

פיזיקה 1 מכניקה 4411110 - ישן



תוכן העניינים

1	1. תנועה מעגלית.....
17	2. עבודה ואנרגיה-חלק שני.....
32	3. מתקף ותנע-חלק שני.....
47	4. מסה משתנה.....
55	5. כוח גרר וכוח ציפה.....

פיזיקה 1 מכניקה 4411110 - ישן

פרק 1 - תנועה מעגלית

תוכן העניינים

1. הקדמה ונוסחאות לחלק השני 1
2. הכוח הצנטרפוגלי 3
3. תרגילים מסכמים 5
4. תרגילים מסכמים למתקדמים 9
5. נוסחאות בסיסיות בתנועה מעגלית 11

הקדמה ונוסחאות לחלק השני:

שאלות:

(1) זווית משתנה בזמן

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

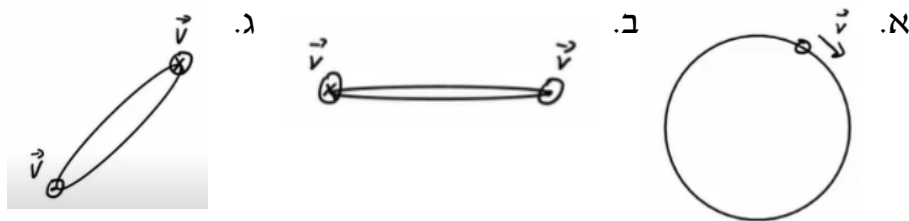
א. מהי המהירות הזוויתית ב- $t = 2$ וב- $t = 4$ שניות?

ב. מהי התאוצה הזוויתית הממוצעת בין זמנים אלו?

ג. מהי התאוצה הזוויתית הרגעית בזמנים אלו?

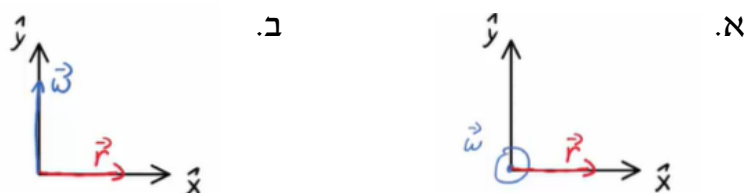
(2) מציאת הכיוון של אומגה

במקרים הבאים נתון כיוונה של המהירות הקווית של גוף הנע במעגל. מצא את הכיוון של המהירות הזוויתית בכל מקרה:



(3) תרגיל לנוסחה

מצא את כיוון המהירות הקווית של הגוף במקרים הבאים בהנחה כי הגוף נע בתנועה מעגלית:



(4) דוגמה-נהג מרוצים

נהג מרוצים נוסע במסלול מעגלי שרדיוסו 50 מטר.

מהירותו של הנהג כתלות בזמן היא: $v(t) = 4t$.

א. מצא את המהירות הזוויתית של הנהג כתלות בזמן ומצא את הזווית של

הנהג לאחר 5 שניות? (בהנחה כי התחיל מזווית אפס).

ב. מתי ישלים הנהג את הסיבוב הראשון?

(5) דוגמה-תאוצה זוויתית נהג המרוצים

מצא את התאוצה הזוויתית בדוגמה-נהג מרוצים (שאלה 4).

(6) 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.

(7) תאוצה משיקית רדיאלית וכוללת

- גוף נע במעגל שרדיוסו 3 מטר. הדרך שעובר הגוף נתונה ע"י: $S = 6t^2 + 3t$. חשב את התאוצה המשיקית, הרדיאלית והכוללת (כתלות בזמן).

(8) כוח על נהג המרוצים

- בדוגמה של נהג המרוצים (שאלה 4), מצא מה הכוח הפועל על המכונית אם מסת המכונית (כולל הנהג) היא טון אחד. מי מפעיל כוח זה?

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } \omega(t=2) = -7 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}, \omega(t=4) = -67 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{ב. } \bar{\alpha} = -30 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$$

$$\text{ג. } \alpha(t=2) = -18 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}, \alpha(t=4) = -42 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$$

$$(2) \quad \text{א. } \vec{\omega} \text{ לתוך הדף.} \quad \text{ב. } \vec{\omega} \text{ כלפי מטה.} \quad \text{ג. } \vec{\omega} \text{ אלכסון מעלה שמאלה.}$$

$$(3) \quad \text{א. } \vec{v} \text{ כלפי מעלה} \quad \text{ב. } \vec{v} \text{ לתוך הדף.}$$

$$(4) \quad \text{א. } \theta(t=5\text{sec}) \approx 57.3^\circ, v = \frac{2t}{25} \quad \text{ב. } \theta(t) = 12.5\text{sec}$$

$$(5) \quad \alpha = \dot{\omega} = \frac{2}{25} \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$$

$$(6) \quad \text{א. } a_r = \frac{(a_t \cdot t)^2}{R} \quad \text{ב. } a_r = 2a_t \theta$$

$$(7) \quad a_\theta = 12 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, a_r = (4t+1)^2 \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, a = \sqrt{12^2 + 9(4t+1)^4}$$

$$(8) \quad |F| = \sqrt{(80t)^2 + 4000^2}, \text{ הכביש הוא מפעיל כוח החיכוך.}$$

הכוח הצנטריפוגלי

רקע

$$F_r = m\omega^2 R$$

בכיוון החוצה מהמעגל

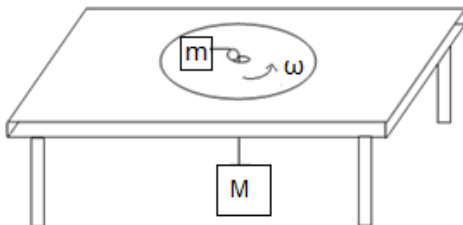
שימו לב שהכוח הצנטריפוגלי הוא כוח מדומה והוא מגיע מדרך הסתכלות שונה על תנועה מעגלית של צופה המסתובב עם המערכת. בצורת ההסתכלות הזו אין לגוף תאוצה רדיאלית.

שאלות

1) 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?



תשובות סופיות

$$r_{\max}^{\min} = \frac{Mg \pm \mu_s mg}{m\omega^2} \quad (1)$$

תרגילים מסכמים:

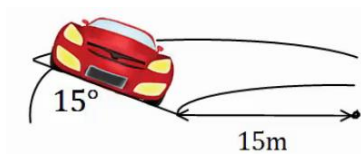
שאלות:

(1) מטוטלת מסתובבת אופקית



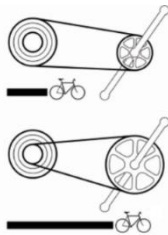
מטוטלת בעלת אורך l מסתובבת סביב ציר האנך לתקרה בזווית מפתח קבועה θ . נתון: θ, l . מצא את התדירות וזמן המחזור של הסיבוב.

(2) מכונית במחלף



מכונית נוסעת על מחלף משופע. זווית השיפוע של המחלף היא 15° מעלות. רדיוס הסיבוב של המחלף הוא 15 מטרים. אם נניח שלמכונית אין חיכוך עם הכביש, מה המהירות בה צריכה לנסוע המכונית על מנת לא להחליק?

(3) הילוכי אופניים



הילוכים של אופניים מורכבים משני גלגלי שיניים ברדיוסים שונים ושרשרת המקיפה את שני הגלגלים. כאשר השרשרת מתוחה האורך שלה קבוע. מצאו את הקשר בין מהירות הסיבוב של גלגלי השיניים אם הרדיוסים שבהם מקיפה השרשרת כל אחד מהגלגלים ידועים.

(4) שני גופים על מסילה מעגלית אנכית (כולל עבודה ואנרגיה)

מסילה מעגלית חלקה, דקה ובעלת רדיוס R מוצבת במישור אנכי. מישור משופע וחלק משיק למסילה ומשתלב בה כמתואר בתרשים. מציבים את בול A בגובה $2R$ ואת בול B על המישור המשופע בגובה זהה מהרצפה. נותנים ל-A דחיפה קלה ועוזבים את B ממצב מנוחה. שני הגופים מחליקים, גוף A בצידה החיצוני של המסילה ואילו גוף B משתלב ונכנס לתוך המסילה. בשלב מסוים כל אחד מהגופים מתנתק מהמסילה. התייחסו לגופים כאל גופים נקודתיים.

א. באיזו זווית θ_1 עם ציר ה-y, יתנתק גוף A מהמסילה?

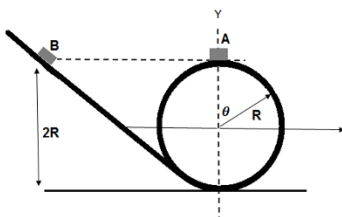
ב. באיזו זווית θ_2 יתנתק גוף B מהמסילה?

ג. אם שני הגופים מתנתקים מהמסילה בו זמנית.

מה גודל המהירות היחסית בניהם?

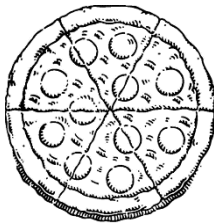
ד. מה יהיה המרחק בין הגופים לאחר הניתוק,

אחרי פרק זמן Δt (הניחו שהגופים עדיין באוויר).



(5) מציאת מיקום כפונקציה של הזמן

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.

(6) מסובבים פיצה בתנועה מעגלית

מסובבים פיצה בתנועה מעגלית כך שמתקיים: $\theta = 4t^2 + 5t$
כאשר θ נמדדת ברדיאנים ו- t בשניות.

- א. מצאו את המהירות הזוויתית של הבצק.
- ב. מצאו את התאוצה הזוויתית של הבצק.
- ג. לאחר שהוסיפו את הזיתים מסובבים עוד פעם את הפיצה באותו אופן.

מצאו את הרדיוס בו נמצא זית הנע בתאוצה משיקית של $0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

ד. חזור על סעיף ג' אם ידוע שהתאוצה הקווית הכוללת ב- $t = 1\text{sec}$ היא: $0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

(7) תאוצה משיקית קבועה

- נקודה נעה במסלול מעגלי שרדיוסו 30 ס"מ.
הנקודה נעה בתאוצה משיקית קבועה של 4 מטר לשנייה בריבוע.
לאחר כמה זמן מתחילת התנועה התאוצה הרדיאלית של הנקודה תהיה:
- א. גדולה פי 2 מהתאוצה המשיקית?
 - ב. שווה לתאוצה המשיקית?

(8) זווית בין משיקית לכוללת

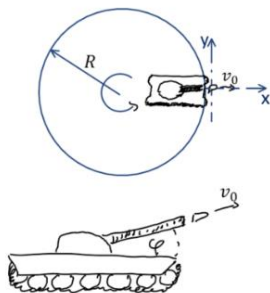
גוף נקודתי מתחיל לנוע ממנוחה במסלול מעגלי בעל רדיוס 2 מטר בתאוצה משיקית קבועה. ידוע כי לאחר שני סיבובים שלמים הגיע הגוף למהירות קווית של 2 מטר לשנייה.

- א. תוך כמה זמן השלים הגוף את שני הסיבובים הראשונים?
- ב. מה הייתה התאוצה המשיקית של הגוף?
- ג. מה הייתה הזווית בין וקטור התאוצה המשיקית לווקטור התאוצה השקולה לאחר שני הסיבובים הראשונים?
- ד. מתי, החל מעת תחילת התנועה, תהיה התאוצה המשיקית שווה בגודלה לתאוצה המרכזית של הגוף?
- ה. איזה מרחק יעבור הגוף עד אז? (ראה סעיף ד').

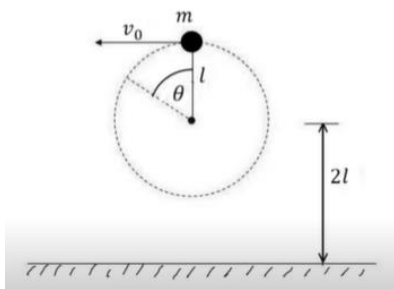
9 חמישה סיבובים

נקודה שנמצאת במרחק 15 ס"מ ממרכז הגלגל, מתחילה להסתובב בתאוצה משיקית קבועה. הנקודה מגיעה למהירות זוויתית של $20 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ לאחר 5 סיבובים. מצא את:

- התאוצה המרכזית של הנקודה כעבור 5 שניות.
- התאוצה המשיקית של הנקודה כעבור 5 שניות.
- התאוצה השקולה של הנקודה כעבור 5 שניות.

10 טנק יורה פגז מדיסקה מסתובבת

- טנק נמצא בקצה של דיסקה ברדיוס R היכולה להסתובב במקביל לקרקע. הדיסקה מתחילה להסתובב ב- $t = 0$ בתאוצה זוויתית $\ddot{\theta} = kt^2$. כעבור זמן t_0 הטנק נמצא במיקום שבאיור ויורה פגז. מהירות הלוע של הפגז היא v_0 . התותח מכיוון בכיוון הרדיאלי כלפי חוץ, ובזווית φ מעל הקרקע (במאונך למישור שבו מסתובבת הדיסקה).
- באיזה מהירות ביחס לצופה נייח יוצא הכדור מלוע הטנק?
 - באיזה מרחק מנקודת הירי יפגע הפגז?

11 חוט נקרע במעגל אנכי גבוה

- כדור קטן שמסתו m קשור לקצהו של חוט שאורכו l . הכדור מסתובב במעגל אנכי שמרכזו בגובה $2l$ מעל הרצפה. כאשר החוט מתוח והכדור נמצא אנכית מעל ציר סיבוב מעניקים לו מהירות אופקית v_0 .
- מה המהירות המינימלית v_0 הנדרשת כדי שהכדור יבצע תנועה מעגלית שלמה?
 - מעניקים לכדור מהירות התחלתית: $v_0 = 1.5\sqrt{gl}$, אם החוט נקרע ברגע שמתוחותו עולה על $5.25mg$ מצאו את הזווית θ שבה יקרע החוט.
 - מה המהירות הכדור ברגע שהחוט נקרע, אם נתון ש: $l = 2m$?
 - תוך כמה זמן מרגע קריעת החוט יפגע הכדור ברצפה?

תשובות סופיות:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}, T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (1)$$

$$V \approx 6.34 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (2)$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} \quad (3)$$

$$d = \sqrt{\frac{8}{3}} g R \Delta t \quad \text{ז} \quad |\vec{V}_{AB}| = \sqrt{\frac{8}{3}} g R \quad \text{ג} \quad \theta_2 = \theta_1 = 48.2^\circ \quad \text{ב} \quad \theta_1 = 48.2^\circ \quad \text{א} \quad (4)$$

$$x = R \cos \frac{C \cdot t^3}{3R}, y = R \sin \left(\frac{C \cdot t^3}{3R} \right) \quad (5)$$

$$R = 2.5 \text{ cm} \quad \text{ג} \quad \alpha = \dot{\omega} = 8 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב} \quad \omega = \dot{\theta} = 8t + 5 \quad \text{א} \quad (6)$$

$$1.18 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \text{ז}$$

$$t \approx 0.27 \text{ sec} \quad \text{ב} \quad t \approx 0.39 \text{ sec} \quad \text{א} \quad (7)$$

$$t_2 = 5 \text{ sec} \quad \text{ז} \quad \alpha = 87.73^\circ \quad \text{ג} \quad a_\theta \approx 0.08 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב} \quad t_1 \approx 25.1 \text{ sec} \quad \text{א} \quad (8)$$

$$S = 1 \text{ m} \quad \text{ה}$$

$$|a| \approx 150 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ג} \quad a_\theta \approx 0.95 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב} \quad a_r \approx 150 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{א} \quad (9)$$

$$v_x = v_0 \cos \varphi, v_y = \frac{kt_0^3 R}{3}, v_z = v_0 \sin \varphi \quad \text{א} \quad (10)$$

$$d = \left((v_0 \cos \varphi)^2 + \left(\frac{kt_0^3 R}{3} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \left(t_0 + \frac{2v_0 \sin \varphi}{g} \right) \quad \text{ב}$$

$$t \approx 0.3 \text{ sec} \quad \text{ז} \quad v \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג} \quad \theta \approx 110^\circ \quad \text{ב} \quad v_{\min} = \sqrt{gl^5} \quad \text{א} \quad (11)$$

תרגילים מסכמים למתקדמים:

שאלות:

(1) 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.

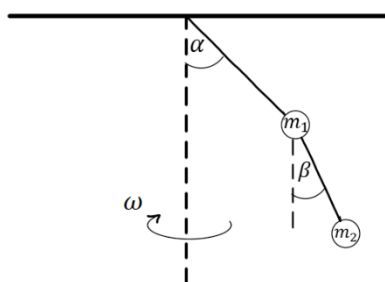
- מצאו את וקטורי המהירות והתאוצה של הגוף.
- מצאו את גודל התאוצה המשיקית והנורמאלית.
- ציירו את מסלול הגוף.

(2) חבל עם מסה מסתובב*

נתון חבל אחיד בעל מסה m ואורך l .
 החבל קשור בקצה אחד ומסתובב במישור אופקי במהירות זוויתית ω .
 מצא את גודל המתוחות לאורך החבל (כתלות במרחק מהקצה הקשור).
 רמז: יש לחלק את החבל לחתיכות קטנות ולעשות משוואת תנועה על כל חתיכה.

(3) מטוטלת כפולה מסתובבת אופקית*

גוף בעל מסה m_1 מחובר באמצעות חוט באורך l_1 לתקרה.
 גוף בעל מסה m_2 מחובר באמצעות חוט באורך l_2 לגוף הראשון.
 שני הגופים מסתובבים יחדיו בתדירות זוויתית קבועה ω סביב ציר האנך לתקרה.
 הזוויות בין החוטים לאנכים הן: α , β (ראה איור).
 א. רשום את משוואת התנועה לכל גוף.
 ב. מצא מהי הזווית α עבור המקרה בו $m_2 = 0$ ו- $m_1 \neq 0$.



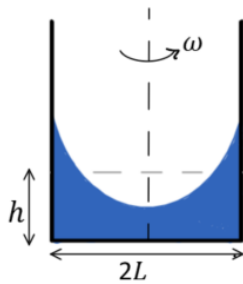
מהי תדירות הסיבוב המינימלית האפשרית?
 ג. דני ויוסי ניסו למצא את ω במקרה הכללי.
 דני הציב את גדלי המתוחות של החוטים
 במשוואת התנועה של גוף 2

$$\text{וקיבל: } \omega^2 = \frac{g \tan \beta}{l_1 \sin \alpha + l_2 \sin \beta}$$

יוסי הציב את המתוחות במשוואת התנועה

$$\text{של גוף 1 וקיבל: } \omega^2 = \frac{g}{l_1} \cdot \frac{\frac{m_1 + m_2}{m_1} \tan \alpha - \frac{m_2}{m_1} \tan \beta}{\sin \alpha}$$

ישב את הסתירה.

**(4) מים בכלי מסתובב****

תיבה באורך $2L$ ורוחב ω כך ש- $\omega \ll L$ מכילה מים. גובה המים בתיבה הוא h . מסובבים את התיבה במהירות זוויתית ω סביב ציר העובר במרכזה. הנח כי המים לא נשפכים מהתיבה.

א. מצאו את הפונקציה המתארת את פני המים במרחב (רמז: חשבו את השיפוע של המשיק לפני המים בנקודה כלשהיא, שיפוע זה הוא הנגזרת של הפונקציה).

ב. מהו הפרש הגבהים בין המים במרכז התיבה למים במרחק אופקי d מהמרכז?

ג. מה יהיה הפרש הגבהים אם נגדיל את מהירות הסיבוב פי 2?

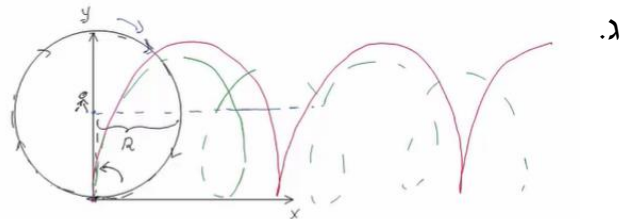
ד. מהו התנאי שתחתית התיבה תתייבש בנקודה כלשהיא?

תשובות סופיות:

$$\vec{v} = (R\omega - R\cos(\omega t) \cdot \omega) \hat{x} + R\sin(\omega t) \cdot \omega \hat{y} \quad \text{א.} \quad (1)$$

$$\vec{a} = R\omega^2 \sin(\omega t) \hat{x} + R\omega^2 \cos(\omega t) \hat{y}$$

$$|\vec{a}_t| = \frac{R\omega^2 (\sin \omega t)}{\sqrt{2(1 - \cos \omega t)}}, \quad |\vec{a}_n| = \frac{R\omega^2 (\cos(\omega t) - \cos(2\omega t))}{\sqrt{2(1 - \cos(\omega t))}} \quad \text{ב.}$$



$$T(x) = \frac{m\omega^2}{2l} (l^2 - x^2) \quad \text{ג.} \quad (2)$$

$$\sum F_x = m_1 \omega^2 l_1 \sin \alpha, \quad \sum F_y = 0 \quad \text{גוף 1} \quad (3)$$

$$\sum F_x = m_2 \omega^2 (l_1 \sin \alpha + l_2 \sin \beta), \quad \sum F_y = m_2 g \quad \text{גוף 2}$$

$$\Delta y = \frac{2\omega^2 d^2}{g} \quad \text{א.} \quad \Delta y = \frac{\omega^2 d^2}{2g} \quad \text{ב.} \quad y = \frac{\omega^2 x^2}{2g} + h - \frac{\omega^2 L^2}{6g} \quad \text{ג.} \quad (4)$$

$$h = \frac{\omega^2 L^2}{6g} \quad \text{ד.}$$

נוסחאות בסיסיות בתנועה מעגלית

רקע

- תנועה מעגלית היא תנועה על מעגל עם רדיוס קבוע.

הדרך בתנועה מעגלית	$S = \Delta\theta \cdot R$	יש להציב את הזווית ברדיאנים
גודל המהירות הקווית (speed)	$v(t) = \frac{dS}{dt}$	כיוון המהירות תמיד משיק למעגל
מהירות זוויתית	$\omega = \frac{d\theta}{dt} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	f - התדירות T - זמן המחזור התדירות וזמן המחזור מוגדרים רק בתנועה מעגלית קצובה
קשר בין המהירות הקווית לזוויתית	$v = \omega R$	קשר רק בין הגדלים
תאוצה רדיאלית לכיוון מרכז המעגל	$a_r = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$	
הכוח	$\Sigma F_{\text{למרכז המעגל}} = m \frac{v^2}{R} = m\omega^2 R$	
תאוצה זוויתית	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$	
תאוצה משיקית	$a_\theta = \frac{d \vec{v} }{dt} = \alpha R$	
הגובה במעגל אנכי	$h = R(1 - \cos \theta)$	כאשר h ו- θ נמדדים מתחתית המעגל

שאלות

(1) דוגמה-נהג מרוצים

נהג מרוצים נוסע במסלול מעגלי שרדיוסו 50 מטר.
מהירותו של הנהג כתלות בזמן היא: $v(t) = 4t$.

- א. מצא את המהירות הזוויתית של הנהג כתלות בזמן ומצא את הזווית של הנהג לאחר 5 שניות? (בהנחה כי התחיל מזווית אפס).
ב. מתי ישלים הנהג את הסיבוב הראשון?



(2) דוגמה-חישוב מהירות זוויתית של מחוגי שעון

חשב את המהירות הזוויתית של מחוג השניות, מחוג הדקות ומחוג השעות בשעון מחוגים.

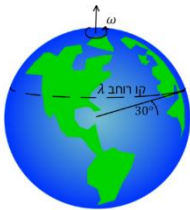
(3) חישוב מהירות זוויתית של כדור הארץ

א. חשב את המהירות הזוויתית של סיבוב כדור הארץ סביב עצמו.

ב. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקו המשווה

אם רדיוס כדור הארץ הוא בערך 6400 ק"מ?

ג. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקו רוחב $\lambda = 30^\circ$?



(4) דוגמה-יובל מסובבת אבן

יובל קושרת אבן שמסתה 200 גרם לחוט באורך 0.7 מטר.

יובל מסובבת את האבן באמצעות החוט במעגל אופקי מעל ראשה

(כמו שמסובבים קלע). המהירות הזוויתית של האבן היא: $12 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.

מהי התאוצה הרדיאלית של האבן ומהי המתיחות בחוט?
הנח שכוח הכובד זניח.

(5) מסה קשורה לעמוד מסתובב

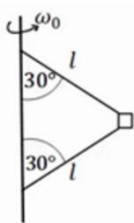
במערכת הבאה מסה m קשורה דרך שני חוטים למוט המסתובב

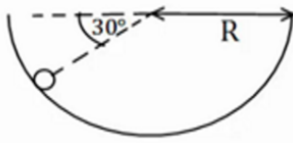
במהירות זוויתית ω_0 . אורך החוטים זהה ושווה ל- l .

הזווית של החוטים עם המוט היא 30° מעלות.

מהי המתיחות בכל חוט? בשאלה זו כוח הכובד אינו זניח.

נתונים: m, l, ω_0 .



(6) כדור בקערה כדורית

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

(7) דוגמה-תאוצה זוויתית נהג המרוצים

מצא את התאוצה הזוויתית בדוגמה-נהג מרוצים (שאלה 1).

(8) זווית משתנה בזמן

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

- מהי המהירות הזוויתית ב- $t = 2\text{sec}$ ו- $t = 4\text{sec}$?
- מהי התאוצה הזוויתית הממוצעת בין זמנים אלו?
- מהי התאוצה הזוויתית הרגעית בזמנים אלו?

(9) תאוצה משיקית קבועה

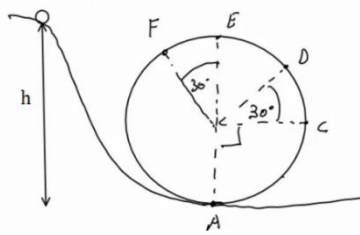
גוף נע במעגל בעל רדיוס R בתאוצה משיקית קבועה a_t וללא מהירות התחלתית. מצאו את גודל התאוצה הרדיאלית:
 א. כפונקציה של הזמן.
 ב. כפונקציה של זווית הסיבוב.

(10) תאוצה משיקית רדיאלית וכוללת

גוף נע במעגל שרדיוסו 3 מטר. הדרך שעובר הגוף נתונה ע"י: $s = 6t^2 + 3t$. חשב את התאוצה המשיקית, הרדיאלית והכוללת (כתלות בזמן).

(11) דוגמה-כוח על נהג המרוצים

בדוגמה של נהג המרוצים (שאלה 1), מצא מה הכוח הפועל על המכונית אם מסת המכונית (כולל הנהג) היא טון אחד. מי מפעיל כוח זה?

12) דוגמה-כדור בלופ

כדור קטן מאוד מתחיל להתגלגל ממנוחה מגובה $h = 6m$ ונכנס לתוך מעגל אנכי.

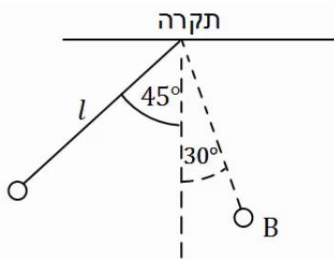
נתון שהכדור משלים סיבוב ואין חיכוך בינו לבין הרצפה. רדיוס המעגל הוא: $R = 2m$.

א. מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור. (רמז: שימור אנרגיה).

ב. מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.

ג. מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.

ד. מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.

13) כוחות במטוטלת

מטוטלת משוחררת ממנוחה מזווית של 45° מעלות. אורך החוט הוא l והמסה היא m .

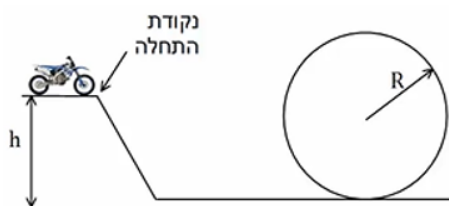
א. מהי מהירות המסה בתחתית המסלול?

ב. מהי המתיחות בחוט ברגע זה?

ג. מהי מהירות המסה בנקודה B הנמצאת

בזווית 30° מעלות? ומהי המתיחות בחוט באותה נקודה?

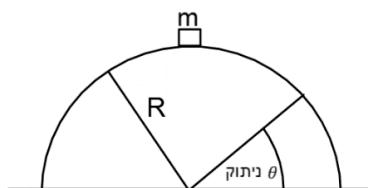
ד. מהי המתיחות בחוט בשיא הגובה וברגע השחרור?

14) רוכב אופנוע במעגל אנכי

רוכב אופנוע מתחיל תנועתו מנקודת ההתחלה שבציור. מהי המהירות ההתחלתית המינימלית הנדרשת עבור הרוכב כך שיוכל להשלים את הסיבוב האנכי.

הנח שהרוכב אינו משתמש במנוע לאחר נקודת ההתחלה.

נתון: R, h .

15) קופסה מחליקה על גבעה מעגלית

קופסה במסה m מונחת על ראש גבעה בצורת חצי מעגל ברדיוס R .

הקופסה מתחילה להחליק לאחד הצדדים

ממנוחה כאשר אין חיכוך בינה לבין הגבעה.

מצא באיזה זווית הקופסה תתנתק מהגבעה.

תשובות סופיות

$$(1) \quad \omega = \frac{2t}{25}, \theta \approx 57.3^\circ \quad \text{א.} \quad \text{ב. } 12.5 \text{ sec}$$

$$(2) \quad \text{מחוג שניות: } 0.105 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{מחוג דקות: } 1.75 \cdot 10^{-3} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$\text{מחוג שעות: } 1.45 \cdot 10^{-4} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$(3) \quad \text{א. } 7.27 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{ב. } 465 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג. } 400 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$(4) \quad T = 20.16 \text{ N}, a_r = 100.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

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

$$(6) \quad v = \sqrt{\frac{3gR}{2}}$$

$$(7) \quad \alpha = \frac{2}{25} \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$$

$$(8) \quad \omega(t=2) = -7 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}, \omega(t=4) = -67 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad \bar{\alpha} = -30 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב.}$$

$$\alpha(t=2) = 18 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}, \alpha(t=4) = -42 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2} \quad \text{ג.}$$

$$(9) \quad a_r = \frac{(a_t \cdot t)^2}{R} \quad \text{א.} \quad a_r = 2a_t \theta \quad \text{ב.}$$

$$(10) \quad a_\theta = 12 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, a_r = (4t+1)^2 \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, a = \sqrt{12^2 + 9(4t+1)^4}$$

$$(11) \quad |F| = \sqrt{(80t)^2 + 4000^2}, \text{ הכביש מפעיל כוח זה.}$$

$$(12) \quad |F| = \sqrt{(80t)^2 + 4000^2} \quad \text{החיכוך מהכביש:}$$

$$(13) \quad \text{א.} \quad v_A \approx 10.95 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, v_C \approx 8.94 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, v_D \approx 7.975 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, v_E \approx 6.32 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, v_F \approx 6.73 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

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

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

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

(14) א. $v = \sqrt{0.58gl}$ ב. $T = 1.58mg$
 ג. מהירות: $v_B = \sqrt{0.32gl}$, מתיחות: $T = mg(1.19)$
 ד. בשניהם: $T = mg \frac{1}{\sqrt{2}}$
 (15) $\theta = 41.8^\circ$

פיזיקה 1 מכניקה 4411110 - ישן

פרק 2 - עבודה ואנרגיה-חלק שני

תוכן העניינים

17	1. נקודת שיווי משקל.....
19	2. חישוב עבודה לכוח לא קבוע.....
21	3. ניתוח באמצעות גרפים של אנרגיות.....
23	4. הספק ונצילות.....
26	5. תרגילים מסכמים.....
30	6. תרגילים מסכמים כולל תנועה מעגלית.....

נקודת שיווי משקל:

שאלות:

1) שעון תלוי

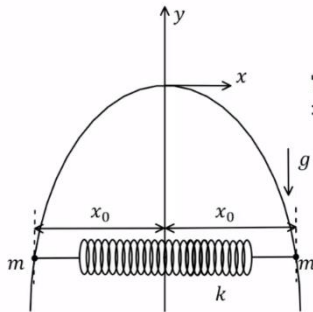


- שעון קיר תלוי באמצעות מסמר הנמצא בקצהו העליון. ניתן לסובב את כל השעון (לא את המחוגים) סביב המסמר. א. מצא באילו מצבים השעון יהיה בשיווי משקל וקבע עבור כל מצב איזה סוג שיווי משקל הוא. ב. חזור על סעיף א' אם המסמר תקוע במרכז השעון (השעון עדיין יכול להסתובב סביב המסמר).

2) אנרגיה פוטנציאלית בשיווי משקל

האנרגיה הפוטנציאלית של הגוף נתונה לפי הפונקציה הבאה: $U = (x-4)^2 + x^3$. מצא את נקודת שיווי המשקל ומיין אותה לסוגים הרלוונטיים.

3) קפיץ וחרוזים על תיל קשיח מכופף



- תיל קשיח מכופף בצורת פרבולה המתאימה לפונקציה: $y = -Ax^2$ כאשר A קבוע נתון. על התיל מושחלים שני חרוזים זהים בעלי מסה m, אחד בכל צד. קפיץ אופקי בעל קבוע k ואורך רפוי l מחבר בין החרוזים (ראה איור). חשב את המרחק האופקי x_0 של כל חרוז מציר ה-y במצב של שיווי משקל. הנח כי הקפיץ והחרוזים נמצאים תמיד באותו הגובה. הדרכה: כתוב ביטוי לאנרגיה הפוטנציאלית כפונקציה של x בלבד.

תשובות סופיות:

(1) א. כשהשעון למטה שיווי משקל יציב וכשהשעון הפוך ב- 180° שיווי משקל רופף.
 ב. השעון בשיווי משקל אדיש.

$$(2) \quad x_1, U''(x_1) = 6 \cdot \frac{4}{3} + 2 > 0 \quad \text{נק' מינימום} \Leftarrow \text{ש.מ. יציב.}$$

$$x_2, U''(x_2) = -2 \cdot 6 + 2 < 0 \quad \text{נק' מקסימום} \Leftarrow \text{ש.מ. רופף.}$$

$$(3) \quad x_0 = \frac{kl}{2k - 2mgA}$$

חישוב עבודה לכוח לא קבוע

רקע

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int (F_x dx + F_y dy + F_z dz)$$

צריך גם משוואה של המסלול

שאלות

1) חישוב עבודה במסלולים שונים

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

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

2) כוח בשלושה מימדים

נתון הכוח: $\vec{F} = zx^2\hat{x} + xz\hat{y} + 2y\hat{z}$.

- חשב את העבודה של הכוח דרך המסלול היוצא מהנקודה $A(1,2,3)$ עד לנקודה $B(2,3,5)$ כאשר המסלול יוצא מ- A במקביל לציר ה- Y עד לנקודה $C(1,3,3)$ ולאחר מכן מ- C במקביל לציר ה- Z ועד לנקודה $D(1,3,5)$ ולאחר מכן מהנקודה D במקביל לציר ה- X עד לנקודה B .
- חשב את העבודה של הכוח מהנקודה $A(0,0,-1)$ עד הנקודה $B(4,4,5)$ לאורך המסלול הנתון לפי המשוואות: $x(t) = 2t$; $y(t) = t^2$; $z(t) = 3t - 1$.

(3) חישוב עבודה של כוח במסלול מעגלי ואלפטי

$$\vec{F} = a(2x+4y)x + b(4x-2y)y : \text{נתון הכוח הבא}$$

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: $\vec{r} = R \cos \theta x + R \sin \theta y$ כאשר הגוף מתחיל את תנועתו מהנקודה $(R,0)$.

ג. מצא את העבודה שעושה הכוח על גוף הנע במסלול סגור לאורך אליפסה

המתוארת ע"י: $\vec{r} = d \cos \theta x + k \sin \theta y$ כאשר הגוף מתחיל את תנועתו מהנקודה $(d,0)$.

תשובות סופיות

$$(1) \quad \text{א. } W_{A \rightarrow B} = \frac{4}{2} + \frac{4 \cdot 8}{3} \quad \text{ב. } W_{A \rightarrow B} = 18 \quad \text{ג. } W_{A \rightarrow B} = 2 + \frac{64}{5}$$

$$\text{ד. } W_{A \rightarrow B} = 2 + \frac{64}{5}$$

$$(2) \quad \text{א. } 26.67J \quad \text{ב. } 128J$$

$$(3) \quad \text{א. } \vec{\nabla} \times \vec{F} = 0 \Rightarrow a = b \quad \text{ב. } W = R^2(0 - 4a\pi + 4b\pi) \quad \text{ג. } W = k \cdot d(0 - 4a\pi + 4b\pi)$$

ניתוח באמצעות גרפים של אנרגיות:

שאלות:

(1) נקודה הכי ימנית

גוף שמסתו 6 ק"ג נע לאורך ציר x בהשפעת כוח יחיד הנגזר מהאנרגיה הפוטנציאלית: $U(x) = 2x^4 - 36x^2$.

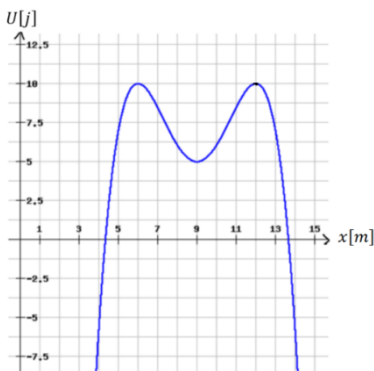
נתון שכאשר הגוף מגיע לנקודה בה $x = -1.5\text{m}$ מהירותו שווה ל- $v = 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

א. מהי הנקודה הימנית ביותר במסלול של הגוף?

ב. חזור על סעיף א', אם ערך המהירות היה: $v = 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

(2) גמל דו דבשתי

כוח משמר פועל על כדור בעל מסה 625gr. הגרף הבא מתאר את האנרגיה הפוטנציאלית של הכדור כתלות במיקומו:



א. שרטטו באופן איכותי את הגרף של הכוח כתלות במיקום.

ב. תארו באופן מילולי את תנועת הכדור אם

הוא משוחרר מ- $x = 7\text{m}$ ממנוחה.

ג. מהי המהירות המינימלית שצריך לתת לכדור במצב של סעיף ב' על מנת שהכדור יגיע לאינסוף?

ד. מהן נקודות שיווי המשקל?

מיינו אותן לפי יציבותן וציינו מה המשמעות של כל סוג של שיווי משקל.

(3) שני גופים בפוטנציאל אקספוננציאלי ריבועי

שני גופים נמצאים על ציר ה- x ונתונים להשפעת הפוטנציאל: $U(x) = Axe^{-Bx^2}$ כאשר A, B הם קבועים חיוביים. נתון כי ברגע מסוים גוף אחד נמצא ב- $x=0$ והאנרגיה שלו היא אפס, והגוף השני נמצא ב- $x = -\sqrt{\frac{1}{B}}$ והאנרגיה שלו

היא: $E = -\frac{A}{e} \sqrt{\frac{1}{B}}$. היכן ייפגשו הגופים? (בחר את התשובה הנכונה):

א. בתחום $-\sqrt{\frac{1}{B}} \leq x \leq 0$.

ב. הגופים לא ייפגשו אף פעם.

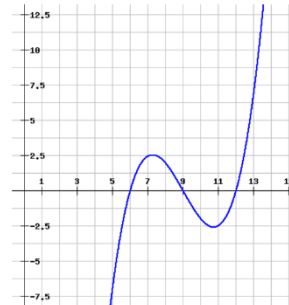
ג. בנקודה $x = -\sqrt{\frac{1}{B}}$.

ד. ב- $x=0$.

תשובות סופיות:

(1) א. $x = -1.202\text{m}$ ב. $x = 6.81\text{m}$

(2) א.



ב. מתחיל בתאוצה בכיוון החיובי עד $x = 9\text{m}$ ואז מתחיל להאט עד $x = 11\text{m}$
 שם עוצר רגעית ומסתובב חזרה. כך חוזר עד אינסוף.

ג. 2 מטר לשנייה.

ד. $x = 6\text{m}$ לא יציבה, $x = 9\text{m}$ יציבה, $x = 12\text{m}$ לא יציבה.

(3) א'.

הספק ונצילות

רקע

$$P_{avg} = \frac{W}{\Delta t}$$

הספק ממוצע:

W - העבודה

$$P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

הספק רגעי:

F – הכוח ו- v היא מהירות הגוף

שאלות

(1) כמה עולה להפעיל מזגן

כמה עולה להפעיל מזגן שההספק שלו 1 כוח סוס למשך שעה אחת?
יש לבדוק את תעריף חברת החשמל.

פירוט החיובים / הדיכויים

חשבון דו-חודשי

מספר חשבון חוזה: XXXXXXXXXX

חשבון לתקופה מ- 13/01/2020 עד 15/03/2020

גבאי מני

חייב בגין צריכה מחח"י (לא כולל מע"מ)

קריאות מונה מספר XXXXXXXXXX גורם הכפלה: 1

תעריף	סוג קריאה נכחית	תאריך קריאה קודמת	תאריך קריאה חדש/יום	ימים לחיוב	קריאה נכחית	קריאה קודמת	צריכה בקוט"ש	מחיר לקוט"ש באגרות	סה"כ בש"ח
ביתי	רגילה	15/03	12/01	63	47387	46267	1120	44.84	502.21
סה"כ							1120		502.21
סה"כ בגין צריכה							1120		502.21 ש"ח

(2) מכונית מאיצה מ-0 ל-100

מכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומגיעה למהירות של 100 קמ"ש ב-10 שניות.
מסת המכונית היא 1 טון. הניחו כי אין חיכוך עם האוויר.

א. מהי העבודה שהתבצעה על המכונית?

ב. מהו ההספק של המנוע בהנחה שהוא קבוע ומנוצל במלואו (הנחה לא נכונה)?

(3) אופנוע נוסע במהירות קבועה כנגד התנגדות אוויר

אופנוע נוסע במהירות קבועה של 100 קמ"ש.

כנגדו פועל כוח ההתנגדות מהאוויר של 300 ניוטון.

מהו ההספק של המנוע, אם נניח שההספק מנוצל במלואו?

(4) נצילות של 40 אחוז בדוגמה של המכונית המאיצה

בדוגמה "מכונית מאיצה מ-0 ל-100" מה ההספק של המנוע אם הנצילות שלו היא 40%?

(5) הספק ממוצע לשנות מהירות

איזה כוח קבוע יש להפעיל על מכונית בעלת מסה של 2 טון,

כדי לשנות את מהירותה מ- $9 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ ל- $27 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ בתוך 4 sec ?

מהו ההספק הממוצע של כוח זה?

(6) רכבת צעצוע חשמלית

רכבת צעצוע חשמלית מורכבת מ-10 קרונות.

הקרן הראשון והשני מכילים מנוע חשמלי ושוקלים 2 ק"ג כל אחד.

שאר הקרונות עמוסים בצעצועים ושוקלים 3 ק"ג כל אחד.

כל אחד מן המנועים מייצר הספק קבוע של 0.2KW.

א. כמה זמן ייקח לרכבת להגיע למהירות של 10 מטר לשנייה אם התחילה לנוע ממנוחה?

ב. מהי האנרגיה הקינטית של הקרון הראשון ומהי האנרגיה הקינטית של הקרון השני, כאשר הרכבת נעה במהירות שחישבת בסעיף א'?

ג. חשב את העבודה שביצע הכוח שפעל בחיבור בין הקרון הראשון לשני על הקרון השני בזמן ההאצה.

ד. חשב את העבודה שביצע הכוח שפעל בחיבור בין הקרון השני לשלישי על הקרון השלישי בזמן ההאצה.

ה. הרכבת מגיעה לעלייה עם שיפוע של 2 מעלות, מה צריך להיות הספק המנועים (בהנחה שהם שווים) על מנת שהרכבת תישאר במהירות קבועה של 10 מטר לשנייה?

**(7) הספק כאשר נתון מיקום כתלות בזמן**

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

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

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

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

תשובות סופיות

- (1) 45 אגורות.
- (2) א. $\Delta E_k \approx 385,800 \text{ J} = W_{\Sigma \vec{F}}$ ב. $p = 51.7 \text{ HP}$
- (3) $p = 11.18 \text{ HP}$
- (4) 135 כ"ס.
- (5) $F = 2500 \text{ N}$, $\bar{p} = 16.76 \text{ HP}$
- (6) א. $\Delta t = 3.5 \text{ sec}$ ב. $E_{k_1=100 \text{ J}} = E_{k_2}$ ג. $W_{1 \rightarrow 2} = 600 \text{ J}$
- ד. $W_{3 \rightarrow 2} = 1200 \text{ J}$ ה. $p = 97.7 \text{ W}$
- (7) א. $W = 144 \text{ J}$ ב. $p(t=2) = 56 \text{ W}$

תרגילים מסכמים:

שאלות:

1) קפיץ יורה כדור

הלוע של רובה צעצוע מורכב מקפיץ בעל קבוע k ובוכנה בעלת מסה m_1 .

בטעינה דוחפים כדור בעל מסה m_2 ודורכים את הקפיץ.

הכיווץ של הקפיץ הוא d .

ברגע הירי הקפיץ משוחרר ממנוחה.

א. באיזה רגע הכדור מנתק מגע מהבוכנה?

ב. מהי מהירות הכדור ברגע הזה?



2) כוח כפונקציה של מיקום, קפיץ וחיכוך*

מסה m נמצאת על מישור אופקי לא חלק ומחוברת לקפיץ בעל קבוע k .

החל מ- $t=0$ פועל על המסה כוח התלוי במיקום: $\vec{F}(x) = (30x^2 - 4x)\hat{x}$.

כל היחידות בשאלה הן יחידות סטנדרטיות.

ב- $t=0$ המסה נמצאת בראשית עם מהירות התחלתית v_0 והקפיץ רפוי.

נתונים: $m = 2\text{kg}$, $k = 10\frac{\text{N}}{\text{m}}$, $\mu_k = 0.3$, $v_0 = 5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

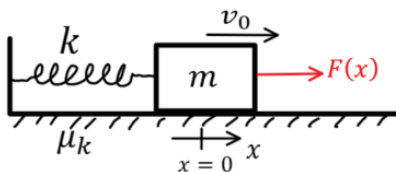
א. רשמו ביטוי לתאוצת המסה כתלות במיקום $a(x)$, הנח כי התנועה תמיד

בכיוון החיובי.

ב. מצאו את המיקום בו התאוצה של המסה מתאפסת.

ג. מהי העבודה שביצע הכוח מתחילת התנועה ועד אשר $x = 0.5\text{m}$?

ד. מהי המהירות של המסה כאשר מיקומה $x = 0.5\text{m}$?



(3) כוח כפונקציה של זמן במישור משופע*

מסה $m = 5\text{kg}$ נמצאת על מישור משופע לא חלק.

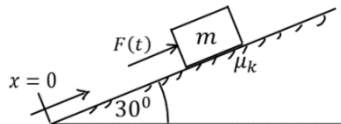
על המסה פועל כוח התלוי בזמן $F(t)$ שדוחף אותה במעלה המישור.

מהירות המסה ידועה והיא נתונה לפי הפונקציה: $v(t) = 3t^2 + 2t$.

מקדם החיכוך הוא: $\mu_k = 0.2$ ונתון כי: $x(t=0) = 0$.

כל היחידות הן יחידות סטנדרטיות.

זווית המישור היא 30° מעלות.



א. (1) היכן נמצא הגוף ב- $t = 2\text{sec}$?

(2) מהו גודל הכוח F ברגע זה?

ב. מהו מיקום הגוף כאשר תאוצתו היא: $8 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$?

ג. מהי האנרגיה הקינטית של הגוף ברגע של סעיף ב'?

ד. מהי עבודת הכוח F מרגע $t = 0\text{sec}$ ועד ל- $t = 3\text{sec}$?

(4) קופסה מחליקה על מקטעים ישרים*

קופסה משוחררת ממנוחה ומתחילה להחליק לאורך מסלול שאינו ידוע,

אך מורכב מקטעים ישרים בלבד.

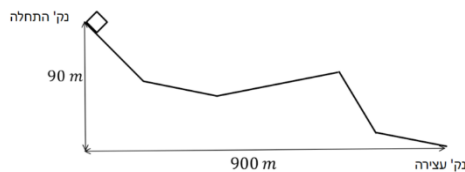
בין הקופסה למשטח עליו היא מחליקה קיים

חיכוך והקופסה נעצרת בנקודה

המרוחקת 900m אופקית ו- 90m מתחת

לנקודה בה התחילה.

חשבו את מקדם החיכוך, לא חסרים נתונים.

**(5) שרשרת על גלגלת**

שרשרת בעלת מסה M ואורך L מונחת על גלגלת

אידיאלית התלויה מהתקרה.

השרשרת מונחת כך שרבע מהשרשרת בצד אחד של

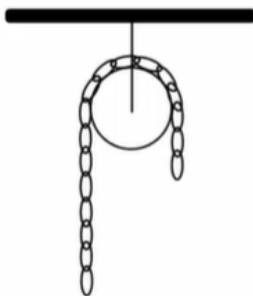
הגלגלת ושאר השרשרת בצד השני.

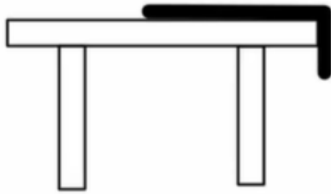
הנח שהחלק על הגלגלת עצמה זניח.

המערכת משוחררת ממנוחה.

מצאו את מהירות השרשרת ברגע שהקצה האחרון

שלה עובר את הגלגלת.



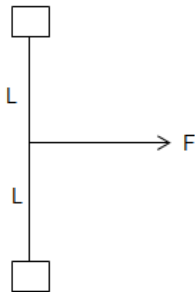

(6) חבל מחליק משולחן אנרגיה ומשוואת תנועה*

חבל באורך L ומסה M מונח על שולחן חסר חיכוך כך שהקצה של החבל באורך d נשמט מחוץ לשולחן. החבל מוחזק ומשוחרר ממנוחה.

א. רשמו את האנרגיה הקינטית והאנרגיה הפוטנציאלית במהלך החלקת החבל.

ב. השתמשו בשימור אנרגיה ומצאו את משוואת התנועה של החבל.

ג. השתמשו במשוואת התנועה ומצאו את מהירות החלקת כל החבל מהשולחן למטה.


(7) חוט מושך שתי מסות מחוברות בחוט**

חוט חסר מסה באורך $2L$ מחבר שתי מסות הנעות במישור אופקי ללא חיכוך.

כוח אופקי קבוע ונתון מושך את החוט במרכזו, בכיוון מאונך לחוט.

הנח שהמסות מתנגשות ונדבקות בהתנגשות. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד בהתנגשות?

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. בנקודת הרפיון של הקפיץ.} \quad \text{ב. } V = \sqrt{\frac{kd^2}{m_1 + m_2}}$$

$$(2) \quad \text{א. } a_{(x)} = 15x^2 - 7x - 3 \quad \text{ב. } x = 0.738\text{m} \quad \text{ג. } W = 0.75\text{J}$$

$$\text{ד. } V = 4.64 \frac{m}{s}$$

$$(3) \quad \text{א. (1) } x = 12 \quad (2) F = 103.7\text{N} \quad \text{ב. } x = 2\text{m} \quad \text{ג. } E_k = 62.5\text{J}$$

$$\text{ד. } W = 3935\text{J}$$

$$(4) \quad 0.1$$

$$(5) \quad V = \sqrt{\frac{3gL}{8}}$$

$$(6) \quad \text{א. } E = \frac{1}{2}MV^2 - \frac{M}{2}g\frac{y^2}{2} \quad \text{ב. } \ddot{y} = \frac{gy}{L}$$

$$\text{ג. } V(y=L) = \sqrt{\frac{g}{L}(L^2 - d^2)}$$

$$(7) \quad \Delta E = F \cdot l$$

תרגילים מסכמים כולל תנועה מעגלית:

שאלות:

(1) תנאי להשלים סיבוב עם החיכוך במישור משופע

גוף בעל מסה m מחליק על גבי מסילה המתוארת באיור.

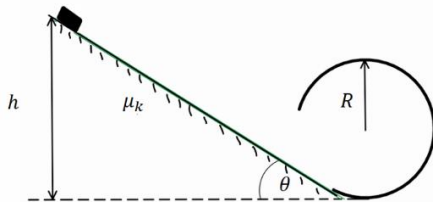
מקדם החיכוך בין הגוף למישור המשופע הוא μ_k .

זווית המישור היא θ .

החלק המעגלי חסר חיכוך.

מצא את h הנמוך ביותר עבורו הגוף ישלים

סיבוב בחלק העגול.



(2) שני חרוזים על טבעת מתרוממת*

טבעת בעלת רדיוס R ומסה M תלויה מהתקרה

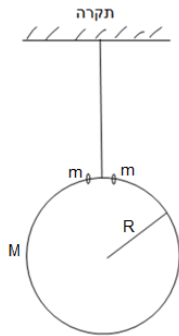
באמצעות חוט. מניחים בקצה העליון של הטבעת שני

חרוזים בעלי מסה m זהה.

החרוזים מתחילים ליפול ממנוחה לשני צדי הטבעת.

מצא את היחס בין המסות הדרוש על מנת שהטבעת

תתרומם במהלך נפילת הכדורים.



(3) מסה מסתובבת על שולחן ונמשכת למרכז*

מסה m נעה על שולחן חסר חיכוך בתנועה מעגלית ברדיוס R ובמהירות v_0 .

חוט קשור אל המסה הולך למרכז השולחן ועובר דרך גלגלת אידיאלית וחור בשולחן.

מושכים את החוט כך שהמסה מתקרבת למרכז.

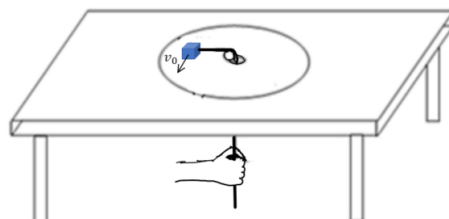
א. מהי המהירות הזוויתית כתלות ב- r (המרחק ממרכז הסיבוב).

השתמשו בשיקולי כוחות בלבד. רמז: אין כוחות בציר $\hat{\theta}$.

ב. הוכיחו שהעבודה שהושקעה במשיכת החוט עד לרדיוס R_2 כלשהו הקטן

מ- R זהה לשינוי באנרגיה הקינטית של המסה.

בסעיף זה ניתן להניח שהמהירות הרדיאלית קבועה.



תשובות סופיות:

$$h_{\min} = \frac{2.5R}{1 - \frac{\mu_k}{\tan \theta}} \quad (1)$$

$$\frac{m}{M} \geq \frac{3}{2} \quad (2)$$

$$\omega(r) = \frac{v_0 R}{r^2} \text{ א.} \quad (3) \quad \text{ב. הוכחה.}$$

פיזיקה 1 מכניקה 4411110 - ישן

פרק 3 - מתקף ותנע-חלק שני

תוכן העניינים

- 1. חלק שני הסברים ונוסחאות..... 32
- 2. שימור תנע בהתנגשויות קצרות..... 33
- 3. התנגשויות קצרות ללא שימור תנע..... 34
- 4. תרגילים ישנים..... 35
- 5. תרגילים מסכמים..... 38

חלק שני הסברים ונוסחאות:

שאלות:

(1) חישוב מתקף של כוח לא קבוע

כוח התלוי בזמן $\vec{F}(t) = At^2\hat{x}$ פועל על גוף הנמצא במנוחה, A הוא פרמטר קבוע ונתון.

א. מצא את המתקף שהפעיל הכוח על הגוף בחמש השניות הראשונות של התנועה.

ב. מצא את מהירות הגוף לאחר חמש שניות אם מסת הגוף היא: $m = 2\text{kg}$ וידוע כי אין כוחות אחרים הפועלים על הגוף.

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } \vec{J} = \frac{125A}{3}\hat{x} \quad \text{ב. } \vec{v} = \frac{125A}{6}\hat{x}$$

שימור תנע בהתנגשויות קצרות:

שאלות:

(1) זיקוק מתפוצץ

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

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

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

מהי מהירות החלק השלישי?

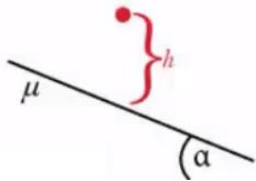
תשובות סופיות:

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

התנגשויות קצרות ללא שימור תנע:

שאלות:

(1) התנגשות קצרה במדרון



כדור בעל מסה m נופל אל מדרון לפי המתואר בשרטוט. נתון כי הכדור אינו מתרומם חזרה מעל המדרון לאחר הפגיעה. מצא את מהירות הכדור רגע לאחר הפגיעה.

(2) טנק וחיכוך קינטי



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

תשובות סופיות:

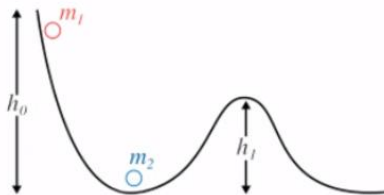
$$u_p = \frac{m\sqrt{2gh} \sin \theta - \mu m\sqrt{2gh} \cos \theta}{m} \quad (1)$$

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

תרגילים ישנים:

שאלות:

(1) גובה למעבר מכשול לשני כדורים



כדור משוחרר ממנוחה על פי הנתונים בשרטוט.
מה צריך להיות הגובה המינימלי ממנו הכדור
משוחרר על מנת ששני הכדורים יעברו את
המכשול כאשר:

- ההתנגשות פלסטית.
- ההתנגשות אלסטית.
- (אין צורך לפתור את המשוואות).

(2) מהירות למעבר מכשול לשני כדורים



בשאלה זו אין צורך לפתור את המשוואות.
שני כדורים מונחים כמתואר בשרטוט.
מה צריכה להיות המהירות ההתחלתית המינימלית של הכדור הימני על מנת
שהכדור השמאלי יעבור את המכשול:

- בהתנגשות פלסטית.
- בהתנגשות אלסטית.
- כעת נתון כי המסה השמאלית כבדה
פי 100 מהמסה הימנית.
בהינתן שההתנגשות אלסטית,
מה צריכה להיות המהירות המינימלית ההתחלתית על מנת ש:
- הכדור השמאלי יעבור את המכשול השמאלי.
- הכדור הימני יעבור את המכשול הימני.

(3) לא אלסטי לא פלסטי



שני קרונות בעלי מסה 1 מונחים על גבי משטח
ללא חיכוך. יורים את המסה הימנית
במהירות 10 שמאלה.
נתון כי ההתנגשות הינה אי אלסטית/אי פלסטית.
מהי מהירותה של כל אחת מהמסות לאחר הפגיעה
אם נתון כי בהתנגשות אבדה חצי מהאנרגיה ההתחלתית?

(4) יחסי מסות בהתנגשות אלסטית

שני כדורים מונחים על שולחן.

הכדור השמאלי נורה במהירות 10 אל עבר הכדור הימני בהתנגשות אלסטית.

תאר את מהירויות הגופים לאחר ההתנגשות במקרים הבאים :

א. מסת הכדורים שווה.

ב. מסת הכדור השמאלי כפולה פי 100 מזו של הימני.

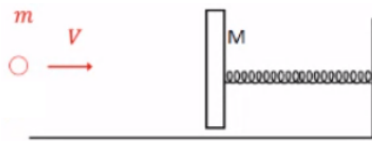
ג. מסת הכדור הימני כפולה פי 100 מזו של השמאלי.

(5) קליע לקפיץ בלי חיכוך

קליע נורה אל קפיץ לפי הנתונים המופיעים בשרטוט.

מהו הכיוון 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) תנע לבעיטה בכדור**

כדורגלן מניף את רגלו לעבר כדור.

מסת הכדור m ומסת הרגל M והפגיעה אלסטית.

א. מה צריכה להיות מהירות הרגל על מנת

שהכדור יצא לדרכו אל השער במהירות U?

ב. פרשני ספורט רבים נוהגים לומר כי על דשא רטוב

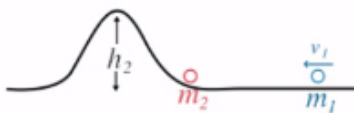
הכדור מאיץ מהר יותר. האם כך הדבר?

**(8) מהירות למעבר מכשול בפלסטי**

מהי המהירות המינימלית שצריך לתת למסה

הימנית על מנת שלאחר התנגשות פלסטית

הגוף יעבור את המכשול?

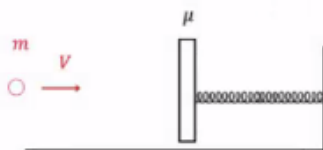
**(9) קליע לקפיץ עם חיכוך**

קליע נורה אל קפיץ לפי הנתונים

המופיעים בשרטוט.

מהו הכיוון המקסימלי בקפיץ,

אם נתון מקדם החיכוך בין המסה M לרצפה?

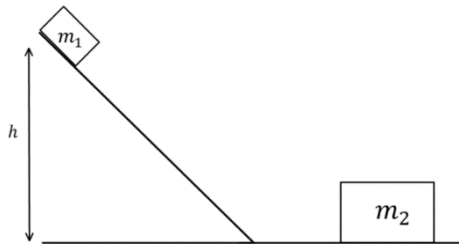


תשובות סופיות:

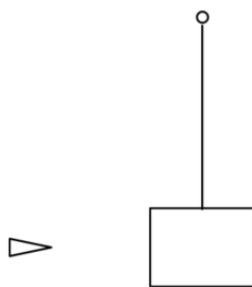
$$\begin{aligned}
 (1) \quad & \text{א. } \frac{1}{2}u_1^2 = gh_1 \quad \text{ב. } \frac{1}{2}u_2^2 = gh_1 \\
 (2) \quad & \text{א. } gh_2 = \frac{1}{2}u^2 \quad \text{ב. } \frac{1}{2}u_2^2 = gh_2 \quad \text{ג. } \frac{1}{2}u_2^2 = gh_2 \\
 & \text{ד. } \frac{1}{2}u_1^2 = gh_1 \\
 (3) \quad & u_1 = 100 - u_2, \quad 0 = 2u_2^2 - 200u_2 + 9950 \\
 (4) \quad & \text{ראה סרטון.} \\
 (5) \quad & \frac{1}{2}(m+M)u^2 = \frac{1}{2}k\Delta^2 \\
 (6) \quad & V_2 = -\frac{m}{M}V, \quad E = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}MV_2^2 \\
 & P \Rightarrow MV_1 = Mu_1 + mu \\
 (7) \quad & \text{א. } E \Rightarrow \frac{1}{2}MV_1^2 = \frac{1}{2}Mu_1^2 + \frac{1}{2}mu^2 \quad \text{ב. לא.} \\
 (8) \quad & P \Rightarrow MV_1 = (m_1 + m_2)u \\
 & E \Rightarrow \frac{1}{2}\{m+M\}u^2 = (m+M)gh \\
 (9) \quad & \frac{1}{2}(m+M)u^2 + (m+M)g \cdot \mu \cdot \Delta \cdot \cos(180) = \frac{1}{2}k\Delta^2
 \end{aligned}$$

תרגילים מסכמים:

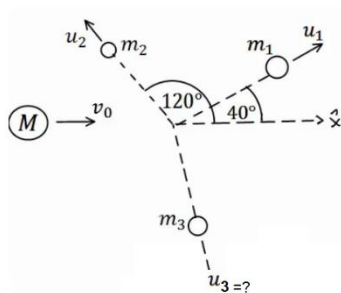
שאלות:



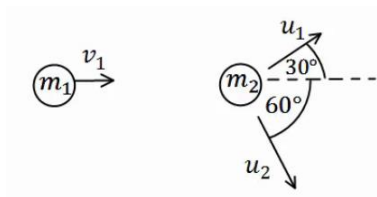
- (1) גוף יורד במדרון מתנגש ועולה חזרה
גוף בעל מסה $m_1 = 2\text{kg}$ משוחרר ממנוחה על
מדרון משופע בגובה $h = 1\text{m}$.
בתחתית המדרון מונח גוף בעל מסה $m_2 = 5\text{kg}$.
הוגף הראשון פוגע בגוף השני בהגיעו
למישור האופקי והגופים מתנגשים התנגשות
אלסטית, עד לאיזה גובה יגיע הגוף הראשון
בחזרה במעלה המדרון? אין חיכוך בין הגופים למשטחים.



- (2) קליע חודר מטוטלת בליסטית
בול עץ בעל מסה 2kg קשור לחוט ותלוי אנכית במנוחה.
קליע בעל מסה 5gr נע במהירות $v_1 = 450 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ פוגע
בבול העץ, חודר אותו, ויוצא מצידו השני
במהירות $u_1 = 150 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
לאיזה גובה מקסימאלי יגיע בול העץ?



- (3) פצצה
פצצה בעלת מסה $M = 13\text{kg}$ נעה באוויר במהירות
קבועה $v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ברגע מסוים, הפצצה מתפוצצת
לשלושה חלקים 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 $m_1 = 2\text{kg}$ ומהירות $v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

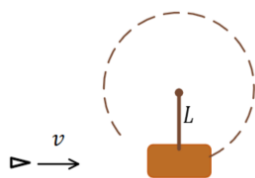
מתנגש בכדור בעל מסה $m_2 = 3\text{kg}$ הנמצא במנוחה.

לאחר ההתנגשות הכדור הראשון נע בכיוון 30°

מעל לכיוון הפגיעה, והכדור השני נע בזווית 60° מתחת לכיוון הפגיעה (ראה איור).

א. מצא את מהירות הגופים 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 במהירות אופקית v לעבר בול העץ.

הקליע חודר את הבול ויוצא מצידו השני במהירות v_f .

יחד עם הקליע יוצאת גם חתיכה מהעץ (במהירות הקליע) ובמסה של 5 אחוז

ממסת בול העץ.

מהי המהירות המינימלית של הכדור עבורה בול העץ יוכל להשלים סיבוב אנכי

(שימו לב שהמוט קשיח)?

(6) אדם יורד מכדור פורח

אדם נמצא בכדור פורח בגובה קבוע באוויר.

משקלו של האדם הוא 70 ק"ג ומסתו של הכדור פורח

(ללא האדם) היא 280 ק"ג (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 מטר

לשנייה כלפי מטה וביחס לקרקע, מהי המהירות של

הכדור פורח (גודל וכיוון)?

ב. מהי מהירות הכדור פורח אם האדם נעצר לפתע באמצע

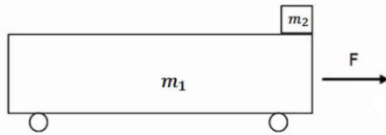
(לפני שהוא מגיע לקרקע)?

(7) 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: $\mu_s, \mu_k, F, m_1, m_2$.



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

נניח כי הכוח F גדול מזה שחישבת בסעיף א'.

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

ב. מה הכוח F המקסימאלי?

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

ד. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד בזמן הזה?

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

(8) מסה על שני קרונות

נתונים שני קרונות 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 ב' וג' תואמים בתשובותיהם?

**(9) מסות שומרות תנע ונדבקות לקיר**

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

שתי המסות נעות יחד במהירות v על גבי משטח

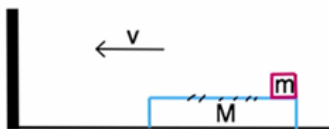
חלק לעבר קיר. התנגשות בקיר אלסטית.

מקדם החיכוך בין המסות הוא μ .

א. מה תהיה מהירות המסה M לאחר זמן

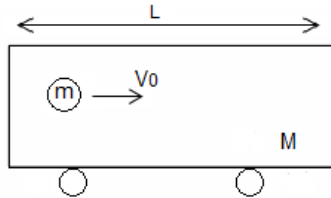
רב בהנחה שהיא גדולה מהמסה m .

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



(10) 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?

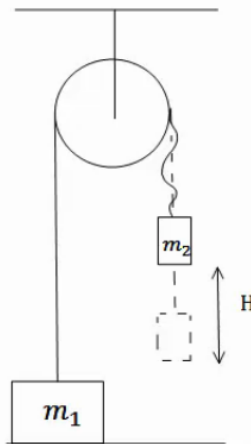
(11) שתי מסות על גלגלת וחוט רפוי

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?

(12) 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?

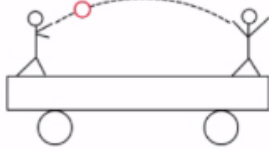


(13) רתע בתוך עגלה

בתוך 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.



א. מה תהיה מהירות העגלה והאנשים שעליה לאחר זריקת הכדור?

ב. מה תהיה מהירות העגלה לאחר שהחבר יתפוס את הכדור?

ג. כמה זמן הכדור ישהה באוויר?

ד. מהו המרחק אותו עברה העגלה במהלך זמן זה?

ה. תאר מה יקרה אם החבר ימסור חזרה את הכדור לחברו.

(14) אדם הולך על עגלה (מכיל תנועה יחסית)

אדם בעל מסה M עומד על עגלה בעלת מסה m .

האדם מתחיל ללכת במהירות v_R ביחס לעגלה.

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

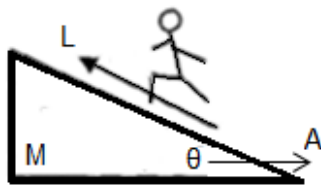
(15) אדם על רמפה (מכיל תנועה יחסית)*

אדם שמסתו m רץ במעלה רמפה משופעת בזווית θ .

מסת הרמפה היא M , 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 ?

(16) כדור עולה על מדרון משולש

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

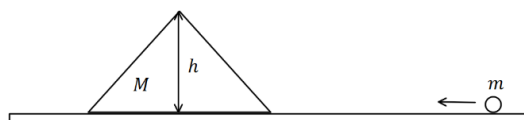
מעל משטח אופקי חלק (ללא חיכוך).

מסת המדרון היא: $M = 15kg$.

מגלגלים כדור בעל מסה $m = 5kg$

על המשטח לכיוון המדרון.

התייחס לכדור כאל גוף נקודתי.



א. מה צריכה להיות המהירות שבה מגלגלים את הכדור כך שהוא יעצור

(ביחס למדרון) בדיוק לפני שהוא עובר את שיא הגובה של המדרון?

ב. מהי המהירות המדרון ברגע שהכדור מגיע לשיא הגובה?

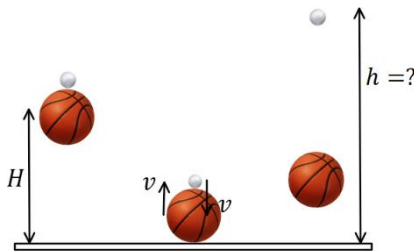
ג. מהי המהירות הסופית של המדרון והכדור?

(17) מסה מחליקה בין שני טריזים

גוף בעל מסה m מחליק על שני טריזים זהים בעלי מסה M כל אחד. המעבר מהטריז למשטח האופקי הוא חלק, המשטחים חסרי חיכוך וחופשיים לנוע על השולחן (ראו סרטוט). לאיזה גובה מקסימאלי יטפס הגוף על הטריז השני אם גובהו ההתחלתי הוא h ?

**(18) כדור גולף על כדורסל**

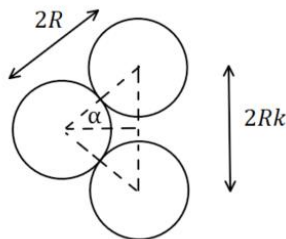
כדור גולף וכדור כדורסל מוחזקים במנוחה אחד מעל השני בגובה $H = 1.5\text{m}$. משחררים אותם ליפול ממנוחה. מה יהיה הגובה המרבי אליו יגיע כדור הגולף אם נניח שכל ההתנגשויות אלסטיות ומצחיות. מסת כדור הגולף היא: $m = 46\text{gr}$ ומסת הכדורסל היא: $M = 624\text{gr}$.

**(19) התנגשויות אלסטיות זהה בכל המערכות**

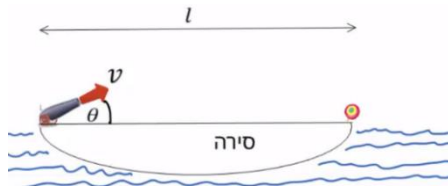
במערכת אינרציאלית מסוימת האנרגיה הקינטית של שני גופים m_1 ו- m_2 היא E_k . מצאו את האנרגיה הקינטית של הגופים במערכת אינרציאלית אחרת הנעה במהירות v_0 ביחס למערכת המקורית. השתמשו בתוצאה שקיבלתם והראו כי אם במערכת מסוימת ההתנגשויות היא אלסטית אז היא חייבת להיות אלסטית גם בכל מערכות הייחוס האינרציאליות האחרות.

(20) דיסקה מתנגשת בשתי דיסקות זהות

על מישור חלק נמצאות 3 דיסקות זהות בעלות מסה M ורדיוס R כל אחת. הדיסקה השמאלית באיור נעה במהירות v ומתנגשת התנגשות אלסטית בזמנית עם שתי הדיסקות האחרות כפי שמתואר באיור. המרחק בין הדיסקות שנמצאות במנוחה לפני ההתנגשות מתואר על ידי $2Rk$ כאשר $1 \leq k \leq 2$.



- מהי גודלה של מהירות הדיסקה הפוגעת לאחר ההתנגשות כתלות בזווית α שבאיור?
- עבור אילו ערכים של k הדיסקה תחזור אחורה/תיעצר במקום/תמשיך קדימה?

**(21) סירה יורה פגז על מטרה בקצה השני**

סירה באורך l נמצאת על מים שקטים, בקצה השמאלי של הסירה נמצא תותח צעצוע ובקצה הימני נמצאת מטרה. התותח יורה פגז צעצוע בזווית θ ובמהירות v ביחס לקרקע.

מסת הפגז היא m ומסת הסירה היא M .

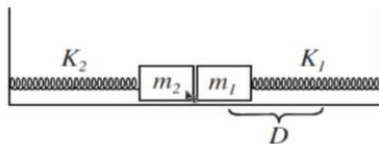
מצא את המהירות v הדרושה בשביל לפגוע בדיוק במטרה (הזנח את גובה התותח וגובה המטרה והנח כי התותח מחובר לסירה).

(22) שרשרת מחליקה משולחן

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

א. מה תהיה מהירות השרשרת ברגע הניתוק מהשולחן, בהנחה שאין חיכוך?

ב. ענה על סעיף א' בהנחה שמקדם חיכוך μ קיים בין השרשרת לשולחן.

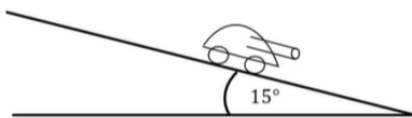
(23) שתי מסות ושני קפיצים

מסות מתחילות ממנוחה כבשרטוט.

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

א. מהו הכיוון המקסימלי של הקפיץ השמאלי?

ב. מהו הכיוון המקסימלי של הקפיץ הימני כאשר שתי המסות חוזרות ימינה?

(24) טנק יורה פגזים ועולה במדרון**

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

מסת כל פגז היא 20 ק"ג והוא נורה במהירות לוע של 400 מטר לשנייה במקביל ובמורד למדרון. הניחו שלטנק גלגלים והחיכוך בינו למדרון זניח. מה ההעתק המקסימלי שיעשה הטנק במעלה המדרון?

תשובות סופיות:

$$0.18\text{m} \quad (1)$$

$$0.028\text{m} \quad (2)$$

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

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

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

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

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

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

$$u_f = \frac{F \cdot T}{m_1 + m_2} \quad \text{ד. } E = F \cdot \frac{1}{2} a_1 T^2 - \left(\frac{1}{2} m_2 v_2^2(T) + \frac{1}{2} m_1 v_1^2(T) \right) \quad \text{ג.}$$

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

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

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

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

$$t = \frac{L}{u_2 - u_1} \quad \text{ב.}$$

$$J_{\text{ceiling}} = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gH} \hat{y} \quad \text{ג. } \Delta P_{\text{Total}} = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gH} \quad \text{ב. } v_2 = \sqrt{2gH} \quad \text{א. } (11)$$

$$J_{\text{Totalceiling}} = 0 + \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gH} + \frac{m_1 (m_1 + m_2)}{m_1 - m_2} \sqrt{32gH} \quad \text{ה. } h = \frac{m_2}{m_1 - m_2} \sqrt{\frac{H}{2g}} \quad \text{ד.}$$

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

$$L = t \cdot (v - u) \quad \text{ג. } mv + Mu = (m + M) \cdot 0 \quad \text{ב. } 0 = mv + Mu \quad \text{א. } (13)$$

$$x = u \cdot t \quad \text{ד. ה. ראה סרטון.}$$

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

$$x_{ramp}(T) = \frac{m}{m+M} L \cos \theta \quad \text{ג.}$$

$$a_{p_x} = \frac{2L}{T^2} \cos \theta - A \quad \text{ב.}$$

$$a'_p = \frac{2L}{T^2} \quad \text{א. (15)}$$

$$u_1' = 2\sqrt{5} \frac{m}{\text{sec}}, u_2' = -2\sqrt{5} \frac{m}{\text{sec}} \quad \text{ג.}$$

$$u = \sqrt{5} \frac{m}{\text{sec}} \quad \text{ב.}$$

$$v_0 = 8.94 \frac{m}{\text{sec}} \quad \text{א. (16)}$$

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

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

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

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

$$\text{ב. קדימה: } \sqrt{2} < k \leq 2, \text{ במקום: } k = \sqrt{2}, \text{ אחורה: } 1 \leq k < \sqrt{2}$$

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

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

$$v = \sqrt{\frac{3}{4}} gl \quad \text{א. (22)}$$

$$\text{(23) ראה סרטון.}$$

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

פיזיקה 1 מכניקה 4411110 - ישן

פרק 4 - מסה משתנה

תוכן העניינים

1. הקדמה ופיתוח הנוסחה (ללא ספר)
2. שימוש בנוסחה 47
3. סיכום מסה משתנה (ללא ספר)
4. תרגילים נוספים 48

שימוש בנוסחה:

שאלות:

1) חיכוך במסה משתנה

עגלה בעלת מסה התחלתית M_0 נעה על משטח עם חיכוך.

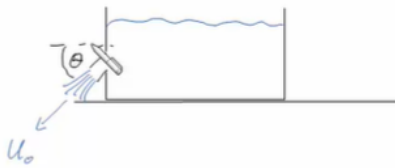
לעגלה מחובר בקצה האחורי צינור המשפריץ מים בקצב α ומהירות u_0 .

הצינור נמצא בזווית θ ביחס לציר ה- x .

נתון: $M_0, \theta, \alpha, \mu_k, u_0$.

א. כתוב את משוואת התנועה.

ב. מצא את המהירות כפונקציה של הזמן.



תשובות סופיות:

$$-\mu_k (M(t)g - u_0 \sin \theta \alpha) = M(t) \frac{dv_x}{dt} - \alpha u_0 \cos \theta \quad \text{א.} \quad (1)$$

$$v(t) = -\mu_k g t + \left(\frac{C}{\alpha} \ln \frac{M_0 - \alpha t}{M_0} \right) + v_0 \quad \text{ב.}$$

תרגילים נוספים:

שאלות:

(1) עגלה עם מטף קצף

מתקנים על עגלה מטף קצף.

המטף פולט קצף אחורנית (ואופקית) מהעגלה

במהירות u ביחס לעגלה ובקצב $\left| \frac{dm}{dt} \right| = a - bt$.



פליטת הקצף גורמת לעגלה לנוע בקו ישר.

מסת העגלה (כולל המטף) בתחילת התנועה

היא M_0 ואין חיכוך בין העגלה לקרקע.

א. מהן היחידות של a ו- b ? הנח שכל הגדלים האחרים ב- m.k.s.

ב. מצאו את תאוצת העגלה כתלות בזמן כל עוד $\frac{a}{b} > t$.

ג. מהי מהירות העגלה כתלות בזמן?

(2) חללית מנתקת מיכלים

חללית יכולה לנתק את מכלי 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- α

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 מאבדת ממשקלה m נוסף, נגמר הדלק

במכליה והיא מכבה מנועים וממשיכה במהירות הסופית.

הנח שהחללית מתחילה ממנוחה ושהיא משוגרת מתחת חלל, כלומר אין

השפעת כבידה על החללית.

א. מהי מהירות החללית רגע לפני ניתוק המיכל הראשון?

ב. מהי מהירות החללית לאחר ניתוק המיכל?

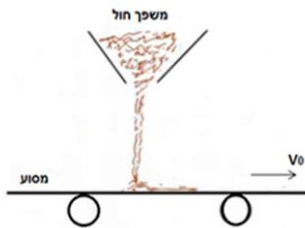
ג. מהי מהירותה הסופית של החללית?

(הנח שהיא שומרת על מהירותה לאחר כיבוי המנועים).

ד. בכמה שיפרה החללית את מהירותה הסופית על ידי ניתוק המיכלים?



(3) משפך חול על מסוע



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

משפך חול מפיל חול על מסוע בקצב $\frac{dm}{dt} = At$ 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?

(4) בלון

בלון בעל מסה M מלא בגז. נתון כי $\frac{3}{4}$ ממסת הבלון היא מסת הגז.

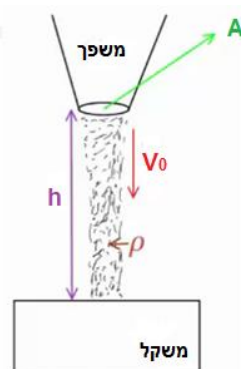
משחררים את הבלון ממנוחה והגז יוצא במהירות u_0 ביחס לבלון.

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.

(5) 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?

(6) טיפת גשם

טיפת גשם נופלת דרך ענן וסופחת מים יחסית לשטח הפנים שלה.

קצב שינוי המסה של הטיפה נתון לפי $\frac{dm}{dt} = 4\pi r^2 b$, 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 $v(r) = (Cr)^A + \frac{B}{1-A} r$

(7) עגלה עם גשם, משאבה וחיכוך

עגלה בעלת מסה M_0 נוסעת על משטח עם חיכוך.

על העגלה יורד גשם בקצב a ובמהירות u_1 בציר האנכי בלבד. בנוסף, לעגלה מחוברת משאבה בקצה האחורי, המוציאה מים מן העגלה החוצה במהירות u_0 ובקצב a .

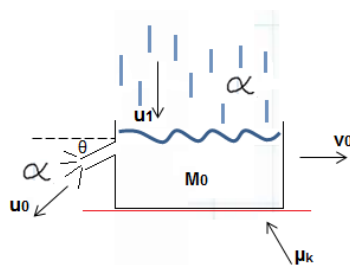
המשאבה מוציאה את המים בזווית θ מתחת לציר ה- x (ראה ציור). לעגלה מהירות התחלתית V_0 .

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.

**(8) חול נשפך מקרונית**

קרונית עמוסה בחול נעה על פסים ללא חיכוך במהירות v .

ברגע מסוים נפתח חלון בתחתית הקרונית וחול מתחיל להישפך בקצב קבוע α . מהי מהירות הקרונית כתלות בזמן?

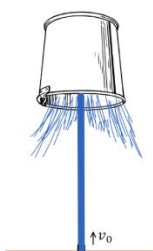
(9) דלי מוחזק באוויר

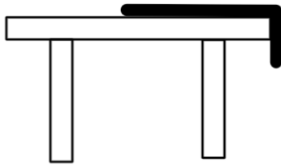
דלי בעל מסה M מוחזק הפוך באוויר באמצעות זרם מים.

המים יוצאים מצינור באדמה במהירות v_0 כלפי מעלה ובקצב α .

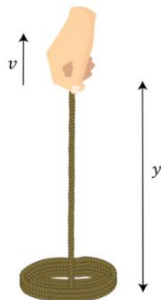
מהו הגובה בו הדלי נמצא באוויר?

הנח שהמים לא ניתזים חזרה לאחר הפגיעה בדלי.

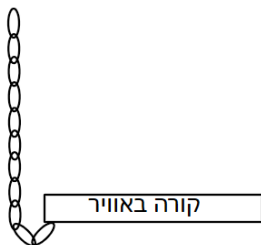


(10) חבל מחליק משולחן

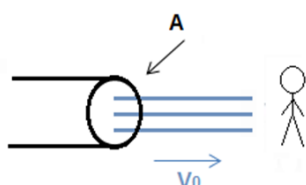
חבל באורך L ומסה M מונח על שולחן חסר חיכוך כך שהקצה של החבל באורך d נשמט מחוץ לשולחן. החבל מוחזק ומשוחרר ממנוחה. מה תהיה מהירות החבל כאשר כל אורך החבל ייפול מהשולחן. פתור משיקולי תנע בלבד! הנח שהחבל אינו פוגע ברצפה.

(11) מרימים חבל ממנוחה

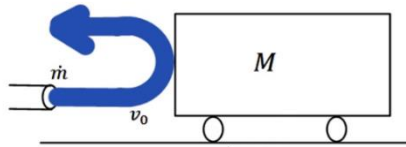
חבל אחיד, בעל מסה M ואורך L מונח על שולחן. מרימים קצה אחד של החבל במהירות קבועה v .
 א. מהי המתיחות בקצה העליון של החבל כתלות בפרמטרים של השאלה ובגובה הקצה y ?
 ב. מהי העבודה שעושה היד ביחידת זמן?
 ג. מהו קצב שינוי האנרגיה הכוללת של החבל?

(12) שרשרת מחוברת לקורה נופלת

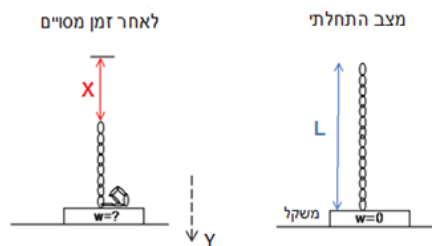
שרשרת באורך L וצפיפות אחידה λ מחוברת לקורה התלויה באוויר. מרימים את השרשרת אנכית מעל הקורה ומשחררים ממנוחה. הנח שהחלק שמחובר לקורה בהתחלה זניח, כלומר גובה הקצה העליון של השרשרת הוא L מעל החיבור עם הקורה. הנח שהשרשרת לא פוגעת בקרקע במהלך הנפילה.
 א. מהי מהירות החלק שנופל כתלות בזמן?
 ב. מהו התנע של כל השרשרת כתלות בזמן?
 ג. מה הכוח שמפעילה הקורה על השרשרת כתלות בזמן?
 ד. מה גודל הכוח שמפעילה הקורה ברגע הנפילה האחרון של השרשרת אם מסת השרשרת היא 2 ק"ג ?

(13) 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 $v < v_0$.

(14) צינור משפריץ מים 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.

(15) 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
 (המרחק אותו עבר הקצה העליון).

תשובות סופיות:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{u(a-bt)}{M_0 - at + \frac{1}{2}bt^2} \quad \text{ב.} \quad [a] = \frac{\text{kg}}{\text{sec}} \quad , \quad [b] = \frac{\text{kg}}{\text{sec}^2} \quad \text{א.} \quad (1)$$

$$v(t) = u \ln \left[\frac{M_0}{M_0 - at + \frac{1}{2}bt^2} \right] \quad \text{ג.}$$

$$u \ln \frac{M_0}{M_0 - m} \quad \text{א.} \quad \text{ב. לא משתנה.} \quad (2)$$

$$u \ln \left(\frac{M_0 - m - k}{M_0 - 2m - k} \right) \quad \text{ד.} \quad u \ln \frac{M_0 (M_0 - 2m - k)}{(M_0 - m)(M_0 - m - k)} \quad \text{ג.}$$

$$\rho = V_0^2 At \quad \text{ב.} \quad F = V_0 At \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$y_{\max} = \frac{g}{4} \left(\frac{2u_0}{3g} \ln 4 \right)^2 + \frac{1}{2g} \left(\frac{u_0}{3} \ln 4 \right)^2 \quad \text{ב.} \quad -\frac{3g}{2u_0} Me^{-\frac{3g}{2u_0}t} \quad \text{א.} \quad (4)$$

$$\frac{W}{W'} = 1 - \frac{V_F \rho A V_0}{W'} \quad \text{ג.} \quad V_F = \sqrt{V_0^2 + 2gh} \quad \text{ב.} \quad \frac{dm}{dt} = \rho A V_0 \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$W = W + \frac{W}{g} a_0 \quad \text{ה.} \quad W = W + \rho A h g \quad \text{ז.}$$

$$v(r) = -\frac{\rho g}{4b} r_0 \left(\frac{r}{r_0} \right)^{-3} + \frac{\rho g}{4b} r \quad \text{ב.} \quad r = \frac{b}{\rho} t + r_0 \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$\text{Lima}(t) = \text{Lima}(r) = \frac{g}{4} \quad \text{ד.} \quad a(t=0) = g \quad \text{ג.}$$

$$V(t) = (u_0 \alpha \cos \theta - \mu_R N) \frac{1}{\alpha} \quad \text{ב.} \quad -\mu_k N = M_0 \frac{dv}{dt} + \alpha V(t) - u_0 \alpha \cos \theta \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$V(t) = \frac{1}{\alpha} \left(C - (C - \alpha V_0) e^{-\frac{\alpha}{M_0}t} \right) \quad \text{ג.}$$

$$v = \text{const} \quad (8)$$

$$h = \frac{\alpha v_0^2 - Mg}{2g\alpha} \quad (9)$$

$$V_F^2 = \frac{g}{2} (L^2 - d^2) \quad (10)$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{M}{L} g y v + \frac{M}{L} v^3 \quad \text{ג.} \quad \rho = \frac{M}{L} g y v + \frac{M}{L} v^3 \quad \text{ב.} \quad F = \frac{M}{L} g y + \frac{M}{L} v^2 \quad \text{א.} \quad (11)$$

$$\text{א. } v = gt \quad \text{ב. } \rho_T = \lambda \left(L - \frac{1}{4} g t^2 \right) g t \quad \text{ג. } \frac{3}{4} \lambda g^2 t^2 \quad \text{ד. } 60_N$$

$$\text{א. } \sum F = -\sum F = \rho A v_0^2 \quad \text{ב. } \sum F = \rho A (v_0 - v)^2$$

$$v(t) = v_0 \left(1 - \frac{1}{2\dot{m}} M t + 1 \right) \quad (14)$$

$$N(x=L) = 3Mg \quad (15)$$

פיזיקה 1 מכניקה 4411110 - ישן

פרק 5 - כוח גרר וכוח ציפה

תוכן העניינים

1. כוח גרר, הסבר ודוגמה עם צנחן 55
2. כוח ציפה 56
3. כוח סטוקס (ללא ספר)
4. סיכום כוח גרר סטוקס וכוח ציפה 57
5. תרגילים מסכמים 58

כוח גרר, הסבר ודוגמה עם צנחן

רקע

כוח גרר הוא כוח מהצורה

$$\vec{F} = -k\vec{v}$$

כאשר $\vec{v}$ היא מהירות הגוף ו- k הוא קבוע כלשהו.

משוואת תנועה - משוואה הכוללת את x , v ו- a . בדרכ מגיעים אליה ממשוואת הכוחות.

מהירות סופית - המהירות הקבועה שהגוף מגיע אליה לאחר זמן רב. (תאוצה שווה לאפס)

כוח סטוקס - כוח גרר שפועל על **כדור** בתוך נוזל

$$\vec{F}_v = -6\pi\eta R\vec{v}$$

η - צמיגות הנוזל

R - רדיוס הכדור

שאלות



1) הסבר ודוגמה עם צנחן

צנחן קופץ ממטוס ופותח מצנח.

נתון כי כוח החיכוך עם האוויר הוא: $\vec{F} = -k\vec{v}$.

א. מצאו את משוואת התנועה של הצנחן.

ב. מצאו את המהירות הסופית.

ג. מצאו את המהירות כפונקציה של הזמן אם הנפילה התחילה ממנוחה.

תשובות סופיות

$$(1) \quad \text{א. } mg - kv_y = ma_y \quad \text{ב. } v_{yfinal} = \frac{mg}{k} \quad \text{ג. } v(t) = \frac{mg}{k} \left(1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right)$$

כוח ציפה

רקע

כוח ציפה – כוח הפועל על גוף בנוזל. כיוונו הפוך לכוח הכובד.

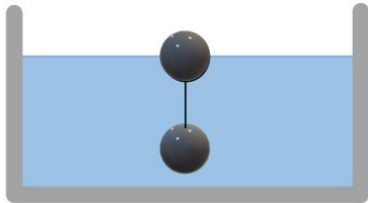
$$F_b = \rho_l V g$$

כאשר ρ_l היא צפיפות הנוזל ו- V הוא נפח הגוף.

שאלות

(1) שני כדורים קשורים בחוט בתוך המים

שני כדורים בעלי נפח זהה $V = 20 \text{ c.m}^3$ קשורים בחוט זה לזה. מניחים את הכדורים במים ולאחר זמן רב רואים שהמערכת התייצבה כך שכדור 1 נמצא כולו בתוך המים ורק חצי מנפחו של כדור 2 שקע לתוך המים, ראה איור.



המסה של כדור 1 גדולה פי 4 מזו של כדור 2.

א. מהי המסה של כל כדור?

ב. מהי צפיפות המסה של כל כדור?

תשובות סופיות

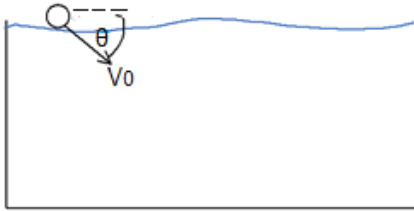
$$(1) \quad \text{א. } m_1 = 24 \text{ gr}, m_2 = 6 \text{ gr} \quad \text{ב. } \rho_1 = 1.2 \frac{\text{gr}}{\text{c.m}^3}, \rho_2 = 0.3 \frac{\text{gr}}{\text{c.m}^3}$$

כדור נזרק לבריכה:

שאלות:

1) 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. רשמו את משוואת התנועה של הכדור.

ב. מצאו את המהירות הסופית של הכדור.

ג. מצאו את העומק המקסימאלי אליו יגיע הכדור אם $\rho_b < \rho_w$.

תשובות סופיות:

$$1) \text{ א. משוואות התנועה הן: } -kv_x = m \frac{dv_x}{dt} \text{ ו- } C - kv_y = m \frac{dv_y}{dt}$$

$$\text{כאשר: } k = 6\pi\eta R, C = (\rho_b - \rho_w)g \frac{4\pi R^3}{3}, m = \rho_b \frac{4\pi R^3}{3}$$

$$\text{ב. } v_{y \text{ final}} = \frac{C}{k}, v_{x \text{ final}} = 0$$

$$\text{ג. } y_{\max} = \frac{mC}{k^2} \left[\frac{v_0 k}{C} \sin \theta - \ln \left(\frac{C}{C - kv_0 \sin \theta} \right) \right]$$

תרגילים מסכמים:

שאלות:

(1) כוח גרר עם חיכוך קינטי

- גוף בעל מסה M נע על מישור אופקי במהירות התחלתית v_0 ימינה. בין הגוף והמישור יש חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא μ . בנוסף פועל על הגוף כוח התנגדות של האוויר $f = -\alpha v$, α קבוע. א. מצאו את משוואת הכוחות על הגוף. ב. מהי מהירות הגוף בכל רגע? ג. מה מיקום הגוף בכל רגע? הנח כי ברגע $t = 0$ מיקום הגוף הוא x_0 .

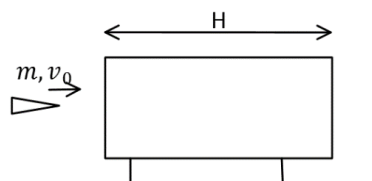
(2) רכבת עוצרת

- רכבת שמסתה 200 טון ומהירותה 30 מ"שנ', מתחילה לבלום כאשר כוח עוצר $F = -4000\text{N} - 600 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}}$ פועל עליה. כעבור איזה מרחק תעצור הרכבת בתנאים האלה?

(3) כוח גרר ריבועי במהירות

- במהירויות גבוהות, גודל כח 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?

(4) כוח גרר מתכונתי למהירות בשלישית



- קליע בעל מסה m נורה מלוע רובה ועובר דרך בול עץ בעובי H המקובע במקום. בכניסה לבול העץ מהירות הקליע v_0 וביציאה v_1 . במהלך התנועה בתוך העץ פועל על הקליע כוח מתכונתי למהירות בשלישית $f = -kv^3$ (k קבוע). נתון כי הקליע חודר לבול העץ במקביל לקרקע וכי ההשפעה של כוח הכובד על תנועת הקליע זניחה.

- א. מצאו את מהירות הקליע כתלות בזמן בתוך בול העץ.
 ב. מהו מיקום הקליע כתלות בזמן בתוך בול העץ?
 ג. מהי מהירות הקליע בתוך הבול לאחר זמן ארוך ביחס ל- $\frac{m}{kv_0^2}$?
 ד. בטאו את מהירות היציאה כתלות במהירות הכניסה, אורך הבול, מסת הקליע, ומקדם החיכוך.

(5) צוללת

- צוללת שמסתה 20 טון שטה בכיוון אופקי במהירות 10 מ"שני.
 ברגע מסוים, הצוללת מכבה את מנועה. מרגע זה פועל על הצוללת כוח עצירה
 בנתון בביטוי: $\vec{F} = -(\lambda v^2) \hat{v}$, כאשר $\hat{v}$ זה וקטור היחידה בכיוון התנועה.
 זהו הכוח היחידי הפועל על הצוללת. הניחו כי בכיוון האנכי אין תנועה.
 נתון כי 5 דקות לאחר כיבוי המנוע מהירות הצוללת קטנה פי 4.
 א. מהי מהירות הצוללת כפונקציה של זמן?
 ב. חשבו את הקבוע λ .
 ג. מהו המרחק שעברה הצוללת בחמש הדקות מרגע כיבוי המנוע?

(6) סירה עם כוח גרר אקספוננציאלי

- סירה שמסתה 50 ק"ג החלה את תנועתה במהירות 5 מ"שני ומואטת על ידי כוח
 חיכוך הנתון בנוסחה: $\vec{F} = -2e^{0.5v} \hat{v}$. יחידות המידה mks, v מהירות הגוף.
 הניחו שכוח החיכוך הוא הכוח היחיד הפועל על הסירה.
 א. כמה זמן יעבור עד לעצירת הסירה?
 ב. מהי מהירות הגוף בחצי מהזמן הנ"ל?

תשובות סופיות:

$$v(t) = \left(-\mu g + \left(\mu g + \frac{\alpha}{m} v_0 \right) e^{-\frac{\alpha}{m} t} \right) \frac{m}{\alpha} \quad \text{ב.} \quad -\mu m g - \alpha v = m a \quad \text{א.}$$

$$x(t) = \frac{m}{\alpha} \left((-\mu g) t + \left(\mu g + \frac{\alpha}{m} v_0 \right) \left(\frac{1}{-\frac{\alpha}{m}} \right) e^{-\frac{\alpha}{m} t} \right) + C, \quad C = x_0 + \left(\frac{m}{\alpha} \right)^2 \left(\mu g + \frac{\alpha}{m} v_0 \right) \quad \text{ג.}$$

$$x(t) \approx 6.1 \text{ km} \quad (1)$$

$$a = \frac{3}{4} g \quad \text{ג.} \quad a = \frac{5}{4} g \quad \text{ב.} \quad v = \sqrt{\frac{mg}{k}} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$x(t) = \frac{m}{k} \sqrt{\frac{2k}{m} t + \frac{1}{v_0^2}} - \frac{m}{k v_0} \quad \text{ב.} \quad v(t) = \frac{1}{\sqrt{\frac{2k}{m} t + \frac{1}{v_0^2}}} \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$v(t) = \frac{1}{\frac{kH}{m} + \frac{1}{v_0}} = v_2 \quad \text{ד.} \quad v(t) \approx \frac{1}{\sqrt{\frac{2kt}{m}}} \quad \text{ג.}$$

$$\Delta x = 1.39 \cdot 10^3 \text{ m} \quad \text{ג.} \quad \lambda = 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{ב.} \quad v(t) = \frac{1}{0.1 + 10^{-3} t} \quad \text{א.} \quad (4)$$

$$v \left(t = \frac{45.9}{2} \right) \approx 1.23 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad t = 45.9 \text{ sec} \quad \text{א.} \quad (5)$$