

מכניקה בפיזיקה

פרק 12 - תנועה מעגלית

תוכן העניינים

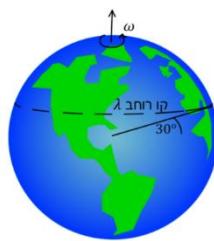
| | | |
|---|-------|---------------------|
| 1 | | 1. תיאוריה ודוגמאות |
| 3 | | 2. תרגילים נוספים |

תיאוריה ודוגמאות:

שאלות:



- 1) **чисוב מהירות זוויתית של מחוגי שעון**
חשב את המהירות הזוויתית של מחוג השניות, מחוג הדקות ומחוג השעות בשעון מלחוגים.



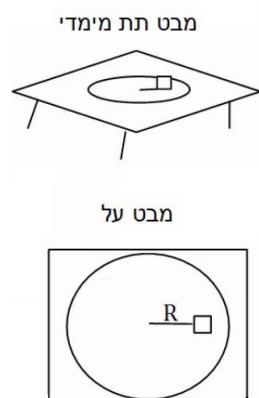
- 2) **чисוב מהירות זוויתית של כדור הארץ**
 א. חשב את המהירות הזוויתית של סיבוב כדור הארץ סביב עצמו.
 ב. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקוטר המשווה, אם רדיוס כדור הארץ הוא בערך $6,400 \text{ km}$?
 ג. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקוטר רוחב 30° ?

- 3) **אבן קשורה לחוט**

אבן קשורה לחוט באורך $l = 1.5 \text{ m}$ ומסתובבת במילוי אופקי עם מהירות זוויתית של $\omega = 3 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. התעלם מכוח הכבידה. $m = 2 \text{ kg}$.

- א. מהי המהירות הקווית של האבן?
 ב. מהי המתיחות בחוט?

- 4) **מסה על דיסק**



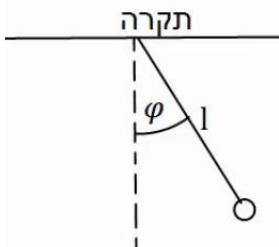
מסה M מונחת על דיסק החופשי להסתובב מעל שולחן אופקי. המסה נמצאת במרחק R ממרכז הדיסק, ובין המסה למשטח יש חיכוך. מסובבים את הדיסק ב מהירות זוויתית ω ונתקו כי המסה אינה זזה ביחס לדיסק.

- א. האם החיכוך בין הדיסק למסה קינטי או סטטי?
 ב. מהו גודלו וכיוונו של כוח החיכוך?
 ג. מהי המהירות הזוויתית המקסימלית שבה ניתן לסובב את הדיסק ככה שהmassה לא תחליק?
 נתון μ .

5) גוף מסתובב ב מהירות קבועה

גוף מסתובב במעגל בעל רדיוס $R = 3\text{m}$ ב מהירות קבועה $v = 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

- מהי המהירות הזוויתית של הגוף?
- מהי התקדמות וזמן המחזור של הגוף?
- כמה זמן לוקח הגוף לעשות שניים וחצי סיבובים?

6) מטוטלת אופקית

מטוטלת באורך $l = 2\text{m}$ תלוייה מהתקרה ומסתובבת במעגל אופקי. זווית החוט עם האנך לתקраה היא $\varphi = 30^\circ$ והיא קבועה במהלך התנועה.
מצאו את זמן המחזור ותדירות הסיבוב של המטוטלת, אם ידוע שהतנועה קצובה.

תשובות סופיות:

1) מהוג שניות: $7.27 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, מהוג דקות: $1.75 \cdot 10^{-3} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, מהוג שעות: $0.105 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

2) א. $400 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ב. $465 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ג. $7.27 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

3) א. $T \approx 27\text{N}$. ב. $|\vec{v}| = \omega R = 4.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

4) א. סטטי. ב. $f_s = M\omega^2 R$. ג. $\omega_{\max} = \sqrt{\frac{\mu_s g}{R}}$

5) א. $t \approx 7.85\text{sec}$. ב. $T = \pi \text{ sec}$: $\omega = 2 \cdot \frac{1}{T}$. ג. $f \approx 0.32 \cdot \frac{1}{\text{sec}}$: $\text{זמן מחזור: } T = \frac{1}{f}$

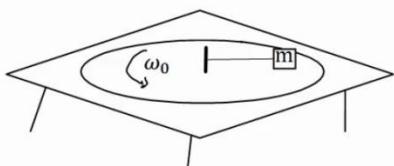
6) $T = 2.61\text{sec}$: $\omega = 2 \cdot \frac{1}{T}$. ג. $f \approx 0.382 \frac{1}{\text{sec}}$: $\text{זמן מחзор: } T = \frac{1}{f}$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) מסה על דיסק קשורה בחרוט

מסה m נמצאת על דיסק המסתובב על גבי שולחן. המסה קשורה בחרוט למותט מרכז השולחן. המוט מסתובב ביחד עם כל הדיסק. נתון כי המסה מסתובבת עם הדיסק במהירות זוויתית ω_0 . מהי המתייחסות בחרוט אם אורכו L ?



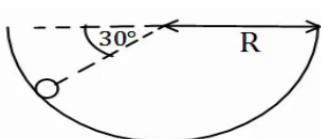
2) קרוסלה בローン פארק

במתקןローン פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה. רדיוס "הцентр" הוא $R = 5\text{m}$ אורך כל כבל הוא $l = 4\text{m}$. הזווית ביחס לאנך לרצפה בה נתוי כל כבל היא 40° מעולות. כמה זמן לוקח לקרוסלה להשלים סיבוב? שים לב שרדיוס הцентр הוא לא רדיוס הסיבוב.



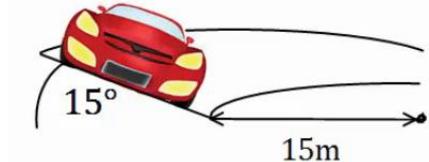
3) כדור בקערה כדורית

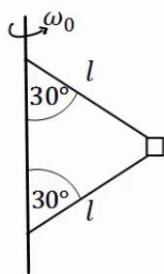
כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס R . מניחים את הכדור בזווית של 30° מעולות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות ההתחלתית לתוך הקערה. מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש, כך שהכדור יישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?



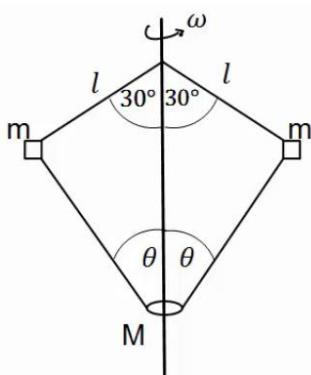
4) מכונית במחלף

מכונית נוסעת על מחלף משופע. זווית השיפוע של המחלף היא 15° מעולות. רדיוס הסיבוב של המחלף הוא 15 m מטרים. אם נניח שלמכונית אין חיכוך עם הכביש, מה המהירות בה צריכה לנסוע המכונית על מנת לא להחליק?



**5) מסה קשורה לעמוד מסטובב**

בצירות הבא מסה m קשורה דרך שני חוטים למוט, המסתובב ב מהירות זוויתית נתונה ω_0 . אורך החוטים זהה ונתנו l . הזריות של החוטים עם המוט היא 30° מעלה. מהי המתייחסות בכל חוט?

**6) שתי מסות קשורות למוט מסטובב וחרוֹז**

בצירות הבא 2 מסות זהות $m = 200\text{g}$ קשורות למוט מסטובב, באמצאות חוטים באורך $l = 20\text{cm}$. המסות קשורות גם לחרוֹז בעל מסה $M = 0.5\text{kg}$, באמצאות שני חוטים נוספים באורך לא ידוע. החרוֹז חופשי לנوع לאורך המוט.

המוט מסטובב ב מהירות זוויתית $\omega = 20 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ וכל המערכת איתו. הזריות של החוטים עם המוט נתונות באירור. מהי המתייחסות בכל חוט ומהי הזרית θ ?

7) מסה על שולחן מסטובב קשורה לשתי מסות

גוף שמסתו $m_1 = 5\text{kg}$ מונח על דיסק חלק המסתובב ב מהירות זוויתית ω .

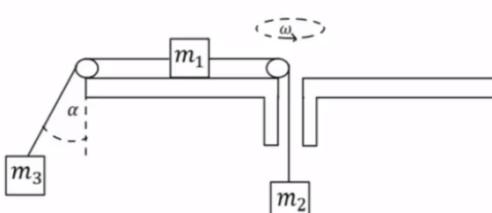
הגוף קשור מצד אחד למסה $m_2 = 3\text{kg}$ באמצאות חוט העובר דרך חור במרכז הדיסק. מצד שני הגוף קשור למסה $m_3 = 1\text{kg}$ באמצאות חוט היוצא מקצת הדיסק בזווית α , לא ידועה, ביחס לאنك מהדיסק. רדיוס הסיבוב של כל אחד מה גופים קבוע. נתון כי הרדיוס של m_1 הוא $R_1 = 0.3\text{m}$.

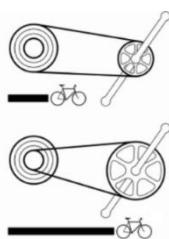
א. ציירו את הכוחות הפועלים על כל גוף בנפרד.

ב. מהי המתייחסות בכל חוט?

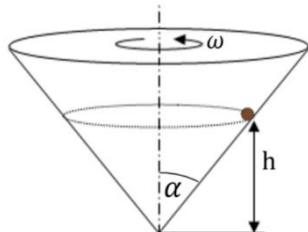
ג. מהי הזרית α ?

ד. מהו R_3 ?



**8) הילוכי אופניים**

הילוכים של אופניים מורכבים משני גלגלי שיניים ברדיוסים שונים ושרשרת המקיפה את שני הגלגלים. כאשר השרשרת מתוחה האורך שלה קבוע. מצאו את הקשר בין מהירות הסיבוב של גלגלי השיניים אם הרדיוסים שביהם מקיפה השרשרת כל אחד מהגלגלים ידועים.

**9) כדור בחרוט מסתובב**

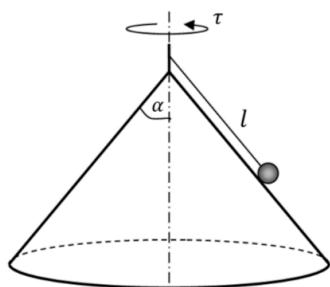
מסובבים חרוט בעל חצי זווית ראש α ב מהירות זוויתית ω .

כדור קטן מסתובב ביחד עם החרוט בגובה קבוע.

א. הניחו כי אין חיכוך ומצאו מהו הגובה h

כתלות ב- α וב- ω ?

ב. מהו הכוח השקול הפועל על הכדור?

**10) כדור על חרוט הפוך**

באירוע הבא הכדור מחובר באמצעות חוט לציר המחבר לראש החרוט.

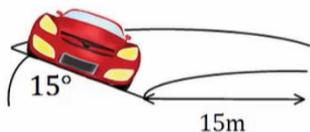
מסובבים את החרוט והכדור מסתובב אליו.

נתונים: אורך החוט l , חצי זווית הראש של החרוט α וזמן המחזור של הסיבוב τ .

א. מהי המהירות הקווית של הכדור?

ב. מהי המתייחסות בחוט ומהו הנורמל?

ג. באיזו מהירות זוויתית יש לסובב את החרוט על מנת שהכדור יתנתק מן המשטח?

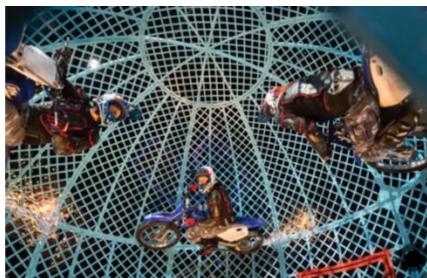
**11) מכונית במלחוף עם חיכוך***

מכונית נוסעת על מלחוף משופע, זווית השיפוע של המלחוף היא 15 מעלות ורדיוס הסיבוב הוא 15 מטרים.

מקדם החיכוך הסטטי בין הכביש למוכנית הוא 0.3.

מצאו את המהירות המקסימאלית האפשרית עבור המכונית כך שלא תחליק.

הערה: בנסיעה רגילה החיכוך הוא סטטי למרות שהמכונית בתנועה, זה קשור לאפקט שנקרוא גלגול ללא החלקה שבו נקודת המגע של הגלגל עם הכביש נמצאת במנוחה רגעית בגלל הסיבוב של הגלגל.

**12) אופנווים בצדור המוט**

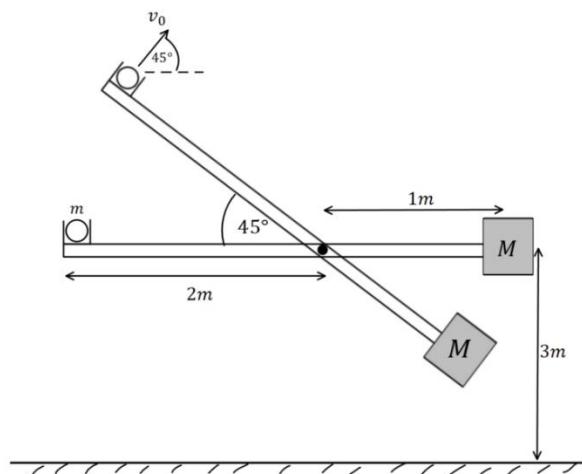
בצדור המוט בקרקס. אופנווים נוסעים במעגל כמעט אופקי.

מהי מהירות המינימלית שהאופנווים צריכים לנסוע בשביל להישאר במעגל האופקי אם רדיוס המעגל הוא 12 מטר ומקדם החיכוך הסטטי בין האופנוו למשטח הוא 0.4?

13) מתקן לשיגור הצדור

הציפור מראה מתקן לשיגור הצדור, המורכב ממוט שאורכו 3 מטר שיכול להסתובב סביב ציר אופקי קבוע הנמצא במרחק מטר אחד מקצהו הימני ו-2 מטרים מקצהו השמאלי, כמוראה בציור. הציר קבוע בגובה $h = 3m$ מהרצפה. הצדור שמסתו $m = 2kg$ מונח במיכל פתוח הקבוע בקצהו השמאלי של המוט. משחררים את המערכת ממנוחה במצב אופקי והמוות מתחילה להסתובב. קיימים מגננון (אינו מורה בציור) שעוצר את המוט כשהוא מגע לזווית של 45° ביחס לרצפה, וזה גורם לקלייע לעזוב את המיכל בזווית זו של 45° מעלה לרצפה ב מהירות $v_0 = 4 \frac{m}{sec}$. מסת המוט וଘיכוך זניחים.

- מהי מהירות M זמן קצר יותר לפני שהמוות נעצר בזווית של 45° ?
- מהי מסת המשקולת, M , הדרישה כדי שהצדור יעזוב את המוט ב מהירות הנתונה v_0 בזווית הנ"ל?
- באיזו מהירות יפגע הצדור ברצפה, אם הוא עוזב את המוט ב מהירות הנתונה בסעיף א'?



14) חוט נקרע במעגל אנכי גבוה*

כדור קטן שמסתו m קשור לקצהו של חוט שאורכו l .

הכדור מסתובב במעגל אנכי שמרכזו בגובה $2l$ מעל הרצפה.

כאשר החוט מתוח והכדור נמצא אנכית מעל ציר סיבוב

משמעותי לו מהירות אופקית v_0 .

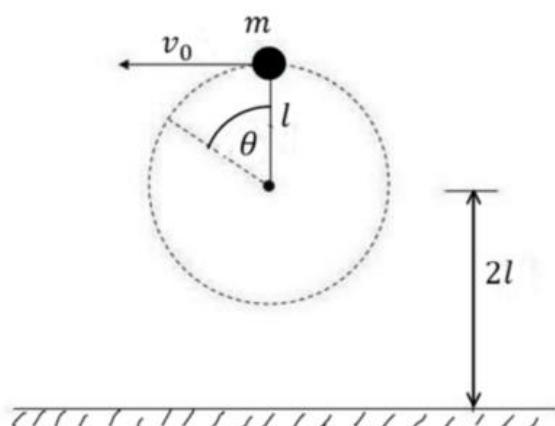
א. מה מהירות המינימלית v_0 הנדרשת כדי שהכדור יבצע תנועה מעגלית שלמה?

$$v_0 = 1.5\sqrt{gl}$$

אם החוט נקרע ברגע שמהירותו עולה על 5.25m/s מצאו את הזווית θ שבה יקרע החוט.

ג. מה מהירות הorzדור ברגע שהחוט נקרע, אם נתון $l = 2\text{m}$?

ד. תוך כמה זמן מרגע קריית החוט יפגע הorzדור ברצפה?



תשובות סופיות:

$$T = m\omega_0^2 L \quad (1)$$

$$t \approx 5.98 \text{ sec} \quad (2)$$

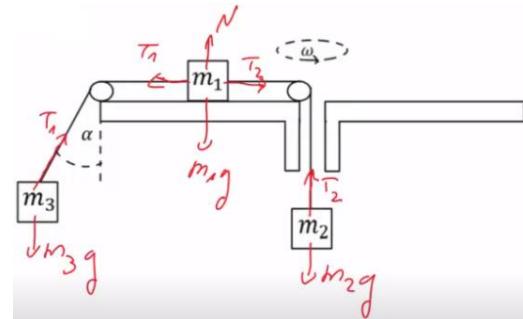
$$v_0 = \sqrt{\frac{3}{2} R g} \quad (3)$$

$$v \approx 6.34 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (4)$$

$$T_1 = \frac{1}{2} m\omega_0^2 l + \frac{1}{\sqrt{3}} mg, T_2 = \frac{1}{2} \left(m\omega_0^2 l - \frac{2}{\sqrt{3}} mg \right) \quad (5)$$

$$T_1 \approx 5.2 \text{ N}, T_2 \approx 5.95 \text{ N}, \theta \approx 65.16^\circ \quad (6)$$

$$T_1 = 24 \text{ N}, T_2 = 30 \text{ N} \quad .ב \quad .א \quad (7)$$



$$R_3 \approx 5.5 \text{ m} \quad .ג \quad \alpha \approx 65^\circ \quad .א$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} \quad (8)$$

$$h = \frac{g}{\omega^2 \tan^2 \alpha} \quad (9)$$

$$, N = mg \sin \alpha - m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 l \sin \alpha \cos \alpha \quad .ב \quad V = \frac{2\pi}{\tau} l \sin \alpha \quad .א \quad (10)$$

$$\sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha}} \quad .ג$$

$$T = mg \cos \alpha + m\omega^2 a \sin \alpha$$

$$8.9 \frac{m}{\text{sec}} \quad (11)$$

$$17.3 \frac{m}{\text{sec}} \quad (12)$$

$$10.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad .ג$$

$$8.73 \text{ kg} \quad .ב$$

$$2 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad .א \quad (13)$$

$$0.3 \text{ sec} \quad .ג$$

$$10 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad .ג$$

$$110^\circ \quad .ב$$

$$\sqrt{gl} \quad .א \quad (14)$$