

שאלה 1 [12 נקודות]

חובה לפתור את השאלה בעזרת השיטה להמרת יחידות שלמדנו בכיתה: **factor-label method**.

פורסם בעיתון שאמפטמין בריכוז של 630 ng/L נמדד בנחלים של בולטימור, ארצות הברית. [3 נקודות] א. מנה טיפוסית ליום של אמפטמין היא 10 mg . אם 15% מהאוכלוסייה נוטלים מדי יום כמות זו של התרופה, כמה אמפטמין ביום כל 700 אלף התושבים של בולטימור צורכים ביחד? (תשובה בגרמים, g)

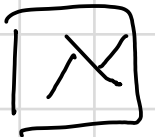
[3 נקודות] ב. הניחו שנחל מסוים מכיל ריכוז אמפטמין של 630 ng/L . בהינתן שיש מיליון ננוגרמים (ng) במיליגרם אחד (1 mg), כמה ליטרים של מים היינו צריכים לאסוף כדי לקבל מסה של מיליגרם אחד (1 mg)?

[6 נקודות] ג. מהו ריכוז האמפטמין שצפוי להימצא במי הביוב של בולטימור? (תשובה בננוגרם לליטר, ng/L) אפשר להניח כי:

- אוכלוסיית בולטימור היא 700 אלף בני אדם.
- 15% מהאוכלוסייה נוטלים 10 mg של אמפטמין מדי יום.
- גוף האדם מסוגל לפרק 50% של מנת האמפטמין, 50% האחרים מופרשים למי הביוב.
- היקף טיפול מי הביוב בבולטימור הוא 950×10^6 ליטרים ביום.
- מיליגרם אחד (1 mg) הוא מיליון ננוגרמים (ng).

$$1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$$

$$1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$$



$$15\% \text{ Population} = \frac{15}{100} \cdot 700 \cdot 10^3 \text{ g} = 15.7 \cdot 10^3 \text{ g} \left(\frac{10 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \right) \left(\frac{10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} \right) =$$

$$= 15.7 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ g} = \boxed{1050 \text{ g}}$$

$$630 \text{ ng} = 1 \text{ L}$$

$$10^6 \text{ ng} = 1 \text{ mg}$$

$$\leftarrow 630 \text{ ng/L} : \text{ריכוז}$$



$$1 \text{ mg} = 1 \text{ mg} \left(\frac{10^6 \text{ ng}}{1 \text{ mg}} \right) \left(\frac{1 \text{ L}}{630 \text{ ng}} \right) = \frac{10^6}{630} \text{ L} \approx \boxed{1587 \text{ L}}$$

א. נשתמש בטבלה של סעיף ב. א. נצי י"ק
 נצרכת כמות של 1050 g אמפטמין בבולטימור,
 ומתוכן, נצבו מדיע לכיוב, כדלמר $\frac{1050}{2} = 525 \text{ g}$



$$\frac{525g}{950 \cdot 10^6 L} = \frac{\text{מ"ג}}{\text{מ"ל}} : \text{יחידות אנכי סיכ'ר}$$

$$\frac{525 \cancel{g}}{950 \cdot 10^6 L} \left(\frac{10^3 \cancel{\text{mg}}}{1 \cancel{g}} \right) \left(\frac{10^6 \cancel{\text{ng}}}{1 \cancel{\text{mg}}} \right) = \frac{525}{950} \frac{10^3 \cdot 10^6 \cancel{\text{ng}}}{10^6 \cancel{L}} \approx \boxed{\frac{553 \text{ng}}{L}}$$

שאלה 2 [28 נקודות]

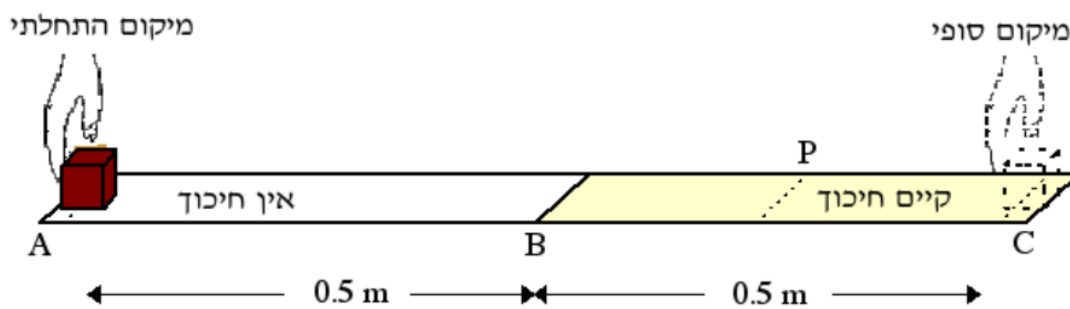
קופסה בעלת מסה $m = 3 \text{ kg}$ נדחפת מנקודה A לנקודה C, כפי שמתואר בתרשים למטה. המשטח הוא חסר חיכוך בין הנקודות A ו-B, ובין הנקודות B ו-C קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הוא μ . היד הדוחפת מפעילה כוח קבוע F בכיוון האופקי בגודל 5 N . הקופסה במנוחה בנקודה A, והיא חוזרת להיות במנוחה כאשר היא מגיעה לנקודה C. גם המרחק בין A ל-B וגם המרחק בין B ל-C שווה 0.5 מטר.

[12 נקודות] א. שרטטו שלושה גרפים עבור התנועה של הקופסה: מיקום כתלות בזמן, מהירות כתלות בזמן, ותאוצה כתלות בזמן. הכיוון החיובי של x פונה ימינה, וראשית הציר נמצא בנקודה A. אין צורך לסמן את הערך המספרי של הגדלים השונים.

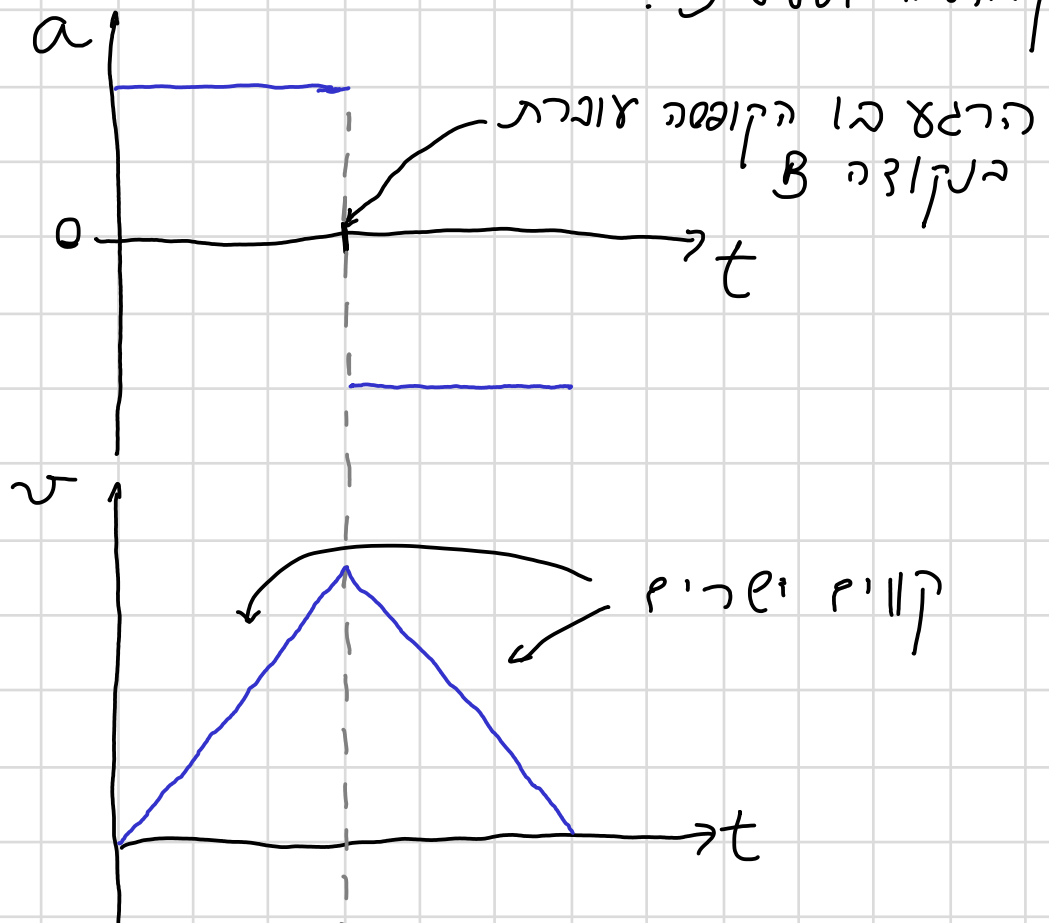
[2 נקודות] ב. שרטטו את כל הכוחות הפועלים על הקופסה כאשר היא בנקודה P.

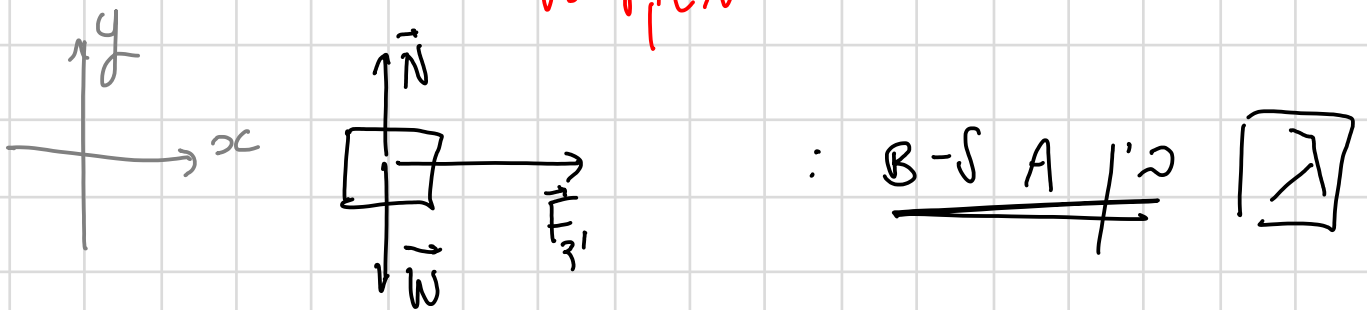
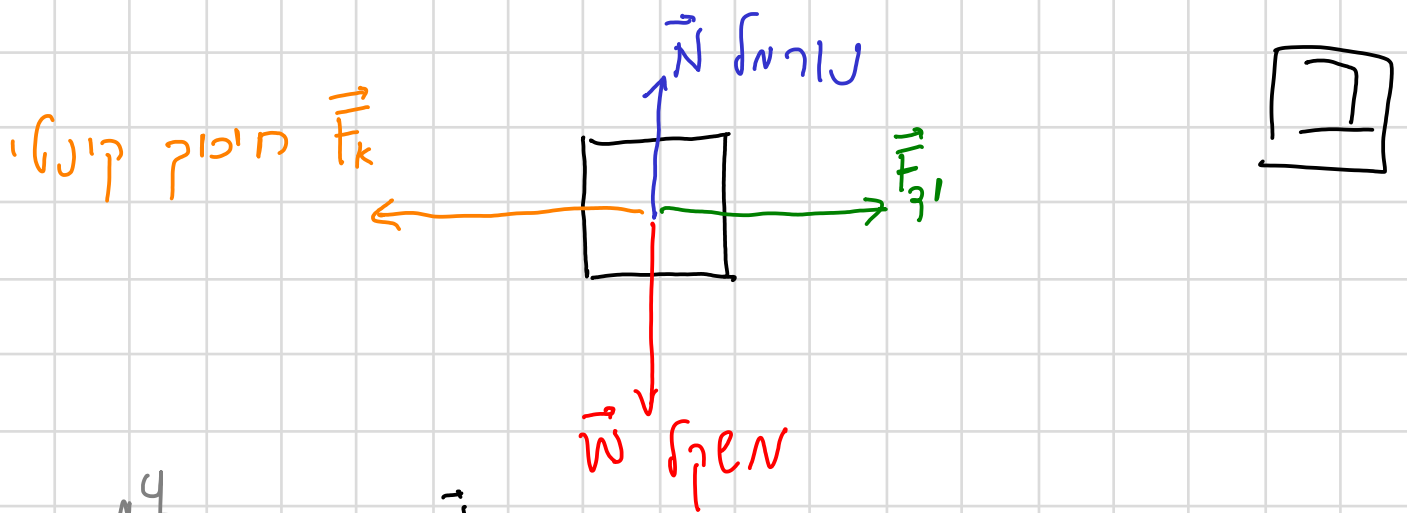
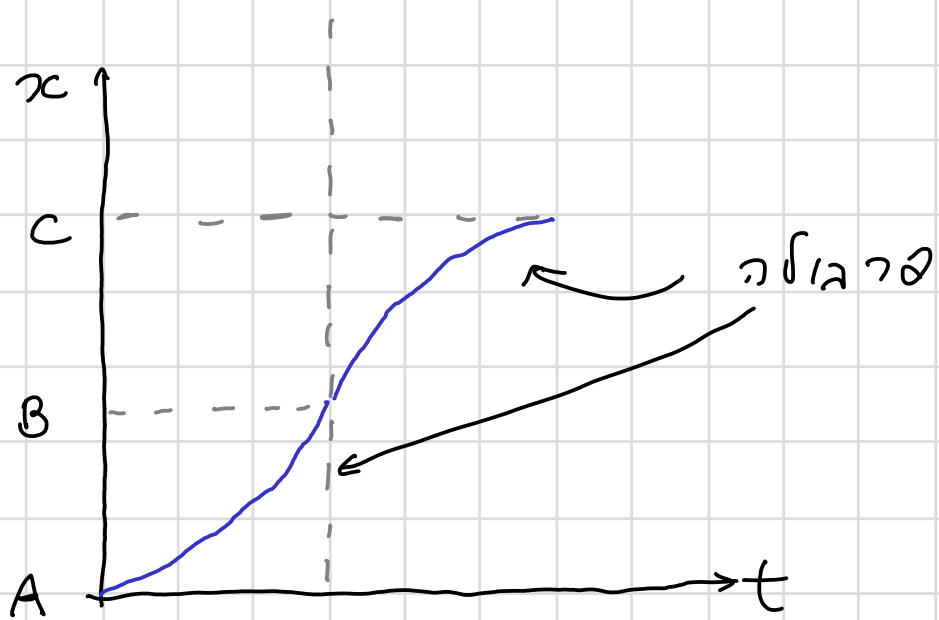
[5 נקודות] ג. מה העבודה ששקול הכוחות עושה על הקופסה בין הנקודות A ו-B, ומה העבודה ששקול הכוחות עושה על הקופסה בין הנקודות B ו-C?

[9 נקודות] ד. חשבו את הערך של מקדם החיכוך הקינטי μ .



בין A ל-B קיימת תנועה עם תאוצה קבועה וחילונית, ובין B ל-C קיימת תנועה עם תאוצה קבועה ואנטיית.





אין תאוצה בכיוון y, לכן שקול הכוחות הוא \vec{F}_{31} .
העבודה של F_{31} בקטע AB:

$$W_{AB} = \vec{F}_{31} \cdot \Delta \vec{x} = F_{31} \cdot \Delta x \cdot \cos \theta$$

$$F_{31} = 5 \text{ N} ; \quad \Delta x = \frac{1}{2} \text{ m} ; \quad \theta = 0$$

$$\cos \theta = 1$$

הכוח וההעברת
 פונ' P לאורך הכיוון

$$W_{AB} = 5 \cdot \frac{1}{2} \rightarrow W_{AB} = 2.5 \text{ J}$$

בין ב-ס-ט: הקופסה יצאה מנקודה A במהירות אפס, לכן E_k^B של הקופסה בנקודה B שווה לעבודה W_{AB} (זהו משפט עבודה-אנרגיה). עמי איתו משפט עבודה-אנרגיה, העבודה של שקול הכוחות בין ב-ס-ט הוא השינוי באנרגיה הקינטית:

$$W_{BC} = \Delta E_k^{B \rightarrow C} = E_k^C - E_k^B = 0 - 2.5$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{v=0 \text{ m/s}}$

$$W_{BC} = -2.5 \text{ J}$$

דטן

$$\sum \vec{F} = \vec{W} + \vec{N} + \vec{F}_{z'} + \vec{F}_k \quad \boxed{\text{I}}$$

עמי סעיף ג:

$$N - W = 0 \rightarrow N = W$$

אין תאוצה בזיר y

זיר y

$$F_{z'} - F_k = \text{שקול הכוחות}$$

זיר x

עמי סעיף ג, העבודה של שקול הכוחות בין ב-ס-ט שווה 2.5 J.

$$W_{BC} = -2.5 \text{ J} = (F_{z'} - F_k) \Delta x$$

$$F_k = \mu N = \mu W = \mu mg$$

מ'קו F_k ?

$$W_{BC} = (F_{z'} - \mu mg) \Delta x$$

דטן

$$F_{z'} - \mu mg = \frac{W_{Bc}}{\Delta x}$$

$$\mu mg = F_{z'} - \frac{W_{Bc}}{\Delta x}$$

$$\mu = \frac{F_{z'} - \frac{W_{Bc}}{\Delta x}}{mg}$$

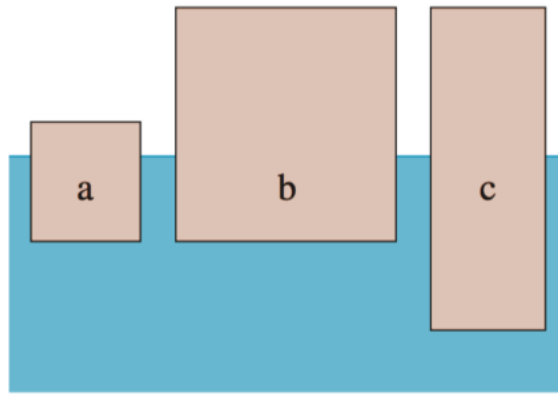
$$\Delta x = \frac{1}{2}m; W_{Bc} = -2.5J; F_{z'} = 5N \quad : \quad \mu = 0.34$$

$$m = 3kg; g = 9.8m/s^2$$

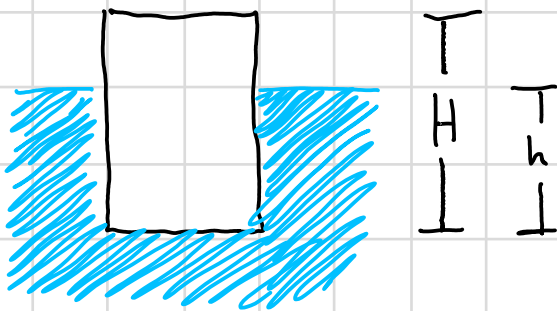
$$\mu = 0.34$$

שאלה 3 [15 נקודות]

שלוש קופסאות צפות במים, כפי שרואים בתרשים למטה. סדרו את שלוש הקופסאות לפי צפיפות מסה ρ (סדר עולה). נמקו את תשובתכם בעזרת המושג כוח הציפה.



אובה הקופסה : H
 אובה הקופסה בתוך המים : h



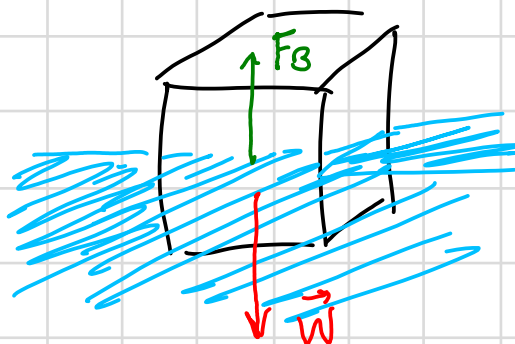
לפי התמונה, נראה כי

$$\frac{h_A}{H_A} \approx 0.7$$

$$\frac{h_B}{H_B} \approx 0.3$$

$$\frac{h_C}{H_C} \approx 0.5$$

נמצא אכילון אג
 הקשר בין $\frac{h}{H}$ לצפיפות הקופסה



$$W = mg = \rho_p \cdot V_p \cdot g = \rho_p \cdot H \cdot A \cdot g$$

קובץ V_p

$$F_B = m_{r'n} \cdot g = \rho_{r'n} \cdot V_{r'n} \cdot g = \rho_{r'n} \cdot \underbrace{h \cdot A}_{V_{r'n}} \cdot g$$

$$F_B = W$$

$$\cancel{\rho_{r'n} \cdot h \cdot A \cdot g} = \cancel{\rho_p \cdot H \cdot A \cdot g}$$

$$\boxed{\frac{h}{H} = \frac{\rho_p}{\rho_{r'n}}}$$

כ' 1003N ככר

$$\frac{h_B}{H_B} < \frac{h_C}{H_C} < \frac{h_A}{H_A}$$

$$\cancel{\frac{\rho_B}{\rho_{r'n}}} < \cancel{\frac{\rho_C}{\rho_{r'n}}} < \cancel{\frac{\rho_A}{\rho_{r'n}}}$$

דכר

$$\boxed{\rho_B < \rho_C < \rho_A}$$

הצפיפות
הקטנה ביותר

הצפיפות הגבוהה
ביותר

שאלה 4 [30 נקודות]

כוח משמר פועל על כדור בעל מסה $m = 4 \text{ kg}$. הגרף למטה מראה את האנרגיה הפוטנציאלית U של הכדור כתלות במיקומו x . הקטעים המקווקווים מציינים שהגרף ממשיך הלאה באותה המגמה.

[6 נקודות] א. שרטטו את הגרף של הכוח F שפועל על הכדור כתלות ב- x .

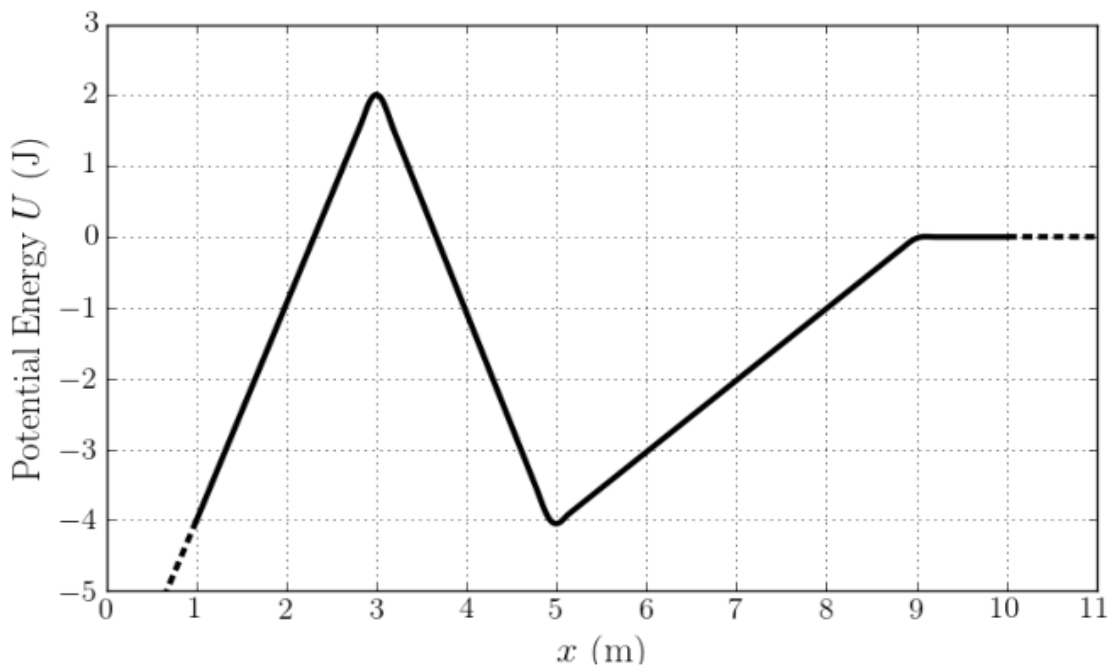
[6 נקודות] ב. תארו באופן מילולי את התנועה של הכדור אם הוא ישוחרר מנקודה $x = 8$ (במהירות אפס).

[6 נקודות] ג. תארו באופן מילולי את התנועה של הכדור אם הוא ייזרק מנקודה $x = 8$ כלפי שמאל במהירות 1 m/s .

[6 נקודות] ד. תארו באופן מילולי את התנועה של הכדור אם הוא ייזרק מנקודה $x = 8$ כלפי שמאל במהירות $\sqrt{2} \text{ m/s}$.

[6 נקודות] ה. איך הגרף שציירתם בסעיף א' היה משתנה אילו האנרגיה הפוטנציאלית הייתה גבוהה ב-4 ג'אולים בכל נקודה במרחב? (זאת אומרת, אילו העקומה בגרף הייתה עולה ב-4 ג'אולים). נמקו.

בתשובתכם לסעיפים א-ה, השתמשו (לפי הצורך) במושגים הבאים: נקודת שיווי משקל יציבה, נקודת שיווי משקל בלתי יציבה, נקודת מפנה, בור אנרגיה פוטנציאלית, מחסום אנרגיה פוטנציאלית, אוסילציות (תנודות).



$$F = -\frac{d}{dx} U(x) \quad \text{בנוסף } U \text{ ב } \text{N} \cdot \text{m} \quad \boxed{X}$$

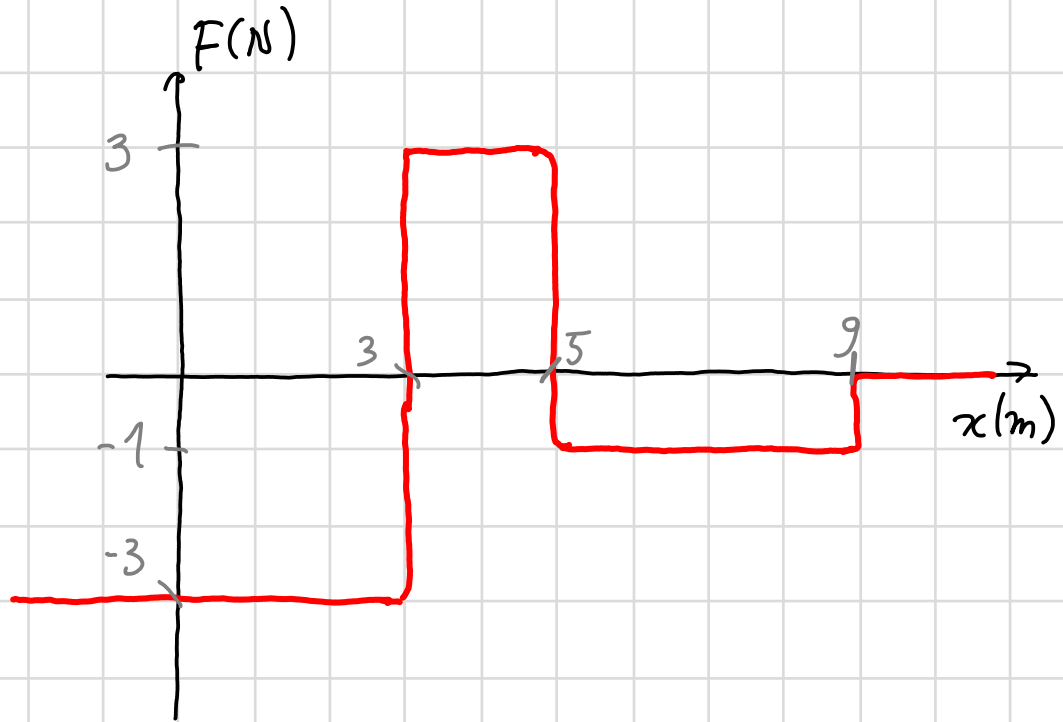
$$F_{13} = -\frac{\Delta y_{13}}{\Delta x_{13}} = -\frac{(2 - (-4))}{2} = -3 \text{ N} \quad \bullet \text{ בין } x=1 \text{ ו-} x=3$$

$$F_{35} = -\frac{\Delta y_{35}}{\Delta x_{35}} = -\frac{(-4 - 2)}{2} = 3 \text{ N} \quad \bullet \text{ בין } x=3 \text{ ו-} x=5$$

$$F_{59} = - \frac{\Delta y_{59}}{\Delta x_{59}} = - \frac{(0 - (-4))}{4} = -1 \text{ N} \quad : \quad x=9 \quad \delta x=5 \quad \bullet$$

$$: \quad x=0 \quad \delta x=9 \quad \bullet$$

$$F_{9,10} = - \frac{\Delta y_{9,10}}{\Delta x_{9,10}} = - \frac{(0-0)}{1} = 0 \text{ N}$$



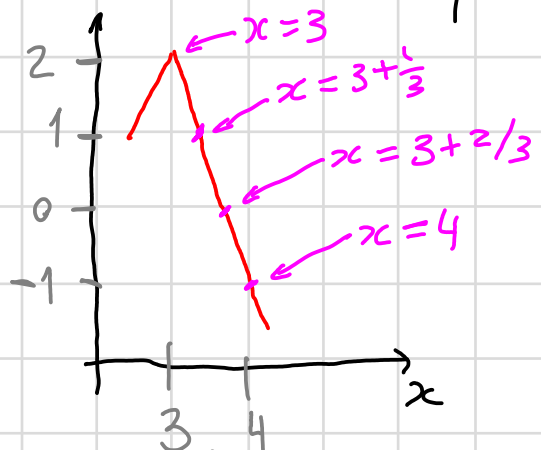
ב מכיוון שהכזר משוכר מנקודה $x=8\text{m}$, מהירותו
 ההתחלתית היא אפס, לכן $E_k=0$. האנרגיה המכנית
 E של הכזר שלו ה-5-5. הכזר עולה תנועה
 אום'טורית (תנועה) בין הנקודות $x=8\text{m}$ ו- $x=4\text{m}$.
 שתי הנקודות האלה נקראות נקודות מפנה. התחום
 $x \in [4, 8]$ מהווה בור אנרגיה פוטנציאלית, והכזר יהיה
 כמות עם מכיוון שאין לו מספיק אנרגיה מכנית לצאת
 משם.

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{4 \cdot 1^2}{2} = 2 \text{ J}$$

$$\leftarrow v = 1 \text{ m/s} \quad \left[\lambda \right]$$

$$E = E_k + U(x=8) = 1 \text{ J} \quad \text{הוא הכזר של הכזר המכנית}$$

הכזור ייסע למאלה עצ שיאיצ לנקודת מנה $x = 3 + \frac{1}{3}$ מ
 אפסר למצוא את הנקודה הזו מתק היתבוננו
 בשכל האנליה הפוטנציאלית:

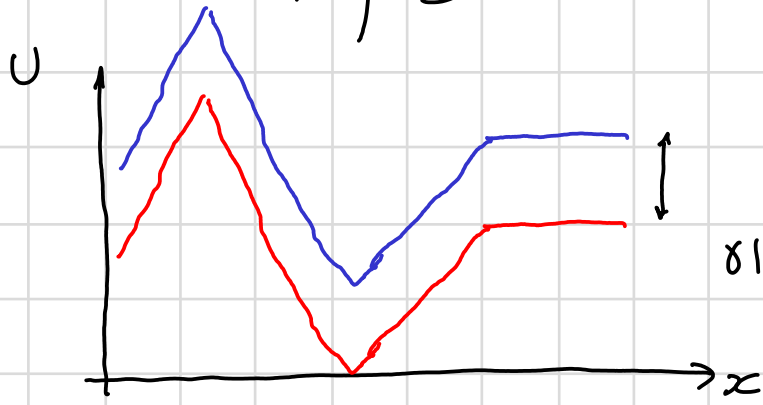


אתר' להכזור ייצר בנקודת
 מנה זו, הוא יקצור חזרה לכיוון
 ימין, וימליק לנסוע בכיוון הזה
 לעולם מכיוון שעכשן הכזור
 יכול לעבור את הור האנליה הפוטנציאלית ליה
 בו.

$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{4 \cdot 2}{2} = 4 \text{ J}$ $v = \sqrt{2} \text{ m/s}$ T

האנליה המכני של הכזור היא $E = E_k + U(x=8) = 3 \text{ J}$
 הפעם יש לכזור מספיק אנליה כדי לנסוע שמאלה
 ולא לעצור אל עץ. מחסום האנליה הפוטנציאלית
 שמסביב לנקודה $x=3$ יותר נמוק מהאנליה
 המכני של הכזור, והפעם אין נקודות מנה
 היתנועה של הכזור.

ה הזרע לא היה מלמנה בכלל. מצוץ? הכוח
 F מתווך רק בשיפוע (נכחה) של האנליה
 הפוטנציאלית, והוספת כוח קבוע לא תלנה
 את השיפוע:



הפכה למעלה-מטה
 לא מלנה את השיפוע

שאלה 5 [15 נקודות]

משאית כבדה ומכונית "חיפושית" מתנגשות התנגשות חזיתית.

[4 נקודות] א. על איזה משני כלי הרכב יפעל כוח גדול יותר כתוצאה מההתנגשות? נמקו.

[4 נקודות] ב. על איזה משני כלי הרכב יפעל מתקף גדול יותר? נמקו.

[3 נקודות] ג. באיזה משני כלי הרכב יהיה שינוי גדול יותר בתנע? נמקו.

[4 נקודות] ד. תאוצתו של איזה מהם תהיה גדולה יותר? נמקו.



א. לפי חוק שלילי של ניוטון, הכוח ל-A מפעיל על B שווה באזלן לכוח ל-B מפעיל על A. עכן, שני כלי הרכב יכילשו כוח באורגו האזלן (וכחובן כטיוונימ הפוכים).

ב. אנחנו כבר יוצאים לאזלן הכוח על כל אחד קטן הוא זהה, וכחובן לשמן ההתנגשות אם יהיה אורגו השמן. מכיוון שהמקל הוא $\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$, אנחנו מסיקים שם אזלן המקל על כל אחד מכלי הרכב הוא זהה.

ג. המקל הוא שינוי בתנע, ובמציל הקוצם הסקנו שאזלן המקל על כל אחד מכלי הככה הוא זהה, עכן השינוי התנע קטן אם יהיה אורגו הככה.

ד. לפי חוק שני של ניוטון $F = ma \leftarrow a = F/m$. הכוח על כל אחד זהה באזלן, אך המסה של החיפושית קטנה בהרבה, עכן תהיה עליה תאוצה יותר אזלנה.