



הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל
הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה



משרד החינוך
המנהל למדע ולטכנולוגיה

האולימפיאדה הארצית ה- 27 לפיזיקה תשע"ו – תשע"ז ©

אנו שמחים על השתתפותכם בשלב א' של האולימפיאדה הארצית ה- 27 לפיזיקה.
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 לפיזיקה, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, כרמיאל, הטכניון, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, חיפה. |
| מר דני גלאובך | - | ביה"ס הריאלי חיפה, הטכניון, המרכז לחינוך קדם קדמי. |
| מר אלכס וינברג | - | ביה"ס אורט ע"ש נעמי שמר גן יבנה. |

פתרון שלב א' : ד"ר אלי רז

פתרון שלב א'
כל הזכויות שמורות
© 2016

פתרון שאלה מס' 1 התשובה הנכונה היא א'

בזמן תנועת המכונית במעגל זקוף, פועלים עליה הכוחות הבאים : כוח הכובד, הכוח הנורמלי שמפעילה המסילה וכוח החיכוך הסטטי (שמפעילה המסילה). הכוח השקול מכוון אל מרכז המעגל כי המכונית נעה במהירות קבועה (התאוצה מכוונת אל מרכז המעגל). לפיכך שקול הכוחות בכוון המהירות חייב להתאפס. בנקודה A יש לכוח הכובד רכיב המנוגד למהירות לכן החיכוך הסטטי שם הוא בכוון המהירות. בנקודה B יש לכוח הכובד רכיב בכוון המהירות לכן החיכוך הסטטי שם הוא בכוון המנוגד למהירות.

פתרון שאלה מס' 2 התשובה הנכונה היא ב'

שני הכדורים נעים באותה מהירות זוויתית. נסמן מהירות זו ב- ω .

עבור הכדור שמסתו m משוואת התנועה היא $T_A = -m\omega^2 2R$.

עבור הכדור שמסתו $3m$ המשוואה היא: $T_B - T_A = -3m\omega^2 R$.

מחיבור שתי המשוואות נקבל $T_B = -5m\omega^2 R$. ממשוואה זו והמשוואה הראשונה נקבל:

$$T_B = 2.5T_A$$

פתרון שאלה מס' 3 התשובה הנכונה היא א'

ביחס לשלושה צופים הנעים במהירות V יחד עם המגלשות, המגלשות נמצאות במנוחה. המגלשות חלקות (אין חיכוך) והכוח הנורמלי שהן מפעילות על התיבות מאונך בכל רגע למהירות. מבחינתם, הכוח היחיד המבצע עבודה הוא כוח הכובד שהוא כוח משמר. משימור אנרגיה, עבור צופים הנעים במהירות V יחד עם המגלשות, שלושת התיבות תגענה לתחתית המסלול במהירויות השוות בגודלן (הפרשי הגבהים שווים) אולם לא בכוון בשל צורתן השונה של המגלשות ($|\vec{u}_i| = u$ לכל i).

ביחס לצופה הנמצא על הכביש, הכוח שהמגלשה מפעילה על התיבות אינו מאונך למסלול תנועתן ולכן כוח זה מבצע עבודה, ועבודה זו תלויה בצורת המגלשה.

נסמן ב- $\vec{V}$ את ווקטור המהירות של המגלשות (ביחס לכביש), ב- $\vec{u}_i$ את ווקטור המהירות של תיבה i בתחתית המסלול ביחס לצופה הנע עם המגלשות, וב- $\vec{U}_i$ את המהירות של תיבה i בתחתית המסלול ביחס לכביש. מחוק חיבור מהירויות בתנועה יחסית נקבל: $\vec{U}_i = \vec{V} + \vec{u}_i$.

לשלושת התיבות קיים $|\vec{u}_i| = u$ לכן הערך המוחלט של $\vec{U}_i$ יהיה גדול יותר ככל שהזווית בין $\vec{V}$ ל- $\vec{u}_i$ תהיה קטנה יותר. במגלשה A הזווית הזו היא הקטנה ביותר (אפס בקירוב) ולכן בתחתית המסלול, הערך המוחלט של מהירות התיבה במגלשה A ביחס לכביש הוא הגדול ביותר.

פתרון שאלה מס' 4 התשובה הנכונה היא ג'

הפתרון לשאלה ניתן למעשה בגוף השאלה עצמה, שכן נאמר כי הדרך הקצרה ביותר בין שתי נקודות הנמצאות על קו המשווה מתקבלת כאשר נעים לאורך קו המשווה. קו המשווה הוא מעגל שמרכזו נמצא במרכז הכדור (במקרה שלנו כדה"א) ומבחינה גיאומטרית זה ייחודי.

יוצא מכאן כי אם ברצוננו למצוא את הדרך הקצרה ביותר בין שתי נקודות על כדור, כל שעלינו לעשות הוא להעביר חתך מישורי דרך שתי נקודות אלה ומרכז הכדור. חתך זה הוא מעגל שמרכזו במרכז הכדור ולכן הדרך הקצרה ביותר בין שתי הנקודות תתקבל מתנועה לאורכו של קו זה.

המישור עליו נמצא קו אורך עובר במרכז כדה"א ולכן הדרך הקצרה ביותר בין שתי נקודות הנמצאות על אותו קו אורך מתקבלת כאשר נעים לאורכו של קו האורך.

מאידך, המישור עליו נמצא קו רוחב, אינו עובר דרך מרכז כדה"א (מלבד קו המשווה). לכן אם ברצוננו למצוא את הדרך הקצרה ביותר בין שתי נקודות הנמצאות על אותו קו רוחב, עלינו להעביר מישור דרך נקודות אלה ומרכז כדה"א. קטע החתך המעגלי של מישור זה בין שתי הנקודות יתווה את הדרך הקצרה ביותר. מסלול זה עובר מדרומית לקו הרוחב כאשר קו הרוחב בחלקו הדרומי של כדה"א (המסלול יעבור צפונית לקו הרוחב אם קו הרוחב הוא בחצי הצפוני של כדה"א).

פתרון שאלה מס' 5 התשובה הנכונה היא ג'

כאשר גלגל בעל רדיוס r מתגלגל ללא החלקה על מסלול ישר שאורכו L , מספר הסיבובים שמבצע הגלגל שווה ליחס בין אורך המסלול L להיקף הגלגל. אם המסלול הוא מעגלי וההקפה היא מבחוץ יתווסף למספר הסיבובים סיבוב שלם, בין אם התנועה תהיה במגמה אחת (מגמת התנועה של מחוגי השעון) ובין אם היא תהיה במגמה ההפוכה. אם תדביקו מטבע לחלקה החיצוני של רצועת פלדה דקה ותכופפו את ברצועה לצורת מעגל, המטבע תבצע סיבוב סביב צירה.

אם המסלול הוא מעגלי וההקפה היא מבפנים, ייגרע ממספר הסיבובים סיבוב שלם, בין אם התנועה תהיה במגמה אחת (מגמת התנועה של מחוגי השעון) ובין אם היא תהיה במגמה ההפוכה. כאשר נעים בחלק הפנימי של המסלול המעגלי, מגמת הסיבוב של הגלגל הנובעת מעקמומיות המסלול הפוכה ממגמת הסיבוב של תנועה לאורך ישר.

יוצא מכאן כי בין הקפה חיצונית להקפה פנימית נוצר הפרש השווה בדיוק לשני סיבובים.

הערה: ניתן להגיע לאותה מסקנה מחוקי חיבור מהירויות והסתמכות על העובדה שמהירות נקודת המגע בגלגול ללא החלקה היא אפס.

פתרון שאלה מס' 6 התשובה הנכונה היא ג'

כתוצאה מהיפוך הזמנים בסרטון הנפילה של כדור הפלדה, הכדור יראה כנזרק אנכית כלפי מעלה (כוון התאוצה לא משתנה) אין בתופעה זו ייחוד שעשוי להצביע על היפוך זמנים.

גם בהתנגשות אלסטית בין שתי עגלות הנעות על מסילה, בהיפוך הזמנים נצפה שוב בהתנגשות חד ממדית בין שתי עגלות, תופעה שאין בה ייחוד העשוי להעלות חשד של היפוך זמנים.

הדבר שונה בהתנגשות לא מצחית בין כדור נח לכדור נע. תוצאת ההתנגשות היא שני כדורים הנעים לאחר ההתנגשות בכוונים שונים. בהיפוך הזמנים אנו נצפה בשני כדורים הנעים בכוונים שונים ולאחר ההתנגשות אחד הכדורים עוצר ורק השני נע. הסבירות שאחד הכדורים יעצור לאחר ההתנגשות היא נמוכה מאוד ולכן ניתן לטעון בסבירות גבוהה כי סרטון זה עבר עריכה של היפוך זמנים.

כדי להקצין, נתאר מצב של חמישה כדורים שכמעט צמודים זה לזה ונמצאים במנוחה. כדור נע יוצר סדרה של התנגשויות שהתוצאה שלה היא שישה כדורים הנעים לכוונים שונים.

בהיפוך זמנים נצפה בשישה כדורים נעים ומבצעים ביניהם סדרת התנגשויות אשר בעקבותיהם חמישה כדורים נותרים במנוחה וכמעט צמודים זה לזה וכדור אחד נע. ברור כי הסבירות למצב כזה היא אפסית.

בסדרה של תהליכים הפיכים, אף על פי שכל אחד מהתהליכים עצמו הוא הפיך, סדרת התהליכים עצמה אינה הפיכה, דבר הנותן כוון להתרחשות של מאורעות ומוכר במושג חץ הזמן.

פתרון שאלה מס' 7 התשובה הנכונה היא ג'

מהעדר חיכוך במערכת והיות החוט אידאלי נקבל כי המתוחות בחוט המושך את התיבה שמסתה m שווה למתוחות של החוט (קצהו השני) המושך את התיבה שמסתה $3m$. מאחר והמתוחות בחוטים הם הכוחות היחידים המושכים את התיבות, נקבל מהחוק השני של ניוטון כי התאוצה a_1 בה נעה התיבה שמסתה m גדולה פי 3 מהתאוצה a_2 בה נעה התיבה שמסתה $3m$ דהיינו $a_1 = 3a_2$. התאוצה המרבית בה המשקולת שמסתה M עשויה לנוע היא g . זהו המקרה הקיצוני בה התאוצה a_1 בה נעה התיבה שמסתה m תהיה מרבית. מאחר ואורך החוט קבוע, נקבל $a_1 - g = g - a_2$ או $a_1 + a_2 = 2g$. נציב $a_1 = 3a_2$ נקבל $4a_2 = 2g$ ולכן $a_2 = 0.5g$. מכאן $a_1 = 3a_2 = 1.5g$.

פתרון שאלה מס' 8 התשובה הנכונה היא א'

תאוצה של גוף נובעת מסכום וקטורי של הכוחות הפועלים עליו. סכומם הוקטורי של הכוחות הפנימיים הוא אפס (בשל החוק השלישי של ניוטון כל הכוחות הפנימיים מופעלים בזוגות) לכן כוחות פנימיים אינם יכולים להאיץ גוף וההאצה מבוצעת ע"י הכוחות החיצוניים בלבד. בבעיה שלנו הכוחות החיצוניים הם כוחות החיכוך הסטטיים שמפעיל הכביש על גלגלי המכונית.

שינוי באנרגיה הקינטית יכול להיגרם הן על ידי עבודה של הכוחות החיצוניים והן על ידי עבודה של הכוחות הפנימיים. במקרה של המכונית, העבודה של הכוחות החיצוניים שווה אפס כי בגלגול ללא החלקה מהירות נקודת המגע של הצמיג בכביש היא אפס, לכן למרות שקיים חיכוך סטטי בין הכביש לגלגלים, כוח זה אינו מבצע עבודה כי נקודת המגע לא זזה בזמן הפעלת הכוח.

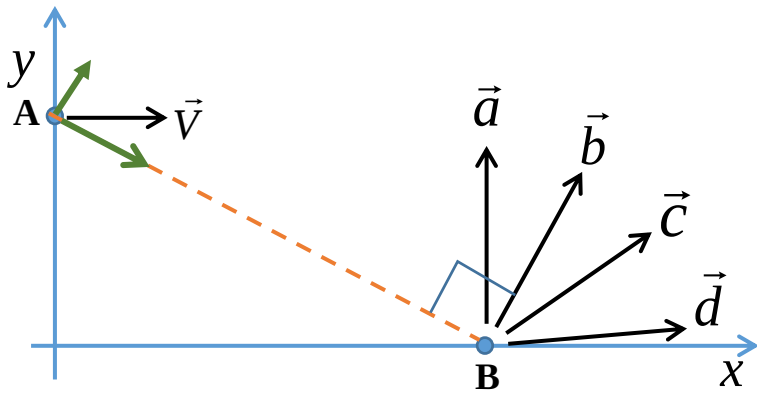
דוגמה פשוטה יותר להמחשה היא צעצוע בו בובה הנדחסת בעזרת קפיץ ונצמדת לחלקה התחתון. הבובה מונחת על הרצפה ולאחר זמן שני חלקי הגומי השומרים את הקפיץ דחוס משתחררים והבובה כולה מנתרת באוויר. הרצפה שהפעילה כוח על הפלסטיק התחתון גורמת להאצת הבובה אולם הרצפה לא בצעה כל עבודה כי כל עוד הרצפה הפעילה כוח, הפלסטיק התחתון לא זז. העבודה בוצעה במקרה זה ע"י כוח הקפיץ שהוא כוח פנימי.



פתרון שאלה מס' 9 התשובה הנכונה היא ב'

אם שני גופים נעים במהירות קבועה, גם המהירות היחסית ביניהם קבועה. ומידה ומתרחשת התנגשות גוף B רואה את גוף A נע לכוונו. את אותה טענה ניתן לנסח באופן: כדי שתתרחש התנגשות המהירות היחסית חייבת להיות מכוונת אל המיקום היחסי.

בבעיה שלנו נפרק את מהירותו של צב A לשני רכיבים, רכיב אחד בכוון צב B ואילו הרכיב השני מאונך לקו המחבר את הצבים.



כדי שהפגישה תתרחש, על המהירות היחסית של צב A ביחס לצב B להיות מכוונת אל B. כדי לקיים זאת, רכיב המהירות של צב B בכיוון המאונך לקו AB חייב להשתוות לרכיב המהירות של צב A באותו כוון. דבר זה יבטיח שהמהירות היחסית תכוון לקו המחבר את שני הצבים. צב B יכול להוסיף רכיב מהירות לכיוון צב A זה ישנה את הזמן עד הפגישה אולם יגדיל את

מהירותו של A. המהירות המינימלית שתקבל כאשר צב B לא יוסיף רכיב מהירות בכיוון של A אלא ינוע בכיוון המאונך לקו המחבר את הצבים.

פתרון שאלה מס' 10 התשובה הנכונה היא ד'

המאוורר מסתובב בקצב של 4 סיבובים בשנייה, דהיינו סיבוב במשך רבע שניה. בזמן השווה לחמישית מזמן סיבוב, כנף של המאוורר מספיקה להגיע למיקומה של כנף סמוכה, דהיינו במשך $1/20$ של שנייה כל כנף מחליפה את מיקומה עם הכנף הקודמת לה.

אם נפעיל את הסטרובוסקופ בקצב של 20 הבזקים לשנייה, המאוורר ייראה עומד במקום (הכנפיים ייראו במצב סטטי). אם נפעיל את הסטרובוסקופ בקצב כפול (40 הבזקים לשנייה) כל כנף תספיק לעבור את מחצית הדרך אל מיקומה של הכנף הסמוכה כך שבשני הבזקים סמוכים הכנפיים בהבזק השני נמצאות בדיוק באמצע הרווח של הכנפיים בהבזק הראשון. הואיל וההפרש בין זמני ההבזקים קצר מידי, תמונת המאוורר בהבזק השני מופיעה בטרם תמונת ההבזק הראשון הספיקה להיעלם מרשתית העין. לפיכך, כאשר הסטרובוסקופ מופעל בקצב של 40 הבזקים לשנייה, אנו רואים עשר כנפיים במצב נייח (תמונה סטטית).

כאשר מפעילים את המאוורר בקצב של 41 הבזקים לשנייה, במרווח הזמן בין שני הבזקים סמוכים, הכנף מספיקה לעבור מעט פחות ממחצית המרווח שבין כנפיים סמוכות. עדיין נראה עשר כנפיים אולם לא סטטיות. במרווח הזמן בין שני הבזקים אי זוגיים (או זוגיים) סמוכים הכנף תראה כאילו בצעה זווית קטנה בכיוון ההפוך, וכתוצאה מכך המאוורר ייראה מסתובב באיטיות במגמה ההפוכה למגמת הסיבוב האמתית.

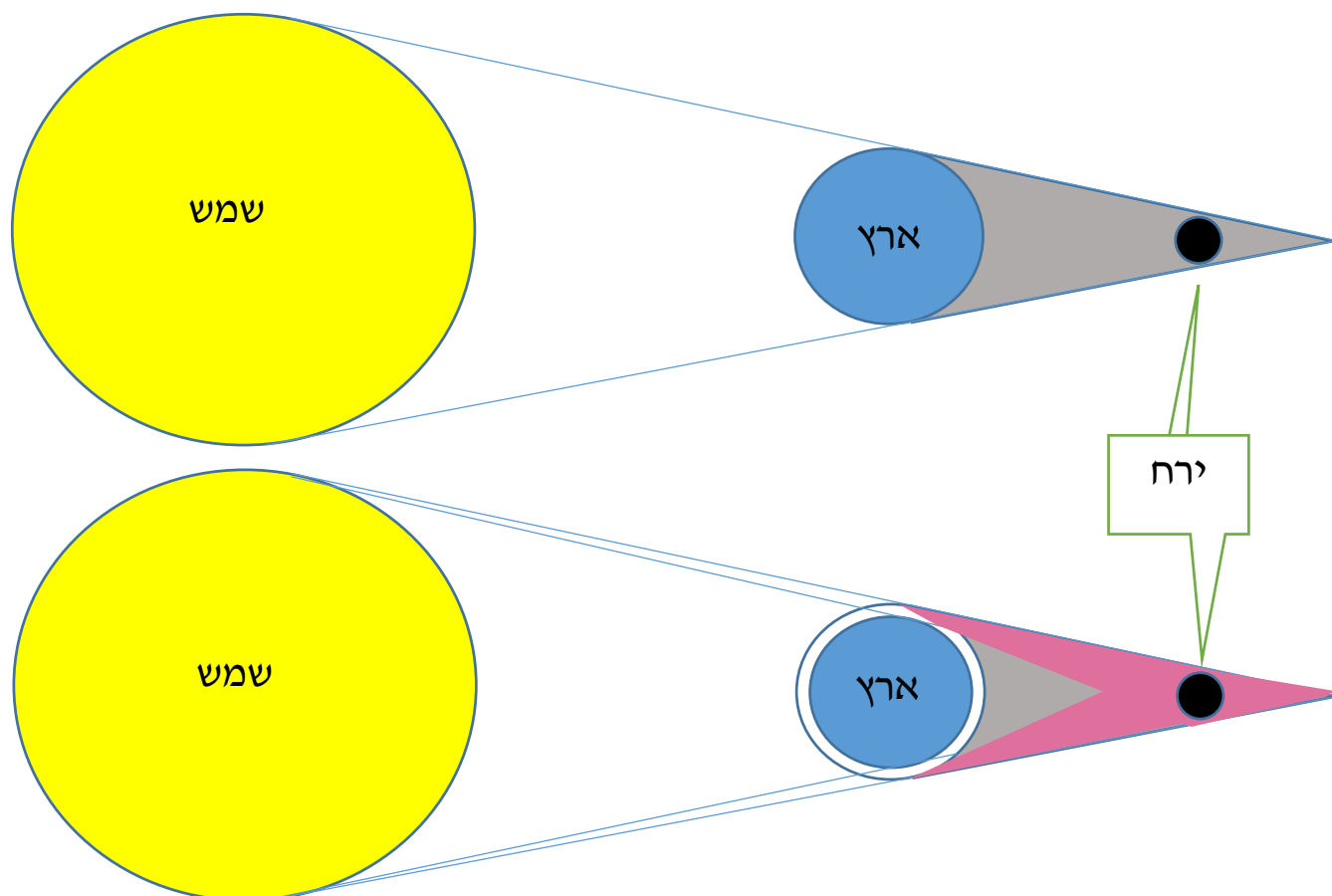
פתרון שאלה מס' 11 התשובה הנכונה היא ג'

כידוע, בזמן שקיעה השמש נראית אדומה. בזמן שקיעה האור מהשמש עובר מרחק יחסית גדול בתוך שכבות האטמוספירה הנמוכות של כדור הארץ. לאור האדום יש סיכוי נמוך יותר להתפזר באטמוספירה ולכן לאור המגיע לעינינו גוון אדמדם. האטמוספירה שצורתה קליפה כדורית משמשת כעדשה לאור השמש. אור השמש נשבר והאור האדמדם שחלף דרך האטמוספירה מגיע לאזורים שאמורים היו להיות מוסתרים על ידי כדור הארץ.

התרשים מתאר תמונה סכמתית של התהליך לשם המחשה בלבד (קנה המידה אינו נכון). בתרשים העליון אילו לא הייתה לארץ אטמוספירה אור מהשמש בליקוי לבנה מלא לא היה מגיע

לירח.

בנוכחות אטמוספירה (תרשים תחתון) האור נשבר באטמוספירה ומגיע לירח. הגוון האדום נובע כתוצאה מפיזור גדול יותר של האור שאינו אדום (אור אדום מכסה את תחום אורכי הגל הארוכים בספקטרום הנראה. ככל שאורך הגל קצר יותר, סיכוי הפיזור שלו באטמוספירה גדול יותר).



פתרון שאלה מס' 12 התשובה הנכונה היא א'

המהירות היחסית בין המאמן לרצים לפני שהרצים הפכו את כוון הריצה הוא $4 - (-6) = 10 \text{ m/s}$
מכאן הזמן הנדרש למאמן להודיע לכל הרצים להפוך כוון הוא: $t = 600 \text{ m} / 10 \text{ m/s} = 60 \text{ s}$.
מהרגע שהמאמן פגש את הרץ הראשון מהירות ההתרחקות ממנו היא $6 - 4 = 2 \text{ m/s}$ לכן במשך הזמן של 60s בו סימן המאמן לרצים להפוך כוון, המרחק בין המאמן לרץ שהפך ראשון את כוון תנועתו הוא: $d = 60 \text{ s} \cdot 2 \text{ m/s} = 120 \text{ m}$.

מכאן אורך טור הרצים לאחר שכולם הפכו כוון הוא 120m

פתרון שאלה מס' 13 התשובה הנכונה היא ב'

מאופן כיוול הדינמומטר, קריאת הדינמומטר יחסית להתארכות הכוללת של שני הקפיצים. כאשר מחזיקים את המעטפת במקום ומושכים את זרוע הדינמומטר בכוח F קריאת הדינמומטר תצביע על כוח F מפני שהדינמומטר כויל כאשר המעטפת מוחזקת במקום.

על כל קפיץ במקרה זה פועל כוח F (כל חלקי המערכת במנוחה), התארכות כל קפיץ היא $\frac{F}{k}$ (כאשר

k הוא קבוע כל קפיץ) וההתארכות הכוללת היא $2\frac{F}{k}$. מכאן נסיק כי אם x היא ההתארכות

הכוללת, קריאת הדינמומטר תהיה $x \cdot \frac{k}{2}$.

כאשר הדינמומטר מואץ על ידי כוח F תאוצת הדינמומטר היא $a = \frac{F}{2m}$. על הקפיץ הקדמי פועל

כוח F לכן התארכותו $x_1 = \frac{F}{k}$. על המשקולת הנמצאת בין הקפיצים פועלים שני כוחות, כוח F על ידי הקפיץ הקדמי וכוח F_2 על ידי הקפיץ האחורי. מהחוק השני של ניוטון נקבל:

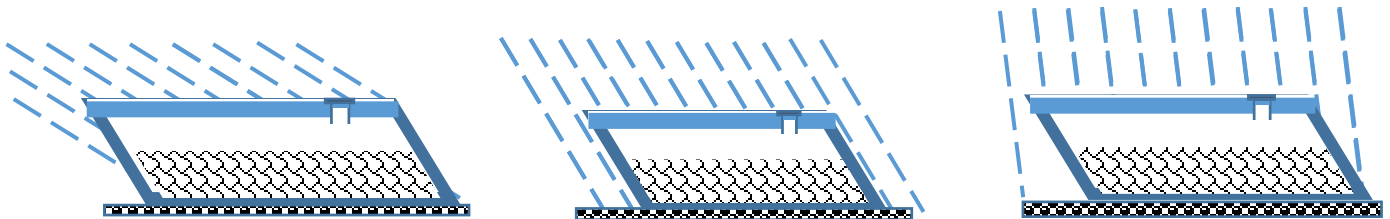
$$F - F_2 = ma = m \frac{F}{2m} = \frac{F}{2} \quad \text{מכאן} \quad F_2 = \frac{F}{2} \quad \text{ולכן} \quad \text{התארכות הקפיץ השני היא} \quad x_2 = \frac{F}{2k}$$

ההתארכות הכוללת של שני הקפיצים היא: $x = x_1 + x_2 = \frac{F}{k} + \frac{F}{2k} = \frac{3F}{2k}$

מכאן קריאת הדינמומטר תהיה: $x \cdot \frac{k}{2} = \frac{3F}{2k} \cdot \frac{k}{2} = \frac{3F}{4}$

פתרון שאלה מס' 14 התשובה הנכונה היא ד'

מנקודת הראות של המשאית טיפות הגשם נעות במהירות קבועה. למהירות רכיב אנכי השווה למהירות ההתקרבות של הטיפות לקרקע ומהירות אופקית שגודלה שווה למהירות המשאית וכוונה מנוגד לכוון התנועה של המשאית.



אם מהירות המשאית קטנה דיה טיפות הגשם פוגעות רק בדופן האחורית של המכל. עבור מהירות מסוימת של המכונית טיפות הגשם ביחס למשאית מקבילות לדפנות הצדדיים כך שטיפות הגשם אינן פוגעות באף אחת מדפנות המכל. אם מהירות המשאית גדולה מספיק, טיפות הגשם פוגעות רק בדופן הקדמית של המכל. שלושת המקרים מתוארים בתרשים. לא תתכן אפשרות בה טיפות הגשם יפגעו גם בדופן הקדמית וגם בדופן האחורית.

פתרון שאלה מס' 15 התשובה הנכונה היא ב'

כאשר גלגל מתגלגל ללא החלקה על משטח כשמרכזו נע במהירות V , מהירות נקודת המגע עם המשטח שווה אפס ומהירות הנקודה בקצהו השני של קוטר הגלגל היא $2V$.

כדי להעלות את החבית מרחק S יש למשוך את החבל מרחק $2S$ (כי מהירות הקצה השני של הקוטר כפולה ממהירות מרכז החבית). העבודה שיש להשקיע במשיכת החבל היא $F2S$. העבודה של כוח החיכוך הסטטי היא אפס (ההעתק הרגעי של נקודת המגע מאונך לכוח החיכוך הסטטי). כאשר מושכים את החבית באיטיות רבה (האנרגיה הקינטית המוקנית לה זניחה) נקבל כי העבודה

של הכוח F שווה לשינוי באנרגיה הגובה. לכן: $F2S = MgS \sin \alpha$ מכאן $F = \frac{1}{2}Mg \sin \alpha$. כאן

כוח החיכוך הסטטי פועל בכוון מעלה המדרון ומסייע בהעלאת החבית.

אילו היינו נדרשים לגרור ארגז בעל אותה מסה במעלה המדרון, היינו נדרשים לכוח שהוא יותר מכפול כי כוח החיכוך במקרה זה הוא כוח מעכב ונדרש להתגבר גם עליו לשם גרירת הארגז.

פתרון שאלה מס' 16 התשובה הנכונה היא א'

בשני הניסויים אורך המסלול שווה (אורך הלולאות בין נקודות A ו-B). כמו כן התאוצה בכל אחד מהניסויים קבועה בזמן אולם לא שווה (בניסוי 2 התאוצה גדולה יותר). האורך S של מסלול התנועה שווה למכפלה של המהירות הממוצעת בזמן התנועה. בתאוצה קבועה המהירות הממוצעת שווה לממוצע החשבוני של המהירויות בקצות המסלול. מאחר ובשני הניסויים החרוז החל את תנועתו ממנוחה, המהירות הממוצעת שווה למחצית המהירות הסופית.

מכאן $S = \frac{V_1}{2}t_1 = \frac{V_2}{2}t_2$ ולכן $V_1t_1 = V_2t_2$. את המהירויות של החרוז בקצות המסלולים נמצא משיקולי אנרגיה. בשל הכפלת המרווחים בין הלולאות הפרש הגבהים במסלול 2 כפול מההפרש במסלול 1.

$$\frac{m}{2}V_1^2 = mgH \Rightarrow V_1 = \sqrt{2gH} \quad \text{נקבל: 1 בניסוי}$$

$$\frac{m}{2}V_2^2 = mg2H \Rightarrow V_2 = \sqrt{4gH} \quad \text{נקבל: 2 בניסוי}$$

נציב את הביטויים למהירויות במשוואה $V_1t_1 = V_2t_2$ אותה קיבלנו מחישוב אורך הדרך S נקבל:

$$t_2 \sqrt{4gH} = t_1 \sqrt{2gH} \quad \text{ולאחר צמצום נקבל: } t_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}t_1$$

פתרון שאלה מס' 17 התשובה הנכונה היא ד'

מאחר וההתיבות נעות לעבר הקיר באותה מהירות, הקפיץ חייב להימצא במצב רפוי במהלך תנועתן לעבר הקיר (אילו הקפיץ היה מתוח או מכווץ, הכוחות על התיבות היו מנוגדים בכוונם, תוספת המהירות הייתה שונה בסימן והתיבות לא יוכלו לנוע לאורך המסלול במהירויות שוות).

כאשר תיבה A מתנגשת בקיר התנגשות אלסטית ורגעית היא הופכת את כוונה. שתי התיבות נעות מיד לאחר ההתנגשות במהירויות שוות אך מנוגדות בכוון. במצב זה מרכז המסה נותר במקום, התיבות מתקרבות זו לזו תוך כוון הקפיץ עד לעצירתן הרגעית וכוון הקפיץ במידה המרבית. לאחר מכן הקפיץ המכוון דוחף את התיבות ומקנה להן מהירויות השוות בגודלן ומנוגדות בכוון. בדיוק ברגע בו הקפיץ מגיע למצב רפוי, תיבה A מתנגשת שוב רגעית ואלסטית עם הקיר. בעקבות ההתנגשות מהירותה של A משנה סימן בעוד הקפיץ נותר רפוי (ההתנגשות רגעית) ושתי התיבות מתרחקות מהקיר באותה המהירות כאשר במהלך תנועתן חזרה הקפיץ רפוי.

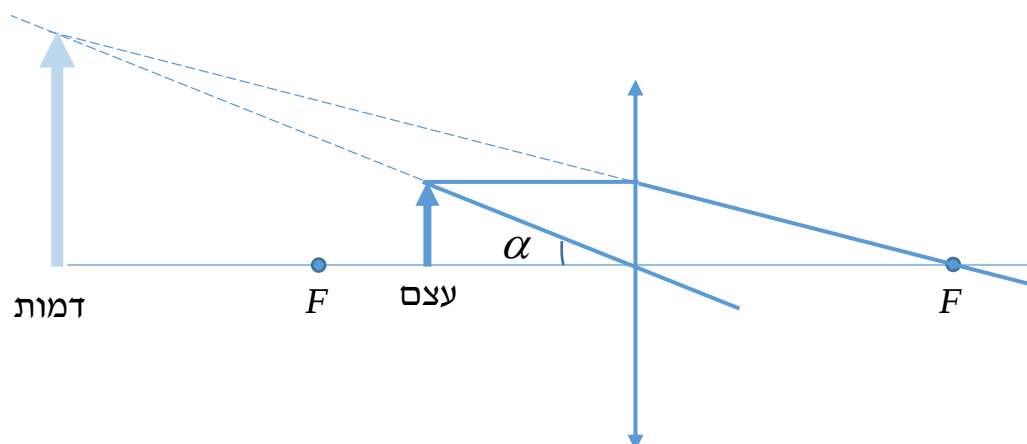
פתרון שאלה מס' 18 התשובה הנכונה היא ד'

נעין בקטע קטן של המסלול בעל אורך ΔS וזווית שיפוע α . כוח החיכוך הקינטי לאורך קטע זה הוא $\mu mg \cos \alpha$ והעבודה שיש להשקיע כנגד החיכוך לאורך הקטע היא $\mu mg \cos \alpha \Delta S$. אולם $\Delta S \cos \alpha$ הוא המרחק האופקי Δx בו נע השק. לפיכך העבודה כנגד כוח החיכוך שיש להשקיע במשיכת השק לאורך קטע של המדרון היא $\mu mg \Delta x$. תוצאה זו לא תלויה בשיפוע המדרון. לפיכך העבודה כנגד החיכוך שיש להשקיע בגרירת השק היא $\mu mg d$ כאשר d הוא המרחק האופקי של משטחי הגרירה. מאחר ושלושת משטחי הגרירה הם בגובה שווה H העבודה הכוללת שיש להשקיע במשיכת השק באיטיות רבה היא: $W = mgH + \mu mgd = mg(H + \mu d)$ עבודה זו אינה תלויה בצורת המסלול.

למהירות האיטית חשיבות משני היבטים. האחד כדי לא להשקיע עבודה בהקניית אנרגיה קינטית לשק, והשני כדי שהכוח הנורמלי לא יושפע מהמהירות בשל עקמומיות המסלול.

פתרון שאלה מס' 19 התשובה הנכונה היא ב'

כאשר נוצרת דמות בעדשה, אנו רואים את הדמות. מיקום הדמות וגודלה תלוי במיקום העצם ביחס לעדשה ובגודל העצם. גודל הדמות לא תלוי במיקום העין, לכן ככל שהעין תהיה קרובה יותר לדמות, הדמות תראה לנו גדולה יותר (היא תכסה שטח גדול יותר על רשתית העין). ההתקרבות המרבית לדמות מתקבלת כאשר העין צמודה לעדשה (שענים מצמידים את עינם לעדשה בעבודתם לקבלת הגדלה מרבית).



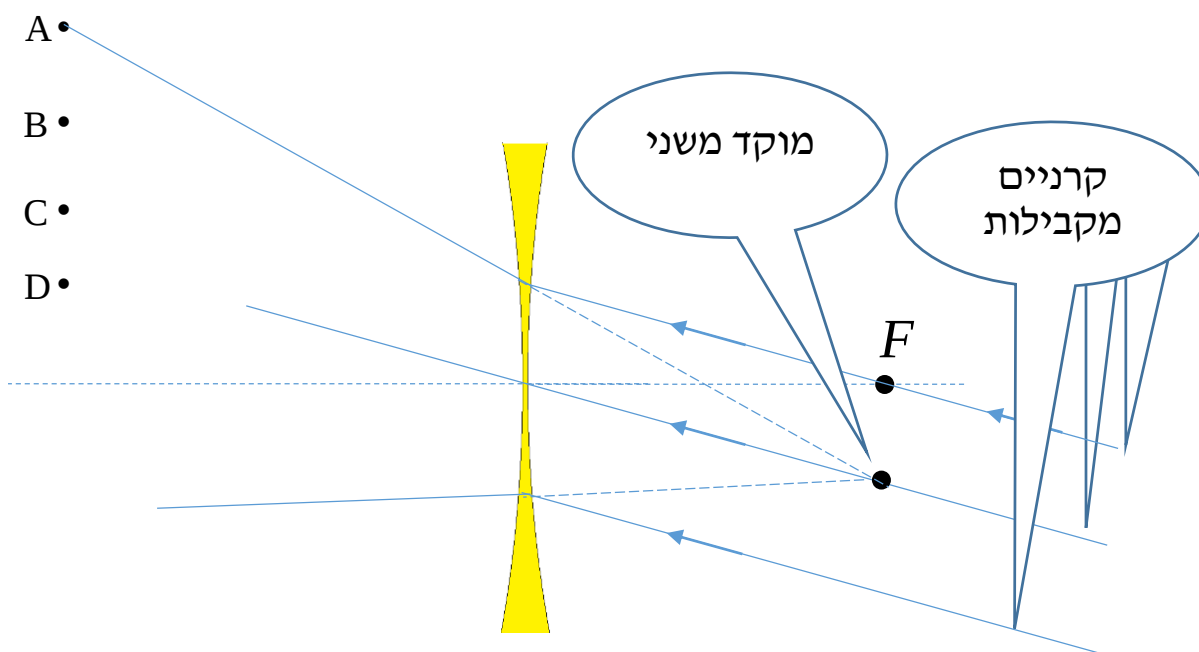
בהתייחס למרחק העצם מהעדשה, אמנם ככל שהעצם קרוב יותר למוקד דמותו גדולה יותר, אולם הדמות גם רחוקה יותר ולכן הדמות לא בהכרח תראה גדולה יותר אם נקרב יותר את העצם למוקד. מעיון בתרשים מהלך "קרניים", הזווית α בה הדמות נראית קטנה יותר ככל שהעצם קרוב יותר למוקד. לכן יש לקרב את העצם אל העדשה. ככל שהעצם קרוב לעדשה הדמות קרובה יותר. המרחק המינימלי בין העין לדמות הוא מרחק הראייה הקצר ביותר. במרחק זה העצם נמצא במרחק מסוים מהעדשה שהינו קצר ממרחק המוקד.

פתרון שאלה מס' 20 התשובה הנכונה היא ד'

חלקו של הסרגל מחוץ למים מצולם באופן ישיר. לו הספרה 9 הייתה מחוץ למים היא הייתה נראית בתצלום. מהתצלום החל מהספרה 10 הסרגל נמצא מחוץ למים. לפיכך תשובה א' לא נכונה. הדמות C נוצרת מהחזרה מפני המים של חלק הסרגל הנמצא מחוץ למים. כתוצאה מהחזרה בודדת זו הספרות הן תמונת ראי של הספרות שעל הסרגל (אילו הדמות הייתה נוצרת משתי החזרות הספרות היו אמורות להיראות רגיל). לכן תשובה ב' לא נכונה. הדמות A נוצרת משבירה של קרניים היוצאות מחלק הסרגל הטבול במים ונשברות בדופן הגלילי של הכלי. המים בכלי הגלילי מתנהגים כעדשה גלילית ולכן הדמות מוגדלת. תשובה ג' אינה נכונה. הדמות B נוצרת על ידי קרניים המגיעות מהחלק של הסרגל שבתוך המים ועוברות שבירה בפני המים. הספרה 9 לא נראית בדמות זו מאחר ועוצמת האור המגיע מספרה זו נמוכה מאוד (זווית הפגיעה קרובה לזווית הקריטית). תשובה ד' נכונה.

פתרון שאלה מס' 21 התשובה הנכונה היא א'

כידוע, קרניים מקבילות הפוגעות בעדשה מפזרות ממשיכות ממנה כאילו יצאו מהמוקד. אם הקרניים מקבילות לציר משני, הן תצאנה כך שהמשכיהן ייפגשו במוקד המשני (ייראו כאילו יצאו מהמוקד המשני).



מידעה זו נעביר קרן מקבילה לאלומת הלייזר אשר עוברת במרכז העדשה, נמצא את המוקד המשני לקרניים המקבילות, נחבר את המוקד המשני עם נקודת הפגיעה של אלומת הלייזר עם העדשה, הקו יוביל לנקודה A.

דרך אחרת, עבור עצם הנמצא במוקד, מחישוב נקבל כי הדמות נמצאת בחצי מרחק המוקד (דמות מדומה). נחבר את הדמות עם נקודת הפגיעה של אלומת הלייזר עם העדשה, הקו יוביל לנקודה A.

פתרון שאלה מס' 22 התשובה הנכונה היא ג'

לאורך תנועת החרוז במסלול המעגלי יש לו תאוצה אשר הרכיב המאונך למסלול מכוון אל מרכז המעגל. הכוחות המקנים תאוצה זו הם הכוח הנורמלי שמפעיל החישוק, ורכיב כוח הכובד המאונך למסלול. בין נקודות A ל-B הרכיב של כוח הכובד המאונך למסלול מכוון החוצה מהחישוק, הכוח הנורמלי המופעל ע"י החישוק מופעל פנימה ואינו יכול להתאפס כי סכום הכוחות הנורמליים מכוונים פנימה.

בנקודה B לכוח הכובד אין רכיב נורמלי לכן הכוח שמפעיל החישוק הוא פנימה אל המרכז.

בנקודה C מהירות החרוז היא אפס (מקבלים משימור אנרגיה) הכוח הנורמלי שמפעיל החישוק בנקודה C פונה החוצה מהמרכז (זאת לשם איזון כוח הכובד).

קיבלנו כי הכוח שמפעיל החישוק על החרוז (כוח נורמלי) פונה פנימה ב-B ופונה החוצה בנקודה C. הואיל והכוח שמפעיל החישוק רציף. חייבת להימצא נקודה בין B ל-C בה הכוח הנורמלי שמפעיל החישוק הוא אפס.