



# אולימפיאדת רמון לחלל לחטיבות הביניים שנה"ל תש"ף



י"ב טבת תש"ף  
9 בינאר 2020

## אולימפיאדת רמון לחלל תוכן המשך לבתי ספר שעזבו את התחרות לאחר שלב ב'

מורים יקרים,

כיתות אשר לא ממשיכות לשלבים הבאים של התחרות מוזמנות להמשיך ולעסוק כקבוצה בנושא החלל ולבצע משימות במקביל לשלבי התחרות.

הפעם, אנו מציעים לכם ללמוד על הקשר בין תאוצת הכובד למשקל, להכיר את נושא הגרביטציה המלאכותית וללמוד באמצעות ניסוי על הגורמים המשפיעים על עוצמת הגרביטציה המלאכותית.

בהמשך הקובץ מתואר הניסוי אותו אתם מוזמנים לבצע עם תלמידיכם. לאלה מכם שירצו להעמיק בנושא הגרביטציה המלאכותית, מוצע לעיין גם בקובץ המצורף.

בהצלחה!



## הנחיות למדידת גרביטציה מלאכותית באמצעות טלפון חכם

### הכנות מקדימות וציוד:

1. ודאו שבידיכם לפחות שני טלפונים חכמים. אין צורך בכרטיס SIM פעיל אך דרוש חיבור ראשוני לרשת ה-WIFI כדי להוריד אפליקציות חדשות. הורידו את אפליקציות 'מגזין המדע' למדידת קריאות חיישני הטלפון, ואת אפליקציית המטרונום 'soundcorset'.
2. **ציוד:** טלפון חכם, קרש עם חתך רוחב של  $2 \times 4$  ס"מ (לאטה מוקצעת) באורך 3 מטרים ומעלה. 2 גומיות שיער צרות, מסמר באורך (3-4 ס"מ) ס"מ ופטיש או בורג (3-4 ס"מ) ומברג, מסקינג טיפ, סרט מידה נשלף ("מטר").

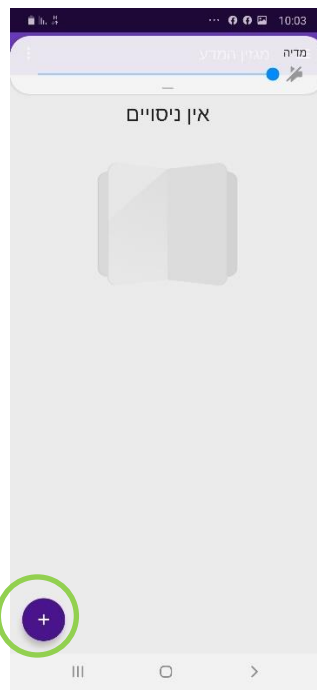
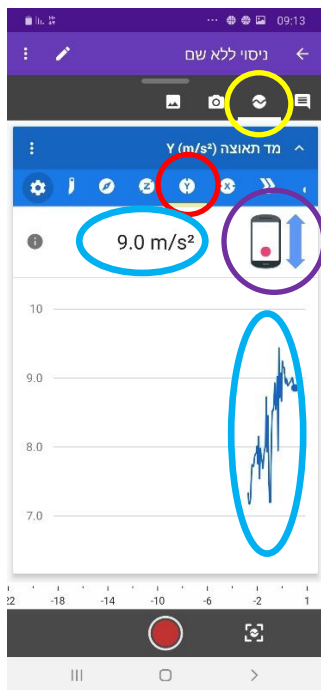
### חלק א' – היכרות עם הטלפון החכם כמכשיר למדידת תאוצה

במשימה הקרובה נשתמש בחיישני הטלפון הסלולרי כדי לחקור את האפשרויות ליצירת גרביטציה מלאכותית בתחנות חלל. קיימות אפליקציות רבות שמציגות חיווי של חיישני הטלפון. בניסוי זה נשתמש באפליקציה 'מגזין המדע'. הורידו אותה לטלפונים שלכם כך שנוכל להכיר אותה וללמוד להשתמש בה.

בטלפונים קיימים מספר חיישנים. בניסוי זה נשתמש בחיישני התאוצה; אתם מוזמנים לחקור גם את שאר החיישנים באופן עצמאי בסוף הפעילות.

### **תאוצה היא קצב השינוי בגודל המהירות או בכיוונה.**

**מד תאוצה** (accelerometer) – מומלץ שבחלק זה התלמידים יעבדו בזוגות עם הטלפונים האישיים שלהם (אם אין טלפון אחד לזוג, אפשר לעבוד בשלשות או שכל הכיתה תמדוד בעזרת על טלפון יחיד או זוג טלפונים).



א. לחצו על כפתור ה "+" באפליקציה והתחילו ניסוי חדש (עיגול ירוק). בשורת הסימנים שבמרכז המסך או בתחתית לחצו על סמליל 'החיישנים' (עיגול צהוב). שימו לב שהמדידה הראשונה שמופיעה היא מדידה של חיישן האור של הטלפון. העבירו את היד מעל חיישן האור הנמצא לצד המצלמה ושימו לב כיצד משתנה ערך עוצמת האור המיוצגת ע"י ערך הציר האנכי של הגרף (ביחידות הנקראות לוקס) כתלות בהתקדמות הזמן המיוצג כערכי הציר האופקי.

ב. כעת לחצו על סמליל 'תאוצת Y' (מוקף

בעיגול אדום) – הגרף מציג את היסטוריית קריאת התאוצה הפועלת על הטלפון בכיוון האורכי המוגדר

## תוכן המשך לבתי ספר שעזבו את התחרות לאחר שלב ב'

כציר ה-Y (אליפסה כחולה עומדת). הערך הרגעי של התאוצה מוצג כמספר מתעדכן (אליפסה כחולה שוכבת). בעזרת שקשוק הטלפון על גבי השולחן ימינה ושמאלה ואחר כך למטה למעלה, זהו מהו ציר ה-Y. לחצו על סמליל 'תאוצת X' וודאו שהציר הרחבי הוא ציר ה-X. שימו לב לאייקון הטלפון עם החיצים שמציג את ציר החיישן ביחס לטלפון (עיגול סגול).

ג. הניחו את הטלפון על השולחן עם המסך כלפי מעלה וקראו את הערך הרגעי של התאוצה בציר X, Y ו-Z; היווכחו מי מהם הוא החריג – בו ניכרת תאוצת הכובד. הטו את הטלפון על צידו כך שכוח המשיכה יפעל בכיוון ציר-X ואז העמידו אותו כך שיפעל בכיוון ציר-Y. בדקו אם קריאת המדידה המקסימאלית זהה בכל הצירים.

ד. גודלה של תאוצת הכובד על פני כדור הארץ הוא 9.8 מטר לשנייה בריבוע. ערכו מדידה מסודרת, בדקו ורשמו לפניכם את קריאת תאוצת הכובד שמודד הטלפון שלכם בשלושת הצירים (x,y,z). רשמו גם את קריאת המדידה כאשר הטלפון מונח בכיוון הנגדי לאורך הצירים. רשמו איזה כיוון העמדה מוגדר כחיובי ואיזה כשלילי בכל אחד מצירי הטלפון. שימו לב שהקריאות אינן תמיד זהות זו לזו בשל אי דיוקים המובנים בחיישן, ששונים בין מכשיר למכשיר.

תאוצת הכובד היא קריאת התאוצה שקורא החיישן כתוצאה מכוח המשיכה כשאין שום תנועה של הטלפון. חיישן התאוצה אינו מסוגל להפריד בין מדידה של תאוצה של הטלפון במרחב (כתוצאה מהזזתו), לבין מדידה של כוח הכובד!

בניסוי שאותו נבצע עכשיו נשתמש בציר ה-Y של הטלפון למדידת תאוצה. לצורך הניסוי השתמשו במכשירי הטלפון שנתנו את קריאת התאוצה הקרובה ביותר בכיוון Y ל-9.8 מטר לשנייה בריבוע, שהוא ערך תאוצת הכובד על פני כדור הארץ.

### חלק ב' - ניסויים בגרביטציה מלאכותית בעזרת טלפון סלולרי

בניסויי החקר שלפניכם תוכלו לחקור ולמצוא כיצד משפיעים קצב הסיבוב (1), ורדיוס הסיבוב (2), על עוצמת הגרביטציה המלאכותית שנוצרת.

ניסוי מספר 1 - השפעת מהירות הסיבוב על עוצמת הגרביטציה המלאכותית - ניסוי מונחה

**מטרת הניסוי:** זיהוי האופן בו משפיעה תדירות הסיבוב על עוצמת הגרביטציה המלאכותית.

אתם מוזמנים לצפות עם התלמידים בסרטון המדגים את אופן ביצוע הניסוי, בקישור הבא:

<https://www.youtube.com/watch?v=l3G3Mk9Gjmc&list=UUIjmm0RmqELrDh3RKLp9ReA>

במהלך ההסברים להלן תוכלו להיעזר בסרטון לצורך המחשת נקודות שונות, כפי שמפורט.

### **שיטה:**

א. אתרו חלל פנימי גדול או רחבה חיצונית כך שיהיה אפשר לסובב את המוט מבלי לפגוע באנשים, קירות או חפצים.

ב. הבריגו בורג או דפקו מסמר (באורך של כ 3 ס"מ) שישמשו כעוגן במרחק של 7 ס"מ מקצה המוט ומקמו שתי גומיות שיער ליד הבורג.

## תוכן המשך לבתי ספר שעזבו את התחרות לאחר שלב ב'

ג. הצמידו את הטלפון אל המוט בעזרת גומיות, כשהמסך פונה כלפי מעלה, צידו התחתון (הצד בו נמצא המיקרופון שאליו מדברים) צמוד לבורג (ראו בסרטון). ודאו שהציר הארוך של הטלפון (ציר Y) מקביל לציר האורך של המוט.



ד. פתחו את אפליקציית המטרונום "soundcorset", קבעו את קצב המטרונום על 42 פעימות בדקה והפעילו בעוצמת קול גבוהה.  
ה. פתחו בטלפון את אפליקציית מגזין המדע, התחילו מדידה

חדשה בסמליל ה "+" והגדירו באמצעות סמליל 'חיישנים' - גרף המציג את מדידת חיישן התאוצה בכיוון Y (סמליל 'תאוצת Y').

ו. כעת סמנו נקודה על הרצפה שתייצג את ציר הסיבוב. ניתן גם לסמן 3 רדיוסים שביניהם זוויות של 120 מעלות (כמו בסרטון), שיקלו על תזמון הסיבוב בהתאם לפעימות המטרונום.

ז. בקשו מאחד התלמידים לעמוד מעל הנקודה המסמנת את ציר הסיבוב ולהחזיק את המוט בשתי ידיים בצורה אופקית כך שמרחק הטלפון כ-2.5 מטרים מציר הסיבוב. סמנו את נקודת ציר הסיבוב (בדיוק בין שתי הידיים) כדי שזו לא תשתנה בין מדידות.

ח. בעזרת סרט המידה מדדו את המרחק בין נקודת ציר הסיבוב על המוט למרכז הטלפון שבקצה המוט.  
ט. לחצו על הכפתור האדום (כפתור ההקלטה) באפליקציית מגזין המדע להתחלת רישום ושמירה של המדידה.

י. לפני תחילת התנועה, ודאו בשנית כי הטלפון מוגן ומקובע היטב למוט. בקשו מהתלמיד להתחיל להסתובב סביב הציר ולסנכרן את קצב הסיבוב עם המטרונום כך שמיקום המוט מתאים לאותה פעימה בכל סיבוב. הנחו אותו לכוון את מבטו אל הטלפון בקצה המוט בעת הסיבוב כדי שלא יקבל סחרחורת.

יא. לאחר שמגיעים למצב בו מצליחים לשמור על הקצב, יש לבצע שלושה סיבובים במהירות קבועה זו ואז לעצור את הסיבוב ואת המדידה בלחיצה שנייה על הכפתור האדום.

יב. ודאו שהמדידה נרשמה ושמרו את הקובץ בלחיצה על סמליל 'העיפון' בשם המציין את קצב המטרונום (42 בסרטון). שימו לב שעבור קצב של 42 פעימות בדקה מבצעים 14 סיבובים לדקה (סל"ד) מכיוון שיש 3 פעימות לכל סיבוב.

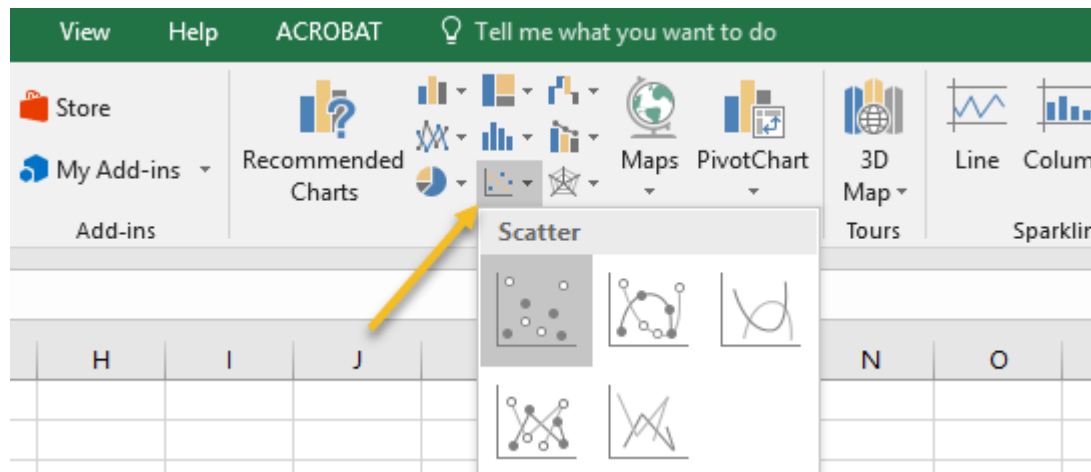
יג. בקשו מהתלמידים להעריך מתוך האפליקציה את התאוצה הממוצעת בקטע הזמן בו התבצעה המדידה.

יד. כעת בחרו תלמיד נוסף, העלו את קצב פעימות המטרונום בקפיצה של 6 פעימות ובצעו מדידה נוספת. חזרו על כך עד שיש בידיכם כ-10 מדידות.

**ניתוח התוצאות** (בכיתת מחשבים):

## תוכן המשך לבתי ספר שעזבו את התחרות לאחר שלב ב'

- א. היכנסו לכל אחד מקובצי המדידה שיצרתם באפליקציית מגזין המדע. לחצו על כפתור שלוש הנקודות בפניה השמאלית העליונה ושתפו את הקובץ באמצעות הודעת דואר אלקטרוני. סמנו טיק על ריבוע 'זמן יחסי' בעת השיתוף כדי לקבל את ערך הזמן הנמדד מרגע תחילת המדידה.
- ב. הורידו ופתחו את הקובץ בתוכנת אקסל בכיתת המחשבים של בית הספר. שימו לב שעבור כל קובץ התקבלו שתי עמודות: עמודת זמנים, ביחידות של מילי-שנייה (אלפיות שנייה) ועמודת תאוצות, ביחידות של מטר לשנייה בריבוע. מטרתנו כעת היא לנתח את הנתונים באמצעות הטבלה וגרף שנשרטט מתוכה, ולחשב את התאוצה הממוצעת עבור כל מדידה. לנוחותכם, להלן הנחיות מפורטות כיצד לבצע זאת למקרה שתרצו להיעזר בהן.
- ג. היכנסו לתפריט 'פריסת עמוד' ולחצו על סמליל 'פריסת גיליון מימין לשמאל' במרכז שורת הפקדים. ודאו שעמודת הזמנים (A) מצד שמאל והתאוצות (B) מצד ימין.
- ד. סמנו את שתי העמודות באמצעות לחיצה על השורה העליונה יחד עם מקש CTRL (או לחיצה על העמודה העליונה הימנית ומעבר לשמאלית תוך כדי לחיצת העכבר). היכנסו לתפריט 'הוספה' ובתיבת התרשימים בחרו תרשים פיזור:



- ה. מתוך הגרף, מצאו את הזמנים במהלך המדידה בהם התקבלה מהירות הסיבוב הקבועה בהתאם לקצב המטרונום - הקטע האופקי של הגרף לקראת סוף המדידה כמוצג בסרטון. לדוגמה: בחרנו את הזמנים 8,000 עד 22,000 אלפיות-שנייה כמדידות בהן קצב הסיבוב היה קבוע.
- ו. שימו לב שקצב הדגימה של מדידת התאוצה אינו קבוע. מדידה מתבצעת כל כמה מאיות שניה - כנראה שהקצב מושפע מהעומס על מעבד הטלפון הנייד. בנוסף, שימו לב שערכי התאוצה הנמדדים בעת שקצב הסיבוב היה פחות או יותר קבוע אינם כולם זהים! תופעה זו נקראת בתורת המדידה **רעש מדידה** והיא תוצאה של אי דיוקים והפרעות בתהליך המדידה.
- ז. אחד הכלים להתגבר על הרעש הוא ה**ממוצע**. חשבו את התאוצה הממוצעת שהתקבלה במהלך זמן המדידה הרלוונטי (הזמן בו קצב הסיבוב היה קבוע) בעזרת פונקציית המיצוע (  $AVERAGE()$  ) באקסל. בתא העליון בעמודה השלישית הפנויה רשמו את הטקסט הבא (בכל מדידה יתקבלו זמנים אחרים בהם הקצב קבוע לכן מספרי התאים יהיו אחרים, אך בדוגמה לעיל אלו התאים):  

$$=AVERAGE(B400:B1100)$$
 הוא הטקסט בסוגריים הוא שמות התאים: (B400) מתאים לזמן ההתחלה (8000 אלפיות שניה), והתא (B1100) מתאים לזמן סוף המדידה (22000 אלפיות שניה).

## תוכן המשך לבתי ספר שעזבו את התחרות לאחר שלב ב'

- סימן הנקודתיים מורה לאקסל להחיל את הפעולה (במקרה זה פעולת מיצוע) על כל התאים בין התא הראשון לאחרון.
- ח. הערך שהתקבל בעזרת פונקציית הממוצע התקבל מתוך כל תחום המדידה שהגדרתם, והוא הערך שמייצג באופן הטוב ביותר את המדידות בהן קצב הסיבוב היה קבוע.
- ט. רכזו בטבלה על הלוח את תדירויות הסיבוב במדידות השונות שביצעתם כנגד התאוצות הממוצעות המתאימות להן.
- י. בנו עמודה חדשה בה תדירות הסיבוב ביחידות של הרץ (Hz) שהם מספר סיבובים לשנייה במקום מספר סיבובים לדקה - סל"ד.
- יא. הכניסו את הערכים שבטבלה לגיליון האקסל וצרו גרף של התאוצה כתלות בתדירות הסיבוב. ודאו שיש לצירי הגרף כותרות הכוללות את יחידות המדידה.
- יב. תוכלו לסיים את הפעילות בביתוח והסקת מסקנות מן התוצאות - בקשו מן התלמידים לגזור את מסקנותיהם לגבי השפעת תדירות הסיבוב על התאוצה.

### ניסוי מספר 2 - מדידת השפעת רדיוס הסיבוב על הגרביטציה המלאכותית - ניסוי עצמאי

אם תרצו בכך, תוכלו לבקש מן התלמידים לתכנן ולבצע ניסוי שני, בו ימדדו את האופן בו משפיע שינוי רדיוס הסיבוב של הטלפון (המרחק לאורך המוט בין מרכז הטלפון לסימן נקודת האחיזה בציר הסיבוב) על התאוצות הנמדדות בטלפון. הנחו אותם להקפיד בעת התכנון על כך שרק פרמטר הרדיוס ישתנה, כלומר, יש לשמור את מהירות הסיבוב קבועה ככל האפשר בכל הניסויים (מומלץ לבחור מהירות סיבוב יחסית גבוהה). גם הפעם, ניתן להשתמש בתוצאות המדידות ולהציג גרף הקושר בין רדיוס הסיבוב של הטלפון לבין תאוצת הגרביטציה המלאכותית, ולנתח את המסקנות מן הניסוי.