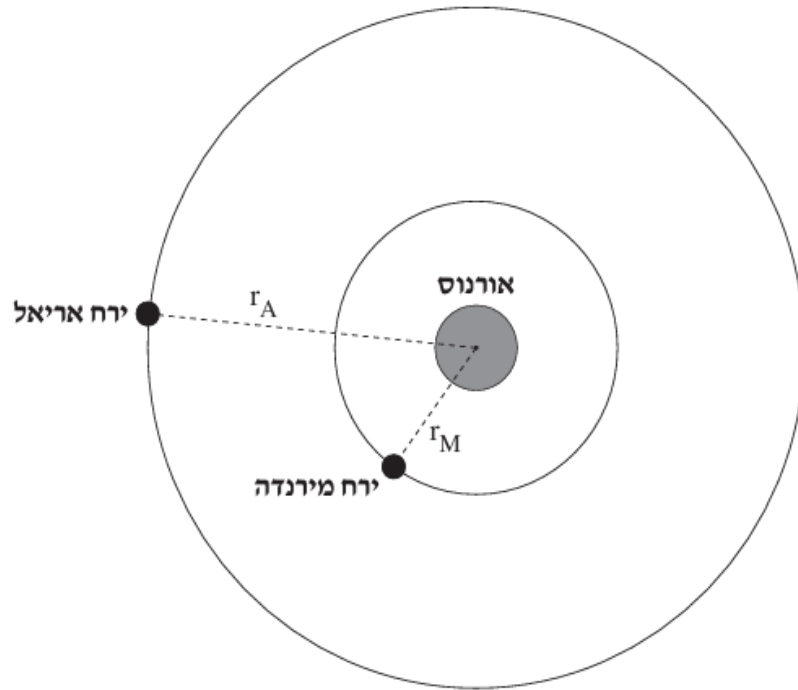


2024, 6

6. בשנת 1781 גילה האסטרונום סר ויליאם הרשל את כוכב הלכת אורנוס. נתונים על אודות כוכב הלכת אורנוס מוצגים בנספח שברשותכם: "נוסחאות ונתונים בפיזיקה" (נוסחאון).
 א. חשבו את גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב הלכת אורנוס. (6 נקודות)
 סביב כוכב הלכת אורנוס נעים שניים מן הירחים שלו, אריאל ומירנדה, כמתואר בתרשים שלפניכם (הניחו שמסלוליהם מעגליים). התרשים אינו בקנה מידה.
 מירנדה מקיף את אורנוס במסלול שרדיוסו $r_M = 13 \cdot 10^7 \text{ m}$ וזמן המחזור שלו T_M .
 אריאל מקיף את אורנוס במסלול שרדיוסו $r_A = 19 \cdot 10^7 \text{ m}$ וזמן המחזור שלו T_A .



- ב. חשבו את גודל התאוצה הרדיאלית של **מירנדה** בתנועתו סביב אורנוס. (8 נקודות)
 ג. חשבו את זמן המחזור T_M של **מירנדה** בתנועתו סביב אורנוס. (8 נקודות)
 ד. חשבו את היחס בין זמן המחזור של אריאל לבין זמן המחזור של מירנדה, $\frac{T_A}{T_M}$. (7 נקודות)

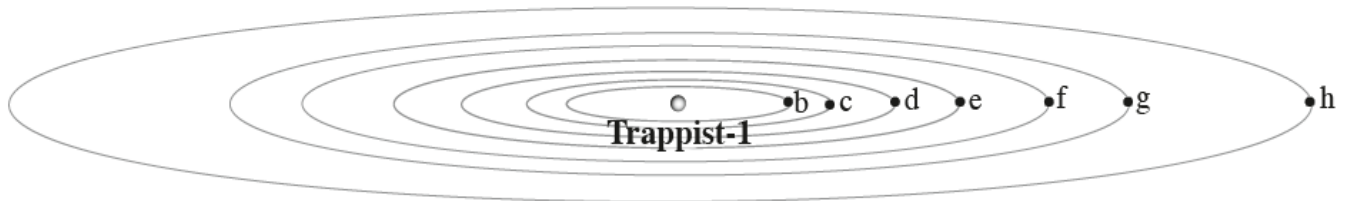
רוצים לשגר שני לוויינים מלאכותיים שינועו סביב כדור הארץ:

לוויין א שינוע במסלול מעגלי שרדיוסו שווה לזה של מירנדה סביב אורנוס, ולוויין ב שינוע במסלול מעגלי שרדיוסו שווה לזה של אריאל סביב אורנוס.

- ה. קבעו אם היחס בין זמן המחזור של לוויין ב לבין זמן המחזור של לוויין א $\left(\frac{T_B}{T_A}\right)$ בתנועתם סביב כדור הארץ, יהיה שווה ליחס בין זמני המחזור של הירחים אריאל ומירנדה $\left(\frac{T_A}{T_M}\right)$ שחישבתם בסעיף ד או שונה ממנו. נמקו את קביעתכם. $\left(\frac{1}{3} \cdot 4\right)$ נקודות

6. בשנים 2016–2017 התגלו שבעה כוכבי לכת המקיפים כוכב ננסי בשם Trappist-1 ודומים בגודלם לגודל כדור הארץ. נכנה את כוכבי הלכת שהתגלו b, c, d, e, f, g, h . כוכב הלכת b הוא הקרוב ביותר לכוכב הננסי Trappist-1 ו- h הוא הרחוק ביותר ממנו. לצורך החישובים בשאלה יש להניח שהמסלולים של כוכבי הלכת מעגליים וכי ההשפעה של שבעת כוכבי הלכת זה על זה זניחה.

מערכת TRAPPIST-1



בטבלה שלפניכם מוצגים חלק מן הנתונים של רדיוס המסלול ושל זמן המחזור עבור שלושת כוכבי הלכת הקרובים ביותר לכוכב Trappist-1.

כוכב הלכת	r רדיוס מסלול (10^9 m)	T זמן מחזור (ימים)
b	1.73	1.51
c	2.36	
d		4.05

- א. חשבו את הערכים החסרים בטבלה. (7 נקודות)
- איתן, תלמיד במגמת פיזיקה, טוען כי ככל שכוכב הלכת רחוק יותר מן הכוכב הננסי Trappist-1 כך מהירותו גדולה יותר.
- ב. האם איתן צודק? נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)
- ג. (1) בטאו את g_b , תאוצתו של כוכב הלכת b הנגרמת על ידי Trappist-1. השתמשו בפרמטרים r, T ובקבועים בסיסיים.
- (2) האם משקלו של גוף שמסתו m הנמצא על פני כוכב הלכת b הוא mg_b ? נמקו את תשובתכם. (8 נקודות)
- ד. חשבו את מסת הכוכב Trappist-1. (7 נקודות)
- נתונות שתי חלליות שהמסות שלהן שוות, m_s . חללית I מקיפה את השמש שלנו, וחללית II מקיפה את הכוכב Trappist-1, במסלולים מעגליים שהרדיוס שלהם זהה.
- תוספת האנרגייה הדרושה לחללית I כדי להימלט מהשפעת הכבידה של השמש שלנו היא ΔE_I , ותוספת האנרגייה הדרושה לחללית II כדי להימלט מהשפעת הכבידה של Trappist-1 היא ΔE_{II} .
- ה. חשבו את היחס $\frac{\Delta E_I}{\Delta E_{II}}$. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

6. "בראשית 2" הוא שמה של חללית ישראלית שמתכננים המהנדסים של חברת SPACE IL ומתכוונים לשגר לעבר הירח

בעוד כמה שנים. החללית מתוכננת לשאת על סיפונה שתי נחתות שינחתו בשני אתרים שונים על פני הירח.

השאלה שלפניכם נכתבה בהשראת תוכנית השיגור של "בראשית 2", אולם הנתונים אינם זהים לאלה שבתוכנית.

חללית שעל סיפונה שתי נחתות, נחתת 1 ונחתת 2, משוגרת מכדור הארץ על גבי טיל ונעה לעבר הירח.

א. חשבו באיזה מרחק ממרכז כדור הארץ הגודל של כוח המשיכה שמפעיל כדור הארץ על הטיל שווה לגודל של

כוח המשיכה שמפעיל הירח על הטיל. (7 נקודות)

בסעיפים ב-ה הניחו שכוח המשיכה שמפעיל כדור הארץ על החללית ועל הנחתות ניתן להזנחה ביחס לכוח המשיכה

שמפעיל עליהם הירח.

החללית מכניסה כל אחת מן הנחתות למסלול מעגלי אחר מסביב לירח: את נחתת 1 למסלול מעגלי שרדיוסו r_1 ,

ואת נחתת 2 למסלול מעגלי שרדיוסו r_2 . כאשר נחתת 1 משלימה תשעה סיבובים סביב הירח, נחתת 2 משלימה

עשרה סיבובים סביבו.

ב. חשבו את $\frac{r_1}{r_2}$. (8 נקודות)

נחתת 2 נעה במסלול מעגלי סביב הירח בגובה $h = 260\text{km}$ מעל פני הירח.

ג. האם יש לנחתת 2 תאוצה במהלך תנועתה המעגלית סביב הירח? אם כן – חשבו את גודל התאוצה של הנחתת.

אם לא – נמקו מדוע לנחתת 2 אין תאוצה. (8 נקודות)

בנוסחת הכבידה העולמית המסות של שני גופים מופיעות באופן סימטרי. הדבר נמצא בהתאמה לאחד מחוקי ניוטון.

ד. ציינו את שמו של החוק הזה (או נסחו אותו), והסבירו את הקשר בינו לבין נוסחת הכבידה העולמית.

(5 נקודות)

תנועתה של כל אחת משתי הנחתות נשלטת באמצעות מנוע סילון הפולט גז בעת פעולתו.

בשלב הנחיתה של נחתת 1 על פני הירח היא נעה לעברו לאורך מסלול ישר המאונך לפני הירח, ונעצרת (עצירה רגעית)

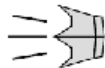
בנקודה מסוימת O הנמצאת מעל פני הירח.

תרשימים א-ג שלפניכם מתארים מצבים שבהם המנוע פולט סילון גז בכיוונים שונים, ותרשים ד מתאר מצב שבו

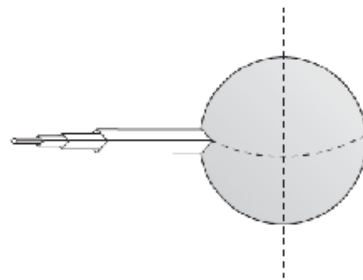
המנוע אינו מופעל ואינו פולט סילון גז.

ה. קבעו באיזה מן התרשימים א-ד מתואר מצב שמאפשר עצירה רגעית של הנחתת בנקודה O. נמקו את קביעתכם.

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

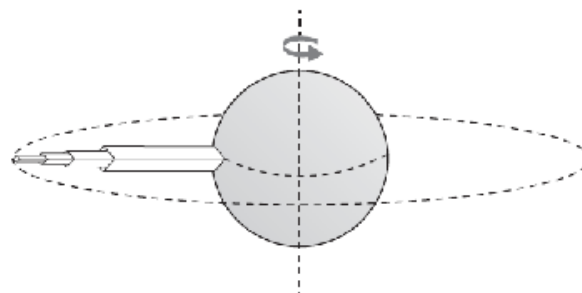
				מקרא:
				 נחתת
				 סילון גז
				 נקודה O
				
				פני הירח
תרשים ד	תרשים ג	תרשים ב	תרשים א	

6. בשנת 1895 הציע המדען קונסטנטין ציולקובסקי לבנות "מגדל חלל" – מגדל בגובה עשרות אלפי קילומטר. התברר כי רעיון זה בלתי ישים, אך כיום יש תוכניות חדשות לבניית מעלית שתגיע לחלל. בשאלה זו נעסוק במקרה דמיוני שבו טיפס יעקב על מגדל גבוה מאוד הנמצא על קו המשווה של כדור הארץ (ראה תרשים 1). כוח הכבידה שפעל על יעקב לפני שהוא התחיל לטפס היה 700 ניוטון.



תרשים 1

- יעקב הגיע לנקודה שגובהה 3200 ק"מ מעל פני כדור הארץ.
- בסעיפים א-ב הנח כי כדור הארץ אינו מסתובב סביב צירו.
- א. סרטט תרשים המתאר את הכוחות הפועלים על יעקב בנקודה זו. ליד כל כוח רשום את שם הכוח, וציין מי הגורם שמפעיל כוח זה. (6 נקודות)
- ב. חשב את גודל הכוח שהפעילה רצפת המגדל על יעקב בנקודה זו. (8 נקודות)
- ג. בסעיפים ג-ה עליך להתחשב בסיבוב כדור הארץ סביב צירו (ראה תרשים 2).



תרשים 2

- ג. קבע אם גודל הכוח שרצפת המגדל הפעילה על יעקב כאשר כדור הארץ מסתובב סביב צירו קטן מגודל הכוח שחישבת בסעיף ב, שווה לו או גדול ממנו. נמק את קביעתך. (7 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

כשהיה יעקב בגובה 3200 ק"מ הוא זרק לחלל כדור טניס. הכדור החל לנוע סביב כדור הארץ, כלויין, במסלול מעגלי שגובהו 3200 ק"מ מעל פני כדור הארץ.

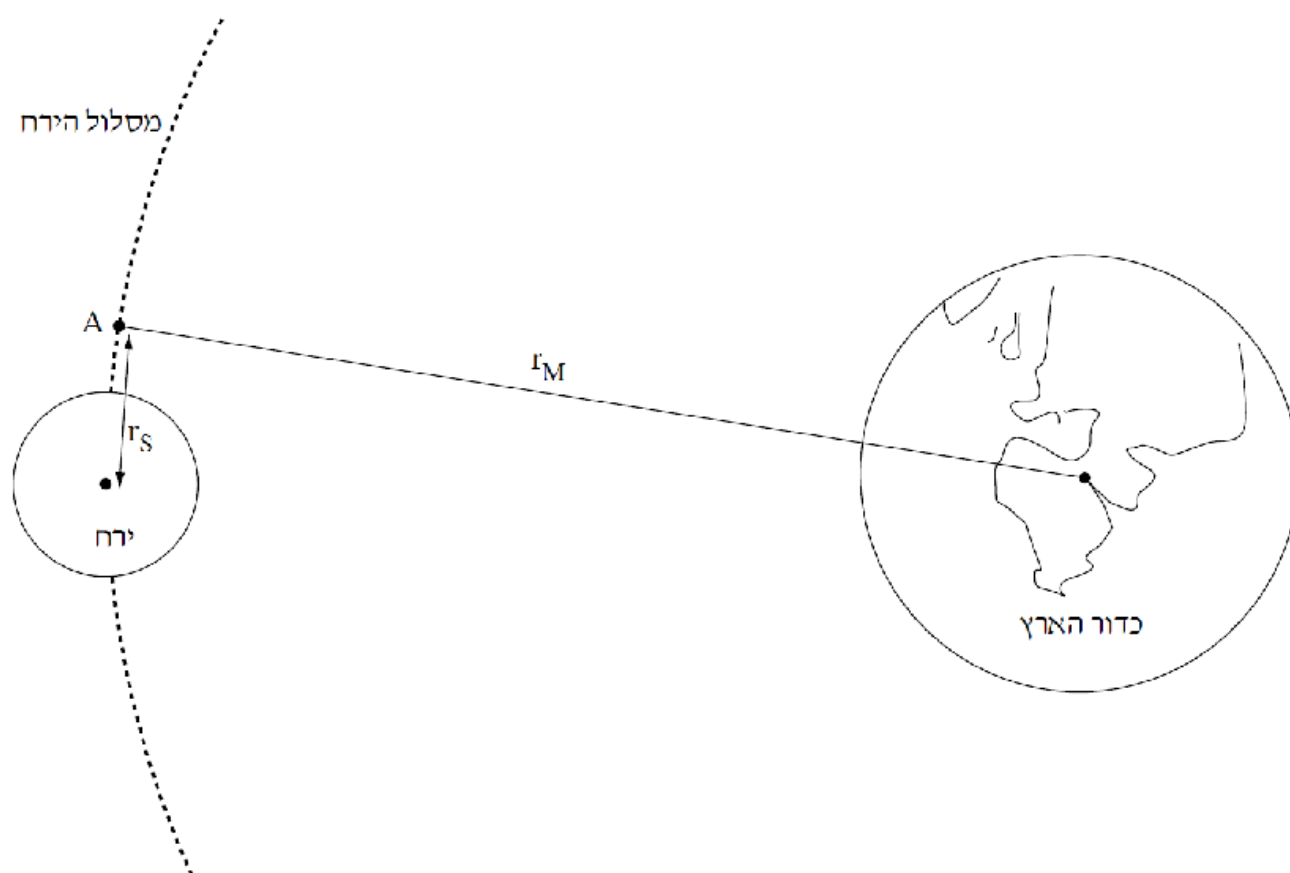
ד. חשב את זמן המחזור של כדור הטניס בתנועתו סביב כדור הארץ. (8 נקודות)

יעקב המשיך לטפס על המגדל עד לגובה שבו הכוח שרצפת המגדל הפעילה עליו התאפס (המגדל ממשיך להסתובב עם כדור הארץ סביב צירו).

ה. חשב גובה זה (מעל פני כדור הארץ). ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

6. בחודש פברואר 2019 שוגרה הגשושית (חללית) הישראלית "בראשית" אל הירח. במהלך תנועתה של בראשית מכדור הארץ אל הירח היא הגיעה לנקודה A. החל מנקודה זו בראשית נעה סביב הירח (ראה תרשים – קנה המידה אינו מדויק). בהמשך תנועתה הופעלו מנועיה של בראשית כדי שהיא תאט ותנחת נחיתה רכה על פני הירח (מהירות אפסית בקרבת פני הירח). בפועל, בשל תקלה טכנית, המהירות של בראשית בקרבת פני הירח הייתה גבוהה מן המתוכנן, והיא התרסקה על פני הירח.

השאלה עוסקת בתנועתה של גשושית דמיונית, המבוססת על תוכנית הטיסה של הגשושית "בראשית".



r_M – הרדיוס של מסלול הירח סביב כדור הארץ.

r_S – מרחק הנקודה A ממרכז הירח.

נתון: גובה הנקודה A מפני הירח הוא $h = 200\text{km}$.

א. חשב את היחס בין הגודל של כוח הכבידה F_E שכדור הארץ מפעיל על הגשושית לבין הגודל של כוח הכבידה F_M שהירח מפעיל על הגשושית, ברגע שבו היא חולפת בנקודה A. (8 נקודות)

ב. חשב את גודל המהירות של הגשושית, v_A , במסלולה המעגלי r_S סביב הירח. (6 נקודות)

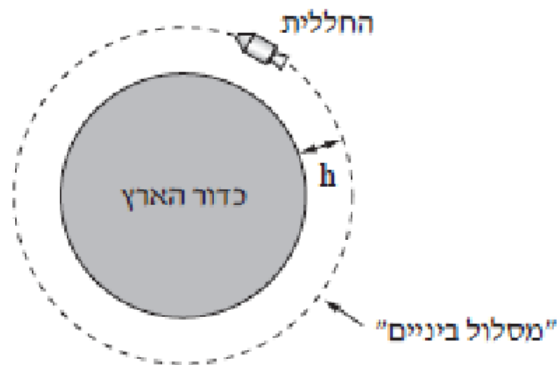
עומר, תלמיד מגמת פיזיקה, טוען כי r_M ו- T_M (זמן המחזור של הירח סביב כדור הארץ) ידועים, ולכן אפשר לחשב את זמן המחזור T_S של הגשושית במסלול המעגלי r_S בעזרת החוק השלישי של קפלר. דנה, הלומדת עם עומר באותה הכיתה, אינה מסכימה עם טענה זו. ג. קבע מי צודק, עומר או דנה. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

הנח כי מסת הגשושית קבועה, $m = 164\text{kg}$, וכי הגשושית נחתה על פני הירח במהירות אפס. ד. חשב את העבודה W המבוצעת על הגשושית בעוברה מן המסלול r_S ועד נחיתה הרכה על פני הירח. בחישובך הזנח את השפעת כדור הארץ על הגשושית. (8 נקודות)

נתון כי בשלב הנחיתה הרכה, המנועים של הגשושית פולטים גזים בכיוון תנועתה של הגשושית. ה. השתמש בשיקולים פיזיקליים והסבר מדוע המנועים פולטים את הגזים בכיוון זה. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

6. ביולי 1969 במשימת אפולו 11 נשלחה חללית אל הירח. בדרכה הוכנסה החללית ל"מסלול ביניים" מעגלי סביב כדור הארץ, ובו היא נעה כמו לוויין (ראה תרשים 1). ממסלול הביניים המשיכה החללית אל הירח. במהלך משימה זו נחתו לראשונה אנשים על פני הירח.

הנח כי מסת החללית היא m וגובה מסלול הביניים מעל פני כדור הארץ הוא $h = 190\text{km}$.



תרשים 1

בסעיפים א-ג הנח כי רק כדור הארץ משפיע על החללית.

- א. השתמש בקבועים הנתונים בדף הנוסחאות וחשב את גודל המהירות של החללית במסלול הביניים. (7 נקודות)
- ב. תלמידה טוענת כי על פי החוק הראשון של ניוטון, במסלול הביניים החללית במצב התמדה, מאחר שהיא נעה במהירות שגדלה קבוע. קבע אם התלמידה צודקת ונמק את קביעתך. (7 נקודות)
- ג. אילו הייתה לחללית הנעה במסלול הביניים הנתון מסה גדולה יותר:
 - (1) קבע אם גודל המהירות של החללית היה גדל, קטן או לא משתנה. נמק את קביעתך.
 - (2) קבע אם האנרגיה המכנית הכוללת של החללית הייתה גדלה, קטנה או לא משתנה. נמק את קביעתך.

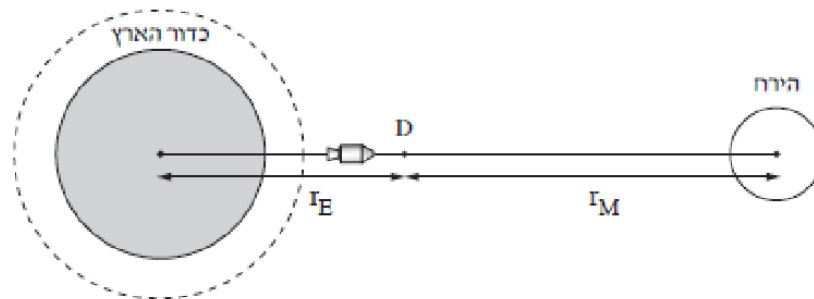
(שים לב לסימן של האנרגיה).

(8 נקודות)

הנח כי החללית המשיכה ממסלול הביניים למסלול סביב הירח לאורך קו ישר המחובר את מרכז כדור הארץ למרכז הירח. הנקודה D נמצאת על ישר זה (ראה תרשים 2).

נתון: M_E – מסת כדור הארץ, M_M – מסת הירח.

r_E – המרחק ממרכז כדור הארץ עד לנקודה D, r_M – המרחק ממרכז הירח עד לנקודה D.

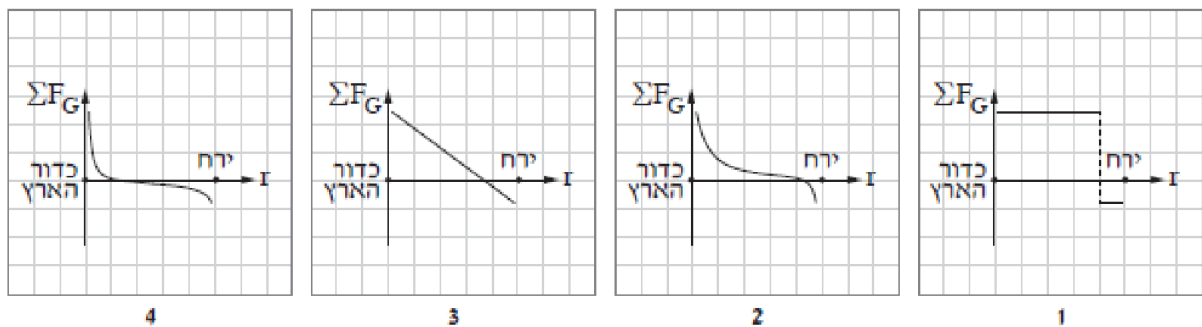


תרשים 2

בסעיפים ד-ה הנח כי רק כדור הארץ והירח משפיעים על החללית.

ד. בטא את שקול כוחות הכבידה הפועלים על החללית, ΣF_G , בנקודה D באמצעות G, m, M_E, M_M, r_E, r_M . (7 נקודות)

לפיך ארבעה גרפים המייצגים באופן מקורב את שקול כוחות הכבידה, ΣF_G , כפונקציה של מרחק החללית ממרכז כדור הארץ, r .



ה. קבע איזה מן הגרפים 1-4 מתאר נכון את שקול כוחות הכבידה, ΣF_G , הפועלים על החללית במהלך תנועתה ממסלול הביניים אל הירח. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

6. סוכנות החלל הישראלית בשיתוף עם סוכנות החלל הצרפתית שיגרו באוגוסט 2017 לוויין זעיר שמכונה VENμS (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; בשלב 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.

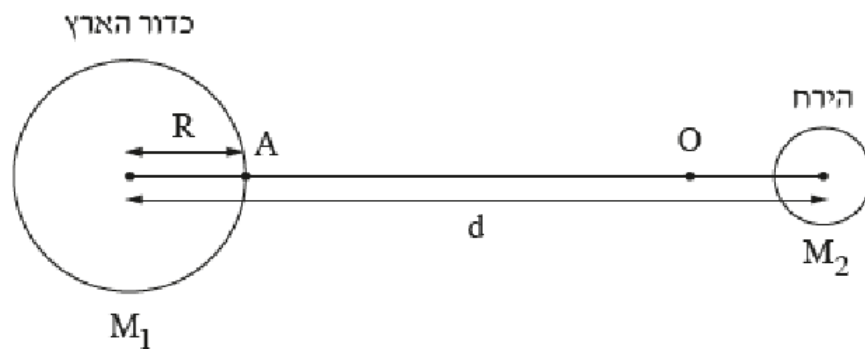
- א. חשב את תאוצת הנפילה החופשית של הלוויין במהלך תנועתו בשלב הראשון (גודל וכיוון). (7 נקודות)
 - ב. חשב את זמן המחזור של הלוויין ואת המהירות המשיקית שלו במסלולו בשלב השני. (10 נקודות)
 - ג. לפניך שלושה היגדים. התייחס לכל אחד מן ההיגדים וקבע אם הוא נכון, שגוי או שאי אפשר לקבוע.
 - (1) האנרגייה הפוטנציאלית הכובדית של הלוויין בשלב הראשון גדולה מן האנרגייה הפוטנציאלית הכובדית שלו בשלב השני.
 - (2) האנרגייה הקינטית של הלוויין בשלב הראשון גדולה מן האנרגייה הקינטית שלו בשלב השני.
 - (3) האנרגייה הכוללת של הלוויין בשלב הראשון שווה לאנרגייה הכוללת שלו בשלב השני.
- נמק את כל קביעותיך.**
(10 נקודות)

סעיף ד שלפניך עוסק בלוויין דמיוני.

- נתון לוויין שנע סביב כדור הארץ במסלול מעגלי שרדיוסו 6900 km. מסת הלוויין היא 300 kg.
- ד. חשב את התוספת המינימלית של האנרגייה הנדרשת כדי לגרום ללוויין להגיע למצב שבו הוא יתנתק מהשפעת כוח המשיכה של כדור הארץ. $(6\frac{1}{3})$ נקודות

2017,5

8. 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. (6 נקודות)

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

ב. בטא באמצעות R , m ו- g את האנרגייה המינימלית E שיש להעניק לחללית כדי להביאו לנקודה O.

שים לב: עליך להתחשב בהשפעות של כדור הארץ ושל הירח על החללית. (10 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

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).

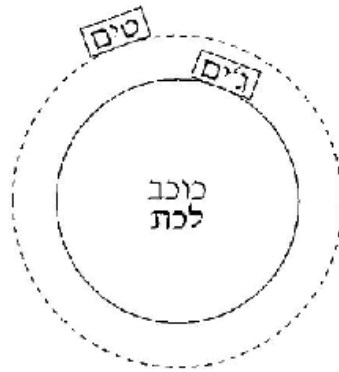
"אפשר לשגר קליע עד הירח אם נותנים לו מהירות התחלתית שגודלה כ- $v = 11 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

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. (4 נקודות)

2016,5

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. (6 נקודות)

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. (3 נקודות)

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

- ג. חשב את הרדיוס של כוכב הלכת. (6 נקודות)
ד. חשב את מסתו של כוכב הלכת. (6 נקודות)
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 1-3 שלפניך נכון. נמק קביעתך.

1. $a > g^*$

2. $a = g^*$

3. $a < g^*$

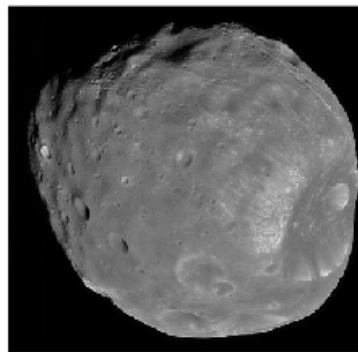
(4 נקודות)

בסרט "כוח משיכה" משנת 2013, האסטרונוטים מנסים להגיע לתחנת החלל הבינלאומית, לאחר שתיקנו לווין 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. (7 נקודות)
- ב. לפניך ארבעה היגדים i-iv.
 - 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 והלוויין היא בקירוב 90% מתאוצת הכובד על פני כדור הארץ.

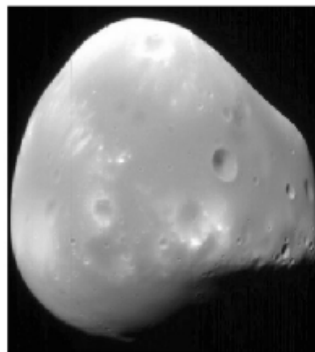
כיצד אפשר להסביר את העובדה שהאסטרונוטים שמתקנים את הלוויין נראים חסרי משקל (מרחפים)? (5 נקודות)
- ד. ברגע מסוים עברה תחנת החלל במסלולה מעל נקודה כלשהי שנמצאת על קו המשווה. כמה פעמים נוספות עברה תחנת החלל מעל נקודה זו ביממה (24 שעות)? (אפשר להזניח את הסיבוב של כדור הארץ סביב עצמו). (6 נקודות)
- ה. האם האנרגיה המכנית של התחנה נשמרת במהלך תנועתה במסלולה המעגלי סביב כדור הארץ? הסבר את קביעתך. (4 נקודות)

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



(NASA)

פובוס



דימוס

זמן המחזור של פובוס בתנועתו סביב מאדים, T_P , הוא 0.3189 יממות ארציות,

ורדיוס מסלולו הוא $r_P = 9.377 \cdot 10^6 \text{ m}$.

זמן המחזור של דימוס סביב מאדים, T_D , הוא 1.262 יממות ארציות.

א. (1) חשב את רדיוס המסלול של דימוס (אפשר להזניח את השפעת הירחים זה על זה).

(2) 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.

(8 נקודות)

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.

(6 נקודות)

חללית קטנה שמסתה 53 kg נשלחה לחקור את מאדים, וריחפה ללא נוע בגובה 20 m

מעל נקודה מסוימת על פני מאדים. הנח שכוכב הלכת מאדים אינו מסתובב סביב צירו.

מטאוראיד שמסתו 1.3 kg נע במהירות קבועה שגודלה $12.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ וכיוונו 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 $R = 3.4 \cdot 10^6 \text{ m}$.

ג. חשב את גודל המהירות של הגוף המורכב מיד אחרי ההתנגשות. (4 נקודות)

ד. כמה זמן אחרי ההתנגשות פגע הגוף המורכב בקרקע המאדים? (7 נקודות)

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. (4 נקודות)

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

חשב את תאוצת הרקטה ברגע ההינתקות. (4 נקודות)

ג. (1) הסבר בקצרה את עקרון הפעולה של מנוע רקטי.

(2) בהנחה שהכוח F קבוע במשך השניות הראשונות, קבע אם בפרק הזמן הזה

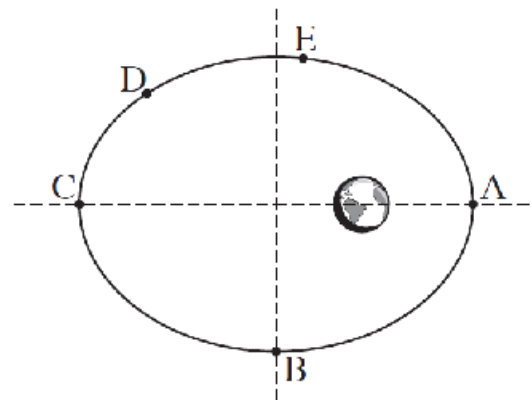
התאוצה גדלה, קטנה או לא משתנה. נמק את קביעתך.

(6 נקודות)

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

ד. בתרשים שלפניך מוצג המסלול הקבוע של הלוויין, שצורתו אליפטית (התרשים אינו מסורטט

בקנה מידה). הלוויין נע סביב כדור הארץ בכיוון השעון.



העתק את התרשים למחברתך, וסמן עליו חצים המייצגים את:

(1) וקטור מהירות הלוויין, בכל אחת מהנקודות B ו-D.

(2) וקטור התאוצה של הלוויין בנקודה A.

(3) וקטור הכוח השקול הפועל על הלוויין, בכל אחת מהנקודות C ו-E.

הסבר את שיקולך.

(8 נקודות)

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

(3 נקודות)

1. האסטרונאוטיות אליס וקורל נחתו על כוכב לכת, וערכו שם ניסוי בנפילה חופשית. הן שחררו גוף מגובה מסוים מעל פני הכוכב ורשמו את מקומו האנכי ביחס לציר ה־y, שכיוונו החיובי כלפי מטה, כפונקציה של הזמן t. מהירות הגוף ברגע $t = 0$ אינה בהכרח אפס. תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניך.

0.48	0.4	0.32	0.24	0.16	0.08	0	t(s)
2.840	2.000	1.400	0.810	0.430	0.150	0.016	y(m)
							v(m/s)

- א. העתק את הטבלה למחברתך. חשב בקירוב את מהירות הגוף בזמן $t = 0.24$ s.
- ב. פרט את חישוביך, וכתוב את התוצאה במקום המתאים בטבלה שבמחברתך. (8 נקודות)
- ג. חשב את מהירות הגוף בזמנים: $t(s) = 0.08, 0.16, 0.32, 0.4$ וכתוב את התוצאות במקומות המתאימים בטבלה שבמחברתך. אין צורך לפרט את חישוביך. (4 נקודות)
- ג. סרטט דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של מהירות הגוף כפונקציה של הזמן. הוסף לדיאגרמת הפיזור קו מגמה. (10 נקודות)
- ד. חשב את השיפוע של קו המגמה. מה מייצג גודל זה? הסבר. (6 נקודות)
- ה. נתון כי רדיוס הכוכב שווה לרדיוס של כדור הארץ. היעזר בתוצאות הניסוי וחשב את היחס בין מסת כוכב הלכת ובין מסת כדור הארץ. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

5. עמוס 1 הוא לווין 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. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)
- ב. חשב את גובה המסלול של הלוויין עמוס 1 מעל פני כדור הארץ. (8 נקודות)
- ג. חשב את גודל התאוצה של הלוויין עמוס 1 במסלולו. (8 נקודות)
- ד. לווין אחר (לא לווין תקשורת) מקיף את כדור הארץ במסלול מעגלי במשך 12 שעות. השתמש בחוקי קפלר וחשב באיזה גובה מעל פני כדור הארץ עובר המסלול של לווין זה. (8 נקודות)
- ה. קבע איזה מההיגדים 1-3 שלפניך אינו נכון, והסבר מדוע הוא אינו נכון.
- (1) תנועת לווין במסלולו היא נפילה חופשית.
- (2) גודל המהירות הקווית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הקווית של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.
- (3) גודל המהירות הזוויתית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הזוויתית של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.
- (5 נקודות)

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. (1) המהירות הקווית של החללית שווה למהירות הקווית של כדור הארץ סביב השמש. הסבר מדוע.

(2) חשב את המהירות הקווית של החללית.

(10 נקודות)

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

ב. בהנחה שאריס נע סביב השמש במסלול מעגלי, חשב את זמן המחזור שלו (בשנים). (8 נקודות)

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

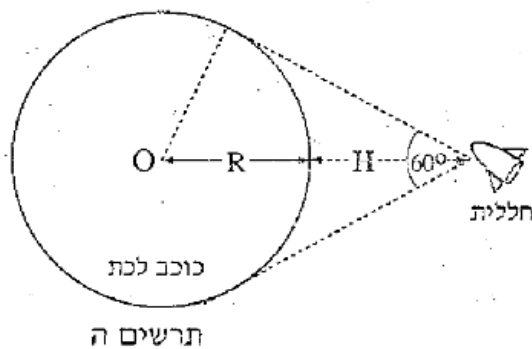
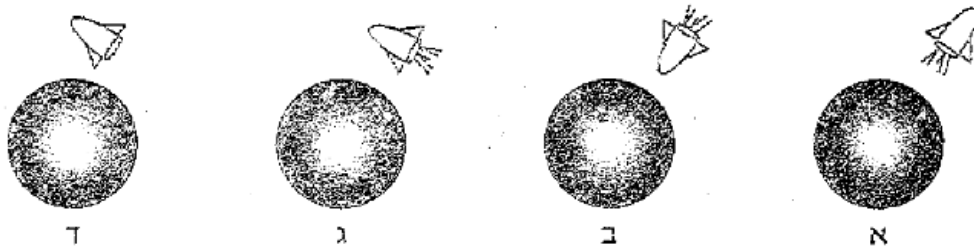
ג. חשב את האנרגיה המינימלית, E_0 , שיש להוסיף לחללית כדי שתעזוב את מערכת השמש. (9 נקודות)

רוצים לשגר את החללית ממסלולה סביב השמש אל 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. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

5. אסטרונוט בחללית רוצה לחקור כוכב לכת שצורתו כדורית.

- א. בשלב מסוים של המחקר, האסטרונוט 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, ובתרשים ד מנוע החללית אינו פועל).
- (7 נקודות)



- האסטרונוט מצא באמצעות מכשיר רדָר כי החללית נמצאת בגובה $H = 10^7 \text{ m}$ 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.
- (4 נקודות)

בעזרת מנוע החללית, האסטרונוט מכניס את החללית לתנועה מעגלית סביב כוכב הלכת (בגובה H מעל פני הכוכב). האסטרונוט 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. (8 נקודות)
- ד. חשב את גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב הלכת. (8 נקודות)
- 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.

($6\frac{1}{3}$ נקודות)

5.

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 ימצא כל העת מעל נקודה קבועה על פני הירח (בדומה ללוויין

תקשורת שנעים מעל כדור הארץ).

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

תנועת הלוויין. (13 נקודות)

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 $3,000 \text{ km}$.

חשב את זמן המחזור של לוויין שנע סביב הירח במסלול מעגלי שרדיוסו

$3,000 \text{ km}$. (8 נקודות)

ג. חשב את תאוצת הנפילה החופשית על פני הירח. (8 נקודות)

ד. ציין תרומה אחת לידע המדעי על אודות מערכת השמש או גרמי שמים במערכת זו,

שתרם אחד מהאישים האלה:

ניקולס קופרניקוס, גלילאו גליליי, טיכו ברהה. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

2004,5

א. פתח את החוק השלישי של קפלר (בנוגע למסלולים מעגליים) על פי חוק הגרוויטציה של ניוטון.

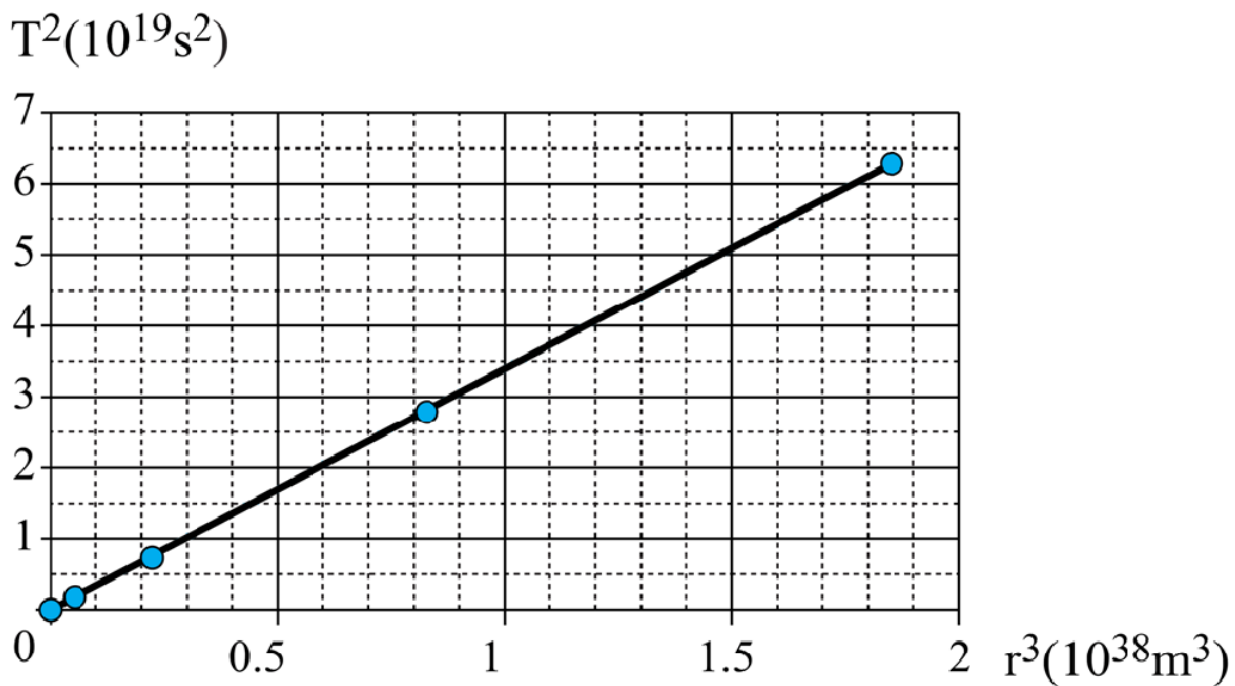
ב. התרשים שלפניך מציג גרף של T^2 (ביחידות 10^{19} s^2) כפונקציה של r^3 (ביחידות 10^{38} m^3) עבור 5 כוכבי לכת.

T - משך הזמן שבו כוכב לכת מקיף את השמש.

r - מרחק כוכב הלכת ממרכז השמש.

(1) חשב את שיפוע הגרף.

(2) חשב בעזרת שיפוע הגרף את מסת השמש.



המשך השאלה בדף הבא

ג. לוויין, שנבנה לצורך תצפיות על השמש, נע במסלול מעגלי סביב השמש.

הלוויין נמצא כל הזמן על הקו המחבר את השמש לארץ,

כמתואר בתרשים.

(מרחק הלוויין מכדור הארץ קבוע.

הנח שגם המסלול של כדור הארץ

סביב השמש הוא מעגלי.)

זמן המחזור של הלוויין בתנועתו סביב השמש

הוא שנה אחת.

רשום את החוק השני של ניוטון עבור תנועת הלוויין,

באמצעות חמשת הגדלים שלפניך:

r — הרדיוס של מסלול התנועה של כדור הארץ סביב השמש

ω — התדירות הזוויתית של תנועת כדור הארץ סביב השמש

M_S — מסת השמש

M_E — מסת כדור הארץ

x — המרחק בין הלוויין לארץ

(8 נקודות)

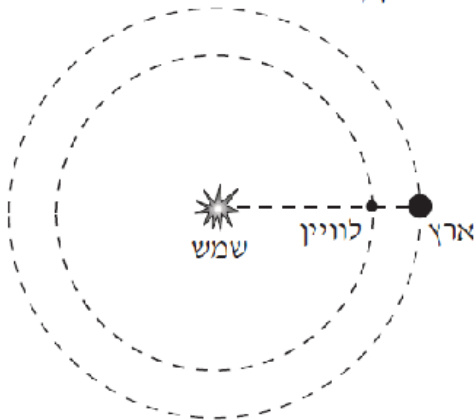
הערה: אין צורך לפתור את המשוואה.

ד. כדור הארץ והלוויין נעים בזמני מחזור זהים, אך רדיוסי המסלולים שלהם שונים.

מכאן נובע שהלוויין אינו מקיים (ביחס לשמש) את החוק השלישי של קפלר

למסלולים מעגליים.

מהי הסיבה הפיזיקלית לאי-קיום חוק זה? ($5 \frac{1}{3}$ נקודות)



5. לוויין תקשורת נע במסלול מעגלי, ונמצא תמיד מעל אותה נקודה P שעל פני כדור הארץ.

א. מהו זמן המחזור, T, של הלוויין? הסבר. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. חשב את רדיוס המסלול של הלוויין. היעזר בחוק השלישי של קפלר ובשלושת הנתונים:

* הערך T שמצאת בסעיף א

* רדיוס המסלול של הירח סביב כדור הארץ
* זמן המחזור של הירח סביב כדור הארץ
(נתונים בדף הנוסחאות)

(12 נקודות)

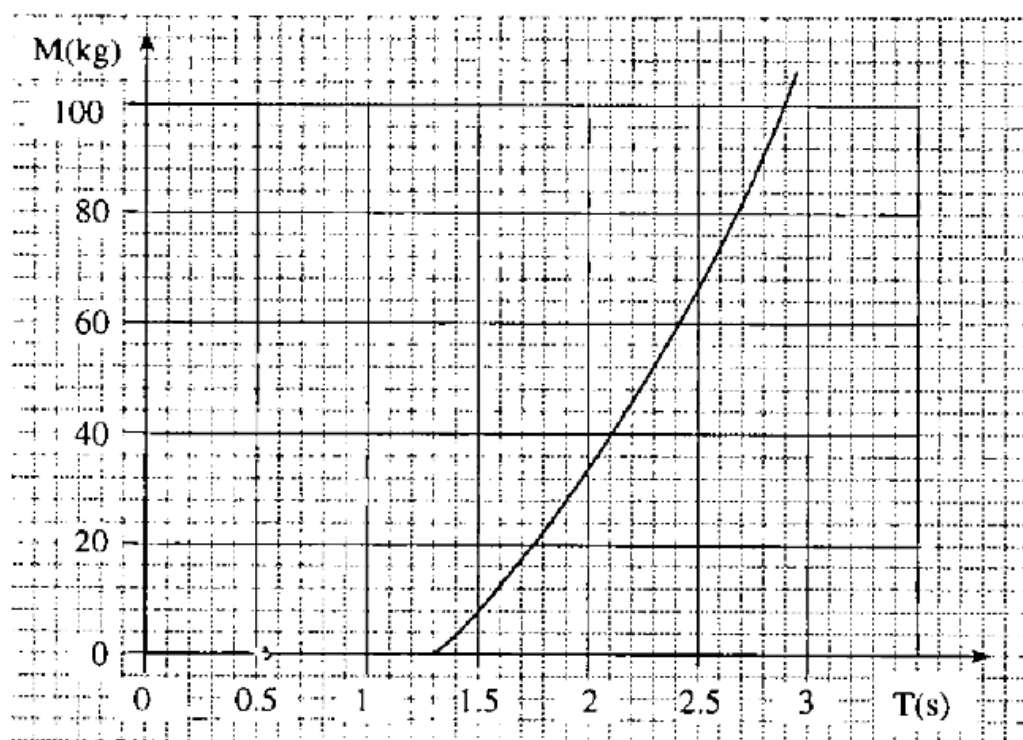
ג. חשב את מהירות הלוויין. (7 נקודות)

ד. הסבר מדוע המסלול של הלוויין חייב להיות מעגלי. (5 נקודות)

ה. הנקודה P חייבת להימצא על קו המשווה. הסבר מדוע. (5 נקודות)

כבידה דינמיקה - 2001

5. כאשר אסטרונוטים שוהים בחלל תקופות ארוכות, יש חשיבות לעקוב אחר שינויים במסת גופם. האמצעי למדידת מסת האסטרונוטים במעבורת החלל "סקיילב" הוא כיסא הקשור לקצה אחד של קפיץ. הקצה האחר של הקפיץ קשור לנקודה קבועה בחללית. אסטרונוט, שאת מסתו רוצים למדוד, נקשר לכיסא. מסיטים את הכיסא ממצב של שיווי-משקל, והאסטרונוט (עם הכיסא) מתנדנד בתנועה הרמונית. בתרשים מתואר גרף כיוול, שמאפשר לקבוע את מסת האסטרונוט M , על-פי זמן המחזור T של תנודות האסטרונוט הקשור לכיסא.



א. זמן מחזור התנודות של אסטרונוט מסוים היה 2.6 s . מה הייתה מסת

האסטרונוט? (4 נקודות)

ב. מהו זמן מחזור התנודות של האסטרונוט שבסעיף א כאשר:

(1) מקטינים את משרעת התנודות פי שניים? (5 נקודות)

(2) מחליפים את הקפיץ בקפיץ אחר, שקבוע הכוח שלו גדול פי ארבעה?

(הזנח את מסת הקפיצים.) (5 נקודות)

ג. אסטרונוט שמסתו M קשור לכיסא שמסתו m ומתנדנד בתנועה הרמונית.

(1) הראה כי הקשר בין M לזמן המחזור T הוא: $M = \frac{kT^2}{4\pi^2} - m$. (7 נקודות)

(2) מצא, בעזרת הגרף, את מסת הכיסא m , אם קבוע הקפיץ

הוא $k = 600 \frac{N}{m}$. (7 $\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. כאשר המעבורת נעה כלוויין סביב כדור הארץ, מודדים את המסה של האסטרונוט

בשיטה שתוארה לעיל, ולא מודדים את משקלו באמצעות מאזני קפיץ כיוון

שהאסטרונוט חסר משקל.

הסבר מדוע אסטרונוט בלויין הוא חסר משקל. (5 נקודות)

1999,5

א. בטבלה שלפניך רשומים נתונים על ארבעה ירחים של כוכב הלכת צדק.

הירח	רדיוס מסלול $\times 10^5 \text{ km}$	זמן מחזור (ימים)
ירח מספר 1	4.22	1.77
ירח מספר 2	6.71	3.55
ירח מספר 3	10.7	7.16
ירח מספר 4	18.83	16.69

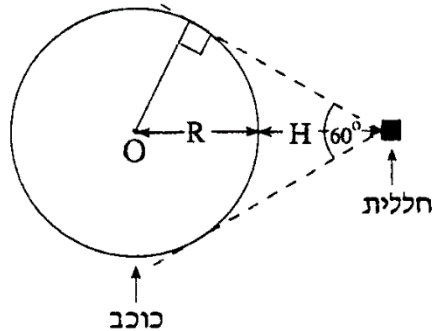
הנח שהירחים נעים במסלולים מעגליים.
הראה כי ארבעה ירחים אלה מקיימים את החוק השלישי של קפלר (שים לב: לא נדרש לשנות יחידות).

ב. רוצים להכניס לוויין למסלול מעגלי סביב כוכב הלכת צדק, שרדיוס מסלולו יהיה 10^5 km . חשב מה יהיה זמן המחזור של תנועת לוויין זה.

ג. בטא את המסה M של כוכב הלכת צדק באמצעות זמן מחזור T ורדיוס מסלול r של אחד מירחיו (אינך נדרש להציב מספרים).

ד. לוויין נע במסלול מעגלי שרדיוסו 10^5 km סביב כוכב לכת שונה מצדק. האם זמן המחזור שלו יהיה שווה לזמן המחזור שחישבת בסעיף ב? הסבר.

5. חללית מתקרבת לכוכב לכת. אסטרונוט הנמצא בתוך החללית עוצר אותה במרחק מסוים מהכוכב (באמצעות מנועי החללית), ומוצא (באמצעות מכשיר רָדָר) כי החללית נמצאת בגובה $H = 10^7 \text{ m}$ מעל פני הכוכב, וכי הכוכב נראה לו בזווית ראייה בת 60° (ראה תרשים).



- א. חשב את הרדיוס (R) של הכוכב. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)
- באמצעות מנועי החללית, האסטרונוט מכניס את החללית לתנועה מעגלית סביב הכוכב (בגובה H מעל פני הכוכב). לאחר מכן הוא מכבה את מנועי החללית, ומוצא כי זמן מחזור התנועה שלה סביב כוכב הלכת הוא 140 דקות. הנח כי צפיפות הכוכב אחידה.
- ב. חשב את מסת הכוכב. (10 נקודות)
- ג. חשב את תאוצת הנפילה החופשית על פני הכוכב. (10 נקודות)
- ד. במהלך תנועת החללית במסלול המעגלי סביב הכוכב, האסטרונוט מחזיק בידו כדור, וברגע מסוים מרפה ממנו. איזו מהאפשרויות הבאות מתארת את תנועת הכדור ביחס לחללית: הכדור ינוע כלפי דופן החללית הקרובה לכוכב, ירחף בחללית, ינוע כלפי דופן החללית הרחוקה מן הכוכב, יבצע תנועה אחרת? נמק. (9 נקודות)

1996,5

5. טיל שוגר מפני כדור הארץ ממנוחה בכיוון אנכי. הטיל עלה בתאוצה קבועה של $20 \frac{m}{s^2}$.

כעבור 5 דקות אזל הדלק במכלי הטיל.

א. באיזה גובה מעל פני כדור הארץ אזל הדלק? (6 נקודות)

ב. מה תאוצת הנפילה החופשית בגובה שבו אזל הדלק במכלי הטיל? (9 נקודות)

ג. לאיזה גובה מקסימלי מעל פני כדור הארץ עלה הטיל? ($12\frac{1}{3}$ נקודות)

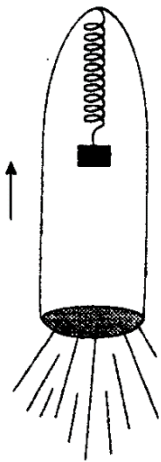
ד. לקצהו של מד-כוח (דינמומטר) התלוי בתוך הטיל

מחובר גוף שמסתו 2 kg (ראה תרשים).

מה תהיה הוראת מד-הכוח:

1. רגע לפני שאזל הדלק? (3 נקודות)

2. רגע אחרי שאזל הדלק? (3 נקודות)



5. השתמש בנתונים שבסוף השאלה לביצוע החישובים, וענה על הסעיפים הבאים.

- א. (1) בטא את מסתו של כוכב לכת באמצעות רדיוסו ובאמצעות תאוצת הנפילה החופשית על פניו. (10 נקודות)
- (2) על-פי הביטוי שמצאת בסעיף א (1), חשב את מסת כדור הארץ. (3 נקודות)
- ב. (1) בטא את מסתו של כוכב לכת באמצעות זמן המחזור של לוויין הנע סביבו ורדיוס מסלולו של הלוויין. (10 נקודות)
- (2) על-פי הביטוי שמצאת בסעיף ב (1), חשב את מסת כדור הארץ. (5 נקודות)
- ג. בדף הנוסחות המצורף לשאלון מופיע הקשר הבא לגבי האנרגיה הקינטית של לוויין הנע במסלול מעגלי סביב כוכב:

$$E_k = \frac{GMm}{2r}$$

הוכח קשר זה. אינך רשאי להשתמש בביטוי לאנרגיה הכוללת (של לוויין) ובביטוי לאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית המופיעים בדף הנוסחות. ($\frac{1}{3}$ 5 נקודות)

נתונים:

רדיוס כדור הארץ הוא $R_E = 6.4 \cdot 10^6 \text{ m}$; המרחק בין מרכז כדור הארץ לבין מרכז הירח גדול פי שישים בקירוב מרדיוס כדור הארץ; משך ההקפה של הירח סביב כדור הארץ הוא 27.3 יממות; תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ היא 9.8 m/s^2 .
קבוע הכבידה העולמי הוא $6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

5. לכוכב לכת דמיוני אין אטמוספירה, רדיוסו $R = 10^7 \text{ m}$ ותאוצת הנפילה החופשית על פניו

היא $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. גוף משוחרר ממנוחה מנקודה A, הנמצאת בגובה R (כרדיוס הכוכב) מעל פני הכוכב.

א. (1) חשב את תאוצת הנפילה החופשית בנקודה A. (8 נקודות)

(2) סרטט גרף מקורב, המתאר את תאוצת הגוף כפונקציה של מרחקו ממרכז

הכוכב, בתנועתו מ-A עד פני הכוכב.

רשום את התבנית המתמטית שעליה הסתמכת. (10 נקודות)

(3) הערך את משך נפילת הגוף מרגע שחרורו עד רגע פגיעתו בפני כוכב הלכת,

באמצעות קביעת גבול עליון וגבול תחתון עבור משך הנפילה. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. חשב את המהירות שבה פוגע הגוף בפני הכוכב. (10 נקודות)

5. א. לווין ירד ממסלול מעגלי גבוה למסלול מעגלי נמוך סביב כדור-הארץ.

האם כתוצאה מכך:

(1) האנרגיה הקינטית של הלוויין קטנה, גדלה או לא השתנתה? נמק. (7 נקודות)

(2) האנרגיה הכוללת של הלוויין קטנה, גדלה או לא השתנתה? נמק. (7 נקודות)

ב. מודדים את משקלו של גוף הנמצא בתוך לווין באמצעות מאזני קפיץ. כאשר

הלוויין נמצא על הקרקע, מראים המאזניים 10 N .

מה מראים המאזניים:

(1) תוך כדי שילוח הלוויין, כאשר תאוצת הלוויין היא $40 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ הסבר. (6 נקודות)

(2) כאשר הלוויין נע במסלול סביב כדור-הארץ, לאחר שפבו מנועי השילוח? הסבר.

(6 נקודות)

ג. לווין מסתובב מעל קו המשווה באותו כיוון שבו מסתובב כדור-הארץ סביב צירו.

זמן המחזור של הלוויין הוא 12 שעות. כל כמה זמן עובר הלוויין מעל נקודת תצפית

מסוימת שעל הקרקע? הסבר. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

5. לווין נע סביב כוכב במסלול מעגלי במהירות v . לווין שני נע סביב אותו כוכב במסלול

מעגלי במהירות $2v$.

א. לאיזה מן הלוויינים רדיוס סיבוב גדול יותר? פי כמה? (10 נקודות)

ב. לאיזה מן הלוויינים זמן מחזור גדול יותר? פי כמה? (10 נקודות)

ג. מטאוריט פגע בלוויין הראשון בכיוון משיק לתנועתו, וגרם להכפלת מהירות הלוויין.

האם יינתק הלוויין מן הכוכב? הסבר. ($13\frac{1}{3}$ נקודות)

5. גוף שמסתו m נופל ממנוחה מגובה h אל כוכב שמסתו M ורדיוסו R . לכוכב אין אטמוספירה.

א. פתח נוסחה לחישוב מהירות הפגיעה v של הגוף בפני הכוכב. בטא את תשובתך

באמצעות h , R ו- g (תאוצת הנפילה החופשית על הכוכב). (10 נקודות)

ב. הראה כי כאשר h קטן מאוד ביחס ל- R ($h \ll R$), ניתנת הנוסחה שפיתחת

בסעיף א להיכתב בקירוב באופן הבא: $v = \sqrt{2gh}$. (10 נקודות)

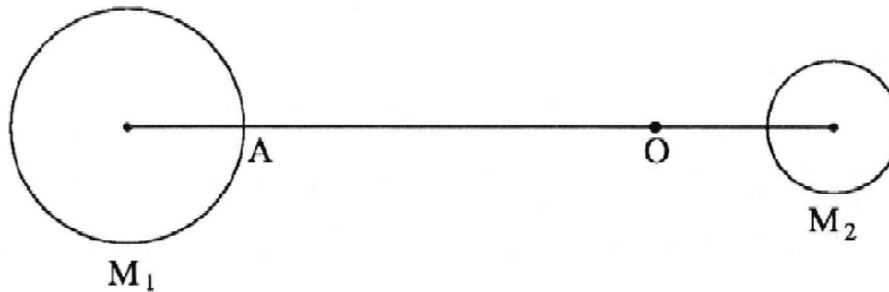
ג. מהו סוג התנועה של הגוף (שוות-מהירות, שוות-תאוצה, אחרת):

(1) כאשר $h \gg R$: הסבר. (8 נקודות)

(2) כאשר $h \ll R$: הסבר. (5 נקודות)

השאלה שלפניך דנה במערכת כדור הארץ והירח, תוך התעלמות מתנועותיהם ומהשפעת גרמי שמיים אחרים. מסת כדור הארץ היא M_1 , מסת הירח היא M_2 , רדיוס כדור הארץ הוא R . המרחק בין מרכז כדור הארץ למרכז הירח הוא d , תאוצת הנפילה החופשית על כדור הארץ היא g .

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



- א. על הישר המקשר את מרכזי כדור הארץ והירח נמצאת נקודה O , אשר גוף שיוצב בה במנוחה יישאר במנוחה (ראה תרשים). מצא את מרחק הנקודה O ממרכז כדור הארץ. בטא תשובתך באמצעות R בלבד.
מנקודה A על פני כדור הארץ משגרים לירח חללית שמסתה m . הנקודה A נמצאת על קו המחבר את מרכז הירח למרכז כדור הארץ (ראה תרשים).
- ב. מהי האנרגיה המינימלית E שיש להעניק לחללית כדי להעלותה לנקודה O ? בטא את תשובתך באמצעות R, m, g . שים לב: עליך לקחת בחשבון את השפעת כדור הארץ והירח על החללית.
- ג. איזה מרכיב באנרגיה של החללית ניתן להזניח, אם נסתפק בדיוק של 99.9% בחישוב E ? הסבר!

- א. מצא ביטוי עבור האנרגיה הדרושה להעלות חללית מכן שיגור, הנמצא על פני כדור הארץ, למסלול מעגלי סביב כדור הארץ. בטא תשובתך באמצעות :
- m - מסת החללית.
- R - רדיוס כדור הארץ.
- r - רדיוס מסלול החללית הנעה מסביב לכדור הארץ.
- g - תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ.
- הזנח, בסעיף א' בלבד, את סיבוב כדור הארץ סביב צירו.
- ב. תחנת חלל, המשמשת בלווין תקשורת, מקיפה את כדור הארץ במישורו של קו המשווה, ונשארת תמיד מעל אותה נקודה על פני כדור הארץ. באיזה גובה מעל פני כדור הארץ תימצא תחנת החלל ? (בטא תשובתך בק"מ).

1987,5

- משלחים טיל במהירות התחלתית v_0 מפניו של כוכב-לכת דמיוני, שרדיוסו R ומסתו M (לכוכב-הלכת הדמיוני אין אטמוספירה). כשהטיל מגיע למרחק $3R$ מפניו של כוכב-הלכת מהירותו $0.25v_0$.
- א. מהי מהירות השילוח v_0 של הטיל? (בטא את v_0 בעזרת קבוע הגרוויטציה G והנתונים M ו R).
- ב. מה צריך להיות כיוון השילוח של הטיל, כדי שיגיע לגובה מרבי? נמק. מהו גובה זה מעל פני הכוכב? (בטא תשובתך באמצעות R).
- ג. מהי המהירות המינימלית, $v_{\min}$, הדרושה לשיגור הטיל כדי לשחררו לחלוטין מכוכב-הלכת הדמיוני?

1984,3

- רדיוסם וצפיפותם של שני כוכבים A ו-B הם: ρ_A, R_A ו- ρ_B, R_B בהתאמה. הנח כי הכוכבים הומוגניים, דהיינו, צפיפותם קבועה. (את התשובות לשאלות הבאות עליך לבטא באמצעות ארבעת הגדלים האלו בלבד).
- א. מהו היחס בין תאוצות הנפילה החופשית על פני שני הכוכבים?
- ב. קרוב לפניו של כל אחד מהכוכבים סובב לוויין במסלול מעגלי. מהו היחס בין זמני המחזור של שני הלוויינים?
- ג. מהו היחס בין האנרגיות הכוללות (קינטית + פוטנציאלית) של שני הלוויינים, בהנחה שמסותיהם שוות? (הנח כל באינסוף האנרגיה הפוטנציאלית שווה לאפס).
- ד. מפניו של כל אחד מהכוכבים משלחים טיל אל מחוץ לתחום המשיכה של הכוכב. מהו היחס בין המהירויות ההתחלתיות המינימליות שיש להקנות לטילים? הנח כי לכוכבים אין אטמוספירה.

1982,3

לוויין בעל מסה $m = 10^3 \text{ kg}$ מקיף את כדור-הארץ במשך זמן T_1 במסלול מעגלי שרדיוסו R_1 . כדי להעלות את הלוויין ממסלול זה למסלול מעגלי שרדיוסו R_2 ($R_2 > R_1$), דרושה אנרגיה של $\Delta E = 6 \times 10^9 \text{ J}$. זמן המחזור במסלול החדש הוא T_2 .

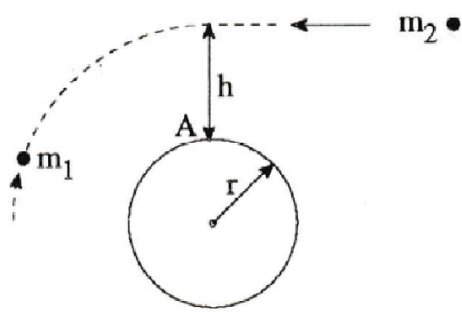
א. מהו הרדיוס R_1 , של המסלול הראשון של הלוויין, אם ידוע כי היחס בין זמני המחזור של שני המסלולים

$$\frac{T_2}{T_1} = 8$$

ב. מהו זמן המחזור T_1 של הלוויין במסלולו הראשון?

ג. מהי האנרגיה שהיתה דרושה כדי להעלות את הלוויין מכך-השילוח שעל פני כדור-הארץ ולהכניסו למסלול ההקפה הראשון שלו?

1981,2



לווין בעל מסה $m_1 = 500\text{kg}$ מקיף את כדור-הארץ במסלול מעגלי, בגובה $h = 3r$ מעל פני כדור-הארץ (הנח כי r - רדיוס כדור-הארץ שווה ל- $6,400\text{km}$). בהיות הלווין מעל הנקודה A על פני כדור-הארץ, מתנגש בו מטאוריט בעל מסה $m_2 = 100\text{kg}$. כתוצאה מכך נעצרים הלווין והמטאוריט להרף עין, ולאחר מכן מתחילים שניהם ליפול יחדיו בכיוון אנכי כלפי מטה.

א. מה היתה מהירות הלווין לפני שהתנגש בו המטאוריט?

ב. מה היתה מהירות המטאוריט ברגע ההתנגשות?

ג. מהי כמות החום (בג'אולים) שהתפתחה כתוצאה מההתנגשות?

ד. באיזו מהירות היו הלווין והמטאוריט מגיעים אל פני כדור-הארץ ופוגעים בנקודה A, אילו בשעת נפילתם לא היו פועלים עליהם כוחות חיכוך (כמו התנגדות האוויר)?