

פעילות מספר 5 התנועה כמושג יחסי

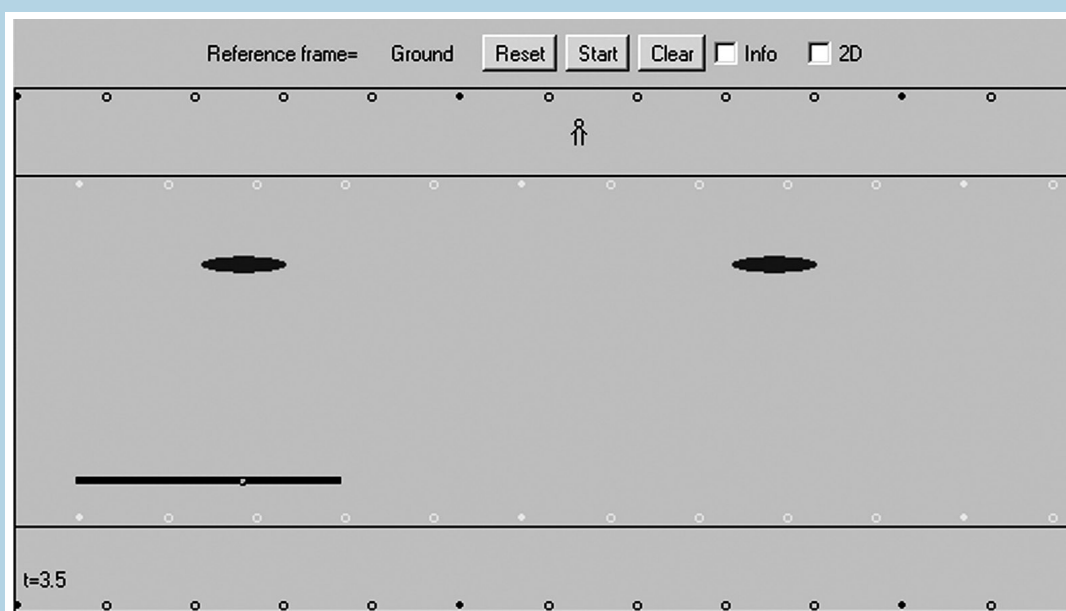
הערות

- שילוב הפעילות: החלק הראשון והחלק השני כפתיחת הנושא "התנועה כמושג יחסי". החלק השלישי בפרק ב.
- הפעילות מיועדת לביצוע על-ידי: המורה (כהדגמה), או על-ידי התלמידים.
- מטרת הפעילות: תפיסת התנועה כמושג יחסי, הכרת חוק הטרינספורמציה של גלילאו עבור המהירות, ויישומו.

בתרשים 1 מתואר נהר שממיו זורמים. בנהר שטות סירות, ועל הגדה של הנהר הולך אדם.



המהירויות נמדדות ביחידות שרירותיות, ומהירות ימינה היא חיובית.
מהירות המים ביחס לקרקע היא 10;
מהירות הסירות ביחס לקרקע היא 30;
מהירות האדם ביחס לקרקע היא 5;



תרשים 1

מהן המהירויות (גודל וכיוון) של כל אחד מארבעת הגופים (קרקע, אדם, מי-הנהר, וסירות) ביחס לכל אחד מהגופים האחרים?



רשום את השערותיך ונמק אותן.



רשימת הציוד

מחשב עם חיבור לאינטרנט.

איתחול

העלה למחשב שברשותך יישומון ג'אווה (java applet) מאתר אינטרנט שכתובתו:

<http://webphysics.davidson.edu/applets/taiwanuniv/relativeVelocity/relativeVelocity.html>

ישומון זה מאפשר לצפות בתנועות עצמים, מנקודות ראותן של מערכות ייחוס שונות. בתמונה שבמרכז מסך המחשב (גם בתרשים 1) מופיעים:

- נהר (צבעו צהוב) שממיו זורמים. בשולי המים מופיעים מעגלים קטנים צהובים;
- סירות (צבען אדום) הנעות בנהר (לאו דווקא במהירות המים);
- קרקע (גדות הנהר, צבעה אפור). בשולי גדות הנהר מופיעים מעגלים קטנים שחורים;
- אדם (צבעו כחול) ההולך על הקרקע של הגדה העליונה של הנהר.

חלק ראשון: תנועת גופים בממד אחד - תיאור איכותי

1. הִבֵּא את סמן העכבר לאיזור הקרקע (לאיזור אחת הגדות) וזאת כדי לצפות בתנועות **ביחס לקרקע**.
2. התבונן בתנועות **המים** (בעזרת המעגלים הקטנים הצהובים בשולי הנהר, הנעים עם המים), **הסירות**, **האדם והקרקע** (בעזרת המעגלים הקטנים השחורים בשולי הגדות, הנעים עם הקרקע) ביחס לקרקע. רשום בטבלה 1 את השערותיך לגבי כיווני התנועה של הקרקע, האדם, המים והסירות **ביחס למים** (רשום בטבלה "ימינה", או "שמאלה", או "0" אם המהירות ביחס למים שווה לאפס).

כיוון תנועת	כיוון תנועת	כיוון תנועת	כיוון תנועת	
הקרקע	האדם	המים	הסירות	ביחס למים

טבלה 1: כיווני תנועות גופים ביחס למים

כדי להתבונן בתנועות כפי שהן נראות ממי-הנהר, הִבֵּא את סמן העכבר לאיזור מי-הנהר שבהדמייה. במצב זה **אתה** הופך להיות צופה שנע יחד עם המים, ויכול לראות את תנועות הקרקע, הסירות והאדם ביחס למים (באופן דומה תוכל להיות צופה הנע יחד עם סירה או יחד עם האדם).

מערכת הייחוס שביחס אליה מתוארת תנועת הגופים, רשומה בחלק העליון (מצד שמאל) של משטח ההדמייה. אם לדוגמה מערכת הייחוס היא הקרקע, אזי מצויין: Reference frame: Ground. 3. צפה בכיווני התנועות של הגופים השונים ביחס למים, כפי שמציגה ההדמייה, ובחן את התשובות שרשמת בטבלה 1.

חלק שני: תנועת גופים בממד אחד - תיאור כמותי

4. הקלק עם העכבר על תיבת הסימון info, כך שיופיע בה הסימן ✓. לאחר סימון תיבת הסימון, לצידו של כל אחד מארבעת הגופים (קרקע, מים, סירות ואדם) מופיע וקטור המהירות, ולידו רשומה מהירות הגוף. 5. בחר בקרקע כמערכת ייחוס, זהה על המסך את ערכי מהירויות המים, הסירות, והאדם ביחס לקרקע, ורשום אותם במקומות המתאימים בטבלה 2.

מהירות המים	מהירות הסירות	מהירות האדם	מהירות הקרקע

טבלה 2

6. שער, מה ערכה של מהירות הסירות ביחס למים, ורשום את השערתך במקום המתאים בטבלה 2. 7. בחר במי-הנהר כמערכת ייחוס (באמצעות הסמן של העכבר), ומצא בעזרת ההדמייה את מהירות הסירה ביחס למים. האם הערך שמצאת תואם את השערתך בסעיף 6 דלעיל?



בסעיפים הקודמים מצאת, מן הסתם, כי: $v_{\text{קרקע, מים}} = 10$ ו- $v_{\text{קרקע, סירה}} = 30$. לאחר מכן מצאת כי $v_{\text{סירה, מים}} = 20$. הערה: הסימון קרקע, מים v למשל, מציין את מהירות המים ביחס לקרקע. באופן כללי: $v_{A,B}$ מציין את המהירות של גוף A ביחס לגוף B.

כיצד ניתן לצייר את ערכה של $v_{\text{סירה, מים}}$ מערכי קרקע, מים v ו- קרקע, סירה v ?

נצימד בדימויניו סרגל לקרקע, סרגל למים וסרגל לסירה. כל סרגל נע יחד עם הגוף שאליו הוא צמוד. הסרגלים מהווים צירי מקום.

נתבונן מה קורה במהלך יחידת זמן אחת:

מהירות המים ביחס לקרקע היא 10, לכן במשך יחידת זמן אחת העתק המים ביחס לקרקע הוא: $\Delta x_{\text{קרקע, מים}} = 10$. המים העתיקו את מקומם 10 יחידות אורך ביחס לסרגל הצמוד לקרקע.

מהירות הסירה ביחס לקרקע היא 30, לכן במשך יחידת זמן אחת העתק המים ביחס לקרקע הוא: $\Delta x_{\text{קרקע, סירה}} = 30$. הסירה העתיקה את מקומה 30 יחידות אורך ביחס לסרגל הצמוד לקרקע.

מכאן נובע כי העתק הסירה ביחס למים (ביחס לסרגל הצמוד המים) הוא:

$$\Delta x_{\text{קרקע, מים}} - \Delta x_{\text{קרקע, סירה}} = 30 - 10 = 20$$

כלומר הסירה העתיקה את מקומה ביחס למים בשיעור של 20 יחידות אורך, וזאת במשך יחידת זמן אחת. לכן מהירותה ביחס למים היא 20. באופן כללי:

חוק הטרינספורמציה של גלילאו עבור מהירות:

אם מהירותו של גוף A ביחס לגוף C היא $v_{A,C}$, ומהירותו של גוף B ביחס לגוף C היא $v_{B,C}$, אזי מהירותו של גוף A ביחס לגוף B היא:

$$v_{A,B} = v_{A,C} - v_{B,C} \quad (1)$$

הוכחה כללית מופיעה בספר מכניקה ניוטונית, בפרק א.

בדוגמה שעסקנו בה לעיל, הלקוחה מן ההדמייה, גוף C היה הקרקע, גוף A היה סירה, וגוף B היה המים.

המשך החלק השני של הפעילות

8. א. בלי להתבונן בהדמייה, חשב את מהירות האדם ומהירות הקרקע ביחס למים, ורשום את הערכים במקומות המתאימים בטבלה 2.

ב. התבונן בהדמייה, ובחן את תשובותיך לסעיף א דלעיל.

9. א. הבא את סמן העכבר לאיזור של אחת מגדות הנהר, ולחץ על המקש הימני של העכבר. לחיצה זו עוצרת את ההדמייה.

את המהירויות בהדמייה תוכל לשנות כך: הבא את סמן העכבר לראש וקטור המהירות, לחץ על המקש השמאלי של העכבר (ללא שיחרור), וגרור את ראש החץ בכיוון אופקי (ימינה או שמאלה). שחרר את המקש לאחר שמתקבלת המהירות המבוקשת.

ב. שנה בהדמייה את מהירויות האדם, המים והסירות ביחס לקרקע על-פי שורת הנתונים הראשונה שבטבלה 3.

מהירות המים	מהירות הסירות	מהירות האדם	מהירות הקרקע
15	-20	-10	0
ביחס לקרקע			
ביחס למים			

טבלה 3

ג. חשב באמצעות קשר (1) את מהירויות הסירות, האדם והקרקע ביחס למים, ורשום את ערכיהם במקומות המתאימים בטבלה 3. בחן את תשובותיך באמצעות ההדמייה.

10. לצורך תרגול נוסף, שנה את ערכי מהירויות הגופים פעמים נוספות, ובכל פעם חשב את מהירויותיהם ביחס למערכות ייחוס שונות; בחן את תשובותיך באמצעות ההדמייה.

חלק שלישי: תנועת גופים בשני ממדים

עד כה עסקנו בגופים שנעו לאורך אותו ציר תנועה.

איך עוזרים מאשרכת ייחוס אחרת כאשר הזופים אינם נעים על אותו ציר תנועה?

נניח כי גוף B נע בכיוון הציר x של מערכת ייחוס C (בהדמייה שלנו, גוף B הוא למשל מי הנהר, ומערכת ייחוס C היא למשל הקרקע), ולגוף A יש רכיב מהירות בכיוון הציר x , ורכיב מהירות בכיוון הציר y (בהדמייה שלנו - גוף A הוא למשל האדם). נניח כי יודעים את ערכי המהירויות של גופים A ו-B ביחס למערכת ייחוס C. כדי לחשב את המהירות של גוף A ביחס לגוף B **משתמשים בנוסחה (1) לגבי כל רכיב של המהירות בנפרד**.

11. הקש על הלחצן Reset המופיע בראש ההדמייה. לאחר מכן סמן את תיבת הסימון info ואת תיבת הסימון 2D. סימון התיבה האחרונה מאפשר תנועה בשני ממדים - גם עם רכיב אנכי.

12. הבא את סמן העכבר לתחילת וקטור המהירות של האדם, לחץ על המקש השמאלי של העכבר, וגרור את העכבר כלפי מטה, כך שיתקבל רכיב אנכי למהירות של האדם, שגודלו 10, כמתואר בתרשים 2 (הרכיב האופקי ישרא 5). אל תפעיל עדיין את ההדמייה.

13. כאשר האדם ישחה במים, מה יהיו רכיבי המהירות שלו -

א. ביחס לקרקע?

ב. ביחס למים?

ג. הפעל את ההדמייה על-ידי הלחצן Start, ובחן בעזרת ההדמייה את תשובותיך לשאלות א ו- ב דלעיל.



תרשים 2

14. חשב את רכיבי המהירות של האדם ביחס לסירה -
- א. בעת הליכתו על הקרקע.
 - ב. בעת שחייתו במים.
 - ג. בחן בעזרת ההדמייה את תשובותיך לשאלות א ו- ב דלעיל.
- בחלק התחתון של ההדמייה נמצאת רפסודה, **הנעה יחד עם המים**. כאשר תיבת הסימון 2D מסומנת, כדור נזרק מהרפסודה כלפי מעלה, וכאשר הוא נופל ופוגע ברפסודה, הוא מנתר, ומגיע בכל פעם לאותו גובה.
15. א. מבלי להתבונן בהדמייה, סרטט את מסלול תנועת הכדור כפי שהיא נראית ממערכת ייחוס הצמודה לקרקע, מזו הצמודה לאדם, מזו הצמודה למים, וממערכת ייחוס הצמודה לסירה.
- ב. התבונן בהדמייה, ובחן את תשובותיך לסעיף א דלעיל.