

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים

האולימפיאדה הארצית ה- 22 לפיזיקה תשע"א – תשע"ב ©

אנו שמחים על השתתפותכם בשלב א' של האולימפיאדה הארצית ה- 22 לפיזיקה.

האולימפיאדה הארצית ה- 22 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. |
| ד"ר אריאל אמיר | - | מכון ויצמן למדע רחובות. |
| מר דני גלאובך | - | ביה"ס הריאלי חיפה, הטכניון, 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

© 2011

פתרון שאלה מס' 1 , התשובה הנכונה היא ב'

במערכת המעלית התאוצה האפקטיבית של כוח הכובד תלויה בתאוצת המעלית, ומכאן כוח הכובד האפקטיבי אותו ימדוד צופה במעלית תלוי בתאוצת המעלית. התארכות הקפיץ מושפעת מכוח הכובד האפקטיבי ובשווי משקל, כוח הקפיץ מאזן את כוח הכובד. מצד שני, עבור המאזניים, הכוחות הפועלים על הזרועות בשני הצדדים יחסיים לתאוצת הכובד. במצב של מאזניים מאוזנות, שינוי תאוצת הכובד לא תפר את האיוון מאחר והשינוי מתבצע בשני צידי המאזניים.

פתרון שאלה מס' 2 , התשובה הנכונה היא ד'

הצופה הנע במהירות $0.5V_0$ השווה לרכיב האנכי של המהירות ההתחלתית של האבן, רואה למעשה זריקה אופקית. בזריקה אופקית ובהעדר התנגדות אוויר, מהירות הגוף הנזרק גדלה בזמן (מלבד ברגע ההתחלתי בו המהירות לא גדלה כי התאוצה מאונכת למהירות). מכאן, להוציא את הרגע ההתחלתי, האנרגיה הקינטית גדלה בזמן.

פתרון שאלה מס' 3 , התשובה הנכונה היא ד'

שתי מערכות הנעות במהירות קבועה האחת ביחס לשנייה מודדים אותם כוחות ומכאן גם אותן תאוצות. שתי מערכות הנעות אחת ביחס לשנייה לא ימדדו אותן מהירויות. בתחתית המסלול בניסוי I לפי צופה מחוץ לקרון, מהירות התיבה קטנה יותר והרדיוס הרגעי של במסלול קטן יותר

$$\text{אולם התאוצה המאונכת למסלול נותרת ללא שינוי} \quad \frac{V^2}{R} = \frac{V_I^2}{R_I} = \frac{V_{II}^2}{R_{II}}$$

פתרון שאלה מס' 4 , התשובה הנכונה היא א'

מאחר והכדורים זהים בגודלם ומהירותם שווה, כוח התנגדות האוויר הפועל על כדור אחד, שווה לכוח ההתנגדות הפועל על הכדור השני.

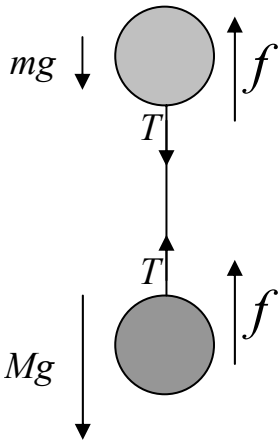
מאחר ומהירויות הכדורים קבועה בזמן, שקול הכוחות הפועל על כל אחד מהכדורים הוא אפס. מכאן:

$$Mg - T - f = 0$$

$$mg + T - f = 0$$

$$\text{מחיסור המשוואות נקבל} \quad (M - m)g - 2T = 0$$

$$\text{ומכאן} \quad T = \frac{(M - m)}{2}g$$



פתרון שאלה מס' 5 , התשובה הנכונה היא ב'

אפשרות א' תתכן. כוח החיכוך הקינטי בין שתי התיבות אין בכוחו להתגבר על החיכוך הסטטי בין תיבה A לשולחן. הגדלת הכוח החיצוני מ- F_1 ל- F_2 לא תשפיע על החיכוך הקינטי בין שתי התיבות ולכן תשאר במנוחה.

ההסבר הנ"ל מבהיר מדוע אפשרות ב' לא תתכן.

אפשרות ג' תתכן. קיים תחום של הכוח החיצוני עבורו התיבות ינועו יחדיו. כדי שהתיבות ינועו יחדיו, מקדמי החיכוך בין התיבות לבין עצמן או בין תיבה A לשולחן צריכים לקיים תנאים מסוימים. לדוגמה אם החיכוך בין תיבה A לשולחן זניח, התיבות ינועו לחדיו עבור כוח חיצוני מספיק קטן. כאשר התיבות נעות יחד, הן עשויות לנוע יחדיו עבור תחום מסוים של הכוח החיצוני. לכן אם F_1 ו- F_2 נמצאים באותו תחום, אפשרות ג' מתקיימת. אולם אם נגדיל את הכוח החיצוני לערכים מאוד גבוהים, אין בכוחו של כוח החיכוך הסטטי בין התיבות להאיץ את התיבה A בכל תאוצה ולכן החל מכוח מינימלי מסוים תהיה החלקה בין התיבות והתיבות לא ינועו יחדיו. מכאן אפשרות ד' תתכן.

פתרון שאלה מס' 6 , התשובה הנכונה היא ג'

כוח החיכוך הקינטי לא תלוי במהירות. לפיכך, הפסד האנרגיה הקינטית בסיבוב שלם הוא קבוע. אם ΔE הוא הפסד האנרגיה בסיבוב, להשלמת שני סיבובים יש להקנות לדסקה אנרגיה

$$E_{k2} = E_{k1} + \Delta E \quad \text{באופן דומה} \quad E_{k(n+1)} = E_{kn} + \Delta E \quad \text{דהיינו:} \quad E_{k3} - E_{k2} = E_{k2} - E_{k1}$$

$$\text{ומכאן} \quad E_{k2} = \frac{E_{k3} + E_{k1}}{2}$$

פתרון שאלה מס' 7 , התשובה הנכונה היא ב'

כל עוד תאוצת הגוף אינה משנה סימן, מהירות הגוף גדלה בזמן. בתחום $0 < t < 2s$ מהירות הגוף גדלה בזמן ומגיעה לערך המרבי ברגע $t = 2s$. לאחר רגע זה התאוצה משנה סימן והמהירות קטנה.

הערה: השטח מתחת לגרף התאוצה מייצג את השינוי במהירות. מכאן נקבל כי ברגע $t = 4s$ מהירות הגוף תחזור לערך אפס.

פתרון שאלה מס' 8 , התשובה הנכונה היא ג'

כוח הכובד הפעל על המשקולת יחסי למסת המשקולת. כוח החיכוך הפועל על תיבה A יחסי למסת התיבה A וכוח החיכוך על תיבה B יחסי למסתה. יוצא מכאן כי התאוצה של המערכת אינה תלויה במסות עצמן אלא ביחס בין המסות דהיינו אם נכפיל כל אחת מהמסות בגורם קבוע, התאוצה לא תשתנה. הדברים נכונים גם עבור תאוצה אפס. אם נכפיל כל אחת מהמסות פי 3 תאוצת המערכת תשאר אפס. המתואר באפשרות ג' הוא למעשה הכפלה של כל מסה פי 3 ולכן המערכת לאחר הגדלת כל מסה פי 3 תנוע במהירות קבועה. מאחר ומקדמי החיכוך בין התיבות והשולחן שונים, העברה של מסה מתיבה לתיבה תשנה את כוח החיכוך הכולל הפועל על המערכת. כל אחת מאפשרויות א' או ב' ניתן לקבל מאפשרות ג' ע"י העברת מסה מתיבה לתיבה. אולם העברה זו תשנה את כוח החיכוך הכולל ומכאן את התאוצה. לכן אפשרות ג' היא האפשרות היחידה הנכונה.

פתרון שאלה מס' 9 , התשובה הנכונה היא ד'

זמן רב לאחר חדירת הקליע, התיבות והקליע נעים באותה המהירות. מאחר ולא קיים חיכוך בין התיבה התחתונה והרצפה, התנע במערכת נשמר. לפיכך, זמן רב לאחר חדירת הקליע המהירות של המערכת בשלושת הניסויים שווה.

פתרון שאלה מס' 10 , התשובה הנכונה היא ג'

לאחר קריעת החוט המחבר את משקולות III ו-IV משקולת III לא תמצא בשווי משקל ותואץ. יחד עם זאת, בינוי מהירות ומיקום דורשים זמן (שינוי תאוצה אינו דורש זמן, דהיינו בעוד מהירות חייבת להיות גודל רציף, תאוצה יכולה להיות לא רציפה). הואיל ונדרש זמן לשינוי מיקום משקולת III, השינוי בהתארכות הקפיץ המחבר בין משקולות III ו-II אף הוא דורש זמן ולכן מיד לאחר חיתוך החוט התארכותו לא משתנה כך שאין השפעה על משקולות II ו-I ותאוצתן הרגעית מיד לאחר חיתוך החוט היא אפס.

פתרון שאלה מס' 11 , התשובה הנכונה היא ד'

נניח לרגע כי הירח, מאדים והשמש נמצאים בקירוב על ישר אחד ובאותו צד של השמש. במצב זה צופה על מאדים רואה את מולד הירח. לאחר שנה, הירח השלים הקפה סביב השמש ומאדים חצי הקפה. במצב זה צופה על מאדים רואה ירח מלא (אמצע ה"חודש"). לאחר שנתיים שוב נחזור למצב של מולד הירח.

תדירות מחזוריות הפאזות של הירח תלויה בהפרש תדירויות הסיבוב של הארץ ומאדים. אם תדירות הארץ היא 1 תדירות מאדים היא 0.5 וההפרש הוא 0.5 ולכן זמן המחזור הוא שנתיים (שווה לזמן המחזור של מאדים). צדק מקיף את השמש ב-12 שנה בקירוב. אם נצפה בכדור

הארץ מאחד הירחים של צדק, ההפרש בתדירויות במקרה זה הוא $1 - \frac{1}{12} = \frac{11}{12}$ ולכן המחזוריות

במופעים של כדור"א כפי שנצפים מאחד מירחי צדק היא $\frac{12}{11}$ שנים, דהיינו שנה וחודש בקירוב.

בניסוי השני התארכות כל אחד מהקפיצים שווה להתארכות הקפיץ בניסוי הראשון, הואיל והכוח שהופעל שווה בשני הניסויים. מכאן האנרגיה האלסטית האגורה בשני הקפיצים כפולה מהאנרגיה האגורה בקפיץ אחד. אנרגיה זו הופכת לחום כתוצאה מעבודת כוח החיכוך. מאחר ועבודת כוח החיכוך יחסית לדרך. הכפלת האנרגיה מחייבת הכפלת הדרך.

ניתן כמובן להגיע לאותה תוצאה תוך שימוש בנוסחאות של קבוע קפיצים המחוברים בטור ואנרגיה האגורה בקפיץ.

בעוד שקוי רוחב הם מקבילים, קווי אורך אינם מקבילים והמרחק ביניהם (לאורך קו רוחב) גטן ככל שמתרחקים מקו המשווה. התקדמות 100 ק"מ דרומה (לאורך קו אורך) ואח"כ 100 ק"מ מזרחה (לאורך קו רוחב), מעבירה אותנו לקו אורך אחר. התקדמות צפונה (לאורך קו האורך החדש) תחזיר אותנו לקו המשווה, אולם הואיל והמרחק בין קוי האורך גדל כשמתקרבים לקו המשווה, המרחק בין שני קווי האורך בקו המשווה גדול מ- 100 ק"מ. לפיכך, תנועה מערבה של 100 ק"מ לא די בה להחזירנו אל קו האורך הקודם. אלא לנקודה הנמצאת מזרחה ממנו.

הואיל והמשקולת נעה בתנועה מעגלית במהירות קבועה, הכוח השקול הפועל עליה מכוון אל מרכז המעגל וגודלו $M\omega^2 R$ היכן ש- M מסת המשקולת, ω מהירותה הזוויתית ו- R רדיוס המעגל. בנקודה A העליונה נתון גודל הכוח שהמוט מפעיל על המשקולת. לא נתון כוונתו. כוונתו יכול להיות מעלה או מטה (הכוח השקול מכוון מטה וכן גם כוח הכובד).

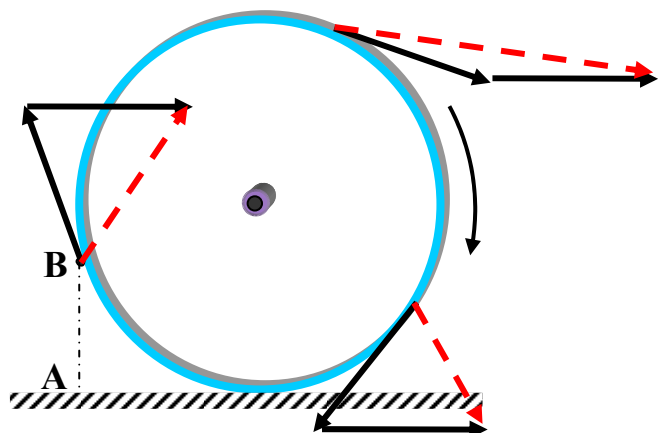
כאשר המוט מפעיל על המשקולת כוח מעלה נקבל: $Mg - 0.5Mg = M\omega^2 R$

מכאן קיימות שתי אפשרויות לכוך השקול: $M\omega^2 R = 0.5Mg$ או $M\omega^2 R = 1.5Mg$

$F = Mg + M\omega^2 R$ או $F - Mg = M\omega^2 R$ נציב את שתי האפשרויות של $M\omega^2 R$

נקבל $F = 1.5Mg$ או $F = 2.5Mg$.

כאשר גלגל מתגלגל על כביש ללא החלקה, מהירות נקודה על היקף הגלגל ביחס למרכז הגלגל שווה למהירות מרכז הגלגל ביחס לכביש. מסקנה זו נובעת מכך שמהירות נקודת המגע של הגלגל בכביש. ביחס לכביש היא אפס.



כדי לקבל את מהירות נקודה על הגלגל ביחס לכביש, יש לחבר את וקטור המהירות של נקודה ביחס למרכז הגלגל עם וקטור המהירות של מרכז הגלגל ביחס לכביש (מהירות הנקודה ביחס לכביש מיוצגת בקו מקווקו בתרשים). כפי שציינו הגדלים של שני וקטורים אלה שווים אולם מהירות מרכז הגלגל תמיד ימינה בעוד הוקטור השני משנה את כוונה בהתאם למיקום הנקודה על הגלגל. רק רכיב שלו פונה ימינה. הואיל ולעולם החלק אינו גדול מהשלם, נקבל כי לוקטור המהירות של הנקודה ביחס לכביש,

יש רכיב ימינה ולכן גוש הבוץ תמיד יפגע ימינה (ביחס לכביש) מנקודת הניתוק או ימינה מהנקודה A.

פתרון שאלה מס' 16 , התשובה הנכונה היא ב'

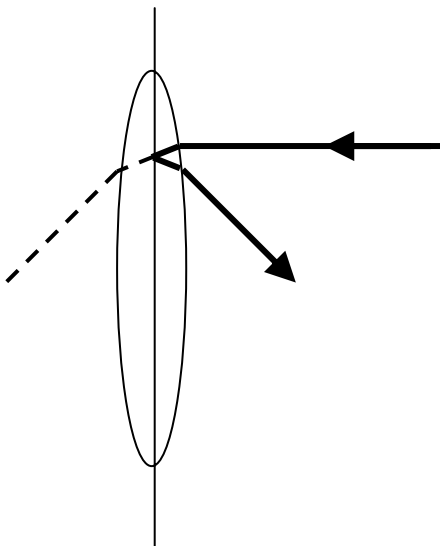
תחילה הגוף שנזרק מתקרב לגוף השני אולם מהירות ההתקרבות קטנה עד לאפס. מכאן שיפוע הגרף (המייצג את מהירות ההתקרבות) קטן בזמן עד לרגע בו שוחרר הגוף השני. מסקנה זו פוסלת את אפשרויות ג' ו- ד'. מרגע שחרור הגוף השני ועד לפגיעת הגוף הראשון בקרקע, מהירות הגופים שווה כי שני הדופים החלו ממהירות אפס ותאוצתם תאוצת הכובד. לאחר פגיעת הגוף הראשון בקרקע. הגוף השני מתקרב אליו במהירות ההולכת וגדלה, לכן שיפוע הגרף גדל בזמן. מסקנה זו פוסלת את אפשרות א' ואנו נותרים עם אפשרות ב'.

פתרון שאלה מס' 17 , התשובה הנכונה היא ג'

זמן חציית הנהר תלוי ברוחב הנהר וברכיב בכיוון צפון בהלוך (או דרום בחזור) של מהירות הסירה. רכיב זה אינו מושפע ממהירות המים בנהר (הם נעים מזרחה). הואיל ומהירות זרם הנהר קבועה. מרחק הסחיפה בחציה של הנהר מצד לצד, שווה למכפלה של מהירות זרם המים בזמן הדרוש לסירה לשוט מגדה אחת לאחרת. הואיל וזמן זה קבוע, נקבל כי מרחק הסחיפה הוא קבוע. הסירה נסחפה מזרחה מרחק S בהלוך וכן המשיכה להסחף מזרחה עוד מרחק S בחזור. סה"כ הסירה נסחפה מרחק 2S מנקודת המוצא.

פתרון שאלה מס' 18 , התשובה הנכונה היא א'

לכל עצם ממשי, מראה קמורה יוצרת דמות מדומה. לפיכך הדמות B מדומה. הדיון ביחס לדמות C הוא מורכב יותר. כאשר מצמידים עדשה מרכזת בעלת משטח מישורי



למראה מישורית, מתקבלת הדמות של העדשה במראה. עם נעין בטוואי של מהלך האלומה, נראה כי מסלול הטוואי הוא כמסלול אלומה העוברת דרך שתי עדשות צמודות ולפיכך מרחק המוקד של עדשות אלה הוא מחצית ממרחק המוקד של העדשה המקורית. לפיכך, אם נוצרת דמות ממשית בעדשה המקורית, היא תהיה בוודאי ממשית בעדשה בעלת מרחק מוקד קטן יותר.

המסקנה היא כי אוסף אלומות אור המגיעות ממקור, ישברו בעדשה, יוחזרו מהמשטח המישורי וישברו שוב במשטח הכדורי. לאחר שבירה, החזרה ושבירה האלומות ייפגשו, זאת מאחר ודמות מסלוליהן במראה נחתכות. מכאן הדמות C היא ממשית.

פתרון שאלה מס' 19 , התשובה הנכונה היא א'

אם עטלף משגר שני פולסים סמוכים במרווח של עשירית שניה מאותה נקודה, שני הפולסים יעברו אותו מרחק עד לבטמן, זמן המעוף שלהם שווה ולכן הם יגיעו לבטמן במרווח של עשירית שניה. אם לאחר שליחת הפולס הראשון, העטלף התקרב אל בטמן מרחק מסוים, הפולס השני יצטרך לעבור מרחק קטן יותר ולכן הזמן בין הגעת שני הפולסים יתקצר. אם לעומת זאת העטלף ישלח את הפולס השני ממרחק גדול יותר (הוא יתרחק מבטמן) הזמן בין שני הפולסים יתארך. בבעיה שלנו, עטלף א' קיצר את המרחק ועטלף ב' לא שינה את המרחק, לכן הזמן יתקצר עבור עטלף א' ולא ישתנה עבור עטלף ב'.

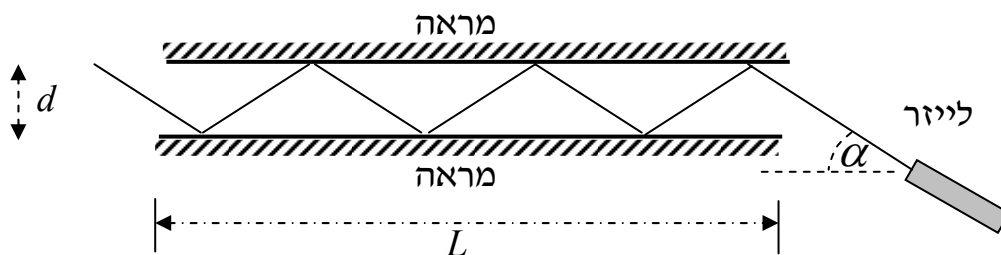
הערה: האפקט נקרא אפקט דופלר, מנייתוח מתמתי של הדוגמה הנתונה, ניתן לקשר בין התדירות המשודרת לתדירות המתקבלת. תופעה זו מורגשת כאשר מכונית מהירה חולפת בכביש. בוס על קולי של מטוס סילון הוא תוצאה של אפקט דופלר.

פתרון שאלה מס' 20 , התשובה הנכונה היא ב'

מהנתון כי לאחר הדלקת הנורה הקטנה, עוצמת ההארה עלתה ל- $I_1 = 10I_0$ מקבלים כי תרומת הנורה לעוצמת ההארה היא $9I_0$. מאחר והחדר הוא גדול וגבוה, אפשר להניח כי תוספת זו באה מהארה ישירה של הכתם ע"י הנורה, ולא מהחזרות אור מהקירות או התקרה. כאשר מוסיפים מראה קטנה במרחק של מטר מהמקור, אור מהנורה פוגע במראה ומוחזר לכתם. אור המוחזר ממראה, כאילו יוצא מדמות המקור במראה. הדמות נמצאת במרחק של 3 מטר מהכתם. היות והירידה בעוצמה יחסית לריבוע המרחק. הגדלת המרחק מ- 1 מטר לשלושה מטרים תפחית את העוצמה פי 9 ולכן התרומה של המראה בהארת הכתם מתבטאת בתוספת עוצמה של תשיעית מ- $9I_0$ דהיינו I_0 . מכאן עוצמת ההארה הכוללת בנוכחות המראה היא $11I_0$.

פתרון שאלה מס' 21, התשובה הנכונה היא ד'

נסמן ב- α את הזווית בין האלומה למישור המראה. נסמן ב- c את מהירות האור. נניח כי מסלול האלומה הוא במישור הדף ונסמן ב- L את אורך המראה. רכיב המהירות של חלקיק אור במקביל למראות הוא $c \cos \alpha$



הזמן שידרש לפוטון לחלוף מבעד למרווח בין המראות הוא $t = \frac{L}{c \cos \alpha}$. זמן זה לא תלוי כלל

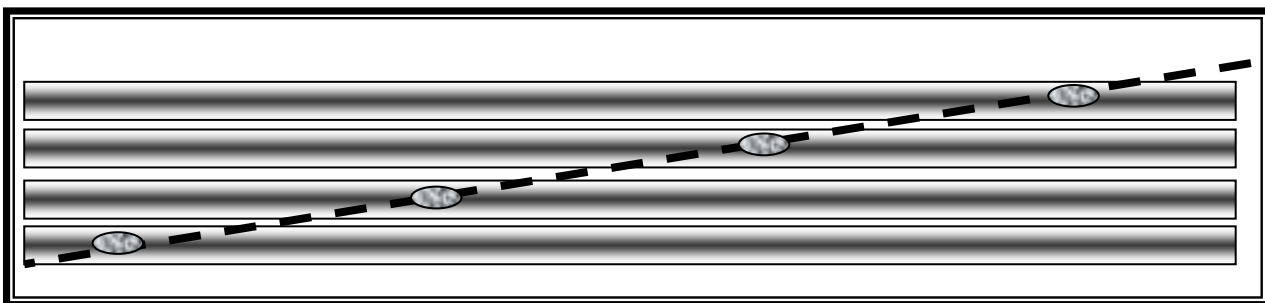
במרחק d בין המראות. הדרך הכוללת שעבר פוטון במסעו בין המראות מתקבלת מהכפלת

$$S = ct = c \frac{L}{c \cos \alpha} = \frac{L}{\cos \alpha} \quad \text{לכן מהירות הפוטון בזמן,}$$

אנו רואים כי גם הדרך הכוללת S לא תלויה כלל במרחק d בין המראות.

פתרון שאלה מס' 22 , התשובה הנכונה היא א'

ההפרעה נראית מתקדמת במהירות גדולה אולם למעשה היא מתקדמת במהירות התקדמות גל במים ונחלשת במהרה. הסיבה כי ההפרעה נראית מתקדמת כה מהר היא כי בכל רגע נוצרת הפרעה חדשה כתוצאה מהמפגש הרגעי בין הגל לשבר הקרקע. אם שבר הקרקע יוצר זווית קטנה מאוד עם הגל, אנו נראה כאילו ההפרעה מתקדמת במהירות מאוד גבוהה.



התרשים מתאר את הגל בארבעה רגעים סמוכים. ההפרעה נוצרת כל פעם במפגש בין הגל לשבר הקרקע. מהתרשים רואים כי בזמן בו הגל עבר מרחק קטן, ההפרעה "התקדמה" מרחק גדול יותר.