

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים

האולימפיאדה הארצית ה- 21 לפיזיקה תש"ע – תשע"א ©

אנו שמחים על השתתפותכם בשלב א' של האולימפיאדה הארצית ה- 21 לפיזיקה.

האולימפיאדה הארצית ה- 21 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 אריאל אמיר | - | מכון ויצמן למדע רחובות. |
| מר דני גלאובך | - | ביה"ס הריאלי חיפה, הטכניון, המרכז לחינוך קדם קדמי. |
| מר גיל שמאי | - | הטכניון, הפקולטה לפיזיקה, חיפה. |
| מר איגור ליסנקר | - | ביה"ס למדע ולתרבות שבח מופת ת"א. |
| מר פבל רדזיוילובסקי | - | חברת ויז'נמאפ |

פתרון שלב א' : ד"ר אלי רז

פתרון שלב א'
כל הזכויות שמורות

© 2010

פתרון שאלה מס' 1 , התשובה הנכונה היא א'

ברגע בו המשאבות החלו לפעול, קצב ריקון המים היה גדול מקצב המילוי ע"י הגשם לכן כמות המים בבריכה קטנה. כמות המים בבריכה תקטן עד לערך m_1 . בערך זה קצב המילוי שווה לקצב הריקון של הבריכה, יתרה מזאת, בערך זה מתקיים שווי משקל יציב (על שינוי קטן בכמות המים סביב הערך m_1 המערכת תחזיר את כמות המים בבריכה לערך m_1). לפיכך תשובה א' היא הנכונה.

פתרון שאלה מס' 2 , התשובה הנכונה היא ד'

עבור כל קטע קטן של החוט, בין אם הקטע כרוך על הגלגלת ובין אם הקטע לא נוגע בגלגלת, קיום של הפרש מתיחויות בקצות הקטע, אמור, לפי החוק השני של ניוטון, להאיץ את הקטע בתאוצה אינסופית, זאת מאחר ומסת הקטע שווה אפס. הואיל וכל התאוצות במערכת סופיות, הדבר מחייב כי הפרש המתיחויות בקצות כל קטע ישווה לאפס, דהיינו המתיחויות של החוט אחידה לכל אורכו.

אותם הטענות נכונות עבור הקפיץ, לא קיים הפרש מתיחויות בקצות קטע כלשהו של הקפיץ כי אחרת תאוצת הקטע הייתה אינסופית זאת מאחר ומסת הקטע שווה אפס.

$$T_3 = T_2 = T_1$$

יש לציין כי הטענה לא נכונה אם לקפיץ או לחוט יש מסה. כדי להאיץ גוף בעל מסה, יש צורך בכוח שקול הפועל על הגוף ואשר שונה מאפס.

פתרון שאלה מס' 3 , התשובה הנכונה היא א'

אכן בתנאי השאלה, ההבדל היחיד בין שתי המערכות הוא התנגדות האוויר. כוח התנגדות האוויר הפועל על דפנה, אף כי הוא קטן במהירות בה דפנה רצה, הוא גדול יותר מכוח התנגדות האוויר אשר פועל על אושרי (כוח זה אינו אפס כי אושרי מניעה את רגליה וידיה אף כי אינה מתקדמת ביחס לאוויר). לכן דפנה צריכה להפעיל מעט יותר כוח מאושרי בשל גורם זה.

במציאות, משטח אידאלי לא קיים עבור אדם הרץ בחוץ. המסלול מכיל עיקולים, עליות, ירידות פני שטח לא אחידים מכשולים קטנים שיש לעקוף ועוד. כל אלה גורמים לכך שהריצה בחוץ דורשת יותר מאמץ מריצה על מתקן הנמצא בבית.

פתרון שאלה מס' 4 , התשובה הנכונה היא ג'

למשקולת תאוצה משיקית (בכוון התנועה) לה תורם רכיב של כוח הכובד, ובנוסף, תאוצה נורמלית המכוונת אל מרכז העקמומיות (מרכז המעגל בו המשקולת נעה). ברגע ההתחלת התאוצה הנורמלית תלויה במהירות המשקולת וברדיוס התנועה המעגלית (אורך החוט).

ברגע שחרור המשקולת, רכיב y של תאוצת המשקולת הוא

g (חיובי כי g מכוון מטה) אולם כאשר המשקולת

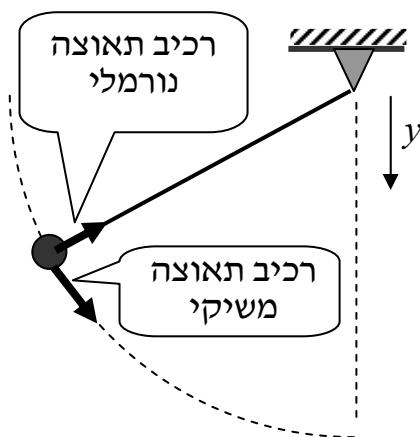
בתחתית המסלול, תאוצתה מכוונת אל מרכז העקמומיות,

דהיינו בכוון מעלה. לפיכך בתחתית המסלול רכיב y של

תאוצת המשקולת הוא שלילי. המעבר מערך חיובי לערך

שלילי מחייב מעבר דרך הערך אפס הואיל ולאחר שחרור

המשקולת, התאוצה שלה משתנה באופן רציף.



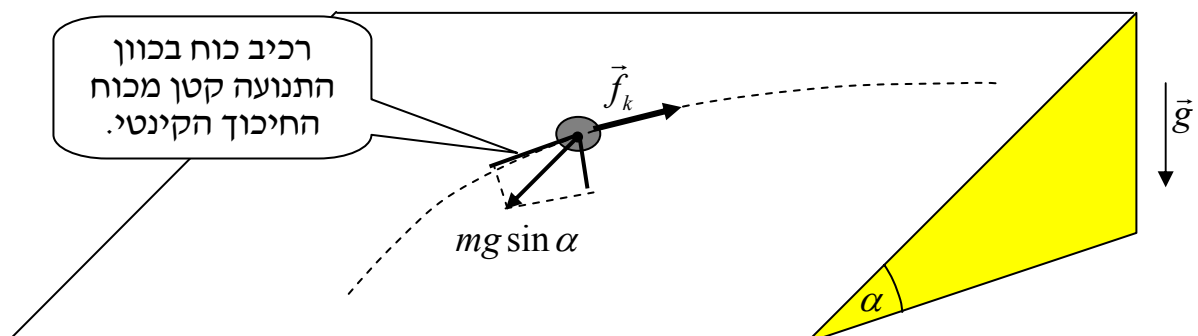
פתרון שאלה מס' 5 , התשובה הנכונה היא ג'

לפני שהקנו מהירות לדסקה, היא הייתה במנוחה. רכיב כוח הכובד הפועל לכוון תחתית המדרון מתאזן ע"י החיכוך הסטטי. מכאן כוח החיכוך הסטטי המכסימלי גדול או שווה לרכיב כוח

הכובד המכוון לעבר תחתית המדרון (בניסוח מתמטי: $mg \sin \alpha = f_s \leq \mu N$). הדבר נכון במהלך

התנועה, הרכיב של כוח הכובד $mg \sin \alpha$ קטן מהחיכוך הקינטי, ולכן רכיב שלו בכוון מסלול

התנועה קטן מכוח החיכוך הקינטי (כמוראה בתרשים). מכאן מהירות הדסקה קטנה בזמן.



פתרון שאלה מס' 6 , התשובה הנכונה היא ב'

במידה ועל המסוע היו מניחים תיבה, החיכוך היה קינטי ותאוצת התיבה היתה $0.3g$.
($f_k = \mu N = \mu_k mg = ma \Rightarrow a = \mu_k g = 0.3g$) כאשר m היא מסת הטרקטורון).
אולם טרקטורון מאפשר באמצעות סיבוב הגלגלים ע"י המנוע לנוע על המסוע ללא החלקה כאשר החיכוך הפועל עליו הוא חיכוך סטטי. ברור כי האצת המסוע מתבצעת ע"י כוח החיכוך, וחיכוך סטטי מוגבל לתחום $-\mu N \leq f_s \leq \mu N$ ולכן התאוצה מוגבלת לתחום $-0.3g \leq a \leq 0.3g$.
תוצאה זו מהווה תנאי הכרחי, דהיינו, התאוצה לא יכולה לקבל ערך מחוץ לתחום זה. השאלה היא האם תנאי זה הוא גם מספיק. האם הטרקטורון יכול לנוע בכל תאוצה בתחום הנ"ל.
הטרקטורון באמצעות דוושת ההאצה, יכול להאיץ את הטרקטורון קדימה או אחורה ולהפעיל כוח על המסוע אשר יקבל כל ערך בתחום $-\mu N \leq f_s \leq \mu N$ (בהנחה כי אין למנוע בעיה לפתח את התאוצה הנדרשת).

נוח יותר לנתח את הבעיה מנקודת ראות של המסוע. על הטרקטורון במערכת זו פועל כוח $-0.4mg$. הטרקטורון יכול להאיץ בכוון הכוח או להאיץ בכוון המנוגד לכוח כאשר המגבלה היא כוח החיכוך הסטטי, וכל ערך של חיכוך סטטי בתחום $-\mu N \leq f_s \leq \mu N$ אפשרי. ולכן כל במערכת המעבדה כל ערך של התאוצה בתחום $-0.3g \leq a \leq 0.3g$ הוא אפשרי.

פתרון שאלה מס' 7 , התשובה הנכונה היא ב'

משיקולי יחידות, ניתן לחשב בעזרת הנתונים גדלים בעלי יחידות של תאוצה או גודל חסר יחידות. מכאן אפשרויות א' ו- ג' נפסלות.

כדי להראות כי ניתן לחשב את מקדם החיכוך הקינטי נחשב את הכוח הנורמלי בכל אחד מהמצבים. מסיכום כוחות בכוון המאונך נקבל: $N_A = F - mg$ ו- $N_B = F + mg$
לכן מהחוק השני של ניוטון נקבל:

$$-\mu(F - mg) = ma_A$$

$$-\mu(F + mg) = ma_B$$

מחיסור המשוואות הכוח F מתבטל והמסה m מצטמצמת, לכן מקדם החיכוך μ ניתן לחישוב.

פתרון שאלה מס' 8 , התשובה הנכונה היא ד'

כל חלק של החבל נמצא בשווי משקל, לכן סכום הכוחות בכוון האופקי הפועלים על קטע כלשהו של החבל הוא אפס. הכוח האופקי הפועל על קטע של חבל מתקבל מהרכיבים האופקיים של מתיחות החבל בקצות הקטע. יוצא מכאן כי T_x הרכיב האופקי של מתיחות החבל אחידה לאורך כל החבל.

כדאי לשים לב כי לא ניתן להסיק מסקנה דומה עבור הרכיב האנכי מאחר ולא רק מתיחות החבל תורמת לרכיב האנכי אלא גם כוח הכובד הפועל על קטע החבל.

פתרון שאלה מס' 9 , התשובה הנכונה היא ד'

כדי שהתנועה תהיה מחזורית, חובה כי בכל נקודה על מסלול התנועה של הגוף, המהירות תקבל ערך חיובי וגם ערך שלילי (הלוך ושוב). רק לתרשים ד' יש את התכונה הנ"ל.

פתרון שאלה מס' 10 , התשובה הנכונה היא ב'

במהלך תנועת הכדור, נפרק את ווקטור מהירות הכדור לשני רכיבים, האחד בכוון השמש והשני ניצב לכוון השמש. רק הרכיב הניצב לכוון השמש יתרום למהירות הצל. אותו טיעון נוכל להכיל על התאוצה של הכדור. רק רכיב התאוצה הניצב לכוון השמש יתרום לתאוצת הצל. הואיל ותאוצת הכדור קבועה, גם הרכיב של התאוצה בכוון הניצב לכוון השמש אף הוא קבוע ולכן תאוצת הצל קבועה. מכאן הגרף של מהירות הצל הוא קו ישר. בנתוני הבעיה נקבל כי תאוצת הצל היא g (מאחר והשמש נמצאת בזווית 45° מעל האופק) ומהירותו ההתחלתית היא אפס.

פתרון שאלה מס' 11 , התשובה הנכונה היא ג'

כאשר החוט נמתח, המהירות של המשקולות משתנה (בתנועה בממד אחד המהירות היחסית צריכה להתאפס). הואיל והחוט לא יכול להתארך, שינוי המהירות צריך להתרחש באפס זמן. רק כוח אינסופי יכול לשנות מהירות באפס זמן. הואיל והחוט אינו מסוגל לספק כוח אינסופי הוא ייקרע ללא תלות בגודל המשקולות אשר מחברים אל קצותיו. המסקנה המתקבלת: כדי שחוט לא ייקרע בעת מתיחתו הוא חייב להתארך במידה מסוימת.

פתרון שאלה מס' 12 , התשובה הנכונה היא א'

מאחר ולא קיים חיכוך בין הכדורים במהלך ההתנגשות, הכוח הפועל על הכדורים מאונך למשטח המגע ביניהם, דהיינו בכיוון הישר המחבר את מרכזיהם.



כידוע, מרכזי שני כדורים משיקים ונקודת ההשקה נמצאים על ישר אחד. לכן פגיעה של כדור B בנקודה P מבטיחה כי כוון הכוח על כדור A יכוון מנקודה P אל מרכז כדור A. מכאן פגיעה של כדור B בנקודה P מהווה תנאי מספיק שכדור A ייכנס לפתח שבקצה השולחן. הערה, במציאות, החיכוך בין הכדורים לבין עצמם וכן בין הכדורים למשטח אינו לגמרי זניח, עובדה ההופכת את המשחק למורכב יותר.

פתרון שאלה מס' 13 , התשובה הנכונה היא ב'

מהירות סיבוב התקליט בזמן ההקלטה ובזמן ההשמעה שווה. לפיכך במהלך סיבוב אחד של התקליט, זמן ההקלטה הוא בדיוק זמן סבוב של התקליט, בין אם האינפורמציה נרשמת קרוב לקצה התקליט או קרוב למרכזו. ברור מכאן כי צפיפות האינפורמציה גדולה יותר כאשר קרובים למרכז התקליט. רוחב "הרצועה" עליה מוקלט שיר בתקליט יחסי למספר הסיבובים אותו ביצע התקליט בזמן הקלטת השיר. מספר זה אינו תלוי במיקום רישום האינפורמציה על גבי התקליט. לפיכך רוחב "הרצועה" עליה מוקלט שיר תלוי בזמן ההקלטה של השיר ולא במיקום רישומו על התקליט.

פתרון שאלה מס' 14 , התשובה הנכונה היא ג'

מעיון בתרשים ניתן להסיק את המסקנות הבאות:

כאשר המוט יורד גובה h , הגלגלת עולה באותו גובה h .

כאשר הגלגלת עולה גובה h , הכדור הקטן עולה גובה $2h$ כי אורך החוט קבוע.

מכאן, כאשר קצהו העליון של המוט יורד גובה h הכדור עולה גובה $2h$.

כאשר הקצה העליון של המוט נמצא מול הכדור, h יקיים את המשוואה: $h + 2h = L$

$$\text{ולכן } h = \frac{1}{3}L$$

פתרון שאלה מס' 15 , התשובה הנכונה היא ב'

נסמן ב- P_1 את הנקודה על החישוק במצב ההתחלתי. כאשר החישוק ישלים סיבוב סביב הילד,

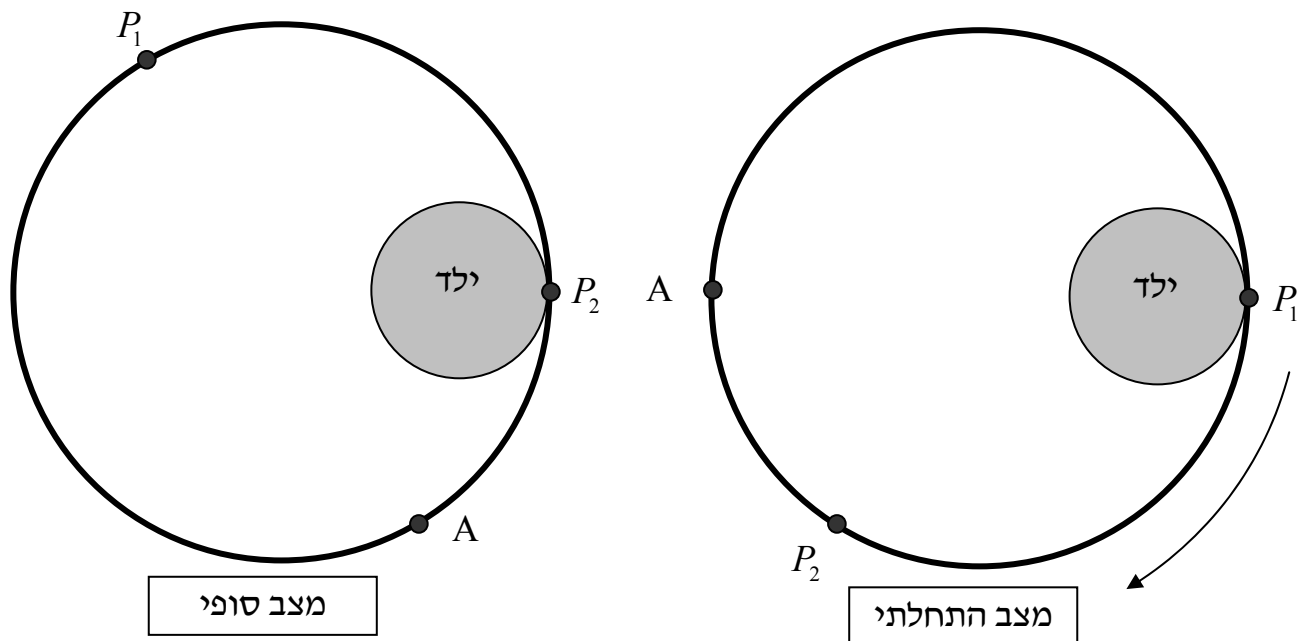
הנקודה P_1 לא תשמש נקודת השקה בין החישוק למותניים אלא נקודה אחרת על החישוק

שנסמנה ב- P_2 . אורך הקשת בין P_1 ל- P_2 שווה להיקף מותניו של הילד ומכאן לשליש מהיקף

החישוק. הואיל ונקודות P_1 , P_2 ו- A הן נקודות מסומנות על החישוק, מיקומן היחסי נשמר

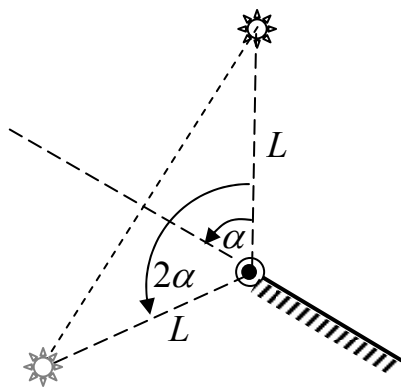
בזמן תנועת החישוק. כאשר הנקודה P_2 תשמש נקודת השקה עם מותני הילד, המיקום של

נקודות P_1 ו- A יהיה כמראה בתרשים המיוצג כמצב סופי. כל אחת מהנקודות P_1, P_2 ו- A הסתובבו סביב מרכז החישוק שני שליש של סיבוב.



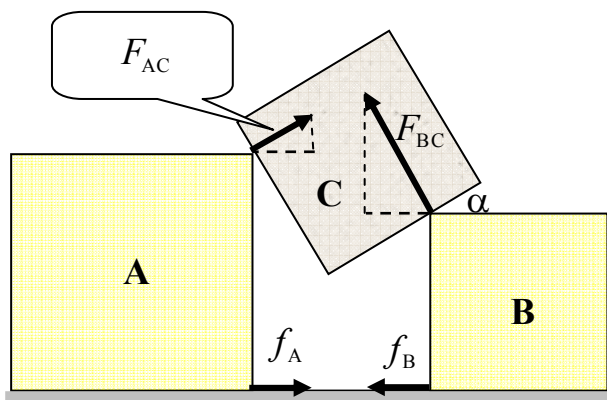
פתרון שאלה מס' 16 , התשובה הנכונה היא ד'

הדמות של נורה מתקבלת בנקודה הסימטרית ביחס למראה (פעולת שיקוף), מרחק הדמות מהמראה שווה למרחק הנורה מהמראה. לפיכך גם מרחק הדמות מציר הסיבוב של המראה שווה למרחק של הנורה מהציר (כל נקודה על המראה נמצאת על האנך האמצעי שבין הנורה לדמות ולכן נמצאת במרחקים שווים מהנורה והדמות). לפיכך, כאשר המראה מסתובבת סביב הציר, אף הדמות מסתובבת סביבו ובאותו הרדיוס. יתרה מזו, זווית הסיבוב של הדמות כפולה מזווית הסיבוב של המראה. לכן, כאשר המראה מסתובבת חצי סיבוב, הדמות מסתובבת סיבוב שלם ולכן אורך הדרך אותה עוברת הדמות היא $2\pi L$.



פתרון שאלה מס' 17 , התשובה הנכונה היא ג'

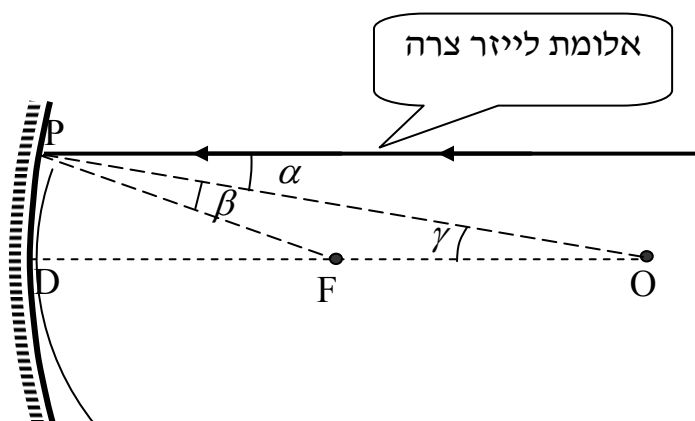
נעיין תחילה בשלושת הקוביות כגוף אחד. הכוח האופקי שהרצפה מפעילה על "גוף" זה הוא אפס כי המערכת בשווי משקל. לכן כוחות החיכוך שהרצפה מפעילה על הקוביות A ו- B שווים בגודלם ומנוגדים בכיונם ומכאן $f_A = f_B$.



הכוח האופקי הפועל על הקובייה C אף שווה אפס, כוחות אופקיים על C מופעלים על ידי הקוביות A ו- B בלבד. מאחר והחיכוך זניח, הכוחות המופעלים על קוביות A ו- B מאונכים

בהתאמה לדפנות של קובייה C עליהן הם פועלים. מחישוב הכוחות האופקיים נקבל כי: $F_{BC} \sin 30^\circ = F_{AC} \cos 30^\circ$. הואיל ו- $\cos 30^\circ > \sin 30^\circ$ נקבל $F_{AC} < F_{BC}$.

פתרון שאלה מס' 18 , התשובה הנכונה היא א'



נסמן ב-P את נקודת הפגיעה של אלומת האור במראה. זווית הפגיעה של אלומת האור היא הזווית הנוצרת עם הרדיוס ומסומנת ב- α . הקטע FD קטן מהקטע FP כי אם נשרטט מעגל ברדיוס FD הוא ישיק למעגל שמרכזו O מבפנים.

מאחר ו- $FO = FD$ נקבל $FP > FO$ ולכן $\gamma > \beta$ (מול צלע גדולה יותר במשולש נמצאת זווית גדולה יותר) הואיל ו- $\gamma = \alpha$ (מתחלפות) נקבל כי $\alpha > \beta$ ולכן מאחר וזווית פגיעה שווה לזווית החזרה, האלומה המוחזרת תחתוך את הקטע DF.

קל להראות כי ככל שהזווית α קטנה יותר, נקודת החיתוך קרובה יותר ל-F ועבור זווית מספיק קטנות נקודת החיתוך היא בקירוב F. לפיכך הטענה כי אלומות מקבילות לציר של מראה מתמקדות בנקודה הנקראת מוקד, נכונה רק בקירוב.

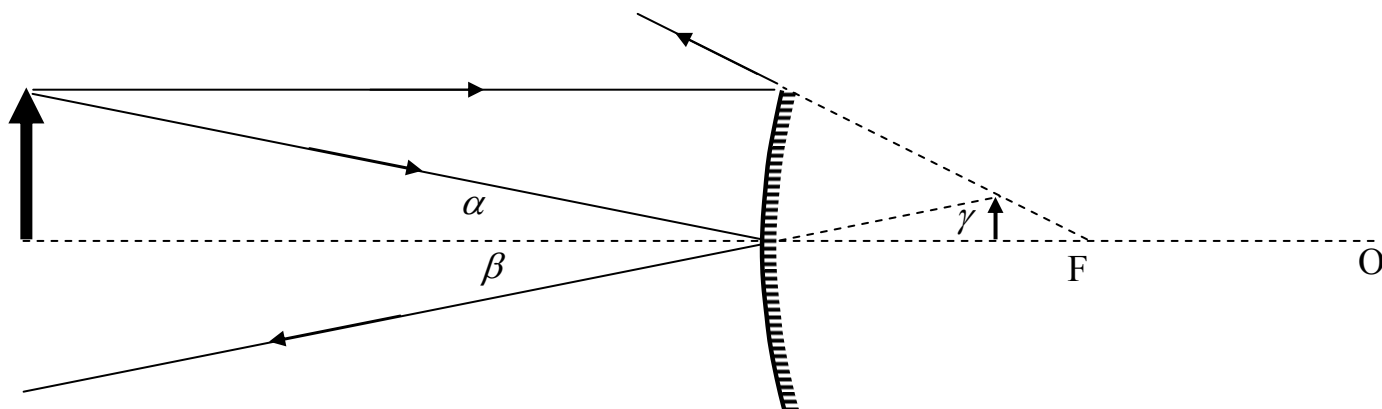
פתרון שאלה מס' 19 , התשובה הנכונה היא ב'

בתחילת המשיכה הקפיץ כמעט ואינו מתארך לכן הכוח הדרוש להארכתו הוא קטן. כאשר הערך x גדול משמעותית מהאורך הרפוי, ההתנהגות דומה למתיחה של קפיץ לאורכו, הפונקציה בגבול זה תשאף לקו ישר. שתי תכונות אלה מתקיימות עבור הגרף המתואר בתרשים ב'. פתרון מדויק של הכוח שיש להשקיע כאשר L הוא אורך הקפיץ ו- L_0 אורכו הרפוי הוא:

$$F = k(L - L_0) = k(\sqrt{x^2 + L_0^2} - L_0)$$

פתרון שאלה מס' 20 , התשובה הנכונה היא ד'

התרשים מתאר מהלך אלומות אור ויצירת דמות מדומה במראה קמורה. מרכז הירח נמצא על הציר האופטי של המראה (פני כדור הארץ) הזווית α היא מחצית זווית הראיה של הירח (הזווית בין הקו למרכז הירח לקו אל שפת הירח). הזווית β היא זווית החזרה ומחוק ההחזרה נקבל $\alpha = \beta$. כמו כן $\beta = \gamma$ קודקודיות. מכאן $\alpha = \gamma$. אולם γ היא מחצית הזווית בה רואים את הדמות של הירח. מכאן הזווית בה רואים את הדמות שווה לזווית בה רואים את הירח. הערה: נקודת המבט סמוכה מאוד למראה (פני המים). בד"כ כאשר מביטים במראה קמורה, נקודת המבט מרוחקת מפני המראה ולכן הדמות נראית מוקטנת.



פתרון שאלה מס' 21 , התשובה הנכונה היא א'

כאשר אור פוגע ברשת מצד A לצד B, חלקו עובר דרכה (חלקו נבלע וחלקו מוחזר). אותו החלק יעבור כאשר הכוון של האור הוא מ-B ל-A.
בבעיה שהוצגה, כאשר דני מביט לחלונה של דפנה, בשל תאורת היום הרבה, אור השמש המוחזר מהרשת גדול בעוצמתו מהאור המגיע מחדרה של דפנה. אור זה מוריד באופן משמעותי את הניגודיות של התמונה. דפנה לעומת זאת נמצאת בחדר שתאורת נמוכה. כשהיא מביטה החוצה דרך הרשת, האור המוחזר מהרשת קטן (או לפחות אינו גדול) מהאור המגיע מחדרו של דני, לפיכך הניגודיות במקרה זה טובה יותר ומבחינים בתמונה.
בשעת הלילה, כאשר התאורה בחדרה של דפנה פועלת ומחוץ לחדר התאורה מאוד נמוכה, דפנה לא תראה את המתרחש בחוץ כי עוצמת האור המוחזר מהרשת משמעותית גדולה יותר, בעוד דני אשר יביט לחדרה של דפנה יוכל לראות אותה. חוסר הסימטריה נובעת מהתאורה.

פתרון שאלה מס' 22 , התשובה הנכונה היא ד'

כאשר אדם יורד במדרגות הוא משקיע אנרגיה מעבר לאנרגיית הגובה ההופכת לחום. דהיינו בירידה במדרגות, הגוף משחרר אנרגיית חום (משריפת דלקים) שהיא גדולה מאנרגיית הגובה ממנו הוא ירד. מכאן אנרגיית החום המשתחררת בגוף בירידה גדולה מ- Mgh .
בזמן העליה הגוף משקיע אנרגיה. חלק מהאנרגיה המושקעת מנוצל להעלאת הגוף לגובה h (דהיינו לאנרגיה פוטנציאלית של גובה) והיתרה משתחררת כחום עליה בגוף.
חום שמשחרר בעליה $+ Mgh =$ העבודה המושקעת בעליה.
הואיל ונתון כי החום בעליה גדול מהחום בירידה וזה האחרון גדול מ- Mgh נקבל כי $Mgh + Mgh = 2Mgh >$ עבודה מושקעת בעליה.
דהיינו $2Mgh >$ עבודה מושקעת בעליה.
בפועל משקיעים אף יותר מ- $4Mgh$ לשם טיפוס לגובה h .