

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



## גרביטציה ו"גרביטציה מלאכותית"

**כוח הכובד (כוח הגרביטציה)** הוא כוח משיכה הפועל בין כל שני גופים בעלי מסה. כאשר הגופים הם עולם גדול וגוף קטן יותר הנמצא מעליו, העולם כמעט ולא יאיץ לעבר הגוף בגלל מסתו הגדולה אך הגוף הקטן יאיץ לעבר העולם. תאוצת הגרביטציה או **תאוצת הכובד** על פני כדור הארץ מסומנת באות האנגלית  $g$  וערכה 9.8 מטר לשנייה כל שנייה (מטר\שנייה<sup>2</sup>  $m/s^2$ ). זוהי התאוצה בה נופלים גופים לעבר פני הקרקע. משמעותה של התאוצה היא שמהירותו של גוף הנופל כלפי הקרקע בנפילה חופשית בקרבת פני כדור הארץ גדלה בקצב של 9.8 מטר לשנייה בכל שנייה של הנפילה. כלומר, אחרי שנייה אחת של נפילה חופשית מהירותו 9.8 מטר לשנייה, בתום השנייה הבאה מהירותו 19.6 מטר לשנייה, בתום השלישית 29.4 מטר לשנייה וכך הלאה.

תאוצת הכובד  $g$  על פני עולמות שונים משפיעה גם על משקלם הנמדד של גופים. המשקל של הגוף  $W$  (Weight) הוא תוצר של כוח הכובד הפועל בין העולם לגוף הקרוב לפני השטח ונמדד ביחידת כוח הנקראת "ניוטון" ששקולה ל- קילוגרם\*מטר\שנייה<sup>2</sup>. גודלה של תאוצת הכובד על פני העולם  $g$  היא קבוע היחס בין המסה של הגוף  $m$  למשקלו של הגוף על פני העולם:

$$(1) \quad W = m \cdot g$$

$m$  מייצגת את המסה של הגוף ונמדדת בקילוגרם (אנחנו רגילים ביומיום למדוד משקל בקילוגרם אך קילוגרם הוא למעשה יחידת מסה). ניתן למדוד משקל ביחידות של **קילוגרם-כוח** שהוא הכוח שפועל על גוף שמסתו קילוגרם אחד. עם זאת, יחידות המשקל במשוואה (1) הן ניוטון, כלומר קילוגרם\*מטר\שנייה<sup>2</sup>.

בהצבה בנוסחה נראה שגוף שמסתו 1 קילוגרם ישקול 9.8 ניוטון על פני כדור הארץ. תאוצת הכובד  $g$  על הירח היא בקירוב 1.6 מטר\שנייה<sup>2</sup> ולכן אותו גוף ששוקל 1 קילוגרם-כוח בכדור הארץ ישקול שישית קילוגרם-כוח על הירח, או 1.6 ניוטון. אם זה קצת מבלבל אתכם, אל תדאגו, גם את ניוטון ואיינשטיין זה מאוד העסיק. התרגילים הבאים אולי יעזרו קצת להבהיר את הנושא. חשוב לזכור שהמסה של גוף הינה קבועה ואינה משתנה בין אם הוא על כדור הארץ, בחלל או על ירח.

### בעיית חישוב ויחידות מידה:

השתמשו בנוסחה 1 וחשבו מהו משקלו (בניוטונים) של אדם שמסתו 70 קילוגרם על פני כדור הארץ? \_\_\_\_\_

מה יהיה משקלו של אותו אדם על פני הירח? \_\_\_\_\_

כעת רשמו מהו המשקל ביחידות של קילוגרם-כוח? בכדור ארץ - \_\_\_\_\_, בירח - \_\_\_\_\_

כמו שאפשר למדוד כוח ביחידות של ניוטון וגם ביחידות קילוגרם כוח, ואורך נמדד במטרים או בסנטימטרים או באינצ'ים, גם תאוצה מודדים ביחידות שונות. לפעמים אנחנו מתייחסים לתאוצות ביחידות של g, כלומר ביחס לתאוצת הכובד על פני כדור הארץ. ניתן לומר שתאוצת הכובד על הירח היא כשישית ג' (g).

## גרביטציה מלאכותית

אחד הקשיים הפיזיולוגיים-בריאותיים בשהות בחלל או על גופים קטנים בחלל הוא חוסר המשקל או המשקל הנמוך, כפי שלמדתם כבר בשלב הראשון של אולימפיאדת החלל. אחד הפתרונות המוצעים לבעיה היא יצירה של "גרביטציה מלאכותית". בין התובנות המשמעותיות של איינשטיין הייתה הזהות המכנית בין תאוצה וגרביטציה. גם הטלפון וגם הגוף האנושי מגיבים באופן דומה לגרביטציה ולתאוצה. מכאן שניתן להתגבר על קשיים בחלל הכרוכים בחוסר משקל באמצעות יצירת תאוצה או "גרביטציה מלאכותית!"

ישנן שתי דרכים מעשיות לייצר גרביטציה מלאכותית בתחנות מאוישות בחלל או על גבי גופים שמימיים:

### 1. תנועה בתאוצה קווית

### 2. תנועה במהירות בגודל קבוע לאורך מסלול מעגלי

**תאוצה קווית** – תאוצה היא שינוי של המהירות. כולנו מכירים את התחושה של היצמדות למשענת הכיסא ברכב הפרטי או במטוס בעת שהם צוברים מהירות. כוח זה מרגיש כמו משקל או גרביטציה מלאכותית ויכול לשמש בחלליות המאיצות למרחקים ארוכים – למשל במסעות לשבתאי או לצדק (בחלק השני של המסע הגרביטציה המלאכותית תיווצר ע"י האטת החללית בדרך לנחיתה – כלומר תאוצה בכיוון ההפוך למהירות הגורמת לבלימה). חשוב לציין שעדיין אין בידינו טכנולוגיה חללית המסוגלת לייצר תאוצות משמעותיות לפרקי זמן ארוכים בחלל. זמן הבעירה של רקטות עוצמתיות נמדד בדקות בודדות.

**תאוצה בתנועה מעגלית** – גוף הנע בתנועה מעגלית משנה את כיוון תנועתו אפילו אם מהירותו המסלולית היא קבועה. מכאן שפועלת עליו תאוצה **כלפי מרכז המעגל**. כולנו מכירים את הכוח הזה ממתקנים מסתובבים בלונה פארק או מרכבות הרים, או אפילו מנסיעה ברכב בעיקול הכביש, בהם אנחנו חשים כוח מוגבר של הדופן או של גב המושב כתוצאה מהתאוצה בתנועה המעגלית.

מכיוון שניתן לייצר גרביטציה מלאכותית בתנועה במסלול מעגלי מבלי לשנות מקום וגם ללא צורך בהשקעת אנרגיה (בשונה מבתאוצה קווית), נוכל להשתמש בתנועה מעגלית ליצירת **גרביטציה מלאכותית** על גבי תחנות חלל במסלול היקפי או אפילו על גופים קטנים בחלל כמו אסטרואידים או ירחים שעל פניהם הגרביטציה הטבעית מאוד חלשה.

בפעילות שלנו נעסוק רק ב**גרביטציה מלאכותית בתנועה מעגלית** וכשנכתוב גרביטציה מלאכותית – לכך נתכוון.