

**שאלה 1 [15 נקודות]**

חובה לפתור את השאלה בעזרת שיטת "המרת שרשרת" שלמדנו בכיתה (factor-label method). הסופר "שלום עליכם" מספר שכאשר טביה החולב מבקר אצל לייזר-וולף הקצב, הוא הולך מרחק של 3 ורסטאות מהבית שלו בכפר עד העיר אנטבקה. ורסטא (верста) הייתה מידת אורך נפוצה בזמן האימפריה הרוסית, והיא שווה 500 סאז'נים. סאז'ן (сажень) הוא המרחק בין זרועותיהם הפרושות לרווחה של אדם (גדול מאוד), והוא שווה 2.1336 m.

א. [7 נקודות] בהינתן שאורכה של פסיעה של טביה שווה 67 cm, כמה פסיעות הוא הלך מהבית עד אנטבקה? [יש לעגל למספר השלם הקרוב ביותר].

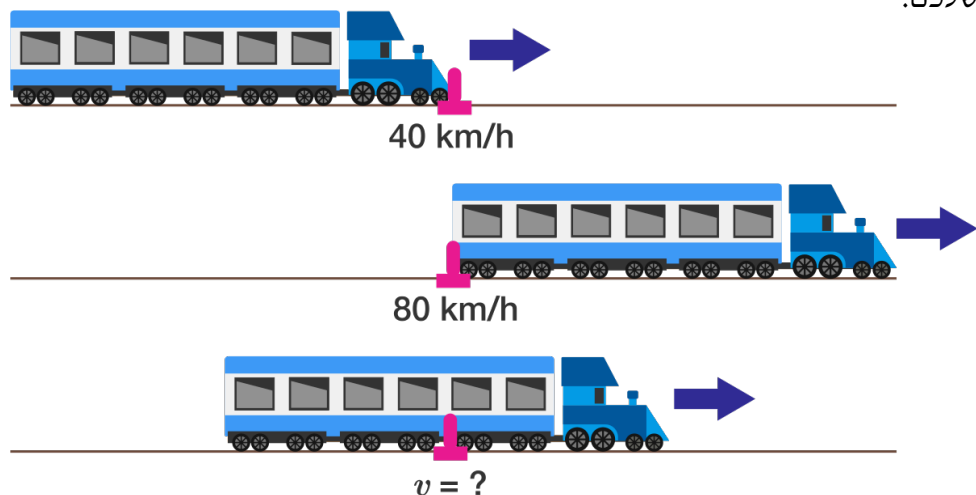
ב. [8 נקודות] טביה בעל חווה ששטחה 0.7 אקר (acre). מה שטח החווה ב"דסיאטינה" (десятина), יחידת שטח מקובלת במערכת המדידות של האימפריה הרוסית? נתונים: דסיאטינה שווה ל-3200 סאז'נים מרובעים, אקר שווה לשטח של ריבוע בעל צלע 70 ירד'ים, בעוד ירד' שווה 91 cm.

**שאלה 2 [15 נקודות]**

רכבת, הנוסעת בתאוצה קבועה, עוברת דרך עמוד ליד המסילה. הקצה הקדמי של הרכבת עובר את העמוד במהירות 40 קמ"ש, והקצה האחורי של הרכבת עובר את העמוד במהירות 80 קמ"ש. שרטטו שלושה גרפים עבור תנועת הקצה הקדמי של הרכבת: מיקום כתלות בזמן, מהירות כתלות בזמן, ותאוצה כתלות בזמן (חובה!). ציר  $x$  פונה לכיוון ההתקדמות של הרכבת. באיזו מהירות מרכז הרכבת עובר את העמוד?

א. יותר מהר מ-60 קמ"ש.  
 ב. בדיוק ב-60 קמ"ש.  
 ג. יותר לאט מ-60 קמ"ש.

נמקו את תשובתכם בעזרת הגרפים או בעזרת פתרון של משוואות, והסבירו במילים את הבחירה שלכם.



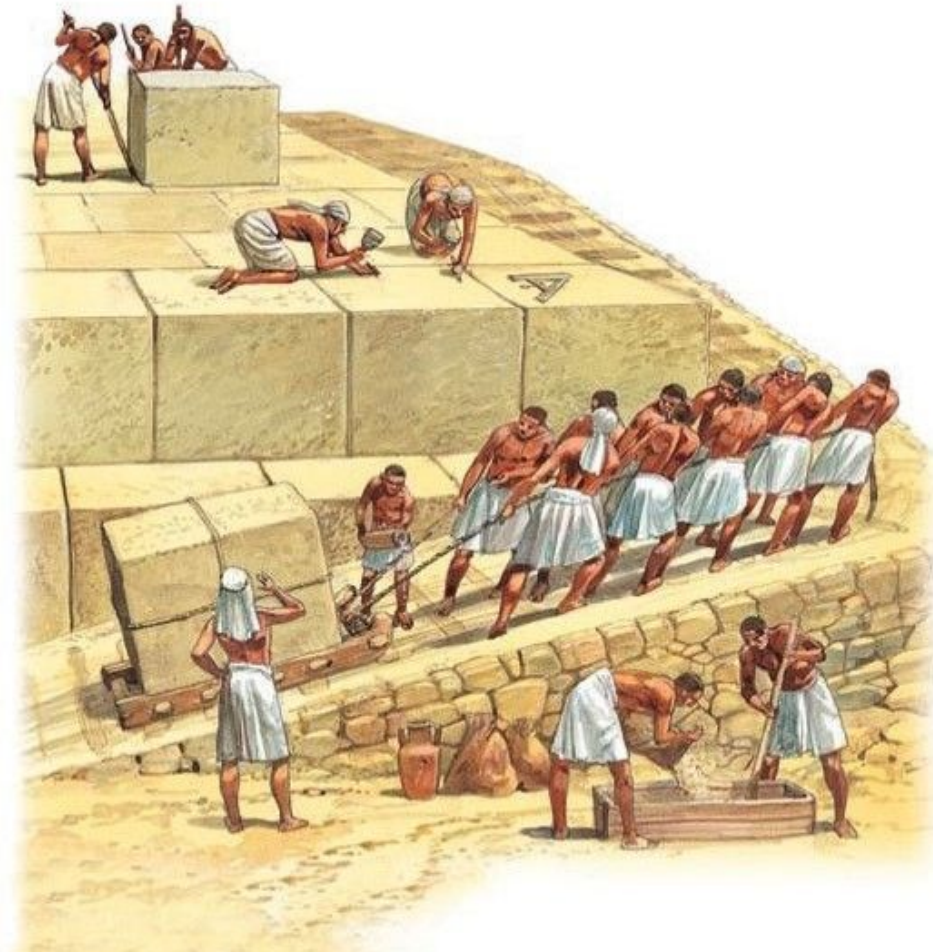
**שאלה 3 [35 נקודות]**

קבוצת פועלים מושכים בלוק אבן במעלה מדרון משופע במהירות קבועה  $v = 0.2 \text{ m/s}$  (ראו תמונה). נתונים:

- מסת הבלוק  $9000 \text{ kg}$ .
  - זווית המדרון המשופע היא  $\alpha = 30^\circ$  ביחס לאופק.
  - מקדם החיכוך הקינטי בין האבן למשטח  $\mu_k = 0.4$ . אין צורך להתחשב במקדם החיכוך הסטטי.
  - הפועלים מושכים את האבן בכיוון מקביל למישור המשופע, וכל אחד מהפועלים מסוגל למשוך בכוח  $F = 400 \text{ N}$  לכל היותר.
- א. [10 נקודות]** שרטטו דיאגרמת גוף חופשי עבור בלוק האבן. ציינו את כל הכוחות הרלוונטיים, והגדירו מערכת צירים.

**ב. [12 נקודות]** כמה פועלים נחוצים כדי למשוך את הבלוק במהירות קבועה? כמה כוח הפועלים מפעילים ביחד על האבן? (רשמו שני ביטויים). **פתרו באופן פרמטרי**, זאת אומרת, קבלו ביטוי עבור מספר הפועלים וביטוי עבור הכוח כתלות בנתוני הבעייה (כגון  $\alpha, \mu_k, g$ , וכו'), ורק אז הציבו את הערך המספרי של כל אות.

**ג. [13 נקודות]** בזמן  $t = 0 \text{ s}$ , פועל שופך מים על הרצפה לפני הבלוק (ראו תמונה), וכך הוא מקטין את מקדם החיכוך הקינטי ל-  $\mu_k = 0.3$ . נניח שאותו מספר של פועלים עדיין מושך את הבלוק באותו הכוח כמו בסעיף ב'. מה תהייה מהירות הבלוק בזמן  $t = 2 \text{ s}$ ?



**שאלה 4 [35 נקודות]**

שלושה שחיינים דנים על מה הדרך המהירה ביותר לחצות נהר, שזרם במהירות קבועה  $u$ . כולם מסוגלים לשחות באותו גודל מהירות  $v$  (ביחס למים). נגדיר מערכת צירים קרטזית, אשר ציר  $x$  פונה לכיוון הזרם, וציר  $y$  ניצב לכיוון הזרם. השחיינים מתחילים לשחות מראשית הצירים.

- שחיין A ישחה בזווית ישרה ביחס לכיוון הזרם.
- שחיין B חושב שהנהר ייקח את שחיין A במורד הזרם, וכך הוא יצטרך לשחות מרחק יותר גדול כדי לחצות את הנהר, והוא לא יגיע כל-כך מהר כפי שהוא חושב. לכן, שחיין B אומר שהוא ישחה **במעלה** הזרם בזווית  $\theta_B$  ביחס לציר  $y$ , כך שהזרם ייקח אותו בדיוק למקום מול נקודת המוצא שלו. שחיין B טוען שמכיוון שזה יהיה המרחק הקצר ביותר, ומכיוון שכולם מסוגלים לשחות באותה המהירות, הוא זה שיגיע ראשון.
- שחיין C חושב ששחיין B טועה, מפני שהוא יבזבז חלק מהמאמץ שלו בשחייה נגד הזרם. לפי שחיין C, התוכנית הטובה ביותר היא לשחות **במורד** הזרם בזווית  $\theta_C$  ביחס לציר  $y$ , כך שהזרם יעזור לו במקום להתנגד לו. כך, הוא אומר, הוא יוכל לשחות במהירות הגדולה מכולם, ויגיע ראשון לצד השני.

**א. [6 נקודות]** שרטטו את הבעייה, כולל הנהר, זרם המים, מערכת הצירים, ומסלולם של שלושת השחיינים.

**ב. [14 נקודות]** עבור כל אחד מהשחיינים: רשמו ביטוי למהירות  $\vec{w}$  של השחיין ביחס לקרקע, וביטוי למסלול  $\vec{r}(t)$ . השתמשו במערכת צירים קרטזית בדו-מימד (כלומר, בעזרת  $\hat{i}, \hat{j}$ ).

**ג. [15 נקודות]** מי יגיע ראשון? נמקו את תשובתכם בעזרת הביטויים שמצאתם בסעיף ב'.

בהצלחה!

**נוסחאות**

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

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

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

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

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