

יסודות הפיזיקה 20125

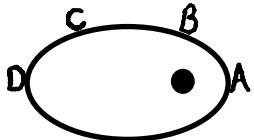
פרק 14 - כבידה

תוכן העניינים

1
1. כבידה

כבידה:

שאלות:



1) קפלר חוק שני

כוכב לכט מוקף שמש רחוכה במסלול אליפטי.
באיזה נקודה מהירות הגוף הכgi גדולה ובאיזה הכgi קטנה?
نمך תשובתך 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 הקפטו המומוצע את צדק
הוא : 422,000 ק"מ.

רדיויס ההקפה המומוצע 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 הקפטו המומוצע
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 שפועל כדור הארץ על הירח?

ב. מהי תואצת הירח?

ג. מה הכוח שהירח מפעיל על כדור הארץ?

ד. מהי תואצת כדור הארץ?

4) חוק הכבידה 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 התואצה 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 100kg מקיף את כדור הארץ בגובה $3,620\text{km}$.

- מה מהירותו (בנחתה שמסלולו מעגלי)?
- מה יהיה זמן המחזור שלו?
- מה תאוצת הלויין בנקודה בה הוא נמצא?
- 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 חייזרים, שורצים לשגר לוויין שמסתו $200\text{kg} = m$, כך שיקיפו בזמן מחזור של 20 שעות.

- מה תהיה המהירות הזוויתית של לוויין זה?
- מה יהיה רדיוס הקפתו?
- מה תהיה תאוצת הלויין בגובה בו הוא נמצא?
- מה תהיה תאוצת הנפילה החופשית בגובה בו הלויין נמצא?
- 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 גיאואסטרטוני.

- איך זה אפשרי?
- מה גובה לוויין זה מעל פני הקרקע?
- מה מהירותו?
- הסבירו מדוע מסלול כזה אפשרי רק מעל קו המשווה.

9) חוסר משקל

בתוך החללית תלוי משקולת, שמשקלת 2kg , על חוט.

מה תהיה המתיחות בחוט בכל שלב:



- במנוחה על כדור הארץ.
- מאייצה לעבר החלל החיצון ב- $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.
- עכרת בגובה $h = 10,000\text{km}$.
- נכנת למסלול מעגלי בגובה זה.

10) 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 $b = g^*$ את תאצת הגוף בגובה שבו סובבת המעבורת סביב כוכב הלכת.

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

$$a > g^* .i$$

$$a = g^* .ii$$

$$a < g^* .iii$$

11) קיז 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.

הנה שמסלול התחנה הוא מסלול מעגלי, והכוח היחיד הפועל על התחנה הוא כוח המשיכה של כדור הארץ.

א. חשב את תאוצת התחנה בהיותה במסלול המתויר בפתח לשאלת.

ב. לפניך 4 היגדים זו-ז.

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 הפעלים על תחנת החלל הנעה במסלולה שווה לאפס.

iv. תחנת החלל נעה במסלולה במהירות ובתאוצה קבועות.

ג. ידוע כי תאוצת הכבוד בגובה המסלול של התחנה היא בקירוב 90% מתאצת הכבוד על פני כדור הארץ.

כיצד אפשר להסביר את העובדה שהאстрונאוטים שמתקנים את הלוויין נראים חסרי משקל (מרחפים)?

ד. ברגע מסוים עברה תחנת החלל במסלולה מעלה נקודה כלשהי שנמצאת על קו המשווה.

כמה פעמים נוספת עברה תחנת החלל מעלה נקודה זו ביוםמה (24 שעות)?
(אפשר להזניח את הסיבוב של כדור הארץ סביב עצמו).

ה. האם האנרגיה המכנית של התחנה נשמרת במהלך תנועתה במסלולה המרugal סביב כדור הארץ? הסבר את קביעתך.

12) קיז 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 תרשימים של הכוחות הפעלים על הרקטה בזמן השיגור.
הנה שהתנדות האויר זניחה.

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

חשב את תאוצת הרקטה ברגע ההינתקות.

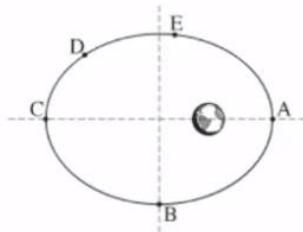
ג. ענה על הסעיפים הבאים:

ה. הסבר בקצרה את עקרון הפעולה של מנוע רקטי.

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

ברגע מסוים הלוין מתנתק מהרकתה, וממשיך לנوع בהשפעת כוח הכביד של כדור הארץ.

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



העתק את התרשימים למחברתך, וסמן עליו חצים המיצגים את :

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

ו. וקטור התאוצה של הלוין בנקודה A.

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

ה. קבוע באיזו משתי הנקודות A ו-E מהירות הלוין היא מרבית. נמק את קביעתך.

13) קיץ 2011 שאלה 5

עמוס 1 הוא לוין תקשורתי ישראלי הראשון, שפיתחה התעשייה האווירית של ישראל. המסלול של הלוין עמוס 1 הוא מעגלי (בקירוב). כלוין תקשורת עמוס 1 נמצא כל הזמן מעל אותה נקודה A שעל פני כדור הארץ.

א. קבוע את זמן המחזור של הלוין עמוס 1. נמק את קביעתך.

ב. חשב את גובה המסלול של הלוין עמוס 1 מעל פני כדור הארץ.

ג. חשב את גודל התאוצה של הלוין עמוס 1 במסלולו.

ד. לוין אחר (לא לוין תקשורת) מקיף את כדור הארץ במסלול מעגלי במשך 12 שעות. השתמש בחוקי קפלר וחשב באיזה גובה מעל פני כדור הארץ עבר המסלול של לוין זה.

ה. קבוע איזה מההגדים ווiii- שלפניך אינו נכון, והסביר מדוע הוא אינו נכון.

ו. תנועת לוין במסלולו היא נפילה חופשית.

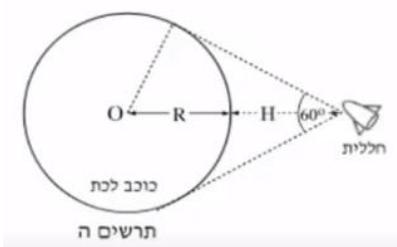
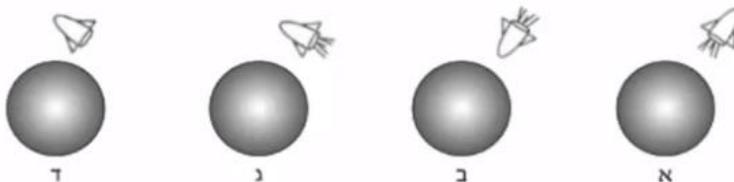
וii. גודל המהירות הקווית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הקווית של הלוין עמוס 1 הנע במסלולו.

וiii. גודל המהירות הזוויתית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הזוויתית של הלוין עמוס 1 הנע במסלולו.

14) קיץ 2009 שאלה 5

אסטרונואוט בחללית רוצה חקור כוכב לכת שצורתו כדורית.

- א. בשלב מסויים של המחקה, האסטרונואוט בחללית נמצא במנוחה ביחס למרכז כוכב הלכת. איזה מהתרשיים א-ד שלפניך, מותאר נכון את מצב החללית ביחס לכוכב הלכת? נמק את תשובתך.
 (שים לב: בתרשימים א-ג מנווע החללית פועל, בתרשימים ד מנווע החללית אינו פועל).



האסטרונואוט נמצא באמצעות מכשיר רדיו כי החללית נמצא בגובה $m = 10^7$ מטר מפני כוכב הלכת, וכי רואים את כוכב הלכת בזווית ראייה של 60° .

ו. הוא מרכזו כוכב הלכת (ראה תרשימים ה).

ב. חשב את הרדיוס, R, של כוכב הלכת.

בעזרת מנווע החללית, האסטרונואוט מכניס את החללית לתנועה מעגלית סיבוב כוכב הלכת (בגובה H מעל פני הכוכב). האסטרונואוט נמצא כי זמן מחזור התנועה של החללית סביב כוכב הלכת הוא 150 דקות. הנח כי ציפויות 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 הנדרשת פעולה מנוועי החללית כדי לקיים את התנועה המעגלית?

אם כן – הסבר את תפקיד המנוועים, אם לא – הסבר מדוע התנועה המעגלית אפשרית בלי פעולה מנוועי החללית.

15) קי'ז 2006 שאלה 5

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

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 ארכיזות, 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 גדולה: A, הcy קטנה: D.

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

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

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

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

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

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

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

$$6.99 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ה.}$$

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

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

$$M = 7.02 \cdot 10^{25} \text{ kg} \quad \text{ט.} \quad R = 1.53 \cdot 10^7 \text{ m} \quad \text{ג.} \quad \text{ב. ראה סרטון.} \quad \text{ה. } N_{\text{jim}} > N_{\text{Tim}}$$
 (10)

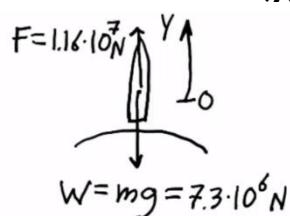
ה. היגד ii הוא נכון.

$$\text{ב. היגד i נכון.} \quad a = 8.7 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{א.}$$
 (11)

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

$$\text{ה. כן.} \quad N = 15 \quad \text{ט.}$$

$$\text{ג.ii. ראה סרטון.} \quad a = 5.89 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב.} \quad \text{א.} \quad \text{ii. גדרה.}$$
 (12)

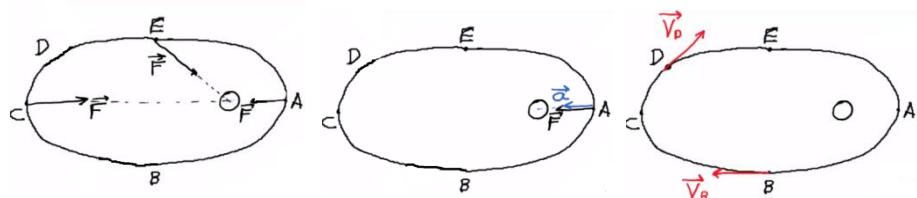


$$v_A > v_E \quad \text{ט.}$$

$$\text{.iii}$$

$$\text{.ii}$$

$$\text{.i.ט}$$



$$h = 2.02 \cdot 10^7 \text{ m} \quad \text{ד.} \quad a = 0.224 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ג.} \quad h = 3.59 \cdot 10^7 \text{ m} \quad \text{ב.} \quad T = 86,400 \text{ sec} \quad \text{א.} \quad \text{(13)}$$

ה. היגד זו לא נכון.

$$g^* = 39 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ד.} \quad M = 5.84 \cdot 10^{25} \text{ kg} \quad \text{ג.} \quad R = 10^7 \text{ m} \quad \text{ב.} \quad \text{(14) א.א.}$$

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

$$d. \text{ ראה סרטון.} \quad a = 1.62 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ג.} \quad T = 0.17_{\text{days}} \quad \text{ב.} \quad r = 8.84 \cdot 10^7 \text{ m} \quad \text{א.} \quad \text{(15)}$$