נושא 2 מתוך 8 • מכניקה

כוחות וחוקי ניוטון: 15 תרגילים

אינסוף
פיזיקה • מכניקה

תרשימי כוחות, חיכוך, מדרונות, מעליות וגופים מחוברים • מהבסיס ועד שאלות אתגר

כיתה י״א | 5 יח״ל | מכינה קדם־אקדמית

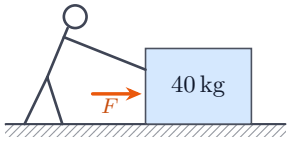
איך עובדים עם הקובץ?

השאלות מסודרות לפי תתי־נושאים, ובכל תת־נושא מהקל לקשה: גוף יחיד על משטח אופקי (שאלות 1 עד 3), מעלית, קפיץ ומערכת מאיצה (4 עד 6), מדרון (7 ו־8), גופים מחוברים (9 עד 14), והתנגדות האוויר ופתרון מספרי (15). התשובות הסופיות נמצאות בסוף הקובץ. נסו לפתור לבד לפני שאתם מציצים!

אתגר קשה יותר מהרגיל בבגרות מכינה ברמה של המכינה הקדם־אקדמית חשיבה סעיף שעיקרו הסבר במילים

בכל השאלות $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$, $\sin 37^\circ = 0.6$ ו־$\cos 37^\circ = 0.8$. החוטים והגלגלות אידיאליים (חסרי מסה וחיכוך), והתנגדות האוויר זניחה, אלא אם נאמר אחרת.

שאלה 1



ארגז שמסתו $40\,\mathrm{kg}$ מונח על רצפה אופקית. מקדם החיכוך הסטטי בין הארגז לרצפה הוא 0.5, ומקדם החיכוך הקינטי הוא 0.35. פועל דוחף את הארגז בכוח אופקי F.

א. $F = 150\,\mathrm{N}$ והארגז במנוחה. סרטטו תרשים כוחות של הארגז, וחשבו את כוח החיכוך שפועל עליו.

ב. מהו הכוח המזערי שבו צריך לדחוף כדי להזיז את הארגז?

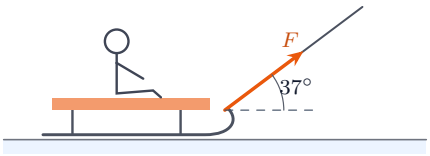
ג. הפועל דוחף בכוח של $220\,\mathrm{N}$. חשבו את תאוצת הארגז.

ד. שלוש שניות אחרי שהארגז התחיל לנוע בכוח של סעיף ג, הפועל מקטין את הכוח ל־$140\,\mathrm{N}$. תארו את תנועת הארגז מרגע זה. האם העובדה ש־$140\,\mathrm{N}$ קטן מהתשובה לסעיף ב סותרת את התיאור שלכם? הסבירו. חשיבה

ה. הארגז במנוחה, והפועל מגדיל את F לאט מאפס עד $300\,\mathrm{N}$. סרטטו גרף של גודל כוח החיכוך כפונקציה של F.

ו. חבר של הפועל טוען: ״לפי החוק השלישי של ניוטון, הארגז דוחף את הפועל באותו כוח שבו הפועל דוחף את הארגז. לכן הכוחות מתבטלים, והארגז לא יכול לזוז.״ הסבירו את הטעות בטענה. חשיבה

שאלה 2



הורה מושך מזחלת שעליה יושב ילד. המסה הכוללת של המזחלת ושל הילד היא $20\,\mathrm{kg}$. החבל יוצר זווית של 37° עם האופק, וההורה מושך בו בכוח של $100\,\mathrm{N}$. מקדם החיכוך הקינטי בין המזחלת לשלג הוא 0.25. המזחלת יוצאת ממנוחה ומתחילה לנוע.

א. סרטטו תרשים כוחות של המזחלת עם הילד.

ב. חשבו את הכוח הנורמלי שהשלג מפעיל על המזחלת. מדוע הוא קטן מהמשקל?

ג. חשבו את תאוצת המזחלת.

ד. חשבו את מהירות המזחלת ואת הדרך שעברה כעבור $4\,\mathrm{s}$.

ה. ברגע $t = 4\,\mathrm{s}$ ההורה עוזב את החבל. כעבור כמה זמן תיעצר המזחלת, ואיזו דרך תעבור עד אז?

ו. באיזה כוח צריך למשוך בחבל, באותה זווית, כדי שהמזחלת תנוע במהירות קבועה?

© אור בן שטרית · אינסוף

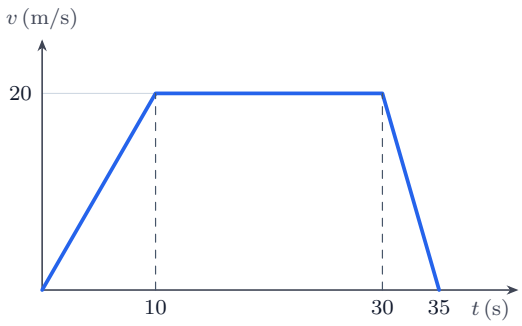
ז. הראו שכאשר מושכים בכוח F בזווית α מעל האופק (והמזחלת לא מתרוממת), התאוצה היא

$$a = \frac{F(\cos\alpha + \mu_k \sin\alpha)}{m} - \mu_k g.$$

מצאו את הזווית שבה התאוצה מרבית, ואת התאוצה המרבית כש־$F = 100\,\mathrm{N}$. (מכינה)

שאלה 3

מכונית שמסתה $1200\,\mathrm{kg}$ נוסעת בכביש ישר ואופקי. הגרף מתאר את מהירותה כפונקציה של הזמן. הניחו שכל הזמן פועל על המכונית כוח התנגדות של האוויר שגודלו קבוע, $600\,\mathrm{N}$, נגד כיוון התנועה.



א. חשבו את התאוצה בכל אחד משלושת שלבי התנועה.

ב. איזה גוף מפעיל על המכונית את הכוח שמאיץ אותה קדימה בשלב הראשון? הסבירו בעזרת החוק השלישי של ניוטון. (חשיבה)

ג. חשבו את הכוח האופקי שהגוף שמצאתם בסעיף ב מפעיל על המכונית (גודל וכיוון) בכל אחד משלושת השלבים.

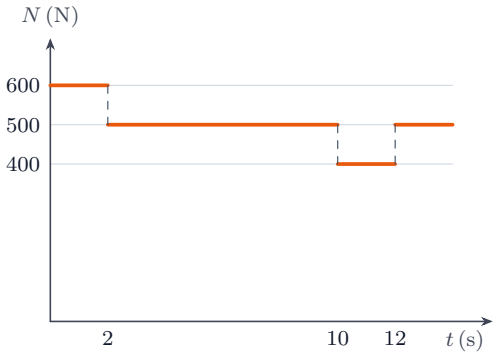
ד. מהו מקדם החיכוך הסטטי המזערי בין הצמיגים לכביש שמאפשר את הבלימה בלי שהגלגלים יחליקו?

ה. חשבו את הדרך שעברה המכונית ואת מהירות הנסיעה הממוצעת שלה בכל 35 השניות.

ו. סרטטו גרף של הכוח השקול שפועל על המכונית כפונקציה של הזמן.

שאלה 4

תלמידה שמסתה $50\,\mathrm{kg}$ עומדת על מאזניים ברצפת מעלית. המעלית עומדת בקומת הקרקע של בניין שיש בו גם קומות חניון תת־קרקעיות, וברגע $t = 0$ מתחילה לנוע. הגרף מתאר את הוריית המאזניים כפונקציה של הזמן. מהרגע $t = 12\,\mathrm{s}$ המעלית עומדת.



א. קבעו אם המעלית עולה או יורדת, והסבירו. (חשיבה)

ב. חשבו את תאוצת המעלית בכל שלב של התנועה.

ג. סרטטו גרף מהירות–זמן של המעלית.

ד. גובה כל קומה בבניין הוא $4\,\mathrm{m}$. באיזו קומה עצרה המעלית?

ה. מסת תא המעלית (בלי התלמידה) היא $750\,\mathrm{kg}$. חשבו את המתיחות בכבל שמחזיק את המעלית בכל שלב.

ו. בנסיעה נוספת, עם אותן תאוצות, התלמידה מחזיקה ביד דינמומטר, ובקצהו תלוי תיק שמסתו $3\,\mathrm{kg}$. מה מראה הדינמומטר בכל שלב?

ז. חברתה של התלמידה אומרת: "בין $t = 10\,\mathrm{s}$ ל־$t = 12\,\mathrm{s}$ כוח הכובד שפועל עלייך קטן, ולכן המאזניים מראים פחות." האם היא צודקת? הסבירו. (חשיבה)

© אור בן שטרית · אינסוף

שאלה 5

תלמידים תלו משקולות שונות על קפיץ אנכי, ומדדו בכל פעם את אורך הקפיץ. התוצאות מופיעות בטבלה:

$m\,(\mathrm{g})$	0	100	200	300	400	500
$L\,(\mathrm{cm})$	12.1	14.4	17.1	19.4	22.1	24.4

א. חשבו את משקלה של כל משקולת, וסרטטו גרף של אורך הקפיץ L כפונקציה של הכוח F שהמשקולת מפעילה על הקפיץ. העבירו קו מגמה.

ב. מצאו מהגרף את האורך הרפוי של הקפיץ ואת קבוע הקפיץ k.

ג. תולים על הקפיץ גוף שמסתו לא ידועה, ואורך הקפיץ $20.5\,\mathrm{cm}$. מהי מסת הגוף?

בסעיפים הבאים השתמשו בערכים שמצאתם בסעיף ב.

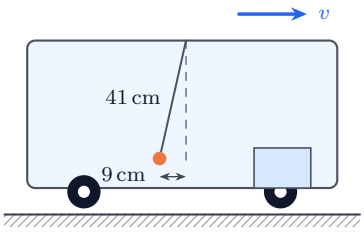
ד. תולים על הקפיץ משקולת של $300\,\mathrm{g}$ בתוך מעלית שמאיצה כלפי מעלה בתאוצה של $2\,\mathrm{m/s^2}$. מה אורך הקפיץ כשהמשקולת במנוחה ביחס למעלית?

ה. מחברים שני קפיצים כאלה זה מתחת לזה (בטור), ותולים עליהם משקולת של $400\,\mathrm{g}$. מה ההתארכות הכוללת? מה תהיה ההתארכות אם תולים את אותה משקולת על שני הקפיצים זה לצד זה (במקביל)? (מכינה)

ו. על שולחן אופקי חלק מונחות שתי עגלות שמחוברות בקפיץ: עגלה A שמסתה $1\,\mathrm{kg}$ ועגלה B שמסתה $2\,\mathrm{kg}$. מושכים את עגלה A בכוח אופקי קבוע של $6\,\mathrm{N}$, בכיוון שמרחיק אותה מ־B, והעגלות נעות יחד באותה תאוצה (אורך הקפיץ קבוע). מה אורך הקפיץ?

שאלה 6

אל תקרת אוטובוס קשור חוט שאורכו $41\,\mathrm{cm}$, ובקצהו כדור קטן שמסתו $0.2\,\mathrm{kg}$. האוטובוס נוסע ימינה בכביש ישר ואופקי בתאוצה קבועה. הכדור במנוחה ביחס לאוטובוס, ומוסט $9\,\mathrm{cm}$ אופקית מהנקודה שמתחת לנקודת התלייה, כמו בתרשים.



א. סרטטו תרשים כוחות של הכדור.

ב. קבעו אם האוטובוס מאיץ או מאט, והסבירו. (חשיבה)

ג. חשבו את גודל התאוצה של האוטובוס.

ד. חשבו את המתיחות בחוט.

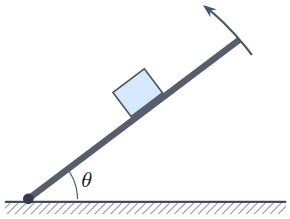
ה. על רצפת האוטובוס מונח ארגז שמסתו $20\,\mathrm{kg}$. מקדם החיכוך הסטטי בין הארגז לרצפה הוא 0.3, והארגז לא מחליק. מה גודל כוח החיכוך שפועל על הארגז, ומה כיוונו?

ו. מהי ההסטה האופקית המרבית של הכדור שבה הארגז עדיין לא מחליק?

ז. בהמשך הנסיעה האוטובוס בולם בתאוצה קבועה, ממהירות $54\,\mathrm{km/h}$ עד עצירה, תוך $6\,\mathrm{s}$. לאיזה צד נוטה החוט בזמן הבלימה, ובאיזו זווית מהאנך? האם הארגז מחליק?

© אור בן שטרית · אינסוף

שאלה 7



קופסה קטנה שמסתה $0.5\,\text{kg}$ מונחת על קרש. מרימים את קצה הקרש לאט, והקופסה מתחילה להחליק כשהזווית בין הקרש לאופק מגיעה ל־$37°$. מרגע זה משאירים את הזווית קבועה, והקופסה עוברת $2\,\text{m}$ לאורך הקרש תוך $1\,\text{s}$ מתחילת ההחלקה.

א. כשהזווית $30°$ הקופסה במנוחה. סרטטו את תרשים הכוחות שלה, וחשבו את כוח החיכוך ואת הכוח הנורמלי.

ב. חשבו את מקדם החיכוך הסטטי בין הקופסה לקרש.

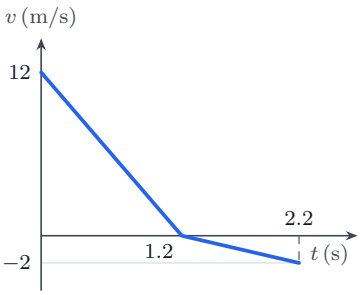
ג. חשבו את תאוצת הקופסה בזמן ההחלקה, ואת מקדם החיכוך הקינטי.

ד. מה מהירות הקופסה אחרי שעברה $2\,\text{m}$?

ה. מחזירים את הקרש לזווית של $30°$ ומניחים עליו את הקופסה במנוחה. האם היא תחליק? אחר כך נותנים לקופסה דחיפה קטנה במורד הקרש. האם היא תיעצר? הסבירו. חשיבה

ו. באיזו זווית של הקרש תנוע הקופסה במהירות קבועה במורד, אחרי שנותנים לה דחיפה?

שאלה 8



גוף נזרק במעלה מדרון לא חלק, והגרף מתאר את מהירותו כפונקציה של הזמן מרגע הזריקה. הכיוון החיובי הוא במעלה המדרון. הגרף מסתיים לפני שהגוף חוזר לנקודת הזריקה.

א. חשבו את התאוצה של הגוף בזמן העלייה ובזמן הירידה.

ב. הסבירו מדוע גודל התאוצה בעלייה שונה מגודלה בירידה. חשיבה

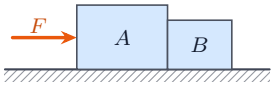
ג. מצאו את זווית השיפוע של המדרון ואת מקדם החיכוך הקינטי.

ד. איזה מרחק עבר הגוף במעלה המדרון?

ה. כמה זמן נמשכה הירידה בחזרה לנקודת הזריקה, ובאיזו מהירות חזר הגוף אליה?

ו. מקדם החיכוך הסטטי בין הגוף למדרון הוא 0.6. הסבירו מדוע הגוף לא נשאר בנקודה הגבוהה ביותר שהגיע אליה. מהו הערך המזערי של מקדם החיכוך הסטטי שבו הגוף היה נשאר שם?

שאלה 9



שני ארגזים צמודים זה לזה מונחים על רצפה אופקית: ארגז A שמסתו $6\,\text{kg}$ וארגז B שמסתו $4\,\text{kg}$. מקדם החיכוך הקינטי בין כל ארגז לרצפה הוא 0.3. פועל דוחף את ארגז A בכוח אופקי של $80\,\text{N}$, והארגזים נעים יחד.

א. חשבו את תאוצת הארגזים.

ב. חשבו את הכוח שארגז A מפעיל על ארגז B. מהו הכוח ש־B מפעיל על A?

ג. הפועל עובר לצד השני ודוחף את ארגז B באותו כוח, לכיוון ההפוך. מה עכשיו גודל כוח המגע בין הארגזים?

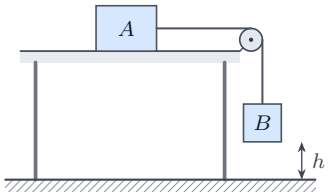
ד. הראו שכוח המגע בין הארגזים לא תלוי במקדם החיכוך, כל עוד הוא זהה לשני הארגזים.

ה. הפועל דוחף את שני הארגזים במעלה רמפה שזוויתה $37°$, בכוח של $140\,\text{N}$ המקביל לרמפה. הוא דוחף את A, ו־B נמצא לפני A, במעלה הרמפה. מקדם החיכוך הקינטי בין כל ארגז לרמפה הוא 0.3. חשבו את התאוצה ואת כוח המגע בין הארגזים.

© אור בן שטרית · אינסוף

ו. חוזרים לרצפה האופקית ולמצב של סעיף א, אבל הפעם ארגז B נמצא על משטח קרח חלק לגמרי (ארגז A עדיין על הרצפה). חשבו את כוח המגע. האם הוא שווה לכוח המגע שמצאתם בסעיף ב? הסבירו בעזרת סעיף ד.

שאלה 10



גוף A שמסתו $3\,\mathrm{kg}$ מונח על שולחן אופקי. הוא קשור בחוט שעובר על גלגלת בקצה השולחן אל משקולת B שמסתה $3\,\mathrm{kg}$. מקדם החיכוך הסטטי בין A לשולחן הוא 0.3, והקינטי 0.2. בהתחלה המערכת במנוחה, ו־B נמצאת בגובה $h = 0.5\,\mathrm{m}$ מעל הרצפה. ברגע $t = 0$ משחררים את המערכת. הגוף A רחוק מהגלגלת.

א. הראו שהמערכת מתחילה לנוע.

ב. האם בזמן ש־B יורדת המתיחות בחוט שווה למשקל של B? ענו בלי לחשב, והסבירו. (חשיבה)

ג. חשבו את התאוצה ואת המתיחות בחוט.

ד. באיזו מהירות פוגעת B ברצפה, וכעבור כמה זמן מהשחרור?

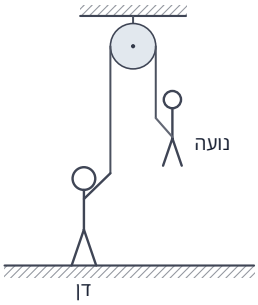
ה. אחרי ש־B פוגעת ברצפה החוט מתרפה. איזה מרחק נוסף עובר A עד שהוא נעצר? מהו המרחק הכולל שעבר?

ו. סרטטו גרף מהירות–זמן של הגוף A, מרגע השחרור ועד שהוא נעצר.

ז. מהי המסה המזערית של B שבה המערכת מתחילה לנוע?

ח. חשבו את גודל הכוח שהחוט מפעיל על הגלגלת בזמן ש־B יורדת, ומצאו את כיוונו.

שאלה 11



חבל עובר על גלגלת שקשורה לתקרה. דן, שמסתו $70\,\mathrm{kg}$, עומד על הרצפה ומחזיק בקצה אחד של החבל. נועה, שמסתה $50\,\mathrm{kg}$, קשורה ברתמה לקצה השני ותלויה באוויר. שני חלקי החבל אנכיים.

א. בהתחלה כולם במנוחה. חשבו את המתיחות בחבל, את הכוח שהרצפה מפעילה על דן, ואת הכוח שהגלגלת מפעילה על התקרה.

ב. דן מושך בחבל, ונועה עולה בתאוצה של $2\,\mathrm{m/s^2}$. חשבו שוב את שלושת הכוחות שבסעיף א.

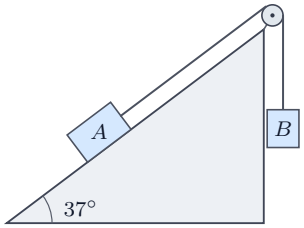
ג. מהי התאוצה המרבית שבה דן יכול להעלות את נועה בלי שהוא עצמו יתרומם מהרצפה?

ד. הפעם דן רק מחזיק את החבל ולא מושך. נועה מושכת בידיה את החבל שמעליה, ומעלה את עצמה בתאוצה של $2\,\mathrm{m/s^2}$. האם הכוח שהרצפה מפעילה על דן שונה מהתשובה שבסעיף ב? הסבירו. (חשיבה)

ה. במקום דן עומד יואב, שמסתו $45\,\mathrm{kg}$, ואוחז בחבל בחוזקה, כך שידיו לא מחליקות עליו. ברגע ההתחלה כולם במנוחה, ונועה לא מטפסת. מה יקרה? חשבו את גודל התאוצה של יואב ושל נועה, ואת המתיחות בחבל.

© אור בן שטרית · אינסוף

שאלה 12



גוף A שמסתו $5\,\text{kg}$ מונח על מדרון שזוויתו $37°$. הוא קשור בחוט שמקביל למדרון ועובר על גלגלת בראש המדרון, אל משקולת B שתלויה באוויר. מקדם החיכוך הסטטי בין A למדרון הוא 0.5, והקינטי 0.4.

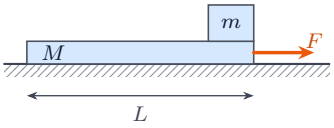
א. כשמסת B היא $4\,\text{kg}$, המערכת נשארת במנוחה. סרטטו תרשים כוחות של A, ומצאו את גודל כוח החיכוך שפועל עליו ואת כיוונו.

ב. מצאו את תחום המסות של B שבו המערכת נשארת במנוחה.

ג. מחליפים את B במשקולת שמסתה $7\,\text{kg}$, ומשחררים את המערכת ממנוחה. חשבו את התאוצה ואת המתיחות בחוט.

ד. שנייה אחת אחרי השחרור שבסעיף ג החוט נקרע. תארו את תנועת A מרגע זה, וחשבו כעבור כמה זמן הוא יחזור לנקודה שבה היה כשהחוט נקרע. אתגר

שאלה 13 אתגר מכינה



לוח שמסתו $M = 4\,\text{kg}$ מונח על משטח אופקי חלק. על הלוח, בקצה הקדמי שלו, מונחת קובייה קטנה שמסתה $m = 1\,\text{kg}$. מקדם החיכוך הסטטי בין הקובייה ללוח הוא 0.4, והקינטי 0.3. מושכים את הלוח בכוח אופקי F קדימה, כמו בתרשים. בהתחלה הלוח והקובייה במנוחה.

א. $F = 10\,\text{N}$. הראו שהקובייה והלוח נעים יחד, וחשבו את כוח החיכוך שפועל על הקובייה. מה כיוונו?

ב. מהו הכוח F המרבי שבו הקובייה והלוח עדיין נעים יחד?

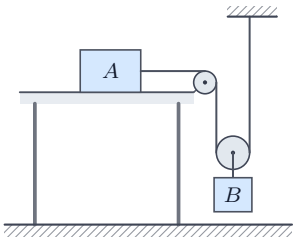
ג. $F = 27\,\text{N}$. חשבו את התאוצה של הקובייה ואת התאוצה של הלוח.

ד. אורך הלוח $L = 1.5\,\text{m}$, והכוח הוא כמו בסעיף ג. כעבור כמה זמן מתחילת המשיכה תיפול הקובייה מהלוח, ומה תהיה אז המהירות של כל אחד מהם?

ה. תלמיד אומר: "חיכוך תמיד פועל נגד כיוון התנועה, ולכן על הקובייה הוא פועל אחורה." האם הוא צודק? הסבירו. חשיבה

ו. מחזירים את הקובייה למקומה. הפעם מושכים את הקובייה עצמה (ולא את הלוח) בכוח אופקי קדימה. מהו הכוח המרבי שבו הקובייה והלוח עדיין נעים יחד?

שאלה 14 אתגר מכינה



גוף A שמסתו $2\,\text{kg}$ מונח על שולחן אופקי. חוט שקשור ל־A עובר על גלגלת קבועה בקצה השולחן, יורד, עובר מתחת לגלגלת ניידת, ועולה אל ו בתקרה. על הגלגלת הניידת תלויה משקולת B. המסה הכוללת של הגלגלת הניידת ושל המשקולת היא $2\,\text{kg}$. כל חלקי החוט אופקיים או אנכיים.

א. הסבירו מדוע כאשר B יורדת מרחק d, הגוף A זז מרחק $2d$, ולכן $a_A = 2a_B$. חשיבה

ב. השולחן חלק. חשבו את התאוצה של A, את התאוצה של B ואת המתיחות בחוט.

ג. חשבו את הכוח שהחוט מפעיל על הוו שבתקרה.

ד. עכשיו השולחן מחוספס: מקדם החיכוך הסטטי בין A לשולחן הוא 0.4, והקינטי 0.25. המערכת משוחררת ממנוחה. האם היא תתחיל לנוע?

ה. חשבו את התאוצות ואת המתיחות בחוט במקרה של סעיף ד.

ו. מהו מקדם החיכוך הסטטי המזערי שבו המערכת הייתה נשארת במנוחה?

© אור בן שטרית · אינסוף

שאלה 15 מכינה

כדור שמסתו $0.1\,\mathrm{kg}$ נופל ממנוחה. על הכדור פועל כוח התנגדות של האוויר שמכוון נגד המהירות, וגודלו $D = b\,v$, כאשר $b = 0.05\,\mathrm{kg/s}$.

א. סרטטו תרשים כוחות של הכדור בזמן הנפילה, וכתבו ביטוי לתאוצה שלו כפונקציה של מהירותו.

ב. הסבירו מדוע מהירות הכדור לא גדלה ללא גבול, וחשבו את המהירות הסופית שלו. חשיבה

ג. מה התאוצה של הכדור ברגע שמהירותו $12\,\mathrm{m/s}$?

ד. השלימו את הטבלה בשיטת אוילר, בצעדי זמן של $\Delta t = 0.5\,\mathrm{s}$. בכל צעד מחשבים את התאוצה לפי המהירות בתחילת הצעד, ומניחים שהיא קבועה לאורך כל הצעד:

$t\,(\mathrm{s})$	0	0.5	1.0	1.5	2.0
$v\,(\mathrm{m/s})$	0				
$a\,(\mathrm{m/s^2})$					

ה. הראו שהפונקציה $v(t) = v_T\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$, כאשר v_T היא המהירות הסופית ו־$\tau = \frac{m}{b}$, מקיימת את המשוואה שכתבתם בסעיף א. חשבו לפיה את $v(2\,\mathrm{s})$, והשוו לתוצאה של שיטת אוילר.

ו. הסבירו את ההבדל שמצאתם בסעיף ה בין שיטת אוילר לפתרון המדויק. איך אפשר לשפר את הדיוק של שיטת אוילר? חשיבה

תשובות סופיות

התשובות מעוגלות. הכיוון החיובי הוא כיוון התנועה, אלא אם נאמר אחרת.

שאלה 1

א. $150\ \text{N}$ (חיכוך סטטי).

ב. $200\ \text{N}$: כל כוח גדול מזה מזיז את הארגז.

ג. $2\ \text{m/s}^2$.

ד. המהירות נשארת קבועה, $6\ \text{m/s}$: מרגע שהארגז מחליק, החיכוך קינטי ($140\ \text{N}$) ושווה לדחיפה. אין סתירה: $200\ \text{N}$ נדרשים רק כדי להתחיל תנועה ממנוחה.

ה. $f = F$ עד $F = 200\ \text{N}$. אחר כך החיכוך יורד ל־$140\ \text{N}$ ונשאר קבוע.

ו. הכוחות פועלים על שני גופים שונים. בכיוון האופקי פועלים על הארגז רק הדחיפה והחיכוך, ולכן רק הם קובעים את תאוצתו.

שאלה 2

א. משקל, כוח נורמלי, חיכוך קינטי וכוח החבל.

ב. $140\ \text{N}$. החבל מושך גם כלפי מעלה ($60\ \text{N}$).

ג. $2.25\ \text{m/s}^2$.

ד. $9\ \text{m/s}$ ו־$18\ \text{m}$.

ה. אחרי $3.6\ \text{s}$, ובדרך של $16.2\ \text{m}$.

ו. $\approx 52.6\ \text{N}$.

ז. $\tan\alpha = \mu_k$, כלומר $\alpha \approx 14^\circ$. $a_{\max} \approx 2.65\ \text{m/s}^2$ (לעומת $2.5\ \text{m/s}^2$ במשיכה אופקית).

שאלה 3

א. $2\ \text{m/s}^2$, אפס ו־$-4\ \text{m/s}^2$.

ב. הכביש (חיכוך סטטי): הצמיגים דוחפים את הכביש אחורה, והכביש דוחף את המכונית קדימה.

ג. $3000\ \text{N}$ קדימה, $600\ \text{N}$ קדימה, $4200\ \text{N}$ אחורה.

ד. 0.35.

ה. $550\ \text{m}$, ו־$\approx 15.7\ \text{m/s}$.

ו. $2400\ \text{N}$, אפס ו־$-4800\ \text{N}$ בשלושת השלבים.

שאלה 4

א. עולה: היא יצאה ממנוחה, וההוריה הראשונה גדולה מהמשקל, כלומר התאוצה כלפי מעלה.

ב. $+2\ \text{m/s}^2$, אפס ו־$-2\ \text{m/s}^2$ (חיובי — למעלה).

ג. מ־0 ל־$4\ \text{m/s}$ בשתי השניות הראשונות, $4\ \text{m/s}$ עד $t = 10\ \text{s}$, ובחזרה לאפס ב־$t = 12\ \text{s}$.

ד. $40\ \text{m}$: קומה 10.

ה. $9600\ \text{N}$, $8000\ \text{N}$ ו־$6400\ \text{N}$.

ו. $36\ \text{N}$, $30\ \text{N}$ ו־$24\ \text{N}$.

ז. לא. כוח הכובד נשאר $500\ \text{N}$. המאזניים מראים את N, שקטן כי התאוצה כלפי מטה.

שאלה 5

א. המשקלים: 0, 1, 2, 3, 4, $5\ \text{N}$. הגרף: קו ישר בקירוב.

ב. $L_0 \approx 12\ \text{cm}$, $k \approx 40\ \text{N/m}$.

ג. $\approx 0.34\ \text{kg}$.

ד. $21\ \text{cm}$.

ה. בטור $20\ \text{cm}$, במקביל $5\ \text{cm}$.

ו. $22\ \text{cm}$ (כוח הקפיץ $4\ \text{N}$).

שאלה 6

א. מתיחות החוט ומשקל בלבד.

ב. מאיץ: הכדור מוסט אחורה, ולכן השקול עליו (והתאוצה) קדימה, בכיוון המהירות.

ג. $2.25\ \text{m/s}^2$.

ד. $2.05\ \text{N}$.

ה. $45\ \text{N}$, קדימה (בכיוון התאוצה).

ו. $\approx 11.8\ \text{cm}$ ($a_{\max} = 3\ \text{m/s}^2$).

ז. קדימה, בזווית $\approx 14^\circ$ מהאנך. הארגז לא מחליק ($50\ \text{N} < 60\ \text{N}$).

שאלה 7

א. $f_s = 2.5\ \text{N}$ ו־$N \approx 4.33\ \text{N}$.

ב. 0.75.

ג. $4\ \text{m/s}^2$ ו־$\mu_k = 0.25$.

ד. $4\ \text{m/s}$.

ה. לא תחליק ($\tan 30^\circ \approx 0.58 < 0.75$). אחרי דחיפה היא תאיץ ולא תיעצר, כי $\mu_k = 0.25 < \tan 30^\circ$: $a \approx 2.83\ \text{m/s}^2$ במורד.

ו. $\approx 14^\circ$ ($\tan\theta = 0.25$).

שאלה 8

א. $-10\ \text{m/s}^2$ ו־$-2\ \text{m/s}^2$.

ב. בעלייה החיכוך פועל במורד המדרון, יחד עם רכיב המשקל. בירידה הוא פועל במעלה המדרון, נגד רכיב המשקל.

ג. 37° ו־$\mu_k = 0.5$.

ד. $7.2\ \text{m}$.

ה. $\approx 2.68\ \text{s}$, ו־$\approx 5.37\ \text{m/s}$.

ו. $\tan 37^\circ = 0.75 > 0.6$. הערך המזערי: 0.75.

שאלה 9

א. $0.5\,\mathrm{m/s^2}$.

ב. $32\,\mathrm{N}$ קדימה על B, ו־$32\,\mathrm{N}$ אחורה על A.

ג. $48\,\mathrm{N}$.

ד. $P = \dfrac{m_B}{m_A + m_B}\,F$, וה־$\mu$ מצטמצם.

ה. $5.6\,\mathrm{m/s^2}$ ו־$56\,\mathrm{N}$.

ו. $a = 6.2\,\mathrm{m/s^2}$ ו־$P = 24.8\,\mathrm{N}$, קטן מ־$32\,\mathrm{N}$: התוצאה של סעיף ד נכונה רק כש־μ זהה לשני הארגזים.

שאלה 10

א. $m_B g = 30\,\mathrm{N}$ גדול מהחיכוך הסטטי המרבי, $9\,\mathrm{N}$.

ב. לא. B מאיצה כלפי מטה, ולכן המתיחות קטנה מהמשקל שלה.

ג. $4\,\mathrm{m/s^2}$ ו־$18\,\mathrm{N}$.

ד. $2\,\mathrm{m/s}$, אחרי $0.5\,\mathrm{s}$.

ה. $1\,\mathrm{m}$ נוסף, ובסך הכול $1.5\,\mathrm{m}$.

ו. עלייה ישרה ל־$2\,\mathrm{m/s}$ ב־$t = 0.5\,\mathrm{s}$, וירידה ישרה לאפס ב־$t = 1.5\,\mathrm{s}$.

ז. $0.9\,\mathrm{kg}$.

ח. $18\sqrt{2} \approx 25.5\,\mathrm{N}$, בזווית 45° מתחת לאופק, לעבר השולחן.

שאלה 11

א. $500\,\mathrm{N}$, $200\,\mathrm{N}$ ו־$1000\,\mathrm{N}$.

ב. $600\,\mathrm{N}$, $100\,\mathrm{N}$ ו־$1200\,\mathrm{N}$.

ג. $4\,\mathrm{m/s^2}$.

ד. לא. $T = m(g+a) = 600\,\mathrm{N}$: המתיחות תלויה רק בתאוצה של נועה, ולא משנה מי מושך.

ה. יואב עולה ונועה יורדת, בתאוצה של $0.53\,\mathrm{m/s^2}$. המתיחות $\approx 474\,\mathrm{N}$.

שאלה 12

א. $10\,\mathrm{N}$, במורד המדרון.

ב. $1\,\mathrm{kg} \le m_B \le 5\,\mathrm{kg}$.

ג. $2\,\mathrm{m/s^2}$ ו־$56\,\mathrm{N}$.

ד. הגוף ממשיך לנוע במעלה המדרון במהירות $2\,\mathrm{m/s}$ ומאט ב־$9.2\,\mathrm{m/s^2}$. הוא נעצר אחרי $0.22\,\mathrm{s}$ ($\approx 0.22\,\mathrm{m}$), ואז מחליק חזרה בתאוצה $2.8\,\mathrm{m/s^2}$, כי $\tan 37^\circ > 0.5$. הוא חוזר אחרי $0.61\,\mathrm{s}$ בסך הכול.

שאלה 13

א. $a = 2\,\mathrm{m/s^2}$. החיכוך הנדרש $2\,\mathrm{N}$ קטן מ־$4\,\mathrm{N}$. כיוונו קדימה.

ב. $20\,\mathrm{N}$.

ג. $3\,\mathrm{m/s^2}$ לקובייה ו־$6\,\mathrm{m/s^2}$ ללוח.

ד. אחרי $1\,\mathrm{s}$: לקובייה $3\,\mathrm{m/s}$, ללוח $6\,\mathrm{m/s}$.

ה. לא. החיכוך פועל נגד ההחלקה היחסית. הלוח "בורח" קדימה מתחת לקובייה, ולכן החיכוך מושך את הקובייה קדימה.

ו. $5\,\mathrm{N}$.

שאלה 14

א. כש־B יורדת d, כל אחד משני חלקי החוט שמחזיקים את הגלגלת הניידת מתארך ב־d. האורך הנוסף, $2d$, מגיע מהקטע האופקי, ולכן A זז $2d$.

ב. $a_A = 4\,\mathrm{m/s^2}$, $a_B = 2\,\mathrm{m/s^2}$ ו־$T = 8\,\mathrm{N}$.

ג. $8\,\mathrm{N}$, כלפי מטה.

ד. כן: במנוחה צריך $T = 10\,\mathrm{N}$, והחיכוך הסטטי המרבי הוא רק $8\,\mathrm{N}$.

ה. $a_A = 2\,\mathrm{m/s^2}$, $a_B = 1\,\mathrm{m/s^2}$ ו־$T = 9\,\mathrm{N}$.

ו. 0.5.

שאלה 15

א. $a = g - \dfrac{b}{m}\,v = 10 - 0.5v$.

ב. $v_T = \dfrac{mg}{b} = 20\,\mathrm{m/s}$: ההתנגדות גדלה עם המהירות עד שהיא שווה למשקל.

ג. $4\,\mathrm{m/s^2}$.

ד. v: 5, 8.75, ≈ 11.56, $\approx 13.67\,\mathrm{m/s}$. a: 10, 7.5, ≈ 5.63, ≈ 4.22, $\approx 3.16\,\mathrm{m/s^2}$.

ה. $\tau = 2\,\mathrm{s}$. $v(2\,\mathrm{s}) = 20(1 - e^{-1})$, כלומר $v \approx 12.64\,\mathrm{m/s}$, קטנה מ־$13.67\,\mathrm{m/s}$.

ו. בכל צעד, שיטת אוילר משתמשת בתאוצה שבתחילת הצעד, והיא הגדולה ביותר בצעד (כי התאוצה הולכת וקטנה). צעדי זמן קטנים יותר משפרים את הדיוק.

© 2026 אור בן שטרית · אינסוף. כל הזכויות שמורות.
מותר להדפיס ולהפיץ את הקובץ בשלמותו ובחינם לצורכי לימוד. אסור להעתיק ממנו תרגילים או איורים לחומרים אחרים, לשנות אותו או להשתמש בו למטרות מסחריות בלי אישור בכתב.
הקובץ נכתב בידי אינסוף ואינו פרסום רשמי של משרד החינוך או של גוף אחר.