

סטודנטים יקרים

לפניכם ספר תרגילים בקורס פיזיקה 1.

הספר הוא חלק מקורס חדשני וראשון מסוגו בארץ בנושא זה, המועבר ברשת האינטרנט On-line. הקורס באתר כולל פתרונות מלאים לספר התרגילים, וכן את התיאוריה הרלוונטית לכל נושא ונושא. הקורס כולו מוגש בסרטוני וידאו המלווים בהסבר קולי, כך שאתם רואים את התהליכים בצורה מובנית, שיטתית ופשוטה, ממש כפי שנעשה בשיעור פרטי. לצפייה בשיעור לדוגמה יש להיכנס לעמוד הקורס.

את הקורס בנו מני גבאי ויונתן גילאון, מרצים מבוקשים במוסדות אקדמיים שונים ובעלי ניסיון עתיר בהוראת המקצוע.

אז אם אתם עסוקים מידי בעבודה, סובלים מלקויות למידה, רוצים להצטיין או פשוט אוהבים ללמוד בשקט בבית, אנחנו מזמינים אתכם לחוויית לימודים יוצאת דופן וחדשה לחלוטין. היכנסו עכשיו לאתר www.gool.co.il.

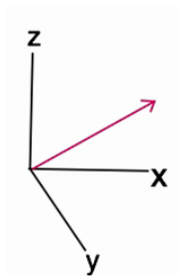


אנו מאחלים לכם הצלחה מלאה בבחינות,
צוות האתר.

תוכן עניינים

3	פרק 1 – וקטורים.....
12	פרק 2 – קינמטיקה.....
20	פרק 3 – תנועה יחסית.....
21	פרק 4 – דינמיקה.....
30	פרק 5 – תנועה מעגלית.....
34	פרק 6 – כוחות מדומים.....
39	פרק 7 – כוח גרר וכוח ציפה.....
40	פרק 8 – עבודה ואנרגיה.....
45	פרק 9 – מתקף ותנע.....
50	פרק 10 – מסה משתנה.....
54	פרק 11 – מרכז מסה.....
58	פרק 12 – מומנט התמד.....
61	פרק 13 – מומנט כוח.....
66	פרק 14 – תנע זוויתי.....
68	פרק 15 – גוף קשיח – תנע זוויתי.....
78	פרק 16 – תנועה הרמונית.....
87	פרק 17 – גרביטציה – חוקי קפלר ותנועה גרביטציונית.....

פרק 1 - וקטורים



חישוב וקטור יחידה

נתון הוקטור $\vec{A} (2,3,4)$
א.מה גודלו של הוקטור?
ב.מהו וקטור היחידה?

חיבור וחסור בקרטזי

נתונים 3 וקטורים:

$$\vec{A} (1,3)$$

$$\vec{B} (4,2)$$

$$\vec{C} (3,5)$$

א) חשב מהו $A+B+C$

ב) חשב מהו $A-B-C$

ג) חשב מהו $2A+3B-4C$

מקרטזי לפולרי

נתון הוקטור $\vec{A} (4,6)$

א) הצג את הוקטור בצורתו הפולרית (גודל וכיוון)

ב) מהו הוקטור היחידה

מפולרי לקרטזי עם יחידה

נתון הוקטור \vec{A} בהצגה פולרית. גודלו $\sqrt{52}$ וכיוונו 56.3.

א) הצג את הוקטור בצורת רכיביו.

ב) מהו וקטור היחידה?



מקרטזי לפולרי ברביע שני

נתון הוקטור $\vec{A}(3, -4)$

א) הצג את הוקטור בצורתו הפולרית (גודלו וכיוון)

ב) מהו וקטור היחידה



מפולרי לקרטזי

נתון הוקטור \vec{A} שגודלו 5 וכיוונו 120

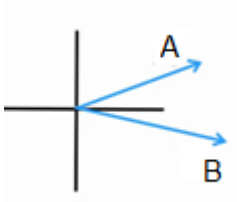
א) הצג את הוקטור בצורתו הקרטזית

ב) מצא את וקטור היחידה



מקרטזי לפולרי רביע שלישי

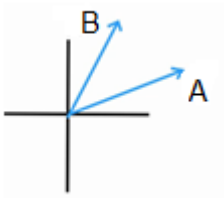
נתון הוקטור $\vec{A}(-2, -4)$
 הצג את הוקטור בצורתו הפולרית .



חיבור בפולרי

נתונים שני וקטורים:
 הוקטור A שגודלו 10 וכיוונו 30 מעלות
 הוקטור B שגודלו לא ידוע וכיוונו 350 מעלות

מהו גודלו של הוקטור B אם נתון שסכום הוקטורים ייתן וקטור ללא רכיב לציר ה-Y.



חיבור וקטורים בפולרי

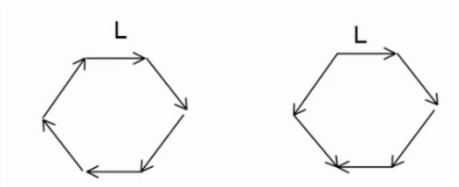
נתונים שני וקטורים בהצגה פולרית

\vec{A} בגודל 10 ובכיוון 30

\vec{B} בגודל 8 ובכיוון 60

נתון: $A+B=C$

מצא את וקטור C



משושה של וקטורים

מצא את הוקטור השקול לשני המצבים הבאים:

הנח כי הוקטורים יוצרים משושה שווה צלעות וגודל כל צלע הוא L

מכפלה וקטורית

נתונים הוקטורים: $\vec{A}(1,2), \vec{B}(1,-3), \vec{C}(-1,2,-2), \vec{D}(2,0,1)$

(א) מצא את $\vec{A} \cdot \vec{B}$

(ב) מצא את $\vec{A} \times \vec{B}$

(ג) מצא את $\vec{C} \times \vec{D}$

מכפלה סקלרית ווקטורית בקרטזי

נתונים שני וקטורים:

$\vec{A}(5,1)$

$\vec{B}(2,3)$

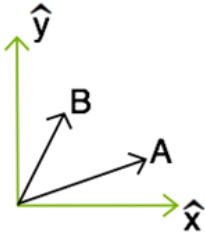
(א) חשב $A \cdot B$

(ב) חשב $B \cdot A$

(ג) חשב $A \times B$

(ד) חשב $B \times A$

(ה) מה משמעות הביטוי $A \times B \times C$?



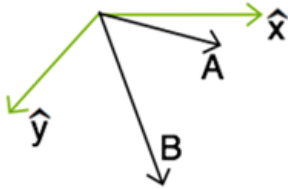
מכפלה סקלרית ווקטורית בפולרי

נתונה מערכת צירים כבשרטוט

נתונים שני וקטורים:

גודל 10, זווית 20° - $20\vec{A}$

גודל 15, זווית 60° - $60\vec{B}$



(א) חשב $A \cdot B$ (מכפלה סקלארית)

(ב) חשב $A \times B$ (מכפלה וקטורית)

(ג) הסבר מדוע המכפלה הוקטורית נותנת את שטח המקבילית שיוצרים הווקטורים.

מכפלה בשני מימדים

נתונים שני וקטורים:

$\vec{A}(2,4)$

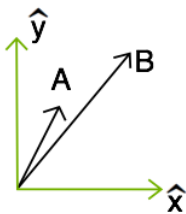
$\vec{B}(5,6)$

(א) חשב $A \times B$

(ב) חשב $A \cdot B$

(ג) חשב $A \cdot \hat{y}$

(ד) חשב $(A \times B) \cdot \hat{x}$



מכפלה בשלושה מימדים

נתונים שלושה וקטורים:

$$\vec{A} = (2, -4, 5)$$

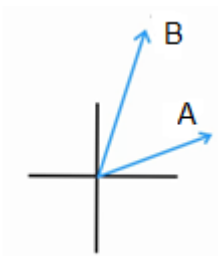
$$\vec{B} = (1, 4, 10)$$

$$\vec{C} = (-2, -4, 6)$$

חשב את המכפלות הבאות:

$$(\vec{A} \times \vec{B}) \times \vec{C}$$

$$\vec{C} \cdot (\vec{A} \times \vec{B})$$



מכפלה סקלרית בשתי השיטות

נתונים שני וקטורים

הוקטור \vec{A} שגודלו 7 וכיוונו 30

והוקטור \vec{B} שגודלו 10 וכיוונו 70

מצא את תוצאת המכפלה הסקלרית שלהם בעזרת שתי שיטות שונות.

הטלת וקטור על וקטור יחידה

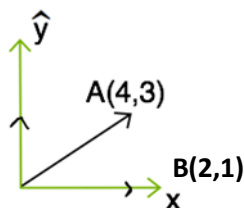
נתון הוקטור \vec{A} כבשרטוט

(א) מהו היטלו של הוקטור על הוקטור \hat{x} (וקטור יחידה)?

(ב) מהו היטלו של הוקטור על הוקטור \hat{y} (וקטור יחידה)?

(ג) מהו היטלו של הוקטור על הוקטור \vec{A} על הוקטור $\vec{B}(2,1)$?

(ד) הסבר במילים את משמעות ההטלה של וקטור על וקטור.



מכפלה וקטורית כפולה בקרטזי

נתונים שלושה וקטורים:

$$\vec{A} = (2, -4, 5)$$

$$\vec{B} = (1, 4, 10)$$

$$\vec{C} = (-2, -4, 6)$$

חשב את המכפלות הבאות:

$$P = \vec{A} \times \vec{B}$$

$$L = P \times \vec{C}$$

$$\vec{C} \cdot P$$

הכפלות בוקטור יחידה

נתונים שני וקטורים:

$$\vec{A} = (2, 4)$$

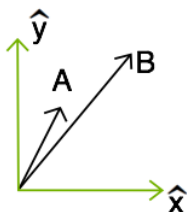
$$\vec{B} = (5, 6)$$

(א) חשב $\vec{A} \times \vec{B}$

(ב) חשב $\vec{A} \cdot \vec{B}$

(ג) חשב $\vec{A} \cdot \hat{y}$

(ד) חשב $(\vec{A} \times \vec{B}) \cdot \hat{x}$



חישוב גודל והזווית בקרטזי

נתונים שני וקטורים:

$$A(1,5,10)$$

$$B(3,4,5)$$

(א) מהו גודלו של כל וקטור?

(ב) מהי הזווית בין שני הוקטורים?

הוכחת משפט פיתגורס המורחב

הוכח את משפט פיתגורס המורחב (במשולש שאינו ישר זווית) $C^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha$

כשהסכום מאונך להפרש

הוכח אם סכום של שני וקטורים מאונך להפרשם אזי אורכם שווה

מציאת וקטור מאונך

נתונים 2 ווקטורים.

$$\vec{A}(1,4,8)$$

$$\vec{B}(B_x, B_y, 0)$$

מצא את רכיבי וקטור B אם נתון כי הוא ניצב לוקטור A וגודלו 10.

מציאת וקטורים מאונכים

מצא את ערכי הוקטורים כך שהוקטור A והוקטור B יהיו מאונכים לוקטור C.

האם שני הוקטורים שמצאת מקבילים?

$$\vec{A}(A_x, 4)$$

$$\vec{B}(6, B_y)$$

$$\vec{C}(5, 8)$$

מציאת שקול וזווית עם צירים

שני כוחות נתונים פועלים על גוף.

$$\vec{A}(1,4,5)$$

$$\vec{B}(3,6,7)$$

(א) מהו הכוח השקול?

(ב) מהו גודלו של הכוח השקול?

(ג) מהי הזווית בין הכוח השקול ובין כל אחד מהצירים?

שדה מגנטי ומכפלה וקטורית

נתונים 2 מטענים חשמליים q_1, q_2 .

לחלקיקים מהירות התחלתית:

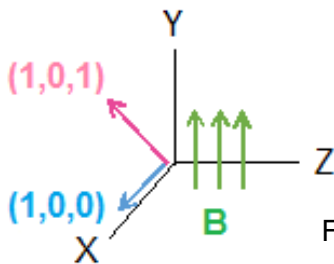
$$V_1: (1,0,0)$$

$$V_2: (1,0,1)$$

החלקיקים נעים בתוך שדה מגנטי B הפועל לכיוון ציר ה-Z החיובי.

הכוח שמפעיל הכוח המגנטי על החלקיקים נקרא כוח לורנץ ונוסחתו - $F=qv \times B$

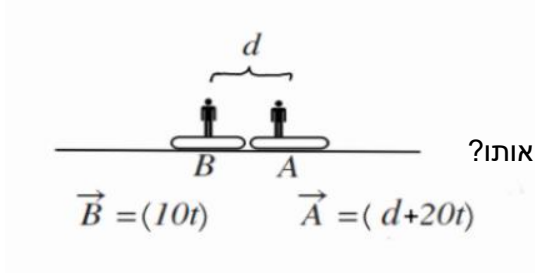
מצא את הכוח המופעל על כל אחת מהחלקיקים.



תרגיל חישוב גרדיאנט
נתונה פונקציית המיקום f .

$$f(\vec{r}) = f(x, y, z) = \frac{z}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}$$

חשב את גרדיאנט של הפונקציה f .



מהירות יחסית בגזירה - תרגיל פשוט

שני אנשים עומדים במרכזו של קרון נוסע.

מיקומי הקרונות (והאנשים שעליהם) מצויינים בוקטורים A ו- B .

(א) מהי מהירות הקרונות ביחס לרצפה?

(ב) מהו המיקום של הקרון הימני כפי שהצופה השמאלי רואה אותו?

(ג) מהי מהירות הקרון הימני כפי שהצופה השמאלי רואה?

מהירות לפי גזירה - תרגיל פשוט

נתון וקטור r של חלקיק מסויים: $\vec{r} = (8t, -5t^2)$

(א) מהו רכיב ה- X של הוקטור בזמן?

(ב) מהו רכיב ה- Y של הוקטור בזמן?

(ג) מהי מהירותו בציר ה- X ?

(ד) מהי מהירותו בציר ה- Y ?

(ה) האם מהירויות אלה קבועות בזמן?

(ו) מהו מרחק החלקיק מהראשית לאחר 3 שניות?

גזירת מיקום למהירות

מיקומו של חלקיק נתון ע"י וקטור r .

$$\vec{r} = 5 \sin(\pi t), 4t^3 + t^2, 8e^{4t}$$

(א) מצא את וקטור המהירות כפונקציה של הזמן.

(ב) מהי מהירות החלקיק ב- $t=2$?

העתק לפי גזירה

וקטור r מתאר מיקומו של חלקיק בזמן.

$$\vec{r} = (5t, 10+t^2)$$

$$\vec{r}_{t=0} = (0, 10)$$

(א) מהו מיקום החלקיק בזמן $t=0$?

(ב) מהו מיקום החלקיק בזמן $t=5$?

(ג) מהו ההעתק בחמש השניות הראשונות?

(ד) מהי מהירות החלקיק בזמן $t=5$ (בהצגת גודל וכיוון)?

צופה בתחתית בניין - גזירת וקטור מיקום

חלקיק נורה מקצה בניין כמתואר בשרטוט.

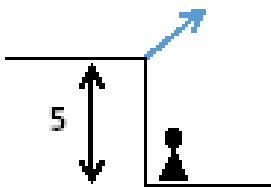
מיקומו של החלקיק נתון ע"י וקטור r .

$$\vec{r}(t) = (5t, 10t-5t^2)$$

(א) מהי מהירות ומהי תאוצת החלקיק?

(ב) מהו המרחק בין הצופה שעומד בתחתית הבניין לבין נקודת הפגיעה של החלקיק ברצפה?

(ג) מהו מיקום החלקיק בזמן מבחינת אותו צופה?



אינטגרל ממהירות למיקום

מהירותו של חלקיק מתוארת ע"י וקטור המהירות v .
 $= -8\sin(\pi t), 8\cos(\pi t), -9.8t\vec{z}$

- (א) מצא את מיקום החלקיק בזמן אם נתון כי בזמן $t=2$ החלקיק נמצא בראשית הצירים.
(ב) נסה לתאר במילים כיצד נראית תנועה זו.

אינטגרל מתאוצה למיקום

תאוצתו של גוף נתונה ע"י וקטור התאוצה a .
 $= 2t\vec{a}$

- מצא את מיקום החלקיק בזמן אם נתון כי בזמן $t=0$ החלקיק במנוחה ומיקומו בזמן $t=3$ הוא 1.

אינטגרל מתאוצה למיקום לשני גופים נפגשים

קסדתו של צנחן נפלה בטעות מן המטוס.

2 שניות לאחר מכן הצנחן קופץ מהמטוס במהירות התחלתית 40 m/s כלפי מטה.

- (א) לאחר כמה זמן הצנחן יגיע לקסדה האבודה?
(ב) מה יהיה מרחקו מהמטוס בזמן זה?
(ג) מה היה קורה אילו הצנחן היה קופץ ללא מהירות התחלתית?
(הנח כי תאוצת הגרביטציה היא 10 m/s^2)

וקטורים קוליניארים

הוקטורים הבאים קוליניארים (מצביעים באותו הכיוון). a ו b עבור אילו ערכי של

$$\vec{A} = 3\hat{i} + a\hat{j} + 5\hat{k}$$

$$\vec{B} = -2\hat{i} + 3\hat{j} - 2\beta\hat{k}$$

פרק 2 – קינמטיקה

תנועה בקו ישר, מהירות כנגזרת
מיקומו של גוף הנע בקו ישר נתון לפי:
$$x(t) = 32te^{-t}$$

- (א) מצא את הזמן בו הגוף נעצר.
(ב) מצא את מרחק הגוף ברגע זה מהראשית.

מהירות כפונקציה של מיקום
גוף נע בכיוון החיובי של ציר ה-x כך שמהירותו נתונה לפי $v_x = c\sqrt{x}$ כאשר $C > 0$.
בזמן $t=0$ החלקיק נמצא ב $x=0$.

- (א) מה היחידות של C?
(ב) מצא את המהירות והתאוצה כפונקציה של הזמן.
(ג) מצא את המהירות הממוצעת בזמן שהחלקיק עבר דרך S.

מיקום ומהירות במהירות קבועה

מכונית נוסעת במהירות 20 מטר לשניה.

- (א) מהו המרחק אותו עברה המכונית לאחר 5 שניות?
- (ב) מהי מהירות המכונית במהלך השניה החמישית?
- (ג) מהו מיקום המכונית כפונקציה של הזמן?
- (ד) מהו מיקום המכונית כפונקציה של הזמן לצופה העומד 200 מטר מהראשית בכיוון הנסיעה?

מבוא – מחיפה לתל אביב

משאית יוצאת לתל אביב לחיפה במהירות 50 קמ"ש.

באותו הרגע מכונית יוצאת מחיפה לתל אביב במהירות 80 קמ"ש.

המרחק בין תל אביב לחיפה הוא 100 ק"מ.

- (א) מתי שני הרכבים יגיעו ליעדם?
- (ב) מתי שני הרכבים יגיעו לנתניה? (המרוחקת 60 ק"מ מחיפה)
- (ג) מתי והיכן יפגשו שני הרכבים?

עוד שתי מכוניות

שתי מכוניות מרוץ נמצאות במרחק 100 ק"מ אחת מהשניה.

כמה זמן יקח למכונית במקום השני להגיע למכונית הראשונה אם נתון כי מהירות המכונית הראשונה היא 40 m/s ומהירות המכונית השניה היא 50 m/s.

מיקום ומהירות בתאוצה קבועה

מכונית מתחילה ממנוחה ומאיצה בתאוצה של 20 מטר לשניה בריבוע.

- (א) מהו המרחק אותו עברה המכונית לאחר 5 שניות?
- (ב) מהי מהירות המכונית לאחר חמש שניות?
- (ג) מהו מיקום המכונית כפונקציה של הזמן?
- (ד) מהו מיקום המכונית כפונקציה של הזמן לצופה העומד 200 מטר מהראשית בכיוון הנסיעה?
- (ה) מתי תגיע המכונית לצופה השני?

שתי מכוניות נפגשות

נתונות שתי מכוניות.

מכונית א' נוסעת במהירות קבועה של 100 מטר לשניה.

מכונית ב' מתחילה ממנוחה ומאיצה ב 10 מטר לשניה בריבוע.

שתי המכוניות מתחילות בזמן 0 בראשית הצירים.

- (א) רשום את מהירות שתי המכוניות כפונקציה של הזמן.
- (ב) רשום את מיקומי שתי המכוניות כפונקציה של הזמן.
- (ג) מתי שתי המכוניות יפגשו?

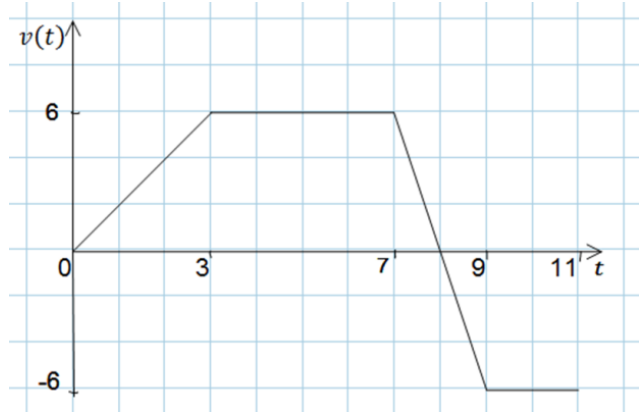
מנתונים לפונקציה ולגרף

מכונית מתחילה לנוע ממנוחה בתאוצה של 5m/s^2 ונעה בקו ישר במשך 4 שניות. לאחר מכן המכונית נעה במהירות קבועה למשך 8 שניות נוספות, ולבסוף מאטה במשך 2 שניות בתאוצה קבועה עד שהיא נעצרת.

- (א) רשום פונקציית תאוצה-זמן
- (ב) שרטט גרף תאוצה-זמן
- (ג) רשום פונקציית מהירות-זמן
- (ד) שרטט גרף מהירות-זמן
- (ה) מצא את מהירות המכונית בשניה ה-3, 8, ו-13.
- (ו) רשום פונקציית מיקום-זמן
- (ז) שרטט גרף מיקום-זמן
- (ח) מהי הדרך שעברה המכונית מתחילת תנועתה ועד שנעצרה?

גרף מהירות לפי זמן

הגרף הבא מתאר את מהירותה של מכונית כפונקציה של הזמן:



- (א) מצא את המרחק הכולל אותו עברה המכונית.
- (ב) מצא את $x(t)$ ושרטט גרף (מיקום המכונית כפונקציה של הזמן).
- (ג) מהי המהירות הממוצעת של המכונית ב 8 השניות הראשונות של תנועתה?
- (ד) שרטט באופן סכמתי גרף המתאר את תאוצת המכונית כפונקציה של הזמן.

מהירות מחייבת מפגש אחד

מכונית מאיצה ממנוחה בתאוצה של 5m/s^2 . 10 שניות לאחר מכן נורה קליע לעבר המכונית.

מה צריכה להיות מהירות הקליע כדי שהקליע והמהירות יפגשו פעם אחת בלבד?

שתי אבנים נופלות מבניין

חיים משחרר אבן מקומה 10 (גובה כל קומה - 3 מטר).
משה נמצא בקומה החמישית ומשחרר גם הוא אבן בו זמנית.

- (א) באילו מהירויות פוגעות שתי האבנים בקרקע?
- (ב) מה הפרש הזמנים בין שתי הפגיעות?
- (ג) כעת משה משחרר את האבן רק ברגע שהאבן של חיים עוברת לידו. מה הפרש הזמנים בין שתי הפגיעות?
- (ד) כמה זמן יהיה על מה משה להמתין מרגע שחרור האבן של חיים, כדי ששתי האבנים יפגעו ברצפה בו זמנית?

אבן נזרקת למעלה – תרגיל פשוט

אבן נזרקת כלפי מעלה במהירות של 40m/s.

- (א) היכן תמצא האבן לאחר 3 שניות?
- (ב) מה תהיה מהירותה לאחר 4 שניות?
- (ג) כמה זמן תימשך עלייתה?
- (ד) מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע במסלול?
- (ה) באיזה מהירות תגיע חזרה לנקודת הזריקה?
- (ו) לאחר כמה זמן תהיה האבן 5 מטר מתחת לנקודת הזריקה?

אבן נזרקת מעלה מבניין

חיים עומד בראש בניין בן 10 קומות וזורק אבן כלפי מעלה במהירות 30m/s.

- (א) מהו שיא הגובה של האבן ביחס לרצפה? (לא לראש הבניין)
- (ב) כמה זמן יקח לאבן להגיע לגובה זה?
- (ג) באיזו מהירות האבן תפגע ברצפה?
- (ד) כמה זמן האבן תשהה באויר?

אבן נזרקת מעלה, מציאת שיא גובה

חיים זורק אבן כלפי מעלה במהירות 20 מטר לשנייה.

- (א) מה יהיה שיא הגובה של האבן?
- (ב) כמה זמן ייקח לאבן להגיע לגובה זה?
- (ג) באיזו מהירות האבן תפגע חזרה ברצפה?
- (ד) כמה זמן האבן תשהה באויר?

אבן חולפת פעמיים בחלון

אדם הצופה מחלון ביתו שנמצא בגובה 40m מהקרקע רואה אבן החולפת על פניו גם כלפי מעלה וגם כלפי מטה.
הפרש הזמנים בין שני המעברים על פני אותה נקודה הוא 5 שניות.

מהי מהירות זריקת האבן מהקרקע?

צפרדע ועכביש

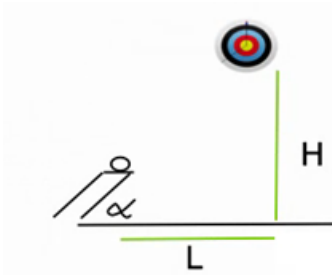
עכביש וצפרדע נמצאים על ענף בגובה $50m$.
לפתע נופל העכביש והצפרדע קופצת בעקבותיו לאחר שתי שניות.

- (א) האם הצפרדע יכולה להגיע לעכביש לפני הגעתו לקרקע?
- (ב) רשום פונקציית מיקום זמן לשני הגופים.
- (ג) מה צריכה להיות מהירותה ההתחלתית של הצפרדע כדי שהיא והעכביש יפגשו יחד בהגיעם לקרקע?
- (ד) רשום פונקציית מהירות-זמן לשני הגופים ושרטט את הגרף (בהתבסס על המהירות שמצאת בסעיף הקודם)
- (ה) מה תהיה מהירות הפגיעה בקרקע לשני הגופים?

הקוף הנופל

נתונה מטרה בגובה H ובמרחק אופקי L מתותח. התותח מכוון בקו ישר אל המטרה. ברגע יריית הקליע משוחררת המטרה והיא מתחילה בנפילה חופשית.

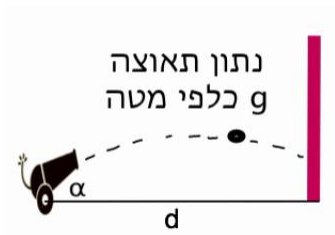
- (א) הוכח שהקליע יפגע במטרה ללא תלות במהירותו ההתחלתית.
(ב) מצא את גובה הפגיעה מעל הקרקע, כפונקציה של מהירות הקליע ההתחלתית.



פגז נורה לקיר

תותח נמצא במרחק d מקיר. התותח יורה פגז במהירות v בזווית α מעל האופק והפגז פוגע בקיר.

- (א) כמה זמן ישהה הפגז באוויר בטרם יפגע בקיר?
(ב) באיזה גובה הפגז פוגע בקיר?
(ג) מהי מהירות הפגז בעת הפגיעה בקיר?
(ד) מהי זווית הפגיעה בקיר?
(ה) מהו התנאי על המרחק בין התותח לקיר כך שהפגז יפגע בקיר בטרם הגיע לשיא הגובה במעופו?



כדור עף בזווית

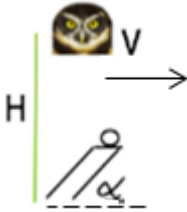
כדור נורה במהירות u בזווית α מעל האופק.

מהו גודל מהירות הכדור כפונקציה של הזמן?

קליע פוגע בציפור

נתונה ציפור העפה בגובה H במהירות V .

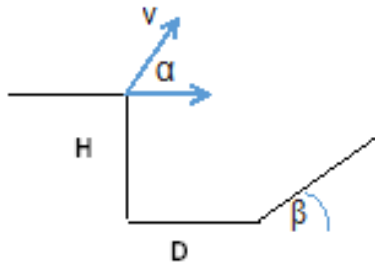
על האדמה נמצא תותח היורה קליע במהירות U ברגע שהציפור עוברת מעליו.



- (א) מה צריכה להיות זווית הירייה של התותח על מנת שיפגע בציפור?
(ב) מה צריך להיות גודלו המינימלי של H על מנת להבטיח שהציפור לא תיפגע מהקליע?

אבן נזרקת לעבר מדרון

אבן נזרקת לעבר מדרון משפוע על פי הנתונים כמתואר בשרטוט.



נתון כי האבן פוגעת במדרון.

- (א) היכן האבן פוגעת במדרון?
(ב) מהי זווית הפגיעה ביחס למדרון?

חלקיק בתאוצה דו מימדית

חלקיק מתחיל את תנועתו בזמן אפס מראשית הצירים במהירות 10 לכיוון ציר ה-x. על החלקיק פועל כוח שיוצר תאוצה בגודל 20 לכיוון ציר ה-y ובגודל 20 לכיוון ציר ה-x בכיוון השלילי.

- (א) מתי יגיע החלקיק לנקודת המקסימום בציר ה-x?
(ב) מה תהיה מהירותו ברגע זה?
(ג) מה יהיה מיקומו ברגע זה?

חלקיק נורה במישור

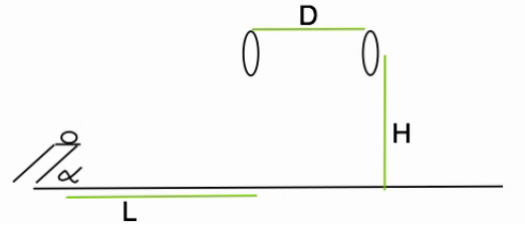
מיקומו של חלקיק בזמן נתון ע"י וקטור $\vec{r} = (3t, 4t + 5t^2)$.

- (א) מהי מהירות החלקיק בזמן
(ב) מהי מהירותו ההתחלתית של החלקיק? (יש לבטא את התשובה בגודל ובכיוון)
(ג) מתי החלקיק יגיע לשיא הגובה?
(ד) מהו שיא הגובה?
(ה) מתי החלקיק יפגע בקרקע?
(ו) היכן החלקיק יפגע בקרקע?
(ז) מה תהיה מהירות הפגיעה בקרקע? (יש לבטא את התשובה בגודל ובכיוון)

קליע נורה דרך שני חישוקים

נתון תותח היורה קליע (מהירותו ההתחלתית לא נתונה).
הקליע עובר בין שתי טבעות.
גובה הטבעות הוא H , המרחק בין שתי הטבעות הוא D והמרחק אופקי
בין התותח לטבעות הוא L .

מצא באיזה מהירות נורה הקליע.

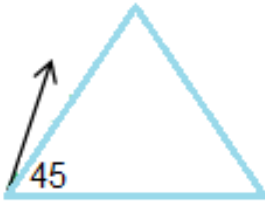


זווית ירי מקסימלי

מה צריכה להיות זווית הירייה של תותח על מנת שהכדור אותו הוא יורה יגיע למרחק הרב ביותר?

פגז לעבר מדרון ב-45 מעלות

ילד עומד בתחתית של ההר הירוק. שיפוע ההר הינו 45 מעלות.
הילד זורק כדור במהירות V ובזווית α מעל האופק והכדור פוגע בהר.



- (א) רשום את משוואת מיקום בזמן של הכדור.
- (ב) היכן פוגע הכדור בהר?
- (ג) כמה זמן שווה הכדור באוויר עד הפגיעה בהר?
- (ד) מה צריכה להיות זווית הזריקה על מנת להגיע למרחק פגיעה מקסימלי?

פרק 3 - תנועה יחסית

דו מימד – מכונת ביחס לאוטובוס

מכונת נוסעת במהירות של 30 מטר לשנייה בכיוון 30 מעלות עם ציר ה X.
אוטובוס נוסע במהירות של 50 מטר לשנייה בכיוון ציר ה X.

- (א) מצא את המהירות היחסית בין האוטובוס למכונת.
- (ב) מצא את הזווית בה האוטובוס יראה את המכונת נוסעת.

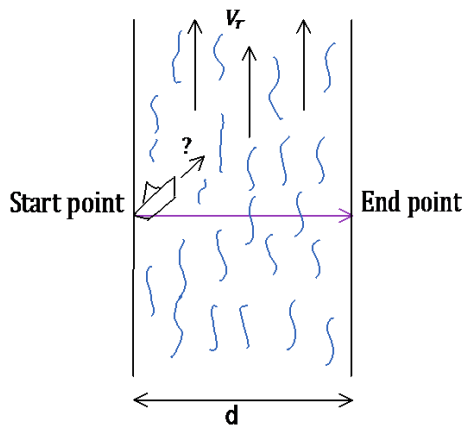
זווית פגיעה של גשם במכונת

נהג הנוסע במהירות 100 קמ"ש רואה טיפות גשם נמרחות על השמשה הצדדית של המכונת בכיוון הפוך לכיוון הנסיעה ובזווית של 45 מעלות עם הציר האנך 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).

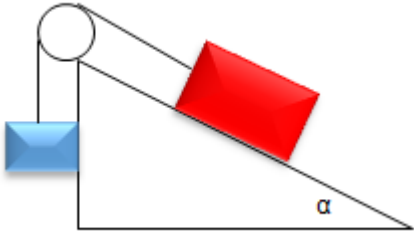
סירה בנהר

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

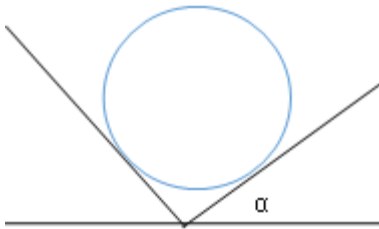


- (א) באיזה כיוון הוא יהיה חייב להשיט את הסירה?
- (ב) מה מהירות הסירה יחסית לאדמה?
- (ג) כמה זמן תארך דרכו?

פרק 4 - דינמיקה

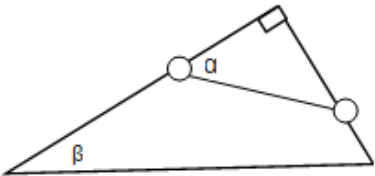


מדרון פשוט ללא חיכוך
מצא את יחס המסות כפונקציה של הזווית ואת הנורמל (אין חיכוך).



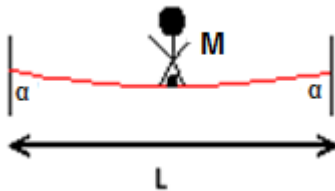
נורמלים לכדור בקופסא
נתון כדור בעל מסה m המונח בתוך קופסא המוטה בזווית הנתונה. פאות הקופסא ניצבות זו לזו.

מהו הכוח שמפעילה כל דופן על הכדור?



חרוזים על משולש
שני חרוזים זהים מושחלים על משולש כבשרטוט.

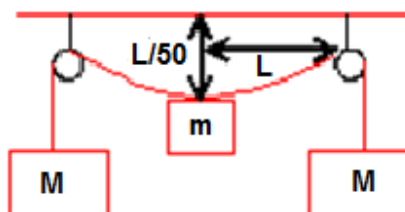
מצא את הזווית שבין החוט למשולש ואת המתיחות בחוט אם נתון כי אין חיכוך.



מתיחות בחבל מחזיקה אדם

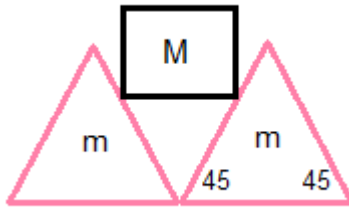
אדם עומד על חבל המחובר לשני קירות על פי השרטוט.

מצא את המתיחות בחבל אם נתון כי האדם ירד $L/100$ מגובה החבל המקורי.

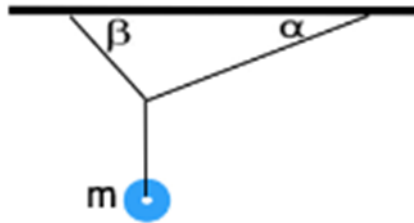


מתעמל טבעות

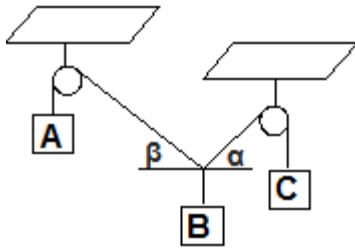
מצא את יחס המסות לפי הנתונים שבשרטוט.



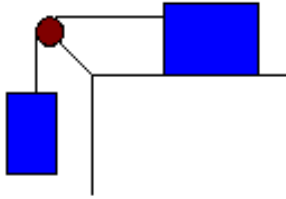
סטטיקה – מסה על שני משולשים
 נתונה המערכת שבשרטוט.
 אין חיכוך בנקודות המגע בין המסות. קיים חיכוך בין בין המסות לרצפה.
 מהו מקדם החיכוך המינימלי שישמור על המערכת במקומה?



סטטיקה – מתיחות בחוטים
 נתונה המערכת שבשרטוט.
 מצא את המתיחות בשלושת החוטים.

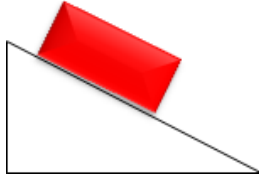


מתיחות פשוטה ל 3 מסות וגלגלות
 נתונות המסות למערכת שבשרטוט.
 מצא את הזוויות.



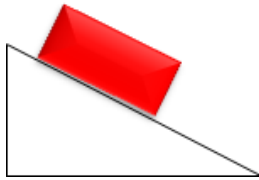
מקדם חיכוך סטטי פשוט
נתונה המסה שעל המשטח שבשרטוט.
נתון מקדם החיכוך בין המסה למשטח.

מהי המסה התלויה המקסימלית שתשאיר את המערכת במנוחה?



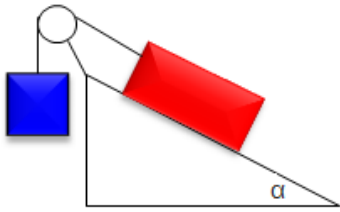
חיכוך מחזיק מסה במדרון
נתונה מסה וזווית המדרון.

מצא את הנורמל ואת כוח החיכוך.



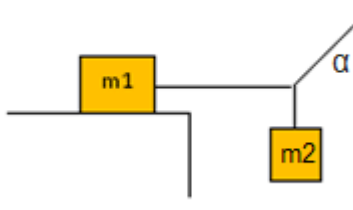
מקדם חיכוך מינימאלי פשוט
נתונה מסה וזווית המדרון.

מהו מקדם החיכוך המינימלי שישאיר את המערכת במנוחה?



כיוון חיכוך לא ידוע במדרון

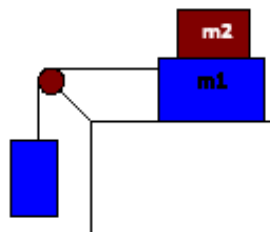
מצא את כוח החיכוך אם נתונות המסות, הזווית ומקדם החיכוך μ .



מסה מקסימלית תלויה

נתונה המערכת שבשרטוט ונתון מקדם החיכוך בין המסה למשטח.

מהי המסה המקסימלית שניתן לתלות מבלי לגרום לתזוזה במערכת?

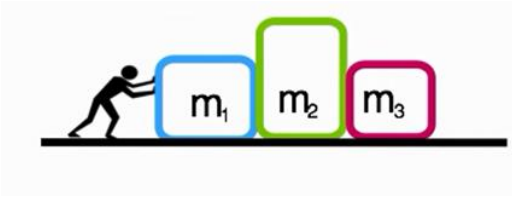


מסה קשורה על מסה

נתונות 3 המסות כבשרטוט.

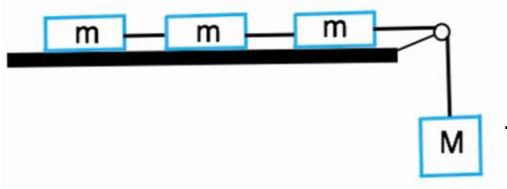
נתון כי המשטח חלק, אך נתון מקדם החיכוך בין שתי המסות.

מהי המסה התלויה המקסימלית שתשאיר את המערכת במנוחה?



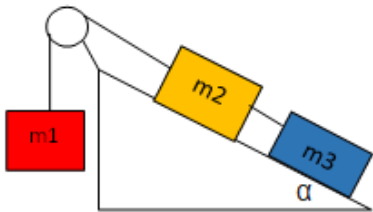
אדם דוחף שלוש מסות
 שלוש מסות מונחות על משטח חלק
 אדום דוחף את המסות לתאוצה a_0 .

- (א) מהו כוח זה?
- (ב) מהם הכוחות המופעלים בין המסות?



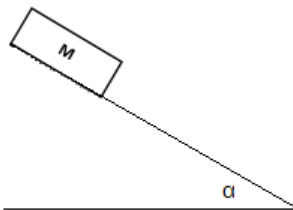
מסה גוררת מסות
 מצא את המתיחות בכל החוטים במערכת הבאה.

הנח כי הגלגלת אידיאלית, המסות נתונות ולא קיים חיכוך עם המשטח.



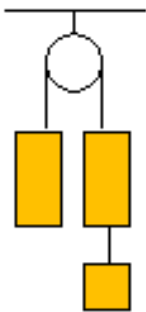
שלוש מסות במדרון
 נתונה המערכת שבשרטוט.

מצא את תאוצת הגופים.



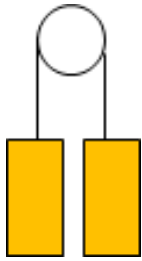
עגלה במישור משופע
 מסה מחליקה ממנוחה (ללא חיכוך) במורד מישור בעל זווית α עם האופק.

- (א) מהי תאוצת המסה?
- (ב) מהי התאוצה בכל ציר?



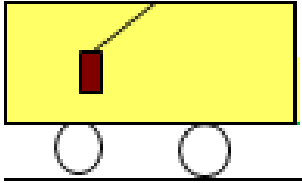
מסה קשורה לשתי מסות על גלגלת
 נתונות המסות של 3 משקולות התלויות כמתואר בשרטוט.

- (א) הסבר ללא חישוב באיזה חוט המתיחות הגדולה ביותר ובאיזה במתיחות הקטנה ביותר מבין שלושת החוטים שבשרטוט.
- (ב) מצא את תאוצת המערכת של שלושת המתיחויות שבחוטים.



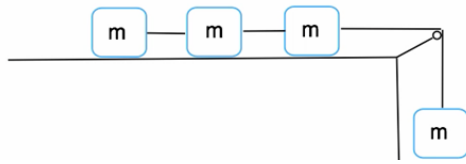
שתי מסות וגלגלת – שני סוגי צירים
נתונות שתי מסות על גלגלת כמתואר בשרטוט.

מצא את תאוצת המסה הימנית.



זווית במטוטלת למציאת תאוצה
בתוך מכונית קיים מתקן המודד את תאוצת המכונית.
המתקן בנוי ממטוטלת קטנה והמכשיר מודד את הזווית בינה ובין הקו האנכי (הדמיוני) לקרקע.

מצא את הקשר בין הזווית לבין תאוצת המכונית.

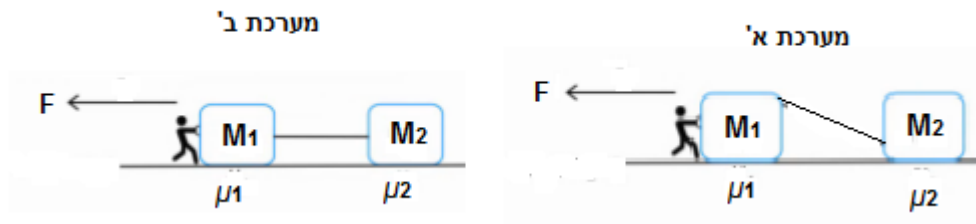


ארבע מסות וחיכוך
 נתונות מסות על פי השרטוט.
 מקדם החיכוך בין המסות לרצפה הינו μ .

- (א) מהי תאוצת המסות?
 (ב) מהו מקדם החיכוך המינימלי המאפשר תאוצה?

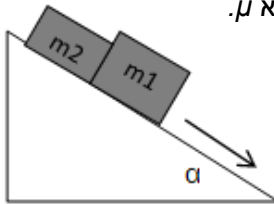
מסות עם חוט מקביל וחוט בזווית
 נתונות שתי המערכות שבשרטוט. המערכות זהות למעט מיקום החוטים המחוברים בין המסות.

- (א) לאיזו מערכת תאוצה גדולה יותר, בהנחה ששני מקדמי החיכוך זהים?
 (ב) לאיזו מערכת תאוצה גדולה יותר, בהנחה ש- $\mu_2 < \mu_1$?
 (ג) לאיזו מערכת תאוצה גדולה יותר, בהנחה ש- $\mu_1 < \mu_2$?



נורמל בין שתי מסות במדרון

נתונה המערכת שבשרטוט. נתון מסות הגופים ומקדם החיכוך בין הגופים למשטח הוא μ .

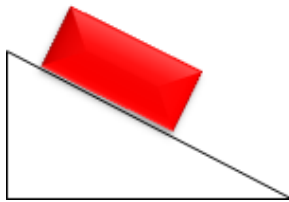


מצא את הכוח הפועל בין המסות.

גודל כוח למסה במהירות קבועה

נתונה מסה m הנעה במהירות קבועה על גבי המדרון בזווית נתונה.

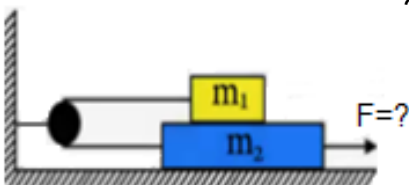
מהו גודל הכוח שמפעיל המדרון על המסה?

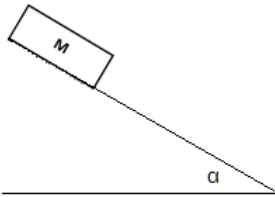


מסה נשלפת מתחת למסה

נתונה המערכת שבשרטוט. נתונות המסות ומקדם החיכוך בין המסות ובין המסות לרצפה.

מה צריך להיות הכוח המינימלי של F על מנת להצליח למשך את המסה?



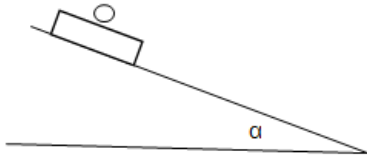


עגלה במישור משופע בציר לא נוח
 מסה מחליקה ממנוחה ללא חיכוך במורד מישור בעל זווית α עם האופק.

- (א) מהי תאוצת המסה?
- (ב) מהי התאוצה בכל ציר?

עגלה בשיפוע יורה פגז

עגלה משוחררת במנוחה במישור חלק בעל שיפוע בזווית α (אין חיכוך). ברגע השחרור נזרק מהעגלה כדור בניצב למישור במהירות u .

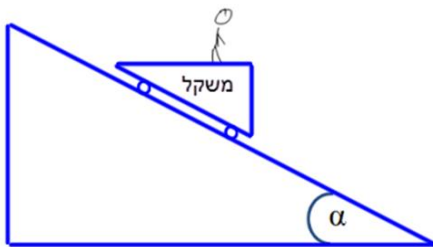


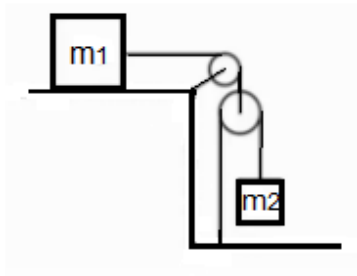
האם הכדור ינחת בעגלה ומתי?

אדם על קרונית על מישור משופע

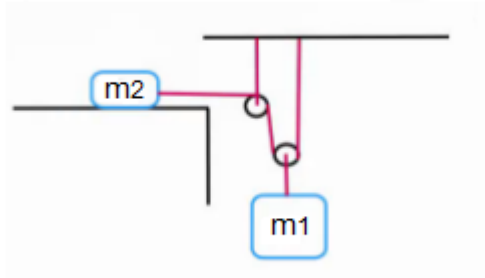
אדם בעל מסה m עומד על משקל המחובר בצורה אופקית לקרונית. מסת הקרונית היא M ונתון כי היא מחליקה ללא חיכוך על פני מישור משופע בזווית α .

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

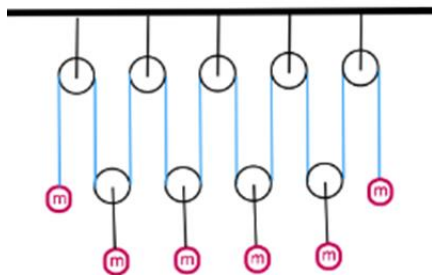




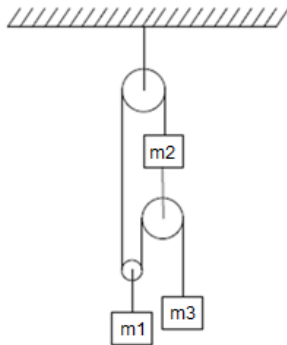
גלגלות וגזירה בזמן של אורך החוט
 במערכת הבאה מסות הגופים ידועות. אין חיכוך בין המסות למשטח.
 מצא את תאוצות הגופים ואת המתיחויות בחוטים.



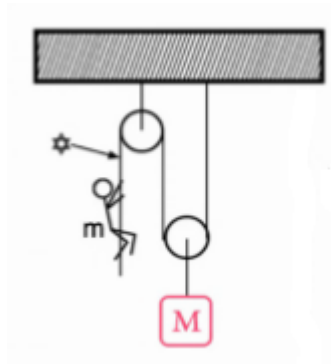
גלגלת זזה – תרגיל פשוט
 נתונה המערכת שבשרטוט.
 מהי תאוצת כל אחד מהגופים?



100 גלגלות
 מהי המתיחות בחוט למערכת שבשרטוט?
 מה הייתה המתיחות במערכת דומה בעלת 100 גלגלות?



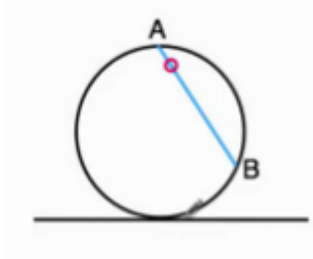
מערכת גלגלות מסובכת
 מצאו את תאוצת הגופים במערכת הבאה.
 מה התנאי לכך שהמסה m_3 תנוע כלפי מעלה אם נתון שהמערכת מתחילה ממנוחה?



אדם מטפס על חבל נע
 אדם מפעיל כוח על המערכת שבשרטוט.
 מצא את תאוצת האדם.

חרוז על מיתר בתוך מעגל

מהנקודה A שנמצאת בחלקו העליון של המעגל מותחים מיתר לנקודה B הנמצאת בנקודה כלשהי על המעגל. משחילים חרוז על המיתר בנקודה A ומשחררים ממנוחה.

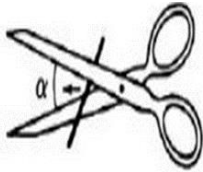


הוכח כי בזמן שייקח לחרוז להגיע לסוף המיתר אינו תלוי במיקומה של הנקודה B.

מספרים חותכות חוט

אדם מנסה לחתוך חוט מתכת בעזרת מספרים. החוט חופשי לנוע והוא מחליק על המספרים עד שזווית המפתח של המספרים היא α , בזווית זו המספרים מתחילות לחתוך את החוט.

- (א) צייר את הכוחות שפועלים על החוט.
- (ב) מצא את מקדם החיכוך בין המספרים לחוט.
- (ג) הראה שהזווית α אינה תלויה בכוח הכובד כאשר המספרים במצב אופקי.
- (ד) כעת, מסובבים את המספרים בזווית β סביב ציר העובר בבורג המספרים. כיוון הסיבוב הוא נגד השעון, כך שהחוט עולה כלפי מעלה. הראה כעת שהשינוי בזווית α הוא לפי

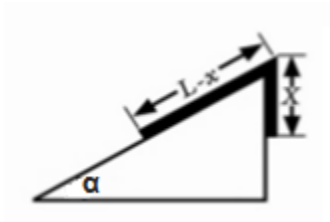


$$\Delta\mu = \frac{mg \sin \beta}{F \cos(\frac{\alpha}{2})} \quad \mu = \mu_0 + \Delta\mu$$

האם המספרים יחתכו יותר מוקדם או יותר מאוחר?

שרשרת מונחת על מישור חלק

נתונה שרשרת במנוחה לפי השרטוט. השרשרת בעלת אורך L ומסה m (צפיפות המסה אחידה).

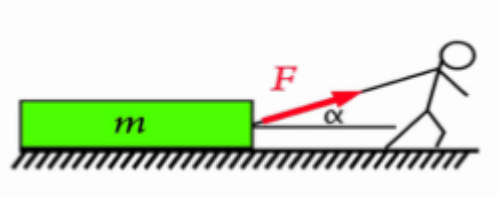


מהו אורך החלק x (החלק שנשאר תלוי באוויר).

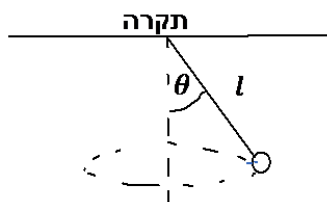
גרירת מסה בזווית להקטנת חיכוך

אדם סוחב מסה לפי השרטוט. נתון m ונתון מקדם החיכוך בין המסה לרצפה.

- (א) מה תהיה תאוצת המסה?
- (ב) שאלת בונוס- מה צריכה להיות הזווית על מנת להקל על האדם ככל הניתן?



פרק 5 - תנועה מעגלית



מטוטלת מסתובבת אופקית
 מטוטלת בעלת אורך l מסתובבת סביב ציר האנך לתקרה בזווית מפתח קבועה θ .
 נתון: l, θ

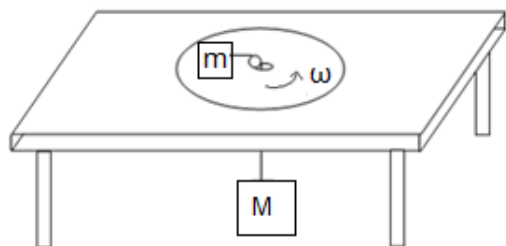
מצא את התדירות וזמן המחזור של הסיבוב.

מסה על שולחן מסתובב

מסה m מונחת על דיסק המסתובב על שולחן במהירות זוויתית קבועה ω
 המסה מחוברת לחוט העובר דרך מרכז השולחן ומחובר למסה M .
 בין המסה m לדיסק יש חיכוך ומקדם החיכוך הסטטי הוא μ_s

נתון: ω, μ, m, μ_s

מהו הרדיוס המינימלי והרדיוס המקסימאלי שבו ניתן להניח את המסה כך שלא תזוז בכיוון הרדיאלי?



תנועה סיבובית שאינה סביב הראשית

גוף נע על מעגל ברדיוס $3m$. הגוף חולף דרך הנקודה (5,4) ביחס לראשית הצירים O.

נתון כי מרכז המעגל נמצא ב (5,7) והמהירות הזוויתית היא $\omega = \frac{2\pi \text{ rad}}{20 \text{ sec}}$

- (א) מצא את וקטור המיקום של הגוף כפונקציה של הזמן.
- (ב) מצא את וקטור המהירות של הגוף כפונקציה של הזמן.
- (ג) מצא את וקטור התאוצה של הגוף כפונקציה של הזמן.
- (ד) מצא את המהירות הממוצעת בין $t=5 \text{ sec}$ ל $t=10 \text{ sec}$.
- (ה) מצא את תחום הזווית ביחס לראשית בו נע וקטור המקום.
- (ו) מצא את תחום הגדלים של וקטור המקום.

תאוצה משיקית קבועה

גוף נע במעגל בעל רדיוס R בתאוצה משיקית קבועה a_t וללא מהירות התחלתית.
 מצאו את גודל התאוצה הרדיאלית:

- (א) כפונקציה של הזמן
- (ב) כפונקציה של זווית הסיבוב

זווית משתנה בזמן

המיקום הזוויתי של נקודה על גבי שפת גלגל מסתובב נתונה ע"י: $\phi = 5t + 3t^2 - 2t^3$

- (א) מהי המהירות הזוויתית ב $t=2$ ו ב $t=4$ שניות?
- (ב) מהי התאוצה הזוויתית **הממוצעת** בין זמנים אלו?
- (ג) מהי התאוצה הזוויתית **הרגעית** בזמנים אלו?

מציאת מיקום כפונקציה של זמן

חלקיק מוגבל לנוע על מעגל ברדיוס R.

נתון שגודל המהירות של החלקיק $V(t) = Ct^2$ כאשר C קבוע.

מצאו ופתרו את משוואת המיקום של החלקיק.

נקודה על גלגל

מיקומו של גוף כתלות הזמן נתון ע"י: $x(t)=R\omega t-R\sin(\omega t)$

$y(t)= R-R\cos(\omega t)$

כאשר R ו ω קבועים.

- (א) מצא את וקטורי המהירות והתאוצה של הגוף.
- (ב) מצא את התאוצה המשיקית והנורמאלית.
- (ג) צייר את מסלול הגוף.

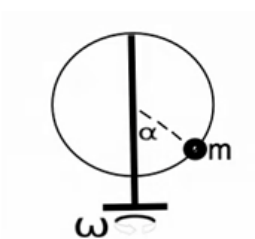
דרך בתנועה מעגלית

גוף נע במעגל שרדיוסו 3 m . הדרך שעובר הגוף נתונה ע"י: $s=6t^2+3t$

חשב את התאוצה המשיקית, הרדיאלית והכוללת (כתלות בזמן).

חרוז על חישוק מסתובב ל90 מעלות

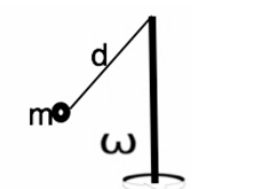
חישוק מסתובב על ציר מושחל חרוז לפי הנתונים בציור.



- (א) מהי תדירות הסיבוב?
- (ב) מה צריכה להיות תדירות הסיבוב על מנת שהזווית α תהיה 90 מעלות?

מסה מסתובבת ואורך חוט מוכפל

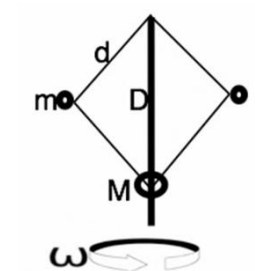
נתונה המערכת שבציור



- (א) מהו מרחק המסה מהציר?
- (ב) כיצד תושפע גובהה של המסה אם נכפיל את אורכו של החוט?

שלוש מסות על חוט

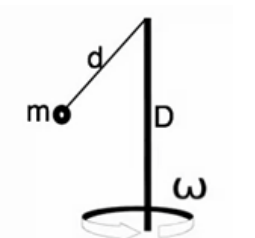
3 מסות מסתובבות סביב ציר בעזרת מוטות חסרי מסה כמתואר בשרטוט. נתון: M, m, D, d



מצא את מהירות הסיבוב הזוויתית?

אבן מסתובבת נזרקה לקרקע

מסה קשורה בחוט בעל אורך d למוט בעל אורך D . המוט מסתובב במהירות ω . ברגע מסויים מתנתק החוט.

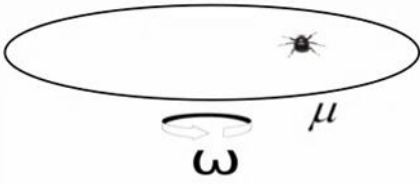


כמה תתקדם האבן עד לפגיעתה בקרקע?

מקדם חיכוך לחיפושית בדיסקה

נתונה דיסקה מסתובבת בעלת חיכוך (הנתונים מופיעים בשרטוט).

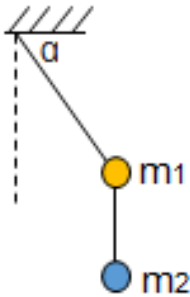
מהו המרחק המקסימלי מהמרכז שבו יכולה להמצא החיפושית מבלי להחליק?



מטוטלת כפולה – מעבר מרדיאלי לקרטזי

שתי מסות כבשרטוט משוחררות ממנוחה.

מצא את תאוצת המסה התחתונה רגע לאחר השחרור.



שוטר וציפור

ציפור מתחילה לטוס לכיוון ציר ה-x במהירות V_0 ממרכז של דיסקה מסתובבת.

נתון כי רדיוס הדיסקה הוא R , ומהירות הדיסקה היא ω .

באותו הרגע בדיוק נכנס שוטר על קצה הדיסקה ומתחיל להסתובב ביחד עם הדיסקה אל עבר הציפור.

מה מראה מד המהירות שהשוטר מכון אל הציפור, אם ידוע כי מד המהירות שכזה מודד את המהירות שבכיוונו בלבד?

פרק 6 - כוחות מדומים



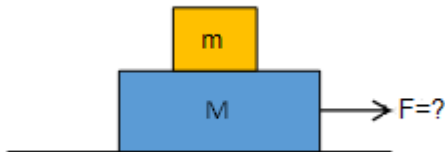
כוח מדומה פשוט במעלית

אדם בעל מסה של 70 ק"ג עומד על מד משקל בתוך מעלית. רשום מה יראה מד המשקל במצבים הבאים:

- (א) המעלית במנוחה.
- (ב) המעלית נעה במהירות קבועה של 5 מטר לשנייה בריבוע.
- (ג) המעלית מאיצה בתאוצה של 5 מטר לשנייה בריבוע, כלפי מעלה.
- (ד) המעלית מאיצה בתאוצה זו כלפי מטה.

שליפת מסה מתחת למסה

כוח נתון מופעל על המערכת שבשרטוט. מהו מקדם החיכוך המינימלי שיימנע את החלקתה של המסה העליונה?



אדם דוחף מסה – תרגיל פשוט

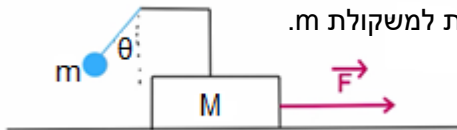
נתונות שתי מסות כבשרטוט. בין שתי המסות קיים מקדם חיכוך סטטי μ .



- (א) מה צריכה להיות תאוצת הגופים על מנת שמסה m לא תחליק מטה?
- (ב) 2- איזה כוח יש להפעיל על מנת להביא את המערכת לתאוצה הזו?

מטוטלת בתאוצה – כוח מדומה

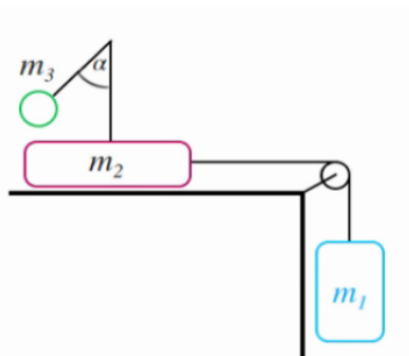
נתונה קרונית בעלת מסה M הנעה במישור תחת הכוח F . למסה ומחוברת למשקולת m . מהי הזווית בחוט?



מוט מושך מסה ליצירת זווית במטוטלת

נתונות שלוש מסות כבשרטוט. המסה הקטנה קשורה בחוט למוט היוצא מהמסה תחתיה.

מהי הזווית בין החוט לבין המוט? ניתן להניח כי מסת המטוטלת קטנה מאוד.



חיפושית וכוח מדומה

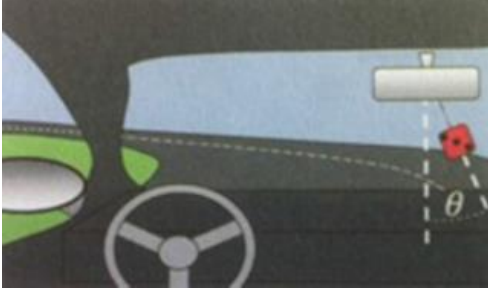
חיפושית הולכת למרכזה של דיסקה מסתובבת (רדיוס הדיסקה R) מהי האנרגיה שהחיפושית משקיעה?



מכונית בסיבוב עם קובייה תלויה

נהג מסתובב עם מכוניתו סביב כיכר שרדיוסה $R=50[m]$ במהירות $v=20[m/s]$.
 על מראת המכונית תלויה קובייה שמסתה $m=0.1[kg]$.

- (א) במערכת הייחוס של הנהג, מהו הכוח המדומה (הכוח הצנטריפוגלי) הפועל על הקובייה?
 (ב) מצאו, פעם במערכת הייחוס של צופה מן הצד ופעם במערכת הייחוס של הנהג, את הזווית בה תלויה הקובייה ביחס לאנך בשיווי-משקל.



יוסי ודני מתמסרים על דסקה מסתובבת

יוסי ודני עומדים זה מול זה על גבי דיסקה בעלת רדיוס R המסתובבת במהירות זוויתית ω סביב צירה. האנשים קבועים במקומם על שפת הדיסקה כאשר מרכז הדיסקה נמצא בידיוק ביניהם. יוסי מגלגל כדור קטן על הדיסקה שמגיע לדני כעבור זמן T .

- (א) מצא את מהירות הזריקה (גודל וכיוון) יחסית לדיסקה. בצע את החישוב במערכת המעבדה.
 (ב) מצא את משוואת התנועה של המסה במערכת הדיסקה בעזרת מערכת קואורדינטות פולריות יחסית למערכת ומרכז הדיסקה.

חלקיק במנהרה

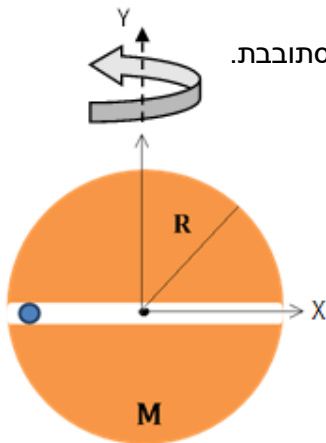
חלקיק נקודתי בעל מסה m נע בתוך מנהרה ישרה העוברת במרכז כדור הארץ (הנח כי מסת כדור הארץ ורדיוסו ידועים וצפיפותו אחידה). נתון גם כי כדור הארץ מסתובב במהירות זוויתית ω . על החלקיק פועל כוח חיכוך השווה ל μN כאשר N הוא הכוח הנורמאלי הפועל מדופן המנהרה.

- (א) מהו גודל כוח הכובד בתוך הכדור כתלות במרחק ממרכזו? התייחס לנוסחה המלאה של כוח הכובד $\vec{F} = -\frac{GMm}{r^2}\hat{r}$ (כאשר G הוא קבוע נתון, r הוא המרחק ממרכז הכדור)

(ב) מהם הכוחות הצנטריפוגלי וקוריאוליס הפועלים על החלקיק כתלות במיקום ובמהירות?

(ג) מהו כוח החיכוך הפועל על החלקיק?

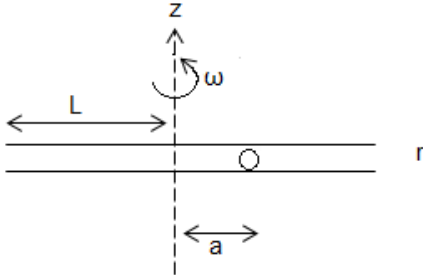
(ד) רשמו משוואות התנועה עבור רכיב המיקום לאורך ציר ה X במערכת מסתובבת.



כדור בצינור מסתובב

צינור גלילי באורך $2l$ מסתובב במהירות זוויתית ω סביב ציר אנכי הניצב לצינור ועובר במרכזו. גוף בעל מסה m נע ללא חיכוך בתוך הצינור. נתון כי הגוף מתחיל ממנוחה ובמרחק a ממרכז הצינור. (לצורך השאלה יש להתעלם מכוח הכובד).

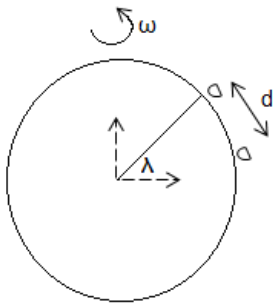
- מצא את הכוחות הפועלים על החלקיק במערכת הצינור המסתובב.
- חשב את המהירות כפונקציה של הזמן וכפונקציה של המרחק מהציר. (פתור את המשוואה הדיפרנציאלית בעזרת הכפלה ב \dot{r}).
- מצא את הזמן בו הגוף ייצא מהצינור.
- רשום את משוואת התנועה של הגוף בצינור במידה וקיים כוח חיכוך ומקדם החיכוך הקינטי נתון μ .



סירה יורה פגז

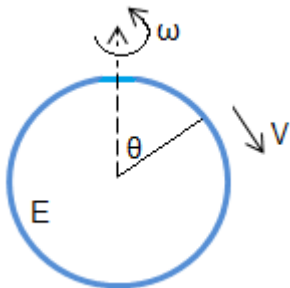
סירה נמצאת בקו רוחב λ יורה פגז במהירות V לעבר סירה אחרת הנמצאת במרחק d ממנה לכיוון דרום. נתון מהירות כדור הארץ היא ω .

מצא את הסטייה במיקום הפגז בעקבות כוח קוריאווליס. הזנח את ההשפעה של הכוח על רכיבי המהירות בכיוון מזרח מערב ובכיוון אנך לכדור הארץ. הנח כי הפגז נע בקו ישר והתעלם מהתנועה הבליסטית.



הפרש גבהים בגדות נהר

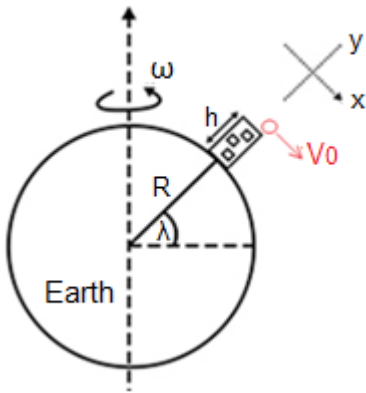
נהר זורם במהירות V מצפון לדרום. מיקום הנהר הוא בזווית θ ביחס לציר הסיבוב של כדור הארץ. נתון רדיוס כדור הארץ ורוחב הנהר D , מהירות כדור הארץ היא $\omega = 2\pi/24$. מצא את הפרש הגבהים בין גדות הנהר.



זריקה אופקית עם קוריאלויס

מסה m נזרקה אופקית ממגדל בגובה H . המגדל נמצא בקו רוחב λ . נתון: R - רדיוס כדור הארץ, v_0 - מהירות התחלתית של המסה, g - תאוצת הכובד בקטבים ו ω - מהירות זוויתית של כדור הארץ. הנח כי $h \ll R$ וכי ניתן להזניח את השינוי בכוח הצנטריפוגלי ואת השינוי בקו הרוחב במהלך התנועה.

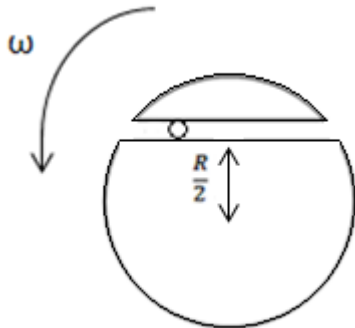
- (א) חשב את משוואות התנועה במערכת יחוס של המגדל.
- (ב) פתור את משוואות התנועה.
- (ג) בדוק מה קורה בגבול ש $g \gg R\omega^2$ ו $\omega t \ll 1$? פתח עד סדר שני ב ωt .



דיסקה מסתובבת וגוף בתעלה שאינה במרכז

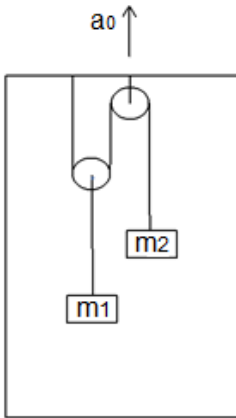
בדיסקה ברדיוס R ישנה תעלה ישרה במרחק $\frac{R}{2}$ ממרכז הדיסקה. הדיסקה מסתובבת במהירות זוויתית ω . כוח מושך גוף בעל מסה m לאורך התעלה כך שמהירות הגוף היא $v = \omega R$ יחסית לדיסקה.

- (א) מה גודלו של הכוח המסיע את המסה אם נתון שאין חיכוך בין המסה לתעלה?
- (ב) מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל מדפנות התעלה? (התעלם מכוח הכובד).
- (ג) במידה והכוח המושך את המסה לא היה פועל, והגוף היה מתחיל לנוע מקצה התעלה במהירות התחלתית $v = \omega R$ כלפי פנים, מה היתה מהירות הגוף במרכז התעלה?



גלגלות במעלית

- מערכת הגלגלות המתוארת באיור תלויה מתקרת מעלית העולה בתאוצה קבועה a_0 . כל הגלגלות הינן חסרות מסה.

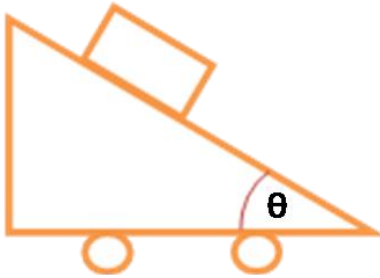


- (א) מצאו את תאוצת המסות.
(ב) ידוע כי $m_1 > 2m_2$. עוזבים את המערכת ממנוחה כאשר המסה m_1 נמצאת מטר מעל לרצפת המעלית. תוך כמה זמן תפגע המסה m_1 ברצפת המעלית?

מכונית משולשת

- בציור מתוארת מכונית משולשת עם זווית ראש θ . על המכונית ישנה מסה M ובין המכונית למסה קיים חיכוך. נתון כי: $\mu_k = \mu_s = 0.2, \sin \theta = 0.6$

- (א) מהו התנאי שהתאוצה a צריכה לקיים על מנת שהמסה לא תחליק מטה.
(ב) כעת, נתון כי $a = 0.2g$ חשב את תאוצת הגוף במערכת העגלה.
(ג) חשב את תאוצת הגוף במערכת המעבדה ($a = 0.2g$).
(ד) כעת נתון כי העגלה נעה שמאלה. מהי צריכה להיות התאוצה הקריטית שמאלה של העגלה כדי שהמשקולת תינתק מהמישור המשופע?



פרק 7 - כוח גרר וכוח ציפה

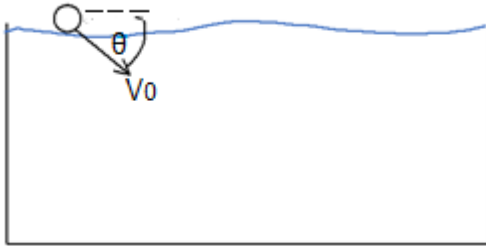


הסבר ודוגמא עם צנחן

- צנחן קופץ ממטוס ופותח מצנח. נתון כי כוח החיכוך עם האוויר הוא $\vec{F} = -k\vec{v}$.
- (א) מצא את משוואת התנועה של הצנחן.
 (ב) מצא את המהירות הסופית.
 (ג) מצא את המהירות כפונקציה של הזמן אם הנפילה התחילה ממנוחה.

כדור נזרק לבריכה

- כדור נזרק לתוך בריכה עם מהירות התחלתית v_0 בזווית θ עם פני המים. נתונים: צמיגות המים - η , רדיוס הכדור - R , מהירות התחלתית - v_0 , צפיפות המים ρ_w , צפיפות הכדור ρ_b .



- (א) רשום את משוואת התנועה של הכדור.
 (ב) מצא את המהירות הסופית של הכדור.
 (ג) מצא את העומק המקסימאלי אליו יגיע הכדור אם $\rho_b < \rho_w$.

כוח גרר ריבועי במהירות

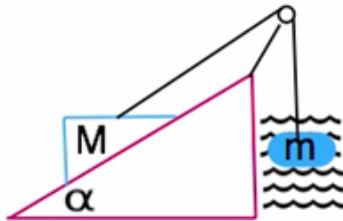
במהירויות גבוהות, גודל כוח החיכוך שמפעיל האוויר על כדור הוא $F_d = -kv^2$.

- (א) מצאו את המהירות הסופית של כדור הנופל מגובה רב.
 זורקים כדור ישר למעלה במהירות התחלתית השווה למהירות הסופית מסעיף א.
 (ב) מהי תאוצת הכדור כאשר מהירותו שווה לחצי ממהירותו ההתחלתית אם הכדור בדרכו למעלה?
 (ג) מהי תאוצת הכדור כאשר מהירותו שווה לחצי ממהירותו ההתחלתית אם הכדור בדרכו למטה?

מסה יוצאת מנוזל

מסה M מחליקה במורד מישור חלק. המסה מחוברת למסה m דרך גלגלת אידיאלית. המסה m שקועה בנוזל. כוח הציפה המופעל על המסה הוא F_b וכוח החיכוך של הנוזל מפעיל כוח גרר של PV . המסה מתחילות ממנוחה.

מצא את מהירות המסה הקטנה (m) בפונקציה של הזמן (הנח כי היא איננה יוצאת מהנוזל).



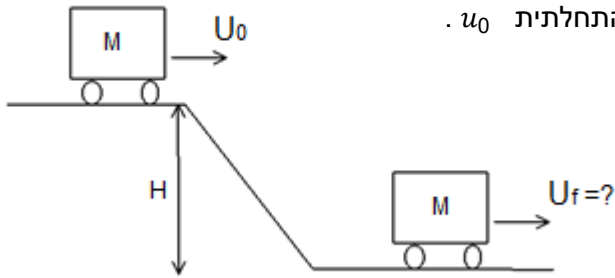
פרק 8 - עבודה ואנרגיה

עגלה במדרון

עגלה נעה על משטח ללא חיכוך.

העגלה מתחילה במעלה המדרון בגובה H עם מהירות התחלתית u_0 . מצא את מהירות העגלה בתחתית המדרון.

נתון: u_0, H



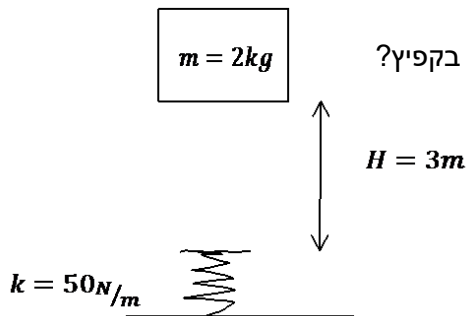
מסה נופלת על קפיץ

קפיץ חסר מסה, בעל קבוע קפיץ של 50 N/m , מחובר לרצפה.

משחררים ממנוחה מסה של $m=2\text{kg}$ הנמצאת בגובה 3 מטר מעל הקפיץ.

(א) מצא את הכיוון המקסימאלי של הקפיץ.

(ב) מה הגובה המקסימאלי אליו תגיע המסה לאחר הפגיעה בקפיץ?



שתי מסות מחוברות, מדרון וקפיץ

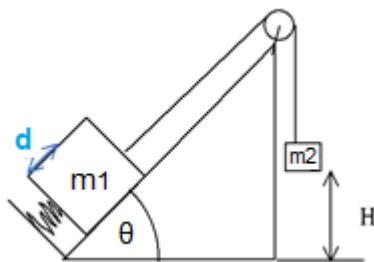
מסה m_1 נמצאת על מדרון משופע בזווית θ . המסה מונחת על קפיץ בעל קבוע קפיץ k המכווץ ב $\Delta x = d$. אל המסה קשור חוט העובר דרך גלגלת אידיאלית ומחובר למסה m_2 הנמצאת בגובה H מעל הרצפה. המערכת משוחררת ממנוחה.

מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_2 .

נתון: $m_1=1 \text{ kg}, m_2=2\text{kg}$

$H=3\text{m}, k=100\text{N/m}$

$\theta=30^\circ \quad d=30\text{cm}$

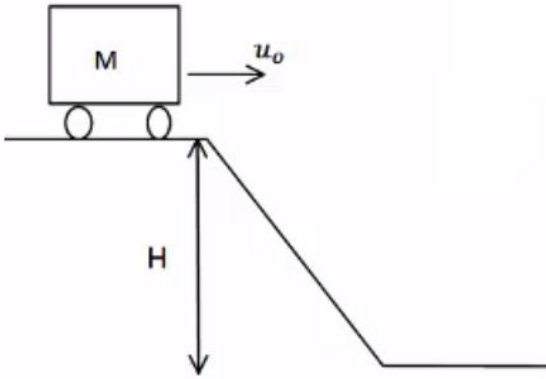


דוגמה

עגלה נעה על משטח עם חיכוך. העגלה מתחילה במעלה מדרון משופע בגובה H וזווית θ .

מהירותה ההתחלתית u_0 .
מצא את מהירות העגלה בתחתית המדרון.

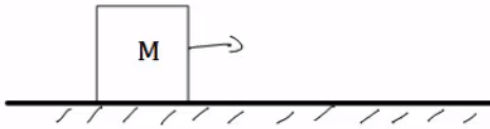
נתון: θ, μ_k, u_0, H



דוגמה

נתונה מסה m הנמצאת על משטח עם חיכוך. המסה נעה ימינה במהירות v .
נתון: μ_k

מצא את עבודת החיכוך.



דוגמה

חשב את העבודה שמבצע הכוח $\vec{F} = x\hat{x} + yx\hat{y}$ בין הנקודה A (0,0) לנקודה B(2,4):

- (א) דרך המסלול של הקו הישר המחבר בין הנקודות.
 (ב) דרך מסלול המקביל לציר ה X עד לנקודה C(2,0) ולאחר מכן דרך המסלול המקביל לציר ה Y עד לנקודה B.
 (ג) דרך המסלול $y=x^2$.
 (ד) דרך המסלול $X(t)=2t, Y(t)=4t^2$.

חישוב עבודה של כוח במסלול מעגלי ואלפטי

נתון הכוח הבא:

$$\vec{F} = a(2x + 4y)\hat{x} + b(4x - 2y)\hat{y}$$

- (א) מצא תנאי על a ו b כך שהכוח יהיה משמר.
 (ב) מצא את העבודה שעושה הכוח על גוף הנע במסלול סגור לאורך מעגל המתואר ע"י $\vec{r} = R \cos \theta \hat{x} + R \sin \theta \hat{y}$.
 (ג) מצא את העבודה שעושה הכוח על גוף הנע במסלול סגור לאורך אליפסה המתוארת ע"י $\vec{r} = d \cos \theta \hat{x} + k \sin \theta \hat{y}$.
 (ד) מצא את העבודה שעושה הכוח על גוף הנע במסלול סגור לאורך אליפסה המתוארת ע"י $\vec{r} = d \cos \theta \hat{x} + k \sin \theta \hat{y}$.

דוגמה

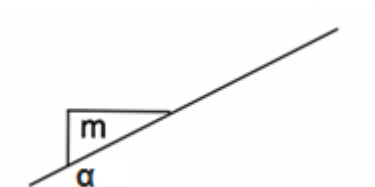
נתון הכוח F:

$$\vec{F} = -2xy\hat{x} + (x^2 - z)\hat{y} + y\hat{z}$$

בדוק האם הכוח F משמר.

דוגמה

מצא את האנרגיה הפוטנציאלית של הכוח $\vec{F} = -2xy\hat{x} + (2 - x^2)\hat{y}$ אם נתון ש: $U(0,0)=0$.



מסה במדרון משופע עם חיכוך
נתונה מערכת על פי השרטוט הבא.

מקדם החיכוך הסטטי והקינטי הוא μ .
 המסה מקבלת מהירות התחלתית V .

- (א) מה תהיה הדרך שעברה המסה עד לשיא הגובה?
 (ב) מה התנאי לכך שהמסה לא תחליק בחזרה?

קליע וננעץ במסה וקפיץ – תרגיל פשוט
 קליע נורה וננעץ במסה המחוברת לקפיץ.

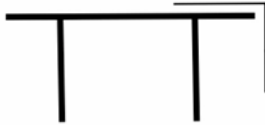


- (א) מהי מהירות המסה מיד לאחר פגיעת הקליע?
 (ב) מהו הכיוון המקסימלי?

משרשרת מחליקה משולחן

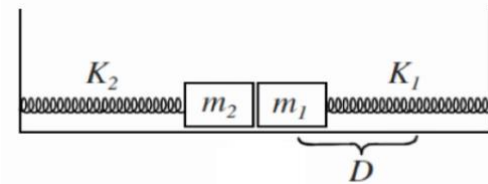
משרשרת בעלת אורך ומסה m מחליקה ממנוחה משולחן כאשר חציה עדיין מונח על השולחן.

- (א) מה תהיה מהירות המשרשרת ברגע הניתוק מהשולחן, בהנחה שאין חיכוך?
 (ב) מה תהיה מהירות המשרשרת ברגע הניתוק מהשולחן, בהנחה שמקדם חיכוך μ קיים בין המשרשרת לשולחן?



שתי מסות ושני קפיצים

מסות מתחילות ממנוחה כבשרטוט. המסה הימנית נמתחת מרחק D ימינה ומשוחררת. כשהיא פוגעת במסה השנייה היא נדבקת אליה ושתייהן ממשיכות יחד.

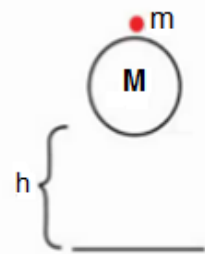


- (א) מהו הכיוון המקסימלי של הקפיץ השמאלי?
 (ב) מהו הכיוון המקסימלי של הקפיץ הימני כאשר שתי המסות חוזרות ימינה?

כדור טניס וכדורסל

שני כדורים משוחררים ממנוחה על פי השרטוט. ניתן להניח כי המסה הקטנה קטנה מאוד.

- מה יהיה שיא הגובה של המסה הקטנה לאחר שהיא תקפוצ חזרה מהכדור?
 (ניתן להניח כי ההתנגשות היא אלסטית).



פרק 9 - מתקף ותנע



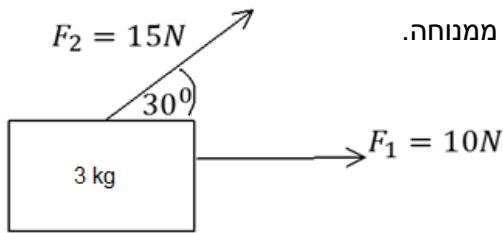
דוגמה לחישוב מתקף

שחקן בועט בכדור בעל מסה 2 ק"ג בכוח קבוע של 50 ניוטון .
זמן המגע בין הכדור לשחקן הוא 0.2 שניות.

מהי מהירות הכדור לאחר הבעיטה?

שני כוחות על גוף

נתון גוף בעל מסה של 3 קילוגרם, על הגוף פועלים הכוחות כמתואר בציור במשך זמן של 0.5 שניה.



- (א) מצא את המתקף שמפעיל כל כוח.
- (ב) מצא את המתקף השקול הפועל על הגוף.
- (ג) מצא את מהירות הגוף לאחר פעולת הכוחות אם התחיל ממנוחה.

מתקף של כוח ממוצע

כדור בעל מסה של 1 ק"ג נזרק לעבר קיר במהירות של 2 מטר לשנייה.
הכדור פוגע בקיר וחוזר באותה המהירות.

- (א) חשב את המתקף שפעל על הכדור.
- (ב) מי מפעיל את המתקף הנ"ל?
- (ג) חשב את הכוח הנורמאלי הממוצע שמפעיל הקיר אם זמן הפגיעה בקיר הוא 0.2 שניות.

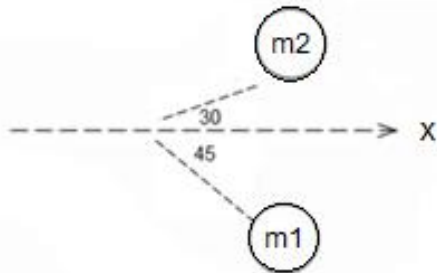
דוגמא לשימור תנע

כדור בעל מסה m_1 ומהירות V_0 , פוגע בכדור שני בעל מסה m_2 .
לאחר ההתנגשות, כדור 1 עף בזווית של 30 מעלות עם ציר ה X וכדור 2 עף בזווית של 45 מעלות מתחת לציר ה-X.

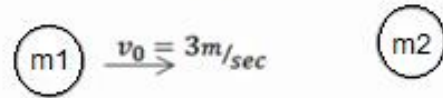
נתון: $m_1=3\text{kg}$, $m_2=2\text{kg}$, $V_0=4\text{m/sec}$

מצא את גודל מהירות הגופים לאחר ההתנגשות.

אחרי ההתנגשות



לפני ההתנגשות

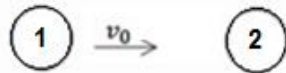


פיזור

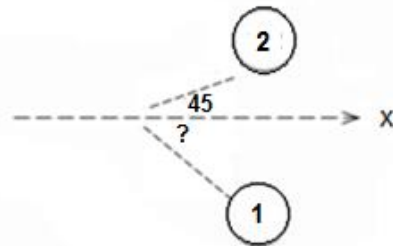
כדור מספר 1 בעל מסה m ומהירות V_0 מתנגש אלסטית בכדור מספר 2 בעל מסה $3m$ הנמצא במנוחה. הזווית של כדור מספר 2 עם ציר ה-x היא 45° .

מצא את הזווית של כדור מספר 1 לאחר ההתנגשות.

לפני ההתנגשות



אחרי ההתנגשות



מסה על קרונית ואיבוד אנרגיה

נתון כוח F קבוע המושך עגלה בעלת מסה m_1 ללא חיכוך. מעל העגלה נמצאת מסה m_2 ובין המסות יש חיכוך. נתון: m_1 , m_2 , F , μ_k , μ_s .

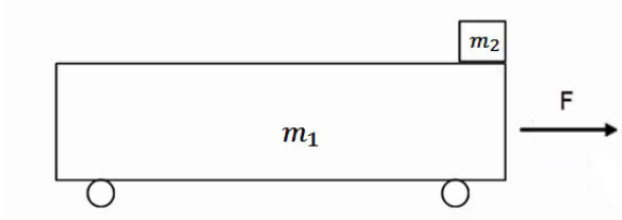
(א) מה הכוח F המקסימאלי עבורו המסה העליונה תחליק ביחס לתחתונה?

נניח כי הכוח F גדול מזה ששישבת בסעיף א'. נניח גם כי הכוח הפועל במשך זמן T נתון והמסה העליונה אינה נופלת מהתחתונה.

(ב) מהי תאוצת הגופים, מהירותם ומיקומם כפונקציה של הזמן עד לזמן T ?

(ג) כמה אנרגיה הלכה לאיבוד בזמן הזה?

(ד) מצא את מהירותם הסופית של הגופים ($t > T$) בהנחה שהמסה העליונה עדיין לא נופלת.



מסה על שני קרונות

נתונה שתי קרונית על משטח חלק. הקרון הימני במנוחה והקרון השמאלי נע לעברו במהירות V . על הקרון השמאלי מונחת מסה הנעה יחד עד הקרון. מקדם החיכוך בין המסה לקרון הימני נתונה. בין המסה לקרון השמאלי אין חיכוך.

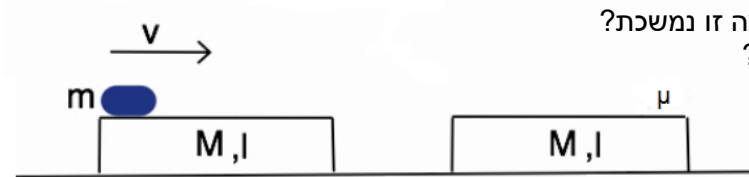
בזמן $t=0$ הקרון השמאלי פוגע בקרון הימני ונצמד אליו (אך הוא יכול להיפרד ממנו לאחר מכן).

(א) מתי תעבור המסה לקרון הימני?

(ב) מה תהיה מהירותו הסופית של הקרון הימני?

(ג) מהי תאוצת הקרון הימני? כמה זמן תאוצה זו נמשכת?

(ד) האם סעיף 2 ו-3 תואמים בתשובותיהם?



מסות שומרות תנע ובדקות לקיר

המסה m מונחת על גבי הקרונית M (אך אינה מחוברת אליה).

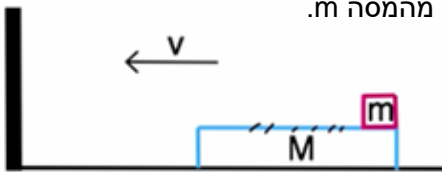
שתי המסות נעות יחד במהירות V על גבי משטח חלק לעבר קיר.

התנגשות בקיר אלסטית.

מקדם החיכוך בין המסות הוא μ .

(א) מה תהיה מהירות המסה M לאחר זמן רב בהנחה שהיא גדולה מהמסה m .

(ב) ענה על סעיף אחד בהנחה שהמסה M קטנה מהמסה m .

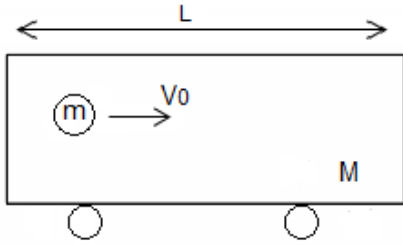


כדור בקרונית

כדור בעל מסה m ומהירות v_0 נע בתוך קרונית בעלת מסה $M = \alpha m$ ואורך L . הכדור מתנגש בדופן הימנית של

הקרונית התנגשות אלסטית. (אין חיכוך בין הקרונית לרצפה)

- (א) מהי מהירות הגופים לאחר ההתנגשות? בדוק עבור: $\alpha = 0, 1, \infty$
 (ב) כמה זמן יעבור מהפגיעה הראשונה בדופן לפגיעה השנייה בדופן השמאלית?



כדור מסיס מישור משופע

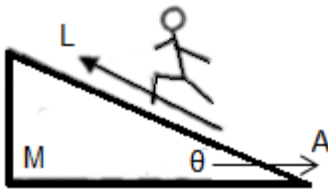
- כדור נע לעבר מישור משופע. אין חיכוך בין המדרון לרצפה או לכדור.
 (א) מהי המהירות ההתחלתית המקסימלית של הכדור מבלי שהכדור ייפול לעבר המדרון?
 (ב) לאחר שמצאנו מהירות זו, באיזה מהירות יחזור הכדור לאחר שיעזוב את המדרון?



אדם על רמפה, תנועה יחסית ושימור תנע

אדם שמסתו m רץ במעלה רמפה משופעת בזווית θ . מסת הרמפה היא M , והיא מונחת על מישור חלק. האדם מתחיל ממנוחה והזמן הדרוש לו בכדי לעבור דרך שאורכה L על פני הרמפה הוא T .

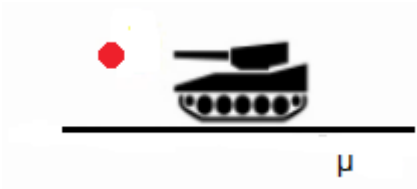
- (א) מהי תאוצת האדם ביחס לרמפה?
 (ב) עקב הריצה נהדפת הרמפה ימינה, בתאוצה לא ידועה A יחסית לקרקע.
 בטאו את רכיבי התאוצה של האדם יחסית לקרקע בעזרת התאוצה A .
 (ג) כמה זזה הרמפה ימינה בזמן T ?



טנק יורה אופקית וחיכוך קינטי

טנק בעל מסה M יורה פגז בעל מסה m במהירות v במאוזן על משטח בעל מקדם חיכוך קינטי נתון.

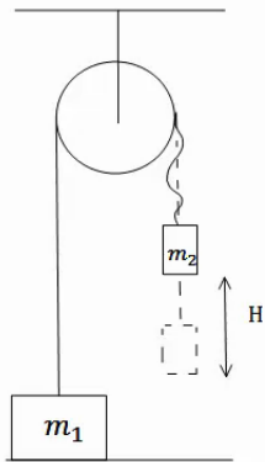
- (א) מה תהיה מהירותו של הטנק רגע לאחר הירייה?
 (ב) כמה זמן יחליק הטנק?
 (ג) לאיזה מרחק יגיע הטנק?
 (ד) כמה אנרגיה אבדה בהחלקה זו?
 (ה) האם הפגז היה מתנהג אחרת אם הטנק היה מקובע למקומו?



שתי מסות על גלגלת וחוט רפוי

שתי מסות m_1, m_2 תלויות על גלגלת אידיאלית חסרת חיכוך. המסה m_1 נמצאת על הקרקע במנוחה בעוד שהמסה m_2 תלויה באוויר. מרימים את מסה m_2 גובה H נוסף כך שהחוט מתרופף ומשחררים אותה ממנוחה.

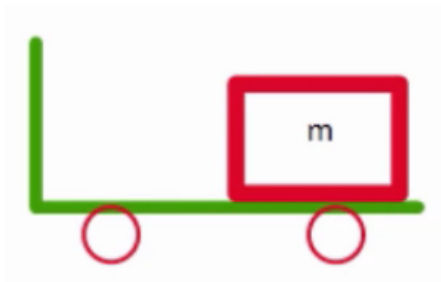
- (א) מצא את מהירות המסה m_2 לפני שהיא מגיעה לנקודה בה החוט נמתח.
 (ב) כעת החוט נמתח. הנח שהחוט אינו אלסטי, כלומר, האורך שלו קבוע ללא תלות בגודל המתיחות שלו כל עוד קיימת בו מתיחות כלשהי (והוא אינו רפוי כמו בסעיף א').
 מצא את השינוי הכולל בתנע של שתי המשקולות (בין הקטע מיד לפני שהחוט נמתח לבין הקטע מיד אחרי שהחוט מתוח ושתי המסות זזות).
 (ג) מצא את המתקף שהפעילה התקרה על הגלגלת בזמן מתיחות החוט.
 (ד) לאיזה גובה תעלה m_1 בהנחה ש $m_1 > m_2$ ו m_2 אינה פוגעת ברצפה.
 (ה) מהו המתקף שמפעילה התקרה על הגלגלת מהרגע $t=0$ ועד לרגע בו m_1 הגיעה לשיא הגובה?



מסה מתנגשת במשאית ונופלת

מסה m מונחת על עגלה חסרת חיכוך בעלת אורך L ומסה $5m$. המסה נוסעת במהירות V לכיוון שמאל והעגלה נייחת. נתון כי ההתנגשות בין המסה לבין העגלה היא התנגשות אלסטית.

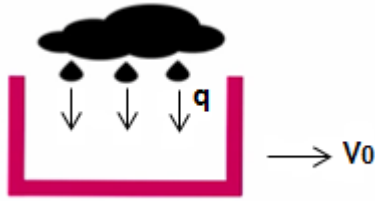
לאחר כמה זמן מרגע ההתנגשות תיפול המסה מהעגלה?



פרק 10 - מסה משתנה

גשם לעגלה – תרגיל פשוט

נתונה עגלה היא בעלת מסה M_0 ומהירות V_0 .
ברגע $t=0$, גשם אנכי נכנס לתוך העגלה בקצב q .



- (א) מהי מהירות העגלה כפונקציה של הזמן.
(ב) מהי מהירות העגלה לאחר שהגשם נפסק?

גשם בזווית – תרגיל פשוט

עגלה 'א' היא בעלת מסה M_0 ומהירות התחלתית ימינה V_0 , לתוכה נופל גשם בזווית α ומהירות u כך שהעגלה מתמלאת בקצב q .
עגלה 'ב' היא בעלת מסה זהה (כולל הגשם שכבר בתוכה) ומהירות זהה.
לעגלה זו יש חור דרכו מטפטף גשם החוצה בקצב הזהה לקצב כניסת הגשם.

רשום את מהירות העגלה כפונקציה של הזמן לשתי העגלות.



משפך חול על מסוע

משפך חול מפיל חול על מסוע בקצב $(dm/dt)=At$ כאשר A קבוע. אין חיכוך בין המסוע לרצפה.



- (א) מה הכוח F הדרוש על מנת למשוך את המסוע במהירות קבועה (ונתונה) v_0 ?
(ב) מהו ההספק (אנרגיה ליחידת זמן) שמשקיע הכוח?

בלון

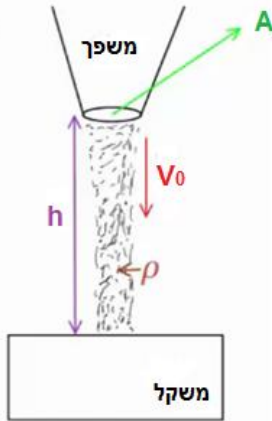
בלון בעל מסה M מלא בגז. נתון כי $3/4$ ממסת הבלון היא מסת הגז. משחררים את הבלון ממנוחה והגז יוצא במהירות u_0 ביחס לבלון. נתון כי הבלון מאיץ בקו ישר כלפי מעלה בתאוצה של $0.5g$.

- (א) מצא את קצב פליטת הגז מהבלון.
(ב) מצא את הגובה המקסימלי אליו יגיע הבלון.

משפך על משקל

משפך חול נמצא מעל משקל, החול יוצא מהמשפך במהירות v_0 . שטח החתך של פתח המשפך הוא A ונתון כי המשפך נמצא בגובה H מעל המשקל. נתונה צפיפות המסה של החול ρ . הזנח את גובה החול המצטבר על המשקל.

- (א) מהי כמות החול היוצאת מהמשפך ביחידת זמן?
 (ב) מה מהירות החול בהגיעו לפני פגיעתו במשקל?
 (ג) במהלך המילוי כאשר המשקל מראה W מה היחס בין המשקל האמיתי של החול לערך שמראה המשקל?
 (ד) נניח כי כאשר המשקל מראה את המשקל מסעיף ג' סוגרים את המשפך. מה יראה המשקל לאחר זמן רב?
 (ה) לאחר האמור בסעיף ד' מאיצים את המשקל בתאוצה של 5 מטר לשנייה בריבוע כלפי מעלה. מה יראה המשקל?



חללית מנתקת מיכלים

מעבדת חלל יכולה לנתק את מיכלי הדלק הריקים שלה. מיכל שהתרוקן מתנתק ונופל לים וכל משקלו של המיכל הריק אינו מעמיס עוד על החללית.

נתונה חללית בעלת מסה התחלתית M_0 , קצב פליטת גזים q , ומהירות הגז ביחס לחללית u . כאשר החללית מאבדת ממשקלה מסה m (מסת הדלק שהיה במיכל) היא מנתקת את המיכל שמסתו k וממשיכה במעופה הרגיל. כאשר החללית מאבד ממשקלה m נוסף, נגמר הדלק במיכליה והיא מכבה מנועים וממשיכה במהירות הסופית. נתון נוסף: החללית מתחילה ממנוחה וממריאה מיד עם תחילת פליטת הגזים.

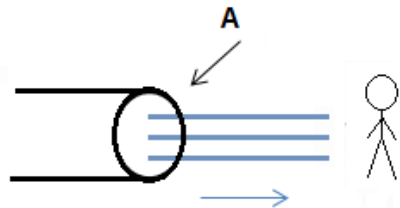


- (א) מהי מהירות החללית לפני ניתוק המיכל?
 (ב) מהי מהירות החללית לאחר ניתוק המיכל?
 (ג) מהי מהירותה הסופית של החללית? (הנח שהיא שומרת על מהירותה לאחר כיבוי המנועים).
 (ד) בכמה קטנה היתה מהירותה הסופית אילו לא הייתה מנתקת את מיכל הדלק?

צינור משפריץ על אדם

צינור משפריץ מים על אדם. לצינור שטח חתך A וצפיפות המים נתונה ρ . נתונה גם מהירות יציאת המים מהצינור v_0 .

- (א) מצא את הכוח שפועל על אדם הנמצא במנוחה, בהנחה שהמים אינם ניתזים חזרה.
 (ב) מצא את הכוח הפועל על אדם הבורח במהירות $v < v_0$.



$$\frac{dm}{dt} =$$

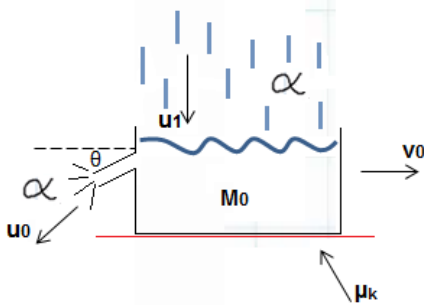
טיפת גשם נופלת דרך ענן וסופחת מים יחסית לשטח הפנים שלה. קצב שינוי המסה של הטיפה נתון לפי $4\pi r^2 b$, כאשר b קבוע ו r הוא רדיוס הטיפה. נתונה גם צפיפות המים ρ . הזנח את התנגדות האוויר. הנח כי הטיפה מתחילה ליפול ממנוחה ורדיוסה ההתחלתי הוא r_0 .

- (א) מצא את רדיוס הטיפה כפונקציה של הזמן.
 (ב) חשב את מהירות הטיפה כפונקציה של הזמן.
 (ג) מצא את התאוצה של הטיפה זמן קצר לאחר תחילת תנועתה.
 (ד) מצא את תאוצת הטיפה לאחר זמן רב.

פתרון משוואה דיפרנציאלית מהצורה: $\frac{dv}{dr} = A \frac{v}{r} + B$
 הוא: $v(r) = (Cr)^A + \frac{B}{1-A} r$

עגלה עם גשם, משאבה וחיכוך

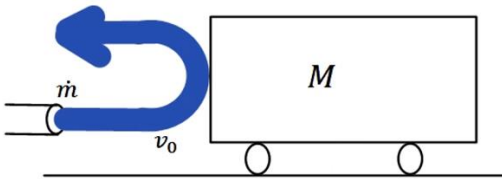
עגלה בעלת מסה M_0 נוסעת על משטח עם חיכוך. על העגלה יורד גשם בקצב α ובמהירות u_1 בציר האנכי בלבד. בנוסף, לעגלה מחוברת משאבה בקצה האחורי, המוציאה מים מן העגלה החוצה במהירות u_0 ובקצב זהה α . המשאבה מוציאה את המים בזווית θ מתחת לציר ה X (ראה ציור). לעגלה מהירות התחלתית v_0 . מקדם החיכוך הקינטי μ_k וכל הגדלים הרשומים בשאלה נתונים.



- (א) מצא את משוואת התנועה של העגלה.
 (ב) מצא את המהירות הסופית של העגלה.
 (ג) מצא את מהירות העגלה כפונקציה של הזמן.

צינור משפריץ על עגלה

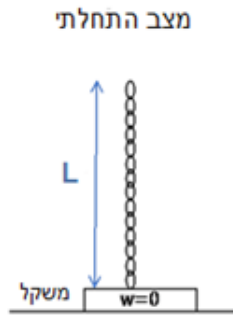
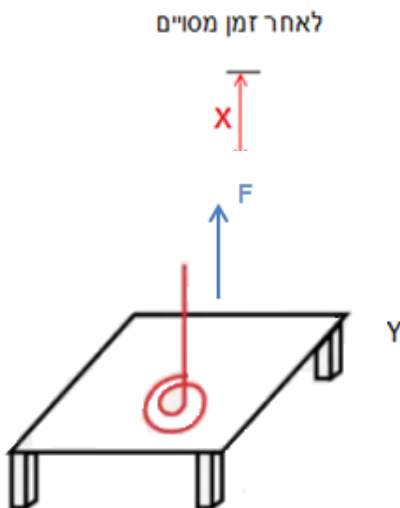
צינור משפריץ מים על עגלה בעלת מסה M . המים יוצאים מהצינור במהירות v_0 ובקצב \dot{m} נתון (הנח כי מהירות המים קבועה עד לפגיעה בעגלה). המים מתנגשים התנגשות אלסטית ביחס לעגלה.



מצא את מהירות העגלה כפונקציה של הזמן.

שרשרת נופלת על מד משקל

שרשרת בעלת אורך L ומסה M מוחזקת בצורה אנכית מעל משקל כך שהקצה התחתון שלה בדיוק נוגע במשקל. השרשרת משוחררת ממנוחה. מצא מה מראה המשקל כפונקציה של X (א מייצג את המרחק אותו עבר הקצה העליון של השרשרת).



הרמת חוט ממשקל

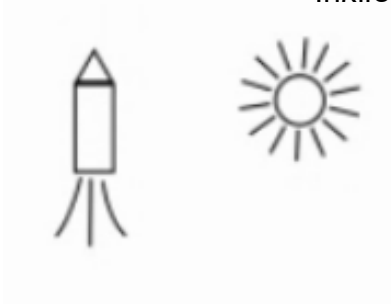
חוט בעל מסה m ואורך l מונח על שולחן. כוח F מתחיל להרים את החוט מקצהו במהירות קבועה v_0 .

- (א) מצא מהו הכוח לפי הזמן.
 (ב) מצא כמה אנרגיה התבזבזה כפונקציה של הדרך שהחוט עבר.

חללית מקיפה כוכב

חללית בעלת מסה m_0 מקיפה כוכב בעל מסה M המרוחק מרחק r_0 . החללית נוסעת במהירות V_0 . בזמן $t=0$ החללית מתחילה לפלוט גז במהירות יחסית u בקצב a .

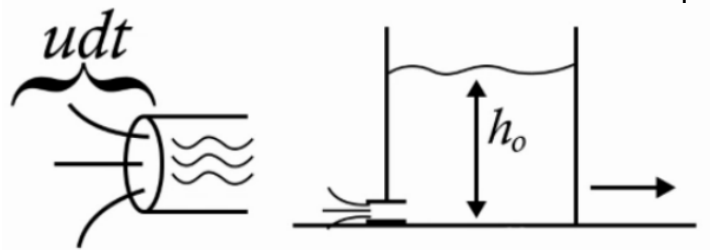
מצא את משוואת התנועה של החללית לציר הרדיאלי. אין צורך לפתור את המשוואה.



עגלה נדחפת מגרביטציה

מיכל בעל שטח A מלא במים עד לגובה נתון. בתחתית המיכל חור בשטח B . המיכל מונח על משטח ללא חיכוך.

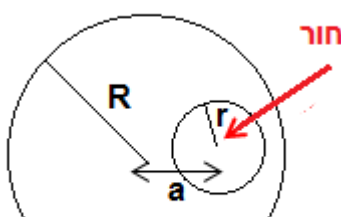
- (א) מצא את מהירות יציאת המים יחסית למיכל.
- (ב) מצא את גובה המים במיכל כפונקציה של הזמן.
- (ג) מצא את תאוצת המיכל כפונקציה של הזמן.



פרק 11 - מרכז מסה

מרכז מסה של דיסקה עם חור

בדיסקה בעלת רדיוס R ומסה M קדחו חור עגול בעל רדיוס r במרחק a ממרכז הדיסקה. הנח כי צפיפות המסה אחידה בכל הדיסקה.



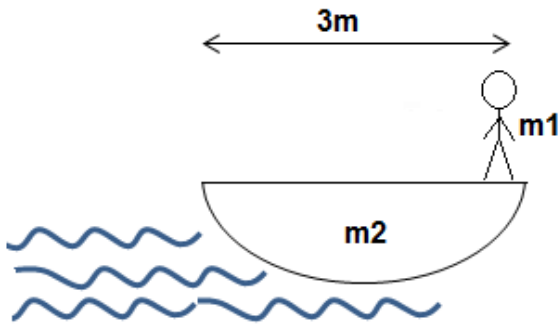
מצא את מרכז המסה של הדסקיה עם החור.

נער על סירה

אדם עומד בקצה סירה באורך 3 מטר. מסת האדם היא 70 קילוגרם ומסת הסירה 100 קילוגרם. האדם התקדם 2 מטרים לאורך הסירה. (הזנח את החיכוך בין המים לסירה).

נתון: $m_1(\text{אדם}) = 70\text{kg}$ $m_2 = 100\text{kg}$

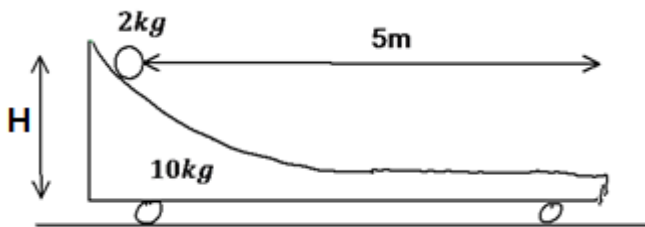
כמה זזה הסירה?



כדור על קרונית

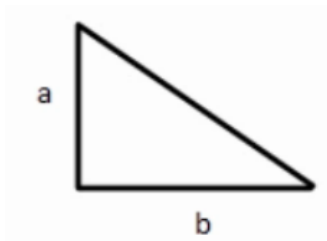
כדור מונח על קרונית משופעת הנמצאת במנוחה. הכדור מונח בגובה $H=1\text{m}$ ובמרחק של 5 מטרים מקצה הקרונית. מסת הקרונית: $m_1=10\text{kg}$, מסת הכדור: $m_2=2\text{kg}$.

- (א) מצא את העתק הקרונית כאשר הכדור מגיע לקצה.
 (ב) מצא את מהירות הגופים אם נתון שמהירות הכדור בקצה הקרונית היא רק בכיוון ציר ה x.



מרכז מסה של מוט בעל צפיפות משתנה

חשב את מרכז המסה של מוט בעל אורך L וצפיפות מסה $\lambda(x) = \frac{\lambda_0 x}{L}$



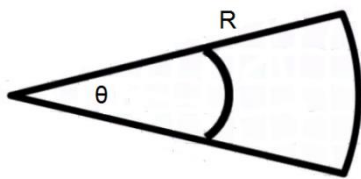
מרכז מסה של משולש

מצא את מרכז המסה של המשולש שבתמונה.

מרכז מסה של שער

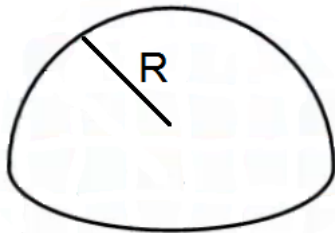
שער חשמלי בעל מסה m ואורך l מונח על ציר שמרחקו d מסופו.

הסבר מדוע מחוברים לקצה השער משקולת כבדה ומצא את מסתה אם נתון כי אורכה L .



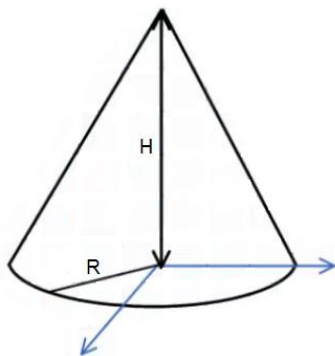
מרכז מסה של גיזרה וחצי דיסקה

חשב את מרכז המסה של גיזרה עם צפיפות אחידה וזווית θ .



מרכז מסה של חצי כדור מלא

חשב את מרכז המסה של חצי כדור מלא בעל צפיפות אחידה.

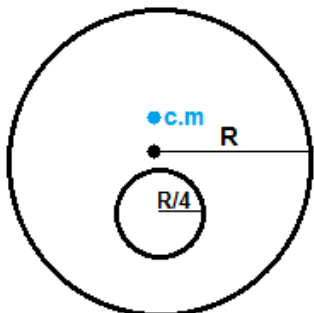


מרכז מסה של חרוט מלא

חשב את מרכז המסה של חרוט מלא בעל צפיפות אחידה.

דיסקה עם חור

מצא את מרכז המסה של דיסקה בעלת מסה M ורדיוס R , אם ידוע כי במרחק R ממרכז הדיסקה קדחו חור ברדיוס רבע R .



חצי חישוק ושתי מסות

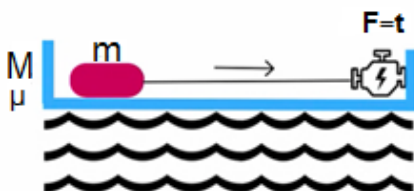
מצא את מרכז המסה של חצי החישוק בעל מסה M ורדיוס R אשר בקצותיו חוברו שני כדורים קטנים בעלי מסה m .



מנוע מושך מסה בסירה

על סירה (ללא חיכוך עם המים) מונחת מסה. המסה מחוברת בחוט למנוע המחובר לסירה. כוח המשיכה של המנוע משתנה בזמן, מקדם החיכוך הסטטי ומקדם החיכוך הקינטי נתונים.

- (א) מתי תתחיל לנוע המסה?
(ב) מה תהיה תאוצת מרכז המסה? תאוצת הסירה? תאוצת המסה?
(ג) לאחר שהמסה נעה החוט ניתק. בהתאם לכך, ענה על סעיף 2 בשנית.

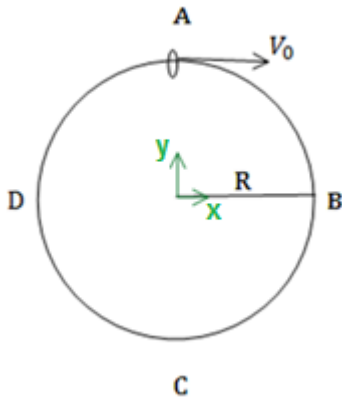


ד) האם המסה והסירה ייעצרו בו זמנית?

חרוז מסתובב על חישוב שחופשי לנוע

חישוב בעל רדיוס R ומסה m מונח על שולחן אופקי חלק. על החישוב ישנו חרוז המתחיל לנוע מהנקודה A ומסתו m גם כן. ב $t=0$ החישוב נמצא במנוחה ומהירותו ההתחלתית של החרוז היא v_0 ימינה.

- (א) מצא את מיקום מרכז המסה של המערכת בתחילת התנועה.
(ב) מצא את מהירות מרכז המסה כפונקציה של הזמן ואת מסלולה.
(ג) מהן מהירויות החרוז והצינור כאשר החרוז נמצא בנקודות B, C, D ושוב ב A ביחס לחישוב.

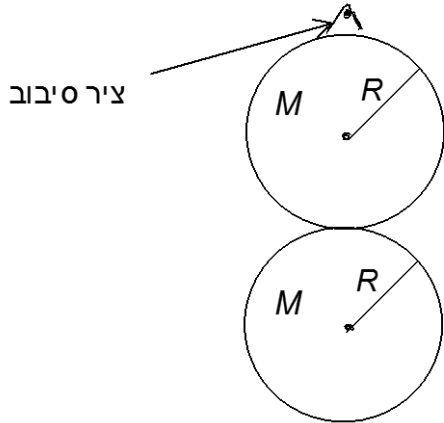


פרק 12 - מומנט התמד

אדטיביות – דוגמה

לדסקה בעלת מסה M ורדיוס R מחברים דסקה נוספת זהה בקצה התחתון של הדסקה.

מצא את מומנט ההתמד של המערכת סביב ציר המאונך למישור הדסקה והעובר בקצה העליון של הדסקה (הראשונה).



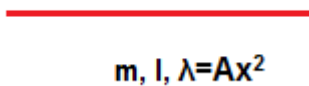
חישוב אינטגרל של מוט לא אחיד

חשב את מומנט ההתמד של מוט עם צפיפות אחידה סביב קצה המוט. X הוא המרחק מהקצה ו- L הוא אורך המוט. λ_0 נתון.

$$\lambda(X) = \lambda_0 \frac{X}{L} \quad \text{– צפיפות המוט}$$

חישוב נוסף מוט בצפיפות לא אחידה

מצא את מומנט ההתמד של מוט סביב מרכזו לפי הנתונים שבשרטוט. הצפיפות הנתונה מתייחסת למרכז המוט כראשית הצירים.



מומנט התמד של שער חשמלי

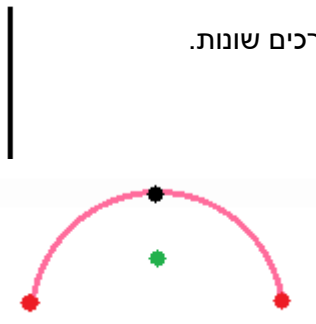
מצא את מומנט ההתמד של שער חשמלי בעל מסה m ואורך l אשר בסופו מחוברת משקולת בעלת מסה M ואורך L המסתובב סביב מרכז המסה שלו.



מומנט התמד של רייש

מצא את מומנט ההתמד של הגוף שבשרטוט סביב מרכז המסה שלו בשתי דרכים שונות.

אורך כל מוט l ומסתו m .



חצי חישוק ושתי מסות

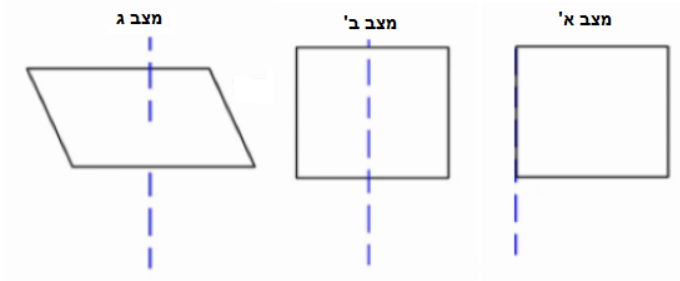
מצא את מומנט ההתמד של חצי החישוק שבתמונה.

רדיוסו R , מסתו M ובקצותיו חוברו שתי מסות m . החישוק סובב סביב מסמר בקודקודו.

חישוב אינטגרל של ריבוע

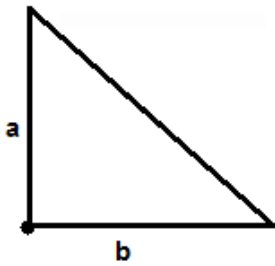
חשב את מומנט ההתמד של לוח ריבוע בעל אורך צלע a , מסה M וצפיפות אחידה בכל אחד מהמצבים הבאים:

- (א) ציר הסיבוב הוא אחת הפאות של הריבוע.
- (ב) ציר הסיבוב מקביל לפאות ועובר במרכז.
- (ג) ציר הסיבוב אנך למשטח הריבוע ועובר במרכזו.



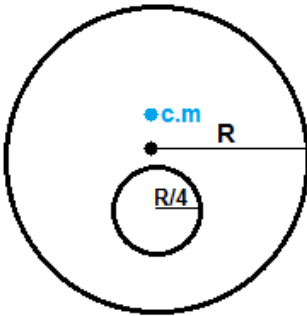
מומנט התמד של משולש

מצא את מומנט ההתמד של המשולש סביב קודקודו הישר.



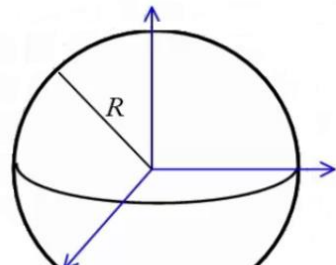
דיסקה עם חור

- (א) מצא את מומנט ההתמד של דיסקה בעלת מסה M ורדיוס R , אם ידוע כי במרחק R חצי ממרכז הדיסקה קדחו חור ברדיוס רבע R . הדיסקה מסתובבת סביב ציר במרכז (ולא במרכז המסה של המערכת).
- (ב) מצא את מומנט ההתמד של הגוף סביב מרכז המסה שלו.



מומנט התמד של כדור מלא

חשב את מומנט ההתמד של כדור מלא בעל רדיוס R , מסה M וצפיפות אחידה, סביב ציר העובר במרכז הכדור.

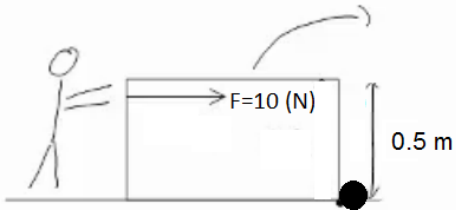


פרק 13 - מומנט כוח

מרחק אפקטיבי

אדם דוחף ארגז בגובה m 0.5 ומפעיל כוח F (ראה תמונה). לארגז אין חיכוך עם המשטח.

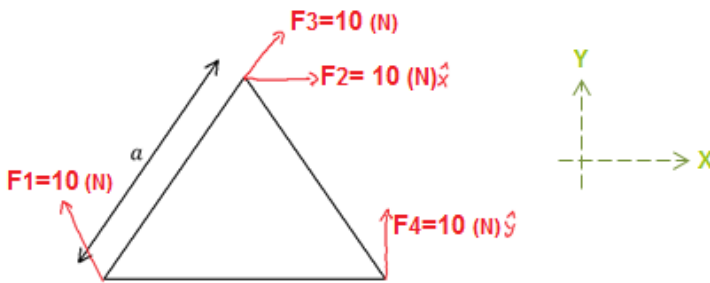
האדם דוחף את הארגז ללא כל בעיה עד שנתקע באבן והארגז מתהפך (מיקום האבן הופך לציר הסיבוב).
 חשב את מומנט הכוח.



מומנטים על משולש

המשולש בתמונה הוא משולש שווה צלעות עם אורך צלע נתונה a.

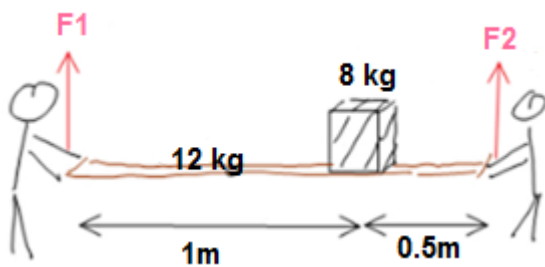
- (א) חשב את המומנטים של הכוחות בתמונה סביב הפינה השמאלית של המשולש.
 (ב) נתונה המסה של המשולש M ונתון גם כי מרכז המסה של המשולש נמצא בנק' $(\frac{1}{2}a, \frac{1}{2\sqrt{3}}a)$.
 חשב את מומנט הכוח של כוח הכובד.



שני פועלים מחזירים מנשא

שני פועלים מחזיקים מנשא מעץ שמסתו 12 kg ואורכו 1.5m.
 על המנשא, במרחק של 0.5m מהפועל השמאלי, מונח ארגז בעל מסה של 8 kg.

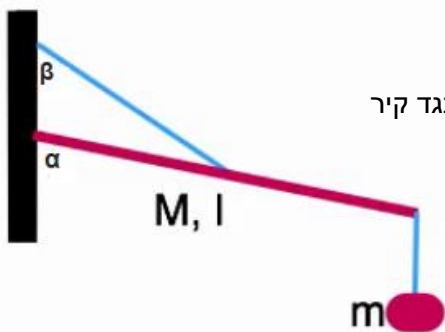
בהנחה כי המערכת במנוחה, מצא את הכוח שמפעיל כל פועל.

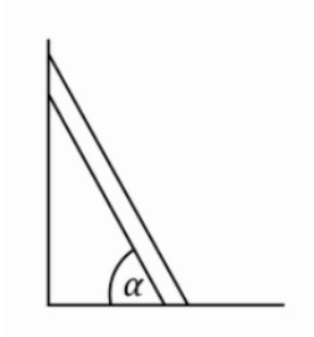


סטטיקה קורה ומומנטים

נתונה המערכת שבשרטוט. קורה מחוברת לשני חוטים ממוקמת כנגד קיר בעל מקדם חיכוך μ . החוט העליון מחובר לקורה במרכזה.

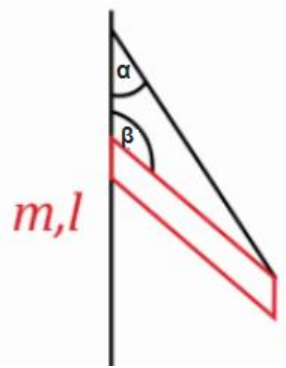
מצא את המתיחות בשני החוטים.





סולם על קיר
 סולם בעל מסה m ואורך l מונח על גבי קיר חלק ורצפה לא חלקה.

שרטט את הכוחות על הסולם.



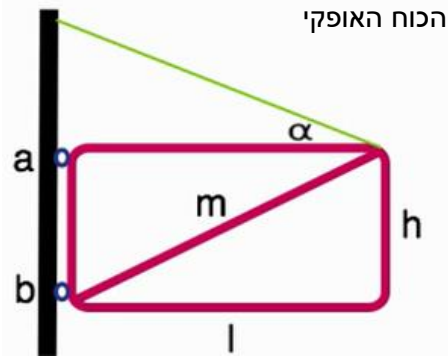
גגון מוחזק אל קיר
 גגון מוחזק אל קיר בעזרת חבל וחיכוך כמתואר בשרטוט.

מצא את הכוחות הפועלים על הגגון.

מומנטים על שער

שער שגובהו h ואורכו l מחובר לקיר בשני צירים a ו- b .

על מנת להקל על הציר העליון חיברו לשער כבל ומתחו אותו עד אשר הכוח האופקי בנקודה a מתאפס.



(א) מהי המתיחות בכבל?

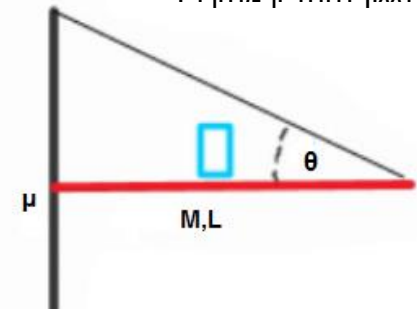
(ב) מהו הכוח האופקי הפועל על הציר b ?

(ג) מהו סכום הכוחות האנכיים המופעלים על שני הצירים?

מסה על גגון מחליק

גגון מוחזק לקיר בעזרת חיכוך בלבד לפי הנתונים שבשרטוט.

מהו המרחק הקטן ביותר מהקיר נו ניתן לשים את המסה m מבלי לגרום לגגון להחליק מהקיר?

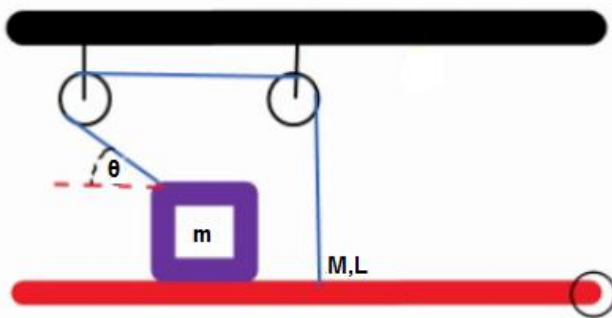


קורה מסה וחוט

נתונה המערכת שבשרטוט.

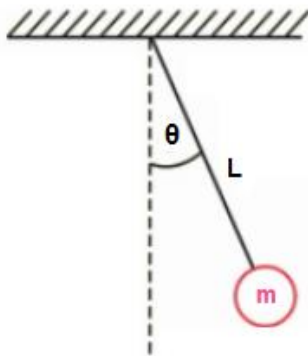
אורך הקורה L , המסה מרוחקת שלישי L מצד שמאל החוט מחזיק את המסה ממרכזה.

רשום את כל הכוחות של המערכת שבשרטוט ומצא את מקדם החיכוך המינימלי בין המסה לקורה.



מטוטלת מתמטית

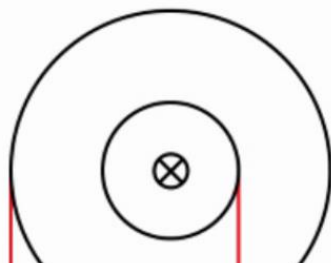
מצא את מומנט הכוח המופעל על מטוטלת מתמטית כפונקציה של הזווית מהאנך.



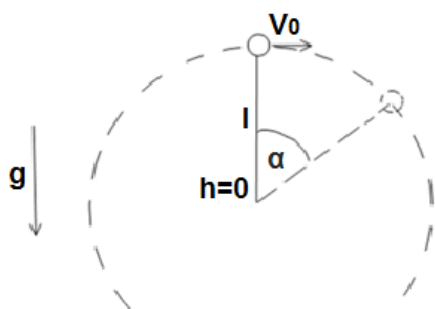
מנוף מדיסקה כפולה

נתונה המערכת שבשרטוט.

רשום את כל הכוחות הפועלים על הדיסקה ומצא את יחס הרדיוסים בין שתי הדסקות.



פרק 14 - תנע זוויתי



כדור מסתובב אנכית

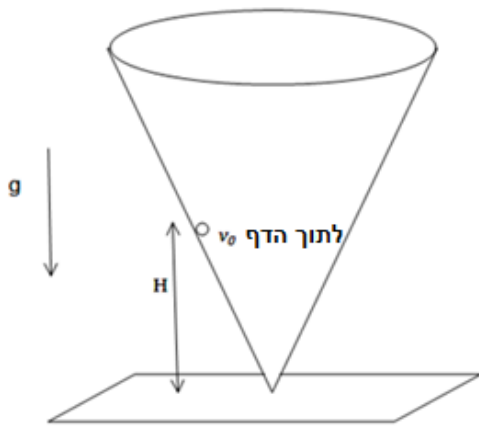
כדור בעל מסה m מחובר לחוט בעל אורך l ומסתובב במעגל אנכי. נתון כי מהירות הכדור בשיא הגובה היא v_0 .

- (א) מצא את מומנט הכוח הפועל על הכדור כפונקציה של הזווית α .
 (ב) מצא את התנע הזוויתי של הכדור כפונקציה של הזווית α .

כדור בתוך חרוט

כדור קטן נע בתוך חרוט המחובר הפוך למשטח. נתון כי מהירות הכדור ההתחלתית היא v_0 בכיוון אופקי ומשיק לדופן החרוט. גובה ההתחלתי H .

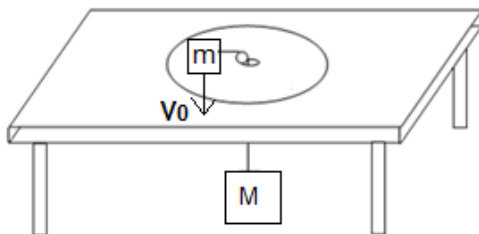
מצא את הגובה המקסימאלי אליו יגיע הכדור (החרוט אינו זז). הנחיות: מספיק להגיע למשוואה ממעלה שלישית על h אין צורך לפתור אותה.



כדור מסתובב מחובר למסה תלויה

מסה m נעה על שולחן חסר חיכוך ומחובר באמצעות חוט העובר דרך מרכז השולחן למסה M התלויה באוויר. אורך החוט הוא L . נתון כי ב $t=0$ המסה M נמצאת במנוחה והמסה m נמצאת במרחק R ממרכז הלוח, במהירות התחלתית v_0 , בכיוון מאונך לרדיוס.

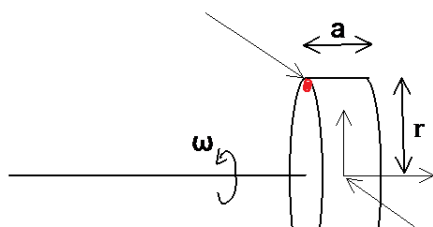
רשום את משוואת שימור האנרגיה והתנע הזוויתי ומצא משוואה דיפרנציאלית התלויה רק בגודל z , מרחק המסה m ממרכז השולחן.



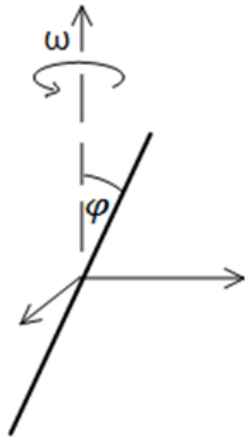
נקודה על גלגל

נתון גלגל בעל רדיוס r המסתובב במהירות זוויתית ω קבועה. לגלגל עובי a וראשית הצירים נמצאת במרכז העובי של הגלגל. אל הקצה העליון של הגלגל מחוברת מסה נקודתית m (ראה ציור) המסתובבת ביחד עם הגלגל.

מסה נקודתית m



- (א) הראה כי התנע הזוויתי של המסה תלוי בזמן.
 (ב) הראה כי שינוי התנע הזוויתי ניתן ע"י מומנט הכוח של הכוח הצנטריפטלי.



מוט מסתובב בזווית עם הציר האנכי
 מוט בעל אורך l ומסה M מונח בזווית φ ביחס לציר ה- z .
 המוט מסתובב סביב ציר ה- z במהירות זוויתית קבועה ω .
 מצא את מומנט הכוח שפועל על המוט.

מוט מכופף וממוסמר

מוט בעל אורך וצפיפות אחידה מכופף כמתואר בציור. המוט ממוסמר לקיר ויכול להסתובב סביב המסמר.

- (א) מהו מרכז המסה של המוט?
 (ב) מהו מומנט ההתמד של המוט סביב ציר הסיבוב שלו?
 (ג) מהי מהירות הסיבוב כפונקציה של זווית הנפילה?

- (ד) מהי מהירות מרכז המסה כפונקציה של זווית הנפילה?
- (ה) מהן תאוצות מרכז המסה (רדיאלי ומשיקי) במצב מאוזן ובמצב מאונך?

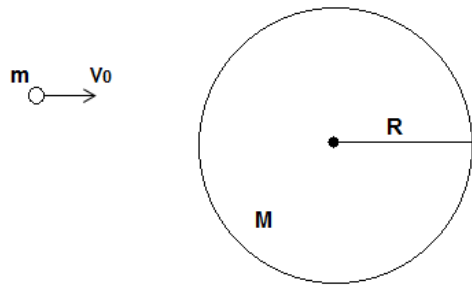


פרק 15 - גוף קשיח (תנע זוויתי)

כדור מתנגש בדיסקה

דסקה בעלת מסה M ורדיוס R מחוברת באמצעות ציר העובר במרכזה לשולחן אופקי חסר חיכוך.

כדור פלסטלינה בעל מסה m נע במהירות v_0 לעבר הדסקה. הכדור פוגע בדסקה משמאלה, ובמרחק d ממרכזה. הכדור נדבק לדסקה ושניהם מתחילים להסתובב יחדיו (סביב הציר במרכז הדסקה). הדסקה נמצאת במנוחה לפני הפגיעה וכוח הכובד אינו משפיע על הגופים (המערכת אופקית).

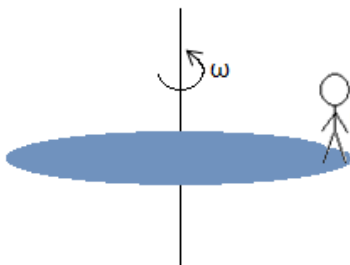


מצא את המהירות הזוויתית בה יסתובבו הגופים לאחר הפגיעה.

אדם קופץ מדיסקה

נתונה דסקה בעלת רדיוס R המסתובבת סביב מרכזה במהירות זוויתית קבועה ω . בקצה הדסקה עומד איש נקודתי ומסתובב ביחד עם הדסקה. ברגע מסוים האיש קופץ מהדסקה ונתון כי מהירותו מיד לאחר הקפיצה היא v_0 בכיוון הרדיאלי, ביחס לקרקע.

מצא את המהירות הזוויתית של הדסקה לאחר הקפיצה אם נתונים מסת האיש m ומסת הדסקה M .

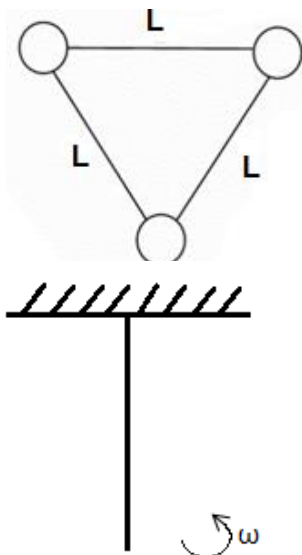


שלושה כדורים – תנע זוויתי

שלושה כדורים זהים בעלי מסה m נמצאים בפינותיו של משולש שווה צלעות. הכדורים מחוברים באמצעות שלושה מוטות חסרי מסה ואורך L (צלעות המשולש).

(א) חשב את מיקום מרכז המסה של המערכת.

כעת, נתון כי הגוף מסתובב במהירות זוויתית ω נתונה, סביב מרכז המסה שלו. ברגע מסוים, כאשר הגוף נמצא במצב המתואר בצירוף, הכדור התחתון ניתק מהגוף.



- (ב) מצא את מהירות הכדור שניתק לאחר הניתוק.
- (ג) מצא את מהירות מרכז המסה של החלק הנותר.
- (ד) מצא את המהירות הזוויתית של החלק הנותר סביב מרכז המסה שלו.

מוט מסתובב

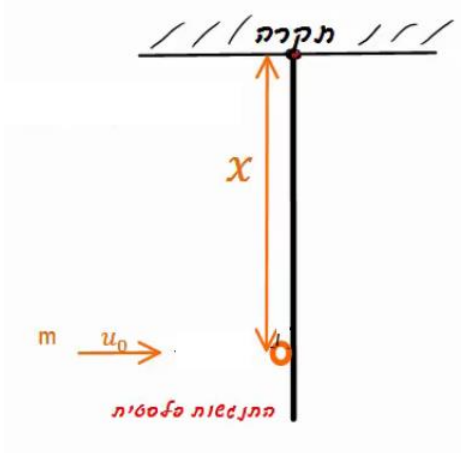
מוט באורך L ומסה M מחובר לתקרה באמצעות ציר ויכול להסתובב. למוט מהירות זוויתית התחלתית ω .

מהי הזווית המקסימאלית אליה יגיע המוט?

כדור פוגע במוט שתלוי מהתקרה

כדור בעל מסה m פוגע במוט שתלוי מהתקרה במרחק X מציר הסיבוב של המוט. המוט בעל אורך L בעל מסה M . מהירותו ההתחלתית של הכדור היא u_0 והוא מתנגש פלסטית עם המוט.

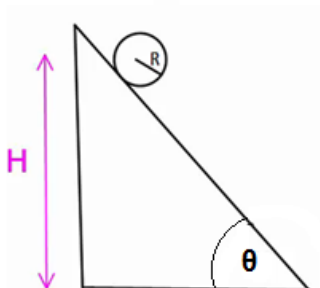
- (א) מהי המהירות הזוויתית של המערכת מיד לאחר ההתנגשות?
- (ב) מהי הזווית המקסימלית אליה יגיע המוט?
- (ג) מצא X כך שהכוח שמפעילה התקרה על המוט יתאפס



כדור על מדרון משופע

כדור בעל רדיוס R מונח בגובה H על מדרון משופע בעל זווית θ . הכדור מתחיל להתגלגל ללא החלקה.

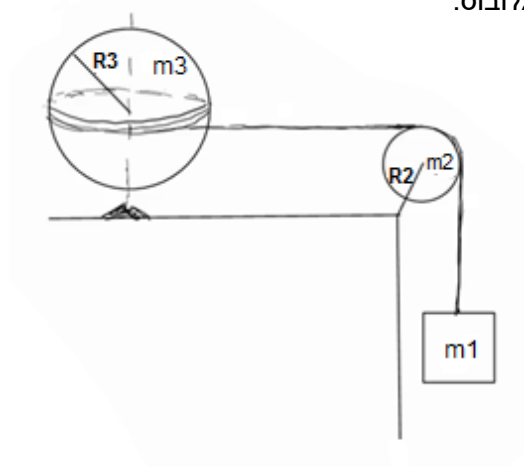
- (א) מצא את מהירות הכדור בתחתית המדרון.
- (ב) מצא את תאוצת הכדור.



גלובוס

גלובוס (כדור) מונח ומקובע לשולחן ויכול להסתובב סביב ציר המאונך לשולחן. מלפפים חוט סביב מרכז הגלובוס (סביב קו המשווה) והחוט ממשיך מהגלובוס דרך גלגלת לא אידיאלית למסה תלוי m_1 .

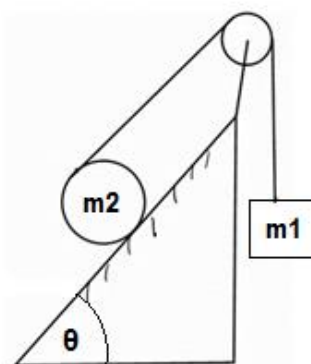
נתונים גם: m_2 ו R_2 מסה ורדיוס הגלגלת, m_3 ו R_3 מסה ורדיוס הגלובוס. המערכת מתחילה ממנוחה.



מצא את תאוצת כל הגופים, קוויית וזוויתית ואת המתיחות בחוט.

יוני במישור משופע מחובר למסה

יוני (כדור שמלופף סביבו חוט) בעל מסה m_2 ורדיוס R מונח על מישור משופע בעל זווית θ . החוט של היוני מחובר דרך גלגלת אידיאלית למסה m_1 . נתון כי היוני מתגלגל ללא החלקה על המישור וכי קיים חיכוך בין היוני למישור.



- (א) מצא את כיוון התנועה של המערכת וכיוון החיכוך הסטטי.
- (ב) מצא את תאוצת הגופים וגודל כוח החיכוך.

מוט אופקי נופל

מוט בעל מסה M (צפיפות אחידה) ואורך L תלוי בקצהו לקיר וחופשי להסתובב סביב נקודת התלייה. משחררים את המוט ממצב אופקי.

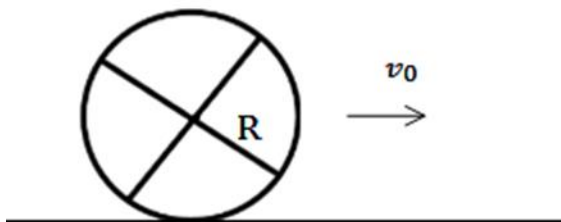
- (א) מצא את התאוצה הזוויתית ואת תאוצת מרכז המסה של המוט ברגע השחרור.
- (ב) מצא את הכוח שמפעיל הציר שמחבר את המוט לקיר על המוט, ברגע השחרור.

כעת המוט נופל עד להגיעו למצב מאונך לקרקע.
(ג) מצא את המהירות הזוויתית של המוט ברגע זה (כשהוא מאונך לקרקע).
(ד) חזור על סעיפים א' ו' ב' עבור רגע זה.



כדור מחליק ללא סיבוב
כדור הומוגני בעל מסה M מתחיל תנועתו עם מהירות v_0 ללא סיבוב (מהירות זוויתית).

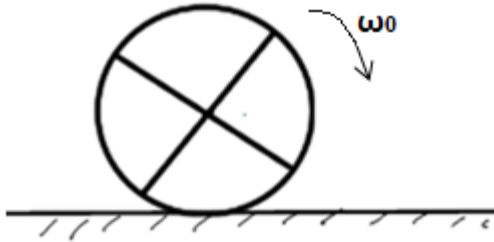
מצא את מהירותו הסופית אם נתון מקדם החיכוך הקינטי.



כדור מסתובב מונח על הרצפה

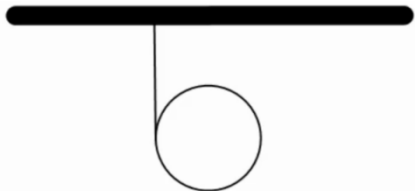
כדור הומוגני בעל מסה M מוחזק באוויר ומסתובב סביב מרכז המסה שלו במהירות זוויתית ω_0 . הכדור מונח על הרצפה בעודו מסתובב.

מצא את מהירותו הסופית אם נתון מקדם החיכוך הקינטי μ_k .



חישוק מתגלגל מחבל

חבל מלופף סביב חישוק בעל רדיוס R ומסה m . (החבל מחובר לתקרה)

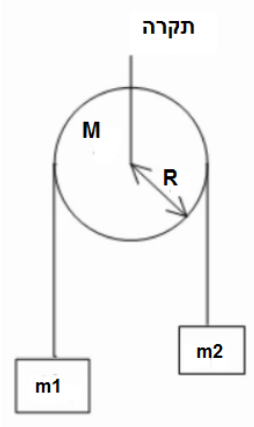


- (א) מהי תאוצת מרכז המסה של החישוק?
(ב) לאחר כמה זמן ירד החישוק לגובה של h ?

מסות וגלגלת – תרגיל פשוט

שתי מסות שונות m_1, m_2 תלויות משני הצדדים של גלגלת לא אידיאלית המקובעת במרכזה. המסות משוחררות ממנוחה.

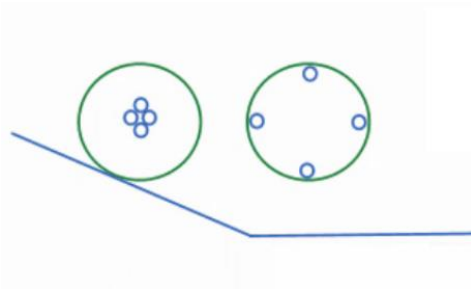
מצא את תאוצת המסות אם נתון: M מסת הגלגלת, R רדיוס הגלגלת וכי החוט אינו מחליק על הגלגלת.



שתי דיסקות שונות במדרון

בגן המדע שבמכון ויצמן יש שתי דיסקות קלות אליהן מודבקות 4 מסות כבדות כמתואר בשרטוט. את הדיסקות מניחים על שני מדרונים ובודקים מי תנוע בהגיעה למישור מהר יותר.

הסבר כיצד ניתן לחשב מהירות זו על פי נתוני המערכת.



שני חישובים מתגלגלים מחבל

חישוב בעל מסה m ורדיוס R תלוי מחבל המלופף סביבו.

(א) מה תהיה מהירותו לאחר שנפל מגובה h ? מה תהיה תאוצתו? כמה זמן תארך הנפילה?

חישוב אחר חסר מסה בעל רדיוס R מכיל מסה נקודתית במרכזו בעלת מסה m .



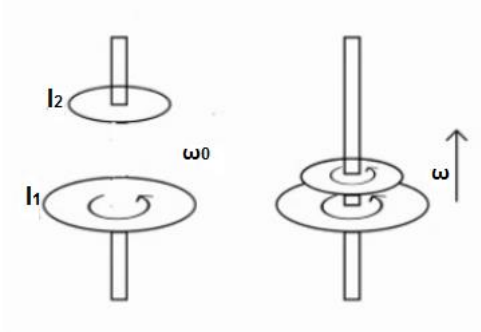
(ב) מה תהיה מהירותו לאחר שנפל מגובה h ?
 (ג) מה תהיה מהירותו אם החבל יהיה ללא חיכוך?

מצמד

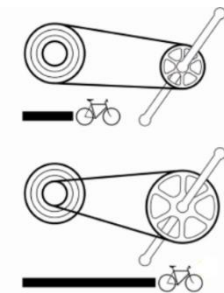
בכלי עבודה רבים קיים מנגנון הקרוי מצמד (קלאץ'). תפקיד המצמד הוא להעביר את הכוח המניע אל החלק המונע בצורה הדרגתית (למשל להעביר את כוח המנוע ברכב אל הגלגלים מבלי לגרום לתנועה פתאומית בגלגלים).

המצמד מופעל ע"י הצמדת דיסקה מסתובבת אל דיסקה נייחת והעברת אנרגיה מזו לזו בעזרת כוח החיכוך.

לפנייך מצמד הבנוי משתי דיסקות בעלות מומנט התמד שונה. הדיסקה התחתונה מסתובבת במהירות התחלתית נתונה. בשלב מסוים הדיסקה העליונה מונחת על הדיסקה התחתונה ובעזרת כוח המשיכה וכוח החיכוך מתחילה לנוע בעצמה עד ששתי הדיסקות ינועו ביחד.



- (א) מצא את המהירות הסופית של הדיסקות.
 (ב) כמה אנרגיה אבדה בתהליך זה?



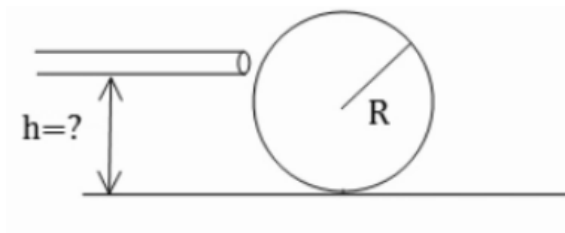
הילוכי אופניים

מצא את יחס התאוצות בהילוכי אופניים.

מכה בכדור ללא החלקה

כדור סנוקר ברדיוס R נמצא במנוח על שולחן ללא חיכוך (חיכוך נמוך מאוד).

מצא באיזה גובה מעל תחתית הכדור יש לתת מכה אופקית עם המקל כך שהכדור יתגלגל ללא החלקה. ממונט ההתמד של הכדור הוא: $I_{c.m} = \frac{2}{5}mR^2$
 הדרכה: ערוך תרשים כוחות ונתח את הבעיה בשלב המכה עצמה.

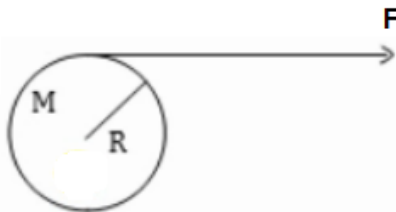
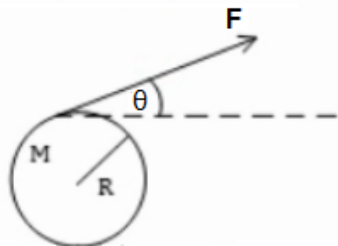


חוט מושך דיסקה ללא החלקה – תרגיל פשוט

חוט מלוכף מסביב לגליל המונח על מישור שאינו חלק. רדיוס הגליל הוא R ומסתו M . כוח F נתון מושך את הגליל.

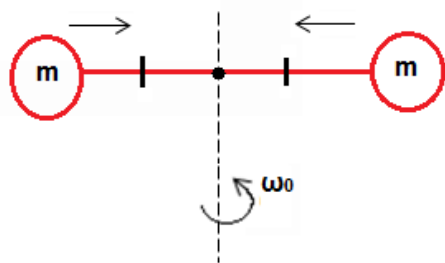
מצא את תאוצת הגליל במקרים הבאים אם ידוע שהגליל מתגלגל ללא החלקה:
 (א) הכוח פועל בכיוון אופקי

- (ב) הכוח פועל בזווית θ ביחס לאופק וידוע שהגליל אינו מתרומם.
 (ג) מה כיוון החיכוך בכל מקרה.



מחליקה על קרח סוגרת ידיים

מחליקה על הקרח מסתובבת במהירות ω_0 . המחליקה בעלת מסה m זניחה אך היא מחזיקה מסה m בכל יד. הידיים פרוסות לצדדים ואורך כל יד L . לפתע המחליקה סוגרת את ידיה לחצי מאורכן המקורי.

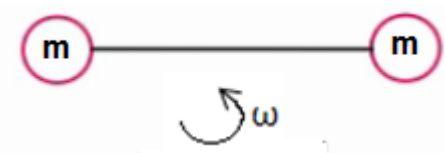


- (א) מה תהיה מהירות הסיבוב החדש?
 (ב) כמה אנרגיה הושקעה בתהליך?

מחליקות על קרח – תרגיל פשוט

שתי מחליקות על הקרח בעלות מסה m אוחזות בחבל בעך אורך l . הן מסתובבות סביב מרכז המסה של המערכת במהירות זוויתית נתונה.

- (א) מצא את המתיחות בחבל.



בשלב מסוים המחליקות מושכות את עצמן בעזרת החבל ומתקרבות אחת לשניה עד לחצי מהמרחק המקורי.

- (ב) מה האנרגיה שהשקיעו המחליקות?
 (ג) מה המתיחות בחבל כעת?

גלגול עם החלקה

אל עבר דיסקה בעלת מסה M ורדיוס R נורה קליע בעל מסה m במהירות v . הדיסקה מונחת על מישור בעל מקדם חיכוך נתון.

מצא כמה זמן תימשך ההחלקה.

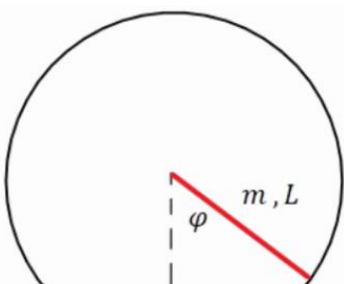


מוט משוחרר בזווית פוגע במסה

מוט המחובר לציר משוחרר ממנוחה מזווית נתונה.

כשהמוט מגיע לנקודה הנמוכה ביותר הוא פוגע במסה ודוחף אותה במהירות לא ידועה לעבר מסילה מעגלית. נתון כי הקצה התחתון של המוט נע מיד לאחר ההתנגשות במהירות משיקית u .

- (א) מהי הזווית המקסימלית אליה יגיע המוט לאחר הפגיעה?



- (ב) מהי מהירות המסה מיד לאחר הפגיעה?
 (ג) מהו הכוח אותו מפעילה המסילה על המסה מיד לאחר ההתנגשות?

עפרון נופל

עפרון ניצב אנכית על משטח. ברגע מסוים הוא מתחיל ליפול ימינה. כאשר הזווית בינו לבין האנך למשטח מגיעה ל θ_1 העיפרון מתחיל להחליק.



- (א) עבור זוויות θ שבהן עדיין אין החלקה $\theta < \theta_1$.
- מצאו את המהירות הזוויתית של העיפרון, ω .
 - מצאו את המהירות הזוויתית של העיפרון – α .
 - מצאו את התאוצה הזוויתית של מרכז המסה של העיפרון.
 - מצאו את גודלו וכיוונו של כוח החיכוך.
 - מצאו את הכוח הנורמלי.

(ב) מצאו את מקדם החיכוך הסטטי μ_s .

מוט מכופף וממוסמר

מוט בעל אורך וצפיפות אחידה כמתואר בציור. המוט ממוסמר לקיר ויכול להסתובב סביב המסמר.

- (א) מהו מרכז המסה של המוט?
 (ב) מהו מומנט ההתמד של המוט סביב ציר הסיבוב שלו?
 (ג) מהי מהירות הסיבוב כפונקציה של זווית הנפילה?
 (ד) מהי מהירות מרכז המסה כפונקציה של זווית הנפילה?
 (ה) מהן תאוצות מרכז המסה (רדיאלי ומשיקי) במצב מאוזן ובמצב מאונך?

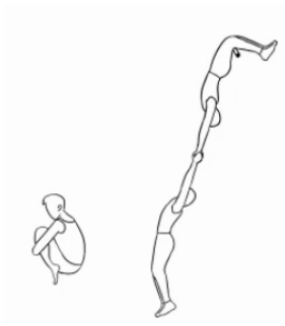


צמד לוליינים בטרפז

בקרקס ישנו מכשיר הקרוי טרפז. על הטרפז נתלה לוליינ המחזיק בידיו לוליינ אחר. נתון כי צמד הלוליינים התחילו את תנועתם במצב מאוזן וניתקו ידיהם במצב מאונך. הניחו כי אורך כל לוליינ | ומסתו m . לאחר הניתוק הלוליינ המנותק סוגר את גופו לחצי מאורכו.

- (א) מהי המהירות הזוויתית ברגע הניתוק?

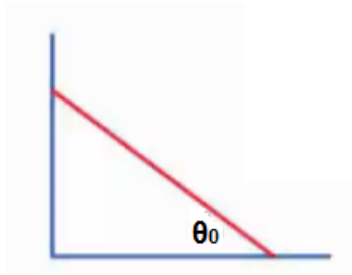
- (ב) מהי המהירות הזוויתית של הלוליון המנותק מיד לאחר הניתוק ולפני שסגר את גופו?
 (ג) מהי המהירות הזוויתית לאחר שסגר את גופו?



מוט מתגלש – מציאת מהירות

מוט בעל מסה m ואורך l מונח על רצפה וקיר חלקים בזווית נתונה. מיד לאחר שהניחו את המוט, המוט מתחיל להחליק עד הפגיעה ברצפה.

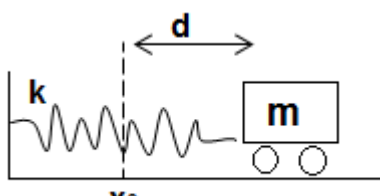
מצא את מהירות מרכז המסה של המוט בזמן פגיעתו ברצפה.



פרק 16 - תנועה הרמונית

מסה מתנגשת במסה

מסה m מונחת על שולחן ללא חיכוך ומחוברת לקפיץ המחובר לקיר בעל קבוע קפיץ k . מותחים את המסה מרחק d מהמיקום בו הקפיץ רפוי ומשחררים ממנוחה.

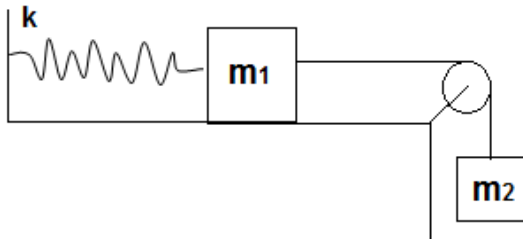


מצא את $x(t)$ של המסה.

מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה

מסה m_1 מונחת על שולחן ללא חיכוך ומחוברת לקפיץ בעל קבוע k . מהמסה יוצא חוט העובר דרך גלגלת אידיאלית וקשור למסה נוספת התלויה באוויר m_2 .

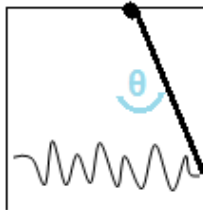
- (א) מצא את נקודת שיווי המשקל של המערכת (קבע את הראשית בנקודה שבה הקפיץ רפוי).
 (ב) מצא את תדירות התנודה של המערכת.
 (ג) מהי האמפליטודה המקסימלית האפשרית לתנועה כך שהמתיחות בחוט לא תתאפס במהלך התנועה?



מוט תלוי מחובר עם קפיץ לקיר

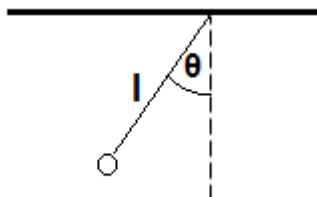
מוט בעל אורך L ומסה M (התפלגות אחידה) תלוי מהתקרה וחופשי להסתובב סביב נקודת התלייה. קצהו השני של המוט מחובר בקפיץ, בעל קבוע k , לקיר. הקפיץ רפוי כאשר המוט נמצא מאונך לתקרה.

- (א) הראה כי תנועת המוט בזוויות קטנות היא תנועה הרמונית ומצא את תדירות התנועה.
 (ב) מצא את הזווית של המוט כפונקציה של הזמן אם המוט משוחרר ממנוחה בזווית נתונה θ_0 .



מטוטלת מתמטית (עם מומנטים)

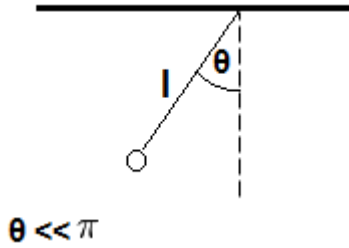
נתונה מטוטלת (מתמטית) התלויה מהתקרה. אורך החוט של המטוטלת הוא l . מצא את תדירות התנודות הקטנות ואת הזווית כפונקציה של הזמן. הנח כי המטוטלת מתחילה את תנועתה ממנוחה בזווית ידועה θ (דרך מומנטים).



$$\theta \ll \pi$$

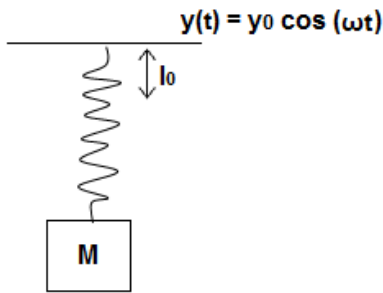
מטוטלת מתמטית (עם אנרגיה)

נתונה מטוטלת (מתמטית) התלויה מהתקרה. אורך החוט של המטוטלת הוא l . מצא את תדירות התנודות הקטנות ואת הזווית כפונקציה של הזמן. הנח כי המטוטלת מתחילה את תנועתה ממנוחה בזווית ידועה θ (דרך אנרגיה).



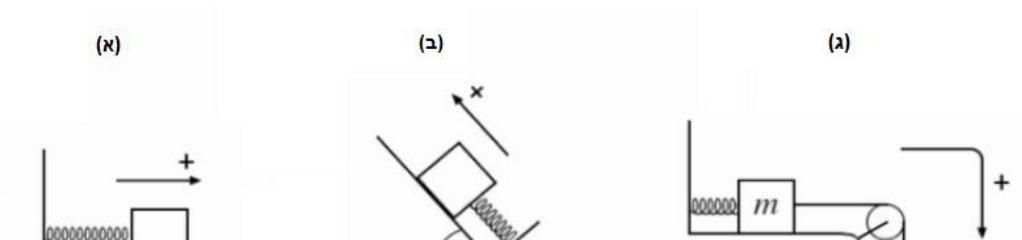
מסה תלויה על קרש נע

מסה M מחוברת באמצעות קפיץ אנכי לקרש אופקי הנע בציר ה Y לפי $y(t) = y_0 \cos(\omega t)$. קבוע הקפיץ k ואורכו הרפוי l_0 נתונים. מצא את מיקום המסה כפונקציה של הזמן.



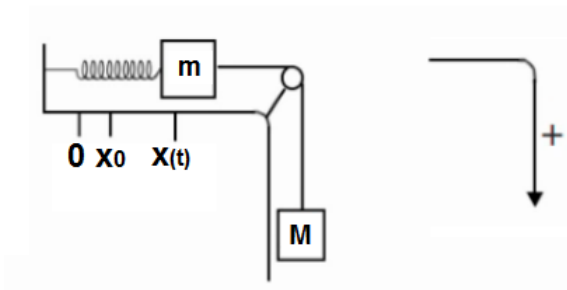
תרגילי מבוא

מצאו את תדירות התנודה ואת נקודת שיווי המשקל בכל אחד מהמצבים הבאים:



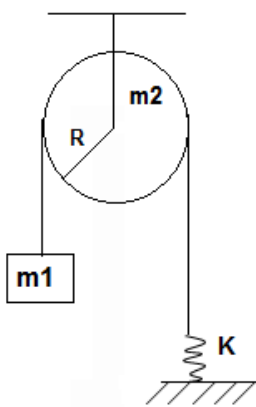
מסה לקפיץ ומסה – תרגיל פשוט
נתונות המסות שבשרטוט.

מהי תדירות התנודות הקטנות של המערכת?



גלגלת מסה וקפיץ

במערכת הבאה, המסה m_1 קשורה בחוט דרך גלגלת אל קפיץ המחובר לקרקע. הגלגלת אינה אידיאלית. נתון: R רדיוס הגלגלת, m_2 מסת הגלגלת, k קבוע הקפיץ. הנח כי החוט לא מחליק על הגלגלת.



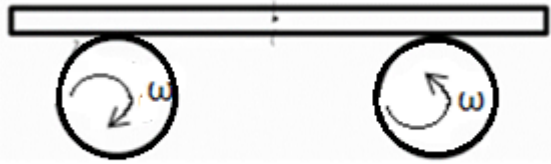
(א) מצא את נקודת שיווי המשקל.

(ב) מצא את תדירות התנודה.

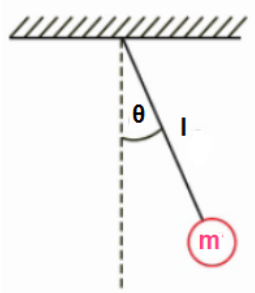
(ג) מושכים את המסה אורך d מנקודת שיווי המשקל. מהו d_{max} המרחק המקסימלי שניתן למשוך את המסה מבלי שהמתיחות בחוט תתאפס במהלך התנועה?

מוט על שני גלגלים

מוט בעל מסה M מונח על שני גלגלים המקובעים במרכזם. הגלגלים מסתובבים במהירות זוויתית ω כך שהגלגל הימני מסתובב נגד כיוון השעון והשמאלי עם כיוון השעון. בין המוט והגלגלים קיים חיכוך ומקדם החיכוך הקינטי נתון. מניחים את המוט כך שמרכזו נמצא במרחק A מהמרכז בין הגלגלים.

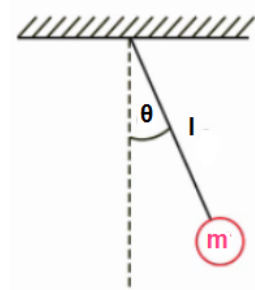


מצא את תדירות התנודה של המוט.



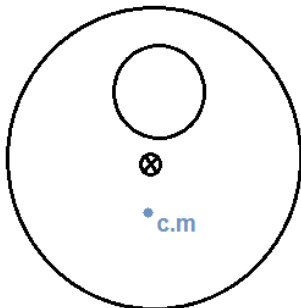
מטוטלת מתמטית

מצא את התדירות של מטוטלת מתמטית.



מטוטלת פיזיקלית פשוטה

מצא את התדירות של דיסקה m הקשורה לחוט בעל מסה M ואורך l.



דיסקה עם חור

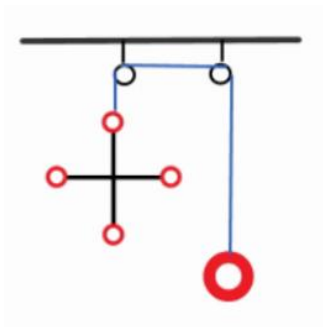
מצא את תדירות התנודות הקטנות של דיסקה בעלת מסה M ורדיוס R אם ידוע כי במרחק חצי R ממרכז הדיסקה קדחו חור ברדיוס R/4 (הדיסקה מחוברת במסמר במרכז אל הקיר).



שני חצאי דיסקה

נתונות שתי חצאי דיסקות תלויות על מסמר כמתואר בשרטוט. מסה הדיסקה ורדיוסה נתון.

מצא את התדירות של כל אחת מחצאי הדיסקה.



איקס נופל

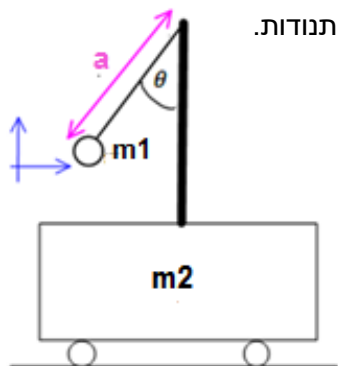
נתונה צורת האיקס שבשרטוט (הצורה סימטרית).
אורך כל מוט l ובסופו מסה m . המוטות חסרי מסה.

- (א) מהי תדירות התנודות הקטנות אם המוט נופל נפילה חופשית?
 (ב) מהי התדירות אם המוט מוחזק בקצהו העליון ע"י מסמר?
 (ג) מהי התדירות אם המוט קשור לחוט הקשור לגוף שמסתו $8m$?

מטוטלת על עגלה נעה

עגלה בעלת מסה m_2 חופשיה לנוע על משטח אופקי ללא חיכוך. אל העגלה מחובר מוט אנכי עליו תלויה מטוטלת מתמטית עם מסה m_1 ואורך חוט a . משחררים את המסה (של המטוטלת) בזווית θ_0 נתונה כאשר כל המערכת נמצאת במנוחה.

- (א) רשמו את מהירות המטוטלת במערכת העגלה כפונקציה של θ ו $\dot{\theta}$.
 (ב) רשמו את מהירות העגלה והמטוטלת כפונקציה של θ ו $\dot{\theta}$.
 (ג) רשמו את משוואת שימור האנרגיה המכאנית של המערכת.
 (ד) רשמו את משוואת שימור האנרגיה בתנודות קטנות ומצאו את תדירות התנודות.

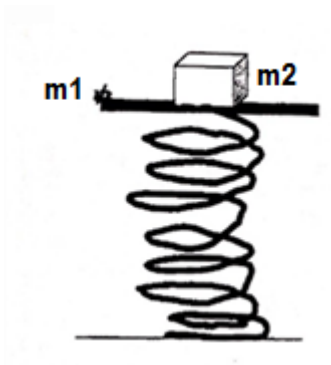


מסה על משטח על קפיץ אנכי

על קפיץ שקבועו k מונח משטח שמסתו m_1 , המשטח צמוד לקצהו של הקפיץ. על המשטח מונח גוף שמסתו m_2 . מכווצים את הקפיץ בשיעור Δy ומשחררים.

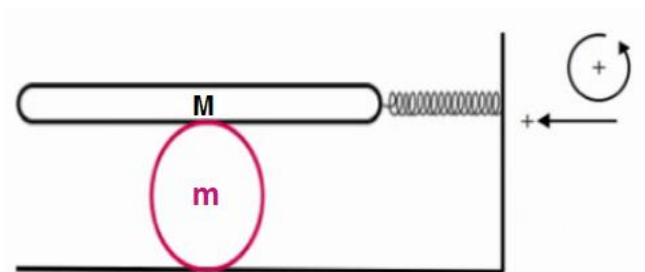
א. מה צריך להיות Δy_{\min} כדי שהגוף יתנתק מן המשטח באיזשהו שלב?

ב. הניחו $\Delta y = 2\Delta y_{\min}$, $k = 10 \frac{N}{m}$, $m_1 = 0.04 \text{ kg}$, $m_2 = 0.06 \text{ kg}$ ומצאו את רגע הניתוק.
 ג. באמצעות הנתונים המספריים מסעיף ב', מהו מקומו ומהירותו של המשטח ברגע שהגוף ניתק מן המשטח?



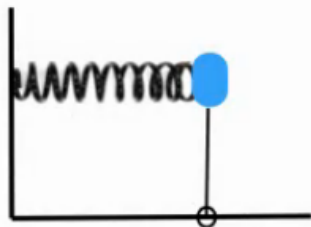
משטח על דיסקה מחובר לקפיץ
 נתונה מערכת כבשרטוט (אין החלקה במערכת).

מהי התדירות?



קפיץ מוט ומסה

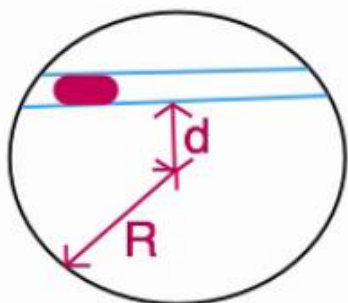
נתונה מסה m המחוברת לקפיץ בעל קבוע k . המסה גם מחוברת למוט חסר מסה בעל אורך l . המוט מחובר לרצפה בציר המאפשר לו להסתובב. המערכת בשרטוט נמצאת במצב שיווי משקל.



- (א) מהי תדירות התנודות הקטנות של המערכת?
- (ב) מהי המסה המקסימלית שתאפשר תדירות זו?

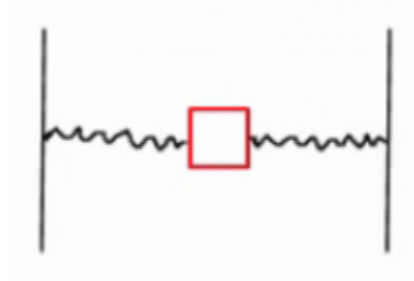
תנודה בתעלה בכדור הארץ

בתוך כדור הארץ נחפרה תעלה כבשרטוט. מסת כדור הארץ M .
 מהי תדירות התנודות הקטנות של מסה החופשיה לנוע בתעלה?



מסה בין שני קפיצים עם אורך זניח

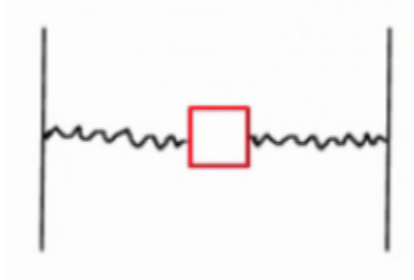
בין שני קירות במרחק $2L$ נמצאת מסה m המחוברת לקירות בקפיצים בעלי מקדם k ואורך רפוי זניח.



- (א) מצא את תדירויות התנודות הקטנות בציר ה-X.
- (ב) מצא את תדירויות התנודות הקטנות בציר ה-Y.

מסה בין שני קפיצים (אורך רפוי לא זניח)

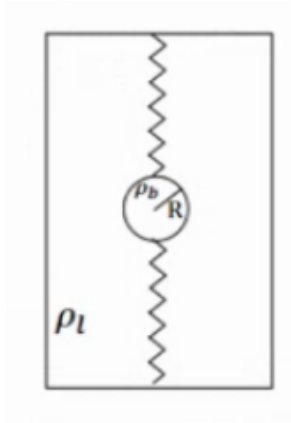
בין שני קירות במרחק $2L$ נמצאת מסה m המחוברת לקירות בקפיצים בעלי מקדם k ואורך רפוי l_0 .



מצא את תדירויות התנודות הקטנות בציר ה-Y.

שני קפיצים בנוזל

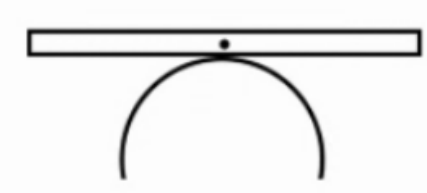
כדור נמצא בתוך תיבה מלאה במים ומחובר עם קפיץ אידיאלי לקצה העליון של התיבה ועם קפיץ אידיאלי נוסף זהה לקצה התחתון של התיבה. נתון: R - רדיוס המעגל, P_b - צפיפות המסה של הכדור, P_l - צפיפות המסה של המים. K קבוע שני הקפיצים ו- h - צמיגות המים.



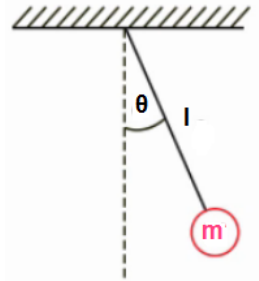
- (א) מצא את נקודת שיווי המשקל של המערכת.
- (ב) מה התנאי שיהיו תנודות הרמוניות? מצא את התדירות בהנחה שתנודות אלו מתקיימות
- (ג) מצא את התנאי בו יחזור הכי מהר לנקודת שיווי המשקל

מוט על חצי כדור

מוט בעל אורך l ומסה m מונח על כדור בעל רדיוס R .



- (א) מצא את תדירות התנודות הקטנות של המוט.
- (ב) מצא את גובה מרכז המסה של המוט כפונקציה של זווית ההטיה.



שיווי משקל יציב – שאלה פשוטה
מצא את נקודת שיווי המשקל היציב של מטוטלת מתמטית

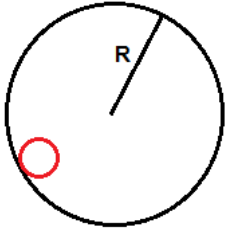


עכביש בשווי משקל יציב
מוט בעל מסה M ואורך l מחובר ברבע מגובהו לציר. מתחתית המוט עכביש בעל מסה m מטפס עלפי מעלה. מצא את תדירות המערכת כפונקציה של מיקום העכביש ומצא את משקל העכביש המקסימלי שישאיר את המערכת בשיווי משקל יציב.

כדור מתגלגל בצינור
דיסקה בעלת רדיוס r מתגלגלת בתוך צינור מקובע לרצפה בעלת רדיוס R . מותר להשתמש בקירוב זוויות קטנות ומותר להזניח את הרדיוס הקטן ביחד לגדול.

(א) מה תהיה תדירות התנודות הקטנות של הדיסקה, בהנחה שאין חיכוך?

- (ב) מה תהיה התשובה לסעיף א' אם יוסיפו חיכוך עם הרצפה והגלגול יהיה ללא החלקה?
 (ג) מה תהיה התדירות עם בנוסף לחיכוך עם הרצפה יתווסף כוח חיכוך $F = -bv$?



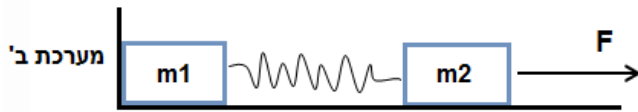
קפיץ נמתח להתארכות מקסימלית

קליע בעל מסה זניחה נע במהירות לא ידועה לעבר מסה m_2 שמחוברת למסה m_1 דרך קפיץ בעל מקדם אלסטי K . המסה m_1 ניצבת בצמוד לקיר כמתואר בשרטוט.

(א) לאחר פגיעת הקליע מתכווץ במצב המקסימלי ומאבד d מאורכו.

מהי מהירות מרכז המסה מייד לאחר שהמערכת מתנתקת מהקיר?

(ב) על מערכת בעלת נתונים זהים ואורך קפיץ רפוי l מופעל כוח קבוע ואופקי F לכיוון המסומן בציור. מה ההתארכות המקסימלית של הקפיץ?

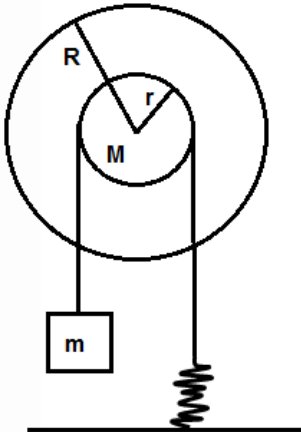


דיסקה כפולה מסה וקפיץ

נתונה דיסקה ממוסמרת במרכזה לקיר (כלומר הדיסקה יכולה להסתובב אך לא לנוע מעלה ומטה). הדיסקה בנויה משתי דיסקות מודבקות בעלות רדיוס r לדיסקה הקטנה R לדיסקה הגדולה. סביב הדיסקות מלופפים חוטים כמתואר בשרטוט. עוד נתון כי אין החלקה לחוטים.

(א) מצא את תדירות התנודות.

(ב) מהי האנרגיה הכוללת של המערכת?

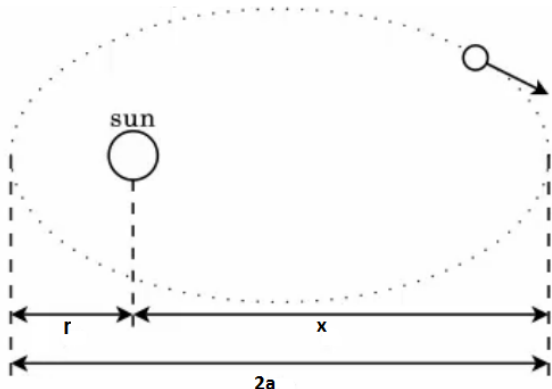


פרק 17 - גרביטציה - חוקי קפלר ותנועה גרביטציונית

שאלה 1

כוכב שביט מקיף את השמש בזמן מחזור של $T=75.6$ years. המרחק הקרוב ביותר אליו הוא מגיע מהשמש (הפרהליון) הוא $r=8.55 \cdot 10^{10}$.

מהו מרחקו הרחוק ביותר של כוכב השביט מהשמש (האפליון) x ?



שאלה 2

לווין נע בתנועה מעגלית סביב כדה"א ברדיוס סיבוב $2R_E$.

כמה אנרגיה דרושה כדי להעבירו לנוע בתנועה מעגלית ברדיוס סיבוב $4R_E$.

שאלה 3

אסטרונוט שמשקלו על פני כדה"א הוא $w=980$ N מסתובב בחללית סביב כדה"א בתנועה מעגלית קצובה, בגובה 1000 km מעל פני כדה"א.

נתון: מסת כדה"א $M_E=5.98 \cdot 10^{24}$ kg ורדיוס כדה"א $R_E=6380$ km.

- הסבירו כיצד יתכן כי האסטרונוט מרחף בתוך החללית.
- במידה ואין חיכוך של החללית עם הסביבה, חשבו את מהירותה של החללית.
- שלחו את האסטרונוט לכוכב לכת כלשהו שרדיוסו $R^*=5000$ km. הוא מגלה שמשקלו על פני הכוכב הוא $w=588$ N. מהי מסתו של הכוכב m^* ?

שאלה 4

גוף נמצא בין כדה"א לירח.

נתון: מסת כדה"א $M_E=5.98 \cdot 10^{24}$ kg ומסת הירח $M_M=7.35 \cdot 10^{22}$. מרחקו של הירח מכדה"א הוא $384,400$ km.

- באיזה מרחק בין כדה"א לירח על הלוויין להימצא כך ששקול הכוחות עליו יהיה שווה לאפס?
- בהזנחת האנרגיה הפוטנציאלית של הירח, מהי המהירות שיש להקנות ללוויין על פני כדה"א כדי שיגיע למרחק שמצאתם בסעיף א'?
- בהינתן שהירח מעניק אנרגיה פוטנציאלית ללוויין, מהי המהירות שיש להקנות ללוויין על פני כדה"א כדי שיגיע למרחק שמצאתם בסעיף א'?

שאלה 5

חללית נשלחת לכוכב כלשהו לביצוע בדיקות. היא מגלה כי רדיוסו של הכוכב הוא $R^*=5 \cdot 10^6$ m וכן שיש שני ירחים. הירח הראשון מבצע הקפה מעגלית שלמה סביב הכוכב בזמן של 24 שעות, ברדיוס סיבוב של 2000 km. הירח השני מבצע הקפה מעגלית ברדיוס כפול מהראשון אולם זמן המחזור שלו לא נמדד.

- מהי מסת הכוכב M^* ?

- (ב) מהו זמן המחזור של הירח השני?
 (ג) באיזו מהירות על החללית לשגר עצמה מהכוכב כדי לנחות על הירח הראשון במהירות אפסית ביחס אליו?

שאלה 6

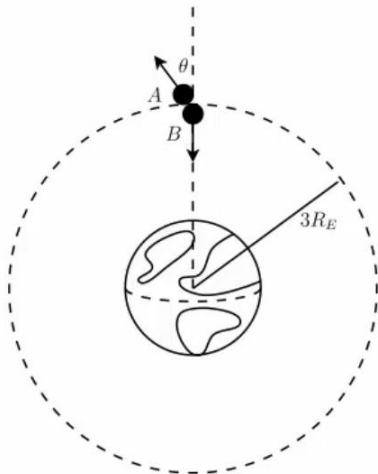
שני גרמי שמיים בעלי מסה m כל אחד, נמצאים בחלל. על גרמי השמיים לא פועלים שום כוחות מלבד כוחות הגרביטציה שהם מפעילים אחד על השני. ברגע מסוים, המרחק הוא r_0 , לאחד יש מהירות אפס ולשני יש מהירות v_0 בכיוון הפוך לכיוון הכוח הפועל עליו (המהירויות נמדדות ביחס למערכת אינרציאלית כלשהי).

- (א) מהם הגדלים הפיזיקליים שנשמרים בבעיה?
 (ב) מהו המרחק המקסימלי אליו יתרחקו הגופים זה מזה?

שאלה 7

גוף נע בתנועה מעגלית סביב כדה"א ברדיוס סיבוב $3R_E$. ברגע מסוים הגוף מתפרק לשני חלקים זהים בעלי מסה m כל אחד. החלק A נע בזווית $\theta=34^\circ$ ביחס לציר הרדיאלי מיד לאחר הפירוק, והחלק B נע אנכית מטה לכיוון מרכז כדה"א מיד לאחר הפירוק.

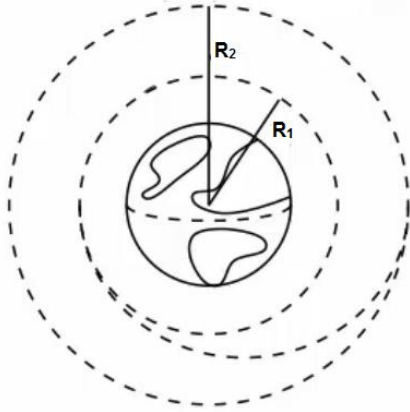
- (א) האם יגיע החלק A למרחק אינסופי מכדה"א? אם לא, מהו המרחק המקסימלי אליו יגיע?
 (ב) מהי מהירות הפגיעה של החלק B בפני כדה"א?
 (ג) מהי מהירותו של חלק A כאשר הוא מגיע למרחק של $4R_E$ ממרכז כדה"א?
 (ד) מהי הזווית בין וקטור המהירות לרדיוס-וקטור של החלק A במצב המתואר בסעיף ג'?



שאלה 8

- ליון שמסתו m נע מסביב לכדה"א ברדיוס סיבוב R_1 . רוצים להעביר את הליון לנוע סביב כדה"א ברדיוס סיבוב R_2 . לשם כך דרושים שני שלבים:
 (1) הענקת אנרגיה לליון כדי שיגיע למרחק מקסימלי ממרכז כדה"א ששווה בדיוק לרדיוס הסיבוב הרצוי.
 (2) הענקת אנרגיה לליון במרחק מקסימלי כדי להעניק לו את המהירות המתאימה לתנועה מעגלית ברדיוס זה.

יש לבטא את התשובות באמצעות: G, M_E, m, R_1, R_2 .



שאלה 9

טיל בעל מסה $m=4$ ton נורה מפני כדה"א בזווית $\alpha=15^\circ$ ביחס לרדיוס-וקטור ובמהירות שגודלה $v_0=8000$ m/s. במרחק של $2R_E$ ממרחק כדה"א הטיל מתפרק לשני חלקים ע"י פיצוץ קצר. החלק A שמסתו $2/3 m$ מתחיל לבצע תנועה מעגלית סביב כדה"א מיד לאחר הפיצוץ. החלק B שמסתו $1/3 m$ מתרחק מכדה"א.

- (א) מהי מהירותו של הטיל והזווית ביחס לרדיוס-וקטור מיד לפני הפיצוץ?
- (ב) מהי מהירותו של החלק B והזווית ביחס לרדיוס-וקטור מיד לאחר הפיצוץ?
- (ג) האם החלק B יצליח לברוח מהשפעתו של כדה"א (כלומר יגיע לאינסוף)?

