

פיזיקה א מכניקה 2231203

פרק 10 - תרגילים נוספים בדימיקה

תוכן העניינים

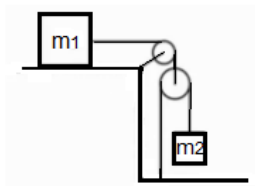
1. גלגול נעות ומכפלי כוח.....1
2. תרגילים נוספים.....2

גלגלות נעות ומכפלי כוח:

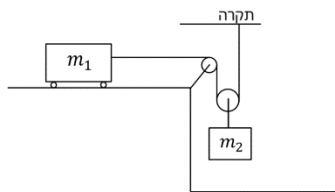
רקע:

נבטא את אורך החוט באמצעות מיקום הגופים וקבועים ונגזור.

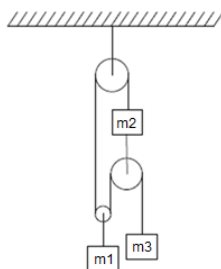
שאלות:



- (1) גלגלות וגזירה בזמן של אורך החוט במערכת הבאה מסות הגופים ידועות. אין חיכוך בין המסות למשטח. מצא את תאוצות הגופים ואת המתיחויות בחוטים.



- (2) אחת תלויה מהתקרה ואחת על שולחן במערכת הבאה המסה m_1 נמצאת על שולחן חסר חיכוך ומחוברת באמצעות חוט אידיאלי כפי שמתואר באיור. הגלגלות אידיאליות ו- m_2 נתונה. מצא את התאוצה של כל מסה כל עוד הן לא נופלות מהשולחן או פוגעות ברצפה.



- (3) מערכת גלגלות מסובכת מצאו את תאוצת הגופים במערכת הבאה. מה התנאי לכך שהמסה m_3 תנוע כלפי מעלה אם נתון שהמערכת מתחילה ממנוחה?

תשובות סופיות:

$$a_1 = \frac{2m_2g}{4m_2 + m_1} \quad (1)$$

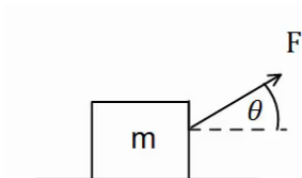
$$a_1 = \frac{m_2g}{2m_1 + \frac{m_2}{2}}, \quad a_2 = \frac{m_2g}{4m_1 + m_2} \quad (2)$$

$$a_3 < 0, \quad a_3 = \left((m_2 + m_3)(4m_2 + m_1) + 4m_2^2 \right) \quad (3)$$

תרגילים נוספים:

שאלות:

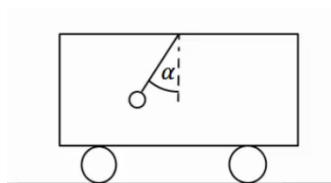
(1) זווית אופטימלית למשיכה



כוח F מושך ארגז בעל מסה m בזווית θ מעל האופק. מקדם החיכוך בין הארגז לקרקע הוא μ_k .

- מצא את תאוצת הכוח כתלות בפרמטרים הרשומים בשאלה.
- הנח כי מקדם החיכוך הקינטי הוא 0.3 . בדוק באילו מהערכים הבאים של הזווית יש את התאוצה הגבוהה ביותר: $\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ$.
- מצא את הזווית המדויקת בה התאוצה תהיה מקסימלית. השתמש בנגזרת.

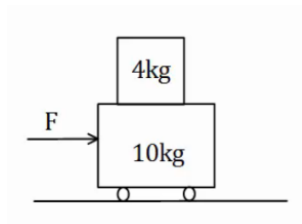
(2) מטוטלת במכונית



מטוטלת קשורה לתקרת מכונית. המטוטלת נמצאת בזווית קבועה ונתונה α , ביחס לאנך מתקרת המכונית.

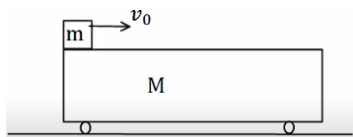
- מצא מהי תאוצת המכונית (גודל וכיוון)?
- האם ניתן לדעת מה כיוון תנועת המכונית?

(3) מסה של 4 על עגלה של 10



מסה של 4 ק"ג מונחת מעל עגלה בעלת מסה של 10 ק"ג. החיכוך בין העגלה למשטח זניח. מקדם החיכוך הסטטי בין המסה לעגלה הוא $\mu_s = 0.2$. כוח אופקי F מופעל על המסה התחתונה ימינה. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל כך שהמסה העליונה לא תחליק על העגלה.

(4) מסה מחליקה על עגלה



מסה m מונחת על עגלה בעלת מסה M , הנמצאת במנוחה.

המסה מונחת בקצה השמאלי של העגלה.

נותנים למסה העליונה (בלבד) מהירות התחלתית v_0 .

בין המסה לגג העגלה קיים חיכוך, והחיכוך בין העגלה למשטח זניח.

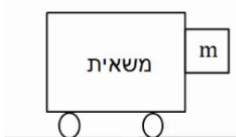
נתון: $\mu_k = 0.2$, $v_0 = 20 \frac{m}{sec}$, $M = 12kg$, $m = 3kg$.

א. מצא את הביטוי למיקום ולמהירות המסה, כתלות בזמן.

ב. מצא את הביטוי למיקום ולמהירות העגלה, כתלות בזמן.

ג. מהי המהירות הסופית של שני הגופים, בהנחה שהמסה לא נופלת מהעגלה.

(5) מסה צמודה למשאית

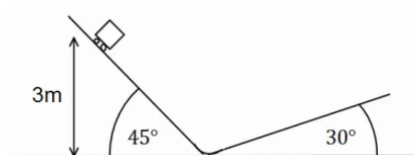


מסה m מונחת בצמוד לחלקה הקדמי של משאית.

בין המסה למשטח קיים חיכוך. נתון: μ_s , m .

מהי התאוצה המינימלית הדרושה למשאית על מנת שהמסה לא תיפול?

(6) קופסה בין מדרונות



קופסה קטנה עם גלגלים מונחת על מישור משופע בעל זווית של 45° מעלות.

הקופסה משוחררת ממנוחה מגובה של 3 מטרים ומתחילה בתנועה.

בתחתית המדרון הקופסה עוברת למדרון משופע אחר בעל זווית של 30° מעלות.

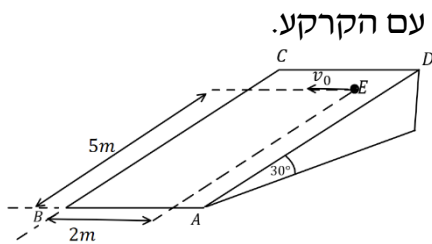
הזנח אפקטים המתרחשים בעת המעבר והנח כי גודל מהירות הקופסה במעבר בין המדרונות נשאר זהה.

א. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע הקופסה במדרון השני? נחש מה יקרה לאחר מכן.

ב. חזור על סעיף א' אם נהג הקופסה שכח לשחרר את מעצור היד של הגלגלים וקיים חיכוך קינטי בין הקופסה למשטח.

מקדם החיכוך הוא: $\mu_k = 0.2$.

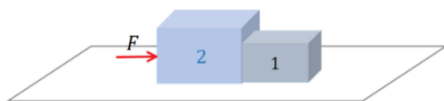
(7) זריקה אופקית על מישור משופע



מישור משופע חלק ABCD יוצר זווית של 30 מעלות עם הקרקע.
 הנקודה E נמצאת במרחק 5m מהצלע AB
 ובמרחק 2m מהצלע BC.
 מן הנקודה E נזרק כדור קטן על הלוח,
 במהירות התחלתית v_0 שכיוונה מקביל לצלע AB.

- צייר מערכת צירים, ורשום את הכוחות הפועלים על הכדור בעת תנועתו על הלוח בכל ציר.
- מהי צורת המסלול של הכדור על הלוח?
- מצא את v_0 , עבורה הכדור יגיע בדיוק לנקודה B.
- מהי מהירות הכדור בנקודה B עבור ה- v_0 שמצאת בסעיף ג'?

(8) כוח דוחף שתי קופסאות צמודות



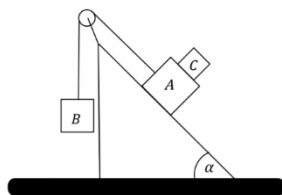
שתי תיבות נמצאות צמודות זו לזו על משטח אופקי חסר חיכוך.

מסות התיבות הן: $m_1 = 3\text{ kg}$ - $m_2 = 5\text{ kg}$.

כוח אופקי דוחף את תיבה 2 שדוחפת את תיבה 1, כפי שמתואר בתרשים.
 גודל הכוח הוא $F = 16\text{ N}$.
 חשב את:

- התאוצה של כל תיבה.
- הכוח הנורמלי $N_{1 \rightarrow 2}$, שבו התיבה הראשונה דוחפת את השנייה.
- הכוח הנורמלי $N_{2 \rightarrow 1}$, שבו התיבה השנייה דוחפת את הראשונה.

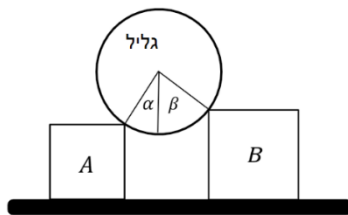
(9) גוף על גוף במישור משופע



גוף A בעל מסה m_A , גוף B בעל מסה m_B מחוברים באמצעות חוט וגלגלת, כמתואר באיור.
 גוף A מונח על מישור משופע חלק בעל זווית α .
 גוף C בעל מסה m_C מונח על גוף A.
 מקדם החיכוך הסטטי בין הגופים A ל-C הוא μ_s .

- מהי המסה המרבית של גוף B, כך שהגופים A ו-C ינועו יחדיו במעלה המישור?
- מהי תאוצת הגופים והמתיחות בחוט, אם המסה של גוף B היא זאת שמצאת בסעיף א' (או טיפה קטנה ממנה)?
- מהן תאוצות הגופים אם המסה של גוף B גדולה מזו שמצאת בסעיף א' ומקדם החיכוך הקינטי הוא μ_k ?

10) גליל על שני ארגזים



גליל אחיד, שמסתו m מונח על שני ארגזים שמסותיהם: $m_A = m$, $m_B = 2m$.

לארגזים גבהים שונים והם מונחים על משטח אופקי. בין הגליל לארגזים אין חיכוך.

כשהמערכת נמצאת בשיווי משקל יוצרים הרדיוסים של הגליל, הנוגעים בפינות הארגזים זוויות של: $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$

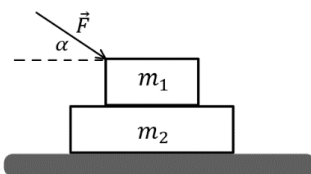
עם האנך לקרקע, ראה איור. נתונים: m , g .

א. מה הכוח שמפעיל כל ארגז על הגליל?

ב. בהנחה שקיים אותו מקדם חיכוך בין הארגזים והמשטח,

מהו גודלו המינימלי של מקדם החיכוך, כך שהמערכת תישאר בשיווי משקל?

11) כוח דוחף גוף על גוף



שני גופים זהים שמסותיהם: $m_1 = m_2 = m$, מונחים

זה על גבי זה, על גבי שולחן אופקי חלק (ראה איור). בין הגופים קיים חיכוך, ומקדמי החיכוך הקינטי והסטטי הם: μ_s , μ_k .

כוח חיצוני \vec{F} מופעל על הגוף העליון בזווית α מתחת לאופק.

הביעו את תשובתכם באמצעות הפרמטרים: F , α , m , g , μ_s , μ_k .

א. בהנחה שהגופים נעים יחדיו, מהי התאוצה המשותפת?

ב. בהנחה שהגופים נעים יחדיו, מהו גודלו של כוח החיכוך בין הגופים?

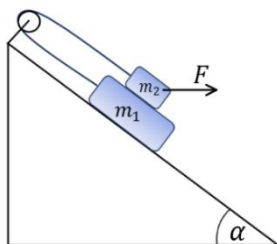
ג. מהו גודלו המקסימלי של \vec{F} , כך שהגופים ינועו יחדיו?

ד. נתון כי: $\alpha = 30^\circ$, $\mu_k = 0.15$, $\mu_s = 0.2$.

מצא את תאוצת כל גוף, כאשר הכוח הדוחף הוא: $F = \frac{1}{2}mg$.

ה. חזור על סעיף ד' כאשר $F = 3mg$.

12) מסה על מסה מחוברות בגלגלת



נתונה מערכת הכוללת שני גופים: $m_1 = 4\text{kg}$, $m_2 = 3\text{kg}$

הגופים קשורים על ידי חוט וגלגלת אידיאלית,

ומונחים על מישור משופע בעל זווית $\alpha = 30^\circ$.

מקדמי החיכוך בין הגופים הם: $\mu_k = \mu_s = 0.4$,

ומקדמי החיכוך עם המישור הם: $\mu_k = \mu_s = 0.3$.

כוח אופקי F פועל על m_2 .

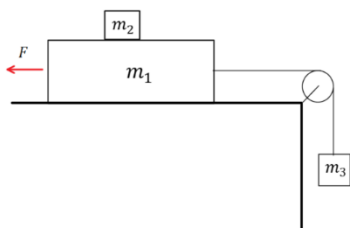
א. מהו ה- F המקסימלי, כך שהגופים יישארו במנוחה?

ב. אם $F = 40\text{N}$, מהי תאוצת הגופים?

13) זמן לעלות ולרדת מדרון עם חיכוך

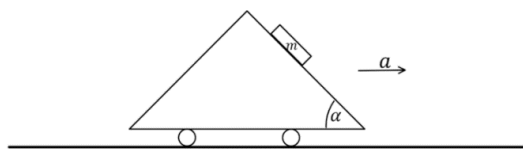
גוף נזרק במעלה מדרון משופע במהירות התחלתית v_0 .
 זווית השיפוע של המדרון היא θ ומקדם החיכוך בין המדרון לגוף הוא μ_k .
 א. מצאו כמה זמן ייקח לגוף לחזור לנקודת ההתחלה (בהנחה שהוא לא נשאר במנוחה בשיא הגובה)?
 ב. מה היחס בין המהירות הסופית והמהירות התחלתית של הגוף?

14) גוף על גוף וכוח מושך



במערכת שבאיור המסות נתונות.
 נתונים גם מקדמי החיכוך בין m_1 למשטח μ_{k1}, μ_{s1}
 ומקדמי החיכוך בין m_1 ל- m_2 μ_{k2}, μ_{s2} .
 הכוח F באיור מתייחס רק לסעיף ב.
 א. מהן תאוצות הגופים והמתיחות בחוט
 בהנחה ש- m_2 נעה בתאוצה יחסית ל- m_1 ?
 ב. מהו הכוח המינימאלי F שיש להפעיל בכדי שהמסות ינועו יחדיו?

15) תיבה על מכונית משולשת



מכונית עם זווית בסיס α נוסעת בתאוצה קבועה.
 מניחים תיבה בעלת מסה m על דופן המכונית.
 א. מצאו את גודלו של כוח החיכוך בין המכונית לתיבה אם ידוע שתאוצת המכונית היא a ימינה והתיבה לא מחליקה על הדופן.
 ב. מהו μ_s המינימלי המאפשר מצב זה?

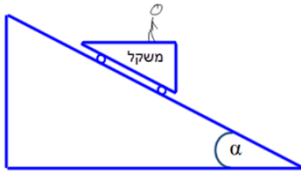
16) כדור בתא מטען משופע



למשאית באיור תא מטען משופע בזווית α ובסופו דופן אנכית.
 בתוך תא המטען יש כדור בעל מסה M.
 המשאית נוסעת בתאוצה קבועה a שמאלה.
 מצאו את הכוחות הנורמלים שפועלים על הכדור בהנחה שאין חיכוך.

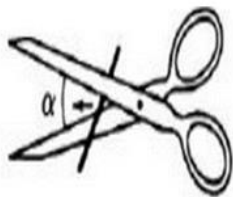
17) אדם על קרונית על מישור משופע*

אדם בעל מסה m עומד על משקל המחובר בצורה אופקית לקרונית. מסת הקרונית היא M ונתון כי היא מחליקה ללא חיכוך על פני מישור משופע בזווית α .



- מה מורים המאזניים? הניחו שהחיכוך בין רגלי האדם לקרונית מספיק גדול, כך שאינו נע ביחס אליה.
- מצא את מקדם החיכוך המינימלי בין רגלי האדם והקרונית על מנת שהאדם לא יחליק ביחס לקרונית.
- כעת הנח כי אין חיכוך בכלל בין האדם לקרונית. מה תהיה תאוצת הקרונית במצב זה? (כל עוד האדם נמצא על הקרונית).
- מה יורה המשקל במצב המתואר בסעיף ג'?

18) מספריים חותכות חוט**



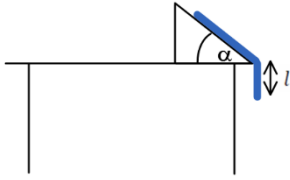
- אדם מנסה לחתוך חוט מתכת בעזרת מספריים. החוט חופשי לנוע והוא מחליק על המספריים עד שזווית המפתח של המספריים היא α , בזווית זו המספריים מתחילות לחתוך את החוט.
- צייר את הכוחות שפועלים על החוט.
 - מצא את מקדם החיכוך בין המספריים לחוט.
 - הראה שהזווית α אינה תלויה בכוח הכובד כאשר המספריים במצב אופקי.
 - כעת, מסובבים את המספריים בזווית β סביב ציר העובר בבורג המספריים. כיוון הסיבוב הוא נגד השעון, כך שהחוט עולה כלפי מעלה. הראה כעת שהשינוי בזווית α הוא לפי: $\mu = \mu_0 + V\mu$ כאשר μ_0 הוא

$$V\mu = -\frac{mg \sin \beta}{F \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

האם המספריים יחתכו יותר מוקדם או יותר מאוחר?

19) חבל מחליק משולחן משופע**

חבל בעל מסה M ואורך L נמצא על מישור משופע בזווית α שנמצא על שולחן כך שחלק משתלשל מהשולחן מטה. בין החבל לשולחן יש מקדם חיכוך קינטי וסטטי μ . בזמן $t = 0$ יש חבל באורך l המשתלשל מקצה השולחן, ונמצא במנוחה.



מהו הגובה של קצה החבל $y(t)$ מתחת לשולחן כתלות בזמן? הניחו כי החבל בעל עובי אפס ויש חיכוך רק עם החלק העליון של המישור.

תשובות סופיות:

א. $a = \frac{F}{m}(\cos \theta + \mu_k \sin \theta) - \theta_k g$ ב. $\theta = 20^\circ$ ג. $\theta_0 \approx 16.6992^\circ$ (1)

א. גודל: $a_x = g \tan \alpha$, כיוון: חיובי ב. לא (2)

$F = \mu_s (m_1 + m_2) g = 28\text{N}$ (3)

א. מיקום-זמן: $x_1(t) = 0 - 20t - \frac{2}{2}t^2$, מהירות-זמן: $v_1(t) = 20 - 2t$ (4)

ב. מיקום-זמן: $x_2(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}t^2$, מהירות-זמן: $v_2(t) = 0 + \frac{1}{2}t$

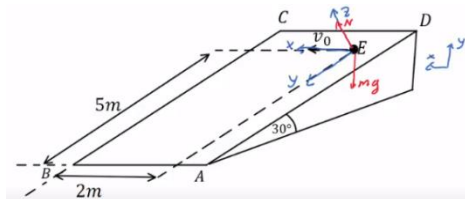
ג. $v_2(t=8) = 4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

$a_{\min} = \frac{g}{\mu_s}$ (5)

א. $h_{\max} = 3\text{m}$ (6)

ב. $h_{\max} = 1.78\text{m}$

א. $\sum F_z = 0, \sum F_y = mg \sin 30^\circ, \sum F_x = 0$ (7)



$$v_0 = \sqrt{2} \frac{m}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad \text{ב. פרבולה כמו בזריקה אופקית.}$$

$$v_{x(t_B)} = \sqrt{2} \frac{m}{\text{sec}}, \quad v_{y(t_B)} = 7.07 \frac{m}{\text{sec}} \quad \text{ד.}$$

$$N_{2 \rightarrow 1} = 6N \quad \text{ג.} \quad N_{1 \rightarrow 2} = 6N \quad \text{ב.} \quad a_1 = a_2 = 2 \frac{m}{\text{sec}^2} \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$m_{B_{\max}} = \frac{(m_A + m_C) \mu_s \cos \alpha}{1 + \sin \alpha - \mu_s \cos \alpha} \quad \text{א.} \quad (9)$$

$$a = g[\mu_s \cos \alpha - \sin \alpha], \quad T = g(m_A + m_C) \mu_s \cos \alpha \quad \text{ב.}$$

$$a_c = (\mu_k \cos \alpha - \sin \alpha)g, \quad a_A = a_B = \frac{g(m_B - \mu_k m_c \cos \alpha - m_A \sin \alpha)}{m_A + m_B} \quad \text{ג.}$$

$$\mu_{s_{\min}} = 0.464 \quad \text{ב.} \quad N_A = 0.732mg, \quad N_B = 0.518mg \quad \text{א.} \quad (10)$$

$$f_s = \frac{F \cos \alpha}{2} \quad \text{ב.} \quad a = \frac{F \cos \alpha}{2m} \quad \text{א.} \quad (11)$$

$$a = 2.17 \frac{m}{\text{sec}^2} \quad \text{ד.} \quad F_{\max} = \frac{2\mu_s mg}{\cos \alpha - 2\mu_s \sin \alpha} \quad \text{ג.}$$

$$a_1 = 22.2 \frac{m}{\text{sec}^2}, \quad a_2 = 3.75 \frac{m}{\text{sec}^2} \quad \text{ה.}$$

$$a = 1.81 \frac{m}{\text{sec}^2} \quad \text{ב.} \quad F_{\max} = 31.05N \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$t = \frac{v_0}{g(\sin \theta + \mu_1 \cos \theta)} + \frac{v_0}{g \sqrt{(\sin^2 \theta - \mu_k^2 \cos^2 \theta)}} \quad \text{א.} \quad (13)$$

$$\frac{v_f}{v_0} = \sqrt{\frac{\sin \theta - \mu_k \cos \theta}{\sin \theta + \mu_k \cos \theta}} \quad \text{ב.}$$

$$a_1 = a_3 = \frac{m_3 g - \mu_{k_2} m_2 g - \mu_{k_1} (m_1 + m_2) g}{m_1 + m_3}, \quad a_2 = \mu_{k_2} g \quad \text{א.} \quad (14)$$

$$F_{\min} = m_3 g - \mu_{s_2} g (m_3 + m_2) - \mu_{s_1} (m_1 + m_2) g \quad \text{ב.}$$

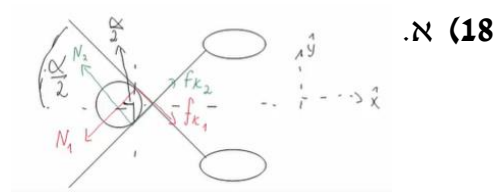
$$\mu_{s_{\min}} = \frac{g \sin \alpha - a \cos \alpha}{g \cos \alpha + a \sin \alpha} \quad \text{ב.} \quad f_s = mg \sin \alpha - ma \cos \alpha \quad \text{א.} \quad (15)$$

$$N_1 = \frac{Mg}{\cos \alpha}, \quad N_2 = M(a + g \tan \alpha) \quad \text{א.} \quad (16)$$

$$a_x = \frac{(M+m)g \sin \alpha}{M+m \sin^2 \alpha} \quad \text{ג.} \quad \mu_{s_{\min}} = \tan \alpha \quad \text{ב.} \quad N_2 = mg \cos^2 \alpha \quad \text{א.} \quad (17)$$

$$N_2 = m \left(g - \left(\frac{(M+m)g \sin \alpha}{M+m \sin^2 \alpha} \right) \sin \alpha \right) \quad \text{ד.}$$

ג. הוכחה. ב. $\mu_k = \tan \frac{\alpha}{2}$



ד. הוכחה. החוט יחתך יותר מאוחר.

$$y(t) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\beta}{k} \right) \left(e^{\sqrt{\frac{k}{M}} t} + e^{-\sqrt{\frac{k}{M}} t} \right) - \frac{\beta}{k} \quad (19)$$