

תנועה לאורך קו ישר

גרף מהירות-זמן



Image courtesy of Master isolated images / FreeDigitalPhotos.net

▶ תנועה קצובה היא תנועה שבה גוף עובר העתקים שווים בפרקי זמן שווים.

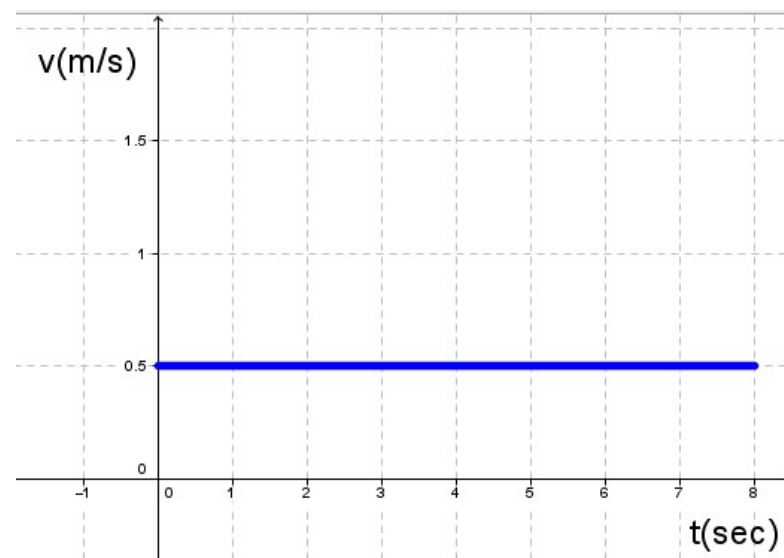
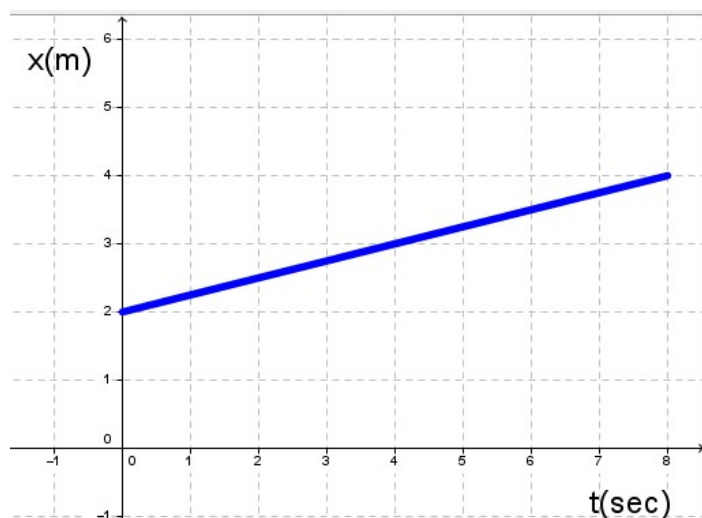
▶ פונקציית מקום זמן בתנועה קצובה: $x(t) = x(0) + v \cdot t$

▶ בתנועה שוות מהירות, גרף מהירות-זמן הוא קו ישר, המקביל לציר הזמן.

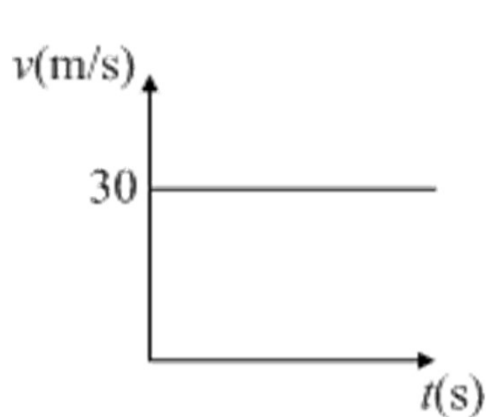
▶ השטח התחום בין עקומת מהירות-זמן לבין ציר הזמן בתנועה שוות מהירות מבטא את ההעתק.

▶ בתנועה שוות מהירות למקוטעין סכום "שטחי" המלבנים ש"מתחת" לגרף בחלקי התנועה השונים,

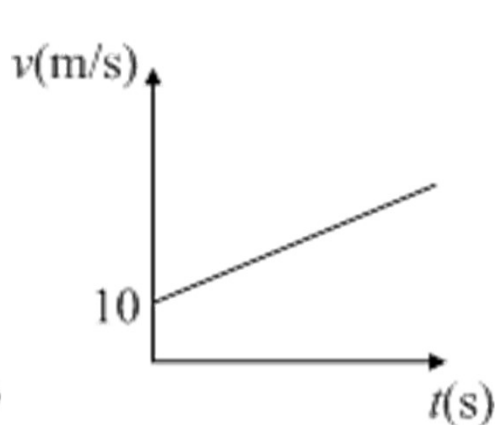
שווה להעתק הכולל Δx .



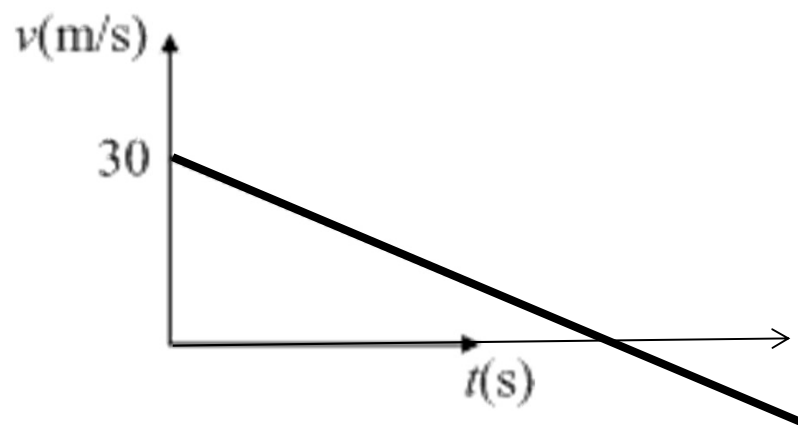
שלושת התרשימים הבאים מתארים גרף מהירות-זמן של שלושה גופים הנעים בקו ישר. בחרו את הכיוון ימינה ככיוון החיובי, ותארו את התנועה של כל אחד מהגופים. התייחסו לסוג התנועה (קצובה או משתנה), כיוון התנועה והשינוי במהירות (מוגברת או מואטת).



a



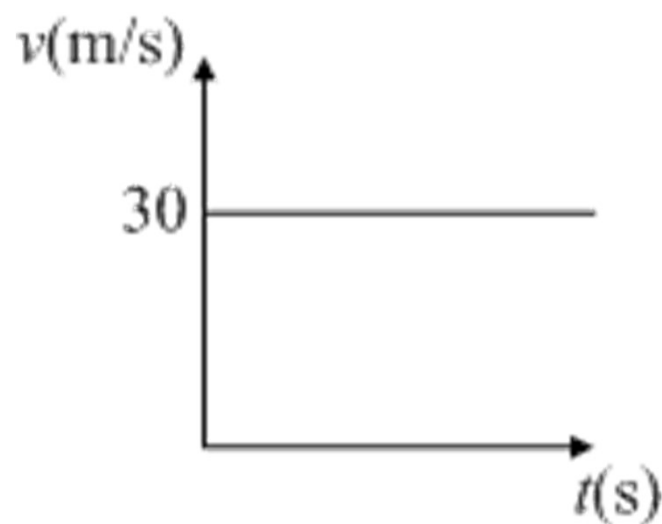
b



c

פתרון לתרגיל 1 (א)

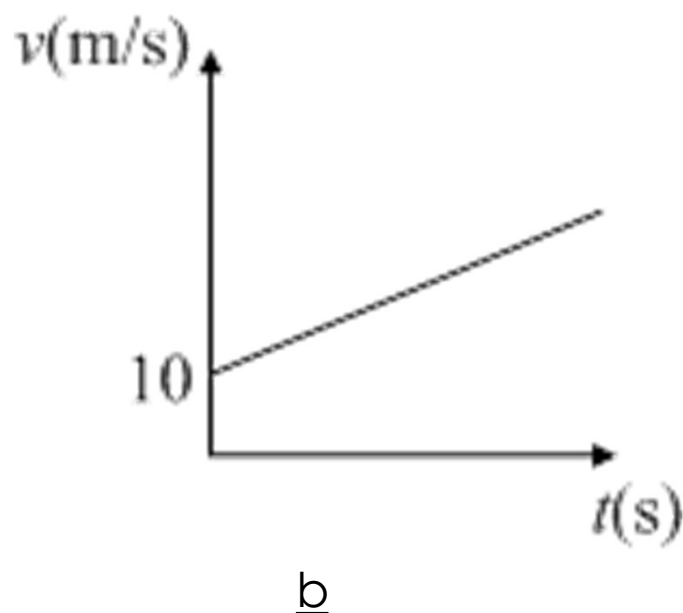
- ◀ גוף a נע בתנועה קצובה, וזאת משום ששיפוע הגרף מהירות-זמן המתאר את תנועתו הוא 0.
- ◀ מהירותו של הגוף שווה ל- 30 [m/s] .
- ◀ מאחר שמהירותו חיובית, הגוף נע ימינה.



a

פתרון תרגיל 1 – (b)

- ◀ גוף b נע במהירות משתנה משום שגרף המהירות-זמן שלו הוא קו ישר בעל שיפוע שונה מ-0.
- ◀ הגוף נע ימינה, משום שמהירותו בכל רגע היא חיובית. הואיל ושיפוע הגרף הוא קבוע וחיובי והמהירות ההתחלתית חיובית ניתן לראות שמהירות הגוף גדלה בקצב קבוע.



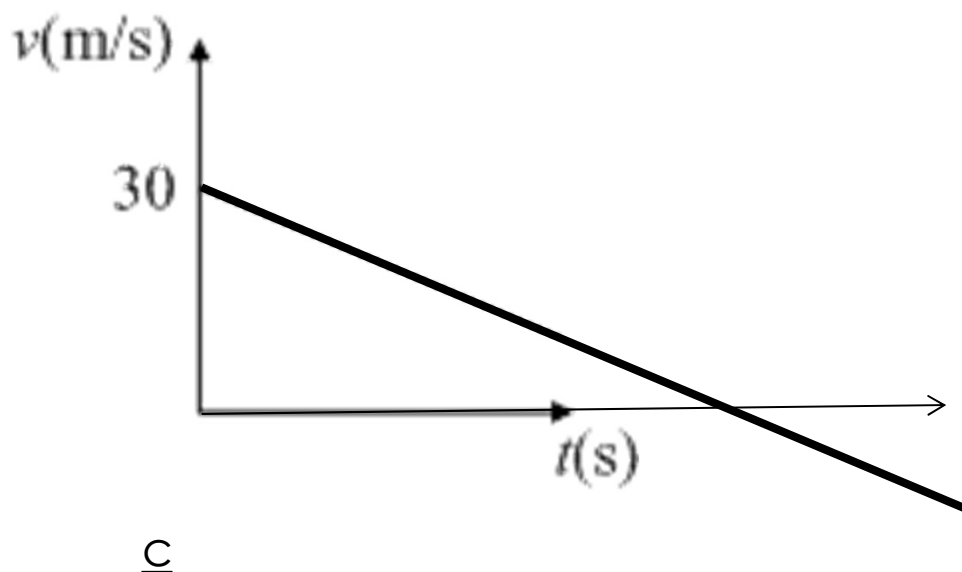
◀ גוף c נע במהירות משתנה משום שגרף המהירות-זמן שלו הוא קו ישר בעל שיפוע שונה מ-0.

◀ כידוע מהירות חיובית מראה שהגוף נע בכיוון החיובי, ומהירות שלילית מראה שהגוף נע בכיוון השלילי של הציר. מתוך הגרף ניתן לראות שהגוף נע ימינה עד לרגע שמהירותו מתאפסת ולאחר מכן הוא נע שמאלה.

◀ משום ששיפוע הקו קבוע, הגוף נע בתאוצה קבועה.

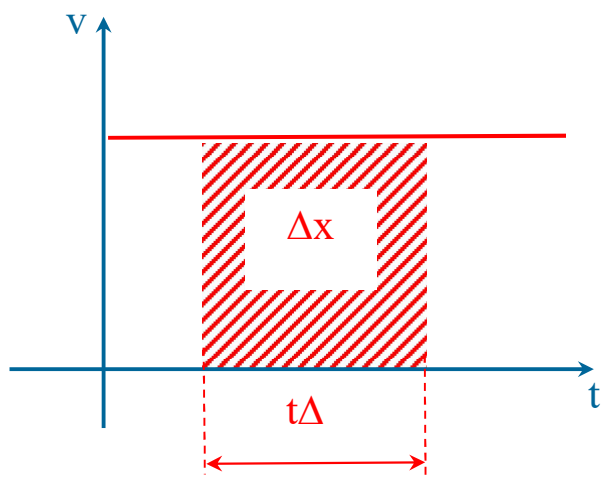
◀ מרגע $t=0$ הגוף מקטין את מהירותו בקצב קבוע עד לעצירה רגעית

ולאחר מכן הגוף מגדיל את מהירותו באותו קצב כמו קודם.



תזכורת: השטח בין גרף מהירות-זמן לציר הזמן

בתנועה שוות מהירות, הגרף של מהירות-זמן הוא קו ישר, המקביל לציר הזמן. נתעניין ב"שטח" הכלוא מתחת לגרף זה בפרק זמן Δt . כידוע שטח של מלבן שווה למכפלה של הבסיס בגובה. במקרה שלנו הבסיס שווה ל- Δt והממדים שלו הם זמן. הגובה שווה ל- v והממדים שלו הן אורך לחלק לזמן. על פי הגדרת המהירות בתנועה שוות-מהירות מתקיים הקשר $\Delta x = v \cdot \Delta t$. מכאן שהמכפלה $v \cdot \Delta t$ שווה להעתק הגוף Δx , ושווה גם ל"שטח" התחום בין עקומת מהירות-זמן לבין ציר הזמן.



**ה"שטח" התחום בין עקומת מהירות-זמן לציר הזמן
בתנועה שוות מהירות מבטא את השינוי במיקום הגוף (ההעתק).**

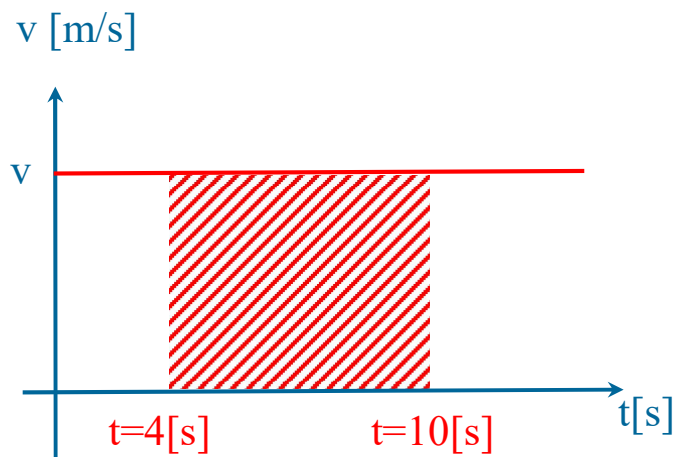
תרגיל 2 (נסו לפתור בעצמכם)

לפניכם גרף מהירות-זמן של תנועת ילדה. ברגע $t=0$ הילדה הייתה בנקודה ששיעורה $x_0=18[m]$. השטח התחום בין עקומת מהירות-זמן לבין ציר הזמן מרגע $t=4[s]$ עד רגע $t=10[s]$ שווה ל- $60[m]$.

א. חשבו את מהירות הילדה v .

ב. מצאו את העתק הילדה מרגע $t=0$ עד רגע $t=12[s]$.

ג. חשבו את מקום הילדה ברגע $t=12[s]$.



תרגיל 3

נתון גרף מקום-זמן עבור חלקיק.

א- שרטטו גרף מהירות זמן עבור החלקיק.

ב- באלו זמנים חלף החלקיק ב- $x=0$?

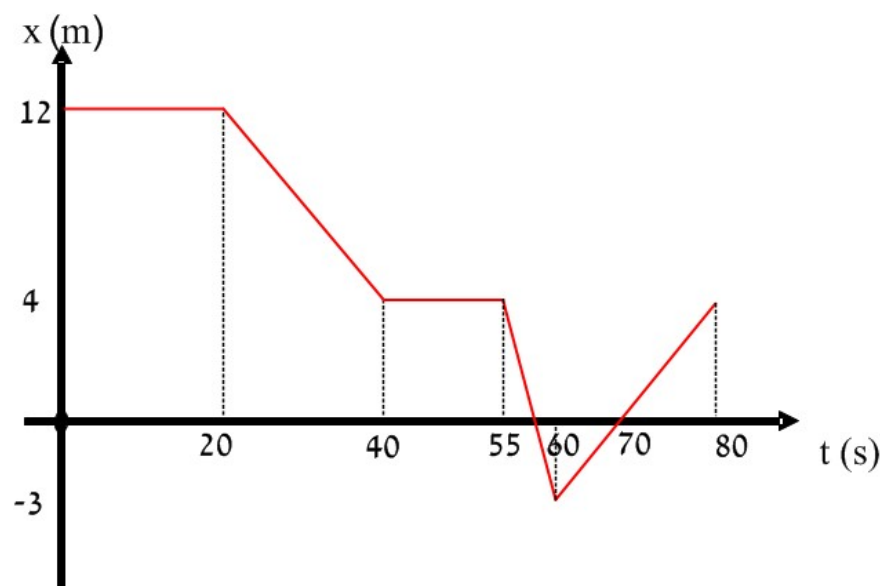
ג- מה הייתה מהירותו בזמנים אלה?

ד- על פי גרף מקום-זמן, מהי הדרך הכוללת שעבר הגוף? מהו ההעתק הכולל?

ה- בדקו תשובתכם (לגבי המרחק הכולל) בעזרת גרף המהירות-זמן ששרטטם.

ו- על פי גרף מקום-זמן, מה הייתה הממוצעת של החלקיק ב- 80 השניות של תנועתו?

ז- בדקו תשובתכם בעזרת גרף המהירות-זמן ששרטטם.



פתרון לתרגיל 3 (א)

א- שרטטו גרף מהירות זמן עבור החלקיק.

החלקיק נע מהירותו שונה מ-0 במקטעי הזמן הבאים:

– $20[s] < t < 40[s]$ ואז מהירותו:

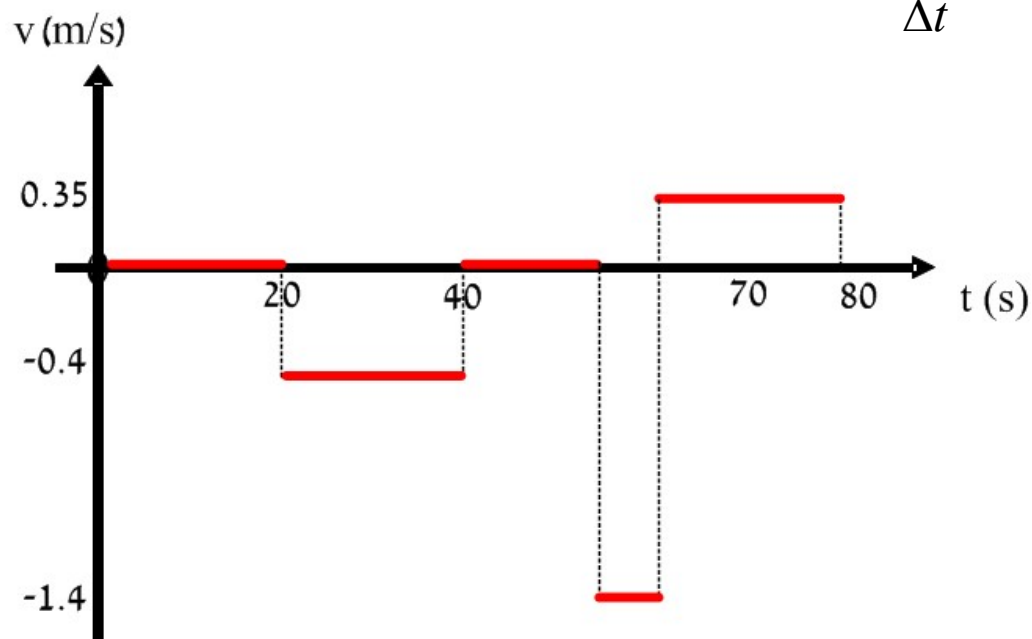
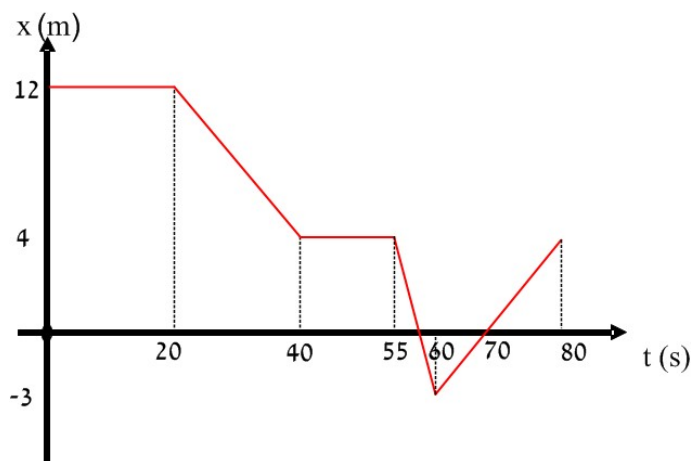
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-8[m]}{20[s]} = -0.4 \left[\frac{m}{s} \right]$$

– $55[s] < t < 60[s]$ ואז מהירותו:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-7[m]}{5[s]} = -1.4 \left[\frac{m}{s} \right]$$

– $60[s] < t < 80[s]$ ואז מהירותו:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{7[m]}{20[s]} = 0.35 \left[\frac{m}{s} \right]$$



פתרון לתרגיל 3 - סעיף ב

ב- באילו זמנים חלף החלקיק ב- $x=0$?

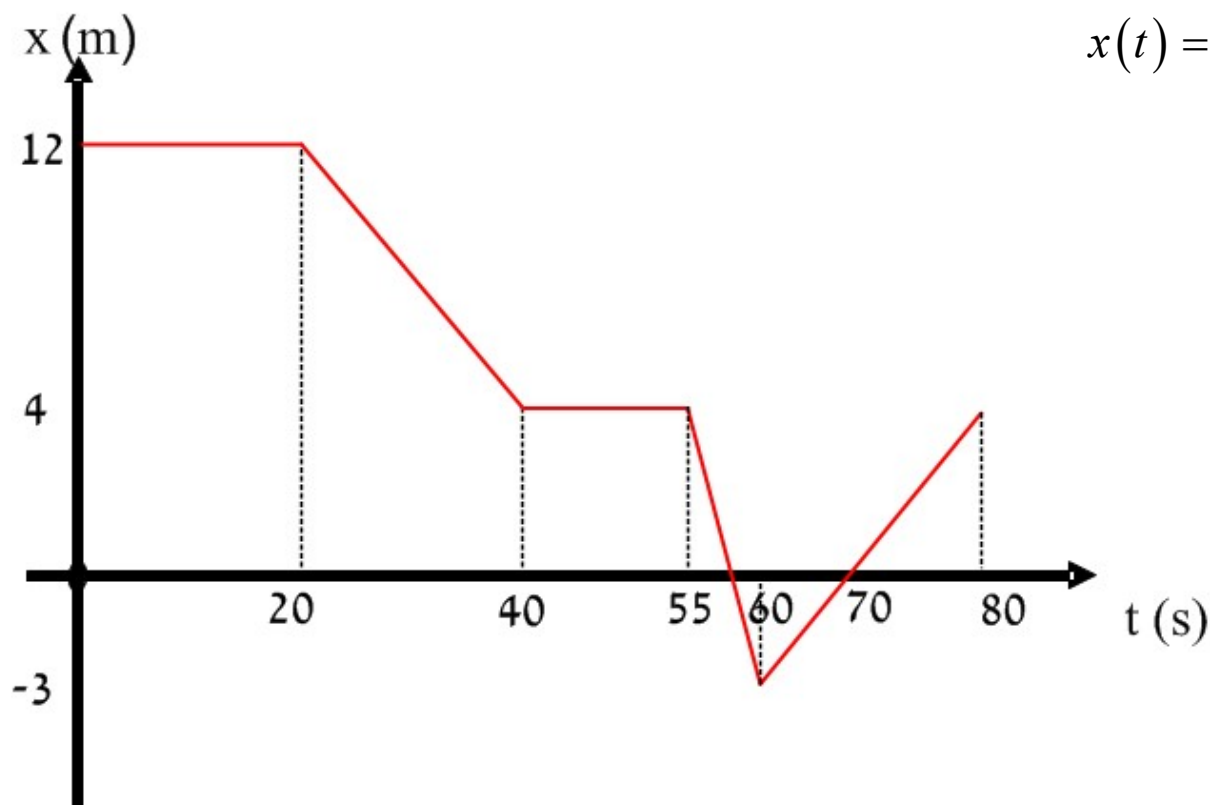
ב- $t=55[s]$ החלקיק נמצא במקום $x(55[s]) = 4[m]$. ע"פ תוצאת הסעיף הקודם, מרגע זה הוא נע במהירות קבועה $v = -1.4 \left[\frac{m}{s} \right]$. לכן, כאשר $55[s] \leq t \leq 60[s]$, פונקציית המום-זמן של החלקיק היא:

$$x(t) = 4[m] - 1.4 \left[\frac{m}{s} \right] \cdot (t - 55[s])$$

אנו מעוניינים לדעת מתי יתקיים $x=0$:

$$0 = 4 - 1.4 \cdot (t - 55)$$

$$\Rightarrow \underline{t = 57.86[s]}$$



פתרון לתרגיל 3 – סעיף ב - המשך

ב- באילו זמנים חלף החלקיק ב- $x=0$?

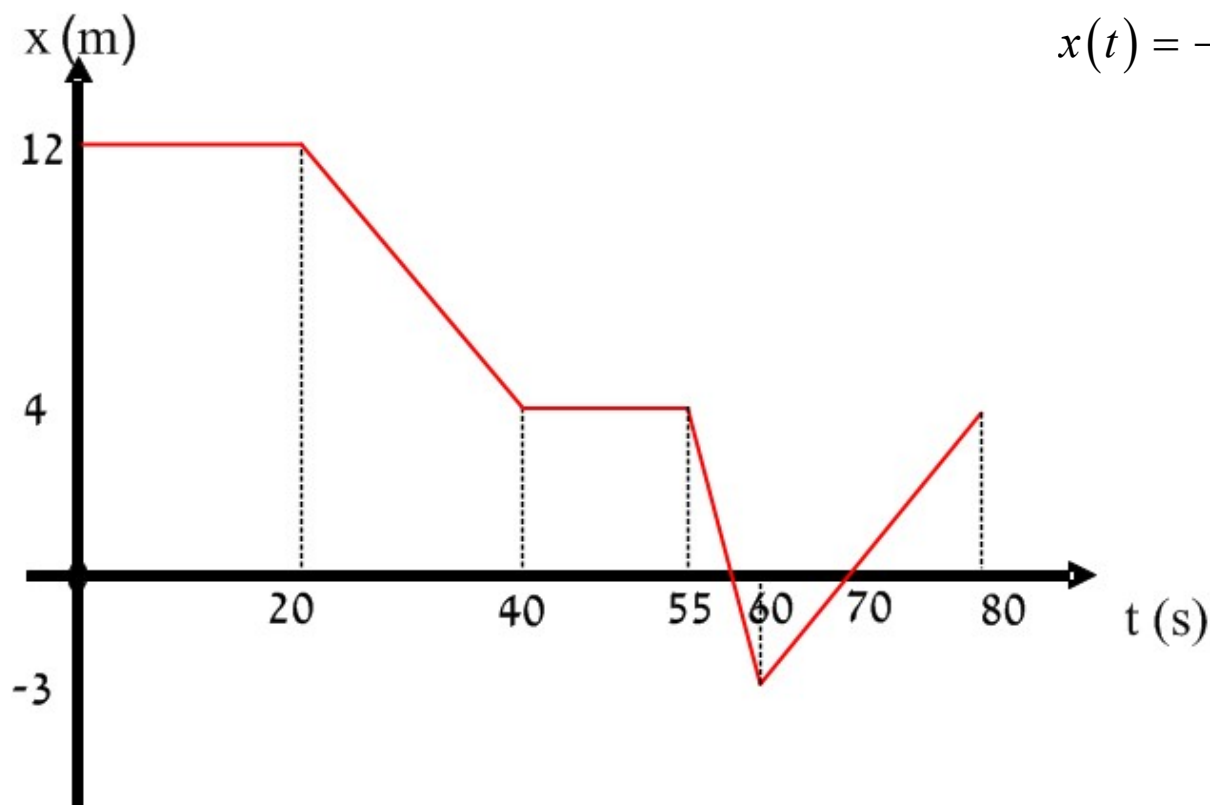
ב- $t=60[s]$ החלקיק נמצא במקום $x(60[s]) = -3[m]$. ע"פ תוצאת הסעיף הקודם, מרגע זה הוא נע במהירות קבועה $v = 0.35 \left[\frac{m}{s} \right]$. לכן, כאשר $60[s] \leq t \leq 80[s]$, פונקציית המום-זמן של החלקיק היא:

$$x(t) = -3[m] + 0.35 \left[\frac{m}{s} \right] \cdot (t - 60[s])$$

אנו מעוניינים לדעת מתי
יתקיים $x=0$:

$$0 = -3 + 0.35 \cdot (t - 60)$$

$$\Rightarrow \underline{t = 68.57[s]}$$

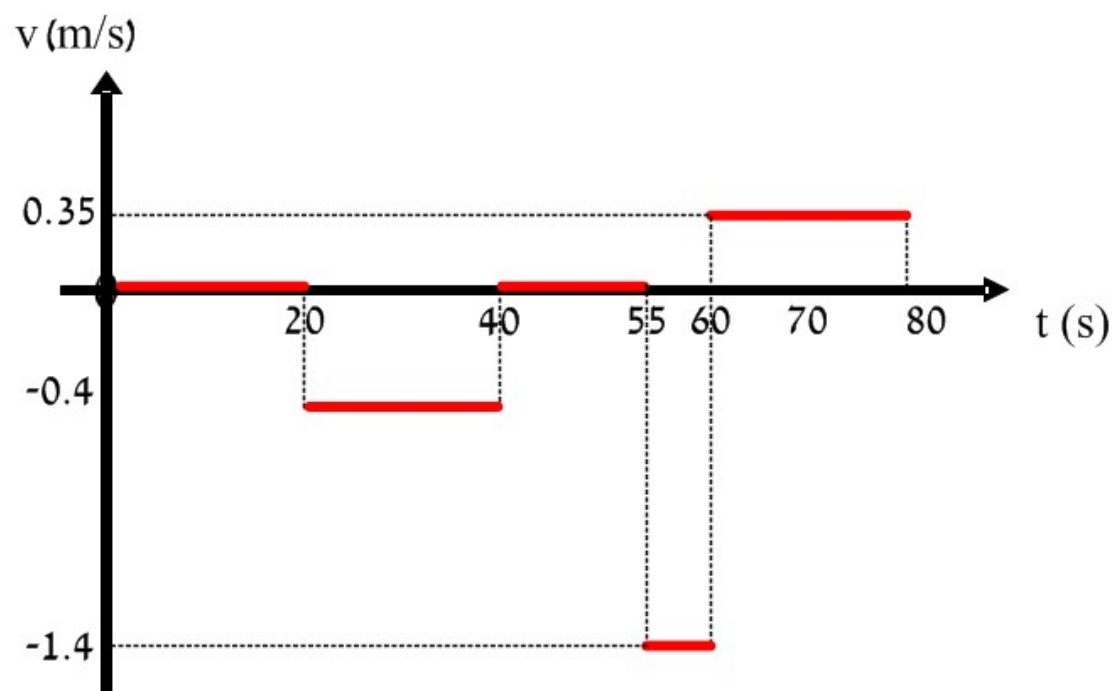


פתרון לתרגיל 3 - סעיף ג

ג- מה הייתה מהירותו בזמנים אלה?

כאשר $v = -1.4[m/s]$, $t = 57.86[s]$.

כאשר $v = 0.35[m/s]$, $t = 70[s]$.

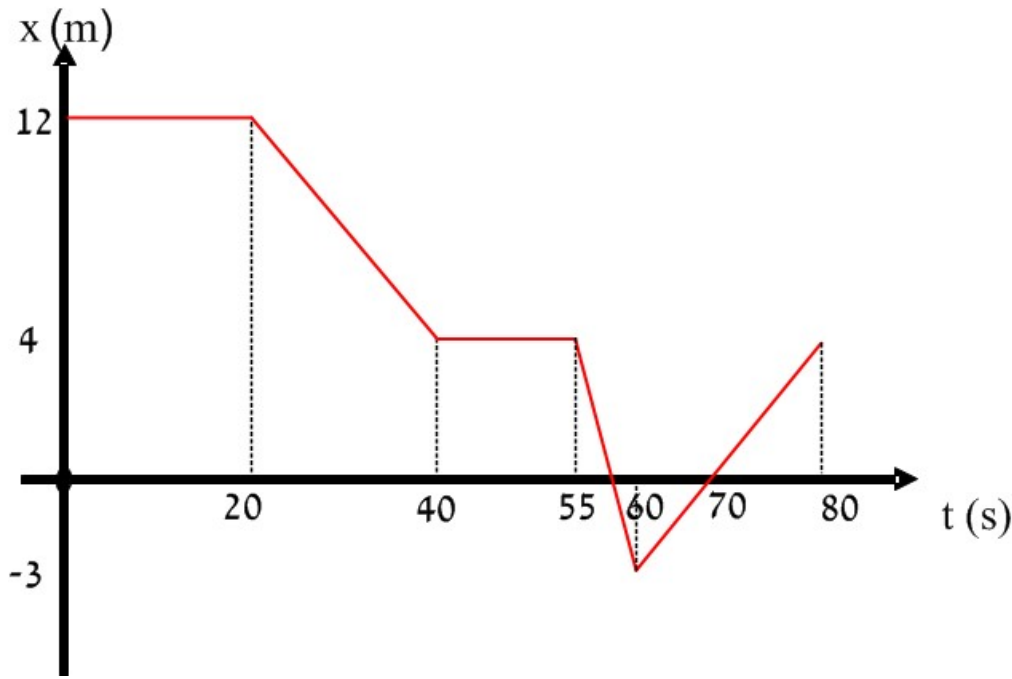


פתרון לתרגיל 3 - סעיף ד

ד- על פי גרף מקום-זמן, מהי הדרך הכוללת שעבר הגוף? מהו ההעתק הכולל?

עד הגיעו לראשונה ל- $x=0$ עבר הגוף $12[m]$ לאחר מכן עבר הגוף עוד $6[m]$ (3+3) ולבסוף עוד $4[m]$. בסה"כ עבר הגוף דרך של $22[m]$.

▶ ההעתק הכולל הינו $4-12=-8[m]$. ניזכר כי זהו ההפרש בין המיקום הסופי למיקום ההתחלתי של הגוף.



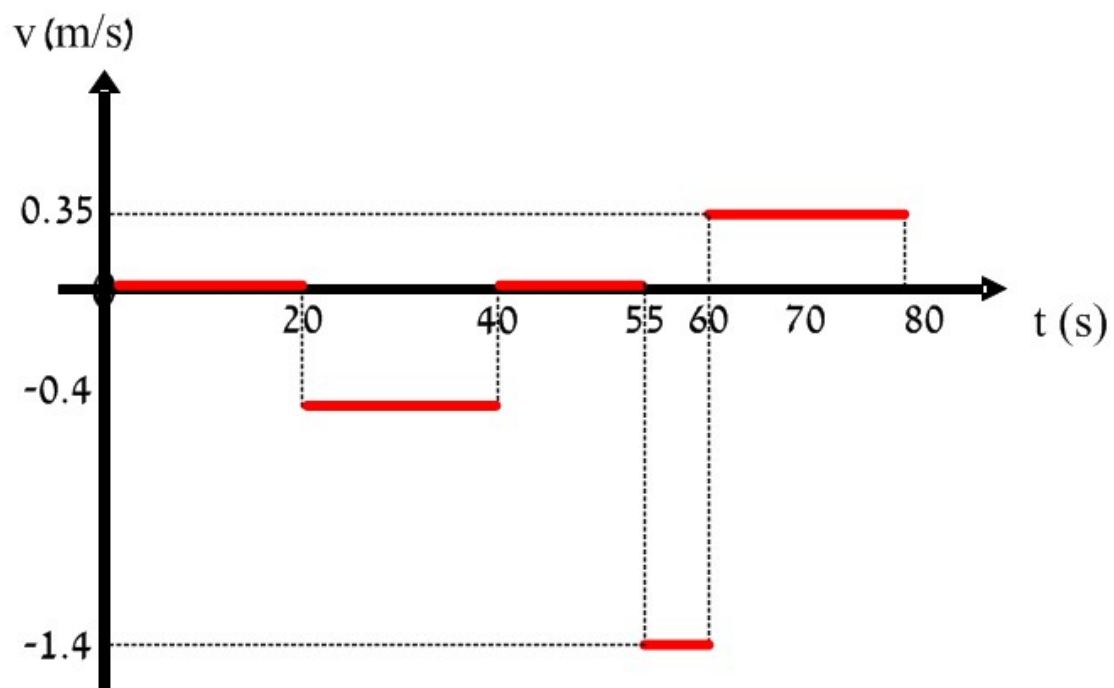
פתרון לתרגיל 3 - סעיף ה

ה- בדקו תשובתכם בעזרת גרף המהירות-זמן ששרטטם.

◀ השטח הכולל בין גרף מהירות-זמן לציר הזמן הוא:

$$20 \times (0.4) + 5 \times (1.4) + 20 \times 0.35 = 22[m]$$

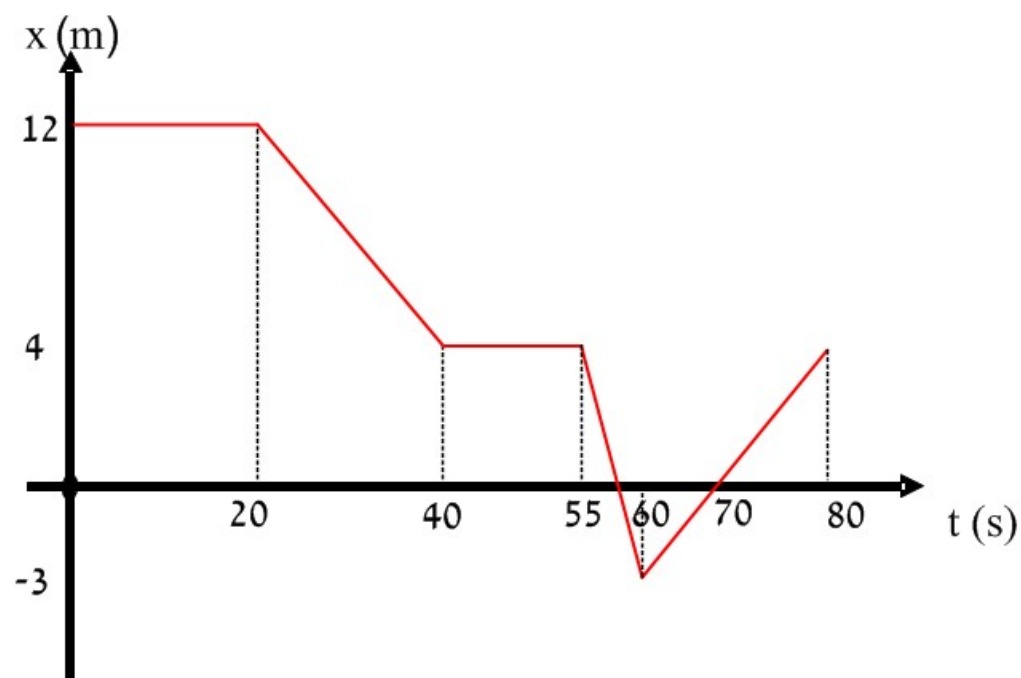
וזוהי הדרך הכוללת שעבר הגוף.



פתרון לתרגיל 3 - סעיף ו

ו- על פי גרף מקום-זמן, מה הייתה מהירותו הממוצעת של החלקיק ב- 80 השניות של תנועתו?

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4[m] - 12[m]}{80[s]} = -0.1 \left[\frac{m}{s} \right]$$



פתרון לתרגיל 3 - סעיף ז

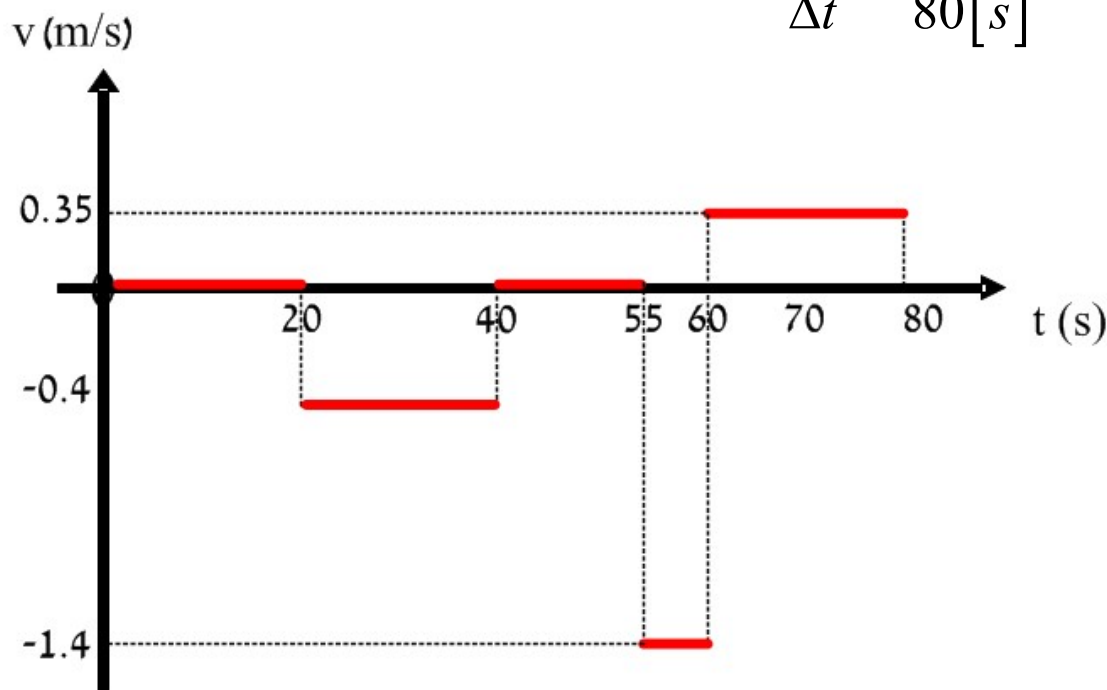
ז- בדקו תשובתכם בעזרת גרף המהירות-זמן ששרטטם.

השטח הכולל בין גרף מהירות-זמן לציר הזמן (תוך התחשבות בכיוון התנועה) הוא:

$$20 \times (-0.4) + 5 \times (-1.4) + 20 \times 0.35 = -8[m]$$

לכן, המהירות הממוצעת היא:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-8[m]}{80[s]} = -0.1 \left[\frac{m}{s} \right]$$

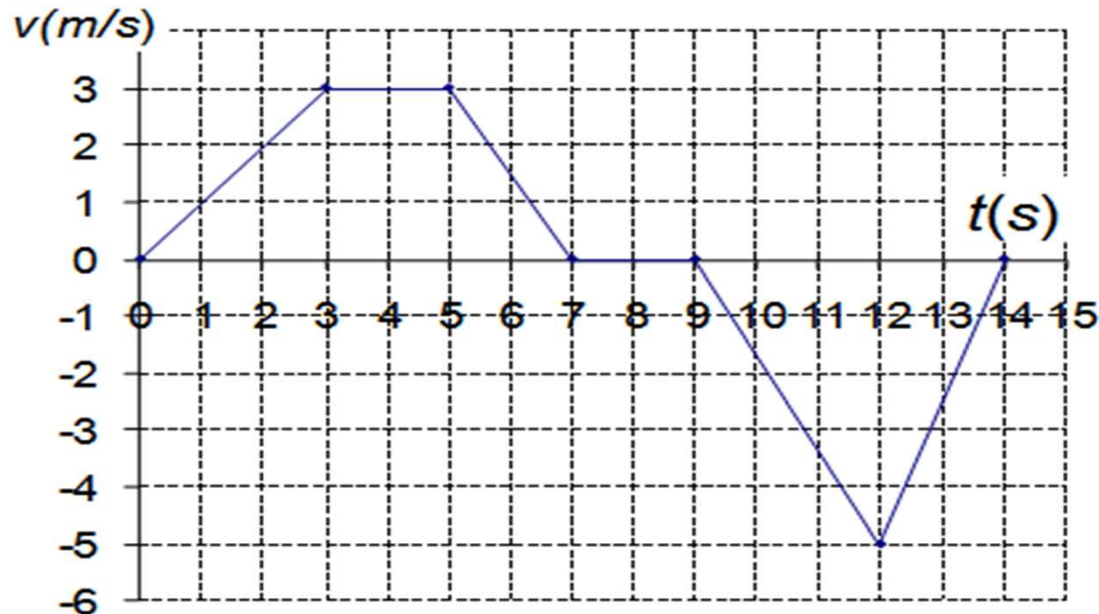


נתון גרף המתאר מהירות של מעלית כפונקציה של הזמן. בזמן $t=0$ המעלית מתחילה לעלות מקומת הקרקע.

א- תארו במילים את תנועת המעלית עבור כל אחד מהקטעים. התייחסו לכיוון התנועה, סוג התנועה (תנועה קצובה או תנועה במהירות משתנה), השינוי במהירות (מוגברת או מואטת). המהירות כלפי מעלה נחשבת חיובית.

ב- חשבו את הגובה המירבי אליו הגיעה המעלית.

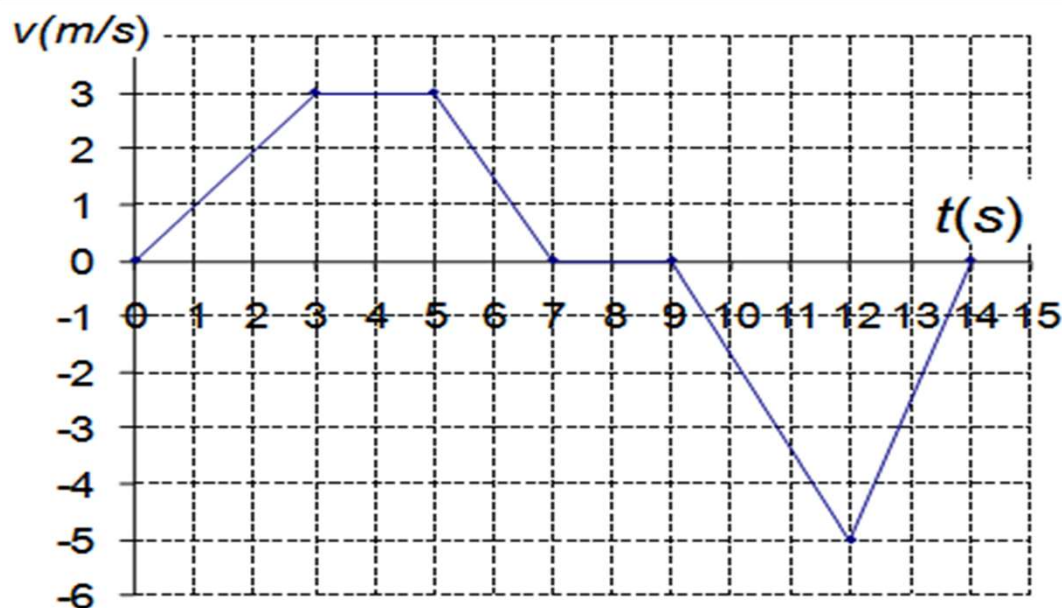
ג- האם במהלך 14 השניות של תנועתה הגיעה המעלית בחזרה לקומת הקרקע?



פתרון לתרגיל 4 (א)

א- תארו במילים את תנועת המעלית עבור כל אחד מהקטעים. התייחסו לכיוון התנועה, סוג התנועה (תנועה קצובה או תנועה בתאוצה), כיוון התאוצה והאם הגוף מאיץ או מאט.

- ▶ במהלך 3 השניות הראשונות של תנועתה היא מגבירה את מהירותה כלפי מעלה.
- ▶ בין השנייה ה-3 לשנייה ה-5 היא נעה במהירות קבועה חיובית ($3[m/s]$), כלומר ממשיכה מעלה
- ▶ החל מהשנייה ה-5 ועד לשנייה ה-7 היא מאטה, אך ממשיכה לנוע כלפי מעלה כי מהירותה עדיין חיובית.
- ▶ בין השנייה ה-7 ל-9 היא נמצאת במנוחה.
- ▶ בין השנייה ה-9 ל-12 היא ממשיכה לנוע ומגבירה את מהירותה כלפי מטה.
- ▶ בין השנייה ה-12 ל-14 היא מאיטה את מהירותה, כלומר מתקרבת לעצירה (בשנייה ה-14).



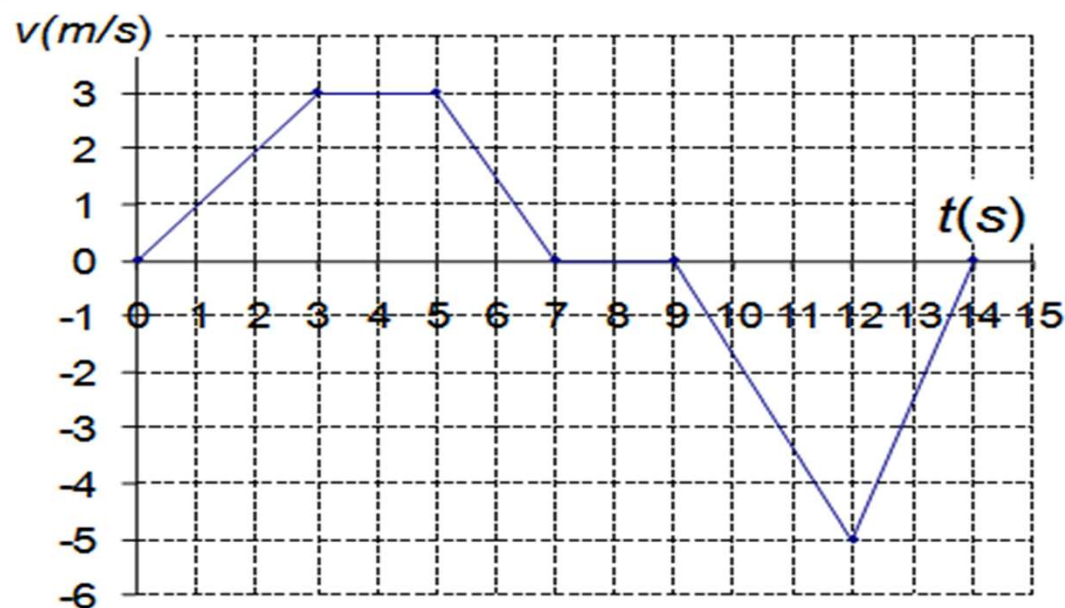
פתרון לתרגיל 4 – (ב)

ב- חשבו את הגובה המירבי אליו הגיעה המעלית.

◀ המעלית נעה כלפי מעלה בין השנייה ה-0 לשנייה ה-7. זאת ניתן לראות מהעובדה שבפרק זמן זה מהירותה של המעלית חיובית.

◀ על מנת לחשב את המרחק הכולל שעברה המעלית כלפי מעלה, נחשב את השטח שמתחת לגרף בפרק זמן זה (על פי נוסחת השטח של טרפז):

$$S = \frac{(7 + 2) \cdot 3}{2} = 13.5 [m]$$



ג- האם במהלך 14 השניות של תנועתה חזרה המעלית לקומת הקרקע?

על מנת שהמעלית תחזור לקומת הקרקע, המרחק שעברה בתנועתה כלפי מעלה (מהירות חיובית) צריך להשתוות למרחק שעברה כלפי מטה (מהירות שלילית).

המרחק שעברה כלפי מטה, במהירות שלילית, היה במשך הזמן $9[s] \leq t \leq 14[s]$.
נחשב מרחק זה בערך מוחלט (שטח משולש):

$$S = \frac{5 \cdot 5}{2} = 12.5[m]$$

המרחק שעברה המעלית כלפי מעלה

היה $13.5m$ כפי שחישבנו בסעיף הקודם.

לכן המעלית לא חזרה לקומת הקרקע,

אלא נותרה בקומה גבוהה יותר.

