

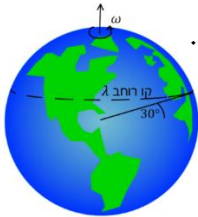
תיאוריה ודוגמאות

שאלות



- (1) חישוב מהירות זוויתית של מחוגי שעות
חשב את המהירות הזוויתית של מחוג השניות,
מחוג הדקות ומחוג השעות בשעון מחוגים.

- (2) חישוב מהירות זוויתית של כדור הארץ



- א. חשב את המהירות הזוויתית של סיבוב כדור הארץ סביב עצמו.
ב. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקו המשווה,
אם רדיוס כדור הארץ הוא בערך 6,400 ק"מ?
ג. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקו רוחב $\lambda = 30^\circ$?

- (3) אבן קשורה לחוט

אבן קשורה לחוט באורך $\ell = 1.5\text{m}$ ומסתובבת במעגל אופקי עם מהירות

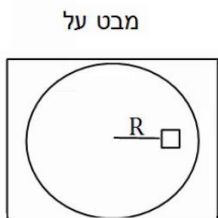
זוויתית של $\omega = 3 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. התעלם מכוח הכובד. $m = 2\text{kg}$.

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

- (4) מסה על דיסק



מבט תת מ'מד'



מבט על

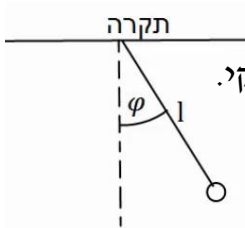
מסה M מונחת על דיסק החופשי להסתובב מעל שולחן אופקי.
המסה נמצאת במרחק R ממרכז הדיסק,
ובין המסה למשטח יש חיכוך.
מסובבים את הדיסק במהירות זוויתית ω
ונתון כי המסה אינה זזה ביחס לדיסק.

- 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 שהמסה לא תחליק?
נתון μ_s .

5) גוף מסתובב במהירות קבועה

גוף מסתובב במעגל בעל רדיוס $R = 3\text{m}$ במהירות קבועה $v = 6 \frac{m}{s}$.

- מהי המהירות הזוויתית של הגוף?
- מהי התדירות וזמן המחזור של הגוף?
- כמה זמן לקח לגוף לעשות שניים וחצי סיבובים?



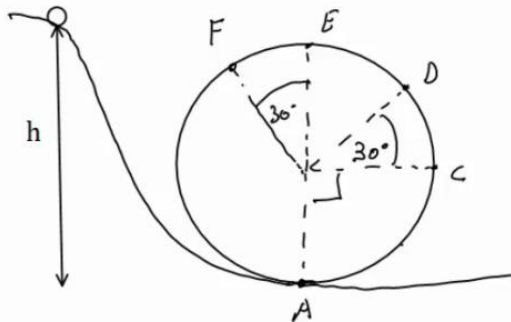
6) מטוטלת אופקית

מטוטלת באורך $\ell = 2\text{m}$ תלויה מהתקרה ומסתובבת במעגל אופקי. זווית החוט עם האנך לתקרה היא $\varphi = 30^\circ$ והיא קבועה במהלך התנועה. מצא את זמן המחזור ותדירות הסיבוב של המטוטלת, אם ידוע שהתנועה קצובה.

7) כדור בלופ

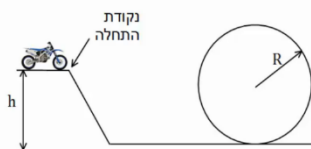
כדור קטן מאוד מתחיל להתגלגל ממנוחה מגובה $h = 6\text{m}$, ונכנס לתוך מעגל אנכי. נתון שהכדור משלים סיבוב ואין חיכוך בינו לבין הרצפה. רדיוס המעגל הוא $R = 2\text{m}$.

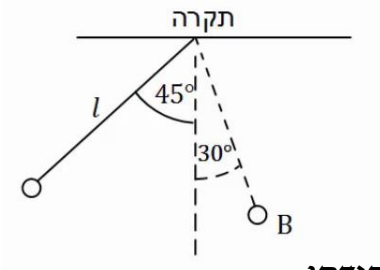
- מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור (רמז: שימור אנרגיה).
- מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.
- מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.
- מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.



8) רוכב אופנוע במעגל אנכי

רוכב אופנוע מתחיל תנועתו מנקודת ההתחלה שבציור. מהי המהירות ההתחלתית המינימלית הנדרשת עבור הרוכב, כך שיוכל להשלים את הסיבוב האנכי? הנח שהרוכב אינו משתמש במנוע לאחר נקודת ההתחלה. נתון: h, R .





9 כוחות במטוטלת

מטוטלת משוחררת ממנוחה מזווית של 45 מעלות. אורך החוט הוא l והמסה היא m .

א. מהי מהירות המסה בתחתית המסלול?

ב. מהי המתיחות בחוט ברגע זה?

ג. מהי מהירות המסה בנקודה B הנמצאת

בזווית 30 מעלות? ומהי המתיחות בחוט באותה נקודה?

ד. מהי המתיחות בחוט בשיא הגובה וברגע השחרור?

תשובות סופיות

1) מחוג שניות: $0.105 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, מחוג דקות: $1.75 \cdot 10^{-3} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, מחוג שעות: $1.45 \cdot 10^{-4} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

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

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

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

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

6) תדירות: $f \approx 0.382 \frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $T = 2.61 \text{sec}$

7) א. $v_A \approx 10.95 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_C \approx 8.94 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_D \approx 7.975 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_E \approx 6.32 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_F \approx 6.73 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב. $a_{r_A} = 60 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $a_{r_B} = 40 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ וכו', לפי הנוסחה $a_r = \frac{v^2}{R}$

ג. $a_{\theta_A} = 0$, $a_{\theta_C} = -g$, $a_{\theta_D} = -10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $a_{\theta_E} = 0$, $a_{\theta_F} = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

ד. $|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{a_r^2 + a_\theta^2}$

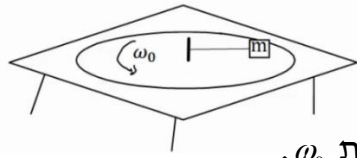
8) $v_{\text{min}} = \sqrt{gR}$

9) א. $v = \sqrt{0.58gl}$ ב. $T = 1.58mg$ ג. מהירות: $v_B = \sqrt{0.32gl}$

ד. בשניהם: $T = mg \frac{1}{\sqrt{2}}$ מתיחות: $T = mg(1.19)$

תרגילים נוספים

(1) מסה על דיסק קשורה לחוט



מסה m נמצאת על דיסק המסתובב על גבי שולחן. המסה קשורה בחוט למוט במרכז השולחן. המוט מסתובב ביחד עם כל הדיסק. נתון כי המסה מסתובבת עם הדיסק במהירות זוויתית ω_0 . מהי המתיחות בחוט אם אורכו L ?

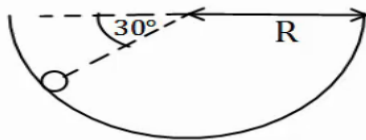
(2) קרוסלה בלונה פארק

במתקן בלונה פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה.



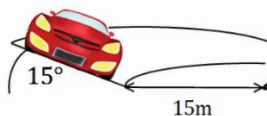
רדיוס "הכתר" הוא $R = 5\text{m}$ אורך כל כבל הוא $l = 4\text{m}$. הזווית ביחס לאנך לרצפה בה נטוי כל כבל היא 40° מעלות. כמה זמן לוקח לקרוסלה להשלים סיבוב? שים לב שרדיוס הכתר הוא לא רדיוס הסיבוב.

(3) כדור בקערה כדורית



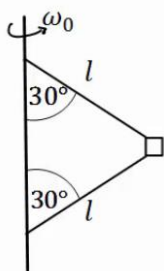
כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס R . מניחים את הכדור בזווית של 30° מעלות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות התחלתית לתוך הדף. מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש, כך שהכדור יישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?

(4) מכונית במחלף

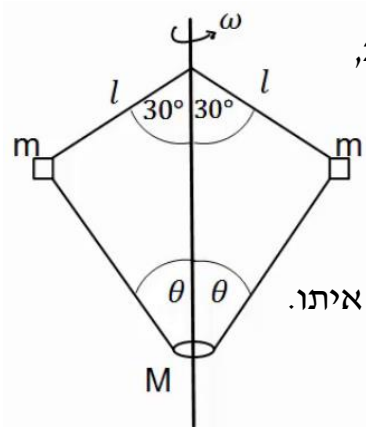


מכונית נוסעת על מחלף משופע. זווית השיפוע של המחלף היא 15° מעלות. רדיוס הסיבוב של המחלף הוא 15 מטרים. אם נניח שלמכונית אין חיכוך עם הכביש, מה המהירות בה צריכה לנסוע המכונית על מנת לא להחליק?

(5) מסה קשורה לעמוד מסתובב



בציור הבא מסה m קשורה דרך שני חוטים למוט, המסתובב במהירות זוויתית נתונה ω_0 . אורך החוטים זהה ונתון l . הזווית של החוטים עם המוט היא 30° מעלות. מהי המתיחות בכל חוט?



- 6) שתי מסות קשורות למוט מסתובב וחרוז
 בציר הבא 2 מסות זהות $m = 200\text{g}$ קשורות למוט מסתובב,
 באמצעות חוטים באורך $l = 20\text{cm}$.
 המסות קשורות גם לחרוז בעל מסה $M = 0.5\text{kg}$,
 באמצעות שני חוטים נוספים באורך לא ידוע.
 החרוז חופשי לנוע לאורך המוט.
 המוט מסתובב במהירות זוויתית $\omega = 20 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ וכל המערכת איתנו.
 הזוויות של החוטים עם המוט נתונות באיור.
 מהי המתיחות בכל חוט ומהי הזווית θ ?

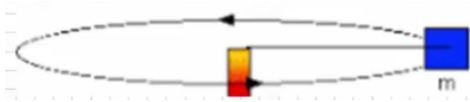
7) תרגיל מעבדה - תנועה מעגלית

בנו מערכת של עגלה מונחת על תקליט מסתובב. למרכז התקליט חיברו ציר קבוע, ואליו מד כוח שמחובר בחוט לעגלה.

| 10t(sec) | T(N) |
|----------|------|
| 15 | 0.5 |
| 14.1 | 0.61 |
| 12.52 | 0.74 |
| 11.4 | 0.92 |
| 10.5 | 1.1 |
| 9.8 | 1.24 |

מסת העגלה היא 200 גרם ורדיו הסיבוב שלה 15 ס"מ. נתון שהעגלה נעה ללא חיכוך בתנועה מעגלית קצובה. סובבו את התקליט במהירויות סיבוב שונות, ולכל מהירות מדדו את מתיחות החוט T , ואת הזמן שלקח לעגלה להשלים 10 סיבובים מלאים ולחזור לנקודת המוצא שלה – נסמן זמן זה ב- $10t$. התוצאות בטבלה שלפניכם:

- הסבירו מדוע מדדו לעגלה פרק זמן של 10 סיבובים ולא אחד.
- בעזרת הידע שלכם על החוק השני של ניוטון ותנועה מעגלית קצובה, פתחו ביטוי למתיחות החוט כתלות בזמן סיבוב בודד של העגלה.
- האם נצפה לקבל גרף ליניארי למתיחות החוט כתלות בזמן מחזור העגלה?
- הגדירו משתנה חדש, כך שגרף מתיחות החוט כתלות בו ייצא ליניארי, והוסיפו אותו לטבלה.
- שרטטו גרף זה.
- בעזרת הגרף ורדיוס הסיבוב, הנתון בתחילת השאלה, מצאו את מסת העגלה, הצפויה מניסוי זה.
- מהי השגיאה היחסית במסת העגלה, בניסוי זה?
- מהם הגורמים לשגיאות ואי-דיוקים, בניסוי זה?



8) מסה על שולחן מסתובב קשורה לשתי מסות

גוף, שמסתו $m_1 = 5\text{kg}$, מונח על דיסק חלק, המסתובב במהירות זוויתית $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.

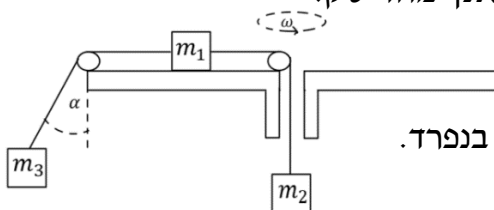
הגוף קשור מצד אחד למסה $m_2 = 3\text{kg}$, באמצעות חוט העובר דרך חור במרכז

הדיסק. מצד שני, הגוף קשור למסה $m_3 = 1\text{kg}$, באמצעות חוט היוצא

מקצה הדיסק בזווית α , לא ידועה, ביחס לאנך מהדיסק.

רדיוס הסיבוב של כל אחד מהגופים 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 המתיחות בכל חוט?

ג. מהי הזווית α ?

ד. מהו R_3 ?

תשובות סופיות

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

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

$v_0 = \sqrt{\frac{3}{2} Rg}$ (3)

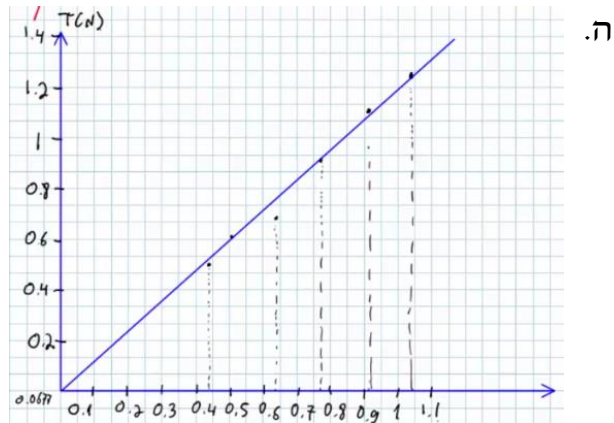
$v \approx 6.34 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ (4)

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

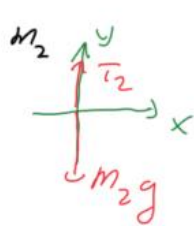
$T_1 \approx 5.2 \text{ N}, \quad T_2 \approx 5.95 \text{ N}, \quad \theta \approx 65.16^\circ$ (6)

(7) א. הסבר. ב. $T = 4\pi^2 mr \frac{1}{t^2}$. ג. לא. ד.

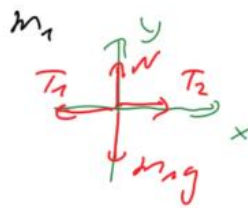
| $t(\text{sec})$ | $\frac{1}{t^2} \left(\frac{1}{\text{s}^2} \right)$ |
|-----------------|---|
| 1.5 | 0.444 |
| 1.41 | 0.503 |
| 1.252 | 0.638 |
| 1.14 | 0.769 |
| 1.05 | 0.907 |
| 0.98 | 1.04 |



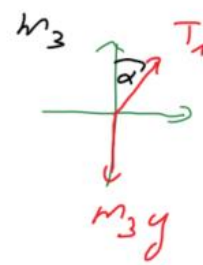
ה. נ. 203 גרם. ז. 1.5%. ח. ראו בווידאו.



ד. $R_3 = 5.5 \text{ m}$



ג. $\alpha = 65^\circ$



ב. $T_2 = 30 \text{ N}, \quad T_1 = 24 \text{ N}$