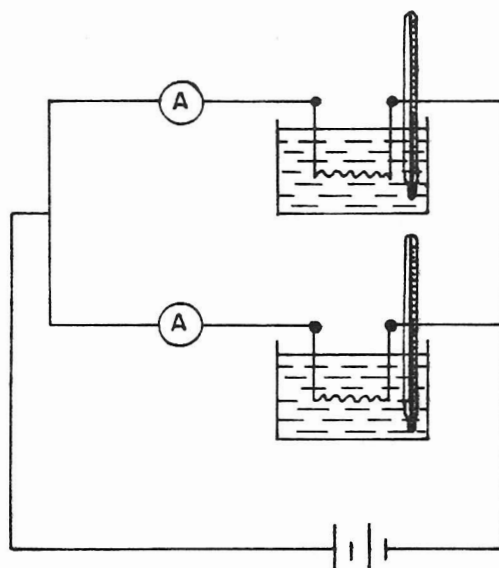


# הוראת מושג המתח בכיתה ט'

חנה גולדרינג, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

בעקבות נסיון שהצטבר בכיתות עם הוראת הפיסיקה לפי הספר "חשמל ואנרגיה", התגבשו אצלנו הצעות אחדות לשינויים בהוראת החומר. אחת ההצעות האלה הוצגה בפני המורים בהשתלמות שהתקיימה במשך שנת הלימודים תשמ"ו. ההצעה נוגעת לכניסה למושג המתח כפי שהיא מוצגת בפרק ד' של הספר.

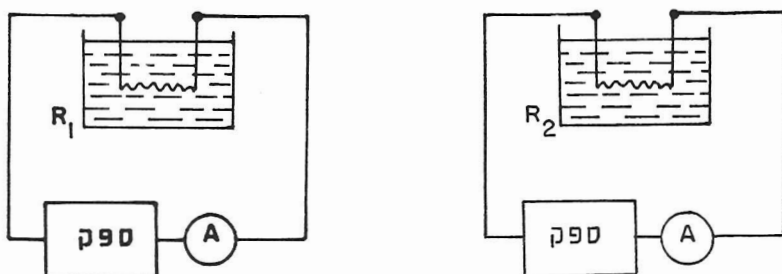
הניסוי הראשון, שהוא, כמו מרבית הניסויים בספר, ניסוי לתלמיד, הוא מדידת היחס בין כמויות החום  $Q_1, Q_2$ , הנפלטות משני נגדים  $R_1, R_2$ , המחוברים במקביל, לבין כמויות המטען  $q_1, q_2$  העוברות בהם בפרק זמן מסויים. הנגדים טבולים במים מזוקקים הנתונים בכוסיות קל-קר, ועליית הטמפרטורה במים נמדדת באמצעות תרמומטרים רגישים המודדים טמפרטורה בדיוק של  $0.1^\circ\text{C}$  (תרשים 1).



תרשים 1

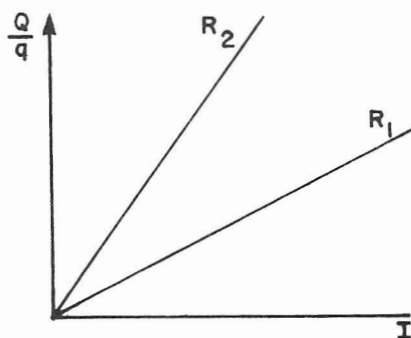
כאשר מבצעים את הניסוי מתקבל, בגבולות דיוק הניסוי: בזאת מגדירים גודל חדש לתלמידים: המתח  $V = \frac{Q}{q}$ . ביצוע הניסוי

דורש מיומנות וסבלנות, כי יש לחכות עם תום החימום עד שהמערכת מגיעה לשיווי משקל תרמודינמי והתיצבות הטמפרטורה. הניסוי הבא אחריו הוא חיפוש קשר בין המתח לעוצמת הזרם בנגד נתון, וזאת על מנת לאפשר לנו להשתמש במכשיר מדידה נוח למדידת המתח, במקום בקלורимטר. בניסוי זה, ניסוי 2 בפרק ד', משנים את עוצמת הזרם בכל אחד משני נגדים שונים  $R_1$ ,  $R_2$ , על ידי חיבורם ליציאות שונות של הספק, (תרשים 2). ובכל פעם מודדים את  $\frac{Q}{q}$ . יש לבצע את המדידה לכל נגד עבור חמישה ערכים שונים של יציאות הספק.



תרשים 2

לבסוף מתארים גרף של  $\frac{Q}{q}$  כנגד  $I$  לכל נגד (תרשים 3).



תרשים 3

אם הניסוי מבוצע כהלכה, מקבלים קווים ישרים שהשיפוע של כל אחד מהם נותן את התנגדות הנגד; כלומר לכל נגד בתנאים אלה מתקיים חוק אום. מכאן שאפשר עקרונית להשתמש באמפרמטר, שאת עקרון פעולתו כבר הכירו התלמידים בפרקים קודמים, למדידת המתח, כאשר מכילים אותו מחדש על פי הקשר  $V = IR$ .

ניסוי 2 ארוך ומגיע עוד הרבה יותר מניסוי 1, קשור בחישובים רבים (10 פעמים  $\frac{Q}{q}$ ), והתוצאות אינן משביעות רצון. לפיכך מורים רבים

וויתרו עליו, ובמקומו ביצעו ניסוי אחר: הם מחברים בין קצות כל נגד וולטמטר, ובטור עם הנגד אמפרמטר וכך "מוכיחים" את חוק אום.

ברור ששיטה זאת פסולה מבחינה לוגית, היות שפעולת הוולטמטר וכיולו מסתמכים על חוק אום. התלמידים ודאי אינם מרגישים בפגם זה, אבל הדבר אינו מצדיק את ביצוע הניסוי בדרך זאת.

אנו מציעים במקום זה את הדרך הבאה: ביצוע ניסוי 1 כניסוי ההדגמה מבוקר, רצוי עם מכשירי מדידה גדולים, באופן שכל התלמידים יוכלו לקרוא את עוצמות הזרמים. שני תלמידים יקראו את הפרשי הטמפרטורות, כשהמורה מפקח עליהם, ומקפיד על המתנה מספקת להתיצבות הטמפרטורה ועל קריאה נכונה (גם זאת בעיה!).

אחרי שהתלמידים ראו כיצד מתבצע הניסוי, והבינו אותו היטב, מחלקים להם דפים עליהם מודפסות תוצאות הניסוי 2 (טבלה 1, 2) שבוצעו עם שני נגדים  $R_1, R_2$  בשיטה אותה הכירו בניסוי 1, ומבקשים מהם לסרטט את הגרפים המתאימים לתוצאות הניסוי:  $\frac{Q}{q}$  כנגד  $I$  עבור כל אחד מהנגדים. מדידת שיפועי הגרפים נותנת את ערכי ההתנגדויות.

### טבלה 1 (נגד 2)

$T_i (^{\circ}\text{C})$	$T_f (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	$Q(\text{J})$	$I(\text{A})$	$t(\text{s})$	$q(\text{C})$	$v = \frac{Q}{q}(\text{V})$
21.0	21.7	0.7	120	0.5	240	120	1.0
21.0	25.3	4.3	720	1.5	180	240	3.0
21.0	32.8	12.8	2160	3.0	120	360	6.0
21.0	32.4	11.4	1920	4.0	60	240	8.0

$$H = 168 \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}}, \quad Q = H\Delta T$$

טבלה 2 (נגד 3)

$T_i (^{\circ}\text{C})$	$T_f (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	Q(J)	I(A)	t(s)	q(C)	$V = \frac{Q}{q} (V)$
21.0	21.7	0.7	115	0.4	240	96	1.2
21.0	27.3	6.3	1058	1.4	180	252	4.2
21.0	38.2	17.2	2883	3.1	100	310	9.3
21.0	38.2	17.0	2880	4.0	60	240	12.0

$$\begin{aligned} \text{טמפרטורה התחלתית} &= T_i \\ \text{טמפרטורה סופית} &= T_f \end{aligned}$$

עתה מסבירים, באמצעות חוק אוס שהתקבל כתוצאה מניסוי 2 ה"יבש" את פעולת הוולטמטר. מראים לתלמידים שאמנם הוולטמטר מודד את שהם קיבלו בטבלה, על ידי ביצוע ניסוי נוסף, בו מחברים את הוולטמטר בין קצות הנגדים  $R_1, R_2$  ורואים שאכן הוא מודד את .

לפי דעתנו הדרך המוצעת בזאת תקל במידה ניכרת את הכניסה למושג המתח ומדידתו, וזאת מבלי לפגום במבנה הלוגי של הפרק.

נשמח לקבל את תגובות המורים המלמדים פיסיקה לפי "חשמל ואנרגיה".

