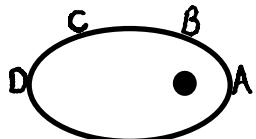


# יסודות הפיזיקה א 2023

פרק 15 - כבידה

תוכן העניינים

1 .....  
1. כבידה .....

**כבידה:****שאלות:****1) קפלר חוק שני**

כוכב לככת מוקף שימוש רחוקה במסלול אליפטי. באיזה נקודה מהירות הגוף הכפולה ובאיזה הביי קטנה? נמק תשובהך בעזרת החוק השני של קפלר.

**2) קפלר חוק שלישי**

לצדך יש ארבעה ירחים. שני הקרובים אליו הם Io ו-Europa. זמן המחזור של Io הוא 1.77 ימים, ורדיויס הקפתו הממוצעת צדק הוא 422,000 ק"מ. רדיויס הקפה הממוצעת של Europa סביב צדק הוא 671,000 ק"מ.  
א. מהו זמן המחזור של Europa?  
ב. האם ניתן בעזרת החוק השלישי של קפלר ונתוני שאלה זו למצוא את זמן המחזור של הירח סביב כדור הארץ, אם רדיויס הקפתו הממוצעת הוא 384,000 ק"מ? נמקו.

**3) חוק הכבידה 1**

מסת כדור הארץ היא:  $5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$   
מסת הירח היא:  $7.3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$   
המרחק ביניהם הוא 384,000 ק"מ.

- מה הכוח שפועל כדור הארץ על הירח?
- מהו תואצת הירח?
- מה הכוח שהירח מפעיל על כדור הארץ?
- מהו תואצת כדור הארץ?

**4) חוק הכבידה 2**

בני אדם עומדים במרחיק 1 מטר זה מזיה. מסת הראשון 60 ק"ג ומסת השני 70 ק"ג.  
מה כוח הכבידה שפועל ביניהם, ומה התואצת של הרזה?

**5) חוק הכבידה 3**

תפוח שמסתו 200 גרם נעוזב מעל פני כדור הארץ.  
מה הכוח שיירגש ומה תואצתו?

### 6) תנועת לוויינים 1

לוויין שמסתו  $100\text{kg}$  מקיף את כדור הארץ בגובה  $3,620\text{km}$ .

א. מה מהירותו (בנחנה שמסלולו מעגלי)?

ב. מה יהיה זמן המחזור שלו?

ג. מה תאוצת הלויין בנקודה בה הוא נמצא?

ד. כמה סיבובים משלימים לוויין זה בזמן שכדור הארץ משלימים סיבוב אחד?

### 7) תנועת לוויינים 2

על כוכב בעל רדיוס של  $5,000\text{km} = R$  וצפיפות הממוצעת  $\rho = \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 5$  חיים

חיוריים, שורצים לשגר לוויין שמסתו  $200\text{kg} = m$ , כך שיקיפו בזמן מחזור של 20 שעות.

א. מה תהיה המהירות היחסית של לוויין זה?

ב. מה יהיה רדיוס הקפתו?

ג. מה תהיה תאוצת הלויין בגובה בו הוא נמצא?

ד. מה תהיה תאוצת הנפילה החופשית בגובה בו הלויין נמצא?

ה. מה תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב זה?

### 8) תנועת לוויינים 3

לוויין ריגול הוא לוויין שנמצא בכל רגע מעל אותה נקודה על פני כדור הארץ (כדי לצלם נקודה זו). מסלול של לוויין שנמצא כל הזמן מעל אותה נקודה בקרקע נקרא מסלול גיאוסטציוני.

א. איך זה אפשרי?

ב. מה גובה לוויין זה מעל פני הקרקע?

ג. מה מהירותו?

ד. הסבירו מדוע מסלול כזה אפשרי רק מעל קו המשווה.

### 9) חוסר משקל

בתוך החללית תלוי משקלות, שמשקלת  $2\text{kg}$ , על חוט.

מה תהיה המתייחסות בחוט בכל שלב:

א. במנוחה על כדור הארץ.

ב. מאיפה עבר החל חיצונו ב-  $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ .

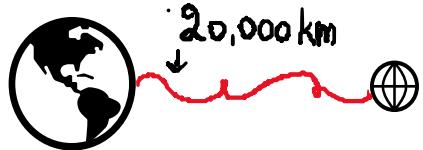
ג. עצרת בגובה  $h = 10,000\text{km}$ .

ד. כניסה למסלול מעגלי בגובה זה.



**10) שדה כבידה**

כדור הארץ ולוין שמסתו  $100\text{kg}$  נמצא במרחק  $20,000\text{km}$  אחד מהשני (מרכזו כבודה'א ממרכזו הלויני).



- מה הכוח שפעיל כדור הארץ על הלוין?
- מה שדה הכבידה שוצר כדור הארץ במקום בו הלוין נמצא? ומה משמעות מספר זה?
- מה הכוח שפעיל הלוין על כדור הארץ?
- מה שדה הכבידה שוצר הלוין במקום בו נמצא (מרכזו) כדור הארץ?

**11) אנרגיה כבידתית**

عقب תקלת, לוין שמקיף את כדור הארץ ברדיוס של  $10,000\text{km}$  נעצר רגעית, וاز מתחילה ליפול אל כדור הארץ.

- מה תהיה מהירותו בגובה  $1,000\text{km}$  מעל פני הקרקע?
- באיזה מהירות יפגע בקרקע? (תזניחו חיכוך עם האטמוספירה או התנגדות האוויר, כאילו רק כוח הכבידה פועל בה).

**12) אנרגיה לוויינים 1**

לוין שמסתו  $20\text{kg}$  מקיף את כדור הארץ כל  $90$  דקות.

- מה רדיוס הקפתו?
- מה האנרגיה המכנית שלו?
- מה האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית שלו?
- מה האנרגיה הקינטית שלו?
- רוצים להעבירו למסלול מעגלי אחר ברדיוס של  $9,000\text{km}$ , כמה אנרגיה יש להשקיע לשם כך?

**13) אנרגיה לוויינים 2**

טיל שמסתו  $100\text{kg}$  נורה מפני כדור הארץ במהירות  $\frac{\text{m}}{\text{sec}} = 8000$ .

- מה תהיה מהירותו בגובה  $1,000\text{km}$ ? (נזניח את התנגדות האוויר)
- לאיזה מרחק מקסימלי מכדור הארץ הוא יגיע?
- במקרה אחר אנחנו רוצים לחתט טיל זהה ולהכניסו למסלול מעגלי סביב כדור הארץ ברדיוס שמצאוño בסעיף ב'. כמה אנרגיה יש להעניק לטיל לשם כך?

#### 14) מהירות מילוט

- מצא את מהירות המילוט מפני כדור הארץ.
- מצא את מהירות המילוט מפני הירח.

#### 15) קיז 2018 שאלה 6

סוכנות החל הישראלית בשיתוף עם סוכנות החל הצרפתית שיגרו באוגוסט 2017 לוויין זעיר שמכונה (VEN S) (Vegetation & Environment on a New Micro Satellite μ)

למטרות תצפית ומחקר מדעי ייחודי. הלויין מצוי באמצעים טכנולוגיים משוכללים, שהקלם פותחו ויוצרו בישראל. הלויין יצלם מהחלל, בין השאר, שדות וחלקות אדמה, לצורך מחקרים של ניטור מצב הקרקע, הצמחייה וアイיות המים.

הלוויין מצוי בשני מנועי סילון חדשים שפותחו בישראל וייבחנו לראשונה בחלל. הלויין מתוכנן לשחות בחלל בשלוש שנים וחצי:

בשלב הראשון ינוע הלויין בגובה של 720km מעל פני כדור הארץ.

בשלב השני ינוע הלויין בגובה של 410km מעל פני כדור הארץ.

שים לב:

- הנח כי הלויין נע במסלול מעגלי.
- התיחס רק להשפעת כדור הארץ על תנועת הלויין. השפעת גרמי שמיים אחרים ניתנת להזנה.

א. חשב את תואצת הנפילת החופשית של הלויין במהלך תנועתו בשלב הראשון (גודל וכיוון).

ב. חשב את זמן המחזור של הלויין ואת מהירות המשיקית שלו במסלולו בשלב השני.

ג. לפניך שלושה היגדים. התיחס לכל אחד מן ההיגדים וקבע אם הוא נכון, שגוי או שאי אפשר לקבוע.

הן האנרגיה הפוטנציאלית הכבידית של הלויין בשלב הראשון גדולה מנהן האנרגיה הפוטנציאלית הכבידית שלו בשלב השני.

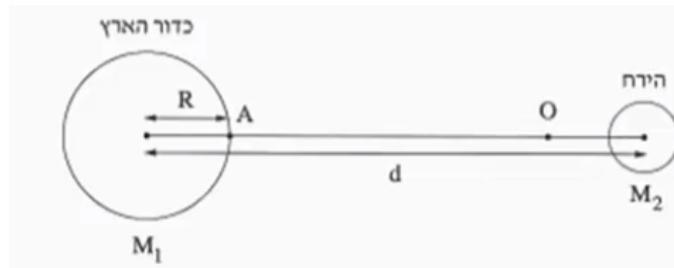
ii. האנרגיה הקינטית של הלויין בשלב הראשון גדולה ממנה האנרגיה הקינטית שלו בשלב השני.

iii. האנרגיה הכוללת של הלויין בשלב הראשון שווה לאנרגיה הכוללת שלו בשלב השני.  
נמק את כל קביעותך.

ד. חשב את התוספת המינימלית של האנרגיה הנדרשת כדי לגרום ללוויין להגיע למבוקש שבו הוא יתנתק מהשפעת כוח המשיכה של כדור הארץ.

### 16) בגרות כבידה 2017

שאלה זו עוסקת במערכת כדור הארץ והירח, אך מתעלמת מן התנועות שלהם ומן ההשפעות של גرمים אחרים על מערכת זו.  
בתרשים שלפניך מוצגים חתכים של כדור הארץ ושל הירח.  
קנה המידה של התרשים אינו מדוק.



נסמן :

- $M_1$  - מסת כדור הארץ.
- $M_2$  - מסת הירח.
- $R$  - רדיוס כדור הארץ.
- $d$  - המרחק בין מרכזו כדור הארץ לבין מרכזו הירח.
- $r$  - גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ.

$$\text{נתון : } \frac{M_1}{81} = M_2, \quad d = 60R.$$

על הישר המחבר בין מרכזו כדור הארץ לבין מרכזו הירח נמצאת הנקודה O (ראה תרשים). בנקודה זו גוף שMOVOCB במנוחה – יישאר במנוחה.  
א. בטא באמצעות  $R$  את מרחק הנקודה O ממרכז כדור הארץ.

- משגרים חילית שמסתה  $m$  מן הנקודה A (ראה תרשים), שעלה פנוי כדור הארץ, לירח.  
ב. בטא באמצעות  $R$ ,  $m$  ו-  $g$  את האנרגיה המינימלית E שיש להעניק  
לחילית כדי להביאה לנקודה O.  
שים לב : עלייך להתחשב בהשפעות של כדור הארץ ושל הירח על הchlilit.

ב-21 בדצמבר 1968 שוגרה החללית אפולו 8, והצotta שנשאה היה הראשון שנע במסלול סביב הירח. 103 שנים לפני כן תיאר הסופר זייל ורן בספרו "מן הארץ אל הירח" מסע דומה לזה של אפולו 8.  
לשאלת "האם אפשר לשגר קליע עד הירח?", מוצגת בספרו של זייל ורן התשובה שלפניך (בתרגום חופשי) : "אפשר לשגר קליע עד הירח אם נתונים לו מהירות התחלתית שגודלה כ-  $\frac{\text{km}}{\text{sec}} = 11$ ". מהירות זו מספיקת כדי שהקליע יגיע לנקודה שבה הכוחות שכדור הארץ והירח מפעילים על הקליע שוים בגודלם.  
מעבר לנקודה זו כדור הארץ כבר אינו מושך את הקליע אלא רק הירח, ולכן אם הקליע יעבור את הנקודה הזאת בדרך לעבר הירח, הוא יצליח להגיע אליו".  
ג. קבע אם כל התיאור הזה נכון. נמק את קביעתך. (אין צורך לחשב).

### 17) קיץ 2016 שאלה 5

בתחריש דמיוני, שני אסטרונאוטים טים וגיימ חקרו כוכב לכת שלא נع סביבב צירו. טים ישב על כסא בתוך מעבורת שהקיפה את כוכב הלכת במסלול מעגלי במנוע קבוע. גיימ ישב על כסא בתוך רכב חלל שעמד על פני כוכב הלכת (ראה תרשים). לשני האסטרונאוטים מסה זהה:  $m = 100\text{kg}$ .



- א. קבע מיהו האסטרונאוט שהפעיל על כיסאו כוח גדול יותר:  
טים או גיימ? נמק בלי חישוב.

על הרצפה של רכב החלל שעמד על פני כוכב הלכת הותקן מד-משקל.  
כאשר גיימ עמד עליו, הוריות המד-משקל הייתה  $N_{2000}$ .  
גיימ התחליל בנסיעה לאורך מסלול מעגלי על קו המשווה של כוכב הלכת.  
הוא הבין שככל שהגבר את מהירותו, כך קטנה הוריות המד-משקל.  
ב. הסבר מדוע קטנה הוריות המד-משקל.

נתון: כאשר הגיע רכב החלל למהירות של:  $v = 1.25 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ , הייתה הוריות המד-משקל  $N_{980}$ .

- ג. חשב את הרדיוס של כוכב הלכת.  
ד. חשב את מסתו של כוכב הלכת.  
ה. תואצת המעבורת שהקיפה את כוכב הלכת בתנועה מעגלית קבועה הייתה  $a$ . נסמן ב- $* g$  את תאצת הגוף בגובה שבו סובבת המעבורת סביב כוכב הלכת.

קבע איזה מן ההיגדים -iii שלפניך נכון. נמק קביעתך.

$$a > g^*$$

$$a = g^*$$

$$a < g^*$$

### 18) קי' 2015 שאלת 5

בסרט "כוח משיכה" משנת 2013, האסטרונאוטים מנסים להגיע לתחנת החלל הבין-לאומית, לאחר שתיקנו לוויין הסמוך לתחנת החלל. הלווין ותחנת החלל נעים סיבוב קו המשווה בגובה 400 קילומטרים מעל פני כדור הארץ. הנח שמסלול התחנה הוא מסלול מעגלי, והכוח היחיד הפועל על התחנה הוא כוח המשיכה של כדור הארץ.

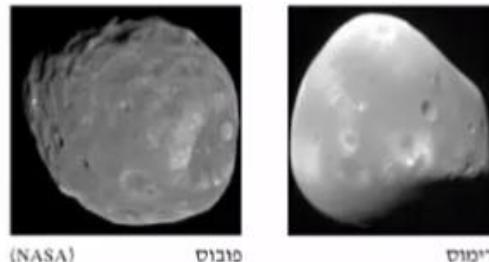
- חשב את תאוצת התחנה בהיותה במסלול המתויר בפתח לשאלת.
- לפניך 4 היגדים זו-ו.
- קבע איזה מן ההיגדים נכון, והעתק אותו למחברתך :

  - תחנת החלל נעה במסלולה ב מהירות שגודלה קבוע.
  - תחנת החלל נעה במסלולה ב מהירות קבועה.
  - סקול הכוחות הפועלים על תחנת החלל הנעה במסלולה שווה לאפס.
  - תחנת החלל נעה במסלולה ב מהירות ובתאוצה קבועות.

- ידעו כי תאוצת הכביד בגובה המסלול של התחנה היא בקירוב 90% מתאוצת הכביד על פני כדור הארץ.
- כיצד אפשר להסביר את העובדה שהאстрונאוטים שמתknים את הלווין נראים חסרי משקל (מרחפים)?
- ברגע מסוים עברה תחנת החלל במסלולה מעל נקודה כלשהי שנמצאת על קו המשווה. כמה פעמיים בשנה עברה תחנת החלל מעל נקודה זו ביוםמה (24 שעות)? (אפשר להזניח את הסיבוב של כדור הארץ סיבוב עצמו).
- אם האנרגיה המכנית של התחנה נשמרת במהלך תנועתה במסלולה המוגלי סיבוב כדורי הארץ? הסבר את קביעתך.

**19) קיץ 2014 שאלה 5**

בשנת 1877 התגלו שני ירחים המקיפים את כוכב הלכת מאדים :  
**פובוס (Phobos) ודימוס (Deimos)**.



זמן המחזור של פובוס בתנועתו סביב מאדים,  $T_p$ , הוא  $0.3189$  ימים ארציות,  
 ורדיווס מסלולו הוא :  $m^{10} \cdot r_p = 9.377$ .

זמן המחזור של דימוס סביב מאדים,  $T_D$ , הוא  $1.262$  ימים ארציות.  
 א. ענה על הסעיפים הבאים :

נ. חשב את רדיוס המסלול של דימוס (אפשר להזניח את השפעת  
 הירחים זה על זה).

ו. נתון : זמן מחזור הירח של כדור הארץ בתנועתו סביב כדור הארץ,  $T_m$ ,  
 הוא  $27.3$  ימים.

האם על פי נתון זה, הנתונים שבפתיחה וחוקי קפלר בלבד, אפשר לחשב  
 את רדיוס המסלול של הירח בתנועתו סביב כדור הארץ?  
 אם כן – חשב אותו, אם לא – הסבר מדוע אי אפשר לחשב.

הנח שצורתו של כוכב הלכת מאדים היא כדורית וצפיפות אחידה.  
 ב. חשב את מסת כוכב הלכת מאדים, על פי נתוני השאלה בלבד.  
 פרט את חישובך.

חללית קטנה שמשקלתה  $53\text{kg}$  נשלחה לחקור את מאדים, וריחפה ללא נוע  
 בגובה  $20\text{m}$  מעל נקודה מסוימת על פני מאדים.  
 הנח שכוכב הלכת מאדים אינו מסתובב סביב צירו.

מטאורואיד שמשקלתו  $1.3\text{kg}$  נע במהירות קבועה שגודלה  $12.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  וכיוננה  
 מקביל לקרקע המאדים, פגע בחללית וחדר לתוכה.

לאחר ההתנגשות שני הגוף אלה נעו כגוף אחד (נקנה אותו "גוף מורכב")  
 ופגעו בקרקע המאדים. הרדיוס של כוכב הלכת מאדים הוא :  $m^{10} \cdot R = 3.4 \cdot 10^6$ .

ג. חשב את גודל המהירות של הגוף המורכב מיד אחרי ההתנגשות.  
 ד. כמה זמן אחרי ההתנגשות פגע הגוף המורכב בקרקע המאדים?

**(20) קיץ 2013 שאלה 5**

משגרים ללוין לחללי באמצעות רקטה.

על כן השיגור מסת הרקטה עם הדלק והלוין היא :  $M = 7.3 \cdot 10^5 \text{ kg}$ .

הכוח המרבי שהמנוע מפעיל בזמן השיגור הוא :  $F = 1.16 \cdot 10^7 \text{ N}$ .

א. סרטט במחברתך תרשימים של הכוחות הפועלים על הרקטה בזמן השיגור.  
הנח שהתנגדות האוויר זניחה.

ב. הרקטה ניתקה מכון השיגור ברגע  $t = 0$ . מרגע ההינתקות המנוע מפעיל את הכוח המרבי.

חשב את תאוצת הרקטה ברגע ההינתקות.

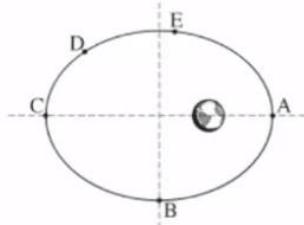
ג. ענה על הסעיפים הבאים :

ו. הסביר בקצרה את עקרון הפעולה של מנוע רקטי.

וו. בהנחה שהכוח  $F$  קבוע במשך השניות הראשונות, קבע אם בפרק הזמן זהה התאוצה קטנה, קטנה או לא משתנה. נמק את קביעתך.

ברגע מסוים הלוין מתנתק מהרקטה, ומשיכן לנوع בהשפעת כוח הכביד של כדור הארץ.

ד. בתרשימים שלפניך מוצג המסלול הקבוע של הלוין, שצורתו אליפסה (התרשימים אינם מסורטט בקנה מידה). הלוין נע סביבה כדור הארץ בכיוון השעון.



העתק את התרשימים למחברתך, וסמן עליו חצים המיצגים את :

ו. וקטור מהירות הלוין, בכל אחת מהנקודות B ו-D.

וו. וקטור התאוצה של הלוין בנקודה A.

וiii. וקטור הכוח השקול הפועל על הלוין, בכל אחת מהנקודות C ו-E.  
הסביר את שיקוליך.

ה. קבע באיזו משתי הנקודות A ו-E מהירות הלוין היא מרבית.  
نمוק את קביעתך.

### (21) קיץ 2011 שאלה 5

עמוס 1 הוא לוויין התקשורת הישראלי הראשון, שפיתחה התעשייה האוירית של ישראל. המסלול של הלוויין עמוס 1 הוא מעגלי (בקירוב). ככלוין תקשורת עמוס 1 נמצא כל הזמן מעל אותה נקודה A לעל פני כדור הארץ.

- קבע את זמן המחזור של הלוויין עמוס 1. נמק את קביעתך.
- חשב את גובה המסלול של הלוויין עמוס 1 מעל פני כדור הארץ.
- חשב את גודל התאוצה של הלוויין עמוס 1 במסלולו.
- לוויין אחר (לא לוויין תקשורת) מקיים את כדור הארץ במסלול מעגלי במשך 12 שעות. השתמש בחוקי קפלר וחשב באיזה גובה מעל פני כדור הארץ עובר המסלול של לוויין זה.
- קבע איזה מההיגדים ציינו- שלפניך אינו נכון, והסביר מדוע הוא אינו נכון.
- תנועת לוויין במסלולו היא נפילת חופשית.
- גודל מהירות הקויה של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל מהירות הקויה של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.
- גודל מהירות הזוויתית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל מהירות הזוויתית של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.

### (22) קיץ 2010 שאלה 5

חללית שוגרה מכדור הארץ כדי לחקור את מערכת השמש. בשלב הראשון החללית נעה סביבה המשמש במסלול מעגלי. רדיוס המסלול שלה שווה לרדיוס המסלול של כדור הארץ סביבה המשמש.

הערה : בכל החישובים בשאלת זו תוכל להזניח את השפעת כדור הארץ ושאר כוכבי הלכת על החללית.

א. ענה על הטעיפים הבאים :

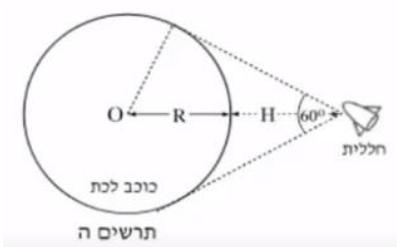
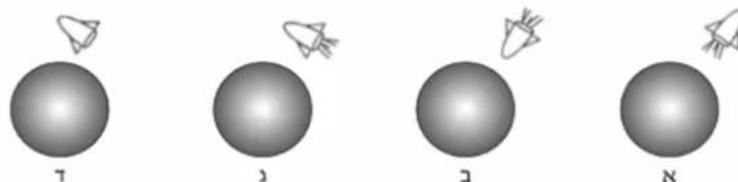
- המהירות הקויה של החללית שווה למהירות הקויה של כדור הארץ סביבה המשמש. הסבר מדוע.
  - חשב את המהירות הקויה של החללית.
- בשנת 2005 התגלה במערכת השמש גוף דמוי כוכב לכט המכונה "אריס" (ERIS), שמרחקו מהשמש :  $1.01 \cdot 10^{10} \text{ km}$ .
- ב. בהנחה שאריס נע סביבה המשמש במסלול מעגלי, חשב את זמן המחזור בזמן שהחללית נעה במסלולה סביבה המשמש, מפעילים ברגע מסוים את המנועים שלה. נתון שמסת החללית היא :  $800 \text{ kg}$ .
- ג. חשב את האנרגיה המינימלית,  $E_0$ , שיש להוסיף לחחלית כדי שתעזוב את מערכת השמש.
- רוצים לשגר את החללית ממסלולה סביבה המשמש של אריס.

ד. קבוע ללא חישוב מספרי, אם האנרגיה המינימלית שיש להוסיף לה לשם כך גדולה יותר מהאנרגיה  $E_0$  שחייבת בסעיף ג', קטנה ממנה או שווה לה. הסבר את תשובהך.

### (23) קיץ 2009 שאלה 5

אסטרונואוט בחללית רוצה חקור כוכב לכט שצורתו כדורית.

- א. בשלב מסוים של המחקה, האסטרונואוט בחללית נמצא במנוחה ביחס למרכו כוכב הלכת. איזה מהתרשיים א-ד שלפניך, מתאר נכון את מצב החללית ביחס לכוכב הלכת? נמק את תשובהך.  
(שים לב: בתרשימים א-ג מנוע החללית פועל, בתרשימים ד-ה מנוע החללית אינו פועל).



האסטרונואוט נמצא באמצעות מכשיר רדי ראיי  
החללית נמצא בגובה  $m^7 = H$  מעל פני כוכב  
הלכת, וכי רואים את כוכב הלכת בזווית ראייה  
של  $60^\circ$ .

- ו. הוא מרכו כוכב הלכת (ראה תרשימים ה).  
ב. חשב את הרדיוס,  $R$ , של כוכב הלכת.

בעזרת מנוע החללית, האסטרונואוט מכניס את החללית לתנועה מעגלית סביב כוכב הלכת (בגובה  $H$  מעל פני הירח). האסטרונואוט נמצא zeit מחזור התנועה של החללית סיבוב כוכב הלכת הוא 150 דקות. הנה כי צפיפות כוכב הלכת אחידה.

- ג. חשב את המסה של כוכב הלכת.  
ד. חשב את גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב הלכת.  
ה. האם במהלך התנועה המעגלית נדרשת פעולה מנועי החללית כדי לקיים את התנועה המעגלית?  
אם כן – הסבר את תפקיד המנועים, אם לא – הסבר מדוע התנועה המעגלית אפשרית בלי פעולה מנועי החללית.

#### 24) בגרות כבידה 2006

הירח נע סביב כדור הארץ, וכל הזמן מפנה אליו אותו "צד". הירח משלים סיבוב מעגלי שלם סביב כדור הארץ במשך 27.3 ימים ארכיות. משנהו נתונים אלה נובע כי הירח מסתובב גם סביב צירו, וזמן המחזור שלו הוא 27.3 ימים ארכיות.

מהנדס עוסק בתכנון תקשורת בין מושבות שיוקמו בעתיד על פני הירח. בדעתו להשתמש בלווין תקשורת שנوع במסלול מעגלי סביב הירח, כך שזמן המחזור שלו יהיה 27.3 ימים ארכיות, והוא יימצא כל העת מעל נקודה קבועה על פני הירח (בדומה ללוויני תקשורת שנעים מעל כדור הארץ).

א. חשב את רדיוס המסלול המעגלי של לוויין זהה, בהנחה כי רק הירח משפיע על תנועת הלווין.

ב. מהנדס חישב ומaza שבגלו השפעת כדור הארץ, אי אפשר למקם את הלווין במסלול שאט רדיוסו מזאת בסעיף א. הרדיוס המקסימלי של מסלול לוויין סביב הירח שבו אפשר להזניח את ההשפעה של כדור הארץ הוא כ- 3,000km.

חשב את זמן המחזור של לוויין שנע סביב הירח במסלול מעגלי שרדיוסו 3,000km.

ג. חשב את תאוצת הנפילה החופשית על פני הירח.

ד. ציין תרומה אחת לידע המדעי על אודות מערכת המשש או גרמי שמיים במערכת זו, שתרם אחד מהאישים האלה:  
ניקולס קופרניקוס, גלילאו גלילי, טיכו ברהה.

### תשובות סופיות:

1) הcy גדול : A, הcy קטן : D.

2) א.  $T_2 = 3.54 \text{ days}$  ב. לא.

$$a_{\text{Moon}} = 2.7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ג.} \quad F = 1.97 \cdot 10^{20} \text{N} \quad (3)$$

$$a_{\text{Earth}} = 3.3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot \tau \quad \text{ג. כוח זהה לשיער א' - בכיוון ההפוך.}$$

$$F = 2.8 \cdot 10^{-7} \text{N}, a = 4.67 \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad (4)$$

$$F = 1.96 \text{N}, a = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad (5)$$

$$n = 8 \frac{2}{3} \cdot \tau \quad a = 3.98 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot \tau \quad T = 2.77 \text{hr} \quad v = 6310 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (6)$$

$$a_s = 0.216 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot \tau \quad a_s = 0.216 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot \lambda \quad r = 2.84 \cdot 10^7 \text{m} \quad 8.72 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad (7)$$

$$6.99 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot \tau$$

$$\text{ד. ראה סרטון.} \quad v = 3070 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad h = 3.58 \cdot 10^7 \text{m} \quad \text{ב.} \quad \text{א. ראה סרטון.} \quad (8)$$

$$\text{ט} = 0 \quad \text{ט} = 2.97 \text{N} \quad \text{ג.} \quad \text{ט} = 24 \text{N} \quad \text{ב.} \quad \text{ט} = 20 \text{N} \quad (9)$$

$$g = 1.67 \cdot 10^{-23} \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \tau \quad \text{ג. כמו בסעיף א.} \quad g = 0.995 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \quad \text{ב.} \quad F_G = 99.5 \text{N} \quad \text{א.} \quad (10)$$

$$v_B = 6,725 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad v_A = 5,330 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (11)$$

$$E = 1.2 \cdot 10^9 \text{J} \quad U = -2.4 \cdot 10^9 \text{J} \quad \text{ג.} \quad E = 1.2 \cdot 10^9 \text{J} \quad \text{ב.} \quad r = 6.65 \cdot 10^6 \text{m} \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$\Delta E = 3.15 \cdot 10^8 \text{J} \quad \text{ה.}$$

$$\Delta E = 4.72 \cdot 10^9 \text{J} \quad \text{ג.} \quad rf = 1.31 \cdot 10^7 \text{m} \quad \text{ב.} \quad V_A = 6,860 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (13)$$

$$v_{\text{Moon}} = 2,360 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad v_{\text{Earth}} = 11,200 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (14)$$

$$\text{ג.ו. נכוון.} \quad v = 7,660 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, T = 1.55 \text{hr} \quad \text{ב.} \quad a = g^* = 7.9 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{א.} \quad (15)$$

$$\Delta E = 8.66 \cdot 10^9 \text{J} \quad \text{ד.} \quad \text{iii. שגוי.} \quad \text{ii. שגוי.}$$

$$\Delta E = mg \cdot R \cdot 0.98 \quad \text{ב.} \quad x = 54R \quad \text{א.} \quad (16)$$

ג. לא נכון, מעבר לנקודה זו הירח מפעיל כוח משיכה חזק יותר על הקליין מאשר כדו"ה".

$$M = 7.02 \cdot 10^{25} \text{kg} \quad \text{ד.} \quad R = 1.53 \cdot 10^7 \text{m} \quad \text{ג.} \quad \text{ראיה סרטון.} \quad N_{\text{jim}} > N_{\text{Tsim}} \quad \text{א.} \quad (17)$$

ה. היגן או הוא נכון.

ב. היגד ? נכון.  $a = 8.7 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$  א. (18)

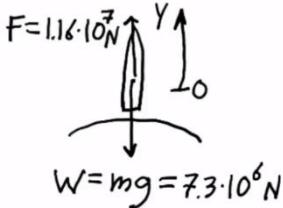
ג. ביחס ללווין האסטרונואוט לא נע (מרחף) גם בלי שימוש על הרצתה.

ד. כן.  $N = 15$

ii. אי אפשר, תקף רק ל-2 גופים שמקיפים את אותו (19) א.י.  $R_1 = 2.346 \cdot 10^7 \text{ m}$

ט.  $t = 3.29 \text{ sec}$  ג.  $u = 0.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  ב.  $M = 6.45 \cdot 10^{23} \text{ kg}$  ד. גרים שמיימים.

ג.י. ראה סרטון. ב.  $a = 5.89 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$  ii. גילה. (20) א. שרטוט:

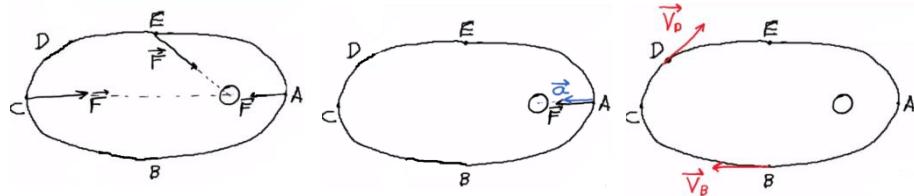


ה.  $v_A > v_E$

iii. שרטוט:

ii. שרטוט:

ד.י. שרטוט:



ט.  $h = 2.02 \cdot 10^7 \text{ m}$  ג.  $a = 0.224 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$  ב.  $h = 3.59 \cdot 10^7 \text{ m}$  ד.  $T = 86,400 \text{ sec}$  (21)

ה. היגד ii לא נכון.

ג.  $E_0 = -3.56 \cdot 10^{11} \text{ J}$  ב.  $T = 553$  י.  $v = 2.98 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  ii. (22) א.י. ראה סרטון.

ד. קטנה.

ג.  $g^* = 39 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$  ב.  $R = 10^7 \text{ m}$  ד.  $M = 5.84 \cdot 10^{25} \text{ kg}$  (23) א.א.

ה. לא, הכוח שגורם לתנועה המוגלית סביב הירקן הוא בעצם כוח המשיכה עצמו.

ט.  $a = 1.62 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$  ג.  $T = 0.17 \text{ days}$  ב.  $r = 8.84 \cdot 10^7 \text{ m}$  (24) א. (24)