינו $(W) 2.34$.

ו. עבור זרם זה: מה צריכה להיות התנגדות הנגד המשתנה? (במילים אחרות: מה צריכה להיות התנגדות הנגד המשתנה על מנת לקבל הספק מקסימלי במעגל?). הסבר/י.

לפי מה שמצאנו בסעיפים הקודמים: כאשר $i = \frac{\varepsilon}{2r}$ ההספק מקסימלי. הנוסחה לחישוב זרם היא $i = \frac{\varepsilon}{R_t}$ כאשר $R_t = r + R$. מכאן: $R_t = 2r \Rightarrow r + R = 2r \Rightarrow R = r$. מהי הנצילות במקרה זה? הסבר/י.

הנוסחה לנצילות הינה: $\frac{V}{\varepsilon}$. הנוסחה למציאת V הינה: $V = i \cdot r$.

נציב את ערך ה- i שמצאנו בסעיף הקודם: $V = \frac{\varepsilon}{2r} \cdot r$

מכאן ש: $V = \frac{\varepsilon}{2}$

נציב את ערך V בנוסחה לנצילות ונמצא כי הנצילות הינה: $\eta = 0.5 = 50\%$. ח. על פי קבועי משוואות קו המגמה של הגרף הראשון, לכמה שווה זרם הקצר?

נקבל קצר כאשר $V = 0$, והזרם יהיה:

$$0 = -1.64i + 3.83$$

$$i = 2.335 \text{ (A)}$$

ט. על פי קבועי משוואות קו המגמה של הגרף השני, לכמה שווה זרם הקצר?

נקבל קצר כאשר $P = 0$ (כלומר, ההספק הוא $0 -$ קצר או אין זרם). אם $P = 0$ אז נקבל:

$$0 = -2i^2 + 4.29i \Rightarrow i = \frac{4.29}{2} = 2.145 \text{ (A)}$$