

1 

סוג הבחינה: בגרות לבתי-ספר על-יסודיים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ז, 2017
סמל השאלון: 917555,98
נספחים: - נתונים ונוסחאות בפיזיקה
לחמש יח"ל
- חוברת נספחים

מדינת ישראל
משרד החינוך

פיזיקה – שאלון חקר

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעתיים.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה עשר שאלות. עליך לענות על כל השאלות 1-8, ועל שאלה אחת מבין השאלות 9-10. סה"כ - 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון וסרגל.

ד. הוראות מיוחדות: מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים בלבד.

ה. העמודים 17-18 משמשים כטייטה.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים 17-18, כל מה שברצונך לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 18 עמודים, חוברת נספחים ונוסחאון.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

המשך מעבר לדף ◀



חלק א': חקירת מעבר אור דרך סריגים

עליך לענות על כל השאלות 1-8.

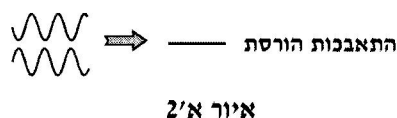
רקע עיוני

- העולם, כפי שאנו מכירים אותו, מורכב מחומר ומקרינה. המרכיב העיקרי של הקרינה ביקום הוא הקרינה האלקטרומגנטית (א"מ). האור הנראה הוא חלק קטן ממנה. שלושת הפרמטרים העיקריים שבאמצעותם אנו מתארים קרינה א"מ הם: המהירות v [m/sec], התדירות f [Hz = 1/sec] ואורך-הגל λ [m]. הקשר ביניהם נתון על-ידי הנוסחה: $v = \lambda \cdot f$.
- בגלים בכלל ובגלי אור בפרט מתרחשות תופעת ה**סופרפוזיציה** (superposition) ותופעת ה**התאבכות** (interference). משמעות הדבר היא שכאשר שני גלים (או יותר) נפגשים ועוברים זה דרך זה, הם יוצרים בתחום החפיפה ביניהם תבנית חדשה, שונה מהתבנית שהייתה לכל אחד מהגלים אילו נע לבדו.
- נבחין בין שני מקרים שונים:

התאבכות בונה - כאשר שני גלים (או יותר) מגיעים לאותו מקום ובאותו זמן באותו מופע, למשל: בשיא הגובה או בשפל של הגל. ההעתקים מתחברים והתוצאה מוצגת באיור א'1.



התאבכות הורסת - כאשר שני גלים מגיעים לאותו מקום ובאותו זמן במופע הפוך, למשל: אחד בשיא והשני בשפל. חיבור ההעתקים יכול ליצור מצב שבו ההעתק השקול הוא אפס, כמוצג באיור א'2.



צירופים שונים של מעבר גלים זה דרך זה יוצרים תבניות מיוחדות ומרתקות, שאפשר ללמוד מהן על אופי הגלים ותכונותיהם.

סריג עקיפה הוא רכיב אופטי המפצל את האור הפוגע בו לכיוונים שונים. סריג עקיפה המעביר דרכו את האור הפוגע בו נקרא **סריג העברה**, וסריג עקיפה המחזיר את האור הפוגע בו נקרא **סריג החזרה**.

בניסוי נשתמש בשני הסוגים של סריג עקיפה: סריג העברה, שהינו שקף ובו מספר רב של חריצים אנכיים, מקבילים ודקים **שהמרווח ביניהם הוא d** , ותקליטור (CD), המשמש כסריג החזרה. כאשר מקרינים קרן לייזר על הסריג, כל אחד מהחריצים בסריג מתפקד כמקור-אור נקודתי של האור הנפלט ממנו. נוכל לראות על מסך הנמצא במרחק L מהסריג את תבנית ההתאבכות של האור המגיע מחריצי הסריג. **הנקודות על המסך מייצגות התאבכויות בונות, המתבטאות בעוצמה מרבית של האור.**

המשך בעמוד 3

נסמן באות k את סדר ההתאבכות (המספר הסידורי של נקודת אור על המסך, בספירה מהנקודה המרכזית):
 $k = 0, 1, 2, \dots$

נסמן ב- N^* את צפיפות החריצים בסריג (נקראת "קבוע-הסריג"), המקיימת את הקשר: $N^* = 1/d$.

משוואת הסריג היא הקשר המתמטי בין קבוע-הסריג (N^*), אורך-הגל של האור (λ) וזווית הפיזור (α_k) של האור היוצא מחריצי הסריג.

$$(1) \quad \sin(\alpha_k) = k \cdot \lambda \cdot N^*$$

נוסחה זו תקפה הן לסריג העברה והן לסריג החזרה, כאשר מתקיימים התנאים הבאים:

קרן הלייזר ניצבת למישור הסריג; k הוא מסדר נמוך; המרווח בין החריצים d מקיים: $d \geq \lambda$ וגם $d \ll L$.

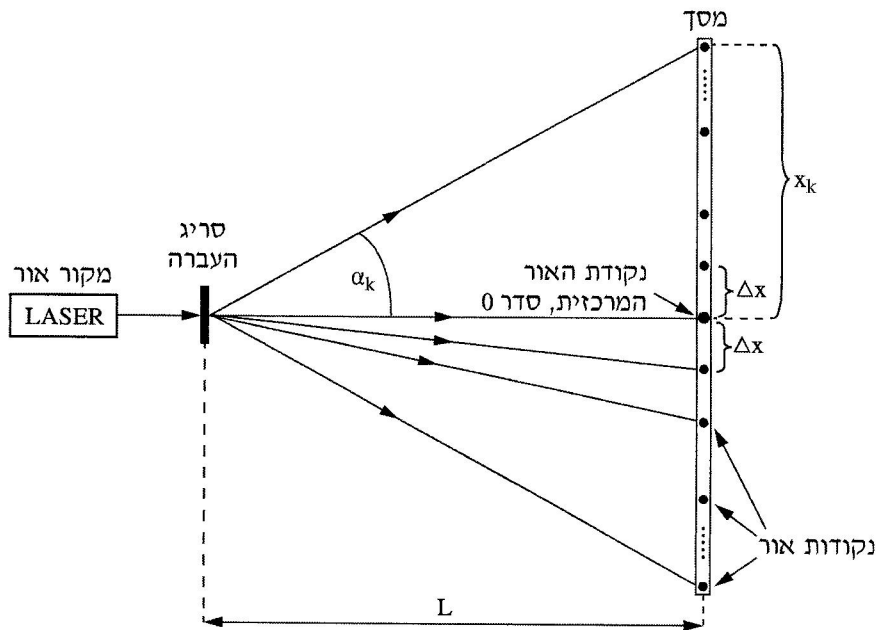
את זווית הפיזור (α_k), המוצגת באיור ב', נוכל למצוא מתוך הנוסחה:

$$(2) \quad \tan(\alpha_k) = \frac{x_k}{L}$$

כאשר x_k הוא המרחק על המסך בין נקודת האור המרכזית לנקודה ה- k שממיינה או משמאלה.

הערה: בזוויות קטנות מתקיים הקשר: $\sin(\alpha_k) \approx \tan(\alpha_k)$.

בניסוי שלהלן, Δx הוא המרחק בין נקודות האור המרכזית ובין כל אחת משתי נקודות האור הסמוכות לה, כמתואר באיור ב'.



איור ב'

המשך בעמוד 4



הציוד שהשתמשו בו בניסוי

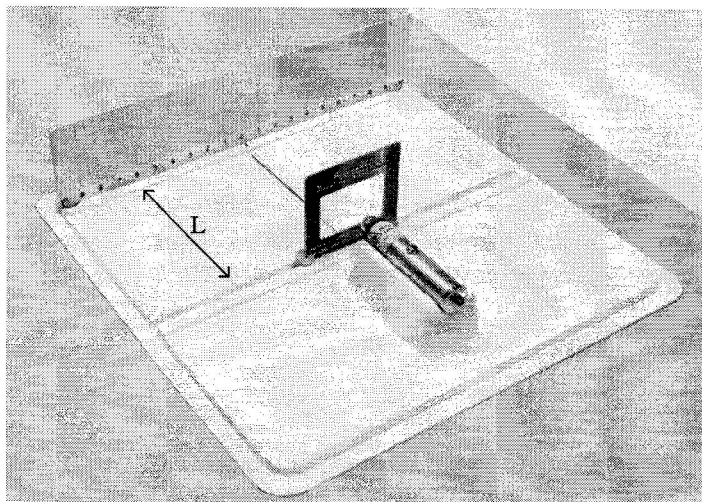
1. משטח המשמש להצבת ציוד הניסוי
2. מצביע לייזר הפולט אלומת אור צרה
3. שלוש שקופיות המשמשות כסריגי העברה: שקופית סריג שצפיפותה $\left(\frac{\text{קווים}}{\text{מ"מ}}\right) \frac{190 \text{ lines}}{\text{mm}}$, שקופית סריג שצפיפותה $\frac{500 \text{ lines}}{\text{mm}}$, ושקופית סריג שצפיפותה $\frac{1000 \text{ lines}}{\text{mm}}$.
4. תקליטור המשמש כסריג החזרה
5. סרגל מכויל המשמש כמסך
6. סרגל מכויל עם פתח עגול לקרן הלייזר, המשמש כמסך
7. גוש פלסטלינה
8. מקל פלסטיק שקוף
9. בקבוק של מים מינרליים בנפח של 500 מיליליטר

מהלך הניסוי

הערות:

1. הצילומים של מערכת הניסוי בחוברת הזו הם להמחשה בלבד, ומציגים אותה בהקטנה. לפיכך, עליך לבצע את המדידות הנדרשות בניסוי אך ורק באמצעות הסרגלים המופיעים בקנה-מידה (קנ"מ) 1:1 בחוברת הנספחים.
2. המרחק בין הסריג ובין הסרגל לאורך כל הניסוי הוא $L = 10 \text{ cm}$.

בצילום 1 מוצג המשטח שעליו מוצבים מצביע הלייזר, שקופית המשמשת כסריג העברה והסרגל המכויל המשמש כמסך. שקופית הסריג והסרגל מאונכים למשטח.



צילום 1 של מערכת הניסוי עם שקופית סריג, $L = 10 \text{ cm}$ המשך בעמוד 5



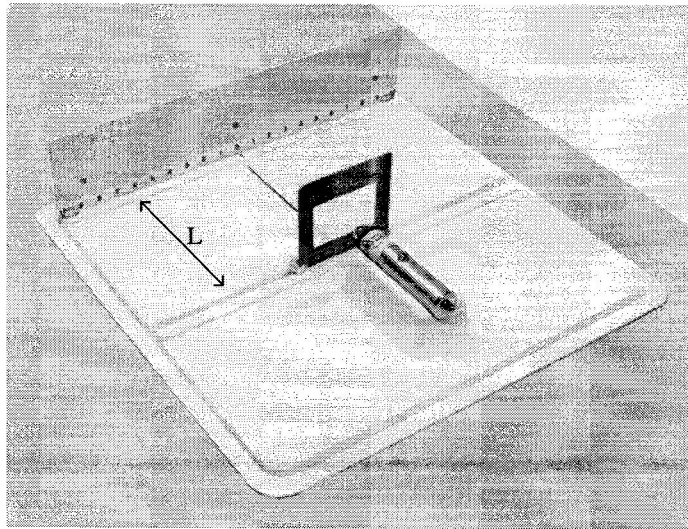
השאלות 1-4 מתייחסות למערכת הניסוי שבצילום 1.

שאלה 1 (4 נקודות)

על-פי נוסחאות (1) ו-(2) שברקע העיוני, המרחק בין שתי נקודות אור סמוכות על הסרגל ($x_{k+1} - x_k$) הוא קבוע כאשר זוויות-הפיזור המתאימות להן (α_k ו- α_{k+1}) הן קטנות. הראה שמתקיים הקשר: $\Delta x = L \cdot \lambda \cdot N^*$.

שאלה 2 (10 נקודות)

בשאלה הזו ממוקם הסריג שצפיפותו $N^* = 1000 \frac{\text{lines}}{\text{mm}}$ בחריץ המתאים על המשטח. הפעילו את מצביע הלייזר. על הסרגל הופיעו נקודות אדומות, שהן חלק מתבנית ההתאבכות. בנקודות האלה מתרחשת התאבכות בונה, המתבטאת בעוצמה מרבית של האור (נקודות שיא), כמתואר בצילום 2, ובקני"מ 1:1 – בנספח לשאלה 2 בחוברת הנספחים.



צילום 2 של מערכת הניסוי עם שקופית סריג, $L = 10 \text{ cm}$

א. (2 נק') מדוד את המרחק Δx מהנקודה המרכזית לנקודה שמימין לה, ורשום אותו.

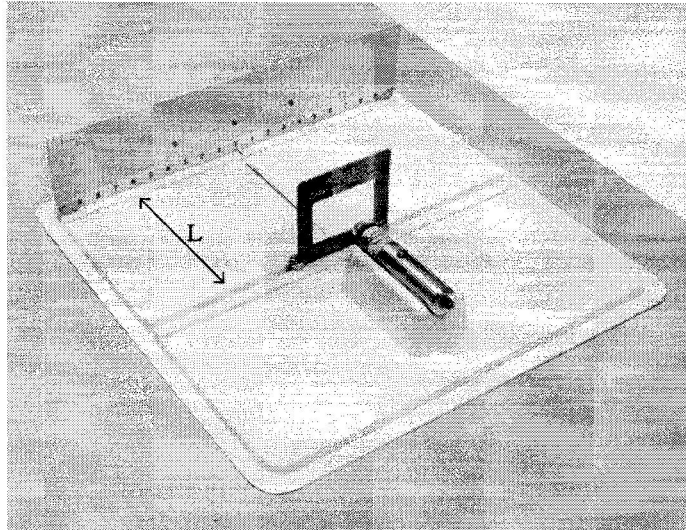
ב. (2 נק') מדוד את המרחק Δx מהנקודה המרכזית לנקודה שמשמאל לה, ורשום אותו.

ג. (3 נק') מדוע עדיף לבצע מדידות משני צדי הנקודה המרכזית, ולא להסתפק בביצוע מדידה רק מצד אחד שלה?

ד. (3 נק') חשב את הממוצע של שתי המדידות שביצעת בסעיפים א' ו-ב'.

שאלה 3 (14 נקודות)

בשאלה הזו ממוקם הסריג שצפיפותו $N^* = 500 \frac{\text{lines}}{\text{mm}}$ בחריץ המתאים על המשטח. הפעילו את מצביע הלייזר - התקבלה על הסרגל התמונה המתוארת בצילום 3, ובקני"מ 1:1 - בנספח לשאלה 3 בחוברת הנספחים.



צילום 3 של מערכת הניסוי עם שקופית סריג, $L = 10 \text{ cm}$

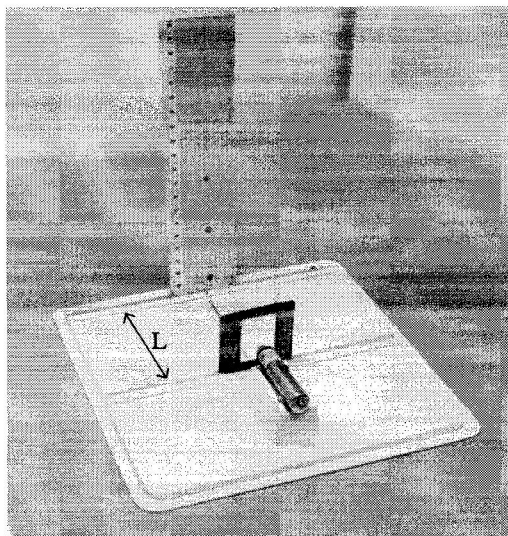
א. (3 נק') מדוד את המרחק בין שתי נקודות האור מסדר ראשון (הסמוכות לנקודת האור המרכזית משני צדדיה), ורשום אותו. בעזרת מדידה זו, מצא את המרחק Δx . פרט את חישוביך.

ב. (3 נק') הסבר מדוע השיטה למציאת המרחק Δx בסעיף א' מדוייקת יותר מהשיטה למציאתו בשאלה 2.

7 

ג. (4 נק') מצא את המרחק Δx שהיה מתקבל בין שתי נקודות אור סמוכות, אילו היית מציב סריג שצפיפותו $N^* = 300 \frac{\text{lines}}{\text{mm}}$ במערכת הניסוי. היעזר בתשובתך לשאלה 1 ובתוצאה שקיבלת באחת מהמדידות הקודמות. פרט את חישוביך.

ד. (4 נק') סובבו את הסריג ואת הסרגל ב- 90° , כמתואר בצילום 4. הפעילו את מצביע הלייזר. תבנית ההתאבכות שהתקבלה על הסרגל מתוארת בצילום. הסבר איכותית את ההבדל בין התבנית שהתקבלה בתחילת השאלה לבין התבנית שהתקבלה עתה.

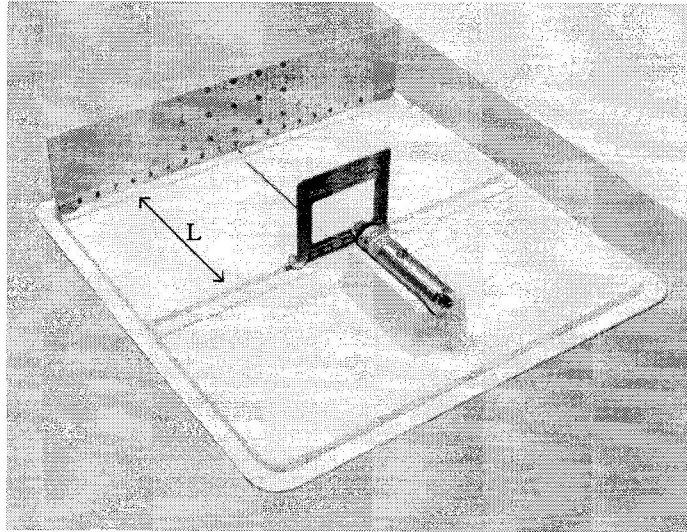


צילום 4 של מערכת הניסוי עם שקופית סריג וסרגל מסובבים ב- 90° , $L = 10 \text{ cm}$



שאלה 4 (12 נקודות)

בשאלה הזו ממוקם הסריג שצפיפותו בממד האופקי היא $N^* = 190 \frac{\text{lines}}{\text{mm}}$ בחריץ המתאים על המשטח. קחזירו את הסרגל למצבו ההתחלתי והפעילו את מצביע הלייזר – התקבלה על הסרגל התמונה המתוארת בצילום 5, ובקנ"מ 1:1 – בנספח לשאלה 4 בחוברת הנספחים.



צילום 5 של מערכת הניסוי עם שקופית סריג, $L = 10 \text{ cm}$

א. (5 נק')

1. (נק') תאר את תבנית ההתאבכות המתקבלת על הסרגל.

2. (נק') מדוע לדעתך מתקבלת התבנית הזו? התייחס בתשובתך למבנה הסריג.

ב. (2 נק') מצא את המרחק Δx בין שתי נקודות אור "אופקיות" סמוכות, כנדרש בסעיף א' בשאלה 3, ורשום אותו.

ג. (2 נק') מצא את המרחק Δy בין שתי נקודות אור "אנכיות" סמוכות, כנדרש בסעיף א' בשאלה 3, ורשום אותו.

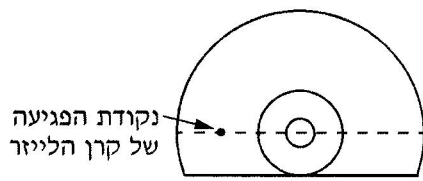
ד. (3 נק') האם קבועי הסריג בממד האופקי זהה לזה שבמדד האנכי? הסבר את תשובתך.

המשך בעמוד 9

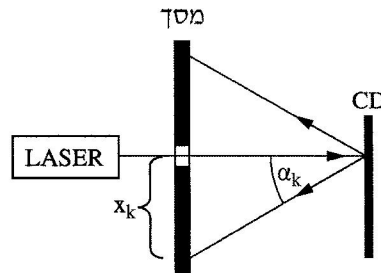
שאלה 5 (10 נקודות)

ביצעו את הניסוי עם התקליטור (CD), שיצרו בו חריצים באמצעות קרן לייזר, והוא יכול לשמש כסריג החזרה. צפיפות החריצים שלו: $N^* = 680 \frac{\text{lines}}{\text{mm}}$.

האור המוחזר מהתקליטור יוצר מספר סדרים של נקודות-שיא המתאימים לערכי k שונים, כמוסבר ברקע העיוני. באיור א' לשאלה 5 מתואר מערך הניסוי במבט על, ובאיור ב' לשאלה 5 מוצג התקליטור במבט מלפנים.

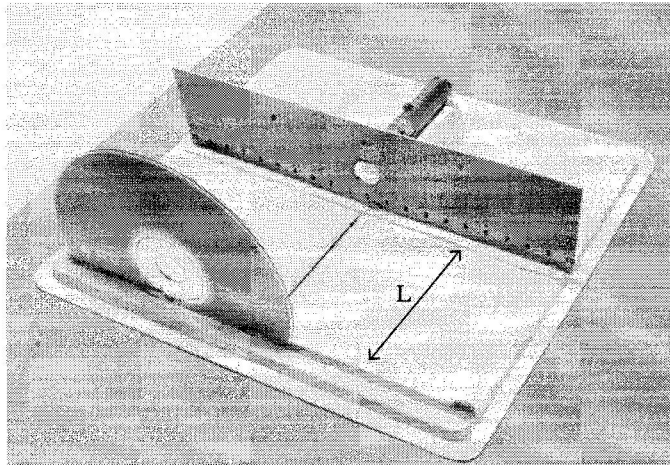


איור ב' לשאלה 5



איור א' לשאלה 5

6. הרכיבו את המערכת בהתאם למתואר באיור א' והפעילו את מצביע הלייזר- התקבלה התמונה המתוארת בצילום 6. תבנית ההתאבכות שהתקבלה על הסרגל מתוארת בקני"מ 1:1 בנספח לשאלה 5 בחוברת הנספחים.



צילום 6 של מערכת הניסוי עם התקליטור, $L = 10 \text{ cm}$

מצא את המרחק Δx בין שתי נקודות אור סמוכות, כנדרש בסעיף א' בשאלה 3.



שאלה 6 (9 נקודות)

במהלך הניסוי ביצעת מדידות של המרחק Δx או חישבת ערכים שלו. היעזר בנוסחאות (1) ו-(2) שברקע העיוני, וחשב את $\tan(\alpha_1)$, את α_1 ואת $\sin(\alpha_1)$ בכל אחד מן המקרים. רכז את תוצאותיך בטבלה שלהלן:

		מספר השאלה				המשתנה
5	'ב4	'ג3	'א3	'ד2		
						$N^* \left[\frac{1}{\text{mm}} \right]$
						$\Delta x \text{ [mm]}$
						$\tan(\alpha_1)$
						$\alpha_1 [^\circ]$
						$\sin(\alpha_1)$

שאלה 7 (21 נקודות)

2) (נק') א. היעזר בנוסחה (1) שברקע העיוני, והסבר מדוע הקשר בין המשתנים $\sin(\alpha_1)$ ו- N^* הוא קשר קווי (ליניארי).

2) (נק') ב. היעזר בתשובתך לסעיף א', וקבע מהו המשתנה הבלתי תלוי ומהו המשתנה התלוי בניסוי.

4) (נק') ג. סרטט על הנייר המילימטרי (שבעמוד הבא) דיאגרמת פיזור של המשתנה התלוי כפונקציה של המשתנה הבלתי תלוי, על-פי טבלת התוצאות שבשאלה 6 ועל-פי תשובותיך לסעיפים א' ו-ב'.
הערה: תוכל להשתמש גם בגיליון אלקטרוני, על-פי הוראות הבוחן. אם אתה משתמש בו, הדבק את מדבקת הנבחן שלך גם על תדפיס המחשב וצרף אותו לשאלון.

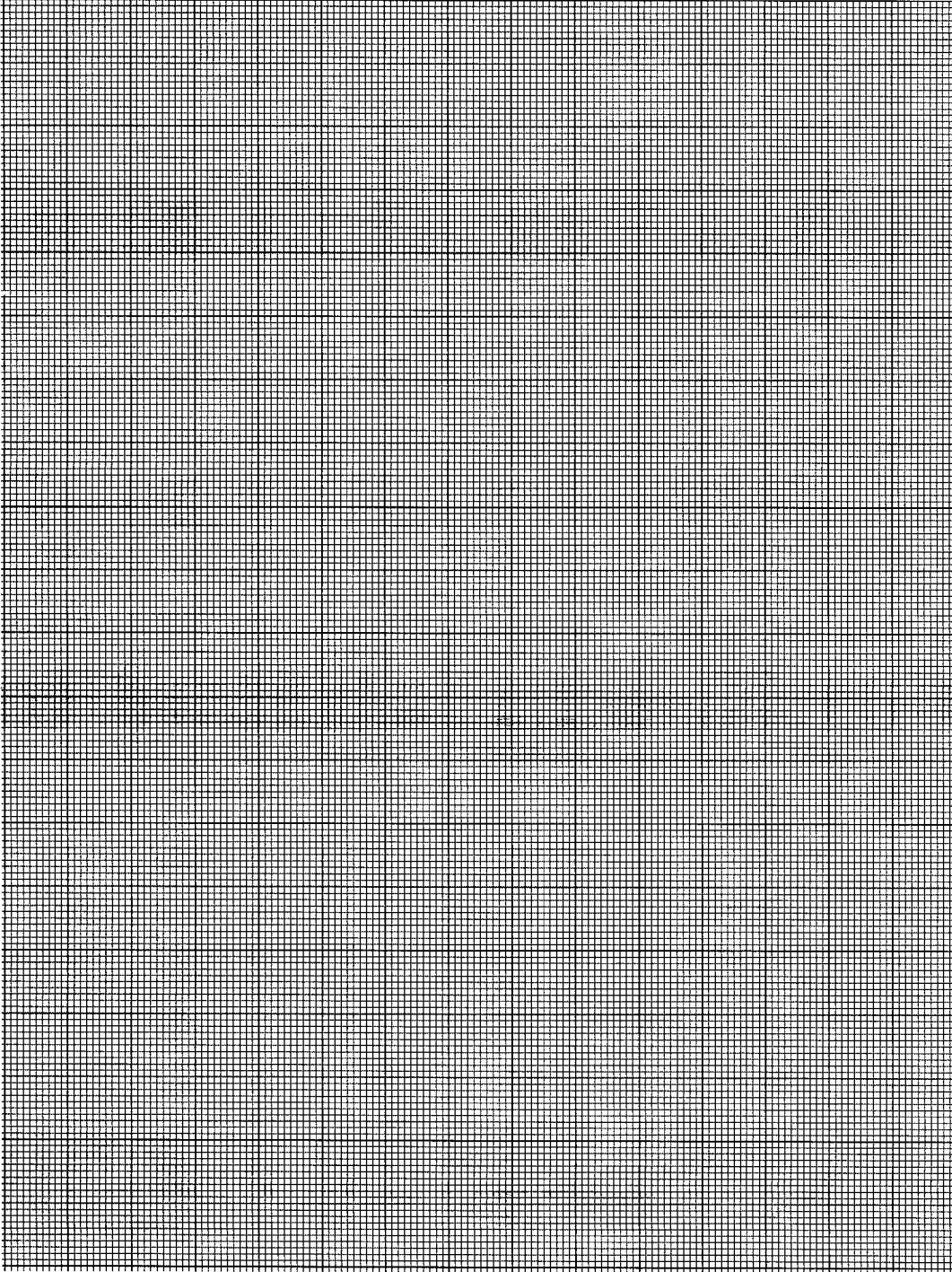
4) (נק') ד. העבר קו מגמה בדיאגרמה שסרטטת.

3) (נק') ה. חשב את השיפוע של קו המגמה, ורשום את יחידות-המידה שלו.

3) (נק') ו. מצא את λ , אורך-הגל של מצביע הלייזר.

3) (נק') ז. ציין שתי דוגמאות לשגיאת-מדידה, שניתן להסביר בעזרתה מדוע קו המגמה לא יעבור בהכרח בראשית הצירים.

◀ המשך בעמוד 11



לרשותך נייר מילימטרי נוסף בעמוד 16, למקרה הצורך.

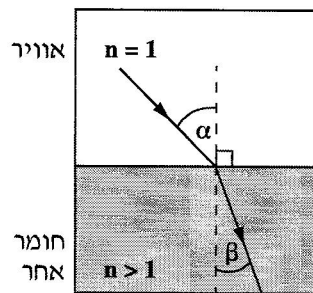
◀ המשך בעמוד 12

רקע עיוני (המשך)

כאשר אור עובר מחומר שקוף אופטי אחד לחומר שקוף אופטי אחר, הוא נשבר ומשנה את כיוון תנועתו (ראה איור ג').

מקדם השבירה של האור בחומר מסומן באות n , והוא מוגדר כיחס בין מהירות האור בריק (c) למהירות האור בחומר (v) - כלומר: $n = c / v$. נוכל להתייחס למהירויות האור בריק ובאוויר בקירוב מספיק טוב כשוות ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$), ולכן מקדם השבירה של האוויר הוא $n = 1$. הקשר בין זווית הפגיעה α של האור (באוויר) ובין זווית השבירה שלו β (בחומר אחר) נגזר מחוק סנל, והוא נתון על-ידי הנוסחה:

$$(3) \quad \sin \alpha = n \cdot \sin \beta$$



איור ג'

אם האור היוצא מחריצי הסריג עובר בחומר שונה מהאוויר (בעל מקדם-שבירה n), נקבל על-פי נוסחה (1) שברקע העיוני את הקשר:

$$(4) \quad \sin(\alpha_k) = k \cdot \lambda' \cdot N^*$$

$$\lambda' = \frac{\lambda}{n} \quad \text{כאשר:}$$

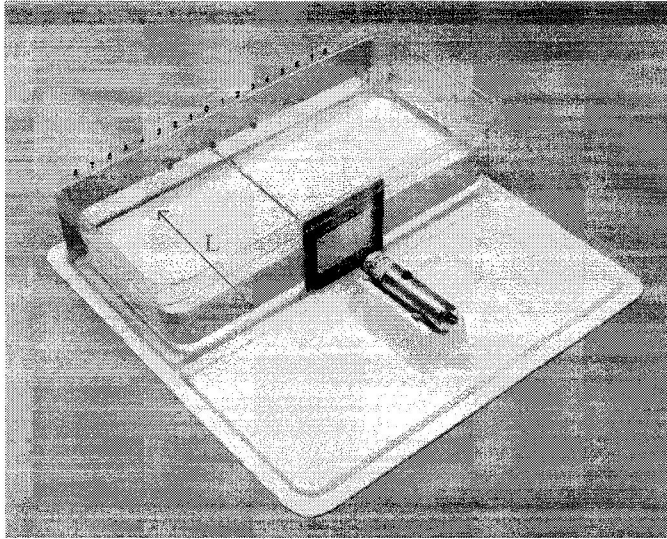
שאלה 8 (10 נקודות)

בשאלה הזו ממוקם הסריג שצפיפותו $N^* = 500 \frac{\text{lines}}{\text{mm}}$ בחריץ המתאים על המשטח, כמתואר בשאלה 3.

הכניסו את מקל הפלסטיק השקוף למרווח שבין הסריג לסרגל המכויל, ורוקנו את בקבוק המים לתוך המקל. הפעילו את מצביע הלייזר, כך שהאור יעבור דרך המים (ניתן להזניח את ההשפעה של מעבר האור דרך דפנות המקל). התקבלה התמונה המתוארת בצילום 7 (שבעמוד הבא).

תבנית ההתאבכות שהתקבלה על הסרגל מתוארת בקו"מ 1:1 בנספח לשאלה 8 בחוברת הנספחים.

המשך בעמוד 13



צילום 7 של מערכת הניסוי עם מכל המים, $L = 10 \text{ cm}$

- א. (2 נק') מדוד את המרחק בין שתי נקודות האור מסדר ראשון הנראות על הסרגל, חשב את Δx ורשום אותו.
-
- ב. (2 נק') האם המרחק Δx שחישבת בסעיף א' גדול יותר, קטן יותר או זהה למרחק Δx שחישבת בשאלה 3 א'? הסבר את תשובתך על-סמך הרקע העיוני של הניסוי.
-
- ג. (3 נק') היעזר במרחק Δx שחישבת בסעיף א', וחשב את ערכו של מקדם השבירה של המים.
-
- ד. (3 נק') נתון שמקדם השבירה של מים הוא 1.33.
1. (2 נק') מצא את השגיאה היחסית בין התוצאה שחישבת בסעיף ג' ובין הערך הנתון של מקדם השבירה.
-
2. (1 נק') לאיזה גורם ניתן לייחס את השגיאה הזו?
-



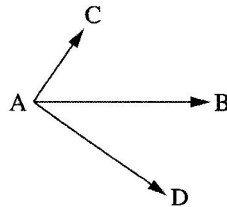
חלק ב': שאלות מניסויי החובה

ענה על אחת מבין השאלות 9-10 (לכל שאלה - 10 נקודות).

שאלה 9 (10 נקודות)

התנגשות בשני ממדים

במהלך הניסוי אנו מסמנים את מיקום הנפילה של כדור פלדה הנופל מהמסילה, ולאחר מכן, את מיקומי הנפילה של שני כדורי פלדה שווי-מסה, לאחר שהתנגשו זה בזה. באיור לשאלה 9 מוצגים שלושה ישרים, המראים את מסלוליהם האופקיים של שלושת הכדורים.



איור לשאלה 9

א. (3 נק') איזה גודל פיזיקלי נוסף מייצגים וקטורי ההעתק האופקיים שעברו הכדורים בעקבות ההתנגשות? הסבר את תשובתך.

ב. (4 נק') כיצד ניתן להראות גיאומטרית שהאנרגיה הקינטית הכוללת של שני הכדורים שהתנגשו נשמרת לאחר ההתנגשות? בתשובתך, התייחס גם למשוואת שימור האנרגיה בניסוי הזה.

ג. (3 נק') האם ניתן לבצע את חלק ב' של הניסוי, כאשר כדור הפלדה ניצב בקצה המסילה ואילו הגולה בעלת המסה הקטנה יותר היא זו המשתחררת מהמסלול? נמק את תשובתך.

המשך בעמוד 15 ◀

שאלה 10 (10 נקודות)

גלונומטר טנגנטי

א. (3 נק') מדוע חשוב להרחיק את הגלונומטר הטנגנטי משאר חלקי המעגל החשמלי ומגופים העשויים ברזל?

ב. (4 נק') הסבר מדוע מציבים את הסליל כך שמישור הטבעת הוא בכיוון צפון-דרום.

ג. (3 נק') מדוע לא רצוי להשתמש בגלונומטר טנגנטי בתחומים שיגרמו לסטיית מחט המצפן בזוויות חדות גדולות?

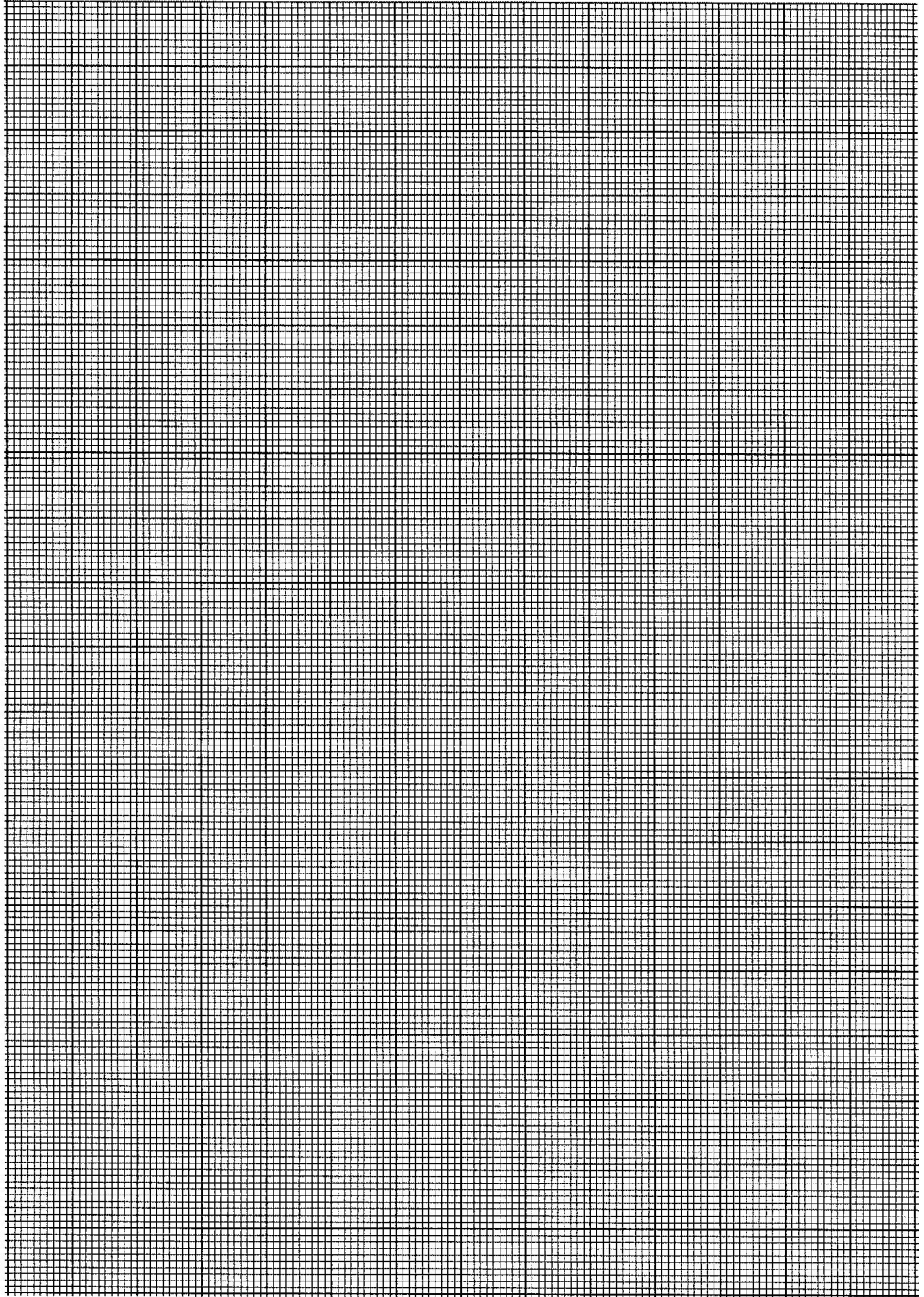
שאלה 10 (10 נקודות)

גליונומטר טנגנטי

א. (3 נק') מדוע חשוב להרחיק את הגליונומטר הטנגנטי משאר חלקי המעגל החשמלי ומגופים העשויים ברזל?

ב. (4 נק') הסבר מדוע מציבים את הסליל כך שמישור הטבעת הוא בכיוון צפון-דרום.

ג. (3 נק') מדוע לא רצוי להשתמש בגליונומטר טנגנטי בתחומים שיגרמו לסטיית מחט המצפן בזוויות חדות גדולות?



◀ המשך בעמוד 17

טיוטה



טיוטה

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

חובלת נספחים

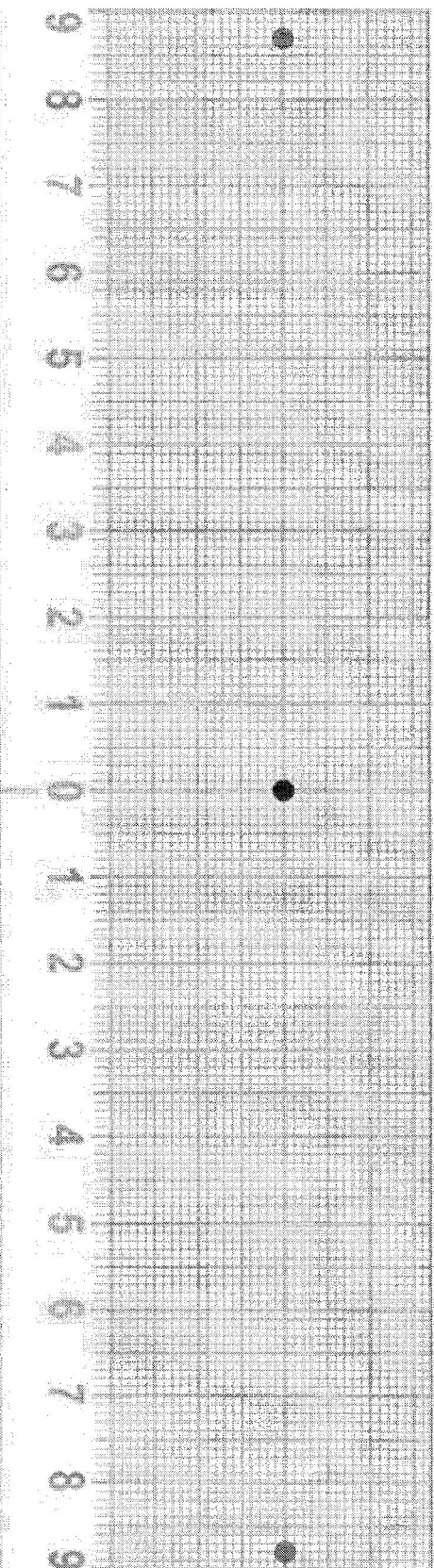
פיזיקה – שאלון חקר

סמל שאלון 917555,98

קייץ תשע"ז

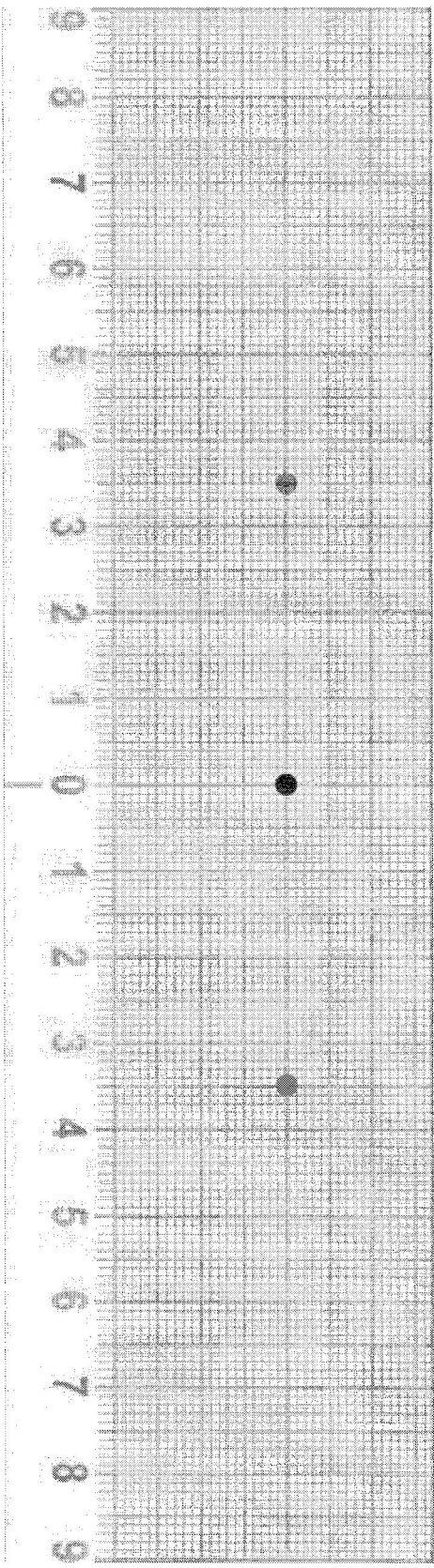
בחברת ז' 6 עמודים

נספח לשאלה 2



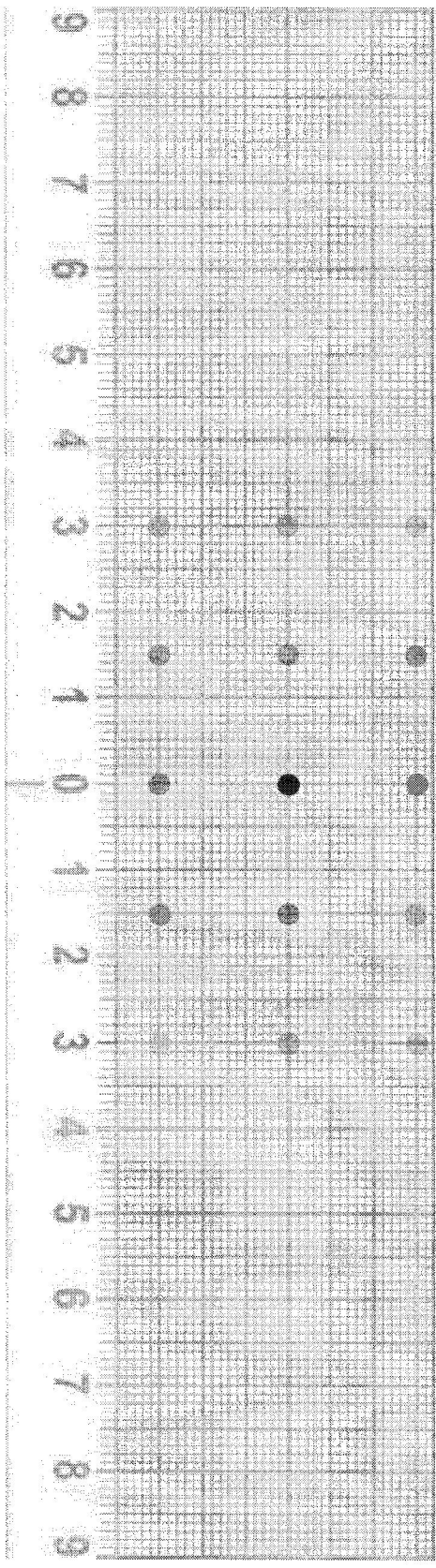
תבנית ההתאבנות (בקי"מ 1:1) המתקבלת על הסרגל ביולוס 2

נספח לשאלה 3



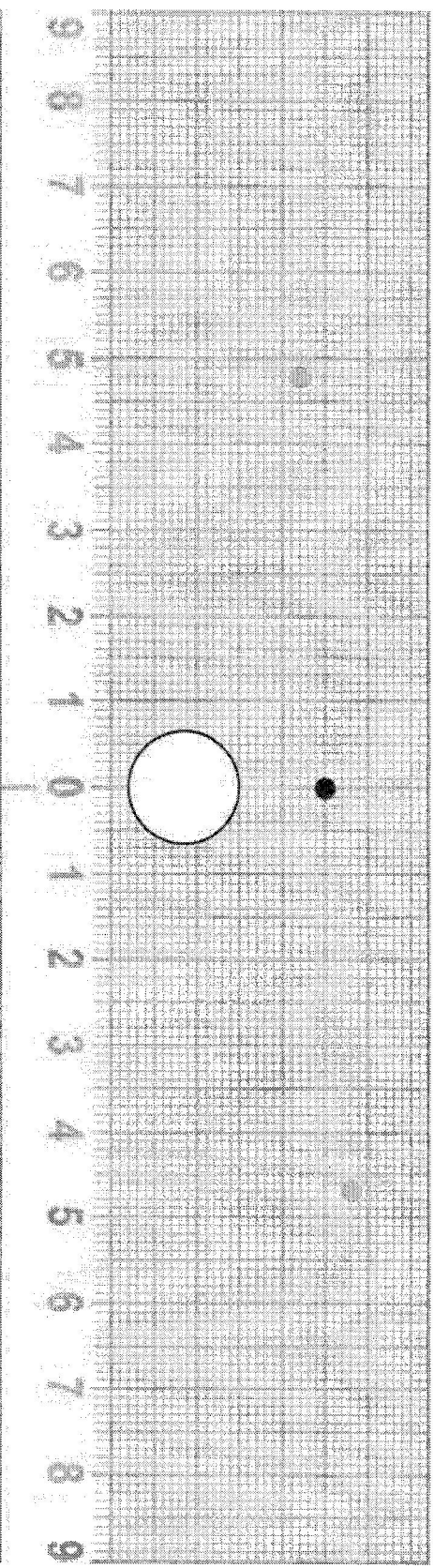
תבנית ההתאבכות (בק"מ 1:1) המתקבלת על הסרגל בעילום 3

נספח לשאלה 4



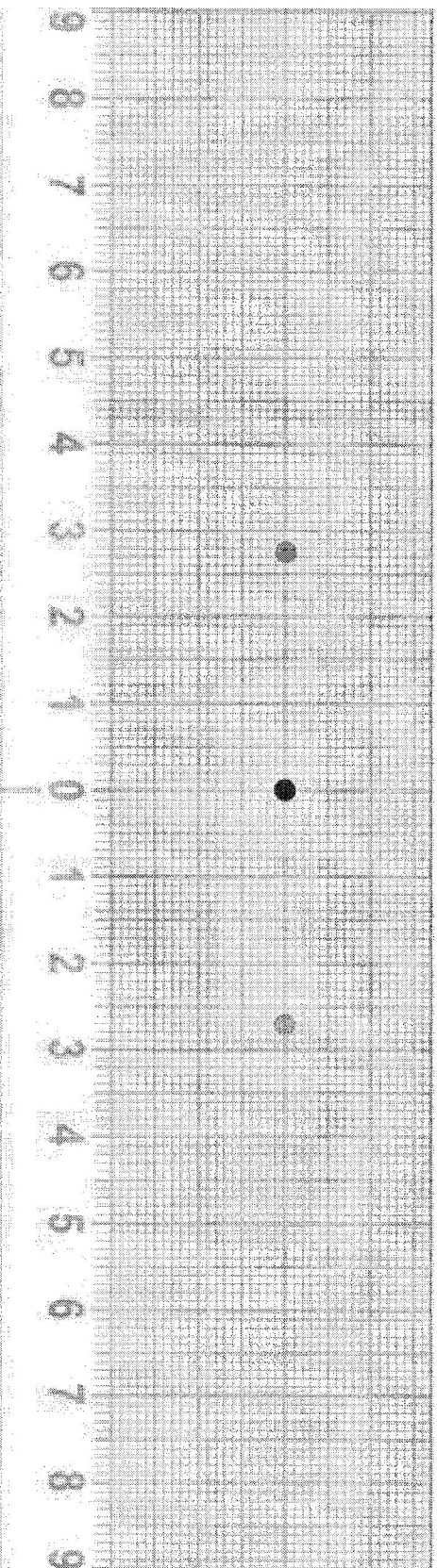
תבנית ההתאבכות (בק"מ 1:1) המתקבלת על הסרגל בצילום 5

נספח לשאלה 5



תבנית ההתאבכות (בק"מ 1:1) המתקבלת על הסרגל בצילום 6

נספח לשאלה 8



תבנית ההתאבכות (בק"מ 1:1) המתקבלת על הסרגל בצילום 7