



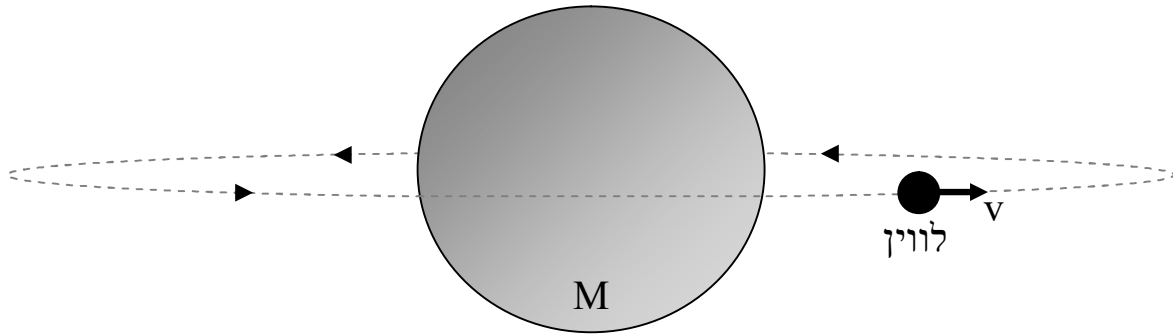
**תרגילי סיכום וחזרה**

**גרביטציה (כבידה)**

שאלה 1 (ללא אנרגיות)

לווין נע במסלול מעגלי סביב כוכב שמסתו  $M$ , במהירות שגודלה  $v$ .

נתונים:  $G, M, v$



- א. מהו רדיוס הסיבוב של הלווין ?
- ב. מהו זמן המחזור של הלווין ?
- ג. אדם שמסתו  $m$  נמצא בלווין ועומד על מאזניים. מה תהיה הוריית המאזניים ?
- ד. 1. מהי תאוצת הנפילה החופשית בגובה בו נמצא הלווין ?  
2. מהו רדיוס הכוכב, אם ידוע שתאוצת הנפילה החופשית על פני הכוכב גדולה פי 9 מתאוצת הנפילה החופשית בגובה בו נמצא הלווין ?
- ה. במקרה אחר הלווין מפסיק להסתובב, ונעזר במנועיו על מנת להישאר במנוחה. אדם שמסתו  $m$  נמצא בלווין ועומד על מאזניים. מה תהיה כעת הוריית המאזניים ?

**פתרון**

א.  $r = \frac{GM}{v^2}$

ב.  $T = \frac{2\pi MG}{v^3}$

ג.  $N = 0$

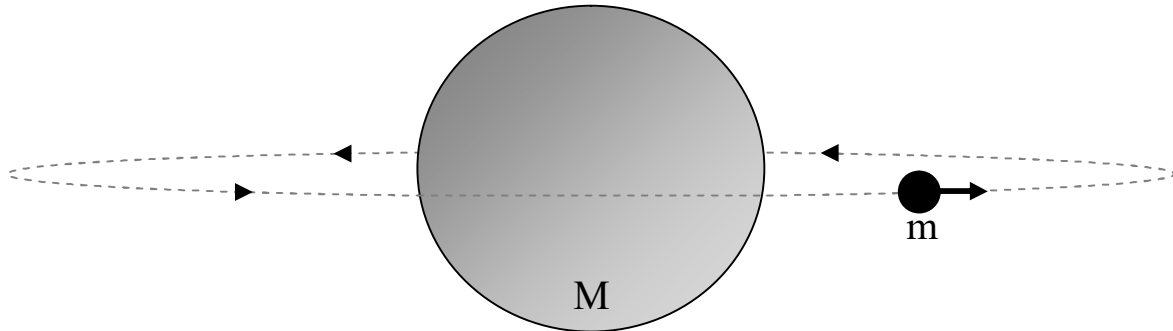
ד. 1.  $g = \frac{v^4}{GM}$  2.  $r = \frac{GM}{3v^2}$

ה.  $N = \frac{mv^4}{GM}$

שאלה 2 (ללא אנרגיות)

לוויין שמסתו  $m$  נע במסלול מעגלי סביב כוכב שמסתו  $M$ , בזמן מחזור  $T$ .

נתונים:  $G, M, m, T$



- א. מהו רדיוס הסיבוב של הלוויין ?
- ב. מהו גודלה של מהירות הלוויין ?
- ג. האם הלוויין נמצא בשיווי משקל ?
- ד. מהו הכוח שמנועי הלוויין הנתון צריכים להפעיל, על מנת שיעמוד ללא מהירות בגובה בו הוא נמצא ?
- ה. לוויין נוסף מקיף את אותו כוכב בזמן מחזור הגדול פי 8 מזה של הלוויין הנתון.
  1. מהו רדיוס הסיבוב של הלוויין הנוסף ?
  2. מהו גודל מהירות הסיבוב של הלוויין הנוסף ?

**פתרון**

א.  $r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$

ב.  $v = \sqrt[3]{\frac{2\pi GM}{T}}$

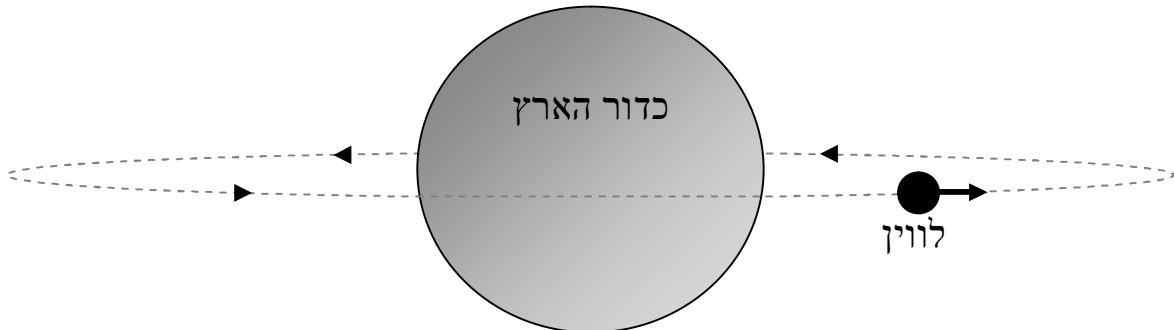
ג. לא

ד.  $F = \sqrt[3]{\frac{16GM\pi^4}{T^4}} \cdot m$

ה. 1.  $r = 4 \cdot \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{16GMT^2}{\pi^2}}$       2.  $v = \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{2\pi GM}{T}} = \sqrt[3]{\frac{\pi GM}{4T}}$

שאלה 3 (ללא אנרגיות)

רוצים לבנות לוויין שיקיף את כדור הארץ בזמן מחזור  $T = 8$  שעות.



- א. היעזר בטבלאות הנתונים בנוסחאון (ללא שימוש בחוקי קפלר), ומצא את :
1. גובה הלוויין מעל פני הקרקע של כדור הארץ.
  2. גודל מהירות הלוויין.
- ב. היעזר בנתונים על הירח, שמשמש לוויין של כדור הארץ, וחשב באמצעות חוק קפלר השלישי את גובה הלוויין מעל פני הקרקע של כדור הארץ.
- ג. מהו הכוח שמנועי הלוויין הנתון צריכים להפעיל, על מנת שיצליח להקיף את כדור הארץ ?
- ד. מדענים גילו כוכב חדש במערכת השמש, שזמן המחזור של הקפה אחת שלו סביב השמש הוא 8 שנים. מהו רדיוס הסיבוב של כוכב זה ?

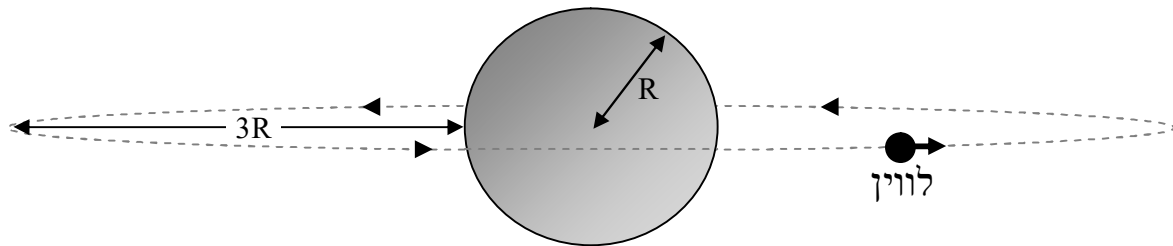
**פתרון**

- א. 1.  $H = 13,925_{\text{km}}$  .2.  $v = 4,429.9 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$
- ב.  $H = 13,981_{\text{km}}$
- ג.  $F = 0$
- ד.  $r = 598.4 \cdot 10^6_{\text{km}}$

שאלה 4 (ללא אנרגיות)

לוויין נע במסלול מעגלי בגובה  $3R$  מעל פני הקרקע של כוכב שרדיוסו  $R$ .  
 נסמן ב-  $g_0$  את תאוצת הנפילה החופשית על פני הקרקע של הכוכב.

נתונים:  $R, g_0$



- א. מהי תאוצת הנפילה החופשית בגובה  $3R$  מעל פני הקרקע של הכוכב ?
- ב. מהו גודלה של מהירות הלוויין ?
- ג. מהו זמן המחזור של הלוויין ?
- ד. מה יהיה זמן המחזור של לוויין אחר, הנמצא בגובה  $15R$  מעל פני הקרקע של הכוכב ?

**פתרון**

א.  $g = \frac{1}{16} g_0$

ב.  $v = \frac{1}{2} \sqrt{g_0 R}$

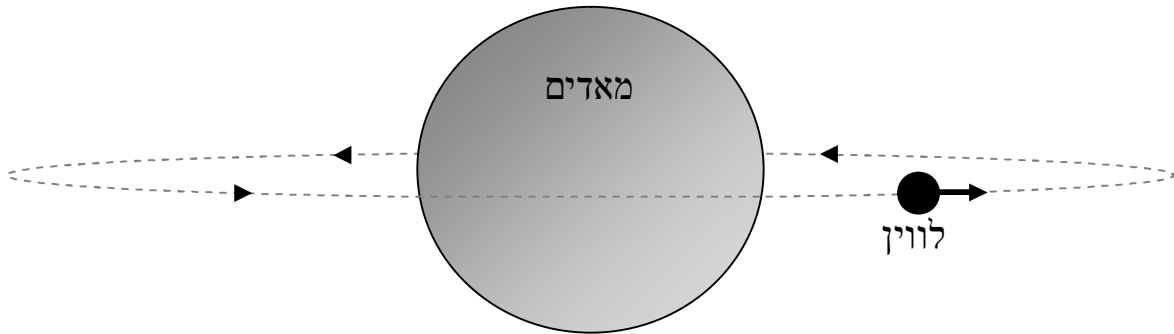
ג.  $T = 16\pi \sqrt{\frac{R}{g_0}}$

ד.  $T = 128\pi \sqrt{\frac{R}{g_0}}$

שאלה 5 (ללא אנרגיות)

רוצים לבנות לוויין שיקיף את מאדים.

על הלוויין מתקינים מצלמה המסוגלת לצלם עצמים ממרחק  $8,000_{\text{km}}$ .



א. היעזר בטבלאות הנתונים בנוסחאון ומצא את :

1. רדיוס הסיבוב של הלוויין.

2. גודל מהירות הלוויין.

3. זמן המחזור של הלוויין.

ב. מהי תאוצת הנפילה החופשית בגובה בו חג הלוויין ?

ג. 1. האם הלוויין מבצע נפילה חופשית ?

2. אדם שמסתו  $60_{\text{kg}}$  נמצא בתוך הלוויין ועומד על מאזניים. מה יורו המאזניים ?

ד. מסתבר שהתמונות שמפיקה המצלמה לא חדות מספיק, ולכן החליטו המדענים להקטין את רדיוס

הסיבוב של הלוויין פי  $2\frac{1}{4}$ . מה יהיה זמן המחזור החדש של הלוויין ?

פתרון

א. 1.  $r = 11,400_{\text{km}}$  2.  $v = 1,938.108 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  3.  $T = 10.266_{\text{שעות}}$

ב.  $g = 0.3295 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

ג. 1. כן 0.2

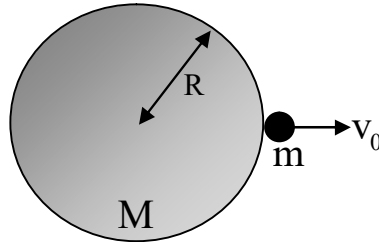
ד.  $T = 3.04_{\text{שעות}}$

שאלה 6 (כולל אנרגיות)

כדי להביא לוויין למסלול יש לחלק את המשימה לשני שלבים. בשלב הראשון יש לתת לו מהירות התחלתית כזו, שתביא אותו לגובה הרצוי (ללא מהירות שם). בשלב השני יש לתת לו מהירות משיקית, כך שיתחיל לנוע בתנועה מעגלית.

רוצים להביא לוויין שמסתו  $m$  למסלול בגובה  $3R$  מעל פני הקרקע של כוכב שרדיוסו  $R$  ומסתו  $M$ .

נתונים:  $G, R, M, m$



- א. מהי המהירות ההתחלתית  $v_0$  שיש לתת ללוויין, כדי להביא אותו לגובה הרצוי (השלב הראשון)?
- ב. איזו מהירות משיקית יש לתת ללוויין על מנת שינוע בתנועה מעגלית סביב הכוכב (השלב השני)?
- ג. מהי האנרגיה הכוללת של הלוויין?
- ד. איזו עבודה נדרשת על מנת להביא את הלוויין מהקרקע ועד למצבו הסופי כלוויין?
- ה. איזו עבודה נדרשת על מנת לשמור על הלוויין במסלול?

**פתרון**

$$v_0 = \sqrt{\frac{3GM}{2R}} \quad \text{א.}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{4R}} \quad \text{ב.}$$

$$E = -\frac{GMm}{8R} \quad \text{ג.}$$

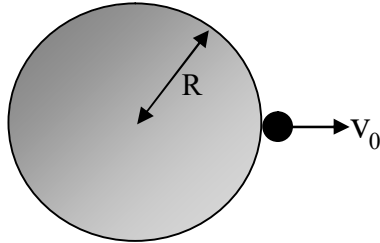
$$E = \frac{7GMm}{8R} \quad \text{ד.}$$

$$W = 0 \quad \text{ה.}$$

שאלה 7 (כולל אנרגיות)

משגרים חללית מכוכב שרדיוסו  $R$  ותאוצת הנפילה החופשית על פני הקרקע שלו היא  $g_0$ .

נתונים:  $R, g_0$



א. מהי מהירות המילוט  $v_0$  שיש לתת לחללית ?

מעניקים לחללית מהירות התחלתית שגודלה חצי ממהירות המילוט.

ב. לאיזה גובה תגיע החללית מעל פני הקרקע של הכוכב ?

ג. מהי מהירות המילוט שיש לתת לחללית מהמקום אליו היא תגיע ?

ד. איזו מהירות משיקית יש לתת לחללית ברגע שתיעצר, על מנת שתהפוך ללווין ?

ה. כשהחללית כבר משמשת כלווין, רוצים לתת לה תוספת למהירות, על מנת שתימלט מהשפעת

הכוכב. מהי התוספת המינימלית שיש לתת למהירות החללית אם היא ניתנת :

1. בכיוון תנועתה ?

2. בכיוון הפוך לכיוון תנועתה ?

**פתרון**

א.  $v = \sqrt{2g_0R}$

ב.  $\frac{1}{3}R$

ג.  $v = \sqrt{1\frac{1}{2}g_0R}$

ד.  $v = \sqrt{\frac{3}{4}g_0R}$

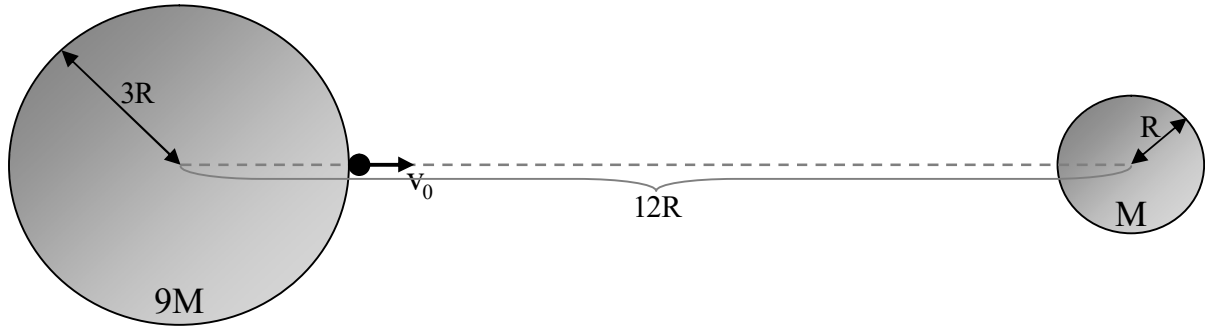
ה. 1.  $v = 0.3587\sqrt{g_0R}$  2.  $v = 2.09\sqrt{g_0R}$



שאלה 8 (כולל אנרגיות)

מסת הכוכב הימני בציר המצורף היא  $M$  ורדיוסו  $R$ , ומסת הכוכב השמאלי היא  $9M$  ורדיוסו  $3R$ . המרחק בין מרכזי 2 הכוכבים הוא  $12R$ . חללית משוגרת מפני הקרקע של הכוכב השמאלי, ונעה על קו ישר דמוי המחבר את מרכזי שני הכוכבים.

נתונים:  $G, R, M$



- א. באיזה מרחק מפני הקרקע של הכוכב השמאלי תהיה החללית בשיווי משקל ?  
 ב. מהי המהירות ההתחלתית  $v_0$  המינימלית שיש לתת לחללית, על מנת שתגיע לכוכב הימני ?  
 ג. עבור המהירות המינימלית שחישבת בסעיף ב, באיזו מהירות תפגע החללית בכוכב הימני ?

ד. מעניקים לחללית מהירות התחלתית  $v_0 = \sqrt{\frac{35GM}{12R}}$ .

האם תגיע לכוכב הימני ? אם כן- באיזו מהירות תפגע בו ?

אם לא - באיזו מהירות תפגע בכוכב השמאלי ?

פתרון

א.  $6R$

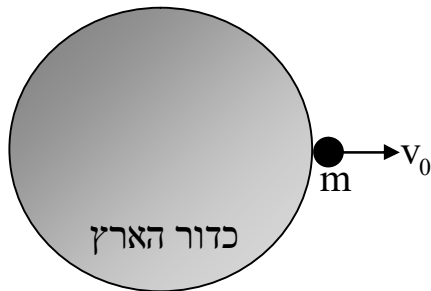
ב.  $v_{0,\min} = \sqrt{\frac{32GM}{9R}} = 1.8856 \sqrt{\frac{GM}{R}}$

ג.  $v = \sqrt{\frac{32GM}{33R}} = 0.9847 \sqrt{\frac{GM}{R}}$

ד. החללית תפגע בכוכב השמאלי במהירות  $v = \sqrt{\frac{35GM}{12R}}$ .

שאלה 9 (כולל אנרגיות)

משגרים חללית שמסתה  $m = 8,000 \text{ kg}$ , מפני הקרקע של כדור הארץ.



א. מהי המהירות המינימלית  $v_0$  שיש לתת לחללית על מנת שתשתחרר מהשפעת כוח המשיכה של כדור הארץ?

מעניקים לחללית מהירות התחלתית שגודלה שליש מהמהירות שחישבת בסעיף א.

ב. לאיזה גובה תגיע החללית מעל פני הקרקע?

ג. איזו מהירות משיקית יש לתת לחללית ברגע שהיא נעצרת, על מנת שתהפוך ללווין?

ד. מהי האנרגיה הכוללת שיש לחללית כאשר היא נעה כלווין?

ה. מהי העבודה שהושקעה בחללית כדי להביא אותה מהקרקע עד למצב שהיא לווין?

**פתרון**

א.  $v_{0,\min} = 11,176.355 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב.  $h = 797.5 \text{ km}$

ג.  $v = 7,450.9 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ד.  $E = -2.22 \cdot 10^{11} \text{ J}$

ה.  $E = 2.776 \cdot 10^{11} \text{ J}$

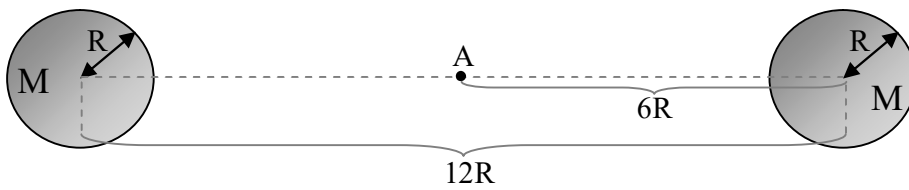
שאלה 10 (כולל אנרגיות)

נתונים 2 כוכבים בעלי מסה  $M$  ורדיוס  $R$  כל אחד.

מרכזי הכוכבים נמצאים במרחק  $12R$  זה מזה (ראה ציור).

כל כוכב נע בתנועה מעגלית סביב נקודה דמיונית  $A$ , הנמצאת בדיוק באמצע הקו המחבר את מרכזי הכוכבים, כך שכל הזמן מרכזי הכוכבים והנקודה  $A$  נמצאים על קו ישר.

נתונים:  $G, R, M$



- מהי מהירות הסיבוב של כל כוכב ?
- מהו זמן המחזור של כל כוכב ?
- לפתע נעצרים שני הכוכבים, ומתחילים לנוע האחד לכיוון השני.
- מה תהיה מהירות כל כוכב ברגע בו ייפגשו ?
- האם תנע המערכת נשמר לכל אורך תנועת הכוכבים, עד רגע המפגש ביניהם ?

**פתרון**

$$v_1 = v_2 = \sqrt{\frac{GM}{24R}} \quad \text{א.}$$

$$T_1 = T_2 = \sqrt{\frac{3456\pi^2 R^3}{GM}} \quad \text{ב.}$$

$$|v_1| = |v_2| = \sqrt{\frac{5GM}{12R}} \quad \text{ג.}$$

ד. כן (התנע יישאר 0)