



# מחשפיסיקה

*"We should not seek the 'best' way of using computers in learning. The computer can be used in many different ways to aid many different aspects of the learning process. None of these should be eliminated at the present time, when our experience with the first rate use of computers is still extremely limited." (Alfred Bork, 1984)*

אל לנו לחפש את הדרך הטובה ביותר לשילוב מחשבים בלימוד. אפשר להשתמש במחשב באופנים רבים כדי לסייע בהיבטים שונים של תהליך הלמידה. כיום, כל עוד נסיוננו כדור הראשון של משתמשי המחשבים עדיין מוגבל ביותר, אין לפסול אף אחת מן הגישות הללו (אלפרד בורק, 1984).

- ◆ גישות שונות לשילוב המחשב בהוראה; מחקרים על שילוב המחשב בהוראת הפיסיקה בארץ ובעולם.
- ◆ מידע על פעילויות והשתלמויות מורים.

מטרת המדור היא לספק למורים מידע על הכלים העומדים לרשותם ולאפשר לציבור גדול ככל האפשר להפיק תועלת מן הנסיון ההולך ומצטבר במקומות שונים בארץ ובעולם. אנו מזמינים את המורים להפנות למדור שאלות המטרידות אותם בכל הנוגע לשילוב מחשבים בהוראת הפיסיקה. אם כבר התחלת לשלב מחשבים בהוראה אנא שתף את כולנו בנסיוןך, הן בהצלחות והן בקשיים בהם נתקלת. כתוב אלינו ותאר את פעילותך בנושא. אנו מקוים כי בכך נוכל לסייע לכל מורה לבחור את הגישות והכלים שיתאימו לצרכיו ולצרכי תלמידיו.

אלפרד בורק הוא אחת הדמויות המובילות בתחום המחשבים בחינוך. למרות ההתפתחויות שהתרחשו בתחום בעשור האחרון, דבריו אלה נשארו בתוקף גם כיום. המדור מחשפיסיקה יעסוק בכל הנושאים הקשורים לשילוב המחשב בלימוד ובהוראה של הפיסיקה, ברוח דבריו של בורק. מדור זה יעסוק בהצגת מגוון תוכנות, גישות ודעות שונות על שילוב המחשב בהוראת הפיסיקה. המדור יכלול:

- ◆ מידע כללי על כלים ממוחשבים העומדים לרשות המורים והתלמידים. נשתדל להציג בכל גליון לפחות כלי אחד, בצורה מפורטת, תוך הדגמת הפוטנציאל שלו להוראה וללימוד.
- ◆ התנסויות של מורים בשילוב המחשב בהוראת הפיסיקה בארץ, והמלצותיהם למורים אחרים.

התכשרנו בחוברת המחמ"ר מאוקטובר '92 על חובת יישום האניון האלקטרוני בהחיינת הבכורות בפיסיקה ברמה של 5 י"ל החל משנה"ל תשנ"ז. כמו כן מומלץ בחוברת לה ובחולצת קוראים לבצע ניסויים עם מעבדה ממוחשבת בהחיינת הבכורות במעבדה.

השימוש במערכת ה- *V-scope* הוביל את המורים להגדרת צרכים חדשים. כבר לאחר ההשתלמות הראשונה, שנתנה בחופשת הפסח תשנ"א, הועלו על ידי מורים רעיונות מעניינים לגבי הרחבת השימוש ב- *V-scope* לניתוח מידי של היבטים כגון ניתוחי אנרגיה ותנע והיבטים הקשורים לתנועה יחסית. כיוון שנושאים אלה אינם נתמכים ישירות על ידי תוכנת ה- *V-scope*, המלצנו למורים לבצע בעצמם את העיבוד הנוסף של נתוני התנועה הגולמיים בעזרת גליון אלקטרוני. בהשתלמות הקיץ האחרונה אף שילבנו את העבודה בגליון האלקטרוני "פסיפס" כחלק מהשתלמות *V-scope*.

גליון אלקטרוני הוא כלי רב עוצמה המאפשר עיבוד וניתוח של נתונים, והשימוש בו אינו מוגבל לתחום תוכן מסויים. בקרוב נביא במדור זה סקירה מקיפה על גליון "פסיפס" ושימושי בהוראת הפיסיקה. למרות עוצמתו של גליון אלקטרוני והכוונה לעודד את הרחבת השימוש בכלי זה, מצאנו גם קשיים ומגבלות: השימוש בגליון מחייב את המורה והתלמידים לשלוט בהפעלה הטכנית של הכלי. במקרים רבים, ניתוח הנתונים כרוך בעבודה מייגע, שאינה תורמת בהכרח לחסכון בזמן. גליון אלקטרוני מהווה כלי אידיאלי לעיבוד נומרי - סטטיסטי של נתונים. עם זאת, תצוגת המידע בגליון מוגבלת לגרפיקה סטטית שאינה אידיאלית לכל נושא. לכן, במקביל לעבודה בגליון התחלנו גם בפיתוח כלים אשר יספקו פתרון ישיר ומידי לדרישות הספציפיות של הוראת הפיסיקה.

המאמר הבא מתאר תוכנית שפיתוחה החל בתשנ"א, כפרוייקט גמר במחשבים של **ליאור פרנקל**, **אז תלמיד יא' בתיכון אזורי גדרה**, והיום סטודנט שנה א' למדעי המחשב בבר-אילן. המטרה המקורית היתה לספק כלי פשוט ונוח לשימוש, שיאפשר ניתוח מידי של מדידות תנועה שבוצעו במערכת ה- *V-scope* במערכות ייחוס שונות. במהלך הפיתוח נוסתה התוכנית עם מורים ותלמידים, והוחלט להרחיב את ביצועיה כך שניתן יהיה להשתמש בה גם ללא מערכת ה- *V-scope*, ולשלב בלימוד ובהוראת המכניקה כיחידה עצמאית.

מיקי רונן

# Frames - תוכנית לקנימטיקה ומערכות ייחוס

## שילוב ניסוי והדמיה

מיקי רונן, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע  
וליאור פרנקל, מדעי המחשב, אוניברסיטת בר-אילן

### תאור התוכנית

*Frames* היא סביבת עבודה לנושא תנועה ומערכות ייחוס. התוכנית מטפלת בתנועה של אחד עד שלושה גופים בשלושה מימדים. התוכנית קולטת הגדרה של תנועה במערכת המעבדה ומאפשרת לך להציג תנועה זו במערכת המעבדה ובמערכות ייחוס שונות. ניתן להזין את נתוני התנועה באחד משלושת האופנים הבאים:

(א) אפיון התנועה כהדמיה בתוכנית *Frames* על ידי הגדרת מיקום התחלתי, מהירויות ותאוצות.

(ב) ייבוא של נתוני מדידה שבוצעה בעזרת מערכת *V-scope*.

- (ג) ייבוא של נתוני מיקום שהוגדרו בקובץ חיצוני שהופק באמצעות גליון אלקטרוני או כל תוכנית אחרת כולל מעבד תמלילים פשוט.
- התוכנית *Frames* מאפשרת להציג את התנועה במערכות הייחוס הבאות (תרשים 1):
- 1) במערכת המעבדה.
  - 2) במערכת נעה ביחס למערכת המעבדה בתנועה קצובה או מואצת. את מאפייני המערכת הנעה מגדירים בתוכנית כהדמיה.
  - 3) במערכת הקשורה לאחד הגופים הנעים (במידה ויש יותר מגוף אחד).
  - 4) תנועת הגופים במערכת מרכז המסה. מסות הגופים מוגדרות בתוכנית.

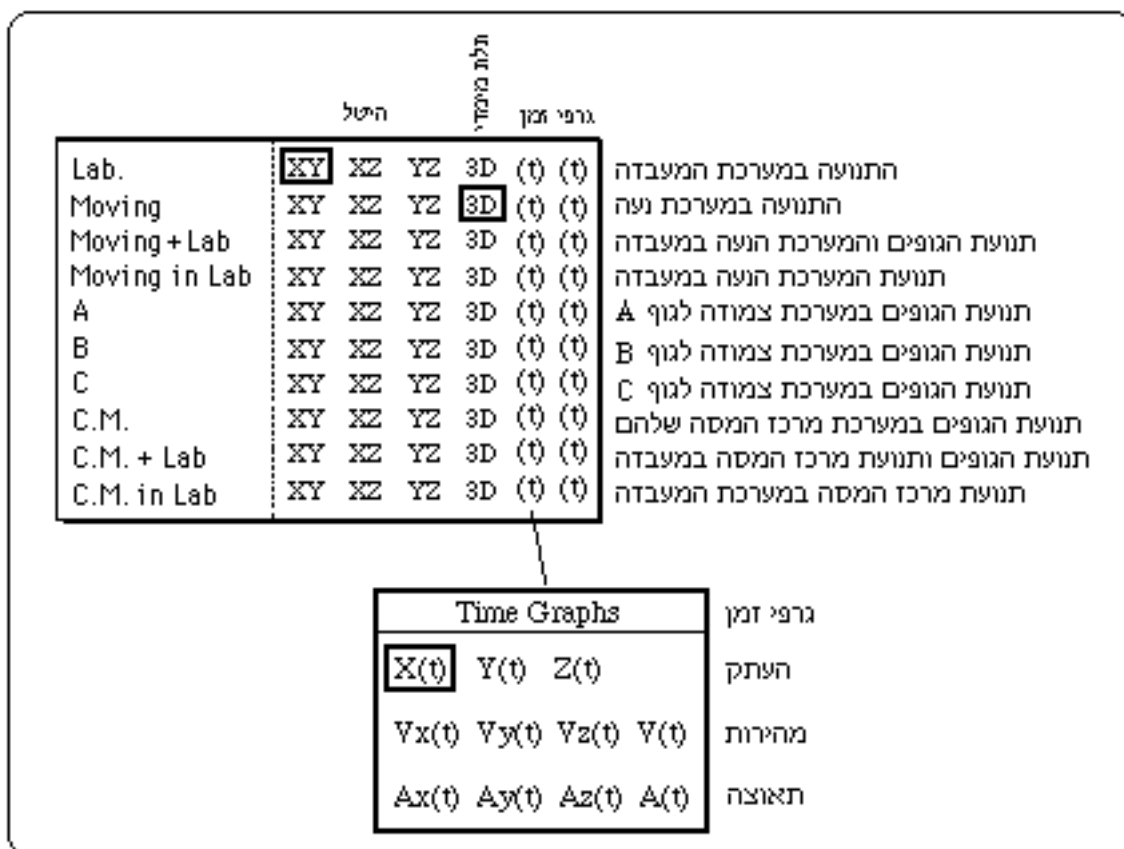
כמו כן, ניתן להציג את מערכת הייחוס הנעה במערכת המעבדה.

## הצגת התנועה

התכנית מאפשרת לך לצפות בו-זמנית בייצוגים שונים של התנועה, באותה מערכת או במערכות שונות. ניתן להציג תנועה באופנים הבאים (תרשים 1):

- תמונת הבזקים של מיקום בייצוג תלת מימדי XYZ.

- תמונת הבזקים של מיקום כהיטל על אחד המישורים XY, XZ, YZ.
- גרף של אחד ממאפייני התנועה בתלות בזמן: מיקום, מהירות ותאוצה, ורכיביהם בכל אחד מן הצירים. התצוגה היא דינמית, ניתן לשלוט במהירותה, לעצור ולהציג את התנועה צעד צעד, קדימה ואחורה. במהלך הרצת גרפי התנועה ניתן להציג שעון וערכים מספריים שונים לפי בחירת המשתמש.



תרשים 1: אופני הצגת התנועה

אפשר להכין מראש קבצי תנועה ולשמור אותם בספריית התוכנית, או להגדיר מחדש את התנועה בזמן ביצוע המשימה. לצורך אפיון התנועה מגדירים את המיקום ההתחלתי של כל אחד מן הגופים הנעים, את מהירותו ותאוצתו בכל אחד מן הצירים ואת זמן התחלת התנועה בכל ציר. כמו כן מגדירים את קצב הדגימה ואת הזמן הכולל של התנועה. תרשים 2-א מציג את חלון הגדרת התנועה.

## שימושים

**Frames** תומכת בשני נושאים: קינמטיקה ומערכות ייחוס. כיוון שהתוכנית מאפשרת לך להזין את התנועה המקורית על הדמיה או על נתוני אמת ניתן להשתמש בה בשני אופנים:

א) המחזות סיפור תנועה על ידי הגדרת תנועות אידיאליות (קצובות או שוות תאוצה) במערכת המעבדה. ניתן להמחזי את רוב הבעיות המופיעות בספרי הלימוד בפרקי הקינמטיקה, ולהפיק פעילויות ואתגרים חדשים.

**דוגמה: המחזת תנועה בשני מימדים**

ייצוגים של התנועה: היטל על מישור XY וגרף של היטל בציר X בתלות בזמן  $X(t)$ . חשוב לציין כי הגרפים הם דינמיים וניתן לעצור אותם בכל רגע. התרשים מראה את מצב התנועה ה"מוקפא" בזמן  $t=9$ .

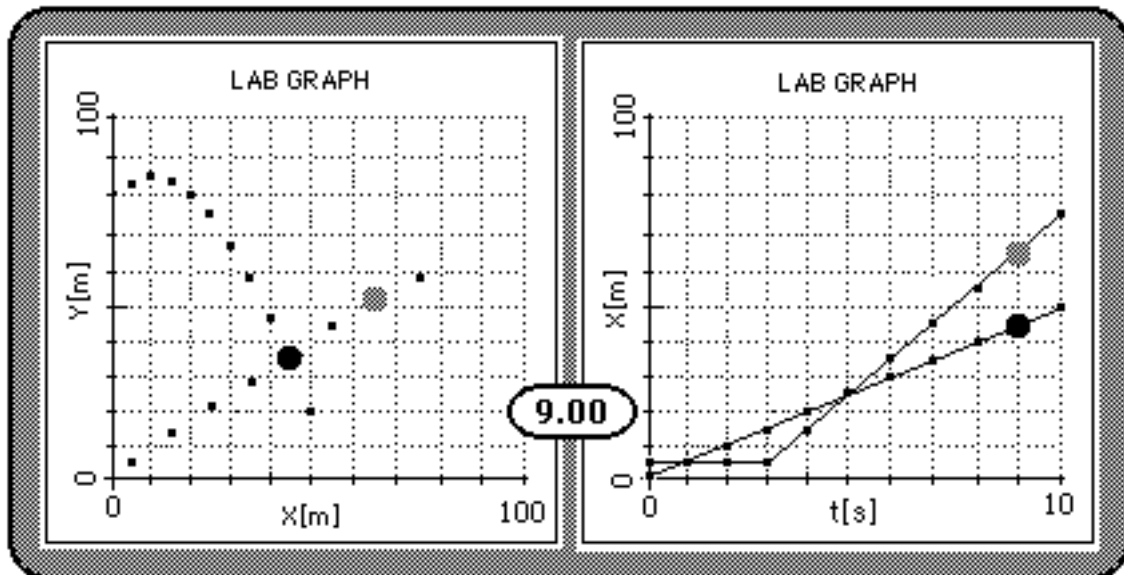
בדוגמה הומחזה תנועה של שני גופים בשני מימדים כאשר גוף B מתחיל לנוע 3 שניות לאחר גוף A. ניתן להציג תנועה זו באופנים שונים. תרשים 2-ב מראה שני

	X= 0	Vx= 5	Ax= 0	Ts = 0	Te = T
<b>A:</b>	Y= 80	Vy= 4	Ay= -2	Ts = 0	Te = T
	Z= 0	Vz= 0	Az= 0	Ts = 0	Te = T
-----					
	X= 5	Vx= 10	Ax= 0	Ts = 3	Te = T
<b>B:</b>	Y= 5	Vy= 8	Ay= 0	Ts = 3	Te = T
	Z= 0	Vz= 0	Az= 0	Ts = 0	Te = T
-----					
	X= 0	Vx= 0	Ax= 0	Ts = 0	Te = T
<b>C:</b>	Y= 0	Vy= 0	Ay= 0	Ts = 0	Te = T
	Z= 0	Vz= 0	Az= 0	Ts = 0	Te = T

Distance: m  
Time: sec  
Mass: kg

$dT = 1$   
 $T = 10$

תרשים 2: (א) הגדרת התנועה במערכת המעבדה



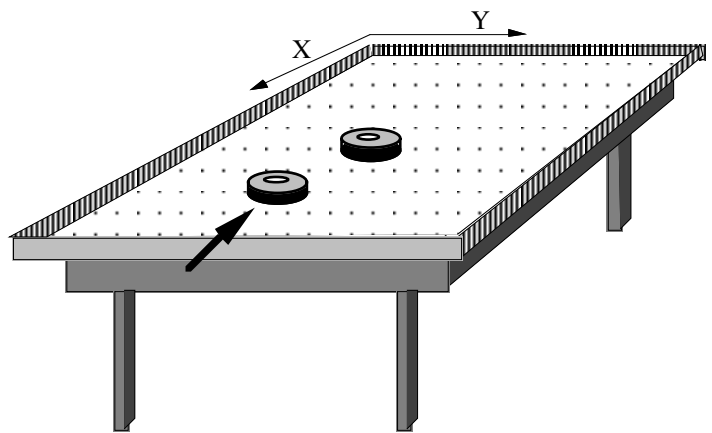
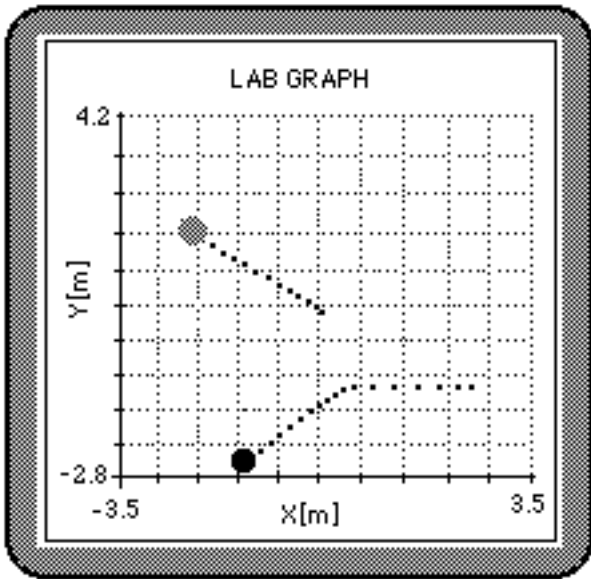
תרשים 2: (ב) ייצוגים של התנועה במערכת המעבדה: משמאל -  $XY$ , מימין  $X(t)$

(ב) שילוב ניסוי והדמיה. כאשר מעוניינים לנתח תופעה אמיתית, ניתן להעביר לתוכנית נתונים שנמדדו בניסוי אמיתי ולהפיק בקלות ובמהירות ייצוגים שונים של התנועה במערכת המעבדה ובמערכות ייחוס שונות.

**דוגמה: מערכת מרכז המסה - ניסוי התנגשות בשני מימדים**

תרשימים 3-4 מציגים ניסוי התנגשות בשני מימדים

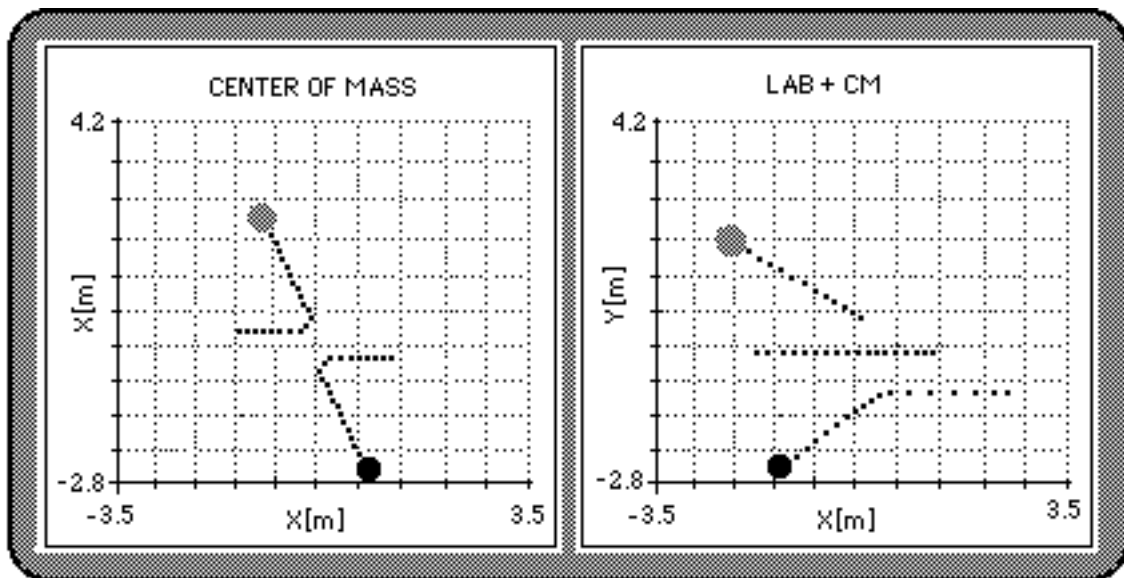
שבוצע על ידי שמואל אלון, מסמינר הקיבוצים. שתי דיסקות זהות מונחות על שולחן אוויר (תרשים 3-א). דיסקה אחת נדחפת ומתנגשת בדיסקה שניה נחה. התנועה נמדדה בעזרת V-scope והנתונים הועברו לתוכנית Frames. בתרשים 3-ב מוצגת התנועה כפי שנמדדה במערכת המעבדה. לאחר הגדרת מסות הגופים (כשוות) ניתן לבצע הדמיה מיידיית של התנועה במערכות ייחוס שונות (תרשים 4).



(ב) תוצאות הניסוי: התנועה במערכת המעבדה.

(א) מערך הניסוי

תרשים 3:



(ב) התנועה במערכת מרכז המסה.

תרשים 4: (א) התנועה ומערכת מרכז המסה במעבדה

## סוגי פעילויות וגישות ליצירת פעילויות חדשות

את שני אופני השימוש שתארנו ניתן לנצל לפיתוח פעילויות. הפעילויות יכולות להתבסס על קובץ קיים, שהוכן מראש, או על שימוש חופשי בתוכנית. להלן תאור והדגמה של שתי גישות אפשריות ליישום פעילויות לימודיות:

### א) ניתוח:

1) קינמטיקה - "נתון ייצוג של תנועה מסויימת. כיצד יראה ייצוג אחר של תנועה זו?"

התנועה עצמה כבר מוגדרת בקובץ של התוכנית כך שבהרצה הראשונה של התנועה יראה הלומד את הייצוג הנתון. התלמיד יסרטט את השערתו לגבי הייצוג המבוקש. בשלב שני יגדיר הלומד את הייצוג או הייצוגים החדשים בתוכנית ויבחן את השערתו על הרצת הגרפים.

### דוגמה:

טען את קובץ התנועה XXX והרץ את גרף התנועה

(ההרצה הראשונה תציג את היטל XY בלבד, תרשים 2 - ב).

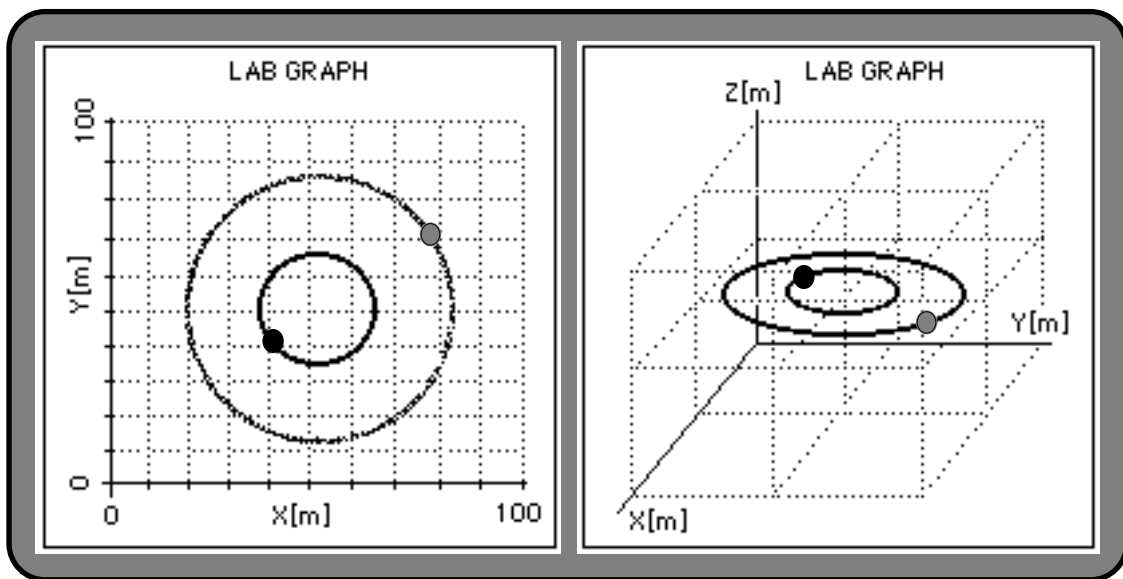
סרטט את ייצוגי התנועה כ:  $X(t)$ ,  $Y(t)$ ,  $V(t)$ . בחן את השערותיך על ידי הרצת הגרפים המתאימים בתוכנית.

2) מערכות ייחוס - "נתונה תנועה כפי שהיא נראית במערכת מסויימת. כיצד תראה תנועה זו ממערכת אחרת?"

גם כאן, התנועה וייצוגה כבר מוגדרים בקובץ מוכן כך שבהרצה הראשונה של התנועה יראה הלומד את הייצוג הנתון. על התלמיד לגבש השערה **מנומקת** ולסרטט את הייצוג המשוער. בשלב שני יגדיר התלמיד בתוכנית את המאפיינים של מערכת הייחוס החדשה ו"יריץ" את הייצוגים המתאימים כדי לבחון את נכונות הפתרון שלו.

### דוגמה:

הקובץ XXX (תרשים 5) מכיל נתוני תנועה של שני גופים המונחים על דיסקה המסתובבת במישור XY (משימה זו מבוססת על תוצאות של מדידת אמת).



תרשים 5: תנועת שני גופים המונחים על דיסקה מסתובבת - במערכת המעבדה

הגופים שוות.

◆ היטל XY במערכת מרכז המסה - אם המסה A גדולה פי שניים מהמסה B.

הגדר כל אחת ממערכות אלה בתוכנית ה- *Frames* ובחן את השערותיך על ידי הצגת הגרפים המתאימים.

הערה: כדי לפתור משימה זו יש לצפות בייצוג הדינמי של התנועה.

הרץ את הגרפים וצפה בתנועה. כיצד תיראה תנועת הגופים בכל אחד מהייצוגים הבאים (סרטט גרף איכותי)?

◆ היטל XZ במערכת המעבדה.

◆ היטל XY במערכת נעה במהירות קבועה בכיוון +X.

◆ היטל XY במערכת צירים הצמודה לגוף A.

◆ היטל XY במערכת מרכז המסה - אם מסות

## דוגמה – תנועה מואצת בשני מימדים:

שני גופים A ו- B נעים בשני מימדים באופן הבא:



B נזרק כלפי מעלה במהירות התחלתית של  $50 \text{ (מ/ש)}$   $V_y$  ונופל בנפילה חופשית  $a_y = -9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .  
 A נזרק במהירות התחלתית  $V_{Ax}$ ,  $V_{Ay}$  מאותו גובה, וגם הוא נע בתאוצה  $a_y = -9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

(א) אם שני הגופים מתחילים לנוע באותו רגע, אפיין את מהירותו של A כדי שיפגוש ב-B כאשר זה נמצא:  
 - בשיא הגובה.  
 - במקום כלשהו בשלב העליה.  
 - במקום כלשהו בשלב הירידה.

(ב) מתחיל את תנועתו 3 שניות אחרי B. אפיין את מהירותו של A כדי שיפגוש ב-B בנקודה כלשהי מעל גובה הזריקה.

(ג) האם, וכיצד ישתנו תשובותיך לכל אחד מן המקרים אם  $a_y = -5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ? נמק!

הגדר קובץ חדש המתאר תנועה זו ובחן את תשובותיך. אם הפתרון איננו חד ערכי, בדוק כמה מקרים פרטיים.

(2) המחזות מערכות ייחוס: "נתונה תנועה במערכת ייחוס ידועה, ואותה תנועה כפי שהיא נראית במערכת ייחוס אחרת (לא ידועה). אפיין את מערכת הייחוס". התנועה המקורית, במערכת המעבדה יכולה להתבסס על קובץ מוכן. התנועה המבוקשת מוצגת בנפרד - בדפי העבודה, בייצוג גרפי או בתאור מילולי.

## דוגמה:

(1) הגרפים הבאים מתארים את אותה תנועה של שני גופים במערכת המעבדה ובמערכת ייחוס נעה לא ידועה. הגופים מתחילים לנוע באותו רגע מנקודה S.

כאמור, אחד השימושים היעילים של התוכנית הוא המחזות שאלות מספרי הלימוד. השאלה הבאה לקוחה מספר המכניקה החדש בהוצאת מכון ויצמן - מהדורת עיצוב (שאלה 39 פרק 1):

אבן נזרקה כלפי מעלה במהירות התחלתית שגודלה  $40 \text{ מ/ש}$ . צופה העולה בכדור פורח במהירות קבועה של  $10 \text{ מ/ש}$  מסתכל על האבן.

(א) האם הצופה רואה את האבן מגיעה לגובה המירבי לפני שהזורק רואה אותה מגיעה לגובה המירבי, לאחר מכן או בו-זמנית? הסבר.

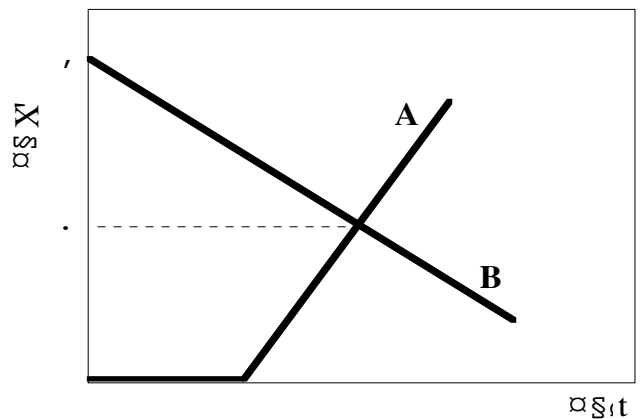
(ב) מתי יראה הזורק ומתי יראה הצופה את האבן מגיעה לגובה המירבי? הרצת ההמחזה בתוכנית עשויה להפתיע!

## ב) המחזות תנועה.

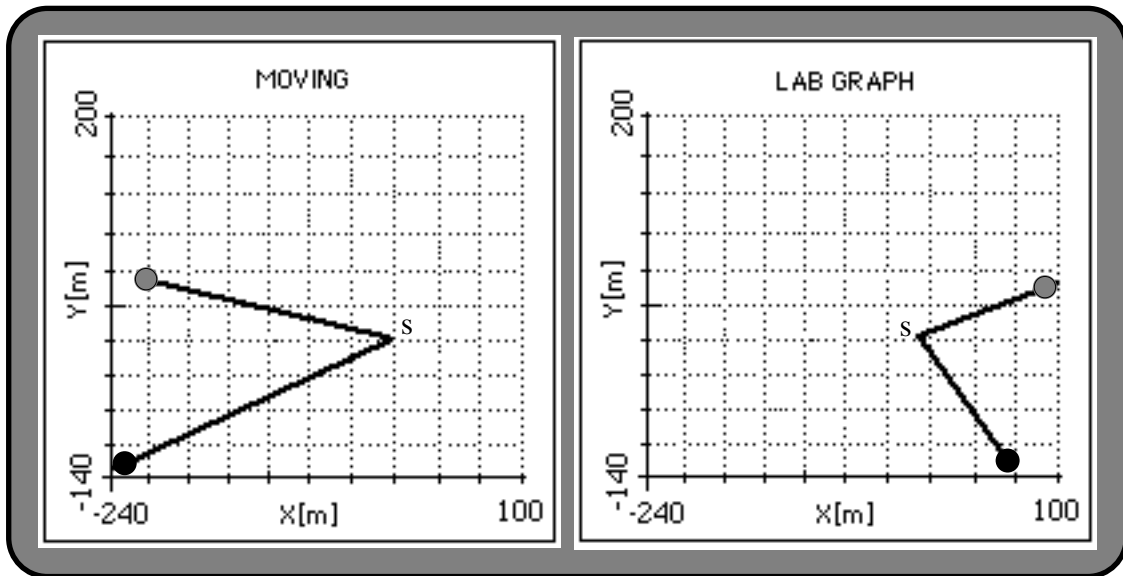
(1) קינמטיקה - סיפורי תנועה: "נתון ייצוג כלשהו של תנועה. המחזות תנועה זו בתוכנית" התנועה יכולה להיות מוצגת כהיטל על מישור XY, כגרף של מקום בתלות בזמן  $X(t)$ , מהירות בתלות בזמן  $V(t)$ , כתאור מילולי או כשילוב של ייצוגים שונים.

## דוגמה – תנועה קצובה במימד אחד:

שני גופים נעים לאורך קו ישר. נתון גרף של המיקום בתלות בזמן. המחזות את התנועה בתוכנית.



הגדר קובץ חדש המתאר תנועה זו ובחן את תשובותיך. אם הפתרון איננו חד ערכי, הגדר את "משפחת הפתרונות" ובדוק בעזרת התוכנית מקרים פרטיים אחדים.



תרשים 6: תנועת שני גופים כפי שהיא נראית במערכת המעבדה (מימין) ובמערכת נעה (משמאל)

המעבדה וגם את מערכות הייחוס בהתאם לדרישות נתונות.

### דוגמה:

הגדר תנועה של שני גופים A ו-B בשני מימדים, לפי הדרישות הבאות:

נתון שמסת גוף A גדולה פי שלושה ממסתו של גוף B. אם תסתכל עליהם במישור XY מתוך מערכת מרכז המסה שני הגופים ינועו במקביל לציר X במהירויות שוות בכיוונים הפוכים.

## Frames ככלי ללימוד ולהוראה

התוכנית Frames יכולה לשמש כעזר הוראה בכיתה או כסביבת עבודה לתלמידים במעבדת המחשבים או בבית. המחזות "סיפורי תנועה" שונים, תסייע לך להמחיש מושגים וקשרים, ותהווה סביבה עשירה ומעניינת לפתרון בעיות. התוכנית מלווה במגוון משימות ופעילויות מוכנות ברמות שונות, החל מתרגילים בסיסיים של התמצאות במרחב והבנת ייצוג גרפי של תנועה וכלה באתגרים מורכבים בנושא מערכות ייחוס.

- אפיין (באופן איכותי) את התנועה של מערכת הייחוס הנעה ביחס למערכת המעבדה: מהם כיווני התנועה (ביחס לאיזה צירים)? האם המהירות קבועה, האם יש תאוצה? התנועה המתוארת במשימה זו מוגדרת בקובץ XXXX. העזר בקובץ זה על מנת לבחון את הפתרונות שהצעת.

משימות אלה הן קשות יותר כיוון שהתוכנית עצמה איננה מספקת את הפתרון. כמשוב מתקבלת התנועה כפי שהוגדרה על ידי הלומד. ההשוואה בין התוצאה שהתקבלה והתוצאה הרצויה מדגישה מיד את השגיאה ומחדדת את הבנות, אם ישנן כאלה.

הפתרון של משימות המחזה איננו בהכרח חד ערכי. אפשר להציג סיפור תנועה המתאים ל"משפחה" של משתנים המאופיינים על ידי קשר כלשהו ביניהם. מטרת הפעילות היא להביא את הלומד לניסוח ההכללה המתאימה. הסביבה הממוחשבת מתאימה במיוחד למשימות כאלה כיוון שהלומד יכול לבחון את השערתו באופן מיידי על ידי הרצת מקרים פרטיים שונים.

אפשר לבצע בעזרת התוכנית פעילויות "פתוחות" שבהן הלומד צריך להגדיר בעצמו גם את התנועה במערכת



## לסיכום

קשה מאוד להמחיש בכתב את ביצועיה של תוכנה דינמית. התוכנית *Frames* מסייעת להמחיש, לנתח, לחקור ולתרגל את נושא התנועה במגוון אופנים. אפשר לבסס פעילויות אלה על קבצי תנועה שנוצרו בעזרת התוכנית או על נתוני תנועה אמיתית שנמדדה בניסוי. התוכנית מתאימה למחשבי IBM PC או תואמים בעלי זכרון של 640K ומסך VGA. כונן קשיח - מומלץ אך לא הכרחי. הפעלת התוכנית היא פשוטה ביותר וניתן להגיע לשליטה מלאה לאחר התנסות קצרה.

מעשית, גם אם מורים ותלמידים מוצאים כי השימוש במחשב תורם להבנה ולעניין, קשה להגיע לניצול משמעותי של התוכניות הקיימות במסגרת בית-הספר, אם בגלל מגבלות זמן או כיוון שלא עומדים לרשותנו מספיק מחשבים. בסקר מדגמי שערכנו בכתות יא' (4-5 יחידות פיסיקה) בבתי ספר באזור המרכז התברר כי לכ-50% מן התלמידים יש מחשבים בבית. לכן, בתנאים הקיימים כיום, עבודה עצמית בבית היא אפשרות מעשית לניצול הפוטנציאל שמציע המחשב ללימוד פיסיקה.

על מנת לבחון גישה זו החלטנו להקל ככל האפשר את השימוש בתוכנית *Frames*: התוכנית מופצת ברישוי מוסדי (ללא כל הגנות), כך שניתן לשכפל עותקים ללא הגבלה לשימוש התלמידים והמורים בבית הספר או בבית. בתחילת שנת הלימודים תשנ"ג התחלנו בניסוי התוכנית עם תלמידי יא' בכ-10 בתי ספר.

המדריך למורה מציע פעילויות מדגמיות בנושאים הבאים:

- ★ משימות הכרות - צעדים ראשוניים להכרת התוכנית.
- ★ התמצאות במרחב - משימות ותרגילים להבנת הייצוג המרחבי והיטלי תנועה על מישור.
- ★ סיפורי תנועה - קינמטיקה. המחזת סיפורי תנועה של גוף אחד, שני גופים ושלושה גופים במימד אחד ובשני מימדים. הבנת הייצוגים השונים של תנועה והקשר ביניהם, ומושג ה"פגישה".
- ★ מערכות נעות - ניתוח תנועה ממערכת ייחוס נעה.
- ★ מערכות צמודות לגוף נע - תנועה יחסית של גופים.
- ★ מערכת מרכז המסה - המחשת מושג מרכז המסה וניתוח תנועה במערכת מרכז המסה.
- ★ אתגרים.

הפעילויות מוצגות כדפי עבודה אותם ניתן לצלם ולחלק לתלמידים. חלק מן הפעילויות מבוסס על קבצים קיימים הנמצאים בספריית התוכנית. ניתן להעזר בפעילויות אלה כבסיס להוראה בכיתה או כמשימות לעבודה עצמית של תלמידים במעבדת המחשבים או בבית. המשימות במדריך למורה הן רק *דוגמאות*. ניתן לתכנן פעילויות נוספות ולשמור קבצים חדשים שיתאימו לצרכיך. אפשר ורצוי להציע לתלמידים לתכנן ולייצר בעצמם משימות חדשות ומעניינות.

לפרטים נוספים או לקבלת *Demo* - שולמן ציוד לימודי: 03-5604987

אנו מאחלים לציבור קוראינו  
חל כסח נחנה!  
מערכת "תהורה"