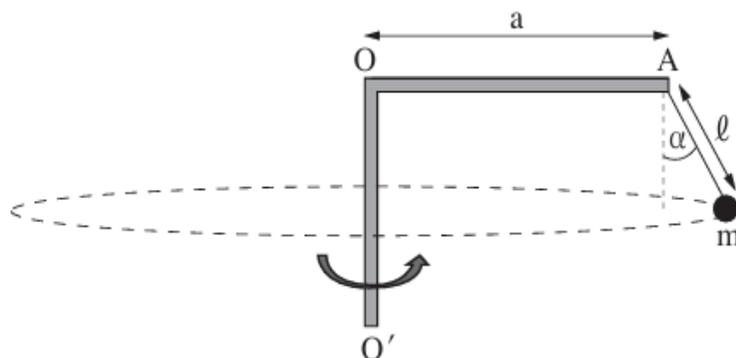


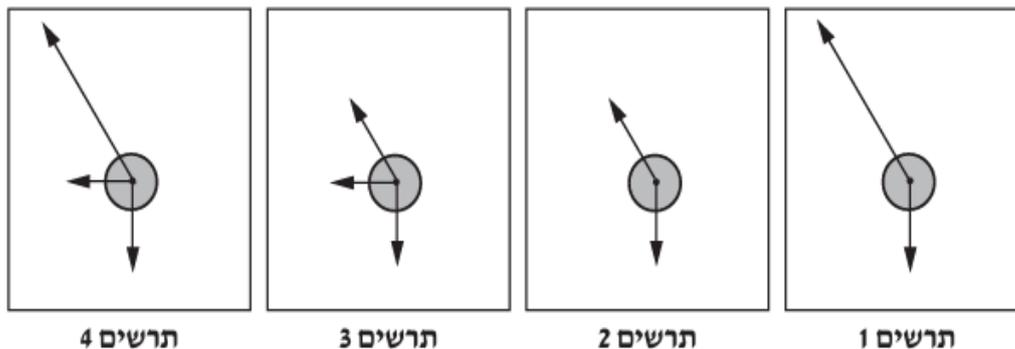
תנועה מעגלית קצובה – 2024, 3

3. באיור שלפניכם מתואר מתקן הבנוי ממוט אופקי AO שאורכו $a = 3\text{m}$ המחובר לציר אנכי OO' . בנקודה A של המוט מחובר חוט שבקצהו קשור גוף קטן m . נתון: $m = 2\text{kg}$, אורך החוט הוא $\ell = 1\text{m}$. מסת החוט ניתנת להזנחה. המתקן מסתובב בתדירות קבועה f , והגוף m נע במסלול מעגלי אופקי. במצב זה, הזווית שבין החוט ובין הכיוון האנכי היא $\alpha = 30^\circ$.



א. לפניכם ארבעה תרשימי כוחות, 1–4. אורכי הווקטורים הם יחסיים (פרופורציוניים) 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)

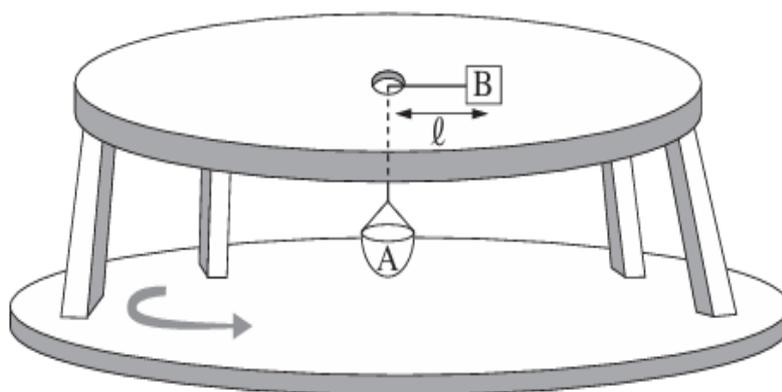
ד. חשבו את f , תדירות הסיבוב. (8 נקודות)

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)

תנועה מעגלית קצובה – 2022, 3

3. נתונה מערכת המורכבת משולחן אופקי שבמרכזו יש חור, ושני גופים A ו-B (ראו תרשים). גוף B מונח על השולחן וגוף A הוא סלסלה התלויה מתחת לשולחן, באמצעות חבל העובר דרך החור ומחובר לגוף B. החיכוך בין החבל ובין שפת החור שבשולחן ניתן להזנחה.
- המרחק בין גוף B לבין מרכז החור שבשולחן הוא ℓ .
- השולחן וגוף B, המונח עליו, מוצבים על משטח המסתובב בתדירות קבועה, f . מרכז השולחן הוא מרכז הסיבוב. גודל המרחק ℓ ותדירות הסיבוב של המערכת, f , נשארים קבועים בכל מהלך השאלה.



נתון: $\ell = 0.4\text{m}$, $m_B = 0.3\text{kg}$, $m_A = 0.1\text{kg}$.

במצב המתואר לא פועל כוח חיכוך בין גוף B לבין השולחן.

- א. התייחסו למצב זה, וסרטטו את תרשימים הכוחות הפועלים על כל אחד משני הגופים. ליד כל כוח רשמו את שמו.

(5 נקודות)

- ב. חשבו את התדירות f . (7 נקודות)

במקרה אחר הוסיפו לסלסלה A משקולת שמסתה שווה למסת הסלסלה. המרחק ℓ והתדירות f לא השתנו.

במצב זה פועל כוח חיכוך סטטי בין גוף B לבין השולחן.

- ג. מהו גודלו ומהו כיוונו של כוח החיכוך הסטטי הפועל על גוף B? (7 נקודות)

- ד. חשבו את מקדם החיכוך הסטטי μ_s המינימלי הקיים בין השולחן לגוף B, המאפשר תנועה זו. (6 נקודות)

בלי להוריד את המשקולת שהוסיפו לסלסלה, חיברו מעל גוף B גוף נוסף, C, שמסתו m_C .

במצב זה שני הגופים, B ו-C, מסתובבים כעת יחד בתנועה מעגלית שרדיוסה ℓ ותדירותה f .

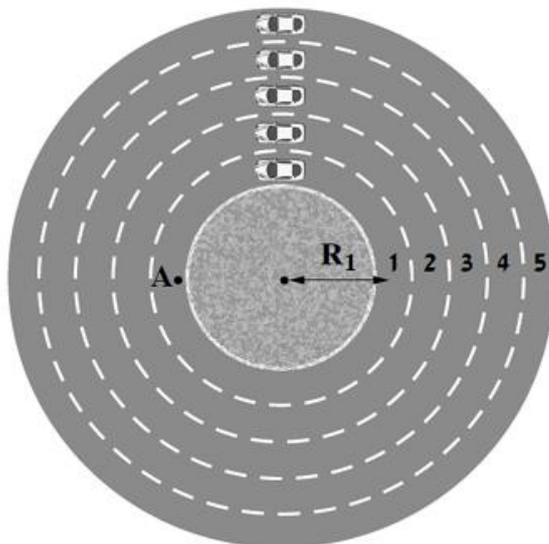
- ה. אילו מסת גוף C הייתה שווה למסת גוף B ($m_B = m_C$), הסבירו מדוע במצב זה לא היה פועל כוח חיכוך סטטי בין גוף B לבין השולחן. (5 נקודות)

- ו. אילו מסת גוף C הייתה גדולה ממסת גוף B ($m_B < m_C$), קבעו את כיוון כוח החיכוך הסטטי שהשולחן

היה מפעיל על גוף B. נמקו את קביעתכם. (3 $\frac{1}{3}$ נקודות)

תנועה מעגלית קצובה – 2020, 3

3. בעיר גדולה תכננו מעגל תנועה אופקי שיש לו חמישה נתיבים מעגליים (ראה תרשים). הרדיוס R של כל נתיב הוא המרחק ממרכז מעגל התנועה לאמצע הנתיב. הרדיוסים נתונים בטבלה שבהמשך השאלה.



מכונית נוסעת בנתיב 1 בתנועה מעגלית.

- א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על המכונית ברגע שבו היא עוברת בנקודה A (ראה תרשים). ליד כל כוח רשום את שמו. (5 נקודות)
- ב. כתוב את משוואות הכוחות הפועלים על המכונית. (6 נקודות)

בשלב תכנונו של מעגל התנועה בדקו את v_{\max} , המהירות המרבית האפשרית בכל נתיב ללא חריגה מן המסלול המעגלי. המהירויות המרביות שהתקבלו נתונות בטבלה.

נתיב 5	נתיב 4	נתיב 3	נתיב 2	נתיב 1	
32	28	24	20	16	$R [m]$
16	14.97	13.86	12.65	11.31	$v_{\max} \left[\frac{m}{s} \right]$
256	224	192	160	128	$v_{\max}^2 \left[\frac{m^2}{s^2} \right]$

- ג. בטא את ריבוע המהירות המרבית, v_{\max}^2 , כפונקציה של רדיוסי הנתיבים, R . (5 נקודות)
- ד. סרטט במחברתך גרף (דיאגרמת פיזור) של ריבוע המהירות המרבית, v_{\max}^2 , כפונקציה של רדיוס המסלול R , והוסף בו את קו המגמה. (7 נקודות)
- ה. (1) חשב את השיפוע של קו המגמה על פי שתי נקודות: $R = 36m$, $R = 18m$.
 (2) חשב את מקדם החיכוך הסטטי של המכונית עם הכביש, באמצעות השיפוע שחישבת. (6 נקודות)

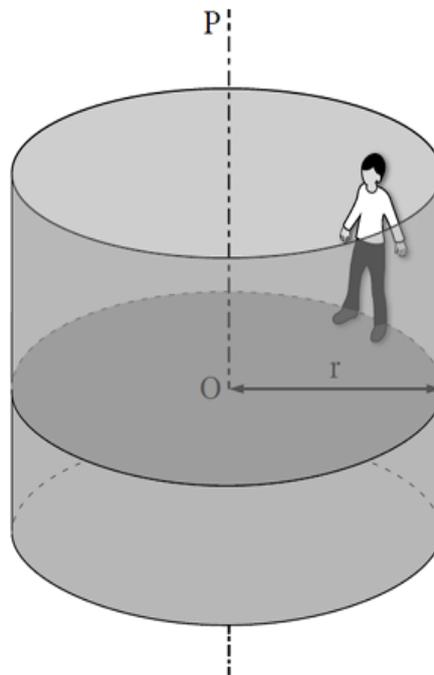
חמש מכוניות נעו בחמשת הנתיבים, כל אחת מהן נעה במהירות המרבית המתאימה למסלולה, כפי שמוצג בטבלה.
כל אחת מן המכוניות ביצעה הקפה שלמה.

ו. קבע איזה מן ההיגדים 1-4 שלפניך נכון, ונמק את קביעתך. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

1. כל חמש המכוניות השלימו את ההקפה באותו פרק זמן.
2. המכונית בנתיב 1 (הפנימי ביותר) השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.
3. המכונית בנתיב 5 (החיצוני ביותר) השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.
4. על פי נתוני השאלה אי אפשר לדעת איזו מכונית השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.

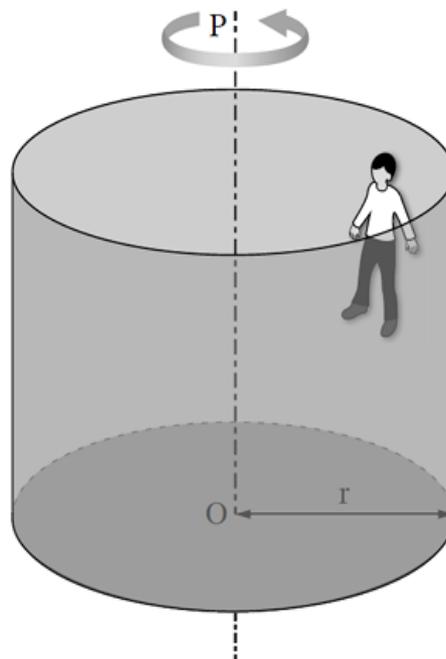
תנועה מעגלית קצובה – 2019, 3

3. בתרשים 1 מתואר מתקן בפארק שעשועים. צורתו של המתקן היא גליל שרדיוסו $r = 3\text{ m}$, והוא יכול להסתובב סביב צירו האנכי OP. אדם שמסתו $m = 70\text{ kg}$ עומד על הרצפה בתוך הגליל, צמוד בגבו אל הדופן הפנימית של הגליל. מקדם החיכוך הסטטי בין האדם לדופן הוא $\mu_s = 0.6$.



תרשים 1

מתחילים לסובב את הגליל סביב הציר OP, ומהירותו הולכת וגדלה. כאשר מהירות הסיבוב של הגליל מגיעה לערך מסוים, מורידים למטה את רצפת הגליל, אך מיקומו של האדם ביחס לדופן הגליל לא משתנה (ראה תרשים 2).



תרשים 2

הסעיפים שלפניך מתייחסים למצב המתואר בתרשים 2, שבו אין מגע בין רגלי האדם לרצפת הגליל.

א. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים על האדם. ליד כל כוח רשום את שמו. (6 נקודות)

ב. רשום את משוואת הכוחות הפועלים על האדם בכל אחד משני הצירים, הציר האנכי והציר האופקי (הרדיאלי). (7 נקודות)

ג. חשב את הגודל של המהירות הזוויתית המינימלית הדרושה כדי שהאדם יישאר צמוד לדופן הגליל, מבלי שמיקומו האנכי ישתנה. (8 נקודות)

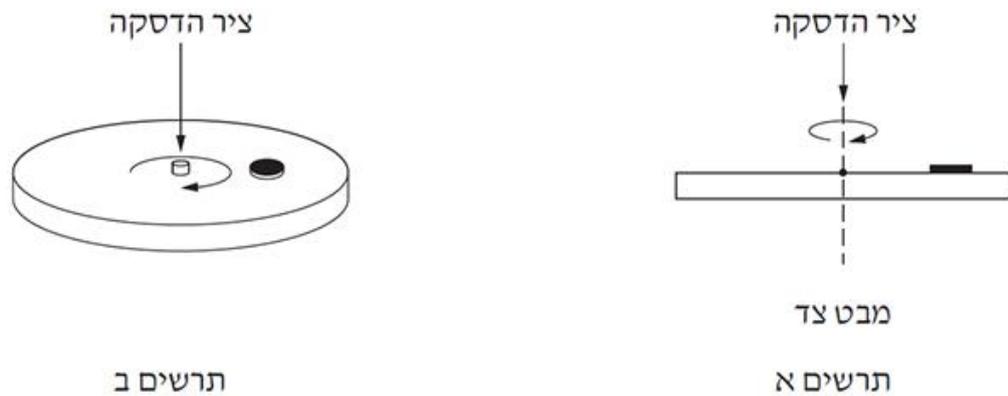
ד. קבע אם תשובתך על סעיף ג תשתנה אם מסת האדם תהיה 90kg. הנח שמקדם החיכוך לא השתנה. נמק את תשובתך. (6 נקודות)

מסובבים את הגליל במהירות זוויתית $\omega = 2.6 \frac{1}{s}$, שבה מיקומו של האדם לא משתנה ביחס לדופן הגליל.

ה. חשב את הגודל של כוח החיכוך הסטטי הפועל על אדם שמסתו $m = 90\text{kg}$ במהירות זו. (6 $\frac{1}{3}$ נקודות)

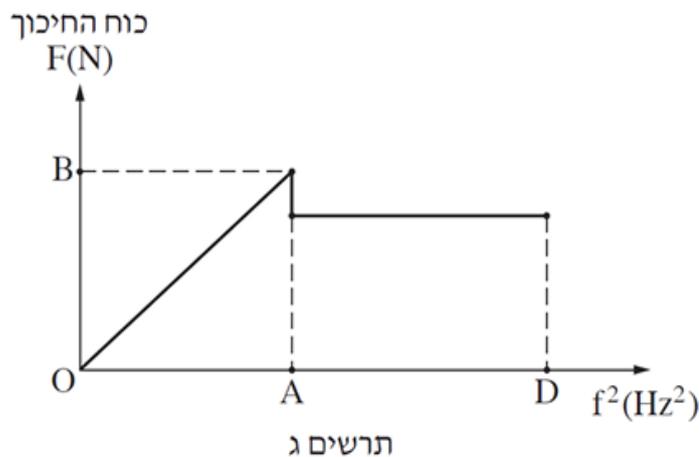
תנועה מעגלית קצובה – 2015, 5

5. דסקה מסתובבת במישור אופקי בתדירות קבועה של 90 סיבובים לדקה. על הדסקה מונח מטבע קטן שמסתו 5gr , המסתובב עם הדסקה (ראה תרשימים א, ב). מקדם החיכוך הסטטי בין הדסקה למטבע הוא $\mu_s = 0.6$.



- א. העתק למחברתך את תרשים א, והוסף לו סרטוט של כל הכוחות הפועלים על המטבע כשהדסקה מסתובבת. ציין ליד כל כוח את שמו ורשום מי מפעיל כל כוח. (9 נקודות)
- ב. חשב את המרחק המרבי (מקסימלי) מציר הדסקה, שבו יכול המטבע להימצא במנוחה ביחס לדסקה בלי שהוא יחליק על פני הדסקה. (7 $\frac{1}{3}$ נקודות)

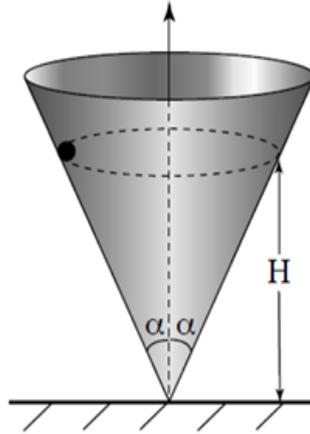
מניחים את המטבע על גבי הדסקה במרחק שחישבת בסעיף ב. מתחילים לסובב את הדסקה ומגדילים באטיות את תדירות הסיבוב שלה, החל מאפס סיבובים לדקה. בתרשים ג מוצג הגודל של כוח החיכוך הפועל על המטבע כפונקציה של ריבוע תדירות הסיבוב של הדסקה. בתחום התדירויות AD המטבע מחליק.



- ג. מצא את שיעורי הנקודות A ו-B. הסבר את תשובתך. (9 נקודות)
- ד. אילו מסת המטבע הייתה גדולה מזו הנתונה, האם הגרף המוצג בתרשים ג היה משתנה? נמק. (8 נקודות)

תנועה מעגלית קצובה – 2,2010

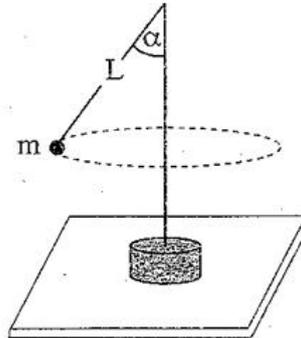
2. חרוז קטן נע בתנועה מעגלית קצובה במישור אופקי בתוך חרוט שזווית הפתיחה שלו 2α (ראה תרשים). כל כוחות החיכוך זניחים.



- א. (1) בנה תרשים של כל הכוחות הפועלים על החרוז ורשום ליד כל כח את שם הכוח.
 (2) ציין מי מפעיל כל כוח.
 (7 נקודות)
- ב. השתמש בחוקי ניוטון כדי לכתוב את שתי המשוואות הקובעות את תנועת החרוז: משוואה אחת לכיוון הרדיאלי ומשוואה אחת לכיוון האנכי. (8 נקודות)
- ג. נתונה המהירות הקווית של החרוז, v . בטא בעזרתה את גובה מישור התנועה של החרוז, H (ראה תרשים). (8 נקודות)
- ד. הראה כי אם החרוז יאבד (מסיבה כלשהי) אנרגיה קינטית, מישור התנועה שלו בתוך החרוט יהיה נמוך יותר (כלומר H יקטן). $(\frac{1}{3} \cdot 4$ נקודות)
- ה. החרוז נע בתוך החרוט, כאשר נתון:
 $\alpha = 30^\circ$
 $H = 20 \text{ cm}$
 חשב את:
 (1) המהירות הקווית של החרוז.
 (2) זמן המחזור של תנועת החרוז.
 (6 נקודות)

תנועה מעגלית קצובה – 2009, 3

3. אסף ערך ניסוי עם מנוע חשמלי בעל ציר אנכי. הוא חיבר לראש הציר חוט שאורכו L , ולקצה החוט קשר כדור קטן בעל מסה m . רדיוס הכדור קטן מאוד ביחס לאורך החוט. כאשר המנוע פועל, הכדור נע בתנועה מעגלית אופקית (ראה תרשים). אסף שינה כמה פעמים את תדירות הסיבוב f של הציר, ומדד בעבור כל תדירות את זווית הפריסה α של החוט.

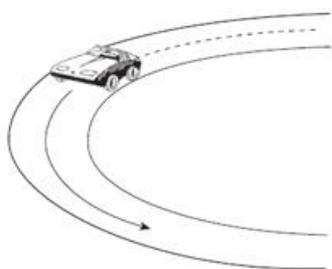


תוצאות המדידות מוצגות בטבלה.

מדידה						
6	5	4	3	2	1	$f(\text{Hz})$
1	0.7	0.6	0.5	0.45	0.42	$\alpha(^{\circ})$
80	70	63	45	32	18	$\frac{1}{f^2} (\text{s}^2)$
						$\cos \alpha$

- א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור, ופתח בעזרתו ביטוי המתאר את $\cos \alpha$ כפונקציה של $\frac{1}{f^2}$. (10 נקודות)
- ב. העתק את הטבלה למחברתך, השלם אותה (עגל את תוצאות החישוב עד שתי ספרות אחרי הנקודה העשרונית), וסרטט גרף של $\cos \alpha$ כפונקציה של $\frac{1}{f^2}$. (14 נקודות)
- ג. חשב בעזרת שיפוע הגרף את אורך החוט, L . (6 נקודות)
- ד. קבע על פי הגרף מהי התדירות המינימלית של סיבוב הציר שבה ינוע הכדור בתנועה מעגלית. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

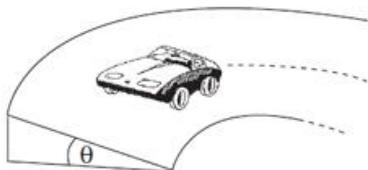
תנועה מעגלית קצובה – 2006, 4



תרשים א

4. בתרשים א מוצגת מכונית המנועה על כביש אופקי במעקם (קטע מעגלי) שרדיוסו 80 m. נתון כי מקדם החיכוך הסטטי בין גלגלי המכונית ובין הכביש הוא 0.4.

א. חשב את המהירות המקסימלית שבה המכונית יכולה לנוע במעקם זה בלי להחליק. (10 נקודות)



תרשים ב

מהנדסי תנועה מתכננים ליצור בכביש הגבהה (הטיה) בזווית θ , כמתואר בתרשים ב, כדי לאפשר נסיעה בטוחה (ברדיוס קבוע) במהירות שחישבת בסעיף א, בלי להיעזר בחיכוך.

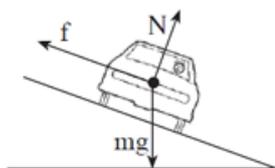
ב. חשב את זווית ההגבהה הנדרשת, θ . (10 נקודות)

ג. אילו מכונית הייתה נוסעת במעקם המוגבה, בלי להחליק (ברדיוס קבוע),

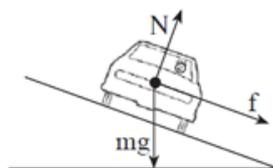
במהירות גדולה מזו שחישבת בסעיף א, איזה מבין ארבעת הסרטוטים 1-4

שבתרשים ג היה מתאר נכון את כיוון הכוחות הפועלים על המכונית

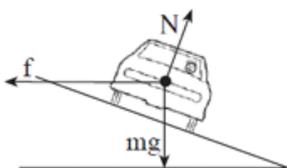
(כוח החיכוך – f , הכוח הנורמלי – N , המשקל – mg)? נמק. (6 נקודות)



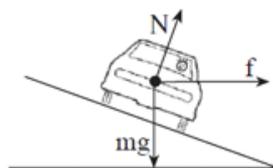
2



1



4



3

תרשים ג

ד. בגלל סיבות של בטיחות, החליטו המהנדסים להקטין את זווית ההגבהה.

הזווית החדשה היא 15° .

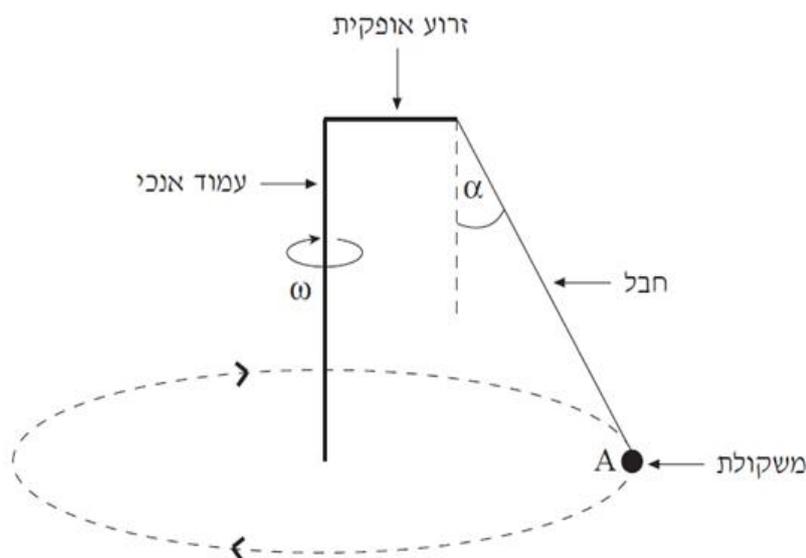
בזמן חנוכת הכביש החדש נוצר פקק תנועה, והמכוניות נעצרו במעקם.

האם המכוניות יחליקו לרוחב הכביש? הסבר.

הנח שמקדם החיכוך הסטטי נשאר 0.4. (7 $\frac{1}{3}$ נקודות)

תנועה מעגלית קצובה – 2004, 3

3. בתרשים שלפניך מתואר עמוד אנכי שיוצאת ממנו זרוע אופקית. לקצה הזרוע קשור חבל שמסתו ניתנת להזנחה, ולקצה החבל קשורה משקולת. התייחס אל המשקולת כאל גוף נקודתי.

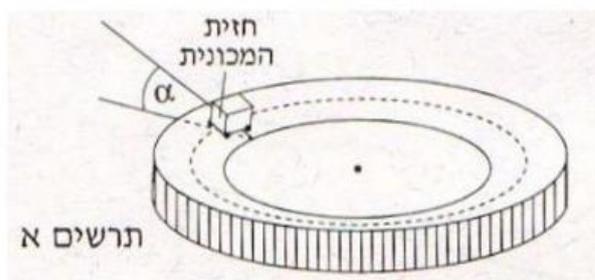


- העמוד מסתובב סביב צירו במהירות זוויתית קבועה ω , כך שהמשקולת נעה במסלול מעגלי אופקי במהירות שגודלה קבוע (מגמת התנועה מסומנת בתרשים), החבל יוצר זווית α עם הכיוון האנכי.
- א. הסבר מדוע המשקולת מואצת אף על פי שגודל מהירותה קבוע, וציין מהו כיוון התאוצה. (6 נקודות)
- ב. האם הכוח השקול הפועל על המשקולת שווה לאפס? אם כן – הסבר מדוע; אם לא – ציין מהו כיוון פעולתו. (5 נקודות)
- ג. ציין מהו הכיוון של מהירות המשקולת ברגע שהיא חולפת בנקודה A (ראה תרשים). (5 נקודות)
- ד. בטא, באמצעות נתוני השאלה (α ו- ω), את רדיוס המסלול המעגלי של המשקולת. (12 נקודות)
- ה. מה צריך להיות גודל הזווית α כדי שתאוצת המשקולת תהיה שווה בגודלה לתאוצת הנפילה החופשית, g . (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

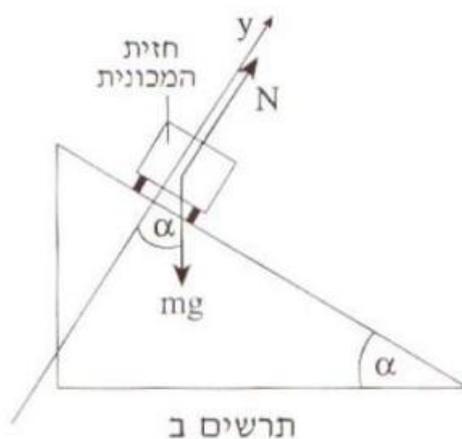
תנועה מעגלית קצובה – 2,2000

2. א. מכונית נוסעת על כביש (לא נטוי) במסלול מעגלי שרדיוסו R . גודל המהירות של המכונית קבוע. מקדם החיכוך הסטטי בין צמיגי המכונית לכביש הוא μ_s . בטא באמצעות נתוני השאלה את המהירות המרבית שבה המכונית יכולה לנסוע על הכביש בלי החלקה. (11 נקודות)

תרשים א מתאר כביש שצדו האחד מוגבה והוא נטוי בזווית α .
 מכונית נוסעת בכביש זה במסלול מעגלי אופקי שרדיוסו R .
 הנח כי החיכוך שהכביש מפעיל על המכונית ניתן להזנחה.



תלמיד סרטט תרשים, המתאר את הכוחות הפועלים על המכונית במישור של חתך אנכי של הכביש: כוח הכובד mg והכוח הנורמלי N . שהכביש מפעיל על המכונית (ראה תרשים ב)



התלמיד רשם משוואה עבור רכיבי הכוחות בכיוון ציר ה- y , המתואר בתרשים ב:

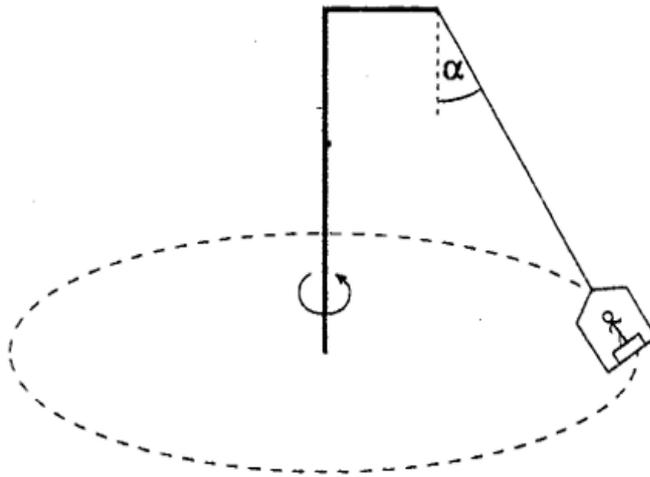
$$\Sigma F = 0 \Rightarrow N - mg \cdot \cos \alpha = 0$$

ב. הסבר מדוע משוואת התלמיד אינה נכונה (אל תרשום בסעיף זה נוסחה נכונה, אלא הסבר מדוע נוסחת התלמיד אינה נכונה).

ג. בטא, באמצעות R ו- α , את המהירות הנוסעת בכביש הנטוי. (15 נקודות)

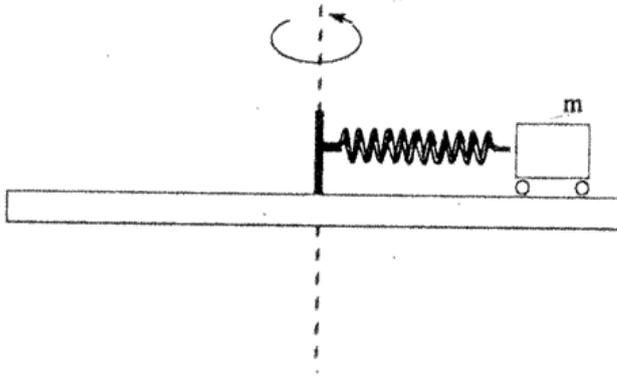
תנועה מעגלית קצובה – 2,1997

2. בתרשים שלפניך מתואר מתקן המורכב מעמוד אנכי, שיוצאת ממנו זרוע אופקית. לקצה הזרוע קשור חבל שמסתו ניתנת להזנחה. לקצה החבל קשור כיסא שעליו מונחים מאזני קפיץ, ועל המאזניים עומד נער. מסת הכיסא עם המאזניים והנער היא M .
- המתקן מסתובב סביב ציר העמוד, כך שהכיסא (עם המאזניים והנער) נעים במסלול מעגלי אופקי במהירות שגודלה קבוע, והחבל יוצר זווית α עם הכיוון האנכי (ראה תרשים).



- א. בטא באמצעות נתוני השאלה את המתיחות בחבל. (10 נקודות)
- ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את גודל התאוצה של הכיסא. (11 נקודות)
- ג. סרטט את הנער ואת הכוחות הפועלים עליו. ציין לגבי כל כוח מי מפעיל אותו. (5 נקודות).
- ד. מסת הנער היא m . האם המאזניים מראים ערך השווה ל- mg , גדול ממנו או קטן ממנו? נמק. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

תנועה מעגלית קצובה – 1992, 4



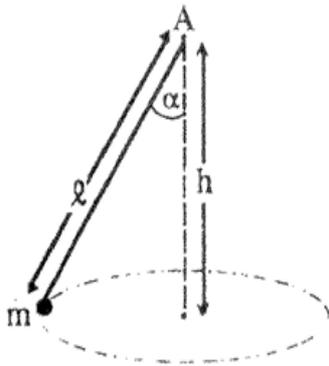
שולחן עגול מסתובב סביב ציר העובר במרכזו. עגלה נמצאת על מסילה הקבועה לאורך רדיוס השולחן, כך שהעגלה יכולה לנוע רק לאורך המסילה ללא חיכוך. העגלה קשורה לקפיץ, הקשור למרכז השולחן (ראה תרשים).

לקפיץ קבוע k , ואורכו ℓ כאשר הוא אינו מתוח. מסובבים את השולחן בתדירות של f סיבובים לשנייה. העגלה שמסתה m מסתובבת עם השולחן במרחק r ממרכזו. התייחס לעגלה כאל גוף נקודתי.

- א. בטא את רדיוס הסיבוב r של העגלה באמצעות הנתונים שבשאלה. (17 נקודות)
- ב. האם לביטוי שמצאת בסעיף א יש משמעות פיסיקלית בכל תדירות סיבוב? נמק. (7 נקודות)

- ג. קוטר השולחן 2.5 m , האורך ההתחלתי של הקפיץ 25 cm , קבוע הקפיץ $60 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ומסת העגלה 2.4 kg . באיזו תדירות יש לסובב את השולחן, כדי שהעגלה תיפול ממנו? ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

תנועה מעגלית קצובה – 1991, 4



גוף קטן שמסתו m קשור לקצה חוט שאורכו l .

קצהו השני של החוט קשור לנקודה קבועה A .

הגוף נע במסלול מעגלי אופקי (ראה תרשים)

בתדירות f , כאשר הזווית בין החוט לבין הכיוון

האנכי היא α .

א. ציין את כל הכוחות הפועלים על הגוף בעת תנועתו (מהו הכוח, מה כיוונו, מי מפעיל

אותו). (4 נקודות)

ב. על-פי המשוואות של הכוחות פתח ביטוי של $\cos \alpha$ כפונקציה של אורך החוט l

ושל התדירות f . (15 נקודות)

ג. מגדילים את אורך החוט פי 2, והגוף מסתובב באותה תדירות f .

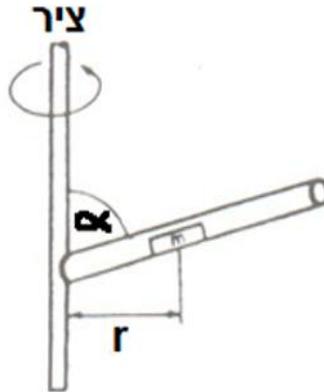
האם המרחק h בין נקודת התלייה לבין מרכז מעגל התנועה (ראה תרשים) גדל, קטן

או שאינו משתנה? הסבר. (9 נקודות)

ד. האם ייתכן שהגוף ינוע במסלול מעגלי אופקי, כאשר החוט אופקי? נמק. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

תנועה מעגלית קצובה – 19, 1985

19. צינור מולחם בקצהו לציר בזווית α , השווה ל 75 מעלות.
גוף שמסתו m מונח בתוך הצינור במרחק r מהציר, $r=10\text{cm}$.
מקדם החיכוך μ בין הגוף לצינור הוא 0.5. ראה איור:

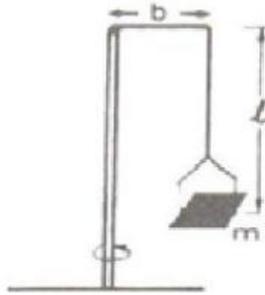


- א- העתק למחברתך את התרשים הנתון, וסמן בו את כל הכוחות הפועלים על הגוף במצב מנוחה. האם במצב זה יזוז הגוף ממקומו? נמק. (4 נקודות).
- ב- מתחילים לסובב את הציר במהירות זוויתית הולכת וגדלה. באיזה כיוון כיוון (מעלה או מטה) ינוע הגוף. כאשר הוא יינתק ממקומו? נמק. (3 נקודות)
- ג- מהי המהירות הזוויתית המינימאלית הדרושה על מנת שהגוף יינתק ממקומו? (8 נקודות).

תנועה מעגלית קצובה – 18,1983

18 . להלן תיאור של סחרחרה (קרוסלה).

מקצהו העליון של עמוד זקוף, הניתן לסיבוב צירו, יוצאות זרועות אופקיות באורך $b=1.4\text{m}$, בקצה כל זרוע קשור חבל שאורכו $L=2\text{m}$, ובקצהו כסא שמסתו 5 ק"ג. ראה תרשים:



א- חשב את התדירות המירבית בה אפשר לסיבוב את הסחרחרה, מבלי שהכסאות המסתובבים יתרחקו מרחק העולה על 3 מטר מציר הסיבוב (העמוד), (7 נקודות).

ב- מה תהיה המתיחות בחבל הנ"ל, אם בכסא יושב נער שמסתו 55 ק"ג, והסחרחרה סובבת בתדירות שחישבת בסעיף א? (4 נקודות).

ג- הנער היושב בכסא מחזיק בידו כדור קטן, והסחרחרה מסתובבת בתדירות שחישבת בסעיף א'. ברגע מסוים, עוזב הנער את הכדור, וזה פוגע בקרקע כעבור חצי שנייה. מהו המרחק של נקודת הפגיעה מציר הסיבוב (העמוד הזקוף)? (4 נקודות).