

מדע וטכנולוגיה - מכון ויצמן למדע



ניתוח תנועות (פעילויות בפיזיקה)

ירון להבי
ירון שור
שלמה רוזנפלד

531.11
LEH



המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליס



משרד החינוך

ראשי תיבות: לפיתוח תכניות לימודים



המחלקה להוראת המדעים



מכון ויצמן למדע הוא מכון מחקר בעל מוניטין בין-לאומי הקרוי על שמו של ד"ר חיים ויצמן שהיה מדען ומדינאי וכיהן כנשיא הראשון של מדינת ישראל.

חומרי הלמידה של מטמו"ן (מדע וטכנולוגיה מכון ויצמן), הם יחידות לימוד חדשניות המקנות מונחי יסוד במדע ובטכנולוגיה. גישות ההוראה שמות דגש על פיתוח יכולות של לומד עצמאי ומקנות מיומנויות חשיבה, למידה ופתרון בעיות במסגרת תוכני הלימוד המדעיים-טכנולוגיים.

תנועה, מקום, מהירות ותאוצה הם מושגים שגורים, אך לא תמיד משמעותם ברורה. היחידה מלווה בסירטוני וידאו ממוחשבים ותוכנה המאפשרת ניתוח איכותי וכמותי של סרטים אלו. הסרטונים המצולמים כוללים אירועים יומיומיים, כמו למשל, מכונת נוסעת או אבן נופלת וגם סרטונים של תחרויות ספורט מפורסמות.



מכון
ויצמן
למדע

המחלקה להוראת המדעים

531.11 LEH

להבי, ירון
יירוש חינוכה .

SYSTEM NO. מערכת מס'
87726-1-1

WEIZMANN
INSTITUTE
OF SCIENCE  



87726-10

מדע וטכנולוגיה - מכון ויצמן למדע



ניתוח תנועות (פעילויות בפיזיקה)

ירון להבי
ירון שור
שלמה רוזנפלד



מכון ויצמן למדע 

המחלקה להוראת המדעים

יוצא לאור במסגרת

המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים



87726-4-1

531, 11
LEH

פיתוח וכתיבה:

ירון להבי
ד"ר ירון שור
שלמה רוזנפלד

ייעוץ מדעי:

פרופ' בת-שבע אלון

פיתוח תוכנה לפיתוח

תנועה בסרטי וידיאו:
שלמה רוזנפלד

תכנון ופיתוח

ערכת ניסוי "מרוץ הגולות":

ד"ר ירון שור
ירון להבי

עריכה ממוחשבת:

נגה כהן

איורים, גרפיקה ממוחשבת ועיצוב:

אסף מסעוד

עיצוב עטיפה:

עמרם פרת

הפקה:

אגי (רחל) בוקשפן

תודות לחברת כרמי אינטרלב בע"מ על יצור ערכת הניסוי "מרוץ הגולות"

ספר זה הוא אחד מסדרת ספרי **תכנית מסמון** – מדע וטכנולוגיה מכון ויצמן.
התכנית מפותחת בראשותה של **פרופ' בת-שבע אלון** במחלקה לחוראות המדעים, מכון ויצמן למדע.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.

כל הזכויות שמורות
משרד החינוך
תשס"ג, 2002
דפוס מאירי בע"מ

תוכן העניינים

5	הקדמה
6	התקנת התוכנה
7	מדריך הפעלה לתוכנה

שער ראשון: "רואים תנועה"

9	1. תנועה קצובה
12	2. מהירות ממוצעת
15	3. ניתוח של החלקה על גבי גלגליות
16	4. ניתוח ריצה
20	5. לדמות ריצה
23	6. ניתוח "תחרות" בין גולות (א)
25	7. ניתוח "תחרות" בין גולות (ב)
27	8. ניתוח "תחרות" בין גולות (ג)
29	9. חקירת תנועה של גופים נופלים

שער שני: כלים נוספים לניתוח תנועה

31	10. תיאור מקום של גוף בעזרת ציר מספרים
34	11. גרף מקום/זמן (א)
35	12. גרף מקום/זמן (ב)
37	13. תנועה שוות תאוצה
41	14. נפילה חופשית
42	15. תנועה ומנוחה-תנועה יחסית
44	16. ניתוח סרט וידיאו של מרוץ שליחים 4×100 מטר
46	17. גרג לוגניס קופץ למים

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

הקדמה

הלומדה שפותחה במכון ויצמן, מאפשרת לנתח תנועה בסרטי וידאו, ללמוד להבחין בפרטי תנועה מצולמת, להבין מהי תנועה, וכיצד גוזרים את כללי הפיסיקה המנתחים אותה. בפעילויות הבאות תתבוננו בקטעים של סרטי וידאו, בכמה מהם תראו אירועים שצולמו במיוחד לתוכנית שלפניכם ובכמה מהם תראו ספורטאים מפורסמים, שצולמו בעת שהתחרו באולימפיאדות שונות. בהתחלה תעסקו בניתוח של סרטים פשוטים כדי לרכוש כלים לזיהוי ולאפיון תנועה וכדי להכיר את העקרונות הבסיסיים שלה, הבאים לידי ביטוי בסרט. בהמשך תיישמו כלים אלה בניתוח סרטי וידאו של אירועי ספורט מורכבים. כך תוכלו לקשר בין החוקים והכללים של התנועה לבין ההקשרים השונים שלה, ההולכים ונעשים מורכבים יותר. בדרך זו תלמדו להתבונן גם באירועי תנועה מורכבים המתרחשים בסביבתכם דרך "משקפיים" מדעיים.

ניתוח התנועה בסרטי וידאו באמצעות התוכנה שפותחה במכון ויצמן יאפשר לכם להבין את המעבר מתנועה אמיתית אל "יצוגים שונים שלה. בעזרת התוכנה תוכלו לראות כיצד ניתן ליצג תנועה באמצעות תרשים עקבות או גרף.


השלב הראשון בהכרת היבטים שונים של תנועה הוא יצירת תנועה. סדרת תמונות עוקבות של נקודה, הנצפות בזו אחר זו בהפרשי זמן קצרים, נראית לנו כתנועה רציפה של הנקודה. כיצד ניתן לקשר בין התנועה של הנקודות לבין התנועה של הספורטאים שנראים בסרטים? האם ניתן לקבוע כיצד נע ספורטאי באמצעות "יצוגו כנקודה? או במלים אחרות, מתי "יצוג שכזה לא ישנה באופן ניכר את תיאור התנועה של גוף הספורטאי? אם נצמיד לגוף של רץ נקודה זוהרת, מה אנחנו יכולים ללמוד על התנועה של הנקודה? נסתכל בתמונה של רץ: מה מעניין אותנו בניתוח התמונה של תנועתו? האם נוכל להסיק מכך היכן כדאי להצמיד את הנקודה הזוהרת? מה נראה אם נצמיד אותה לידיים של הרץ? ואולי כדאי להצמיד אותה לבטנו? הרי תנועת היד מורכבת בהרבה מתנועת הבטן. בחירת הנקודה המתאימה תעשה על פי המטרה של הפעילות. מכיוון שהתוכנית "רואים תנועה" מלמדת ניתוח של תנועות פשוטות, נבחר בהתאם היכן למקם את הנקודות.

בתוכנית זו נראה שגם תנועות מורכבות אפשר לייצג היטב באמצעות נקודה, כשלומדים איפה למקם אותה והיכן בדיוק להתבונן. דימוי התנועה של גוף לתנועתה של נקודה, המייצגת את הספורטאי מאפשר לנו לאפיין תנועות מסוימות שלו באמצעות חוקים פיסיקליים פשוטים. בתרגילים הבאים, כמו בחוברת כולה, תלמדו להכיר את החוקיות של תנועות שונות ולייצגן באמצעים שונים.



התקנת התוכנה

הוראות התקנה

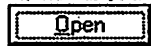
1. לפני התקנת התוכנה רצוי לסגור כל תוכנית אחרת!
יש להפעיל את הקובץ setup.exe הנמצא במחיצה ממנה אתה מתקין את התוכנה (רשת או CD).

2. במקרים מסוימים, תוכנת ההתקנה מודיעה כי עליה להפעיל את המחשב מחדש כדי להתקין מספר קובצי מערכת. במקרה זה, לאחר הפעלת המחשב מחדש, יש לחזור ולהפעיל את תוכנת ההתקנה.
3. במידה ותוכנת ההתקנה מציינת כי במחשב כבר מותקנת ורסיה של קובץ מסוים החדשה יותר מהקובץ המועתק, בחר באפשרות לשמירת הקובץ הקיים.
4. כאשר מופיעה הודעת שגיאה בחר באופציה Ignore.



מדריך הפעלה לתוכנה

1. פתיחת קובץ וידאו – בחר בעזרת העכבר בפריט *קבצים* שבשורת התפריט, ולאחר מכן

בפריט *פתח*. אפשרות פשוטה ומהירה יותר היא ללחוץ ביחד על המקשים Ctrl ו-O.



נווט לקובץ שברצונך לפתוח. בסיום 'הקלק' על הכפתור:



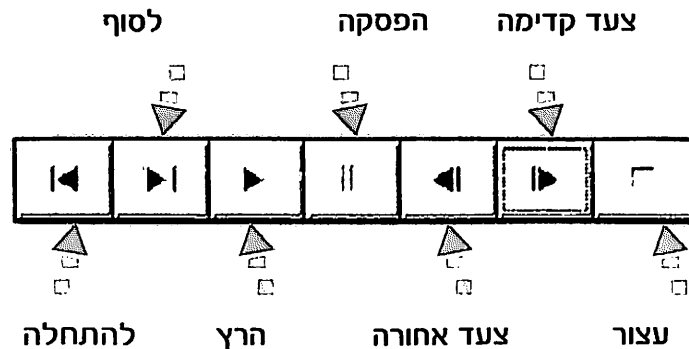
התוכנה פותחת שני חלונות. חלון וידאו:



חלון תוצאות:

2. בקרת וידאו – בקרת הוידאו מתבצעת בדומה למכשיר הוידאו הביתי בעזרת לוח

הכפתורים הבא:



3. קביעת קנה מידה – מתפריט *צירים* בחר בפריט *קנה מידה*. הצבע על שתי נקודות

שהמרחק ביניהן ידוע לך. הקלד את המרחק במקום המתאים בחלון הקנה מידה. לחץ

על הכפתור *אישור*.

4. קביעת ראשית – מתפריט *צירים* בחר בפריט *בחירת ראשית*. בחלון הוידאו הצבע על

נקודה שברצונך לקבוע כראשית. הבחירה באפשרות *בחירת זמן אפס* תגרום לכך

שהתוכנה תגדיר את המצב הריגעי המוצג בחלון הוידאו כזמן אפס.

5. סיבוב מערכת הצירים – יעשה בעזרת פס הגלילה שבתחתית חלון התוצאות.

6. סימון נקודה – בעזרת התוכנה ניתן לעקוב אחרי גוף אחד או יותר. כדי לסמן מקום של גוף אחד הבא את סמן העכבר לנקודה ברורה על הגוף ולחץ על הכפתור השמאלי של העכבר. בחלון תוצאות מופיע נקודה אדומה וקטע הווידאו ידלג תמונה (Frame) אחת קדימה. ניתן לשנות את גודל הצעד בדילוג וזאת ע"י בחירה בפריט *גודל צעד* שבתפריט *צירים*.

7. ביצוע תיקון – הצבע על נקודה בחלון התוצאות. קטע הווידאו יורץ לתמונה המתאימה. סמן את המיקום מחדש.

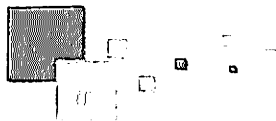
8. מעקב אחרי יותר מגוף אחד – סמן את מיקומו של הגוף הראשון בעזרת לחיצה על המקש השמאלי של העכבר. את מיקום הגוף השני סמן בעזרת לחיצה על המקש הימני של העכבר.

9. העברת תוצאות לגיליון – מתפריט *קבצים* בחר בפריט *העבר לגיליון* או פשוט לחץ ביחד על המקשים *Ctrl - I W*. המתן (בסבלנות!) לפתיחת הגיליון המבוקש.

10. חישוב מהירות – מתפריט *עריכה* בחר בפריט *חישוב מהירויות* והתוכנה תחשב את המהירות הרגעית.

11. שרטוט תרשים עקבות בחלון הווידאו – (אפשרות זו קימת רק עבור סרטונים מסוג "avi"). מתפריט *תצוגה* בחר באפשרות *תרשים עקבות*.

12. גרפים של מקום/זמן – בחר בתפריט *תצוגה*. בתפריט שנפתח מופיעות מספר אפשרויות לגרפים שונים. בחר באפשרות הרצויה. כדי לחזור לתרשים העקבות חזור לחלון *תצוגה* ובחר בתרשים עקבות.



שער ראשון: "רואים תנועה"

בחלק הראשון של החוברת תתרכזו בהתבוננות בתנועה ותשתמשו בכלים המיוחדים של התוכנה בכדי לחדד ולשפר התבוננות זו. תכירו מושגים חדשים שבאמצעותם תוכלו לתאר ולאפיין תנועה.

1. תנועה קצובה

פעילות זאת עוסקת בתנועה במהירות קבועה. במסגרת פעילות זאת תנתחו סרטונים המציגים מכוניות בתנועה. כמו כן תכירו במסגרת פעילות זאת את תוכנת ניתוח הוידאו ואופן השימוש בתוכנה.

הגדרות

תרשים עקבות: התוכנה מאפשרת ליצג גוף על ידי נקודה בודדת. כאשר הגוף נע, יסומן מיקומו על ידי נקודה על גבי המסך במרווחי זמן שווים כך שיווצר "תרשים עקבות": סידרת נקודות המתארת את מיקום הגוף במרווחי זמן שווים זה לזה.



חישוב וענו

1. כיצד ייראה תרשים תנועה של גוף הנע במהירות קבועה? הסבירו וציירו.
2. כיצד ייראה תרשים עקבות של גוף הנע מימין לשמאל במהירות הולכת וגדלה? הסבירו וציירו.
3. כיצד ייראה תרשים עקבות של גוף הנע מימין לשמאל במהירות הולכת וקטנה? הסבירו וציירו.

התבוננות

1. במידה והמחשב אינו פועל הפעילו אותו. מתפריט ההתחלה, בחרו בתוכנת הוידאו (שם התוכנה הוא: VideoExpL). לאחר שהתוכנה הופעלה, בחרו בפריט **קבצים** ומתוך התפריט הנפרש בחרו בפריט **פתח**. דפדפו למחיצה בה מותקנים הסרטונים (במידה ואינכם יודעים את שם המחיצה פנו למורה) ובחרו בסרטון הנקרא car1.avi.



2. הפעילו את תוכנת ניתוח הוידאו ופתחו בה את הסרטון. הריצו את הסרטון ותארו את המתרחש בו.

3. על פי התבוננותכם, האם מהירות המכונית גדלה, קטנה או לא משתנה?

ניתוח

1. מתפריט *צירים* בחרו באפשרות *קנה מידה*. הצביעו בעזרת העכבר על שתי נקודות שהמרחק ביניהן ידוע (המרחק בין שני פסים לבנים המסמנים חניה הוא 2.5 מטר). רשמו את המרחק בין שתי הנקודות בחלון הנפתח. באופן כזה התוכנה תתאים את המידות של העצמים בסרטון לגודלם האמיתי.

3. החזירו את הסרטון להתחלה, הריצו אותו צעד אחד קדימה, עד הרגע שבו ניתן להבחין בגלגל הקדמי של המכונית הנוסעת. מתפריט *צירים* בחרו באפשרות *בחירת זמן אפס*. באופן כזה אתם בוחרים את הרגע שבו ניתן להבחין בגלגל הקדמי כזמן אפס כלומר זמן התחלת המדידה. כל זמן מאוחר יותר מציין את פרק הזמן שחלף מרגע זה.

4. בחרו בפריט *מחק נקודות שבתפריט עריכה*.

5. כעת תוכלו לשרטט תרשים עקבות של המכונית. הצביעו על החלק הקדמי של המכונית בעזרת סמן העכבר ולחצו על הכפתור הימני. בחלון התוצאות תופיע נקודה והסרט יקודם צעד אחד קדימה. חזרו על פעולה זו מספר פעמים, עד אשר לא ניתן יותר להבחין בחלק הקדמי של המכונית. סידרת הנקודות שהתקבלה בחלון התוצאות היא תרשים העקבות של תנועה זו. כלומר ייצגתם את תנועת המכונית כולה בעזרת התנועה של הנקודה הקדמית ביותר שלה. תוכלו גם לראות את תרשים העקבות בחלון הוידאו וזאת ע"י בחירה באפשרות *הצג תרשים עקבות בחלון הוידאו שבתפריט תצוגה*.

6. מה המרווח בין הנקודות בתרשים העקבות? האם הוא הולך וגדל, הולך וקטן או נשאר קבוע?

7. האם לאור תשובתכם תוכלו לומר האם מהירות המכונית גדלה, קטנה או נשארת קבועה לאורך כל הדרך?

8. בחרו שלוש נקודות ומדדו את המרחק בין כל שתיים מהן. חשבו את מהירות המכונית בכל קטע על ידי חלוקת המרחק במשך הזמן.

מרחק (מ')	זמן (שנ')	מהירות (מ'/שנ')

9. האם החישוב בטבלה מתאים לתשובתכם לסעיף מס' 7? האם מהירות המכונית היא קבועה?

10. חזרו על שלבים 1 עד 9 עם הסרטונים car2.avi ו-car3.avi. קבעו איזו משלוש המכוניות נעה במהירות הגדולה ביותר.

הגדרות

כאשר המהירות, כפי שהיא נמדדת בקטעים שונים של הדרך, אינה משתנה היא נקראת **מהירות קבועה**. גוף הנע במהירות קבועה חולף על פני מרחקים שווים בפרקי זמן שווים. תנועה כזאת נקראת **תנועה קצובה**.

סיכום ודין

1. כיצד ניתן לדעת מתרשים עקבות של גוף שהגוף נע בתנועה קצובה?
 2. כיצד ניתן לדעת מתרשימי עקבות של שני גופים שונים הנעים בתנועה קצובה, לאיזה משני הגופים מהירות גדולה יותר?

3. א. ציירו תרשים עקבות המתאר מכונית הנעה בתנועה קצובה מימין לשמאל.

ב. ציירו תרשים עקבות המתאר מכונית הנעה בתנועה קצובה משמאל לימין.

ג. האם מתרשים התנועה בלבד ניתן לדעת מה כיוון התנועה של גוף?



4. כאשר גוף נע בתנועה קצובה, האם תלוי גודל מהירותו בקטע שבו היא מחושבת?

2. מהירות ממוצעת

בפרק הקודם ניתחתם תנועה שבה נעו הגופים במהירות קבועה. בפרק זה תנתחו תנועה שבה המהירות של הגופים משתנה. המושג החדש שתלמדו ושבעזרתו תוכלו לנתח תנועה כזו הוא המושג **מהירות ממוצעת**. במסגרת הפעילות תנתחו את קטע הוידאו: Runer.avi.

התבוננות

1. הפעילו את תוכנת ניתוח הוידאו ודפדפו למחיצה בה מותקנים הסרטונים. בחרו בסרטון הנקרא Runer.avi.
2. התבוננו בקטע הוידאו ותארו במילים את המתרחש בו.
3. בסרט אתם יכולים להבחין בפסים לבנים הנמצאים במרחקים שווים האחד מהשני. החזירו את הסרטון להתחלה והריצו אותו צעד צעד. האם להערכתכם הזמן הדרוש לרץ לעבור את המרחק בין הפס הראשון לשני שווה לזמן הדרוש לו כדי לעבור את המרחק בין הפס השני לשלישי?
4. כיצד, לדעתכם, משתנה מהירותו של הרץ – גדלה קטנה או שאינה משתנה? נמקו!

הגדרות

בדרך כלל מהירותו של גוף איננה קבועה. אם נעקוב אחרי תנועת כלב, נראה כי לפעמים הוא עומד, לפעמים הוא רץ ולפעמים הוא הולך. בפרקי זמן שווים הכלב חולף על פני מרחקים שונים, ולכן מהירותו איננה קבועה. חישוב גודל **המהירות הממוצעת** נעשה על ידי חישוב מנת המרחק שעובר גוף מסוים בזמן שבו הוא עובר מרחק זה. כלומר לצורך החישוב של המהירות הממוצעת יש לבצע שתי מדידות: מדידת המרחק ומדידת הזמן. **המהירות הממוצעת** של גוף הנע במהירות משתנה, היא אותה **מהירות קבועה** שאם נקנה אותה לגוף, הוא יעבור את אותו המרחק באותו הזמן.

ניתוח

1. המרחק בין כל שני פסים לבנים הוא 2.5 מטר ובפינה השמאלית עליונה מופיע חלון בו רשום הזמן. חשבו את מהירותו הממוצעת של הרץ בקטע שבין הפס הראשון לשני.
2. חשבו את מהירותו הממוצעת של הרץ בקטע שבין הפס השני לשלישי.
3. חשבו את מהירותו הממוצעת של הרץ בקטע שבין הפס הראשון לשלישי.

רישמו את תוצאות החישובים בטבלה:

מהירות ממוצעת (מ'/שני')	זמן (שני')	דרך
		מפס ראשון לשני
		מפס שני לשלישי
		מפס ראשון לשלישי

4. האם ערך המהירות הממוצעת המתקבל תלוי בקטע בו הוא מחושב?

ארגון מושגים

אופן החישוב של המהירות הממוצעת זהה לאופן חישוב המהירות הקבועה בתנועה קצובה. למעשה מושג המהירות הממוצעת כללי יותר, ראינו כי כאשר גוף נע במהירות משתנה, גודלה של המהירות הממוצעת תלוי בפרק הזמן שבו בוחרים לחשב אותה. ניתן לראות תנועה קצובה כתנועה שבה המהירות הממוצעת איננה תלויה בפרק הזמן שבו מחשבים אותה. אם המהירות הממוצעת, כפי שהיא נמדדת בקטעים שונים של הדרך, אינה משתנה היא נקראת **מהירות קבועה**. גוף הנע במהירות קבועה חולף על פני מרחקים שווים בפרקי זמן שווים. תנועה כזאת נקראת **תנועה קצובה**.

סיכום ודין

1. האצן (המתחיל) שלמה טען: "אם אני עובר 100 מטרים במשך 20 שניות הרי שהמהירות שבה אני עובר כל 10 מטרים היא בדיוק 5 מטרים לשניה". דונו בטענה זו. האם אתם מסכימים עם שלמה?
2. שני תלמידים מדדו את מהירותה הממוצעת של מכונית. האחד מצא כי מהירותה 50 קמ"ש (קילומטרים לשעה) והשני מצא כי מהירותה 60 קמ"ש. מה יכולות להיות הסיבות לכך שכל אחד מהם קיבל תוצאות שונות?



3. ניתוח של החלקה על גבי גלגליות

בפעילות זאת תנתחו את תנועתה של נערה המחליקה על גלגליות. הסרטון שתנתחו נקרא ralers.avi.

חישוב וענו

תארו את סוג התנועה שאתם מצפים לראות בסרט (תנועה קצובה, תנועה במהירות משתנה או אחרת) ונמקו.

התבוננות

1. הפעילו את תוכנת הוידאו ופתחו בה את קובץ הסרטון ralers.avi.

2. תארו את הנסיעה הנראית בסרט.

ניתוח

1. גובה הנערה בסרטון הוא 1.3 מטר. העזרו בנתון זה לקביעת קנה המידה.

2. בחרו ב- 5 כגודל הצעד.

3. קיבעו את מקום ראשית מערכת הצירים כמקום בו נמצאת הנערה בתחילת התנועה.

4. קבלו בעזרת התוכנה את תרשימי העקבות של הנערה. בחרו בגלגליות כנקודה שאחריה אתם עוקבים.

במידה ותרשימי העקבות איננו אופקי, תוכלו לסובב את מערכת הצירים באופן שתקביל לתרשימי התנועה, בעזרת פס הגלילה שמתחת לחלון התוצאות.

5. עבור כל אחד מפרקי הזמן הרשומים בטבלה חשבו את המהירות הממוצעת של הנערה.

פרק זמן (שנ')	מרחק (מ')	מהירות ממוצעת (מ'/שנ')
0-3		
3-6		
6-9		

סיכום ודין

1. תארו במלים את האופן שבו נעה הנערה. האם מהירותה קבועה? אם כן באיזה קטע? נמקו את תשובתכם הן על סמך תרשים העקבות והן על סמך תוצאות החישובים.
2. נסו ללכת או לרוץ בתנועה קצובה לאורך דרך מסוימת, ובקשו מחבריכם למדוד את משך הזמן בשלושה קטעי דרך שווים. מה הקושי בניסיון זה?



4. ניתוח ריצה

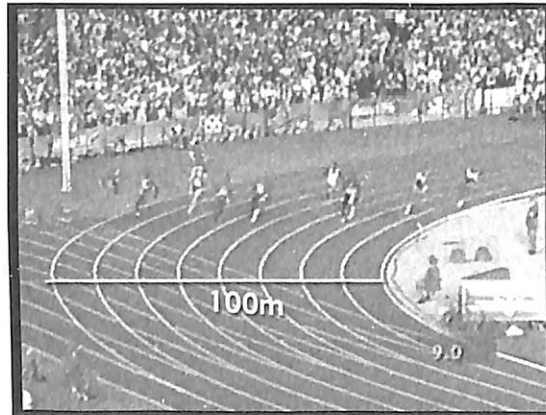
התנסות באפשרויות שונות של ייצוג תנועה תאפשר לכם להגיע להבנה טובה יותר של ניתוחה. כך תוכלו לבדוק האם אלוף העולם בריצת 200 מטר רץ במהירות ממוצעת גדולה מזו של אלוף העולם בריצת 100 מטר. בפעילות זו תצפו בסרטים של שתי הריצות ותנתחו אותם. הסרטונים בהם תשתמשו בפעילות הראשונה הם 100m.avi ו-200mMen.avi.

חישוב וענו

1. "אלוף העולם בריצת 200 מטר, מייקל ג'ונסון, רץ 100 מטר מהר יותר מאשר אלוף העולם בריצת 100 מטר, מוריס גרין. לכן הוא רץ 200 מטר במהירות ממוצעת גדולה יותר." נכון או לא נכון? נמקו.

התבוננות

1. בסרטון 100m.avi תוכלו לצפות בריצת 100 מטר של קרל לואיס, אלוף העולם לשעבר והאלוף האולימפי מאולימפיאדת לוס אנג'לס 1984. בסרטון 200mMen.avi תצפו בריצת 200 מטר של מייקל ג'ונסון מאולימפיאדת אטלנטה 1996, בה קבע שיא עולמי.
2. צפו בסרטונים וללא מדידות כלשהן, נסו לקבוע מי מהשניים מהיר יותר. נמקו את בחירתכם.
3. תארו במפורט את מהלך הריצה ל-100 מטר תוך שימוש במושגים מהירות קבועה מהירות גדלה ומהירות קטנה.
4. תארו במפורט גם את מהלך הריצה ל-200 מטר.
5. על פי הנתונים המופיעים בסרטונים, מהי מהירותו הממוצעת של קארל לואיס ומהי מהירותו הממוצעת של מייקל ג'ונסון? (זכרו: מהירות ממוצעת מחושבת על ידי חלוקת הדרך הכוללת במשך הזמן). מי מהם רץ מהר יותר?
6. מהי לפי דעתכם הסיבה (או הסיבות) להבדל?



ניתוח

1. התמונה שבעמוד הקודם נלקחה פרק זמן קצר לפני שהרצים בריצת ה-200 מטר עברו את קו ה-100 מטר (מייקל ג'ונסון הוא הרץ השלישי מימין). העזרו בתמונה זו ובסרטון, ומלאו בטבלה שלמטה את נתוני הריצה של מייקל ג'ונסון.

מרחק	זמן	מהירות ממוצעת
100 מטר ראשונים		
100 מטר אחרונים		
המרחק הכולל של 200 מטר		

סיכום ודין

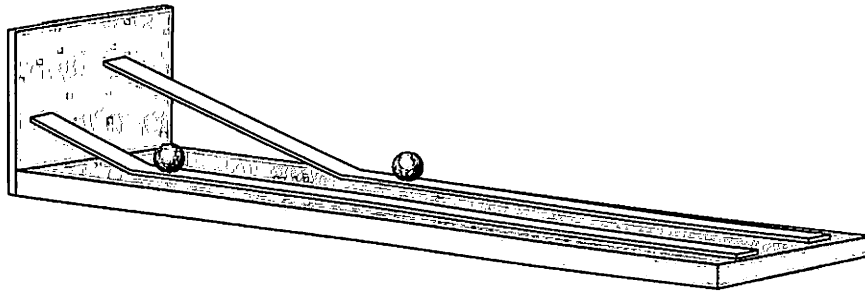
1. ב-100 מטר הראשונים של ריצתו, האם המהירות הממוצעת של מייקל ג'ונסון גדולה, קטנה או שווה למהירותו הממוצעת של קרל לואיס?
 2. ב-100 מטר האחרונים של ריצתו, האם המהירות הממוצעת של מייקל ג'ונסון גדולה, קטנה או שווה למהירותו הממוצעת של קרל לואיס?
4. העתיקו את המשפטים הבאים למחברת תוך שאתם בוחרים במילה הנכונה מהמלים המופיעות בסוגריים.
 - א. מהירותו הממוצעת של מייקל ג'ונסון בריצת 200 מטר (גבוהה יותר/קטנה יותר/שווה) מזו של קרל לואיס בריצת 100 מטר.
 - ב. ההבדל במהירויות הממוצעות נובע מכך שב-100 מטרים האחרונים של ריצתו הוא רץ (מהר יותר, לאט יותר, במהירות שווה) מאשר קרל לואיס בריצת-100 מטר.
5. מה גורם לכך שב-100 מטרים האחרונים מייקל ג'ונסון רץ מהר יותר מאשר ב-100 המטרים הראשונים של ריצתו? נמקו.

6. שיאו של מייקל ג'ונסון בריצה למרחק של 200 מטר הוא 19.32 שניות. השיא העולמי הנוכחי למרחק של 100 מטר נקבע על ידי מוריס גרין והוא עומד על 9.79 שניות. חשבו: מי משני הרצים מהיר יותר? מה הסיבה לכך?
7. לפניכם כמה דעות של תלמידים שונים. ציינו בכל מקרה האם אתם מסכימים או מתנגדים לדעה המובעת ונמקו את חוות דעתכם.
- א. "אלוף העולם בריצת 200 מטר, מייקל ג'ונסון, רץ כל 100 מטר מהר יותר מאשר אלוף העולם בריצת 100 מטר, מוריס גרין. לכן הוא רץ 200 מטר במהירות ממוצעת גדולה יותר." נכון או לא נכון? נמקו.
- ב. "אלוף העולם בריצת 200 מטר יודע לחלק את המאמץ שלו בצורה טובה, ולכן הוא רץ כל 100 מטר במהלך ריצתו בזמן שווה." נכון או לא נכון? נמקו.
- ג. "אלוף העולם בריצת 200 מטר רץ את 100 המטר האחרונים במהירות ממוצעת רבה יותר מאשר את 100 המטר הראשונים." נכון או לא נכון? נמקו.
- ד. "אלוף העולם בריצת 200 מטר אינו יכול לרוץ 100 מטר מהר יותר מאשר אלוף העולם למרחק זה. לכן העובדה שמהירותו הממוצעת גדולה יותר אינה הגיונית." נכון או לא נכון? נמקו.
8. באיזה קטע של הריצה רץ קארל לואיס במהירות המרבית? בדקו את השערתכם. חזרו על הבדיקה גם לגבי מייקל ג'ונסון. למי מהם מהירות מרבית גדולה יותר?



5. לדמות ריצה

אחד הכלים החשובים בניתוח של מצב מסוים הוא המודל. המודל מדמה את המצב אך לא באופן מלא. הוא מפשט אותו תוך הדגשה של הגורמים החשובים לצורך דיון מסוים והתעלמות מהפחות חשובים לאותו דיון. המודל שתנתחו, "מרוץ הגולות" כולל שלוש מסילות אשר מתחילות במסלולים משופעים, שמידת שיפועם ניתנת לשינוי, וממשיכות במסלולים אופקיים. בשתיים מהמסילות אורך השיפוע שווה ובשלישית הוא קצר יותר. בכל ניסוי במודל נשתמש בשתי מסילות בלבד. בפעילויות הבאות תנתחו תנועה של גולות במודל המדמה את הריצות למרחקים קצרים של 100 ושל 200 מטר.



בפעילות הראשונה עם המודל תחקרו את תנועתה של גולה אחת. בפעילות תצפו בסרטון track3.avi המראה תנועה של גולה על גבי מסילה אחת. בתחילת תנועתה מתגלגלת הגולה על החלק המשופע של המסילה ובהמשך היא נעה על גבי החלק האופקי. התבוננו במאפיינים של ריצה, כדי לקבוע האם מבנהו של המודל מתאים לצורך ניתוח. נניח כי הרצים לא מתעייפים במהלך הריצה. מאפייני הריצה:

- זינוק ומעבר ממהירות אפס למהירות המרבית.
- המשך ריצה במהירות המרבית עד לסיום הריצה.

בשאלות בסעיף הבא תבדקו האם המודל שנבחר אכן מתאים.

חישוב וענו

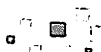
1. כדור מתגלגל במורד מישור משופע. האם הוא נע במהירות קבועה? אם לא, האם מהירותו הולכת וגדלה או אולי הולכת וקטנה?
2. כדור מתגלגל לאורך מישור אופקי. האם הוא נע במהירות קבועה? אם לא, האם מהירותו הולכת וגדלה או אולי הולכת וקטנה?
3. כדור מתגלגל על מסילה המשופעת בתחילתה ואפקית בסופה. לאיזה חלק של הריצה מתאים כל חלק מתנועת הגולה?

התבוננות

1. הפעילו את תוכנת הוידאו ופתחו בה את קובץ הסרטון: track3.avi.
2. תארו את תנועת הגולה. האם היא תואמת את ציפיותיכם?

ניתוח

1. אורך המתקן עליו ניצבות המסילות הוא 0.96 מטר. העזרו בנתון זה לקביעת קנה המידה בתוכנה.
2. בחרו את הרגע בו משוחררת הגולה כזמן אפס ובחרו בגודל צעד 3.
3. צרו תרשים עקבות של הגולה מהרגע ששוחררה ושבריר שניה לפני שהגיעה לקצה השני של המסילה.
4. נסו לקבוע על פי תרשים העקבות היכן מסתיים החלק המשופע והיכן מתחיל החלק האופקי של המסילה.
5. כיצד ניתן להסיק מתרשים העקבות כי מהירות הגולה על המישור האופקי היא בקרוב קבועה?
6. כיצד ניתן להסיק מתרשים העקבות כי מהירות הגולה בחלק המשופע משתנה? האם היא גדלה או קטנה?
7. באיזה חלק של המסלול המהירות של הגולה היא הגדולה ביותר?



8. א. מדדו את המרווח שבין הנקודה השנייה בתרשים העקבות לבין הנקודה השלישית. חזרו ומדדו את המרווח שבין הנקודה הרביעית והחמישית.
- ב. איזה מרווח גדול יותר? בכמה (סנטימטרים)?
- ג. חשבו את המהירות הממוצעת בין הנקודה השנייה לשלישית ובין הנקודה הרביעית לחמישית. בכמה גדלה המהירות?
9. מהי המהירות הממוצעת של הגולה על פני כל המסלול?
10. מדדו את המהירות הממוצעת של הגולה בעברה את המחצית הראשונה של המסלול ומדדו את מהירותה הממוצעת בעברה את המחצית השנייה. באיזה חלק המהירות הממוצעת גדולה יותר? הסבירו.
11. השוו את המהירות הממוצעת בה נעה הגולה בחצי הראשון של המסלול אל זו של המסלול כולו. מי מהן גדולה יותר?

סיכום ודין

1. השלימו במחברתכם את המשפטים הבאים:
- א. בחלק המשופע הגולה נעה על המסילה במהירות קבועה/משתנה
- ב. בחלק האופקי הגולה נעה על המסילה במהירות קבועה/משתנה
2. לאיזה חלק של הריצה מתאים הקטע המשופע של המסילה ולאיזה חלק מתאים הקטע האופקי?
3. במה דומה תנועת הגולה לתנועת הרץ למרחקים קצרים ובמה היא שונה ממנה?
4. שלמה טוען: "אפשר לדמות את תנועת הגולה בחצי הראשון של המסלול לריצת 100 מטר ואת תנועתה לאורך המסלול כולו לריצת 200 מטר". הסבירו את טענתו.
5. לאור חישוביכם בסעיפים 9-11, הסבירו מדוע מהירותו הממוצעת של מייקל ג'ונסון ב-200 מטר גדולה מזו של קארל לואיס ב-100 מטר.

הגדרות וארגון מושגים

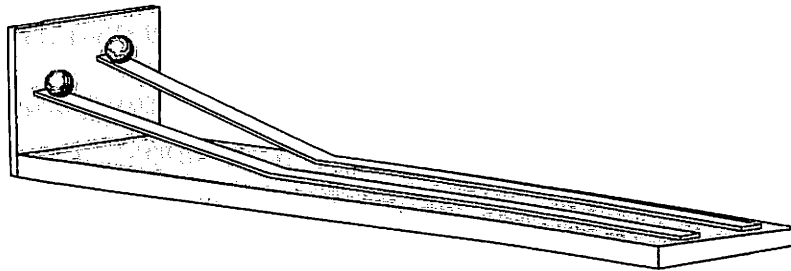
התנועה של הרצים וכן תנועת הגולה במסילה התאפיינה בכך שהן היו מורכבות מחלק שבו המהירות השתנתה ומחלק שלאורכו המהירות נשארה קבועה. כפי שלמדתם התנועה בחלק השני נקראת תנועה קצובה. לתנועה בחלק הראשון קוראים בשם **תנועה מואצת**. מאפיינים תנועה זו בעזרת המושג **תאוצה**.

תאוצה – תאוצה היא קצב השינוי במהירות. כלומר היא מבטאת בכמה השתנתה המהירות בפרק זמן מסוים (למשל שניה אחת). ככול שהשינוי במהירות גדול יותר בפרק זמן מסוים כך התאוצה גדולה יותר.

לדוגמא, מכונית שמאיצה ממנוחה למהירות של 100 קמ"ש במשך 10 שניות היא בעלת תאוצה קטנה יותר לעומת מכונית שמאיצה ממנוחה ל-120 קמ"ש במשך 10 שניות.

6. ניתוח "תחרות" בין גולות (א)

בסרטון הבא, track4.avi, תנתחו תנועה של שתי גולות הנעות לאותו המרחק אלא שאחת מהן מתחילה את תנועתה מגובה רב יותר. אורך הקטע המשופע בשתי המסילות הוא זהה.



חישוב וענו

1. משחררים את שתי הגולות מגבהים שונים. כיצד משתנה מהירותן בשלב בו הן נעות בחלק המשופע (גדלה או קטנה)?
2. קצב השינוי במהירות של איזו גולה גדול יותר (כלומר המהירות של איזו גולה תשתנה יותר במשך אותו פרק זמן), זו שהתחילה את תנועתה מגובה רב יותר או השנייה?

3. כיצד תשתנה מהירות הגולות בחלק האופקי של המסילות (גדלה, קטנה או נשארת קבועה)? לאיזה משתי הגולות מהירות גדולה יותר בחלק זה, לזו שהתחילה את תנועתה מגובה רב יותר או לשניה?

התבוננות

1. הפעילו את תוכנת ניתוח הוידאו, פתחו את הקובץ track4.avi והריצו את הסרט. תארו את תנועת הגולות לאורך מסילותיהן. העזרו במושגים שלמדתם (מהירות קבועה, מהירות גדלה, מהירות קטנה ותאוצה).
2. הריצו את הסרט בצעדים עוקבים. איזו גולה עוברת את החלק המשופע בזמן קצר יותר?
3. לאיזו גולה יש מהירות גדולה יותר בחלק האופקי?

ניתוח

1. אורך המתקן עליו ניצבות המסילות הוא 0.96 מטר. העזרו בנתון זה לקביעת קנה המידה בתוכנה.
2. בחרו את הרגע בו משוחררות הגולות כזמן אפס.
3. צרו תרשים עקבות של הגולה הנראית קרוב יותר, מהרגע ששוחררה ושבריר שניה לפני שהגיעה לקצה השני של המסילה.
4. ניתן ליצור תרשים עקבות גם לגולה השניה וזאת ע"י הצבעה עליה עם העכבר והקשה על הכפתור הימני (במקום על השמאלי). צרו תרשים עקבות של הגולה השניה מהרגע ששוחררה ושבריר שניה לפני שפגעה במחסום.
5. מדדו את גודלה של המהירות הקבועה של כל אחת מהגולות על המישור האופקי. האם הן שוות? מי מהן נעה מהר יותר?
6. השוו את תרשים העקבות של שתי הגולות בקטע המשופע. האם השינוי במהירות (כלומר מידת הגידול במרווחים שבין העקבות) זהה בשתייהן? לאיזה גולה אתם מבחינים בשינוי מהירות גדול יותר: לזו שהתגלגלה מגובה רב יותר או לזו שהתגלגלה מגובה נמוך יותר?
7. מהירותה הממוצעת של איזו משתי הגולות גדולה יותר לאורך כל המסלול?

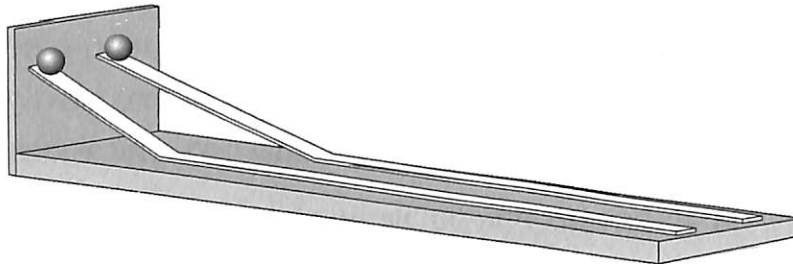
סיכום ודין

1. תארו את תנועת הגולות והשוו בין שתיהן תוך שימוש במושגים שלמדתם (תנועה קצובה, תאוצה, מהירות גדלה).

2. הסבירו מדוע גולה אחת משיגה את חברתה.

7. ניתוח "תחרות" בין גולות (ב)

התבוננות בסרטון המתאר שתי גולות המשוחררות מאותו גובה וניתוחו יאפשרו לכם להבין טוב יותר את ניתוח הריצות של שני הרצים. בסרטון עליו תעבדו, track1.avi, משוחררות שתי גולות מאותו גובה אלא שהאחת מתחילה את תנועתה במדרון משופע ארוך יותר ומתון יותר מאשר חברתה.



חישוב וענו

1. משחררים את שתי הגולות מאותו גובה. כיצד משתנה מהירותן בשלב בו הן נעות בחלק המשופע? לאיזו גולה תאוצה גדולה יותר בחלק זה, לזו הנעה במסילה המתונה או לזו הנעה במסילה התלולה.

2. לאיזו משתי הגולות מהירות גדולה יותר בחלק האופקי של המסילות, לזו הנעה במסילה בעלת השיפוע ההתחלתי המתון או לגולה השנייה?



התבוננות

1. הפעילו את תוכנת ניתוח הוידאו, פתחו את הקובץ `track1.avi` והריצו את הסרט. תארו את תנועת הגולות לאורך מסילותיהן. העזרו במושגים שלמדתם (מהירות קבועה, מהירות גדלה, מהירות קטנה ותאוצה).
2. הריצו את הסרט בצעדים עוקבים. איזו גולה נעה מהר יותר בחלק האופקי?

ניתוח

1. אורך המתקן עליו ניצבות המסילות הוא 0.96 מטר. העזרו בנתון זה לקביעת קנה המידה בתוכנה.
2. בחרו את הרגע בו משוחררות הגולות כזמן אפס.
3. צרו תרשים עקבות של הגולה הנראית קרוב יותר, מהרגע ששוחררה ושבריר שניה לפני שהגיעה לקצה השני של המסילה.
4. ניתן ליצור תרשים עיקבות גם לגולה השניה וזאת ע"י הצבעה עלה עם העכבר והקשה על הכפתור הימני (במקום על השמאלי). צרו תרשים עקבות של הגולה השניה מהרגע ששוחררה ושבריר שניה לפני שפגעה במחסום.
5. מדדו את גודלה של המהירות הקבועה של כל אחת מהגולות על המישור האופקי. האם הן שוות?
6. השוו את תרשים העקבות של שתי הגולות בקטע המשופע. האם השינוי במהירות (כלומר מידת הגידול במרווחים שבין העקבות) זהה בשתייהן? לאיזה גולה אתם מבחינים בשינוי מהירות גדול יותר: לזו שהתגלגלה במורד השיפוע המתון יותר או לזו שהתגלגלה במורד השיפוע התלול יותר? לאיזו גולה יש תאוצה גדולה יותר?
7. מהירותה הממוצעת של איזו משתי הגולות גדולה יותר לאורך כל המסלול?

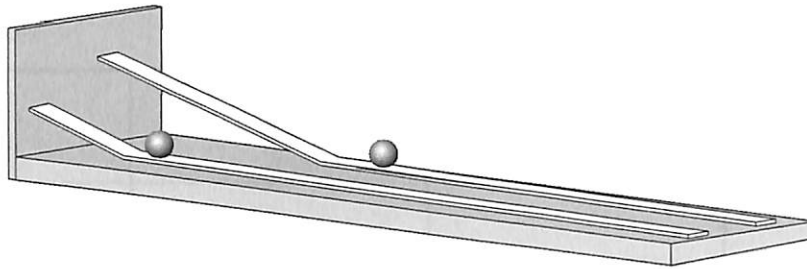
סיכום ודין

1. תארו את תנועת הגולות והשוו בין שתיהן תוך שימוש במושגים שלמדתם (תנועה קצובה, תאוצה, מהירות גדלה).

2. מה ניתן להסיק מהסרט על חשיבותו של הזינוק בתחרויות ריצה? הסבירו!
3. הסבירו מדוע גולה אחת משיגה את חברתה.

8. ניתוח "תחרות" בין גולות (a)

בפעילות זו תנתחו את הסרטון track2-1.avi. בסרטון זה שתי גולות המשוחררות מגובה שונה ונעות במסלולים בעלי שיפוע שונה.



חישוב וענו

1. איזו משתי הגולות תגיע למהירות קבועה גדולה יותר?
2. איזו משתי הגולות תחלוף על פני נקודת אמצע הדרך קודם?
3. האם ניתן לדעת איזו גולה תגיע ראשונה לסוף המסלול?

התבוננות

1. פתחו בעזרת תוכנת הוידאו את הסרטון track2-1.avi והתבוננו בתמונת ההתחלה. שימו לב כי המסילה בעלת השיפוע התלול יותר קרובה אליכם וזו בעלת השיפוע המתון רחוקה. את הגולות אינכם יכולים לראות אך זו הנמצאת במסלול בעל השיפוע התלול נמצאת בגובה נמוך יותר מאשר הגולה השניה.
2. זהו בתרשים את נקודת אמצע הדרך. זו אותה נקודה הנמצאת בקרוב באותו מרחק משתי קצות המסילה.



3. צפו בסרטון. איזו משתי הגולות חלפה ראשונה על פני נקודת אמצע הדרך? איזו משתיהן תפגע ראשונה במחסום שבסוף המסלול?

ניתוח

1. חשבו את המהירות הממוצעת שבה עוברת כל אחת משתי הגולות את הקטע עד לנקודת אמצע הדרך.

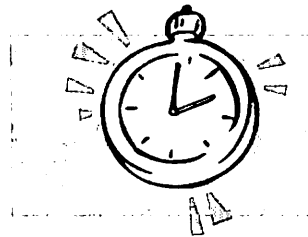
2. צרו תרשים עקבות של כל אחת משתי הגולות וחשבו את המהירות הקבועה אליה מגיעה כל אחת משתי הגולות. למי משתי הגולות מהירות קבועה גדולה יותר בקטע האופקי של המסלול?

מהירות ממוצעת (מ'שני')	זמן (שני')	מרחק (מטר)	
			שיפוע מתון
			שיפוע תלול

3. ללא חישוב לאיזה משתי הגולות מהירות ממוצעת גדולה יותר לאורך כל המסלול?
4. צפו בעזרת התוכנה בסרטון track2-2.avi. בזמן $t = 2.6s$, לאיזה משתי הגולות מהירות גדולה יותר? נמקו!
5. לאיזו משתי הגולות מהירות ממוצעת גדולה יותר לאורך כל המסלול? נמקו!
6. מהירותה הממוצעת של איזו משתי הגולות גדולה יותר במחצית הראשונה של המסלול?
7. מהירותה של איזו משתי הגולות גדולה יותר במחצית השניה של המסלול?
8. האם הגולה שהגיעה למהירות הגדולה יותר בקטע האופקי השיגה את הגולה האיטית יותר בקטע זה?
9. האם בהכרח כאשר שתי הגולות נמצאות באותו זמן באותו מקום, נובע מכך כי לשתייהן אותה מהירות? הסבירו.

סיכום ודין

1. תארו את תנועת הגולות תוך שימוש במושגים תאוצה ומהירות.
2. עשו כן לגבי תנועת הרצים.
3. קרל לואיס בריצת 100 מטר עובר את 100 המטרים מהר יותר מאשר מייקל ג'ונסון בריצת 200 מטר כשהוא עובר את 100 המטרים הראשונים של ריצתו. בכל אופן מהירותו הממוצעת של קרל לואיס לאורך כל מסלול הריצה, קטנה יותר מהמהירות המוצעת של מייקל ג'ונסון ב-100 המטר האחרונים של ריצתו. רשמו הסבר לתופעה זו.
4. אבירם אמר: "יש מקרים בהם רץ איטי משיג רצים מהירים ממנו". האם זה יתכן? למה כוונתו?



9. חקירת תנועה של גופים נופלים

- כאשר גוף נופל בהשפעת כוח הכובד בלבד, תנועתו נקראת **נפילה חופשית**.
- בפעילות זו תנתחו נפילה של גופים.
- בפעילות הראשונה תעזרו בסרטונים Freefall2.avi ו- 2balls1.avi כדי לחקור את תנועתם של גופים נופלים.
-

חישוב וענו

1. כיצד משתנה מהירותו של גוף נופל? האם היא נשארת קבועה? גדלה או קטנה?
2. משחררים בו זמנית מאותו גובה כדורסל וכדור ברזל. לדעתכם, מי משני הכדורים יפגע ראשון בקרקע?

התבוננות

1. בעזרת תוכנת ניתוח הוידאו צפו בסרטון Freefall2.avi ותארו את המתרחש בסרטון. העזרו במושגים שלמדתם (תנועה קצובה, תנועה מואצת, מהירות גדלה וכו')



2. החזירו את הסרטון להתחלה וצפו בתנועת הגוף הנופל צעד אחרי צעד. האם מהירותו קבועה? הסבירו!

ניתוח

1. גובהו של האדם בסרט 1.7 מטר. העזרו בנתון זה לקביעת קנה המידה.
2. צרו תרשים עקבות של הכדור הנופל. השתדלו לדייק ולעקוב תמיד אחרי אותה נקודה על הכדור.
3. בחרו מתפריט התצוגה באפשרות הצג תרשים עקבות בחלון הוידאו. עקבו אחרי תנועת הכדור.
4. איזה מרחק נפל הכדור בפרק זמן של 0.32 שניות מרגע שחרורו?
5. פתחו את הסרטון 2balls1.avi העזרו בנתון לגבי אורך גיליון הנייר כדי לקבוע קנה מידה (במטרים!).
6. צרו תרשים עקבות של כל אחד משני הכדורים הנופלים (בשלב ראשון סמנו את מקומו של אחד הכדורים בעזרת הצבעה עליו ולחיצה על הכפתור השמאלי של העכבר. החזירו את הסרטון להתחלה, הצביעו על הכדור השני ולחצו על הכפתור הימני של העכבר).
7. צפו בסרטון ותארו במילים את המתרחש בו. איזה מרחק נפל כל אחד משני הכדורים במשך 0.32 שניות מרגע שחרורו?

סיכום ודין

1. רשמו מסקנה כללית לגבי אופן תנועת של גופים נופלים (תנועה קצובה, תנועה במהירות הולכת וגדלה, תנועה במהירות הולכת וקטנה).
2. המרחקים שנופלים גופים שונים במשך אותו זמן הם שווים או שונים? נמקו!
3. בסרטון 2balls1.avi ראיתם כי שני הכדורים הנופלים ביחד חולפים על פני מרחקים שווים בזמנים שווים. האם הכדור בסרטון Freefall2.avi עבר במשך 0.32 שניות את אותו המרחק שעובר כל אחד משני הכדורים, אם לא מה מקור השוני?
4. האם מהירותם הממוצעת של גופים שונים, הנופלים במשך זמן שווה, שווה או שונה? נמקו!

שער שני: כלים נוספים לניתוח תנועה

בפעילויות שעשיתם עד כה למדתם כיצד לתאר תנועה בעזרת מושגים חדשים כגון תנועה קצובה, תנועה מואצת, מהירות קבועה ותאוצה. כמו כן למדתם כיצד אפשר לנתח תנועה בעזרת כלים חדשים כמו תרשים עקבות, טבלה וחישובים של מהירות ממוצעת ותאוצה. לרשותו של הפיזיקאי עומדים כלים נוספים העוזרים לו בניתוח מדויק יותר של תנועה ובתאורה. כלים אלו כוללים, בין היתר, שימוש בציר המספרים ובגרפים. התוכנה שברשותכם מאפשרת להציג גרפים המתארים תנועה ולנתחה בעזרתם. בחלק זה של חוברת הפעילויות תלמדו כיצד לעשות זאת ותוכלו להיווכח בתועלת שבשימוש בכלים אלו.

10. תאור מקום של גוף בעזרת ציר המספרים

בוודאי כבר למדתם במסגרת לימודי החשבון על ציר המספרים. בפעילות זאת נלמד כיצד ניתן להעזר בציר המספרים כדי לתאר תנועה.

הגדרות

תנועה לאורך קו ישר: תנועה שבה הגוף נע לאורך מסלול המתואר על ידי קו ישר. דוגמאות: גוף הנע ימינה או שמאלה, קדימה או אחורה, למעלה או למטה. רכבת הנוסעת לאורך מסילה ישרה נעה לאורך קו ישר.

ראשית: נקודה שביחס אליה מודדים את מקומו של גוף.

מקום של נקודה (או בקיצור מקום): מקומה של נקודה הנמצאת על קו ישר הוא מספר השווה בערכו המוחלט למרחק הנקודה מהראשית. במידה והנקודה נמצאת מימין לראשית המספר חיובי. נקודה הנמצאת משמאל לראשית תתואר ע"י מספר שלילי.

תצפית וניתוח

1. צפו בעזרת תוכנת הוידאו בסרטון car1.avi.

2. רוחבה של חניה הוא 2.5 מטר. העזרו בנתון זה לקביעת קנה המידה בתוכנה.

3. בחרו את הקצה הרחוק של אחד מפסי החניה כראשית.

4. עבור כל אחת מהמכונות החונות, בחרו נקודה על המכונת ורישמו בטבלה את מקום הנקודה ותאורה (מרכז הגלגל הקדמי, פגוש אחורי וכו'). מקום הנקודה הוא הערך של x המופיע בחלון שלמעלה.

מקום הנקודה (מטר)	תאור הנקודה

5. הסבירו כיצד ניתן לחשב בעזרת המספרים המתארים את הנקודות שבחרתם את המרחק בין הנקודות. חשבו מרחק זה.

6. בחרו כראשית בקצה פס חניה אחר. חיזרו ורישמו את המספרים המתארים את מקום הנקודות שבחרתם.

מקום הנקודה (מטר)	תאור הנקודה

7. חשבו את המרחק עכשיו בין הנקודות. האם הוא השתנה? אם כן, ממה נובע השוני?

8. הריצו את הסרטון. צפו במכונת הנוסעת. רשמו בטבלה את מקום המכונת עבור כול אחד מהזמנים הרשומים בטבלה. בחרו כראשית נקודה על פס החניה השני משמאל.

1.143	1.000	0.858	0.715	0.572	0.429	0.286	0.143	זמן t(s)
								מקום x(m)
								מרחק Δx (m)

9. בשורה האחרונה בטבלה זו שכתרתה "מרחק", רשמו את המרחק אותו עברה המכונית בכל אחד מפרקי הזמן של 0.143 שניות (מרחק אותו עובר גוף בפרק זמן מסוים נהוג לסמן ב- Δx).

סיכום ודיון

1. כיצד ניתן להסיק מהטבלה האחרונה שהמכונית נעה במהירות קבועה?
2. דונו ביתרונות והחסרונות של תיאור תנועה באמצעות טבלה לעומת תיאורה באמצעות תרשים עקבות.



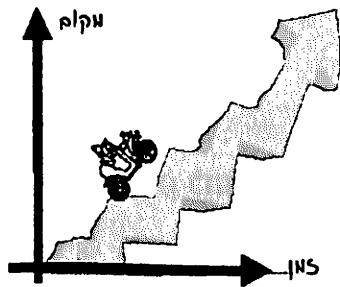
11. גרף מקום/זמן (א)

הכרנו שתי דרכים ליצוג תנועה, האחת ויזואלית באמצעות תרשים עקבות והשנייה באמצעות טבלת מקום/זמן. בפעילות זאת נכיר דרך נוספת לתאור תנועה וזאת באמצעות גרף מקום/זמן. בפעילות זו נשתמש בסרטון אנימציה Anim1.avi. הסרטון מתאר שני גופים קטנים הנעים במהירויות קבועות.

הגדרות

גרף מקום/זמן: תרשים המתאר את מקומו של גוף כתלות בזמן. הציר האופקי הוא ציר הזמן והציר האנכי הוא ציר המקום.

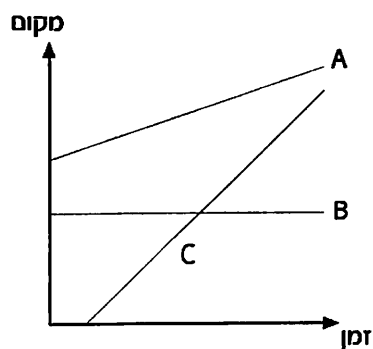
תצפית וניתוח



1. צפו בעזרת תוכנת הוידאו בסרטון Anim1.avi.
2. השתמשו בנתון כי אורך הקו הישר בסרטון הוא 1 מטר לקביעת קנה המידה.
3. בחרו את מקום הפס האנכי השחור שבתחילת הסרט כראשית מערכת הצירים.
4. בחרו מתפריט *הצירים* באפשרות *גודל צעד* 5. סמנו תרשים עקבות לכול אחד משני הגופים (בשלב ראשון סמנו את מקומו של אחד הגופים בעזרת הצבעה עליו ולחיצה על הכפתור השמאלי של העכבר. החזירו את הסרטון להתחלה, הצביעו על הגוף השני ולחצו על הכפתור הימני של העכבר). כיצד ניתן להסיק מתרשים העקבות כי שני הגופים נעים במהירות קבועה?
5. לאיזה משני הגופים מהירות גדולה יותר?
6. בחרו מתפריט התצוגה באפשרות *גרף x-t* (x מציין את המקום ו-t את הזמן) ובאפשרות *הצג תרשים עקבות בחלון הוידאו*. החזירו את הסרטון להתחלה והריצו אותו פעם ברצף ופעם צעד צעד.

סיכום ודין

1. כאשר מחברים בקו את כל הנקודות המתארות את מקומו של גוף מסוים כתלות בזמן מקבלים קו ישר. האם הגוף נע במהירות קבועה או לא?
2. כיצד בעזרת הגרף ניתן לדעת היכן ימצא הגוף ברגע $t=1.75s$?
3. כיצד תלוי שיפוע הגרף הישר עליו נמצאות הנקודות בגודל המהירות?
4. התבוננו בתרשים שלמטה. הוא מתאר גרף מקום זמן של שלושה גופים שונים.
 - א. לאיזה משלושת הגופים המהירות הגדולה ביותר? נמקו.
 - ב. איזה משלושת הגופים עומד במקום? נמקו.



12. גרף מקום/זמן (ב)

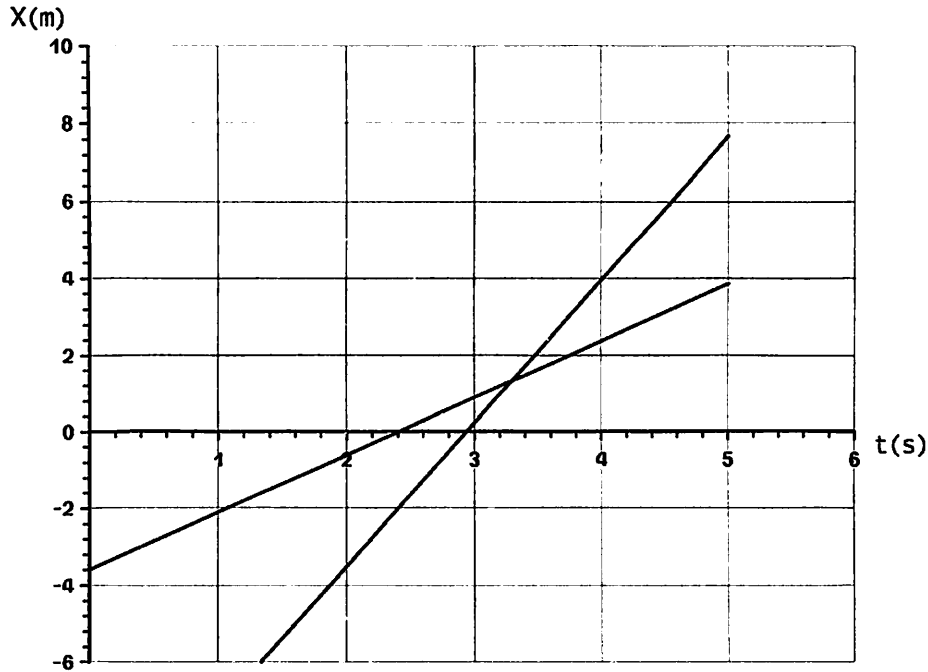
בפעילות הקודמת למדתם כי ניתן לתאר את תנועתו של גוף נע באמצעות גרף שכל נקודה עליו מתארת את מקום הגוף ברגע מסוים. ראיתם כי כאשר גוף נע במהירות קבועה, צורת גרף מקום/זמן שלו היא קו ישר. ככל שמהירות הגוף גדולה יותר כך הגרף תלול יותר (כלומר הגרף משופע יותר). בפעילות זו תראו כיצד ניתן להעזר בגרף מקום/זמן כדי למצוא את נקודת המפגש של שני גופים נעים. בפעילות נשתמש בסרטון 2men1.avi.

חישוב וענו

1. התרשים שבעמוד הבא מתאר גרף מקום/זמן של שני אנשים. התבוננו בגרף האם הגופים נעים לדעתכם במהירות קבועה? הסבירו!
2. התוכלו למצוא לפי הגרף את מקום זמן המפגש של שני האנשים? אם כן בצעו זאת.



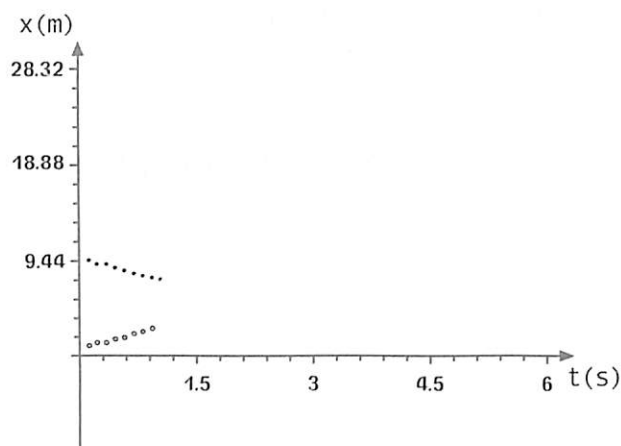
תצפית וניתוח



1. הפעילו את תוכנת הוידאו וצפו בעזרתה בסרטון 2men1.avi. תאר את המתרחש בסרטון.
2. גובהו של האדם ההולך הוא 1.8 מטר, העזרו בנתון זה לקביעת קנה המידה.
3. בחרו את ראשית הצירים במרכז גזע העץ. בחרו מתפריט התצוגה באפשרות x-t גרף. וסמנו את מקומו של כל אחד משני האנשים. בשלב ראשון סמנו בעזרת הצבעה עם הכפתור השמאלי של העכבר על האדם ההולך, החזירו את הסרטון להתחלה (זמן $t=0$) וסמנו בעזרת הכפתור הימני את מקום האדם הרץ. נוח לעקוב אחרי ראשי האנשים.
4. כאשר תצביעו עם העכבר על נקודה מסוימת בגרף מקום/זמן, יקודם הסרט לרגע המתאים בציר הזמן. הצביעו על נקודות שונות בגרף מקום/זמן וצפו במתרחש.
5. באיזה רגע משיג הרץ את ההלך? באיזה מרחק מהעץ זה קרה?

סיכום ודין

1. הסבירו בקצרה כיצד ניתן בעזרת גרף מקום/זמן לנבא את הזמן והמקום בו שני גופים הנעים על אותו ישר נפגשים.
2. הציור שלמטה מתאר חלק מגרף מקום/זמן של שני אנשים ההולכים זה לקראת זה. מצאו את המקום והזמן שבו האנשים חולפים זה על פני זה. איזו הנחה הנחתם לצורך הפתרון?

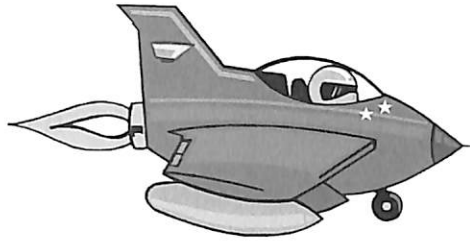


3. פיתחו את קובץ הסרטון 2men2.avi. סרטון זה הוא הסרטון שממנו התקבל התרשים. גובהו של האדם ההולך משמאל לימין הוא 1.8m, העזרו בנתון זה לקביעת קנה המידה. העזרו בסרטון כדי למצוא את זמן המפגש ואמתו את תשובתכם לשאלה הקודמת.

13. תנועה שוות תאוצה

בפעילות זו תעזרו באנימציה של מטוס ממריא כדי לחקור תנועה של גוף הנע באופן כזה שמהירותו הולכת וגדלה בקצב קבוע. סרטון האנימציה אותו תנתחו נקרא anim3.avi.





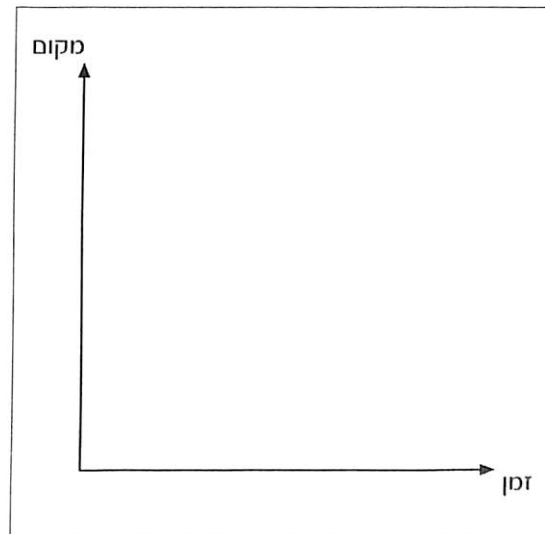
חישוב וענו

1. תארו שלושה מקרים שונים שבהם גופים נעים באופן כזה שמהירותם גדלה.

2. שרטטו תרשים עקבות של גוף הנע משמאל לימין במהירות הולכת וגדלה.

שרטטו כאן:

3. שרטטו ביד חופשית גרף מקום/ זמן של גוף הנע במהירות הולכת וגדלה.



תצפית וניתוח

1. הפעילו את תוכנת ניתוח הוידאו ופתחו בה את הסרטון anim3.avi. צפו בסרטון.
2. העזרו בקו המסומן בסרטון שאורכו 12 מטר לקביעת קנה המידה.
3. בחרו ב-4 כגודל צעד, וצרו תרשים עקבות של המטוס מרגע $t=0$ ועד שהמטוס ממריא ($t=3s$). את ראשית הצירים מקמו במקום המטוס בזמן אפס.
4. כיצד מתרשים העקבות בלבד ניתן להסיק כי המטוס נע במהירות הולכת וגדלה.
5. בחרו מתפריט תצוגה באפשרות $x-t$ גרף. מה מאפיין את הגרף.
6. עבור כל אחד מפרקי הזמן הרשומים בטבלה שלמטה, מדדו את המרחק אותו עבר המטוס וחשבו את מהירותו הממוצעת.

פרק הזמן (שניות)	Δx (מטר)	v (מטר/שניה)
0.8-0		
1.6-0.8		
2.4-1.6		

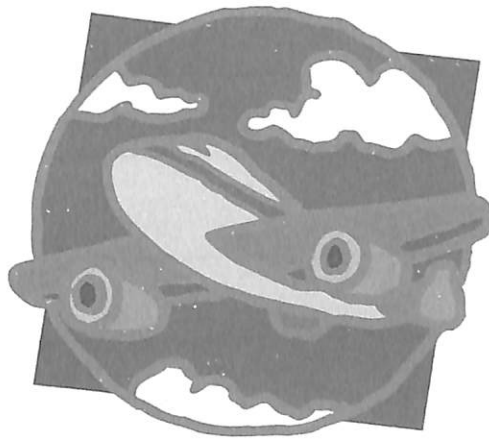
הגדרות

תאוצה קבועה – תאוצה שאינה משתנה במשך הזמן. כאשר גוף נע בתאוצה קבועה קצב השינוי במהירותו (כלומר השינוי הנמדד במהירותו ביחידת זמן) הוא קבוע.

תנועה שוות תאוצה – תנועה של גוף הנע בתאוצה קבועה.

סיכום ודין

1. מה הפרש שבין המהירות הממוצעת בפרק הזמן שבין $t=0$ ל- $t=0.8s$ למהירות הממוצעת שבפרק הזמן שבין $t=0.8s$ ל- $t=1.6s$?
2. מה הפרש שבין המהירות הממוצעת בפרק הזמן שבין $t=0.8s$ ל- $t=1.6s$ למהירות הממוצעת שבפרק הזמן שבין $t=1.6s$ ל- $t=2.4s$?
3. האם ניתן לטעון כי הפרשי המהירות שחישבתם בשני הסעיפים הקודמים שווים בקרוב?
4. המטוס בסרטון נע בתנועה שוות תאוצה. הסבירו באופן כללי, כיצד ניתן לבחון האם תנועתו של גוף היא שוות תאוצה?



14. נפילה חופשית

- כאשר גוף נופל באוויר פועלים עליו, מלבד כוח הכובד, גם כוחות נוספים שהמשמעותי מביניהם הוא התנגדות האוויר. בנפילה חופשית אנו מניחים כי השפעת אותם כוחות הפועלים על הגוף קטנה מאוד ביחס לכוח הכובד ולכן זניחה. כבר ראינו כי כאשר גופים נופלים הם נעים במהירות הולכת וגדלה ואם הם נופלים מגבהים שווים הם פוגעים בקרקע ביחד. בפעילות זו והבאה אחריה תפעילו כלים נוספים לחקירת נפילה.



בפעילות זו תעזרו בסרטון 2balls1.avi כדי לחקור את תנועתו של גוף נופל.

חישוב וענו

1. כיצד לדעתכם יראה גרף מקום/זמן של גוף נופל, כאשר כנקודת הראשית נבחרה נקודת השחרור של הגוף, וכיוון מעלה הוגדר ככיוון החיובי של ציר המספרים?

תצפית וניתוח

1. אורכו של גיליון הנייר הלבן בסרטון הוא 0.297 מטר. העזרו בנתון זה לקביעת קנה המידה. את ראשית הצירים בחרו כמקום הכדור הקטן ברגע שחרורו.
2. צרו בעזרת התוכנה תרשים עקבות של הכדור השמאלי (הקטן).
3. מתפריט תצוגה בחרו באפשרות $y-t$ גרף. הסבירו כיצד ניתן מהגרף בלבד להסיק כי הגוף נע במהירות הולכת וגדלה.
4. הסבירו מדוע המקום של הגוף כתלות בזמן מיוצג על ידי מספרים שליליים.
5. עבור כל אחד מפרקי הזמן שרשומים בטבלה שבעמוד הבא מצאו את המרחק אותו נפל הגוף (Δy), ורשמו אותו בטבלה. חשבו גם את המהירות הממוצעת של הגוף בפרק זמן זה.

פרק הזמן (שניות)	Δx (מטר)	v (מטר/שניה)
0.04-0.08		
0.08-0.12		
0.12-0.16		
0.16-0.20		

סיכום ודין

1. חשבו את גודל השינוי במהירות בכל אחד מפרקי הזמן של 0.04 שניות.
2. האם ניתן להסיק כי התנועה היא שוות תאוצה?

15. תנועה ומנוחה – תנועה יחסית

בפעילות זו תבחנו את המושגים מנוחה ותנועה ותלמדו שהם מושגים יחסיים. כלומר לא ניתן לומר באופן חד משמעי האם גוף מסוים נח או נע והדבר תלוי בנקודת המבט של האדם הבוחן את התנועה. הסרטונים אותם תנתחו הם הסרטונים relative1.avi, relative2.avi ו-relative3.avi.

חישוב וענו

1. לפעמים כאשר אתם יושבים באוטובוס או ברכבת חונים, ובמקביל אליכם חולף אוטובוס או רכבת אחרת יש לכם תחושה שהאוטובוס בו אתם יושבים נע בכיוון מנוגד לכיוון תנועת האוטובוס או הרכבת שחלפו על פניכם. נסו להסביר את מקור התחושה.
2. נסו לדמות לעצמכם שאתם יושבים בעיניים עצומות במכונית שמנועה מופעל. האם תוכלו לדעת האם המכונית חונה או נוסעת?

3. האם ימין ושמאל, קדימה ואחורה, למעלה ולמטה הם מושגים יחסיים או מוחלטים (כלומר האם הם תלויים או שאינם תלויים בנקודת המבט של האדם הבוחן אותם)? הסבירו.

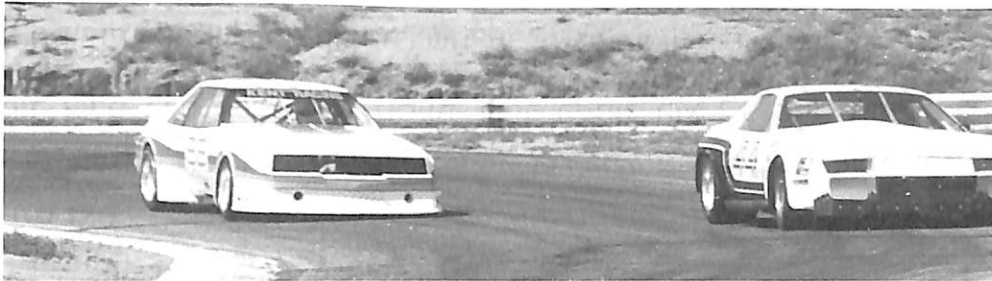
תצפית וניתוח

1. הפעילו את תוכנת הווידאו וצפו בסרטון relative1.avi. בסרטון ניתן להבחין בעמוד עץ שחלקו התחתון צבוע בלבן. העמוד נראה בסרט כנע ימינה. מדוע?
2. האם המרחק בין העמוד לנקודה כלשהי על הארץ נשאר קבוע?
3. העמוד צולם דרך חלון רכבת נוסעת. רוחב העמוד הוא 0.2 מטר. התוכלו לקבוע מה מהירות העמוד מנקודת מבט של הצופה ברכבת? אם כן מצאו אותה והסבירו כיצד עשיתם זאת.
4. פיתחו את הסרטון relative3.avi. בסרטון רואים מורה המניעה כלי כתיבה לאורך מערכת צירים המשורטטת על הלוח. לאיזה כיוון נע כלי הכתיבה?
5. סמנו תרשים עקבות של ראשית מערכת הצירים מרגע $t=0$ ועד רגע $t=3.2s$. לאיזה כיוון נעה מערכת הצירים מנקודת מבטו של צופה הנייח יחסית למצלמה?
6. החזירו את הסרטון להתחלה. צרו בעזרת המקש הימני של העכבר תרשים עקבות של הקצה העליון של כלי הכתיבה מרגע $t=0$ ועד רגע $t=3.2s$. לאיזה כיוון נע כלי הכתיבה יחסית אליכם?
7. תארו במילים את כיוון תנועתו של כלי הכתיבה מנקודת מבט של צופה הנייח יחסית למצלמה מתחילת התנועה ועד סופה.
8. תארו את תנועת כלי הכתיבה מנקודת מבטו של צופה הנייח יחסית ללוח מתחילת התנועה ועד סופה.
9. צפו בסרטון relative2.avi. התוכלו להסביר מדוע מכוניות הנוסעות ימינה נראות כנעות במהירות בהרבה יותר גדולה מאלו הנעות שמאלה?



סיכום ודיון

1. אתם יושבים במכונית, המרחק ביניכם לבין מכונית הנמצאת לפניכם לא משתנה בזמן. האם אתם נעים יחסית לכביש או נחים יחסית לכביש? הסבירו.
2. אתם יושבים במכונית, המרחק ביניכם לבין מכונית הנמצאת לפניכם לא משתנה בזמן. מד המהירות במכונית שלכם מורה על מהירות של 90 קמ"ש, מה קריאת מד המהירות במכונית השניה.



16. ניתוח סרט וידאו של מרוץ שליחים 4x100מטר

בתחרות ריצה ניתן להבחין בתנועה היחסית שבין הרצים. התבוננו בסרט 4x100mMen. הסרט מתאר את ריצת הגמר לשליחים באולימפיאדת ברצלונה, בה קבעה רביעיית השליחים האמריקאית שיא עולמי חדש, 37.40 שניות. הרץ המסיים של הרביעייה האמריקאית היה קרל לואיס. רביעיית השליחים של ניגריה תפסה את המקום השני.

תצפית וניתוח

הריצו את כל הסרט 4x100mMen. ניתן להשוות בין הרצים של רביעיית השליחים האמריקאית, בתלבושת בצבעים כחול, לבן ואדום לבין רביעיית השליחים הניגרית בתלבושת הירוקה.

1. השוו בין זמני החלפת המקל של שתי הנבחרות בכל אחת מהחלפות המקל (אלו הזמנים שבהם המקל נוגע בידו של הרץ החדש), ורשמו את התוצאות בטבלה הבאה:

הנבחרת	ארצות הברית	ניגריה	מי משיג
זמן החלפה ראשונה (שנ')	10.2	9.9	ניגריה
זמן החלפה שניה (שנ')			
זמן החלפה שלישית (שנ')			

2. הריצו את הסרט ברצף עד לזמן של 8.7 שניות ועצרו. המשיכו להריץ את הסרט צעד אחר צעד והתבוננו ברץ האמריקאי הראשון (הקרוב אליכם בתמונה). תארו את תנועתו עד לזמן של 10 שניות.

3. החזירו את הסרט לזמן של 8.7 שניות וקבעו את ראשית הצירים על ראשו של הרץ האמריקאי. גובהו של הרץ האמריקאי הוא כ- 180 ס"מ. השתמשו בנתון זה לקביעת קנה המידה. שרטטו תרשים עקבות של ראשו של הרץ האמריקאי. תארו את תנועתו של הרץ על פי תרשים העקבות והשוו את תשובתכם לסעיף הקודם.

4. שרטטו תרשים עקבות של הרץ הניגרי. האם הוא נע מהר יותר או לאט יותר ביחס לרץ האמריקאי?

5. הריצו את הסרט עד לזמן של 8.9 שניות. בקצה השמאלי התחתון של התמונה (הקרוב אליכם) ניתן להבחין בשופט היושב על כיסא ולראשו כובע לבן. האם השופט נע או נח?

6. ערכו תרשים עקבות של הכובע הלבן של השופט. האם לפי התרשים הוא נע או לא? הסבירו.

7. הריצו את הסרט עד לזמן של 8.9 שניות והתבוננו בשני הרצים האמריקאים. הריצו את הסרט צעד אחר צעד עד לזמן של 11.5 שניות. תארו את התנועה של הרץ השני ביחס לרץ הראשון.



8. ערכו תרשים עקבות של הרץ השני (כאשר ראשית הצירים היא עדיין בראשו של הראשון). תארו את תנועת הרץ השני ביחס לראשון על פי התרשים והשוו את תשובתכם לקודמת.

סיכום ודין

1. על פי תרשים העקבות של הרץ האמריקאי הראשון, כיצד נעה המצלמה ביחס אליו (נעה ימינה, שמאלה או שאינה נעה כלל)?
2. על פי תרשים העקבות של הכובע של השופט, כיצד נעה המצלמה ביחס אליו (נעה ימינה, שמאלה או שאינה נעה כלל)?
3. אבירם אמר: "על פי תרשים עקבות אי אפשר לקבוע אם גוף נע או נח, כיוון שתנועה היא יחסית." נכון או לא נכון? נמקו.
4. ירון אמר: "על פי הסרט אי אפשר לקבוע אם גוף נע או נח, כיוון שתנועה היא יחסית." נכון או לא נכון? נמקו.

17. גרג לוגניס קופץ למים

בסרט הווידאו Diver.avi נראה הקופץ המפורסם גרג לוגניס קופץ למים. גרג לוגניס זכה בארבע מדליות זהב בשתי אולימפיאדות שונות, לוס אנג'לס 1984 וסיאול 1988. בעזרת הסרט תוכלו להשוות בין גוף מורכב (גופו של לוגניס) הנופל למים תוך כדי עשיית "סלטות" לבין גוף פשוט יותר.

חישוב וענו

1. גרג לוגניס נופל למים בתנועה קצובה, כי ה"סלטות" מקטינות את התאוצה. נכון או לא נכון? נמקו.
2. גרג לוגניס נופל למים בתאוצה קבועה, כי ה"סלטות" לא משפיעות על מהירות הנפילה ועל תאוצתה. נכון או לא נכון? נמקו.
3. גרג לוגניס נכנס למים במהירות קרובה למהירות של ריצה קלה. נכון או לא נכון? נמקו.

תצפית וניתוח

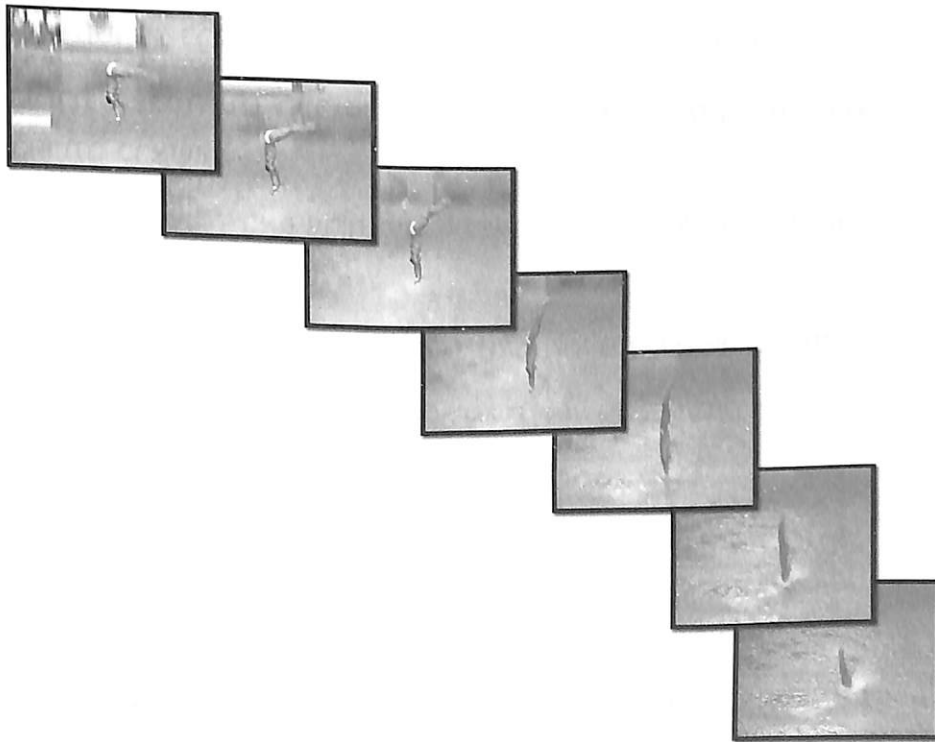
1. תארו את הקפיצה למים של גרג לוגניס, כפי שהיא נראית בסרט הוידאו.
 2. גובהו של לוגניס הוא כ- 1.8 מטר. השתמשו בנתון זה לקביעת קנה המידה.
 3. בחרו כזמן אפס את הרגע בו ניתקות רגליו של גרג לוגניס מהמקפצה, ואת ראשית הצירים כאחת מפינות המקפצה.
 4. הנקודה אחריה נעקוב היא מרכז גופו של גרג לוגניס. נקודה זו נמצאת בערך באיזור הטבור, בערך בשולי בגד הים. סמנו תרשים עקבות של נקודה זו, כל עוד אתם מבחינים במקפצה.
 5. האם לפי תרשים העקבות בלבד ניתן להבין איך לוגניס נע? מה הבעיה?
- הצלם של הסרטון מכוון את המצלמה כל הזמן לגרג לוגניס, כתוצאה מכך התמונה המתקבלת היא יחסית למצלמה הנעה, כפי שהצלם רואה את הקפיצה. מטרת פעילות זו לחקור את התנועה מנקודת מבט של צופה הנייח יחסית למקפצה. לצורך זה תעקבו גם אחרי המקפצה.
6. החזירו את הסרטון לרגע שבו הרגלים של לוגניס ניתקות מהמקפצה.
 7. סמנו בעזרת הצבעה עם הכפתור הימני של העכבר את מקום הנקודה על המקפצה אותה בחרתם כראשית.
 8. בחרו מתפריט התצוגה באפשרות *הצג תרשים עקבות בחלון הוידאו*. החזירו את הסרט להתחלה.
 9. עקבו אחרי תנועת נקודת הראשית בסרט. האם היא נעה במהירות קצובה?
 10. על-פי תרשימי העקבות של הראשית ולוגניס, מה ניתן להסיק על תנועתו של לוגניס יחסית למקפצה?
 11. בחרו מתפריט התצוגה באפשרות *y-t גרף*. כאשר תצביעו על נקודה בגרף הסרט יורץ לתמונה המתאימה לנקודה. התוכלו לקבוע לפי הגרף באיזה זמן, נמצא לוגניס בגובה המקפצה? הסבירו!
 12. העזרו בגרף ומצאו באיזה זמן מרגע תחילת הקפיצה נמצא לוגניס בנקודה הגבוהה ביותר ביחס למקפצה. הסבירו כיצד עשיתם זאת.

13. מצאו את הגובה של לוגניס מעל המקפצה ברגע בו הגיע לשיא הגובה. תוכלו לעשות זאת על ידי כך שתקדמו את הסרט לרגע בו הגיע לוגניס לשיא הגובה, בחרו את הפינה העליונה של המקפצה כראשית הצירים. מדדו את מקומו של לוגניס ברגע זה.

14. מדדו את מקום לוגניס יחסית למקפצה 0.6 שניות לאחר שהגיע לשיא הגובה.

סיכום ודין

1. האם הקפיצה למים של גרג לוגניס הייתה בתנועה קצובה, מואצת, או בתנועה אחרת?
2. בסרטון `throwing1.avi` רואים כדור הנזרק מעלה. צפו בסרטון ומצאו איזה מרחק נפל הכדור במשך 0.6 שניות מהרגע שהגיע לשיא הגובה.
3. האם המרחק שהכדור נופל שווה למרחק של לוגניס נופל? אם כן, מה מסקנתכם? התוכלו למצא נקודות דמיון נוספות בין תנועת לוגניס לתנועת הכדור?
4. ברגע שגרג לוגניס נמצא בשיא הגובה מפילים מאותו גובה בו הוא נמצא כדור, מי יפגע בפני המים קודם? הכדור או לוגניס? הסבר!





זכויות יוצרים

התוכנות לתקליטור זה מיועדות למורים ותלמידים לצורכי לימוד הפיזיקה ניתן בזה אישור להתקין ולהשתמש בהן במחשב אחד בלבד. אין לראות בהיתר זה הרשאה כל שהיא להפיץ לשכפל או להעתיק קובץ כל שהוא מהתקליטור. כמו כן שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בתקליטור זה אסור בהחלט.

אחריות מפתחים

תוכנה זו מסופקת כפי שהיא ללא אחריות מכל סוג שהוא מפורשת או מרומזת. הסיכון הכלול בקשר לאיכות ותיפקוד התוכנה מוטל עליך. במקרה שהתוכנה תוכח כפגומה, עליך (ולא על המפתח) מוטלת האחריות המלאה של כל שירות או תיקון שיידרש.