פיזיקה 3

פרק 2 - גלים

תוכן העניינים

1. גלים והתאבכות גלים 1

גלים והתאבכות גלים:

רקע:

מהירות גל מחזורי: $v = \lambda f$

λ – אורך הגל.

f – תדירות הגל.

חוק השבירה: $\frac{sin\,\theta_1}{sin\,\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

θ – הזוויות בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת **לאנך** למשטח.

n – מקדם השבירה של כל תווך.

v – מהירות הגל בכל תווך.

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים: $\ell = n\frac{\lambda}{2}$

ℓ – אורך המיתר.

n – מספר נקודות הקמר (מקס'/ מינ')

λ – אורך הגל

קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע:

$$sin\,\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n\frac{\lambda}{d}$$

θ_n – זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המקסימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

X_n – המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר n .

L_n – המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר n .

n – סדר קו המקסימום.

λ – אורך הגל.

d – המרחק בין החריצים.

קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע: $sin\,\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{d}$

θ_n – זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המינימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

X_n – המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n .

L_n – המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n .

n – סדר קו המינימום.

λ – אורך הגל.

d – המרחק בין החריצים.

נוסחת יאנג: $\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$

ΔX - רוחב פס האור

L – מרחק האנך למסך מהחריצים.

λ – אורך הגל.

d – המרחק בין החריצים.

קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה: $sin\,\theta_n = n\frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$

θ_n – הזווית למקסימום מסדר n .

d – המרחק בין שני חריצים צמודים.

N – קבוע הסריג.

קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד: $sin\,\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n\frac{\lambda}{w}$

θ_n – הזווית למינימום מסדר n .

X_n – מרחק מרכז המינימום מסדר n למרכז המקסימום המרכזי.

L_n – המרחק בין החריץ למינימום מסדר n .

w – רוחב החריץ.

שאלות:

1) תרגול גל 1

פולס נע ימינה בחבל.

מתוארת צורתו בשני זמנים שונים: $t=0$, $t=2\,\text{sec}$.

א. מה משרעת הפולס?

ב. מה מהירות התקדמותו?

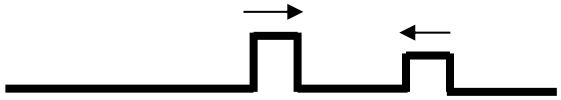
ג. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה A ברגע $t=0$?

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

2) תרגול גל 2

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

שרטט את החבל בזמנים הבאים:



א. $t=8\,\text{sec}$

ב. $t=16\,\text{sec}$

ג. $t=18\,\text{sec}$

ד. $t=22\,\text{sec}$

3) תרגול גל 3

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

שרטט את צורת החבל בזמנים הבאים:

א. $t=8\,\text{sec}$

ב. $t=12\,\text{sec}$

ג. $t=13\,\text{sec}$

ד. $t=16\,\text{sec}$

4) תרגול גל 4

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

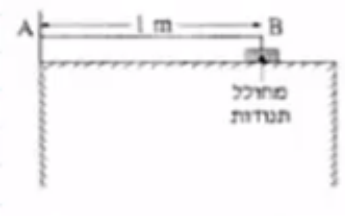
א. קצה החבל קשור לקיר.

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 (Hz)	צורת הגל העומד	$\lambda(m)$	$\frac{1}{\lambda}(m^{-1})$
24 45 67 88			

התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

א. העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה את אורך הגל λ, 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.

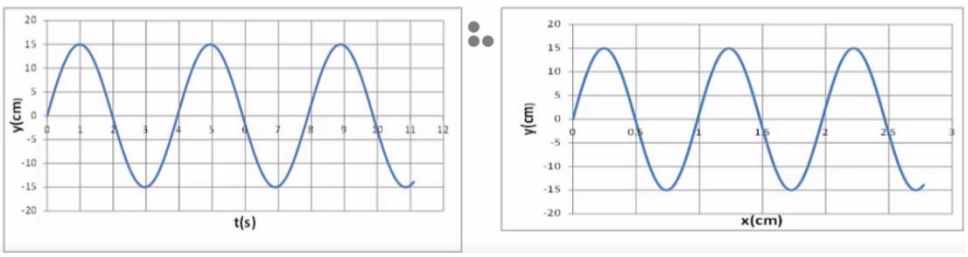
א. מהי משרעת הגל?

ב. מהו אורך הגל המתקדם בחבל?

ג. מה זמן המחזור של הגל?

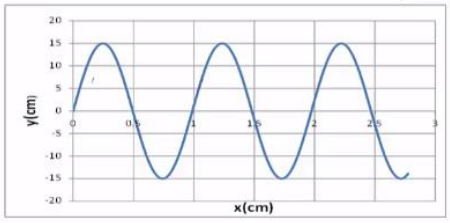
ד. מה מהירות הגל?

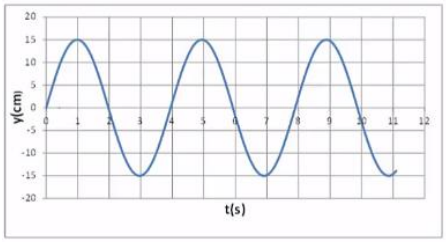
ה. לאיזה נקודה/נקודות בחבל יכול להתאים גרף ההעתק זמן (השמאלי)?



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.

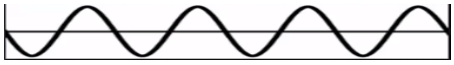
א. קבע את אורך הגל של כל אחד מהגלים בחבל.

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

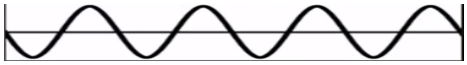
ג. שרטט את החבל $\frac{1}{2}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.

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

גל מתקדם



גל עומד



9) תרגיל 1

מהירות גל במיתר מתוח 25 מטר בשנייה. קושרים את היתר בין שני כנים שהמרחק ביניהן 3 מטר.
מניעים את המיתר בעזרת מתנד.
באיזו תדירות יש לנדנד אותו כך שייווצר בו גל עומד עם 12 נקודות צומת (כולל הקצוות)?

א. 45.8 הרץ.
ב. 70 הרץ.
ג. 8.3 הרץ.
ד. 75 הרץ.
ה. 80.7 הרץ.

10) תרגיל 2

מיתר בעל אורך 90 ס״מ קשור בשני קצותיו. כשמנדנדים אותו בתדירות 150 הרץ, נוצר בו גל עומד עם 8 נקודות צומת (כולל הקצוות).
מהירות גל במיתר הנ״ל:

א. $15.3\frac{m}{sec}$.

ב. $38.6\frac{m}{sec}$.

ג. $17\frac{m}{sec}$.

ד. $34.3\frac{m}{sec}$.

11) תרגיל 3

מנדנדים מיתר מתוח הקשור בשני קצותיו בתדירות 100 הרץ.
אורך המיתר 3 מטר. במיתר נוצר גל עומד עם 5 נקודות צומת (כולל הקצוות).
מהי מהירות הגל במיתר?

א. $150\frac{m}{sec}$.

ב. $100\frac{m}{sec}$.

ג. $330\frac{m}{sec}$.

ד. $20\frac{m}{sec}$.

ה. $340\frac{m}{sec}$.

12) תרגיל 4

מיתר של גיטרה משמיע עם הפריטה עליו צליל בתדירות של 300 הרץ. אם רוצים להפיק מהמיתר צליל בעל תדירות של 900 הרץ:

א. אין כל דרך להפיק את התדירות הנ״ל מהמיתר.
ב. יש להקטין את המתיחות במיתר פי 3.
ג. יש לקצר את המיתר פי 3.
ד. יש להאריך את המיתר פי 3.
ה. יש להגדיל את המתיחות פי 2.

13) תרגול אנרגיה ומשרעת של גל

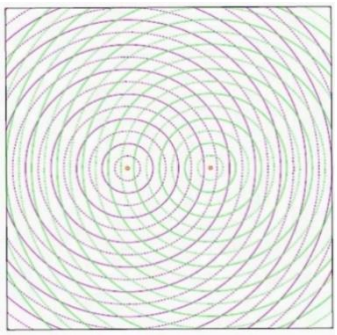
גל מעגלי מתפשט באמבט גלים. משרעתו, כשהיה מעגל ברדיוס 3cm, הייתה 1cm.

א. פי כמה תהיה קטנה האנרגיה שלו כשיתפשט לרדיוס של 15cm?

ב. מה תהיה משרעתו במצב זה?

14) התאבכות גלי מים – תרגיל 1

נתון תרשים של אמבט גלים ובו 2 מקורות בעלי אורך גל זהה ושווי מופע.
קווים רציפים מייצגים שיא בגל וקווים מקווקוים – שפל.
זהו את קווי המקסימום והמינימום בתרשים.



15) התאבכות גלי מים – תרגיל 2

נתון אמבט גלים בו 2 מקורות שהמרחק ביניהם 7 ס״מ.
המקורות מכים במים במופע זהה בתדירות 20 הרץ.
מהירות התקדמות הגלים באמבט היא 25 ס״מ לשנייה.

א. מה אורך הגל של הגלים שיוצרים המקורות?

ב. קבע, לגבי כל אחת מהנקודות הבאות: A, B, C, D בתרשים,
האם היא על קו מקסימום, על קו מינימום או נק׳ ביניים:

i. A - מרחקה מהמקור הראשון - 4 ס״מ ומהמקור השני - 2.8 ס״מ.

ii. B - מרחקה מהמקור הראשון - 5 ס״מ ומהמקור השני - 3.2 ס״מ.

iii. C - מרחקה מהמקור הראשון - 7 ס״מ ומהמקור השני - 3.4 ס״מ.

iv. D - מרחקה מהמקור הראשון - 8 ס״מ ומהמקור השני - 6.5 ס״מ.

ג. כמה קווי מקסימום וכמה קווי מינימום יופיעו באמבט?

16) שאלה 1 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים A ו-B נמצאים בנקודות $(0,0)$ ו-$(6,0)$. המקורות משדרים באורך גל של 1cm לכל הכיוונים. על ציר y מתקבלת התאבכות בונה בנקודות הבאות (המספרים בס"מ):

א. $(0,1.1)$ $(0,2.5)$ $(0,4.5)$ $(0,8)$ $(0,17.5)$.

ב. $(0,1)$ $(0,2)$ $(0,4)$ $(0,8)$ $(0,16)$ $(0,32)$.

ג. $(0,6)$ $(0,12)$ $(0,18)$ $(0,24)$ $(0,30)$.

ד. $(4,4.5)$ $(4,8)$ $(4,17.5)$ $(3,2)$.

ה. $(0,4.2)$ $(0,8.7)$ $(0,16.5)$ $(0,0)$.

ו. $(0,4.5)$ $(0,8)$ $(0,17.5)$.

17) שאלה 2 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים ושווי מופע ממוקמים בנקודות $(0,0)$ ו-$(5,0)$ (הערכים בס"מ). אורך הגל של כל אחד מהם 2 ס"מ.
היכן על ציר y תתקבל התאבכות בונה מסדר ראשון? (הערכים בס"מ).

א. $(5,2.5)$.

ב. $(0,5.25)$.

ג. $(0,6)$.

ד. $(0,2.5)$.

ה. $(0,-5.25)$.

18) שאלה 3 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים A ו-B נמצאים בנקודות $(0,5)$ ו-$(0,-5)$. בנקודה $(10,10)$ מתקבלת התאבכות בונה מסדר ראשון (כל המספרים נתונים בס"מ) אורך הגל הוא בקירוב:

א. 8.5 ס"מ.
ב. 5 ס"מ.
ג. 7.3 ס"מ.
ד. 15 ס"מ.
ה. 6.8 ס"מ.

19) שאלה 4 בהתאבכות גלי מים

באמבט גלים ממקמים שני מתנדים בשתי נקודות $(4,2)$ ו-$(7,6)$. המתנדים רוטטים בתדירות זהה ובאותו מופע. בנקודה $(10,10)$ מתקבלת התאבכות בונה מסדר שלישי.
מהו אורך הגל? (הגדלים המספריים במטרים).

א. $1.67m$.
ב. $0.62m$.
ג. $2.79m$.
ד. $6.83m$.
ה. $1.23m$.

20) התאבכות אור תרגיל 1

מאירים בלייזר בעל אורך גל 500 ננומטר לוחית בעלת 2 סדקים בעלי $d = 0.2mm$. במרחק $L = 3m$ נמצא מסך.

א. מהו רוחב פס אור כל עוד אנחנו בזויות קטנות?
ב. מהו מרחקו ממרכז התבנית של מרכז פס האור מסדר רביעי?
ג. מהו מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של קו החושך מסדר שביעי?
ד. מה מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של מרכז פס האור מסדר 200?

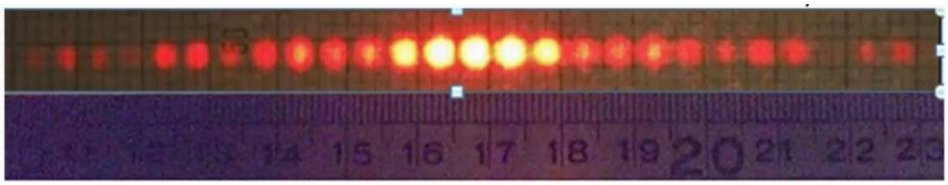
21) התאבכות אור תרגיל 2

מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל לא ידוע על לוחית ובה 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.15 מ״מ. מניחים מסך שאורכו $h = 1m$ במרחק 3 מטר מהלוחית כך שמרכז המסך בדיוק מול הסדקים. הזווית למקסימום מסדר חמישי נמדדת ושווה ל-1 מעלה.

א. מה אורך הגל של הלייזר?
ב. מה מרחקו של המינימום מסדר חמישי ממרכז המסך?
ג. כמה קווי חושך התקבלו על המסך?
ד. אם נחליף המסך במסך ארוך מאוד שיונח באותו מיקום, כמה פסי אור ייווצרו על המסך?

22) התאבכות אור תרגיל 3

לוקחים לייזר אדום בעל אורך גל לא ידוע ומציבים לפניו לוחית בעלת 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.25 מ״מ. ממקמים מסך במרחק 1.8 מטר מהלוחית.
על המסך מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה, לצד סרגל שהודבק למסך מראש.

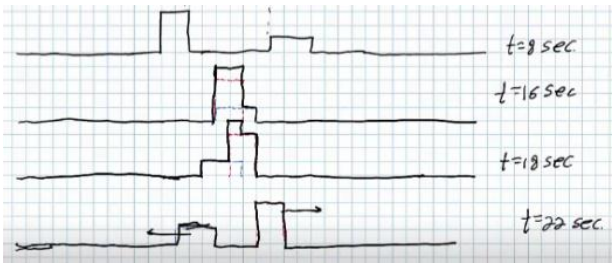


א. מצא את אורך הגל של הלייזר בדרך המדויקת ביותר.
ב. איזה מהנקודות בצילום הינה נקודת המקסימום המרכזי?
ג. לאיזה נקודה בצילום מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-3 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
ד. לאיזה נקודה על המסך מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-4.5 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
ה. מהן 3 הדרכים אשר ניתן לצופף בהן את תבנית ההתאבכות?

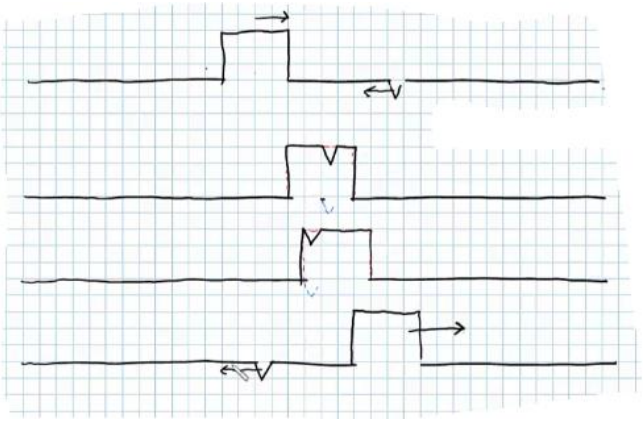
תשובות סופיות:

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

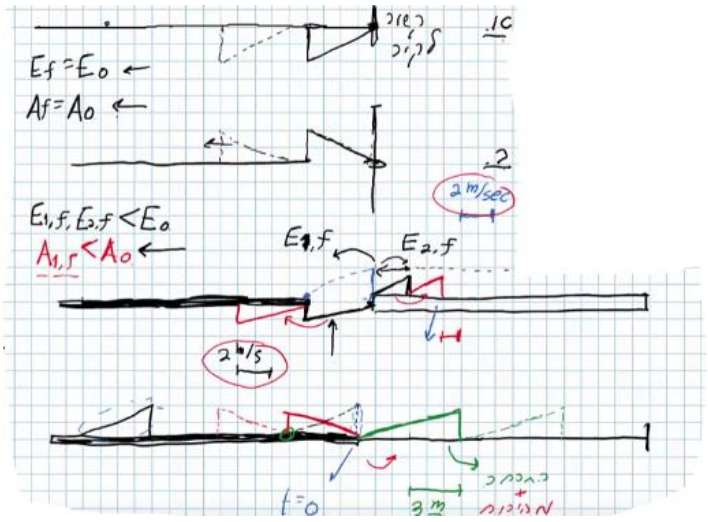
2)



3)

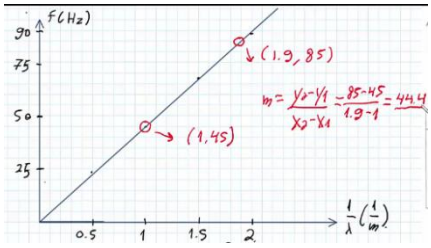


4)



5) א.

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

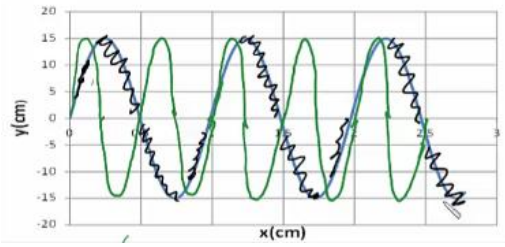
ב. 

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

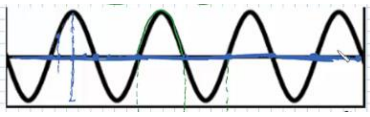
6) א. $A = 0.15\mathrm{m}$ ב. $\lambda = 1\mathrm{m}$ ג. $t = 4$ ד. $v = 25\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}}$

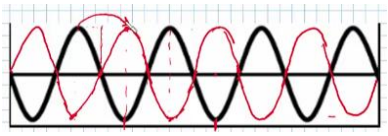
ה. $(0.5,0)$, $(1.5,0)$, $(2.5,0)$

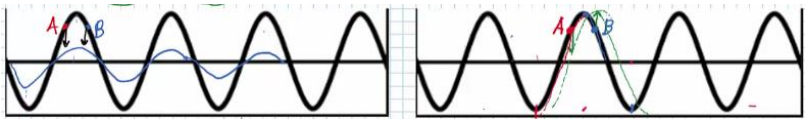
7) הגל הירוק בשרטוט:



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

ב. 

ג. 

ד. 

9) א'.

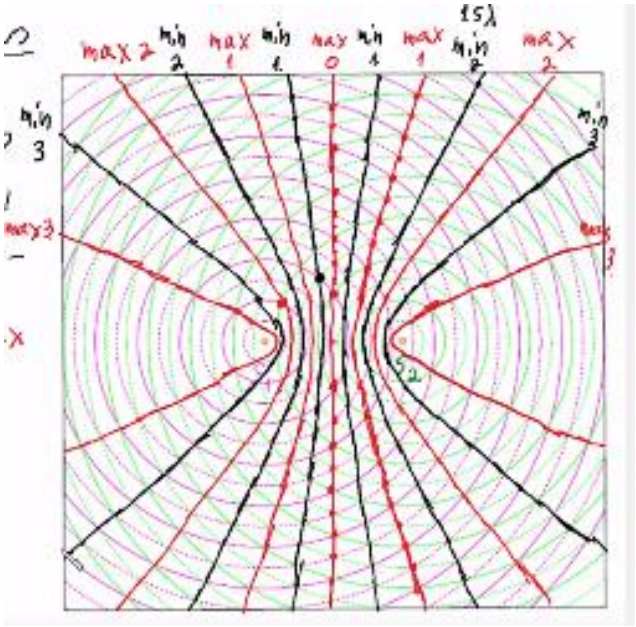
10) ב'.

11) א'.

12) ג'.

13) א. 5. ב. $0.45\mathrm{cm}$.

14)



15) א. 1.2 ס״מ.

ב.i. A - נק׳ מקסימום מסדר ראשון.

ii. B - נק׳ צומת מסדר שני.

iii. C - נק׳ מקסימום מסדר שלישי, נק׳ על קו מקסימום.

iv. D - נק׳ ביניים.

ג. 11 קווי מקסימום, 12 קווי מינימום.

16) א׳ מלאה ו-ו׳ חלקית.

17) ב׳ ו-ה.

18) ה.

19) א׳.

20) א. $7.5\,\text{nm}$ ב. 3 ס״מ. ג. $\theta = 0.93°$ ד. $x_{200} = 1.73$

21) א. 524 נ״מ. ב. 4.72 ס״מ. ג. 94 קווי חושך. ד. 573 פסי מקסימום.

22) א. 5 מ״מ. ב. $\lambda = 694$ ג. 3λ ד. 4.5λ ה. ראה סרטון.