

**שאלה 1 [15 נקודות]**

חובה לפתור את השאלה בעזרת השיטה להמרת יחידות שלמדנו בכיתה: המרת שרשרת (factor-label method).

א. [4 נקודות] לנייר להדפסה טיפוסי יש צפיפות משטחית של 80 gsm, זאת אומרת, 80 גרם למטר מרובע. בהינתן שהצפיפות הנפחית של אותו הנייר היא 800 ק"ג למטר מעוקב, חשבו את העובי של דף אחד במיקרומטרים ( $\mu\text{m}$ ).

ב. [3 נקודות] סדרת הנייר A מאופיינת ע"י הכלל הבא:

לדף A0 יש שטח  $2^0$  מטר מרובע (ז"א מטר מרובע אחד).

לדף A1 יש שטח  $2^{-1}$  מטר מרובע (ז"א חצי מטר מרובע).

לדף A2 יש שטח  $2^{-2}$  מטר מרובע (ז"א רבע מטר מרובע).

וכן הלאה. מהו שטחו של נייר רגיל למדפסת A4 בסנטימטרים מרובעים?

ג. [4 נקודות] מהי המסה של חבילת נייר להדפסה טיפוסית? מדובר בנייר A4 בעל צפיפות משטחית 80 gsm, ונתון שיש 500 דפים בחבילה. [תשובה בקילוגרם]

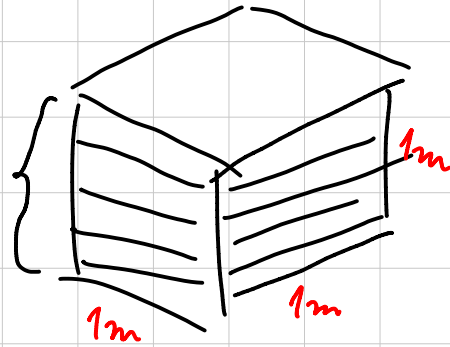
ד. [4 נקודות] בארצות הברית הנייר הרווח הוא לא A4 אלא letter, ומימדיו הם 8.5 אינץ' על 11 אינץ'. בהינתן שאינץ' שווה 2.54 סנטימטרים, מהו שטחו של נייר letter? [במטרים מרובעים]

1

$$80g = 1m^2$$

$$\rho = 800kg/m^3$$

n sheets



לצורך קובייה נ"ר העדר צדד 1m, 800kg המסה, קובייה 1m<sup>3</sup> מסה 800kg, כל אומר העדר מסה 1m<sup>2</sup>, מסך המסה של כל שכבה היא 80g. 80g = 1 layer.

$$800kg = 800kg \left( \frac{1000g}{1kg} \right) \left( \frac{1layer}{80g} \right) = \frac{800 \cdot 1000}{80} layer = 10 \cdot 10^3 layer$$

העדר של כל שכבה הוא העובי הכולל (1m) חלקי מספר השכבות:

$$\frac{1m}{10 \cdot 10^3} = 10^{-4}m \left( \frac{10^6 \mu m}{1m} \right) = \underline{\underline{100 \mu m}}$$

$$A = 2^{-4} m^2 \left( \frac{100cm}{1m} \right)^2 = 2^{-4} \cdot 10^4 cm^2 = \underline{\underline{625 cm^2}}$$

1

2

$$1 sheet = 625 cm^2 = 2^{-4} m^2$$

$$500 \cdot 2^{-4} m^2 = 500 \cdot 2^{-4} m^2 \left( \frac{80g}{1m^2} \right) \left( \frac{1kg}{1000g} \right) = \frac{500 \cdot 2^{-4} \cdot 80 kg}{1000} = \underline{\underline{2.5 kg}}$$

פירוק 800N  
לכאן

3

$$letter = 8.5 \cdot 11 inch^2 \left( \frac{2.54cm}{1inch} \right)^2 \left( \frac{1m}{100cm} \right)^2 = \frac{8.5 \cdot 11 \cdot 2.54^2 m^2}{100^2} = 0.06 m^2$$

**שאלה 2 [10 נקודות]**

מדוע כריות אוויר מקטינות את הסיכוי שנהג ייפצע בזמן תאונת דרכים? הסבירו זאת בעזרת מתקף ותנע. שרטטו גרפים של גודל הכוח השקול שפועל על הנהג כתלות בזמן במקרה שיש ובמקרה שאין כרית אוויר.

② ניקח בתשביון שני מקרים :

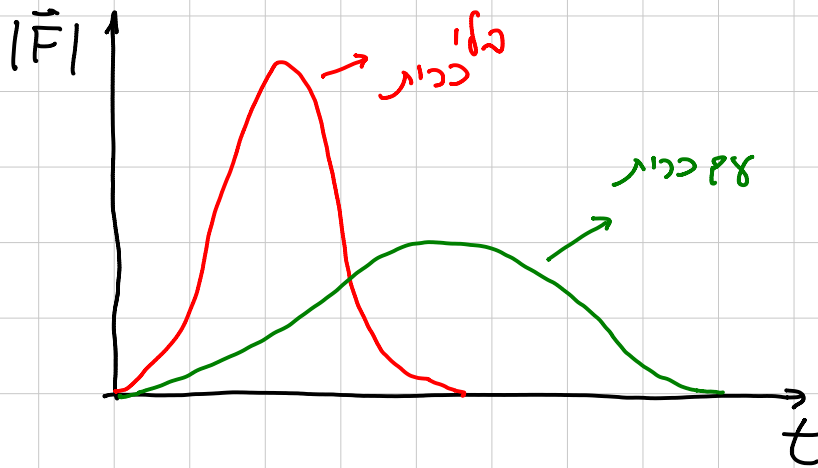
A: התנגשות בלי כריט אוויר.

B: התנגשות עם כריט אוויר.

אם מצוהר האדם בעל מסה  $m$  טנוסל במהירות  $v$ , אס בשני המקרים שינוי התנע יהיה כהה :

$$\vec{\Delta p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = -mv$$

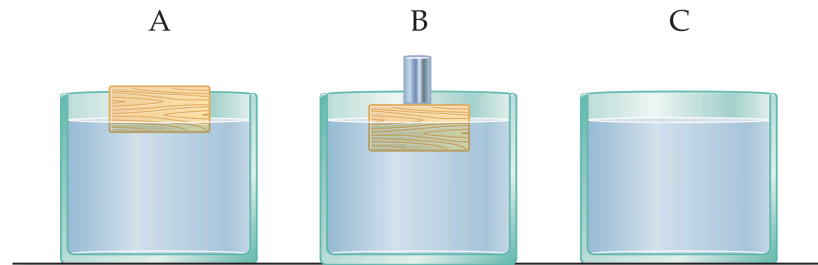
המתקן  $\vec{\Delta p} = \vec{J}$  בשני המקרים כהה, אבל כריט האוויר מאבילה את זמן ההתנגשות, וכך הכוח המריכי שהנוסע מריכיל נמוך יותר.



השטח מתחת לעקומה  $F(t)$  הוא המתקן  $J$  :  $J = \int F dt$ , והשטח כהה כהה בשני המקרים. מכיוון שהכוח המריכי במקרה עם כריט האוויר הוא קטן יותר, אפשר להסיק שהנזק עם המסע יהיה קטן יותר.

**שאלה 3 [20 נקודות]**

שלושה מיכלים זהים מלאים במים. בלוק עץ צף במיכל A; בלוק עץ זהה צף במיכל B, כאשר חתיכת עופרת מונחת עליו; מיכל C מכיל רק מים. מפלס המים במיכלים זהה (ראו תמונה).  
**א. [10 נקודות]** סדרו את המיכלים בסדר עולה לפי **משקל המים** שנמצאים בהם. נמקו.  
**ב. [10 נקודות]** כל אחד מהמיכלים מונח על משקל. סדרו אותם לפי סדר עולה לפי הקריאה של המשקל. נמקו.



$$W_{H_2O} = m_{H_2O} \cdot g = V_{H_2O} \rho_{H_2O} g \quad \text{משקל המים : } \boxed{\times} \text{ (3)}$$

בכוס C יש הנפח הגדול ביותר של מים, ובכוס B הנפח הקטן ביותר. לכן

$$W_{H_2O}^B < W_{H_2O}^A < W_{H_2O}^C$$

$\boxed{7}$  לפי חוק ארכימדס, משקל האובייקט שצפים הוא כמשקל הזורח שנצמד. משקל המים שחסר בכוסות A ו-B (ביחס לכוס C) הוא הציוק המשקל של האובייקט שצפים בהם, לכן לכל הכוסות יש אותו המשקל.

$$W_{\text{כוס}}^A = W_{\text{כוס}}^B = W_{\text{כוס}}^C$$

$W_{\text{כוס}}$  מצוין את משקל הכוסות + משקל המים + משקל האובייקט שצף.

### שאלה 4 [30 נקודות]

גיין, בעלת מסה  $50 \text{ kg}$ , צריכה להציל את טרזן, הנמצא בגדה השנייה של נהר שרוחבו  $D$ . היא צריכה להתנדנד בעזרת חבל בעל אורך  $L$ , מזווית  $\theta$  ביחס לאנך (ראו ציור). רוח נושבת בכיוון אופקי, וכך כוח קבוע  $\vec{F}$  מופעל עליה כלפי ימין.

נתונים:  $D = 50.0 \text{ m}$ ,  $F = 110 \text{ N}$ ,  $L = 40.0 \text{ m}$ ,  $\theta = 50.0^\circ$ , and  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .

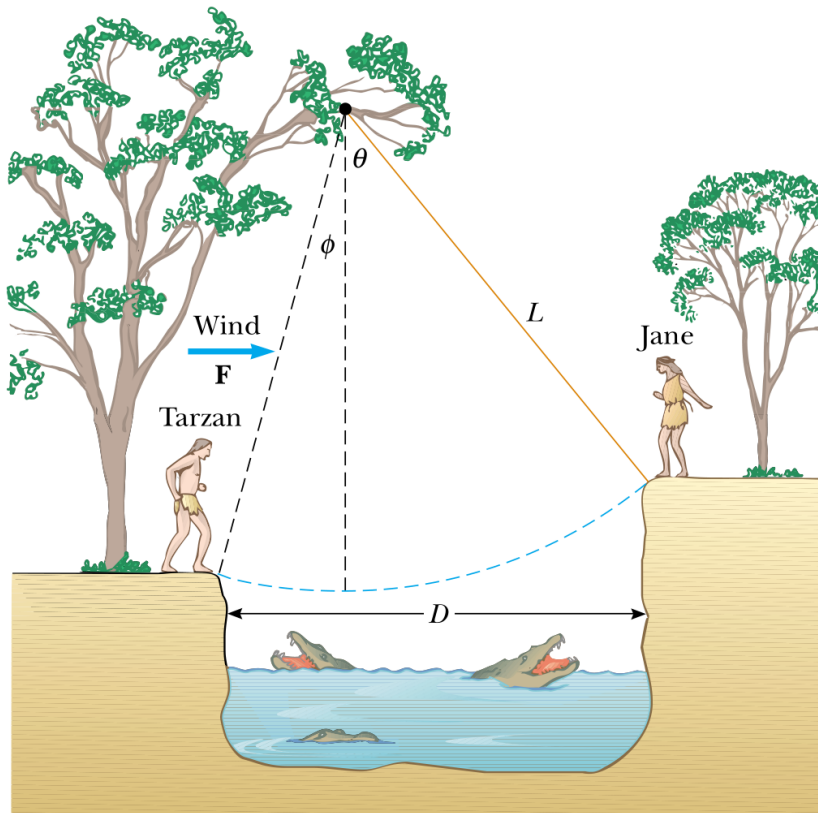
א. [4 נקודות] מצאו את הזווית  $\phi$ . פתרו בצורה פרמטרית, ורק אז הציבו את הערכים.

ב. [4 נקודות] מהו הפרש הגבהים בין גיין לטרזן?

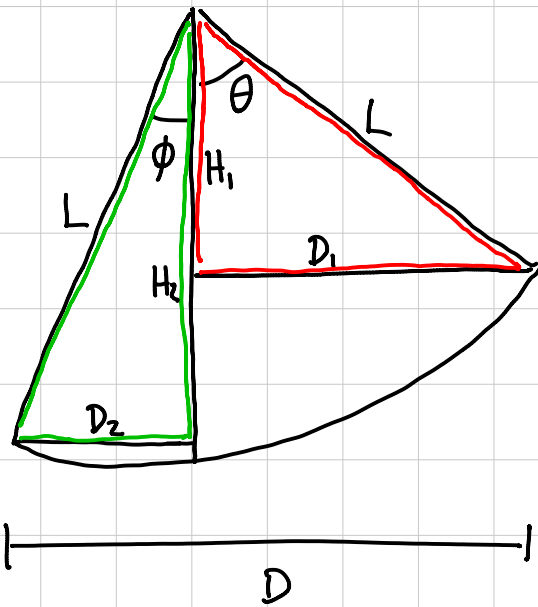
ג. [4 נקודות] מה העבודה שהרוח עושה על גיין כאשר היא מתנדנדת לכיוון של טרזן?

ד. [9 נקודות] מה צריכה להיות המהירות המינימלית של גיין ברגע שהיא יוצאת מהגדה הימנית כדי שהיא תצליח להגיע לגדה השמאלית?

ה. [9 נקודות] אחרי שגיין מגיעה לטרזן, שניהם צריכים לחזור חזרה לגדה הימנית. מה צריכה להיות המהירות המינימלית שלהם כדי שהם יצליחו לעשות זאת ביחד? (טרזן בעל מסה  $80 \text{ kg}$ )



$$\begin{aligned}
 m_J &= 50 \text{ kg} \\
 m_T &= 80 \text{ kg} \\
 D &= 50.0 \text{ m} \\
 F &= 110 \text{ N} \\
 L &= 40.0 \text{ m} \\
 \theta &= 50.0^\circ \\
 g &= 9.8 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$



$\boxed{X}$  (4)

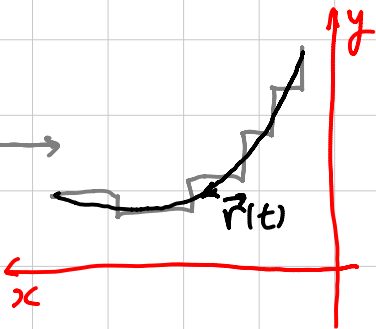
$$\begin{aligned}
 D_1 + D_2 &= D \\
 \sin \theta &= \frac{D_1}{L} \rightarrow D_1 = L \sin \theta \\
 \sin \phi &= \frac{D_2}{L} \rightarrow D_2 = L \sin \phi
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L \sin \theta + L \sin \phi &= D \\
 \sin \phi &= \frac{D}{L} - \sin \theta
 \end{aligned}$$

$$\phi = \text{ARCSIN} \left( \frac{D}{L} - \sin \theta \right) = 28.9^\circ = 0.51 \text{ rad}$$

$$\begin{aligned}
 h &= H_2 - H_1 \\
 h &= L \cos \phi - L \cos \theta \\
 h &= 9.29 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$\boxed{2}$



המסלול של ג'ין עקום, ואפשר לכתוב את  $\vec{r}(t)$

$\boxed{3}$

הכוח של הרוח הוא  $\vec{F}_{\text{רוח}} = -F_{\text{רוח}} \hat{i}$

העבודה של הרוח היא המכפלה הסקלרית

של כוח הרוח וההצטרק של ג'ין. מכיוון שהרוח נושבת בכיוון האופקי כלפינו, היא לא מסוגלת לעשות עבודה על הצטרק אנכי, וההצטרק האופקי הכולל הוא  $\Delta \vec{x} = D \hat{i}$ , לכן  $W = \vec{F}_{\text{רוח}} \cdot \Delta \vec{x} = (-F_{\text{רוח}} \hat{i}) \cdot (D \hat{i})$

$$W = -F_{\text{רוח}} \cdot D = -5500 \text{ J} < 0$$

אפשר לקרוא את זה שהרוח עושה עבודה שלילית על ג'ין. מכיוון שהרוח נושבת בכיוון האופקי כלפינו, היא לא מסוגלת לעשות עבודה על הצטרק אנכי, וההצטרק האופקי הכולל הוא  $\Delta \vec{x} = D \hat{i}$ , לכן  $W = \vec{F}_{\text{רוח}} \cdot \Delta \vec{x} = (-F_{\text{רוח}} \hat{i}) \cdot (D \hat{i})$ . הרוח עושה עבודה שלילית על ג'ין:  $W = -F_{\text{רוח}} \cdot D = -5500 \text{ J} < 0$ . אפשר לקרוא את זה שהרוח עושה עבודה שלילית על ג'ין. מכיוון שהרוח נושבת בכיוון האופקי כלפינו, היא לא מסוגלת לעשות עבודה על הצטרק אנכי, וההצטרק האופקי הכולל הוא  $\Delta \vec{x} = D \hat{i}$ , לכן  $W = \vec{F}_{\text{רוח}} \cdot \Delta \vec{x} = (-F_{\text{רוח}} \hat{i}) \cdot (D \hat{i})$ . הרוח עושה עבודה שלילית על ג'ין:  $W = -F_{\text{רוח}} \cdot D = -5500 \text{ J} < 0$ .



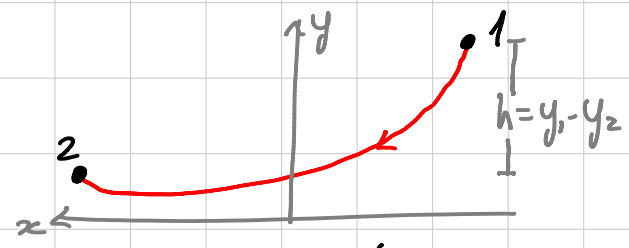
התנאי הוא שלפני תגידם לך שההנחה השנייה במהירות אפס.  
 לשמור על שימור אנרגיה:

□ T

$$E_1 + W_{nc} = E_2$$

$$K_1 + U_1 + W_{nc} = \cancel{K_2} + U_2$$

$v_2 = 0$



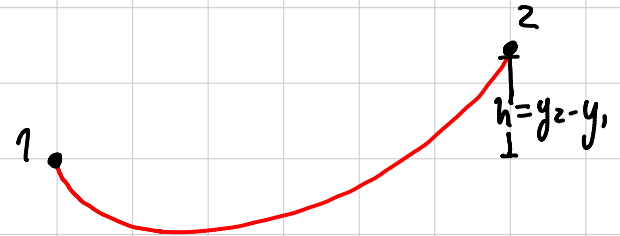
$$K_1 = \frac{mv^2}{2} = U_2 - U_1 - W_{nc} = mgy_2 - mgy_1 - W_{nc} = mg(y_2 - y_1) - W_{nc}$$

$-h$

$$\frac{mv^2}{2} = -mgh - W_{nc} \rightarrow v = \sqrt{2\left(-gh - \frac{W_{nc}}{m}\right)}$$

$v = 6.15 \text{ m/s}$

□ H  
 עכשיו החסה תהיה  $m = 50 \text{ kg} + 80 \text{ kg}$ , ומכיון שהכוח נוסבג  
 לאט הכיוון של ההערכת האופקי, העבודה של הכוח הפעל תהיה  
 חיובית  $W_{nc} = 5500 \text{ J}$ , ש"א הכוח עוזר להם להגיע  
 ללכדה השנייה. שוב התנאי יהיה הלכה עם מהירות אפס.



$$E_1 + W_{nc} = E_2$$

$$K_1 + U_1 + W_{nc} = \cancel{K_2} + U_2$$

$v_2 = 0$

$$K_1 = \frac{mv^2}{2} = U_2 - U_1 - W_{nc}$$

החסה של  
 שניהם

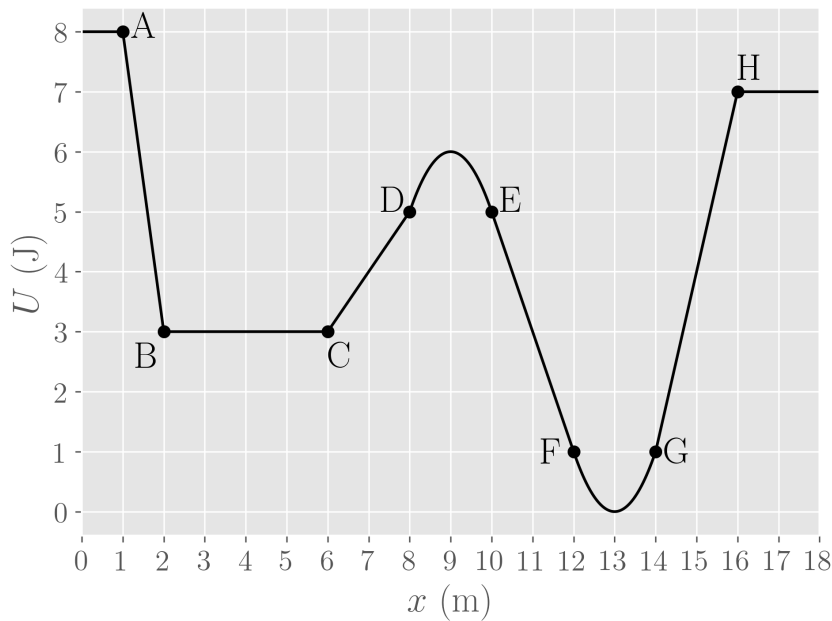
$$\frac{mv^2}{2} = mgy_2 - mgy_1 - W_{nc} = mg(y_2 - y_1) - W_{nc} = mgh - W_{nc}$$

$h$

$$v = \sqrt{2\left(gh - \frac{W_{nc}}{m}\right)} = 9.87 \text{ m/s}$$

**שאלה 5 [25 נקודות]**

- בתמונה למטה מוצג גרף אנרגיה פוטנציאלית עבור גוף בעל מסה 10 kg.
- א. [5 נקודות]** סדרו בסדר עולה את המקטעים AB, BC, CD, EF, GH לפי גודל הכוח שפועל על הגוף. נמקו.
- ב. [5 נקודות]** מהו הערך המירבי לאנרגיה הקינטית של הגוף בנקודה B שישאיר אותו כלוא בבור האנרגיה הפוטנציאלית שבצד שמאל? נמקו.
- ג. [5 נקודות]** מהו הערך המירבי למהירות של הגוף בנקודה F שישאיר אותו כלוא בבור האנרגיה הפוטנציאלית שבצד ימין? נמקו.
- ד. [5 נקודות]** מהו הערך המירבי לאנרגיה המכנית של הגוף שיאפשר לו לנוע בין שני הבורות, אבל לא מימין לנקודה  $x = 16$  m? נמקו.
- ה. [5 נקודות]** האם קיימות נקודות שיווי משקל יציב/לא-יציב בגרף? אם כן, איפה? איך ניתן לזהות את מיקומן ואת יציבותן?



בהצלחה!

**נוסחאות**

$$E_1 + W_{NC} = E_2$$

$$F = -\frac{d}{dx}U(x)$$

$$\vec{J} = \vec{F}\Delta t \text{, ועבור כוח קבוע: } \vec{J} = \Delta\vec{p}$$

$$x_{cm} = \frac{x_1m_1 + x_2m_2 + \dots + x_nm_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

$$P = P_0 + \rho gh$$

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gy = \text{constant}$$

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}t$$

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

$$\vec{F}^{\text{net}} = \Sigma\vec{F} = m\vec{a}$$

$$W = F\Delta x \text{, עבור כוח קבוע:}$$

$$E = K + U_G + U_{EL}$$

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$F = -\frac{d}{dx} U(x)$$

X

5

$$|F_{AB}| = \frac{|U_B - U_A|}{x_B - x_A} = \frac{|3 - 8|}{2 - 1} = 5 \text{ N}$$

$$|F_{BC}| = \frac{|U_C - U_B|}{x_C - x_B} = \frac{|3 - 3|}{6 - 2} = 0 \text{ J}$$

$$|F_{CD}| = \frac{|U_D - U_C|}{x_D - x_C} = \frac{|5 - 3|}{8 - 6} = 1 \text{ J}$$

$$|F_{EF}| = \frac{|U_F - U_E|}{x_F - x_E} = \frac{|1 - 5|}{12 - 10} = 2 \text{ J}$$

$$|F_{GH}| = \frac{|U_H - U_G|}{x_H - x_G} = \frac{|7 - 1|}{16 - 14} = 3 \text{ J}$$

$$|F_{BC}| < |F_{CD}| < |F_{EF}| < |F_{GH}| < |F_{AB}|$$

15 ב,  $E = 6 \text{ J}$  יכול לעבור האם יש יכולת לעבור  $E = 6 \text{ J}$ . האנרגיה הכוללת היא  $E = 6 \text{ J}$ .

$$U_B = 3 \text{ J} \quad \text{בנקודה B}$$

$$E_B = U_B + K_B = 6 \text{ J}$$

$$K_B = 6 \text{ J} - U_B = 6 \text{ J} - 3 \text{ J}$$

$$K_B = 3 \text{ J}$$

17 האם יכול לעבור  $E = 6 \text{ J}$ . בנקודה F,  $U_F = 1 \text{ J}$ .

$$E = K_F + U_F = 6 \text{ J}$$

$$K_F = \frac{mv^2}{2} = E - U_F$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{m}(E - U_F)} = \sqrt{\frac{2}{10}(6 - 1)} = 1 \text{ m/s}$$

ד

האנרגיה המכנית המרבית היא  $\frac{1}{2}mv^2$ , מכיוון ש  
 האנרגיה הפוטנציאלית המקסימלית היא  $U = mgh$ .  
 מכנית גבוהה מהצדק הזה, אם הוא יוכל לברוח ימנה.  
 (ואם האנרגיה תהיה גבוהה מ- $\frac{1}{2}mv^2$  הוא גם יוכל לברוח  
 שמאלה)

ה

קיימת תקופת שיווי משקל יציב ב- $x = 13\text{m}$ , ונתונה שיווי  
 משקל לא יציב ב- $x = 9\text{m}$ . השיפוע של המשיק בנקודה  
 הנקודת האלה הוא אפס, ומכיוון ש  $F = -\frac{dU}{dx}$ , אנו  
 מסתירים שהכוח שפועל על האובייקט הנקודת האלה הוא  
 אפס, לכן "שיווי משקל".  
 $x = 13\text{m}$  היא תקופת שיווי משקל יציב, מכיוון שבה מינימום  
 מקומי של  $U(x)$ .  
 $x = 9\text{m}$  היא תקופת שיווי משקל לא יציב, מכיוון שבה מקסימום  
 מקומי של  $U(x)$ .