

הפיזיקה של פעלולי אקסטרים

אולפן סרטים הוליוודי מתכנן את סצנת האקסטרים הבאה שלו. **קפיצה חופשית מגובה עצום לתוך בריכת מים קטנה** (בהשראת הסרטון של לאסו שאלר - Lasso Schaller). המפיקים חוששים מהעוצמה שבה הפעלולן יפגע במים וזקוקים לצוות של **יועצי פיזיקה** שינתחו את הקשר בין גובה הנפילה לאנרגיה המשתחררת בפגיעה. כיצד נוכל לנבא את עוצמת הפגיעה בקרקע על סמך גובה העזיבה, ואיך נסביר זאת למפיקי הסרט בצורה משכנעת? לשם כך, עלינו להבין בדיוק מה קורה לאנרגיה של הפעלולן מרגע העזיבה ועד לרגע הפגיעה במים. היום, המעבדה שלנו הופכת לאתר הצילומים.

מטרת הפעילות:

- נחקור את מאפייני הנפילה החופשית ואת השפעת כוח הכבידה על מהירות הפעלולן.
- נבין כיצד אנרגיית גובה (פוטנציאלית) הופכת לאנרגיית תנועה (קינטית) ולבסוף לאנרגיה שנספגת במים.
- נבדוק את הקשר בין גובה הצוק לבין זמן הנפילה והדיוק הנדרש כדי לפגוע במטרה קטנה.

1. ה"צוק" והשאלה הגדולה (90 דקות)

פתיחה חווייתית: צפייה משותפת [בסרטון הקפיצה של לאסו שאלר](#).
דיון: מה גורם לקפיצה להיות כל כך מסוכנת? למה הפעלולן זקוק לזרמי מים שישברו את פני השטח?
המשימה: התלמידים מקבלים את משימת החקר המצולמת "סודות אנרגיית הגובה". עליהם לכתוב דו"ח פעלולים מצולם שימחיש למפיקים את **חוקי הפיזיקה** הפועלים בקפיצה.

בפעילות זו, נעבוד בקבוצות. כל קבוצה תבחר ניסוי שאותו תבצע:
ניסוי 1- האם לדמות את ה"מכתש" שנוצר בפגיעה
ניסוי 2- ה"חזרה" מהקרקע

2. מעבדת הפעלולים (90 דקות)

א. צפייה וניתוח - "הקפיצה הגדולה". סרטון: [לאסו שאלר קופץ מגובה 58.8 מטרים](#).
ב. שאלות לדיון בצוות ההנדסה:

- ✓ מהן הסכנות המרכזיות שזיהיתם בקפיצה?
- ✓ מדוע המפיקים מתעקשים על זרמי מים (בועות) בנקודת הפגיעה?
- ✓ כיצד נוכל לנבא את עוצמת הפגיעה בקרקע רק על סמך גובה העזיבה?

3. מעבדת הפעלולים - ביצוע הניסוי (90 דקות)

כמהנדסי פעלולים, עליכם להוכיח את העקרונות בעזרת מודל מוקטן-במעבדה. לשם כך, בחרו ניסוי חקירה אחד:

- ניסוי 1: מכתשים בחול** - בדיקת הקשר בין גובה הנפילה לעומק/קוטר ה"מכתש" שנוצר בנחיתה.
ניסוי 2: קפיצת הכדור - בדיקת הקשר בין גובה העזיבה לגובה שאליו הכדור "מצליח" לחזור לאחר הפגיעה.

מעבדת הפעלולים – ביצוע הניסוי המדעי

עליכם לאסוף נתונים מדויקים כדי להוכיח את הקשר בין גובה העזיבה לאנרגיה.

התחלקו לשתי קבוצות:

קבוצה 1 - תעשה את ניסוי 1

קבוצה 2 - תעשה את ניסוי 2

ניסוי 1: סימולציית פגיעה - מכתשים בחול (או בקמח)

בניסוי זה נדמה את עוצמת הפגיעה של הפעלולן במים באמצעות יצירת גומות במצע רך.

ציוד וחומרים נדרשים:

- ❖ קערה עמוקה ורחבה מלאה בחול (ניתן להחליף בקמח או בסוכר).
- ❖ כדור כבד (כדור גולף, גולה גדולה או כדור ברזל קטן).
- ❖ סרט מידה (מטר) וסרגל קטן למדידת עומק.

מהלך הניסוי:

- ❖ ייצבו את הקערה ויישרו את פני החול לחלוטין.
- ❖ הפילו את הכדור (הקפידו על עזיבה נקייה ללא זריקה בכוח!) מגובה של 30 ס"מ.
- ❖ הוציאו את הכדור בזהירות רבה ומדדו בעזרת הסרגל את עומק הגומה שנוצרה (או את קוטרה).
- ❖ יישרו שוב את החול וחזרו על הפעולה מהגבהים הבאים: 60 ס"מ, 90 ס"מ ו-120 ס"מ.
- ❖ רשמו את כל המדידות בטבלת הנתונים.

ניסוי 2: ניתוח חזרת אנרגיה - קפיצה של כדור

בניסוי זה נבדוק כמה מהאנרגיה המקורית נשמרת לאחר הפגיעה בקרקע.

ציוד וחומרים נדרשים:

- ❖ כדור קופץ (כדורסל, כדור טניס או כדור גומי).
- ❖ סרט מידה ארוך המודבק לקיר בצורה ישרה (או אפליקציית מדידה).

❖ מצלמה (מומלץ סמארטפון עם אפשרות לצילום בהילוך איטי).

מהלך הניסוי:

- ❖ הדביקו את סרט המדידה לקיר כך שנקודת ה-0 תהיה ברצפה.
- ❖ הפילו את הכדור מגובה של 50 ס"מ.
- ❖ מדדו לאיזה גובה מקסימלי הכדור קפץ בחזרה לאחר הפגיעה הראשונה בקרקע.
- ❖ חזרו על הפעולה מגבהים של 100 ס"מ ו-150 ס"מ.

טיפ: כדאי לצלם את הקפיצה ב-Slow Motion כדי לזהות בסיבוב הווידאו את שיא הגובה המדויק. רשמו את כל הנתונים בטבלה.

דגשים חשובים לצוות ההנדסה:

- ❖ הסבירו מדוע חובה להשתמש באותו הכדור לאורך כל הניסוי?
 - ❖ כדי לוודא שהמסה שלו אינה משתנה ואינה משפיעה על התוצאות.
 - ❖ כיצד ניתן לדייק במדידה?
- בצעו כל נפילה פעמיים וחשבו ממוצע אם יש הבדלים משמעותיים.

איך שינוי בגובה משפיע על התוצאה (עומק המכתש או גובה החזרה של הכדור).

תכנון והשערה: הקבוצות מתכננות ומנסחות השערה מה יקרה לתוצאה (עומק המכתש או גובה הקפיצה) ככל שנגדיל את גובה העזיבה?

התלמידים יבצעו את אותו ניסוי (ראה ניסוי 1) מגבהים שונים: (30, 60, 90, 120 ס"מ).

א. התלמידים מקימים את מערך הניסוי (קערות חול או כדורים קופצים) ומבצעים מדידות מגבהים שונים.

ב. רישום התוצאות שהתקבלו מהניסוי בטבלה מסודרת תוך הקפדה על מסה קבועה (אותו כדור).

4. אולפן העריכה (90 דקות)

התלמידים מצלמים את שלבי הניסוי, כולל צילום בהילוך איטי (Slow Motion) לזיהוי רגעי השיא. הקבוצות מנסחות את ההסבר הפיזיקלי/מדעי שיצורף לסרטון ויסיביר את הקשר בין אנרגיית גובה לאנרגיית תנועה והמרות האנרגיה שהתרחשו.

התוצר - הפקת סרטון של 2-3 דקות הכולל **פתיח, מהלך, נתונים ומסקנות.**

5. ה"פרימיירה" – הצגת תוצרים (90 דקות)

כל קבוצה מציגה את סרטון הניסוי שלה בפני **חבר המנהלים** (שאר הכיתה).

דיון מסכם:

איך הניסוי שלנו בקערת החול עוזר לנו להבין מה קרה ללאסו שאלר כשקפץ מגובה 58.8 מטרים? רפלקציה: מה היה החלק המאתגר ביותר בתרגום של פיזיקה "יבשה" לסרטון פעלולים חווייתי?

דגשים פדגוגיים:

- השתמשו בסרטון של לאסו שאלר כדי להמחיש את המושג "אנרגיית גובה" (פוטנציאלית כובדית) במקסימום שלה. שאלו את התלמידים: **אם הוא היה קופץ מגובה כפול, פי כמה הייתה גדלה אנרגיית הגובה שלו?**
- ודאו שהתלמידים משתמשים במושג "המרת אנרגיה" - אנרגיית הגובה ההתחלתית הופכת לאנרגיית תנועה, שמבצעת **עבודה** (יצירת הגומה בחול). המשימה שמה דגש על אוריינות דיגיטלית (צילום ועריכה), עבודת צוות ויצירתיות. (מיומנויות המאה ה-21).
- **טיפ לצילום** - עודדו את התלמידים להשתמש באפליקציות מדידה או בסרגל המודבק לקיר כדי שהנתונים בסרטון יהיו אמינים ומקצועיים.

מחון הערכת התוצר:

ביצוע הניסוי (25%): דיוק במדידות, שמירה על גורמים קבועים (מסת הכדור).
איסוף וארגון נתונים (25%): טבלה ברורה וערכים מספריים הגיוניים.
הסבר פיזיקלי (30%): שימוש נכון במושגים: אנרגיית גובה, אנרגיית תנועה, המרת אנרגיה.
איכות התוצר (20%): יצירתיות, עריכה ברורה, עמידה בלוחות זמנים (2-3 דקות סרטון).

אפשרות למחון - טבלה

| שלבים בניסוי | ניקוד (באחוזים) | דגשים |
|---------------------|-----------------|---|
| ביצוע ניסוי | 25 | דיוק במדידות, שמירה על גורמים קבועים (מסת הכדור). |
| איסוף וארגון נתונים | 25 | טבלה ברורה וערכים מספריים הגיוניים |
| הסבר פיזיקלי | 30 | שימוש נכון במושגים: אנרגיית גובה, אנרגיית תנועה, המרת אנרגיה. |
| איכות התוצר | 20 | יצירתיות, עריכה ברורה, עמידה בלוחות זמנים (2-3 דקות סרטון). |

הסבר מדעי למורה:

כדי להבין מה קורה לפעלולן כמו לאסו שאלר בזמן קפיצה מצוק בגובה 58.8 מטרים, עלינו להסתכל על הסיפור של המרות אנרגיה. הכל מתחיל בקצה הצוק ככל שהפעלולן גבוה יותר, הוא צובר יותר אנרגיה פוטנציאלית (אנרגיית גובה).

ברגע הקפיצה, מתרחש תהליך של המרת האנרגיה שהייתה אגורה בגוף בזכות הגובה הופכת לאנרגיה קינטית (אנרגיית תנועה). ככל שהפעלולן נופל, הוא מאבד גובה אך מרוויח מהירות. בשיא הנפילה, רגע לפני המגע במים, כל האנרגיה שהייתה לו למעלה הפכה למהירות אדירה (במקרה של שאלר, כ-120 קמ"ש).

האתגר האמיתי הוא רגע הפגיעה. הפיזיקה מלמדת אותנו שאי אפשר להעלים אנרגיה, אלא רק להעביר אותה למקום אחר. ברגע שהפעלולן פוגע במים, כל האנרגיה הקינטית שלו חייבת להתפרק. אם המים יהיו שקטים וקשיחים, האנרגיה תתפרק על גוף הפעלולן ותגרום לפגיעה קשה, בדיוק כפי שראינו בניסוי המכתשים ככל שהגובה רב יותר, הגוף חופר עמוק יותר בחול בניסיון להיעצר. עוצמת הפגיעה נקבעת ישירות על ידי גובה העזיבה, ככל שהגובה עולה, יש יותר אנרגיה שצריך לבזבז במים. תפקיד המהנדסים הוא לוודא שהאנרגיה הזו תעבור למים (ביצירת גלים, בועות וקול) ולא תישאר בגוף הפעלולן, כפי שראינו בניסוי החזרה, שבו כדור שקופץ גבוה מעיד על כך שהאנרגיה לא נספגה כראוי במשטח.