



הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל



משרד החינוך
המנהל למדע ולטכנולוגיה

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים

האולימפיאדה הארצית ה- 24 לפיזיקה תשע"ג – תשע"ד ©

אנו שמחים על השתתפותכם בשלב א' של האולימפיאדה הארצית ה- 24 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 הארצית לפיזיקה, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה כרמיאל, הטכניון המחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה, חיפה. |
| מר איגור ליסנקר | - | ביה"ס תיכון צפית כפר מנחם. |
| מר גיל שמאי | - | הפקולטה לפיזיקה, הטכניון . |
| מר דני גלאובך | - | ביה"ס הריאלי חיפה, הטכניון, המרכז לחינוך קדם קדמי. |
| מר אלכס וינברג | - | ביה"ס מקיף ג', אשדוד. |

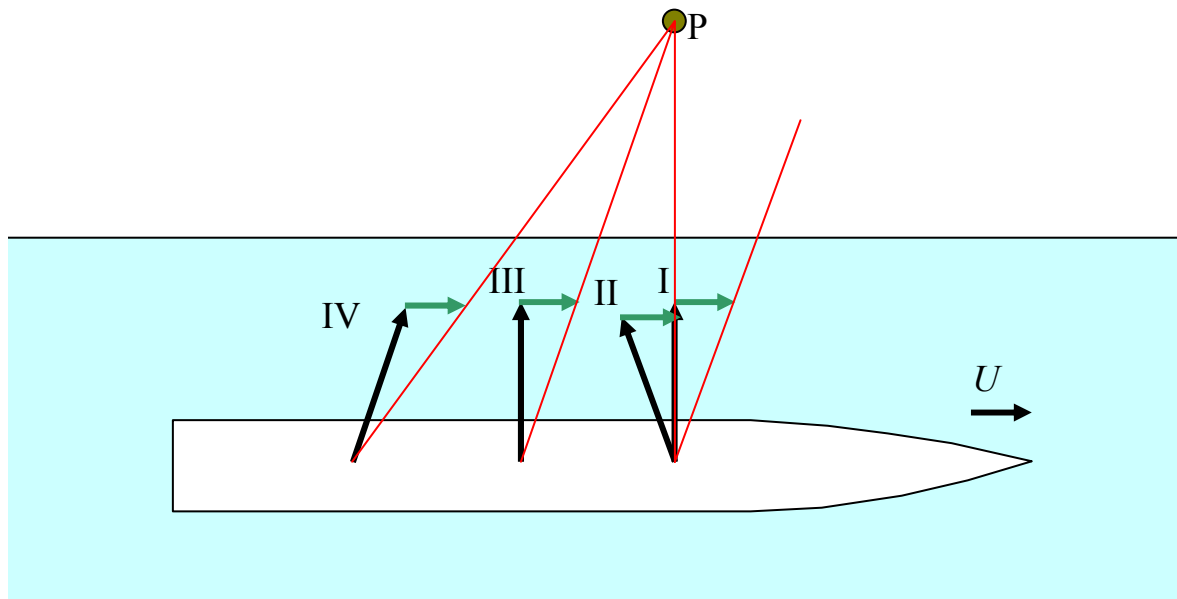
פתרון שלב א' : ד"ר אלי רז

פתרון שלב א'
כל הזכויות שמורות

© 2013

פתרון שאלה מס' 1 , התשובה הנכונה היא ג'

מהירות חץ ההרדמה ביחס לקרקע מתקבלת מחיבור וקטורי של מהירות החץ ביחס לרובה (דהיינו ביחס לסירה) ומהירות הסירה ביחס לקרקע. מעיון בתרשימים של וקטורי המהירות, אנו רואים כי עבור אפשרות II, III ו- IV החץ מכוון אל הפומה ואילו באפשרות I החץ יחטיא את הפומה בשל תנועת הסירה.



את זמן המעוף של החץ ניתן לקבל מחלוקה של מרחק הפומה מקו התנועה של הסירה ברכיב המהירות בכוון המאונך לתנועת הסירה. הואיל ומרחק הפומה מקו התנועה של הסירה קבוע, להשגת זמן מינימלי יש לדרוש רכיב מהירות מכסימלי בכוון המאונך לתנועת הסירה. הרכיב המכסימלי מתקבל באפשרויות I ו-III כי במקרים אלה הרכיב האנכי של מהירות החץ ביחס לרובה שווה למהירות החץ ביחס לרובה (רכיב של וקטור קטן או שווה מגודל הוקטור). אולם עבור אפשרות I החץ יחטיא את הפומה, לכן עבור אפשרות III מתקבלת פגיעה ובזמן מינימלי.

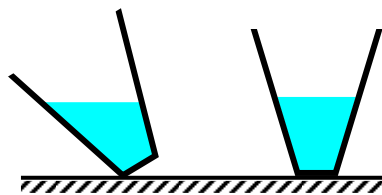
פתרון שאלה מס' 2 , התשובה הנכונה היא ג'

כאשר מגדילים את הכוח הפועל על קפיץ הוא מתארך. יתרה מזאת, אם נוסף לקפיץ תוספת קבועה של כוח, נקבל כל פעם תוספת קבועה של אורך. ניתן לנסח את החוק באופן: $\Delta F = k\Delta x$. בשאלה צוין כאשר מכפילים את העומס על כל אחד מהקפיצים, במצב שווי המשקל החדש אורכי הקפיצים שווים גם הפעם. דהיינו הוספנו עומס שונה לכל קפיץ (כי המשקולות שונות במסותיהם) וקיבלנו את אותה תוספת אורך. הדבר ייתכן רק אם הקבועים שונים.

$$(\text{בניסוח מתמטי: } \Delta F_1 = k_1 \Delta x \text{ ו- } \Delta F_2 = k_2 \Delta x \Leftrightarrow \frac{\Delta F_2}{\Delta F_1} = \frac{k_2}{k_1}).$$

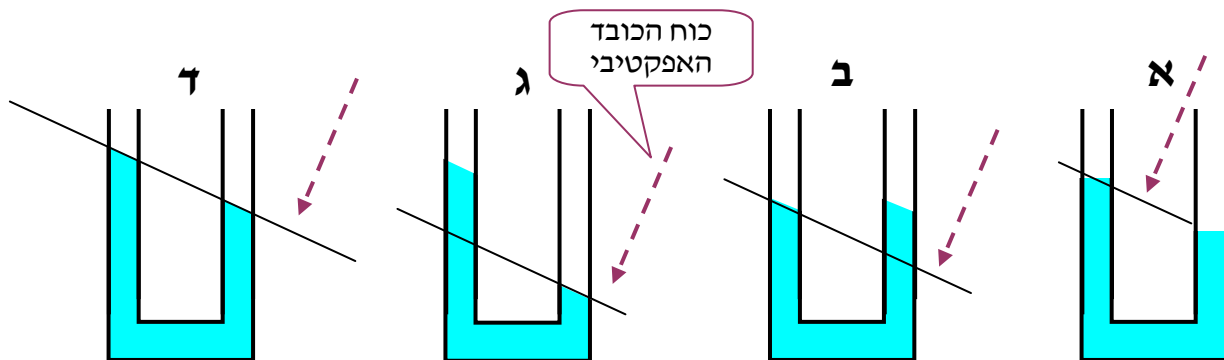
הוספת עומס שונה לקפיצים בפעם השנייה הובילה להתארכות שווה של הקפיצים. מכאן ע"י הפעלת אותם העומסים בפעם הראשונה, תוספת האורך גם במקרה זה שווה. בפעם הראשונה הם הגיעו לאותו אורך, ותוספת האורך לשניהם שווה, יוצא מכאן כי אורך הקפיצים לפני הפעלת כל עומס אף היא שווה, דהיינו, האורכים הרפויים של שני הקפיצים שווים.

פתרון שאלה מס' 3 , התשובה הנכונה היא ד'



כידוע מניסוינו היום-יומי, כאשר אנו מוזגים מים לכלי, פני המים אופקיים. פני המים נותרים אופקיים גם כאשר מטים את הכלי כמוראה בתרשים. הדבר נובע משיקולי אנרגיה. אילו פני המים בכלי היו שונים בגובהם בחלקים השונים של הכלי, אנרגיה פוטנציאלית היתה משתחררת ע"י זרימה של מים ממקומות גבוהים לנמוכים. זרימת המים תמנע גובה המים אחיד. דרישה זו מחייבת כי פני המים יהיו מאונכים לכוח הכובד. על בסיס רעיון זה אנו מודדים גבהים של נקודות ציון בטבע ביחס לגובה פני הים.

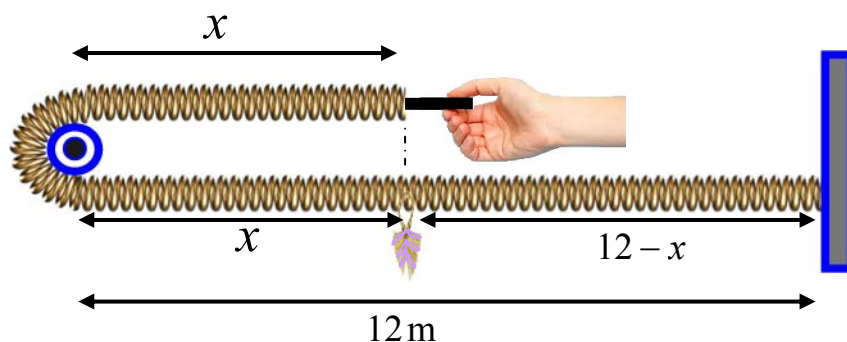
בבעיה זו כוח הכובד האפקטיבי (כוח הכובד המורגש ברכבת) אינו אנכי אלא מוטה הצידה בשל תאוצת הרכבת. לכן כל נקודות מישור המאונך לכוח הכובד האפקטיבי הן נקודות הנמצאות באותו "גובה". שינוי "גובה" של גוף גורר שינוי באנרגיה הפוטנציאלית.



מעיון בתרשים רואים כי רק עבור מקרה ד' פני המים נמצאים באותו מפלס גובה. בתרשים א' מפלס המים בכל זרוע לא נמצאים בגובה אפקטיבי אחיד (פני המים בכל זרוע אינם מאונכים לכוח הכובד האפקטיבי).

פתרון שאלה מס' 4, התשובה הנכונה היא ב'

כאשר מותחים קפיץ אופקי, המרווח בין הלולאות אחיד. לפיכך, אם סרט הסימון הקשור לאמצע הקפיץ, יישאר באמצע הקפיץ גם אם נמתח את הקפיץ.



אם נזניח את הקטע בו נכרך הקפיץ סביב הגלגלת, נוכל לרשום את הטענה כי הסרט נשאר באמצע בעזרת המשוואה $x + x = 12 - x$ מכאן $x = 4$ ו- $12 - x = 8$.

פתרון שאלה מס' 5, התשובה הנכונה היא ד'

כאשר התיבה נמצאת במנוחה על הקרש, שקול הכוחות הפועלים עליה הוא אפס. על התיבה פועלים שני כוחות, כוח הכובד (קבוע לא תלוי בזווית) והכוח שמפעיל הקרש. הואיל וסכומם אפס, הקרש מפעיל אף הוא כוח אשר לא תלוי בזווית. מבין כל הגרפים, היחיד שאינו תלוי בזווית עבור זווית קטנות הוא ד'. כאשר קיימת החלקה, הכוח הנורמלי יחסי ל- $\cos \alpha$ ואילו כוח החיכוך יחסי לכוח הנורמלי, לכן גם כוח החיכוך יחסי ל- $\cos \alpha$ ומכאן הכוח הכולל שמפעיל הקרש על התיבה בזמן החלקה יחסי ל- $\cos \alpha$ ואז גם גודלו יחסי ל- $\cos \alpha$.

פתרון שאלה מס' 6, התשובה הנכונה היא ד'

לשם החזקת בקרש בשווי משקל, הסכום של כוח החיכוך ורכיב הכוח האופקי שמפעיל הפועל שווה אפס, לכן כוח החיכוך שווה בגודלו לגודל הרכיב האופקי שמפעיל הפועל. כאשר הקורה בזווית אפס (הקורה נמצאת על הרצפה) הפועל מפעיל עליה כוח אנכי לקרש ולכן גם אנכי לרצפה. הוא לא מפעיל כוח אופקי ולכן אין צורך שהרצפה תפעיל כוח אופקי כדי שהקרש ימצא בשווי משקל. מאידך, כאשר הקורה בזווית 90° היא בשווי משקל רופף, לכן הפועל מפעיל כוח אופקי זניח לשם החזקתה במצב שווי משקל. מכאן, גם בזווית 90° כוח החיכוך מתאפס.

הגרף היחיד בו כוח החיכוך מתאפס הן ב- 0° והן ב- 90° הוא גרף ד'.

פתרון שאלה מס' 7 , התשובה הנכונה היא ג'

מהמונח גוררים משתמע כי חלק מהעבודה שהושקעה בגרירת הגוף הפכה לאנרגיה חום בשל החיכוך. מאידך, להחזרת הגוף לנקודה A יש להקנות לו אנרגיה פוטנציאלית השווה ל- Mgh .

מכאן העבודה הכוללת שיש להשקיע בהחזרת הגוף לנקודה A גדולה מ- Mgh .

בתנועה מ- A ל- B עבודת כוח החיכוך שווה בדיוק ל- Mgh (האנרגיה הפוטנציאלית של הגוף הפכה לחום במהלך ההחלקה. חום זה שווה לעבודת כוח החיכוך (ניתן להגיע לאותה מסקנה מידיעת אחד המשפטים הבאים : 1) העבודה של הכוח השקול שווה לשינוי באנרגיה הקינטית. 2) העבודה של הכוחות הלא משמרים שווה לשינוי באנרגיה המכנית).

אולם כוח החיכוך מתקבל מהכפלת הכוח הנורמלי במקדם החיכוך. בתנועה מ- A ל- B הכוח הנורמלי במסלול הקעור גדול יותר בשל התאוצה הנורמלית. מכאן העבודה של כוח החיכוך בגרירה איטית מ- B ל- A קטנה יותר מעבודת החיכוך מ- A ל- B. זו האחרונה שווה כפי שצינו ל- Mgh ולכן העבודה שיש להשקיע כנגד כוח החיכוך (במצב המינימלי) קטנה מ- Mgh ולפיכך העבודה הכוללת שיש להשקיע בהחזרת הגוף (המורכבת מעבודה כנגד החיכוך ועבודה כנגד כוח הכובד) קטנה מ- $2Mgh$.

פתרון שאלה מס' 8 , התשובה הנכונה היא א'

מאחר ואין חיכוך בצירי הגלגלים ולגלגל הקדמי אין מעצור, הדרך היחידה להאט את מהירות הסיבוב של הגלגל הקדמי היא באמצעות כוח החיכוך עם הכביש. את המהירות הקוית של מרכז הגלגל הקדמי ניתן להאט בעזרת הכוח שמפעיל הציר על הגלגל. להאט מהירות הסיבוב של הגלגל, על הכביש להפעיל על הגלגל הקדמי כוח חיכוך סטטי בכיוון תנועת האופניים (הפעלה בכיוון ההפוך תאיץ את המהירות הסיבובית של הגלגל). את המהירות הסיבובית של הגלגל האחורי מאט הבלם האחורי. החיכוך הסטטי מונע מהגלגל להחליק, דהיינו לשמור על הקשר $V = \omega R$, הקטנת ω מחייבת הקטנת V ולכן, לשמירת גלגול ללא החלקה כוח החיכוך על הגלגל האחורי מנוגד לכיוון תנועת הגלגל. ברור כמובן כי ערכו המוחלט של כוח החיכוך על הגלגל האחורי גדול מערכו המוחלט של כוח החיכוך על הגלגל הקדמי.

פתרון שאלה מס' 9 , התשובה הנכונה היא ב'

מאחר ולא קיים חיכוך בין הקרש למשטח מתחתיו, הרכיב האופקי של התנע הכולל של הקרש והחתול נשמר לאורך כל זמן התנועה. בתחילה לא הייתה תנועה יחסית בין הקרש לחתול ושניהם נעו יחדיו באותה המהירות. בתום "מסעו" החתול נח בקצה הקרש, מכאן שוב אין תנועה יחסית בין הקרש לחתול והם נעים באותה המהירות. הואיל והתנע בכיוון האופקי נשמר, המהירות המשותפת לפני היציאה של החתול ל"מסע" חייבת להיות שווה למהירות המשותפת שלאחר ה"מסע". הגרף היחיד העונה על דרישה זו הוא גרף ב'.

פתרון שאלה מס' 10 , התשובה הנכונה היא א'

כאשר מסובבים הגה של מכונית שמאלה בנסיעה, המכונית מסתובבת. אם נבצע זאת על מגרש חניה גדול, החזקת ההגה שמאלה (זווית חיובית) תגרום למכונית לנוע במעגל. לכן אם רוצים שהמכונית תפסיק להסתובב, יש להחזיר את ההגה לזווית אפס. אולם במקרה זה המכונית אומנם הפסיקה להסתובב ונעה ישר, אולם כיוון הנסיעה אינו שווה לכיוון הנסיעה המקורי, כי בסיבוב ההגה המכונית הסתובבה. אם נבצע פעולה זו על כביש ישר נמצא את עצמנו ואת המכונית יורדים משפת הכביש וממשיכים לכיוון השדות. כדי לחזור לכיוון המקורי לאחר שסובבנו את המכונית, יש לסובב את ההגה ימינה (זווית שלילית) וכשכיוון המכונית שוב מקביל לכביש יש להחזיר את ההגה לזווית אפס ולהמשיך לנסוע בנתיב השמאלי על הכביש. הגרף היחיד העונה על דרישה זו הוא גרף א'.

כמובן שיש על הפעולה בסדר הפוך כדי לחזור מהנתיב השמאלי לנתיב הימני.

פתרון שאלה מס' 11 , התשובה הנכונה היא ג'

להבנת הפתרון נציג בעיה דומה. אחד הנוסעים באוניית טיולים שישב על ספסל בקצה האונייה רץ לכוון הקצה השני להביא מים. לאחר 3 דקות הוא נזכר כי על הספסל הוא השאיר את הטלפון הנייד שלו. הוא חזר באותה המהירות אל הספסל ומצא לשמחתו את הטלפון. ברור לנו כי זמן החזרה שווה לזמן הלך ללא תלות במהירות הריצה של הנוסע (בתנאי שהלך וחזר הוא נע באותה המהירות). גם מהירות האונייה לא משנה קביעה זו.

היכן האנלוגיה בבעיה? את תפקיד האונייה ממלא הנהר עצמו. הנהר זורם ביחס ליבשה ואיתו גלגל ההצלה. גלגל ההצלה לא זז ביחס למי הנהר כפי שהטלפון הסלולרי לא זז ביחס לאונייה. את תפקיד הנוסע ממלאת הספינה אשר נעה ביחס לנהר במהירות מסוימת וחוזרת באותה המהירות. לפיכך זמן החזרה שווה לזמן ההלך דהיינו שעתיים בנתוני השאלה. הואיל וזמן החזרה שווה לזמן הלך ללא תלות במהירות הספינה, שתי הספינות תגענה יחד אל הגלגלים שהושמטו, לאחר 4 שעות מרגע שחרורם.

הערה: בניגוד לסיפור הנוסע, בעלי הספינות לא הניחו את הגלגל על המים אלא השמיטו אותו מהספינה ולכן מהירות גלגלי ההצלה ברגע פגיעתם במים אינה שווה. הזמן שיקח לגלגל ההצלה להגיע למהירות המים נמדד בשניות בודדות והפרש הזמנים סביר להניח כי הוא יהיה קטן משניה, הפרשי זמנים אלה זניחים ביחס למסע של 4 שעות.

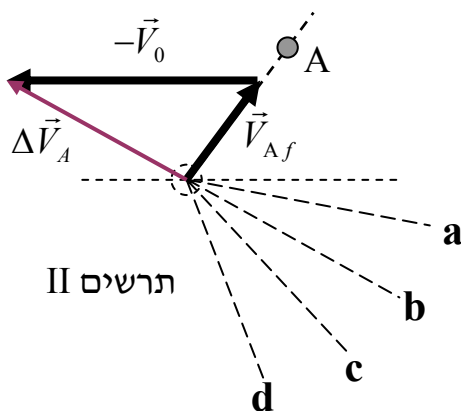
פתרון שאלה מס' 12 , התשובה הנכונה היא א'

זוית היא גודל פיזיקלי חסר יחידות. אנו צריכים לקבל גודל חסר יחידות בעזרת המשתנים m, ω, L, g או בחלקם. למסה m יש יחידות של kg אולם יחידה זו לא קיימת באף אחד מבין המשתנים האחרים, לכן אם נרשום ביטוי המכיל את m לא נוכל לבטל את היחידות של m ומכאן לא נוכל לקבל גודל חסר יחידות. מכאן הביטוי של α אינו מכיל את m .

נדון במשתנה L , לו יש יחידות של מטרים m (לא לבלבל עם מסה המסומנת באות נטויה). כדי לבטל את יחידות האורך יש צורך במשתנה נוסף המכיל יחידות אורך. משתנה זה הוא g אשר

יחידותיו הן $\frac{m}{s^2}$, אולם צירופו מכניס יחידה נוספת והיא הזמן (שניות) המסומנת ב- s . לפיכך יש צורך במשתנה נוסף אשר יבטל את יחידות הזמן, משתנה זה הוא ω ולו יש יחידות של s^{-1} .

קל לראות כי $\frac{\omega^2 L}{g}$ הוא גודל חסר יחידות, מכאן $\alpha = f(\frac{\omega^2 L}{g})$ כאשר את הפונקציה f לא ניתן להסיק משיקולי יחידות אלא מניתוח פיזיקלי של הבעיה.



פתרון שאלה מס' 13 , התשובה הנכונה היא ב'

בעזרת התרשים הנתון נמצא את הווקטור שינוי המהירות של כדור A זאת נקבל ע"י חיבור הווקטורים

$$\Delta \vec{V}_A = \vec{V}_{Af} - \vec{V}_0 = \vec{V}_{Af} + (-\vec{V}_0)$$

כמוראה בתרשים. כוון זה הוא גם כוון השינוי בתנע של

כדור A. מחוק שימור התנע, הסכום של שינוי התנע של A

ושינוי התנע של B חייב להיות אפס. לכן שינוי התנע של B

מנוגד בכוונו לשינוי התנע של A ומעיון בתרשים כדור B

חייב לנוע לכוון b, ולכן ב' היא התשובה הנכונה.

פתרון שאלה מס' 14 , התשובה הנכונה היא ג'

כאשר גוף מתקרב או מתרחק דמותו על הרשתית משתנה לאט ואילו כאשר לגוף יש תנועה זוויתית ביחס אלינו, דמותו על הרשתית משתנה מהר יותר. לכן מצבים II ו-III מתארים קוביות

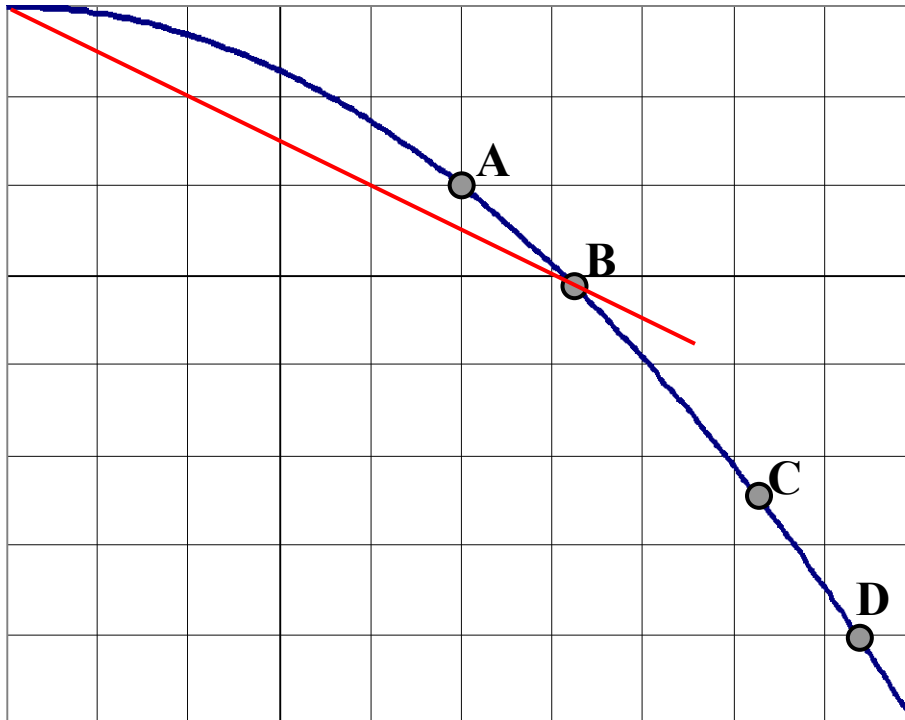
אחת מתקרבת והאחרת מתרחקת, הם יראו באופן ברור ואילו מצבים I ו-IV תנועת הקוביות זוויתית ולכן הן ייראו מטושטשות.

פתרון שאלה מס' 15 , התשובה הנכונה היא ד'

נניח כי מראה מישורית נמצאת במישור $z = 0$ ועצם נמצא בנקודה z . מתכונת השיקוף, דמותו תמצא בנקודה $z_{\text{דמות}} = -z$ מכאן גם רכיבי z של המהירויות של העצם והדמות יהיו שונים בסימן, ומכאן גם רכיבי z של התאוצות יהיו שונים בסימן. לפיכך, כאשר תאוצת הכדור היא $\vec{g}$, כל אחת מתאוצות דמויותיו A ו-B היא $-\vec{g}$.

פתרון שאלה מס' 16 , התשובה הנכונה היא ב'

כאשר התאוצה של שני גופים זהה, המהירות היחסית בין שני הגופים קבועה.



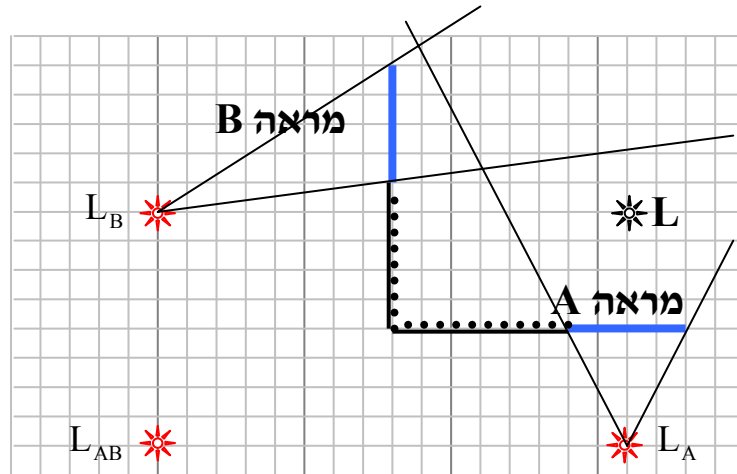
אם נשב על האבן שנזרקת אנכית מעלה במהירות V , ונביט ממנה על האבן שנזרקת אופקית במהירות $2V$ היא תראה מתרחקת במהירות קבועה בעלת רכיב אופקי $2V$ ורכיב אנכי V .
כאשר הגוף שנזרק אנכית יחזור לנקודת הזריקה הוא עדיין יראה את הגוף השני בכוון אופקי $2V$ ואנכי V . נעביר קו בכוון הנ"ל ונגיע למיקום הכדור שנזרק אופקית ואשר נמצא ברגע זה בנקודה B.
גישה אחרת:

כאשר הכדור שנזרק אנכית חוזר לנקודת המוצא, מהירותו היא V , לכן השינוי במהירותו הוא $2V$. אותו שינוי מהירות חל גם על הכדור שנזרק אופקית. לכן למהירותו ברגע האמור רכיב אופקי $2V$ ורכיב אנכי $2V$. מכאן שיפוע מסלול תנועתו ברגע זה הוא -1 . נבנה קו בשיפוע -1 לפי קוי הרשת, נזיז אותו עד להשקה במסלול. הנקודה המתאימה ביותר היא נקודה B.

פתרון שאלה מס' 17 , התשובה הנכונה היא ג'

דמות של עצם נקודתי במראה מישורית ממוקמת בנקודת השיקוף של העצם במראה המישורית. אלומת אור צרה שיצאה מהעצם, פגעה במראה וחזרה ממנה, חוזרת כאילו היא יצאה מהדמות. כדי לקבל דמות נוספת של העצם (הדמות של הדמות) על האור היוצא מהדמות לחתוך את המראה שיצרה את הדמות ולפגוע במראה השנייה.

מעיון בתרשים רואים כי העצם L יצר דמות L_A במראה A, דמות L_B במראה B ודמות L_{AB} המתקבלת משתי החזרות. כאשר מכסים חלק מהמראות רואים כי הדמות L_{AB} אינה מתקבלת כי האור מהדמות L_A לא מגיע אל המראה B כמו כן האור מהדמות L_B לא מגיע למראה A. לפיכך מתקבלות שלוש דמויות לפני הכיסוי ושתי דמויות אחרי הכיסוי.

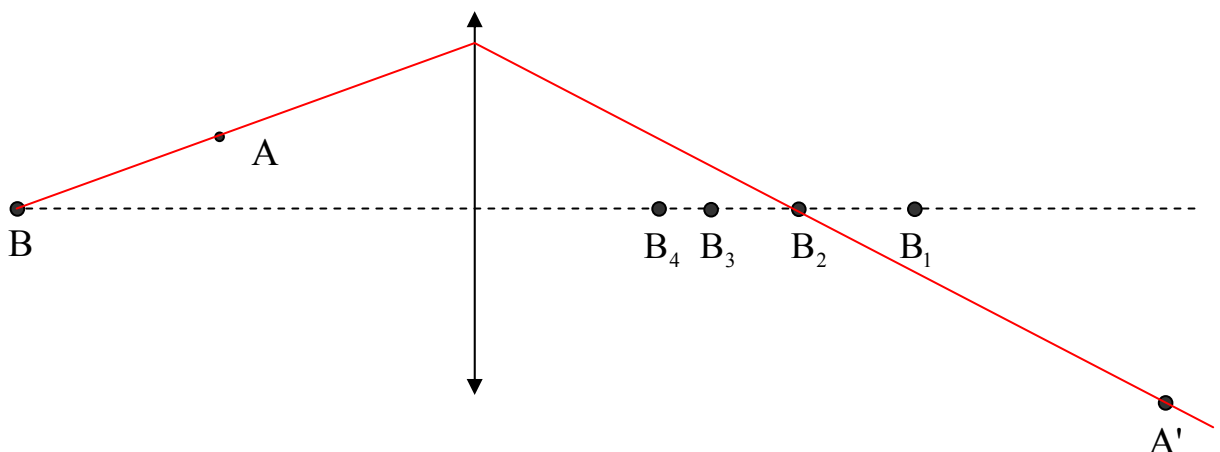


פתרון שאלה מס' 18 , התשובה הנכונה היא א'

בנקודה הנמוכה ביותר למשקולת הזהב יש את המהירות הגבוהה ביותר ולכן התאוצה הנורמלית (המאונכת למסלול) היא הכי גדולה ומכאן מתיחת החבל עבור משקולת הזהב היא הגדולה ביותר. עבור שק תפוחי האדמה, הוא נמצא במנוחה התאוצה הנורמלית שווה אפס ולכן מתיחות החבל עבורו היא הקטנה ביותר. כמובן שעבור שק החציר מהירותו קטנה מזו של מטיל הזהב אולם גדולה ממהירות שק תפוחי האדמה. לסיכום המתיחות T_2 עבור מטיל הזהב היא הגדולה ביותר ואילו המתיחות T_3 עבור תפוחי האדמה היא הקטנה ביותר.

פתרון שאלה מס' 19 , התשובה הנכונה היא ב'

מאחר והנקודה A' היא הדמות של A, משתמע כי כל אלומה היוצאת מ-A צריכה להגיע לנקודה A' . זה כולל גם את האלומה שיצאה מנקודה B ועברה דרך A. היא גם חייבת להגיע ל- A' כי היא יצאה גם מ-A. כפי שאנו רואים, האלומה הנ"ל חותכת את הציר האופטי בנקודה B_2 . הנקודה B נמצאת על הציר האופטי ולכן גם דמותה על הציר האופטי. מכאן B_2 היא הדמות של B.



פתרון שאלה מס' 20 , התשובה הנכונה היא ד'

מאחר והכדור נזרק אופקית, וקיימת התנגדות אוויר, מיד לאחר זריקתו הוא חייב להאט, ללא תלות במהירות זריקתו. הסיבה לכך היא כי תאוצת הכובד מיד לאחר הזריקה מאונכת למהירות ותאוצה המאונכת למהירות לא משנה את גודל המהירות.

אפשר להגיע למסקנה זו גם בדרך אחרת. נניח כי התאוצה האופקית מיד לאחר הזריקה (בשל התנגדות האוויר) היא $-a$ והתאוצה האנכית בשל כוח הכובד היא g . אחרי זמן קצר Δt

המהירות האופקית היא $V_0 - a\Delta t$ והאנכית היא $g\Delta t$. גודל ווקטור המהירות הוא:

$$V^2 = (V_0 - a\Delta t)^2 + (g\Delta t)^2 = V_0^2 - 2V_0a\Delta t + a^2\Delta t^2 + g^2\Delta t^2 \approx V_0^2 - 2V_0a\Delta t < V_0^2$$

עבור Δt מספיק קטן, האיברים המכילים Δt^2 זניחים ביחס לאיבר המכיל Δt .

נבחן את האפשרויות אחת לאחת.

אפשרות א' תתכן, אם מהירות הזריקה מספיק גדולה והזריקה מגובה נמוך, ההאטה תתקיים עד רגע הפגיעה.

אפשרות ב' תתכן כי ייתכן והכדור נזרק מגובה רב במהירות אופקית קטנה. אמנם תחילה הוא מאט, אולם בהמשך הוא מאיץ בשל כוח הכובד.

אפשרות ג' גם תתכן אם הזריקה היא במהירות גדולה ומגובה נמוך.

אפשרות ד' לא תתכן כי כפי שהראנו מהירות הכדור מיד לאחר זריקתו קטנה.

פתרון שאלה מס' 21 , התשובה הנכונה היא א'

נצנוץ הכוכבים נובע משבירת אור באטמוספירה. תהליכי הסעה של חום באטמוספירה משנים את מקדם השבירה ואז האור משנה את כוונו במעט במעבר באטמוספירה. תופעה זו גורמת לכוכבים להראות מנצנצים. ככל שהאור יעבור בשכבת אטמוספירה עבה יותר, התופעה תתחזק. לכן כוכבים הקרובים לקו האופק מנצנצים יותר.

פתרון שאלה מס' 22 , התשובה הנכונה היא ב'

אלומת האור הפוגעת בכדור היא בעלת חתך עיגול ברדיוס

R ושטח πR^2 . האור הפוגע בזווית פגיעה 45° יחזור

מקביל לקיר ולכן כל האור הפוגע בזווית פגיעה הקטנה מ-

45° לא יגיע לקיר. רדיוס חתך אלומת האור אשר לא מגיע

לקיר הוא $r = R \sin 45^\circ = \frac{R\sqrt{2}}{2}$. שטח החתך של האלומה

$$\text{הוא: } \pi r^2 = \pi \left(\frac{R\sqrt{2}}{2} \right)^2 = \pi \frac{R^2 2}{4} = \pi \frac{R^2}{2}$$

מאחר ואנרגיית האלומה יחסית לשטח החתך של האלומה,

נקבל כי מחצית מאנרגיית האור שפגעה בכדור הגיעה לקיר

ומחציתה לא הגיעה לקיר.

