מכניקה וחשמל לתעשייה וניהול מס
קורס 141013

פרק 14 - כבידה

תוכן העניינים

1. כבידה 1

כבידה:

רקע:

החוק השלישי של קפלר: $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{\vec{r}_1}{\vec{r}_2}\right)^3$

גודל כוח הכבידה: $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

אנרגיה פוטנציאלית כובדית: $\left(U_{G(r\to\infty)} = 0\right)$ $\quad U_G = -\frac{GMm}{r}$

אנרגיה של לוויין במסלול מעגלי

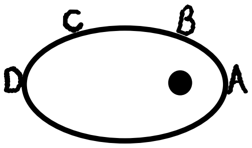
קינטית: $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$

כוללת: $E = -\frac{GMm}{2r}$

שאלות:

1) קפלר חוק שני

כוכב לכת מוקף שמש רחוקה במסלול אליפטי.
באיזה נקודה מהירות הגוף הכי גדולה ובאיזה הכי קטנה?
נמק תשובתך בעזרת החוק השני של קפלר.



2) קפלר חוק שלישי

לצדק יש ארבעה ירחים. שני הקרובים אליו הם Io ו-Europa.
זמן המחזור של Io הוא 1.77 ימים, ורדיוס הקפתו הממוצע את צדק הוא 422,000 ק"מ.
רדיוס ההקפה הממוצע 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 רדיוס הקפתו הממוצע 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.

א. מה הכוח שמפעיל כדור הארץ על הירח?
ב. מהי תאוצת הירח?
ג. מה הכוח שהירח מפעיל על כדור הארץ?
ד. מהי תאוצת כדור הארץ?

4) **חוק הכבידה 2**

2 בני אדם עומדים במרחק 1 מטר זה מזה. מסת הראשון 60 ק"ג ומסת השני 70 ק"ג.

מה כוח הכבידה שפועל ביניהם, ומה התאוצה של הרזה?

5) **חוק הכבידה 3**

תפוח שמסתו 200 גרם נעזב מעל פני כדור הארץ.

מה הכוח שירגיש ומה תאוצתו?

6) **תנועת לוויינים 1**

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

א. מה מהירותו (בהנחה שמסלולו מעגלי)?
ב. מה יהיה זמן המחזור שלו?
ג. מה תאוצת הלוויין בנקודה בה הוא נמצא?
ד. כמה סיבובים משלים לוויין זה בזמן שכדור הארץ משלים סיבוב אחד?

7) **תנועת לוויינים 2**

על כוכב בעל רדיוס של $R=5,000\text{km}$ וצפיפותו הממוצעת $\rho=5\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ חיים חייזרים, שרוצים לשגר לוויין שמסתו $m=200\text{kg}$, כך שיקיפו בזמן מחזור של 20 שעות.

א. מה תהיה המהירות הזוויתית של לוויין זה?
ב. מה יהיה רדיוס הקפתו?
ג. מה תהיה תאוצת הלוויין בגובה בו הוא נמצא?
ד. מה תהיה תאוצת הנפילה החופשית בגובה בו הלוויין 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 גיאוסטציונרי.

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.

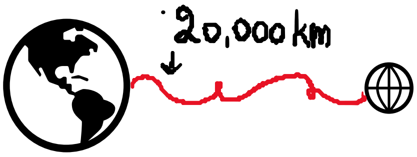
9) חוסר משקל

בתוך החללית תלויה משקולת, שמסתה 2kg, על חוט.
מה תהיה המתיחות בחוט בכל שלב:

א. במנוחה על כדור הארץ.
ב. מאיצה לעבר החלל החיצון ב- $a = 2\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.
ג. נעצרת בגובה $\text{h} = 10,000\text{km}$.
ד. נכנסת למסלול מעגלי בגובה זה.

10) שדה כבידה

כדור הארץ ולוויין שמסתו 100kg נמצאים במרחק 20,000km אחד מהשני (מרכז כדוה"א ממרכז הלוויין).



א. מה הכוח שמפעיל כדור הארץ על הלוויין?
ב. מה שדה הכבידה שיוצר כדור הארץ במקום בו הלוויין נמצא? ומה משמעות מספר זה?
ג. מה הכוח שמפעיל הלוויין על כדור הארץ?
ד. מה שדה הכבידה שיוצר הלוויין במקום בו נמצא (מרכז) כדור הארץ?

11) אנרגיה כבידתית

עקב תקלה, לוויין שמקיף את כדור הארץ ברדיוס של 10,000km נעצר רגעית, ואז מתחיל ליפול אל כדור הארץ.

א. מה תהיה מהירותו בגובה 1,000km מעל פני הקרקע?
ב. באיזה מהירות יפגע בקרקע? (תזניחו חיכוך עם האטמוספירה או התנגדות אוויר, כאילו רק כוח הכבידה פועל פה).

12) אנרגית לוויינים 1

לוויין שמסתו $20kg$ מקיף את כדור הארץ כל 90 דקות.

א. מה רדיוס הקפתו?

ב. מה האנרגיה המכנית שלו?

ג. מה האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית שלו?

ד. מה האנרגיה הקינטית שלו?

ה. רוצים להעבירו למסלול מעגלי אחר ברדיוס של $9,000km$, כמה אנרגיה יש להשקיע לשם כך?

13) אנרגיית לוויינים 2

טיל שמסתו $100kg$ נורה מפני כדור הארץ במהירות $v_0 = 8000\frac{m}{sec}$.

א. מה תהיה מהירותו בגובה $1,000km$? (נזניח את התנגדות האוויר)

ב. לאיזה מרחק מקסימאלי מכדור הארץ הוא יגיע?

ג. במקרה אחר אנחנו רוצים לקחת טיל זהה ולהכניסו למסלול מעגלי סביב כדור הארץ ברדיוס שמצאנו בסעיף ב'.
כמה אנרגיה יש להעניק לטיל לשם כך?

14) מהירות מילוט

א. מצא את מהירות המילוט מפני כדור הארץ.

ב. מצא את מהירות המילוט מפני הירח.

15) קיץ 2018 שאלה 6

סוכנות החלל הישראלית בשיתוף עם סוכנות החלל הצרפתית שיגרו באוגוסט 2017 לוויין זעיר שמכונה VEN μ S (Vegetation & Environment on a New Micro Satellite) למטרות תצפית ומחקר מדעי ייחודי. הלוויין מצויד באמצעים טכנולוגיים משוכללים, שחלקם פותחו ויוצרו בישראל. הלוויין יצלם מהחלל, בין השאר, שדות וחלקות אדמה, לצורך מחקרים של ניטור מצב הקרקע, הצמחייה ואיכות המים.

הלוויין מצויד בשני מנועי סילון חדשניים שפותחו בישראל וייבחנו לראשונה בחלל.
הלוויין מתוכנן לשהות בחלל כשלוש שנים וחצי:

בשלה הראשון ינוע הלוויין בגובה של 720km מעל פני כדור הארץ.

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

שים לב:

- הנח כי הלוויין נע במסלול מעגלי.
- התייחס רק להשפעת כדור הארץ על תנועת הלוויין. השפעת גרמי שמיים אחרים ניתנת להזנחה.

א. חשב את תאוצת הנפילה החופשית של הלוויין במהלך תנועתו בשלב הראשון (גודל וכיוון).

ב. חשב את זמן המחזור של הלוויין ואת המהירות המשיקית שלו במסלולו בשלב השני.

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

i. האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הלוויין בשלב הראשון גדולה מן האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית שלו בשלב השני.

ii. האנרגיה הקינטית של הלוויין בשלב הראשון גדולה מן האנרגיה הקינטית שלו בשלב השני.

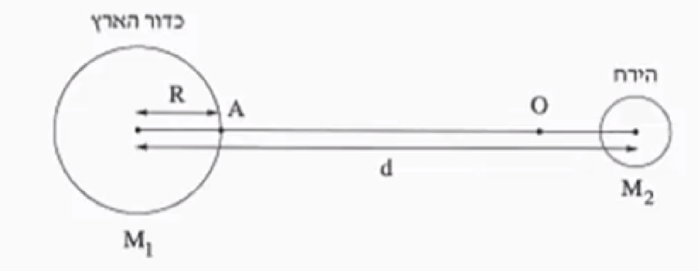
iii. האנרגיה הכוללת של הלוויין בשלב הראשון שווה לאנרגיה הכוללת שלו בשלב השני.

נמק את כל קביעותיך.

ד. חשב את התוספת המינימלית של האנרגיה הנדרשת כדי לגרום ללוויין להגיע למצב 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 גרמי שמים אחרים על מערכת זו.
בתרשים שלפניך מוצגים חתכים של כדור הארץ ושל הירח.
קנה המידה של התרשים אינו מדויק.



נסמן :

M_1 - מסת כדור הארץ. M_2 - מסת הירח. R - רדיוס כדור הארץ.

d - המרחק בין מרכז כדור הארץ לבין מרכז הירח.

g - גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ.

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

על הישר המחבר בין מרכז כדור הארץ לבין מרכז הירח נמצאת הנקודה O (ראה תרשים). בנקודה זו גוף שמוצב במנוחה – יישאר במנוחה.

א. בטא באמצעות R את מרחק הנקודה O ממרכז כדור הארץ.

משגרים חללית שמסתה m מן הנקודה A (ראה תרשים), שעל פני כדור הארץ, לירח.

ב. בטא באמצעות R , m ו- g את האנרגיה המינימלית E שיש להעניק לחללית כדי להביאה לנקודה O.
שים לב : עליך להתחשב בהשפעות של כדור הארץ ושל הירח על החללית.

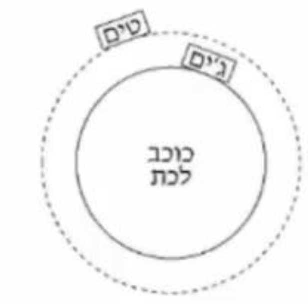
ב-21 בדצמבר 1968 שוגרה החללית אפולו 8, והצוות שנשאה היה הראשון שנע במסלול סביב הירח. 103 שנים לפני כן תיאר הסופר ז׳ול ורן בספרו ״מן הארץ אל הירח״ מסע דומה לזה של אפולו 8.
לשאלה ״האם אפשר לשגר קליע עד הירח?״, מוצגת בספרו של ז׳ול ורן התשובה שלפניך (בתרגום חופשי) : ״אפשר לשגר קליע עד הירח אם נותנים לו מהירות התחלתית שגודלה כ- $v = 11\frac{km}{sec}$. מהירות זו מספיקה כדי שהקליע יגיע לנקודה שבה הכוחות שכדור הארץ והירח מפעילים על הקליע שווים בגודלם. מעבר לנקודה זו כדור הארץ כבר אינו מושך את הקליע אלא רק הירח, ולכן אם הקליע יעבור את הנקודה הזאת בדרכו לעבר הירח, הוא יצליח להגיע אליו״.

ג. קבע אם כל התיאור הזה נכון. נמק את קביעתך. (אין צורך לחשב).

17) קיץ 2016 שאלה 5

בתרחיש דמיוני, שני אסטרונאוטים טים וג׳ים חקרו כוכב לכת שלא נע סביב צירו. טים ישב על כיסא בתוך מעבורת שהקיפה את כוכב הלכת במסלול מעגלי במנוע כבוי. ג׳ים ישב על כיסא 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 ג׳ים? נמק בלי חישוב.

על הרצפה של רכב החלל שעמד על פני כוכב הלכת הותקן מד-משקל.
כאשר ג׳ים עמד עליו, הוריית המד-משקל הייתה 2000N.
ג׳ים התחיל בנסיעה לאורך מסלול מעגלי על קו המשווה של כוכב הלכת.
הוא הבחין שככל שהגביר את מהירותו, כך קטנה הוריית המד-משקל.

ב. הסבר מדוע קטנה הוריית המד-משקל.

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

ג. חשב את הרדיוס של כוכב הלכת.

ד. חשב את מסתו של כוכב הלכת.

ה. תאוצת המעבורת שהקיפה את כוכב הלכת בתנועה מעגלית קצובה הייתה a. נסמן ב-g^* את תאוצת הכובד בגובה שבו סובבת המעבורת סביב כוכב הלכת.

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

i. $a > g^*$

ii. $a = g^*$

iii. $a < g^*$

18) קיץ 2015 שאלה 5

בסרט "כוח משיכה" משנת 2013, האסטרונאוטים מנסים להגיע לתחנת החלל הבין-לאומית, לאחר שתיקנו לוויין הסמוך לתחנת החלל. הלוויין ותחנת החלל נעים סביב 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.

א. חשב את תאוצת התחנה בהיותה במסלול המתואר בפתיח לשאלה.

ב. לפניך 4 היגדים i-iv.
קבע איזה מן ההיגדים נכון, והעתק אותו למחברתך:

i. תחנת החלל נעה במסלולה במהירות שגודלה קבוע.

ii. תחנת החלל נעה במסלולה במהירות קבועה.

iii. שקול הכוחות הפועלים על תחנת החלל הנעה במסלולה שווה לאפס.

iv. תחנת החלל נעה במסלולה במהירות ובתאוצה קבועות.

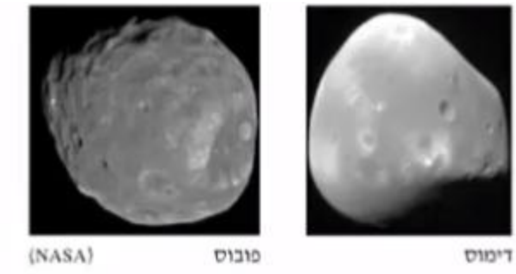
ג. ידוע כי תאוצת הכובד בגובה המסלול של התחנה היא בקירוב 90% מתאוצת הכובד על פני כדור הארץ.
כיצד אפשר להסביר את העובדה שהאסטרונאוטים שמתקנים את הלוויין נראים חסרי משקל (מרחפים)?

ד. ברגע מסוים עברה תחנת החלל במסלולה מעל נקודה כלשהי שנמצאת על קו המשווה.
כמה פעמים נוספות עברה תחנת החלל מעל נקודה זו ביממה (24 שעות)?
(אפשר להזניח את הסיבוב של כדור הארץ סביב עצמו).

ה. האם האנרגיה המכנית של התחנה נשמרת במהלך תנועתה במסלולה המעגלי סביב כדור 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 יממות ארציות,
ורדיוס מסלולו הוא: $r_p = 9.377 \cdot 10^6 m$.
זמן המחזור של דימוס סביב מאדים, T_D, הוא 1.262 יממות ארציות.

א. ענה על הסעיפים הבאים:

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

ii. נתון: זמן מחזור הירח של כדור הארץ בתנועתו סביב כדור הארץ, T_m, הוא 27.3 יממות.
האם על פי נתון זה, הנתונים שבפתיח 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 וצפיפותו אחידה.

ב. חשב את מסת כוכב הלכת מאדים, על פי נתוני השאלה בלבד.
פרט את חישוביך.

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

מטאורואיד שמסתו 1.3kg נע במהירות קבועה שגודלה $12.5 \frac{m}{sec}$ וכיוונה מקביל לקרקע המאדים, פגע בחללית וחדר לתוכה.
לאחר ההתנגשות שני הגופים האלה נעו כגוף אחד (נכנה אותו "גוף מורכב") ופגעו בקרקע המאדים. הרדיוס של כוכב הלכת מאדים הוא: $R = 3.4 \cdot 10^6 m$.

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 לוויין לחלל באמצעות רקטה.

על כן השיגור מסת הרקטה עם הדלק והלוויין 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 תרשים של הכוחות הפועלים על הרקטה בזמן השיגור. הנח שהתנגדות האוויר זניחה.

ב. הרקטה ניתקת מכן השיגור ברגע $t = 0$. מרגע ההינתקות המנוע מפעיל את הכוח המרבי.
חשב את תאוצת הרקטה ברגע ההינתקות.

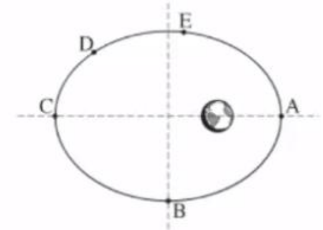
ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. הסבר בקצרה את עקרון הפעולה של מנוע רקטי.

ii. בהנחה שהכוח F קבוע במשך השניות הראשונות, קבע אם בפרק הזמן הזה התאוצה גדלה, קטנה או לא משתנה. נמק את קביעתך.

ברגע מסוים הלווין מתנתק מהרקטה, וממשיך לנוע בהשפעת כוח הכובד של כדור הארץ.

ד. בתרשים שלפניך מוצג המסלול הקבוע של הלוויין, שצורתו אליפסה (התרשים אינו מסורטט בקנה מידה). הלוויין נע סביב כדור הארץ בכיוון השעון.



העתק את התרשים למחברתך, וסמן עליו חצים המייצגים את:

i. וקטור מהירות הלוויין, בכל אחת מהנקודות B ו-D.

ii. וקטור התאוצה של הלוויין בנקודה A.

iii. וקטור הכוח השקול הפועל על הלוויין, בכל אחת מהנקודות C ו-E.
הסבר את שיקוליך.

ה. קבע באיזו משתי הנקודות A ו-E מהירות הלוויין היא מרבית.
נמק את קביעתך.

21) קיץ 2011 שאלה 5

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

א. קבע את זמן המחזור של הלוויין עמוס 1. נמק את קביעתך.
ב. חשב את גובה המסלול של הלוויין עמוס 1 מעל פני כדור הארץ.
ג. חשב את גודל התאוצה של הלוויין עמוס 1 במסלולו.
ד. לוויין אחר (לא לוויין תקשורת) מקיף את כדור הארץ במסלול מעגלי במשך 12 שעות. השתמש בחוקי קפלר וחשב באיזה גובה מעל פני כדור הארץ עובר המסלול של לוויין זה.
ה. קבע איזה מההיגדים i-iii שלפניך אינו נכון, והסבר מדוע הוא אינו נכון.
i. תנועת לוויין במסלולו היא נפילה חופשית.
ii. גודל המהירות הקווית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הקווית של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.
iii. גודל המהירות הזוויתית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות 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 סביב השמש במסלול מעגלי. רדיוס המסלול שלה שווה לרדיוס המסלול של כדור הארץ סביב השמש.
הערה: בכל החישובים בשאלה זו תוכל להזניח את השפעת כדור הארץ ושאר כוכבי הלכת על החללית.

א. ענה על הסעיפים הבאים:
i. המהירות הקווית של החללית שווה למהירות הקווית של כדור הארץ סביב השמש. הסבר מדוע.
ii. חשב את המהירות הקווית של החללית.

בשנת 2005 התגלה במערכת השמש גוף דמוי כוכב לכת המכונה "אריס" (ERIS), שמרחקו מהשמש: $1.01\cdot10^{10}\text{km}$.

ב. בהנחה שאריס נע סביב השמש במסלול מעגלי, חשב את זמן המחזור שלו (בשנים).

בזמן שהחללית נעה במסלולה סביב השמש, מפעילים ברגע מסוים את המנועים שלה. נתון שמסת החללית היא: 800kg.

ג. חשב את האנרגיה המינימלית, E_0, שיש להוסיף לחללית כדי שתעזוב את מערכת השמש.

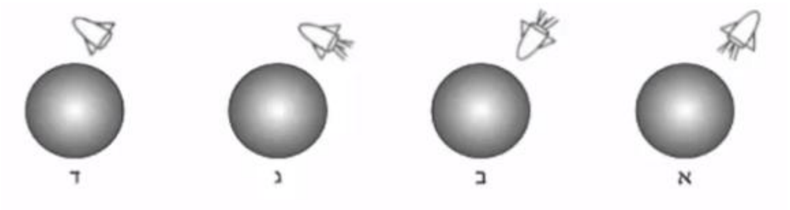
רוצים לשגר את החללית ממסלולה סביב השמש של אריס.

ד. קבע ללא חישוב מספרי, אם האנרגיה המינימלית שיש להוסיף לה לשם כך גדולה יותר מהאנרגיה E_0 שחישבת בסעיף ג', קטנה ממנה או שווה לה. הסבר את תשובתך.

23) קיץ 2009 שאלה 5

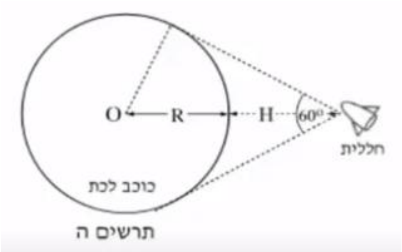
אסטרונאוט בחללית רוצה חקור כוכב לכת שצורתו כדורית.

א. בשלב מסוים של המחקר, האסטרונאוט בחללית נמצא במנוחה ביחס למרכז כוכב הלכת. איזה מהתרשימים א-ד שלפניך, מתאר נכון את מצב החללית ביחס לכוכב הלכת? נמק את תשובתך.
(שים לב: בתרשימים א-ג מנוע החללית פועל, (בתרשים ד מנוע החללית אינו פועל).



האסטרונאוט מצא באמצעות מכשיר רדר כי החללית נמצאת בגובה $H=10^7 m$ מעל פני כוכב הלכת, וכי רואים את כוכב הלכת בזווית ראייה של $60°$.

O הוא מרכז כוכב הלכת (ראה תרשים ה).



ב. חשב את הרדיוס, R, של כוכב הלכת.

בעזרת מנוע החללית, האסטרונאוט מכניס את החללית לתנועה מעגלית סביב כוכב הלכת (בגובה H מעל פני הכוכב). האסטרונאוט מצא כי זמן מחזור התנועה של החללית סביב כוכב הלכת הוא 150 דקות. הנח 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 פעולת מנועי החללית כדי לקיים את התנועה המעגלית?
אם כן – הסבר את תפקיד המנועים, אם לא – הסבר מדוע התנועה המעגלית אפשרית בלי פעולת 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 יממות ארציות.
משני נתונים אלה נובע כי הירח מסתובב גם סביב צירו, וזמן המחזור שלו הוא 27.3 יממות ארציות.
מהנדס עוסק בתכנון תקשורת בין מושבות שיוקמו בעתיד על פני הירח.
בדעתו להשתמש בלוויין תקשורת שינוע במסלול מעגלי סביב הירח, כך שזמן המחזור שלו יהיה 27.3 יממות ארציות, והוא יימצא כל העת מעל נקודה קבועה על פני הירח (בדומה ללווייני תקשורת שנעים מעל כדור הארץ).

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

ב. המהנדס חישב ומצא שבגלל השפעת כדור הארץ, אי אפשר למקם את הלוויין במסלול שאת רדיוסו מצאת 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 השמש או גרמי שמיים במערכת זו, שתרם אחד מהאישים האלה:
ניקולס קופרניקוס, גלילאו גלילי, טיכו ברהה.

תשובות סופיות:

1) הכי גדולה: A, הכי קטנה: D.

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

3) א. $F = 1.97\cdot 10^{20}\text{N}$ ב. $a_{Moon} = 2.7\cdot 10^{-3}\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$
ג. כוח זהה לסעיף א' – בכיוון ההפוך. ד. $a_{Earth} = 3.3\cdot 10^{-5}\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

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

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

6) א. $v = 6310\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $T = 2.77\text{hr}$ ג. $a = 3.98\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ד. $n = 8\frac{2}{3}$

7) א. $8.72\cdot 10^{-5}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $r = 2.84\cdot 10^{7}\text{m}$ ג. $a_s = 0.216\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ד. $a_s = 0.216\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$
ה. $6.99\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

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

9) א. $T = 20\text{N}$ ב. $T = 24\text{N}$ ג. $T = 2.97\text{N}$ ד. $T = 0$

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

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

12) א. $r = 6.65\cdot 10^{6}\text{m}$ ב. $E = 1.2\cdot 10^{9}\text{J}$ ג. $U = -2.4\cdot 10^{9}\text{J}$ ד. $E = 1.2\cdot 10^{9}\text{J}$
ה. $\Delta E = 3.15\cdot 10^{8}\text{J}$

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

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

15) א. $a = g^* = 7.9\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ב. $T = 1.55\text{hr}$, $v = 7,660\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג.i. נכון.
ii. שגוי. iii. שגוי. ד. $\Delta E = 8.66\cdot 10^{9}\text{J}$

16) א. $x = 54\text{R}$ ב. $\Delta E = \text{mg}\cdot\text{R}\cdot 0.98$
ג. לא נכון, מעבר לנקודה זו הירח מפעיל כוח משיכה חזק יותר על הקליע מאשר כדוה"א.

17) א. $N_{Jim} > N_{Tim}$ ב. ראה סרטון. ג. $R = 1.53\cdot 10^{7}\text{m}$ ד. $M = 7.02\cdot 10^{25}\text{kg}$
ה. היגד ii הוא הנכון.

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

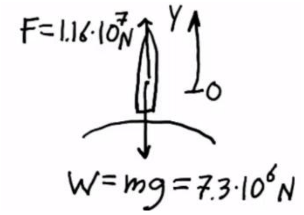
ג. ביחס ללוויין האסטרונאוט לא נע (מרחף) גם בלי שיעמוד על הרצפה.

ד. $N=15$ ה. כן.

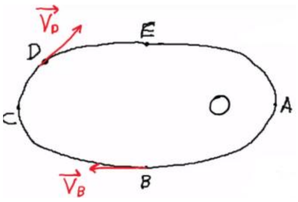
19) א.i. $R_1=2.346\cdot10^7m$ ii. אי אפשר, תקף רק ל-2 גופים שמקיפים את אותו גרם שמיים.

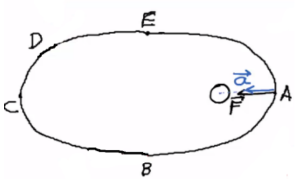
ב. $M=6.45\cdot10^{23}kg$ ג. $u=0.3\frac{m}{sec}$ ד. $t=3.29sec$

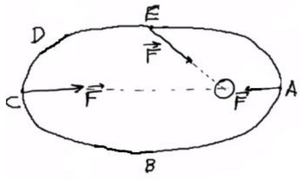
20) א. שרטוט: ב. $a=5.89\frac{m}{sec^2}$ ג.i. ראה סרטון. ii. גדלה.



ד.i. שרטוט: ii. שרטוט: iii. שרטוט: ה. $v_A>v_E$







21) א. $T=86,400sec$ ב. $h=3.59\cdot10^7m$ ג. $a=0.224\frac{m}{sec^2}$ ד. $h=2.02\cdot10^7m$

ה. היגד ii לא נכון.

22) א.i. ראה סרטון. ii. $v=2.98\cdot10^4\frac{m}{sec}$ ב. $T=553$ ג. $E_0=-3.56\cdot10^{11}J$

ד. קטנה.

23) א. א. ב. $R=10^7m$ ג. $M=5.84\cdot10^{25}kg$ ד. $g^*=39\frac{m}{sec^2}$

ה. לא, הכוח שגורם לתנועה המעגלית סביב הכוכב הוא בעצם כוח המשיכה עצמו.

24) א. $r=8.84\cdot10^7m$ ב. $T=0.17_{days}$ ג. $a=1.62\frac{m}{sec^2}$ ד. ראה סרטון.