

## מבוא לגרפים קויים

פיתוח הפעילות<sup>1</sup>: זאב קרקובר, המכון למצוינות בהוראה, המרכז הישראלי למצוינות בחינוך

### מטרות היחידה

יחידת לימוד זו היא חלק מתכנית הלימודים בתחום "תנועה", אך היא רלוונטית למרבית התחומים שילמדו בעתיד. היחידה עוסקת בהיכרות עם גרפים קויים (תיאור של השתנות גודל כלשהו במהלך הזמן), ביכולת להפיק מהם נתונים ותמונה כוללת, בבנייתם מתוך טבלת נתונים ובהשוואה בין שני הייצוגים האלה (הטבלה והגרף הקווי) ובמעבר ביניהם. בתחום התוכן כוללת היחידה היכרות ראשונה עם גרפי מקום-זמן וגרפי מהירות-זמן.

### מיומנויות

#### קריאת גרפים

- הבנה של תחום "הגרפים".
- הבנת קנה המידה בהקשר של גרפים.
- קריאה (מן הגרף) של ערך המשתנה התלוי, בעבור זמן מסוים.
- קריאה (מן הגרף) של הזמן, בעבור ערך מסוים של המשתנה התלוי.
- זיהוי מגמות של עלייה וירידה במשתנה התלוי.
- זיהוי הזמנים שבהם יש מעבר מעלייה לירידה ולהפך.
- זיהוי התלילות (השיפוע, במובן האינטואיטיבי) של הגרף (באזורי זמן שונים של אותו גרף קווי) עם קצב השינוי של המשתנה התלוי – רמה איכותית.
- זיהוי מגמות של שינוי בתלילות (בשיפוע האינטואיטיבי) של הגרף עם שינויים בקצב השינוי של המשתנה התלוי – רמה איכותית.
- הבנת המשמעויות הפיזיקליות של התכונות המתמטיות האלה.
- תיאור מילולי של המהלך הכולל לשלבו.

**בניית גרפים מתוך נתונים מספריים והפקת נתונים מספריים מתוך גרפים מעבר בין שני הייצוגים (טבלה וגרף) והכרת יתרונותיהם היחסיים**

### מבנה היחידה

עיסוק בסדרה של גרפים (השתנות שיא העולם, עקומות גדילה, עקומות טמפרטורה, תנועת מכונית מהירה, זרימת מים וחול), תוך היכרות עם ההיבטים השונים של הגרף הקווי.

### לוח זמנים אפשרי

יחידה זו עשויה להתמשך שיעור כפול. יידרש עוד שיעור בודד (או פחות) לדיון בשיעורי הבית.

### הרקע של התלמידים

הכרת יחידות הלימוד הקודמות תועיל מאוד.

### ציוד

מחשב מורה, מקרן, חיבור לאינטרנט - חובה  
שעוני עצר בעלי תצוגה ספרתית ומאזניים בעלי תצוגה ספרתית – רשות

<sup>1</sup> שותפים חשובים למעשה מוזכרים בעמוד הבא.

**שותפים לעשייה**

ואלה יעמדו על הברכה :

**מיכאל סבין**, מן הפיקוח על הוראת הפיזיקה, הוא שותף נאמן, משלב החשיבה והתכנון ועד לשלב הסופי.

**ד"ר אבי פולג**, ראש המכון למצוינות בהוראה במרכז הישראלי למצוינות בחינוך, שקרא, האיר וייעץ.

**ד"ר רחל קנול**, מדריכה ארצית במו"ט, מן המינהל למדע וטכנולוגיה, קראה, האירה, הציעה מניסיונה ושיפרה.

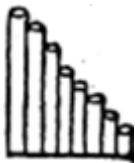
**אתי טל**, מדריכה ארצית במו"ט, מן המינהל למדע וטכנולוגיה, יעצה, תמכה והביאה לאתר.

לכולם תודתי נתונה.

ז.ק.

**משהו על ההיסטוריה של הגרף הקווי**

הגרף הקווי (לצד תצוגות גרפיות אחרות) הוא כלי רב עוצמה שמאפשר לזהות במבט אחד מגמות כלליות, מאפיינים מיוחדים וחרגות. זהו ייצוג בעל אופי ציורי, שאינו מצריך הכרת שפה, מילים ואותיות. לכאורה, הוא היה אמור להקדים את הטקסט הכתוב. אף על פי כן, שימוש בגרפים בהיקף משמעותי, כייצוג מקובל, במסגרת דיון רחב, הוא עניין שהחל להופיע בעיקר במאה השבע עשרה. ייתכן שהדברים קשורים בהופעתה של האלגברה המודרנית בתחילת המאה. ייתכן שהדבר נבע מצורך שהתעורר בעת פיתוח הפיזיקה המתחדשת.<sup>2</sup>



עם זאת, אפשר למצוא גרפים גם במאות קודמות. דוגמה כזאת נמצא אצל המלומד הצרפתי ניקול אוֹרֶסֶם (Oresme, 1320-1382). המשתנה התלוי מוצג כסדרת עמודות שמוזזות זו מזו, לפי המשתנה הבלתי תלוי. אוֹרֶסֶם השתמש בתצוגה כזאת לתיאור התפתחות המהירות בנפילה חופשית (לשם כך הוא הגדיר מהירות ממוצעת). אנו רואים כאן מסלול אפשרי לחדירת הגרף לתרבות שלנו כקו המתאר של העמודות.

בעבור פיזיקאים, רגע הלידה של הגרף הוא ביום השלישי של ה-Discorsi של גלילאו (1638). בחלקו הראשון של היום משתמש גלילאו בתצוגה הגרפית הבאה:



הקו התחתון מתאר את מסלול הגוף. זהו ציר המקום. הקו העליון הוא ציר הזמן. בתצוגה זו הצירים אינם ניצבים זה לזה, אלא מקבילים. ברגעים E, D ו-F הגוף נמצא במקומות A, B ו-C, בהתאמה. בתצוגה זו רואים כי היחסים בין מרווחי המרחק שווים ליחסים שבין מרווחי הזמן. זהו, אפוא, ייצוג של תנועה קצובה.

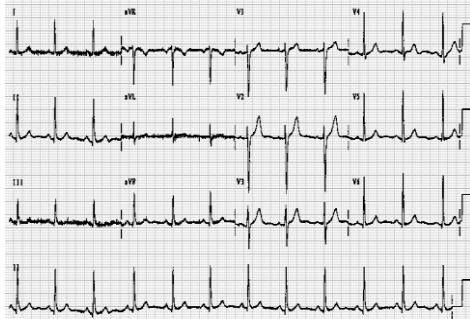
בהמשך היום עוסק גלילאו בנפילה חופשית. הפעם הוא משתמש בשני צירים ניצבים למהירות ולזמן (הפעם הייצוג הוא רציף ולא בעמודות בדידות). שלא כמקובל היום, ציר הזמן הוא הציר האורכי ("האנכי") (ולא הרוחבי ("האופקי")). זה משקף את העובדה שבכיוון התנועה יש סימטריה בין ימין לשמאל, אך בזמן אין סימטריה בין עבר לעתיד. ציר הזמן פונה מן הצופה קדימה. כאמור, כיום מקובל שציר הזמן יהיה אופקי. בתודעתנו, אנו שולטים במקום ובמהירות שלנו, אך הזמן חולף באופן עצמאי, ואין לנו שליטה עליו, ולכן הוא המשתנה הבלתי תלוי, שאותו מציגים בציר הרוחבי. מעניין לציין כי בתורת היחסות אנו חוזרים לכיוון ציר הזמן המקורי של גלילאו.

מטרתנו ביחידה זו היא להביא את התלמידים להיכרות עם תופעות שמשנות בזמן ובדרכי ייצוגן הגרפי. בסיום היחידה יוכלו התלמידים להפיק מידע משמעותי מגרפים וגם לציירם (על סמך נתונים מספריים).

<sup>2</sup> עוד על ההיסטוריה של הגרפים תמצאו כאן: <http://my.ort.org.il/mop/physics/daily/daily620519.doc>

# גרפים קוויים

קריאתם, בנייתם, הבנתם



הגרף הקווי הוא כלי רב עוצמה. הוא מאפשר לקבל תמונת-על, ובמידה מסוימת גם לתת פרטים. הכרת כללי הפענוח של גרף קווי נותנת כלי שהוא אינטואיטיבי ומקצועי כאחד. ביחידה זו התלמידים יתוודעו לגרפים קוויים שבהם המשתנה הבלתי תלוי הוא הזמן. התלמידים יחקרו גרפים שונים ויסיקו מהם מסקנות. הם יבנו גרף מתוך טבלה. תינתן למורה גם אפשרות לערוך ניסוי רלוונטי ולבנות גרף מתוך תוצאות הניסוי (תוך שימוש בטלפונים סלולריים כשעוני עצר וכמצלמות לאגירת תוצאות המדידה).

## ייצוגים ומעברים בין ייצוגים

ייצוגים והמעברים ביניהם הם נושאי רוחב מרכזיים בתכנית העבודה המדעית-טכנולוגית בפיזיקה לכיתה ז'. בלימודי התנועה נעסוק בטבלה, בגרף ובתרשימי עקבות. בלימודי האנרגיה נוסיף תרשימי עמודות ותרשימי עוגה. מסיבה זו כדאי להקדים לעסוק בגרפים ככל האפשר. אפשר לעשות זאת מיד בעקבות יחידת המהירות והדיון בריצת 100 מטרים, שבה עלה עניין הגרף. אפשר לדחות זאת מעט.

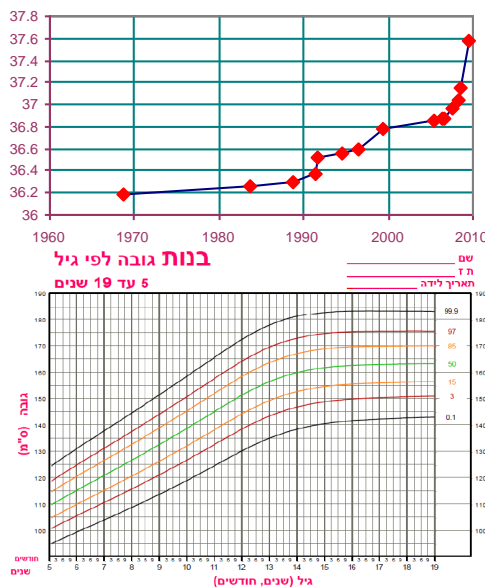
ייצוגים אינם רלוונטיים לתנועה בלבד או לפיזיקה בלבד. מסיבה זו, יחידה זו משופעת בתיאורים גרפיים של תופעות שונות, כולל תנועה. זה אמור לסייע בביסוס הדברים אצל התלמידים.

## סקירת הפעילות

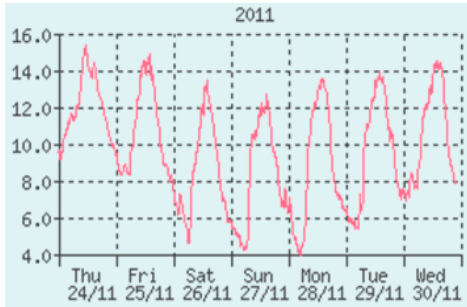
כפתיחה למורה, נציג בקצרה (נרחיב בהמשך) משהו מסדרת הגרפים שהתלמידים ייחשפו אליהם. הסדרה הזאת אמורה להביא את התלמידים בהדרגה להפקת מרב המידע מן הגרף. בידי המורה להחליט אם לעשות את כל הפעילויות בכיתה או להותיר חלק מהן לבית, בהתאם לרקע המוקדם של התלמידים. לרוב הפעילויות יוצע בהמשך "דף חקר". עד כמה יש להשקיע בפעילויות אלה? עד השלב שבו תלמידים ידעו לזהות נתונים מתוך גרף, יוכלו לזהות נקודות קיצון, יזהו אזורים של שינוי מהיר ושינוי אטי, יבחינו בהתנהגויות חריגות, יתנסו לפחות פעם אחת בבניית גרף על סמך טבלה וידעו מה הם היתרונות והחסרונות של שתי שיטות הייצוג (טבלה וגרף).

**שיא העולם ב-100 מטרים:** הגרף הראשון הוא גרף שהוצג כבר ביחידת המהירות – התפתחות המהירות הממוצעת בשיא העולם בריצת 100 מטרים במהלך הזמן. גרף זה ישמש פתיח לדיון. כבר כאן אפשר לדבר על שינויים אטיים ושינויים חדים, ועל ההשתקפות של הדברים בצורת הקו שהועבר בין הנקודות. חשוב להדגיש כי הנקודות הן העובדות. הקו עצמו איננו מבוסס על נתונים, וייתכן שהוא שגוי פה ושם, אך הוא מדגיש מגמות.

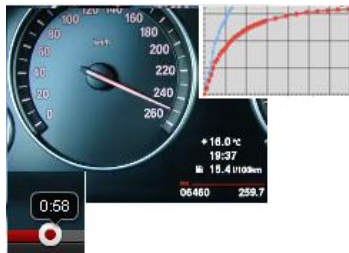
**עקומות גדילה:** תלמידים ישתמשו בעקומות גדילה של משרד הבריאות. בדוגמה הסמוכה העקומות הן מגיל 5 ועד לגיל 19. אפשר לראות כי לקראת בגרות חלה התייצבות בגובה – הגרפים נעשים "אופקיים". אפשר לזהות תקופות של שינויים מהירים בגובה ובמשקל לעומת תקופות של שינויים אטיים יותר, אפשר לזהות מגמות וגם שינויים במגמות. אפשר להוציא נתונים מספריים – גובה עבור גיל מסוים או גיל עבור גובה מסוים. אפשר לעסוק במשמעויות השונות של הגרפים השונים.



עקומות הגדילה האלה מכסות גם את הגיל שבו נמצאים התלמידים. זה עשוי לסייע להם להתחבר אל הפעילות.



**מזג האוויר – התפתחות הטמפרטורה:** הגרף שלפנינו מייצג את התפתחות הטמפרטורה במהלך שבוע שלם, כפי שהיא נמדדה בתחנה מטאורולוגית בשכונת ניות שברושלים, וכפי שהיא מוצגת באתר "ירושמים". בגרף זה יש עליות וירידות. הגרף מזמין שפע של שאלות. מה הייתה הטמפרטורה המרבית (או המזערית) באותו שבוע ומתי זה התרחש? כמה פעמים בשבוע הייתה הטמפרטורה 10 מעלות? מתי היו שינויים חדים בטמפרטורה? ועוד. אפשר להשוות את תוצאות קריאת הגרפים עם הטבלה המפורטת של התוצאות וללמוד משהו על היתרונות והחסרונות של כל ייצוג.



**התנועה של מכונית מהירה:** התלמידים ישתמשו בטבלה של מהירות כנגד זמן, כדי לבנות גרף מתאים. הנתונים נלקחים ממדידת וידאו (YouTube) של מד המהירות במהלך התנועה.

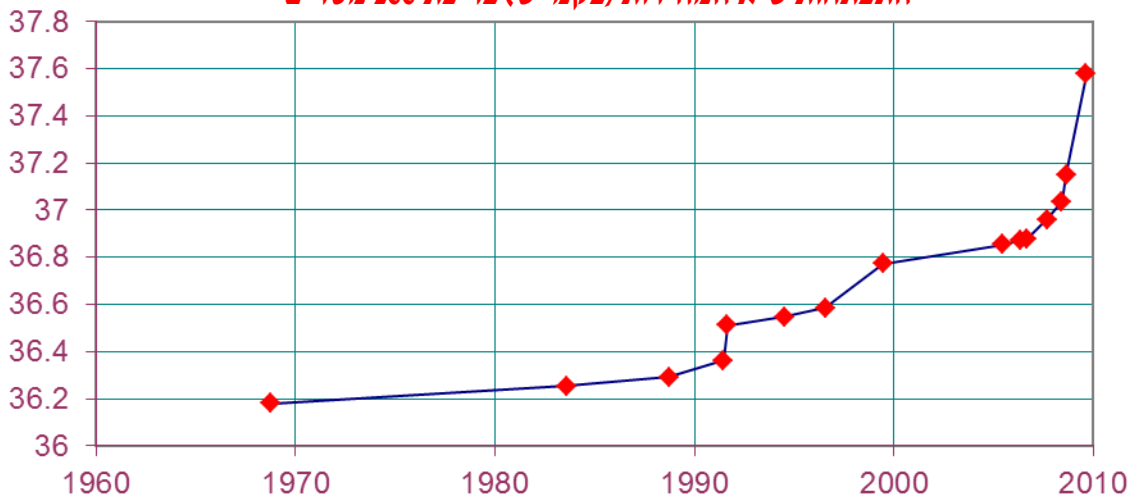
הפעילויות הקודמות עסקו בקריאת הגרפים. בפעילות זו נכנסת גם בניית גרף מתוך טבלה תוך השוואה לגרף מצופה. זה נעשה על ידי מדידות מתחום התנועה, והתלמידים בונים גרף מהירות-זמן. כפעילות בית הם יוכלו לבנות, מתוך התבוננות בסרט הווידאו, גרף מקום-זמן.



**שעון מים ושעון חול:** עסקנו באפשרות לבנות שעוני מים ושעוני חול בתחילת יחידת הזמן. שם ראינו כי מהירות הנזילה של מים הולכת ופוחתת עם הזמן, בעוד נזילת החול נראית קצובה למדי. לסיום היחידה הזאת נציע ניסוי, לכל מי שסבור כי אין לוותר על פעילות ניסויית בשום יחידה, ושיש לו הזמן הנדרש לכך. הניסוי לא יוצג בדף חקר, אך נעלה הצעות אפשריות להפעלה בכיתה.

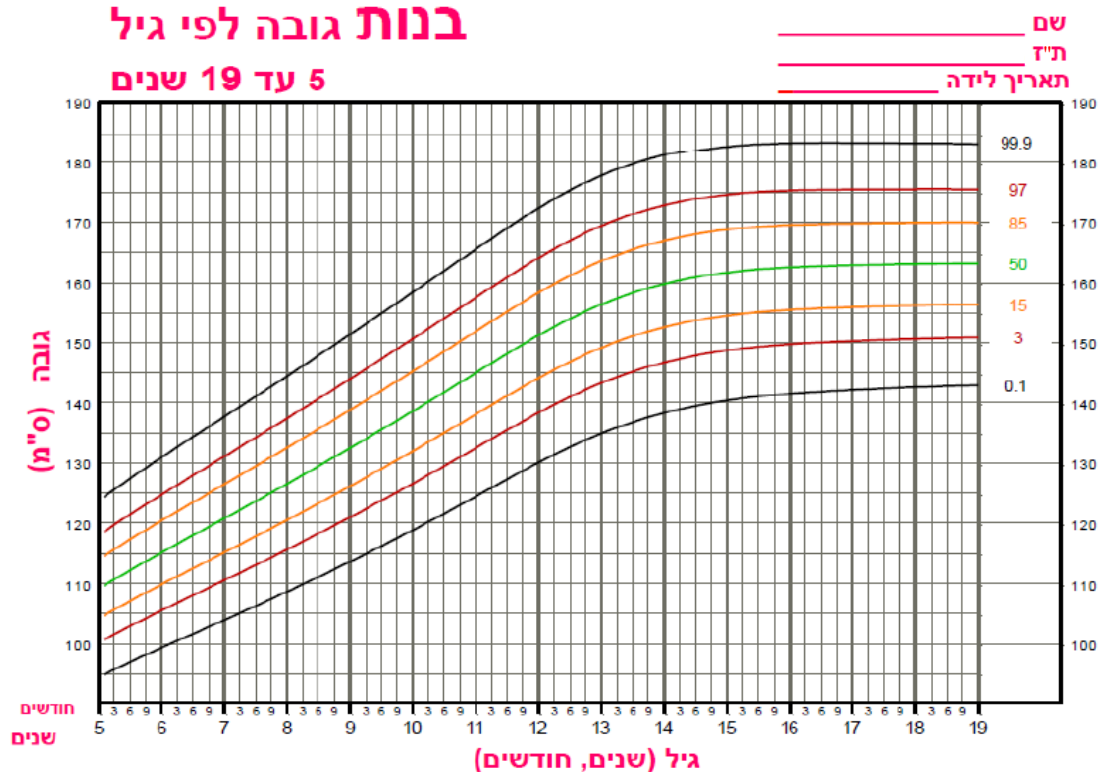
בעמודים הבאים נדון בכל אחת מן הפעילויות שהוצעו קודם ואף נציע "דפי חקר" והערות למורה ל"דפי החקר". לפתיחה, הנה תצוגה מוגדלת של הגרף הראשון:

**התפתחות שיא המהירות (בקמ"ש) בריצת 100 מטרים**



## בנות גובה לפי גיל

5 עד 19 שנים



לפנינו "עקומות גדילה" של בנות מגיל 5 ועד לגיל 19 (משרד הבריאות). העקומות מתארות את התפתחות הגובה במהלך הזמן. ננסה להפיק את מרב המידע המעניין מן העקומות.

נעקוב אחר התפתחות הגובה של בת שגובהה ממוצע. הגרף שמתאר את גובהה הוא הגרף האמצעי.

א. **הגובה בתחילת המדידה ובסופה** - רשמו את הגובה של הבת בגיל 5 ובגיל 19 :

בגיל 5 \_\_\_\_\_ ס"מ

בגיל 19 \_\_\_\_\_ ס"מ

ב. רשמו באיזה גיל גובה הבת הוא 150 ס"מ :

ג. הגרף העליון מציג את הגובה המינימלי של בנות "האלפיון העליון". רשמו לאיזה גובה הן מגיעות בגיל 19 :

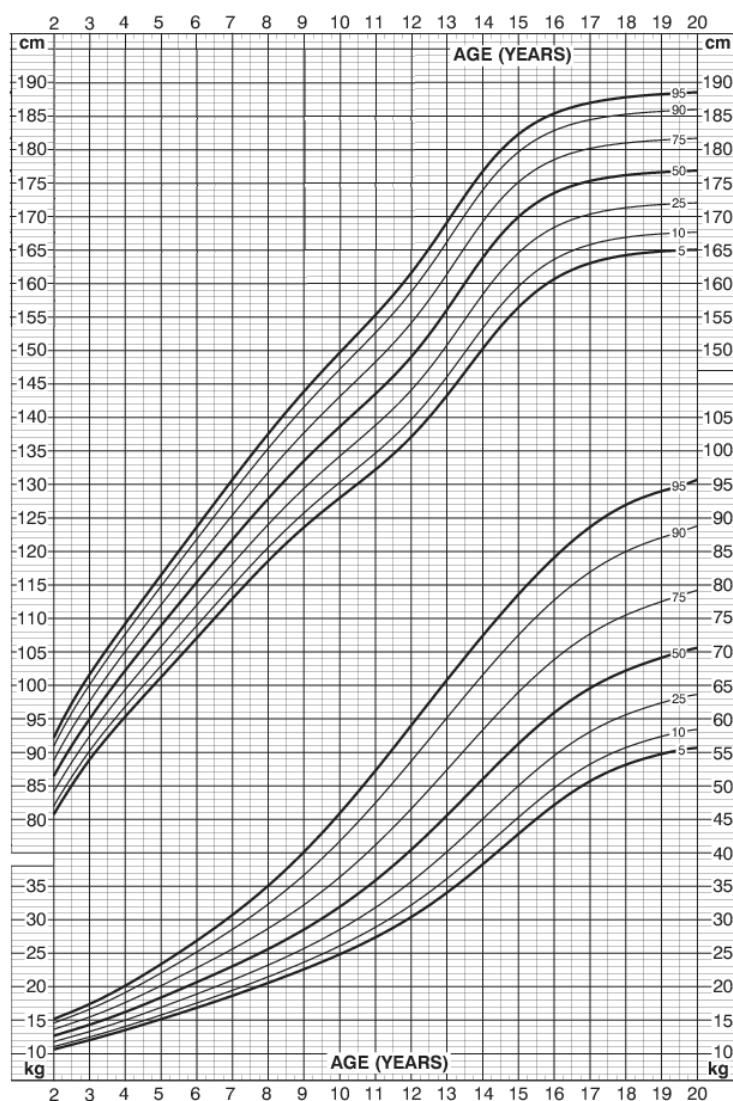
ד. נבחין עתה בין שלוש תקופות. בכל תקופה אופי הגדילה שונה. תארו מילולית מהו אופי הגדילה בכל תקופה (עשו זאת רק בעבור הגרף האמצעי המייצג ממוצע) :

תקופה א (5-12) :

תקופה ב (12-16) :

תקופה ג (16-19) :

נתבונן בעקומות גדילה נוספות, הפעם של בנים :



גרפים אלה כוללים עקומות גדילה מגיל שנתיים ועד לגיל 20. קבוצת הגרפים העליונה מתארת את התפתחות הגובה. קבוצת הגרפים התחתונה מתארת את התפתחות המשקל (למען הדיוק, זה אינו המשקל, אלא המסה).

ה. רשמו את המסה של בן ממוצע (גרף אמצעי) בגיל 20 :

1. מתוך התבוננות בשתי קבוצות הגרפים, העריכו אם צפוי שהבנים ימשיכו לגבוה אחרי גיל 20, ואם המסה שלהם צפויה להמשיך לגדול אחרי גיל 20. הסבירו את הדברים תוך הסתמכות על הגרפים :

2. התבוננו היטב בגרף המסה האמצעי (בקבוצת הגרפים התחתונה). חלקו את הגרף לתקופות ורשמו מה מאפיין את קצב העלייה במסה בכל אחת מהן (עלייה בקצב קבוע, עלייה בקצב משתנה...).

**עקומות גדילה – הערות למורה**

הפעילות הזו עוסקת בכל ההיבטים שיחידת הלימוד מבקשת להביא לידיעת התלמיד בתחום קריאת הגרפים. מסיבה זו כדאי לעשותה בקבוצות עבודה בכיתה, כאשר מדי פעם נקיים דיון כיתתי, כדי לוודא שהתלמידים נחשפו היטב לדברים. יש להבחין בין סעיפים בעלי אופי כמותי לבין הסעיפים שעוסקים בצד האיכותי של ההתנהגות. כל מה שנוגע למושג השיפוע אמור להישאר בשלב זה ברמה איכותית בלבד. נעיר על כך בכל מקום שיתבקש בהמשך.

א. זוהי שאלה בהפקה של מידע כמותי מתוך הגרף.

בגיל 5 110 ס"מ

בגיל 19 163 ס"מ

ב. זוהי שאלה נוספת בהפקה של מידע כמותי מתוך הגרף. הבת מגיעה לגובה 150 ס"מ בגיל 11 שנים ו-9 חודשים.

ג. זוהי שאלה נוספת בהפקה של מידע כמותי מתוך הגרף. גובהן של בנות האלפיון העליון הוא 183 ס"מ ומעלה.

ד. זוהי שאלה איכותית על קצבי שינוי.

**תקופה א (5-12):** הגובה גדל בקצב קבוע למדי. זאת אנו לומדים מכך שהגרף הוא כמעט ישר.

**תקופה ב (12-16):** הגובה גדל, אך קצב הגידול הולך ומתמתן. זאת אנו לומדים מכך שהתלילות של הגרף הולכת וקטנה, הגרף נעשה פחות ופחות משופע.

**תקופה ג (16-19):** הגובה כמעט אינו גדל. הגרף אינו נראה משופע, והוא מקביל לציר הזמן (אגב, בגרפים של האחוזונים הנמוכים יש גידול מתון ביותר).

אין הכוונה להיכנס כאן לחישובים כמותיים של קצבי שינוי ממוצעים (ובוודאי שלא רגועים). בשלב זה אנו מעוניינים בחשיבה איכותית בלבד. כדאי לתת לתלמידים להגיע למחשבות האלה מתוך התבוננות וחשיבה עצמית, ולא לפתוח בניסוח כללים מן הסוג "שיפוע גדול יותר מעיד על השתנות מהירה יותר". הפעילות הזאת אמורה להבנות את הכללים האלה.

ה. חזרנו לשאלה בעלת אופי של קריאה כמותית של הגרף. תשובה מן הסוג "המסה היא כ-71 ק"ג" תספק אותנו.

הגרפים מנוסחים במושגי משקל, כמקובל בחיי היום-יום, ולא במושגי מסה, כמקובל בשיעורי פיזיקה. אין להיכנס בשלב זה להבדל בין משקל למסה. יש לבקש מהתלמידים להתרגל לדבר במושגי מסה כאשר המדידות נכתבות בגרמים או בקילוגרמים, עם הבטחה להסבר מתאים, בבוא הזמן.

ו. גם כאן מדובר בתשובה איכותית (ולא מספרית). גרפי הגובה מעידים על ירידה משמעותית בשיפוע גרף הגובה לקראת גיל 20. זה מעיד על מגמה של שמירה על גובה. הגרף האמצעי נהיה כמעט אופקי. ההתרשמות היא שקצב הגידול בגובה כמעט נעצר (זה אינו שולל אפשרות של שינויים בגובה בתקופות מאוחרות יותר, ככל שהדברים נוגעים למידע שמגיע מן הגרף בלבד).

גרפי המסה מעידים על מגמה של גידול בכל השנים שמתוארות בגרף. זה מעיד שבגיל 20 הבנים נמצאים במגמה של גידול במסה (מתונה יותר מזו שהייתה בתקופות קודמות. זה אינו שולל אפשרות של הפסקת הגידול במסה בתקופות מאוחרות יותר).

השאלה הזאת מלמדת אותנו ששיפוע הגרף מצביע על מגמה ברגע מסוים.

ז. זוהי שאלה איכותית על קצבי שינוי ועל שינויים בקצבי שינוי. זהו השלב הגבוה ביותר שאליו נתייחס ביחידה זו. יש להביא זאת בחשבון כאשר מחברים מבחנים. זו אמורה להיות שאלה שמבחינה בין טובים לטובים מאוד. הנה חלוקה אפשרית עבור הגרף האמצעי (אפשר לחקור גם אחוזונים אחרים).

**תקופה א (2-11):** המסה גדלה באופן רציף. קצב הגידול אינו קבוע. השיפוע (התלילות) הולך וגדל. זה מעיד על כך שקצב הגידול הולך וגדל. אין מדובר רק בגידול במסה, אלא גם בגידול בקצב שבו היא משתנה.

**תקופה 2 (11-14):** המסה גדלה בקצב קבוע למדי. זאת אנו לומדים מכך שהגרף הוא ישר למדי. שיפועו אינו משתנה.

**תקופה ג (14-18):** המסה ממשיכה לגדול, אך קצב הגידול אינו קבוע. הוא הולך ומתמתן. זאת אנו למדים מכך שהשיפוע שעליו אנו מטפסים הולך ומתמתן.

**תקופה ג (18-20):** המסה ממשיכה לגדול. קצב הגידול קבוע (או קטן מאוד). זאת אנו למדים מכך שהגרף הוא ישר למדי, וקשה לזהות שינוי בשיפועו. גם בתקופה ב (11-14) קצב הגידול היה קבוע, אך השיפוע היה שונה (גבוה יותר). שתי התקופות (ב ו-ד) מאופיינות על ידי קצב גידול קבוע, שאינו זהה בשתי התקופות. הוא גדול יותר בתקופה א.

### גובה לעומת מסה

החקר הזה עשוי לעורר שאלות בכיתה. לדוגמה: מדוע בשנים הראשונות הגובה גדל בקצב קבוע, בעוד המסה גדלה בקצב שהולך וגדל? מדוע אין התאמה בין גובה למסה? אם השאלה עולה, כדאי לעודד את התלמידים להציע תשובות. דוגמה אפשרית לתשובה: לא רק הגובה גדל, אלא גם הרוחב והעובי של הגוף. ההשפעה המצטברת של כל אלה עשויה להביא לתוצאה שהתקבלה.

שאלה אחרת: אם הגובה אינו גדל יותר, האם הדבר מעיד על סוף תהליך הגדילה? גם כאן יש להניח לתלמידים לנסות להשיב. הם יבחינו כי בגרף המסה אין הפסקה בגידול (עד גיל 20, והמגמה מעידה שזה עוד יימשך).

### התפתחות של בני

תיתכן תלונה מצד בנים שיתו מדוע בחרנו לדון דווקא בעקומות גדילה של בנות. אפשר לפצות אותם על ידי מתן עקומות גדילה של בנים. זה יאפשר גם לעסוק בחילוץ מידע מן הגרפים לצורך מחקר השוואתי.

עקומות גדילה לבנות ולבנים במקביל אפשר למצוא כאן:

[http://wikirefua.org.il/index.php/%D7%A7%D7%95%D7%9E%D7%94\\_%D7%A0%Short\\_stature\\_-D7%9E%D7%95%D7%9B%D7%94](http://wikirefua.org.il/index.php/%D7%A7%D7%95%D7%9E%D7%94_%D7%A0%Short_stature_-D7%9E%D7%95%D7%9B%D7%94)

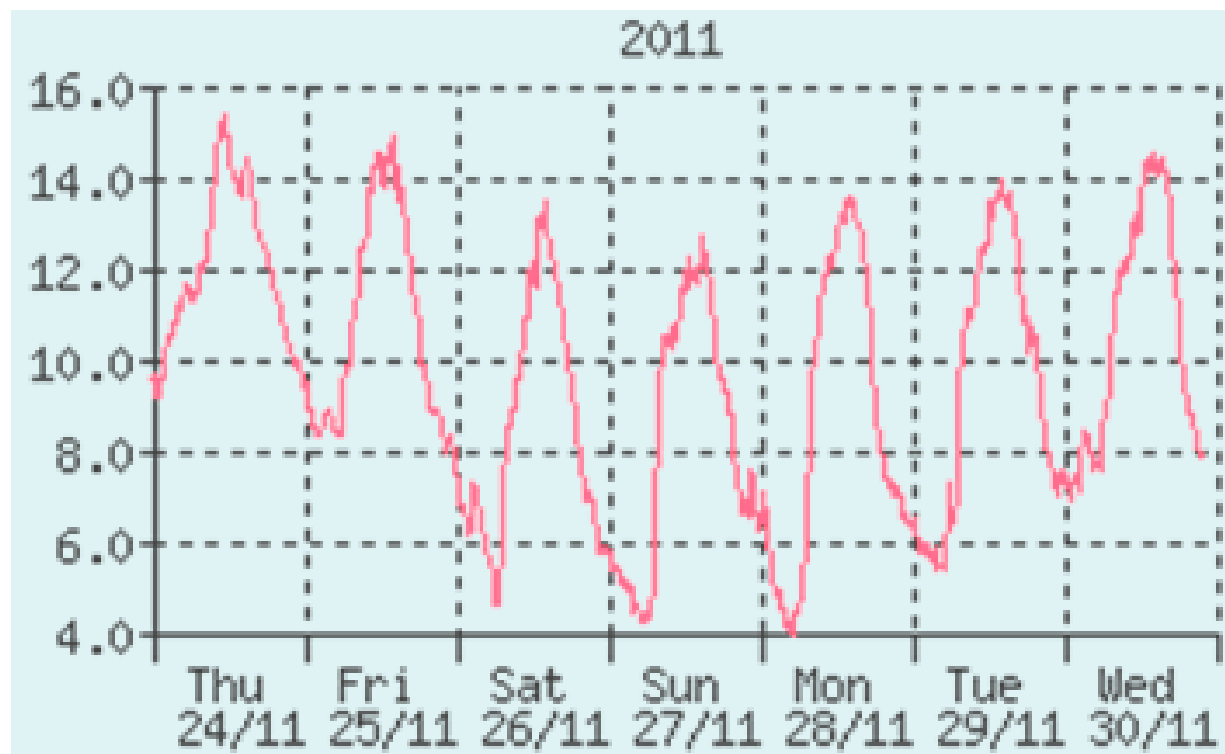
### גרף קווי – נקודות וקווים

המונח גרף קווי (Line graph) מדבר על תצוגה רציפה (כפי שהיא מופיעה כאן בעקומות הגדילה). הגרף של שיאי העולם בריצה מכיל סדרה בדידה של אירועים ומוצג על ידי נקודות. בין הנקודות העבירו קו. מה משמעותו של אותו קו? הרי לא היו שיאי עולם במועדי ביניים! הקו מבקש לתאר מגמה. זה נכון גם במדידות פיזיקליות. אם אנו מודדים את הטמפרטורה בכל 10 דקות, נוכל להציב רק מספר סופי של נקודות בתיאור הגרפי בפרק זמן נתון. עם זאת, לעתים יש נטייה לחבר בין הנקודות באמצעות גרף רציף, שנותן את התחושה שיש לנו מידע גם בתחומי הביניים. זה איננו מדויק ולפעמים עלול להטעות מאוד. אם חשוב מאוד לדעת את הערכים בתחומי ביניים, מוטב להרבות במדידות. אם הדבר בלתי אפשרי (משיקולים של משאבים, כושר הפרדה או מפני שמדובר בניסוי שכבר נעשה וקשה, או אי אפשר, לשחזרו), משתמשים באינטרפולציה (שלא נרחיב עליה את הדיבור בשלב הזה). עם זאת, יש לדעת כי גם אם לעתים מזומנות אינטרפולציה היא מעשה סביר, ייתכן שנחמיץ משהו חשוב. הדבר עלול להביא להחמצת פרס נובל. בשלב זה, איננו מעוניינים להיכנס לעומק בעניין זה עם התלמידים. עוד יבוא הזמן המתאים. כרגע חשוב שידעו כי כל חיבור בין נקודות הוא בגדר של השערה, לעתים סבירה יותר ולעתים סבירה פחות.

חשוב לציין כי אף על פי שלנקודות המדודות יש יתרון על הקו שמתחננו ביניהן, אין הדבר אומר שהן אמיןות לחלוטין. בני אנוש כפופים לשגיאות מדידה. כיצד מתגברים על בעיות כאלה? אכן יש עוד הרבה מה לדבר על תיאור גרפי. למטרות כאלה יש לנו שש שנים של עתודה מדעית-טכנולוגית.

## דף חקר – מזג האוויר

לפנינו גרף קווי שמתאר את הטמפרטורה במהלך שבוע אחד בתחנה המטאורולוגית ירושמיים, בשכונת ניות שבירושלים.



השבוע מחולק ליממות. כל יממה (בין חצות הלילה לחצות הלילה הבא) תחומה בין שני קווי אורך.

- א. **הטמפרטורה הנמוכה ביותר** - התבוננו בגרף והשלימו את המשפט הבא:  
הטמפרטורה הנמוכה ביותר בשבוע הייתה \_\_\_\_\_ מעלות.  
היא נמדדה ביום \_\_\_\_\_ בשעה \_\_\_\_\_ בערך.
- ב. **הטמפרטורה הגבוהה ביותר** - התבוננו בגרף והשלימו את המשפט הבא:  
הטמפרטורה הגבוהה ביותר בשבוע הייתה כ- \_\_\_\_\_ מעלות.  
היא נמדדה ביום \_\_\_\_\_ בשעה \_\_\_\_\_ בערך.
- ג. הטמפרטורה ביום שלישי (29/11) בשעה 12:00 בצהריים הייתה כ- \_\_\_\_\_ מעלות.
- ד. השלימו את המשפט:  
עד כמה שהגרף מאפשר לברר, הטמפרטורה הייתה 12 מעלות \_\_\_\_\_ פעמים בשבוע.
- ה. רשמו את הטמפרטורה בחצות הלילה בכל אחד מן הלילות (מעוגלת למספר שלם):
- ו. ציינו ארבעה פרקי זמן במהלך השבוע שבהם השינוי בטמפרטורה היה חד במיוחד.

8:50	12.8
9:00	12.9
9:10	13.4
9:20	13.4
9:30	13.6
9:40	13.9
9:50	14.0
10:00	14.4
10:10	14.4
10:20	15.1
10:30	15.2
10:40	15.2
10:50	15.2
11:00	15.1
11:10	15.4
11:20	15.0
11:30	14.9
11:40	14.9
11:50	14.8
12:00	14.8
12:10	14.7
12:20	14.3
12:30	14.1
12:40	13.9
12:50	13.9
13:00	14.1
13:10	13.9
13:20	13.8
13:30	13.8
13:40	13.7
13:50	13.6
14:00	13.6
14:10	13.8
14:20	14.0
14:30	14.3
14:40	14.3
14:50	14.3
15:00	14.4
15:10	13.9
15:20	13.9
15:30	13.8
15:40	13.6
15:50	13.4

ז. נחזור לשאלת הטמפרטורה הגבוהה ביותר במהלך השבוע. התבוננו בטבלה, שמציגה מדידות שנעשו בכל עשר דקות. ממדידות כאלה נוצר הגרף. המדידות מתארות את הטמפרטורה ביום חמישי (24/11), בין השעות 08:50 ל-15:50. היעזרו בטבלה כדי להשלים את המשפטים הבאים:

הטמפרטורה הגבוהה ביותר ביום זה הייתה \_\_\_\_\_ מעלות.

היא נמדדה בשעה \_\_\_\_\_.

ח. האם התשובה בסעיף ז (שהתקבלה מעיון בטבלה) זהה לזו שרשמתם בסעיף ב (שהתקבלה מהתבוננות בגרף)? אם לא, בכמה התשובות נבדלות זו מזו? השלימו את המשפטים הבאים:

הפער בין שתי הערכות הטמפרטורה היה \_\_\_\_\_ מעלות.

הפער בהערכות הזמנים שבהן התקבלה הטמפרטורה המרבית בשתי הדרכים היה \_\_\_\_\_ מעלות.

ט. איזו משתי ההערכות נראית בעיניכם עדיפה? מדוע? רשמו תשובה:

י. סכמו בכתב את היתרונות של התצוגה הגרפית:

יא. סכמו בכתב את היתרונות של התצוגה באמצעות טבלה:

יב. בהודעת טוויטר (Twitter - צינץ) אפשר לרשום עד 140 סימנים (אותיות, ספרות או רווחים). נסחו בכתב הודעת טוויטר שתכלול את המסר המשמעותי ביותר שמתקבל מן המידע הכלול בגרף ובטבלה:

**מזג האוויר – הערות למורה**

בפעילות זו התלמידים נחשפים לגרף שיש בו עליות וירידות. במהלך הפעילות הם עוסקים גם בהשוואה בין הייצוג באמצעות גרף לייצוג באמצעות טבלה.

- א. הטמפרטורה הנמוכה ביותר בשבוע הייתה 4 מעלות.  
היא נמדדה ביום שני בשעה 05:00 לערך.
- החלק הקשה הוא הערכת השעה. זהו עניין של קנה מידה. סרגל מסוגל לסייע. במציאות הדבר אירע בשעה 04:50 (אך אי אפשר לדעת זאת מן הגרף).
- ב. הטמפרטורה הגבוהה ביותר בשבוע הייתה מעט יותר מ- 15 מעלות.  
היא נמדדה ביום חמישי בשעה 11:00 לערך.
- ג. הטמפרטורה ביום שלישי (29/11) בשעה 12:00 הייתה כ- 13 מעלות.
- ד. עד כמה שהגרף מאפשר לברר, הטמפרטורה הייתה 12 מעלות 14 פעמים בשבוע.  
בכל יממה, הגרף חתך את קו ה-12 מעלות פעמיים – פעם בעלייה ופעם בירידה.
- ה. הטמפרטורות היו בסביבות 9, 7, 6, 6, 7 ו-7 מעלות (חסר מידע מדויק על הלילה האחרון).
- ו. לקראת עלות השחר של שבת, ראשון, שני ושלישי, הגרף נראה אנכי למדי. זה מעיד על עלייה מהירה בטמפרטורה.
- ז. הטבלה מכילה מידע מדויק, עד כדי עשירית המעלה ועשר דקות:  
הטמפרטורה הגבוהה ביותר בשבוע הייתה 15.4 מעלות. זהו מידע משולב מן הגרף ומן הטבלה.  
היא נמדדה ביום חמישי בשעה 11:10.
- ח. הפערים אמורים להיות מתונים, אך הם מעידים עדיפות לטבלה המפורטת כשעוסקים בשאלה מן הסוג הזה.
- ט. במקרה זה ההערכה שקיבלנו מן הטבלה טובה יותר, מפני שביקשנו הערכה נקודתית, ולטבלה יש פירוט גדול יותר. זה עשוי להיות המקום לדבר על רזולוציה (הפרדה).
- י. התצוגה הגרפית נותנת תמונה כוללת במבט אחד. היא מאפשרת להבחין במגמות של שינוי ובשינויים במגמות. היא מסוגלת לתת תוצאות מספריות, אך לא ברזולוציה גבוהה.
- יא. הטבלה נותנת רמת פירוט מספרית גבוהה, שקשה לעתים להשיגה בגרף בגלל בעיות של כושר הפרדה. היא יעילה בחיפוש אחר תוצאות מספריות מדויקות. היא מקשה על קבלת תמונה כוללת במבט אחד.
- יב. זהו תרגיל בהפרדה בין עיקר לטפל. ייתכן שתלמיד טוב יביא לפנינו כמות עצומה של מידע, אך יתקשה להכריע מה חשוב יותר. ייתכן גם ויכוח על השאלה מה אכן חשוב יותר. יש תלמידים שיטענו שהדבר החשוב ביותר שהם גילו בגרף, היה אישור לתחושתם כי הטמפרטורה מתנהגת בצורה כמעט מחזורית, כשכל יממה היא מחזור. אחרים יטענו שזו מסקנה טריוויאלית, וכי המידע החשוב שהגרף הזה נותן הוא המגמה הכוללת של השבוע – התקררות עד יום ראשון והלילה שבעקבותיו, והתחממות לאחר מכן.

## דף חקר – מכונית מהירה



נתבונן בתמונה מתוך סרט וידאו, שמציג האצה מטורפת ומסוכנת של מכונית, שאינה רצויה אפילו למטרות של מחקר מדעי. הסרט מצולם בתוך המכונית. רואים את מד המהירות ואת מד הקילומטרים. רואים (בצד ימין למטה) את השעון של הסרט. התבוננות בסרט זה מסוגלת לתת לנו מידע כמותי על התפתחות הדרך והמהירות במהלך הזמן.

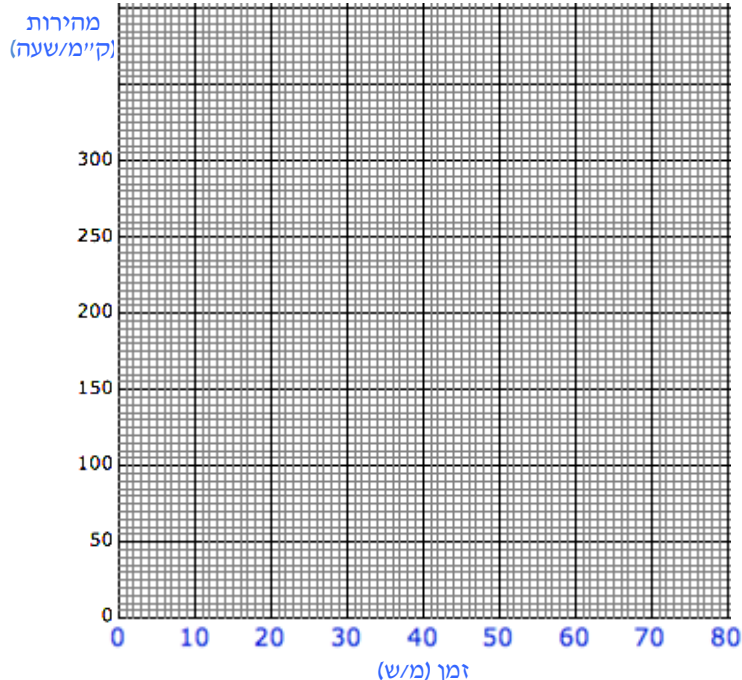
את הסרט אפשר למצוא בכתובת הבאה :

[http://www.youtube.com/watch?v=1z0EM2HI4\\_Q&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=1z0EM2HI4_Q&feature=related)

א. התבוננו בסרט היטב ורשמו כיצד מתפתחת המהירות במהלך הזמן, מבלי שתרשמו מספרים בצורה מסודרת. ציירו גם סקיצה קטנה של גרף מהירות-זמן, לפי השערתכם המלומדת :

ב. הריצו את הסרט. עצרו אותו מדי פעם והכינו (על דף נפרד) טבלה שבה בעמודה אחת יירשם הזמן, ובשנייה תירשם המהירות.

### מהירות כנגד זמן



ג. השתמשו בטבלה כדי להציב את הנקודות בתצוגה הגרפית שבצד. די להשתמש בכ-15 נקודות כדי לקבל מסקנות מעניינות, אך תוכלו להוסיף אם תגלו שתחומי זמן מסוימים אינם מיוצגים היטב בגרף.

ד. התבוננו בגרף שקיבלתם. האם תכונותיו מאששות את מה שרשמתם בסעיף א (לאחר התבוננות ראשונית בסרט)?

## מכונית מהירה – הערות למורה

חשוב לפתוח את הפעילות הזאת בהסתייגות ברורה מנסיעה במהירויות כאלה, אפילו למטרות מדעיות, ואף לחזור על הדברים במהלך השיעור ובסיכומו.

זוהי הפעילות הראשונה שבה התלמידים מתבקשים לצייר גרף משלהם. היא גם קשורה לנושא הראשי שלנו – תנועה. התלמידים מתבקשים לסרטט גרף מהירות-זמן. תחילת הפעילות תהיה בכיתה. כדאי שלרשות כל צוות יעמוד מחשב. אם הדבר בלתי אפשרי, סרט הווידאו יוצג לפני הכיתה, והתלמידים, שיעבדו בקבוצות, יוכלו לדון ולרשום תשובות. גם אם העבודה נעשית בצוותים, כדאי שכל תלמיד ותלמידה ירשמו תשובה מילולית משלהם. זה חשוב במיוחד בשלב של בניית הגרף מתוך הטבלה. חשוב מאוד שכל תלמידה וכל תלמיד יעשו זאת בעצמם, מול "דף חקר" משלהם.

א. התבוננו בסרט הצילום מלמדת אותנו שהמהירות גדלה מאוד בהתחלה, אך הגידול הולך ומתמתן, ובסופו של דבר כמעט אין שינוי במהירות.

גרף עולה ששיפועו מתמתן והולך, עד שנהיה מקביל לציר הזמן יהיה השערה מכובדת.

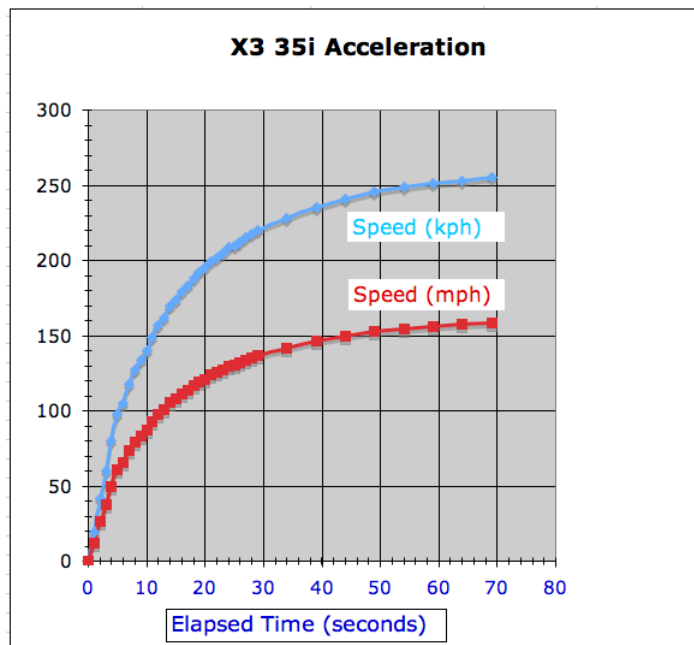
ב. אם השיעור מתקיים בכיתה שאין בה גישה חופשית למחשב לכל תלמיד, או לכל צוות, אפשר להריץ את הסרט בפני הכיתה כולה, ולעצור אותו מדי פעם, כך שכל התלמידים יוכלו לרשום טבלה. אם הזמן דוחק, אפשר לספק לתלמידים טבלה מוכנה מן האתר הבא:

<http://x3.xbimmers.com/forums/showthread.php?t=598849>

התלמידים ישתמשו בטבלה המוכנה (אין הכרח להשתמש בכל הנקודות). בבית הם יוכלו להתנסות בקריאה של מקום וזמן מתוך סרט הווידאו (שעוצרים אותו מדי פעם), לבנות בעצמם טבלה וליצור מתוכה גרף מקום-זמן.

ג. מחבר הטבלה הואיל בטובו להציג בפנינו גרף (בק"מ/שעה ובמייל/שעה):

זמן (שנייה)	מהירות (ק"מ/שעה)
0	0
1	19
2	42
3	60
4	80
5	98
6	105
7	118
8	127
9	134
10	140
11	149
12	157
13	162
14	170
15	174
16	179
17	183
18	188
19	192
20	195
21	199
22	202
23	205
24	209
25	210
26	212
27	215
28	218
29	220
34	228
39	235
44	241
49	246
54	249
59	251
64	253
69	255



ד. אם הגרף המתקבל יתאם את ההשערות, הדבר יעצים מאוד את התלמידים, מפני שהוא יאשר כי הם הבינו גם כיצד לקרוא גרף וגם כיצד לבנותו. כדי שתהיה העצמה כזאת, כדאי שהמורה ישוחח עם הקבוצות השונות במהלך העבודה. אין הכוונה לכך שהוא יכתוב להם דרך פעולה. זה אמור להיות עניינם של התלמידים. מטרת השיח היא לעורר בהם הרהורי ביקורת על עבודתם בטרם יכריזו כי תמה. בכל מקרה, התלמידים אמורים לבנות את הגרף ידנית, גם אם הם מכירים גיליון אלקטרוני.

## שעון מים ושעון חול

עסקנו בכך בתחילת יחידת הזמן. ראינו כי קצב הנזילה של המים הולך ופוחת, בעוד קצב הזרימה של החול נראה קבוע למדי. נציג עתה מדידה מדויקת שהיא אפשרית בכיתה ואפילו בבית. מדידה זו אינה חובה, אך היא עשויה להיות אתגר אפשרי ומספק לתלמידים מוכשרים. אפשר לעשותה גם כמשימת בית.

### מערך הניסוי



בתמונה שלפנינו מתואר מערך הניסוי. המים זורמים מן הכוס העליונה לכוס התחתונה, שמונחת על כף המאזניים. המאזניים מודדים את כמות המים בכוס התחתונה באופן רציף. במקביל, שעון העצר מודד את הזמן ברציפות. האם התלמידים יספיקו לקרוא משני המכשירים ולרשום? אפשר להתגבר על הבעיה אם מצלמים את זוג המכשירים (בעלי התצוגה המספרית) בכל כעשר שניות באמצעות הטלפון הסלולרי. מתקבלת סדרה של זוגות מדידות, שממנה אפשר לבנות גרף.

ניסוי דומה עורכים כאשר במקום מים יש חול.

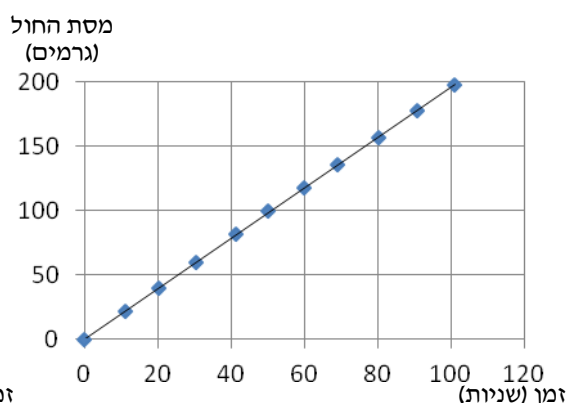
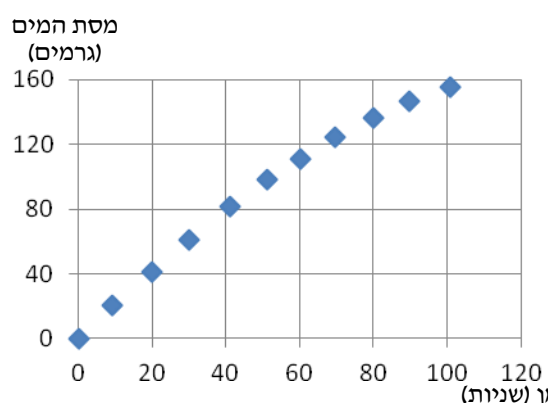
ניסוי כזה אינו מצריך ציוד מיוחד. מאזניים ושעוני עצר בעלי תצוגה ספרתית יש במעבדה. בידי התלמידים יש שעוני עצר מעולים בשעון היד או בטלפון הסלולרי. אנו מתגברים על העוני שלנו בציוד באמצעות ה"מכונה" המשוכללת שנמצאת בכיסו של התלמיד.

ניסוי כזה אפשר לערוך גם בבית. גם במטבח יש, במקרים רבים, מאזניים בעלי תצוגה ספרתית.

זו יכולה, אפוא, להיות משימת בית לתלמידים מתעניינים (ולבני משפחתם).

### תוצאות

הניסוי הזה מעניין, מפני שכבר עסקנו במדידות אלה, באופן פשוט יותר, ביחידת המהירות. הנה מה שהעלו תוצאות הניסוי. הדברים מוצגים בגרפים של כמות החומר שנשפך מתחילת הניסוי כפונקציה של הזמן:



כאשר מדובר בחול, התקבל הגרף הימני. זהו קו ישר מופתי. מתברר כי החול זורם בקצב קבוע, עד לרגע מסוים שבו הזרימה פוסקת (אף על פי שנותר עוד חול בכוס). הגרף השמאלי מתאר את המתרחש כאשר מדובר במים. הגרף נעשה פחות ופחות תלול. זה מעיד על ירידה בזרימה (עד

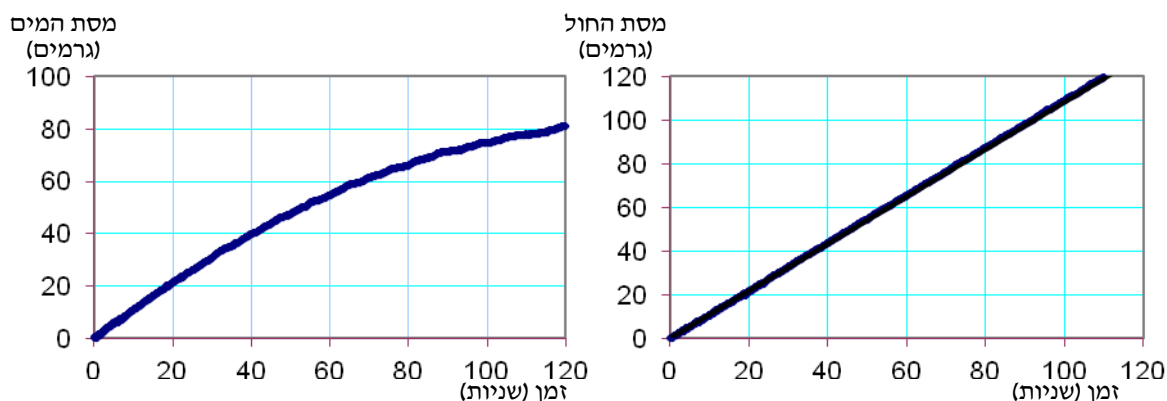
לשלב שבו הזרימה אינה רציפה). הניסוי שדרג את המסקנות שלנו על ההבדל בין חול למים. הייצוג הגרפי המחיש את הדברים בעוצמה רבה.

זהו ניסוי פשוט מאוד לביצוע. חשוב להחזיק את הכוס העליונה במצב יציב. העצה החשובה ביותר לקבלת תוצאות נקיות היא לנקב חור נקי ככל האפשר. במקרה שלפנינו החור נוקב במקדחה (2 מ"מ קוטר למים; 4 מ"מ קוטר לחול), כאשר מן הצד השני של תחתית הכוס יש תמיכה של פיסת עץ.

כאמור, הניסוי הזה אפשרי מפני שגם אם המעבדה דלה בציוד, לתלמיד יש ציוד רב עוצמה בכיסו. הטלפון הסלולרי יכול לשמש כמצלמה מתעדת וגם כשעון עצר ספרתי. אפשר לעשות את המחקר הזה כמשימת בית.

## מדידה ממוחשבת

מי שיש לו מד כוח ממוחשב, לפחות בעמדת המורה, יכול לשכלל את הניסוי. הפעם הכוס העליונה תלויה, בעזרת חוטים, על מד כוח, שמוודד את כמות החומר שבכוס. הפעם הנתונים נאספים אוטומטית, והגרף נוצר תוך כדי הניסוי (הגודל הנמדד הוא מסת החול בכוס העליונה, אך הגרפים מציגים כבר את מסת החול בכוס התחתונה). הנה דוגמה של גרפים כאלה:



גם הפעם מתקבל גרף ישר להפליא לזרימת החול וגרף בעל שיפוע משתנה לזרימת המים. ניסוי כזה אפשר לעשות בהדגמת מורה. שימו לב כי הגרפים אינם זהים לחלוטין לאלה שהתקבלו בשיטת המדידה הקודמת, מפני שהם נעשו במערכות שונות.

## הסבר

מדוע קצב זרימת המים הולך ופוחת? דבר זה קורה מפני שעם יציאת המים מן הכוס העליונה יורד גם הלחץ שיתרת המים מפעילה על תחתית הכוס.

מדוע ההסבר הזה אינו תופס לגבי החול? החול אינו חומר רציף. גרגרי החול שמתקרבים אל החריר נדחקים זה אל זה בדרכם החוצה, ומאטים את תהליך היציאה. הגרגרים יוצרים מערכים מרחביים שמביאים לתמיכה הדדית. תמיכה זו זו גדלה ככל שהעומס גדול יותר, ומצליחה לקזז את הלחץ שמפעילה ערמת החול שמעל.<sup>3</sup>

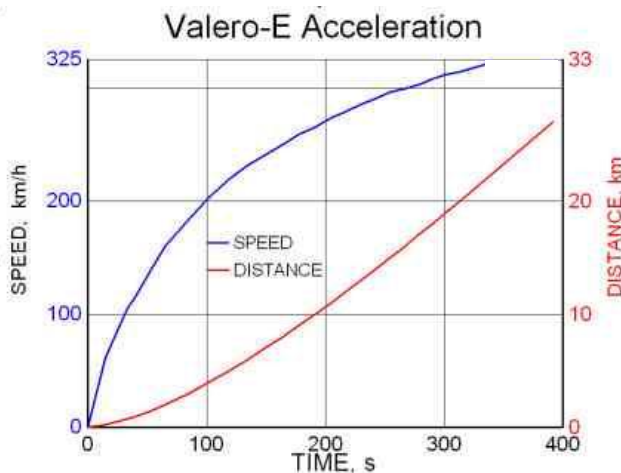
כאמור, אפשר לתת לתלמידים לעשות את הניסוי, כמשימת כיתה או בית. אפשר, לחלופין, להשתמש במד כוח ממוחשב, כניסוי הדגמה, ולדון בגרפים המתקבלים. אפשר גם לקחת את הגרפים כמות שהם, מבלי לערוך ניסוי, ולדון בהם.

<sup>3</sup> המתעניין בזרימת החול יכול לקרוא בכתובות הבאות:

<http://my.ort.org.il/mop/physics/daily/daily641121.doc>

[http://www.boker.org.il/meida/negev/desert\\_biking/physics/29-38.pdf](http://www.boker.org.il/meida/negev/desert_biking/physics/29-38.pdf)

## דוגמאות לשאלות (תרגילי כיתה, משימות בית)



### רכבת מהירה

הגרפים שלפנינו מתארים את התנועה של רכבת שמבוססת על "רחיפה מגנטית" (Maglev).

הגרף התחתון מתאר את המרחק מנקודת המוצא. הציר האורכי הימני כולל את קנה המידה המתאים. יחידת הדרך היא ק"מ.

הגרף העליון מתאר את המהירות. הציר האורכי השמאלי כולל את קנה המידה המתאים. יחידת המהירות היא ק"מ/שעה.

- (א) מתי המהירות היא 200 ק"מ/שעה?  
 (ב) היכן הרכבת נמצאת באותו זמן?  
 (ג) מתי המהירות היא 300 ק"מ/שעה?  
 (ד) היכן נמצאת הרכבת כאשר היא בקצה המסלול המתועד?  
 (ה) האם המהירות גדלה או קטנה במהלך התנועה? הסבירו את תשובתכם על סמך כל אחד משני הגרפים.

- (א) כעבור 100 שניות מן היציאה לדרך.  
 (ב) כארבעה ק"מ מנקודת המוצא.  
 (ג) כ-260 שניות אחרי היציאה לדרך.  
 (ד) כ-16 ק"מ מנקודת המוצא.  
 (ה) גרף המהירות עולה, ולכן המהירות גדלה עד לרגע ההגעה למהירות היעד.  
 גרף המרחק הולך ונעשה משופע יותר ויותר רוב הדרך, ולכן המהירות גדלה רוב הדרך. זוהי שאלה קשה מאוד למתחילים, והיא מיועדת לתלמידים חזקים יותר. אפשר לדון בכך בכיתה.

### מזג האוויר בירושלים

היכנסו לאתר ירושמיים בכתובת:

<http://www.02ws.com/station.php?section=chooseMonthYear&lang=1#>

הקישו על כל הגרפים שיש – שבוע אחרון. התבוננו בגרף השמאלי העליון המציג את הטמפרטורה בירושלים בשבוע האחרון.

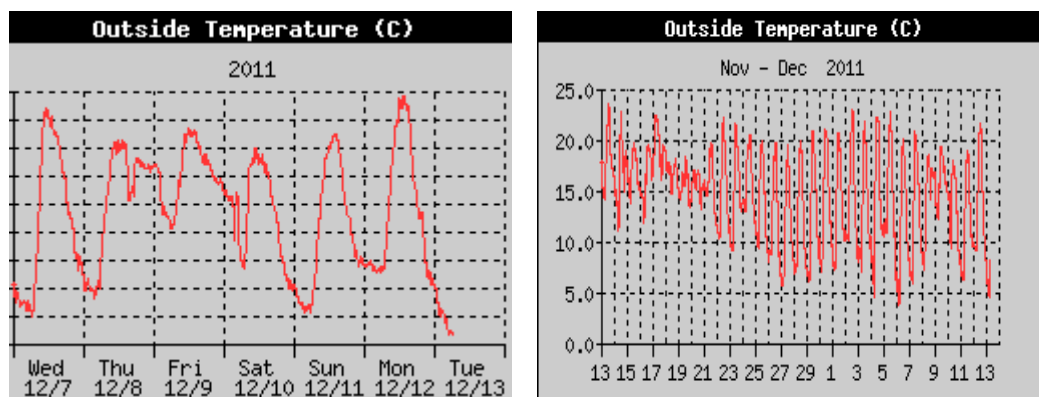
- (א) רשמו את טווח הטמפרטורות (הטמפרטורה הנמוכה ביותר והגבוהה ביותר) בשבוע זה.  
 (ב) באיזו יממה הטמפרטורה הנמוכה ביותר הייתה גבוהה מכל היממות האחרות.  
 (ג) תארו את המגמה הכוללת של הטמפרטורה במהלך השבוע.  
 (ד) ציינו אם הבחנתם בהתנהגויות חריגות במהלך השבוע.

התשובה לשאלה זו משתנה מיום ליום, מפני שהגרף מתעדכן מדי יממה. מי שכבר התנסה ב"דף חקר – מזג האוויר", ידע מה לעשות כאן.

## מזג האוויר בקיבוץ מעברות

בקיבוץ מעברות יש תחנה מטאורולוגית שמציגה את מדידותיה בכתובת הבאה:

<http://weather.maabarot.org.il/>



(א) התבוננו בגרף השמאלי. מן הגרף הושמט ציר הטמפרטורה. כתוצאה מן ההשמטה הזו, לא נוכל לענות על חלק מן השאלות שהיינו עונים עליהם כאשר המידע הזה היה לפנינו. על אלה סוגי שאלות לא נוכל להשיב בעקבות ההשמטה? על אלה סוגי שאלות אנו עדיין מסוגלים להשיב?

(ב) התבוננו בגרף הימני שמייצג את הטמפרטורה במהלך חודש שלם. רשמו מידע מעניין שמתקבל מן הגרף הזה.

(א) שאלה זו בודקת את הבנת התלמידים באשר למקורות הידע שאפשר להשיג מן הגרף ולמגבלותיו. את היכולת לומר משהו כמותי על הטמפרטורה איבדנו, אך אפשר לומר משהו על קצבי שינוי יחסיים, ועל הזמנים שבהם מתקבלים אירועים מיוחדים (נקודות קיצון, שיניים חדים וכיוצא באלה).

(ב) אין להחמיץ את ההתנהגות החריגה בתקופה שבה הפרשי הטמפרטורה בין יום ללילה היו קטנים יחסית. אפשר לזהות תקופות של התנהגות סדירה ומחזורית יותר.

## אוסיון בולט – וידאו, טבלה וגרפים

היכנסו לכתובת הבאה: <http://www.youtube.com/watch?v=SyY7RgNLCUk>. הסרט



שמציג בהילוך אטי את ריצת השיא של אוסיון בולט ב-100 מטרים ומצרף תיעוד של זמן, דרך מן הזינוק ומהירות במהלך התנועה.

(א) הריצו את הסרט ועצרו אותו מדי פעם כדי לרשום נתונים מספריים.

(ב) רשמו את הנתונים בטבלאות של מקום כנגד זמן ומהירות כנגד זמן.

(ג) הכינו גרפים של מקום כנגד זמן ושל מהירות כנגד זמן.

פעילות זו היא יישום של תהליך בניית גרפים שמתקשר ישירות לתחום התוכן הראשי שלנו – תנועה. בעקבות פעילות בית זו אמור לבוא דיון כיתתי בגרפים ובמשמעותיהם.

### אוכלוסיית העולם

שנה	אוכלוסייה	שינוי באוכלוסייה בעשור
	מיליארדי בני אדם	
1900	1.65	
1910	1.75	
1920	1.86	
1930	2.07	
1940	2.30	
1950	2.52	
1960	3.02	
1970	3.70	
1980	4.44	
1990	5.27	
2000	6.06	
2010	6.79	

שנה	אוכלוסייה	שינוי באוכלוסייה בעשור
	מיליארדי בני אדם	
1900	1.65	
1910	1.75	0.1
1920	1.86	0.11
1930	2.07	0.21
1940	2.30	0.23
1950	2.52	0.22
1960	3.02	0.5
1970	3.70	0.68
1980	4.44	0.74
1990	5.27	0.83
2000	6.06	0.79
2010	6.79	0.73

בטבלה שלפנינו מוצגת אוכלוסיית העולם מתחילת המאה העשרים.

(א) הכינו מערכת צירים לגרף שיתאר את אוכלוסיית העולם בתקופה המתוארת בטבלה. תכננו מראש את קנה המידה המתאים וסרטטו את מערכת הצירים.

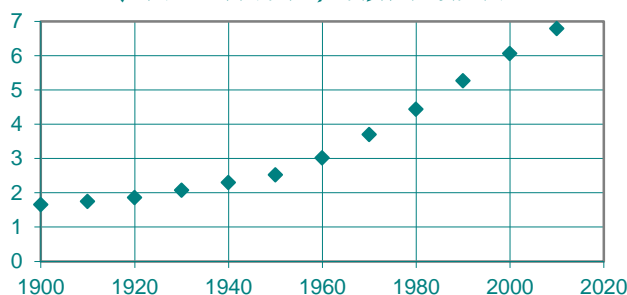
(ב) סמנו את הנקודות המתאימות.

(ג) תארו מילולית את הגידול באוכלוסיית העולם מתחילת המאה העשרים על סמך הגרף בלבד.

(ד) השלימו את הטבלה.

(ה) האם הטבלה מחדדת את המגמות שהסקתם מן הגרף? אם כן, הסבירו.

אוכלוסיית העולם (במיליארדי בני אדם)



חלק (ג) נמצא בגבול העליון של דרגת הקושי: הגרף מתחיל עם שיפוע מתון ומסתיים עם שיפוע גדול יותר. עיקר השינוי בשיפוע נעשה באמצע התקופה (בעקבות מלחמת העולם השנייה).

חלק (ה) נותן הצצה כמותית יותר. בתחילת התקופה הגידול באוכלוסייה היה כמאה מיליון בעשור. בסיום המאה הגידול הוא כ-700-800 מיליון בעשור (חדי העין יבחינו בדברים גם מן הגרף).

יש כאן עלייה מובהקת בקצב הגידול. בדיון מאוחר בכיתה אפשר להפנות את תשומת לב התלמידים כי מדובר גם בשינוי יחסי. בתחילת המאה הגידול היה כ-6% בעשור. בתחילת המאה הנוכחית הגידול הוא כ-11% בעשור.

התקדמות הרפואה והגדלה משמעותית באורך החיים עשויים להסביר חלק ניכר מן התופעה.

אפשר לשלוח תלמידים לחפש נתונים על הגידול באוכלוסיית ישראל ולערוך השוואה בינו לבין הגידול באוכלוסיית העולם בתקופה המקבילה.