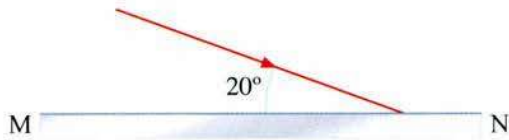
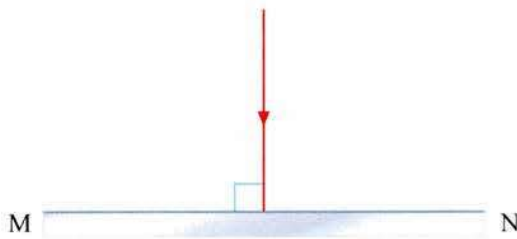


3. א. הגדר את המושג "זווית פגיעה".
 בכל אחד מאיורים א ו-ב מוצגת קרן הפוגעת במראה
 מישורית.



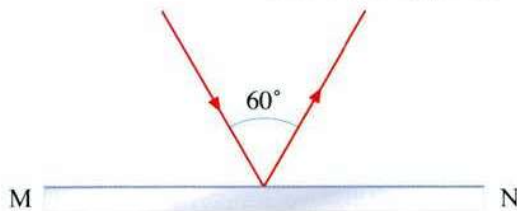
איור א



איור ב

ב. מהי זווית הפגיעה באיור א?
 ג. מהי זווית ההחזרה באיור ב?

4. קרן פוגעת במראה מישורית ומוחזרת ממנה. הזווית
 בין שתי הקרניים היא 60° .



מהי זווית הפגיעה? נמק.

5. קרן פוגעת במראה מישורית בזווית פגיעה בת 35° .
 הזווית בין הקרן הפוגעת לבין הקרן המוחזרת היא:

- (1) 0°
- (2) 35°
- (3) 55°
- (4) 70°

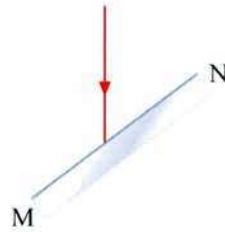
שאלות, תרגילים ובעיות

1. תרגילים מותאמים לסעיפי הפרק

תרגילים 1 - 32 ממויינים על-פי סעיפי הפרק והם נועדו
 בעיקר לתרגול החומר המופיע באותם סעיפים. תרגילי
 סיכום אינטגרטיביים מופיעים אחרי תרגילים אלה.

2. חוקי ההחזרה

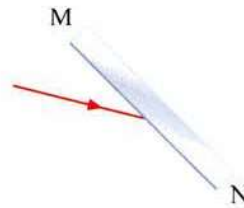
1. בכל אחד מאיורים א - ד מוצגת קרן הפוגעת במראה
 מישורית.



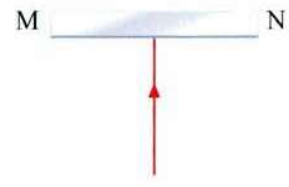
איור ב



איור א



איור ד



איור ג

א. העתק את האיורים והוסף לכל איור סרטוט מקורב
 של האנך ושל הקרן המוחזרת.

ב. סמן בכל איור את זווית הפגיעה באות α , ואת זווית
 ההחזרה באות β .

2. באיור מוצג חתך MN של מראה מישורית. קרן פוגעת
 בנקודה A שעל פני המראה, בזווית פגיעה בת 70° .



סרטט באופן מקורב את הקרן הפוגעת במראה ואת
 הקרן המוחזרת ממנה.

3. החזרת אור מסודרת והחזרת אור מפוזרת

8. א. הצע ניסוי המעיד שדף נייר מפזר אור הפוגע בו.
 ב. מראה מחזירה אור באופן מסודר. מדוע, אם כן, באור יום אפשר לראות מראָה מכל הכיוונים (ולא רק מכיוון מסוים)?

9. האם חוקי ההחזרה מתקיימים כאשר אור מפוזר מקיר? הסבר.

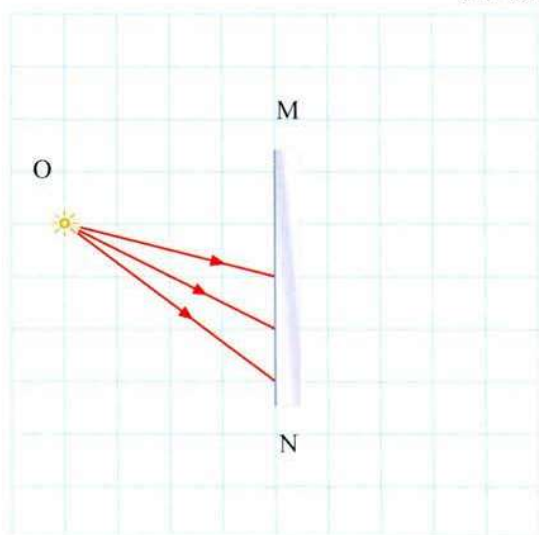
4. מסקנות מחוקי ההחזרה

10. באיור מוצג חתך MN של מראה מישורית, ומקור אור נקודתי O, שממנו מתפשט אור לכל הכיוונים. מסורטטות גם שלוש קרניים הנפלטות ממקור האור הנקודתי, ופוגעות במראה.

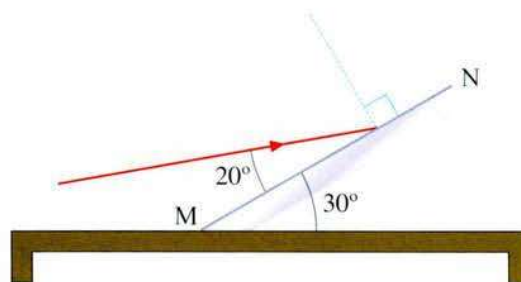
א. סרטט את שלוש הקרניים המוחזרות (היעזר במשבצות).

ב. מצא, בעזרת הקרניים המוחזרות, את מקום הדמות של מקור האור.

ג. אפיין את מיקום הדמות ביחס למיקום מקור האור והמראה.



6. באיור מתואר חתך MN של מראה מישורית הנשענת על שולחן, ונטייה בזווית בת 30° עם משטח השולחן. קרן פוגעת במראה, כך שהזווית בינה לבין המראה שווה ל- 20° .

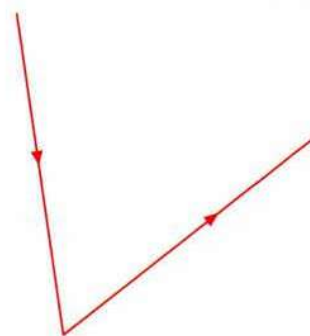


זווית ההחזרה היא בת:

- (1) 20°
- (2) 30°
- (3) 50°
- (4) 70°
- (5) 100°

7. א. נסח את חוקי ההחזרה של האור.

באיור מסורטטות קרן הפוגעת במראה מישורית, והקרן המוחזרת מן המראה.



ב. העתק את האיור, והוסף לו סרטוט של חתך המראה, כך שכיוון החתך יתאים למהלך האור.

ג. תאר כיצד קבעת את הכיוון של חתך המראה.

ד. באיזה מישור, ביחס לדף, נמצאים פני המראה? נמק.

- א. חוקי ההחזרה (היעזר במשבצות).
 ב. הכלל האומר שקרן מוחזרת כך שהמשכה עובר דרך דמות העצם.
 ג. האם בסעיפים א ו- ב קיבלת תוצאות זהות?

5. דמות של עצם הנוצרת על ידי מראה מישורית

5.1 התנאים להשתקפות

13. הינך מתבונן במראה מישורית ורואה את דמות עיניו הפקוחות של חברך. האם גם חברך רואה בהכרח את דמות עיניך? הסבר.

14. אדם עומד בחדר חשוך מול מראה מישורית (אנכית). לרשותו מנורת שולחן הפולטת אלומת אור מתבדרת. באיזה מקרה הוא יראה את הדמות של עצמו בהירה יותר - כאשר הוא יפנה את אור המנורה לעבר המראה, כמתואר באיור א, או כאשר הוא יפנה את אור המנורה כלפי עצמו, כמתואר באיור ב? נמק. (בשני האיורים סורטט רק המהלך ההתחלתי של האלומות).

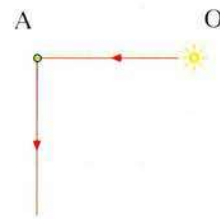


איור א



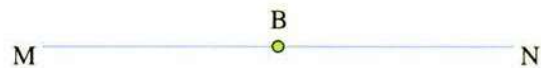
איור ב

11. באיור מוצג מקור אור נקודתי O. קרן הנפלטת מהמקור פוגעת בנקודה A שעל-פני מראה מישורית, ומוחזרת כמתואר באיור.



- א. העתק את האיור, והוסף בו חתך של המראה המישורית. הסבר את שיקוליך.
 ב. הוסף לאיור נקודה שתייצג את הדמות של מקור האור O, הנוצרת באמצעות המראה.

12. תלמיד משגר אלומת אור צרה מהנקודה A לעבר נקודה B שעל-פני מראה מישורית.

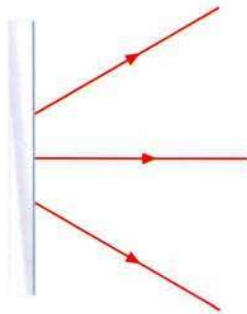


העתק את האיור פעמים וסרטט את המהלך האלומה על-פי:

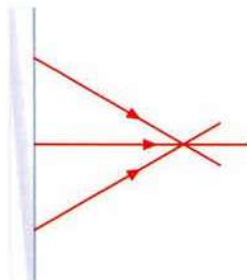
18. שוטר רואה במראה את השתקפותו של פושע מסוכן.

השוטר מכוון את אקדח הלייזר שברשותו אל דמותו של הפושע המשתקפת במראה, ומשגר אלומת לייזר לכיוונה. האם האלומה תפגע בפושע? נמק.

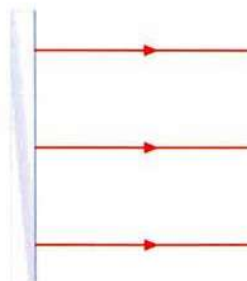
19. אדם עומד לפני מראה מישורית ורואה במראה דמות של נקודה על מצחו. איזה מבין האיורים א - ג מתאר נכון את מהלכן של קרניים אשר מוחזרות מן המראה לכיוון פניו של האדם, לאחר שהן מגיעות למראה מהנקודה שעל מצחו?



איור א



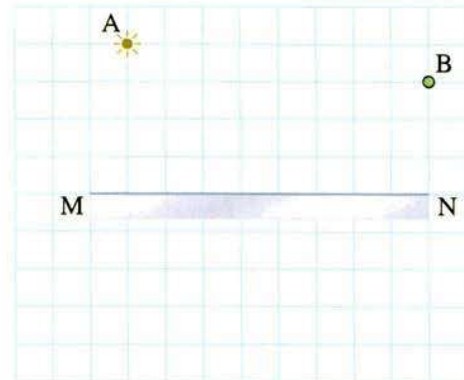
איור ב



איור ג

5.2 מהלך קרניים בתופעת היווצרות דמות על-ידי מראה מישורית

15. באיור מתואר חתך MN של מראה מישורית. מהנקודה A משוגרת אלומת אור צרה הפוגעת במראה, ומוחזרת ממנה לנקודה B.



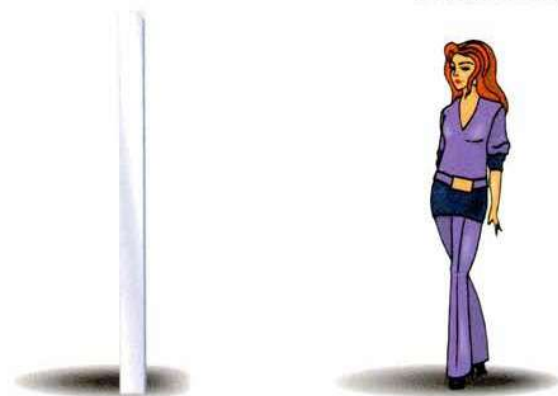
העתק את האיור, מצא בעזרת סרטוט את הנקודה על-פני המראה שבה פוגעת האלומה והוסף סרטוט של מהלך האור. תאר את שלבי הסרטוט.

16. עצם ניצב לפני מראה מישורית במרחק a ממנה. בטא באמצעות a את מרחק הדמות מן העצם.

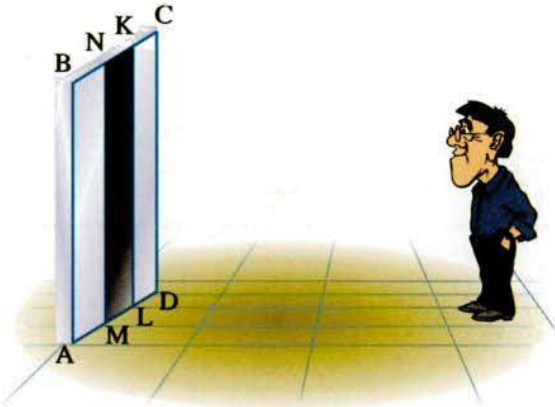
17. באיור מוצגת נערה המתבוננת בדמות האבזם של החגורה החדשה שלה המשתקפת במראה.

א. העתק את האיור (תוכל להסתפק בסרטוט המראה, האבזם ואחת העיניים של הנערה), וסמן ב-x את המקום המדויק של דמות האבזם.

ב. הסבר בעזרת מהלך קרניים כיצד רואה הנערה את דמות האבזם.



22. אדם עומד לפני מראה מישורית ABCD המאונכת לרצפה. את חלק המראה MNKL, הנמצא מול האדם, מכסים בבד שחור.



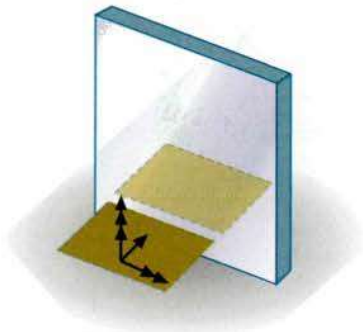
האם נוצרת דמות האדם באמצעות המראה? אם לא - הסבר מדוע. אם כן - ציין כמה דמויות נוצרות, וקבע כמה מהן רואה האדם.

6. האוריינטציה של דמות הנוצרת על ידי מראה מישורית ביחס לעצם

23. הסבר מדוע האותיות המצוירות בחזיתן של מכוניות מסוימות הן הפוכות (ב"כתב ראי"), למשל:

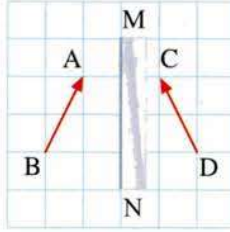
AMBULANCE

24. לפניך שלושה חצים הניצבים זה לזה, שניים מהחצים מקבילים למראה, וחץ אחד ניצב לה.

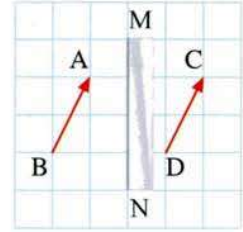


הוסף לאיור את השתקפות שלושת החצים.

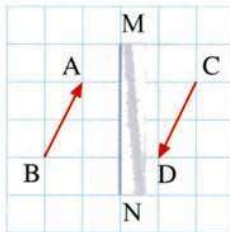
20. עצם AB ניצב לפני מראה מישורית MN. באיזה מבין האיורים 1-4 מייצג CD את הדמות של AB?



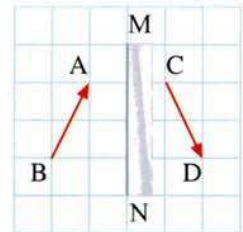
איור 2



איור 1

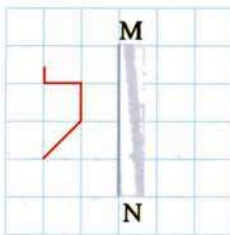


איור 4

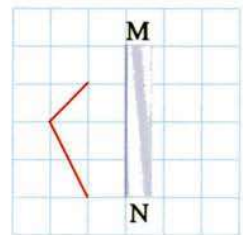


איור 3

21. בכל אחד מאיורים א-ד מוצג, באמצעות הקו MN, חתך של מראה מישורית. העתק את האיורים, והוסף לכל איור את דמות העצם הניצב מול המראה.



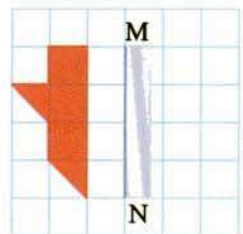
איור ב



איור א



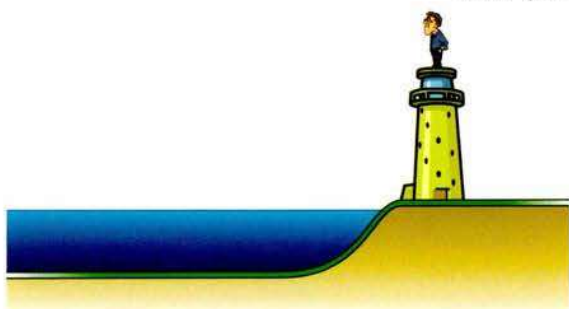
איור ד



איור ג

א. (1) מי מהנערים רואה את דמות הנערה? נמק.
 (2) לגבי כל אחד מהנערים שרואים את דמות הנערה, העתק את התרשים וסרטט קרן המגיעה מן הנערה, פוגעת במראה, ומוחזרת ממנה לעין של הנער.
 ב. את הדמות של מי מבין הנערים רואה הנערה? נמק.

28. באיור מוצג אדם העומד בראש מגדל, הממוקם בחוף אגם.



האם נוצרת דמות האדם באמצעות פני האגם השקטים? אם לא - הסבר מדוע. אם כן - האם האדם יכול לראות את דמותו? הסבר.

29. באיור מוצגת עין של אדם שאישונה נמצא בנקודה A וצופה לעבר מראה MN, ושלוש צפורים א, ב ו-ג הניצבות על חוט.



M — N

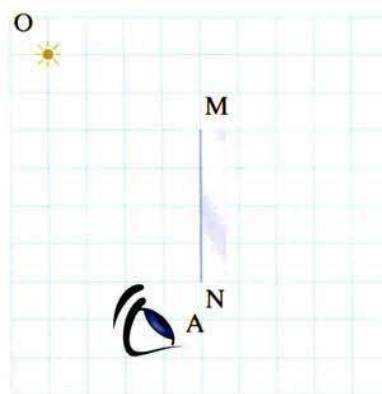
- כמה צפורים משתקפות במראה?
- את דמותה של איזו ציפור רואה האדם?
- איזו ציפור יכולה לראות את דמותה?

30. אדם רואה במראה את דמות הנוף שמאחוריו. בהתקרבו אל המראה, האם הוא יראה חלק גדול יותר מהנוף, חלק קטן יותר או בדיוק את אותו חלק? היעזר באיור.

25. כאשר אתה צופה בדמותך המשתקפת במראה ומנופף לשלום בידך הימנית - דמותך המשתקפת במראה מנופפת ביד השמאלית.
 מדוע, אם כן, כשאתה מנדנד את ראשך, דמותך מנדנדת את הראש ולא את הרגליים?

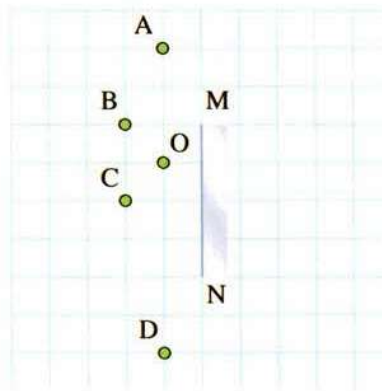
7. שדה ראייה

26. עצם קטן O ניצב לפני מראה מישורית MN. במקום A נמצא אישון של צופה.



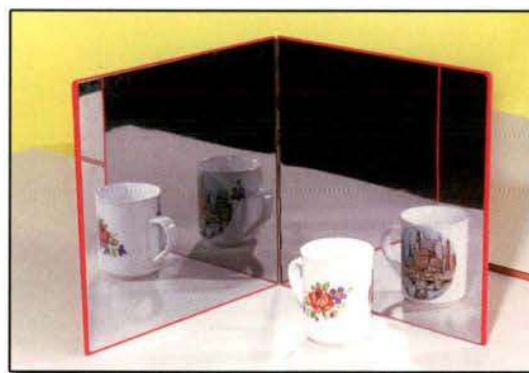
העתק את האיור, וקבע, אם הצופה ב-A רואה את דמות העצם O. אם לא - הסבר מדוע. אם כן - סרטט שתי קרניים הנפלטות מן העצם O ומגיעות לאישון העין של הצופה.

27. באיור מוצג חתך MN של מראה מישורית. בנקודה O ניצבת נערה, ובנקודות A, B, C ו-D ניצבים ארבעה נערים המתבוננים במראה.



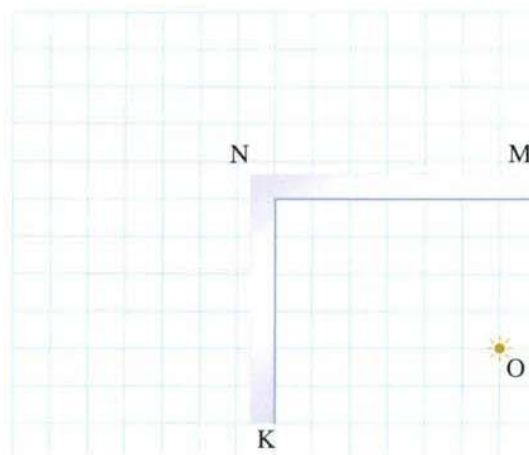
8. דמויות הנוצרות על ידי כמה מראות

★31. איור א הוא תצלום של ספל הניצב על שולחן ליד שתי מראות מישוריות, המאונכות זו לזו ולפני השולחן. רואים בתצלום כי נוצרות שלוש דמויות של הספל.



איור א

א. איור ב מתאר באופן סכמטי חתך של המראות ונקודה O המייצגת נקודה כלשהי של הספל, שממנה מגיע אור לשתי המראות.



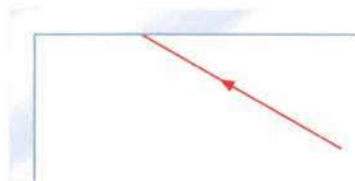
איור ב

העתק את איור ב והסבר באמצעות מהלך קרניים היוצרותן של שלוש הדמויות המופיעות באיור א.
 ב. הסבר, על-סמך הניתוח שערכת בסעיף א, את המיקום של ידית הספל ביחס לספל (מימין לספל או משמאל לספל), בכל אחת מהדמויות השונות שבאיור א.

10. יישומים של מראות מישוריות

10.2 מחזיר אור פינתי

32. האיור מתאר חתך של שתי מראות מאונכות זו לזו. קרן מתפשטת לעבר אחת המראות במישור המאונך לשתי המראות.



הוכח כי לאחר שתי החזרות, הקרן מתפשטת בכיוון מקביל לקרן הפוגעת, המוצגת באיור.

II. תרגילי סיכום

תרגילים 33 - 43 מיועדים לתרגול אינטגרטיבי, וכהכנה לבחינה מסכמת של הפרק.

33. קרני השמש יוצרות זווית בת 30° עם האופק. הערה: לקרניים המגיעות מאזורים שונים של השמש יש זוויות מעט שונות עם האופק, אך בבעיה זו נזניח הבדלים אלה בזוויות.

נער רוצה להאיר את הקרקעית של באר עמוקה באמצעות קרני השמש המוחזרות ממראה מישורית שברשותו. באיזו זווית עם האופק על הנער להציב את המראה?

34. מראש מגדל, הניצב על שפת אגם, נראה ענן בזווית גובה של 30° (זווית הגובה היא הזווית בין הישר שנמתח מהעין לכיוון אופקי, לבין הישר הנמתח מהעין לכיוון הענן). הענן נמצא בגובה 200 m מעל פני האגם, ודמותו באגם נראית לצופה שבראש המגדל בזווית עומק של 45° (זווית עומק היא הזווית בין הכיוון האופקי לבין הקו הנמתח מהעין לדמות). התייחס אל הענן ואל הצופה כאל עצמים נקודתיים.

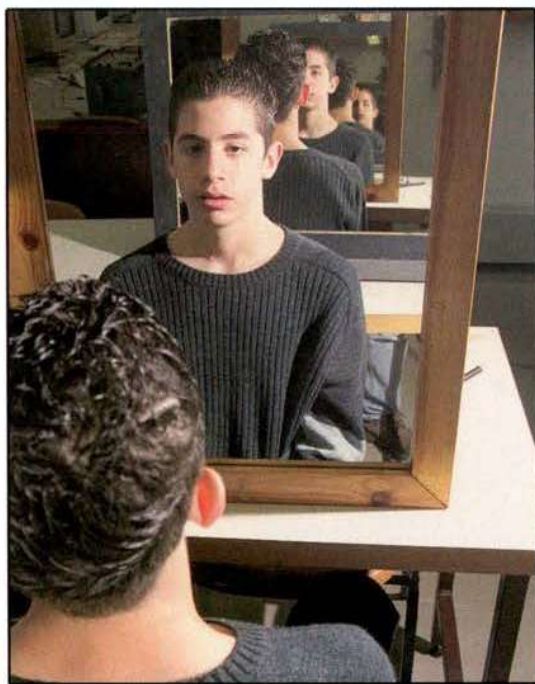
א. חשב את גובה המגדל.
 ב. הכן איור של המגדל, פני המים, הענן ודמותו. הוסף לאיור את מהלכה של קרן היוצאת מן הענן, פוגעת בפני המים ומוחזרת אל הצופה שבראש המגדל.

36. א. באיור א מתואר עצם נקודתי O הניצב בין שתי מראות מקבילות.



איור א

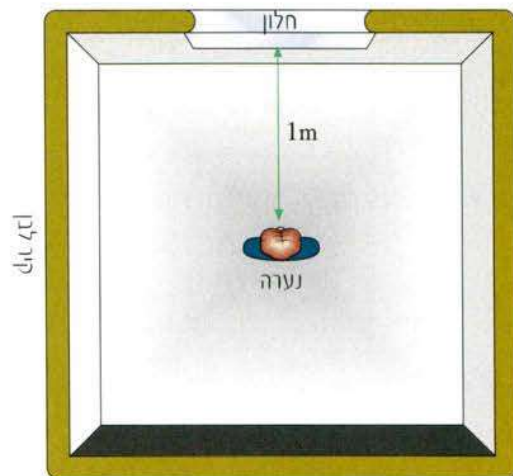
הסבר בעזרת איור מתאים, מדוע נוצרות בכל מראה אינסוף דמויות של העצם.
 ב. איור ב הוא תצלום של אחת משתי מראות מקבילות שביניהן ניצב נער.



איור ב

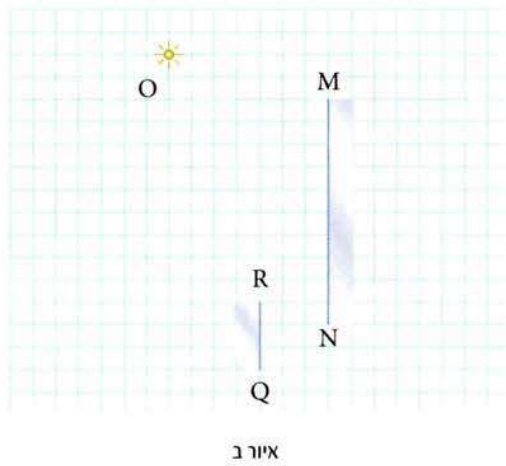
אפשר לראות בתצלום כי במראה זו משתקפות לסרוגין, בזו אחר זו, דמויות של פניו ושל עורפו של הנער. הסבר את התופעה.

35. באיור מתואר במבט מלמעלה חדר שבו קיר לבן, קיר המצופה בזכוכית שחורה, ושמשות חלון שקופה. בשעות הערב, כשהחדר מואר על-ידי נורה המצויה בו ובחוץ חשוך, נערה עומדת בחדר במרחק 1 מטר מהשמשה, ומסתכלת לעברה. היא רואה את דמותה משתקפת על ידי השמשה.

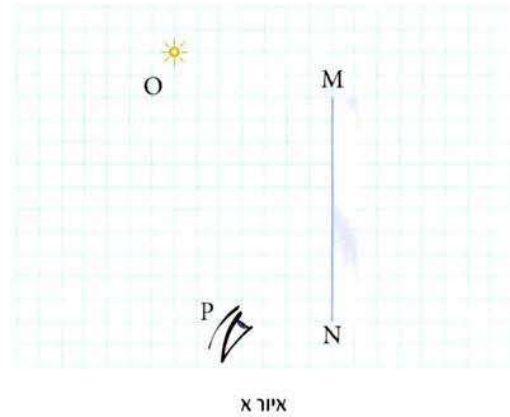


זכוכית שחורה

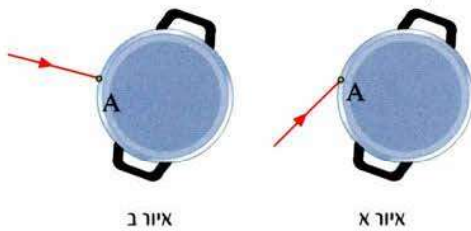
- תאר במילים את מהלך האור שבאמצעותו הנערה רואה את דמותה (החל משלב פליטת האור על-ידי הנורה).
- היכן מתקבלת דמותה של הנערה הנוצרת על ידי השמשה?
- כאשר הנערה מסתובבת לאחור, ומסתכלת לעבר הזכוכית השחורה שמול החלון, אין היא רואה את דמותה משתקפת בזכוכית. הסבר מדוע.
- כאשר הנערה מסתובבת ומסתכלת לעבר הקיר הלבן, גם אז אין היא רואה את דמותה משתקפת בקיר. הסבר מדוע.
- למחרת בבוקר, כאשר כבר זרחה השמש, ויש אור בחוץ, הנערה עומדת באותו מקום.
- הנערה מביטה דרך שמשות החלון, ורואה את חברתה הנמצאת בחוץ, באור היום. לעומת זאת, חברתה שבחוץ אינה יכולה לראות אותה. הסבר מדוע.
- הנערה שבחדר אינה רואה (בבוקר) את דמותה המשתקפת בשמשות החלון. הסבר מדוע.



37. באיור א שלפניך מוצגים חתך MN של מראה מישורית, מקור אור נקודתי O ועין של צופה שהאישון שלה נמצא בנקודה P. אורך כל משבצת באיור מייצג מרחק של 5 ס"מ במציאות.



38* איור א מתאר במבט מלמעלה סיר גלילי מנירוסטה הניצב על שולחן אופקי. קרן אופקית פוגעת במעטפת הסיר בנקודה A.



א. העתק את איור א למחברתך, כך שכל משבצת באיור תיוצג על ידי משבצת במחברת. הוסף לאיור סרטוט של קרן אור היוצאת מן המקור O, פוגעת במראה, ומוחזרת ממנה אל הנקודה P. תאר כיצד קבעת את נקודת הפגיעה של הקרן במראה.

ב. מציבים מאחורי המראה (מימין לה), במקביל אליה ובמרחק 10 ס"מ ממנה, לוח אטום לאור שאורכו שווה לאורך המראה. האם הצופה ימשיך לראות את דמות מקור האור? נמק.

ג. הוסף לאיור שבמחברתך את גבולות האזור שממנו יכול צופה כלשהו לראות את דמות מקור האור הנוצרת על ידי המראה.

ד. ממקמים מראה נוספת RQ כמתואר באיור ב.

(1) העתק את האיור למחברתך, וסמן בו את הדמויות:

I_1 - הדמות הראשונה (הנוצרת לאחר החזרה אחת).

I_2 - הדמות השנייה (הנוצרת לאחר שתי החזרות).

(2) הסבר מדוע במערכת המראות הזו נוצרות רק שתי הדמויות I_1 ו- I_2 של מקור האור O.

העתק את איור א, ובצע את המטלות שלפניך:

א. סמן באיור את המשטח המחזיר שמשתרע בתחום קטן סביב הנקודה A.

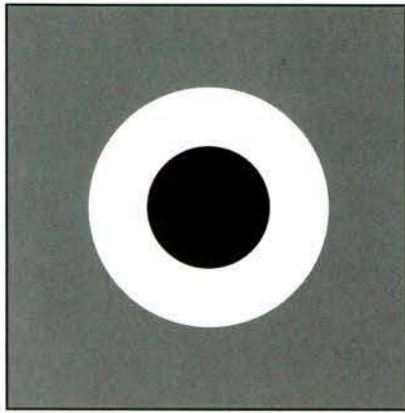
ב. העלה אנך למשטח המחזיר שסרטטת סביב הנקודה A וסמן באיור את זווית הפגיעה ב- α .

ג. הוסף לאיור סרטוט של הקרן המוחזרת מן הסיר, וסמן את זווית ההחזרה ב- β .

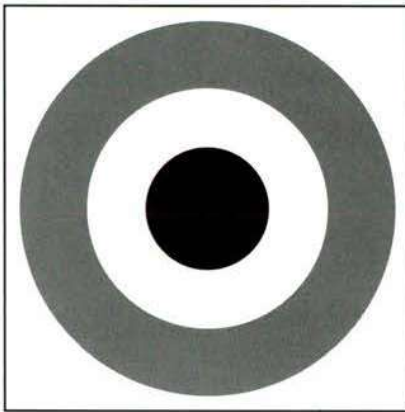
ד. באיור ב מתוארת קרן אחרת הפוגעת בסיר ומכוונת לעבר מרכזו. מה יהיה מהלך האור המוחזר במקרה זה? נמק.

39* אדם מתבונן בדמות של בניין המשתקף במראה אנכית שגובהה 5 ס"מ. הבניין נמצא מאחורי האדם, במרחק 100 מטר מן המראה. כאשר עיניו של האדם נמצאות במרחק 50 ס"מ מן המראה - המראה משקפת למלוא אורכה את דמותו של הבניין. חשב את גובה הבניין.

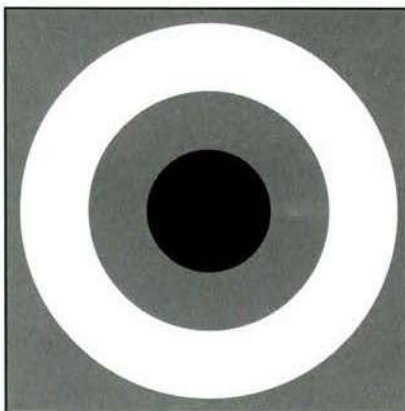
40★. באיור א מוצגים במבט מהצד מקור אור נקודתי O הניצב לפני מסך ריבועי. בין המסך לבין מקור האור מוצבת דסקית שחורה ועגולה AB אטומה לאור. מימין למקור מוצבת מראה מישורית עגולה MN שממדיה כממדי הדסקית. מישורי המראה, הדסקית והמסך מקבילים זה לזה. מרכז המראה, מרכז הדסקית ומקור האור נמצאים על ישר אחד המאונך למסך.



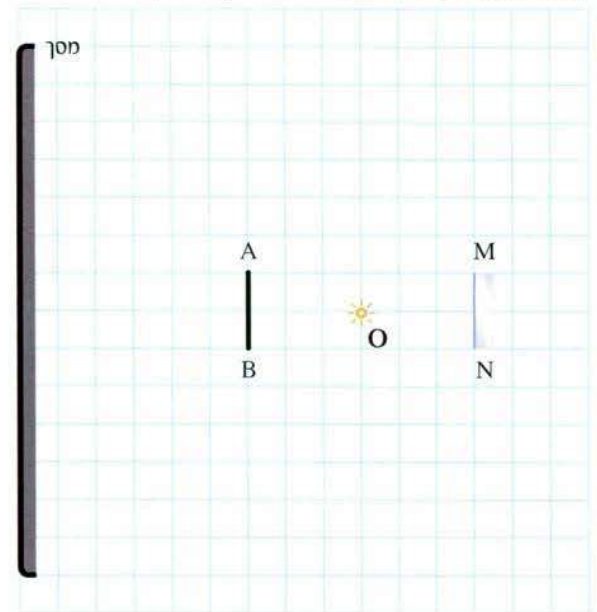
איור ג



איור ד

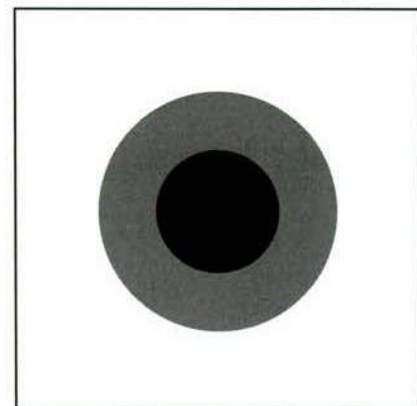


איור ה

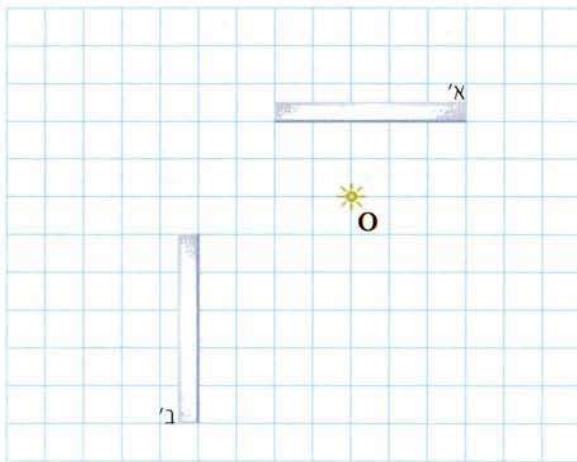


איור א

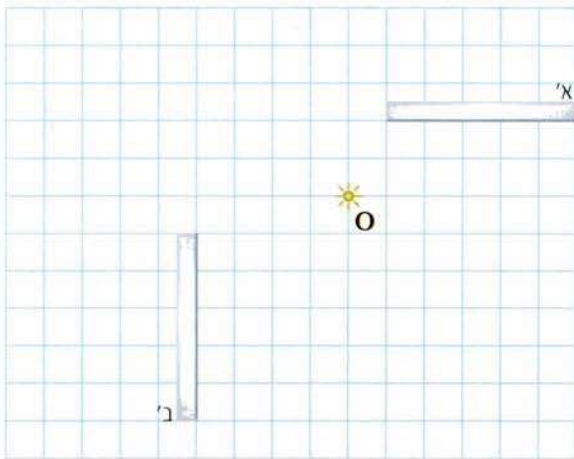
איזה מבין איורים ב - ה מייצג נכון את אזורי התאורה על המסך? אזורי התאורה הם: צל מלא (שחור), צל חלקי (אפור), והארה מלאה (לבן). היעזר בסרטוט מהלך קרניים שתוסיף לאיור א.



איור ב



איור ג



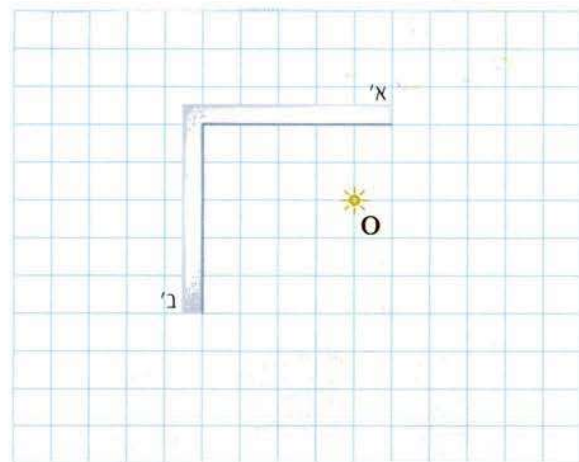
איור ד

42. א. באיור מתוארות שתי נערות שהן אחיות תאומות זהות. שתי הנערות עומדות במרחק שווה משני צדדיו של קיר דק. מעוניינים לפתוח חלון בקיר שדרכו תוכל הנערה שמשמאל לראות את אחותה לכל גובהה. מצא בתרשים את החלון הקטן ביותר המאפשר זאת.

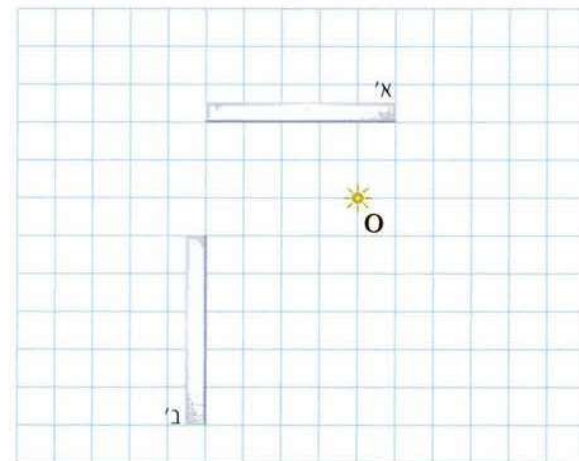


41. באיור א מוצגים חתכים של שתי מראות מאונכות, א ו-ב, ומקור אור נקודתי O. באיור ב מתוארת מערכת אופטית זולאחר שמראה ב הוזזה מטה. באיור ג מתוארת המערכת לאחר שינוי נוסף: מראה א הוזזה ימינה. באיור ד מראה א הוזזה שוב ימינה, מרחק רב יותר.

קבע כמה דמויות נוצרות בכל אחד מארבעת האיורים. הצג מהלך קרניים שבאמצעותן נוצרת כל אחת מהדמויות.



איור א



איור ב

ב. הנח כי אותה אלומה נפלטת מעצם נקודתי O_2 , ומגיעה לעין לאחר שהיא מוחזרת ממראה מישורית והיא יוצרת על רשתית העין דמות של העצם.

(1) העתק שנית את האזור, ומצא באמצעות סרטוט את המקום של דמות העצם הנקודתי O_2 , הנוצרת על ידי המראה.

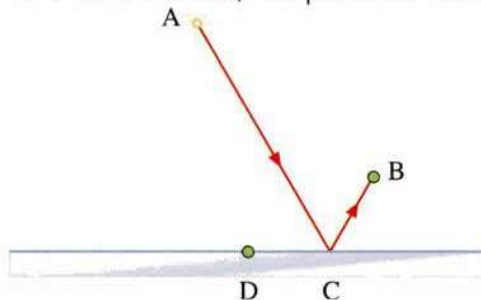
(2) הוסף איור של חתך המראה, ומצא את מקום העצם הנקודתי O_2 . כמה פתרונות יש לסעיף זה?

46. א. החזק בידך מראת כיס קטנה, במרחק של כ-50 ס"מ מפניך, ובחן איזה חלק מפניך הינך רואה במראה. עתה קרב לאט את המראה אל פניך.

האם במהלך קירוב המראה אל פניך הינך רואה חלק גדול יותר מפניך, חלק קטן יותר, או שגודלו של חלק הפנים שהינך רואה אינו משתנה?

ב. הסבר את התוצאה שמצאת בסעיף א בעזרת איור. ג. מדוע התשובה לשאלה זו שונה מהתשובה לשאלה ?30

47. באיור מתוארת קרן הנפלטת מנקודה A, פוגעת במראה מישורית בנקודה C, ומחוזרת ממנה ל-B. A



א. הוכח כי לא יתכן מהלך של קרן במסלול $B \leftarrow D \leftarrow A$ כאשר D נקודה כלשהי על המראה, השונה מהנקודה C.

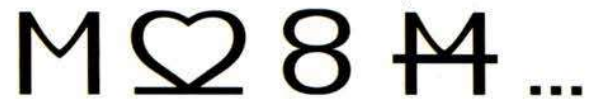
ב. הוכח כי אורך המסלול $AC + CB$ שלאורכו נעה הקרן קצר מסכום הקטעים $AD + DB$. במילים אחרות: קרן מתפשטת מ-A ל-B דרך המראה לאורך המסלול הקצר ביותר (אומרים כי הקרן מתפשטת לאורך המסלול שבו הזמן הוא הקצר ביותר).

ב. שתי הנערות משנות את מרחקן מהקיר, אך נעמדות שוב במרחקים שווים מהקיר. האם הנערה שמשמאל עדיין תוכל לראות את אחותה לכל גובהה דרך החלון שמצאת בסעיף א?

ג. נניח כי הינך רוצה לראות את דמות גופך לכל גובהה במראה מישורית אנכית.

הראה כי הגובה המינימלי של המראה שווה למחצית הגובה שלך, ללא תלות במרחק שבו אתה עומד מהמראה.

43. חידה: לפניך ארבע צורות:



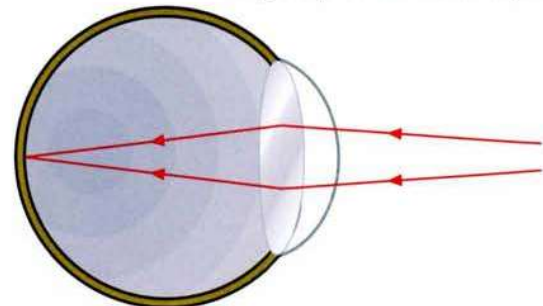
מהי הצורה החמישית? נמק.

III. תרגילי העמקה

תרגילים 44 - 50 מיועדים להעמקה.

44. נניח שהינך רץ במהירות של 3 מטר לשנייה לקראת מראה מישורית אנכית. מהי מהירותך ביחס לדמותך הנוצרת על ידי המראה?

45. א. באיור מתוארת עין, וכן חלק מאלומת אור הנפלטת מעצם נקודתי O_1 , ויוצרת על רשתית העין דמות של העצם. העתק במדויק (או צלם באמצעות מכונת צילום) את האזור, ומצא באמצעות סרטוט את המקום של העצם הנקודתי O_1 .

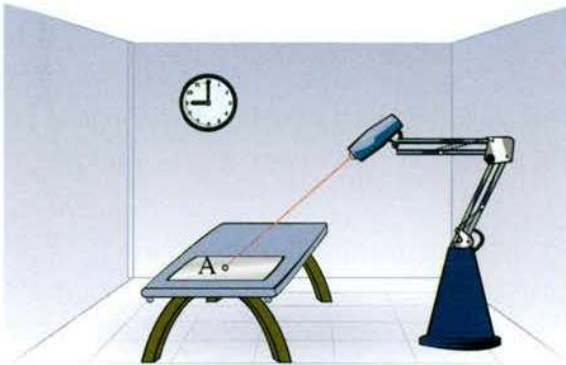


- א. הסבר את התופעה.
 ב. מדוע באיור ב לא מתרחשת תופעת "שביל האור"?
 מהי התופעה המתרחשת באיור זה? הסבר.



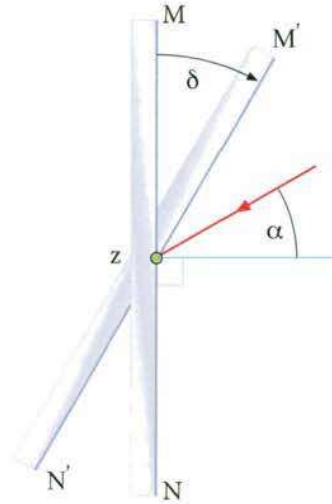
איור ב

50. באיור מתואר חדר, ובו פנס הפולט אלומה צרה ומקבילה של אור, הפוגעת בנקודה A שעל פני מראה מישורית המונחת על שולחן אופקי. אלומת האור מקבילה לקיר שעליו תלוי השעון.



- ★★א. האם קיימת נקודה במישור הקיר (שעליו תלוי השעון) המקיימת: הזווית בין הקו הגאומטרי המחבר נקודה זו עם הנקודה A, לבין האנך למראה בנקודה A, שווה לזווית הפגיעה של אלומת האור? אם לא - נמק. אם כן - ציין כמה נקודות כאלה קיימות.
 ב. האם האור המוחזר מן המראה יפגע בקיר שעליו תלוי השעון? נמק.

48. קרן אור פוגעת במראה מישורית MN בזווית פגיעה α , ומוחזרת מן המראה. מסובבים את המראה בזווית δ סביב ציר z העובר בנקודת הפגיעה, ומאונך למישור שבו כלולה הקרן הפוגעת והקרן המוחזרת (ראה M'N' באיור).



הראה כי הזווית בין הקרן המוחזרת לפני הסיבוב לבין הקרן המוחזרת אחרי הסיבוב שווה ל- 2δ .
 הערה: הכפלה זו של הזווית מבליטה פגמים בזוגיות של חלונות.

49. באיור א מתוארת תופעה המוכרת בשם "שביל האור": כאשר עומדים על שפת הים והשמש (או הירח) נראית קרוב לאופק, רואים על פני המים פס אור מוארך.



איור א

תשובות

3. ב. 70°
 ג. 0°
 9. כן ...
 16. 2a
 21. נוצרת דמות אחת, שאותה האדם אינו רואה.
 28. כן; ... לא ...
 30. חלק גדול יותר.
 33. 60°
 34. גובה המגדל: 53.6 m בקירוב.
 39. גובה הבניין: 10.05 m.
 40. איור ה
 41. א, ב, ג 3 דמויות
 ד. 2 דמויות
 43. התשובה היא $\frac{1}{2}$, כי ...
 44. הנחייה: במשך שנייה אחת התקדמת בשיעור של 3 מטר לכיוון המראה, אך גם דמותך התקרבה בשיעור 3 מטר לעבר המראה, לכן ...
 46. א. אינו משתנה.
 47. הנחייה: סרטט את הדמות I של מקור האור A, וחבר את I עם הנקודה C ועם הנקודה D. חבר גם את הנקודה A עם D.
 50. א. על הקיר קיימות אינסוף נקודות כאלה. על עקומה שמהווה חיתוך בין מישור הקיר לחרוט שקודקודו B-A.