

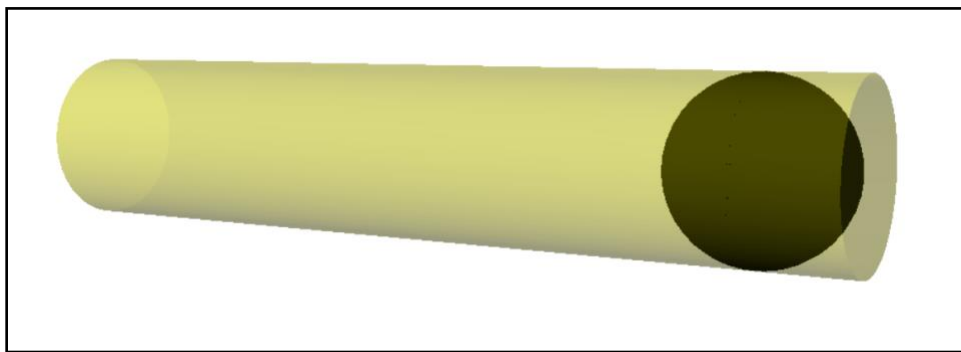
Test given to 10 graders before creating multi-particle simulation

מבחן אמצע

מ"ח בין תחומי - כיתה י'

שאלה ראשונה (33 נק')

יואב בנה מודל חישובי לכדור גומי הנע בתוך צינורית חלולה וחלקה שאורכה L ומתנגש בדפנות הצינורית התנגשות אלסטית (תרשים 1).



תרשים 1: כדור נע בצינורית חלקה המתנגש בדפנותיה.

להלן הקוד שבנה יואב בשפת VPython:

```
from visual import *
1. m = 2.0
2. f = 100.0
3. R = 0.5
4. L = 10.0
5. t = 0
6. dt = 0.001
7. v = vector(5.0,0,0)
8. tube = cylinder(pos=vector(-L/2,0,0), axis=(L,0,0), radius=R)
9. ball = sphere(pos=(-3.0,0,0), radius = R)
10. while t < 10:
11.     rate(100)
12.     if ball.pos.x > L/2: F1 = f*vector(-1,0,0)
13.     else: F1 = vector(0,0,0)
14.     if ball.pos.x < -L/2: F2 = f*vector(1,0,0)
15.     else: F2 = vector(0,0,0)
16.     F_net = F1 + F2
17.     a = F_net/m
18.     v = v + a*dt
19.     ball.pos = ball.pos + v*dt
20.     t = t + dt
```

א. חלקו את הקוד למספר מקבצים ע"פ תפקידם במודל החישובי (מקבץ לא חייב להכיל שורות עוקבות), ותארו בקצרה את תפקידו של כל מקבץ שורות. פרטו עבור כל מקבץ את משמעות השורות. היעזרו בטבלה הבאה ובדוגמה. (8 נק')

מקבץ	תפקיד מקבץ השורות	משמעות השורות
1-4	הגדרת קבועים שונים של המערכת.	m – מסת הכדור, f – עוצמת הכוח, R – רדיוס הכדור, L – אורך הצינורית

ב. שיר מציעה להחליף חלק מהשורות בקוד שכתב יואב בשורות הבאות:

```
if disk.pos.x < -L/2: v.x = -v.x
if disk.pos.x > L/2: v.x = -v.x
```

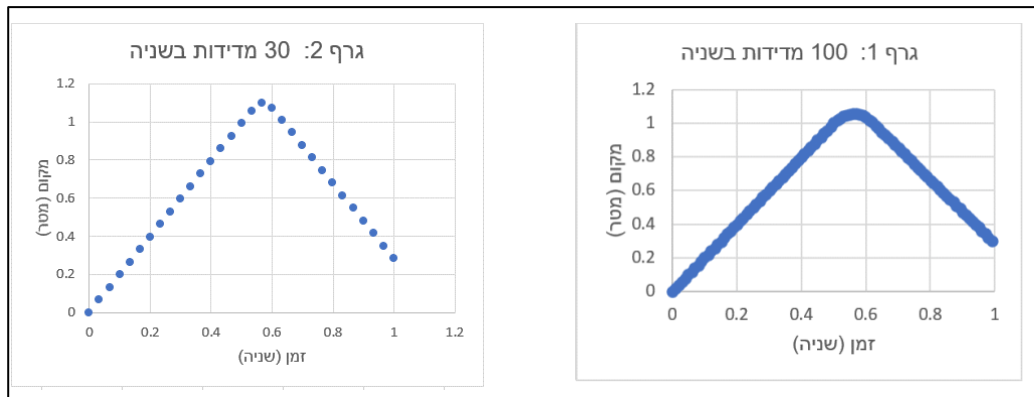
על אילו שורות בקוד המקורי ניתן לדעתכם לוותר אם משתמשים בהצעתה של שיר? מה תפקידן של שורות אלו בקוד של יואב? מדוע ניתן להחליף אותן בשורות שהציעה שיר? (5 נק')

תשובה:

ג. לגבי כל אחד משני המודלים (של יואב ושיר): על אילו הנחות מבוסס כל מודל? מהי תחזית המודל בנוגע למהירות הכדור במהלך ולאחר התנגשות? (4 נק')

תשובה:

ד. שיר ויאב מדדו פעמיים את מיקום הכדור כתלות בזמן: עם מצלמה המצלמת בתדירות של 30 תמונות לשנייה ועם מצלמה המצלמת בתדירות של 100 תמונות לשנייה. תוצאות המדידה מוצגות בתרשים 2.

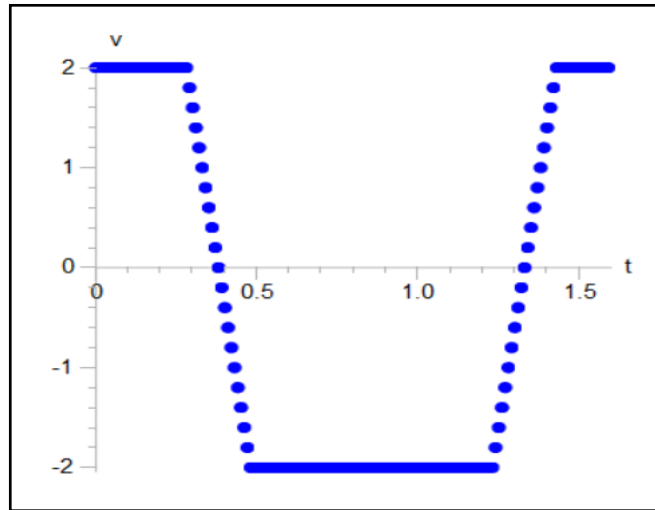


תרשים 2: גרפי מקום-זמן שהתקבלו ממדידות בתדירויות מדידה שונות.

איזה מן המדידות מתאימה למודל של יואב ואיזו מתאימה למודל של שיר? הסבירו מדוע. (4 נק')

תשובה:

ה. בתרשים 3 מופיע גרף של מהירות הכדור כתלות בזמן המתקבל מהרצת הקוד שכתב יואב.



תרשים 3: גרף מהירות זמן המתקבל מחיזוי המודל.

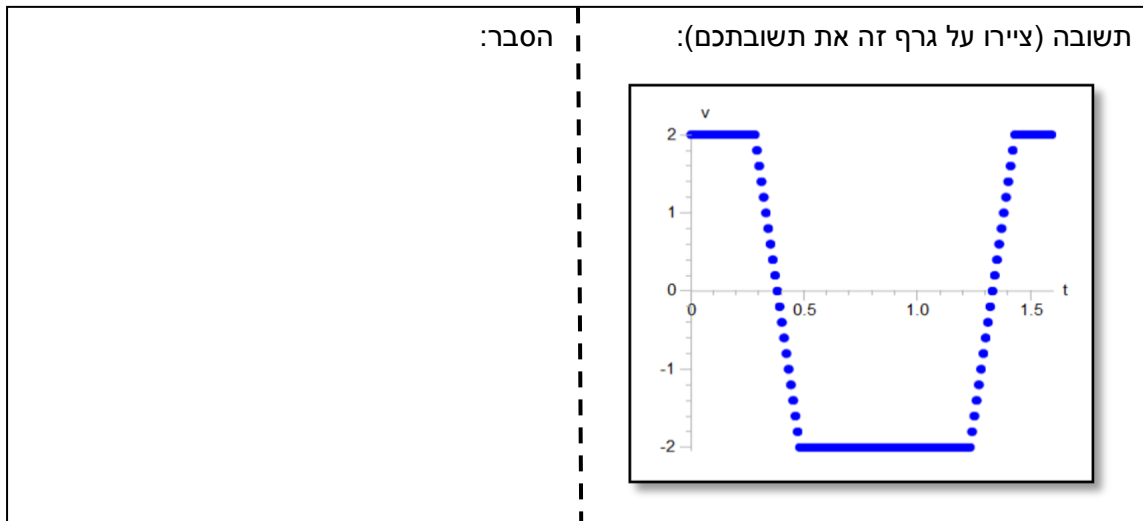
1. תארו את תנועת הכדור בהתאם לגרף? (3 נק')

תשובה:

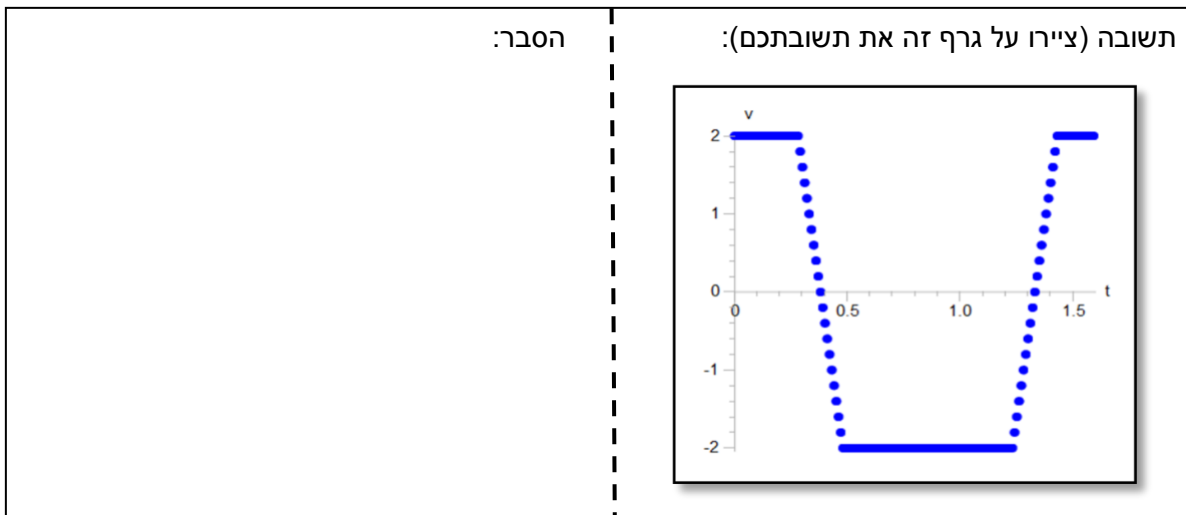
2. שרטטו גרף תאוצה-זמן (מקורב) התואם לתרשים 3. (3 נק')

תשובה:

3. כיצד לדעתכם ישתנה הגרף בתרשים 3 אם יואב ישנה את ערכה של מסת הכדור להיות $m=4.0$? הוסיפו על גבי תרשים 3 את הגרף שלדעתכם מתקבל כתוצאה מהשינוי והסבירו את תשובתכם. (3 נק')

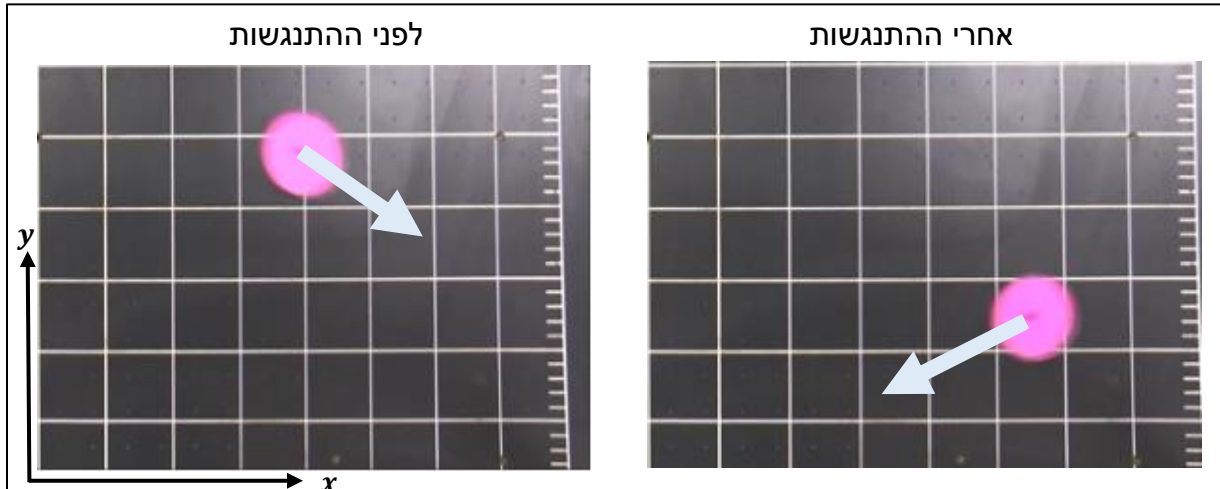


4. כיצד יראה גרף מהירות-זמן המתקבל בהרצת הקוד שהציעה שיר? הוסיפו על גבי תרשים 3 את הגרף שלדעתכם יתקבל והסבירו תשובתכם. (3 נק')



שאלה שניה (33 נק')

רונן מעוניין לחקור תנועה של דסקית המונחת על שולחן אוויר שבדפנותיו מתוחים חוטי מתכת. הוא מכה בדסקית ומעניק לה מהירות התחלתית, כתוצאה מכך הדסקית נעה אל עבר דפנת השולחן ופוגעת בו בזווית. רונן מצלם את תנועת הדסקית ומפיק מהנתונים שמדד גרף מהירות זמן.

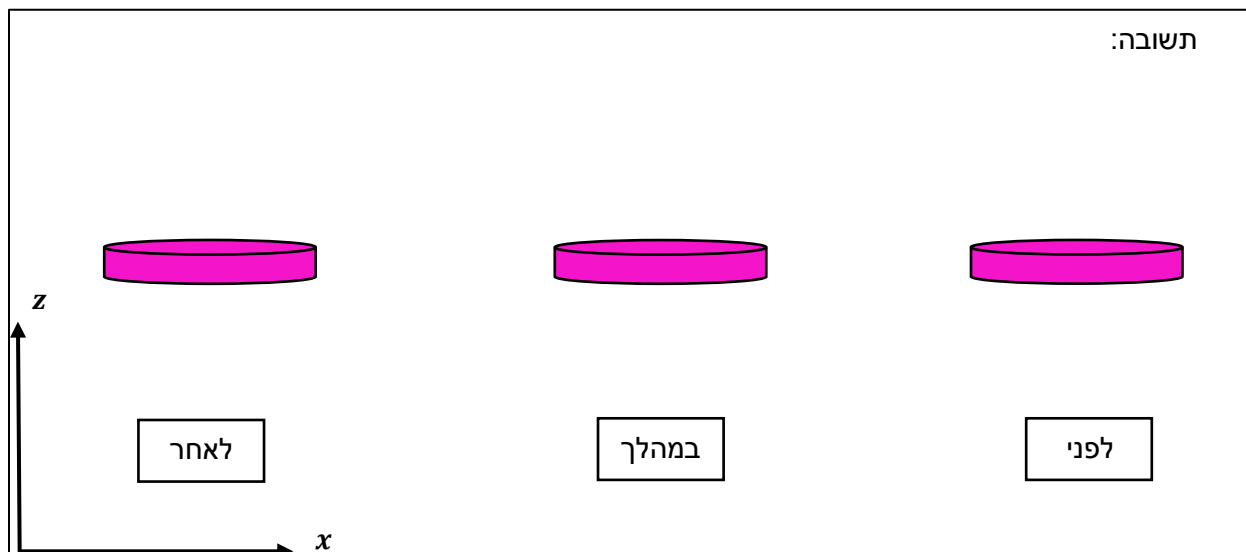


תרשים 4: המערכת הניסויית צילום (מבט על): דסקית על שולחן אוויר המתנגשת בזווית בדופן הימני של שולחן אוויר.

בניית מודל

רונן בונה מודל חישובי להתנגשות הדסקית המבוסס על שתי הנחות: (1) הדסקית נעה במהירות קבועה על השולחן לפני ואחרי ההתנגשות בדופן השולחן, (2) במהלך ההתנגשות בין דופן השולחן לדסקית מתרחשת אינטראקציה אלסטית.

א. שרטטו (במבט מהצד) שלושה תרשימים של הכוחות הפועלים על הדסקית: לפני, במהלך ולאחר ההתנגשות ע"פ המודל של רונן. (6 נק')

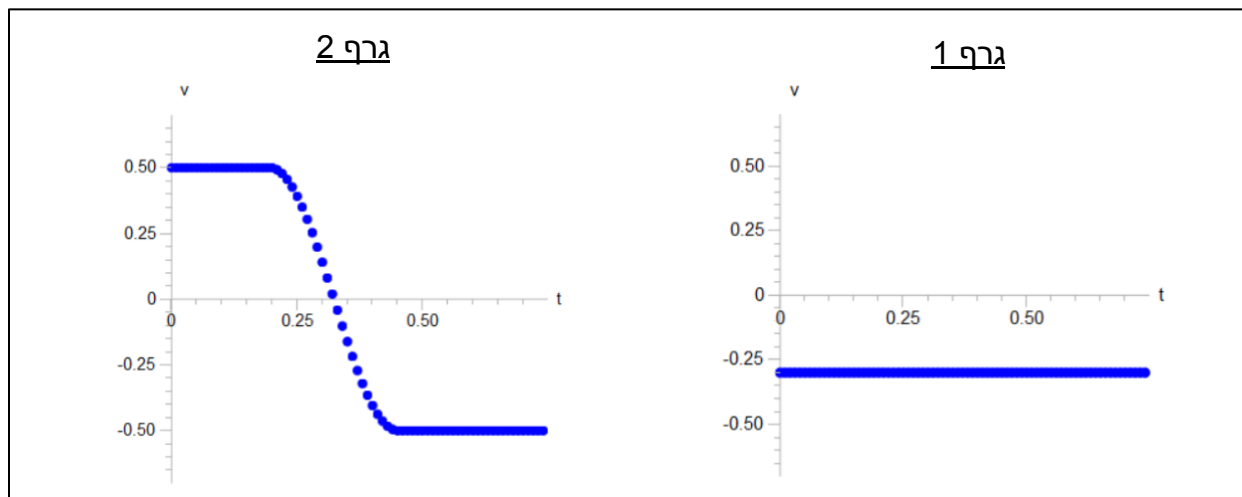


ב. רשמו את משוואת התנועה עבור הקרונית במהלך ההתנגשות. (4 נק')

תשובה:

חיזוי המודל והשוואה לניסוי

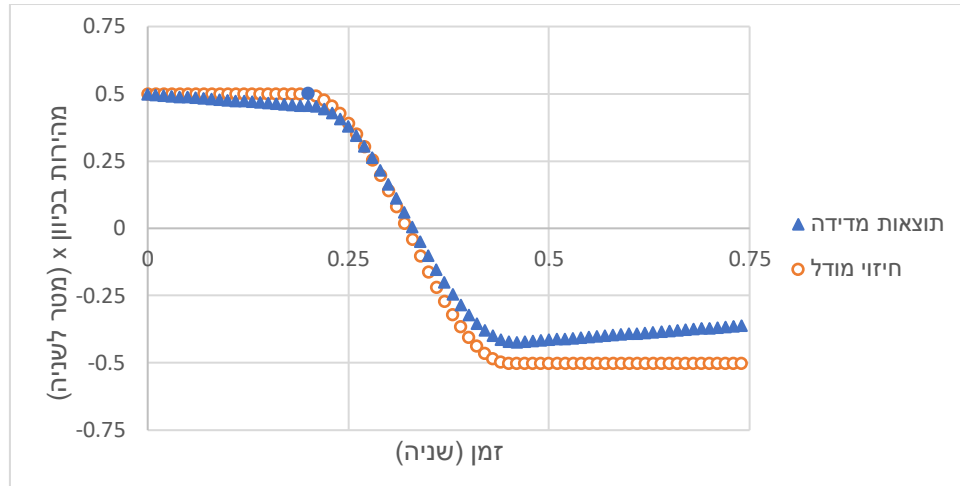
ג. רונן הפיק מהמודל שני גרפים של רכיבי המהירות כתלות בזמן: גרף אחד עבור רכיב x של המהירות וגרף שני עבור רכיב y (שני הגרפים הופקו בו זמנית במהלך הרצת ההדמיה). רונן שכח לרשום כותרות לגרפים - עזרו לרונן לקבוע איזה מהגרפים מתאים לרכיב x של המהירות ואיזה לרכיב y של המהירות והסבירו את תשובתכם (היעזרו במערכת צירים בתרשים 4). (5 נק')



תרשים 5: גרף רכיבי מהירות – זמן המתקבלים מהרצת ההדמיה.

תשובה:

ד. רונן מעוניין לבחון את הנחות המודל שלו לגבי הכוחות הפועלים על הקרונית באמצעות השוואת גרפי המהירות כתלות בזמן המתקבלים מהמדידה ומהמודל. תרשים 6 מציג שני גרפי מהירות-זמן (של אחד הרכיבים): גרף אחד התקבל מחיזוי המודל וגרף שני מתוצאות המדידה. תארו את הדומה והשונה ביניהם. (6 נק')



תרשים 6: גרף מהירות זמן המתקבל ממדידה ומחיזוי המודל.

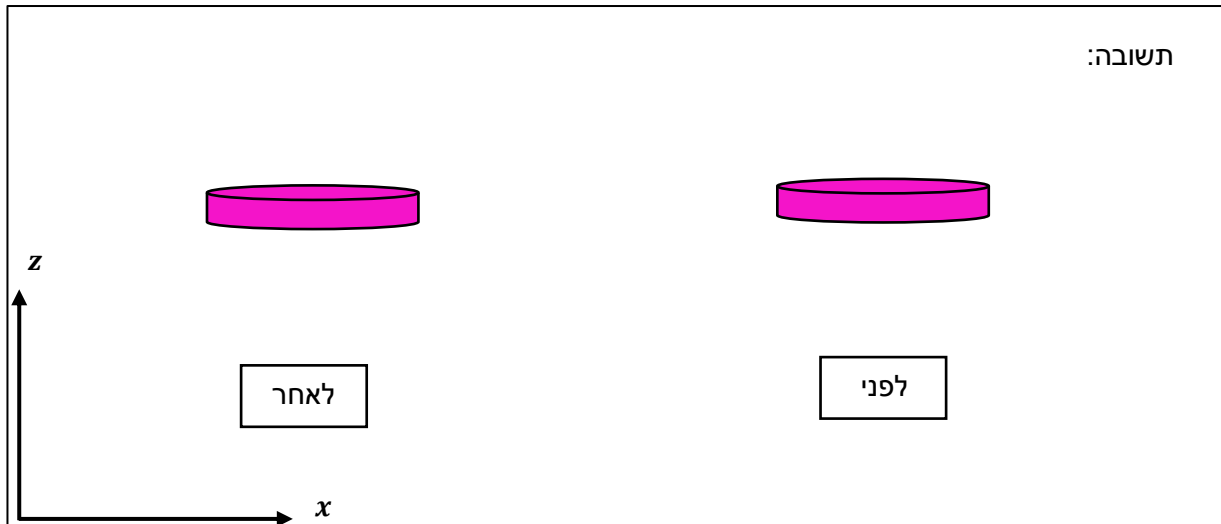
תשובה:

ה. הציעו הסבר להבדל בין חיזוי המודל לתוצאות המדידה: אילו אינטראקציות (כוחות) מתקיימות במציאות שנראה שהזנחנו במודל החישובי של רונן? האם ניתן לראות עדות לכך בגרף? הסבירו. (6 נק')

תשובה:

שיפור המודל

- ו. הציעו מודל משופר: שרטטו מחדש תרשים של הכוחות הפועלים על הקרונית לפני, ולאחר ההתנגשות. (6 נק')

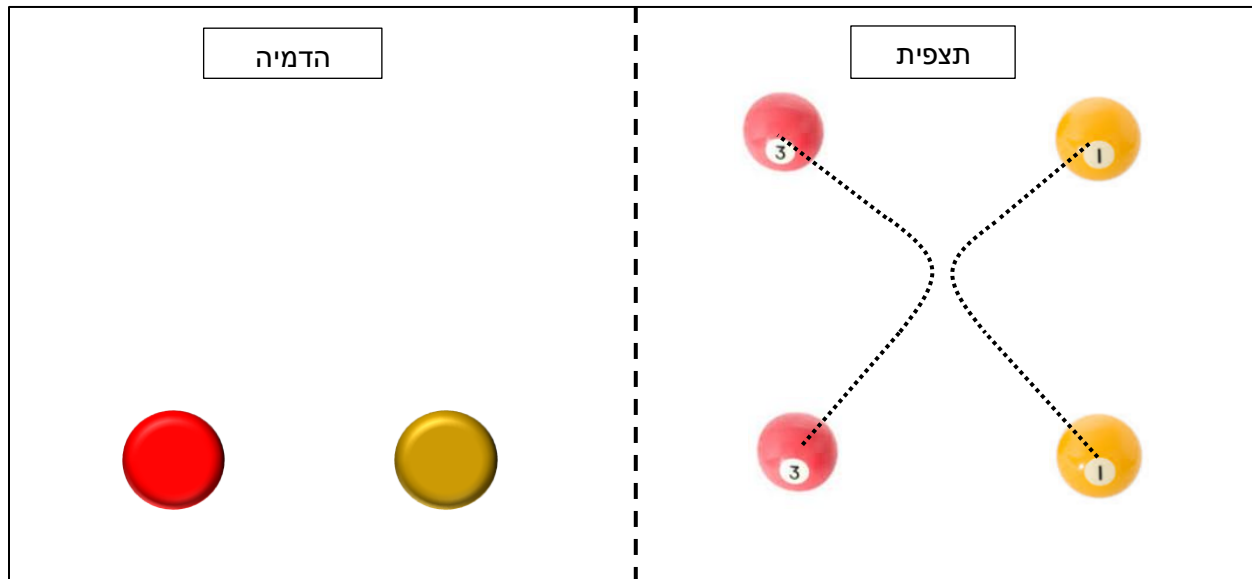


- ז. סעיף רשות - שרטטו מחדש תרשימים של הכוחות הפועלים על הקרונית בשלבים השונים במהלך ההתנגשות ורשמו מחדש את משוואת התנועה של הקרונית במהלך ההתנגשות. (5 נק')



שאלה שלישית (34 נק')

שרית החליטה לבנות הדמיה להתנגשות בין שני כדורי ביליארד זהים (ברדיוסם ומסתם). היא מניחה שהכדורים נעים במהירות קבועה על השולחן (בין ההתנגשויות), ושבמהלך ההתנגשות פועל ביניהם כוח קבוע. בחלק הימני של תרשים 7 ("תצפית") שרית שרטטה את מסלול הכדורים לפני, במהלך ולאחר ההתנגשות.



תרשים 7: תוצאות משוערות של התופעה והרצת ההדמיה.

- א. בעמוד הבא מוצג הקוד שכתבה שרית. היא הריצה את הקוד וגילתה להפתעתה שתנועת הכדורים אינה תואמת את המסלול שהתקבל בתצפית. קראו את הקוד שכתבה שרית ושרטטו בחלק השמאלי של תרשים 7 ("הדמיה") את מסלול הכדורים שאתם משערים שיתקבל מקוד זה. (4 נק')
- ב. תארו את ההבדל בין מסלול הכדורים שהתקבל ב"תצפית" לבין המסלול המשוער ששרטטתם ב"הדמיה". (3 נק')

תשובה:

```
from visual import *
1. m1 = 1.0
2. m2 = 1.0
3. R = 1.0
4. L = 10.0
5. A = 40.0
6. dt = 0.001
7. t=0
8. table = box(pos=vector(0,0,0), size=(L,L,0))
9. ball1 = sphere(pos=vector(-2,0,0), radius = R)
10. ball2 = sphere(pos=vector(2,0,0), radius = R)
11. v1 = vector(3,3,0)
12. v2 = vector(-3,3,0)
13. while t < 1:
14.     rate(100)
15.     r = ball1.pos - ball2.pos
16.     r_hat = r/mag(r)
17.     if mag(r) < 2*R : F_net = A*r_hat
18.     else: F_net = vector(0,0,0)
19.
20.     a1 = F_net/m1
21.     v1 = v1 + a1*dt
22.     ball1.pos = ball1.pos + v1*dt
23.
24.     a2 = F_net/m2
25.     v2 = v2 + a2*dt
26.     ball2.pos = ball2.pos + v2*dt
27.     t = t + dt
```

ג. אבחנו את הטעות בקוד שכתבה שרית:

1. העתיקו את שורה/ות הקוד בה/ן נפלה לדעתכם טעות. (2 נק')

תשובה:

2. באילו עקרונות/מושגים פיזיקליים טעתה שרית? במה הבנתה שונה מההבנה הפיזיקלית המקובלת?

(5 נק')

תשובה:

3. תקנו את הקוד של שרית בכדי לקבל הדמיה שמתאימה לתצפית. כתבו בתשובתכם את רק את השורות המתוקנות. (5 נק')

תשובה:

ד. שרית בוחנת את ההדמיה באמצעות ייצוג וקטורי של הכוח והמהירות לפני ואחרי ההתנגשות. בתרשים 9 מוצגים מיקומו ומהירותו של כדור A לפני ואחרי התנגשות עם כדור B (שאינו מוצג בתרשים).
1. מצאו באמצעות שרטוט את כיוונו של וקטור הכוח הפועל על כדור. הראו את שלבי הפתרון ולא רק את התשובה הסופית. (5 נק')

תשובה:

תרשים 8: כדור A במהלך התנגשות עם כדור B (שאינו מוצג בתרשים).

2. חשבו את וקטור הכוח הפועל על כדור A אם נתון שמשך ההתנגשות הוא עשירית השנייה ומסת הכדור היא 150 גרם. היעזרו בנתונים המופיעים על גבי השרטוט. (5 נק')

תשובה:

3. מהו כיוון הכוח הפועל על כדור B? על סמך איזה עיקרון פיסיקלי ניתן לקבוע את כיוונו? חשבו את וקטור היחידה המתאים לכוח זה. (5 נק')

תשובה:

- ה. **סעיף רשות:** שרית החליטה לבחון את ההשפעה של סוג האינטראקציה על וקטור המהירות לאחר ההתנגשות. היא בנתה הדמיה נוספת המבוססת על אינטראקציה אלסטית (במקום קבועה). האם לדעתכם וקטור המהירות לאחר התנגשות אלסטית יהיה זהה או שונה לזה שהתקבל בהתנגשות בכוח קבוע? אם יש הבדלים – תארו אותם. אם אין – הסבירו מדוע (2 נק').

תשובה:

דף נוסחאות

הגדרה	גודל פיסיקלי
$\Delta \vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i$	העתק
$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$	הגדרת המהירות
$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$	הגדרת התאוצה
$x_{i+1} = x_i + v \cdot dt$	חישוב מיקום (לפי קירוב אוילר)
$v_{i+1} = v_i + a \cdot dt$	חישוב מהירות (לפי קירוב אוילר)
$\vec{F} = -k\Delta \vec{x}$	חוק הוק (כוח אלסטי)
$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{ \vec{r} }$	וקטור יחידה

שלושת חוקי ניוטון

ניסוח מתמטי	ניסוח מילולי	
$\Sigma \vec{F} = 0 \Leftrightarrow \vec{v} = const$	גופים שכוחות חיצוניים אינם פועלים עליהם, או שפועלים עליהם כוחות חיצוניים המקזזים זה את זה כך שהכוח השקול הפועל עליהם הוא אפס נעים במהירות קבועה או נחים.	1
$\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m}$	כאשר כוח שקול פועל כל גוף אזי הגוף מאיץ. כיוון התאוצה זהה לכיוון הכוח השקול, וגודלה פרופורציוני לגודל הכוח השקול. קבוע הפרופורציה הוא הערך ההפוך של מסת הגוף.	2
$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$	כאשר גוף 1 מפעיל כוח על גוף 2, אז גם גוף 2 מפעיל כוח על גוף 1, ושני הכוחות שווים בגודלם והפוכים בכיוונם.	3