

הדרכת אלף – ניסוי

ניתוח סרטון וידאו - תנועת גוף שנהדף על משטח אופקי ישר

רקע תיאורטי

בדוח המעבדה עליכם להתייחס ליישום חוקי ניוטון לגבי תנועה בקו ישר, תרשימי כוחות, רישום משוואות עפ"י חוקי ניוטון, כוח נורמלי, כוח חיכוך סטטי וקינטי, תנועה בתאוצה (תאוצה חיובית, שלילית), גרפים של תנועה בתאוצה, משמעות שיפוע גרף מהירות-זמן

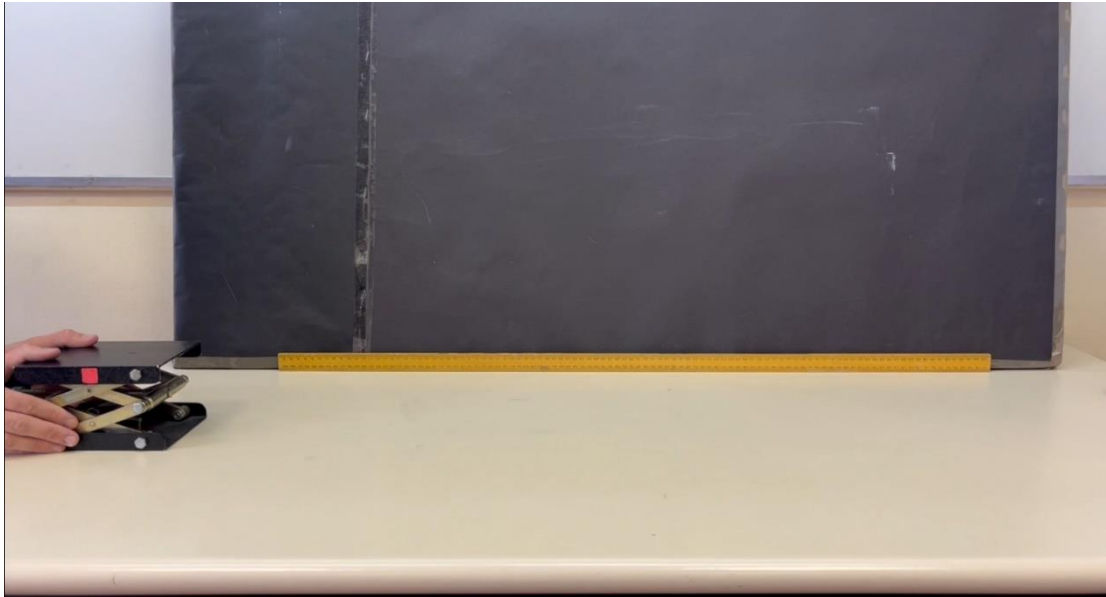
רשימת ציוד

- גוף עם סימון של נקודה אדומה עליו.
- מאזני מטבח למדידת מסת הגוף
- סרגל או מוט ישר באורך ידוע
- טלפון נייד בעל יכולת לצלם סרטון וידאו מכוון ל-60 פריימים בשנייה
- מחשב עם תוכנת עיבוד סרטוני וידאו TRACKER ואפליקציית גיליון אלקטרוני Excel.
- תוכנת Tracker (ניתן להוריד חינם למחשב)
- משטח אופקי ישר באזור מואר
- מסך שחור ברקע

הניסוי כולל שני שלבים. בשלב הראשון, נסריט הדיפה של גוף ותנועה שלו עד שהוא נעצר. בשלב השני, נעביר את הסרטון למחשב וננתח את התנועה.

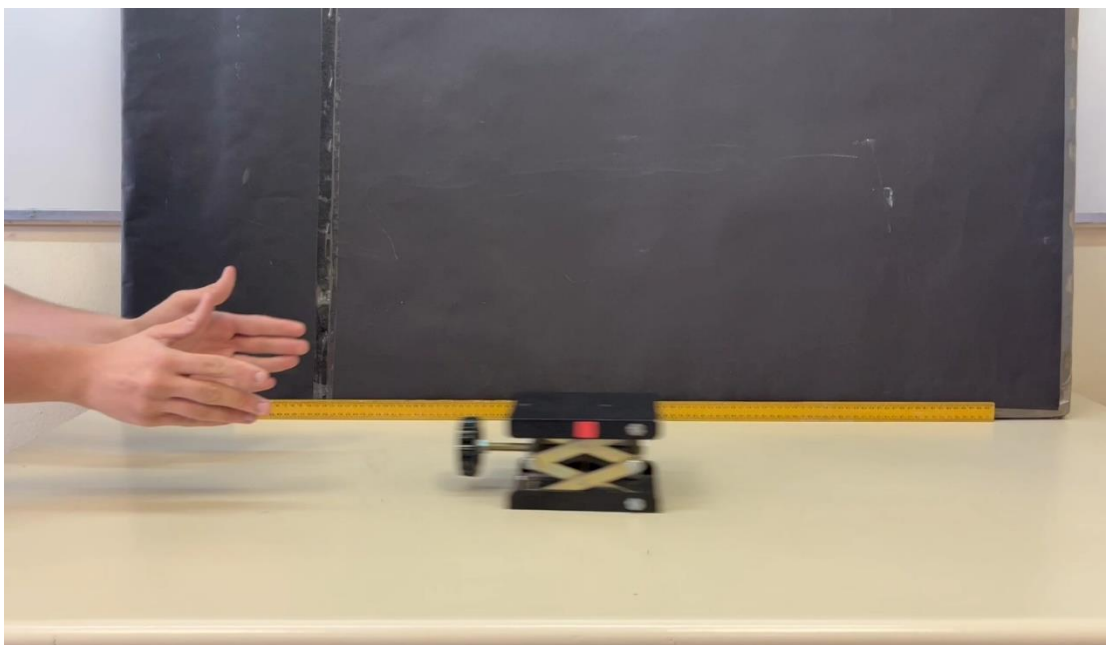
ביצוע הניסוי

1. שוקלים את הגוף באמצעות מאזני המטבח ורושמים את מסתו.
2. מסדרים את מערכת הניסוי:
3. מניחים את הסרגל על גבי המשטח האופקי כך שניתן לראות בברור את כל אורכו. הסרגל צריך להיות מונח במקביל למישור המצלמה.
4. מניחים את הגוף בקצה אחד של המשטח האופקי כאשר הנקודה המסומנת עליו פונה לכיוון המצלמה (ראו תמונה)



5. אחד התלמידים הודף את הגוף ומשחרר אותו כך שהגוף ינוע בקו ישר עד לעצירתו (רצוי שהגוף ינוע כ-50 ס"מ לפחות). רצוי לחזור על פעולה זו מספר פעמים להשגת תנועה ישרה ככל שניתן, במקביל למישור המצלמה. הכוח שהתלמיד מפעיל **צריך להיות אופקי** (מקביל למשטח)

6. תלמיד נוסף מצלם במצב וידאו את כל התהליך כאשר המצלמה נמצאת בגובה הגוף הנהדף ובמרחק כזה שהתהליך כולו יכנס לפריים של המצלמה מבלי להזיז אותה כלל במהלך הצילום. יש להקפיד שמרכז המסלול יהיה במרכז הצילום ככל שניתן.



7. יש להקפיד כי המצלמה תונח במקביל לסרגל המשמש לכיול וכי הגוף יוצב כך שתנועתו תהיה מקבילה לסרגל ולמצלמה. את המצלמה יש למקם בגובה הגוף – מומלץ על שולחן אחר לשם

ייצובה. שימו לב כי יש צורך בשלושה תלמידים לצורך הסרטת הסרטון: אחד עם המצלמה, אחד שהודף את הגוף ושלישי שנמצא בקצה השני של השולחן בצד בו הגוף ייעצר.

8. לאחר הסרטת הסרטונים יש להעבירם למחשב במייל או בעזרת דיסק און קי. אין לשלוח את הסרטון בווטסאפ.

9. לאחר העברת הסרטונים יש לפתוח אותם בתוך תכנת הטרקר. הריצו את הסרטון, התבוננו בו ותארו בקצרה את האירוע המתרחש בסרטון ואת התנועה של הגוף הנצפית בו. הטרקר מאפשר לכם לראות גרף מקום – זמן וגרף מהירות – זמן של תנועת הגוף (בחרו גרף מהירות זמן במקוום הגרף התחתון של מקום בציר Y כפונקציה של הזמן שלא מעניין אותנו). **וודאו כי יש לכם גרפים המתאימים לרקע התיאורטי בטרם אתם ממשיכים.** אם אין כאלו, הסריטו מחדש.

10. לפני שמתחילים לנתח את הסרטון יש להגדיר את הפרמטרים הבאים: (ניתן להיעזר בהסבר על תוכנת ה-TRACKER בנספח א בסוף התדריך)

א. **תיחום הסרטון:** יש לתחם את הסרטון לקטע אחריו אתם מעוניינים לעקוב – שימו לב לפריים הראשון והאחרון הרלוונטיים לכם.
ב. **קצב דגימה:** וודאו כי קצב הדגימה בסרטון מוגדר בתכנה כ-60 פריימים בשנייה (בהתאם לסרטון שהסרטתם).

ג. **קנה-מידה:** היעזרו בסרגל המופיע בסרטון כדי להגדיר את קנה המידה בסרטון.
ד. **נקודת הראשית של מערכת הצירים x,y:** קבעו את הראשית בנקודה בתחילת הסרטון.
ה. **זמן אפס:** קבעו את התמונה שבה קבעת את ראשית הצירים כ- $t=0$.

11. השתדלו לדייק ככל האפשר בסימון העקבות באמצעות הנקודה האדומה על הגוף.

12. בשלב זה יש לכם טבלה של ערכי הזמן וערכי המקום של הגוף בציר X. יש להמיר את הנתונים לפורמט הנכון באופן הבא:

א. בחרו את שתי העמודות של המקום והזמן (t, x)

ב. ליחצו על הכפתור הימני בעכבר ובחרו באפשרות NUMBERS.

ג. בחרו FORMAT. בחלון FORMAT שיפתח מחקו את המילה MIXED. רשמו במקום זאת 0.000 (ביטוי זה יקבע את מספר הספרות אחרי הנקודה של כל ביטוי).

ד. אם טבלאות הערכים לא מסומנות, סמנו אותן מחדש.

ה. ליחצו על הכפתור הימני בעכבר ובחרו באפשרות העתק תאים שנבחרו. לבחור – "על פי עיצוב".

13. העבירו את ערכי t, x של עקבות הגוף לגליון אלקטרוני EXCEL (אין לקחת את נתוני המהירות – אותן תחשבו בעצמכם). הכניסו את היחידות המתאימות בראש כל העמודות המתאימות.

14. משלב זה ואילך העבודה שלכם תהיה באקסל בלבד. חשבו את המהירות בכל נקודות הזמן (בהן ניתן לעשות זאת) לפי השיטה של חישוב מהירות מקורבת בנקודה.

15. צרו דיאגרמת פיזור של ערכי המקום x כפונקציה של הזמן t .
16. תארו את הגרף המתקבל בסעיף וזהו בגרף את שני חלקי התנועה. הסבירו מהי נקודת הפיתול וכיצד משתנה שיפוע הגרף בכל שלב בתנועה.
17. צרו דיאגרמת פיזור של ערכי המהירות v כפונקציה של הזמן t .
18. תארו את הגרף המתקבל בסעיף. זהו בגרף את שני חלקי התנועה. השוו את הגרף לגרף שקבלתם בסעיף 15 וקבעו את פרקי הזמן של ההדיפה ושל ההאטה.
19. צרו שני גרפים של מהירות הגוף כפונקציה של הזמן, עבור כל אחד מחלקי התנועה כפי שזיהיתם בסעיף 18. הקפידו לא לכלול בגרפים נקודות מיותרות.
 - א. לכל גרף הוסיפו קו מגמה ואת משוואת הגרף.
 - ב. מצאו את התאוצה מתוך השיפוע בכל אחד משני הגרפים.
20. שרטטו את תרשימי הכוחות הפועלים על הגוף בשני מקרים:
 - א. כאשר הכוח ההודף פועל על הגוף
 - ב. כאשר הכוח הפסיק את פעולתו.
21. כתבו את משוואות הכוחות בשני הצירים עבור כל אחד משני המקרים.
22. בעזרת תרשימי הכוחות ומשוואות הכוחות שכתבתם חשבו את:
 - א. מקדם החיכוך בין הגוף לבין המשטח.
 - ב. הכוח הממוצע בו נהדף הגוף.

שאלות העמקה

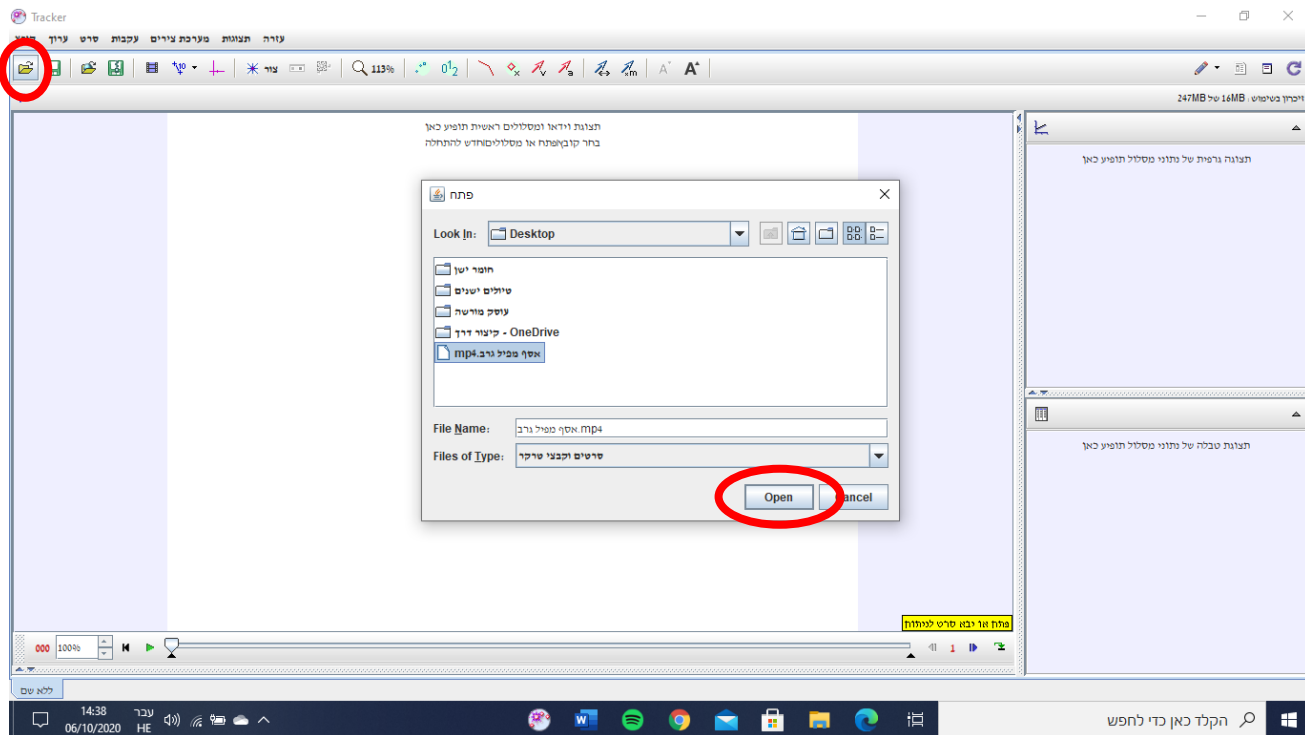
1. א. מסהי החשיבות של קביעת הקנה מידה בתחילת הניסוי?
 ב. על אילו מתוצאות הניסוי תשפיע קביעה שגויה של קנה המידה?
 ג. האם ניתן לשים את הסרגל בציר Y במקום בציר X ?
2. התבוננו בגרפים שיצרתם במהלך הניסוי וענו על השאלות הבאות. נמקו היטב את תשובותיכם:
 - א. האם כוח החיכוך קבוע במהלך התנועה?
 - ב. האם הכוח ההודף את הגוף קבוע במהלך התנועה?
3. א. יש להקפיד כי הכוח שמפעיל התלמיד במהלך ההדיפה אופקי. הסירו מדוע.
 ב. מהם הגורמים המשפיעים על דיוק התוצאות?

נספח א' שימוש בטרקר לקבלת טבלת מקום זמן

1. לפני תחילת העבודה עם Tracker יש להעביר את הסרטון למחשב בו נמצאת תוכנת Tracker (לא לשלוח בוואטסאפ)

להלן שלבי הניתוח Tracker:

2. **טעינת הסרטון ל Tracker:** יש ללחוץ על פתח קובץ ולהטעין את הקובץ של הסרטון המבוקש. על ידי בחירת הקובץ ולחיצה על OPEN.

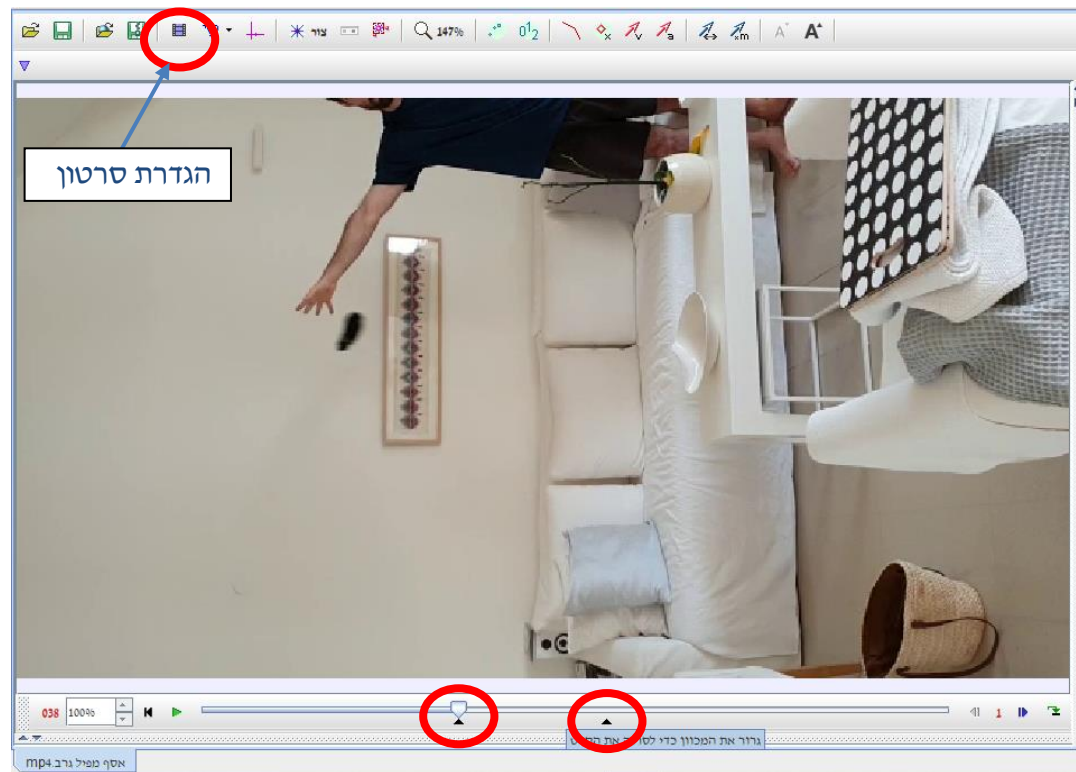


3. **תיחום הסרטון** – יש לתחם את הסרטון לקטע אחריו אתם מעוניינים לעקוב. כיצד מתבצעת פעולת התיחום (התמונה בעמוד הבא):

- יש לצפות בסרטון ולהחליט מהו הקטע אותו אתם מעוניינים לתחם.
- יש לגרור חץ שחור תחתון שמאלי (ראה תמונה) לנקודת התחלת התיחום.
- יש לגרור חץ שחור תחתון ימני לנקודת סוף התיחום.
- מומלץ להתחיל את התיחום מעט אחרי תחילת הנפילה ולסיימו מעט לפני הפגיעה בקרקע.
- ככול שהתיחום גדל יותר יהיו יותר פרמים ויותר נקודות לטבלת מיקום זמן.

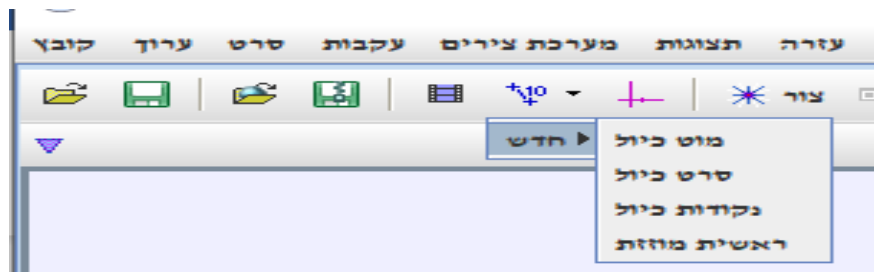
ו. **שימו לב** שניתן לתחום את הסרטון גם על ידי לחיצה על הכפתור שנראה כמו פילם הנמצא בחלק העליון של המסך – הגדרות סרטון. יש לציין מה הפריים הראשון והאחרון שאתם רוצים.

4. **קביעת קצב דגימה** – יש לבדוק מה קצב הדגימה של הטלפון שלכם. מספר הפריימים שהטלפון מצלם בשנייה. יש לעדכן את המספר בהגדרות סרטון.

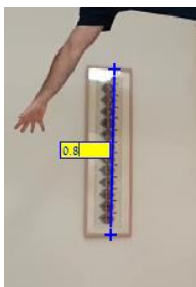


5. **קביעת קנה המידה** – התוכנה לא יודעת את קנה המידה לשם כך יש להציג לתוכנה את קנה המידה שבסרטון. כך מתבצע תהליך קביעת קנה המידה:

א. יש ללחוץ על כפתור "צור כלי כיוול" ואז על "חדש" ועל "מוט כיוול"



ב. לאחר שהכנתם מוט כיוול יש ללחוץ על SHIFT ובמקביל על המקש השמאלי בעכבר לסמן את תחילת סרט המידה ופעם שנייה כדי לסמן את סוף סרט המידה. הסימון יתבצע על הסרגל שבחרתם.

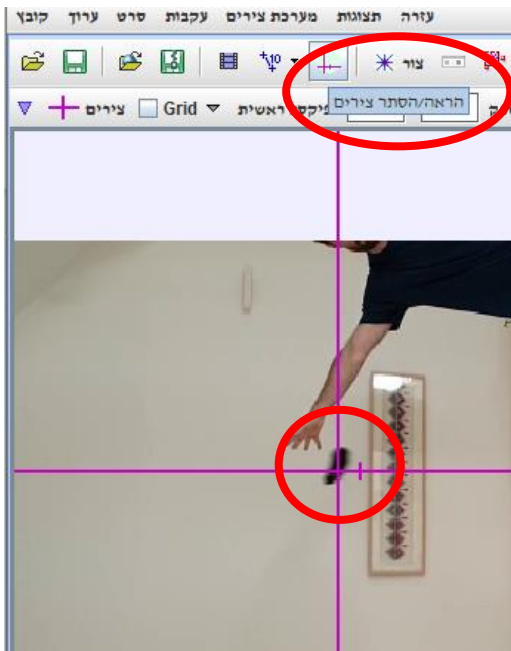


ג. על מנת לדייק ניתן להגדיל את התמונה (זום) באמצעות הגלילה של העכבר.

ד. יפתח סרט מידה ובמרכזו תיבה שמראה את גודל הסרט במטרים. יש להכניס את המידה של הסרגל שהחזקתם כפי שנמדדה במציאות.

ה. ניתן להסתיר את הסרגל על ידי לחיצה נוספת על "צור כלי כיוול".

6. הוספת צירים – בשלב זה קובעים את ציר ה-X, ציר ה-Y ואת ראשית הצירים.



(1) יש ללחוץ על "הראה / הסתר צירים" – יופיעו צירים.

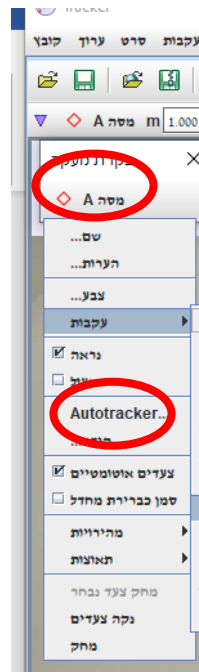
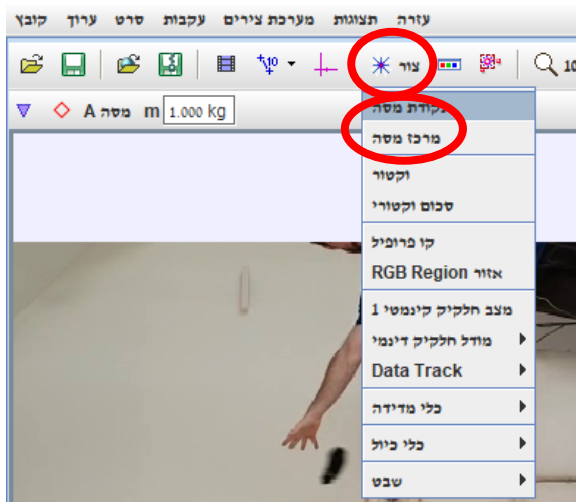
(2) יש להניח את ראשית הצירים בנקודת המדידה הראשונה (מרכז המסה של הגוף הנמדד). ניתן לבצע זאת על ידי גרירת ראשית הצירים לנקודה המבוקשת.

(3) ניתן להסתיר את הצירים על ידי לחיצה נוספת על "הראה / הסתר צירים".

(4) שימו לב שהתוכנה קובעת את ציר ה-X אוטומטית לרוחב הדף ואת ציר ה-Y לאורך.

7. יצירת מעקב – יצירת טבלת מקום זמן באמצעות הטרקר:

א. יש ללחוץ על לחצן "צור" ולבחור ב"נקודת מסה".



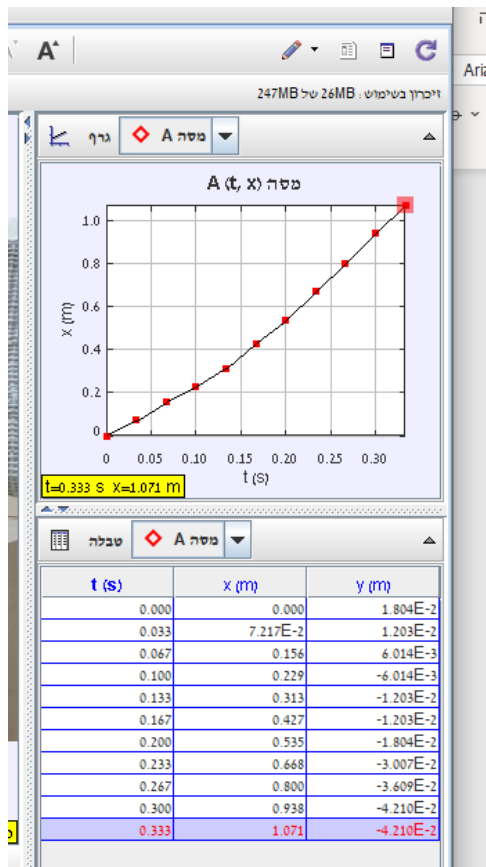
ב. יצירת העקבות – יש ללחוץ על מסה A ואז על Autotracker אם יש בעיה, ניתן ללחוץ על SHIFT ועל הלחצן השמאלי בעכבר כדי לסמן את מקום העקבה. כל לחיצה מעבירה את הסרט לפריים הבא וניתן לסמנו. כך מסמנים את כל הצעדים הרלוונטיים.



א) חשוב לסמן במרכז המסה.

ב) ניתן להגדיל את התמונה כדי לדייק (זום) באמצעות הגלילה של העכבר.

ג. טבלת מקום זמן – במקביל לקביעת העקבות נוצרים לצד המסך גרף וטבלת מיקום זמן:



א) לצורך ניסוי זה נתעלם מהגרף ונתמקד בטבלת המיקום זמן.

ב) עמודת הזמן מצוינת בשניות (יש לשים למקדם E שמציין את מספר המקומות אחרי הנקודה למשל אם כתוב $2.00E-2$ הכוונה היא ל 0.02 שניות).

ג) עמודות ה-X וה-Y מצוינות במטרים.

ד) יש לשים לב שאתם בוחרים בעמודה הנכונה (העמודה הלא נכונה תופיע בדרך כלל עם E-2 כי מדובר בשינויים מאוד קטנים).

ה) בציור העמודה הנכונה היא עמודת ה X

ו) יש לבחור את הנתונים הנכונים ולהציב בטבלת מקום הזמן ולהמשיך לפי הנחיות הניסוי.