



## פרויקט 10

### פיתוח חומרי עזר למורה - מבוא למדעים - מתווה ודוגמאות יישום

#### ליחידת לימוד ברוח דמות הבוגר עבור המורה לפיזיקה

#### צל מלא וחלקי, דמות הנוצרת במראה מישורית

כותבים ומפתחים:

ד"ר אריאל אברשקין

ד"ר זהורית קאפח

יעוץ מדעי: פרופ' עידית ירושלמי ופרופ' ירון להבי



## תוכן

3	רציונל הפרויקט
4	פעילות – מבוא לפיזיקה: צל מלא וצל חלקי
4	מבט "על" הפעילות – תחום תוכן
4	שלבי הפעילות
4	רציונל ומקום ברצף ההוראה
5	מבט "על" הפעילות – מיומנויות
5	מקורות
6	חומרי עזר
6	1. חלק ראשון של הפעילות: בחינת הסברים אפשריים לתופעה, התדריך לתלמידים
7	2. חלק שני של הפעילות: חקר אמפירי והסבר התופעה, התדריך לתלמידים
9	3. הצעת תשובות לדפי הפעילות
13	4. דוגמאות לשאלות הערכה ודוגמת תשובות לשאלות
16	פעילות – מבוא לפיזיקה: דמות הנוצרת על-ידי מראה מישורית
16	מבט "על" - תחום התוכן
16	שלבי הפעילות
16	המקום ברצף ההוראה ורציונל הפעילות
17	מבט "על" הפעילות - מיומנויות
17	מקורות
18	חומרי עזר
18	1. תדריך הפעילות לתלמידים
20	2. הצעת תשובות לפעילות – עבור המורה



## רציונל הפרויקט

מטרת הפרויקט הנוכחי – פרויקט מספר 10 בתכנית של מרכז המורים לפיזיקה 2021-2022, היא לפתח אוגדן חומרי עזר למורה, בהיקף של 45 עמודים לפחות, המתייחסים למספר היבטים המצויים במסמך האוריינות המדעית של בוגרי הפיזיקה. הנושאים בהם התמקדנו במסגרת הפרויקט עוסקים ב"אופטיקה גיאומטרית" המהווה חלק מהנושא "קרינה וחומר" המיועד להילמד בכיתות י' בהיקף כולל של 1 י"ל (3 ש"ש) כפי שמפורט בתוכנית הלימודים של "מבוא למדעים בהוראת הפיזיקה". , האוגדן מכיל דוגמאות לפעילויות המיועדות למורים בכיתתם, המקדמות היבטים של הגישה המדעית-אמפירית בנושא תכנון, ביצוע והערכת ניסוי מדעי, וכן מיפוי של הפעילויות המוצעות לפי עקרונות המסמך: "אוריינות מדעית דמות הבוגר/ת 2030".

הפדגוגיה העדכנית מדגישה את הבניית המיומנויות כחלק אינטגרלי ואף מרכזי בתהליכי הלמידה של התכנים המדעיים על פי תכנית הלימודים. עם זאת, רבים ממהלכי ההוראה המסורתיים הזמינים כיום אינם שמים דגש על פיתוח מיומנויות אורייניות, כגון התנסות בחקר עצמאי ופיתוח מיומנויות המתאימות לכך. לדוגמה, ברוב הכיתות פעילויות המעבדה הן בעלות אופי סגור ומונחה.

אילוצים שונים במסגרת "מבוא לפיזיקה" משפיעים גם הם על עיצוב מהלכי הוראה לאוכלוסיית התלמידים בכיתה י' שרבים מהם מצויים לפני ההחלטה באיזה מקצוע מדעי להרחיב את לימודיהם בחטיבה העליונה. בין האילוצים בהם יש להתחשב ניתן למנות הטרוגניות רבה בידע המתמטי של אוכלוסיית הלומדים, וכנגזר מכך קשיים בהמשגות מתמטיות שונות, וכן מחסור בשעות הוראה לנושאים הנלמדים במסגרת ה"מבוא לפיזיקה". עולה, אם כן, הצורך בפיתוח מהלך הוראה אשר במסגרתו יילמד נושא המתאים לאוכלוסיית התלמידים ההטרוגנית של כיתות י' ושיאפשר להם להבנות לעצמם מיומנויות למידה אורייניות ומדעיות בתחום הפיזיקה שתסייענה להם גם להפוך ללומדים עצמאיים. מהלך ההוראה בנושאי הצל המלא והחלקי ובדמות הנוצרת במראה מישורית, המוצג באוגדן זה, נועד לספק מענה לדגשים ואילוצים אלה.

מקורות:

- [מבוא למדעים בהוראת הפיזיקה](#), אתר מפמ"ר הפיזיקה.
- [מסמך דמות הבוגר](#): אוריינות מדעית, טבלה 3
- תוכנית הלימודים "אופטיקה גיאומטרית".

תודה לצביקה רוזנפלד, לבורנט בתיכון אלון ברמה"ש, על הסיוע הטכני.



## פעילות – מבוא לפיזיקה: צל מלא וצל חלקי

### מבט "על" הפעילות – תחום תוכן

#### שלבי הפעילות

I. זיהוי צלליות בעלות בהירות שונה בתמונה ובחינת הסברים לתופעה זו (דף פעילות ראשון) "זרקור"

למיומנויות: כיצד בוחנים הסברים / השערות?

II. חקר אמפירי ומידול (דף פעילות שני): בחינת ההשערות באמצעות חקר מערכת פיזיקאלית במעבדה

#### וסימולציה ממוחשבת של מודל הקרניים:

○ חקירה ניסיונית: הצבת מקורות אור ומחסומים כך שיווצרו צלליות בעלות בהירות שונה.

○ מידול ממוחשב: שימוש בסימולציה כדי לקבל צלליות בעלות בהירות שונה.

הסימולציה עושה שימוש במודל הקרניים – החצנה בדיון קצר עם התלמידים לפני

המעבר למידול האנליטי.

○ מידול אנליטי: ניתן להשתמש במודל הקרניים לזיהוי וקביעת אזורי צל מלא וחלקי.

III. מסקנות מהחקירה (שאלות הערכה): תלות מספר הצלליות ובהירותן במספר מקורות האור, ויישום

המסקנה לגבי צל הנובע ממקור אור לא נקודתי.

בתום כל אחד מחלקי הפעילות יתבצע במליאת הכיתה דיון וסיכום על התשובות שהתלמידים ניסחו לשאלות שבדף הפעילות.

בסיום שני חלקי הפעילות יתבצע דיון לתשובות התלמידים לשאלת הרפלקציה: מה למדו מהפעילות בהיבט התוכן, ומה למדו בפעילות על האופן שבו בונים הסבר לתופעה במדע.

### רציונל ומקום ברצף ההוראה

פעילות זו משולבת בנושא אור ותכונותיו. הנושא אור ותכונותיו נלמד בהיקף של 6 שעות כיתה והוא כולל: תנאים לראייה; מקורות אור; התפשטות אור בקווים ישרים, מודל הקרניים, צל וצלליות, ליקוי לבנה וליקוי חמה; האור כנושא אנרגיה. בפרט, הפעילות משולבת בלמידת נושא הצל, המתייחסת ליצירת צל חלקי. זמן כיתה משוער לביצוע הפעילות: 2 שעות כיתה או 1 שעת שיעורי בית ו-1 שעת כיתה.

הידע המקדים הנדרש הוא התפשטות האור בקווים ישרים, מודל הקרניים ויצירת צל מלא ממקור אור נקודתי. מטרת המהלך היא ליצור סקרנות ולהנגיש לתלמידים את נושא הצל החלקי באמצעות חקירה קצרה של תמונה ובה צלליות שונות, בחינת הסברים שונים לתופעה בתמונה, חקר התופעה באמצעות מערכת פיזיקאלית אמיתית ובאמצעות סימולציה ממוחשבת העושה שימוש במודל הקרניים, ולבסוף שימוש אנליטי במודל הקרניים (שרטוט) לשם זיהוי וקביעת אזורי צל מלא וחלקי.

המהלך משלב ומחצין מספר מיומנויות בתחום המידול המדעי בהתאם למסמך דמות הבוגר 2030, כפי שיפורט בהמשך.



## מבט "על" הפעילות – מיומנויות

הפעילות מתכתבת עם מספר מיומנויות כמפורט בטבלה:

מרכיבי יכולות הליבה	יכולות הליבה	המשימה בתדריך	החלק בפעילות
1.3 להכיר מאפיינים של מחקר מדעי	1. התמצאות מדעית	א הפקת מידע מתמונה	ראשון: – בחינת הצעות להסבר התופעה
1.2 להכיר מאפיינים של הסברים מדעיים 1.3 להכיר מאפיינים של מחקר מדעי	1. התמצאות מדעית	ב בחינת הסברים לתופעה	שני: חקר אמפירי והסבר באמצעות מודל הקרניים
2.1 להשתמש בידע מדעי לתיאור והסבר של תופעות 2.5 בניית מודלים לתיאור, הסבר וחיזוי של תופעות – באופן חלקי 2.6 זיהוי רכיבים במערכת וקשרים ביניהם – באופן חלקי	2. הסבר מדעי של תופעות	ג זיהוי תופעות דומות מחיי יום-יום	
2.1 להשתמש בידע מדעי לתיאור והסבר של תופעות	2. הסבר מדעי של תופעות	א בניית מערך מחקר ליצירת צלילות בעלות בהירות שונה	
1.3 להכיר מאפיינים של מחקר מדעי 2.6 זיהוי רכיבים במערכת וקשרים ביניהם	1. התמצאות מדעית 2. הסבר מדעי של תופעות	א בניית מערך מחקר ליצירת צלילות בעלות בהירות שונה	שני: חקר אמפירי והסבר באמצעות מודל הקרניים
3.1 העלאת שאלות מחקר ותכנון מערך מחקר – באופן חלקי	3. תכנון ביצוע והערכת מחקר	ב (1) הגדרת צל מלא וחלקי	
		ב (2) כיצד נוצרים אזורי הצל השונים	
4.4 לנתח תוצאות, לפרש ממצאים ולהסיק מסקנות מבוססות	4. פרשנות מדעית של נתונים וראיות	ג מידול אנליטי – שימוש במודל הקרניים לקביעת וזיהוי אזורי צל מלא וחלקי	
2.5 בניית מודלים לתיאור, הסבר וחיזוי של תופעות 2.6 זיהוי רכיבים במערכת וקשרים ביניהם	2. הסבר מדעי של תופעות	ג מידול אנליטי – שימוש במודל הקרניים לקביעת וזיהוי אזורי צל מלא וחלקי	

## מקורות

עדי רוזן, [קרינה וחומר – כרך א, אופטיקה גיאומטרית](#), פרק א.

סימולציה: <https://ricktu288.github.io/ray-optics/simulator>

1. חלק ראשון של הפעילות: בחינת הסברים אפשריים לתופעה, התדריך לתלמידים

שמות חברי הקבוצה:

**חלק ראשון: צלליות בעלות בהירות שונה – הכיצד?**

**בחינת הסברים אפשריים לתופעה**

	<p>א. לפניכם תמונה ובה צלליות של אנשים הולכים שהתקבלו על קיר לבן. רשמו מידע רב ככל האפשר על הצלליות שאתם מזהים בתמונה.</p>
--	--

ב. דונו בשלוש הצעות להסבר אפשרי לשאלה מדוע נוצרו צלליות שבהירותן שונה.

(1) עבור הצעות 1 ו-2 נסחו הסבר אפשרי התומך בה ותארו התנסות מתאימה שבאמצעותה ניתן יהיה להפריך או לאשש את ההסבר התומך בהצעה.

**הצעה 1:** ההבדל בבהירות נובע מצבע הבגדים שלובשים האנשים שצלליתם מופיע בתמונה.  
**הצעה 2:** ההבדל בבהירות נובע מכך שהאנשים שצלליתם מופיעה בתמונה נמצאים בתנועה.

# ההצעה	הסבר תומך בהצעה	הציעו התנסות שבאמצעותה ניתן יהיה להפריך את ההסבר התומך בהצעה
1		
2		
<b>הצעה שלכם</b>		

(2) הוסיפו הצעה משלכם להסבר אפשרית לשאלה מדוע נוצרו צלליות שבהירותן שונה. נסחו אותה והשלימו את השורה השלישית בטבלה.

--

ג. נתון שמספר הצלליות המופיעות בתמונה שונה ממספר האנשים ההולכים.

(1) בכמה צלליות אתם מבחינים בתמונה?

(2) שערך מהו מספר ההולכים שהצלליות שלהם מופיעים בתמונה? הסבירו כיצד קבעתם זאת מהתמונה בה צפיתם.



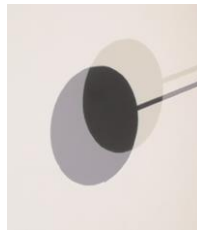
3) ציינו תופעות מוכרות מחיי יום-יום שבהן לאדם אחד נוצרות מספר צלליות. מה משותף למקרים שציינתם?

## 2. חלק שני של הפעילות: חקר אמפירי והסבר התופעה, התדריך לתלמידים

שמות חברי הקבוצה:

### חלק שני: יצירת צלליות בעלות בהירות שונה חקר אמפירי והסבר התופעה באמצעות מודל קרניים

א. לרשותכם עצם אטום לאור ומסך לבן. העזרו מפנסים של שני טלפונים סלולריים או בשתי נורות שסופקו לכם ע"י המורה כדי ליצור את הצלליות המתוארות בתמונה: צללית שחורה ומצדיה צלליות בהירות.



1) צרו מצב זה, צלמו והעלו את התמונה לכאן.

2) רשמו מילולית כיצד ביצעתם זאת.

ב. את אזורי הצל בהם צפיתם עד כה ניתן לחלק לשני סוגים: אזור הנקרא "צל מלא" ואזור הנקרא "צל חלקי". אזורי הצל נמצאים מאחורי עצם אטום לאור, והתקבלו כאשר לפני העצם עמד יותר ממקור אור נקודתי אחד.

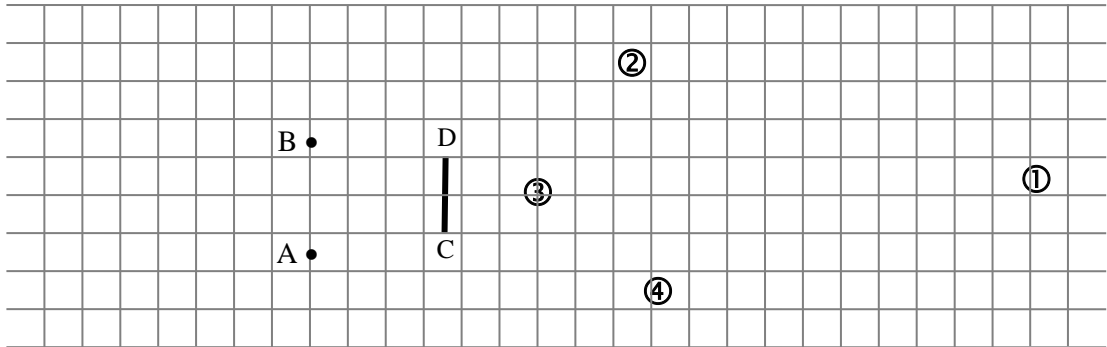
1) הסבירו כיצד נוצר כל אחד מהאזורים "צל מלא" "צל חלקי".



(2) היכנסו לסימולציה וצרו בעזרתה את המערך שיצרתם במשימה א. הדביקו תמונת-מסך של המערך שיצרתם בעזרת הסימולציה. ליד האזורים השונים שהתקבלו מאחורי העצם, הוסיפו כיתוב המציין את האופי של האזור ("צל מלא", "צל חלקי", "אור מלא").

ג. שימוש במודל הקרניים למציאת אזורי צל מלא וחלקי:

באיור הבא הנקודות (B, A) מתארות מקורות אור נקודתיים, והישר הקצר CD מתאר עצם אטום לאור. עבור כל אחד מהמקומות ①-④ ציינו האם מתקבל בו צל מלא, צל חלקי או אור מלא? נמקו קביעתכם בעזרת שרטוט מסלולי אור בלבד.



ד. רפלקציה – מה למדנו בפעילות?

- (1) מהם המושגים החדשים שלמדתם בפעילות?
- (2) צפינו בתופעה – היווצרות מספר צלליות בעלות בהירות שונה, ואפיינו אותה. מהן אבני היסוד של התהליך שבאמצעותו גבשנו בפעילות הסבר לתופעה?

**עבודה נעימה!**



### 3. הצעת תשובות לדפי הפעילות

#### חלק ראשון: צלליות בעלות בהירות שונה – הכיכד?

##### בחינת הסברים אפשריים לתופעה

	<p>א. לפניכם תמונה ובה צלליות של אנשים הולכים. רשמו מידע רב ככל האפשר על הצלליות שאתם מזהים בתמונה.</p> <p>בתמונה ניתן לזהות 6 צלליות.</p> <p>יש חלקים מהצלליות שהם כהים וחלקים אחרים בהירים.</p> <p>יש חלקים מהצלליות שנמצאים באזורים נפרדים, וחלקים אחרים חופפים.</p>
--	---

ב. דונו בשלוש הצעות להסבר אפשרי לשאלה מדוע נוצרו צלליות שבהירותן שונה.

(1) עבור הצעות 1 ו-2 נסחו הסבר אפשרי התומך בה ותארו התנסות מתאימה שבאמצעותה ניתן יהיה להפריך או לאשש את ההסבר התומך בהצעה.

**הצעה 1:** ההבדל בבהירות נובע מצבע הבגדים שלובשים האנשים שצלליתם מופיע בתמונה.

**הצעה 2:** ההבדל בבהירות נובע מכך שהאנשים שצלליתם מופיעה בתמונה נמצאים בתנועה.

הציעו התנסות שבאמצעותה ניתן יהיה להפריך את ההסבר התומך בהצעה	הסבר תומך בהצעה	# ההצעה
<p>נשחזר את התמונה עם אנשים שלובשים בגדים בצבעים זהים ונבדוק האם נוצרות צלליות עם בהירות שונה, בדומה למוצג בתמונה. אם כן, הרי שהסיבה לא יכולה להיות ההבדל בצבע הבגדים.</p>	<p>אנחנו רואים עצמים באמצעות האור המוחזר מהם. למשל עצם נראה שחור כי כמעט ולא מוחזר ממנו אור שנראה על ידנו, ועצם נראה לבן כי מוחזר ממנו כמעט כל האור בתחום הצבעים הנראה לנו. לכן, חשוב מהו גוון הבגדים של האנשים.</p>	1
<p>צלם צלליות של אנשים בתנועה ולראות אם מתקבלים בצלליות אזורים בעלי בהירות שונה. לא כל צילום של עצם בתנועה יוצר תמונה של צלליות עם בהירות שונה / מטושטשות.</p> <p>הצעה נוספת:</p> <p>נאיר על עצם דומם עם יותר ממקור אחד ונראה האם יתקבלו צלליות בעלות בהירות שונה. אם יתקבלו, הרי שהעצם לא חייב להיות בתנועה.</p>	<p>אם נצלם אנשים הולכים כאשר צמצם המצלמה פתוח לזמן ארוך, אז האנשים שיהיו בתנועה יראו בתמונה מטושטשים, כך שאזורים שונים על הקיר יראו עם בהירות שונה.</p>	2



ג. מספר הצלליות המופיעות בתמונה שונה ממספר האנשים ההולכים.

(1) בכמה צלליות אתם מבחינים בתמונה? 6

(2) שערו מהו מספר ההולכים שהצלליות שלהם מופיעות בתמונה? הסבירו כיצד קבעתם זאת מהמוראה בתמונה.

ניתן להבחין בשלוש דמויות שונות בצורתן, לכן מדובר בשלושה אנשים הולכים.

(3) ציינו תופעות מוכרות מחיי יום-יום שבהן לאדם אחד נוצרות מספר צלליות. מה משותף למקרים שציינתם?

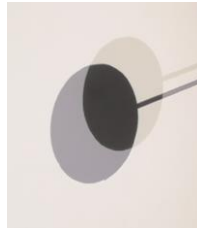
- לאדם ההולך ברחוב ונמצא בין שני פנסי רחוב נוצר צל מלפניו וצל מאחוריו.

- לשחקני כדורגל המשחקים בלילה יש מספר צלליות בכיוונים שונים.

המשותף לדוגמאות הוא שבשתייהן יש יותר ממקור אור אחד המאיר את האדם, וכל מקור אור יוצר צל נפרד.

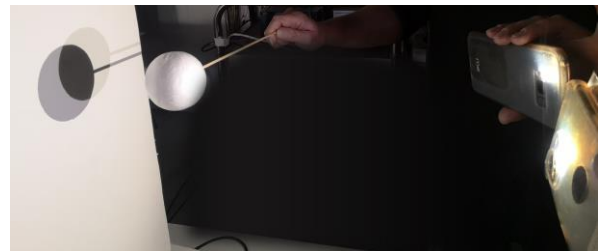
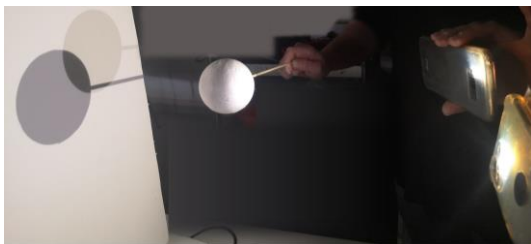
### חלק שני: יצירת צלליות בעלות בהירות שונה חקר אמפירי והסבר התופעה באמצעות מודל קרניים

א. לרשותכם עצם אטום לאור ומסך לבן. העזרו מפנסים של שני טלפונים סלולריים או בשתי נורות שסופקו לכם ע"י המורה כדי ליצור את הצלליות המתוארות בתמונה: צללית שחורה ומצדיה צלליות בהירות.

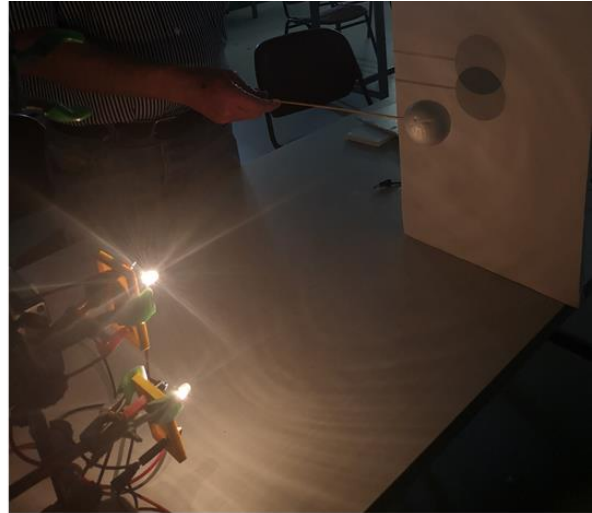
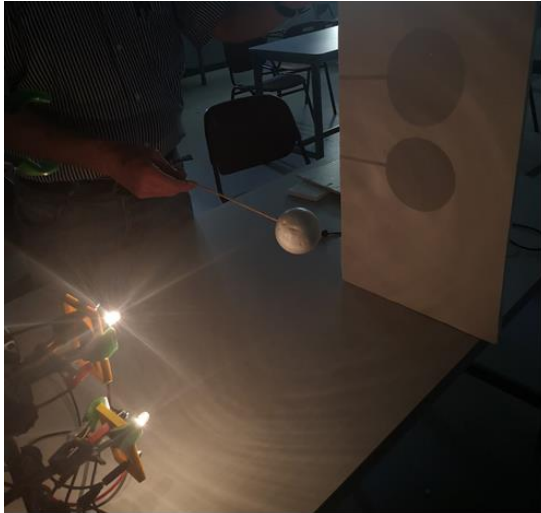


(1) צרו מצב זה, צלמו והעלו את התמונה לכאן.

(2) רשמו מילולית כיצד ביצעתם זאת.



ניתן להשתמש בנורות להט קטנות (3V או 6V):

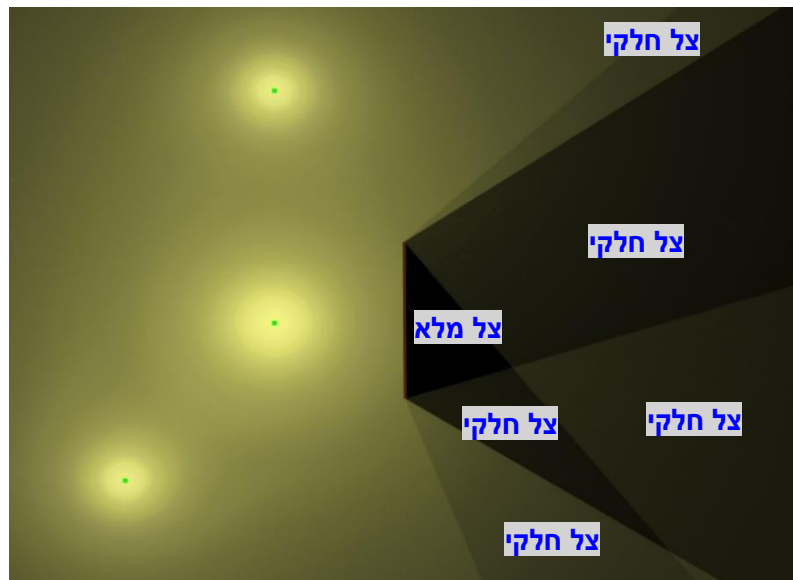


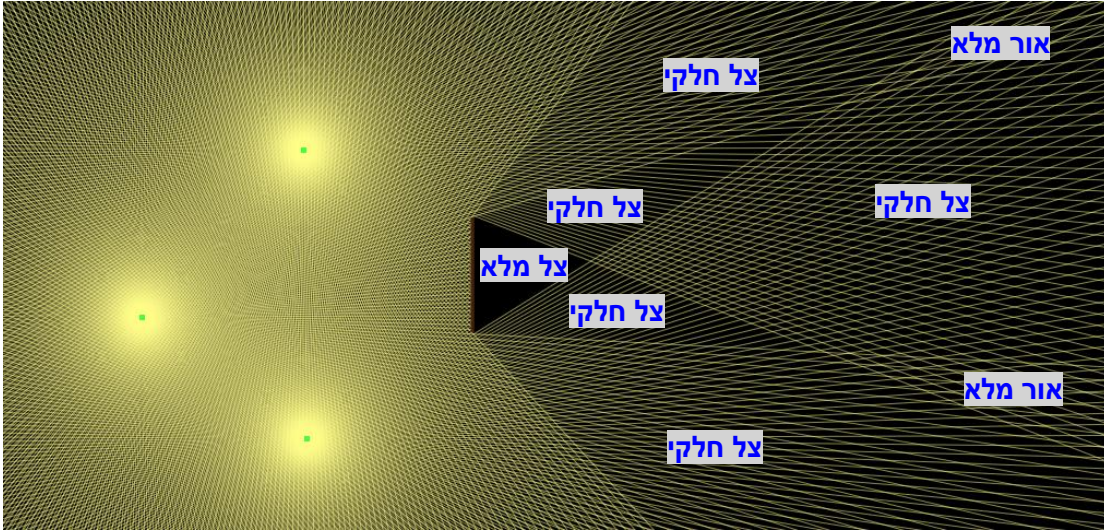
ב. את אזורי הצל בהם צפיתם עד כה ניתן לחלק לשני סוגים: אזור הנקרא "צל מלא" ואזור הנקרא "צל חלקי".  
 אזורי הצל נמצאים מאחורי עצם אטום לאור, והתקבלו כאשר לפני העצם עומד יותר ממקור אור נקודתי אחד.

(1) הסבירו כיצד נוצר כל אחד מהאזורים "צל מלא" "צל חלקי".

צל מלא נוצר באזור שאליו לא מגיע בכלל אור מאף אחד ממקורות האור  
 צל חלקי נוצר באזור שמגיע אליו אור לפחות מאחד ממקורות האור ולפחות מאחד ממקורות האור לא מגיע אליו אור.

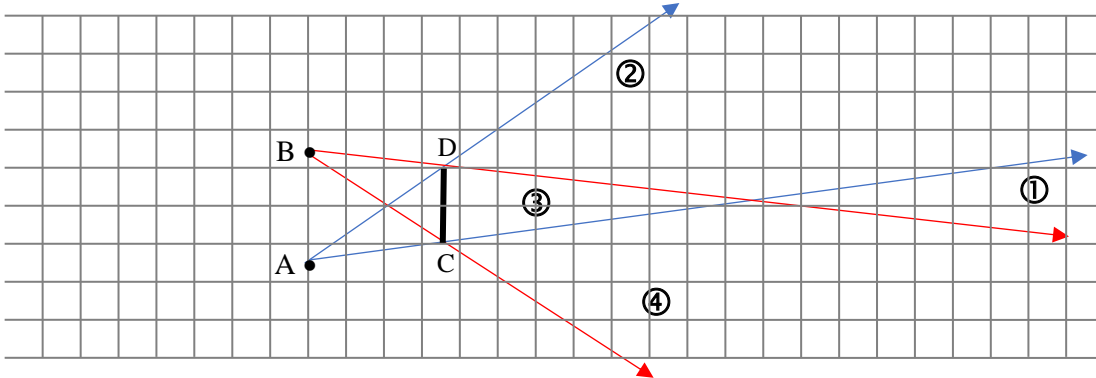
(2) היכנסו לסימולציה וצרו בעזרתה את המערך שיצרתם במשימה א. הדביקו תמונת-מסך של מה שיצרתם בעזרת הסימולציה. ליד האזורים השונים שהתקבלו מאחורי העצם, הוסיפו כיתוב המציין את האופי של האזור ("צל מלא", "צל חלקי", "אור מלא").



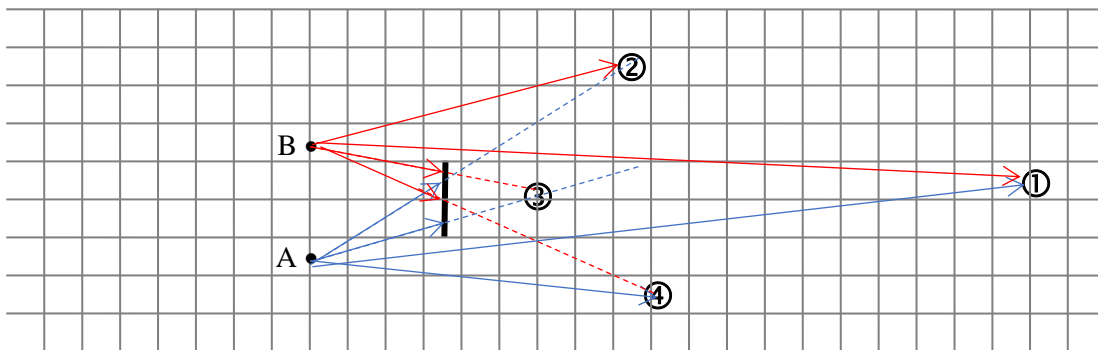


א. באיור הבא הנקודות (B, A) מתארות מקור אור נקודתי, והישר הקצר מתאר עצם אטום לאור. עבור כל אחד מהמקומות ①-④ ציינו האם מתקבל בו צל מלא, צל חלקי או אור מלא? נמקו קביעתכם בעזרת שרטוט מסלולי אור בלבד.

① אור מלא; ② צל חלקי; ③ צל מלא; ④ צל חלקי.



א:



ב. רפלקציה – מה למדנו בפעילות?  
(1) מהם המושגים החדשים שלמדתם בפעילות?

(2) צפינו בתופעה – היווצרות מספר צלליות בעלות בהירות שונה, ואפיינו אותה. מהן אבני היסוד של התהליך שבאמצעותו גבשנו בפעילות הסבר לתופעה?

נתייחס כאן להדגשים עבור חלק (2) של הרפלקציה.

אבני היסוד של התהליך שבאמצעותו גובש בפעילות ההסבר לתופעה:

- דנו בהסברים אפשריים לתופעה.
- חקר אמפירי: ייצרנו את התופעה בתנאי מעבדה, כלומר כאשר אנו שולטים על גדלים פיזיקליים שונים במערכת, כגון מיקום המחסומים ומספרם, מיקום ומספר מקורות האור. כך נוכל לבחון קשרים שונים בין גדלים אלה ואת השפעתם זה על זה.
- מידול: השתמשנו בחוקים פיזיקליים ידועים לנו כדי להסביר את התופעה: מודל הקרניים המתאר את התפשטות האור.

- תחילה השתמשנו במידול ממוחשב – סימולציה המבוססת על מודל הקרניים ועל מערך מקורות האור והמחסומים שבנינו במעבדה כדי לראות אם מודל המבוסס על התפשטות אור בקרניים ישירות משחזר את התוצאות בהן חזינו במעבדה.

- לאחר שהשתכנענו במידול החישובי כי מודל הקרניים מתאים להסבר התופעה, יישמנו אותו במידול אנליטי – מצאנו אזורי צל מלא וצל חלקי באמצעות שרטוט קרניים מתאים. כך לא נדדקק עוד לסימולציה הממוחשבת כדי לזהות או לקבוע אזורי צל מלא וחלקי.

#### 4. דוגמאות לשאלות הערכה ודוגמת תשובות לשאלות

1. א. תארו במילים ובאמצעות תרשים מתאים את המושגים: "צל מלא" ו"צל חלקי".

ב. לפניכם שתי תמונות של צלליות של יד המתקבלות על מסך. בסעיפים (1) ו-(2) התייחסו לתמונות אלו.

**זכויות יוצרים!** התמונות מתוך הספר אופטיקה, ד"ר דוד זינגר, עמ' 21



(1) תארו בעזרת מושגים מתאימים, את ההבדל שבין שתי הצלליות.

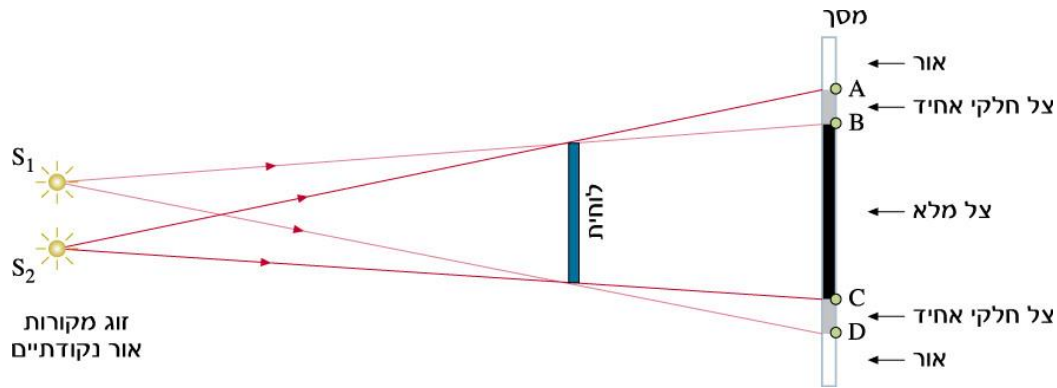
(2) אחת מהצלליות נוצרה ע"י נורה קטנה מאוד ביחס לגודל היד. האם זו הצללית שמתוארת בתמונה

או הצללית שמתוארת בתמונה 2? נמקו.1.

#### דוגמת תשובות לשאלה 1

א. צל מלא הוא אזור צל שבו אין אור כלל.

צל חלקי הוא אזור שיש בו אור, אך בעוצמה נמוכה יחסית לאזורים עם אור מלא מכל מקורות האור.



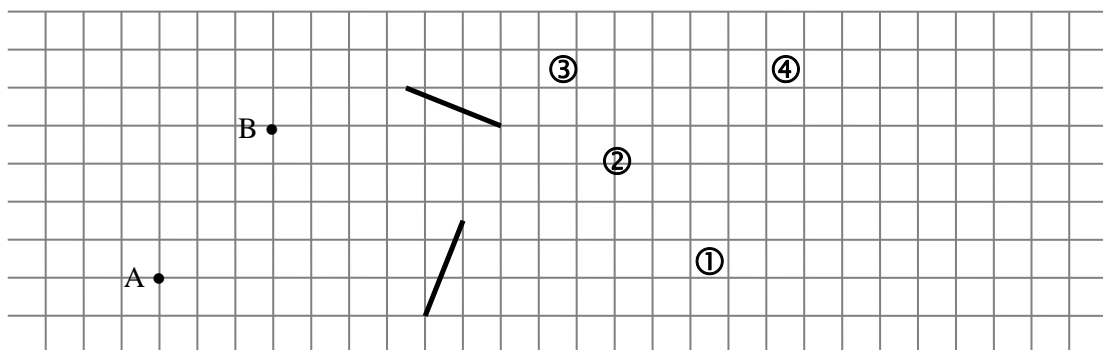
\*האיור מתוך המדריך למורה לספר קרינה וחומר – אופטיקה גיאומטרית, עדי רוזן

- ב. (1) בתמונה מספר 1 הצללית מורכבת רק מאזור של צל מלא. בתמונה 2 הצללית מורכבת מאזור של צל מלא וסביבו אזור של צל חלקי.
- (2) הצללית המתוארת בתמונה 1. כי אז ניתן לומר שמקור האור הוא מקור נקודתי ולא אוסף של מקורות אור. צל חלקי נוצר כאשר יש יותר ממקור אור אחד. נורה גדולה היא אוסף של מקורות אור נקודתיים (הקרובים זה לזה).

יכולות הליבה והמרכיבים שלהן הבאים לביטוי בשאלה 1 :

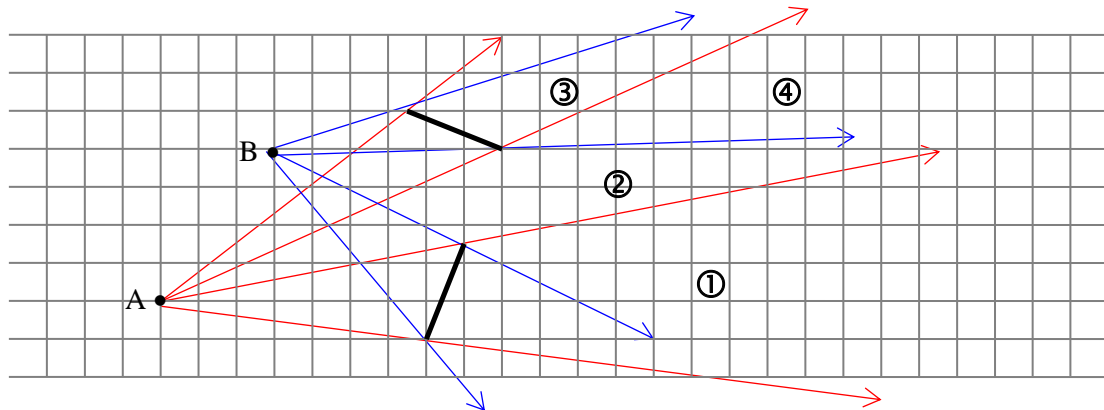
- יכולת ליבה מספר 2: הסבר מדעי של תופעות. המרכיב: 2.1 להשתמש בידע מדעי לתיאור והסבר של תופעות
- יכולת ליבה מספר 4: פרשנות מדעית של נתונים וראיות. המרכיב: 4.4 ניתוח תוצאות, פירוש ממצאים והסקת מסקנות המבוססות עליהם

2. בתרשים שלהלן הנקודות (B, A) מתארות מקור אור נקודתי, והישר הקצר מתאר עצם אטום לאור. עבור כל אחד מהמקומות ①-④ ציינו האם מתקבל בו צל מלא, צל חלקי או אור מלא? נמקו תשובתכם בעזרת שרטוט מסלולי אור בלבד. את השרטוט הציגו על גבי השאלון.





## דוגמת תשובות לשאלה 2



① צל חלקי; ② אור מלא; ③ צל מלא; ④ צל חלקי.

יכולות הליבה והמרכיבים שלהן הבאים לביטוי בשאלה 2 :

- יכולת ליבה מספר 2: הסבר מדעי של תופעות. המרכיב:  
2.1 להשתמש בידע מדעי לתיאור והסבר של תופעות



## פעילות – מבוא לפיזיקה: דמות הנוצרת על-ידי מראה מישורית

פעילות זו היא עיבוד לפעילות שנכתבה ע"י עדי רוזן ומפורסמת באתר מורי הפיזיקה. השינויים ביחס למקור נועדו בכדי להתאים את הפעילות למרכיבי הליבה של מיומנויות אוריינות מדעית, כפי שמופיעים במסמך דמות הבוגרת והבוגר.

### מבט "על" - תחום התוכן

#### שלבי הפעילות

זוהי פעילות קצרה העוסקת בחקירת הקשר בין מרחקו של עצם ממראה ומרחק דמותו של העצם מהמראה. החקירה כוללת את השלבים הבאים:

- העלאת השערה לגבי הקשר בין מרחק הדמות למרחק העצם במראה מישורית, בהתבסס על חוקי החזרת האור. שלב זה הוא שליפת מידע קיים (מיקום הדמות הוכח תאורטית בכיתה על פי מודל הקרניים) שנועד לקשר בין התופעה הנצפית לחוקי הפיזיקה המתאימים.
  - תכנון מערך ניסוי בהתבסס על ציוד נתון ומטרות מוגדרות (ללא ניסוח עצמאי של שאלות חקר).
  - ביצוע מדידות.
  - ניתוח תוצאות והסקת מסקנות.
  - מבט לאחור - מתן משמעות לתופעה נצפית: מדוע השתמשנו בלוח שקוף כמראה, כיצד התופעה באה לידי ביטוי בחיי יומיום?
- החקירה מכילה מרכיב של הוראה ספירלית, מאחר והיבט מהותי במערכת הניסיונית – השימוש בתכונות ההחזרה וההעברה של אור בלוח שקוף – אינו נדון בתחילת הניסוי אלא בחלקו האחרון. זהו מהלך רפלקטיבי המאפשר לתלמידים שימוש ברמות חשיבה גבוהות (אינטגרציה של ידע, הסקת מסקנות, הכללה) בשלב הסיכום של הפעילות.

### המקום ברצף ההוראה ורציונל הפעילות

פעילות זו משולבת בנושא "החזרת אור: חוקי החזרה, דמות במראה מישורית". הנושא החזרת אור נלמד בהיקף של 9 שעות כיתה. זמן כיתה משוער לביצוע הפעילות: 2 שעות כיתה או 1 שעת שיעורי בית ו-1 שעת כיתה.

מיקום הפעילות ברצף ההוראה הוא לאחר שנלמדו חוקי החזרה, כולל "החזרה מסודרת" ו"לא מסודרת"; דמות הנוצרת כתוצאה מהחזרת אור ממראה מישורית (או החזרה מסודרת); ושימוש במודל הקרניים למציאת מרחק הדמות מהמראה. מומלץ לבצע את הפעילות מיד לאחר דיונים אלה ולפני מעבר לנושאים מתקדמים יותר כגון היפוך ימין – שמאל במראה או שדה ראייה, זאת כדי ליצור רצף הוראה הכולל מידול תאורטי וחקר אמפירי של יצירת דמות במראה, תופעה העומדת בלב הדין בהחזרת אור.

הרציונל לפעילות כולל מספר מרכיבים:

- הבחנה בין עצם לבין דמותו.
- תצפית ניסיונית המאששת את מיקום הדמות מאחורי המראה; בפרט, מתן מענה לתפיסות שגויות כגון: הדמות המדומה נמצאת על גבי המראה.





- הקנייה של מיומנות ניסויית: שיקולי דעת בתכנון של מערך ניסוי; מציאת קשרים והשפעות של גורמים שונים בניסוי זה על זה; זיהוי מגבלות ניסיוניות; עיבוד תוצאות גרפי; והסקת מסקנות הנוגעות להתאמה בין תחזיות מודל תיאורטי לקשר האמפירי בין משתנים שערכיהם נמדדו בפועל.

## מבט "על" הפעילות - מיומנויות

הפעילות מתכתבת עם מספר מיומנויות כמפורט בטבלה:

מרכיבי יכולות הליבה	יכולות הליבה	החלק בפעילות
1.3 להכיר מאפיינים של מחקר מדעי	1. התמצאות מדעית	כללי
2.1 להשתמש בידע מדעי לתיאור ולהסבר של תופעות ואירועים 2.5 בניית מודלים לתיאור, הסבר וחיזוי של תופעות	2. הסבר מדעי של תופעות	1. העלאת השערה
2.6 זיהוי רכיבים במערכת וקשרים ביניהם	2. הסבר מדעי של תופעות	2. תכנון ביצוע אופן הניסוי
3.1 לנסח שאלות מחקר, לתכנן מערך מחקר מתאים ולבצעו היטב באופן בטוח ובהתאם לתכנון. 3.3 לזהות מגבלות מחקריות (למשל העדר קבוצת ביקורת, קושי בבידוד משתנים) ואת הדרכים להתמודד עמן.	3. תכנון ביצוע והערכת מחקר	
4.7 להשתמש בכלי נתונים בסיסיים כדי להפיק ייצוגים בעלי משמעות של הנתונים	4. פרשנות מדעית של נתונים וראיות	3. ביצוע המדידות והצגת הממצאים
3.2 לזהות ולהעריך ניסויים מדעיים	3. תכנון ביצוע והערכת מחקר	4. הסקת מסקנות
4.2 לזהות את ההנחות, ההטיות, הראיות והמסקנות המוצגות במחקרים 4.4 לנתח תוצאות	4. פרשנות מדעית של נתונים וראיות	
2.1 להשתמש בידע מדעי לתיאור והסבר של תופעות 2.3 להשתמש בידע מדעי בהקשרים מגוונים	2. הסבר מדעי של תופעות	5. במבט לאחור

## מקורות

עדי רוזן, [קרינה וחומר – כרך א, אופטיקה גיאומטרית](#), פרק ב.

פעילות "דמות במראה מישורית" שנכתבה ע"י עדי רוזן ומפורסמת [באתר מורי הפיזיקה](#).



## 1. תדריך הפעילות לתלמידים

שמות חברי הקבוצה:

### פעילות: חקירת הקשר בין מיקום העצם ומיקום דמותו במראה מישורית

בניסוי תחקרו את השאלה הבאה:

מה הקשר בין המרחק של הדמות ממראה מישורית למרחק העצם מהמראה?

1. השערה מנומקת

המרחק של העצם מהמראה שווה למרחק של הדמות ממנה.

עשו שימוש בחוקים ועקרונות בפיזיקה על מנת להצדיק השערה זו. הוסיפו להצדקה שלכם גם תרשים מתאים.

### רשימת הציוד

לפני תחילת הניסוי וודאו שלרשותכם הציוד הבא:

- לוח שקוף, שממדיו הם לפחות 15 ס"מ x 15 ס"מ.
- שני נרות שווים בגובהם.
- גפרורים.
- כן עם שני מצמדים ושני אוחזים.
- סרגל שאורכו 30 ס"מ.
- סרט הדבקה.

### בניית מערכת הניסוי

2. הדקו את הלוח השקוף באמצעות שני האוחזים הצמודים לכן, כך שלוח השקוף יהיה מאונך לשולחן, ככל האפשר. נסו להציע כיצד אפשר להגיע למצב זה. הלוח השקוף ישמש כ"מראה מישורית" בניסוי.

### תכנון אופן ביצוע הניסוי

3. א. העמידו את אחד הנרות במאונך לשולחן, מול הלוח השקוף, וקבלו אישור מהמורה להדליק אותו.  
ב. השתמשו בנר הדולק כעצם שיעמוד מול הלוח השקוף ובנר כבוי על מנת לזהות את מקום הדמות של הנר הדולק, המתקבלת באמצעות הלוח השקוף.  
ג. תכננו כיצד לבצע את הניסוי על מנת לבדוק את ההשערה שלכם. העזרו בתשובותיכם לשאלות המנחות הבאות:

- את מקום הדמות של הנר הדולק תאתרו באופן הבא: הזיזו את הנר הכבוי עד שדמות להבת הנר הדולק תהיה בקצה הפתיל שלו. אם עשיתם כך, הנר הכבוי ימצא במיקום בו מתקבלת הדמות של הנר הדולק.

- האם מספיק לאתר את הדמות מכיוון הסתכלות אחד או שכדאי לבצע זאת ממספר כיוונים?
- מדוע לא ניתן לאתר את מקום הדמות מבלי להשתמש בנר הכבוי?
- מדוע מקום הדמות הוא במקום בו מתלכדת דמות הלהבה עם פתיל הנר הכבוי?



- כיצד תבצעו את המדידה של מרחק הנר הדולק ומרחק דמותו מהלוח השקוף באמצעות הסרגל: מהיכן עד היכן? באיזו זווית תעמידו את הסרגל ביחס ללוח השקוף?
- בניסוי תבצעו בדיקה עבור 6 מרחקים שונים של הנר הדולק מהלוח השקוף.
  - o מדוע אין להסתפק ב-2-3 מדידות?
  - o מהו טווח המרחקים (המזערי ביותר והגדול ביותר) שבו תעמידו את הנר הדולק מהלוח השקוף, וכיצד קבעתם זאת?

### קבלו מהמורה אישור לתכנון שלכם טרם ביצוע המדידות.

### ביצוע המדידות והצגת הממצאים

4. בכל מדידה קבעו מרחק שונה בין הנר הדולק לבין הלוח השקוף. מדדו, בכל פעם את מרחק הנר הדולק מהלוח השקוף ואת מרחק הנר הכבוי מהלוח השקוף. רשמו את תוצאות המדידות בטבלה.

# מדידה	1	2	3	4	5	6
מרחק הנר הדולק מהלוח השקוף, יחידות:						
מרחק הנר הכבוי מהלוח השקוף, יחידות:						

5. באיזו מבין המדידות צפוי שהשגיאה היחסית במדידת המרחק מהנר ללוח השקוף היא קטנה יותר – כאשר הנר קרוב ללוח השקוף או כאשר הוא רחוק ממנו? נמקו.
6. סרטטו גרף המתאר את מרחק הנר הכבוי מהלוח השקוף כפונקציה של מרחק הנר הדולק מהלוח השקוף.

### הסקת מסקנות

7. א. נסחו את הקשר לגבי מרחק העצם ומרחק דמותו ממראה מישורית. הסבירו כיצד קשר זה עולה מהגרף ששרטטתם.
- ב. לא בכל מדידה בודדת הייתה התאמה מלאה להשערה שהעלייתם בשאלה 1. מהן ההנחות שבבסיס ההסבר התיאורטי שהצגתם בהשערתכם לשאלה 1 שיכולות להוות סיבה לכך?

### במבט לאחור

- בניסוי התבקשתם לעשות שימוש בלוח שקוף "כמראה מישורית".
8. איזו תכונה צריכה להיות **לחומר** ממנו עשוי הלוח השקוף על מנת שהוא יוכל לשמש כמראה?
9. איזו תכונה צריכה להיות **למשטח הלוח** על מנת שיוכל לשמש כמראה?
10. מדוע לדעתכם התבקשתם לעשות שימוש בלוח שקוף ולא במראה מישורית?
11. הלוח השקוף דומה לשמשת חלון. כאשר אנו מתבוננים בשמשת החלון במשך היום – אין אנו רואים את דמותנו. אולם בלילה כאשר יש אור בחדר, אנו רואים את דמותנו משתקפת בשמשת החלון. הסבירו מדוע.

### עבודה נעימה

## 2. הצעת תשובות לפעילות – עבור המורה

### פעילות: חקירת הקשר בין מיקום העצם ומיקום דמותו במראה מישורית

בניסוי תחקרו את השאלה הבאה:

מה הקשר בין המרחק של הדמות ממראה מישורית למרחק העצם מהמראה?

1. השערה מנומקת

המרחק של העצם מהמראה שווה למרחק של הדמות ממנה.

עשו שימוש בחוקים ועקרונות בפיזיקה על מנת להצדיק השערה זו. הוסיפו להצדקה שלכם גם תרשים מתאים.

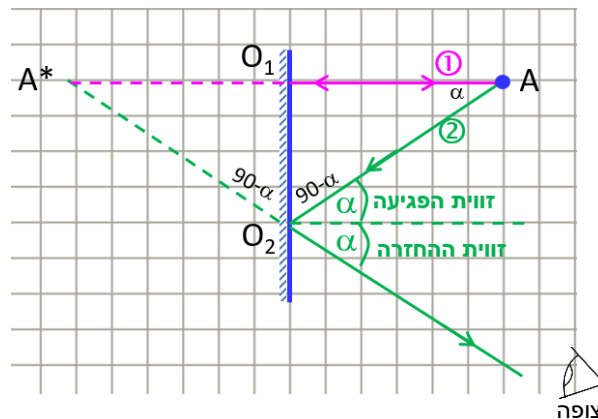
באזור מתוארת החזרה מישורית של שתי קרניים שמקורן במקור נקודתי.

שימוש בחוקי ההחזרה:

לקרן ① זווית פגיעה  $0^\circ$ , ולכן היא מאונכת למראה. במקרה הזה, לפי חוקי ההחזרה זווית ההחזרה בת  $0^\circ$

וקרן ההחזרה מתלכדת עם קרן הפגיעה. לקרן ② זווית פגיעה  $\alpha$ , ולפי חוקי ההחזרה קרן האנך למראה

וקרן ההחזרה במישור הדף, וזווית ההחזרה גם כן  $\alpha$ .



צופה

שימוש בשיקולים גיאומטריים:

$$\sphericalangle O_1 A O_2 = \alpha \text{ מתחלפת עם זווית הפגיעה של קרן } \textcircled{2}.$$

$$\sphericalangle A O_2 O_1 = 90 - \alpha \text{ סכום זוויות במשולש } A O_2 O_1 \text{ הוא } 180^\circ.$$

$$\sphericalangle A O_2 O_1 = 180 - (\sphericalangle A O_2 O_1 + \alpha + \alpha) = 90 - \alpha.$$

$O_1 O_2$  צלע משותפת

$$\text{לכן } \triangle A O_1 O_2 \cong \triangle A^* O_1 O_2 \text{ לפי זווית-צלע-זווית}$$

$$\leftarrow A O_1 \cong A^* O_1, \text{ כלומר מרחק הדמות מהמראה שווה למרחק העצם מהמראה.}$$

### בניית מערכת הניסוי

2. הדקו את הלוח השקוף באמצעות שני האוחזים הצמודים לכן, כך שלוח השקוף יהיה מאונך לשולחן, ככל

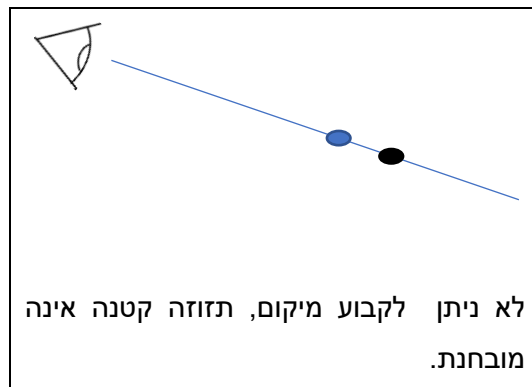
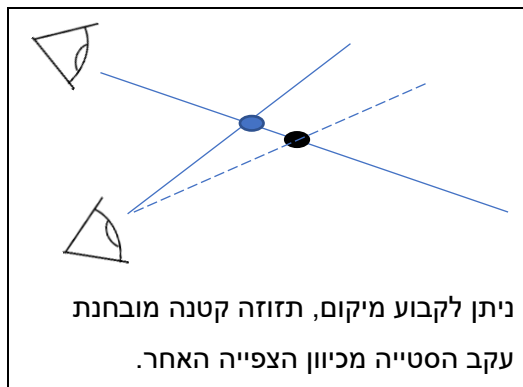
האפשר. נסו להציע כיצד אפשר להגיע למצב זה. הלוח השקוף ישמש כ"מראה מישורית" בניסוי.

### תכנון אופן ביצוע הניסוי

3. א. העמידו את אחד הנרות במאונך לשולחן, מול הלוח השקוף, וקבלו אישור מהמורה להדליק אותו.  
 ב. השתמשו בנר הדולק כעצם שיעמוד מול הלוח השקוף ובנר כבוי על מנת לזהות את מקום הדמות של הנר הדולק, המתקבלת באמצעות הלוח השקוף.  
 ג. תכננו כיצד לבצע את הניסוי על מנת לבדוק את ההשערה שלכם. העזרו בתשובותיכם לשאלות המנחות הבאות:

- את מקום הדמות של הנר הדולק תאתרו באופן הבא: הזיזו את הנר הכבוי עד שדמות להבת הנר הדולק תהיה בקצה הפתיל שלו. אם עשיתם כך, הנר הכבוי ימצא במיקום בו מתקבלת הדמות של הנר הדולק.

○ האם מספיק לאתר את הדמות מכיוון הסתכלות אחד או שכדאי לבצע זאת ממספר כיוונים? יש לאתר את הדמות ממספר כיוונים כדי לקבוע את מיקומה: אם נסתפק בכיוון אחד, ניתן להזיז את הנר הכבוי קדימה ואחורה בכיוון זה, והלהבה עדיין תראה כאילו היא על הפתיל שלו. כך לא נדע מהו מקומה של הדמות. אם נבחן את מיקום הנר משני כיוונים נוכל לקבוע את מקומו מאחר והוא נקודת החיתוך של שני המיקומים בכיוונים השונים, וקיימת רק נקודת חיתוך אחת כזו. כדאי לבחון אף יותר כיוונים, מאחר וזה שימוש נכון יותר במודל הקרניים, ובנוסף כדי להגדיל את הדיוק, עקב הקושי בקביעת מיקום הנר הכבוי במדויק באמצעות הסרגל (שדיוקו מוגבל – 1 מילימטר).



- מדוע לא ניתן לאתר את מקום הדמות מבלי להשתמש בנר הכבוי? אנו צופים בדמות של הנר כתוצאה מאינסוף מסלולי אור שהגיעו ללוח השקוף וחזרו אל עינינו. המערכת האופטית של העין יצרה על הרשתית תמונה של נר, שנדמה לנו ששלח אור מנקודה הנמצאת מאחורי המראה. בפועל אין נר מאחורי המראה ששלח אור זה לעינינו. לכן הדרך היחידה לאתר את הדמות היא ע"י העמדת נר נוסף באותו המקום, בצורה כזו שמסלולי האור שהגיעו ממנו לעינינו התלכדו עם האור שהגיע לעינינו לאחר שהוחזר מהמשטח השקוף.
- מדוע מקום הדמות הוא במקום בו מתלכדת דמות הלהבה עם פתיל הנר הכבוי? כי אז נראה לנו שהדמות של הלהבה מקורה בפתיל של הנר הכבוי, והם נראים כעצם אחד. משמע הנר הכבוי "התלכד" עם דמות הנר הדולק.
- כיצד תבצעו את המדידה של מרחק הנר הדולק ומרחק דמותו מהלוח השקוף באמצעות הסרגל: מהיכן עד היכן? באיזו זווית תעמידו את הסרגל ביחס ללוח השקוף?



יש למדוד מלהבה ללהבה. הלהבה נמצאת במרכז הנר ולכן נמדוד ממרכז עד מרכז. זו מדידה בעייתית לביצוע מפני שהנרות הדולק והכבוי שונים מעט זה מזה וקשה לקבוע את מרכזם. עם זאת, ההבדל ביניהם הוא מסדר גודל דיוק הסרגל (מילימטרים). ניתן לקבוע את מיקום מרכז הנר למשל על ידי מדידת מיקום קצות קוטר הנר (בחלק המעוגל) ולקיחת ממוצע המיקומים. בכל מקרה, את אותה הפעולה לקביעת המרחק והנקודה בנר ממנה נמדד המרחק להיות זהה עבור שני הנרות, הדולק והכבוי.

את הסרגל נניח על השולחן ובמאונך ללוח השקוף, מאחר ומרחק מנקודה לקטע ישר (הלוח השקוף הוא קטע ישר) מוגדר כאורך הקו המאונך (גובה) מהנקודה לקטע הישר.

- בניסוי תבצעו בדיקה עבור 6 מרחקים שונים של הנר הדולק מהלוח השקוף.

○ מדוע אין להסתפק ב-2-3 מדידות?

בכל מדידה יש אפשרות שמדדנו לא מספיק מדויק, למשל הסרגל לא היה מאונך לחלוטין ללוח. הסיכוי שנטעה בכל מדידה הוא קטן. ככל שנבצע יותר מדידות, השפעת הטעות על הקשר שיתארו המדידות תהיה זניחה.

○ מהו טווח המרחקים (המזערי ביותר והגדול ביותר) שבו תעמידו את הנר הדולק מהלוח השקוף, וכיצד קבעתם זאת?

הטווח הגדול ביותר יקבע בהתאם לממדי המערכת, מרחב הפעולה בסביבת המערכת, ממדי הסרגל.

המרחק המזערי הוא זה שעבורו השגיאה היחסית במדידת המיקום היא קטנה (פחות מ 10%). למשל עבור סרגל שדיוקו מילימטר, המרחק המזערי לא יעלה על סנטימטר, ואף מספר סנטימטרים, להקטנה נוספת של השגיאה היחסית במיקום. בנוסף מגבלת עובי הנר תקבל היכן ימוקם מרכזו מהלוח, שכן במקרה זה המרחק המזערי הוא המרחק של מרכז הנר מהלוח כאשר הנר במגע עם הלוח.

### ביצוע המדידות והצגת הממצאים

4. בכל מדידה קבעו מרחק שונה בין הנר הדולק לבין הלוח השקוף. מדדו, בכל פעם את מרחק הנר הדולק מהלוח השקוף ואת מרחק הנר הכבוי מהלוח השקוף. רשמו את תוצאות המדידות בטבלה.

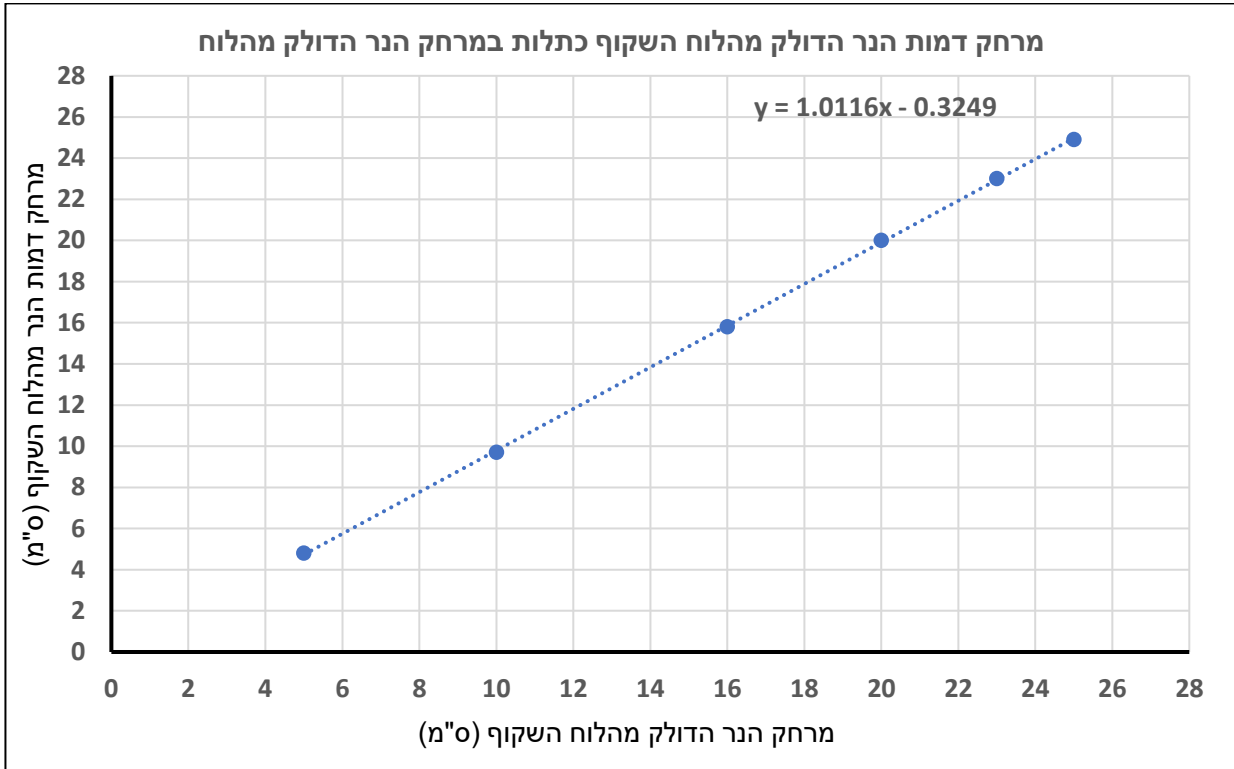
# מדידה	1	2	3	4	5	6
מרחק הנר הדולק מהלוח השקוף, יחידות:	5	10	16	20	23	25
מרחק הנר הכבוי מהלוח השקוף, יחידות:	4.8	9.7	15.8	20	23	24.9

### תמונות של מערכת הניסוי



את אופן ביצוע המדידות ניתן לראות בסרטון המפורסם ע"י "התיכון הוירטואלי" בקישור.

5. באיזו מבין המדידות צפוי שהשגיאה היחסית במדידת המרחק מהנר ללוח השקוף היא קטנה יותר – כאשר הנר קרוב ללוח השקוף או כאשר הוא רחוק ממנו? נמקו.  
השגיאה היחסית היא דיוק הסרגל (המרחק הקטן ביותר בין השנתות) מחולק בגודל הנמדד. דיוק הסרגל הוא קבוע ולכן ככל שהמרחק הנמדד גדול יותר, השגיאה היחסית קטנה יותר.
6. סרטטו גרף המתאר את מרחק הנר הכבוי מהלוח השקוף כפונקציה של מרחק הנר הדולק מהלוח השקוף.



### הסקת מסקנות

7. א. נסחו את הקשר לגבי מרחק העצם ומרחק דמותו ממראה מישורית. הסבירו כיצד קשר זה עולה מהגרף ששרטטתם.

ב. לא בכל מדידה בודדת הייתה התאמה מלאה להשערה שהעליתם בשאלה 1. מהן ההנחות שבבסיס ההסבר התיאורטי שהצגתם בהשערתכם לשאלה 1 שיכולות להוות סיבה לכך?

א. הקשר המתקבל מהגרף הוא שמרחק הדמות מהמראה המישורית זהה למרחק העצם ממנה. אנו רואים זאת מפני שקו המגמה, המייצג את הקשר בין המשתנים כפי שהתקבל מתוצאות הניסוי, הוא קו ישר, ששיפועו 1 בקירוב, והוא עובר קרוב מאוד לראשית הצירים. דבר זה מבטא יחס ישר  $y=x$  בין המשתנים, כלומר מרחקים שווים.

ב. הנחות אפשריות:

- העצם הינו נקודתי. במציאות להבת הנר אינה נקודתית, והיא אף משנה את צורתה ובמידת מה את מיקומה תוך כדי מדידה.
- המראה מישורית לחלוטין – הפיתוח הגאומטרי מסתמך על כך. בפועל לוח השקוף עשוי לכלול עיוותים קטנים ולא להיות מישורי לגמרי.
- המראה חלקה ועל כן ההחזרה מסודרת לחלוטין. בפועל לוח השקוף מחוספס במקצת כך שנוצרת החזרה מעט מפוזרת הגורמת לדמות לא נקודתית, גם עבור עצם נקודתי.
- מישור המראה מקביל לעצם. בפועל הנר מתעקם תוך כדי הבעירה.





## במבט לאחור

בניסוי התבקשתם לעשות שימוש בלוח שקוף "כמראה מישורית".

8. איזו תכונה צריכה להיות **לחומר** ממנו עשוי הלוח השקוף על מנת שהוא יוכל לשמש כמראה?  
החומר ממנו עשוי הלוח השקוף צריך להחזיר את האור שהגיע אליו מלהבת הנר הדולק, בעצמה מספקת כך שניתן יהיה להבחין בדמות של הלהבה.
9. איזו תכונה צריכה להיות **למשטח הלוח** על מנת שיוכל לשמש כמראה?  
על המשטח להיות חלק, כך שהחזרת האור ממנו תהיה "החזרה מסודרת" ובעקבות כך תיווצר הדמות.
10. מדוע לדעתכם התבקשתם לעשות שימוש בלוח שקוף ולא במראה מישורית?  
השתמשנו בלוח שקוף מפני שהיה עלינו לראות את הנר הכבוי מאחורי הלוח, כלומר לאפשר לאור להגיע מעצם (נר כבוי) הנמצא מאחורי ה"מראה". לוח השקוף מתפקד כמראה – מחזיר חלק מהאור, ומאפשר גם לאור לעבור כך שאנו מבחינים הן בדמות הנר הדולק והן בנר הכבוי באמצעותו. שימוש במראה רגילה לא היה מאפשר להבחין בנר הכבוי מאחוריה.
11. הלוח השקוף דומה לשמשת חלון. כאשר אנו מתבוננים בשמשת החלון במשך היום – אין אנו רואים את דמותנו. אולם בלילה כאשר יש אור בחדר, אנו רואים את דמותנו משתקפת בשמשת החלון. הסבירו מדוע. שמשת החלון שקופה. בו בזמן חלק מהאור המגיע אליה מהחדר מוחזר ממנה, וחלק מהאור המגיע אליה מן החוץ עובר דרכה אל תוך החדר. באמצעות האור שהגיע מגופינו אל שמשת החלון ומוחזר ממנה אנו רואים את דמותנו. באמצעות חלק האור המגיע מן החוץ ועובר דרכה אנו מבחינים בעצמים שהם המקור לאור זה. במהלך היום עצמת האור המגיעה מן החוץ גדולה מאוד מזו המוחזרת מהחלון, לכן לא נצליח להבחין בדמותנו. בלילה עצמת האור המוחזרת משמשת החלון גדולה מאוד מזו המגיעה מן החוץ ולכן כעת נצליח להבחין בדמותנו.