

# גיאומטריה אנרגיה פוטנציאלית

היקשר בין עבודה לאנרגיה פוטנציאלית: הפירוט כי

$$W = -\Delta U$$

צבוע כוח משמרי, במקרה שהכוח קבוע:  $W = F \Delta x$ ,  $\Delta x$  עכ

$$F \Delta x = -\Delta U$$

$$F = - \frac{\Delta U}{\Delta x}$$

$$F = - \frac{dU}{dx}$$

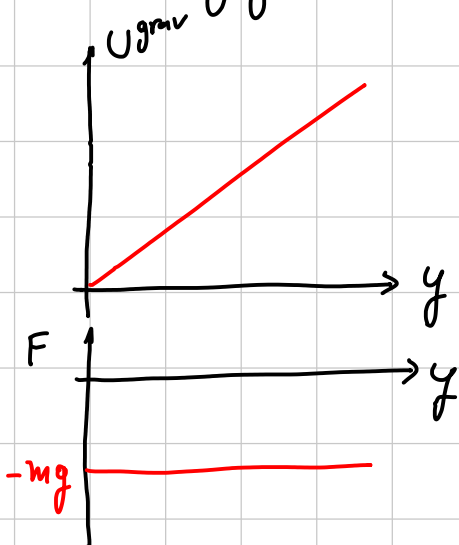
הגבול  $\Delta x \rightarrow 0$

המקרה שהכוח לא קבוע מקבלים את אגף הביטוי, מכיוון שצבוע הערך  $\Delta x$  הוא קטן, הכוח ( $F$ ) נראה כאילו הוא קבוע.

איך נברר את הביטוי שקיבלנו?  
הכוח  $F$  הוא מינוס הנגזרת של  $U(x)$

הכוח  $F$  הוא מינוס הביטוי של היצר  $U(x)$

דוגמה 1 אנרגיה פוטנציאלית כביסליונית:  $U^{grav} = mgy$



הביטוי של  $U^{grav}$  הוא חיובי וקבוע בכל ערך של  $y$ ,  
עכ  $F$  יהיה שלילי וקבוע.

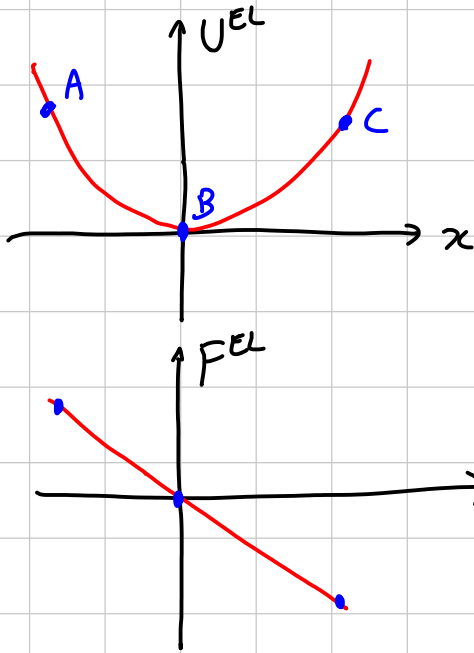
$$F = - \frac{dU^{grav}}{dy} = - \frac{d}{dy} (mgy) = -mg \frac{d}{dy} (y) = -mg$$

$mg$  הוא הביטוי של  $U^{grav}$ , ומכאן כביס שהכוח  
 $F = -mg$

## קואנדה 2

$$U^{EL} = \frac{kx^2}{2}$$

אנרגיה פוטנציאלית אפסית



השיפוע הנקודה A הוא שלילי, לכן  $F$  הוא חיובי  
 השיפוע הנקודה B הוא אפס, לכן  $F=0$   
 השיפוע הנקודה C הוא חיובי, לכן  $F$  הוא שלילי

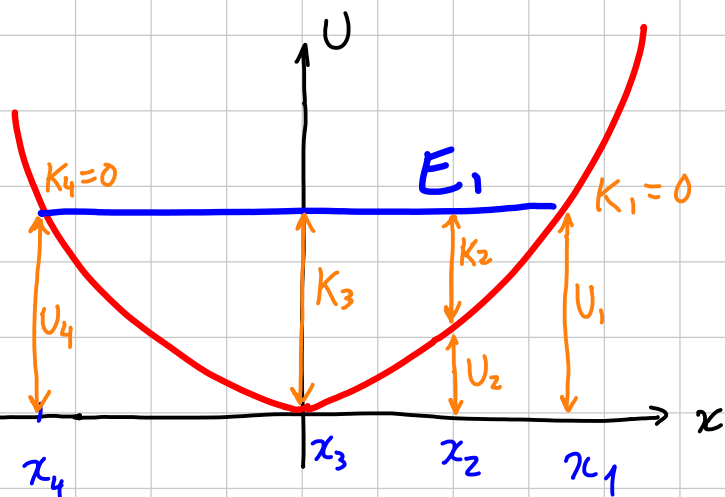
$$F = -\frac{d}{dx} U(x) = -\frac{d}{dx} \left( \frac{kx^2}{2} \right) = -\frac{k}{2} \frac{d}{dx} (x^2)$$

$$F = -\frac{k}{2} \cdot 2x^1$$

$$F = -kx$$

סהי הכוח האפסית  
 שאנחנו מכירים!

## קואנדה אנרגיה



אם נשתר אופי בעל מה  
 מנקודה  $x_1$ , האנרגיה  
 המכנית שלו תהיה:

$$E_1 = K_1 + U_1$$

$$E_1 = U_1$$

א: השיפוע של (אט) הנקודה  $x_1$

הוא חיובי, לכן הכוח שפועל על הגוף הוא שלילי, כלומר שמאלה.

ב: הגוף יטע שמאלה. כאשר הוא עובר הנקודה  $x_2$ , יש לו גם

אנרגיה פוטנציאלית וגם אנרגיה קינטית, כך שהסכום הוא אותה האנרגיה

$$E = K_2 + U_2$$

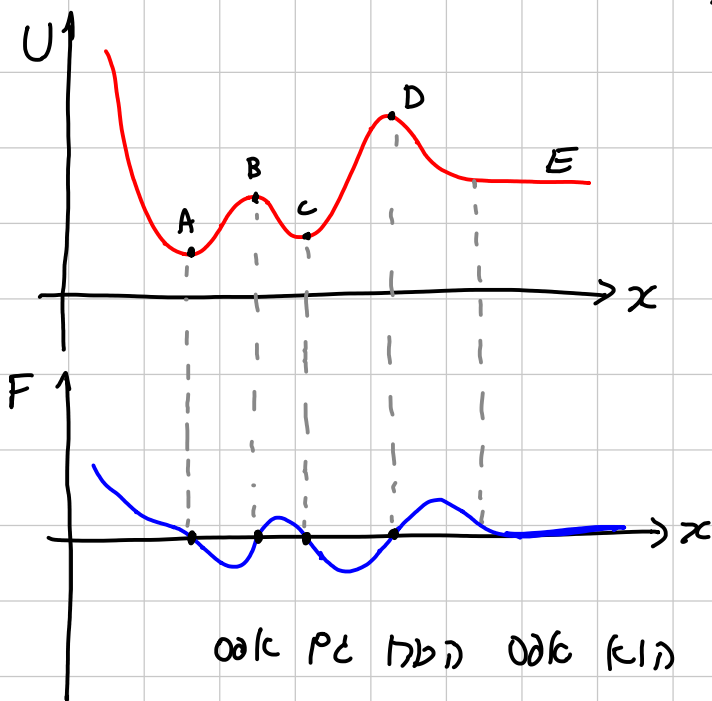
ג: כאשר הטורף משיג לנקודה  $x = x_3$ , עמא פועל עליו שוק כוח, מכיוון שהשיפוע של  $U(x)$  הוא אפס. בנקודה הזאת א מ'יהי, לכן המהירות ע גמ מ'יהיג. לטורף יש מהירות שמאלה, והוא ממשיך הלאה

ד: כאשר הטורף משיג לנקודה  $x_4$ , יש לו רק אנרגיה פוטנציאלית, ואין 'ובר אנרגיה קינטית, זאת אומרת, הוא נעצר. השיפוע של  $U(x)$  בנקודה  $x = x_4$  הוא שלילי, לכן פועל על הטורף כוח חיובי, ומ'יהי. ה: הטורף ינוע בין שתי הנקודות  $x_1$  ו- $x_4$  ולא יעצור לעולם. עננותו שהוא מבצע קורבאים "תנועה אוסילטורית", מהמ'ילה אוסילציה = תנודה

נקודה שבה המהירות היא אפס והטורף משיג את כיוון התנועה. הנקודה שממנה יג ו- $x_4$  הן נקודות מפנה

## נקודת מפנה TURNING POINT

"תכן שבו חזם שאתנו לא מכירים, או מספר כוחות ביחף, ייצרו זכרף אנרגיה פוטנציאלית ככה:



נהנה זכרף איכותי  
צמר F

- כאשר השיפוע של  $U(x)$  הוא שלילי, הכוח F חיובי
- כאשר השיפוע של  $U(x)$  הוא חיובי, הכוח F שלילי

- הנקודות אופה שהשיפוע של  $U(x)$  הוא אפס הם הטורף עמ אפס

# נקודת שיווי משקל

נקודה יציבה יהייה כזו שבה  $F=0$   
 הגרף מראה, אלה נקודות A, B, C, D  
 וכל התחום הארוך E

## — שיווי משקל יציב

הכוח מתנגד כיוונו כוח ממשיך, כלומר

$$\frac{dF}{dx} < 0$$

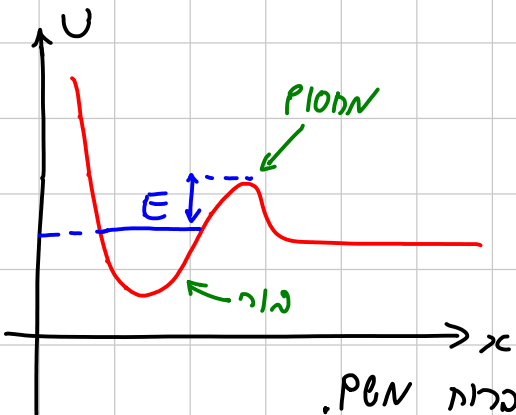
הגרף (אט) אלה נקודות מנימוס

— שיווי משקל לא יציב  
 עכשיו יש שיפוע חיובי  $\frac{dF}{dx} > 0$

— שיווי משקל אציל  
 עכשיו יש נגזרת אפס  $\frac{dF}{dx} = 0$

אם אף משהו מקרה נקודת שיווי משקל יציב, אם האם יעלה  
 ומצב קצת סביב הנקודה הפא.  
 לחיוב, אם אף משהו מקרה נקודת שיווי משקל לא יציב, האם יתרחק  
 עוז ועוז ממנה  
 כמו שהם מראש, אף הנקודת שיווי משקל אציל לא "מפסי" את נקודת  
 שיווי המשקל אלה אם לא ירחק ממנה במיוחד

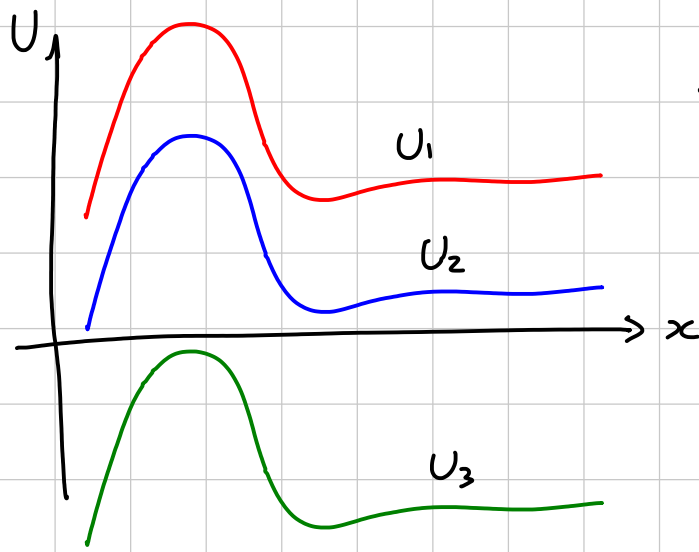
## בור אנרגיה פוטנציאלית



האם, בעל אנרגיה מכנית E, כמא  
 הבור אנרגיה פוטנציאלית, בין שני נקודות  
 המנה הוא היה צריך עוז אנרגיה כדי לעבור משם.

מחסום אנרגיה פוטנציאלית "בעיה" הגרף אנרגיה פוטנציאלית, שלא  
 נותנת לאף לעבור לצד השני  
 (אם אין לא מספיק אנרגיה)

# גובה האנרגיה הפוטנציאלית



נתונים שלושה גרפים כהים, אולם הבנה שונים. מה אלו? יכולים להיות על הכוח?

$$U_1 = U_2 + C$$

$$F_1 = -\frac{dU_1}{dx} = -\frac{d}{dx}(U_2 + C) = -\frac{d}{dx}U_2 - \frac{d}{dx}C = -\frac{dU_2}{dx} = F_2$$

מצאנו כי אף שנתון תמונה השבוע האנרגיה הפוטנציאלית  $U_1, U_2, U_3$  לא יהיה שום דבר שונה ביניהם. רק השינוי של  $U$  חשוב מהחיות היא. נשים לב כי  $U_3$  הוא כולו שלילי. מה זה אומר? כעוס. אם נוסף אנרגיה עם  $U_3$  והוא יהפוך עם  $U_2$ , לא תהיה שום השפעה שניתן להבחין בה.