

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על-יסודיים
מועד הבחינה: ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מספר השאלון: קיץ תשס"ו, 2006
נספח: 654, 036541
נתונים ונוסחאות בפיזיקה ל-5 יח"ל

פ י ז י ק ה

קרינה וחומר

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שעה ושלושה רבעים. (105 דקות)
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שש שאלות. עליך לענות על שלוש שאלות בלבד. כלל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות. סה"כ: $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון. (2) נספח נתונים ונוסחאות בפיזיקה המצורף לשאלון.
- ד. הוראות מיוחדות:
- ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו. (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה.)
 - 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. אי-רישום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה עלולים להפחית נקודות מהציון. רשום את התוצאה המתקבלת ביחידות המתאימות.
 - בפתרון שאלות שנדרש בהן להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או מהירות האור c .
 - בחישובך השתמש בערך 10 m/s^2 לתאוצת הנפילה החופשית.
 - כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב בטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה). רשום "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. רישום טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

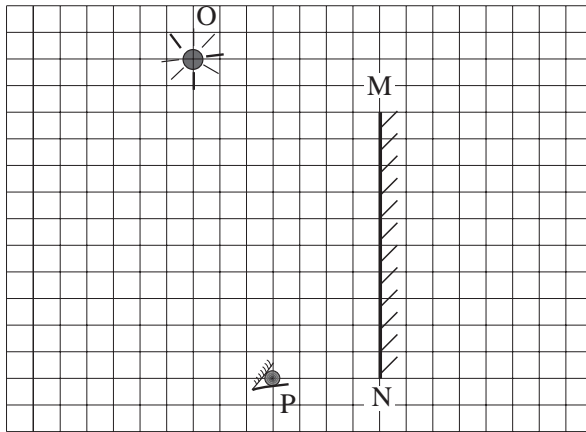
ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

בשאלון זה שש שאלות.
עליך לענות על שלוש שאלות בלבד (לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. בתרשים א שלפניך מוצגים חתך MN של מראה מישורית, מקור אור נקודתי O ועין של צופה בנקודה P. אורך כל משבצת בתרשים מייצג מרחק של 5 ס"מ במציאות.



תרשים א

- א. העתק את תרשים א למחברתך, כך שכל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברת. הוסף לתרשים סרטוט של קרן היוצאת מן המקור O, פוגעת במראה, ומוחזרת ממנה אל הנקודה P. תאר כיצד קבעת את נקודת הפגיעה של הקרן במראה. (9 נקודות)
- ב. מציבים מאחורי המראה (מימין לה), במקביל אליה ובמרחק 10 ס"מ ממנה, לוח אטום לאור שאורכו זהה לאורך המראה. האם הצופה ימשיך לראות את דמות מקור האור? נמק. (8 נקודות)
- ג. הוסף לתרשים שבמחברתך את גבולות האזור שממנו יכול צופה כלשהו לראות את דמות מקור האור הנוצרת על ידי המראה. (7 נקודות)

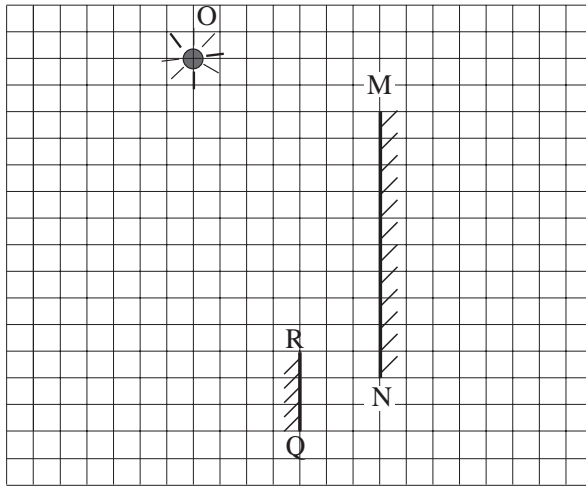
/המשך בעמוד 3/

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

+

+

ד. ממקמים מראה נוספת RQ כמתואר בתרשים ב.



תרשים ב

(1) העתק את התרשים למחברתך, וסמן בו את הדמויות:

I_1 – הדמות הראשונה (הנוצרת לאחר החזרה אחת).

I_2 – הדמות השנייה (הנוצרת לאחר שתי החזרות).

(2 נקודות)

(2) הסבר מדוע במערכת המראות נוצרות רק שתי הדמויות I_1 ו- I_2 של

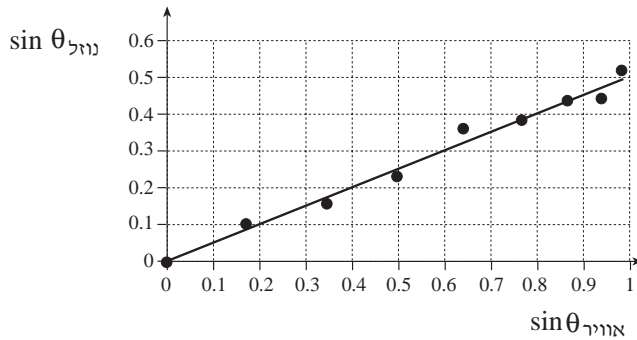
מקור האור O. ($7 \frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

+

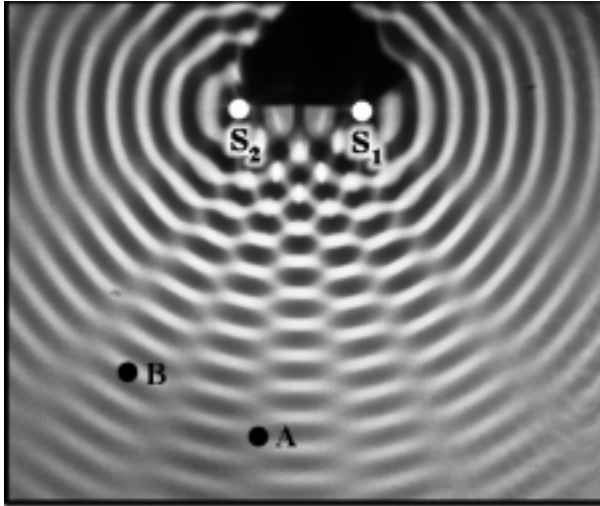
+

2. תלמיד ביצע ניסוי ובו הטיל כמה פעמים אלומה צרה ומקבילה של אור לייזר על פני נוזל שקוף. בכל פעם הייתה זווית הפגיעה בפני הנוזל, $\theta_{\text{אוויר}}$, שונה. לכל אחת מזוויות הפגיעה, מדד התלמיד את זווית השבירה בנוזל, $\theta_{\text{נוזל}}$.
- תוצאות המדידות מוצגות בגרף שלפניך, המתאר את סינוס זווית השבירה כפונקציה של סינוס זווית הפגיעה.



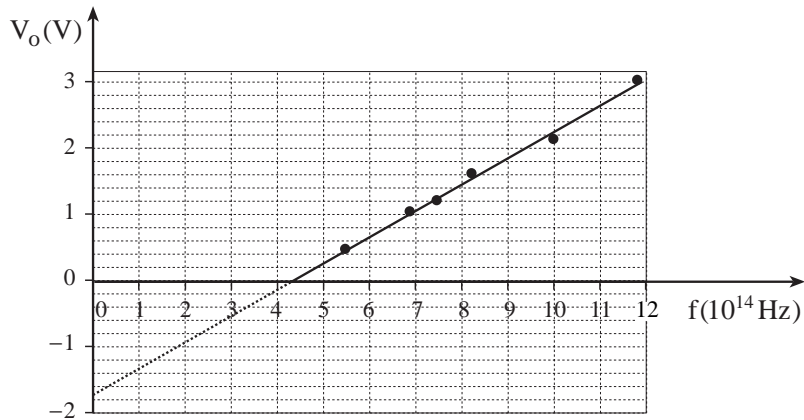
- א. חשב את מקדם השבירה של הנוזל (הנח שמקדם השבירה של האוויר הוא 1). (6 נקודות)
- ב. חשב את מהירות האור בנוזל. (5 נקודות)
- ג. חשב את זווית הגבול (הזווית הקריטית) במעבר אור בין שני החומרים. (5 נקודות)
- אורך הגל של אור הלייזר באוויר הוא 628 nm (6280 \AA).
- ד. (1) חשב את תדירות אור הלייזר בתוך הנוזל. (5 נקודות)
 (2) חשב את אורך הגל של אור הלייזר בתוך הנוזל. ($6 \frac{1}{3}$ נקודות)
- ה. בניסוי אחר התלמיד הטיל את אור הלייזר על סריג עקיפה שבו 300 חריצים למ"מ. האור פגע בסריג בניצב לו. כמה קווי מקסימום נוצרו לאחר מעבר האור דרך הסריג? (6 נקודות)

3. תלמיד הציב על שולחן אמבט גלים ובו שני כדורים קטנים, שכל אחד מהם מתנווד בתדירות של 25 Hz. הכדורים מהווים שני מקורות נקודתיים שווי-מופע ושווי-משרעת של גלי מים. לפניך תצלום של תמונת הגלים שהתפשטו על פני המים. S_1 ו- S_2 מסמנים את שני מקורות הגלים.



- א. התלמיד מצא כי מרחק הנקודה A (ראה תצלום) מ- S_1 הוא 34 ס"מ, ומרחקה מ- S_2 הוא 33 ס"מ. מהו אורך הגל של כל אחד מהגלים הנוצרים על ידי המקורות? (7 נקודות)
- ב. מהו הפרש המרחקים של הנקודה B (ראה תצלום) משני המקורות S_1 ו- S_2 ? (7 נקודות)
- ג. מהי מהירות ההתפשטות של הגלים? (5 נקודות)
- ד. אם שני מקורות הגלים יתנוודו במופע מנוגד ("אנטי פאזה"), האם תבנית ההתאבכות תהיה שונה מזו המוצגת בתצלום? אם לא – הסבר מדוע. אם כן – מה יהיה השוני בין שתי התבניות? (5 נקודות)
- ה. תאר מערכת ניסוי שבאמצעותה אפשר לראות תבנית התאבכות של אור על מסך. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)
- ו. מדוע אי-אפשר לראות תבנית התאבכות של גלי אור על מסך כאשר הוא מואר בשני פנסים שונים, אף אם הם מונוכרומטיים והמרחק ביניהם קטן מאוד? (5 נקודות)
- /המשך בעמוד 6/

4. בניסוי לחקר האפקט הפוטואלקטרי, הטילו אלומות קרינה מונוכרומטיות, בזו אחר זו, על הפולט (קתודה) של תא פוטואלקטרי העשוי מנתרן, ומדדו את המתח העוצר, V_0 . האלומות נבדלות זו מזו בתדירותן, f . לפניך גרף של המתח העוצר, V_0 (הנמדד בוולטים), כפונקציה של התדירות, f , ביחידות 10^{14} Hz.



א. מצא את פונקציית העבודה של נתרן. (4 נקודות)

ב. בטבלה שלפניך מוצגים שלושה מקרים.

תדירות הקרינה הפוגעת (Hz)	המתח בין הפולט לקולט קולט V - פולט V	
$3 \cdot 10^{14}$	- 0.5	מקרה (1)
$8 \cdot 10^{14}$	0.7	מקרה (2)
$8 \cdot 10^{14}$	2.8	מקרה (3)

+

+

ענה על הסעיפים i-iii, בנוגע לכל אחד מהמקרים (1)-(3).

- i קבע אם אלקטרונים נפלטים או אינם נפלטים מן הפולט. הסבר.
- ii אם אלקטרונים נפלטים מן הפולט, קבע אם הם יכולים לפגוע בקולט או אינם יכולים לפגוע בו. הסבר.
- iii אם אלקטרונים נפלטים מן הפולט אך אינם פוגעים בקולט, קבע אם צריך להגדיל את המתח קולט V – פולט V או להקטין אותו, כדי שהאלקטרונים הנפלטים יגיעו אל הקולט. הסבר.

(24 נקודות)

- ג. ציין תופעה הקשורה לאפקט הפוטואלקטרי שאי-אפשר להסביר אותה באמצעות מודל הגלים האלקטרומגנטיים של האור. נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

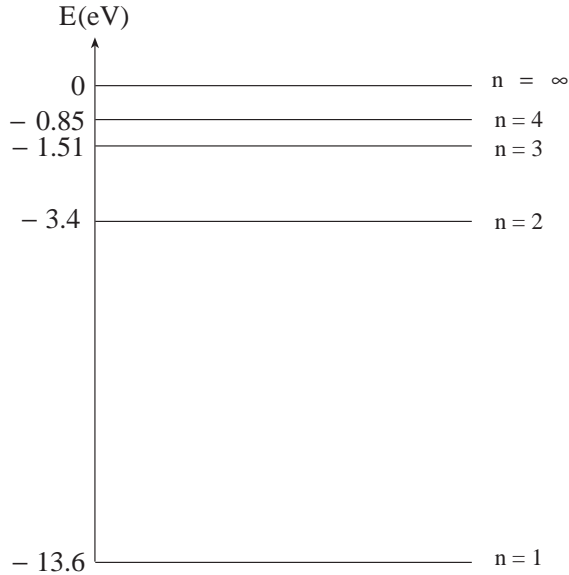
/המשך בעמוד 8/

+

+

5. גז של אטומי מימן ברמת היסוד ($n = 1$) נתון בתוך כלי.

ארבע רמות האנרגיה הראשונות של אטומי המימן מתוארות בדיאגרמה שלפניך.



תלמיד מעביר בזו אחר זו אלומות שונות של אלקטרונים דרך הגז, כמתואר בסעיפים א-ג.

א. לכל אלקטרון באלומה אנרגיה של 11 eV.

האם אלקטרונים אלה יכולים לעורר את אטומי המימן שבכלי?
אם לא – הסבר מדוע. אם כן – מצא את האנרגיה של אלקטרון מהאלומה לאחר שהוא גורם לעירור. (6 נקודות)

ב. ערכי האנרגיה של האלקטרונים באלומה נמצאים בין 10 eV ל-12.5 eV.

כמה קווים ספקטראליים יהיו בספקטרום של האור הנפלט מאטומי המימן?
הסבר את תשובתך בעזרת דיאגרמת רמות האנרגיה: העתק למחברתך את הדיאגרמה, וסמן בה חצים להצגת המעברים. (8 נקודות)

ג. לכל אלקטרון באלומה אנרגיה של 15 eV.

האם אלקטרונים אלה יכולים ליינן את אטומי המימן שבכלי?
אם לא – הסבר מדוע. אם כן – מצא איזה ערך או אילו ערכים של אנרגיה יכול/יכולים להיות, לאחר היינון, לאלקטרונים שגרמו ליינון.
(6 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

+

+

תלמיד אחר מעביר בזו אחר זו אלומות שונות של פוטונים דרך הגז, כמתואר

בסעיפים ד-ה.

ד. לכל פוטון באלומה אנרגיה של 11 eV .

האם פוטונים אלה יכולים לעורר את אטומי המימן שבכלי? הסבר.

(5 נקודות)

ה. ערכי האנרגיה של הפוטונים באלומה נמצאים בין 10 eV ל- 12.5 eV .

כמה קווים ספקטרליים מופיעים בספקטרום הבליעה?

הסבר את תשובתך בעזרת דיאגרמת רמות האנרגיה: העתק למחברתך את

הדיאגרמה, וסמן בה חצים להצגת המעברים.

($8\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 10/

+

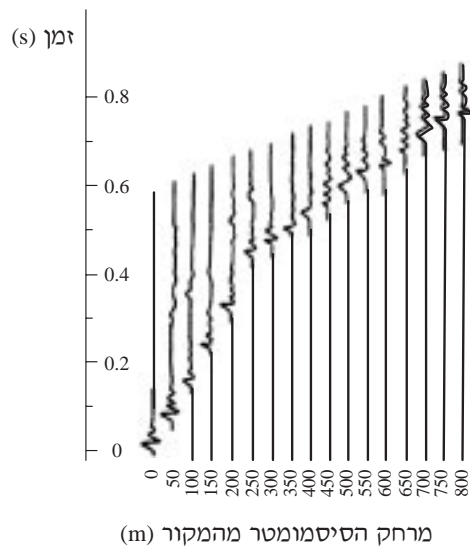
+

אורינות מדעית

6. גלים סיסמיים הם גלים מכניים המתפשטים בכדור הארץ כתוצאה של רעידות אדמה. ניתוח גלים אלה על ידי מספר רב של תחנות מדידה על פני כל כדור הארץ משמש למדידות של עוצמת הרעידות. נוסף על כך, הניתוח מספק מידע רב על המבנה הפנימי של כדור הארץ, על הרכבו ועל תהליכים המתרחשים בו. מוקדי רעידות האדמה ומיקום תחנות המדידה מוגבלים לאזורים מסוימים על פני כדור הארץ, לכן המידע המתקבל מהן על מבנה כדור הארץ אינו מפורט ומדויק במידה מספקת. כדי לקבל מידע מפורט יותר בקנה מידה קטן יותר, פותחו שיטות המבוססות על יצירת גלים סיסמיים בעזרת מקורות אנרגיה מלאכותיים (כמו חומרי נפץ) היוצרים רעידות אדמה קלות. הגלים הנוצרים נמדדים בעזרת מערכת סיסמומטרים הנפרסת בהתאם לצרכים, לדוגמה:

- קבלת מידע על מבנה קרום כדור הארץ באזורים מסוימים.
- קבלת מידע על מבנה שכבות הסלע התת-קרקעיות לצרכים כלכליים שונים, כמו גילוי נפט ומחצבים אחרים.
- מדידות מקומיות למטרות הנדסיות.

בתרשים א מוצגת דוגמה של קריאות כל הסיסמומטרים שנפרסו בשטח מסוים.



תרשים א

/המשך בעמוד 11/

א. קבע, בעזרת תרשים א, את סדר הגודל של מהירות הגלים הסיסמיים מבין

האפשרויות (1)-(4) שלפניך:

(1) 1 סנטימטר לשנייה

(2) 1 מטר לשנייה

(3) 1 קילומטר לשנייה

(4) 100,000 קילומטר לשנייה

הסבר את קביעתך. (6 נקודות)

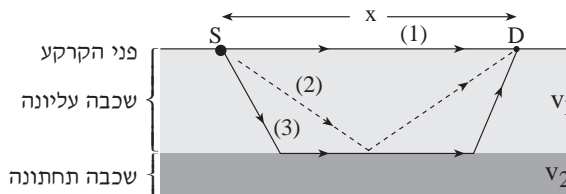
הגלים הסיסמיים מתפשטים במהירויות שונות בשכבות גאולוגיות שונות, לכן הם מוחזרים ממשטחי הגבול שבין השכבות ונשברים במעבר ביניהן בהתאם לחוקי ההחזרה והשבירה הרגילים של גלים.

תרשים ב מתאר מצב פשוט של שתי שכבות גאולוגיות.

מהירות הגלים בשכבה התחתונה, v_2 , גדולה ממהירות הגלים בשכבה העליונה, v_1 . מערכת זו דומה במידה רבה למערכת שיש בה מעבר של אור בין אוויר ובין זכוכית.

ב. קבע לאיזו שכבה – העליונה או התחתונה – מקבילה הזכוכית, ולאיזו שכבה מקביל האוויר. הסבר. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

הגלים מן המקור, S, הנמצא על פני הקרקע יכולים להגיע אל הסיסמומטר, D, הנמצא במרחק x מן המקור, בשלושת המסלולים (1)-(3), כמתואר בתרשים ב.



תרשים ב

מסלול (1) – הגל נע ישירות על פני הקרקע במהירות v_1 .

מסלול (2) – הגל נע בשכבה העליונה במהירות v_1 , מוחזר ממשטח הגבול שבין השכבות וממשיך לנוע באותה מהירות.

מסלול (3) – הגל נע לאורך מסלול שבו 3 קטעים. בקטע הראשון ובקטע השלישי הגל נע בשכבה העליונה במהירות v_1 . בקטע השני הגל נע בשכבה התחתונה סמוך למשטח הגבול, במהירות v_2 .

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 12/

+

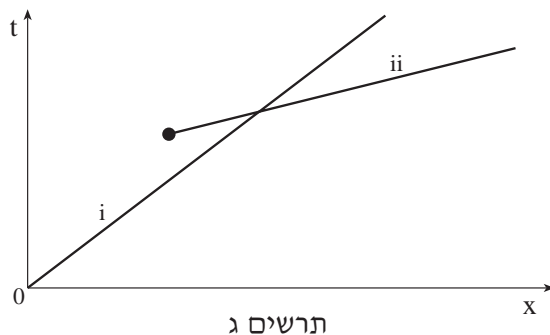
+

שים לב: שלא כמו גלי אור, גלים סיסמיים יכולים לנוע גם על פני שכבה גאולוגית, ולכן הם מגיעים מהמקור עד הסיסמומטר על פני הקרקע (במהירות v_1) – מסלול (1). באופן דומה הם יכולים לנוע על פני משטח הגבול של השכבה התחתונה (במהירות v_2). הגלים הסיסמיים הנעים על פני משטח הגבול של השכבה התחתונה יכולים, שלא כמו גלי האור, להישבר שוב ולחזור לשכבה העליונה – מסלול (3).

ג. אילו v_2 הייתה קטנה מ- v_1 , איזה משלושת המסלולים (1)-(3) לא היה אפשרי? נמק. (7 נקודות)

אחת הדרכים הנפוצות להציג תוצאות של מדידות סיסמיות היא באמצעות "עקומת זמן-מרחק".

"עקומת זמן-מרחק" היא גרף של זמן ההתפשטות של גל סיסמי מהמקור S עד הסיסמומטר D, כפונקציה של המרחק בין נקודות אלה. מהמדידות שהוצגו בתרשים א נבנתה "עקומת זמן-מרחק", כמתואר בתרשים ג, כך שהקו i מתאים למסלול (1) והקו ii מתאים למסלול (3).



ד. היעזר בתרשים א וחשב את הגודל של שתי המהירויות, v_1 ו- v_2 . (8 נקודות)

ה. כתוב שתי תכונות שבהן אור וגלים סיסמיים שונים זה מזה. (8 נקודות)

ב ה צ ל ח ה !

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך התרבות והספורט

+

+

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 אידיאלי
9	נוזלים 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 (במצב רפוי $U_{sp} = 0$) $U_{sp} = \frac{1}{2} k(\Delta\ell)^2$	
משפט עבודה-אנרגיה $W_{כוללת} = \Delta E_k$	
עבודת שקול הכוחות הלא-משמרים (E - אנרגיה מכנית כוללת) $W = \Delta E$	
הספק רגעי $P = \frac{dW}{dt}$	
הספק מכני רגעי $P = Fv \cos\theta$	
מתקף ותנע	
מתקף-תנע $\int_{t_1}^{t_2} \Sigma \vec{F} dt = \Delta(m\vec{v})$	
כוח קבוע $\Sigma \vec{F} \Delta t = \Delta(m\vec{v})$	
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 $v_1 - v_2 = u_2 - u_1$	
מודל של גז אידיאלי	
האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולת גז אידיאלי $\epsilon_k = \frac{3}{2} kT$	
משוואת המצב של גז אידיאלי $pV = nRT$	
החוק הראשון של התרמודינמיקה $\Delta U = Q - W$	
תנועות מחזוריות	
$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	
תנועה מעגלית	
מהירות זוויתית $\omega = \frac{d\theta}{dt}$	
תאוצה מרכזית $a_R = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$	

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

$\tau = r F \sin \theta$	מומנט של כוח	$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$
החוק השני של ניוטון לתנועה סיבובית		
$\Sigma \tau = I \alpha$		
$\bar{x} = \frac{\Sigma m_i x_i}{M}$	מרכז מסה	$\bar{y} = \frac{\Sigma m_i y_i}{M}$
$I = \Sigma m_i r_i^2$	מומנט התמדה	
$I = \int r^2 dm$		
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	
$I = I_{c.m.} + ms^2$	משפט שטיינר	
זמן מחזור של מטוטלת פיזיקלית		
$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgs}}$		
$\Omega = \frac{\tau}{I\omega}$	נקיפה (פרצסיה)	
$E_k = \frac{I\omega^2}{2}$	אנרגיה קינטית סיבובית	
$W = \tau \theta$	עבודה	
$P = \tau \omega$	הספק	
$\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$	תנע זוויתי של גוף נקודתי	
$\vec{L} = I\vec{\omega}$	תנע זוויתי	
$\vec{\tau} \Delta t = \Delta \vec{L}$	מתקף זוויתי – תנע זוויתי	

תנועה הרמונית	
$-kx = m\ddot{x}$	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
כבידה	
$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	כוח הכבידה
	אנרגיה פוטנציאלית כובדית
$U_G = -\frac{GMm}{r}$	$(U_G(\infty) = 0)$
$\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$	החוק השלישי של קפלר
	אנרגיה של לוויין במסלול מעגלי
$E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$	קינטית
$E = -\frac{GMm}{2r}$	כוללת
מכניקה של גוף קשיח	
$\omega = \frac{d\theta}{dt}$	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
$\Sigma I = 0$ $\Sigma \mathcal{E} = \Sigma IR$	חוקי קירכהוף
$i = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$	זרם רגעי בקבל
שדה מגנטי	
כוח על מטען בשדה מגנטי	
$F = qv B \sin \alpha$ $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$	
כוח על תיל נושא זרם בשדה מגנטי	
$F = I \ell B \sin \alpha$	
הכוח ליחידת אורך בין שני תילים ארוכים מקבילים	
$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2}{d}$ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$	
שדה מגנטי	
$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$	סביב תיל ישר וארוך
$B = \mu_0 \frac{NI}{2R}$	במרכז סליל מעגלי דק (בעל רדיוס R ו- N כריכות)
$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell}$	בתוך סילונית ארוכה (בעלת אורך ℓ ו- N כריכות)

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

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	$\tan \phi = \frac{\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}}{\frac{1}{R}}$
הספק ממוצע	$P = VI \cos \phi$
תדירות עצמית של מעגל LC	$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
גורם האיכות	$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$
גורם האיכות במעגל RLC טורי	$Q = \frac{L\omega_0}{R} = \frac{1}{RC\omega_0}$

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

קרינה וחומר

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

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

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

פיזיקה מודרנית	
$E = h\nu$	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	
$E_n = -\frac{R^*}{n^2}$	$(U_\infty = 0)$
$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2}$	
$R^* = 13.6 \text{ eV}$	
רדיוסים 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
$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - v \frac{u_x}{c^2}}$	
חוקי השימור	
$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	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
$p = \frac{Ev}{c^2}$	

משוואת שיווי-המשקל ההידרוסטטי	
$\frac{dp(r)}{dr} = -G \frac{M(r) \rho(r)}{r^2}$	
$\lambda_{max} \cdot T = \alpha$	חוק ההעתק של וין
$I = \sigma T^4$	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

קינמטיקה	
$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	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

$\Delta S \geq 0$	אנטרופיה
	בתהליכים הפיכים
$dS = \frac{dQ}{T}$	$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$
$\Delta S = nc_v \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1}$	

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
$pV = nRT$	משוואת המצב של גז אידאלי

כאוס

	קבוע פיינגנבאום
$\delta = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_n - a_{n-1}}{a_{n+1} - a_n} = 4.669\dots$	
	מעריך ליאפונוב λ
$\Delta_n = \Delta_0 e^{\lambda n}$ $\Delta(t) = \Delta(0) e^{\lambda t}$	
$D = \frac{\log N}{\log a}$	ממד פרקטלי

	משוואת המצב של גז אידאלי
$pV = nRT$	
	קיבולי חום מולריים של גז אידאלי
$c_p - c_v = R$	
	למול אחד של גז אידאלי חד-אטומי
$\bar{E}_k = \frac{3}{2}RT = c_v T$	
$c_v = \frac{3}{2}R$ $c_p = \frac{5}{2}R$	
$\frac{c_p}{c_v} = \gamma = \frac{5}{3}$	
	למול אחד של גז אידאלי דו-אטומי
$\bar{E}_k = \frac{5}{2}RT = c_v T$	
$c_v = \frac{5}{2}R$ $c_p = \frac{7}{2}R$	
$\frac{c_p}{c_v} = \gamma = \frac{7}{5}$	
	החוק הראשון של התרמודינמיקה
$\Delta U = Q - W$	
	תהליך איזותרמי הפיך בגזים אידאליים
$\Delta U = 0$	
$Q = W = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$	
	תהליך אדיאבטי הפיך בגזים אידאליים
$Q = 0$	
$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$ $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$	
$\eta = \frac{W}{Q} \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1}$	נצילות תרמודינמית

קבועים בסיסיים

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

ערב	יחידות	סימון	שם הקבוע
3×10^8	$m \times s^{-1}$	c	מהירות האור בריק
1.257×10^{-6}	$H \times m^{-1}$	μ_0	פרמיאביליות הריק
8.85×10^{-12}	$F \times m^{-1}$	ϵ_0	דיאלקטרייות הריק
1.60×10^{-19}	C	e	מטען האלקטרון
6.63×10^{-34}	$J \times s$	h	קבוע פלאנק
4.14×10^{-15}	$eV \times s$		
6.67×10^{-11}	$N \times m^2 \times kg^{-2}$	G	קבוע הגרביטציה
9.11×10^{-31}	kg	m_e	מסת מנוחה של אלקטרון
1.67×10^{-27}	kg	m_p	מסת מנוחה של פרוטון
1.67×10^{-27}	kg	m_n	מסת מנוחה של נויטרון
6.02×10^{23}	mol^{-1}	N_A	קבוע אבוגדרו
1.38×10^{-23}	$J \times K^{-1}$	k	קבוע בולצמן
8.31	$J \times K^{-1} \times mol^{-1}$	R	קבוע הגזים
5.67×10^{-8}	$W \times m^{-2} \times K^{-4}$	σ	קבוע סטפן
2.90×10^{-3}	$m \times K$	α	קבוע וין
5×10^4	$m \times s^{-1} \times Mpc^{-1}$	H_0	קבוע הבל

פירוש קיצורי היחידות

אמפר	A	ניוטון	N	פרסק	pc
אום	Ω	ג'ול	J	שנת אור	ly
וולט	V	אלקטרון וולט	eV	יחידה אסטרונומית	AU
ובר	Wb	מיליון אלקטרון וולט	MeV	מטר	m
טסלה	T	וט	W	אנגסטרם	Å
גאוס	G	מול	mol	קילוגרם	kg
הנרי	H	מעלות צלזיוס	°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

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

לזוויות קטנות

$$2\pi R$$

היקף מעגל

$$\pi R^2$$

שטח עיגול

$$4\pi R^2$$

שטח פני כדור

נתונים הקשורים בשמש ובירח

זמן מחזור (יממות)	רדיוס מסלול ממוצע (m)	רדיוס (m)	מסה (kg)	
-----	-----	6.96×10^8	1.99×10^{30}	שמש
27.3	3.84×10^8	1.74×10^6	7.35×10^{22}	ירח

נתונים הקשורים בכוכבי הלכת

זמן מחזור (שנים)	רדיוס מסלול ממוצע (10^6 km)	רדיוס (10^6 m)	מסה (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 ^1H	0.511	0.000549	אלקטרון
2.014101	דויטריום ^2H	938.272	1.007276	פרוטון
4.00260	הליום ^4He	939.566	1.008665	נויטרון
7.01601	ליתיום ^7Li			
12.00000	פחמן ^{12}C			
14.00307	חנקן ^{14}N			
15.99491	חמצן ^{16}O			