

קורס בדיקה מערכת



תוכן העניינים

1.	תנועה יחסית	1
2.	דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)	4
3.	עבודה ואנרגיה	39
4.	תנועה מעגלית	56

קורס בדיקה מערכת

פרק 1 - תנועה יחסית

תוכן העניינים

1. תנועה יחסית.....1

תנועה יחסית:

שאלות:

(1) מדרגות נעות

כאשר אדם עומד על מדרגות נעות בחנות, הוא מגיע לקומה הרצויה תוך 50 שניות. יום אחד, המדרגות הנעות מתקלקלות והאדם צריך לעלות אותן ברגל בכוחות עצמו, כאשר הוא נע במלוא היכולת שלו, הוא מצליח להגיע לקומה הרצויה תוך 80 שניות. למחרת, המדרגות הנעות עובדות כרגיל, אך האדם מחליט לרוץ בהן במלוא יכולתו בכל זאת.

- א. תוך כמה זמן יגיע לקומה הרצויה?
- ב. האדם מנסה עתה לרדת חזרה לקומה המקורית במדרגות העולות (אלה בהן הוא עלה קודם). האם הוא יכול להצליח בכך?
אם כן תוך כמה זמן יגיע לקומה המקורית?

(2) מכונית ביחס לאוטובוס

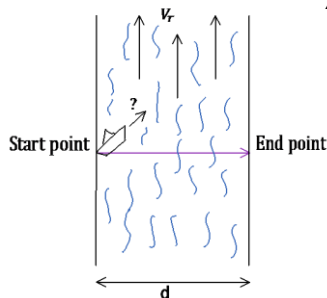
- א. מכונית נוסעת במהירות של 30 מטר לשנייה בכיוון ציר ה- x .
אוטובוס נוסע במהירות של 50 מטר לשנייה בכיוון ציר ה- x .
א. מצא את המהירות היחסית בין האוטובוס למכונית.
- ב. מצא את הזווית בה האוטובוס יראה את המכונית נוסעת.

(3) גשם על שמש מכונית

- נהג הנוסע במהירות 100 קמ"ש רואה טיפות גשם נמרחות על השמשה הצדדית של המכונית בכיוון הפוך לכיוון הנסיעה ובזווית של 45 מעלות עם הציר האנכי לכיוון הנסיעה. נהג אחר הנוסע במהירות 70 קמ"ש רואה את טיפות הגשם בזווית 30 מעלות עם אותו הציר.
מצא את מהירות הטיפות ביחס לקרקע (גודל וכיוון).

(4) סירה בנהר

- נהר זורם צפונה במהירות V_r . יוסי נמצא בגדה המערבית ורוצה להשיט סירה לרוחב הנהר. מהירות הסירה היא V_{br} יחסית לנהר. יוסי מעוניין להגיע אל הגדה הנגדית בדיוק מזרחית לנקודת מוצאו.
נתון כי רוחב הנהר d .



- א. באיזה כיוון הוא יהיה חייב להשיט את הסירה?
- ב. מה מהירות הסירה יחסית לאדמה?
- ג. כמה זמן תארך דרכו?

(5) כדור נזרק במעלית

מרצפת מעלית הנמצאת במנוחה נזרק כלפי מעלה במהירות התחלתית לא ידועה. הכדור עובר ליד שעון עצר, המחובר למעלית, ונמצא בגובה 2 מטרים מרצפת המעלית. שעון העצר מופעל ברגע שהכדור חולף לידו בפעם הראשונה ומפסיק ברגע שהכדור חולף לידו בפעם השנייה (בדרכו למטה). השעון מדד זמן של 0.5 שניות.

- א. מהו זמן התנועה של הכדור מרגע הזריקה עד לפגיעה ברצפת המעלית?
- ב. מהי הדרך אותה עשה הכדור ביחס למעלית וביחס לכדה"א עד אשר הגיע לשעון בפעם השנייה?
- ג. חוזרים על הניסוי, אבל כעת המעלית נעה (מלפני זריקת הכדור) במהירות קבועה כלפי מעלה של $4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. הזמן שמודד השעון הוא שוב 0.5 שניות. מהו זמן התנועה של הכדור מרגע הזריקה ועד לפגיעה ברצפת המעלית?
- ד. מהי הדרך אותה עשה הכדור ביחס למעלית וביחס לכדה"א עד אשר הגיע לשעון בפעם השנייה?
- ה. מהי מהירות הכדור ביחס לכדה"א ברגע הפגיעה ברצפת המעלית?

(6) כדור נזרק במעלית מאיצה

מעלית נעה בתאוצה קבועה כלפי מעלה של $2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

- ברגע שמהירות המעלית היא $4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ נזרק מרצפת המעלית כדור כלפי מעלה במהירות התחלתית לא ידועה.
- הכדור עובר ליד שעון עצר המחובר למעלית ונמצא בגובה 1 מטר מרצפת המעלית. שעון העצר מופעל ברגע שהכדור חולף לידו בפעם הראשונה ומפסיק ברגע שהכדור חולף לידו בפעם השנייה (בדרכו למטה). השעון מדד זמן של 0.5 שניות.
- א. מהו הזמן עד לפגיעת הכדור ברצפת המעלית?
 - ב. מהי הדרך הכוללת שעבר הכדור ביחס למעלית עד אשר עבר ליד השעון בפעם השנייה?
 - ג. מהי הדרך הכוללת שעבר הכדור ביחס לכדה"א עד אשר עבר ליד השעון בפעם השנייה?
 - ד. מהי מהירות הכדור יחסית לכדה"א ברגע הפגיעה ברצפת המעלית?

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } t = 30.8 \text{ sec} \quad \text{ב. לא.}$$

$$(2) \quad \text{א. } v_2' = \left(-24.01 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, 15 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \right) \quad \text{ב. } \theta_2' = 148^\circ$$

$$(3) \quad \text{מהירות: } V_y = -70.79 \frac{\text{km}}{\text{hr}}, V_x = 29.21 \frac{\text{km}}{\text{hr}}, \text{ גודל וכיוון: ראה סרטון.}$$

$$(4) \quad \text{א. } \sin \theta = -\frac{V_r}{V_{br}} \quad \text{ב. } V_{bx} = \sqrt{V_{br}^2 - V_r^2} \quad \text{ג. } t = \frac{d}{\sqrt{V_{br}^2 - V_r^2}}$$

$$(5) \quad \text{א. } t = 1.36 \text{ sec} \quad \text{ב. } S = 2.62 \text{ m} \quad \text{ג. } t = 1.36 \text{ sec} \quad \text{ד. } S = 5.72 \text{ m}$$

$$\text{ה. } v_1 = -2.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$(6) \quad \text{א. } t = 0.96 \text{ sec} \quad \text{ב. } S = 2.76 \text{ m} \quad \text{ג. } S = 4.46 \text{ m} \quad \text{ד. } v_1 = 1.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

קורס בדיקה מערכת

פרק 2 - דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)

תוכן העניינים

1. הקדמה, חוק ראשון ושלישי 4
2. תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי 13
3. חוק שני של ניוטון 17
4. הכוח האלסטי- קפיץ 32
5. כוח הכבידה - הכוח הריבועי ההפוך 37
6. תאוצות לא שוות 38

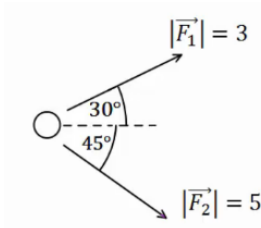
הקדמה, חוק ראשון ושלישי:

שאלות:

דינמיקה והכוחות הבסיסיים:

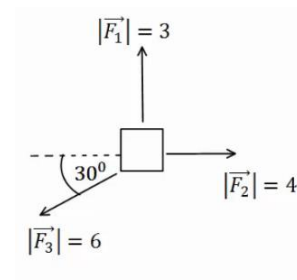
(1) דוגמה 1

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



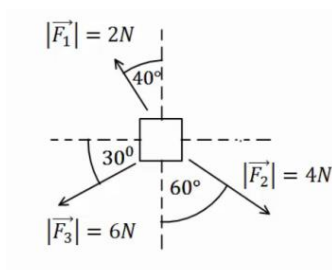
(2) דוגמה 2

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



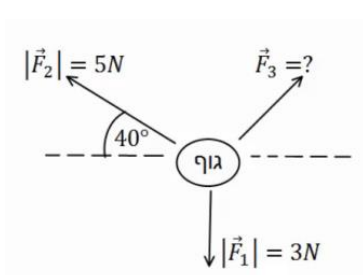
(3) דוגמה 3

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



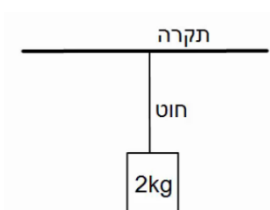
(4) דוגמה 4

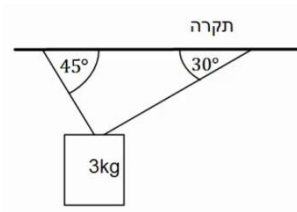
באיור הבא נתונים הכוחות $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ וידוע כי הגוף נע במהירות קבועה בקו ישר. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{F}_3$.



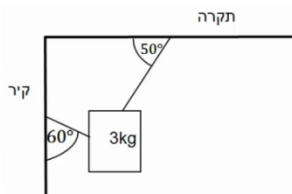
(5) דוגמה 5

גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד. מהי המתחיות בחוט אם מסת הגוף היא 2 ק"ג?

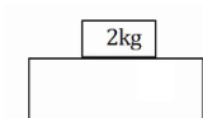


(6) דוגמה 6

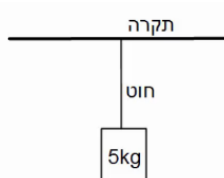
גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות שני חוטים, לפי האיור הבא.
מהי המתיחות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

(7) דוגמה 7

גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט ומחובר לקיר המאונך לתקרה באמצעות חוט נוסף (הסתכל באיור).
מהי המתיחות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

(8) דוגמה 8

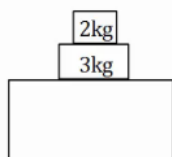
מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על שולחן.
א. שרטט תרשים כוחות על המסה.
ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל מהשולחן על המסה?
ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל על השולחן מהמסה?

(9) דוגמה 9

מסה של 5 ק"ג תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד.
א. מהי המתיחות בחוט?
ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעיל החוט על התקרה?
ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה התקרה על החוט?

(10) דוגמה 10

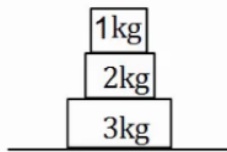
דני ויוסי מושכים בחבל משני צידיו, כל אחד מהם מושך בכוח של 50 ניוטון.
מהי המתיחות בחבל?

(11) דוגמה 11

במערכת הבאה ישנה מסה של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על שולחן.
על המסה מונחת מסה נוספת של 2 ק"ג.
א. שרטט תרשים כוחות לכל אחת מהמסות.
ב. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על המסה העליונה.
ג. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על המסה התחתונה מהשולחן.
ד. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על השולחן.

12 דוגמה 12

שלוש מסות מונחות אחת על גבי השנייה ועל הקרקע במנוחה, כפי שנראה בצור.

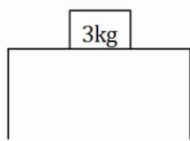


א. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה המסה הכי תחתונה על המסה מעליה?

ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה הרצפה על המסה הכי תחתונה?

חיכוך:**13 גוף על שולחן**

גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן. מקדם החיכוך הסטטי הוא $\mu_s = 0.4$.



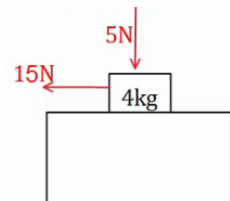
א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

כוח אופקי בגודל 10 ניוטון פועל על הגוף ימינה.

ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

14 כוח מלמעלה

גוף בעל מסה של 4 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן. כוח אנכי בגודל של 5 ניוטון לוחץ את הגוף כלפי השולחן. מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.4$.



א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

כוח אופקי בגודל 15 ניוטון פועל על הגוף שמאלה.

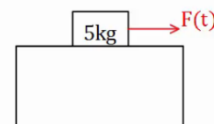
ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

15 כוח תלוי בזמן

גוף בעל מסה של 5 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.

כוח אופקי התלוי בזמן $F(t) = 2 \cdot t^2$ פועל על הגוף ימינה.

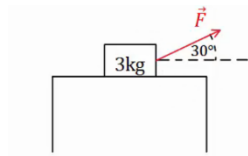
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.



א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

ב. מתי יתחיל הגוף בתנועה?

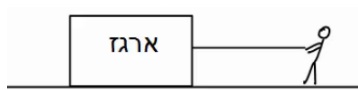
ג. שרטט גרף של החיכוך הסטטי כתלות בזמן.

16) כוח בזווית

גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.
כוח קבוע פועל על הגוף בזווית של 30 מעלות עם הכיוון האופקי.
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

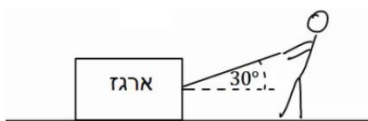
א. מהו הגודל המקסימלי של הכוח בשאלה אותו ניתן להפעיל
כך שהגוף ישאר במנוחה?

ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי אם גודל הכוח הוא 5 ניוטון.

17) דני מושך במקביל לקרקע

דני מושך ארגז במקביל לקרקע.
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם
החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.

מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל דני, אם הארגז נע במהירות קבועה.

18) ירון מושך בזווית

ירון מושך ארגז באמצעות חבל הנמתח בזווית
של 30 מעלות ביחס לקרקע.
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם החיכוך
הקינטי בין הארגז לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.

מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל ירון, אם הארגז נע במהירות קבועה.

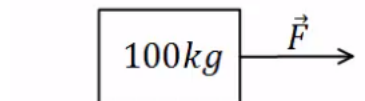
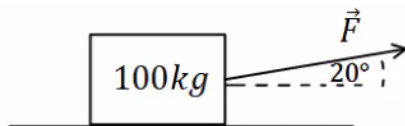
19) כוח בכמה כיוונים

מצא מה גודל הכוח הדרוש להזיז את הארגז במהירות קבועה בכל אחד
מהמקרים הבאים.

מסת הארגז היא 100 ק"ג ומקדם החיכוך של הארגז עם הרצפה הוא: $\mu_k = 0.4$.

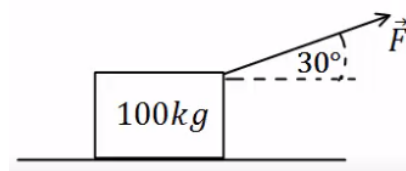
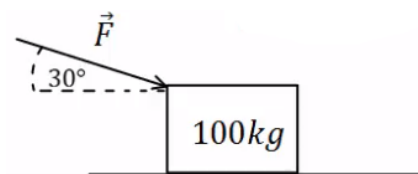
א. כוח מושך אופקי

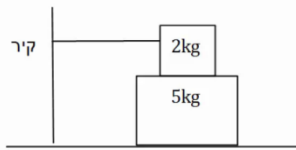
ב. כוח מושך בזווית של 20°



ג. כוח מושך בזווית של 30°

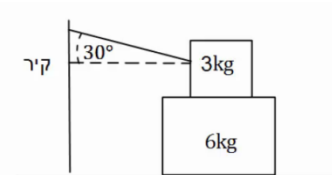
ד. כוח דוחף בזווית של 30° מתחת לאופק



**(20) מסה על מסה קשורה לקיר**

מסה של 2 ק"ג מונחת מעל מסה של 5 ק"ג.
המסה העליונה קשורה בחוט אופקי לקיר משמאל.
מקדמי החיכוך בין המסות ובין המסה התחתונה
למשטח הם: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.3$.

- מהו הכוח האופקי המקסימלי שניתן להפעיל על המסה התחתונה בכיוון ימין, כך שהיא תישאר במנוחה?
- מה המתיחות בחוט, אם הכוח הוא אותו כוח שחישבת בסעיף א'?
- מה הכוח אותו יש להפעיל על מנת למשוך את המסה התחתונה במהירות קבועה? הנח שהמסה כבר בתנועה.

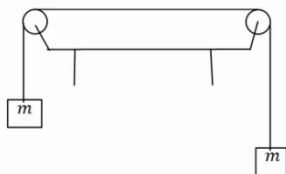
**(21) מסה על מסה קשורה לקיר בזווית**

מסה של 3 ק"ג מונחת מעל מסה של 6 ק"ג.
המסה העליונה קשורה בחוט המתוח בזווית של 30 מעלות ומחובר לקיר משמאל.
מקדם החיכוך הסטטי בין המסות ובין המסה התחתונה למשטח הוא: $\mu_s = 0.3$.

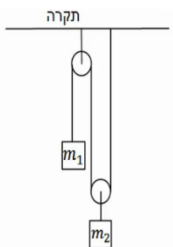
- מהו הכוח האופקי המקסימלי שניתן להפעיל על המסה התחתונה בכיוון ימין, כך שהיא תישאר במנוחה?
- מהי המתיחות בחוט, אם גודל הכוח הינו זהה לערך אותו חישבת בסעיף א'?

(22) שתי משקולות תלויות על שולחן

שתי משקולות זהות בעלות מסה של 4 ק"ג תלויות במנוחה משני צידיו של שולחן. המשקולות מחוברות באמצעות חוט העובר דרך גלגלות אידיאליות, ראה איור.



- מהי המתיחות בחוט?
- מהו הכוח (גודל וכיוון) שמפעיל המוט המחובר את הגלגלת לשולחן עבור כל גלגלת?
- האם היה שינוי בתשובתך לסעיפים הקודמים במידה והמסות היו נעות במהירות קבועה לאחד הכיוונים?

**(23) יחס מסות**

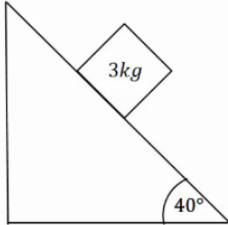
שתי מסות תלויות באמצעות חוטים וגלגלות אידיאלים לפי האיור הבא. המערכת נמצאת במנוחה.

א. מצא את היחס בין המסות: $\left(\frac{m_1}{m_2} = ?\right)$.

ב. מצא את המתיחות בכל חוט במערכת, אם ידוע ש: $m_2 = 40\text{gr}$.

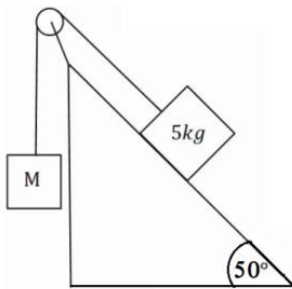
המישור המשופע:

24) מסה בשיפוע



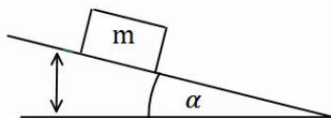
- מסה של 3 ק"ג נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית של 40 מעלות. בין המסה למדרון קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.
- א. שרטט תרשים כוחות לבעיה.
ב. מצא את גודלם של הכוח הנורמלי והחיכוך.

25) מסה בשיפוע ומסה באוויר



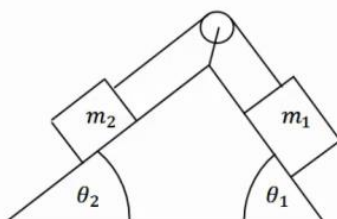
- מסה של 5 ק"ג מונחת על מישור משופע בעל זווית של 50 מעלות. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית למסה נוספת M התלויה באוויר מצידו השני של המישור.
- א. מצא את גודלה של המסה M, על מנת שהמערכת תשאר במנוחה כאשר אין חיכוך בבעיה.
כעת נתון שבין המסה למדרון קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.
ב. מצא מה הוא גודלה המקסימלי והמינימלי האפשרי של M, על מנת שהמערכת תשאר במנוחה.

26) זווית החלקה



- מסה m מונחת על מישור משופע ונמצאת במנוחה. מגדילים את זווית השיפוע של המישור בקצב איטי.
- א. מצא את הזווית בה תתחיל המסה להחליק אם מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למישור הוא: $\mu_s = 0.2$.
תרגול בפרמטרים.
- ב. פתור את סעיף א' שוב כאשר מקדם החיכוך נתון כפרמטר μ_s ללא ערך מספרי.
ג. חשוב על דרך כללית למדידת מקדם החיכוך הסטטי של גוף עם משטח כלשהו.

27) שתי מסות שני שיפועים



- במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן θ_1, θ_2 . שתי מסות שונות m_1, m_2 מונחות בשני צידי המדרון. המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי, ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המדרון למסות.
- נתון: θ_1, θ_2, m_1 וכי המערכת נמצאת במנוחה.
מצא את m_2 .

(28) שתי מסות שני שיפועים וחיכוך

במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו,

זוויות השיפוע הן: θ_1, θ_2 .

שתי מסות שונות m_1, m_2 מונחות בשני צידי המדרון.

המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי,

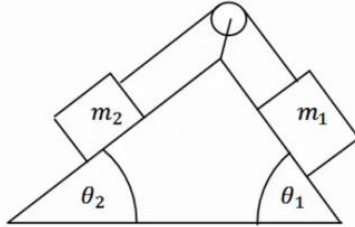
ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון.

בין המסות למדרון קיים חיכוך.

המסות נעות במהירות קבועה עם כיוון השעון.

נתון: $\mu_k, \theta_1, \theta_2, m_1$.

מצא את m_2 .



תשובות סופיות:

$$\sum \vec{F} = (6.14, -2.04) \quad (1)$$

$$\sum \vec{F} = (-1.20, 0) \quad (2)$$

$$\sum F_x = -3.03\text{N}, \quad \sum F_y = -3.47\text{N} \quad (3)$$

$$\text{גודל: } |\vec{F}| \approx 3.84\text{N}, \quad \text{כיוון: } \theta_{F3} = -3.14^\circ \quad (4)$$

$$T = 20\text{N} \quad (5)$$

$$T_1 = 21.96\text{N}, \quad T_2 \approx 26.90\text{N} \quad (6)$$

$$T_1 \approx 26.30\text{N}, \quad T_2 \approx 19.48\text{N} \quad (7)$$

$$\text{א. גודל: } N = 20, \quad \text{כיוון: כלפי מעלה.} \quad (8)$$

$$\text{ג. גודל: } N = 20, \quad \text{כיוון: כלפי מטה.}$$



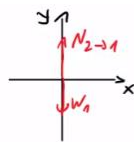
$$\text{א. } T = 50\text{N} \quad \text{ב. גודל: } T = 50\text{N}, \quad \text{כיוון: מטה.} \quad (9)$$

$$\text{ג. גודל: } |\vec{F}| = 50, \quad \text{כיוון: מעלה.}$$

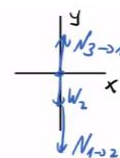
$$T = 50\text{N} \quad (10)$$

$$\text{ג. } N_{32} = 50$$

$$\text{ב. } N_{21} = 20$$



m_1 $\vec{F}$



$$\text{א. } N_{23} = 50\text{N} \quad (11)$$

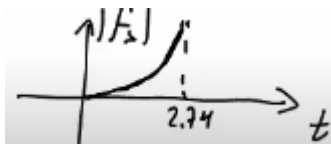
$$\text{ד. } N_{23} = 50\text{N} \hat{y}$$

$$\text{א. גודל: } N_{32} = 30\text{N}, \quad \text{כיוון: כלפי מעלה.} \quad \text{ב. גודל: } N_{43} = 60\text{N}, \quad \text{כיוון: כלפי מעלה.} \quad (12)$$

$$\text{א. } f_{s\max} = 12\text{N} \quad \text{ב. } \vec{f}_s = -10\hat{x} \quad (13)$$

$$\text{א. } f_{s\max} = 18\text{N} \quad \text{ב. } \vec{f}_s = -15\hat{x}_N \quad (14)$$

$$\text{א. } f_{s\max} = 15\text{N} \quad \text{ב. } t = 2.74\text{sec} \quad (15)$$



$$\text{א. } F_{\max} = 8.858\text{N} \quad \text{ב. } f_s = 4.330\text{N} \quad (16)$$

$$F_{\text{Dani}} = T = 40\text{N} \quad (17)$$

$$T \approx 41.41\text{N} \quad (18)$$

$$\text{א. } F = 400\text{N} \quad \text{ב. } F \approx 371.57\text{N} \quad \text{ג. } F = 375.23\text{N} \quad \text{ד. } F = 600.58\text{N} \quad (19)$$

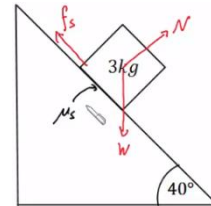
(20) א. $F_{\max} = 27\text{ N}$ ב. $T = 6\text{ N}$ ג. $F = 18\text{ N}$

(21) א. $F_{\max} = 33.34\text{ N}$ ב. $T = 8.86\text{ N}$

(22) א. $T = 40\text{ N}$ ב. $\theta = 45^\circ$, $F = 56.57\text{ N}$ ג. לא.

(23) א. $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{2}$ ב. $T_2 = 0.4\text{ N}$, $T_1 = 0.2\text{ N}$

(24) א. ב. $f_s = mg \cos 50^\circ \approx 19.28\text{ N}$, $N \approx 22.98\text{ N}$



(25) א. $M = 3.83\text{ kg}$ ב. $M_{\max} = 4.79\text{ kg}$, $M_{\min} = 2.87\text{ kg}$

(26) א. $\alpha = 11.31^\circ$ ב. $\alpha = \arctan(\mu_s)$ ג. ראה סרטון.

(27) $m_2 = m_1 \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

(28) $m_2 = m_1 \left(\frac{-\mu_k \cos \theta_1 + \sin \theta_1}{\sin \theta_2 + \mu_k \cos \theta_2} \right)$

תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי:

שאלות:

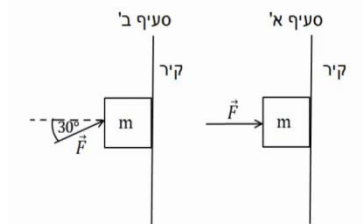
(1) מסה מוצמדת לקיר

ארגז בעל מסה של 2 ק"ג מוצמד לקיר באמצעות כוח אופקי.

מקדם החיכוך הסטטי בין הארגז לקיר הוא: 0.3.

א. מה הגודל המינימלי של הכוח המאפשר לשמור על הארגז במנוחה?

ב. חזור על סעיף א' עבור המקרה בו הכוח פועל בזווית של 30° כלפי מעלה ביחס לאופק.



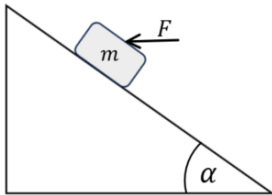
(2) כוח אופקי מני ומקס על מסה בשיפוע

מסה: $m = 2\text{kg}$ מונחת על מדרון משופע בעל זווית: $\alpha = 37^\circ$.

מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למדרון הוא: $\mu_s = 0.15$.

כוח אופקי F פועל על המסה ומחזיק אותה במנוחה.

מהו F המינימלי והמקסימאלי כך שהמסה תשאר במנוחה?



(3) קופסה עם כוח לא ידוע

קופסה בעלת מסה של 5 ק"ג מונחת על משטח אופקי.

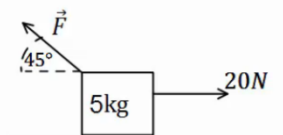
כוח של 20 ניוטון מושך את הקופסה ימינה במקביל

לציר ה- x . בין המשטח לקופסה קיים חיכוך, מקדם

החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k = 0.2$.

כוח נוסף מופעל על הקופסה אחורנית בזווית של 45° .

מצא את גודלו של הכוח אם ידוע שהמסה נעה ימינה במהירות קבועה.



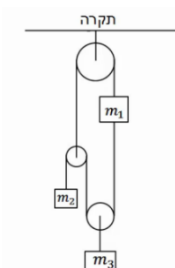
(4) מערכת גלגלות

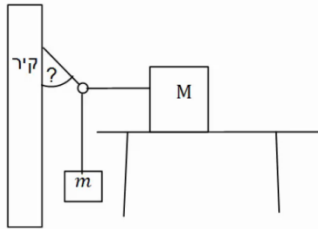
במערכת הבאה כל הגלגלות והחוטים אידיאליים.

המסות m_1, m_2 נתונות.

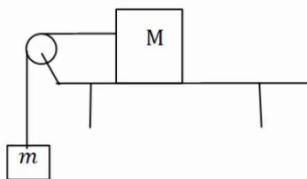
מצא את m_3 ואת המתחויות בכל חוט, אם ידוע כי כל

המערכת נמצאת במנוחה.

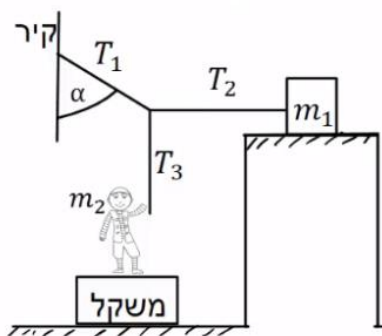


(5) מסה על שולחן, מסה תלויה, טבעת וקיר

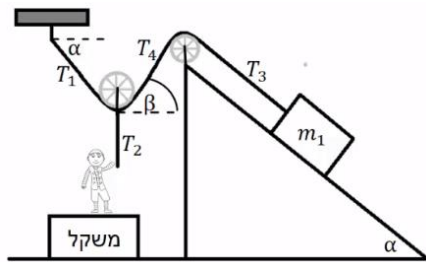
קופסה בעלת מסה M מונחת על שולחן.
 הקופסה קשורה בחוט אידיאלי לטבעת חסרת מסה.
 מסה m תלויה גם כן באמצעות חוט אידיאלי מהטבעת
 ונמצאת באוויר. חוט נוסף מחבר את הטבעת לקיר.
 ידוע כי מקדם החיכוך הסטטי בין המסה M לשולחן
 הוא: μ_s , וכי כוח החיכוך הפועל על המסה במצב הנ"ל מקסימלי.
 מצא את המתיחות בכל חוט ואת הזווית בה מחובר החוט לקיר,
 אם: M, m, μ_s נתונים.

(6) מקדם חיכוך מינימלי וכוחות על השולחן

קופסה בעלת מסה M מונחת על שולחן.
 הקופסה קשורה בחוט אידיאלי ודרך גלגלת
 אידיאלית לקופסה נוספת בעלת מסה m התלויה באוויר.
 בין השולחן לקופסה קיים חיכוך, מקדם החיכוך הסטטי אינו ידוע.
 א. מצא מהו ערכו המינימלי האפשרי של מקדם החיכוך הסטטי,
 אם ידוע שהמערכת נמצאת במנוחה. הנח שהמסות נתונות.
 ב. מהו הכוח שמפעיל המוט המחזיק את הגלגלת על הגלגלת?
 ג. מהו הכוח הכולל הפועל על השולחן מהמערכת (מסות והמוט שמחזיק
 את הגלגלת)?
 ד. מהו הכוח הנורמלי ומהו כוח החיכוך הפועלים על השולחן מהרצפה?
 (התייחס למסת השולחן כנתונה).

(7) נער מושך בחוטים

מסה m_1 מונחת על משטח אופקי לא חלק.
 נער שמסתו m_2 מושך את קצה החוט T_3 , כך
 שהמסה m_1 על סף תנועה. הנער עומד על משקל.
 נתון: $\mu_s = 0.2$, $\alpha = 30^\circ$, $m_2 = 50\text{kg}$.
 החוט T_2 אופקי ו- T_3 אנכי.
 הוראת המשקל היא: 450N .
 א. חשב את המתיחות בחוטים: T_1 , T_2 ו- T_3 .
 ב. חשב את ערכה של מסה m_1 .

(8) נער מושך בחוטים שוב

מסה m_1 מונחת על משטח משופע לא חלק.

נער שמסתו m_2 מושך את קצה החוט T_2 .

החוט T_2 מחובר למרכז הגלגלת חסרת חיכוך ומסה. הנער עומד על משקל.

נתון: $\mu_s = 0.2$, $\alpha = 40^\circ$, $m_1 = 80\text{kg}$, $m_2 = 60\text{kg}$.

החוט T_2 מאונך ו- T_3 מקביל למדרון.

הוראת המשקל היא: 120N .

א. חשב את הזווית β (הזווית בין החוט לאופק).

ב. חשב את המתוחות בחוטים: T_1, T_2, T_4 .

ג. מצא את גודלו וכיוונו של כוח החיכוך בין m_1 למדרון.

(9) נער מושך בעגלה הקשורה למשקולת

בתרשים שלפניך מוצגת מערכת.

אדם מושך עגלה שמסתה $m_1 = 15\text{kg}$ באמצעות חוט.

החוט בזווית $\alpha = 30^\circ$ עם הציר האופקי, ראה תרשים. החיכוך בין העגלה למשטח ניתן להזנחה.

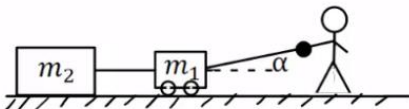
לעגלה מחוברת משקולת $m_2 = 25\text{kg}$.

מקדם החיכוך בין המשקולת למשטח שווה $\mu_k = 0.2$.

מערכת הגופים נעים במהירות קבועה.

א. מהי המתוחות בחוט בין העגלה למשקולת?

ב. מהו הכוח שהאדם מושך את מסה m_1 ?

**(10) אדם הולך על קרש על מישור משופע ****

קרש שמסתו M מונח על מישור משופע חלק הנטוי בזווית θ .

אדם שמסתו: $m = 0.4M$ הולך על גבי הקרש.

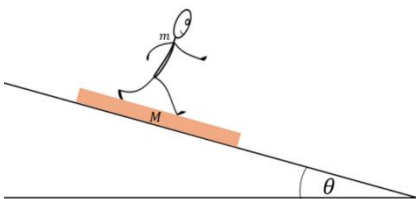
בין האדם לקרש קיים חיכוך. הניחו שהכוח שמפעיל האדם על הקרש קבוע ושהמישור מקובע.

א. באיזה כיוון צריך האדם ללכת כך שהקרש יישאר במנוחה?

ב. מה צריכה להיות תאוצת האדם בסעיף א?

ג. מהו מקדם החיכוך הסטטי המינימלי המאפשר את המצב בסעיף א? (בהליכה החיכוך עם המשטח הוא סטטי למרות שיש תנועה)

ד. האדם משנה את הליכתו כך שעכשיו הוא נשאר במקום ביחס לקרקע והקרש נע ביחס לקרקע. מה כיוון הליכתו של האדם ומהי תאוצת המשטח במקרה זה?



תשובות סופיות:

$$(1) \quad F_{\min} = 66.67 \text{ N} \quad \text{א.} \quad F \geq 26.32 \text{ N} \quad \text{ב.}$$

$$(2) \quad F_{\min} = 10.8 \text{ N}, F_{\max} = 20.4 \text{ N}$$

$$(3) \quad F \approx 17.68 \text{ N}$$

$$(4) \quad T_1 = (m_1 + m_2)g, T_2 = m_2g, T_3 = 2m_2g, T_4 = 2(m_1 + m_2), m_3 = 2m_2$$

$$(5) \quad \cot \alpha = \frac{m}{\mu_s M}$$

$$(6) \quad \mu_{s_{\min}} = \frac{m}{M} \quad \text{א.} \quad F = \sqrt{2}mg \quad \text{ב.} \quad \sum F_y = (-M + m)g \quad \text{ג.}$$

$$\text{ד.} \quad N = -\sum F_y = (M + m)g + \tilde{M}g$$

$$(7) \quad m_1 = 14.5 \text{ kg} \quad \text{ב.} \quad T_1 = 57.7 \text{ N}, T_2 = 28.9 \text{ N}, T_3 = 50 \text{ N} \quad \text{א.}$$

$$(8) \quad \beta = 40^\circ \quad \text{א.} \quad T_2 = 480 \text{ N}, T_1 = T_4 \approx 373 \text{ N} \quad \text{ב.}$$

$$\text{ג.} \quad f_s = 141 \text{ N}, \text{ כיוון: במעלה המדרון.}$$

$$(9) \quad T_2 = 50 \text{ N} \quad \text{א.} \quad T_1 = 57.7 \text{ N} \quad \text{ב.}$$

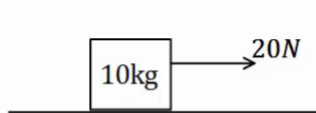
$$(10) \quad \text{א. במורד המישור.} \quad \text{ב.} \quad \frac{7}{2}g \sin \theta \quad \text{ג.} \quad \mu_{s_{\min}} = \frac{\tan \theta}{0.4}$$

$$\text{ד. במעלה המישור.} \quad a = 1.4g \sin \theta$$

חוק שני של ניוטון:

שאלות:

(1) דוגמה 1

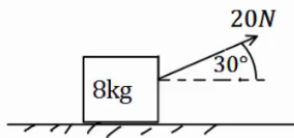


כוח של 20 ניוטון מופעל על ארגז בעל מסה של 10 ק"ג.
אין חיכוך בין הארגז לרצפה.

א. מצא את תאוצת הארגז.

ב. כמה זמן ייקח להזיז את הארגז למרחק של 30 מטרים באמצעות כוח זה, אם נתון שהארגז התחיל תנועתו ממנוחה?

(2) דוגמה 2



כוח של 20 ניוטון פועל בזווית של 30 מעלות מעל האופק.
הכוח מופעל על ארגז בעל מסה של 8 ק"ג.
הארגז נמצא במנוחה ונתון כי בין הארגז לרצפה קיים חיכוך.

מקדמי החיכוך הסטטי והקינטי הם: $\mu_s = 0.2, \mu_k = 0.1$.

א. בדוק האם הארגז נשאר במנוחה או מתחיל לנוע.

ב. כמה זמן ייקח להזיז את הארגז למרחק של 30 מטרים באמצעות כוח זה?

ג. חזור על הסעיפים אם הכוח היה בזווית של 70 מעלות.

(3) מרחק עצירה

דני נוסע במכוניתו במהירות של 54 קמ"ש, ולפתע הוא מבחין כי רמזור הנמצא 50 מטרים לפניו הופך לאדום. דני לוחץ על הבלמים ומתחיל בעצירה.

מקדם החיכוך הקינטי בין הגלגלים לרצפה הוא: $\mu_k = 0.3$.

הנח שהגלגלים ננעלים ואין למכונית מערכת ABS.

א. האם דני יספיק לעצור לפני הרמזור?

ב. בדוק שוב האם דני יספיק לעצור, אך הפעם הוסף זמן תגובה של שנייה אחת (הזמן מהרגע שבו דני מבחין באור עד אשר הוא לוחץ על הבלמים).

(4) כוח קבוע נפסק בפתאומיות

מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי.

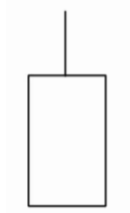
ברגע $t = 0$ מתחיל לפעול על המסה כוח אופקי של 10N.

המסה מתחילה לנוע בהשפעת הכוח במשך 4 שניות, ואז נפסק הכוח בפתאומיות.

מקדם החיכוך הקינטי בין המסה לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.

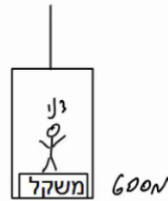
א. מה המרחק אותו עבר הגוף עד ל- $t = 4\text{sec}$?

ב. מהו המרחק הכולל אותו עבר הגוף עד לעצירתו שוב?

(5) כוחות על מעלית

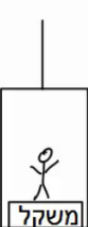
מעלית עולה בתאוצה של 0.5 מטרים לשנייה בריבוע, באמצעות כבל הקשור לתקרתה. מסת המעלית היא 600 ק"ג.

- שרטט תרשים כוחות על המעלית.
- הקפד על הגודל היחסי של כל וקטור בשרטוט.
- שרטט את שקול הכוחות ואת וקטור התאוצה.
- מהי המתיחות בכבל?

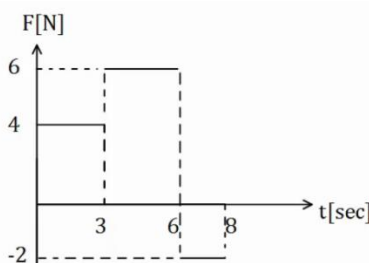
(6) משקל במעלית

דני מודד את משקלו בתוך מעלית. משקלו כאשר המעלית במנוחה הוא 600 ניוטון.

- מהי מסתו של דני?
- מה יראה המשקל אם המעלית יורדת במהירות קבועה של 3 מטרים לשנייה?
- מה יראה המשקל אם המעלית עולה בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע?
- מה יראה המשקל אם המעלית יורדת בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע?
- מה יראה המשקל אם המעלית נופלת נפילה חופשית?

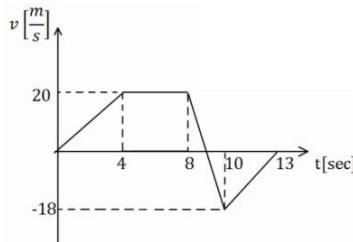
(7) עוד משקל במעלית

יוסי נמצא במעלית ומודד את מסתו באמצעות משקל. יוסי מודד פעם אחת כאשר המעלית נמצאת בתאוצה כלפי מעלה של 3 מטרים לשנייה בריבוע, ופעם אחת כאשר המעלית נמצאת בתאוצה כלפי מטה של 1 מטר לשנייה בריבוע. ההפרש בין המדידות הוא 12 ק"ג. מהי מסתו האמיתית של יוסי?

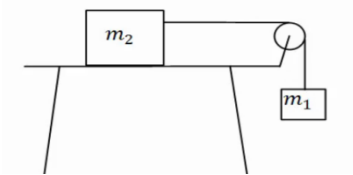
(8) גרפים 1

בגרף הבא נתון הכוח הפועל על גוף כתלות בזמן.

- מצא את תאוצת הגוף כתלות בזמן אם מסת הגוף היא 5 ק"ג.
- מצא את מהירות הגוף כתלות בזמן אם מהירותו ההתחלתית היא: $v_0 = 0$.
- מצא את מיקום הגוף כתלות בזמן אם המיקום ההתחלתי הוא: $x_0 = 0$.

**9) גרפים 2**

גוף בעל מסה של 3 ק"ג נע לאורך קו ישר. מהירות הגוף כתלות בזמן נתונה לפי הגרף הבא. מצא את שקול הכוחות הפועל על הגוף בכל רגע, ושרטט גרף של השקול כתלות בזמן.

10) מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה

במערכת הבאה המסה $m_2 = 5\text{kg}$ נמצאת על שולחן אופקי ומחוברת דרך חוט אידיאלי למסה התלויה באוויר m_1 . בין השולחן ל- m_2 קיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם: $\mu_s = 0.3$, $\mu_k = 0.2$.

המערכת מתחילה ממנוחה וגובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא: 3m .

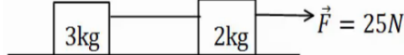
א. מצא את גודלה המינימלי של m_1 , עבודה המערכת תהיה בתנועה.

ב. הנח שגודלה של m_1 כפול מזה שחישבת בסעיף הקודם.

מהן תאוצות המסות?

ג. כמה זמן ייקח למסה להגיע אל הקרקע?

ד. מהן מהירויות המסות ברגע זה?

11) כוח מושך מסה שמושכת מסה

מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי למסה נוספת של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן. כוח אופקי של 25 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

א. מצא את תאוצות המסות ואת המתיחות בחוט אם המשטח חלק (חסר חיכוך).

ב. חזור על סעיף א' במידה וקיים חיכוך בין המסות למשטח, ומקדם החיכוך

הקינטי הוא: $\mu_k = 0.2$.

12) כוח מושך מסה שמושכת מסה שמושכת מסה

מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי. המסה מחוברת באמצעות

חוט אידיאלי למסה נוספת של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן.

המסה השנייה מחוברת למסה של 4 ק"ג בצורה דומה.

כוח אופקי של 60 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

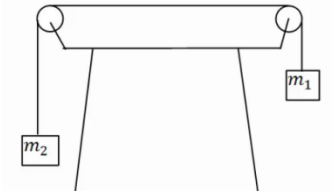
א. מצא את תאוצות המסות ואת המתיחות בחוטים אם המשטח חלק (חסר חיכוך).

ב. חזור על סעיף א' במידה וקיים חיכוך בין המסות למשטח ומקדם

החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k = 0.2$.

13 שתי מסות תלויות

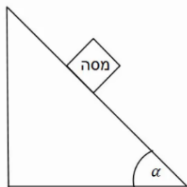
במערכת הבאה שתי מסות שונות: $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 1\text{kg}$.
המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלות אידיאליות.
המערכת מתחילה ממנוחה וגובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא: 2m .



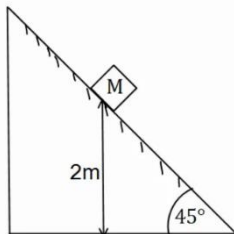
- שרטט תרשים כוחות עבור כל מסה.
- חשב את תאוצת הגופים.
- לאיזה כיוון תתחיל המערכת לנוע?
- כמה זמן ייקח למסה להגיע אל הקרקע?
- מהי מהירות המסות ברגע זה?

14 מדרון משופע בסיסי

- מסה מונחת על מדרון משופע בעל זווית α .
אין חיכוך בין המסה למדרון.
- שרטט תרשים כוחות על המסה.
 - בטא את תאוצת המסה באמצעות הזווית.
 - רשום משוואת מיקום-זמן ומהירות-זמן של המסה.

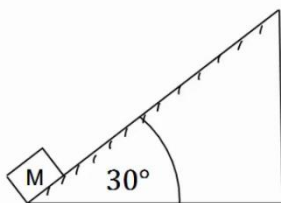
**15 מדרון משופע עם חיכוך**

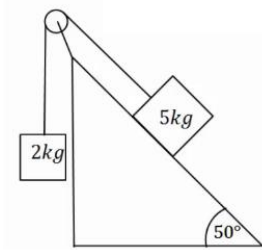
- מסה M מונחת על מדרון משופע בגובה של 2m מטרים.
זווית השיפוע של המדרון היא 45° מעלות ומקדמי החיכוך הסטטי והקינטי בין המסה למדרון הם: $\mu_s = 0.2$, $\mu_k = 0.1$.
- האם המסה תתחיל להחליק או תישאר במנוחה?
 - מצא תוך כמה זמן תגיע המסה לתחתית המדרון.
 - מהי מהירותה ברגע זה?

**16 מסה נזרקת במעלה המדרון**

- מסה M נזרקת במעלה מדרון משופע במהירות התחלתית של: $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
זווית המדרון היא 30° מעלות. מקדמי החיכוך הסטטי והקינטי בין המסה למדרון הם: $\mu_s = 0.25$, $\mu_k = 0.2$.

- מצא את תאוצת המסה.
- רשום משוואת מיקום-זמן עבור תנועת המסה.
- מתי מגיעה המסה לשיא גובה תנועתה על המדרון?
- האם המסה תיעצר בשיא הגובה?
- כמה זמן ייקח למסה לחזור לתחתית המדרון מהרגע שבו התחילה תנועתה?



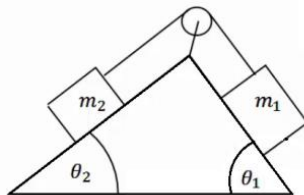
**17) מסה בשיפוע ומסה תלויה**

מסה של 5 ק"ג מונחת על מדרון משופע בעל זווית שיפוע של 50 מעלות. המסה מחוברת דרך חוט אידיאלי למסה של 2 ק"ג התלויה באוויר. אין חיכוך בין המסה למדרון. א. לאיזה כיוון תנוע המערכת? ב. מצא את תאוצת המערכת.

כעת הנח שקיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם: $\mu_s = 0.25$, $\mu_k = 0.2$.

ג. לאיזה כיוון יפעל החיכוך? האם החיכוך סטטי או קינטי?

ד. מצא שוב את תאוצת המערכת.

**18) שתי מסות שני שיפועים 2**

במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן: θ_1 , θ_2 .

שתי מסות שונות m_1 , m_2 מונחות בשני צידי המדרון. המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המסות למדרון. נתון: $\theta_1 = 45^\circ$, $\theta_2 = 30^\circ$, $m_1 = 2\text{ kg}$, $m_2 = 4\text{ kg}$.

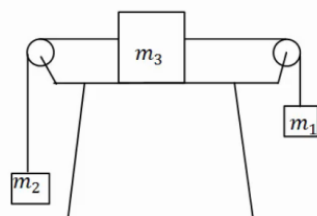
א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?

ב. מצא את תאוצת המערכת.

כעת הנח שקיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם: $\mu_s = 0.25$, $\mu_k = 0.2$.

ג. לאיזה כיוון יפעל החיכוך והאם החיכוך סטטי או קינטי?

ד. מצא שוב את תאוצת המערכת.

**19) מסה על שולחן ושתי מסות תלויות**

מסה m_3 מונחת על שולחן במנוחה.

המסה קשורה משני צידיה לחוטים אידיאליים. כל חוט עובר דרך גלגלת ומחובר למסה שונה התלויה באוויר (ראה איור). הנח שהמסות לא פוגעות ברצפה.

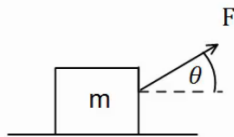
נתון: $m_1 = 14\text{ kg}$, $m_2 = 2\text{ kg}$, $m_3 = 4\text{ kg}$.

א. מצא את תאוצות המסות והמתיחות בחוטים אם אין חיכוך בין m_3 לשולחן.

כעת הנח שיש חיכוך בין m_3 לשולחן ומקדמי החיכוך הם: $\mu_s = 0.25$, $\mu_k = 0.2$.

ב. האם המערכת תהיה במנוחה או בתנועה?

ג. מצא שוב את תאוצת הגופים והמתיחות בחוטים.

20 זווית אופטימלית למשיכה

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

א. מצא את תאוצת הכוח כתלות בפרמטרים הרשומים בשאלה.

(הנח כי יש תנועה והארגז לא מתרומם מעל הקרקע).

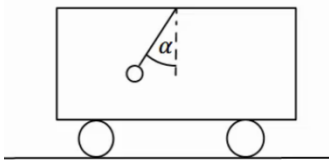
ב. הנח כי מקדם החיכוך הקינטי הוא 0.3.

בדוק באילו מהערכים הבאים של הזווית יש את התאוצה הגבוהה

ביותר: $\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ$.

ג. מצא את הזווית המדויקת בה התאוצה תהיה מקסימלית.

השתמש בנגזרת.

21 מטוטלת במכונית

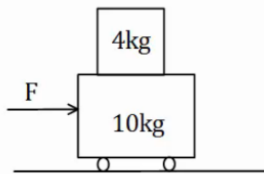
מטוטלת קשורה לתקרת מכונית.

המטוטלת נמצאת בזווית קבועה ונתונה α ,

ביחס לאנך מתקרת המכונית.

א. מצא מהי תאוצת המכונית (גודל וכיוון).

ב. האם ניתן לדעת מה כיוון תנועת המכונית?

22 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.

23 מסה מחליקה על עגלה

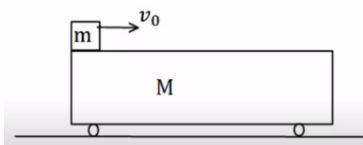
מסה m מונחת מעל עגלה בעלת מסה M הנמצאת במנוחה.

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

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

ב. מצא את הביטוי למיקום והמהירות של העגלה כתלות בזמן.

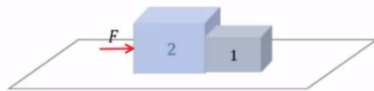
ג. מהי המהירות הסופית של שני הגופים בהנחה שהמסה לא נופלת מהעגלה?

(24) 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?

(25) כוח דוחף שתי קופסאות צמודות

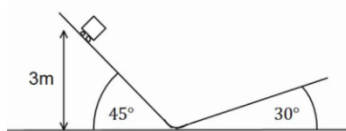
שתי תיבות נמצאות צמודות זו לזו על משטח אופקי חסר חיכוך.
מסות התיבות הן: $m_1 = 3\text{ kg}$ ו- $m_2 = 5\text{ kg}$. כוח אופקי
דוחף את תיבה 2 שדוחפת את תיבה אחת כפי שמתואר בתרשים.
גודל הכוח הוא: $F = 16\text{ N}$. חשב את:



- 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.

(26) קופסה בין מדרונות

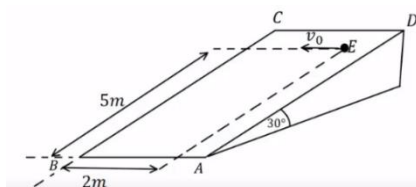
קופסה קטנה עם גלגלים מונחת על מישור משופע בעל זווית של 45° מעלות.
הקופסה משוחררת ממנוחה מגובה של 3 m מטרים
ומתחילה בתנועה. בתחתית המדרון הקופסה עוברת
למדרון משופע אחר בעל זווית של 30° מעלות.
הזנח אפקטים המתרחשים בעת המעבר והנח כי גודל
מהירות הקופסה במעבר בין המדרונות נשאר זהה.



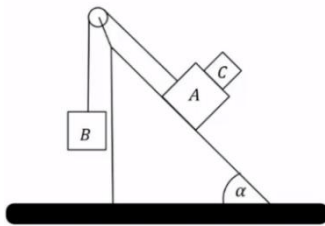
- מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע הקופסה במדרון השני?
נחש מה יקרה לאחר מכן.
- חזור על סעיף א' אם נהג הקופסה שכח לשחרר את מעצור היד של הגלגלים
וקיים חיכוך קינטי בין הקופסה למשטח. מקדם החיכוך הוא: $\mu_k = 0.2$.

(27) זריקה אופקית על מישור משופע

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

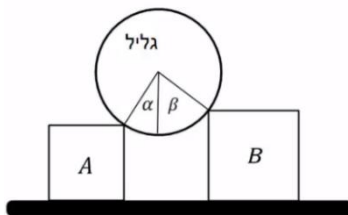


- צייר מערכת צירים ורשום את הכוחות הפועלים על הכדור בעת תנועתו על הלוח בכל ציר.
- מהי צורת המסלול של הכדור על הלוח?
- מצא את v_0 עבורה הכדור יגיע בדיוק לנקודה B.
- מהי מהירות הכדור בנקודה B עבור ה- v_0 שמצאת בסעיף ג'.

**28) גוף על גוף במישור משופע**

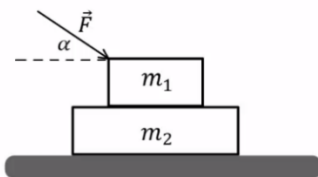
גוף A בעל מסה m_A וגוף B בעל מסה m_B מחוברים באמצעות חוט וגלגלת כמתואר באיור. גוף A מונח על מישור משופע חלק בעל זווית α . גוף C בעל מסה m_C מונח על גוף A. מקדם החיכוך הסטטי בין הגופים A ל-C הוא μ_s . הבא את התשובות באמצעות: m_A, m_C, α, μ_s .

- מהי המסה המרבית של גוף B כך שגוף C וגוף A 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 ?

**29) גליל על שני ארגזים**

גליל אחיד שמסתו m מונח על שני ארגזים שמסותיהם: $m_A = m$ ו- $m_B = 2m$. לארגזים גבהים שונים והם מונחים על משטח אופקי. בין הגליל לארגזים אין חיכוך. כשהמערכת נמצאת בשיווי משקל יוצרים רדיוסי הגליל הנוגעים בפינות הארגזים זוויות של $\alpha = 30^\circ$ ו- $\beta = 45^\circ$ עם האנך לקרקע, ראה איור. נתונים: g, m .

- מה הכוח שמפעיל כל ארגז על הגליל?
- בהנחה שקיים אותו מקדם חיכוך בין הארגזים והמשטח, מהו גודלו המינימלי של מקדם החיכוך כך שהמערכת תישאר בשיווי משקל?

**30) כוח דוחף גוף על גוף**

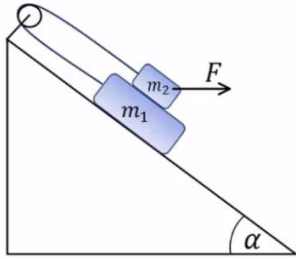
שני גופים זהים שמסותיהם: $m_1 = m_2 = m$ מונחים זה על גבי זה על גבי שולחן אופקי חלק (ראה איור). בין הגופים קיים חיכוך ומקדמי החיכוך הקינטי והסטטי הם: μ_s, μ_k .

כוח חיצוני $\vec{F}$ מופעל על הגוף העליון בזווית α מתחת לאופק. הביעו את תשובתכם באמצעות הפרמטרים: $F, \alpha, m, g, \mu_s, \mu_k$.

- בהנחה שהגופים נעים יחדיו מהי התאוצה המשותפת?
- בהנחה שהגופים נעים יחדיו מהו גודלו של כוח החיכוך בין הגופים?
- מהו גודלו המקסימלי של $\vec{F}$ כך שהגופים ינועו יחדיו?
- נתון כי: $\mu_s = 0.2, \mu_k = 0.15, \alpha = 30^\circ$.

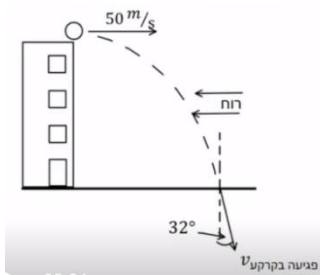
מצא את תאוצת כל גוף כאשר הכוח הדוחף הוא: $F = \frac{1}{2}mg$.

ה. חזור על סעיף ד' כאשר: $F = 3mg$.

31) 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 אידאלית ומונחים
 על מישור משופע בעל זווית $\alpha = 30^\circ$.
 מקדמי החיכוך בין הגופים הם : $\mu_k = \mu_s = 0.4$.
 מקדמי החיכוך עם המישור הם : $\mu_k = \mu_s = 0.3$.
 כוח אופקי F פועל על m_2 .

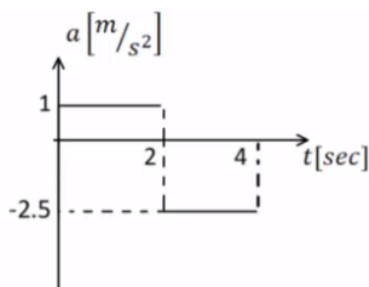
- א. מהו F המקסימלי כך שהגופים יישארו במנוחה?
 ב. אם $F = 40\text{N}$ מהי תאוצת הגופים?

32) זריקה אופקית בהשפעת רוח*

כדור נזרק מגג בניין גבוה מאוד שגובהו 80 מטרים.
 הכדור נזרק אופקית במהירות של 50 מטר לשניה.
 2 שניות לאחר הזריקה מתחילה לנשוב רוח שמפעילה
 כוח F קבוע ואופקי בכיוון המנוגד למהירות ההתחלתית.
 מסת הכדור היא 500 גרם.

א. ענה :

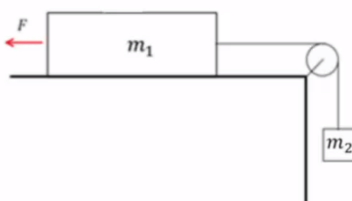
- האם הרוח משפיעה על הזמן שלוקח לכדור להגיע לקרקע?
 - האם הרוח משפיעה על מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע?
- ב. נתון שהחבילה פוגעת בקרקע בזווית של 32° מעלות עם האנך לקרקע.
- חשב את גודלו של הכוח F .
 - שרטט גרפים של רכיבי המהירות כתלות בזמן עד לפגיעה בקרקע.
- ג. מהי הסטייה של הכדור בפגיעתו בקרקע בעקבות הרוח?

33) מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה וכוח*

המערכת שמתוארת בתרשים משוחררת ממנוחה
 ונעה ימינה. הזניחו את מסת החוט ואת כל כוחות
 החיכוך. כעבור 2 שניות נקרע החוט והכוח F
 ממשיך לפעול. נתון : $m_1 = 6\text{kg}$, $F = 15\text{N}$.
 הגרף באיור מתאר את התאוצה של m_1 כפונקציה
 של הזמן עבור 4 השניות הראשונות של התנועה.
 הכיוון החיובי הוא ימינה.

א. עבור 2 השניות הראשונות של התנועה :

- שרטטו את הכוחות הפועלים על כל גוף.
- רשמו את המיקום כתלות בזמן של m_1 .
- חשבו את m_2 ואת המתיחות בחוט.



- ב. האם m_1 שינתה את כיוון תנועתה במהלך 4 השניות הראשונות?
נמקו אם כן או לא. במידה וכן מצא את הזמן והמרחק בו התרחש השינוי.
- ג. שרטטו את המהירות כתלות בזמן עבור m_1 ב-4 השניות של התנועה.
- ד. אם המשטח לא היה חלק, מהו מקדם החיכוך הסטטי המינימלי עבור המערכת הייתה נשארת במנוחה?



34 חבילת סיוע לצוות רפואי

מסוק נשלח להטיל מהאוויר חבילה המכילה ציוד חיוני לצוות רפואי שנמצא על הקרקע. מסת החבילה 15 ק"ג ובעת הטלתה המסוק

$$v_0 = 198 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

טס אופקית במהירות: בגובה 90 מטר מעל הקרקע. 2 שניות אחרי תחילת נפילתה של החבילה החלה לנשוב רוח

שהפעילה על החבילה כוח אופקי F קבוע בכיוון המנוגד ל- v_0 . התייחסו לחבילה כאל גוף נקודתי.

הניחו כי פרט לכוח F האוויר אינו מפעיל שום כוח נוסף.

א. האם הרוח (המתבטאת כאן בכוח F קבוע שהחל לפעול 2 שניות לאחר תחילת התנועה) משפיעה על ערכם של:

i. הזמן שלקח לחבילה להגיע לקרקע? נמק.

ii. מהירות הפגיעה של החבילה בקרקע? נמק.

ב. חשבו את הכוח F אם נתון שהחבילה פגעה בקרקע בזווית 45 מעלות ממישור הקרקע האופקי.

ג. שרטטו במערכת צירים משותפת גרף מהירות-זמן של שני רכיבי מהירות החבילה v_x ו- v_y מרגע השחרור ועד הפגיעה בקרקע.

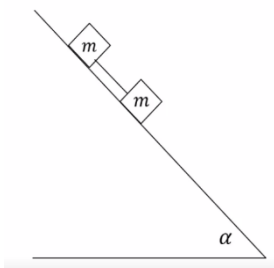
ד. בכמה מטרים הייתה מוסטת נקודת הפגיעה של החבילה בקרקע אילו לא נשבה רוח במהלך תנועתה?

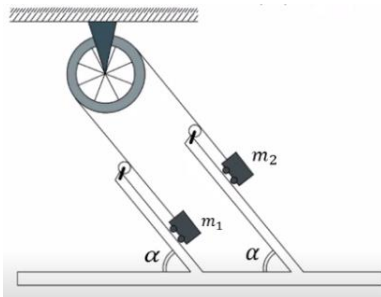
35 שתי מסות מחוברות בחוט על מישור משופע

שני גופים בעלי מסה זהה m קשורים בחוט ונמצאים על מדרון משופע לא חלק בעל זווית α .

משחררים את הגופים ממנוחה והם מתחילים להחליק במורד המדרון. מקדם החיכוך הקינטי בין שני הגופים למשטח הוא μ_k .

מצאו את המתיחות בחוט במהלך התנועה.




36 מכונת אטווד משופעת

תלמידים בנו מכונת אטווד "משופעת".

שתי העגלות נעות ללא חיכוך על לוחות משופעים כשהן קשורות בחוט שעובר דרך גלגלת שמסתה זניחה. זווית השיפוע α ניתנת לשינוי.

מסות הגופים הן: $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 6\text{kg}$.

בטאו תשובותיכם בסעיפים א', ב', ג' באמצעות α .

א. תלמידה מחזיקה את העגלה m_2 כך שלא תזוז.

מהי המתיחות בחוט?

ב. התלמידה משחררת את המסה m_2 .

מהי תאוצת הגופים ומהי המתיחות בחוט כעת?

ג. החוט יכול לשאת עומס מקסימאלי של 25N .

מהו הערך המירבי של α עבורו החוט לא ייקרע?

ד. בהנחה כי כעת מחובר חוט היכול לעמוד במתיחויות גדולות מאוד,

מהי הזווית α עבורה תאוצת הגופים היא מקסימאלית?

ה. מדוע הגדלה נוספת של הזווית מעבר לזווית שמצאתם בסעיף ד', לא

תמשיך ותגדיל את תאוצת הגופים ולא את המתיחות בחוט?

הניחו בסעיפים ד' ו-ה כי המרחק בין הלוחות גם הוא גדול מאוד ביחס לאורך החוט.

תשובות סופיות:

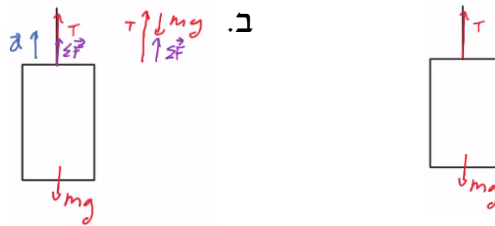
$$(1) \quad a_x = 2 \frac{m}{sec^2} \quad \text{א.} \quad t = \sqrt{30} \text{ sec} \quad \text{ב.}$$

$$(2) \quad \text{א. הגוף לא יכול להיות במנוחה.} \quad \text{ב. } t \approx 6.82 \text{ sec} \quad \text{ג. סעיף א': נשאר במנוחה, סעיף ב': אין משמעות.}$$

$$(3) \quad \text{א. כן, כי } \Delta x \approx 37.5 \text{ m} < 50 \text{ m} \quad \text{ב. לא, כי } \Delta x = 52.5 \text{ m} > 50 \text{ m}$$

$$(4) \quad \text{א. } x(t=4) = 24 \text{ m} \quad \text{ב. } x_F = 60 \text{ m}$$

$$(5) \quad \text{א.} \quad \text{ב.} \quad \text{ג. } T = 6300 \text{ N}$$



$$(6) \quad \text{א. } m_{\text{Dani}} = 60 \text{ kg} \quad \text{ב. כמו סעיף א'.} \quad \text{ג. } m_{\text{Dani}} = 78 \text{ kg}$$

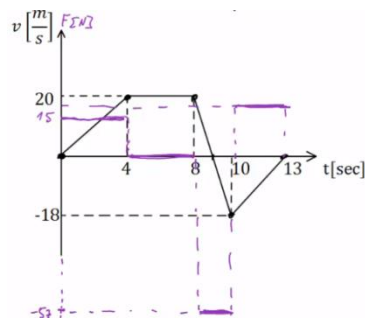
$$\text{ה. } 0 \quad \text{ו. } m_{\text{Dani}} = 42 \text{ kg}$$

$$(7) \quad m_{\text{Yossi}} = 30 \text{ kg}$$

$$(8) \quad v(t) = \begin{cases} \frac{4}{5}t & 0 \leq t \leq 3 \\ \frac{12}{5} + \frac{6}{5}(t-3) & 3 \leq t \leq 6 \quad \text{ב.} \\ 6 - \frac{2}{5}(t-6) & 6 \leq t \leq 8 \end{cases} \quad a = \begin{cases} \frac{4}{5} \frac{m}{sec^2} & 0 < t < 3 \\ \frac{6}{5} \frac{m}{sec^2} & 3 < t < 6 \quad \text{א.} \\ -\frac{2}{5} & 6 < t < 8 \end{cases}$$

$$x(t) = \begin{cases} \frac{2}{5}t^2 & 0 \leq t \leq 3 \\ \frac{18}{5} + \frac{12}{5}(t-3) + \frac{1}{2} \cdot \frac{6}{5}(t-3)^2 & 3 \leq t \leq 6 \quad \text{ג.} \\ \frac{81}{5} + 6(t-6) + \frac{1}{2} \left(-\frac{2}{5} \right) (t-6)^2 & 6 \leq t \leq 8 \end{cases}$$

$$(9) \quad \text{שקול הכוחות: } \sum F = 18 \text{ N}, \quad \text{גרף:}$$



(10) א. $m_{\min} = 1.5 \text{ kg}$ ב. $a = 2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ג. $t \approx 1.55 \text{ sec}$

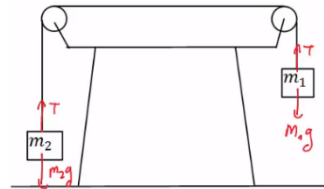
ד. $v_1(t=1.55) \approx 3.87 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{y}$, $v_2(t=1.55) \approx 3.87 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$

(11) א. תאוצה: $a = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $T = 15 \text{ N}$ ב. תאוצה: $a = 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $T = 15 \text{ N}$

(12) א. תאוצה: $a \approx 6.67 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $T = 46.68 \text{ N}$

ב. תאוצה: $a \approx 4.67 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

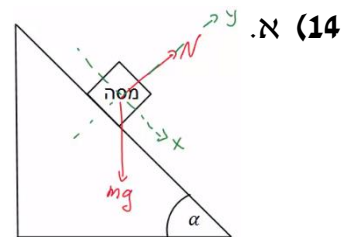
(13) א. ב. $a = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ג. m_1 תרד כלפי מטה.



ה. $v(t=0.89) \approx 4.47 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $t = \sqrt{\frac{4}{5}} \text{ sec}$

ב. $a_x = g \sin \alpha$ ג. מיקום-זמן: $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha \cdot t^2$

מהירות-זמן: $v(t) = g \sin \alpha \cdot t$



(15) א. תתחיל להחליק. ב. הזמן: $t \approx 0.94 \text{ sec}$, המהירות: $v(t=0.94) \approx 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

(16) א. $a = -g(\mu_k \cos 30^\circ + \sin 30^\circ) \approx -6.73 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ב. $x(t) = 0 + 20 \cdot t - \frac{6.73}{2} \cdot t^2$

ג. $t \approx 2.97 \text{ sec}$ ד. לא. ה. $t = 6.24 \text{ sec}$

(17) א. לכיוון המסה הגדולה יותר. ב. $a \approx 2.61 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

ג. סטטי, המערכת בתנועה. ד. $a \approx 1.7 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

(18) א. בכיוון m_2 . ב. $a \approx 0.98 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ג. בכיוון m_1 , סטטי. ד. אין.

(19) א. תאוצה: $a = 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $T_{m1} = 56 \text{ N}$, $T_{m2} = 32 \text{ N}$ ב. בתנועה.

ג. $a = 5.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

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

$$\text{א. גודל: } a_x = g \tan \alpha, \text{ כיוון: חיובי.} \quad \text{ב. לא.} \quad (21)$$

$$F = \mu_s (m_1 + m_2) g = 28 \text{ N} \quad (22)$$

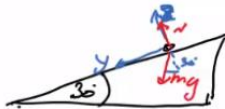
$$x(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot t^2, \quad v(t) = \frac{1}{2} \cdot t \quad \text{ב.} \quad x(t) = 20 \cdot t - \frac{2}{2} t^2, \quad v(t) = 20 - 2 \cdot t \quad \text{א.} \quad (23)$$

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

$$a_{\min} = \frac{g}{\mu_s} \quad (24)$$

$$\vec{N}_{2 \rightarrow 1} = 6 \text{ N}^x \quad \text{ג.} \quad N_{1 \rightarrow 2} = 6 \text{ N} \quad \text{ב.} \quad a = 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{א.} \quad (25)$$

$$h_{\max} = 1.78 \text{ m} \quad \text{ב.} \quad h_{\max} = 3 \text{ m} \quad \text{א.} \quad (26)$$



$$\sum F_z = N - mg \cos 30^\circ, \quad \sum F_y = mg \sin 30^\circ, \quad \sum F_x = 0 \quad \text{א.} \quad (27)$$

$$v_y(t_B) \approx 7.07 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ד.} \quad v_0 = \sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad \text{ב. פרבולה.}$$

$$m_{B\max} = \frac{(m_A + m_C) \mu_s \cos \alpha}{1 + \sin \alpha - \mu_s \cos \alpha} \quad \text{א.} \quad (28)$$

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

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

$$\mu_s \geq 0.224 \quad \text{ב.} \quad N_B = 0.518 \text{ mg}, \quad N_A = 0.732 \text{ mg} \quad \text{א.} \quad (29)$$

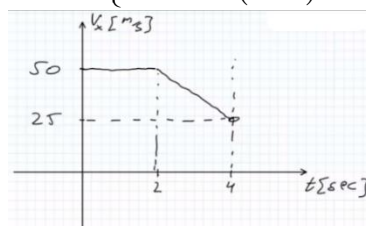
$$F_{\max} = \frac{2\mu_s mg}{\cos \alpha - 2\mu_s \sin \alpha} \quad \text{ג.} \quad f_s = \frac{F \cos \alpha}{2} \quad \text{ב.} \quad a = \frac{F \cos \alpha}{2m} \quad \text{א.} \quad (30)$$

$$a_1 = 22.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, \quad a_2 = 3.75 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ה.} \quad a \approx 2.17 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ד.}$$

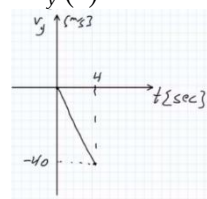
$$a = 1.81 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב.} \quad F_{\max} = 31.05 \text{ N} \quad \text{א.} \quad (31)$$

$$F = 6.25 \text{ N} \quad \text{י.א.} \quad \text{ii. משפיעה.} \quad \text{א. אינה משפיעה.} \quad (32)$$

$$v_x(t) = \begin{cases} 50 & 0 < t < 2 \\ 50 - 12.5(t-2) & 2 < t < 4 \end{cases}$$



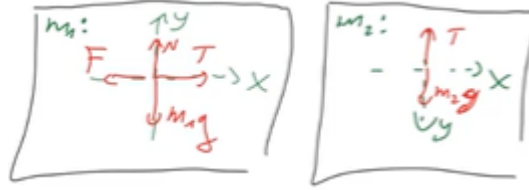
$$v_y(t) = -10 \cdot t \quad \text{ii.}$$



$$\sigma_x = 25 \text{ m} \quad \text{ג.}$$

$$x(t) = \frac{1}{2}t^2 \quad \text{ii}$$

(33) א.i

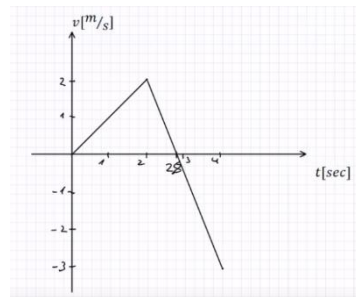


$$T = 21\text{N}, m_2 = 2.33\text{kg} \quad \text{iii}$$

ב. כן, מכיוון שהשטח השלילי מתחת לגרף גדול מהשטח החיובי המהיר תשנה כיוון.

שינוי הכיוון: $t = 2.8\text{sec}$, $x = 2.8\text{m}$

$$\mu_{s\min} = 0.25 \quad \text{ד.}$$



ג.

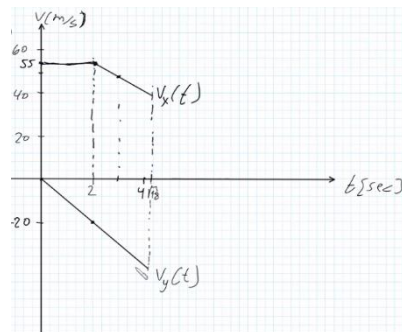
$$F \approx 84.1\text{N} \quad \text{ב.}$$

$$\Delta x = 14\text{m} \quad \text{ד.}$$

ii. משפיעה.

(34) א.i. לא משפיעה.

ג.



$$T = 0 \quad (35)$$

$$\alpha_{\max} = 90^\circ \quad \text{ד.}$$

$$\alpha_{\max} = 38.7^\circ \quad \text{ג.}$$

$$a = 3.35 \sin \alpha \quad \text{ב.}$$

$$T = 30 \sin \alpha \quad \text{א. (36)}$$

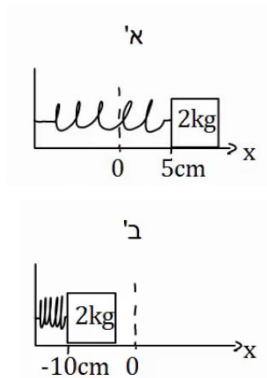
ה. המסות יתנתקו מהמשטח ויהיו תלויות אנכית, התאוצה תישאר אותו דבר כמו בזווית של 90° .

הכוח האלסטי - קפיץ:

שאלות:

(1) דוגמה 1

גוף בעל מסה של 2 ק"ג מחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ: $k = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.



בין הגוף למשטח אין חיכוך.

א. מושכים את הגוף למרחק 5 ס"מ מהנקודה בה הקפיץ רפוי ומשחררים אותו.
מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?

ב. דוחפים את הגוף למרחק 10 ס"מ מהנקודה בה הקפיץ רפוי ומשחררים אותו.

מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?

כעת נתון כי בין הגוף למשטח קיים חיכוך, ומקדם החיכוך

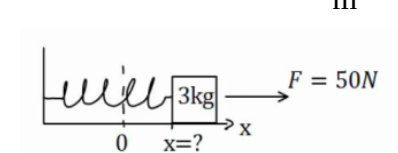
הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.

ג. מהו המרחק המקסימלי בו ניתן להניח את הגוף קשור

לקפיץ כך שישאר במנוחה?

(2) דוגמה 2

גוף בעל מסה של 3 ק"ג מחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ: $k = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.



בין הגוף למשטח אין חיכוך.

על הגוף פועל כוח ימינה שגודלו 50 ניוטון.

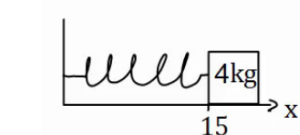
קבע את ראשית הצירים בנקודת הרפיון של הקפיץ.

היכן נמצאת נקודת שיווי המשקל?

(הנקודה בה סכום הכוחות שווה לאפס).

(3) דוגמה 3

גוף בעל מסה של 4 ק"ג מחובר לקיר באמצעות קפיץ בעל



קבוע קפיץ: $k = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

בין הגוף למשטח אין חיכוך.

אורכו הרפוי של הקפיץ הוא 10 ס"מ.

א. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 15 ס"מ מהקיר.

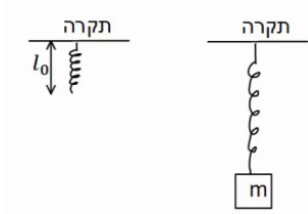
ב. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 6 ס"מ מהקיר.

ג. חשב את תאוצת הגוף בכל נקודה אם על הגוף פועל כוח שגודלו 10 ניוטון

שמאלה.

(4) שיטה למדידת קבוע קפיץ

מסה m תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ שאורכו הרפוי הוא l_0 .



משחררים את המסה לאט לאט עד אשר היא מגיעה לנקודה בה היא תלויה לבד במנוחה.

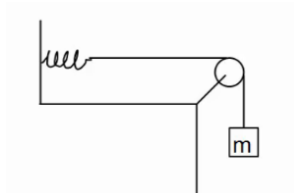
א. מה מיוחד בנקודה זו?

ב. מודדים את מרחק המסה מהתקרה בנקודה זו.

מצא באמצעות מרחק זה והפרמטרים בשאלה את קבוע הקפיץ.

(5) מסה קשורה לחוט שמחובר לקפיץ אופקי

מסה $m = 5gr$ תלויה באמצעות חוט, העובר דרך גלגלת



אידיאלית ומחובר בצידו השני לקפיץ.

הקפיץ מחובר לקיר בצורה אופקית.

קבוע הקפיץ הוא: $k = 10 \frac{N}{m}$.

א. משחררים את המסה בנקודה בה היא נשארת במנוחה.

מצא את התארכות הקפיץ.

ב. מושכים את המסה 5 ס"מ נוספים ומשחררים.

מהי תאוצת המסה ברגע השחרור?

(6) קפיץ בשיפוע

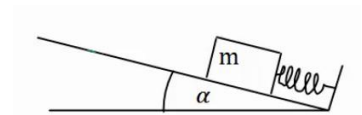
מסה m נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית α .

מצד המסה מחובר קפיץ בעל קבוע קפיץ k .

אין חיכוך בין המסה למשטח.

בכמה מכוון הקפיץ ממצבו הרפוי?

התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים.

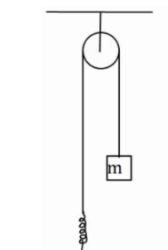
**(7) מסה מחוברת לקפיץ דרך גלגלת בתקרה**

מסה m מחוברת לקפיץ אידיאלי (חסר מסה) דרך גלגלת

אידיאלית המחוברת לתקרה.

הקפיץ מחובר לקרקע וקבוע הקפיץ הוא k .

מצא את התארכות הקפיץ אם נתון שהמסה בשיווי משקל.

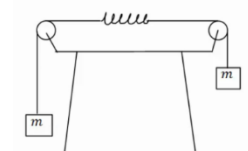
**(8) שתי מסות משני צידי השולחן וקפיץ באמצע**

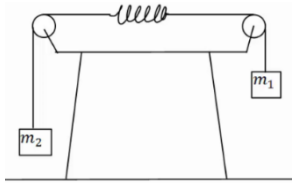
במערכת הבאה שתי מסות m תלויות משני

צידי של השולחן באמצעות חוטים וגלגלות אידיאליים.

באמצע החוט ישנו קפיץ בעל קבוע קפיץ k .

מצא את התארכות הקפיץ.



**9) שתי מסות משני צידי השולחן וקפיץ באמצע בתאוצה**

במערכת הבאה שתי מסות שונות: $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 1\text{kg}$, תלויות משני צידי השולחן באמצעות חוטים וגלגלות אידיאליות.

באמצע החוט ישנו קפיץ חסר מסה בעל קבוע קפיץ: $k = 20 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מצא את תאוצת המערכת.

ב. מצא את התארכות הקפיץ.

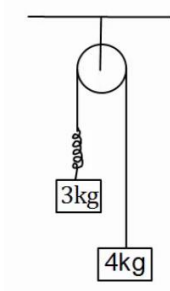
10) מסה תלויה ומתיחה

מסה תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות קפיץ אידיאלי.

נתון: $m = 2\text{kg}$, $k = 20 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

א. מהי תאוצת המסה אם מושכים את המסה 5 ס"מ כלפי מטה?

ב. מהי תאוצת המסה אם מרימים את המסה 2 ס"מ כלפי מעלה?

**11) מסות תלויות מהתקרה עם קפיץ בתאוצה**

במערכת הבאה שתי מסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.

בין המסות יש קפיץ חסר מסה בעל קבוע קפיץ: $k = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מהי תאוצת המסות?

ב. מהי ההתארכות של הקפיץ?

12) קפיץ במכונית נוסעת

מסה $m = 5\text{kg}$ נמצאת על רצפת מכונית.

המסה מחוברת באמצעות קפיץ חסר מסה לצד המכונית, ויכולה לנוע על הרצפה ללא חיכוך.

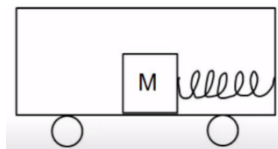
קבוע הקפיץ הוא: $k = 30 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הנח שאורך הקפיץ קבוע.

א. מהי התארכות הקפיץ אם המכונית נוסעת במהירות קבועה?

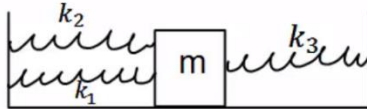
ב. מהי ההתארכות בקפיץ אם המכונית נעה בתאוצה קבועה של 2 מטר לשנייה בריבוע ימינה? ציין האם הקפיץ נמתח או מתכווץ.

ג. מהי ההתארכות בקפיץ אם המכונית נעה בתאוצה קבועה של 3 מטר לשנייה בריבוע שמאלה? ציין האם הקפיץ נמתח או מתכווץ.



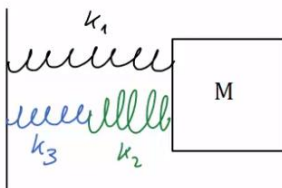
(13) מסה עם שלושה קפיצים

שלושה קפיצים מחוברים למסה $m = 2\text{kg}$, כפי שנראה באיור.
 אין חיכוך בין המסה לרצפה.



נתון כי: $k_1 = 3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, $k_2 = 5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, $k_3 = 12 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הנח כי כל הקפיצים רפויים באותה הנקודה.
 מהי תאוצת המסה כאשר היא נמצאת במרחק 20 ס"מ מנקודת שיווי המשקל?

(14) שלושה קפיצים שוב

באיור הבא המסה $m = 4\text{kg}$ מחוברת לשלושה קפיצים
 בעלי קבועי קפיץ שונים. הנח שכל הקפיצים רפויים
 כאשר המסה נמצאת ב- $x = 0$.

מהי תאוצת המסה כאשר מיקומה הוא: $x = 0.2\text{m}$

אם קבועי הקפיצים הם: $k_1 = 3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, $k_2 = 5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, $k_3 = 12 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. גודל: } -1.25 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, \text{ הכיוון חיובי.} \quad \text{ב. גודל: } a = 2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, \text{ הכיוון חיובי.}$$

$$\text{ג. } x = 8 \text{ cm}$$

$$(2) \quad x = \frac{1}{2} \text{ m}$$

$$(3) \quad \text{א. } F = -2.5 \text{ N} \quad \text{ב. } F = 2 \text{ N} \quad \text{ג. סעיף א': } a = -3.13 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, \text{ סעיף ב': } a = -2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}.$$

$$(4) \quad \text{א. נקודת שיווי משקל.} \quad \text{ב. } k = \frac{mg}{d - l_0}$$

$$(5) \quad \text{א. } \Delta x = 5 \text{ cm} \quad \text{ב. } a = -10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$(6) \quad |\Delta x| = \frac{mg \sin \alpha}{k}$$

$$(7) \quad \Delta x = \frac{mg}{k}$$

$$(8) \quad |\Delta x| = \frac{mg}{k}$$

$$(9) \quad \text{א. } a = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב. } \Delta x = \frac{3}{4} \text{ m}$$

$$(10) \quad \text{א. } a = -0.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב. } a = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$(11) \quad \text{א. } a = \frac{10}{7} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב. } \Delta x \approx 0.69 \text{ m}$$

$$(12) \quad \text{א. } \Delta x = 0 \quad \text{ב. } |\Delta x| = \frac{1}{3} \text{ m, מתארך.} \quad \text{ג. } |\Delta x| = \frac{1}{2} \text{ m, מתכווץ.}$$

$$(13) \quad a = -2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$(14) \quad a \approx 0.326 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

כוח הכבידה – הכוח הריבועי ההפוך:

שאלות:

(1) תאוצת הנפילה החופשית על הירח

מסת הירח היא: $M = 7.35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ ורדיוסו הוא: $R = 1737 \text{ km}$.

א. מהי תאוצת הנפילה החופשית על הירח g ?

ב. מהו משקלה של אסטרונאוטית על הירח, אם משקלה על כדה"א הוא 65 ק"ג?

תשובות סופיות:

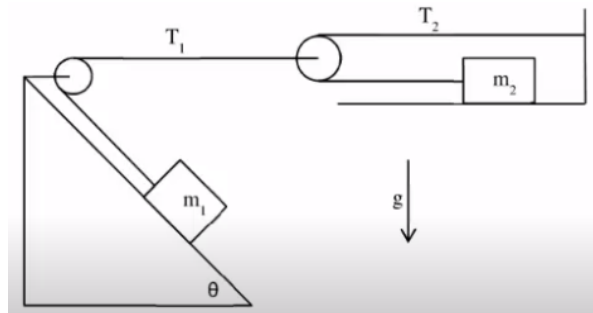
(1) א. $g \approx 1.62 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ב. 11 kg

תאוצות לא שוות:

שאלות:

(1) מסה במדרון ומסה אופקית

- המסות m_1 ו- m_2 מחוברות על ידי חוטים וגלגלות אידאליים, ראה איור. המישור המשופע עליו מונחת המסה m_1 חסר חיכוך בעוד שהמישור האופקי עליו מונחת m_2 הוא משטח בעל חיכוך עם מקדם חיכוך סטטי/קינטי μ .
- א. קבל ביטוי פרמטרי עבור הערך של m_2 מעליו המערכת תמצא בשיווי משקל.
- ב. מהו ערך זה עבור הנתונים: $m_1 = 5\text{kg}$, $\theta = 30^\circ$, $\mu = 0.2$.
- ג. אם m_2 קטן מהערך שחישבת בסעיפים הקודמים, מה תהיה תאוצת כל גוף במערכת (קבל ביטוי פרמטרי)?
- ד. חשב את התאוצה עבור $m_2 = 1\text{kg}$.



תשובות סופיות:

$$\begin{aligned}
 & \text{א. } m_2 = \frac{m_1 \sin \theta}{2\mu} \quad (1) \\
 & \text{ב. } m_2 = 6.25\text{kg} \\
 & \text{ג. } a_1 = \frac{m_1 g \sin \theta - 2\mu m_2 g}{4m_2 + m_1}, \quad a_2 = \frac{2m_1 g \sin \theta - 4\mu m_2 g}{4m_2 + m_1} \\
 & \text{ד. } a_1 = 2.33 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, \quad a_2 = 4.67 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}
 \end{aligned}$$

קורס בדיקה מערכת

פרק 3 - עבודה ואנרגיה

תוכן העניינים

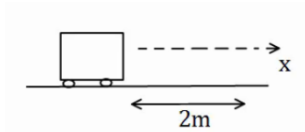
1. העבודה שמבצע כוח.....	39
2. אנרגיה קינטית והקשר לעבודה.....	41
3. אנרגיה פוטנציאלית-כובדית.....	42
4. אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה.....	43
5. עבודת החיכוך וחום.....	46
6. אנרגיה פוטנציאלית אלסטית-קפיץ.....	48
7. חוק שימור האנרגיה- הרחבה..... (ללא ספר)	
8. סיכום הפרק..... (ללא ספר)	
9. תרגילים.....	49
10. הספק.....	54

העבודה שמבצע כוח:

שאלות:

(1) דוגמה 1

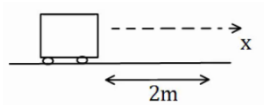
כוח F שגודלו 5N פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה- x .
 חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:



- א. בכיוון ציר ה- x .
- ב. בכיוון 30° עם ציר ה- x .
- ג. בכיוון 30° מתחת לציר ה- x .

(2) דוגמה 2

כוח F שגודלו 5N פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה- x .
 חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:



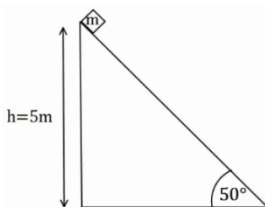
- א. בכיוון ציר ה- y .
- ב. בכיוון 30° מעל ציר ה- x השלילי.
- ג. בכיוון 30° מתחת לציר ה- x השלילי.

(3) דוגמה 3

גוף נופל נפילה חופשית מגובה של 8 מטרים מעל הקרקע. מסת הגוף היא 3kg .
 א. חשב את עבודת כוח הכובד עד לפגיעה בקרקע.
 ב. חשב שוב את העבודה אם הגובה והמסה נתונים כפרמטרים: m , h .

(4) דוגמה 4

גוף שמסתו $m = 2\text{kg}$ מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור.
 זווית השיפוע של המישור היא 50° .
 א. חשב את העבודה שמבצע הנורמל על הגוף במהלך תנועתו.
 ב. חשב את עבודת כוח הכובד על הגוף.
 ג. חשב את עבודת החיכוך הקינטי אם ידוע שמקדם החיכוך הוא: $\mu_k = 0.2$.



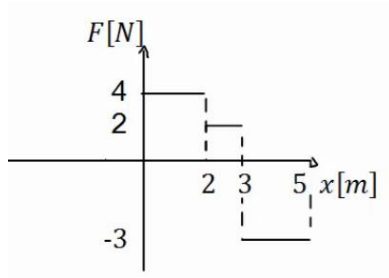
(5) דוגמה 5

גוף נע מהנקודה (1,2) לנקודה (3,5).

חשב את עבודת הכוחות הבאים הפעלו על הגוף:

א. $\vec{F} = (2,1)$

ב. $\vec{F} = (-3,2)$

**(6) כוח כתלות במיקום**

נתון גרף של הכוח כתלות במיקום.

א. מהי העבודה הכוללת שמבצע הכוח הבא?

ב. מהי עבודת הכוח בשני המטרים

האחרונים של התנועה?

תשובות סופיות:

(1) א. $W = 10$ ב. $W = 5 \cdot \sqrt{3}$ ג. $W = 5 \cdot \sqrt{3}$

(2) א. $W = 0$ ב. $W \approx -8.66$ ג. $W \approx -8.66 \text{ J}$

(3) א. $W_g = 240 \text{ J}$ ב. $W_g = mgh$

(4) א. $W_N = 0$ ב. $W_g = 100 \text{ J}$ ג. $W_{fk} = -16.79 \text{ J}$

(5) א. $W = 7 \text{ J}$ ב. $W = 0$

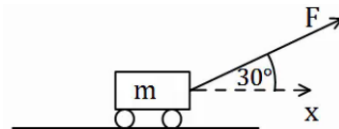
(6) א. $W = 4 \text{ J}$ ב. $W = -6 \text{ J}$

אנרגיה קינטית והקשר לעבודה:

שאלות:

(1) כוח מושך קרונית בזווית

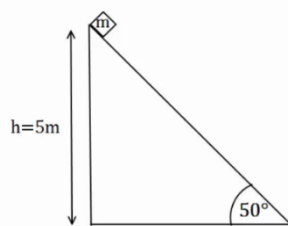
כוח $F = 50\text{N}$ מושך קרונית בזווית של 30° מעל ציר ה- x .
מסת הקרונית היא 3 ק"ג .



- שרטט תרשים כוחות הפועלים על הקרונית.
- מצא את העבודה של כל כוח, אם ידוע שהקרונית התקדמה 5 מטרים בכיוון ציר ה- x .
- מהי מהירות הקרונית לאחר 5 המטרים , אם התחילה לנוע ממנוחה?

(2) המשך לדוגמה 4

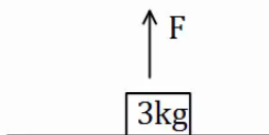
גוף שמסתו $m = 2\text{kg}$ מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור. זווית השיפוע של המישור היא 50° . מקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.2$.



- מצא את עבודת הכוחות.
- מהי מהירות הגוף בתחתית המדרון, אם התחיל ממנוחה?

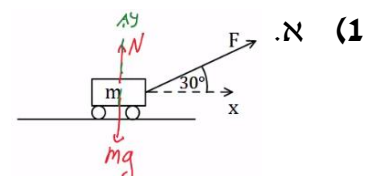
(3) כוח מושך גוף ישר למעלה

כוח $F = 50\text{N}$ מושך גוף כלפי מעלה. מצא את מהירות הגוף בגובה 8 מטרים מעל הקרקע. מסת הגוף היא 3 ק"ג .



תשובות סופיות:

א. $W_N = 0 = W_g, W_F \approx 216.51\text{J}$ ב. $v_F \approx 12.01 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$



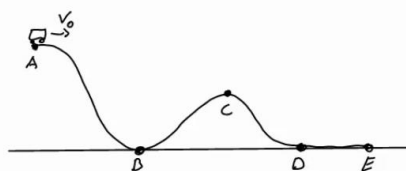
א. $W_N = 0, W_g = 100\text{J}, W_{fk} = -16.79$ ב. $v_F \approx 9.12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

(3) $v_p \approx 10.33 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

אנרגיה פוטנציאלית-כובדית:

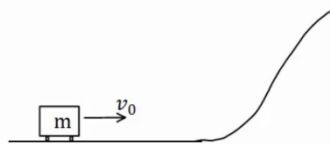
שאלות:

(1) רכבת הרים



רכבת הרים מתחילה בנסיעה מהנקודה A הנמצאת בגובה 20 מטרים. מהירותה בנקודה A היא 5 מטרים לשנייה. מצא את מהירותה בנקודות B, D, E הנמצאות על הקרקע, ובנקודה C הנמצאת בגובה 10 מטרים.

(2) עגלה עולה על גבעה



עגלה נעה בתחתית גבעה עם מהירות התחלתית של 20 מטר לשנייה. אין חיכוך בין העגלה לאדמה.

- א. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע העגלה? לאחר שהגיעה לגובה המקסימלי מתחילה העגלה להתדרדר חזרה במורד הגבעה.
- ב. מה תהיה מהירותה כשתגיע חזרה לתחתית?

תשובות סופיות:

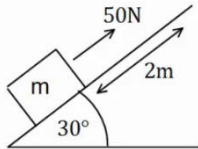
$$v_B \approx 20.62 \frac{\text{m}}{\text{sec}} = v_E = v_D, v_C \approx 15 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (1)$$

$$v_F = \pm v_0 \quad \text{ב.} \quad h_{\max} = 20\text{m} \quad \text{א.} \quad (2)$$

אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה:

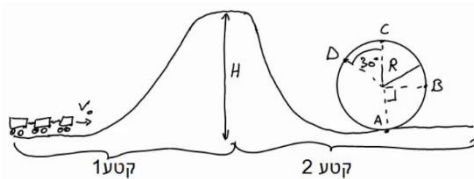
שאלות:

(1) כוח מעלה במדרון משופע



כוח של 50 ניוטון פועל על גוף במקביל למשטח משופע בעל זווית של 30° .
מסת הגוף היא $m = 4\text{kg}$ והוא מתחיל תנועתו ממנוחה.
חשב את מהירות הגוף לאחר שהתקדם 2 מטרים במעלה המדרון (אין חיכוך).

(2) עוד רכבת הרים



רכבת הרים מתחילה בנסיעה בצדו השמאלי של המסלול באיור.
לרכבת מהירות התחלתית נמוכה v_0 .

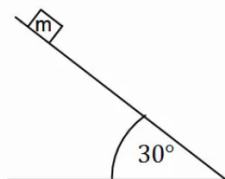
בקטע הראשון כוח F מושך את הרכבת כלפי מעלה במהירות קבועה עד לשיא הגובה H .
בשיא הגובה הכוח נפסק ולאחר מכן הרכבת נעצרת (באמצעות מעצור) למספר שניות, על מנת שהנוסעים יוכלו לפחד לקראת הנפילה.

בקטע השני הרכבת נופלת (ללא הכוח F) ומבצעת סיבוב אנכי - "לופ".
התייחס למסת הרכבת והנתונים באיור כפרמטרים נתונים.

א. מצא את העבודה הכוללת המבצע הכוח F על הרכבת.

ב. מצא את מהירות הרכבת בכל הנקודות המצוינות באיור.

(3) מסה מחליקה במדרון

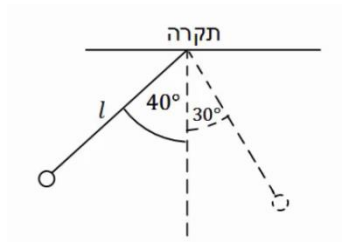


מסה $m = 4\text{kg}$ מונחת במנוחה בגובה $h = 5\text{m}$ על מדרון משופע.
שיפוע המדרון הוא 30° .

א. מצא את מהירות המסה בתחתית המדרון אם אין חיכוך בינה למשטח.

ב. חזור על סעיף א' עבור מקרה בו יש חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.

ג. חזור על סעיף ב' אם בנוסף לחיכוך יש גם כוח $F = 60\text{N}$, במקביל למדרון ובכיוון תנועת המסה.

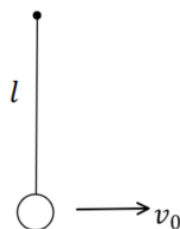
(4) מטוטלת

מטוטלת בעלת אורך חוט $l = 50\text{cm}$ תלויה מהתקרה. מרימים את המטוטלת לזווית של 40° ביחס לאנך מהתקרה ומשחררים ממנוחה.

- מהי עבודת כוח המתיחות לאורך התנועה?
- מהי מהירות המטוטלת בתחתית המסלול?
- מהי מהירות המטוטלת לאחר שעלתה זווית של 30° ?
- מהי הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת?

(5) כדור תלוי על חוט מבצע מעגל

נקודת תלייה



כדור תלוי במנוחה על חוט שאורכו $l = 30\text{cm}$.

א. מקנים לכדור מהירות התחלתית בכיוון אופקי

$$v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

- מה יהיה הגובה המקסימלי אליו יגיע?
- מה תהיה זווית החוט המקסימלית ביחס לאנך לקרקע?

ב. איזו מהירות מינימלית יש להעניק לכדור (ממצב מנוחה) כדי שיגיע לגובה

המקסימלי שהחוט מאפשר לו (למעל מרכז המעגל) במהירות של $\sqrt{32} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

הניחו שהמהירות מספיקה בשביל להשלים את הסיבוב.

- במקרה המתואר בסעיף ב' – מה תהיה מהירות הכדור כאשר יחזור לנקודת ההתחלה?

תשובות סופיות:

$$V_F \approx 5.48 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (1)$$

$$W_F = mgH \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$v_F = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$W_T = 0 \quad \text{א.} \quad (4)$$

$$\theta_{\max} = 40^\circ \quad \text{ד.}$$

$$20\text{cm} \quad \text{א. i.} \quad (5)$$

$$v_f = \sqrt{44} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.}$$

$$v_C = \sqrt{2g(H-2R)}, v_D = \sqrt{2g(H-1.87R)} \quad \text{ב.}$$

$$v_F \approx 19.11 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad v_F \approx 8.08 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.}$$

$$v_F \approx 1.03 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad v_F \approx 1.55 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.}$$

$$v_0 = \sqrt{44} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad \theta_{\max} \approx 71^\circ \quad \text{ii.}$$

עבודת החיכוך וחום:

רקע:

חום (Q) - האנרגיה הנוצרת מחיכוך קינטי. כמות החום שנוצרת בתהליך שווה לעבודה של כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימן, כי העבודה שמבצע החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)

$$Q = -W_{fk}$$

ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה הכללית של הגוף.

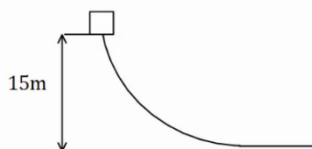
שאלות:

(1) חישוב עבודה

גוף שמסתו 5kg מחליק במורד מישור משופע. מהירותו בראש המישור היא $3\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, ומהירותו בתחתית המישור, הנמצאת 15m נמוך יותר מנקודת ההתחלה, היא $16\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. מהי עבודת כוח החיכוך שפעל עליו (ביחידות Joule)?

(2) גוף נופל ממסלול עקום

גוף נופל ממנוחה ממעלה גבעה בגובה 15 מטר. בתחתית הגבעה מהירות הגוף היא 5 מטר לשנייה. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד לחום? מסת הגוף היא 2 ק"ג.



תשובות סופיות:

(1) -132.5J

(2) $Q = 275\text{J}$

אנרגיה פוטנציאלית אלסטית – קפיץ:

שאלות:

(1) מסה וקפיץ במישור אופקי

מסה $m = 50\text{gr}$ נעה במהירות $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ על משטח אופקי חלק.



המסה נעצרת על ידי קפיץ אופקי אידיאלי (חסר מסה)

בעל קבוע קפיץ $k = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. הקפיץ רפוי לפני פגיעת המסה.

א. מהי מהירות המסה כאשר הקפיץ מכווץ 5 ס"מ?

ב. מהו הכיוון המקסימלי אליו מגיע הקפיץ?

ג. חזור על סעיפים א' ו-ב' אם בין המסה למשטח יש חיכוך.

מקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$ והמרחק ההתחלתי של המסה מקצה הקפיץ הוא 0.5m.

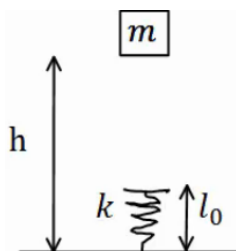
(2) מסה נופלת על קפיץ אנכי

מסה $m = 5\text{gr}$ משוחררת ממנוחה מגובה $h = 1\text{m}$ מעל הרצפה.

קפיץ אנכי אידיאלי מחובר לרצפה.

אורכו הרפוי של הקפיץ הוא $l_0 = 10\text{cm}$, וקבוע הקפיץ

הוא $k = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.



א. מהי מהירות המסה רגע לפי פגיעתה בקפיץ?

ב. מהו הכיוון המקסימלי אליו יגיע הקפיץ?

ג. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה בחזרה?

תשובות סופיות:

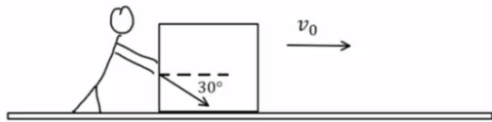
$$(1) \quad \text{א. } v_F \approx 4.95 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב. } \Delta x \approx 35.4\text{cm} \quad \text{ג. } \Delta x \approx 33\text{cm}, v \approx 4.72 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$(2) \quad \text{א. } v_F = 4.24 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב. } \Delta x_{\max} = 3\text{cm} \quad \text{ג. } h_F = h_i$$

תרגילים:

שאלות:

(1) אדם דוחף ארגז בזווית



אדם דוחף ארגז שמסתו 80 ק"ג לאורך 2 מטרים על משטח אופקי. מקדם החיכוך הקינטי בין הארגז למשטח הוא 0.1. האדם דוחף את הארגז בכוח קבוע שגודלו 400 ניוטון בזווית 30 מעלות לכיוון הריצפה.

לארגז גם ישנה מהירות התחלתית שגודלה $v_0 = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ וכיוונה ימינה באיור.

א. ציירו תרשים כוחות על הארגז.

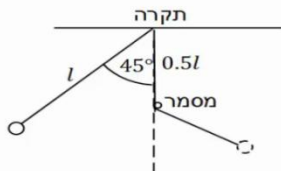
ב. חשבו את העבודה שמבצע כל אחד מהכוחות?

ג. מהו הכוח השקול (גודל וכיוון) ומהי העבודה שמבצע הכוח השקול? וודאו כי התוצאה מתיישבת עם התוצאה של סעיף ב'.

ד. חשבו את מהירותו הסופית של הארגז משיקולי אנרגיה.

ה. חשבו את תאוצתו של הארגז משיקולי כוחות ומצאו את מהירותו הסופית באמצעות התאוצה שחישבתם.

(2) מטוטלת עם מסמר



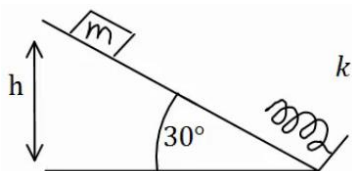
מטוטלת תלויה מהתקרה באמצעות חוט אידיאלי באורך $l = 80\text{cm}$.

המטוטלת מוסטת לזווית של 45° ומשוחררת ממנוחה.

בגובה $0.5l$ מתחת לנקודת התליה של המטוטלת תקוע מסמר.

מצא את הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת בצידה השני של התנועה.

(3) גוף מחליק על מישור משופע ונתקע בקפיץ



מסה $m = 20\text{gr}$ מחליקה מגובה $h = 1\text{m}$, וממנוחה,

על מדרון משופע בזווית של 30° .

בתחתית המדרון המסה מתנגשת בקפיץ אידיאלי

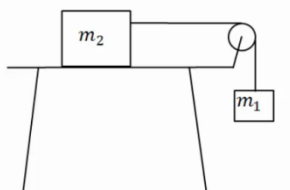
בעל קבוע קפיץ $k = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ואורך רפוי של 15 ס"מ.

א. מהו הכיוון המקסימלי של הקפיץ ומהו הגובה המקסימלי אליו תחזור המסה אם המשטח חלק?

ב. חזור על סעיף א' אם קיים חיכוך בין המשטח למסה, ומקדם החיכוך

הקינטי $\mu_k = 0.1$.

הנח שהחיכוך הסטטי אינו חזק מספיק לעצור את המסה.

(4) מסה על שולחן ומסה תלויה

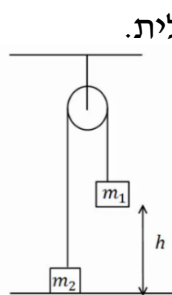
מסה $m_2 = 4\text{kg}$ נמצאת על שולחן ומחוברת דרך חוט וגלגלת אידיאלית למסה $m_1 = 2\text{kg}$ התלויה באוויר. גובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא $h = 2\text{m}$. המערכת מתחילה לנוע ממנוחה.

א. מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_1 אם השולחן חלק.

ב. מצא את מהירות המסות כתלות בגובה המסה m_1 .

ג. חזור על סעיף א' כאשר קיים חיכוך עם השולחן ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.

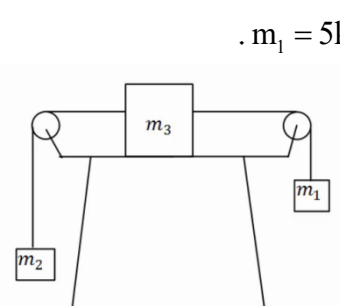
ד. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד כחום במקרה של סעיף ג'? חשב בשתי צורות.

(5) שתי מסות תלויות מהתקרה

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.

נתון $m_1 > m_2$, והגובה ההתחלתי של m_1 הוא h .

מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_1 , אם המערכת מתחילה ממנוחה.

(6) מסה על שולחן ושתי מסות באוויר

במערכת הבאה שלוש מסות: $m_1 = 5\text{kg}$, $m_2 = 2\text{kg}$, $m_3 = 3\text{kg}$.

כל הגלגלות והחוטאים אידיאליים.

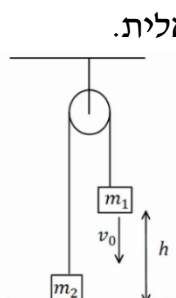
המערכת מתחילה ממנוחה.

א. מצא את המהירות כתלות בהעתק של m_1 .

הנח שהשולחן חלק.

ב. חזור על סעיף א' אם יש חיכוך עם השולחן

ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.2$.

(7) שתי מסות תלויות מהתקרה ודחיפה

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.

נתון $m_1 < m_2$ והגובה ההתחלתי של m_1 הוא h .

נותנים ל- m_1 מהירות התחלתית כלפי מטה שגודלה v_0 .

א. מצא את הגובה המינימלי אליו תגיע m_1 .

(הנח שהיא אינה פוגעת בקרקע).

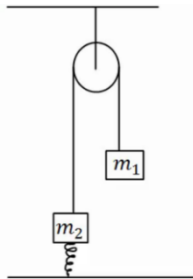
ב. מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_2 .

(8) שתי מסות תלויות מהתקרה וקפיץ

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.

המסה m_2 מחוברת לרצפה באמצעות קפיץ אידיאלי.

משחררים את המערכת ממנוחה במצב בו הקפיץ רפוי.



נתון: $m_1 = 4\text{kg}$, $m_2 = 2\text{kg}$, $k = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

א. מהי התארכות הקפיץ במצב שיווי משקל?

ב. מהי התארכות המסות במצב שיווי משקל?

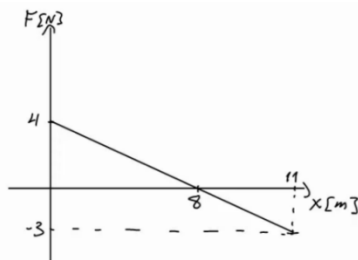
ג. מהי ההתארכות המקסימלית של הקפיץ?

(9) גרף של כוח

נתון גרף של כוח הפועל על גוף כתלות במיקום.

הכוח הוא הכוח היחיד הפועל על הגוף.

מסת הגוף היא $m = 2\text{kg}$ והגוף מתחיל תנועתו ממנוחה.



א. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 18\text{m}$.

ב. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 6\text{m}$.

(10) כדור מקפץ מאבד אנרגיה

כדור נופל ממנוחה לרצפה מגובה 3m .

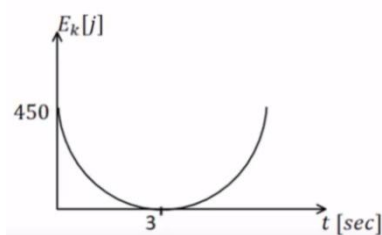
בכל פעם שהכדור פוגע ברצפה הוא מאבד 8% מהאנרגיה שלו.

א. מה הגובה המקסימלי אליו יגיע הכדור לאחר הפגיעה הראשונה?

ב. מה הגובה המקסימלי אליו יגיע הכדור לאחר הפגיעה השלישית?

ג. כמה פעמים יפגע הכדור ברצפה עד אשר גובהו המקסימלי יהיה קטן

מ-80 ס"מ?

**(11) זריקה אנכית עם גרף של אנרגיה קינטית**

כדור שמסתו 1 ק"ג נזרק אנכית כלפי מעלה.

מישור הייחוס של האנרגיה הפוטנציאלית נבחר

בנקודת הזריקה. הגרף הנתון מתאר את האנרגיה

הקינטית כפונקציה של הזמן.

א. מהי מהירות הזריקה של הכדור ומתי הגיע לשיא הגובה?

ב. מהו הגובה המקסימלי אליו הגיע הכדור?

ג. שרטט גרף של האנרגיה הפוטנציאלית של הכדור כפונקציה של הזמן.

ציין על הגרף מהו הערך המירבי של האנרגיה ומהו הזמן בו חזר הכדור לקרקע.

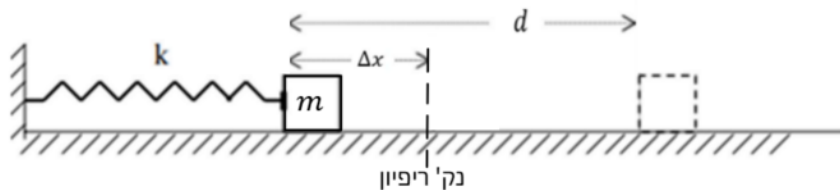
ד. חשב את עבודת כוח הכובד:

i. מרגע הזריקה ועד שיא הגובה.

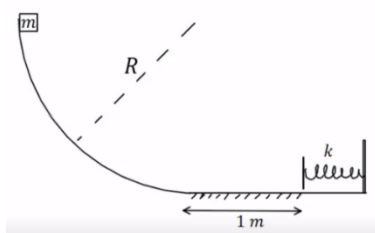
ii. מרגע הזריקה ועד שהכדור הגיע לגובה 30 מטרים בדרכו חזרה.

12) קפיץ דוחף גוף על שולחן עם חיכוך

גוף שמסתו $m = 0.3\text{kg}$ נלחץ אל קפיץ אופקי ומכווץ את הקפיץ ב- $\Delta x = 0.2\text{m}$ כמוראה בציר. לאחר שחרורו, נע הגוף מרחק $d = 0.6\text{m}$ על שולחן אופקי לא חלק עד עומדו (הגוף אינו מחובר לקפיץ, הוא מנתק מגע עם הקפיץ כאשר הקפיץ מגיע לאורכו הרפוי). קבוע הכוח של הקפיץ הוא: $k = 14 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.



- מהו מקדם החיכוך שבין הגוף והשולחן?
- מהי מהירות הגוף ברגע שהוא עוזב את הקפיץ (מנתק את המגע איתו)?

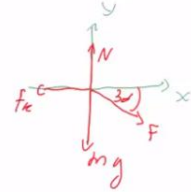
13) גוף מחליק על חצי מעגל ומכווץ קפיץ


גוף בעל מסה $m = 2\text{kg}$ משוחרר ממנוחה מקצה של מסילה חסרת חיכוך בצורת רבע מעגל ברדיוס $R = 2\text{m}$. בתחתית המסילה הגוף מחליק על מישור אופקי שאינו חלק באורך 1 מטר. מקדם החיכוך הקינטי בין המישור לגוף הוא 0.3. בקצה הקטע עם החיכוך נמצא קפיץ רפוי, הגוף פוגע בקפיץ ומכווץ אותו לכיווץ מקסימלי של 0.1 מטר. החלק עליו נמצא הקפיץ חסר חיכוך.

- מהי מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקפיץ?
- מהו קבוע הקפיץ?
- מהו הגובה המקסימלי אליו יגיע הגוף כאשר יחזור אל המסילה המעגלית בפעם הראשונה?

תשובות סופיות:

א. (1) $W_F \approx 690\text{J}$, $W_{Fk} = -200\text{J}$ ב.



ג. $\sum F \approx 250\text{N}$, $W_{\sum F} \approx 490\text{J}$ ד. $v_F = 3.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ה. $a \approx 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $v_F = 3.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

א. (2) $\theta_{\max} = 65.53^\circ$

א. הכיוון: $x = 6.18\text{cm}$, הגובה: $h_F = 1\text{m}$ ב.

הכיוון: $\Delta x = 5.6\text{cm}$, הגובה: $h_F = 0.999\text{m}$

א. (4) $v_{m_1} \approx 3.65 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $v = \sqrt{\frac{40}{3} - \frac{20}{3}h}$ ג. $v = \sqrt{8} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $Q = 16\text{J}$

א. (5) $v = \sqrt{\frac{2(m_1 - m_2)gh}{m_1 + m_2}}$

א. (6) $v = \sqrt{6\Delta x}$ ב. $v = \sqrt{4.8\Delta x}$

א. (7) $h_{\min} = \frac{\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_0^2 + (m_1 - m_2)gh}{(m_1 - m_2)g}$ ב. $|v_p| = |v_i| = |v_0|$

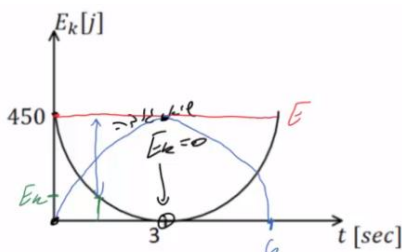
א. (8) $x_0 = 2\text{m}$ ב. $v \approx 2.58 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $\Delta x_{\max} = 4\text{m}$

א. (9) $v(x=18) = 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $v(x=6) = 4.12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

א. (10) $h_1 = 2.76\text{m}$ ב. $h_3 = 2.187$ ג. $n = 16$

א. (11) $v_0 = 30 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $t = 3\text{sec}$ ב. $h = 45\text{m}$ ג.

א. (12) $W_g = -450\text{J}$ ב. $W_g = -300\text{J}$



א. (12) 0.156 ב. $1.12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

א. (13) $v_B = \sqrt{34} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $k = 6800 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ג. $h_D = 1.4\text{m}$

הספק:

שאלות:

(1) דוגמה 1

- מכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומגיעה למהירות של 100 קמ"ש ב-10 שניות. מסת המכונית היא 1 טון. הניחו כי אין חיכוך עם האוויר.
- א. מהי העבודה שהתבצעה על המכונית?
- ב. מהו ההספק של המנוע בהנחה שהוא קבוע ומנוצל במלואו (הנחה לא נכונה)?

(2) דוגמה 2

- אופנוע נוסע במהירות קבועה של 100 קמ"ש. כנגדו פועל כוח ההתנגדות מהאוויר של 300 ניוטון. מהו ההספק של המנוע, אם נניח שההספק מנוצל במלואו?

(3) הספק ממוצע לשנות מהירות

- איזה כוח קבוע יש להפעיל על מכונית בעלת מסה של 2 טון כדי לשנות את מהירותה מ- $9 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ ל- $27 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ בתוך 4 sec?
- מהו ההספק הממוצע של כוח זה?

(4) רכבת צעצוע חשמלית

- רכבת צעצוע חשמלית מורכבת מ 10 קרונות. הקרון הראשון והשני מכילים מנוע חשמלי ושוקלים 2 ק"ג כל אחד. שאר הקרונות עמוסים בצעצועים ושוקלים 3 ק"ג כל אחד. כל אחד מן המנועים מייצר הספק קבוע של 0.2KW.
- א. כמה זמן ייקח לרכבת להגיע למהירות של 10 מטר לשנייה, אם התחילה לנוע ממנוחה?
- ב. מהי האנרגיה הקינטית של הקרון הראשון ומהי האנרגיה הקינטית של הקרון השני, כאשר הרכבת נעה במהירות שחישבת בסעיף א'?
- ג. חשב את העבודה שביצע הכוח שפעל בחיבור בין הקרון הראשון לשני על הקרון השני בזמן ההאצה.
- ד. חשב את העבודה שביצע הכוח שפעל בחיבור בין הקרון השני לשלישי על הקרון השלישי בזמן ההאצה.
- ה. הרכבת מגיעה לעלייה עם שיפוע של 2 מעלות, מה צריך להיות ההספק המנועים (בהנחה שהם שווים), על מנת שהרכבת תישאר במהירות קבועה של 10 מטר לשנייה?



(5) הספק כאשר נתון מיקום כתלות בזמן

כוח יחיד פועל על גוף שמסתו 4kg , הכוח הפועל בכיוון התנועה והמיקום

כתלות בזמן של הגוף הוא: $x(t) = 2 + 3t + t^2$ ביחידות m.k.s.

א. מהי העבודה שמבצע הכוח במשך 3 השניות הראשונות של התנועה?

ב. מהו ההספק של הכוח ב- $t = 2\text{sec}$?

תשובות סופיות:

- (1) א. $\Delta E_k \approx 385,800\text{J} = W_{\sum \vec{F}}$ ב. $p = 51.7\text{HP}$
- (2) $p = 11.18\text{HP}$
- (3) $F = 2500\text{N}$, $\bar{p} \approx 16.76\text{HP}$
- (4) א. $\Delta t = 3.5\text{sec}$ ב. $E_{k_1} = 100\text{J} = E_{k_2}$ ג. $W_{1 \rightarrow 2} = 600\text{J}$
- ד. $W_{3 \rightarrow 2} = 1200\text{J}$ ה. $p = 97.7\text{W}$
- (5) א. $W = 144\text{J}$ ב. $p(t = 2) = 56\text{W}$

קורס בדיקה מערכת

פרק 4 - תנועה מעגלית

תוכן העניינים

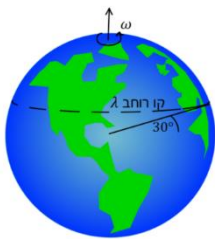
56	1. תיאוריה ודוגמאות.....
60	2. תאוצה זוויתית.....
62	3. תרגילים נוספים.....

תיאוריה ודוגמאות:

שאלות:



- (1) חישוב מהירות זוויתית של מחוגי שעות
חשב את המהירות הזוויתית של מחוג השניות,
מחוג הדקות ומחוג השעות בשעות 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 $l = 1.5\text{m}$ ומסתובבת במעגל אופקי עם מהירות

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

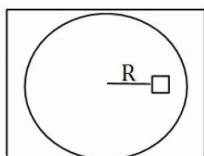
א. מהי המהירות הקווית של האבן?

ב. מהי המתוחות בחוט?

(4) מסה על דיסק



מבט 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?

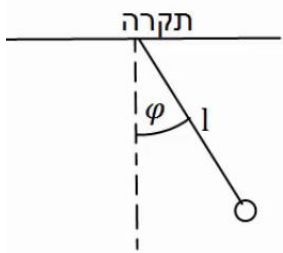
נתון μ_s .

(5) גוף מסתובב במהירות קבועה

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

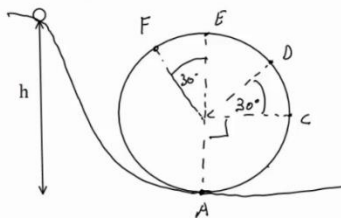
- מהי המהירות הזוויתית של הגוף?
- מהי התדירות וזמן המחזור של הגוף?
- כמה זמן לקח לגוף לעשות שניים וחצי סיבובים?

(6) מטוטלת אופקית



מטוטלת באורך $l = 2\text{m}$ 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.

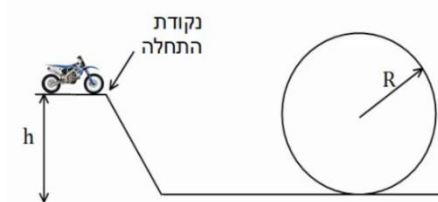
(7) כדור בלופ



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 $R = 2\text{m}$.

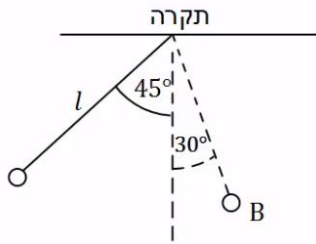
- מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור. (רמז: שימור אנרגיה).
- מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.
- מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.
- מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.

(8) רוכב אופנוע במעגל אנכי



רוכב אופנוע מתחיל תנועתו מנקודת ההתחלה שבציר. 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?

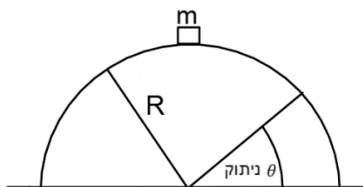
ב. מהי המתיחות בחוט ברגע זה?

ג. מהי מהירות המסה בנקודה B הנמצאת

בזווית 30° מעלות?

ומהי המתיחות בחוט באותה נקודה?

ד. מהי המתיחות בחוט בשיא הגובה וברגע השחרור?

(10) קופסה מחליקה על גבעה מעגלית

קופסה במסה m מונחת על ראש גבעה בצורת

חצי מעגל ברדיוס R .

הקופסה מתחילה להחליק לאחד הצדדים

ממנוחה כאשר אין חיכוך בינה לבין הגבעה.

מצא באיזה זווית הקופסה תתנתק מהגבעה.

תשובות סופיות:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$(8) \quad v_{\min} = \sqrt{gR}$$

$$(9) \quad v = \sqrt{0.58gl} \quad \text{א.} \quad T = 1.58 \text{ mg} \quad \text{ב.} \quad v_B = \sqrt{0.32gl}, T_B = 1.19 \text{ mg} \quad \text{ג.}$$

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

$$(10) \quad \theta = 41.8^\circ$$

תרגילים נוספים:

שאלות:

(1) גוף נע במעגל

גוף נע במעגל בעל רדיוס: $R = 2\text{m}$ בתאוצה זוויתית קבועה: $\alpha = 0.1 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$.
 הגוף מתחיל תנועתו ממנוחה.

- מצאו ביטוי למהירות הזוויתית כתלות בזמן.
- מהי המהירות הזוויתית ב- $t = 3 \text{ sec}$?
- מהן המהירות הקווית והתאוצה הרדיאלית באותו הרגע?
- מצאו ביטוי לזווית כתלות בזמן.
- כמה זמן לקח לגוף לעשות סיבוב אחד?
- כמה זמן לקח לגוף לעשות שני סיבובים?
- מצאו את הדרך שעשה הגוף כתלות בזמן.

(2) פטיפון מסובב תקליט בתאוצה זוויתית

פטיפון מתחיל לסובב תקליט ממנוחה בתאוצה זוויתית קבועה של: $\alpha = 0.2 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$.

- כמה זמן ייקח לתקליט להגיע למהירות זוויתית של: $0.8 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$?
- כמה "הסתובב" התקליט ב-2 השניות הראשונות?
 (כלומר מה השינוי בזווית של כל נקודה בתקליט)
- כמה זמן לקח לתקליט להשלים סיבוב?
- כמה זמן לקח לתקליט להשלים 3 סיבובים?
- 5 שניות לאחר תחילת הסיבוב מניחים את המחט במרחק של 20cm ממרכז התקליט.
 מה מהירות החלק של התקליט שנוגע במחט באותו הרגע?



(3) אצן מאיץ במסלול מעגלי

אצן מתחיל לרוץ ממנוחה במסלול מרוץ מעגלי בעל רדיוס של : $R = 20\text{m}$.

האצן רץ בתאוצה קבועה ומגיע למהירות של : $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ תוך עשר שניות.

א. מהי התאוצה המשיקית של האצן?

ב. מהי התאוצה הזוויתית של האצן?

ג. כמה השתנתה הזווית של האצן במשך עשר השניות?

ד. מהי התאוצה הרדיאלית של האצן כתלות בזמן?

תשובות סופיות:

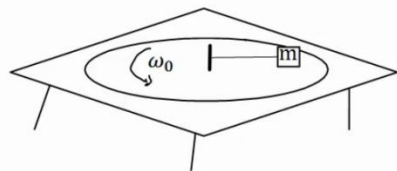
א. $\omega(t) = 0.1t$	ב. $\omega = 0.3 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, $v = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $a_r = 0.18 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$	(1)
ג. $\theta(t) = 0.05t^2$	ד. $t_1 \approx 11.2\text{sec}$, $t_2 \approx 15.9\text{sec}$	ה. $S = 0.1t^2$
א. 4sec	ב. 0.4rad	ג. 7.9sec
ד. 13.7sec		

א. $0.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$	ב. $0.025 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$	ג. 12.5rad	ד. $0.0125t^2$	(3)
				ה. $0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

תרגילים נוספים:

שאלות:

(1) מסה על דיסק קשורה בחוט



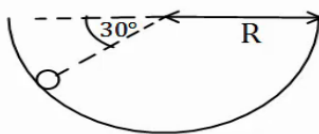
מסה m נמצאת על דיסק המסתובב על גבי שולחן. המסה קשורה בחוט למוט במרכז השולחן. המוט מסתובב ביחד עם כל הדיסק. נתון כי המסה מסתובבת עם הדיסק במהירות זוויתית ω_0 . מהי המתיחות בחוט אם אורכו L ?

(2) קרוסלה בלונה פארק



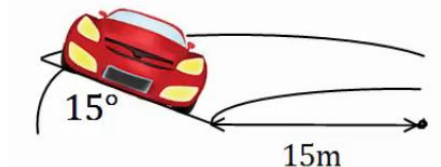
במתקן בלונה פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה. רדיוס "הכתר" הוא $R = 5m$ אורך כל כבל הוא $l = 4m$. הזווית ביחס לאנך לרצפה בה נטוי כל כבל היא 40° מעלות. כמה זמן לוקח לקרוסלה להשלים סיבוב? שים לב שרדיוס הכתר הוא לא רדיוס הסיבוב.

(3) כדור בקערה כדורית

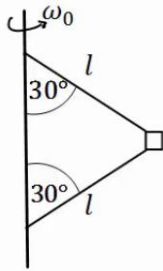


כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס R . מניחים את הכדור בזווית של 30° מעלות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות התחלתית לתוך הדף. מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש, כך שהכדור יישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?

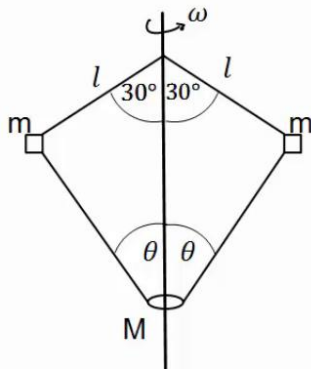
(4) מכונית במחלף



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 1. הזווית של החוטים עם המוט היא 30 מעלות. מהי המתיחות בכל חוט?

(6) שתי מסות קשורות למוט מסתובב וחרוז


בציור הבא 2 מסות $m = 200g$ 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.

הזווית של החוטים עם המוט נתונות באיור. מהי המתיחות בכל חוט ומהי הזווית θ ?

(7) מסה על שולחן מסתובב קשורה לשתי מסות

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

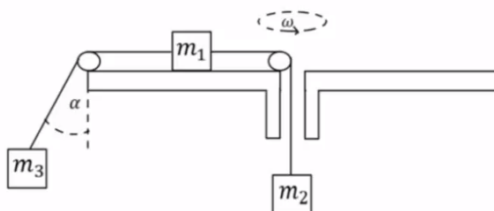
הגוף קשור מצד אחד למסה $m_2 = 3kg$ באמצעות חוט העובר דרך חור במרכז הדיסק. מצד שני הגוף קשור למסה $m_3 = 1kg$ באמצעות חוט היוצא מקצה הדיסק בזווית α , לא ידועה, ביחס לאנך מהדיסק. רדיוס הסיבוב של כל אחד מהגופים קבוע. נתון כי הרדיוס של m_1 הוא $R_1 = 0.3m$.

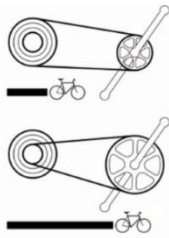
א. ציירו את הכוחות הפועלים על כל גוף בנפרד.

ב. מהי המתיחות בכל חוט?

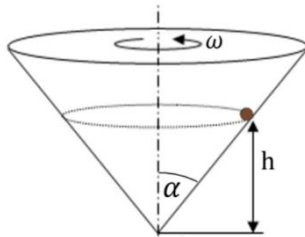
ג. מהי הזווית α ?

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 שבהם מקיפה השרשרת כל אחד מהגלגלים ידועים.

(9) כדור בחרוט מסתובב

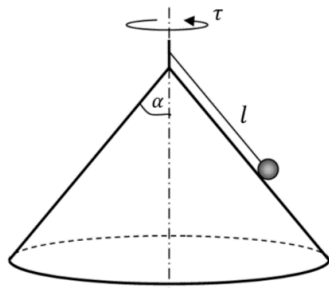
מסובבים חרוט בעל חצי זווית ראש α במהירות זוויתית ω .

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?

(10) כדור על חרוט הפוך

באיור הבא הכדור מחובר באמצעות חוט לציר המחובר לראש החרוט.

מסובבים את החרוט והכדור מסתובב איתו.

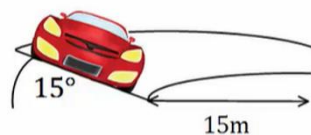
נתונים: אורך החוט l , חצי זווית הראש של החרוט α וזמן המחזור של הסיבוב τ .

א. מהי המהירות הקווית של הכדור?

ב. מהי המתחיות בחוט ומהו הנורמל?

ג. באיזו מהירות זוויתית יש לסובב את החרוט

על מנת שהכדור יתנתק מן המשטח?

(11) 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.

**(12) אופנועים בכדור המוות**

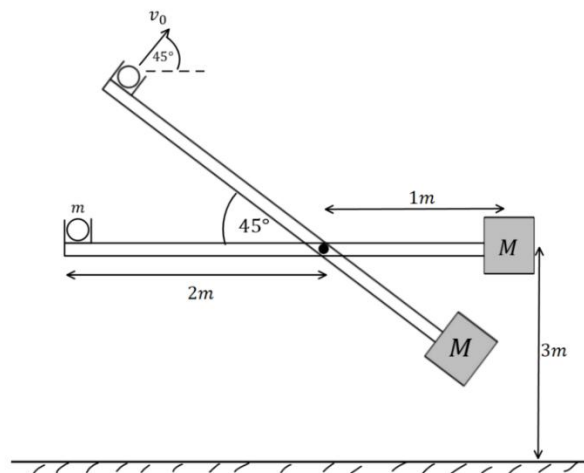
בכדור המוות בקרקס. אופנועים נוסעים במעגל כמעט אופקי.

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?

(13) מתקן לשיגור כדור

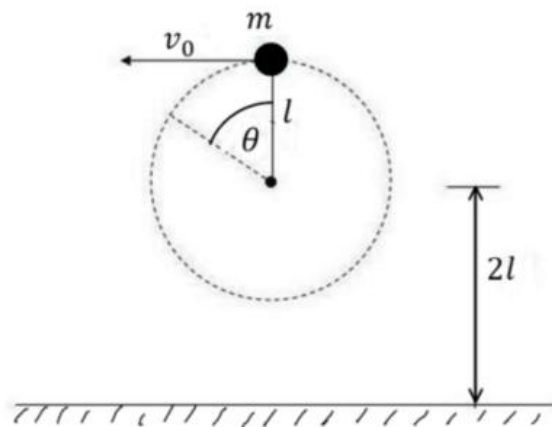
הציור מראה מתקן לשיגור כדור, המורכב ממוט שאורכו 3 מטר שיכול להסתובב סביב ציר אופקי קבוע הנמצא במרחק מטר אחד מקצהו הימני ו-2 מטרים מקצהו השמאלי, כמוראה בציור. הציר קבוע בגובה $h = 3m$ מהרצפה. הכדור שמסתו $m = 2kg$ מונח במיכל פתוח הקבוע בקצהו השמאלי של המוט. משקולת שמסתה M (לא נתונה) קשורה לקצהו הימני של המוט. משחררים את המערכת ממנוחה במצב אופקי והמוט מתחיל להסתובב. קיים מנגנון (אינו מוראה בציור) שעוצר את המוט כשהוא מגיע לזווית של 45° ביחס לרצפה, וזה גורם לקליע לעזוב את המיכל בזווית זו של 45° מעל לרצפה במהירות $v_0 = 4 \frac{m}{sec}$. מסת המוט והחיכוך זניחים.

- מהי מהירות M זמן קצר ביותר לפני שהמוט נעצר בזווית של 45° ?
- מהי מסת המשקולת, M , הדרושה כדי שהכדור יעזוב את המוט במהירות הנתונה v_0 בזווית הנ"ל?
- באיזו מהירות יפגע הכדור ברצפה, אם הוא עוזב את המוט במהירות הנתונה בסעיף א'? (זכרו שהציר נמצא 3 מטר מעל הרצפה).



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
 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 שמתחילתו 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:

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

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

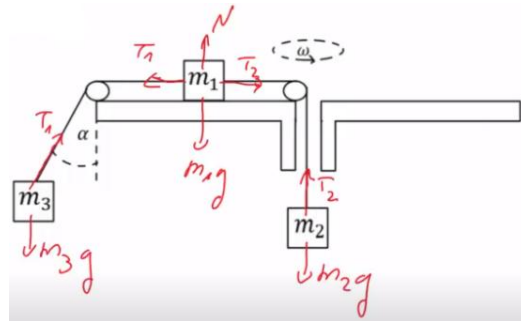
$$v_0 = \sqrt{\frac{3}{2} Rg} \quad (3)$$

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

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

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

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



$$R_3 \approx 5.5m \quad (8) \quad \alpha \approx 65^\circ$$

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

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

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

$$\sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha}} \quad (11)$$

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

$$9.6 \frac{m}{\text{sec}} \quad (12)$$

$$17.3 \frac{m}{\text{sec}} \quad (13)$$

$$10.2 \frac{m}{\text{sec}} \quad (14)$$

$$8.73 \text{ kg} \quad (15)$$

$$2 \frac{m}{\text{sec}} \quad (16)$$

$$0.3 \text{ sec} \quad (17)$$

$$10 \frac{m}{\text{sec}} \quad (18)$$

$$110^\circ \quad (19)$$

$$\sqrt{gl} \quad (20)$$