

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים

האולימפיאדה הארצית ה- 23 לפיזיקה תשע"ב – תשע"ג ©

אנו שמחים על השתתפותכם בשלב א' של האולימפיאדה הארצית ה- 23 לפיזיקה.

האולימפיאדה הארצית ה- 23 לפיזיקה נתמכת על ידי :



הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל



משרד החינוך
המנהל למדע ולטכנולוגיה

מפעל האולימפיאדה לפיזיקה מתקיים בשיתוף עם הפיקוח על הוראת הפיזיקה במשרד החינוך.

צוות מחברי השאלות בשלב א' :

- | | | |
|-----------------|---|---|
| ד"ר אלי רז | - | יו"ר צוות המחברים וראש פרויקט האולימפיאדה הארצית לפיזיקה, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה כרמיאל, הטכניון, הפקולטה לפיזיקה, חיפה. |
| מר איגור ליסנקר | - | ביה"ס מקיף ז', אשדוד. |
| מר גיל שמאי | - | הפקולטה לפיזיקה, הטכניון. |
| מר דני גלאובך | - | ביה"ס הריאלי חיפה, המרכז לחינוך קדם קדמי. |
| מר אלכס וינברג | - | ביה"ס מקיף ג', אשדוד. |

פתרון שלב א' : ד"ר אלי רז

פתרון שלב א'
כל הזכויות שמורות

© 2012

פתרון שאלה מס' 1 , התשובה הנכונה היא ד'

כוח החיכוך הכולל הפועל על התיבות כאשר כולם בתנועה הוא :

$\mu mg + 4\mu mg + 16\mu mg = 21\mu mg$ לפיכך זהו הכוח המינימלי הדרוש להנעה של כל התיבות. אילו ניתן היה להניע את המערכת בכוח קטן יותר, היינו מקבלים סתירה לחוק השני של ניוטון. הכוח המינימלי להנעת שלושת התיבות יהיה שווה בין אם הוא מופעל מימין ובין אם הוא מופעל משמאל. כאשר משקולת אחת מתחילה לנוע הקפיץ שאחריה עדיין רפוי. כאשר שתי משקולות מתחילות לנוע, הקפיץ שאחריהן עדיין במצב רפוי. להנעה של התיבה השלישית, יש להמשיך ולהגדיל את הכוח החיצוני (ובכך לכווץ את הקפיץ השני) עד אשר גודלו יעלה על כוח החיכוך הכולל.

פתרון שאלה מס' 2 , התשובה הנכונה היא ב'

החיכוך בין התיבה והמשטח הוא חיכוך קינטי. גודלו של כוח החיכוך יחסי לגודל הכוח הנורמלי שהמשטח מפעיל על התיבה. הוא מכסימלי כאשר הכוח הנורמל מכסימלי (ומינימלי כאשר הכוח הנורמל מינימלי). ככול שהקפיץ מתוח יותר, הכוח הנורמלי גדול יותר. לפיכך הכוח הנורמלי (ומכאן גם כוח החיכוך) מכסימלי כאשר המשקולת בתחתית ומינימלי כאשר המשקולת בנקודה הגבוהה ביותר. מהחוק השני של ניוטון, התאוצה מכסימלית כאשר כוח החיכוך מכסימלי (משקולת בתחתית) ומינימלית כאשר המשקולת בנקודה הגבוהה ביותר.

פתרון שאלה מס' 3 , התשובה הנכונה היא ג'

כל עוד הרכבת מאיטה, הנוסעים ברכבת חשים כי פועל עליהם כוח ההודף אותם אל קדמת הרכבת (אנו חשים בכוח זה בבלימה של כל כלי רכב ולא דווקא ברכבת). כדי לא ליפול קדימה, אנו מפעילים כוח נגדי (ע"י הישענות על הדופן, או אחיזה בעמוד או על ע"י הפעלת כוח על המושב שלפנינו וע"י הקשחת שרירי העורף שיחזיקו את ראשנו זקוף) המכוון אל החלק האחורי של הרכבת. באופן זה שקול הכוחות הפועל על הנוסע במערכת הרכבת המאטה הוא אפס. המהירות משתנה באופן רציף, אולם ביחס לתאוצה, היא יכולה להשתנות באופן לא רציף. רגע לפני עצירת הרכבת פעל על הנוסע כוח (הנובע מההאטה) ומיד לאחר העצירה, כוח זה התאפס. הכוח שאנו מפעילים על הדופן לפנינו או על ראשנו לשם החזקתו זקוף, אינו מתאפס מיד בשל זמן התגובה שלנו. כתוצאה מכך אנו נהדפים אחורה מיד לאחר העצירה. אילו הרכבת הייתה ממשיכה בתאוצתה, דהיינו מהירותה נעצרת רגעית בלבד אולם התאוצה נותרת ללא שינוי, לא היינו חשים בכוח ההודף אותנו לאחור לאחר העצירה הרגעית.

פתרון שאלה מס' 4 , התשובה הנכונה היא ג'

כידוע, גוף הנע במהירות V במסלול מעגלי ברדיוס R מאיץ בתאוצה רדיאלית המכוונת אל המרכז וגודלה $\frac{V^2}{R}$. אם גודל מהירותו משתנה בזמן, קיימת לתאוצתו גם רכיב משיקי (בנוסף

$$\text{לרכיב הרדיאלי של תאוצתו), מהחוק השני של ניוטון, דרוש כוח רדיאלי } f_R = ma_R = m \frac{V^2}{R}.$$

הכוח האופקי היחיד המופעל על המכונית הוא כוח חיכוך סטטי. לפיכך, הרכיב הרדיאלי של כוח החיכוך הסטטי הפועל על צמיגי המכונית יחסי לריבוע מהירות המכונית. הערה: החיכוך חייב להיות סטטי מאחר ולחיכוך קינטי אין רכיב המאונך למהירות.

פתרון שאלה מס' 5 , התשובה הנכונה היא ד'

כאשר שני גופים השווים במסתם מתנגשים התנגשות אלסטית ומצחית (תנועתם לפני ואחרי ההתנגשות היא על ישר אחד), אחרי ההתנגשות הם יחליפו ביניהם מהירויות. מצב זה מקיים גם שימור תנע וגם שימור אנרגיה. משוואת שימור תנע היא משוואה לינארית ומשוואת שימור אנרגיה היא משוואה ריבועית לכן קיימים שני פתרונות מתמטיים המקיימים את שתי דרישות שימור אלה. עבור מצב בו הכדורים ימשיכו לנוע מבלי לשנות את מהירותם (מצב בו הכדורים לא התנגשו) יתקיימו חוקי השימור הנ"ל. הראנו שני פתרונות המקיימים את חוקי השימור. למשוואה ריבועית אין יותר משני פתרונות. אחד מהם לא ייתכן אם מתקיימת התנגשות, לפיכך נותרנו אם הפתרון היחיד האפשרי כאשר ההתנגשות חזיתית, והפתרון הוא החלפת מהירויות בין הגופים המתנגשים. מהאמור לעיל, הכדור השמאלי לאחר ההתנגשות יקבל אחר ההתנגשות את מהירותו של הכדור הימני מלפני ההתנגשות, דהיינו ינוע במהירות שגודלה $|V_1|$ וכוונה ימינה.

פתרון שאלה מס' 6 , התשובה הנכונה היא א'

לאחר שהכדור הראשון מתנגש בקיר, כוון מהירותו מתהפך וגודלה לא משתנה (שימור תנע

$$\text{ואנרגיה). במצב זה שני הכדורים נעים זה לקראת זה במהירויות שוות. הם יתנגשו במרחק } \frac{d}{2}$$

מהקיר ויהפכו כוון בעקבות ההתנגשות ביניהם. לאחר שהכדור הנע לעבר הקיר יתנגש שוב בקיר,

מרחק הכדור השני מהקיר הוא d . שניהם ינועו באותו כוון כשהמרחק ביניהם הוא d . ניתן להכליל את הבעיה ל- N כדורים. המרחק בין כל שניים סמוכים לאחר סיום ההתנגשויות השונות יהיה d . קל לבצע בדיקה עבור שלושה ואף ארבעה כדורים.

פתרון שאלה מס' 7, התשובה הנכונה היא ד' (אולם גם ג' תחשב נכונה)

מאחר ותנע הכדור זניח בגודלו ביחס לתנע של האוטובוס וגם מסת הכדור זניחה ביחס למסת האוטובוס, ניתן להניח כי מהירות האוטובוס בקירוב לא תשתנה כתוצאה מההתנגשות. לפיכך אפשרות א' נכונה.

בהתנגשות אלסטית, מהירות ההתקרבות שווה למהירות ההתרחקות (המהירות היחסית של הכדור ביחס לאוטובוס משנה סימן בעקבות ההתנגשות). לפני ההתנגשות מהירות ההתקרבות

היא $V_1 - V_2 = -5 - 25 = -30 \frac{m}{s}$ ולאחר ההתנגשות $U_1 - U_2 = 30 \frac{m}{s}$ הואיל והמהירות U_2

של האוטובוס לאחר ההתנגשות נותרת $25 \frac{m}{s}$ נקבל כי $U_1 = 55 \frac{m}{s}$ ומכאן גם טענה ב' נכונה.

לפני שנדון בטענה ג' נדון בטענה ד'. הכדור שינה את מהירותו ממהירות $V_1 = -5 \frac{m}{s}$

ל- $U_1 = +55 \frac{m}{s}$. ניתן להניח כי העיוות המרבי יתקבל כאשר מהירות הכדור (מהירות מרכז

המסה של הכדור) שווה בקירוב $25 \frac{m}{s} +$ (הממוצע בין המהירות לפני ההתנגשות למהירות

אחריה). לפיכך העיוות המרבי לא יתרחש כאשר מהירות מרכז המסה של הכדור (או תנע הכדור) שווה אפס. לכן טענה ד' אינה נכונה.

נדון בטענה ג'. אנו נניח כי הכוח בין שמש האוטובוס לכדור פועל רק ב"מגע" ישיר בין השמשה לכדור. ברור מנתוני השאלה כי הכדור הופך את כוון תנועתו במהלך ההתנגשות. במהלך ההתנגשות הכדור וגם השמשה מתעוותים. כדי להפוך את כוון מהירותו של הכדור, נקודת המגע בין הכדור והשמשה חייבת לקבל ברגע מסוים ערך השווה אפס. אולם טענה זו מחייבת כי גם הנקודות על השמשה הנמצאות במגע עם נקודות הכדור ברגע זה, מהירותם הרגעית אף היא אפס. דהיינו, על השמשה להיות גמישה מספיק אחרת היא תשבר.

הכוחות שצוינו ככוחות "מגע", האם הם אכן במגע. המושג כוחות מגע הוא מושג מופשט. כאשר אנו יושבים על כסא, האם אנו נוגעים פיזית באטומים של החומרים מהם בנוי מושב הכסא? ברגע שנקבל את ההנחה כי מגע פיזי במובן הפשוט אינו בהכרח קיים, ההנחה כי כאשר חלק מאחד הגופים נעצר רגעית אף השני נעצר רגעית – אינה תקפה יותר. כידוע עבור התנגשות בין שני חלקיקים המפעילים זה על זה כוחות הפועלים מרחוק, בהחלט ייתכן כי אחד הגופים יעצור רגעית בעוד השני ממשיך להתקרב אליו, כך ששוויון המהירות מתקבל כאשר המרחק בין הגופים הוא מינימלי. סביר להניח כי עוות מסוים נוצר בשמשת המכונית, אולם לא ניתן להניח כי בבטחה כי כאשר חלק מכדור הטניס היה בעצירה רגעית, הוא היה ברגע זה במגע עם השמשה. ייתכן כי אותו חלק נעצר בטרם היגיע לשמשה בעזרת כוחות של חלקי הכדור האחרים וברגע שהיגיע למגע עם השמשה מהירותו היתה שונה מאפס והשתוותה למהירות השמשה בנקודת המגע. כך שתשובה ג' תתכן אולם לא בהכרח. בחרנו לתת נקוד לכל מי שסימן אחת התשובות ג' או ד' כאפשרות שלא תתכן.

פתרון שאלה מס' 8, התשובה הנכונה היא ב'

עבור צופה הנמצא מחוץ לקרוסלה, על הכדור לא פועלים כוחות אופקיים ולכן במישור האופקי הוא ינוע בקו ישר (ואף במהירות אופקית קבועה). לפי נתוני השאלה, הקרוסלה השלימה בדיוק חצי סיבוב בין זריקה לתפיסה. מכאן נקודת הזריקה והתפיסה חלות על קצותיו של קוטר. לפיכך, הכדור יחלוף דרך ציר הקרוסלה (העובר דרך מרכז הקרוסלה). מאחר והכדור חלף דרך הציר במערכת החיצונית (ורק פעם אחת), הוא חייב לחלוף פעם אחת דרך הציר גם עבור צופה הנמצא על הקרוסלה. רק אפשרות ב' מקיימת תנאי זה. הערה: עבור צופה מחוץ לקרוסלה, דני

עבר רבע סיבוב כאשר הכדור חלף דרך הציר. ברגע זה הרכיב האופקי של מהירות הכדור מאונך לרדיוס המחבר את המרכז אל דני. תנאי אנכיות זה נשמר גם עבור המערכת המסתובבת, דהיינו כאשר הכדור חולף דרך הציר, מהירותו האופקית מאונכת לווקטור המיקום של בכדור.

פתרון שאלה מס' 9 , התשובה הנכונה היא א'

בניסוי הראשון, נקודת הפגיעה של העגלה בקפיץ ונקודת השחרור מתלכדות. בין הפגיעה לשחרור לא חל שינוי באנרגיית הקרונית (היא מוחזקת), ואף לא חל שינוי באנרגיית הקפיץ (חזר לאורכו המקורי) התהליך משמר אנרגיה, מכאן לא חל שינוי באנרגיית העגלה ולכן העבודה של כוח הקפיץ שווה אפס (עבודה של כוח שקול הפועל על גוף שווה לשינוי באנרגיה הקינטית שלו). גישה אחרת: בכל נקודה (מלבד נקודת העצירה הרגעית) העגלה חלפה פעמיים, פעם כאשר הקפיץ בשלב התכווצות ופעם כאשר הקפיץ בשלב הרפיון (חזרה לאורך המקורי). בכל קטע דרך, העבודה בשלב ההתכווצות שלילית (הכוח וההעתק מנוגדים) ובשלב הרפיון העבודה חיובית. מאחר ובשלב הרפיון העגלה חוזרת בדיוק על אותו המסלול, העבודה הכוללת היא אפס. בניסוי השני מאפשרים לקרונית לנוע. בין רגע הפגיעה לרגע השחרור, הן בשלב ההתכווצות והן בשלב הרפיון, פועל על הקרונית כוח ימינה לפיכך כאשר הקפיץ חזר למצב רפוי הקרונית A רכשה אנרגיה קינטית. הואיל והקפיץ חזר לאורכו המקורי, האנרגיה הקינטית של העגלה חייבת לקטון (השינוי באנרגיה חייב להיות שלילי), אחרת נקבל סתירה לשימור אנרגיה. מכאן העבודה שביצע הקפיץ על העגלה (שווה לשינוי באנרגיה הקינטית שלה) אף היא שלילית.

פתרון שאלה מס' 10 , התשובה הנכונה היא ג'

כאשר שלב של תריס יורד ונצמד לשלב הנייח מתחתיו, ברגע ההצמדות, חלקו העליון של השלב משמש גבול בין החלק הנייח לחלק הנע. כדי ששלב ייצמד לשלב הנייח מתחתיו, הוא צריך לרדת מרחק d . הזמן הדרוש לו לרדת מרחק זה הוא $\frac{d}{V}$. לאחר זמן זה השלב נצמד לשלב מתחתיו

והגבול בין החלק הנייח לנייד התקדם מרחק H . מכאן המהירות הממוצעת בה מתקדם הגבול היא: $U = H : \frac{d}{V} = \frac{H}{d} V$. הגבול אינו גוף חומרי שמתקדם, התקדמותו אינה רציפה.

הערה: רוחב כל שלב הוא בד"כ גדול מ- H וכאשר התריס נסגר יש אזור חפיפה בין שלבים סמוכים. עובדה זו לא משנה את הפתרון.

פתרון שאלה מס' 11 , התשובה הנכונה היא ד'

הקבוע הקפיצי של כל טבעת בקפיץ סלינקי הוא קבוע ואינו תלוי בכוח המופעל על אותה טבעת. אם מוסיפים משקולת לחלק התחתון של קפיץ סלינקי תלוי, למעשה הוספנו כוח שווה לכל אחת מהטבעות, כי העומס על כל טבעת גדל בערך השווה למשקל המשקולת. לפיכך כל הטבעות יתארכו באותה מידה בהתאם לקשר $\Delta F = k\Delta x$ (חוק הוק) כאשר k הוא קבוע הקפיץ של טבעת בודדת.

פתרון שאלה מס' 12 , התשובה הנכונה היא ב'

המהירות המכסימלית מתקבלת כאשר תאוצת העגלה היא אפס, דהיינו כאשר שקול הכוחות הפועלים עליה הוא אפס. הכוחות הפועלים בכוון המדרון הם רכיב של כוח הכובד וכן כוח הקפיץ. הדרישה לכוח שווה אפס היא: $mg \sin \alpha = k\Delta x$. מכאן רואים כי מידת התכווצות הקפיץ (או אורך הקפיץ) כאשר מהירות העגלה מכסימלית, תלויה ב- k אך אינה תלויה ב- d .

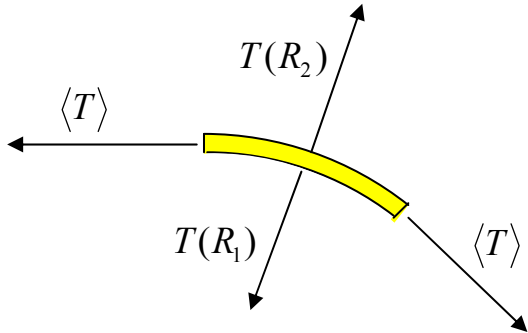
פתרון שאלה מס' 13 , התשובה הנכונה היא ד'

בניסויים I ו-II שינינו את המרחק בין הנקודות A ו-B וכתוצאה מכך אנרגיית הקפיץ השתנתה. ברור כי אם נשחרר את אחיזתנו מנקודות A ו-B, הקפיץ יחזור למצבו ההתחלתי. כידוע, מערכת תמיד תשאף להגיע למצב של מינימום אנרגיה. החזרה למצב ההתחלתי מעידה כי האנרגיה של הקפיץ הן בניסוי I והן בניסוי II גדלה.

פתרון שאלה מס' 14 , התשובה הנכונה היא ד'

יריעת הגומי תסתדר כך שהאנרגיה האלסטית שלה תהיה מינימלית. בהתבסס על הרעיון שהוצג בפתרון השאלה הקודמת, האנרגיה של יריעת הגומי המתוחה תהיה מינימלית כאשר המתוחות אחידה.

אם נתייחס לרצועה המעגלית הדקה, פועלים עליה שני כוחות פנימה, הכוח $T(R_1)2\pi R_1$ המושך את הטבעת פנימה, כוח המתוחה של הטבעת השואף לכווצה ולמעשה מפעיל עליה כוח פנימה. והכוח החוצה הוא הכוח $T(R_2)2\pi R_2$.



עבור טבעת מאוד דקה $\Delta R = R_2 - R_1 \rightarrow 0$, מדרישת שווי משקל על קטע קטן מאוד של הטבעת ניתן להראות $T(R_1) = T(R_2)$.

אם זווית הקשת היא α והיא קטנה, נקבל כי הכוחות הפועלים אל המרכז הם: $T(R_1)\alpha R_1 + \langle T \rangle \alpha \Delta R$ כאשר

$$\langle T \rangle = \frac{T(R_1) + T(R_2)}{2}.$$

הכוח החוצה הוא: $T(R_2)\alpha R_2$. הכוח השקול אל המרכז שווה אפס נקבל:

$$T(R_1) = T(R_2)$$

פתרון שאלה מס' 15 , התשובה הנכונה היא א'

מאחר והרצפה חלקה, לא פועל כוח חיכוך בין התיבה והרצפה. כדי שיפעל כוח חיכוך בין התיבה ודופן הקרוסלה (הקיר הגלילי האנכי) יש צורך בקיום כוח נורמלי. כוח נורמלי זה מתקבל מהתנועה המעגלית של התיבה. הואיל ומהירות התיבה היא במגמה המנוגדת לסיבוב הקרוסלה, כוח החיכוך מאט את מהירות התיבה. אולם ככל שהמהירות מואטת, גם הכוח הנורמלי קטן ולכן גם כוח החיכוך קטן. כתוצאה מכך תאוצת התיבה ומהירות התיבה ילכו ויקטנו ויגיעו לאפס לאחר זמן רב (באופן אסימטוטי) כאשר התיבה נעצר באופ מעשי, כוח החיכוך מתאפס למרות שהקרוסלה ממשיכה להסתובב.

פתרון שאלה מס' 16 , התשובה הנכונה היא ד'

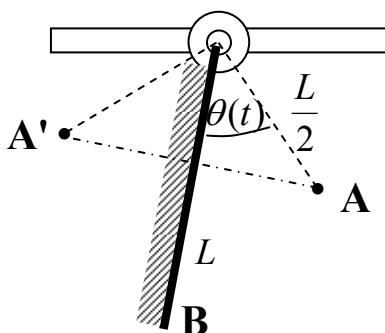
מעיון בתרשים, תוואי הטיפות יוצר הן בנסיעה והן בזמני עצירה זווית 45° עם האופק. יצירת זווית 45° בזמני עצירה מעידה כי המהירות האנכית של הטיפות שווה למהירות האופקית (דהיינו למהירות הרוח). בזמן נסיעה המהירות האופקית של הטיפות משנה סימן (בשל התנועה האופקית של האוטובוס) בעוד המהירות האנכית נותרת ללא שינוי. נסמן את מהירות הרוח ב-

$$U \text{ נקבל } U - 10 = -U \Rightarrow U = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

הגשם היא $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. לטיפות המים מהירות אופקית השווה למהירות הרוח ומהירות אנכית שכפי

שהראנו קודם, גם היא שווה למהירות הרוח. לפי פיתגורס, מהירות טיפות המים היא

$$\sqrt{5^2 + 5^2} = 7.07 \approx 7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$



פתרון שאלה מס' 17 , התשובה הנכונה היא ב'

כאשר $\alpha = \alpha_0$ התיבה נעה במהירות קבוע, דהיינו שקול הכוחות הפועל עליה שווה אפס. על התיבה פועלים שני כוחות, כוח הכובד בפועל בכיוון מטה והכוח שמפעילה המנסרה על התיבה, אשר חייב לפעול מעלה כדי ששקול הכוחות יתאפס. מהחוק השלישי של ניוטון, התיבה מפעילה על המנסרה כוח בכיוון מטה (השקול בין הכוח הנורמלי לכוח החיכוך). לפיכך אין התיבה מפעילה על

המנסרה כוח אופקי, כך שהסרת המעצורים לא תגרום לתנועת המנסרה, מכאן טענה ב' נכונה. ראוי לציין כי כאשר $\alpha > \alpha_0$, התיבה מאיצה, לכן המנסרה מפעילה על התיבה כוח אופקי ימינה, מכאן התיבה מפעילה על המנסרה כוח אופקי שמאלה. הסרת המעצורים תגרום למנסרה לנוע שמאלה. באופן דומה, אם $\alpha < \alpha_0$, התיבה מאיטה, הסרת המעצורים תגרום למנסרה לנוע ימינה.

פתרון שאלה מס' 18, התשובה הנכונה היא א'

הדמות A' של נקודה A נמצאת בנקודה הסימטרית של A ביחס למראה ומרחקה מהציר הוא $\frac{L}{2}$. לכן הדמות של נקודה A מבצעת תנועה במסלול מעגלי. אם נסמן ב-O את ציר הסיבוב, הזווית שיוצר הווקטור A'O עם AO היא $2\theta(t)$ מכאן המהירות הזוויתית של הדמות A' כפולה מהמהירות הזוויתית של המראה. הואיל ו- $OB = 2OA'$ נקבל כי מהירות הנקודה A' שווה בגודלה למהירות הנקודה B. קל להראות כי האפשרויות הנותרות לא נכונות הואיל ותאוצה משיקית יחסית לתאוצה זוויתית ותאוצה רדיאלית יחסית לריבוע המהירות הזוויתית. לו טענה ד' הייתה מתייחסת לתאוצה ולא למהירות, היא הייתה נכונה.

פתרון שאלה מס' 19, התשובה הנכונה היא ג'

כאשר חלון של חדר פתוח לא מוחזר משם אור והוא ייראה חשוך. מטענה זו לא ניתן להסיק את הטענה ההפוכה, כאשר לא מוחזר אור אלינו מחלון, סימן שהוא פתוח. הואיל ואור מוחזר מחלון אינו מפוזר לכל הכווונים ייתכן כי בנקודת התצפית בה אנו עומדים לא מגיע לעיננו אור מוחזר. למשל, אם נצפה בחלונות בניין מבניין סמוך הגבוהה ממנו, סביר להניח כי אור מוחזר מהחלונות לא יגיע לעיננו. מעיון בתמונה ברור כי בשתי הקומות העליונות החלונות סגורים כי הם נראים מוארים. בשתי הקומות התחתונות האור מהחלונות לא מגיע לעיננו, קיימות שתי אפשרויות, או שהחלונות פתוחים, או שאנו עומדים בנקודה הגבוהה מחלונות אלה. אולם מעיון בהשתקפות הבניין במי הנחל, רואים אור מוחזר מחלונות הקומה הראשונה ואף מחלונות הקומה השלישית, אולם לא רואים החזרה מחלונות הקומה השנייה. מכאן מסיקים כי חלונות הקומה הראשונה סגורים וחלונות הקומה השנייה הם היחידים הפתוחים.

פתרון שאלה מס' 20, התשובה הנכונה היא א'

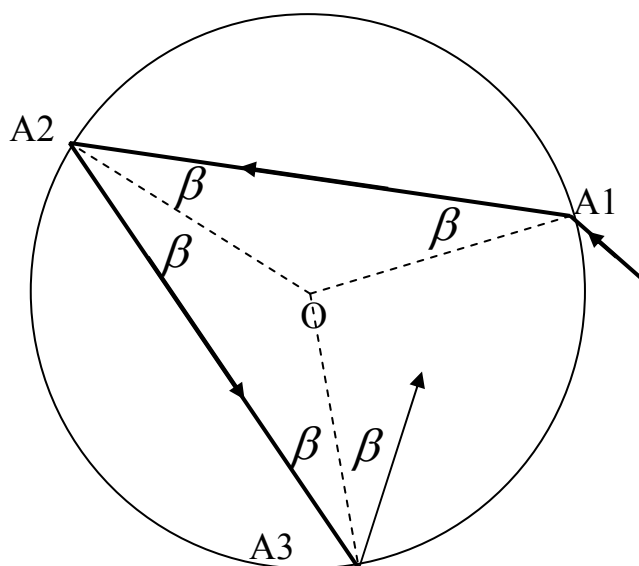
לפי אחד מחוקי השבירה, "קרן" פוגעת, "קרן" נשברת והאנך למשטח המפריד

בנקודת הפגיעה חלים במישור אחד. ועבור אחד מחוקי ההחזרה: "קרן" פוגעת, "קרן" מוחזרת והאנך למשטח המחזיר בנקודת

הפגיעה חלים במישור אחד. בתרשים A1 היא נקודת הפגיעה הראשונה בכדור

הזכוכית. A1A2 היא ה"קרן" החודרת והיא נמצאת במישור OA1A2. מחוקי ההחזרה,

באותו מישור נמצאת A2A3 וכן הלאה, כך שכל נקודות הפגיעה חלות במישור אחד. שפת המישור היא מעגל שמרכזו הוא מרכז הכדור, יוצא אפוא כי כל נקודות הפגיעה חלות על מעגל אחד. יתרה מזאת, בכל ההחזרות הפנימיות, זווית הפגיעה היא β (זווית

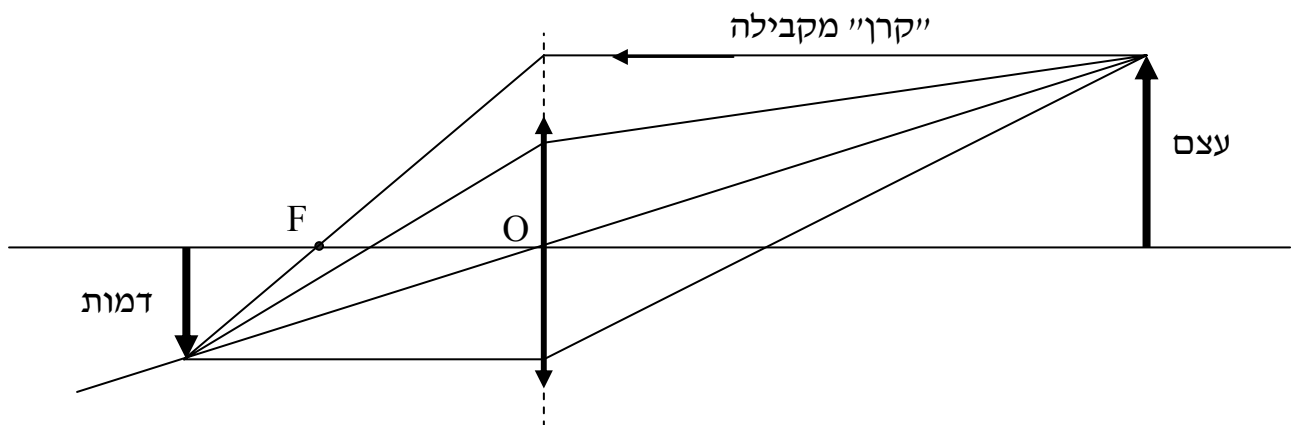


השבירה של האלומה הנכנסת לזכוכית), לפיכך אין היא יכולה להיות גדולה מהזווית הקריטית, כך שהחזרה מלאה לא תתכן. מאחר וזווית הפגיעה בכל אחת מההחזרות הפנימיות קבועה, מרחק

האלומה ממרכז הכדור קבוע ואינו יכול להיות אפס כי האלומה המקורית שפגעה בכדור הזכוכית לא כוונה אל מרכז הכדור.

פתרון שאלה מס' 21 , התשובה הנכונה היא ב'

בציור סכמטי של בניית דמות של עצם, "קרן" דרך מרכז העדשה ממשיכה ישר ו"קרן" מקבילה נשברת אל המוקד. קל לראות מכאן כי מרחק המוקד של העדשה קובע את גודל הדמות ואילו קוטר העדשה אינו משפיע על גודל הדמות. בתרשים מרכז העדשה היא הנקודה O. "קרן" מהעצם המכוונת אל נקודה O ממשיכה ישר. כל הקרניים היוצאות מנקודה בעצם מתמקדות בקירוב לנקודה בדמות. התרשים מראה כי שימוש בעדשה גדולה יותר לא משפיע על גודל הדמות. שימוש בעדשה גדולה יותר מאפשר איסוף אור משטח גדול יותר ומכאן ביצוע צילום בתנאי תאורה נמוכים יותר. מתוך התרשים ניתן לראות כי זווית ה"ראיה" של המצלמה, דהיינו המפתח הזוויתי אותו יכולה המצלמה לצלם, היא הזווית המתקבלת מחיבור קצות לוח הצילום אל מרכז העדשה.



פתרון שאלה מס' 22 , התשובה הנכונה היא ד'

בהנחה שגודל האישון נותר קבוע בשתי התצפיות, כמות האור הפוגעת באישון כאשר מתרחקים ממרחק 100 מטרים ל- 200 מטרים קטנה בקירוב פי 4 (עוצמת האור ממקור נקודתי יורדת עם

המרחק ויחסית ל- $\frac{1}{r^2}$. אמנם הפנס אינו נקודתי, קוטרו חצי מטר, אולם ממרחק של 100 מטר

הקירוב של $\frac{1}{r^2}$ בעוצמת ההארה הוא קירוב טוב מאוד). מחוקי האופטיקה הגיאומטרית, היחס

בין גודל הדמות לגודל העצם שווה ליחס בין מרחק הדמות למרחק העצם. בשתי התצפיות מרחק הדמות מהעדשה שווה (נקבע לפי גודל גלגל העין) לכן גודל הדמות ממרחק של 200 מטר קטן פי 2 מגודל הדמות ממרחק של 100 מטר. ומכאן שטח הדמות שהוא יחסי לריבוע של קוטר הדמות, יהיה קטן פי 4 עבור המרחק הגדול.

יוצא אפוא כי כאשר אנו מתרחקים מרחק כפול, כמות האנרגיה שפגעה באישון קטנה פי ארבע, אולם גודל אנרגיה זו התמקדה ברשתית בשטח הקטן פי ארבע, כך שהאנרגיה ליחידת שטח נותרה ללא שינוי. תוצאה זו מפתיעה במבט ראשון ויש להביאה בחשבון כאשר אנו צופים בעצמים בהירים מאוד העלולים לגרום נזק לעין. התרחקות מהעצם לא תקטין את הבהירות. כאשר אדם עוסק בריתוך הוא מרכיב משקפי מגן כדי שלא להסתנוור. אם תצפו באור המסנוור ללא משקפי מגן ותתרחקו למרחק של נאמר עשרה מטרים, אתם עלולים לגרום נזק לעיניכם. לסיכום שתי הערות חשובות: אם הדמות מהמקור הנוצרת ברשתית מאוד קטנה, כתוצאה מתנועת הריצוד של העין, האנרגיה לא פוגעת בכל זמן ההסתכלות באותם תאים ולכן האנרגיה הממוצעת ליחידת זמן קטנה הפוגעת בתא מסוים קטנה יותר.

והערה שניה, כאשר צופים בעצם נקודתי כגון כוכב, גודל הדמות נקבע לפי חוקי האופטיקה הפיזיקלית ולא האופטיקה הגיאומטרית ולכן אין אנו מסתנוורים מצפייה בכוכבי השמים למרות בהירותם. השמש לעומתה אינה מקור נקודתי וצפייה ישירה בשמש תגרום לסנוור.