**פיסיקה**

**בפארק שעשועים**



**מגישים: יובל קלנטרוף, יובל קיסר ורועי מסטוב**

**כיתה: יא1**

**תאריך הגשה: 31.03.2020**

**לידי: שמוליק משה**

**תוכן עניינים:**

[**1. בלאק ממבה**](#_i1wj21tri248) **2**

[**2. גלגל ענק**](#_d8k0rg2oa0fo) **7**

[**3. מגלשות מים**](#_r20we8hou8jy) **12**

[**4. Star Flyer**](#_2et92p0) **16**

[**5. אנקודנה**](#_77959bdpkobv) **19**

[**6. ספינת פיראטים**](#_iul80jqih9u1) **22**

[**7. מכוניות מתנגשות**](#_e36kdm27mzhn) **27**

[**קרוסלת פילים**](#_bvomxzd4jt6t) **30**

[**רפלקציה קבוצתית**](#_a3pbsydzky5h) **33**

# 1. בלאק ממבה

אם אתם לא יכולים לחכות, ואתם רוצים לדעת איך זה נראה , 

להכיר את המסלול ובעיקר להעצים את ההתרגשות לפני ההגעה, צפו [בסרטון .](https://www.youtube.com/watch?v=hiORItos8Ik)

בלאק ממבה )Black Mamba( הוא מתקן מסוג "מגדל נפילה חופשית ." עד לא מזמן היה זה המתקן הגבוה ביותר בפארק.

מספר המושבים: 16

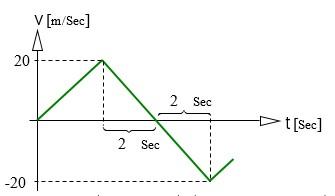
גובה מרבי: 45 מטרים מעל "עמדת השגור " מהירות שיא: 72 קמ"ש )בעליה ובירידה( מסת המעלית עם הנוסעים: 2,000 ק"ג

אז לפני שנעלה על המתקן ונחזיק חזק את הכיסא, הנה כמה שאלות כדי להבין את הפיזיקה שמאחורי . . .

המתקן מעלה את הנוסעים לגובה מרבי של 45 מטר מעל" עמדת השגור", נופל מטה ונעצר . תנועת המתקן מתוארת בעזרת ציר y המופיע בתמונה.

**הניחו כי בכל אחד משלבי תנועת המתקן – התאוצה קבועה.**

הגרף הבא מתאר את מהירות המתקן כתלות בזמן (עד רגע מסוים).



1. **מלאו את הטבלה הבאה, המתייחסת לשלבים שונים של תנועת המתקן (שימו לב לסימן האלגברי של חלק מהגדלים):**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **כיוון הכוח השקול**  **הפועל על המתקן** | **כיוון תאוצת המתקן** | **כיוון**  **מהירות המתקן** | **מהירות המתקן** | | **שלבי התנועה** |
| **ברגע סיום השלב** | **ברגע תחילת השלב** |
| **למעלה** | **למעלה** | **למעלה** | **v=20 (m/s)** | **v=0 (m/s)** | **1. מרגע תחילת העליה , ועד הרגע בו נע המתקן במהירותו המרבית.** |
| **למטה** | **למטה** | **למעלה** | **v=0 (m/s)** | **v=20 (m/s)** | **2. מהרגע בו נע המתקן במהירות מרבית , ועד הגעתו לשיא הגובה.** |
| **למטה** | **למטה** | **למטה** | **v=20 (m/s)** | **v=0 (m/s)** | **3. משיא הגובה ועד הרגע בו המהירות מגיעה לגודלה המרבי במהלך הירידה .** |
| **למעלה** | **למעלה** | **למטה** | **v=0 (m/s)** | **v=20 (m/s)** | **4. מהרגע בו המהירות מגיעה לגודלה המרבי במהלך הירידה , ועד חזרת המתקן ל"עמדת השגור."** |

\*הכוונה היא לגודל המהירות

**לפני השיגור ,מורם המתקן באיטיות לאורך 5 מטרים מ"עמדת הכניסה" אל "עמדת השיגור".**

**מסת המתקן עם הנוסעים 2,000 ק"ג .**

* 1. **מה (לפחות!) צריכה להיות העבודה שמבצע המנוע על המתקן בתהליך העלתו מ"עמדת הכניסה" אל "עמדת השיגור?"**

לפי הנוסחה מתקבל שעבודת המנוע צריכה להיות גדולה (או לפחות שווה) מעבודת כוח הכובד (בערכה המוחלט). כלומר:

כדי להעלות את המתקן 5 מטרים, צריך שהמנוע יבצע לפחות עבודה מנוגדת לעבודה שעושה כוח הכובד. עבודת כוח הכובד שווה ל-(כלומר למסת הגוף כפול השינוי בגובה כפול תאוצת גרם השמיים (סימן המינוס נמצא מכיוון שכיוון העבודה הוא מנוגד לכיוון התנועה)). נסמן את העבודה של המנוע בW

במקרה זה:

העבודה של המנוע היא לפחות ג'ול.

* 1. **מה (לפחות!) צריכה להיות העבודה שמבצע המנוע על המתקן מרגע השיגור ועד ההגעה לשיא המסלול?**

כמו בסעיף 1, רק שהפעם השינוי בגובה הוא 45 מטרים, ולא 5.

העבודה של המנוע היא לפחות ג'ול.

1. **המהירות המרבית של המתקן היא 72 קמ"ש .**

**באיזה גובה מעל "עמדת השיגור" מתקבלת מהירות זו?**

כמו שאנחנו יודעים, אם נחשב את השטח מתחת לגרף מהירות הזמן בין t=0 לנקודת החיתוך של הגרף עם ציר הזמן, נמצא את הגובה המקסימלי, ולהיפך. אנחנו יודעים מנתוני השאלה שהגובה המקסימלי הוא 45 מטרים, ולכן השטח מתחת לגרף הוא 45 יחידות. נסמן את הזמן שבו המהירות שווה ל-20 מ"ש בt ונפתור את המשוואה:

→ →

כלומר, מהירות הגוף המרבית מתקבלת כאשר t=2.5 שניות.

כעת, נחשב את השטח שבין t=0 ל [t=2.5[sec ונמצא את הגובה בו המהירות היא מרבית:

→

בגובה של 25 מטרים מעל עמדת השיגור.

1. **כמה זמן אורכת תנועת המתקן מרגע שיגורו ועד חזרתו אל "עמדת השיגור"?**

לפי הסימטריות, ניתן לדעת שהזמן שלקח לגוף לעלות הוא גם הזמן שלקח לו לרדת.  
משום שלקח למתקן לעלות 4.5 שניות אז ייקח לו 4.5 שניות לרדת. אם נסכום את זמן העלייה וזמן הירידה נקבל שהזמן הכולל הוא 9 שניות**.**

1. **על נוסע במתקן פועלים שני כוחות – כוח הכובד וכוח נורמל ממושב המתקן (המושב אופקי) .**

**עבור כל אחד מהשלבים של תנועת המתקן (ראו סעיף א) שרטטו תרשים כוחות עבור נוסע שמסתו m .**

**ציינו את כיוון התאוצה, וקבעו האם "משקל הנוסע" (כלומר ,גודל הכוח שהנוסע מפעיל על המושב, N) קטן, שווה או גדול מכוח הכובד הפועל עליו. נמקו את קביעתכם.**



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **שלב 4:** | **שלב 3:** | **שלב 2:** | **שלב 1:** |  |
| N  mg | mg | mg | N    mg | תרשים הכוחות הפועלים על הנוסע (**באדום**) +  ווקטור התאוצה (**בכחול**)    הקפידו\_על הקשר הנכון בין גדלי הכוחות!  N < mg , N> mg  N = mg או |
| N>mg  הגוף מאיץ כלפי מעלה (כי הוא מאט), ולכן הכוחות שפועלים כלפי מעלה גדולים מהכוחות שפועלים כלפי מטה. | לפי הגרף ←    mg>N  N=0 | לפי הגרף ←    mg>N | N>mg  הגוף מאיץ כלפי מעלה, ולכן הכוחות שפועלים כלפי מעלה גדולים מהכוחות שפועלים כלפי מטה. | נימוק: |

1. **שרון, מאור ונועם ביקרו בלונה פארק ועלו על המתקן . בהגיעם לשיא הגובה הם הרגישו תחושה של "ריחוף".**

**לאחר שירדו מהמתקן הם החליפו חוויות, ואמרו שהרגישו תחושת "ריחוף" כאשר המתקן היה בקרבת שיא הגובה. הם ניסו לקשר זאת למה שלמדו בכיתת הפיזיקה . מאור טען: "מאחר והמתקן היה בשיא הגובה ועצר, תאוצתו הייתה אפס, ולכן הרגשנו ריחוף." שרון הוסיפה ואמרה: "בעצם, בנקודה זו כוח הכובד לא פעל עלינו ולכן הרגשנו חסרי משקל." נועם שמעה זאת ואמרה: "שניכם טועים."**

**מי מהילדים צדק ? מה ההסבר לתחושת "ריחוף ?"נמקו.**

תחושת הריחוף נבעה מכך שהכוח הנורמלי שפועל על הילדים היה שווה ל-0; ברגע שבו רק כוח המשיכה() פעל עליהם. מאור טועה מכיוון שתאוצת המתקן לא הייתה 0, מכיוון שהיה שינוי בכיוון התנועה או בגודל המהירות במשך כל תנועת המתקן, ולכן יש תאוצה לאורך כל תנועת המתקן. שרון טועה כי כוח הכובד פועל תמיד על עצמים בכדור הארץ, גם בלי קשר לתנועת המתקן, ולכן נועם צודקת.

# 2. גלגל ענק

גלגל הענק בלונה פארק הוא גלגל הענק הגדול ביותר בישראל והוא נישא לגובה של 60 מטר.

אז לפני שנעלה על המתקן ונחזיק חזק את הכיסא ,הנה כמה שאלות כדי להבין את הפיזיקה שמאחורי . . .



בפעילות זו נניח כי המהירות הזוויתית של הגלגל היא קבועה.

נזניח את השפעת האוויר על תנועת נוסעי המתקן, אך לא נזניח את כוחות החיכוך בין נוסעי המתקן לבין הכְִּּסְּאוֹת . . .

1. **בצילום מסומנות הנקודות B ,A ו- C הממוקמות לאורך רדיוס הגלגל.** 
   1. **הכניסו את הסימן המתמטי הנכון ) = , < או > ( בין המהירויות הזוויתיות של הנקודות: A, B, C**

המהירות הזוויתית שווה בכל נקודה, ואינה תלויה ברדיוס הסיבוב.

* 1. **הכניסו את הסימן המתמטי הנכון ) = , < או > ( בין המהירויות הקוויות של הנקודות: A, B, C**

המהירות הקווית גדולה יותר ככל שרדיוס הסיבוב והמהירות הזוויתית גדולים יותר (מכיוון שהמהירות הזוויתית שווה בכל הנקודות המהירות הקווית הגדולה ביותר שייכת לנקודה בעלת רדיוס הסיבוב הגדול ביותר).

1. **ידוע כי קוטר הגלגל הענק הוא 60 מטר, וזמן המחזור שלו 240 שניות. חשבו את:** 
   1. **תדירות הסיבוב של המתקן.**

זמן מחזור-240 שניות . נציב בנוסחה ולכן תדירות הסיבוב סיבובים בשנייה (בערך 0.00417 הרץ).

* 1. **המהירות הקווית של אחת מקרוניות המתקן.**

ידוע שהמתקן נישא לגובה של . ולכן . נציב בנוסחה למהירות קווית :

1. **הטבלה הבאה דנה בתאוצת המערכת הכוללת (כיסא + תלמיד )היושב על אחד הכיסאות של הגלגל הענק(" בזמן שהגלגל מסתובב. מלאו את הטבלה.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **הסבר** | **קבועה/משתנה** | **יש / אין** |  |
| התאוצה הרדיאלית קבועה. את התאוצה הרדיאלית מחשבים בעזרת הנוסחה . אינם משתנים ולכן התאוצה אינה משתנה(קבועה). | קבועה | יש | גודל התאוצה הרדיאלית של המערכת: |
| המהירות הקווית אינה משתנה ולכן אין תאוצה משיקית. | קבועה | אין | גודל התאוצה המשיקית של המערכת: |
| גודל תאוצת המערכת הואומכיוון ש וקבוע, אז גם תאוצת המערכת קבועה. (ושווה לתאוצה הרדיאלית) | קבועה | יש | גודל תאוצת המערכת: |

בתרשים שמשמאל מתואר הגלגל הענק כאשר תלמיד שמסתו 50 ק"ג יושב באחד הכְִּּסְּאוֹת.

במהלך תנועתו חולף התלמיד בנקודות E , D ו- F: 

D – הנקודה הנמוכה ביותר במסלול.

F – הנקודה הגבוהה ביותר במסלול.

E – הנקודה שהרדיוס המכוון אליה הוא אופקי.

1. **חשבו את הכוח המופעל על התלמיד מצד הכיסא:** 
   1. **בנקודה D.**

נבחר מערכת צירים - ציר R הוא הציר כיוונו החיובי כלפי מרכז המעגל וציר T שמשיק למעגל.

→ =1.028[N]

→ =N-500→

הכוח הוא בכיוון מעלה.

* 1. **בנקודה F.**

נבחר מערכת צירים - ציר R הוא הציר כיוונו החיובי כלפי מרכז המעגל וציר T שמשיק למעגל.

→ =1.028[N]

→ =N+500→

הכוח הוא בכיוון מעלה.

1. **עבור הרגע בו נמצא התלמיד בנקודה E חשבו את:**

(נבחר מערכת צירים בשביל שני הסעיפים - ציר R הוא הציר כיוונו החיובי כלפי מרכז המעגל וציר T שמשיק למעגל.)

* 1. **הרכיב הרדיאלי של הכוח שמפעיל הכיסא על התלמיד.**

הרכיב הרדיאלי הוא 1.028 ניוטון לכיוון מרכז המעגל.

* 1. **הרכיב המשיקי של הכוח שמפעיל הכיסא על התלמיד.**

בתנועה מעגלית קצובה:

הרכיב המשיקי הוא 500 ניוטון בכיוון אנכי מעלה.

1. **תארו את שינויי האנרגיה של התלמיד במהלך תנועתו מהנקודה D לנקודה E:** 
   1. **האם האנרגיה הקינטית שלו קְּטֵָנָה, גְּדֵָלָה או אינה משתנה ? הסבירו.**

האנרגיה הקינטית של התלמיד נשארת קבועה מכיוון שאין תאוצה משיקית ובגלל זה המהירות נשארת קבועה, ולכן גם האנרגיה הקינטית נשארת קבועה.

* 1. **האם האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית שלו קְּטֵָנָה, גְּדֵָלָה או אינה משתנה? הסבירו.**

נבחר כמשטח ייחוס את הגובה של נקודה D

האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית שלו גדלה.

* 1. האם שתי תשובותיך הקודמות עומדות בסתירה לעקרון שימור האנרגיה ? הסבירו.

אין סתירה בין שתי התשובות הקודמות משום שפועל גם כוח מנוע שהוא כוח חיצוני למערכת והוא אינו כוח משמר.

1. **חשבו את השינוי בתנע של התלמיד (גודל וכיוון):**

שינוי בתנע=מתקף

* 1. **בתנועתו מהנקודה D לנקודה E.**

נחלק לציר X וציר Y:

נחבר את המשוואות:

השינוי בתנע הוא בכיוון של 135 מעלות מעל לאופק.

* 1. **בתנועתו מהנקודה D לנקודה F.**

השינוי בתנע הוא בכיוון של 180 מעלות מעל לאופק (כלומר, בכיוון הסיבוב).

1. **מהו המתקף (גודל וכיוון) שמפעיל הכסא על התלמיד בתנועתו מהנקודה D לנקודה F?**

ידוע שבתנועה מעגלית קצובה, בכדי לעשות חצי סיבוב דרוש חצי מהזמן לעשות סיבוב מלא. ולכן הגלגל משלים חצי סיבוב ב120 שניות.

נחלק לצירים:

המתקף שמפעיל הכיסא הוא 60000.0514 בזווית 90.07 מעלות מעל האופק. 

# 

# 3. מגלשות מים

המים מרעננים, המסלולים מפותלים, המהירות מסחררת - קבלו את מגלשות המים! 

ארבע המגלשות ייקחו אתכם במורד הזרם לחוויה מסעירה , שתרצו לחזור אליה שוב ושוב .

המגלשות האדומות לקטנטנים, הכחולות לגדולים יותר .

החוויה האולטימטיבית לימים החמים!

אז נקווה שמזג האוויר יהיה מתאים ונוכל לגלוש בכייף , אך לא לפני שנענה על כמה שאלות כדי להבין את הפיזיקה שמאחורי . . .

התייחסו אל מסלול התנועה של המתקן כאל מסלול חלק והזניחו את התנגדות האוויר.

**הגובה המרבי אליו מגיעה הסירה (הנקודה A הנמצאת בראש המתקן ,ממנה משוחררת סירת הגומי ממנוחה) הוא 24 מטר מעל תחתית המסלול( B).**

**מסת הסירה (הריקה) היא 20 ק"ג.**

**g = 10 m/Sec2 :נתון**

1. **כמה עבודה (לפחות!) נדרשת כדי להעלות את הסירה (הריקה) מתחתית המסלול אל הנקודה הגבוהה ביותר?**

ידוע שעבודת המנוע שמעלה את הסירה שווה לכוחות הלא משמרים (כי לא פועל חיכוך במערכת).

עבודת המנוע צריכה להיות לפחות 4800 ג'ול.

1. **במהלך הגלישה מטה, הסירה (הריקה) צוברת מהירות.** 
   1. **מהי המהירות המרבית של הסירה במהלך תנועתה?**

הסירה הריקה מגיעה למהירותה המרבית בתחתית המסלול.

המהירות המרבית של הסירה הוא 21.9 מטר לשנייה.

* 1. **במציאות, מהירות הסירה בתחתית המסלול קטנה מהמהירות שמצאתם בסעיף ב'1.**

**הסבירו עובדה זו, מתוך שיקולים פיזיקליים.**

עובדה זאת נובעת מכך שבפועל קיים חיכוך בין הסירה למשטח ולמים שמאט אותה. כוח החיכוך "לוקח" חלק מהאנרגיה של הסירה לטובת אנרגיית חום, ולכן מוריד את האנרגיה הקינטית של הסירה ואת המהירות שלה, כתוצאה מכך.

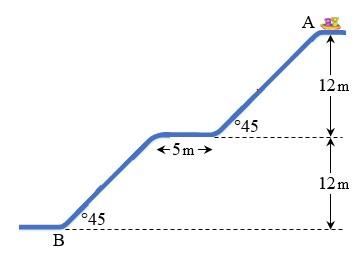
**3. נתון כי האנרגיה הקינטית של הסירה בתחתית המסלול מהווה %75 מערכה שהיה מתקבל במסלול אידיאלי .**

**כמה אנרגית "חום" נוצרת במהלך תנועת הסירה מראש המתקן אל התחתית?**

במסלול אידיאלי שלא מאבד אנרגייה ומצליח לנצל את כל האנרגייה הפוטנציאלית- האנרגיה הקינטית בתחתית שווה לאנרגיה הפוטנציאלית בהתחלה

ידוע ש מהאנרגייה "מתבזבזת" על חיכוך. ולכן:

כלומר, אנרגית החום היא 1200 ג'ול.

**בהמשך השאלה נתייחס אל מסלול הסירה על - פי המודל המקורב הבא (ראו תרשים):** 

**הפרש הגבהים בין קצוות כל חלק משופע הוא 12 מטרים.**

**זווית הנטייה של החלקים המשופעים היא 45 מעלות לאופק.**

**הקטע שאורכו 5 מטרים הוא אופקי.**

**אורכי הקטעים המעוגלים ניתנים להזנחה.**

**הסירה עוברת בקטעים המעוגלים בצורה "חלקה."**

1. **מהי תאוצה הסירה בעת תנועתה לאורך קטע משופע?**

תאוצת הסירה בקטע המשופע היא

1. **כמה זמן אורכת תנועת הסירה מהנקודה A לנקודה B?**

תאוצת הסירה בקטעים המשופעים -

תאוצת הסירה בקטע האופקי -

אורך הקטעים המשופעים -

מקטע ראשון:

מקטע שני:

מקטע שלישי:

\*

\*(t>0 ולכן הפתרון השלילי מתבטל)

נחבר את הזמנים ונקבל את הזמן הכולל:

1. **על נוסע הנע יחד עם הסירה כגוף אחד, פועלים שני כוחות: כוח הכובד וכוח מצד הסירה .** 
   1. **שרטטו תרשים ברור ומוקפד של הכוחות הפועלים על נוסע הסירה, בזמן שהיא נעה לאורך אחד הקטעים המשופעים.**



* 1. **האם במהלך התנועה בקטעים המשופעים, הכוח שהסירה מפעילה על הנוסע גדול, קטן או שווה לכוח הכובד?**

**הסבירו במילים את קביעתכם.**

הכוח שהסירה מפעילה על הנוסע קטן מכוח הכובד של הנוסע בקטעים המשופעים, מכיוון שהכוח שהסירה מפעילה על הנוסע מהווה רק את הרכיב בציר האנכי (ציר y) של הכוח הכובד. מכיוון שלא פועלים על האדם כוחות אחרים ואין תאוצה בציר האנכי, מתקיים ש. על פי החוק הראשון של ניוטון מתקיים ש:

. ולכן, קטן מ.

* 1. **חשבו את גודל הכוח שמפעילה הסירה על נוסע שמסתו 50 ק"ג (במהלך התנועה בקטעים המשופעים).**

לפי הסעיף הקודם:

# 4. Star Flyer

מתקן ה- Star Flyer בלונה פארק תל אביב הוא קרוסלת שרשראות אשר במהלך הפעלתה הנוסע מסתובב ועולה לגובה של כ- 66 מטר (עם נוף מרהיב!). 

עמוד המתקן מתנשא לגובה של 72 מטרים.

אז הדקו חגורות, התכוננו לאתגר את הפחד ואת גופכם עם חוקי הפיזיקה במלוא תפארתם!

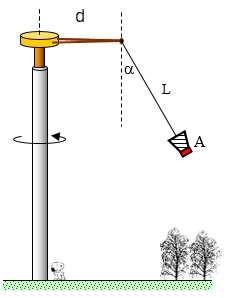
צפו תחילה [**בסרטון**](https://www.youtube.com/watch?v=aXK82s-SFCw) של המתקן.

קרוסלת השרשראות מסתובבת סביב ציר אנכי.

בתרשים מתואר מושב בודד של הקרוסלה בזמן שהוא נע במסלול מעגלי אופקי.

התייחסו אל המושב )כמו גם אל התלמידה שתֵשֵב בו בהמשך( כאל גוף נקודתי.

בשלב הראשון של תנועתה ,מהירותה הזוויתית להקרוסלה אינה קבועה.

המהירות הזוויתית בה מסובבת הקרוסלה סביב ציר הסיבוב האנכי הולכת וגדלה, עד שהיא מתייצבת על ערך קבוע. 

1. **העתיקו את התרשים למחברת, והוסיפו את הכוחות הפועלים על כסא יחיד בזמן שהוא מבצע תנועה מעגלית קצובה במישור אופקי.**



כוח מתיחות P - פועל על הכיסא בכיוון השרשרת המחוברת אל הכיסא.

כוח הכובד mg - פועל כלפי מטה.

1. **רישמו את משוואות התנועה של הכסא המתואר בסעיף א' (חוקי ניוטון).**

רדיוס הסיבוב הוא:

לפי החוק הראשון של ניוטון מתקיים:

לפי החוק השני של ניוטון מתקיים:

**מהנדסת המתקן ורוניקה, תיכננה אותו כך שאורך מוט הקרוסלה הוא d = 10 m, אורך השרשרת הקשורה בין קצה מוט הקרוסלה למושב הוא L = 15 m (מסתה זניחה). מסת המושב הריק היא m = 14 kg .**

**ורוניקה תיכננה את תנועת הקרוסלה כך שכאשר היא מתייצבת , זווית הפרישה של השרשרת מהאנך היא °30 = . נתון:.**

1. **באיזו המהירות זוויתית תסתובב הקרוסלה, ע"פ תכנון המהנדסת, במצב המתואר?**

המהירות הזוויתית במצב המתואר היא .

1. **מה המתיחות בשרשרת הקרוסלה כאשר במושב יושב תלמיד שמסתו 70 ק"ג?**

המתיחות בשרשרת היא 969.95 ניוטון.

1. **השרשרת המחוברת לכסא מסוגלת לשאת משקל של 10,000 ניוטון ,(מעבר לכך ,**

**היא עלולה להיקרע). עבור נוסע כבד משקל שמסתו 150 ק"ג, עד לאיזו זווית פרישה היה ניתן לתכנן את המתקן כך שלא תהיה סכנת קריעה לשרשרת?**

זוויתי הפרישה המקסימלית היא 80.56 מעלות.

1. **מלבד כוח הכובד פועלים על תלמידה היושבת במושב הקרוסלה מספר כוחות נוספים:**

**נורמל מחלקי המושב השונים, חיכוך מחלקי המושב השונים ומתיחות וחיכוך מחגורת הבטיחות.**

**הראו שהשקול של כל הכוחות הנוספים מכוון בזווית לאנך (על הקו של השרשרת המחוברת אל המושב).**

נסמן את שקול כל הכוחות שפועלים על התלמידה, מלבד כוח הכובד, בF, ואת הזווית של F נסמן ב

התאוצה של התלמידה בציר האנכי היא 0. כלומר, (עפ"י החוק הראשון של ניוטון).

על פי החוק השני של ניוטון מתקיים, ומכיוון שהתלמידה נעה עם הכיסא, התאוצות שלהם שוות

נחבר את 2 המשוואות ונקבל:

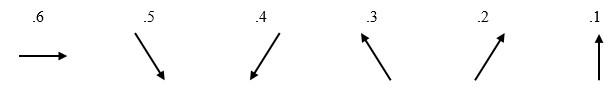
כלומר, הכוח F פועל בזווית של של , כלומר בכיוון השרשרת המחוברת אל המושב.

1. **\*אתגר: כשירדה מהמתקן, סיפרה התלמידה (שתוארה בסעיף הקודם) לחבריה, כי בזמן שישבה בקרוסלה חשה דווקא כאילו פעל עליה "כוח החוצה מהמעגל". זאת ,למרות ששקול הכוחות שמפעיל המושב אינו פועל בכיוון זה (סעיף ו'). הסבירו מדוע מדמה התלמידה כוח המכוון "רדיאלית החוצה מהמעגל."**

על פי עיקרון ההתמדה, גופים תמיד שואפים להתמיד בתנועה ישרה, ולכן התלמידה "נמשכת" החוצה מהסיבוב.

1. **בשלב מסוים של תהליך עליית המתקן, מהירותו האנכית גְּדלה עקב תאוצה אנכית הנגרמת כתוצאה מפעולת המנוע.**

**בשלב זה, החוטים פרושים בזווית קבועה לאנך וקצב הסיבוב של המתקן קבוע (כלומר, מתבצעים סיבוב ועלייה מעלה במקביל). איזה מהחצים הבאים עשוי לתאר את ווקטור התאוצה של תלמידה היושבת בכסא הקרוסלה בנקודה A?**



**חץ מספר 3** מתאר את את וקטור התאוצה של התלמידה היושבת בכיסא בנקודה A, מכיוון שהתאוצה בציר האופקי היא לכיוון מרכז הסיבוב (לכיוון שמאלה), והתאוצה בציר האנכי היא לכיוון מעלה. ולכן, התאוצה הכוללת היא לכיוון מעלה ושמאלה.

# 

# 5. אנקודנה

אנקודנה היא רכבת הרים בלונה פארק תל אביב. 

* זמן הנסיעה: דקה ו- 48 שניות
* אורך המסילה: 285 מטר
* מהירות שיא: 972. קמ"ש
* תאוצת שיא: g5.2 )פי 5.2 מתאוצת הכובד(
* הרכבת מבצעת 3 היפוכים
* נוסעים בה בשני הכיוונים:

פעם כשהפנים עם כיוון התנועה ופעם נגד...

אם אתם לא יכולים לחכות, ורוצים לדעת

איך זה נראה מהקרון האחרון, להכיר את המסלול ובעיקר להעצים את ההתרגשות לפני ההגעה, צפו [**בסרטון** .](https://www.youtube.com/watch?v=aHX7GB2McbE)

אז לפני שנעלה על האנקונדה ונחזיק חזק את הכיסא, הנה כמה שאלות להבין את הפיזיקה שמאחורי . . .

**בשאלות הבאות הזניחו את השפעת האוויר על תנועתה הרכבת, והתייחסו אל הרכבת כאל גוף נקודתי . . .**

**. g = 10 m/Sec2 :נתון**

1. **ידוע כי מהירותה המרבית של הרכבת היא 97.2 קמ"ש, והיא מתקבלת בנקודה הנמוכה ביותר של מסלול נסיעתה. מהו**

**(לפחות) הגובה ההתחלתי ממנו החלה הרכבת את תנועתה (בהנחה כי המסלול חלק)?**

36.45[m]

הגובה ההתחלתי ממנו החלה הרכבת את תנועתה הוא לפחות 36.45 מטרים מעל הנקודה הנמוכה ביותר.

1. **במהלך תנועתה חולפת הרכבת דרך שלוש לולאות אנכיות ומבצעת שלושה סיבובים אנכיים מלאים של 360 .** 

**זאת, כאשר היא נעה באופן חופשי, ללא עזרת מנוע. נסמן ב- R את רדיוס הלולאה.**

* 1. **בהנחה שקרונות הרכבת אינם "רְּתוִּּמִּים" למסילה, והם יכולים להתנתק ממנה**

**(אל דאגה, כפי שרואים בתמונות שמשמאל – הקרונות רתומים למסילה), הוכיחו כי הגובה המינימלי (ביחס לתחתית הלולאה) ממנו ניתן לשחרר את הרכבת ממנוחה, כך שתצליח לבצע הקפה מלאה הוא hmin = 2.5R .**

כדי לבדוק האם הגוף יצליח לעשות סיבוב שלם, צריך לבדוק מהי המהירות המינימלית בנקודה העליונה של המעגל (נקודה 3 בסרטוט) בשביל שהגוף לא יתנתק מהמסילה.  
בנקודה 3, בגובה מינימלי, הכוח הנורמלי הוא N=0 ולכן:

משום שלא פועלים כוחות לא משמרים

\*משטח הייחוס הוא בתחתית המעגל

\*h3=2R



* 1. **בהנחה שקרונות הרכבת "רתומים" למסילה, ואינם יכולים להתנתק ממנה הוכיחו כי הגובה המינימלי (ביחס לתחתית הלולאה) ממנו ניתן לשחרר את הרכבת ממנוחה, כך שתצליח לבצע הקפה מלאה הוא hmin = 2R .**

משום שלא פועלים כוחות לא משמרים

\*משטח הייחוס הוא בגובה של תחתית ה"לופ".

נרצה למצוא את הגובה, שבו אם נפיל את הקרון, הקרון יגיע לנקודה 3 במהירות הגדולה מ0-ולכן נשווה את מהירות הקרון בנקודה 3 ל0. בנוסף האנרגיה הקינטית בנקודה 1 היא 0 (כי משחררים את הגוף ממנוחה).

* 1. **המהנדסים איתי ואמילי, שתכננו את הרכבת לא רצו לבסס את תנועתה על**

**"גלגלי הריתום", ולכן הניחו שהגובה שחושב בסעיף ב'1 הוא הגובה המינימלי לביצוע הקפה מלאה.**

**מה צריך להיות הרדיוס המתוכנן של הלולאה המעגלית במסלול הרכבת?**

\*לפי סעיף א' וב1

רדיוס הסיבוב הוא 14.58 מטרים.

* 1. **בפועל, רדיוס הלולאה המעגלית קטן מזה שקיבלת בתת - הסעיף הקודם.**

**רישמו שתי סיבות אפשריות לכך.**

1. חיכוך עם האוויר אשר מאט את מהירות הרכבת ויגרום לכך שהיא לא תוכל להשלים את הסיבוב.
2. חיכוך עם המסילה אשר מאט את מהירות הרכבת ויגרום לכך שהיא לא תוכל להשלים את הסיבוב.
3. **נתון כי רדיוס המסלול המעגלי הוא R = 12 m ומסת נוסעת מסוימת היא m = 50 kg .** 
   1. **מה גודלו של הכוח שמפעילה הקרונית על הנוסעת בעוברה בנקודה הנמוכה ביותר של הלולאה המעגלית?**

גודל הכוח שהקרונית מפעילה על הנוסעת בנקודה זו הוא 3537.5 ניוטון.

* 1. **מה גודלו של הכוח שמפעילה הקרונית על הנוסעת בעוברה בנקודה הגבוהה ביותר של הלולאה המעגלית?**

נמצא את המהירות בנקודה הגבוהה ביותר של הלולאה.

נציב ונפתור.

גודל הכוח שמפעילה הקרונית על הנוסעת בנקודה זו הוא 537.5 ניוטון.

# 6. ספינת פיראטים

בואו והצטרפו לג'ק שתום העין, מנהיג הפיראטים האימתני 

מימי הביניים, במסעותיו הימיים המופלאים . עלו לספינתו המרשימה , שאורכה כ- 12 מטר ומצאו לכם מקום על אחד מ- 9 הספסלים .

שימו לב: על כל ספסל יכולים לשבת רק 5 פיראטים נועזים .

המסע אינו פשוט – הספינה היא נדנדה הנעה בחצי עיגול עשרות פעמים, קדימה ואחורה כמטוטלת . האמיצים במיוחד, שיבחרו לשבת בקצוות, אף יחושו תחושת ריחוף וניתוק מהספינה .

הספינה מתחילה את תנועתה מהנקודה הנמוכה ביותר במסלול ,A.

בהשפעת מנוע, היא מתנדנדת סביב הנקודה O בזווית הולכת וגדלה.

לאחר מכן, **כאשר המנוע כבוי**, משרעת (אמפליטודת) התנודות של הספינה הולכת וקטנה (בהשפעת כוחות ריסון), עד לעצירתה. 

נחזיק חזק את הכיסא ,וננסה להבין את הפיזיקה שמאחורי . . .

**התייחסו לספינה כאל גוף נקודתי. הניחו כי מסת הספינה והנוסעים גדולה בהרבה ממסת הזרועות אליהן היא מחוברת.**

**כלומר: נתייחס אל הספינה כאל מטוטלת מתמטית. בסעיפים הבאים, בטאו את תשובותיכם בעזרת תאוצת הכובד g, רדיוס המסלול המעגלי R, מסת הסירה על תכולתה M , מסת הנוסע m והזווית Θ .**

1. **במתקן מסוים מעלים את הספינה לנקודה D (פסגת המסלול המעגלי) מהנקודה A (תחתית המסלול) בה היתה במנוחה.** 
   1. **מה העבודה המינימלית שצריך לבצע על הספינה כדי להעלותה מנקודה A לנקודה D (במסלול מעגלי) ?**

נשתמש בנוסחה:

ונפתור את המשוואה:

נבחר את הנקודה A כ-y=0

מכיוון שמחפשים את העבודה המינימלית הדרושה נשווה את המהירות הסופית ל-0, ונזניח כוחות אחרים מלבד כוח הכובד והכוח שמפעיל המנוע.

עבודת המנוע המינימלית היא 2Mgr גו'ל.

* 1. **בפועל, מנוע המתקן מבצע עבודה גדולה יותר מזו שחישבת . מדוע?**

מנוע המתקן מבצע עבודה גדולה יותר משום שהזנחנו את כוחות החיכוך שפועלים על הסירה והזנחנו את מסת המוטות המחוברים את הסירה.

1. **באחת התנודות, הספינה נעצרה בנקודה C, בה.** 
   1. **מהי התאוצה המשיקית של הספינה (ונוסעיה) בנקודה C ?**

בנקודה C, בציר המשיק פועל על הספינה רק כוח הכובד וכיוונו מטה, לכן על פי החוק השני של ניוטון:

* 1. **מהי התאוצה הרדיאלית של הספינה בנקודה C ?**

1. **לאחר מספר תנודות נעצרה הספינה בנקודה B, בה .** 
   1. **מהי התאוצה המשיקית של הספינה בנקודה B ?**

בנקודה B, בציר המשיק פועל על הספינה רק כוח הכובד בזווית של 60 מעלות וכיוונו מטה, לכן על פי החוק השני של ניוטון:

* 1. **מהי התאוצה הרדיאלית של הספינה בנקודה B ?**

1. **אורך זרוע הספינה הוא 20 מטר (רדיוס המסלול המעגלי) ומסת נוסע היושב בה היא 50 ק"ג .** 
   1. **מה גודל הכוח שהספינה מפעילה על הנוסע ברגע העצירה המתואר בסעיף ב' ?**

נסמן את הכוח שהספינה מפעילה על הנוסע בN. הכוח N פועל בציר הרדיאלי ולכן על פי החוק הראשון של ניוטון:

* 1. **מה גודל הכוח שהספינה מפעילה על הנוסעת ברגע העצירה המתואר בסעיף ג' ?**

נסמן את הכוח שהספינה מפעילה על הנוסע בN. N פועל בציר הרדיאלי ולכן על פי החוק הראשון של ניוטון:

הכוח שהספינה מפעילה על הנוסעת הוא 250 ניוטון.

1. **בעקבות העצירה המתוארת בסעיף ג',מתחילה הספינה לרדת והיא חולפת שוב בנקודה A.**

**כוחות הריסון הפועלים על הספינה בתהליך גורמים לכך שמהירותה בנקודה זו ,vA, קטנה ב- %10 מהמהירות שהייתה נצברת בתהליך אִּלְּמֵָלֵא היה ריסון.**

* 1. **מה מהירות הספינה בנקודה A ברגע המתואר?**

נחשב את המהירות של הספינה אם לא היה ריסון (נסמן אותה ב):

כדי למצוא את מהירות הספינה ללא הריסון, נשתמש בחוק שימור האנרגיה המכנית:

נבחר את הנקודה A כ-y=0 ונחשב את הגובה של הנקודה B:

בעזרת הסרטוט הנ"ל, נחשב את הגובה של הנקודה B (הקו האדום, BH).

לפי דימיון משולשים, ניתן להגיד כי , ולכן קיים יחס בין הצלעות במשולשים:

נציב , :

נציב :

כעת נציב את הגובה במשוואה שקיבלנו מקודם, ונציב :

המהירות בנקודה A קטנה ב10% מ-14.142 מ"ש, כלומר המהירות בנקודה a היא:

* 1. **מה גודל הכוח שמפעיל הנוסע על הספינה בנקודה A ברגע הנ"ל?**

על פי החוק השלישי של ניוטון, הכוח שמפעיל הנוסע על הספינה שווה בגודלו והפוך בכיוונו לכוח שמפעילה הספינה על הנוסע. הכוח שמפעילה הספינה על הנוסע פועל בציר הרדיאלי כלפי מעלה, ולכן כוח שהנוסע מפעיל על הספינה פועל גם הוא בציר הרדיאלי, כלפי מטה. נחשב את הכוח הספינה מפעילה על הנוסע.

על פי החוק השני של ניוטון:

גודל הכוח שמפעיל הנוסע על הספינה הוא 905 ניוטון.

* 1. **תלמיד פיזיקה מתיכון "חודים" תיאר את תחושתו בעת התנועה מנק' C לנק' A: "הרגשתי מעין תחושה מוזרה באזור החלציים". ההסבר הפיזיקלי לתחושה זו – נעוץ בזרימת דם מוגברת לכיוון מסוים בגוף. הסבירו, האם במהלך תנועה זו זורם הדם לכיוון הראש או הרגליים?**

הדם זורם לכיוון הרגליים, מכיוון שעל פי עיקרון ההתמדה, גופים שואפים להתמיד בתנועה ישרה, ולכן הם "ימשכו" כלפי חוץ הסיבוב, ולכן גם הדם בגוף ימשך כלפי חוץ הסיבוב, כלומר לאזור הכי רחוק ממרכז המעגל, שהוא הרגליים.

# 

# 7. מכוניות מתנגשות



16 מכוניות חדשות מסוגים שונים מחכות לכם, ובלונה - פארק לא צריך רישיון נהיגה!

תוכלו להאיץ, להסתובב ולהתנגש כאוות נפשכם בלי חוקים ובלי רמזורים!

ואומנם לא צריך רישיון של משרד התחבורה ,

אך בכל זאת חייבים להבין את הפיסיקה שמאחורי . . .

**נתון כי מסת כל מכונית היא M = 100 kg . תלמידה שמסתה m = 60 kg נוסעת במכוניתה ומדי פעם מתנגשת במכוניות אחרות .**

**א. בכל ההתנגשויות המתוארות בסעיף זה, מהירות המכונית של התלמידה רגע לפני ההתנגשות היא 5 קמ"ש . הניחו כי ההתנגשויות קצרות מאוד, כך שלמרות כוח החיכוך שהרצפה מפעילה על צמיגי המכוניות – מתקיים שימור תנע סמוך לרגע ההתנגשות.**

1. **התלמידה מתנגשת חזיתית במכונית הנמצאת במנוחה, ובה שני תלמידים שמסותיהם 50 ק"ג ו- 80 ק"ג . עקב תקלה ,נתפסות המכוניות זו בזו, ולאחר ההתנגשות הן ממשיכות לנוע יחד. מה גודל מהירותן המשותפת של המכוניות מיד לאחר ההתנגשות?**

גודל מהירותן של המכוניות הוא 2.05 קמ"ש.

1. **התלמידה מתנגשת חזיתית במכונית הנעה לקראתה במהירות שגודלה 5 קמ"ש ובה תלמיד שמסתו m = 70 kg . בהנחה (לא מציאותית) שההתנגשות אלסטית לחלוטין, מה גודל המהירות של כל מכונית מיד לאחר ההתנגשות?**

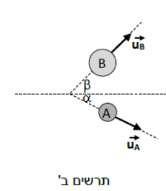
גודל המהירות של מכונית התלמידה - .

גודל המהירות של מכונית התלמיד - .

1. **התלמידה מתנגשת חזיתית במכונית הנמצאת במנוחה, ובה שני נוסעים שמסת כל אחד מהם 50 ק"ג . בהנחה (לא מציאותית) שההתנגשות אלסטית לחלוטין, מה גודל המהירות של כל מכונית מיד לאחר ההתנגשות?**

גודל המהירות של מכונית התלמידה - .

גודל המהירות של מכונית התלמידים - .

1. ה**תלמידה מתנגשת באופן לא חזיתי (פגיעה בפינה) במכונית ב' הנמצאת במנוחה, ובה תלמיד שמסתו m = 70 kg . בעקבות ההתנגשות, סוטה מכונית התלמידה מכיוון תנועתה המקורי בזווית של וזווית מהירות מכונית ב' לאחר ההתנגשות הינה .**

**(הניחו בקירוב ).**

**תרשים ב' מתאר את תנועת המכוניות לאחר ההתנגשות.**

**1) מה גודל המהירות של כל מכונית מיד לאחר ההתנגשות?**

נחלק את המהירויות לפי הצירים, ציר X וציר Y.

בציר X נקבל:

800 = 128+102

בציר Y נקבל:

נחבר את המשוואות:

גודל מהירות מכונית התלמידה -

גודל מהירות מכונית התלמיד -

**2) האם התנגשות זו אלסטית לחלוטין? נמקו**

כדי שההתנגשות תהיה אלסטית לחלוטין צריך להתקיים הנוסחה הבאה:

נציב מספרים:

הנוסחה אינה מתקיימת ולכן התנגשות זו אינה אלסטית לחלוטין.

ב. **בסעיף א' הנחנו כי התנגשות בין מכוניות היא קצרה מאוד. הסבירו מדוע מאפשרת הנחה זו את השימוש בשימור תנע.**

הנחה זו מאפשרת לנו את השימוש בשימור תנע מכיוון ששימור תנע מתקיים רק כאשר לא פועלים כוחות חיצוניים למערכת שמבצעים עבודה ואם ההתנגשות הייתה ארוכה, אז היה פועל גם כוח חיכוך ולא היה מתקיים שימור תנע.

ג. **נתון שמשך ההתנגשות המתוארת בסעיף א'1 הוא(כלומר: תהליך "תיאום המהירויות" של**

**המכוניות והבאתן לתנועה במהירות משותפת, ארך עשירית שנייה) .**

**מהו הכוח השקול הממוצע שפעל על התלמידה במהלך ההתנגשות (בהנחה שהיא נעה יחד עם המכונית)?**

הכוח השקול שפעל על התלמידה הביא לכך שבתוך 0.1 שניות התלמידה האטה מ-5 קמ"ש ל-2.05 קמ"ש (כלומר הכוח השקול בכיוון מנוגד לכיוון התנועה, כי יש האטה).

על פי נוסחת מתקף-תנע:

נציב (ונעביר את המהירויות למטר לשנייה ולא קמ"ש):

הכוח השקול הממוצע הפועל על התלמידה הוא 491.452 ניוטון בכיוון מנוגד לכיוון התנועה.

# קרוסלת פילים

קרוסלת פילים היא מתקן בלונה פארק תל אביב.

מכירים את דמבו, הפיל המעופף? בואו להצטרף אליו ולעוד 10 פילים חביבים, בצבעי ורוד, לבן, כחול, תכלת וצהוב, שרק מחכים שתעלו על גבם. כשהקרוסלה תתחיל להסתובב, תוכלו ללחוץ על הכפתור שיניף אתכם מעלה-מעלה, עד לגובה 10 מטרים מעל נקודת ההתחלה של המתקן, להעצמת החוויה.

הקרוסלה מסתובבת במהירות בינונית, המותאמת גם לילדים קטנים.

בתרגילים הבאים, הזניחו את כוחות החיכוך, ואת מסת המוטות המחוברות לפילים.

1. **נתון שהמהירות הזוויתית של המתקן היא .**

**א. חשב את זמן המחזור והתדירות של המתקן.**

**ב. הבע את רדיוס הסיבוב של אחד הפילים כתלות במהירותו.**

תחילה, נכתוב את הנתונים:

נשתמש בנוסחה:



1. **נתון שכאשר הפיל בנקודה b, מהירותו היא 18 קמ"ש, בנקודת ההתחלה הזווית בין המוט למרכז הסיבוב היא , ובשיא הגובה היא .**

**א. חשב את רדיוס הסיבוב של הפיל כאשר המוט מקביל לרצפה.**

נשתמש בנוסחה שמצאנו בסעיף 1ב.

**ב. חשב מהו רדיוס הסיבוב המינימלי של הפיל.**

רדיוס הסיבוב המינימלי הוא בנקודה הכי גבוהה ובנקודה הכי נמוכה של המתקן.

הרדיוס שווה לאורך המוט כפול סינוס הזווית שבין המוט למתקן, כלומר.

לפי הסעיף הקודם, אורך המוט הוא 15.9155 מטרים, והזווית נתונה כ-30 מעלות.

**ג. הבע את מהירות הפיל כתלות ב.**

לפי הסעיף הקודם וסעיף 1ב מתקיים:

נעביר אגפים ונחלק ב ונקבל:

1. **בהינתן שמסתם הפיל עם הילד בתוכו היא 500[kg]:**  
   **מה (לפחות) צריכה להיות העבודה שמפעיל המנוע כדי להעלות את הפיל מנקודת ההתחלה עד לשיא הגובה?**נתמקד בציר y:  
   לפי הנוסחה מתקבל שעבודת המנוע צריכה להיות גדולה (או לפחות שווה) מעבודת כוח הכובד (בערכה המוחלט). כלומר:

כדי להעלות את המתקן 10 מטרים, צריך שהמנוע יבצע לפחות עבודה מנוגדת לעבודה שעושה כוח הכובד. עבודת כוח הכובד שווה ל-(כלומר למסת הגוף כפול השינוי בגובה כפול תאוצת גרם השמיים (סימן המינוס נמצא מכיוון שכיוון העבודה הוא מנוגד לכיוון התנועה)). נסמן את העבודה של המנוע ב W.

במקרה זה:

העבודה של המנוע היא לפחות ג'ול

1. **בהסתמך על הסעיפים הקודמים ובהנחה שהפיל נשאר באותו הגובה במשך התנועה חשב:**

**מה הכוח הצנטרפטלי שפועל על הפיל (עם הילד עליו) בזמן התנועה המעגלית בנקודה b?**

נשתמש בחוק שני של ניוטון:

במישור הרדיאלי פועל רק כוח אחד, הכוח הצנטרפטלי, ולכן:

נציב את הנתונים הידועים לנו (נשים לב כי המהירות היא 18 קילומטר בשעה, ונמיר אותה ל5 מטר בשנייה):

הכוח הצנטרפטלי הפועל על הפיל עם הילד עליו בנקודה b הוא 785.39 ניוטון בכיוון אופקי שמאלה.

1. **ילד לוחץ על הכפתור במשך 10 שניות, וכתוצאה מכך מתחיל לעלות. בשביל לעלות את הילד (עם הפיל) המנוע מפעיל כוח (בנוסף לכוח הצנטריפטלי). הכוח הממוצע הנ"ל הוא 5100 ניוטון לכיוון מעלה. מה השינוי בגובה הפיל במהלך הזמן?**

לפי חוק שני של ניוטון: .

ידוע ששקול הכוחות בציר y מורכב מכוח משיכה ומהמנוע בלבד (אותו נסמן ב), ולכן:

ידוע שמסת הפיל היא 500 קילוגרמים ושהכוח שמפעיל המנוע כלפי מעלה הוא 5100 ניוטון.

אנחנו מתחילים את התנועה מהנקודה במהירות 0 והתאוצה קבועה ושווה :

הפיל יעלה 10 מטרים.

# רפלקציה קבוצתית

במסגרת לימודי פיזיקה התבקשנו להכין עבודה בנושא מכניקה בלונה פארק בקבוצות של 3 ילדים.

בעקבות התפשטות נגיף הקורונה וההסגר החלטנו לפתוח קובץ גוגל דוקס משותף לביצוע העבודה, כך שנוכל לעבוד כולנו ביחד על העבודה. החלטנו לחלק את העבודה - כל אחד ביצע 2-3 מתקנים מהעבודה, ולאחר מכן כתבנו ביחד שאלות על מתקן קרוסלת הפילים (וכמובן שכשאחד מאיתנו לא הצליח תרגיל מסויים ניגשנו לשאר חברי הקבוצה לעזרה).   
לאחר שענינו על כל השאלות, התקשרנו בשיחת וועידה בוואצאפ ועברנו ביחד על כל השאלות, וביחד תיקנו, שינינו וערכנו את העבודה כדי להגיע לרמת דיוק וסדר גבוהה ככל האפשר. קבענו לעצמנו לוח זמנים עבור כל משימה, והשתדלנו כמה שיותר לעמוד בלוח הזמנים. על ידי שיטה זאת השגנו הבנה מעמיקה ותרגול של החומר, בדיקה חוזרת של התשובות, מה שהוביל לפתרונות נכונים יותר, ובנוסף ייעול טוב יותר של הזמן.

לסיכום, אהבנו לעבוד ביחד, והעבודה עזרה לנו מאוד לתרגל את החומר ולהעמיק בו, ונשמח לעשות עבודות דומות לכך בהמשך.