

## האולימפיאדה הארצית ה-I לפיזיקה לכיתות י'

תשע"ז - תשע"ח  
שלב ב' פתרון

כל הזכויות שמורות © 2017

**מפעל התחרויות בפיזיקה לנוער נתמך ע"י:**

- משרד החינוך, המנהל למדע ולטכנולוגיה.
- הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל.
- אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.
- מכון ויצמן למדע ברחובות.

מפעל האולימפיאדה לפיזיקה מתקיים בשיתוף עם הפיקוח הארצי על הוראת הפיזיקה.

**צוות מחברי השאלות בשלב ב':**

ד"ר אלי רוז -	יו"ר צוות המחברים וראש פרויקט האולימפיאדה לפיזיקה, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה כרמיאל, הטכניון, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה.
מר איגור ליסנקר -	ביה"ס תיכון צפית כפר מנחם.
מר דני גלאובך -	ביה"ס הריאלי חיפה, הטכניון, המרכז לחינוך קדם אקדמי.
מר אלכס וינברג -	ביה"ס אורט ע"ש נעמי שמר גן יבנה.

**פתרון שלב ב': ד"ר אלי רוז**

**פתרון שאלה מס' 1, התשובה הנכונה היא א'**

תנועת העלייה של הגוף ותנועת הירידה הן שתי תנועות סימטריות. אם נסריט אחת התנועות מהסוף להתחלה נקבל את התנועה השנייה. לכן המרחק שעבר הגוף בשנייה האחרונה לתנועתו

שווה למרחק שגוף נופל עובר בשנייה הראשונה לנפילתו. מרחק זה הינו  $S = \frac{g}{2} t^2 = \frac{10}{2} 1^2 = 5 \text{ m}$ .

## פתרון שאלה מס' 2, התשובה הנכונה היא ב'

לאחר קריעת החוט, פועלים על העגלה בכוח האופקי שני כוחות. כוח אחד הוא כוח הקפיץ המפעיל על העגלה כוח ימינה לכוון הקיר כל עוד הוא מתוח. הכוח השני הוא כוח החיכוך הקינטי בין העגלה והתיבה המפעיל על העגלה כוח שמאלה. תחילה גודלו של כוח הקפיץ עולה על זה של כוח החיכוך כי נתון שהתיבה מתחילה לנוע. עם הזמן כוח הקפיץ קטן וברגע בו כוח הקפיץ שווה בגודלו לכוח החיכוך הקינטי שקול הכוחות הן על התיבה והן על העגלה שווה אפס. לאחר רגע זה שקול הכוחות על התיבה מכוון ימינה (אל הקיר) ולכן התיבה מאיטה, ואילו שקול הכוחות על העגלה פועל בכוח שמאלה והיא מתחילה לנוע. לכן העגלה מתחילה לנוע ברגע בו כוח הקפיץ והחיכוך הקינטי שווים בגודלם. נשים לב כי באותו הרגע מהירות התיבה מקסימלית.

## פתרון שאלה מס' 3, התשובה הנכונה היא ב'

בנתוני השאלה צוין כי הצינור מוחזק במצב זקוף, ניתן להסיק מכאן כי הצינור לא זז ממקומו. יתרה מזאת, צוין כי מסלול הכדור בתוך הצינור הוא מעגלי. הדבר אפשרי רק אם הצינור לא זז.

המרחק בין הפתחים הוא  $R\sqrt{2}$  (היתר במשולש ישר זווית ושווה שוקיים). הכדור עוזב את הפתח בזווית  $45^\circ$  עם האופק. הכדור מבצע זריקה בזווית כאשר הזווית היא  $45^\circ$ . אם הטווח של הזריקה יהיה  $R\sqrt{2}$  (המרחק בין הפתחים) הכדור ייכנס חזרה אל פתח הצינור כי הוא גם יגיע לפתח בזווית המתאימה (בזריקה בזווית כאשר הגוף חוזר לאותו מפלס גובה, המהירות האנכית הופכת סימן והמהירות האופקית נשמרת). הנוסחה לטווח האופקי היא

$$S = 2 \frac{V_0 \sin \alpha}{g} V_0 \cos \alpha = \frac{V_0^2}{g} \sin 2\alpha$$

עבור  $\alpha = 45^\circ$  נקבל  $S = \frac{V_0^2}{g}$ . מהשוואת הטווחים נקבל:

$$\frac{V_0^2}{g} = R\sqrt{2} \Rightarrow V_0^2 = Rg\sqrt{2} \Rightarrow V_0 = \sqrt{Rg\sqrt{2}}$$

## פתרון שאלה מס' 4, התשובה הנכונה היא ד'

כאשר משחררים את התיבה B היא נעה שמאלה ביחס לעגלה כי מסת משקולת C גדולה מזו של משקולת A. מאחר ואין חיכוך בין העגלה לרצפה, רכיב התנע בציר האופקי נשמר ולכן העגלה חייבת לנוע ימינה. כתוצאה מכך העגלה תצמד למשקולת A ותתנתק ממשקולת C.

## פתרון שאלה מס' 5, התשובה הנכונה היא ד'

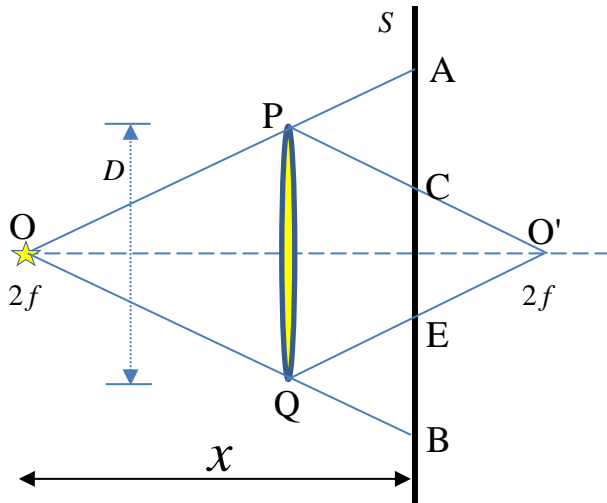
נסמן את המסה של כל כדור ב-  $m$ . כאשר המערכת בשווי משקל, הרכיב האנכי של מתיחות החוט הוא  $2mg$  זאת כדי לאזן את משקל הכדורים (גומייה 1 היא אופקית). הואיל והחוט נטוי בזווית  $45^\circ$  לאופק, גם הרכיב האופקי של מתיחות החוט שווה ל-  $2mg$ .

כאשר חותכים את החוט (המסומן ב- 2), כדור A כבר לא בשווי משקל, שקול הכוחות הפועלים על הכדור מיד לאחר חיתוכו שווה ומנוגד למתיחות החוט 2 לפני החיתוך, זאת מאחר ונדרש זמן כדי שכדור A ישנה את מיקומו, כך שמיד לאחר החיתוך, שני הכדורים טרם הספיקו לשנות את מיקומם ולכן המתיחויות בגומיות מיד לאחר החיתוך לא הספיקו להשתנות.

מכאן על כדור A פועל כוח  $2mg$  שמאלה ו-  $2mg$  מטה, כך שגודל שקול הכוחות עליו הוא  $2mg\sqrt{2}$  ולכן התאוצה היא  $2g\sqrt{2}$ . הואיל וכדור A טרם הספיק לזוז מיד לארח החיתוך, כדור B נותר רגעית בשווי משקל ותאוצתו היא אפס.

**פתרון שאלה מס' 6, התשובה הנכונה היא ג'**

כאשר עצם נמצא על הציר האופטי במרחק  $2f$  מעדשה (בנקודה O בתרשים), דמותו מתקבלת בצידה השני של העדשה במרחק  $2f$  ממנה (נקודה O' בתרשים). אם נציב מסך בין המקור לדמות במרחק  $x$  מהמקור, הטבעת המוגדרת בתמונת החתך בתחומים AC ו- BE תהיה חשוכה. הקוטר החיצוני של הטבעת החשוכה הוא AB ו- קוטר הפנימי הוא CE. מדמיון המשולשים OAB ו- OPQ נקבל:



$$\frac{2f}{x} = \frac{D}{AB} \quad (\text{יחס הגבהים שווה ליחס הצלעות}).$$

$$\text{מהנתון } AB = 1.4D \text{ ומכאן } \frac{2f}{x} = \frac{D}{1.4D} \text{ ומכאן } x = 2.8f$$

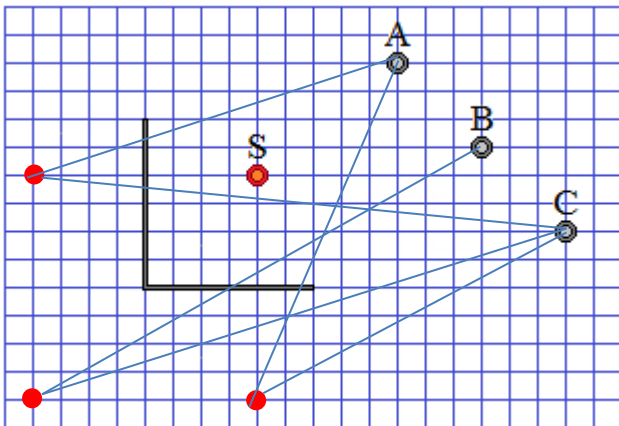
כעת נתייחס למשולשים הדומים O'PQ ו- O'CE. מרחק הנקודה O' מהמסך הוא  $4f - x$ .

$$\text{נשתמש שוב במשפט הדמיון נקבל: } \frac{4f - x}{2f} = \frac{CE}{D} \text{ נציב } x = 2.8f \text{ נקבל } \frac{1.2f}{2f} = \frac{CE}{D} \text{ ומכאן}$$

$$CE = 0.6D$$

**פתרון שאלה מס' 7, התשובה הנכונה היא ג'**

כדי צופה יראה דמות במראה, הקו המחבר את הדמות עם עין הצופה חייב לחתוך את המראה (כי האור מהעצם מגיע לעין הצופה מהמראה). בתרשים מוצגות שלוש הדמויות וקווים המחברים את הדמויות לנקודות A, B ו- C.



ניתן לראות כי צופה C רואה רק דמות אחת (רק קו אחד מבין השלושה חותך את המראות).

צופה B רואה שתי דמויות (הקו המחבר את B לדמות התחתונה ימנית אינו חותך את המראות). וצופה A רואה שלוש דמויות (שלושת הקווים המחברים את A לדמויות חותכים את המראות).

### פתרון שאלה מס' 8, התשובה הנכונה היא ג'

כאשר מחזיקים את המשקולת שמסתה  $7m$  במקום, המשקולת שמסתה  $3m$  נמצאת בשווי משקל ולכן המתוחות בחוט (השווה למתיחות הקפיץ) שווה ל-  $3mg$ . מכאן  $3mg = kL_1$  כאשר  $k$  הוא קבוע הקפיץ.

כאשר משחררים את המשקולת שמסתה  $7m$ , המערכת נעה בתאוצה וניתן לחשב את התאוצה ומכאן את המתוחות בחוט. במקום לבצע זאת, נשתמש בשיקולים פיזיקליים למציאת המתוחות בחוט. מאחר וכל הכוחות פרופורציוניים לתאוצת הכובד  $g$ , אנו מצפים כי המתוחות בחוט תהיה פרופורציונית ל-  $g$ . דהיינו המתוחות בחוט היא  $T = g \cdot f(m_1, m_2)$  כאשר  $f(m_1, m_2)$  היא פונקציה של מסות שתי המשקולות ולה יחידות של מסה זאת כדי לקבל יחידות כוח.

אנו מצפים כי המתוחות לא תשתנה אם נחליף את מיקום המשקולות, דהיינו הפונקציה  $f(m_1, m_2)$  צריכה לשמור על ערכה אם מחליפים את המסות זו בזו. הביטויים המאפשרים זאת הם  $m_1 m_2$  וכן  $m_1 + m_2$ . מביטויים אלה ניתן לקבל ביטוי בעל יחידות של מסה למשל  $\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ .

ניתן לקבל ביטויים נוספים אולם אלה יכילו חזקות גדולות מ-2 בשעה שהתאוצה יחסית למסות ולכן המתוחות המתקבלת ממכפלה של מסה בתאוצה, לא יכולה להכיל יותר מתלות בחזקה שנייה במסה. מכאן זוהי התלות היחידה ומתיחות החוט ניתנת ע"י  $T = \alpha \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$  כאשר  $\alpha$

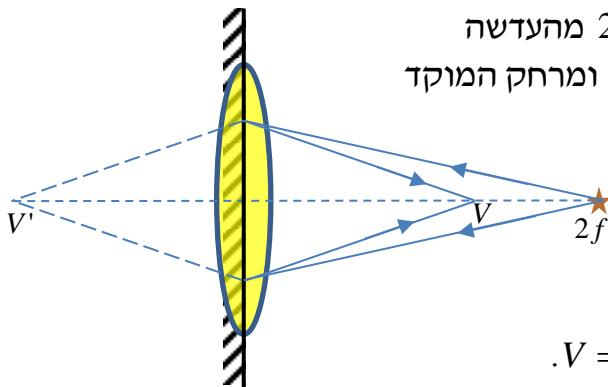
הוא קבוע מספרי חסר יחידות. כאשר המסות שוות  $m_1 = m_2 = m$  המערכת במנוחה והמתוחות תהיה  $mg$ . מכאן נקבל כי  $\alpha = 2$  ולכן  $T = 2 \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$ . אף כי החישוב הישיר יוביל לאותה תוצאה במאמץ קטן יותר, שיקולים כגון אלה מהווים כלי חשוב בפתרון בעיות פיזיקליות במקרים בהם החישוב הישיר מאוד מורכב.

במצב תנועה, לאחר הצבת ערכי המסות מקבלים  $2 \frac{7m \cdot 3m}{7m + 3m} g = kL_2$  מכאן  $\frac{2 \cdot 7 \cdot 3}{10} mg = kL_2$  ואילו בהחזקת המשקולת שמסתה  $7m$  קיבלנו  $3mg = kL_1$ .

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{2 \cdot 7}{10} = \frac{7}{5}$$

### פתרון שאלה מס' 9, התשובה הנכונה היא ב'

לעדשה הצמודה למראה נוצרת דמות מדומה במראה כך שהעדשה ודמותה יוצרים יחדיו עדשה דו-קמורה בעלת מרחק מוקד  $0.5f$ . התרשים מתאר את מהלך הקרניים ויצירת דמות במראה הדו-קמורה, מרחק הדמות במראה מהעדשה הוא  $V'$  ומרחק המוקד הוא  $0.5f$ . מכאן:  $\frac{1}{2f} + \frac{1}{V'} = \frac{1}{0.5f}$

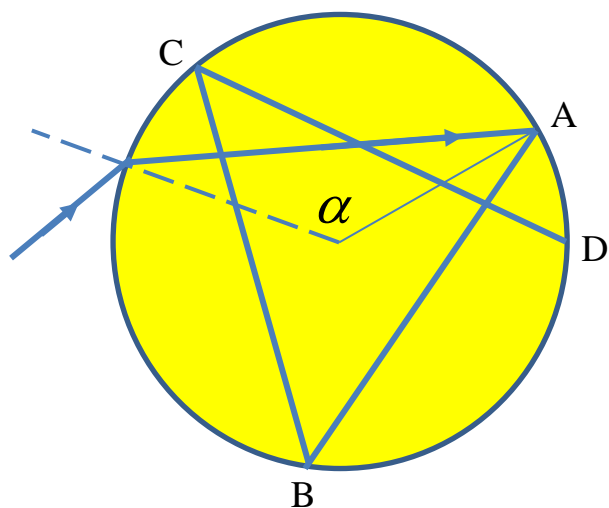


מפתרון המשוואה נקבל  $V' = \frac{2}{3}f$  ולכן

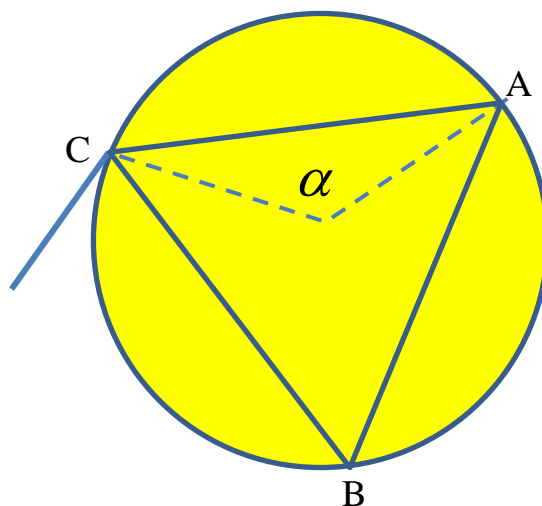
הקרניים המוחזרות מהמראה ייפגשו בנקודה  $V = \frac{2}{3}f$ .

### פתרון שאלה מס' 10, התשובה הנכונה היא ד'

בהתאם לחוקי השבירה, הקרן הפוגעת, הקרן החודרת והאנך למישור הפגיעה בנקודת הפגיעה חלים במישור אחד. מישור זה הוא המישור המכיל את הקרן הפוגעת ואת מרכז הכדור וכן את הקרן החודרת. הקרן החודרת פוגעת שוב במשטח הכדור. הקרן היוצאת והחוזרת נמצאים גם הם על אותו מישור. יוצא מכאן שכל ההחזרות הפנימיות וכל הקרניים היוצאות החוצה בכל החזרה פנימית חלים באותו מישור. מסקנה זו פוסלת את אפשרות א' שכן האור מפולג במישור ולא בכל המרחב. התרשים הבא מראה כי אפשרויות ב' ו- ג' תתכנה.



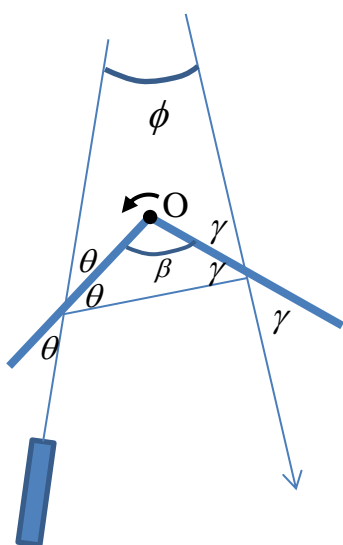
נקודות הפגיעה יוצרות רצף



נקודות הפגיעה יוצרות משולש שווה צלעות

כאשר הזווית  $\alpha$  המופיעה בתרשים מקיימת: מספר אי רציונלי  $\frac{360}{\alpha}$  נקבל כי נקודות היציאה מהוות רצף.

כאשר הזווית  $\alpha$  המופיעה בתרשים מקיימת: מספר רציונלי  $\frac{360}{\alpha}$ , אחרי מספר סופי של החזרות הזווית תחזור על עצמה ונקבל מספר נקודות סופי ובדיד על המעגל. לכן התשובה הנכונה היא ד'



### פתרון שאלה מס' 11, התשובה הנכונה היא א'

מחוק ההחזרה (זווית הפגיעה = זווית החזרה) ומהשוויון של זוויות קודקודיות, נקבל כי שלוש הזוויות המסומנות ב-  $\theta$  שוות, כמו כן שלוש הזוויות המסומנות ב-  $\gamma$  שוות.

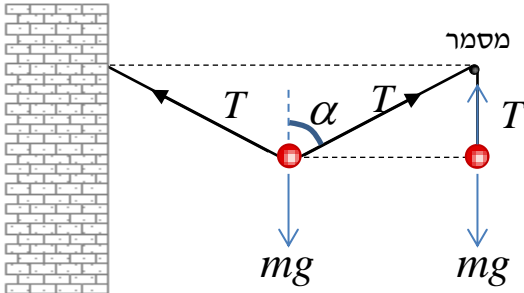
$$\beta + \theta + \gamma = 180$$

$$\text{מכאן } 2\beta + 2\theta + 2\gamma = 360$$

וכן במשולש המכיל את אלומות הלייזר  $\phi + 2\theta + 2\gamma = 180$ . מחיסור המשוואות נקבל  $2\beta - \phi = 180$  מכאן, הזווית  $\phi$  לא תלויה בזווית  $\theta$  המשתנה כאשר מסובבים את המראות. מאחר וכוון אלומת הלייזר הפוגעת במראות לא שונתה, גם כוון האלומה המוחזרת (התלויה ב-  $\phi$  לא תשתנה). הזווית  $\delta$  מייצגת את השינוי ב-  $\phi$  שווה אפס.

**פתרון שאלה מס' 12, התשובה הנכונה היא ג'**

כל עוד מהירות הגוף חיובית, מרחקו מנקודת המוצא גדל. הואיל והגוף החל לנוע ממנוחה, מהירותו הרגעית מתקבלת מחישוב "השטח" מתחת לגרף התאוצה מתחילת התנועה ועד לרגע המבוקש (לדוגמה, ברגע  $t = 6\text{Sec}$  מהירות הגוף היא  $3\text{m/Sec}$ ). מהירות הגוף מתאפסת לראשונה ב-  $t = 9\text{Sec}$  אולם מיד אחריה היא שוב חיובית. היא מתאפסת שוב ב-  $t = 12\text{Sec}$  ולאחר זמן זה מהירותו שלילית (מלבד ברגע  $t = 15\text{Sec}$  בו הגוף נעצר רגעית ואחריו מהירות שוב שלילית) החל מהרגע  $t = 12\text{Sec}$  הגוף נע לעבר הראשית לכן מרחקו מְרָבֵי ברגע  $t = 12\text{Sec}$ .



**פתרון שאלה מס' 13, התשובה הנכונה היא ד'**

המערכת נמצאת בשווי משקל. הכדור (בצד ימין) נמצא בשווי משקל לכן מתיחות החוט מקיימת  $T = mg$ . החרוז גם נמצא בשווי משקל, מכאן  $2T \cos \alpha = mg$  נציב  $T = mg$  נקבל  $\cos \alpha = 0.5$ .

אורך החוט ניתן ע"י:  $2 \cdot \frac{10\text{cm}}{\cos \alpha} + 10\text{cm}$

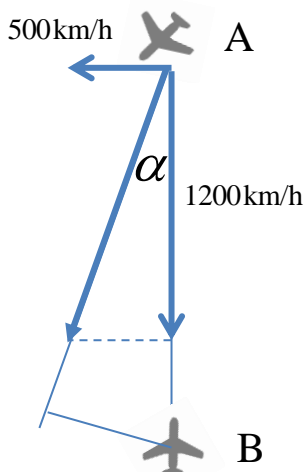
נציב  $\cos \alpha = 0.5$  נקבל כי אורך החוט הוא:  $40\text{cm} + 10\text{cm} = 50\text{cm}$

**פתרון שאלה מס' 14, התשובה הנכונה היא ג'**

זמן הנפילה של גוף הנמצא באוויר תלוי בגובה בו הוא נמצא, בתאוצת הכובד וברכיב מהירותו האנכית. אם חלקי הפגז לאחר הפיצוץ ירכשו מהירות אנכית, הרי משימור תנע אם חלק אחד רכש תנע חיובי בכיוון האנכי, השני חייב לרכוש תנע שלילי כי פיצוץ הוא כוח פנימי שאינו משפיע על התנע הכולל. מהירויותיהם האנכיות מיד לאחר הפיצוץ יהיו שונות במקרה זה ואז הם לא יגיעו יחדיו ארצה. מכאן מקבלים כי לאחר הפיצוץ לא חל שינוי ברכיב האנכי של מהירויותיהם. הזמן עד הפגיעה בקרקע לא השתנה, דהיינו הפיצוץ לא השפיע על זמן הפגיעה בקרקע. תשובה ג' נכונה ללא הגבלה על מיקום הפיצוץ.

במהלך הפיצוץ החלקים רכשו תנע בכיוון האופקי (התנע הכולל שהם רכשו שווה אפס). אם החלקים שונים במסה, המהירויות שהחלקים רכשו כתוצאה מהפיצוץ שונות. לפני הפיצוץ היו מהירויותיהם שוות. יוצא מכאן כי מהירויותיהם לאחר הפיצוץ שונות בגודלן (לא בהכרח בכיוון). הואיל ולא נתון כי מסת החלקים שווה, טענה ב' אינה נכונה.

ברגע הפגיעה בקרקע הרכיבים האנכיים של מהירויותיהם שווים. מאחר ולא נאמר כי מסות החלקים שוות, לא ניתן להסיק כי רכיבי התנע בכיוון האנכי שווים. תשובה ד' לא נכונה.



**פתרון שאלה מס' 15, התשובה הנכונה היא ב'**

מטוס B רואה את מטוס A נע במהירות  $400 + 800 = 1200 \text{ km/h}$

בכיוון דרום ו-  $500 \text{ km/h}$  בכיוון מערב. המהירות השקולה שלו לפי

פיתגורס היא  $\sqrt{1200^2 + 500^2} = 1300 \text{ km/h}$ . הוא יוצר זווית  $\alpha$  עם

כיוון מערב כך ש-  $\sin \alpha = \frac{500}{1300}$ . המרחק המינימלי בין המטוסים לפי

מטוס B הוא:  $65 \text{ km} \cdot \sin \alpha = 65 \cdot \frac{5}{13} \text{ km} = 25 \text{ km}$