

פתרון שלב ב' 2018 כיתות י"א

1) עבור מדרון חלק כל האנרגיה הקינטית של הגוף הופכת לאנרגיה פוטנציאלית בשיא הגובה בו הגוף נעצר, על מנת להשיג את אותו הגובה חייבים לזרוק את הגוף אנכית אחרת תהיה לו מהירות אופקית בשיא הגובה. שיא הגובה במדרון:

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

שיא הגובה בזריקה:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgx + \frac{1}{2}m(v \cdot \cos \alpha)^2 \Rightarrow x = \frac{(v \cdot \sin \alpha)^2}{2g}$$

לכן הזווית היא 90 מעלות והתשובה היא ד'

$$2) \text{ החוק השני של ניוטון עבור תנועת כוכב הלכת } \frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \text{ מכאן } r = \frac{GM}{v^2}$$

$$\text{היות ו- } T = \frac{2\pi r}{v}, \text{ הצבת ביטוי לרדיוס נותנת } T \propto v^{-3} \text{ התשובה היא ד'}$$

3) ההתנגשות היא בין הדסקה השלישית לאחת משתי הדסקות, ומכיוון שהיא אלסטית לחלוטין בין מסות זהות הדסקה השלישית נעצרת והדסקה שהיא התנגשה בה מקבלת את כל המהירות v שהייתה לה באותו הכיוון, כלומר במאונך למוט. המערכת של שתי הדסקות והמוט נעה עכשיו בתנועה שמשלבת תנועה קדמית של מרכז המסה במהירות $v/2$ עם סיבוב של המוט במהירות זוויתית:

$$\omega = \frac{v/2}{L/2} = \frac{v}{L}$$

במצב זה מיד לאחר ההתנגשות הדסקה השנייה עדיין לא הספיקה לצבור מהירות (כל המתקף פעל בניצב לכיוון המוט אז הדסקה השנייה לא קיבלה שום שינוי מהירות פתאומי) התאוצה של הדסקה השנייה היא תאוצה צנטריפטלית לפי:

$$a = \omega^2 \cdot \frac{L}{2} = \frac{v^2}{2L}$$

ולכן התשובה היא ב'

4) אם אורך הקשת הוא חזקה שלישית של הזמן אז המהירות המשיקית היא חזקה שניה של הזמן והתאוצה המשיקית היא חזקה ראשונה של הזמן. לעומת זאת התאוצה הצנטריפטלית שווה למהירות בריבוע (חלקי הרדיוס שהוא קבוע) כלומר יחסית לחזקה רביעית של הזמן. לכן התאוצה הצנטריפטלית גדלה יותר מהר מהתאוצה המשיקית כך שהזווית של התאוצה מתחילה מזווית כמעט משיקית לכיוון התנועה וככל שהזמן עובר היא גדלה יותר, שואפת למצב בו היא תהיה מאונכת לכיוון התנועה.

ולכן התשובה היא א'

5) לפי חוק שימור התנע מיד לאחר ההתנגשות מהירות שתי העגלות B,C היא $v_0/2$, עכשיו העגלה A מתחילה לסגור את הפער כי היא נוסעת מהר יותר במהירות התחלתית v_0 . תוך כדי שהיא מאטה העגלות B,C מאיצות. לפי חוק שימור התנע במצב בו התיבה A עוצרת התנע שלה mv_0 עובר כולו לעגלות האחרות

שהתנע המקורי שלהן היה גם הוא mv_0 , לכן אם התנע הכולל שלהן הוא $2mv_0$ הן חייבות לנוע במהירות v_0 . במצב זה הקפיץ צריך להיות רפוי אחרת לא יתקיים חוק שימור האנרגיה, אבל האנרגיה לא מספיקה כדי שזה יתקיים כי אבדה כבר אנרגיה במהלך ההתנגשות הפלסטית.

ולכן התשובה הנכונה היא ד'

6) אם בשלב מסוים של תנועת הכדור באוויר הזווית של התנועה שלו ביחס לאופק היא אלפא אז התאוצה שלו בניצב לכיוון ההתקדמות הרגעי שלו היא גי כפול קוסינוס אלפא, והיא שווה לתאוצה צנטריפטלית, בנוסף מאחר ורכיב המהירות שלו קדימה קבוע קוסינוס אלפא הוא גם היחס בין רכיב המהירות שלו קדימה למהירות הכוללת.

$$\cos \alpha = \frac{v_x}{v}, \quad a_n = g \cos \alpha = \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{v^3}{gv_x} = Kv^3 \quad \text{מכאן}$$

ולכן התשובה הנכונה היא ד'

7) כדי שהזמן הכולל של נפילת הגוף ישמר צריך שהרכיב האנכי של מהירות הגוף לא ישתנה בפגיעה, לכן הרכיב האנכי של מהירות הקליע לפני הפגיעה חייב להיות שווה למהירות נפילת הגוף, מאחר והמהירות הזו היא v והמהירות הכוללת של הקליע היא $2v$ הזווית צריכה להיות 30 מעלות מתחת לאופק. ולכן התשובה הנכונה היא א'

8) נוח לפתור את השאלה על ידי חישוב של עבודת החיכוך, בקטע המחוספס AB הכוח הנורמלי הפועל על

התיבה הוא $mg \cdot \cos \alpha$, ולכן כוח החיכוך הוא $\mu mg \cdot \cos \alpha$, אורך הקטע הוא $L = \frac{\Delta x}{\cos \alpha}$ לכן עבודת החיכוך שהיא המכפלה של השניים אינה תלויה בזווית אלא רק באורך האופקי של הקטע המחוספס. כך איבוד האנרגיה הכולל בשני סוגי המדרון שווה ומאחר ותוספת האנרגיה (עבודת כוח הכובד) שווה האנרגיה הקינטית בקצה המדרון שווה והתיבה תעצור בנקודה G . ולכן התשובה הנכונה היא ב'

9) ברגע האחרון לנקודה A ישנה תאוצה משיקית ביחס למרכז הגלגל, וכיוונה מעלה ולמרכז הגלגל עדין יש תאוצה שמאלה. שתי תאוצות אלה שוות זו לזו (לגלגל כבר כמעט אין מהירות) לכן a_2 חייבת להיות מכוונת אלכסונית מעלה ושמאלה בזווית 45° לכיוון האופקי. ברגע הראשון של הבלימה לתאוצה זאת עוד מתווספת תאוצה רדיאלית שעבור נקודה A גם מכוונת שמאלה, לכן וקטור התאוצה ברגע הזה יהיה יותר נטוי לאופק.

ולכן התשובה הנכונה היא ד'

10) בתחילת הנפילה המוט לוחץ על העגלה, מאחר והמוט נטוי ימינה הכוח על העגלה מכוון שמאלה. לקראת סוף הנפילה המוט צובר מהירות זוויתית ועל מנת לנוע בתנועה מעגלית פועל עליו כוח צנטריפטלי שמושך אותו, כך שכיוון הכוח שפועל על העגלה מתהפך.

ולכן התשובה הנכונה היא ד'

11) בשני המצבים כוח המשיכה הפועל על הכדור מתקזז על ידי הרכיב האנכי של מתיחות החוט B , לכן הרכיב הזה נשמר בין שני המצבים ומאחר והחוטים מתוחים בשני המצבים הזווית של החוט B נשמרת וכך גם מתיחות החוט B זהה בשני המצבים. לעומת זאת הכוח הצנטריפטלי גדל פי 4 עקב הכפלת המהירות הזוויתית. הכוח הזה מתקבל מחיבור המתיחות של חוט A עם הרכיב האופקי של החוט B , אם צריך להכפיל את הסכום פי 4 וחלק אחד נשאר קבוע יש להכפיל את החלק השני פי יותר מ-4 ולכן התשובה הנכונה היא ד'

12) מחוק שימור התנע למהירות הסופית של העגלה עם השק בכל שלושת המקרים יהיה אותו ערך, לכן בשלושת המקרים יהיה גם אותו איבוד אנרגיה.

ולכן התשובה הנכונה היא ד'

13) כאשר גוף נע במסלול עקום התאוצה שלו מכילה רכיב אורכי שלא ניתן לדעת אותו רק מידיעת המסלול, ורכיב שפועל פנימה שמעקם את המסלול. כך כיוון התאוצה חייב להיות כלפי פנים המסלול כלומר או 1 או 3. מצד שני כיוון התאוצה הוא כיוון הכוח היחיד שפועל שהוא בכיוון הגרעין לכן התשובה היא שהתרשים לא אפשרי. בגבול רחוק מהגרעין הקו מהגרעין למסלול אכן יהיה כמעט משיק למסלול שהוא בעל צורה של היפרבולה.

ולכן התשובה הנכונה היא ד'

14) מיד לאחר השחרור תאוצת הכדור היא :

$$ma_1 = mg - \rho_w gV \Rightarrow a_1 = g - g \cdot \frac{\rho_w V}{m}$$

הכיוון החיובי בשאלה זו הוא למטה.

עמוק בתוך המים במצב עמיד התאוצה של הכדור היא אפס עקב התנגדות המים לכן כוח התנגדות המים הוא :

$$0 = mg - \rho_w gV - f_w \Rightarrow f_w = ma_1$$

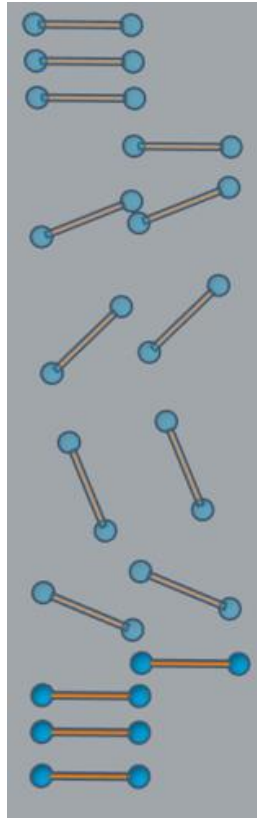
לאחר ההתנגשות האלסטית לחלוטין הכדור נע באותה המהירות רק בכיוון ההפוך לכן הכוח השקול הפועל עליו הוא :

$$f_{Tot} = mg - \rho_w gV + f_w = 2f_w = 2ma_1$$

לכן תאוצת הכדור מיד לאחר ההתנגשות היא $2a_1$

ולכן התשובה הנכונה היא א'

15) בהתנגשות הראשונה הצד הימני של משקולת A מתנגש עם הצד השמאלי של B , בהתנגשות אלסטית לחלוטין ומצחית כזו הצד השמאלי של B מקבל את המהירות של הצד הימני של A והצד הימני של A נעצר. כך מרכזי המסות המשקולות שתיהן נעות לאחר ההתנגשות קדימה בחצי המהירות תוך כדי שהן מסתובבות באותה המהירות הזוויתית עם כיוון השעון. לאחר חצי סיבוב החלקים המנוגדים של המשקולות מתנגשים שוב, ולאחר ההתנגשות משקולת A ממשיכה קדימה ומשקולת B נעצרת :



ולכן התשובה הנכונה היא ג'