

סוג הבחינה: בגרות לבתי-ספר על-יסודיים  
 מועד הבחינה: קיץ תשס"א, 2001  
 מספר השאלון: 917521  
 נספח: נתונים ונוסחאות בפיזיקה  
 ל-5 יח"ל

## פ י ז י ק ה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

ח ש מ ל

### הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שעה וחצי.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.  
 לכל שאלה –  $33\frac{1}{3}$  נקודות.  $100 = 33\frac{1}{3} \times 3$  נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש:  
 1. מחשבון (כולל מחשבון גרפי).  
 2. נתונים ונוסחאות בפיזיקה המצורפים לשאלון.
- ד. הוראות מיוחדות:  
 1. ענה על מספר שאלות כפי שנתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו. (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).  
 2. בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. (כאשר אתה משתמש בסימן שאינו מופיע בדפי הנוסחאות, רשום את פירוש הסימן במילים.) לפני שתבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. רק לאחר ההצבה בצע את פעולות החישוב. אי-רישום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה עלולים להוריד מהציון. רשום את התוצאה המתקבלת ביחידות המתאימות.  
 3. בחישוביך השתמש בערך של 10 מ' לשנייה<sup>2</sup> בשביל תאוצת הנפילה החופשית.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב בטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).  
 רישום טייטות כלשהן על דפים מחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה! רשום "טייטה" בראש כל עמוד טייטה.  
 ההנחיית בשאלון זה מגוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

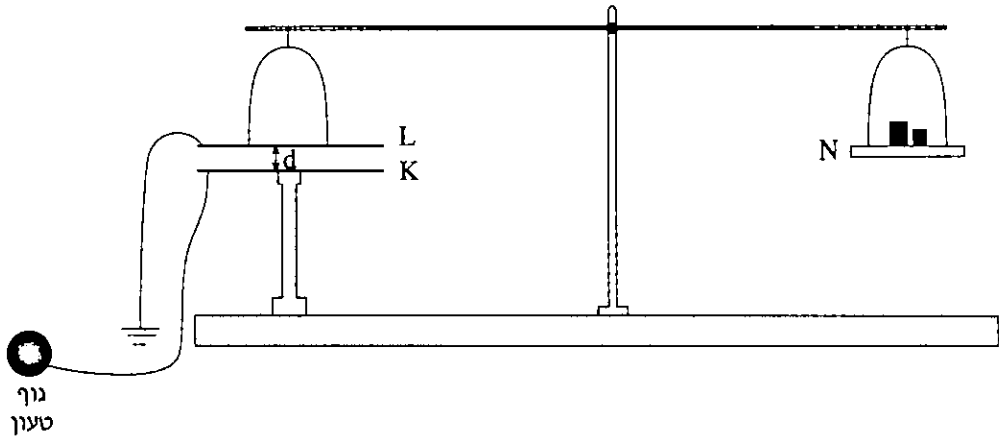
**ב ה צ ל ח ה !**

/המשך מעבר לדף/

## השאלות

ענה על שלוש מהשאלות 1-5 (לכל שאלה –  $33\frac{1}{3}$  נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. תלמיד רוצה למדוד פוטנציאל של גוף מוליך טעון באמצעות אלקטרומטר תומסון הבנוי כמאזניים רגישים (ראה תרשים).



- לזרוע אחת של המאזניים מחובר לוח מוליך אופקי L, המוארק לאדמה (הפוטנציאל שלו אפס). לזרוע השנייה של המאזניים מחוברת כף N. במצב זה המאזניים מאוזנים. כדי למדוד את פוטנציאל הגוף הטעון, התלמיד מחבר את הגוף ללוח מוליך אופקי K, באמצעות חוט מוליך ארוך ודק. כל חלקי המאזניים הם מבודדים, ורק הלוחות L ו-K הם מוליכים. במצב, שבו הגוף מחובר ללוח K, נוצר כוח משיכה בין הלוחות. כדי לשמור על איזון המאזניים התלמיד מוסיף משקולות לכף N (ראה תרשים).
- א. הסבר מדוע לוח L נמשך ללוח K. (6 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

(שים לב: המשך סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

ב. לוחות L ו- K מהווים קבל לוחות. שטח כל לוח הוא A, ובמצב שבו המאזניים

מאוזנים המרחק בין הלוחות הוא d (ראה תרשים). עם חיבור הגוף הטעון

ללוח K הלוח נטען, והפוטנציאל שלו הוא V (כמו הפוטנציאל של הגוף הטעון).

בטא באמצעות  $\epsilon_0$ , V, d, A ו-  $\epsilon_0$  (על-פי הצורך) את:

(1) המטען על לוח L. (6 נקודות)

(2) השדה בין לוחות הקבל. (3 נקודות)

(3) השדה שנוצר על-ידי לוח K. (4 נקודות)

ג. הראה כי הכוח החשמלי הפועל על לוח L הוא:  $\frac{\epsilon_0 \cdot A}{2} \cdot \left(\frac{V}{d}\right)^2$  (7 נקודות)

ד. בטא, באמצעות הגדלים שהשתמשת בהם עד כה ובאמצעות משקל המשקולות, mg,

את הפוטנציאל V. (7  $\frac{1}{3}$  נקודות)

2. בתרשים שלפניך מתואר מעגל חשמלי הכולל

מקור מתח שהתנגדותו הפנימית זניחה, חמישה

נגדים ומפסק S פתוח. התנגדויות הנגדים

והכא"מ של המקור רשומים בתרשים.

א. (1) חשב את הזרם העובר דרך מקור המתח.

(8 נקודות)

(2) חשב את המתח על המפסק S. (8 נקודות)

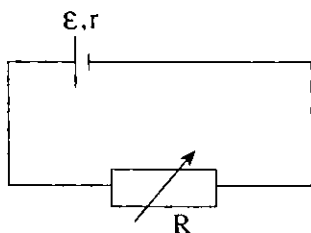
(3) איזו משתי הנקודות, B או C, נמצאת בפוטנציאל גבוה יותר? הסבר.

(8 נקודות)

ב. מהו סכום המתחים לאורך המסלול  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ ,

ומהו סכום המתחים לאורך המסלול  $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E$ ?

הסבר את הקשר בין שני הסכומים. (9  $\frac{1}{3}$  נקודות)



3. בתרשים שלפניך מתואר מעגל חשמלי הכולל מקור מתח,

שהכא"מ שלו  $\varepsilon$  והתנגדותו הפנימית  $r$ , ונגד משתנה

שהתנגדותו  $R$  יכולה להשתנות מאפס עד ערכים

גדולים מאוד (אינסופיים).

א. הראה כי אפשר לבטא את ההספק  $P$ ,

המתפתח על הנגד המשתנה, כפונקציה של הזרם  $I$  במעגל,

כך שמתקיים הקשר:  $P = -r \cdot I^2 + \varepsilon \cdot I$ . (8  $\frac{1}{3}$  נקודות)

ב. (1) סרטט גרף מקורב של ההספק  $P$  כפונקציה של הזרם  $I$ . (5 נקודות)

(2) מהי צורת הגרף שסרטטת בתת-סעיף ב (1) (קו ישר, פרבולה, היפרבולה,

חצי מעגל)? נמק. (3 נקודות)

בטא את תשובותיך לסעיפים ג, ד, ה באמצעות  $\varepsilon$  ו- $r$  (על-פי הצורך).

ג. (1) מה הם ערכי הזרם  $I$  בשני המצבים שבהם ההספק  $P$  מתאפס?

(3 נקודות)

(2) מהו הזרם  $I$  במצב שבו ההספק  $P$  הוא מקסימלי? (3 נקודות)

ד. מהי התנגדות  $R$  של הנגד המשתנה, המתאימה למצב שבו ההספק  $P$

הוא מקסימלי? (7 נקודות)

ה. מהו ההספק המקסימלי שיכול להתפתח על הנגד המשתנה? (4 נקודות)

4. התרשים שלפניך מתאר אלומה צרה של אלקטרונים הנעים במהירות  $v$ .

האלקטרונים נכנסים אל בין שני לוחות

גליליים,  $M$  ו-  $N$ , בעלי מרכז משותף  $O$ .

הלוחות טעונים במטענים מנוגדים, כך שקווי

השדה החשמלי שבין הלוחות מכוונים לאורך

הרדיוס  $R$ . בגלל המרחק הקטן בין הלוחות

(בהשוואה לרדיוס  $R$ ) גודל השדה החשמלי  $E$

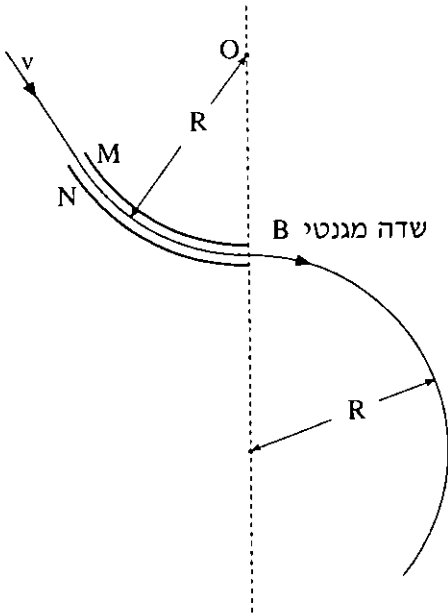
הוא קבוע בכל התחום שבין הלוחות,

והאלקטרונים נעים בו בקשת מעגלית

שרדיוסה  $R$ .

ביציאה מבין הלוחות הם מגיעים לאזור

שבו שורר שדה מגנטי אחיד  $B$ .



בהשפעת שדה זה נעים האלקטרונים שוב בקשת מעגלית שרדיוסה  $R$ .

נתון:  $R = 0.1 \text{ m}$ ,  $v = 1.5 \times 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

א. (1) קבע איזה מבין שני הלוחות ( $M$  או  $N$ ) טעון במטען חיובי, ואיזה מביניהם

טעון במטען שלילי. נמק. (5 נקודות)

(2) חשב את גודל השדה החשמלי  $E$  שבין הלוחות  $M$  ו-  $N$ . (8 נקודות)

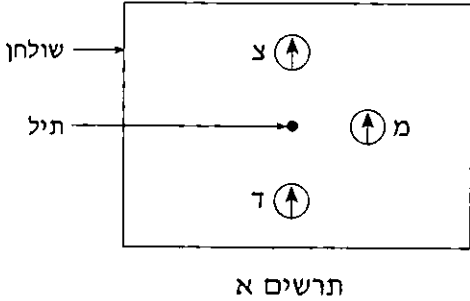
ב. (1) מהו כיוון השדה המגנטי  $B$ ? נמק. (5 נקודות)

(2) חשב את עוצמת השדה המגנטי  $B$ . (8 נקודות)

ג. (1) האם השדה החשמלי מבצע עבודה על האלקטרונים? נמק. ( $3\frac{1}{3}$  נקודות)

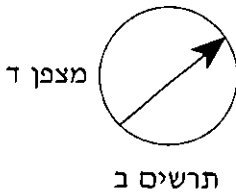
(2) האם השדה המגנטי מבצע עבודה על האלקטרונים? נמק. (4 נקודות)

5. תלמיד רוצה למדוד את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. לשם כך הוא העביר תיל ישר וארוך דרך חור בשולחן אופקי, בניצב לשולחן, והציב סביב התיל שלושה מצפנים, כל מצפן במרחק 10 ס"מ מן התיל.



תרשים א שלפניך מתאר במבט מלמעלה את השולחן כאשר בתיל לא זורם זרם, כך ששלושת המצפנים מצביעים אל הצפון המגנטי. המצפנים מסומנים באותיות: צ, ד, מ. התלמיד חיבר בטור אל התיל נגד משתנה,

אמפרמטר ומקור מתח, והחל להזרים בתיל זרם בכיוון אנכי מעלה (החוצה מן הדף). הזנח את ההשפעה המגנטית ההדדית של המצפנים.



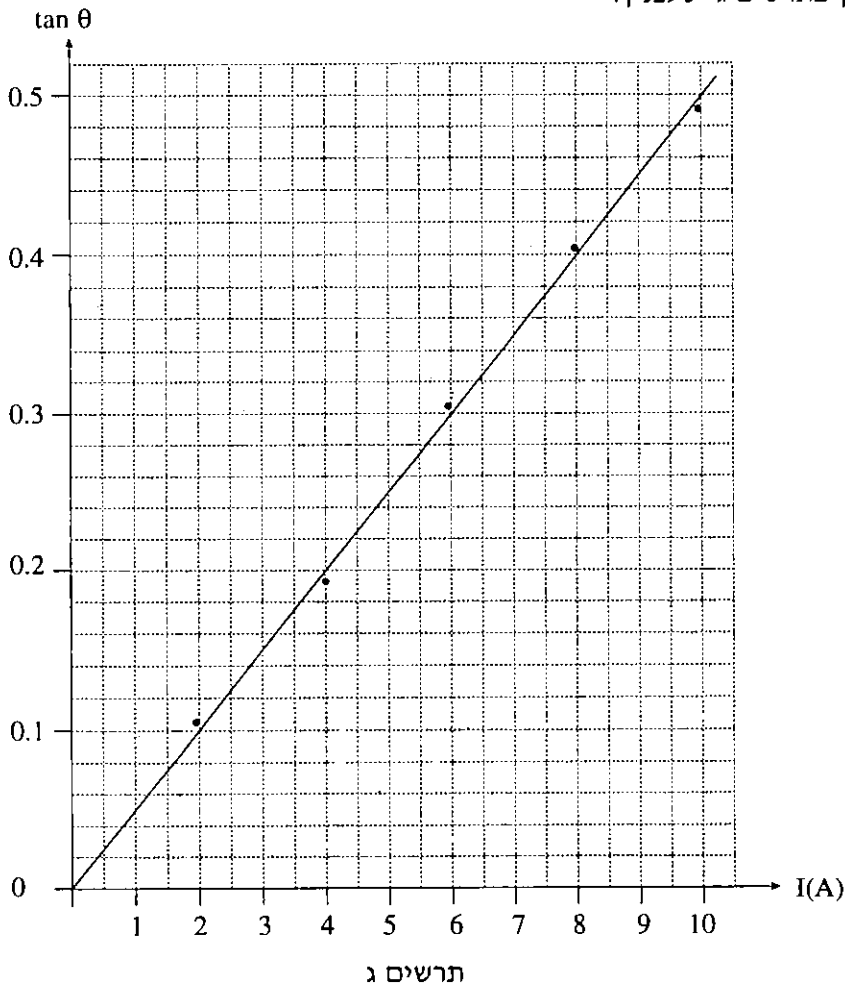
א. בזרם מסוים מחט מצפן ד סטתה מכיוון הצפון, כמתואר בתרשים ב. סרטט את מצב המחט של מצפן צ ואת מצב המחט של מצפן מ

באותו זרם שהביא לסטייה שבתרשים ב. נמק. (6 נקודות)

ב. סמן ב-  $B_E$  את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ, ופתח ביטוי של  $\tan \theta$  כפונקציה של הזרם  $I$  הזורם בתיל.  $\theta$  היא זווית הסטייה של מצפן ד מכיוון הצפון. (12 נקודות)

(שים לב: המשך סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

ג. תלמיד מדד את זווית הסטייה  $\theta$  עבור חמישה ערכים של זרם  $I$ , וסרטט את הגרף הנתון בתרשים ג שלפניך.



- (1) הסבר מדוע עדיף לסמן על הציר האנכי את ערכי  $\tan \theta$  ולא את ערכי  $\theta$ . (4 נקודות)
- (2) הסבר מדוע התלמיד ידע בוודאות כי הגרף חייב לעבור דרך ראשית הצירים. (3 נקודות)
- (3) חשב בעזרת הגרף את  $B_E$ . (8  $\frac{1}{3}$  נקודות)

## בהצלחה!

## נתונים ונוסחאות בפיזיקה

נספח לבחינות הבגרות ברמה של 5 יח"ל

לשאלונים מס' 917531, 917521, 917551, 85, 98, 917554, 917553

(החל בקיץ תשנ"ו)

### תוכן עניינים

| <u>עמוד</u> | <u>נושא</u>                    | <u>עמוד</u> | <u>נושא</u>               |
|-------------|--------------------------------|-------------|---------------------------|
| 7           | פיזיקה מודרנית                 | 2           | מכניקה                    |
| 8           | אסטרופיזיקה                    | 2           | קינמטיקה                  |
| 8           | תורת היחסות                    | 2           | דינמיקה                   |
| 8           | קינמטיקה                       | 2           | עבודה, אנרגיה והספק       |
| 8           | חוקי השימור                    | 2           | מתקף ותנע                 |
| 9           | תרמודינמיקה                    | 2           | מודל של גז אידאלי         |
| 9           | נזלים וגזים                    | 2           | תנועות מחזוריות           |
| 9           | כאוס                           | 2           | תנועה מעגלית              |
| 10          | קבועים בסיסיים                 | 3           | תנועה הרמונית             |
| 10          | פירוש קיצורי היחידות           | 3           | כבידה                     |
| 11          | קשרים בין יחידות               | 3           | מכניקה של גוף קשיח        |
| 11          | נוסחאות מתמטיות                | 4           | חשמל ומגנטיות             |
| 12          | נתונים הקשורים בשמש ובירח      | 4           | אלקטרוסטטיקה              |
| 12          | נתונים הקשורים בכוכבי הלכת     | 4           | זרם חשמלי                 |
| 12          | המסות של חלקיקים ואטומים אחדים | 4           | שדה מגנטי                 |
|             |                                | 5           | כא"מ מושרה                |
|             |                                | 5           | מעגלי זרם חילופין         |
|             |                                | 6           | קרינה וחומר               |
|             |                                | 6           | תורת האור הגאומטרית       |
|             |                                | 6           | גלים ותורת האור הפיזיקלית |



# מכניקה

|   |  |
|---|--|
| אנרגיה פוטנציאלית אלסטית<br>(במצב רפוי $U_{sp} = 0$ )<br>$U_{sp} = \frac{1}{2} k(\Delta\ell)^2$ |  |
| משפט עבודה-אנרגיה<br>$W_{\text{כוללת}} = \Delta E_k$  |  |
| עבודת שקול הכוחות הלא-משמרים<br>( $E$ - אנרגיה מכנית כוללת)<br>$W = \Delta E$                   |  |
| הספק רגעי<br>$P = \frac{dW}{dt}$  |  |
| הספק מכני רגעי<br>$P = Fv \cos\theta$   |  |
| <b>מתקף ותנע</b>  |  |
| מתקף-תנע<br>$\int_{t_1}^{t_2} \Sigma \vec{F} dt = \Delta(m\vec{v})$                             |  |
| כוח קבוע<br>$\Sigma \vec{F} \Delta t = \Delta(m\vec{v})$  |  |
| שימור תנע   |  |
| $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$                                 |  |
| בהתנגשות אלסטית חד-ממדית<br>$v_1 - v_2 = u_2 - u_1$   |  |
| <b>מודל של גז אידאלי</b>  |  |
| האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולת גז אידאלי<br>$E_k = \frac{3}{2} kT$                          |  |
| משוואת המצב של גז אידאלי<br>$pV = nRT$  |  |
| החוק הראשון של התרמודינמיקה<br>$\Delta U = Q - W$   |  |
| <b>תנועות מחזוריות</b>  |  |
| $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$  |  |
| <b>תנועה מעגלית</b>   |  |
| מהירות זוויתית<br>$\omega = \frac{d\theta}{dt}$   |  |
| תאוצה מרכזית<br>$a_R = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$  |  |

|   |  |
|---|--|
| <b>קינמטיקה</b>   |  |
| מהירות רגעית<br>$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$                           |  |
| תאוצה רגעית<br>$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$                            |  |
| תנועה שוות-תאוצה<br>$v = v_0 + at$  |  |
| $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$  |  |
| $x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2} t$   |  |
| $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$   |  |
| מהירות של B ביחס ל- A<br>$\vec{v}_{B,A} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$          |  |
| <b>דינמיקה</b>  |  |
| כוח הכובד<br>$w = mg$   |  |
| חוק הוק (כוח אלסטי)<br>$F = k\Delta\ell$                                  |  |
| חיכוך סטטי<br>$f_s \leq \mu_s N$  |  |
| חיכוך קינטי<br>$f_k = \mu_k N$  |  |
| החוק השני של ניוטון<br>$\Sigma \vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$          |  |
| $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$   |  |
| צפיפות<br>$\rho = \frac{m}{V}$  |  |
| <b>עבודה, אנרגיה והספק</b>  |  |
| עבודה<br>$W = \int_{s_1}^{s_2} F \cos\theta ds$                           |  |
| עבודה של כוח קבוע<br>$W = F \cos\theta \Delta s$                          |  |
| אנרגיה קינטית<br>$E_k = \frac{mv^2}{2}$                                   |  |
| שינוי אנרגיה פוטנציאלית כובדית<br>(שדה אחיד)<br>$\Delta U_G = mg\Delta h$ |  |

|  |                                       |              |
|--|---------------------------------------|--------------|
| $\tau = r F \sin \theta$               | $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ | מומנט של כוח |
| החוק השני של ניוטון לתנועה סיבובית     |                                       |              |
| $\Sigma \tau = I \alpha$               |                                       |              |
| $\bar{x} = \frac{\Sigma m_i x_i}{M}$   | $\bar{y} = \frac{\Sigma m_i y_i}{M}$  | מרכז מסה     |
| מומנט התמדה                            |                                       |              |
| $I = \Sigma m_i r_i^2$                 |                                       |              |
| $I = \int r^2 dm$                      |                                       |              |
| מומנט התמדה לגבי ציר סימטריה           |                                       |              |
| $\frac{1}{12} mL^2$                    |                                       | מוט          |
| $\frac{1}{2} mR^2$                     |                                       | גליל מלא     |
| $mR^2$                                 |                                       | קליפה גלילית |
| $\frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2)$        |                                       | טבעת גלילית  |
| $\frac{2}{3} mR^2$                     |                                       | קליפה כדורית |
| $\frac{2}{5} mR^2$                     |                                       | כדור מלא     |
| משפט שטיינר                            |                                       |              |
| $I = I_{c.m.} + ms^2$                  |                                       |              |
| זמן מחזור של מטוטלת פיזיקלית           |                                       |              |
| $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgs}}$        |                                       |              |
| נקיפה (פרצסיה)                         |                                       |              |
| $\Omega = \frac{\tau}{I\omega}$        |                                       |              |
| אנרגיה קינטית סיבובית                  |                                       |              |
| $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$            |                                       |              |
| עבודה                                  |                                       |              |
| $W = \tau \theta$                      |                                       |              |
| הספק                                   |                                       |              |
| $P = \tau \omega$                      |                                       |              |
| תנע זוויתי של גוף נקודתי               |                                       |              |
| $\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$    |                                       |              |
| תנע זוויתי                             |                                       |              |
| $\vec{L} = I\vec{\omega}$              |                                       |              |
| מתקף זוויתי -- תנע זוויתי              |                                       |              |
| $\vec{\tau} \Delta t = \Delta \vec{L}$ |                                       |              |

|   |                     |
|---|---------------------|
| <b>תנועה הרמונית</b>  |                     |
| $-kx = m\ddot{x}$   | משוואת התנועה       |
| $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$                                     |                     |
| פונקציית "מקום-זמן"   |                     |
| $x = A \cos(\omega t + \phi)$                                     |                     |
| $v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$                             | מהירות              |
| $v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$                                 |                     |
| $a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$                           | תאוצה               |
| $a = -\omega^2 x$   |                     |
| $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$                                     | זמן המחזור          |
| $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$                                  | מטוטלת פשוטה        |
| <b>כבידה</b>  |                     |
| $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$                                       | כוח הכבידה          |
| אנרגיה פוטנציאלית כובדית  |                     |
| $U_G = -\frac{GMm}{r}$  | $(U_G(\infty) = 0)$ |
| החוק השלישי של קפלר   |                     |
| $\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$ |                     |
| אנרגיה של לוויין במסלול מעגלי                                     |                     |
| $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$                           | קינטית              |
| $E = -\frac{GMm}{2r}$   | כוללת               |
| <b>מכניקה של גוף קשיח</b>   |                     |
| $\omega = \frac{d\theta}{dt}$                                     | מהירות זוויתית      |
| $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$                                     | תאוצה זוויתית       |

## חשמל ומגנטיות

|  |   |
|--|---|
| $W = VI t$   | עבודת הזרם החשמלי                                       |
| $P = VI$   | הספק  |
| $V = \mathcal{E} - rI$   | מתח הדקים   |
| $\Sigma I = 0$<br>$\Sigma \mathcal{E} = \Sigma IR$   | חוקי קירכהוף  |
| $i = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$  | זרם רגעי בקבל   |
| <b>שדה מגנטי</b>   |   |
| כוח על מטען בשדה מגנטי   |   |
| $F = qv B \sin \alpha$<br>$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$  |   |
| כוח על תיל נושא זרם בשדה מגנטי   |   |
| $F = I \ell B \sin \alpha$   |   |
| הכוח ליחידת אורך בין שני תיילים ארוכים מקבילים   |   |
| $\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2}{d}$<br>$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ |   |
| <b>שדה מגנטי</b>   |   |
| $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$   | סביב תיל ישר וארוך                                      |
| $B = \mu_0 \frac{NI}{2R}$  | במרכז סליל מעגלי דק<br>(בעל רדיוס $R$ ו- $N$ כריכות)    |
| $B = \mu_0 \frac{NI}{\ell}$  | בתוך סילוניית ארוכה<br>(בעלת אורך $\ell$ ו- $N$ כריכות) |

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>אלקטרוסטטיקה</b>   |                                 |
| $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$<br>$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ | חוק קולון (בריק)                |
| $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$   | שדה חשמלי                       |
| $E = k \frac{q}{r^2}$   | שדה חשמלי סביב מטען נקודתי      |
| $W = Vq$  | עבודה חשמלית                    |
| $V = k \frac{q}{r}$<br>$(V_\infty = 0)$   | פוטנציאל חשמלי סביב מטען נקודתי |
| $U = \frac{1}{2} q V$   | אנרגיה של מוליך טעון            |
| $C = \frac{q}{V}$   | הגדרת הקיבול                    |
| $C = \frac{\epsilon A}{d}$<br>$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$                                | קיבול של קבל לוחות              |
| $E = \frac{V}{d}$   | שדה בין לוחות קבל               |
| $U = \frac{1}{2} CV^2$  | אנרגיה של קבל טעון              |
| <b>זרם חשמלי</b>  |                                 |
| $i = \frac{dq}{dt}$   | זרם רגעי                        |
| $V = RI$  | חוק אום                         |
| $R = \rho \frac{\ell}{A}$   | התנגדות של תיל                  |
| התנגדות שקולה של נגדים בטור   |                                 |
| $R = \Sigma R_i$  |                                 |
| התנגדות שקולה של נגדים במקביל   |                                 |
| $\frac{1}{R} = \Sigma \frac{1}{R_i}$  |                                 |

|   |             |
|---|-------------|
| עכבה במעגל RLC מקבילי   |             |
| $\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}$ |             |
| זווית המופע במעגל RLC טורי  |             |
| $\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$   |             |
| זווית המופע במעגל RLC מקבילי  |             |
| $\tan \phi = \frac{\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}}{\frac{1}{R}}$                     |             |
| $P = VI \cos \phi$  | הספק ממוצע  |
| תדירות עצמית של מעגל LC   |             |
| $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$   |             |
| $Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$   | גורם האיכות |
| גורם האיכות במעגל RLC טורי  |             |
| $Q = \frac{L\omega_0}{R} = \frac{1}{RC\omega_0}$                                    |             |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| <b>כא"מ מושרה</b>  |                       |
| $\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt}$  | כא"מ מושרה            |
| $\mathcal{E} = Blv \sin \alpha$  | כא"מ מושרה בתיל מוליך |
| $\mathcal{E} = -L \frac{di}{dt}$   | כא"מ מושרה עצמית      |
| $\mathcal{E} = NBA\omega \sin \omega t$ כא"מ מושרה במחולל                          |                       |
| $U = \frac{1}{2} Li^2$   | האנרגיה האגורה במשרן  |
| $\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{N_1}{N_2}$ יחס ההשנאה של שנאי אינדאלי |                       |
| <b>מעגלי זרם חילופין</b>   |                       |
| $v = V_0 \sin \omega t$  | מתח חילופין           |
| $i = I_0 \sin(\omega t - \phi)$  | זרם חילופין           |
| $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ $V = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$                              | ערכים אפקטיביים       |
| $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$   | היגב קיבולי           |
| $X_L = \omega \cdot L$   | היגב השראתי           |
| $I = \frac{V}{Z}$  | "חוק אוהם"            |
| עכבה במעגל RLC טורי  |                       |
| $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$   |                       |

## קרינה וחומר

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>גלים ותורת האור הפיזיקלית</b>  |                  |
| $v = \lambda f$   | מהירות גל מחזורי |
| $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$   | חוק השבירה       |
| גל עומד במיתר שקצותיו קשורים  |                  |
| $l = n \frac{\lambda}{2}$   |                  |
| <b>התאבכות ועקיפה</b>   |                  |
| קווי צומת בהתאבכות משני מקורות  |                  |
| $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = (n + p - \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{d}$ |                  |
| $\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$                                    | נוסחת יאנג       |
| קווי מקסימום (ליותר ממקור אחד)  |                  |
| $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = (n + p) \frac{\lambda}{d}$               |                  |
| קווי מקסימום בסריג עקיפה  |                  |
| $\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN^* \lambda$                        |                  |
| קווי צומת בעקיפה בסדק יחיד  |                  |
| $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$                     |                  |

|   |                 |
|---|-----------------|
| <b>תורת האור הגאומטרית</b>  |                 |
| $l \propto \frac{1}{R^2}$   | עוצמת הארה      |
| <b>עדשות ומראות כדוריות</b>   |                 |
| נוסחת לוטשי העדשות  |                 |
| $\frac{1}{f} = \left( \frac{n}{n_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ |                 |
| $f = \frac{R}{2}$   | מראות           |
| $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$   | $S_o S_i = f^2$ |
| $m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{ v }{ u } = \frac{f}{S_o} = \frac{S_i}{f}$                       | הגדלה קווית     |
| $\mu = \frac{\text{tg} \alpha}{\text{tg} \alpha_o}$   | הגדלה זוויתית   |
| $\mu_{max} = \frac{d}{f} + 1$   | זכוכית מגדלת    |
| $\mu_{min} = \frac{d}{f}$   |                 |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$                  | עקרון האי-ודאות           |
| $\Delta E = \Delta mc^2$                                 | מסה-אנרגיה                |
|  | דעיכה של מקור רדיואקטיבי  |
| $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$<br>$N = N_0 e^{-\lambda t}$ | $\lambda$ – קבוע הדעיכה   |
|  | פעילות של מקור רדיואקטיבי |
| $R = \lambda N$  |                           |
| $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$                | זמן מחצית החיים           |

|   |                 |
|---|-----------------|
| <b>פיזיקה מודרנית</b>   |                 |
| $E = h\nu$  | אנרגיה של פוטון |
| $E \text{ (eV)} = \frac{12400}{\lambda \text{ (Å)}}$                        |                 |
| $E_k = h\nu - B$  | אפקט פוטואלקטרי |
| $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$                                      | נוסחת דה-ברויי  |
| $m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$  | הנחות בוהר      |
| $h\nu =  E_f - E_i $  |                 |
| רמות אנרגיה באטום מימן  |                 |
| $E_n = -\frac{R^*}{n^2} \quad (U_\infty = 0)$                               |                 |
| $R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2}$ |                 |
| $R^* = 13.6 \text{ eV}$   |                 |
| הרדיוסים של מסלולי האלקטרון באטום מימן                                      |                 |
| $r_n = r_1 n^2$   |                 |
| $r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2}$  |                 |
| $r_1 = 0.529 \text{ Å}$   |                 |

## אסטרופיזיקה

|   |                       |
|---|-----------------------|
| $\ell = \frac{\ell_0}{\gamma}$                  | התקצרות האורך         |
| $\Delta t = \gamma \Delta t_0$                  | התארכות הזמן          |
|   | טרנספורמציות מהירויות |
| $u'_x = \frac{u_x - v}{1 - v \frac{u_x}{c^2}}$  |                       |
| <b>חוקי השימור</b>                              |                       |
| $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ | הגדרה                 |
|   | $v$ - מהירות החלקיק   |
| $m = \gamma m_0$                                | מסה                   |
| $E_k = m_0 c^2 (\gamma - 1)$                    | אנרגיה קינטית         |
| $E_0 = m_0 c^2$                                 | אנרגיית מנוחה         |
| $E = m_0 c^2 + E_k = mc^2$                      | אנרגיה כוללת          |
| $p = mv = \gamma m_0 v$                         | תנע                   |
| $E^2 = (pc)^2 + (m_0 c^2)^2$                    | תנע ואנרגיה           |
| $p = \frac{E v}{c^2}$                           |                       |

|  |                    |
|--|--------------------|
| משוואת שיווי-המשקל ההידרוסטטי  |                    |
| $\frac{dp(r)}{dr} = -G \frac{M(r) \rho(r)}{r^2}$   |                    |
| $\lambda_{max} \cdot T = \alpha$   | חוק ההעתק של ויין  |
| $l = \sigma T^4$   | חוק סטפן-בולצמן    |
| הספק הקרינה של כוכב  |                    |
| $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$  | (בהירות, נהירות)   |
| $S = \frac{L}{4\pi r^2}$   | שטף הקרינה של כוכב |
| $v = H_0 \cdot r$  | חוק הֶבֶל          |
| $z = \frac{\lambda_0 - \lambda_s}{\lambda_s} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$ | אפקט דופלר         |

## תורת היחסות

|   |          |
|---|----------|
| <b>קינמטיקה</b>                                 |          |
| $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ | הגדרה    |
| $v$ - מהירות בכיוון $x$ של מערכת ייחוס          |          |
| $(x, y, z)$ ביחס למערכת ייחוס $(x', y', z')$    |          |
| טרנספורמציות לורנץ                              |          |
| $x' = \gamma(x - vt)$                           |          |
| $y' = y$  | $z' = z$ |
| $t' = \gamma(t - v \frac{x}{c^2})$              |          |

## תרמודינמיקה

משוואת המצב של גז אידיאלי

$$pV = nRT$$

קיבולי חום מולריים של גז אידיאלי

$$c_p - c_v = R$$

למול אחד של גז אידיאלי חד-אטומי

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} RT = c_v T$$

$$c_v = \frac{3}{2} R \quad c_p = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{c_p}{c_v} = \gamma = \frac{5}{3}$$

למול אחד של גז אידיאלי דו-אטומי

$$\bar{E}_k = \frac{5}{2} RT = c_v T$$

$$c_v = \frac{5}{2} R \quad c_p = \frac{7}{2} R$$

$$\frac{c_p}{c_v} = \gamma = \frac{7}{5}$$

החוק הראשון של התרמודינמיקה

$$\Delta U = Q - W$$

תהליך איזותרמי הפיך בגזים אידיאליים

$$\Delta U = 0$$

$$Q = W = nRT \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

תהליך אדיאבטי הפיך בגזים אידיאליים

$$Q = 0$$

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \quad T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\eta = \frac{W}{Q} \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \text{נצילות תרמודינמית}$$

$$\Delta S \geq 0$$

אנטרופיה

בתהליכים הפיכים

$$dS = \frac{dQ}{T} \quad \Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

$$\Delta S = nc_v \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

## נוזלים וגזים

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

לחץ

$$p = \rho gh$$

לחץ הידרוסטטי

$$F = V\rho g$$

כוח עילוי (סטטי)

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gy = \text{קבוע}$$

חוק ברנולי

$$Av = \text{קבוע}$$

נוסחת הרציפות

$$pV = nRT \quad \text{משוואת המצב של גז אידיאלי}$$

## כאוס

קבוע פייגנבאום

$$\delta = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_n - a_{n-1}}{a_{n+1} - a_n} = 4.669...$$

מעריך ליאפונוב  $\lambda$

$$\Delta_n = \Delta_0 e^{\lambda n}$$

$$\Delta(t) = \Delta(0) e^{\lambda t}$$

$$D = \frac{\log N}{\log a}$$

ממד פרקטלי



## קבועים בסיסיים

(ערכי הקבועים רשומים בדיוק נמוך מהדיוק הניסיוני הידוע, ומשמשים לבחינת בגרות.)

| ערך                    | יחידות                            | סימון        | שם הקבוע             |
|------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------|
| $3 \times 10^8$        | $m \times s^{-1}$                 | $c$          | מהירות האור בריק     |
| $1.257 \times 10^{-6}$ | $H \times m^{-1}$                 | $\mu_0$      | פרמיאביליות הריק     |
| $8.85 \times 10^{-12}$ | $F \times m^{-1}$                 | $\epsilon_0$ | דיאלקטריות הריק      |
| $1.60 \times 10^{-19}$ | C                                 | $e$          | מטען האלקטרון        |
| $6.63 \times 10^{-34}$ | $J \times s$                      | $h$          | קבוע פלאנק           |
| $4.14 \times 10^{-15}$ | $eV \times s$                     |              |                      |
| $6.67 \times 10^{-11}$ | $N \times m^2 \times kg^{-2}$     | $G$          | קבוע הגרביטציה       |
| $9.11 \times 10^{-31}$ | kg                                | $m_e$        | מסת מנוחה של אלקטרון |
| $1.67 \times 10^{-27}$ | kg                                | $m_p$        | מסת מנוחה של פרוטון  |
| $1.67 \times 10^{-27}$ | kg                                | $m_n$        | מסת מנוחה של נויטרון |
| $6.02 \times 10^{23}$  | $mol^{-1}$                        | $N_A$        | קבוע אבוגדרו         |
| $1.38 \times 10^{-23}$ | $J \times K^{-1}$                 | $k$          | קבוע בולצמן          |
| 8.31                   | $J \times K^{-1} \times mol^{-1}$ | $R$          | קבוע הגזים           |
| $5.67 \times 10^{-8}$  | $W \times m^{-2} \times K^{-4}$   | $\sigma$     | קבוע סטפן            |
| $2.90 \times 10^{-3}$  | $m \times K$                      | $\alpha$     | קבוע וין             |
| $5 \times 10^4$        | $m \times s^{-1} \times Mpc^{-1}$ | $H_0$        | קבוע הבל             |

## פירוש קיצורי היחידות

|      |          |                     |             |                  |              |
|------|----------|---------------------|-------------|------------------|--------------|
| אמפר | A        | ניוטון              | N           | פרסק             | pc           |
| אום  | $\Omega$ | ג'ול                | J           | שנת אור          | ly           |
| וולט | V        | אלקטרון וולט        | eV          | יחידה אסטרונומית | AU           |
| וובר | Wb       | מיליון אלקטרון וולט | MeV         | מטר              | m            |
| טסלה | T        | וט                  | W           | אנגסטרם          | $\text{\AA}$ |
| גאוס | G        | מול                 | mol         | קילוגרם          | kg           |
| הנרי | H        | מעלות צלזיוס        | $^{\circ}C$ | גרם              | gr           |
| הרץ  | Hz       | מעלות קלווין        | K           | יחידת מסה אטומית | u            |
| פסקל | Pa       | קולון               | C           | שנייה            | s            |
|      |          | פרד                 | F           | שעה              | h            |

## קשרים בין יחידות

### אנרגיה

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

### שדה מגנטי

$$1 \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} = 1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$$

### תנע

$$1 \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}} = 1.87 \times 10^{21} \frac{\text{MeV}}{c}$$

### לחץ

$$1 \text{ אטמוספירה} = 1.01 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

מעבר ממעלות קלווין למעלות צלזיוס

$$t_C = T - 273$$

### אורך

$$1 \text{ AU} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$1 \text{ ly} = 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$$

$$1 \text{ pc} = 3.26 \text{ ly}$$

$$= 206265 \text{ AU}$$

$$= 3.08 \times 10^{16} \text{ m}$$

$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

### זמן

$$1 \text{ שנה שמשית} = 365.25 \text{ יממות}$$

$$1 \text{ שנה כוכבית} = 366.25 \text{ יממות}$$

### מסה

$$1 \text{ u} = 931.494 \frac{\text{MeV}}{c^2} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

## נוסחאות מתמטיות

$$\frac{4}{3} \pi R^3$$

נפח כדור

$$2\pi R$$

היקף מעגל

$$\sin \theta \approx \text{tg } \theta \approx \theta$$

לזוויות קטנות

$$\pi R^2$$

שטח עיגול

$$4\pi R^2$$

שטח פני כדור

## נתונים הקשורים בשמש ובירח

| זמן מחזור<br>(יממות) | רדיוס מסלול ממוצע<br>(m) | רדיוס<br>(m)       | מסה<br>(kg)           |     |
|----------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|-----|
| -----                | -----                    | $6.96 \times 10^8$ | $1.99 \times 10^{30}$ | שמש |
| 27.3                 | $3.84 \times 10^8$       | $1.74 \times 10^6$ | $7.35 \times 10^{22}$ | ירח |

## נתונים הקשורים בכוכבי הלכת

| זמן מחזור<br>(שנים) | רדיוס מסלול ממוצע<br>( $10^6$ km) | רדיוס<br>( $10^6$ m) | מסה<br>( $10^{24}$ kg) | כוכב לכת           |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| 0.2408              | 57.9                              | 2.44                 | 0.330                  | כוכב חמה (Mercury) |
| 0.6152              | 108.2                             | 6.05                 | 4.869                  | נוגה (Venus)       |
| 1.00                | 149.6                             | 6.38                 | 5.974                  | ארץ (Earth)        |
| 1.881               | 227.9                             | 3.4                  | 0.642                  | מאדים (Mars)       |
| 11.86               | 778.3                             | 71.4                 | 1899.1                 | צדק (Jupiter)      |
| 29.46               | 1427.0                            | 60.0                 | 568.6                  | שבתאי (Saturn)     |
| 84.01               | 2871.0                            | 26.1                 | 86.98                  | אורנוס (Uranus)    |
| 164.8               | 4497.1                            | 24.3                 | 103                    | נפטון (Neptun)     |
| 248.4               | 5913.5                            | 1.5 - 1.8            | 0.012                  | פלוטו (Pluto)      |

## המסות של חלקיקים ואטומים אחדים

| המסה ב- u | האטום                 | המסה ב- $\frac{\text{MeV}}{c^2}$ | המסה ב- u | החלקיק  |
|-----------|-----------------------|----------------------------------|-----------|---------|
| 1.007825  | מימן $^1\text{H}$     | 0.511                            | 0.000549  | אלקטרון |
| 2.014101  | דויטריום $^2\text{H}$ | 938.272                          | 1.007276  | פרוטון  |
| 4.00260   | הליום $^4\text{He}$   | 939.566                          | 1.008665  | נויטרון |
| 7.01601   | ליתיום $^7\text{Li}$  |                                  |           |         |
| 12.00000  | פחמן $^{12}\text{C}$  |                                  |           |         |
| 14.00307  | חנקן $^{14}\text{N}$  |                                  |           |         |
| 15.99491  | חמצן $^{16}\text{O}$  |                                  |           |         |

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.

אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך, התרבות והספורט.