

מכניקה 90903

פרק 9 - מתקף ותנע

תוכן העניינים

(ללא ספר)	1. מהו תנע והחוק השני של ניוטון
1	2. מתקף
3	3. חוק שימור תנע וכוחות חיצוניים
4	4. סוגי התנגשויות
6	5. שימור תנע בה Tangshiyot_Kzrotot
7	6. סיכום ומקדם תקומה
8	7. התנשויות קצרות ללא שימור תנע
9	8. תרגילים יסודים
12	9. תרגילים מסכמים

מתוך ותנע:

רקע

התנע של גוף :

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

הניסוח הכללי יותר לחוק השני של ניוטון :

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

המתוך של כוח :

$$\vec{J} = \int \vec{F} dt$$

המתוך הוא השטח מתחת לגרף של הכוח כתלות בזמן (לא לבלבל עם העבודה שהיא השטח מתחת לגרף של הכוח כתלות במקומות).

המתוך הכולל שפועל על גוף שווה לשינוי בתנע שלו :

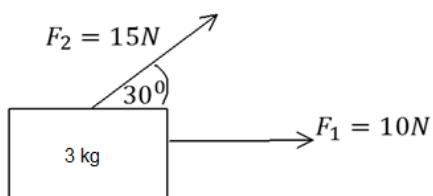
$$\vec{J}_{\Sigma F} = \Delta \vec{p}$$

שאלות:



1) דוגמה לחישוב מתוך

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 הביעיטה?



2) דוגמה 2- שני כוחות על גוף

נתון גוף בעל מסה של 3 קילוגרים. על הגוף פועלים הכוחות כמפורט בציור במשך זמן של 0.5 שניות.

- מצא את המתוך שפעיל כל כוח.
- מצא את המתוך השקול הפועל על הגוף.
- מצא את מהירות הגוף לאחר פועלת הכוחות אם התחיל ממנוחה.

- (3) **מתוך של כוח ממוצע דוגמה**
 כדור בעל מסה של 1 ק"ג נזרק לעבר קיר במהירות של 2 מטר לשנייה.
 הכדור פוגע בקיר וחוזר באותה המהירות.
 א. חשב את המתוך שפועל על הכדור.
 ב. מי מפעיל את המתוך הנ"ל?
 ג. חשב את הכוח הנורמלי הממוצע שפעיל הקיר אם זמן הפגיעה
 הוא 0.2 שניות.

תשובות סופיות:

$$V_f = \frac{5\text{m}}{\text{sec}} \quad (1)$$

$$|J| = 12.1 \text{N} \cdot \text{sec} \quad \text{ב.} \quad \vec{J}_1 = 5 \text{N} \cdot \text{sec} \hat{x}, \quad |\vec{J}_2| = 7.5 \text{N} \cdot \text{sec} \quad \text{ג.} \quad (2)$$

$$V_x = \frac{11.5}{3} \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad V_y = \frac{3.75}{3} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.}$$

$$\bar{N} = -20 \text{N} \hat{x} \quad \text{ב. הכוח הנורמלי.} \quad \vec{J} = \Delta \vec{P} = -4 \text{N} \cdot \text{sec} \hat{x} \quad \text{ג.} \quad (3)$$

חוק שימור תנע וכוחות חיצוניים:

רקע

אם סכום הכוחות החיצוניים על מערכת גופים מתאפס אז התנע הכללי של המערכת נשמר.

הנוסחה לחוק שימור התנע עבור שני גופים :

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$$

בד"כ רושמים את הנוסחה פשוט לכל ציר בנפרד.

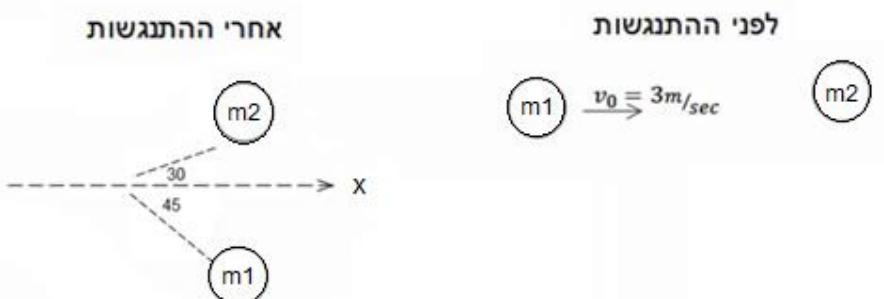
שאלות:

1) דוגמה לשימור תנע

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

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

- א. מצא את גודל מהירות הגוף לאחר ההתנגשות.
- ב. מצא את המתך שפועל על כל גוף.



תשובות סופיות:

(1) א. $V_1 = 1.55 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $V_2 = 3.29 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב. $\vec{J}_1 = -5.71\text{N} \cdot \text{sec} \hat{x} - 3.29\text{N} \cdot \text{sec} \hat{y}$, $\vec{J}_2 = -\vec{J}_1$

סוגי התנסויות:

רקי

סוג ההתנגשות	התנגשות אלסטית	התנגשות אי-אלסטית
תכונות	<p>שמור תנע ושמור אנרגיה</p> $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$ $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$	<p>רק שימור תנע</p> $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$
מקרים מיוחדים	<p>התנגשות חזיתית $\vec{u}_1 + \vec{u}_2 = \vec{u}_1 + \vec{v}_2$</p> <p>התנגשות חזיתית בין שני גופים בעלי מסות שוות כאשרה הגופים במנוחה כל האנרגיה שבורה לגוף השני (הגוף הנצער)</p> <p>התנגשות שאינה חזיתית בין שני גופים בעלי מסות שוות כאשרה הגופים במנוחה דזיות בין המהירות היא 90 מעלות</p>	<p>התנגשות פלסטית</p> <p>הגוף נums יידך לאחר ההתנגשות $\vec{u}_1' (\vec{u}_1 + \vec{u}_2) = \vec{u}_1' \vec{u}_1 + \vec{u}_1' \vec{u}_2$</p> <p>דוגמאות: קליע שנתקע בbole עץ, שני כדורים שנדרבקים רתע</p> <p>הגוף נums יידך לפני ההתנגשות $\vec{u}_1' (\vec{u}_1 + \vec{u}_2) = \vec{u}_1' (\vec{u}_1 + \vec{u}_2)$</p> <p>דוגמאות: קליע שנורה מרובה, פיצוץ</p>

שאלות:

1) פיזור

כדור מס' 1 בעל מסה m ומהירות v_0 מתנגש אלסטית בצדור

מספר 2 בעל מסה 3m הנמצא במנוחה.

הزاوية של כדור מס' 2 עם ציר ה- x היא 45°.

מצא את הזוגיות של כדור מספר 1 לאחר ההתנגשות.

לפני התנגשות

אחרי התגשות



תשובות סופיות:

$$\theta = 71.56^\circ \quad (1)$$

שימור תנועה בה Tangentioit קצרות:

שאלות:

1) זיקוק מתפוצץ

זיקוק נורה לאוויר בכיוון אנכי לקרקע.
ברגע שהזיקוק מגיע לשיא הגובה הוא מתפוצץ לשלווה חלקים שווים בגודלם.
משך זמן הפיצוץ הוא : 0.5sec

מהירות החלק הראשון לאחר הפיצוץ היא : $50 \frac{m}{sec^2}$ ומהירות החלק השני

היא : $20 \frac{m}{sec} \hat{x} - 10 \frac{m}{sec} \hat{y} + 50 \frac{m}{sec} \hat{z}$

מהי מהירות החלק השלישי?

תשובות סופיות:

$$\vec{u}_3 = 70\hat{x} - 25\hat{y} + 50\hat{z} \quad (1)$$

סיכום ומקדם תקומה:

רקע

מקדם תקומה :

$$e = \frac{u_2 - u_1}{v_1 - v_2}$$

מסמל את מידת האלסטיות של גופים בהתקנשות.

שאלות:

1) דוגמה עם מקדם תקומה

גוף בעל מסה m נע ב מהירות V על משטח אופקי חלק ומתנשא

בגוף בעל מסה $3m$ הנמצא במנוחה.

נתון כי ההתקנשות חד ממדית ומקדם התקומה הוא 0.8.

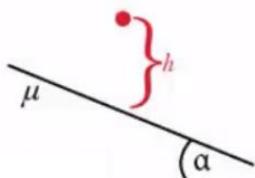
מצא את מהירות הגוף לאחר ההתקנשות.

תשובות סופיות:

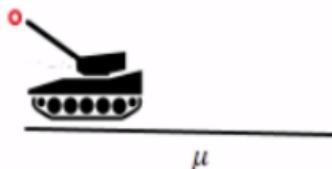
$$u_2 = 0.45V, u_1 = -0.35V \quad (1)$$

התנשויות קצרות ללא שימור תנוע:

שאלות:



- 1) **התנשויות קצרה במדרון**
 כדור בעל מסה m נפל אל מדרון לפי המתוואר בשרטוט.
 נתון כי הכדור אינו מתרומם חזרה מעל המדرون לאחר הפגיעה.
 מצא את מהירות הכדור רגע לאחר הפגיעה.



- 2) **טנק וחיכוך קינטי**
 טנק בעל מסה M יורה פגז בעל מסה m בזווית α מעלה האופק במהירות V .
 הטנק מוצב על מישור בעל מקדם חיכוך קינטי נתון.
 מה תהיה מהירותו של הטנק רגע לאחר הירייה?

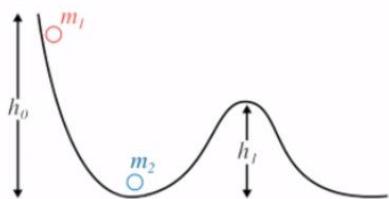
תשובות סופיות:

$$u_p = \frac{m\sqrt{2gh} \sin \theta - \mu m\sqrt{2gh} \cos \theta}{m} \quad (1)$$

$$u = \frac{mv \cos \alpha - \mu mv \sin \alpha}{M} \quad (2)$$

תרגילים יסונים:

שאלות:



- 1) גובה למעבר מכשול לשני כדורים**
 כדור משוחרר ממנוחה על פי הנתונים בشرطוט.
 מה צריך להיות הגובה המינימלי ממנו הcador
 משוחרר על מנת שני הcadors יעברו את
 המכשול כאשר:
 א. ההתנגשות פלסטית.
 ב. ההתנגשות אלסטית.
 (אין צורך לפתור את המשוואות).

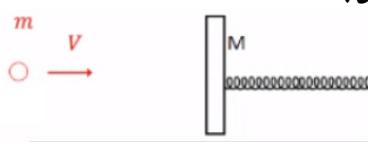


- 2) מהירות למעבר מכשול לשני כדורים**
 בשאלת זו אין צורך לפתור את המשוואות.
 שני כדורים מונחים כמתואר בشرطוט.
 מה צריכה להיות מהירות ההתחלתית של הcador הימני על מנת
 שהcador השמאלי עבר את המכשול:
 א. בהתנגשות פלסטית.
 ב. בהתנגשות אלסטית.
 כת נתון כי המסה השמאלית כבדה
 פי 100 מהmassה הימנית.
 בהינתן שההתנגשות אלסטית,
 מה צריכה להיות מהירות המינימלית ההתחלתית על מנת ש:
 ג. הcador השמאלי עבר את המכשול השמאלי.
 ד. הcador הימני עבר את המכשול הימני.



- 3) לא אלסטי לא פלסטי**
 שני קרונות בעלי מסה 1 מונחים על גבי משטח
 ללא חיכוך. יורם את massה הימנית
 ב מהירות 10 שמאליה.
 נתון כי ההתנגשות הינה אי אלסטית/אי פלסטית.
 מהי מהירותה של כל אחת מהmassות לאחר הפגיעה
 אם נתון כי בהתנגשות אבדה חצי מהאנרגיה ההתחלתית?

- 4) יחס מסות בהתנגשות אלסטית**
 שני כדורים מונחים על שולחן.
 הכדור השמאלי נורה במהירות 10 אל עבר הכדור הימני בהתנגשות אלסטית.
 תאר את מהירותו הגופים לאחר ההתנגשות במקרים הבאים:
 א. מסת ה כדורים שווה.
 ב. מסת הכדור השמאלי כפול פי 100 מזו של הימני.
 ג. מסת הכדור הימני כפול פי 100 מזו של השמאלי.



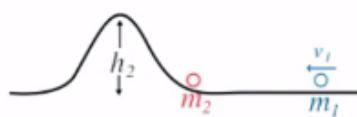
- 5) קליע لكפיץ בלי חיכוך**
 קליע נורה אל קפוץ לפי הנתונים המופיעים בשרטוט.
 מהו הכווץ המקסימלי?
 (אין חיכוך בשאלה).

6) רתע באקדח

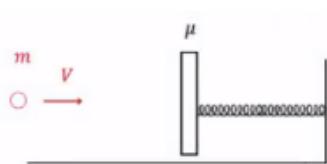
אקדח בעל מסה M יורה קליע בעל מסה m במהירות v .
 מהי מהירות האקדח לאחר יציאת הקליע?
 כמה אנרגיה נוצרה בתהליך?



- 7) תנוע לבועיטה בכדור**
 כדורגל מניף את רגלו לעבר כדור.
 מסת הכדור m ומסת הרגל M והפגיעה אלסטית.
 א. מה צריכה להיות מהירות הרגל על מנת
 שהכדור יצא בדרך אל השער במהירות U ?
 ב. פרשנify ספורטربים נהוגים לומר כי על דשא רטוב
 הכדור מאיץ מהר יותר. האם כך הדבר?



- 8) מהירות למעבר מכשול בפלסטי**
 מהי המהירות המינימלית שצורך לחת למסה
 הימנית על מנת שלאחר ההתנגשות פלסטית
 הגוף יעבור את המכשול?



- 9) קליע لكפוץ עם חיכוך**
 קליע נורה אל קפוץ לפי הנתונים
 המופיעים בשרטוט.
 מהו הכווץ המקסימלי בקפוץ,
 אם נתנו מועד החיכוך בין המסה M לרצפה?

תשובות סופיות:

$$\frac{1}{2}u_2^2 = gh_1 \quad \text{ב.} \quad \frac{1}{2}u_1^2 = gh_1 \quad \text{א.} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2}u_2^2 = gh_2 \quad \text{ג.} \quad \frac{1}{2}u_2^2 = gh_2 \quad \text{ה.} \quad gh_2 = \frac{1}{2}u^2 \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$\frac{1}{2}u_1^2 = gh_1 \quad \text{ט}$$

$$u_1 = 100 - u_2, 0 = 2u_2^2 - 200u_2 + 9950 \quad (3)$$

ראה סרטון. (4)

$$\frac{1}{2}(m+M)u^2 = \frac{1}{2}k\Delta^2 \quad (5)$$

$$V_2 = -\frac{m}{M}V, E = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}MV_2^2 \quad (6)$$

$$P \Rightarrow MV_1 = Mu_1 + mu \quad \text{ב. לא.}$$

$$E \Rightarrow \frac{1}{2}MV_1^2 = \frac{1}{2}Mu_1^2 + \frac{1}{2}mu^2 \quad \text{א.} \quad (7)$$

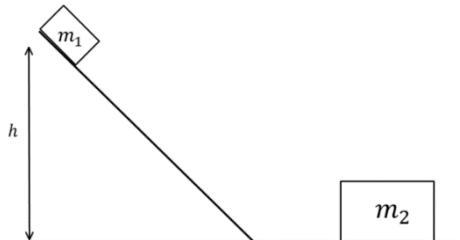
$$P \Rightarrow MV_1 = (m_1 + m_2)u \quad (8)$$

$$E \Rightarrow \frac{1}{2}\{m+M\}u^2 = (m+M)gh$$

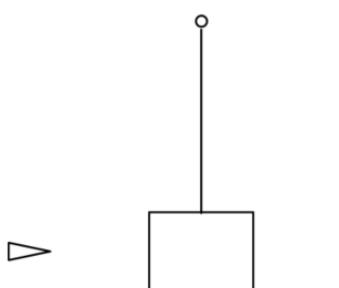
$$\frac{1}{2}(m+M)u^2 + (m+M)g \cdot \mu \cdot \Delta \cdot \cos(180) = \frac{1}{2}k\Delta^2 \quad (9)$$

תרגילים מסכימים:

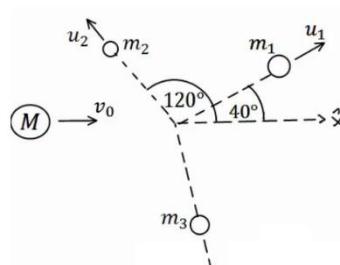
שאלות:



- (1) **גוף יורץ במדרון מתנש ועולה חזרה**
 גוף בעל מסה $m_1 = 2\text{kg}$ משוחרר ממנוחה על
 מדרון משופע בגובה $h = 1\text{m}$.
 בתחתית המדרון מונח גוף בעל מסה $m_2 = 5\text{kg}$.
 הגוף הראשון פוגע בגוף השני בהגיעה
 למשור האופקי והגוףים מתנגשים התרנסות
 אלסטית, עד לאיזה גובה יגיע הגוף הראשון
 בחזרה במעלה המדרון? אין חיכוך בין הגוףים למשטחים.



- (2) **קליע חודר מטוולת בליתטיה**
 בול עץ בעל מסה 2kg קשור לחוט ותלויה אנטית במנוחה.
 קליע בעל מסה 5gr נע במהירות $v_1 = 450 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ פוגע
 בבול העץ, חודר אותו, וyonza מצידו השני
 במהירות $v_1 = 150 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
 לאיזה גובה מקסימלי יגיע בול העץ?



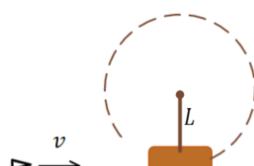
- (3) **פיצעה**
 פצעה בעלית מסה $M = 13\text{kg}$ נעה באוויר במהירות
 קבועה $v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ברגע מסוים, הפצעה מתפוצצת
 לשולש חלקיקים קטנים יותר.
 מסת החלק הראשון היא: $m_1 = 4\text{kg}$ והוא נע
 במהירות $v_1 = 80 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בזווית של 40° ביחס לכיוון המקורי.

- מסת החלק השני היא: $m_2 = 2\text{kg}$ והוא נע במהירות $v_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בזווית של 120°
 ביחס לכיוון המקורי.
 מסת החלק השלישי היא: 7kg .
 מצא את מהירות החלק השלישי.

4) איבוד אנרגיה

- כדור בעל מסה $m_1 = 2\text{kg}$ ו מהירות $v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ מתרחש בכדור בעל מסה $m_2 = 3\text{kg}$ הנמצא במנוחה. לאחר ההתנגשות הכדור הראשון נעה בכוון 30° מתחת לכיוון הפגיעה (ראה איור).
 א. מצא את מהירות הגוף לאחר ההתנגשות.
 ב. האם ההתנגשות אלסטית? אם לא - כמה אנרגיה נאבדה בהתנגשות?

5) קליע חודר בול עץ וגורם לסיבוב אנכי (כולל תנועה מעגלית)

- 
- בול עץ בעל מסה M תלוי אנכית באמצעות מוט קשיח חסר מסה באורך L . המוט ביחד עם בול העץ יכולים להסתובב במעגל אנכי (ראה איור).
 יורים קליע בעל מסה m ב מהירות אופקית v לעבר בול העץ. הקליע חודר את הבול ויוצא מצדיו השני ב מהירות v_f . יחד עם הקליע יוצאה גם חתיכה מהעץ (ב מהירות הקליע) וב מסה של 5g ממשת בול העץ.
 מהי מהירות המינימלית של הכדור עבורה בול העץ יוכל להשלים סיבוב אנכי (שמעו לב שהמוט קשה)?

6) אדם יורץ מכדור פורח

- 
- אדם נמצא בכדור פורח בגובה קבוע באויר. משקלו של האדם הוא 70 kg ו מסתו של הכדור פורח (לא האדם) היא 280 kg (כולל הסל וכל אביזר אחר בכדור). האדם משלשל חבל מהסל של הכדור פורח ומתחיל לרדת באמצעות החבל כלפי מטה.
 א. אם מהירותו של האדם בזמן הירידה בחבל היא 3 m/s לשנייה כלפי מטה וביחס לקרקע, מהי מהירות של הכדור פורח (גודלו וכיוונו)?
 ב. מהי מהירות הכדור פורח אם האדם נעצר לפתע באמצעות (לפני שהוא מגיע לקרקע)?

7) מסה על קדונית ואיבוד אנרגיה

נתון כוח F קבוע המושך עגלת בעלת מסה m_1 ללא חיכוך.

על העגלה נמצא מסה m_2 ובין המסות יש חיכוך.

נתון: m_2 , m_1 , F , μ_k , μ_s .

א. מה הכוח F המקסימלי עبورו המסה העליונה
תחליק ביחס לתחנות?

נניח כי הכוח F גדול מזה שחייבת בסעיף א'.

נניח גם כי הכוח הפועל במשך זמן T נתון והמסה העליונה אינה נופלת מתחנות.

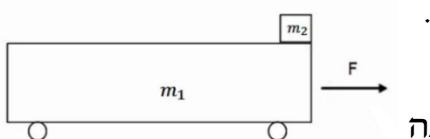
ב. מה הכוח F המקסימלי?

ג. מהי תאוצת הגוף, מהירותם ומיקומם כפונקציה של הזמן עד לזמן T ?

ד. כמה אנרגיה הולכת לאיבוד בזמן זה?

ה. מצא את מהירותם הסופית של הגוף ($v - T > t$) בהנחה שהמסה העליונה

עדין לא נופلت.



8) מסה על שני קדוניות

נתונים שני קדוניות על משטח חלק.

קדון ימני במנוחה והקדון השמאלי נע לעברו במהירות v .

על הקדון השמאלי מונחת מסה הנעה יחד עם הקדון.

מקדם החיכוך בין המסות לקדון ימני נתונה.

בין המסות לקדון השמאלי אין חיכוך.

בזמן $t = 0$ הקדון השמאלי פוגע בקדון ימני

ונצמד אליו (אך הוא יכול להיפרד ממנו לאחר מכן).

א. متى תעבור המסה לקדון ימני?

ב. מה תהיה מהירותו הסופית של הקדון ימני?

ג. מהי תאוצת הקדון ימני? כמה זמן תאוצה זו נשכחה?

ד. האם סעיף ב' ווי' תואמים בתשובותיהם?

**9) מסות שומרות תנע ונבדקות לקיר**

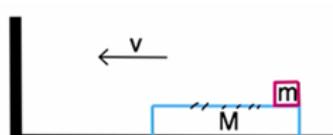
המסה m מונחת על גבי הקדונית M (אך אינה מחוברת אליה).

שתי המסות נעות יחד ב מהירות v על גבי משטח

חלק לעבר קיר. התנgesות בקיר אלסטית.

מקדם החיכוך בין המסות הוא μ .

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

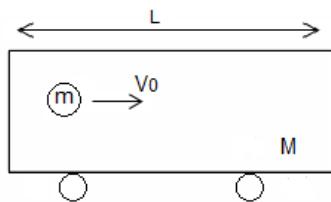


ב. ענה על סעיף א' בהנחה שהמסה M קטנה מהמסה m .

10) כדור בקרונית

כדור בעל מסה m ומהירות v_0 נעה בתזוז קרונית בעלת מסה $M = \alpha m$ ואורך L . הכדור מתגש בדופן הימנית של הקרונית התנשאות אלסטית.

(אין חיכוך בין הקרונית לרצפה).



- מהי מהירות הגוף לאחר ההתנגשות?
בדוק עבור: ∞ , 1 , $0 = \alpha$.
- כמה זמן יעבור מהפגיעה הראשונה בדופן לפגיעה השנייה בדופן השמאלית?

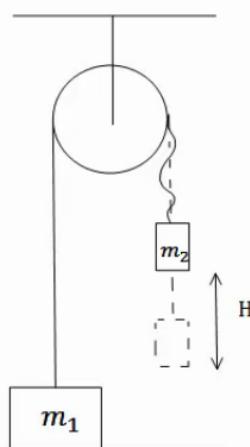
11) שתי מסות על גלגלת וחוט רפי

שתי מסות m_1 , m_2 תלויות על גלגלת אידיאלית חסרת חיכוך.

המסה m_1 נמצאת על הקרקע במנוחה בעוד שהמסה m_2 תלואה באוויר.

מריימים את מסה m_2 לגובה H נוספת כך שהחוט מתרופף ומשחררים אותה ממנוחה.

a. מצא את מהירות המסאה m_2 לפני שהיא מגיעה לנקודה בה החוט נמתך.



b. כתת החוט נמתך. הנח שהחוט אינו אלסטי, ככלומר, האורך שלו קבוע ללא תלות בגודל המתייחות שלו כל עוד קיימת בו מתיחות כלשהי (והוא אינו רפי כמו בסעיף א').

מצאת השינוי הכלול בתנוע של שתי המשקלות (בין הקטע מיד לפני שהחוט נמתך לבין הקטע מיד אחרי שהחוט מתוח ושתי המסות זזות).

g. מצא את המתקף שפעילה התקarra על הגלגלת בזמן מתיחות החוט.

d. לאיזה גובה תעלה m_1 בהנחה ש- $m_2 > m_1$ ו- m_2 לא מגיעה לרצפה.

h. מהו המתקף שפעילה התקarra על הגלגלת מהרגע $t=0$ ועד לרגע בו m_1 מגיעה לשיא הגובה?

12) מסה מתנגשת במשאית ונופלת

מסה m מונחת על עגלה חסרת חיכוך בעלת אורך L ומסה $5m$. המסאה נועשת במהירות v לכיוון שמאל והעגלה נייחת.

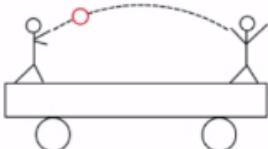


נתון כי ההתנגשות בין המסאה לבין העגלה היא התנשאות אלסטית.

לאחר כמה זמן מרגע ההתנגשות תיפול המסאה מהעגלה?

13) רתע בתוך עגלת

בתוכה עגלה ללא חיכוך עומדים שני חברים המקובעים לרצפת הקרון. מסת האנשים והקרון M ואורך הקרון L .



האדם זורק כדור בעל מסה m במהירות v אל עבר חברו.

- מה תהיה מהירות העגלה והאנשים שעלייה לאחר זריקת הcador?

- מה תהיה מהירות העגלה לאחר שהחבר יתפос את הcador?

- כמה זמן הcador ישחה באוויר?

- מהו המרחק אותו עברה העגלה במהלך זמן זה?

- תאר מה יקרה אם החבר ימסור חורה את הcador לחברו.

14) אדם הולך על עגלה (מכיל תנועה יחסית)

אדם בעל מסה M עומד על עגלה בעלת מסה m .

האדם מתחילה ללכט במהירות v_0 ביחס לעגלה.

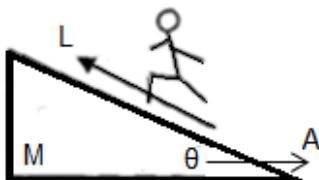
מצא את מהירות האדם והעגלה ביחס לקרקע אם אין חיכוך בין העגלה לרצפה.

15) אדם על רמפה (מכיל תנועה יחסית)*

אדם שמסתו m רץ במעלה רמפה משופעת בזווית θ .

מסת הרמפה היא M , והוא מונחת על מישור חלק.

האדם מתחילה מנוחה והזמן הדרוש לו בצד עבור דרך שאורכה L על פני הרמפה הוא T .



- מהי תאוצת האדם ביחס לرمפה?

- עקב הריצה נחדרת הרמפה ימינה, בתאוצה לא ידועה A יחסית לקרקע.

בטאו את רכיבי התאוצה של האדם יחסית לקרקע בעזרת התאוצה A .

- כמה זהה הרמפה ימינה בזמן T ?

16) כדור עולה על מדרון משולש

מדרון משולש בעל גובה $h = 3m$ חופשי לנوع

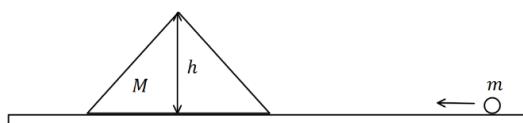
על משטח אופקי חלק (ללא חיכוך).

מסת המדרון היא: $M = 15kg$.

מגללים כדור בעל מסה $m = 5kg$

על המשטח לכיוון המדרון.

התיחס לכדור כל גוף נקודתי.



- מה צריכה להיות המהירות שבה מגלגלים את הכדור כך שהוא יעזור (ביחס למדרון) לבדוק לפני שהוא עבר את שיא הגובה של המדרון?

- מהי מהירות המדרון ברגע שהכדור מגיעה לשיא הגובה?

- מהי המהירות הסופית של המדרון והכדור?

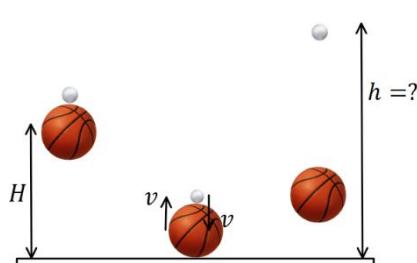
17) מסה מחליקה בין שני טרייזים

גוף בעל מסה m מחליק על שני טרייזים זהים בעלי מסה M כל אחד.



המעבר מהטרייז למשטח האופקי הוא חלק, המשטחים חסרי חיכוך וחופשיים לנעו על השולחן (ראו סרטווט).

לאיזה גובה מקסימלי יטפס הגוף על הטרייז השני אם גובהו ההתחלתי הוא h ?

**18) כדור גולף על כדורסל**

כדור גולף וכדור כדורסל מוחזקים במנוחה אחד מעל השני בגובה $m = H = 1.5m$.

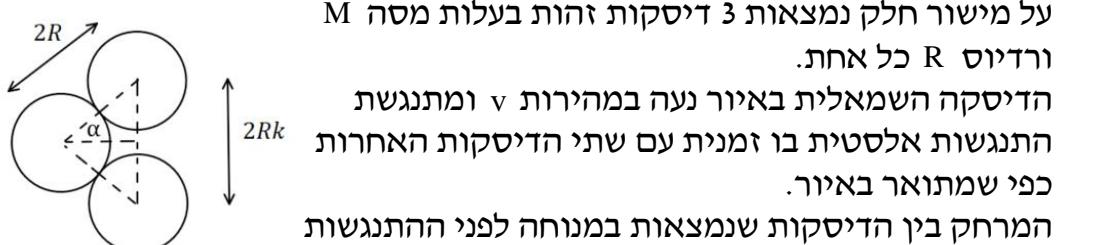
משחררים אותם ליפול ממנוחה. מה יהיה הגובה המרבי אליו הגיעו כדור הגולף אם נניח שככל ההתגשויות אלסטיות ומצחירות. מסת כדור הגולף היא: $m = 46\text{gr}$ ומסת הכדורסל היא: $M = 624\text{gr}$.

19) התנגשות אלסטית זהה בכל המערכת

במערכת אינרציאלית מסוימת האנרגיה הקינטית של שני גופים ${}_1m$ ו- ${}_2m$ היא E_k .

מצאו את האנרגיה הקינטית של הגוף במערכת אינרציאלית אחרת הנעה ב מהירות v_0 ביחס למערכת המקורית.

השתמשו בתוצאה שקיבלו והראו כי אם במערכת מסוימת התנגשות היא אלסטית אז היא חייבת להיות אלסטית גם בכל מערכות הייחוס האינרציאליות האחרות.



על מישור חלק נמצאות 3 דיסקות זהות בעלות מסה M

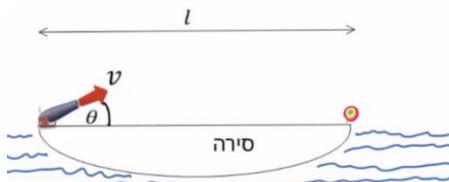
ורדיוס R כל אחת.

הדיםקה השמאלית באוויר נעה ב מהירות v ומתנגשת בתנגשות אלסטית בו זמן k עם שתי הדיסקות האחרות כפי שמתואר באירור.

המרחק בין הדיסקות שנמצאות במנוחה לפני ההתנגשות מתואר על ידי $2Rk$ כאשר $2 \leq k \leq 1$.

א. מהי גודלה של מהירות הדיסקה הפוגעת לאחר ההתנגשות כתלות בזווית α שבאיור?

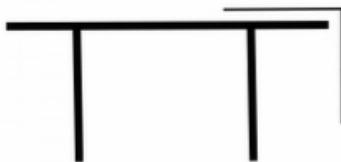
ב. עברו אילו ערכיהם של k הדיסקה תחזור אחורה/תיעצר במקום/תמשיך קדימה?

**(21) סיירה יורה פגז על מטרה בקצתה השני**

סיירה באורך l נמצאת על מים שקטים, בקצתה השמאלי של הסיירה נמצא תותח צעצוע ובקצתה הימני נמצא מטרה. התותח יורה פגז צעצוע בזווית θ ובמהירות v ביחס לקרקע.

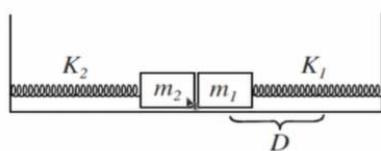
מסת הפגז היא m ומסת הסיירה היא M .

מצא את המהירות v הדורשה בשבייל לפגוע במטרה (הזנח את גובה התותח וגובהה המטרה והנח כי התותח מחובר לסיירה).

**(22) שרשרת מחליקה משולחן**

שרשרת בעלת אורך l ומסת m מחליקה ממנוחה משולחן כאשר חצייה עדין מונח על השולחן.

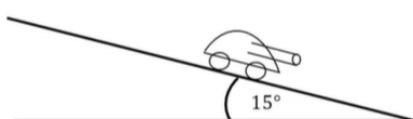
- מה תהיה מהירותה השרשרת ברגע הניתוק מהשולחן, בהנחה שאין חיכוך?
- ענה על סעיף א' בהנחה שמקדם חיכוך μ קיים בין השרשרת לשולחן.

**(23) שתי מסות ושני קופיצים**

מסות מתחילה ממנוחה כבשרטוט.

המסה הימנית נמתחת מרחק D ימינה ומשוחררת. כשהיא פוגעת במסה השנייה היא נדבקת אליה ושתיהן ממשיכות יחד.

- מהו הכיווץ המקסימלי של הקפיז השמאלי?
- מהו הכיווץ המקסימלי של הקפיז הימני כאשר שתי המסות חוזרות ימינה?

**(24) טנק יורה פגזים ועולה במדרון****

טנק שמסתו 800 ק"ג (טנק קל מאוד) נמצא ברגע מסויים במנוחה על מדרון משופע בזווית של 15 מעלות. הטנק יורה שני פגזים במרוחך של 2 שניות בין הירי הראשוני לשני.

מסת כל פגז היא 20 ק"ג והוא נורה במהירות לוע של 400 מטר לשנייה במקביל ובמוריד למדרון. הניחו של הטנק גלגלים וחיכוך בין המדرون זניח.

מה העתק המקסימלי שיעשה הטנק במעלה המדרון?

תשובות סופיות:

0.18m **(1)**

0.028m **(2)**

$u = 155 \frac{m}{sec}$ **(3)**

ב. לא אלסטית, $J = 8.27$ $Q = 8.27$ $u_1 = 8.66 \frac{m}{sec}$, $u_2 = 3.34 \frac{m}{sec}$. **(4)**

$v_{min} = \left[(m + 0.05M)v_f + 0.95M \cdot 2\sqrt{gL} \right] \cdot \frac{1}{m}$ **(5)**

ב. 0 א. $0.75 \frac{m}{sec}$ כלפי מעלה. **(6)**

ב. תאוצה: $a_1 = \frac{F}{m_1} - \frac{m_2}{m_1} \mu_k g$, $a_2 = \mu_k g$: $F \leq \mu_s g(m_1 + m_2)$. **(7)**

מהירות: $x_1(t) = \frac{1}{2}a_1 t^2$, $x_2(t) = \frac{1}{2}a_2 t^2$: מיקום, $v_1(t) = a_1 t$, $v_2(t) = a_2 t$:

$u_f = \frac{F \cdot T}{m_1 + m_2}$.**7** $E = F \cdot \frac{1}{2}a_1 T^2 - \left(\frac{1}{2}m_2 v_2^2(T) + \frac{1}{2}m_1 v_1^2(T) \right)$.**8**

$\tilde{u} = \frac{v \left(m + \frac{M}{2} \right)}{M + m}$.**7** $t = \frac{2l}{v}$.**8**

ד. $M \cdot v \cdot \left(m + \frac{M}{2} \right) = (m + M) \cdot M \cdot \frac{v}{2} + (m + M) \cdot mg\mu \cdot \tilde{t}$, $a = \frac{mg\mu}{M}$.**9**

ב. $\tilde{u} = \frac{v(M-m)}{M+m}$.**7** חיובי, $\tilde{u} = \frac{v(M-m)}{M+m}$.**8** **(9)**

א. $u_1 = -v_0$, $u_2 = 0$: $\alpha = \infty$, $u_1 = 0$, $u_2 = v_0$: $\alpha = 1$, $u_1 = v_0$, $u_2 = 2v_0$: $\alpha = 0$. **(10)**

$t = \frac{L}{u_2 - u_1}$.**7**

$J_{ceiling} = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gH}$.**9** $\Delta P_{Total} = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gH}$.**7** $v_2 = \sqrt{2gH}$.**8** **(11)**

$J_{Totalceiling} = 0 + \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gH} + \frac{m_1(m_1 + m_2)}{m_1 - m_2} \sqrt{32gH}$.**7** $h = \frac{m_2}{m_1 - m_2} \sqrt{\frac{H}{2g}}$.**7**

$t = \frac{L}{v}$ **(12)**

ג. $L = t \cdot (v - u)$.**7** ב. $mv + Mu = (m + M) \cdot 0$.**7** א. $0 = mv + Mu$.**7** **(13)**

ה. ראה סרטון. $x = u \cdot t$.**7**

$u_2 = \frac{mv_R}{m+M}$, $u_1 = \frac{-Mv_R}{m+M}$ **(14)**

$$x_{ramp}(T) = \frac{m}{m+M} L \cos \theta \quad \text{ג.} \quad a_{P_x} = \frac{2L}{T^2} \cos \theta - A \quad \text{ב.} \quad a'_{P_x} = \frac{2L}{T^2} \quad \text{ג. (15)}$$

$$u_1' = 2\sqrt{5} \frac{m}{sec}, u_2' = -2\sqrt{5} \frac{m}{sec} \quad \text{ג.} \quad u = \sqrt{5} \frac{m}{sec} \quad \text{ב.} \quad v_0 = 8.94 \frac{m}{sec} \quad \text{ג. (16)}$$

$$h'_{max} = \frac{M^2 h}{(M+m)^2} \quad \text{(17)}$$

$$h \approx 12.3m \quad \text{(18)}$$

$$E_k' = E_R - (m_1 v_1 + m_2 v_2) v_0 + \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_0^2 \quad \text{(19)}$$

$$u_1 = v \frac{1 - 2 \cos^2 \alpha}{1 + 2 \cos^2 \alpha} \quad \text{ג. (20)}$$

ב. קדימה : $1 \leq k < \sqrt{2}$, $k = \sqrt{2}$: ב مكانם , $\sqrt{2} < k \leq 2$: לאחר

$$v = \sqrt{\frac{gL}{\left(1 + \frac{m}{M} \sin 2\theta\right)}} \quad \text{(21)}$$

$$v = gl \left(\frac{3 - \mu}{4} \right) \quad \text{ב.} \quad v = \sqrt{\frac{3}{4} gl} \quad \text{ג. (22)}$$

(23) ראה סרטון.

$$x(t=5.82) \approx 60m \quad \text{(24)}$$