קורס הכנה מלא לבגרות בפיזיקה

פרק 11

תנועה מעגלית

תנועה מעגלית 1

תנועה מעגלית:

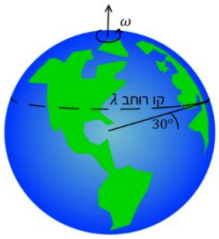
שאלות:



1) חישוב מהירות זוויתית של מחוגי שעון

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 $\lambda = 30°$?

3) אבן קשורה לחוט

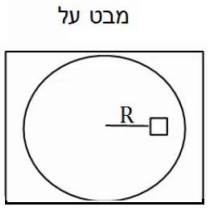
אבן קשורה לחוט באורך : $l = 1.5\text{m}$ ומסתובבת במעגל אופקי עם מהירות זוויתית של : $\omega = 3\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. התעלם מכוח הכובד. $\text{m} = 2\text{kg}$.

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 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?

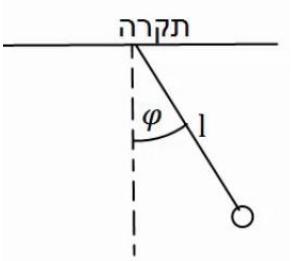
נתון μ_s .

5) גוף מסתובב במהירות קבועה

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

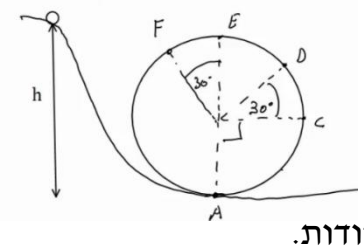
א. מהי המהירות הזוויתית של הגוף?
ב. מהי התדירות וזמן המחזור של הגוף?
ג. כמה זמן לקח לגוף לעשות שניים וחצי סיבובים?

6) מטוטלת אופקית



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

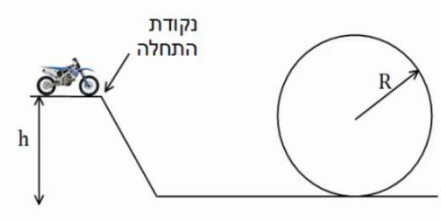
7) כדור בלופ



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

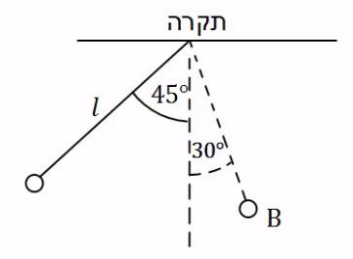
א. מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור. (רמז: שימור אנרגיה).
ב. מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.
ג. מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.
ד. מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.

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: R, h.

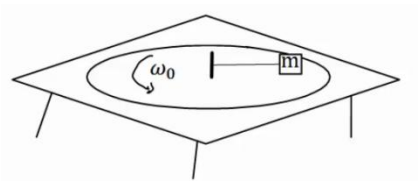
9) כוחות במטוטלת



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?

10) מסה על דיסק קשורה בחוט



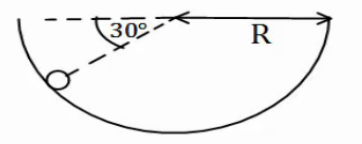
מסה m נמצאת על דיסק המסתובב על גבי שולחן.
המסה קשורה בחוט למוט במרכז השולחן.
המוט מסתובב ביחד עם כל הדיסק.
נתון כי המסה מסתובבת עם הדיסק במהירות זוויתית ω_0.
מהי המתיחות בחוט אם אורכו L?

11) קרוסלה בלונה פארק



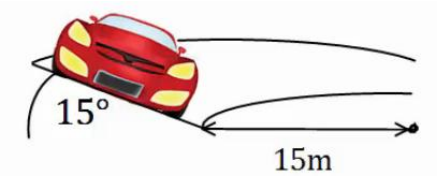
במתקן בלונה פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה.
רדיוס "הכתר" הוא: $R = 5m$ אורך כל כבל הוא: $l = 4m$.
הזווית ביחס לאנך לרצפה בה נטוי כל כבל היא 40 מעלות.
כמה זמן לוקח לקרוסלה להשלים סיבוב?
שים לב שרדיוס הכתר הוא לא רדיוס הסיבוב.

12) כדור בקערה כדורית



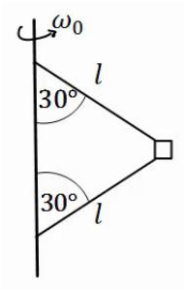
כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס R.
מניחים את הכדור בזווית של 30 מעלות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות התחלתית לתוך הדף.
מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש,
כך שהכדור יישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?

13) 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?

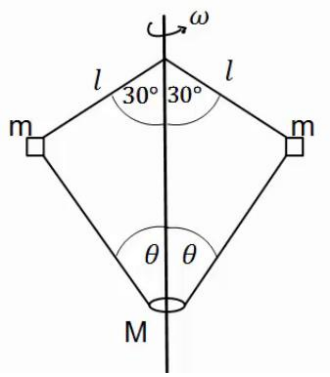
14) מסה קשורה לעמוד מסתובב



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?

15) שתי מסות קשורות למוט מסתובב וחרוז

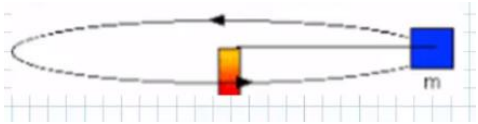
בציור הבא 2 מסות זהות: $m = 200g$ קשורות למוט מסתובב,



באמצעות חוטים באורך: $l = 20cm$.
המסות קשורות גם לחרוז בעל מסה: $M = 0.5kg$,
באמצעות שני חוטים נוספים באורך לא ידוע.
החרוז חופשי לנוע לאורך המוט.
המוט מסתובב במהירות זוויתית: $\omega = 20\frac{rad}{sec}$ וכל המערכת איתו.
הזוויות של החוטים עם המוט נתונות באיור.
מהי המתיחות בכל חוט ומהי הזווית θ?

16) תרגיל מעבדה – תנועה מעגלית

בנו מערכת של עגלה מונחת על תקליט מסתובב.



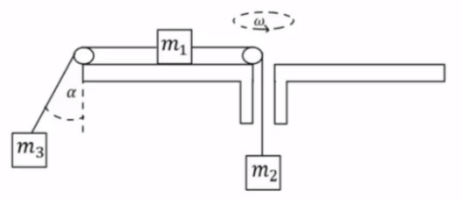
למרכז התקליט חיברו ציר קבוע
ואליו מד כוח שמחובר בחוט לעגלה.
מסת העגלה היא 200 גרם ורדיוס הסיבוב שלה 15 ס"מ.
נתון שהעגלה נעה ללא חיכוך בתנועה מעגלית קצובה.
סובבו את התקליט במהירויות סיבוב שונות ולכל מהירות מדדו את מתיחות החוט T, ואת הזמן שלקח לעגלה להשלים 10 סיבובים מלאים ולחזור לנקודת המוצא שלה. נסמן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

$10t\left(\sec\right)$	$\mathrm{T}\left(\mathrm{N}\right)$
15	0.5
14.1	0.61
12.52	0.74
11.4	0.92
10.5	1.1
9.8	1.24

א. הסבירו מדוע מדדו לעגלה פרק זמן של 10 סיבובים ולא של סיבוב בודד.
ב. בעזרת הידע שלכם בנושא החוק השני של ניוטון ותנועה מעגלית קצובה, פתחו ביטוי למתיחות החוט כתלות בזמן סיבוב בודד של העגלה.
ג. האם נצפה לקבל גרף לינארי למתיחות החוט כתלות בזמן מחזור העגלה?
ד. הגדירו משתנה חדש כך שגרף מתחיות החוט כתלות במשתנה זה ייצא לינארי, והוסיפו אותו לטבלה.
ה. שרטטו גרף זה.
ו. בעזרת הגרף ורדיוס הסיבוב הנתון בתחילת השאלה מצאו את מסת העגלה הצפויה מניסוי זה.
ז. מהי השגיאה היחסית במסת העגלה בניסוי זה?
ח. מהם הגורמים לשגיאות ואי הדיוקים בניסוי זה?

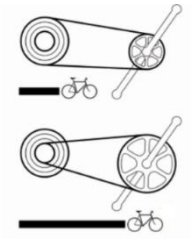
17) מסה על שולחן מסתובב קשורה לשתי מסות

גוף שמסתו: $\mathrm{m}_1=5\mathrm{kg}$ מונח על דיסק חלק המסתובב במהירות זוויתית: $\omega=2\frac{\mathrm{rad}}{\sec}$.
הגוף קשור מצד אחד למסה: $\mathrm{m}_2=3\mathrm{kg}$ באמצעות חוט העובר דרך חור במרכז הדיסק.
מצד שני הגוף קשור למסה: $\mathrm{m}_3=1\mathrm{kg}$ 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: $\mathrm{R}_1=0.3\mathrm{m}$.



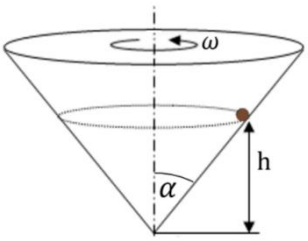
א. ציירו את הכוחות הפועלים על כל גוף בנפרד.
ב. מהי המתיחות בכל חוט?
ג. מהי הזווית α?
ד. מהו R_3?

18) 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 שבהם מקיפה השרשרת כל אחד מהגלגלים ידועים.

19) כדור בחרוט מסתובב

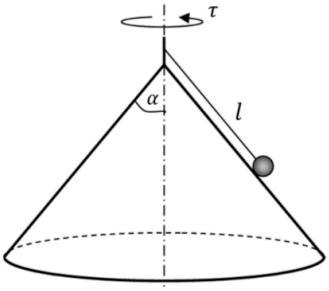


מסובבים חרוט בעל חצי זווית ראש α במהירות זוויתית ω .
כדור קטן מסתובב ביחד עם החרוט בגובה קבוע.

א. הניחו כי אין חיכוך ומצאו מהו הגובה h כתלות ב- α וב- ω?

ב. מהו הכוח השקול הפועל על הכדור?

20) כדור על חרוט הפוך



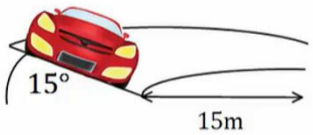
באיור הבא הכדור מחובר באמצעות חוט לציר המחובר לראש החרוט.
מסובבים את החרוט והכדור מסתובב איתו.
נתונים: אורך החוט l, חצי זווית הראש של החרוט α וזמן המחזור של הסיבוב τ.

א. מהי המהירות הקווית של הכדור?

ב. מהי המתיחות בחוט ומהו הנורמל?

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

21) מכונית במחלף עם חיכוך*



מכונית נוסעת על מחלף משופע, זווית השיפוע של המחלף היא 15 מעלות ורדיוס הסיבוב הוא 15 מטרים.
מקדם החיכוך הסטטי בין הכביש למכונית 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 שנקרא גלגול ללא החלקה שבו נקודת המגע של הגלגל עם הכביש נמצאת במנוחה רגעית בגלל הסיבוב של הגלגל.

22) אופנועים בכדור המוות



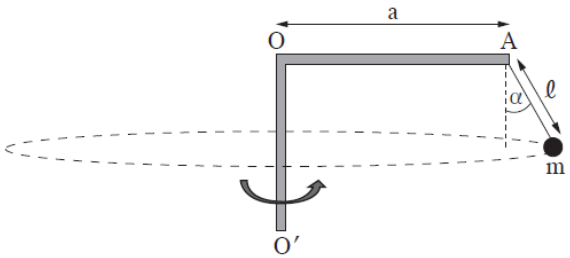
בכדור המוות בקרקס. אופנועים נוסעים במעגל כמעט אופקי.
מהי המהירות המינימלית שהאופנועים צריכים לנסוע בשביל להישאר במעגל האופקי אם רדיוס המעגל הוא 12 מטר ומקדם החיכוך הסטטי בין האופנוע למשטח הוא 0.4?

23) שאלה 4 מבגרות בקיץ 2024

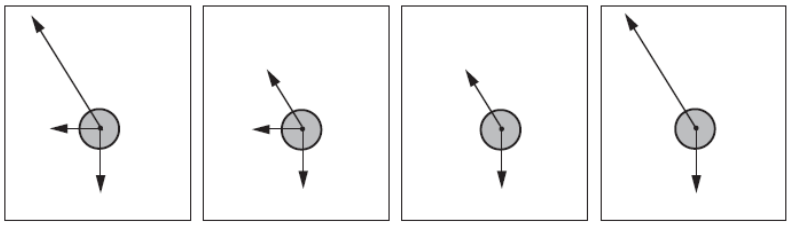
3. באיור שלפניכם מתואר מתקן הבנוי ממוט אופקי AO שאורכו $a = 3m$ המחובר לציר אנכי OO'. בנקודה A של המוט מחובר חוט שבקצהו קשור גוף קטן m.

נתון: $m = 2kg$, אורך החוט הוא $\ell = 1m$. מסת החוט ניתנת להזנחה.

המתקן מסתובב בתדירות קבועה f, והגוף m נע במסלול מעגלי אופקי. במצב זה, הזווית שבין החוט ובין הכיוון האנכי היא $\alpha = 30^o$.



א. לפניכם ארבעה תרשימי כוחות, 1–4. אורכי הווקטורים הם יחסיים (פרופורציונים) לגודלי הכוחות.
קבעו מהו התרשים המתאר באופן הטוב ביותר את הכוחות הפועלים על הגוף m בזמן שהמתקן מסתובב. (5 נקודות)



ב. חשבו את מתיחות החוט בזמן שהמתקן מסתובב. (8 נקודות)

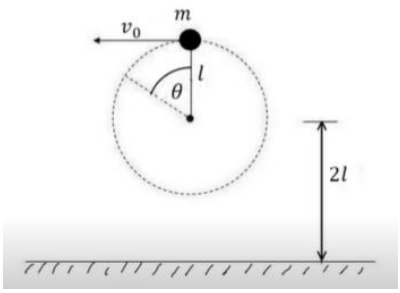
ג. קבעו אם מתיחות החוט כאשר המתקן אינו מסתובב גדולה מן המתיחות שחישבתם בסעיף ב, קטנה ממנה או שווה לה. נמקו את קביעתכם. (8 נקודות)

ד. חשבו את f, תדירות הסיבוב. (8 נקודות)

ה. נתון שהמתיחות המרבית שהחוט יכול לשאת בלי להיקרע היא 45N.
חשבו את תדירות הסיבוב המרבית שבה המתקן יכול להסתובב בלי שהחוט ייקרע. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

24) 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 מעניקים לו מהירות אופקית v_0.



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

ב. מעניקים לכדור מהירות התחלתית: $v_0 = 1.5\sqrt{gl}$
אם החוט נקרע ברגע שמתיחותו עולה על $5.25mg$
מצאו את הזווית θ שבה יקרע החוט.

ג. מה מהירות הכדור ברגע שהחוט נקרע, אם נתון ש: $l = 2m$?

ד. תוך כמה זמן מרגע קריעת החוט יפגע הכדור ברצפה?

תשובות סופיות:

1) מחוג שניות: $0.105\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, מחוג דקות: $1.75\cdot10^{-3}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, מחוג שעות: $7.27\cdot10^{-5}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.

2) א. $7.27\cdot10^{-5}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ב. $465\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ג. $400\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

3) א. $\left|\vec{\text{v}}\right|=\omega\text{R}=4.5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ב. $\text{T}\approx27\text{N}$.

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

5) א. $\omega=2\cdot\frac{1}{\text{sec}}$. ב. תדירות: $f\approx0.32\cdot\frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $\text{T}=\pi\,\text{sec}$.

ג. $t\approx7.85\,\text{sec}$.

6) תדירות: $f\approx0.382\frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $\text{T}=2.61\text{sec}$.

7) א. $\text{v}_\text{F}\approx6.73\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $\text{v}_\text{E}\approx6.32\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $\text{v}_\text{D}\approx7.975\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $\text{v}_\text{C}\approx8.94\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $\text{v}_\text{A}\approx10.95\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

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

ג. $a_{\theta_\text{F}}=5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $a_{\theta_\text{E}}=0$, $a_{\theta_\text{D}}=-10\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $a_{\theta_\text{C}}=-\text{g}$, $a_{\theta_\text{A}}=0$.

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

8) $\text{v}_{\min}=\sqrt{\text{gR}}$.

9) א. $\text{v}=\sqrt{0.58\text{gl}}$. ב. $\text{T}=1.58\text{mg}$. ג. $\text{T}_\text{B}=1.19\text{mg}$, $\text{v}_\text{B}=\sqrt{0.32\text{gl}}$.

ד. $\text{T}=\frac{1}{\sqrt{2}}\text{mg}$.

10) $\text{T}=\text{m}\omega_0^2\text{L}$.

11) $t\approx5.98\,\text{sec}$.

12) $\text{v}_0=\sqrt{\frac{3}{2}\text{Rg}}$.

13) $\text{v}\approx6.34\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

14) $\text{T}_2=\frac{1}{2}\left(\text{m}\omega_0^2\text{l}-\frac{2}{\sqrt{3}}\text{mg}\right)$, $\text{T}_1=\frac{1}{2}\text{m}\omega_0^2\text{l}+\frac{1}{\sqrt{3}}\text{mg}$.

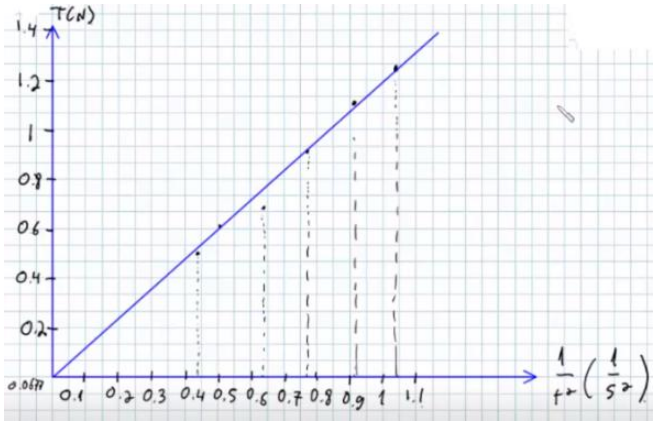
15) $\theta\approx65.16°$, $\text{T}_2\approx5.95\text{N}$, $\text{T}_1\approx5.2\text{N}$.

16) א. ראה סרטון. ב. $T = 4\pi^2 m \cdot r \cdot \frac{1}{t^2}$. ג. לא.

ד.

$\frac{1}{t^2}\left(\frac{1}{S^2}\right)$
0.444
0.503
0.638
0.769
0.907
1.04

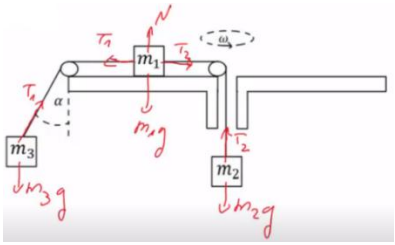
ה. שרטוט:



ו. $m = 203gr$. ז. 1.5%.

ח. שגיאה במדידת הזמן (סטופר שאדם עוצר), חיכוך בין העגלה לתקליט, התקליט לא אופקי לגמרי.

17) א. שרטוט:



ב. $T_1 = 24N$, $T_2 = 30N$.

ג. $\alpha \approx 65°$. ד. $R_3 \approx 5.5m$.

18) $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$

19) א. $h = \frac{g}{\omega^2 \tan^2 \alpha}$ ב. $\sum F = \frac{g}{tan\ \alpha}$ למרכז המעגל

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

$T = mg\cos\alpha + m\omega^2 a \sin\alpha$ ג. $\sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}}$

21) $9.6\frac{m}{sec}$

22) $17.3\frac{m}{\sec}$

23) א. תרשים 2 ב. $23.09\ N$

ג. במצב מנוחה הרכיב האופקי של המתיחות מתאפס והרכיב האנכי אינו משתנה (שווה לכוח הכובד) לכן המתיחות הכוללת תהיה קטנה מהמצב בו המתקן מסתובב

ד. $0.204\ Hz$ ה. $0.362\ Hz$

24) א. $v_{min} = \sqrt{gl}$ ב. $\theta \approx 110°$. ג. $v \approx 10\frac{m}{sec}$.

ד. $t \approx 0.3\,sec$.