# קורס בפיזיקה לכיתה יא

## פרק 17

# גלים חד ממדיים

גלים ..... 1

# גלים:

## שאלות:

**1) תרגול גל 1**

פולס נע ימינה בחבל.

מתוארת צורתו בשני זמנים שונים:




א. מה משרעת הפולס?

ב. מה מהירות התקדמותו?

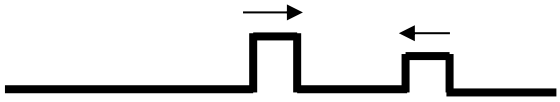
ג. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה A ברגע $t=0$?

ד. מה כיוון תנועת החלקיק בחלק שנמצא בנקודה B ברגע זה?

**2) תרגול גל 2**

מציירים בחבל שתי הפרעות כמתואר בתרשים: $v=10\frac{cm}{sec}$.

שרטט את החבל בזמנים הבאים:



א. $t=8sec$

ב. $t=16sec$

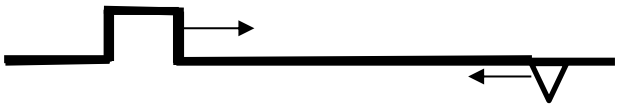
ג. $t=18sec$

ד. $t=22sec$

**3) תרגול גל 3**

בחבל מייצרים שתי הפרעות שונות בשני קצותיו שמתקדמות אחת לקראת השנייה, כמתואר בתרשים: $v=0.5\frac{cm}{sec}$.

שרטט את צורת החבל בזמנים הבאים:



א. $t=8sec$

ב. $t=12sec$

ג. $t=13sec$

ד. $t=16sec$

**4) תרגול גל 4**

פולס משולש נע בחבל ומגיע לקצהו. שרטט את החבל + הפלוס במקרים הבאים:

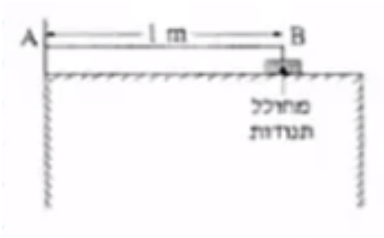
א. קצה החבל קשור לקיר.

ב. קצה החבל מולבש על טבעת חופשיה למנוע על פני ציר שעובר דרכה.

ג. קצה החבל קשור לחבל כבד יותר.

ד. קצה החבל קשור לחבל קל יותר.

**5) תרגול גל עומד**




חוט AB, שאורכו 1m, קשור בקצהו B למחולל תנודות,
ובקצהו A למוט קבוע (ראה תרשים).
כאשר תלמיד מפעיל את מחולל התנודות,
נוצר בחוט AB גל, שמוחזר מהקצה A.
התלמיד מגדיל ברציפות את תדירות מחולל התנודות
ורושם את התדירויות בכל פעם שנוצר בחוט AB גל עומד.
תוצאות הניסוי רשומות בטבלה שלפניך:

| f - תדירות התנודות $(\text{Hz})$ | צורת הגל העומד | $\lambda(\text{m})$ | $\frac{1}{\lambda}(\text{m}^{-1})$ |
|---|---|---|---|
| 24<br>45<br>67<br>88 |  | | |

התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

א. העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה את אורך הגל $\lambda$, לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט?

ב. רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך $\frac{1}{\lambda}$ לכל אחד מארבעת הגלים,
וסרטט גרף של התדירות f כפונקציה של $\frac{1}{\lambda}$.

ג. מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של גל בחוט AB.

ד. התלמיד ממשיך להגדיל את תדירות מחולל התנודות.
מהי התדירות הראשונה (הגבוהה מ-88Hz) שייווצר בה גל עומד בחוט AB? נמק.

**6) תרגול גל מחזורי 1**

מופיעים לפניכם גרפי העתק זמן והעתק מקום של חבל מסוים.

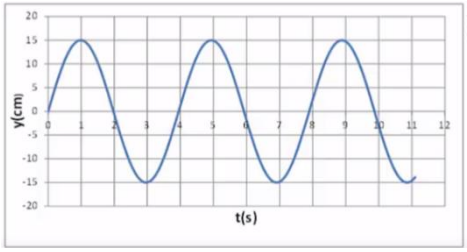
א. מהי משרעת הגל?

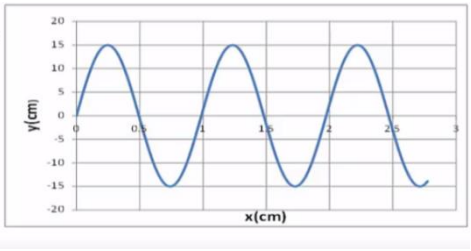
ב. מהו אורך הגל המתקדם בחבל?

ג. מה זמן המחזור של הגל?

ד. מה מהירות הגל?

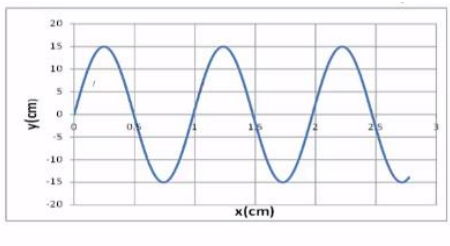
ה. לאיזה נקודה/נקודות בחבל יכול להתאים גרף ההעתק זמן (השמאלי)?

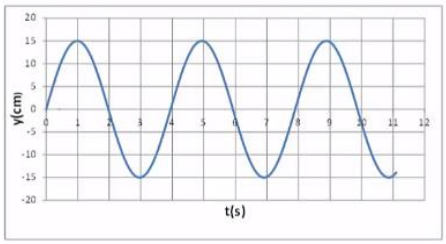


**7) תרגול גל מחזורי 2**

לפניכם גרף העתק-מקום והעתק-זמן של הגוף מהשאלה הקודמת.
מכפילים את תדירות מחולל הגלים (מקור).
שרטטו את גרף העתק-זמן והעתק-מקום החדשים.




**8) תרגול גל מחזורי 3**

לפניך שני תצלומים (נראים זהים). הימני: גל מתקדם, השמאלי: גל עומד בקהל.

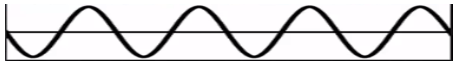
א. קבע את אורך הגל של כל אחד מהגלים בחבל.

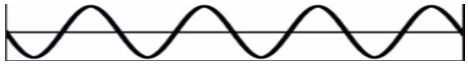
ב. שרטט את החבל $\frac{1}{4}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.

ג. שרטט את החבל $\frac{1}{2}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.

ד. בחר בכל תצלום נקודה מימין ומשמאל למשרעת, וצייר את כיוון תנועתה מיד לאחר צילום זה.

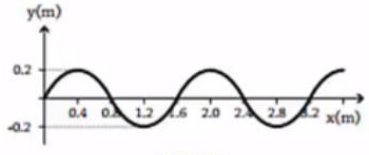
**גל מתקדם** **גל עומד**



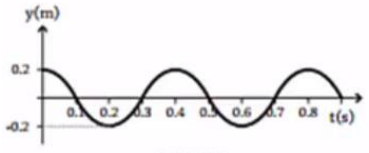


**9) בגרות גלים 2007**

בניסוי במעבדה, תלמיד קושר את הקצה הימני A של חבל אלסטי לנקודה קבועה, ומותח את החבל כך שהוא אופקי. לאחר מכן הוא מנדנד את קצהו השמאלי, B, של החבל מעלה ומטה בתנועה מחזורית. תרשים א' מציג את ההעתקים של הנקודות השונות על קטע מהחבל, כפונקציה של המקום, ברגע מסוים (לפני שהגל הגיע לקצה החבל A). ציר המקום, $x$, מצביע ימינה.
תרשים ב' מציג את ההעתק של קצה החבל B, כפונקציה של הזמן.




תרשים א



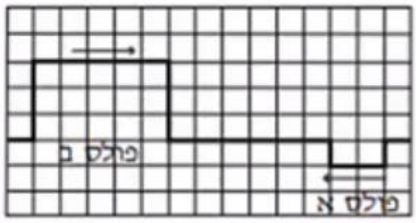

תרשים ב

א. מצא את משרעת הגל.

ב. חשב את המהירות של התפשטות הגל בחבל.

ג. בניסוי אחר שנערך עם אותו חבל ובאותם התנאים, התלמיד מנדנד את קצה החבל B, אבל הפעם בתדירות גדולה פי 2 מהתדירות הקודמת, ובמשרעת קטנה פי 2 מהמשרעת הקודמת.
ברטט גרף של ההעתקים של הנקודות השונות על קטע החבל בניסוי זה, כפונקציה של המקום, עבור רגע מסוים (לפני שהגל הגיע לקצה החבל A).

ד. בתרשים ג' מוצגים שני פולסים המתפשטים זה לקראת זה לאורך חבל אלסטי ברגע $t=0$. כל אחד מהפולסים נע במהירות של משבצת בשנייה.



תרשים ג

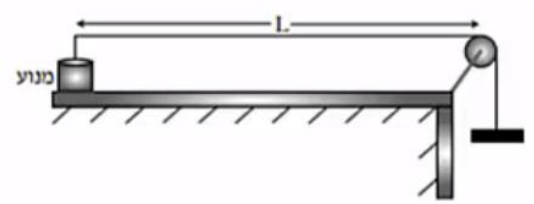
סרטט במחברתך שני תרשימים (יצג כל משבצת מתרשים ג' על ידי משבצת במחברתך): בתרשים אחד הצג את מצב החבל ברגע $t=5\sec$, ובתרשים שני הצג את מצב החבל ברגע $t=8\sec$.
הסבר את שיקוליך בקביעת מצבי החבל.

**10) בגרות גלים 2009**

רחל ערכה שני ניסויים עם חבל אלסטי אחיד.
בניסוי הראשון קשרה רחל קצה אחד של החבל האלסטי לנקודה קבועה, מתחה את החבל ונדנדה את הקצה החופשי של החבל (בכיוון מאונך לחבל) בתדירות קבועה. לאורך החבל התקדם גל.
בניסוי השני היא נדנדה את הקצה החופשי של החבל (בכיוון מאונך לחבל) בתדירות כפולה מזו שבניסוי הראשון. גם הפעם התקדם גל לאורך החבל.
בשני הניסויים מהירות ההתקדמות של הגל הייתה זהה.

א. האם אורך הגל שנוצר בניסוי השני שווה לאורך הגל שנוצר בניסוי הראשון? אם כן – נמק את קביעתך. אם לא – קבע באיזה ניסוי אורך הגל גדול יותר ופי כמה.

עידו קשר קצה אחד של חבל אלסטי למשקולת, העביר את החבל מעל גלגלת וקשר את קצהו האחר למנוע (ראה תרשים). אורך החבל שבין המנוע לבין הגלגלת הוא: $L=80\text{cm}$.




עידו הפעיל את המנוע והגדיל בהדרגה את תדירותו. בתדירויות מסוימות נוצרו לאורך החבל גלים עומדים עם מספר שונה של נקודות קמר (טבור). בכל פעם שנוצר גל עומד, רשם עידו בטבלה את המספר של נקודות הקמר ואת תדירות המנוע.

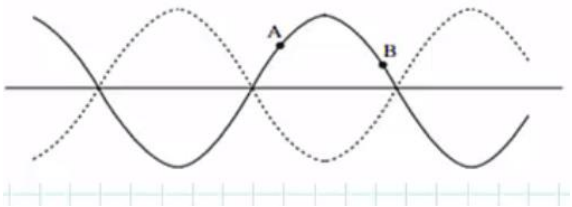
| **מספר נקודות קמר** n | **תדירות** f $(\text{Hz})$ | **אורך הגל** $\lambda$ **בחבל** $(\text{m})$ | **ההופכי של אורך הגל** $\frac{1}{\lambda}$ **בחבל** $\left(\frac{1}{\text{m}}\right)$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 16 | | |
| 2 | 35 | | |
| 3 | 50 | | |
| 4 | 65 | | |
| 5 | 80 | | |

ב. העתק את הטבלה למחברתך. חשב את הערכים המתאימים של אורך הגל $\lambda$, ושל ההופכי של אורך הגל $\frac{1}{\lambda}$, ורשום את התוצאות בעמודות המתאימות בטבלה. עגל את תוצאות החישוב עד ספרה אחת אחרי הנקודה העשרונית.

ג. סרטט גרף של ההופכי של אורך הגל $\frac{1}{\lambda}$, כפונקציה של התדירות f.

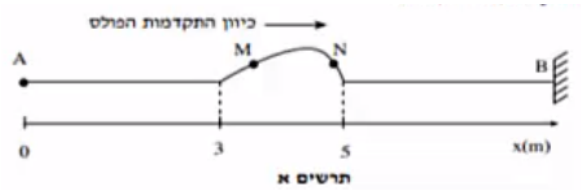
ד. חשב, על פי הגרף שקיבלת, את המהירות v של התקדמות הגל בחבל. פרט את שיקוליך במציאת המהירות.

ה. לפניך תרשים של גל עומד בחבל. מהו הפרש המופע בין שתי הנקודות A ו-B המסומנות בתרשים?



**11) בגרות גלים 2010**

תלמיד מחזיק בקצה A של חבל אלסטי אופקי מתוח, הקשור בקצהו האחר, B, לקיר. התלמיד מניע את ידו בכיוון מאונך לחבל ברגע: $t_0 = 0$. תחילה כלפי מעלה ומיד לאחר מכן כלפי מטה, עד שהיד מגיעה לנקודת המוצא ברגע: $t_1 = 0.5\sec$.
לאורך החבל נוצר פולס המתקדם ימינה. תרשים א' שלפניך מציג את מצב החבל ברגע מסוים $t_2$, וכן ציר מקום $x$.

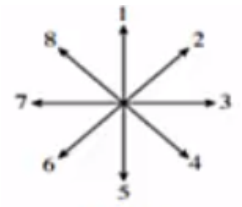


תרשים א

א. חשב את מהירות ההתפשטות של הפולס בחבל?

ב. חשב את $t_2$.

ג. על החבל מסומנות שתי נקודות M ו-N. ציין את כיוון התנועה של כל אחת משתי נקודות אלה ברגע $t_2$. באמצעות הכיוונים המסומנים בתרשים ב'.



תרשים ב

בניסוי אחר, באותו חבל, התלמיד מחבר את הקצה A למחולל תנודות, שיוצר גל רוחב מחזורי סינוסואידלי (כלומר גל שצורתו דומה לגרף הפונקציה סינוס). מתיחות החבל נשארה כמו שהייתה בניסוי הקודם.
משרעת הגל: $A = 1.4\text{cm}$ והתדירות: $f = 4\text{Hz}$.

ד. חשב את אורך הגל של הגל המחזורי הנוצר.

ה. נתון שברגע: $t = 0$ המחולל מתחיל את תנועתו כלפי מעלה.

i. סרטט את צורת הגל (העתק, $y$, של הנקודות כפונקציה של מיקומן, $x$) ברגע $t = \frac{T}{2}$ ( T - זמן המחזור).

ii. סרטט את צורת הגל (העתק, $y$, של הנקודות כפונקציה של מיקומן, $x$) ברגע $t = T$.

ו. הקצה הימני B של החבל קשור, לכן נקודה B נמצאת כל הזמן במנוחה. הסבר, בעזרת עקרון הסופרפוזיציה, כיצד מעובדה זאת נובע שהגל המוחזר מהקיר הוא "הפוך" ביחס לגל הפוגע.

**12) בגרות גלים 2013**

כאשר פורטים על מיתר מתוח של גיטרה, נוצרים גלי רוחב המתקדמים על המיתר.

א. הסבר בקצרה מהו ההבדל בין גלי רוחב לגלי אורך. הבא דוגמה לכל אחד מסוגי הגלים.

ב. על מיתר מתוח יוצרים גלים בתדירות: $f = 500Hz$. מהירות ההתקדמות של הגלים על המיתר היא: $400\frac{m}{sec}$.
חשב את אורך הגל של הגלים.

כאשר שני הקצוות של המיתר המתוח (המתואר בסעיף ב') קבועים במקומם, מתרחשת סופרפוזיציה של הגלים הנעים על המיתר עם גלים המוחזרים מהקצוות. בעקבות זאת נוצר על המיתר גל עומד שבו שני הקצוות הם נקודות צומת (מינימום), ומרכז המיתר הוא נקודת קמר (מקסימום) יחידה.

ג. חשב את אורך המיתר.

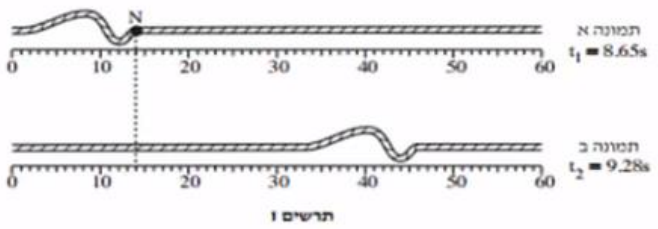
ד. הגדילו את התדירות של הגל עד שנוצר שוב גל עומד.

i. חשב מהי תדירות זו.

ii. כמה נקודות צומת התקבלו על המיתר (כולל הקצוות)?

**13) בגרות גלים 2014**

בתרשים 1 מוצגות שתי תמונות של חבל, שלאורכו מתקדמת הפרעה (פולס).
בתמונה א' מוצגת ההפרעה ברגע: $t_1 = 8.65\sec$, ובתמונה ב' מוצגת ההפרעה ברגע: $t_2 = 9.28\sec$.



תרשים 1

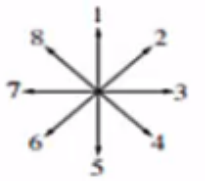
א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מהו כיוון ההתקדמות של ההפרעה (ימינה, שמאלה, מעלה או מטה)?

ii. מהו סוג ההפרעה (אורכית, רוחבית או אחרת)? נמק.

ב. היעזר בתרשים 1 וחשב את מהירות ההתקדמות של ההפרעה.

ג. N היא נקודה על החבל. קבע איזה מבין החצים המסומנים בתרשים 2 מתאר נכון את כיוון התנועה של הנקודה N, רגע לאחר $t_1$.



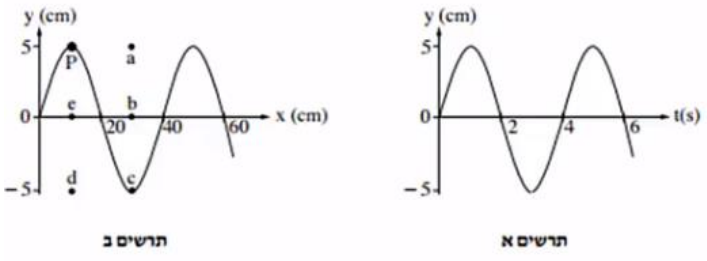
תרשים 2

ד. קצה החבל קשור בנקודה קבועה למוט אנכי שאינו נראה בתמונות. ההפרעה מתקדמת לאורך החבל לעבר קצהו הקשור, והיא חוזרת לכיוון שהגיעה ממנו. כאשר ההפרעה חוזרת היא מתהפכת בכיוון מעלה-מטה. סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת.

ה. במקרה אחר קצה החבל קשור לטבעת החופשייה לנוע מעלה-מטה לאורך המוט האנכי. סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת במקרה זה.

**14) בגרות גלים 2015**

שני התרשימים שלפניך מתארים גל מחזורי שמתקדם לאורך חבל מתוח.



תרשים ב — תרשים א

א. היעזר בתרשימים ומצא את הגדלים האלה:

i. משרעת (אמפליטודת) הגל.

ii. תדירות הגל.

iii. אורך הגל.

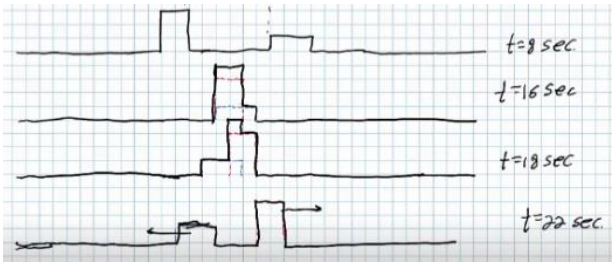
ב. חשב את המהירות של התקדמות הגל לאורך החבל המתוח.

ג. על החבל מסומנת נקודה בצבע שחור (נקודה P שבתרשים ב׳).
קבע באיזו נקודה (מן הנקודות a, b, c, d, e המסומנות בתרשים ב׳) תהיה נקודה P, כעבור 2 שניות מהרגע המתואר בתרשים. נמק.

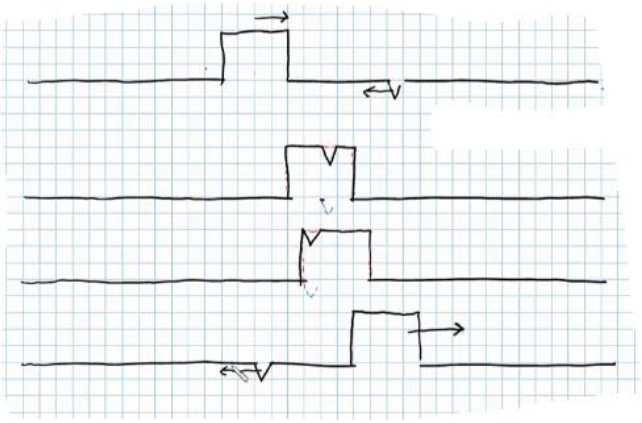
## תשובות סופיות:

**1)** א. $A = 0.3m$ ב. $V = 0.2\frac{m}{sec}$ ג. למעלה. ד. למטה.

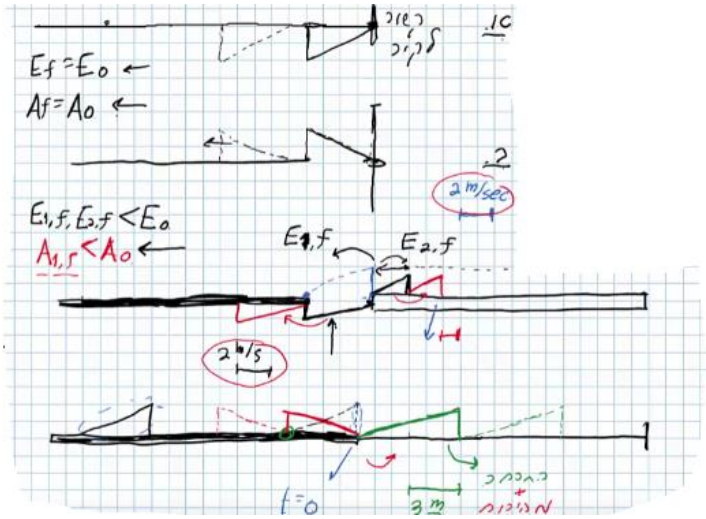
**2)**




**3)**

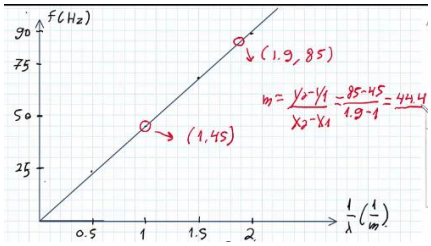


**4)**



**5)** א.

| $\frac{1}{\lambda}\left(\mathrm{m}^{-1}\right)$ | $\lambda\left(\mathrm{m}\right)$ | צורת הגל העומד | f - תדירות התנודות $\left(\mathrm{Hz}\right)$ |
|---|---|---|---|
| 0.5 | 2 |  | 24 |
| 1 | 1 |  | 45 |
| 1.5 | $\frac{2}{3}$ |  | 67 |
| 2 | $\frac{1}{2}$ |  | 88 |

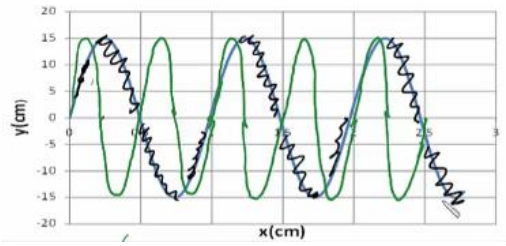
ב. 


ג. $f = v\frac{1}{\lambda}$ ד. $f = 111\mathrm{Hz}$

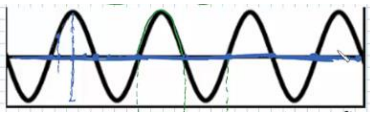
**6)** א. $A = 0.15\mathrm{m}$ ב. $\lambda = 1\mathrm{m}$ ג. $t = 4$ ד. $v = 25\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}}$

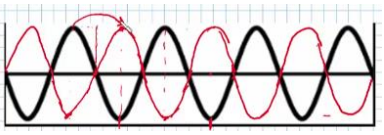
ה. $(0.5,0)$ , $(1.5,0)$ , $(2.5,0)$

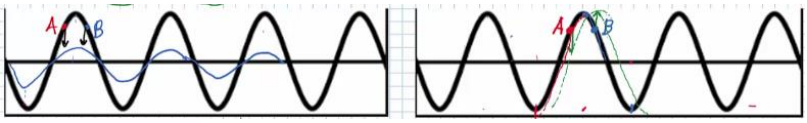
**7)** הגל הירוק בשרטוט :

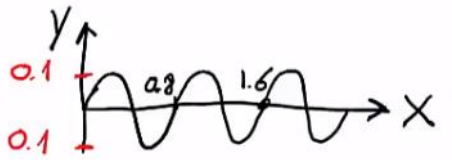


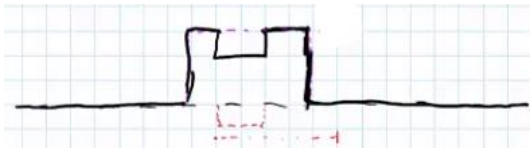

**8)** א. מתקדם : $\lambda_1 = 80\mathrm{cm}$ , עומד : $\lambda_2 = 80\mathrm{cm}$.

ב. 

ג. 

ד. 


**9)** א. $A = 0.2\mathrm{m}$ ב. $V = 4\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$ ג. 


ד. $t = 5\mathrm{sec}$ : 

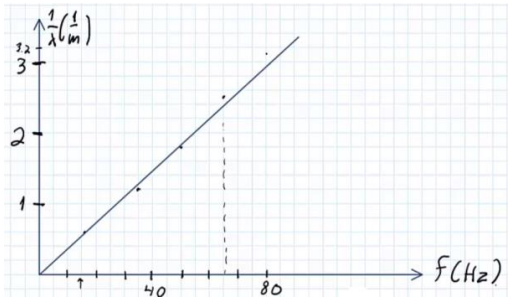
$t = 8\mathrm{sec}$ : 

**10)** א. לא, בניסוי השני $\lambda$ קטן פי 2.

ב.

| מספר נקודות קמר n | תדירות f $(\mathrm{Hz})$ | אורך הגל $\lambda$ בחבל $(\mathrm{m})$ | ההופכי של אורך הגל $\frac{1}{\lambda}$ בחבל $\left(\frac{1}{\mathrm{m}}\right)$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 16 | 1.6 | 0.6 |
| 2 | 35 | 0.8 | 1.2 |
| 3 | 50 | 0.5 | 1.8 |
| 4 | 65 | 0.4 | 2.5 |
| 5 | 80 | 0.3 | 3.1 |

ג.

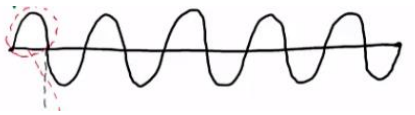



ד. $v = 27.3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$ ה. 0

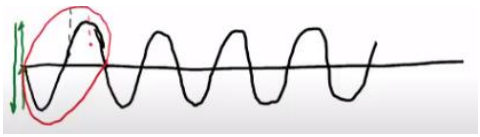
**11)** א. $V = 4\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$ ב. $t_2 = 1.25\,\mathrm{sec}$ ג. N - חץ מס' 1 – נעה למעלה,

M - חץ מס' 5 – נעה למטה. ד. $\lambda = 1\mathrm{m}$

ה.i.



ii.



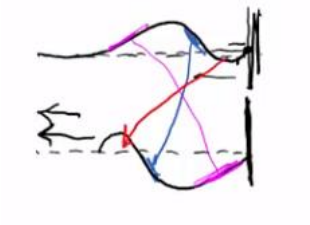
ו. ראה סרטון.

**12)** א. ראה סרטון. ב. $\lambda = 0.8\mathrm{m}$ ג. $L = 0.4\mathrm{m}$

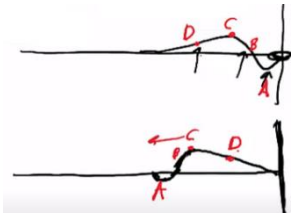
ד.i. $f = 1000\mathrm{Hz}$ ii. 3 נקודות צומת.

**13)** א.i. ימינה. ii. רוחבית. ב. $V = 50.8\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}}$ ג. חץ מס' 5.

ד.



ה.




**14)** א.i. $A = 5\mathrm{cm}$ ii. $f = 0.25\mathrm{Hz}$ iii. $\lambda = 40\mathrm{cm}$

ב. $V = 0.1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$ ג. נקודה d.