**שיגור של כדור גולף – הערות למורה**

(א) הקווים שסומנו על התצלום מורים כי המסלול ישר. התלמידים יוכלו לעשות זאת באמצעות סרגל. כדאי לתת לכל תלמיד תצלום מוגדל כדי שיעשה זאת בעצמו, אף על פי שהתלמידים עובדים בקבוצות.

(ב) הכדור הראשון נמצא במגע עם המחבט, ואפילו נראה פחוס במקצת בנקודת המגע.

(ג) שימוש בסרגל יראה כי המרחקים קבועים, ולכן המהירות קבועה.

מתברר שאפשר לדעת כי המהירות

אינה משתנה מתוך מדידת מרחק בלבד, מפני שידוע לנו כי מרווחי הזמן קבועים.

קושי אחר שמתעורר אצל תלמידים הוא במדידת שיעור ההתקדמות של הכדור בין שתי חשיפות. במקום למדוד את המרחק בין נקודות מתאימות בשני הכדורים (לדוגמה, המרחק בין שתי הנקודות הימניות של כל אחד מן הכדורים בשתי החשיפות), הם מודדים את הרווח בין הכדורים (המרחק בין הקצה הימני של כדור לקצה השמאלי של הכדור שמימינו). כאן נדרשת התערבות של המורה, במהלך העבודה או בדיון כיתתי מוקדם.

המסקנה העולה משני הסעיפים הראשונים היא כי התצלום מעיד על תנועה בקו ישר ובמהירות קבועה. התלמידים עשויים להתנגד לכך, כי הם יודעים, מתוך ידע מוקדם, שבסופו של דבר הכדור יאבד גובה ויפגע בקרקע בגלל כוח הכובד. ואולם, חשוב להדגיש שאנו שופטים על פי התצלום בלבד, ללא ידע מוקדם, וברמת הדיוק של המדידה אי אפשר עדיין לראות סטייה מתנועה בקו ישר ובמהירות קבועה. מדוע אין רואים את השפעת הכובד? מפני שבפרק הזמן הקצר הזה ההשפעה המצטברת של כוח הכובד עדיין אינה ניכרת. הרי זה כאילו ערכנו ניסוי במעבדה שבה אין מתקיימת השפעת הכובד. במובן זה הגוף שלפנינו נראה כגוף חופשי לחלוטין, ואנו לומדים כי בפרק הזמן הזה התנועה היא בקו ישר, כפי שכבר למדנו מניסויים קודמים. עוד אנו לומדים כי בפרק הזמן הזה קשה להבחין בשינויים במהירות. התלמיד עשוי לטעון, בצדק, שזהו פרק זמן קצר מכדי שאפשר יהיה לסמוך עליו לצורך הכללות. ובכל זאת, כבר ראינו שיש דברים שמשתנים כהרף עין – גוף מאבד את עקמומיות מסלולו כהרף עין, אך לא את מהירותו. האם הוא משמר אותה גם לטווחי זמן ארוכים? לשאלה זו נשוב בהמשך. לפי שעה מתחילה להסתמן תשובה לשאלתנו.

בכך הפקנו מן הצילום הזה את מטרתנו העיקרית – ההבנה כי ייתכן שמהירותו של גוף חופשי לחלוטין אינה משתנה. עם זאת, תצלום זה מזמן לנו אתגרים נוספים, שחבל לוותר עליהם. אין שום חובה לעשות זאת בשלב הזה, אפשר לדחות את סעיפי הפעילות הנוספים להזדמנות אחרת, ואולי אף רצוי. אנו משאירים למורה את ההחלטה היכן ומתי לשלב את הסעיפים האחרים, בהתאם למהלך השיעור ולקשיי התלמידים. הסעיפים הנוספים עשויים לשמש תלמידים חזקים, שסיימו את הדיון בסעיפים הקודמים מוקדם מן האחרים.

מכל מקום, אנו נסקור כאן את התשובות לסעיפים הבאים.

(ד) נמדוד את המרחק שעובר הכדור, לאחר שהוא נפרד מן המחבט (במשך חמישה מרווחי הבזק), ואת המרחק שעבר המחבט במשך אותו זמן.

מתברר כי במשך הזמן הזה הכדור עבר מרחק גדול בכ-60% מן המרחק שעבר המחבט, ולכן מהירותו גדולה בכ-60% ממהירות המחבט.

הצלחנו להשיב על השאלה עם סרגל בלבד. מתברר כי תלמידים רבים מסוגלים לעשות זאת, גם אם אינם יודעים להסביר היטב מדוע הדבר אפשרי.

(ה) איננו יודעים את קנה המידה של התצלום. אם היה נתון לנו גודלו של אחד העצמים שבתמונה, היינו יכולים למצוא את קנה המידה. גם בהעדר נתון כזה אפשר להשלימו; מדובר בכדור גולף שיש לו תקן שקל לבררו באינטרנט, שם מוצאים כי התקן לכדור גולף הוא "לא פחות מ-42.67 מ"מ". אפשר להותיר את