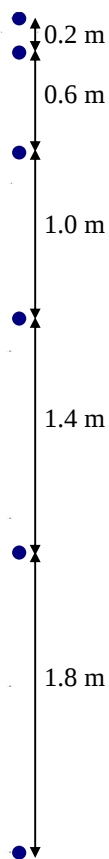


נפילה אנכית



הסדירות בהעתקים העוקבים: הסרטוט משמאל מתאר את תנועתו של גוף שמשוחרר ממנוחה ונופל חופשית. הסימונים מייצגים את מקום הגוף במרווחי זמן זהים של חמישית שנייה (0.2 s). במרווח הזמן הראשון גדל ההעתק הוא 0.2 m (20 ס"מ). במרווח הזמן השני ההעתק הוא פי 3. במרווח הזמן השלישי ההעתק הוא פי 5 מזה שבמרווח הזמן הראשון. במרווח הזמן הבא ההעתק הוא פי 7 מזה שבמרווח הזמן הראשון, וכן הלאה. גלילאו הבחין בסדרה הזאת, שהיא **סדרת המספרים האי זוגיים**.

הסדירות במהירויות בקטעים העוקבים: בכל קטע אפשר לחשב את המהירות הרלוונטית לאותו קטע, על ידי חלוקת ההעתק בזמן. זוהי מהירות ממוצעת לאותו קטע, שהרי המהירות משתנה גם במהלך פרק הזמן הקצר הזה. המהירות הממוצעת בקטע הראשון מתקבלת מחלוקה של גדול ההעתק (0.2 m) בפרק הזמן (0.2 s) והיא 1 m/s. בקטע השני המהירות הממוצעת היא 3 m/s. בקטע השלישי המהירות הממוצעת היא 5 m/s, וכן הלאה. בכל חמישית שנייה המהירות הממוצעת גדלה ב-2 m/s. בכל שנייה המהירות הממוצעת גדלה ב-10 m/s. התאוצה היא, אפוא, 10 m/s^2 . **נפילה חופשית היא תנועה בתאוצה קבועה.**

מהירות רגעית: עסקנו קודם במהירות ממוצעת. כך למשל, בקטע הראשון המהירות הממוצעת הייתה 1 m/s. כזכור, הכדור יצא ממנוחה. כלומר, ממש בתחילת הדרך לא הייתה לו מהירות. במהלך פרק הזמן הראשון המהירות גדלה בקצב קבוע מ-0 עד ל-2 m/s. בממוצע המהירות הייתה 1 m/s .

ההבחנה בין מהירות ממוצעת למהירות רגעית אינה פשוטה ללומד המתחיל. מהירות ממוצעת היא עניין מובן יחסית. מהירות רגעית היא עניין סבוך יותר. עלינו להסביר לתלמיד כי גם אם נחלק את מרווח הזמן הראשון לעשרה חלקים נגלה כי המהירות הממוצעת ($\Delta x / \Delta t$) הולכת וגדלה בכל קטע זמן חלקי. המהירות ברגע מסוים (מהירות רגעית) משקפת את מה שהיינו מקבלים אם יכולנו לחשב את המהירות הממוצעת בפרק זמן קטן מאוד (מאוד).²

זמן הנפילה: לצורך הדיון נבחר בציר שראשיתו בנקודה שבה גוף שוחרר ממנוחה וכיוון הציר הוא כלפי מטה. איזה מרחק (בבחירה שלנו המרחק הוא y) נופל גוף שמשוחרר ממנוחה במשך פרק זמן כלשהו (שנסמן אותו ב-t)? נחשב זאת.

הקשר בין המרחק לזמן הוא $y = \bar{v}t$ (כאשר $\bar{v}$ היא המהירות הממוצעת $\Delta x / \Delta t$). מצד שני ראינו כי המהירות הממוצעת מתחילה הנפילה ועד לסוף פרק הזמן היא הממוצע בין המהירות ההתחלתית (אפס) לבין המהירות הרגעית הסופית (v), ולכן: $\bar{v} = v / 2$. מכאן: $y = \bar{v}t = vt / 2$.

המהירות כעבור זמן t היא תוספת המהירות במשך זמן t מרגע היציאה ממנוחה, כלומר $v = gt$. נציב זאת בביטוי ל-y ונקבל:

$$y = \frac{1}{2}gt^2$$

הצגנו כאן הוכחה כללית של הנוסחה מתוך שימוש בפרמטרים. זה עשוי להיות קשה לחלק מן התלמידים. אפשר להתחיל עם דוגמה מספרית ואז לעבור לחישוב הפרמטרי.

שאלות כמותיות: הנוסחה $y = gt^2 / 2$, מאפשרת לנו להביא תלמידים להתנסות בשימוש בכלי מתמטי לניתוח תרחישים וחישוב תוצאות כמותיות. אפשר להתחיל בשאלות שבהן שניים מן הגדלים y, g ו-t נתונים ויש לחשב את השלישי, ולהמשיך בשאלות מורכבות יותר. ראו דוגמאות כאלה בסוף היחידה.³

¹ זה נכון אם התאוצה קבועה.

² המהירות הרגעית היא הגבול של המהירות הממוצעת כאשר מרווח הזמן שואף לאפס. לא נעסוק במושג הגבול בחטיבת הביניים.

³ יש לשים לב שמדובר בבעיות שבהן הגוף משוחרר ממנוחה. בעיות מורכבות יותר של תנועה אנכית בהשפעת הכובד (שבהן יש גם מהירות התחלתית) יידונו בחטיבה העליונה. ההתנסות הנוכחית היא מעין מדרגה לקראת החטיבה העליונה.