

תאריך:
11.06.2012



שם התלמיד/ה : _____ עידית _____
בית הספר: _____
המורה בחמד"ע : _____ גרומן _____

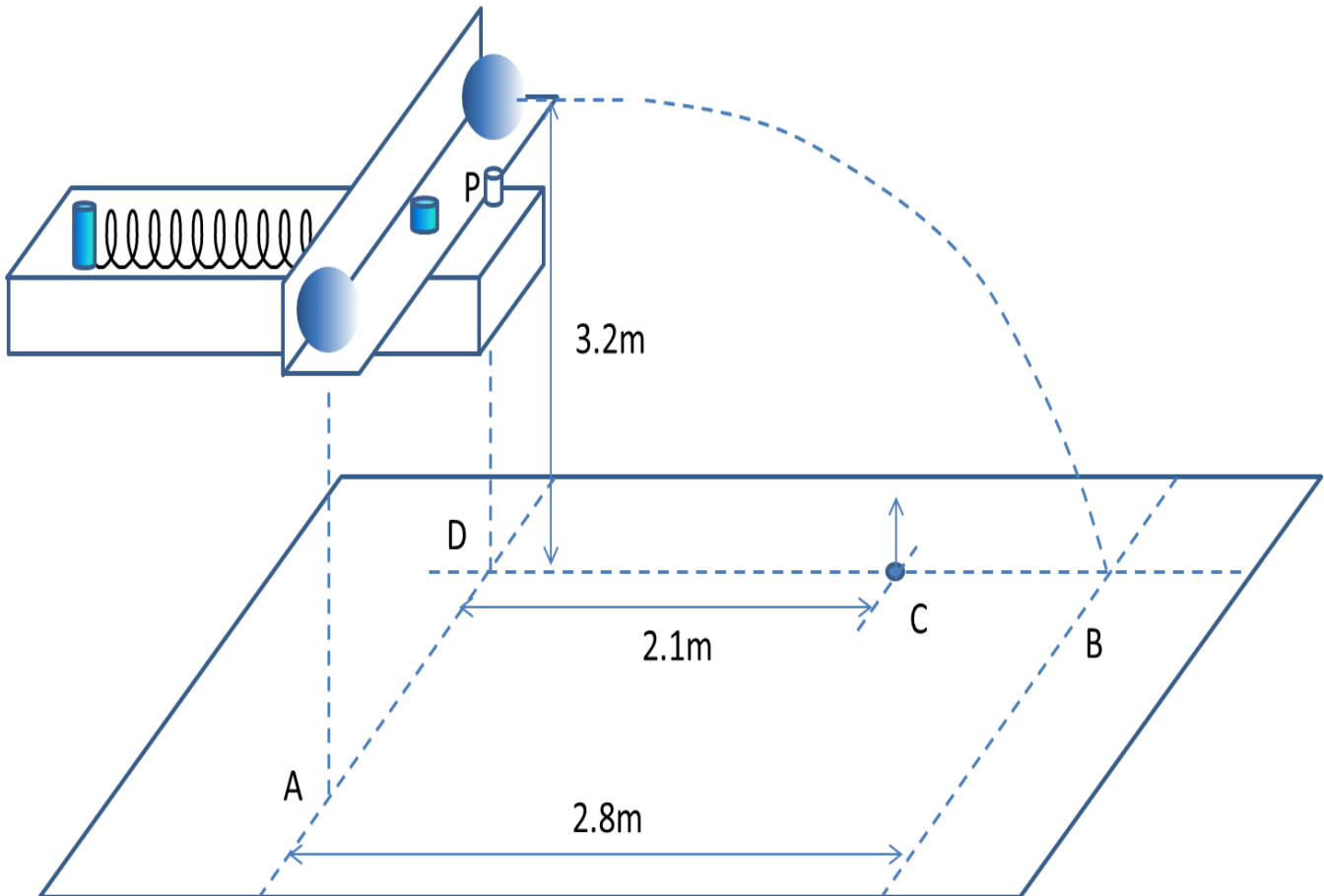
מבחן בפיזיקה במתכונת מבחן בגרות

מכניקה

פתרון

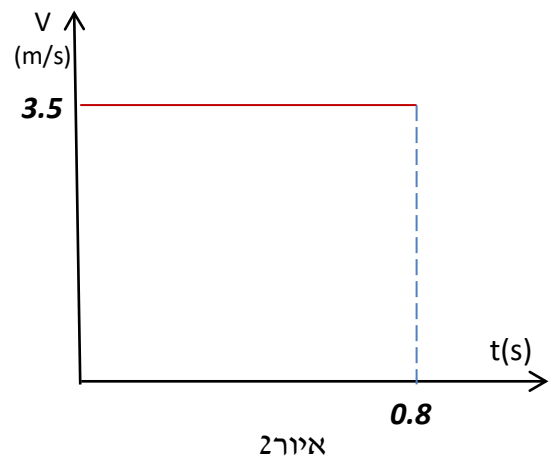
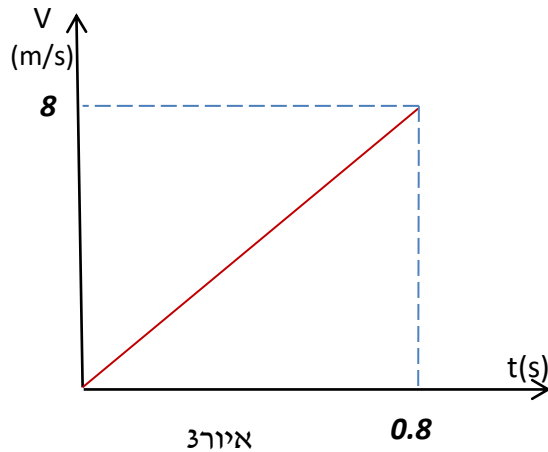
שאלה מספר 1

תלמידי פיזיקה חוקרים תנועה של כדורים הנורקים ממתקן ששמו בליסטרה. המתקן מונח בגובה 3.2m מהרצפה במקביל לקו AD (ראה איור 1). המתקן משחרר כדור אחד הנופל מטה ובו-זמנית הוא יורה כדור שני במהירות אופקית. בכל ניסוי כדור א' שוחרר ממנוחה וכדור ב' נזרק במהירות אופקית. כדור ב' פוגע ברצפה בנקודה B הנמצאת במרחק אופקי של 2.8m מנקודה D. במהירות אופקית.



איור 1

התלמידים מדדו את מהירות הכדורים באמצעות מערכת ממוחשבת. הם שרטטו גרפים של רכיבי המהירות של כל כדור כתלות בזמן מרגע זריקת הכדורים ועד פגיעתם ברצפה. לפניך שניים מהגרפים: אחד מהם מתאר את גודל הרכיב האנכי של המהירות והשני מתאר גודל הרכיב האופקי של המהירות, כתלות בזמן.



א. (1) קבע לגבי כל אחד מהגרפים באיורים 2 ו-3 האם מתואר בו רכיב אנכי או אופקי של המהירות. הסבר את קביעתך.

(2) האם שני הכדורים פגעו בו-זמנית ברצפת המעבדה? הסבר.

(3) חשב את הערכים של רכיבי המהירות ושל הזמן המסומנים בכל אחד מהגרפים. נמק תשובתך.

איור 3: את הזמן נקבל מתוך $y(t) = +5t^2$. בחרנו את ראשית ציר y בנקודת

הזריקה. הגוף פוגע ברצפה ($y=3.2m$) בזמן $t = \sqrt{\frac{3.2}{5}} = 0.8s$. מהירות הפגיעה

של הגופים בכיוון האנכי: $v(t) = 10t = 8m/s$.

איור 2: בזמן המעוף גוף B עובר מרחק אופקי של 2.8 מטרים. מהירותו:

$$v = \frac{2.8}{0.8} = 3.5 m/s$$

חוזרים על הניסוי ובאותו הרגע שכדור ב' נזרק אופקית מהבליסטרה, מנקודה C נזרק כדור ג' אנכית כלפי מעלה. נקודה C נמצאת על הרצפה במרחק 2.1m מנקודה D (ראה איור 1).

ב. באיזו מהירות יש לזרוק את כדור ג' כדי שהוא יתנגש באוויר עם כדור ב' ? פרט שיקולך.

משוואת מקום-זמן עבור כדור ג': $x(t) = 3.2 - v_0 t + 5t^2$. "מפגש" פירושו אותו זמן אותו מקום: מתוך $y(t)$, $3.2 - v_0 t + 5t^2 = 5t^2$, וגם מתוך $x(t)$, $3.5t = 2.1$, $x(t) = 3.5t = 2.1$, כלומר $t = 0.6$ s. מציבים זמן זה במשוואה ה-"אנכית" ומקבלים: $v_0 = 5.33$ m/s.

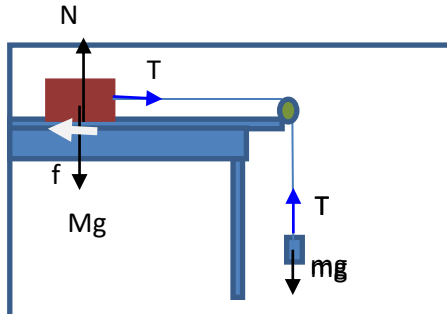
ג. מצא את מהירותם (גודל וכיוון) של כדורים ב' ו-ג' כהרף עין לפני ההתנגשות.

כדור ב': $v_x = 3.5$ m/s, $v_y = 10t = 6$ m/s. גודל: $v_B = 6.95$ m/s, כיוון: 60° מתחת לציר x.

כדור ג': $v_x = 0$, $v_y = -5.3333 + 10t = 0.67$ m/s. כלפי מטה.

שאלה מספר 2

על מסילה אופקית, מונחת תיבה עמוסה במשקולות הקשורה בחוט העובר דרך גלגלת אל מתלה. מסת החוט ומסת הגלגלת זניחות. הגלגלת משמשת גם כחישון מהירות (ראה איור).



התלמידים מעבירים משקולות מהתיבה למתלה ובודקים את תאוצת המערכת. החיכוך בין המסילה לתיבה איננו זניח.

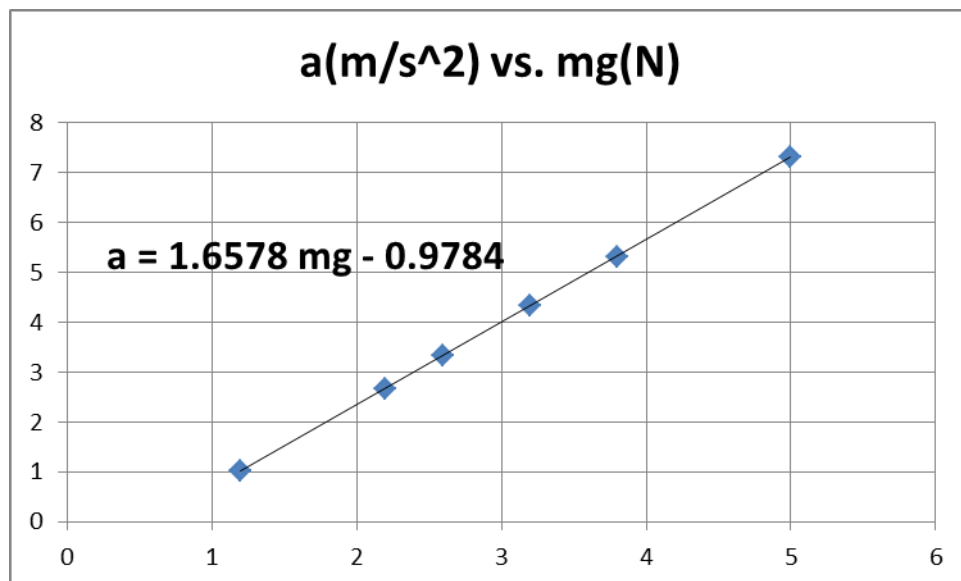
התלמידים בודקים את החוק השני של ניוטון במערכת זאת.

בטבלה הבאה נרשמו ערכי התאוצות במספר מדידות.

המסה m מציינת את מסתו הכוללת של המתלה והמשקולות שעליו.

7.31	5.32	4.33	3.33	2.67	1.01	$a(m/s^2)$
0.50	0.38	0.32	0.26	0.22	0.12	$m(kg)$

א. שרטט גרף של תלות התאוצה במשקל המתלה mg .



ב. קבע באמצעות הגרף את הערך המינימלי של המסה m שיגרום לתיבה להתחיל לנוע ממנוחה. הסבר חישוביך ושיקולך.

$$m \sim 60 \text{ gr}$$

ג. הוכח שהביטוי המקשר בין תאוצת המערכת לבין הכוח mg הינו:

$$a = \frac{mg}{M_T} (1 + \mu) - g\mu$$

כאשר: m - מסת המתלה והמשקולות שעליו, M_T - המסה הכוללת של כל המערכת,

μ - מקדם החיכוך (בהנחה שהמקדם הסטטי והקינטי זהים).

תרשים כוחות על הציור. מתוך חוק 2 של ניוטון בכיוון התנועה:

$$(M + m)a = mg - f \quad \text{החיכוך הינו קינטי ושווה } \mu N = \mu Mg. \text{ המסה הכוללת:}$$

$$M_T = M + m \quad \text{כלומר } M = M_T - m \quad \text{לכן מקבלים: } M_T a = (M_T - m)g - \mu M_T g \quad \text{ואחרי סידור}$$

$$\text{האיברים} \quad a = \frac{mg}{M_T} (1 + \mu) - g\mu$$

ד. 1) מצא בעזרת הגרף ששרטטת בסעיף א' את מקדם החיכוך בין המסילה לתיבה.

מתוך המשוואה שפיתחנו מקבלים שהחיתוך עם הצייר האנכי שווה μg - השווה 1. לכן

$$\mu = 0.1$$

2) חשב את שיפוע הגרף וקבע בעזרתו את M_T - המסה הכוללת של המערכת.

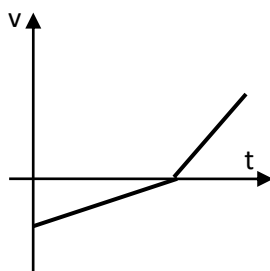
שיפוע הגרף שווה 1.66 השווה על פי משוואת קו המגמה ל- $(1 + \mu)/M_T$. בעזרת הערך

$$\text{שמצאנו עבור } \mu \text{ מקבלים: } M_T = 0.663 \text{ ק"ג.}$$

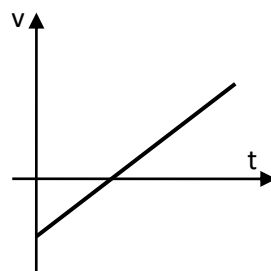
ה. באחד המקרים, הקנה התלמיד לעגלה מהירות התחלתית שמאלה.

איזה מהגרפים הבאים מתאר נכון את מהירות העגלה כתלות בזמן כפי שנרשם על

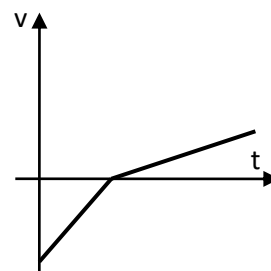
מסך המחשב? הסבר שיקולידך. **הגרף המתאים: 1.**



(3)



(2)



(1)

שאלה מספר 3

בתרשים שלפניך מוצגת מסילה חלקה, ועליה שלושה גופים A, B ו-C. הנח שהחיכוך בין הגופים למסילה זניח. הגופים A ו-B מוצמדים זה לזה באמצעות גוש קטן של פלסטלינה (למעשה זהו חומר נפץ פלסטי). מסת הפלסטלינה זניחה ביחס למסות הגופים A, B ו-C. נתון: $m_B = 0.2 \text{ kg}$; $m_A = 0.1 \text{ kg}$.

הגופים A ו-B נעים יחד ימינה במהירות של 0.6 m/s . ברגע מסויים, מתפוצצת הפלסטלינה וגוף A נעצר.

א. חשב את מהירותו של גוף B לאחר הפיצוץ.

חוק שימור התנע מתקיים בכיוון התנועה שכן המסילה חלקה לכן אין כוחות

חיצוניים שפועלים על המערכת: $m_A + m_B v = 0 + m_B u_B$. מכאן:

$$u_B = \frac{(m_A + m_B)v}{m_B} = 0.9 \text{ m/s} \text{ נציב ערכים ונקבל: } u_B = 0.9 \text{ m/s}$$

ב. חשב את העבודה המכנית שהתבצעה על גוף A כתוצאה מהפיצוץ. הסבר שיקוליד.

על פי משפט עבודה-אנרגיה $W = \Delta E_k$. נציב ערכים עבור האנרגיות הקינטיות

$$W = -0.018 \text{ J} \text{ ונקבל: } W = -0.018 \text{ J}$$

ג. בהמשך, גוף B מתנגש התנגשות אלסטית לחלוטין עם גוף C הנמצא במנוחה על

המסילה. לאחר ההתנגשות ממשיך גוף B לנוע בכיוון תנועתו לפני ההתנגשות, אך

מהירותו קטנה פי 2.

1) חשב את מסתו של גוף C.

$$m_B v_B + m_C v_C = m_B u_B + m_C u_C \text{ בהתנגשות אלסטית מתקיים: } v_B - v_C = u_C - u_B$$

$$0.2 \cdot 0.9 + 0 = 0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.9 + m_C u_C \text{ נציב ערכים ונקבל: } 0.9 - 0 = u_C - 0.5 \cdot 0.9$$

נפתור את שתי

$$m_C = 0.067 \text{ kg}, u_C = 1.35 \text{ m/s} \text{ המשוואות ונקבל: } m_C = 0.067 \text{ kg}, u_C = 1.35 \text{ m/s}$$

2) חשב את המתקף שפעל על גוף C בזמן ההתנגשות. פרט שיקוליד.

$$J = \Delta p = m \Delta v \text{ המתקף שווה לשינוי בתנע: } J = \Delta p = m \Delta v$$

$$J_{/C} = 0.067 (1.35 - 0) = 0.09 \text{ Ns} \text{ בדיקה: המתקף על B שווה ומנוגד}$$

$$J_{/B} = 0.2 (0.45 - 0.9) = -0.09 \text{ Ns} \text{ (חוק 3 של ניוטון): } J_{/B} = 0.2 (0.45 - 0.9) = -0.09 \text{ Ns}$$

ד. 1) פתח ביטוי עבור u_B , מהירות גוף B אחרי ההתנגשות.

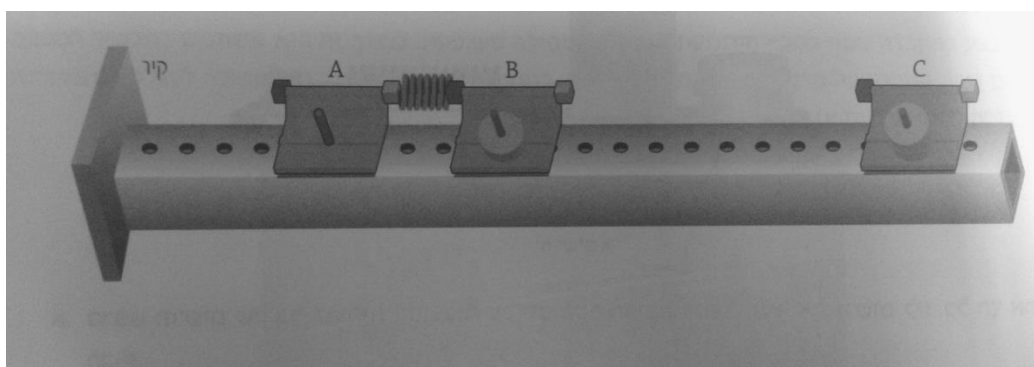
בטא תשובתך בעזרת: m_B , m_C , ו- v_B מהירות גוף B לפני ההתנגשות.

$$m_B v_B = m_B u_B + m_C u_C \text{ מקבלים: } u_B = \frac{(m_B - m_C)v_B}{(m_B + m_C)}$$

(2) הראה שכאשר $m_C > m_B$, גוף B ינוע אחרי ההתנגשות בכיוון שמאל.

במקרה זה המסה m_B זניחה ביחס ל- m_C ומקבלים: $u_B = \frac{(-m_C)v_B}{(m_C)} < 0$

כלומר B נע שמאלה.

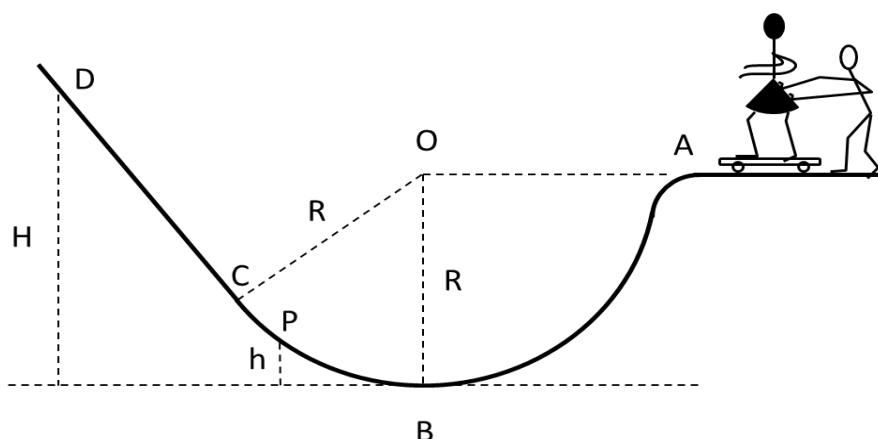


שאלה מספר 4

ילדה עומדת על גלגליות על שפת מסילת אימונים חלקה. מסלול מסילת האימון נמצא במישור אנכי. קטע המסילה ABC הוא קשת של מעגל שרדיוסו R- ראה איור.

כאשר חברה של הילדה דוחף אותה לתוך המסלול, היא מגיעה עד לנקודה D הנמצאת בגובה H מעל תחתית המסלול וחוזרת לידיה של החבר. במשך כל תנועתה הנערה נותרת צמודה למסילה.

מסת הנערה עם הגלגליות m.



א. רשום ביטוי באמצעות פרמטרי השאלה m, H, R, לעבודה שמבצע חברה של הילדה בעת דחיפתה. הסבר שיקולך.

$$W=mg(H-R)$$

נתונים: $H=1.75\text{m}$, $R=1.5\text{m}$ ומסת הנערה עם הגלגליות: $m = 40\text{ Kg}$.

ב. חשב את הכוח שמופעל על המסילה בנקודה B. פרט חישוביך.

על פי החוק ה-3 של ניוטון, הכוח שמופעל על המסילה שווה ומנוגד לכוח שהמסילה

מפעילה (N). נחשב את N.

בנקודה B פועלים 2 כוחות: mg (כלפי מטה) ונורמל (כלפי מעלה). התנועה היא

מעגלית ברדיוס R. בכיוון הרדיאלי: $N - mg = m \frac{v^2}{R}$. את v נמצא משיקולי אנרגיה:

$W = \Delta E$ שבו W (עבודת הכוחות הלא משמרים - הדחיפה) בוטא קודם. מקבלים:

$mg(H - R) = \frac{1}{2}mv^2 - mgR$. בחרנו את מישור הייחוס בגובה של B. מכאן

מקבלים את v: $v = \sqrt{2gH} = 5.92\text{ m/s}$. נחזור ל-N: $N = m \frac{v^2}{R} + mg$. נציב את

כל הערכים המספריים ונקבל: $N=1333.33\text{N}$

ג. כאשר הנערה עוברת בנקודה P שגובהה h (ראה איור), האם גודל הכוח הפועל על המסילה שווה, גדול או קטן מזה שהופעל בנקודה B? נמק בעזרת ביטוי מתאים.

ד. במקרה אחר, קטע המסילה A-B מחוספס. כאשר עבודת דחיפת החבר זהה, הנערה מגיעה רק עד הנקודה P שגובהה מתחתית המסלול $h = 0.8\text{m}$.
 (1) חשב את כמות החום שנוצרת בעת מעבר הנערה במסילה עד שהיא נעצרת רגעית בנקודה P. הסבר.

כמות החום המבוקשת שווה לעבודת כוח החיכוך לאורך AB. העבודה הזו W_f (השלילית)

שווה להפרש האנרגיות בין A ל-B:

$W_f = E_B - E_A$. נפרט: $W_f = mgh - mgH$ (האנרגיה הכוללת ב-A שווה mgH על

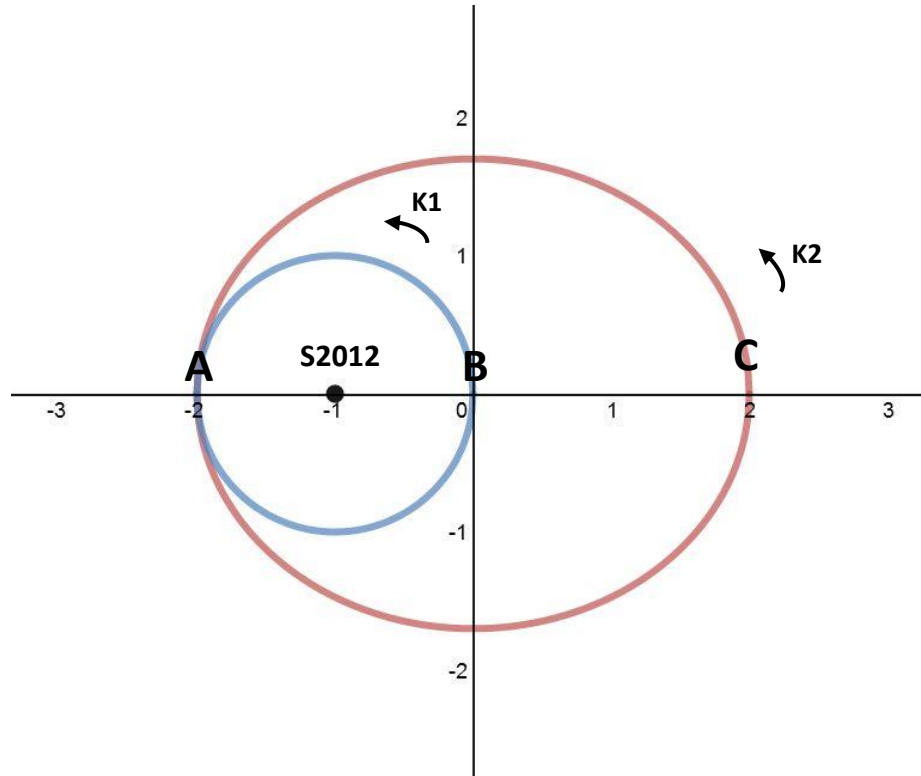
סמך סעיף א'). נחשב ונקבל: $W = -380\text{ J}$.

(2) העתק את קטע המסילה בקרבת הנקודה P ושרטט עליו את וקטור התאוצה הרגעית בנקודה P. הסבר שיקולך.

במקום זה ישנה רק תאוצה משיקית, נגד כיוון התנועה, שכן המהירות הרגעית שווה לאפס.

שאלה מספר 5

במסגרת המאמצים לגילוי כוכבי לכת מחוץ למערכת השמש, נתגלו שני כוכבי לכת, K1 ו-K2, הסובבים כוכב בשם S2012. K1 מסתובב במסלול מעגלי בעוד ש-K2 מסתובב במסלול אליפטי (באותו כיוון), על פי התרשים:



הנקודות A, B, C, וכן הכוכב S2012 נמצאים על הציר הראשי של האליפסה. המספרים מייצגים מאות מיליארדי מטרים כך שקוטר המעגל $AB = 2 \cdot 10^{11} \text{ m}$, כוכב S2012 נמצא במרכז המעגל ונקודה C נמצאת $3 \cdot 10^{11} \text{ m}$ מכוכב S2012. בתרגיל יש להזניח את כוח הכבידה הפועל בין שני כוכבי הלכת K1 ו-K2.

א. ענה נכון/לא נכון, תוך נימוק קצר:

(1) הכוכב S2012 נמצא באחד ממוקדי האליפסה.

נכון, על פי החוק הראשון של קפלר.

(2) מהירותו של K2 בנקודה C גדולה ממהירותו בנקודה A.

לא נכון: על פי החוק השני של קפלר, קו המחובר את השמש עם הכוכב חולף על פני שטחים שווים בפרקי זמן שווים. לכן ככל שהכוכב רחוק יותר מהשמש, המרחק שהוא עובר על פני קשת של האליפסה קטן יותר בפרק זמן קבוע ומהירותו קטנה יותר.

ב. נתון שבמועד מסוים כוכב K1 נמצא בנקודה B בעוד שכוכב K2 נמצא בנקודה C.

מהו יחס המסות של שני כוכבי הלכת אם במועד זה, הכוח שכוכב S2012 מפעיל עליהם זהה?

הכוח שהשמש מפעילה על כל כוכב: $F = G \frac{Mm}{R^2}$. אם הכוח זהה מקבלים:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}^2 = 0.111 \quad \text{כלומר יחס המסות כריבוע יחס המרחקים:} \quad \frac{m_1}{R_1^2} = \frac{m_2}{R_2^2}$$

ג. נתון שמסת הכוכב S2012 שווה לעשירית (1/10) ממסת השמש שלנו. האם מהירותו של

K1 גדולה או קטנה ממהירותו הממוצעת של כדור הארץ סביב השמש?

נחשב מהירות של כוכב במסלול מעגלי סביב שמש: מתוך חוק 2 של ניוטון לתנועה

מעגלית $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$ לכן: $v^2 = \frac{GM}{R}$. נשווה בין מהירות כדור הארץ v_E למהירות

$$v_{K1}^2 = \frac{GM_{S2012}}{R_{K1}} = \frac{G \frac{1}{10} M_S}{\frac{R_E}{1.5}} = \frac{0.15 GM_S}{R_E} \quad v_E^2 = \frac{GM_S}{R_E} \quad v_{K1}^2 = \frac{0.15}{1} v_E^2 \quad \text{מכאן}$$

נובע שמהירותו קטנה מזו של כה"א.

ד. חשב את זמן המחזור של כוכב הלכת K1 בתנועתו סביב S2012. בטא את התוצאה

בשנים (של כדור הארץ).

מתוך נוסחת המהירות נחשב את זמן המחזור, על פי $T = \frac{2\pi R}{v}$. נקבל:

$$T = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{GM}{R}}} = \frac{2\pi}{\sqrt{GM}} R^{1.5} \quad \text{נציב מספרים ונקבל: } T = 5.44 \cdot 10^7 \text{ s} \quad \text{ובשנים של כה"א:}$$

$T = 1.725 \text{ years}$ (חילקנו ב-365, ב-24, ב-3600).