

## **עדשות נוזליות נוצרות בחלל – מערך פעילות למורה חט"ב**

**תחום תוכן:** פיזיקה, רב תחומי

**שכבת גיל:** חט"ב

**משך הפעילות:** 90 דקות (שיעור כפול)

**מרחבי הלמידה:** כיתה או מעבדה

**רציונל**

פעילות זו עוסקת בניסוי "עדשות נוזליות". הניסוי נשלח לתחנת החלל הבין-לאומית עם האסטרונאוט הישראלי איתן סטייבה במסגרת משימת רקיע. השיעור מתמקד בהתנהגות השונה של נוזלים בכדור הארץ לעומת החלל; וכן בשיקולים שיש להביא בחשבון במעבר מניסוי המתקיים במעבדה, בתנאי הכבידה של כדור הארץ, לניסוי שיפעיל אסטרונאוט בתחנת החלל בתנאי מיקרו-כבידה.

### **מטרות הפעילות**

1. להכיר את מהלך הניסוי של ייצור עדשות נוזליות בחלל.
2. להכיר את משמעות תנאי המיקרו-כבידה (מיקרו-כבידה, MICROGRAVITY) על הניסוי.
3. לטפח תרבות דיון וחשיבה משותפים בכיתה.

### **תיאור הפעילות**

בחלקה הראשון של הפעילות, התלמידים והתלמידות יתוודעו לפרופ' מורן ברקוביץ' (בצפייה בסרטון). פרופ' ברקוביץ' ישתף בפרטי הניסוי שערכו במעבדתו על פני כדור הארץ. המדען יסביר מדוע רצה לנסות את הניסוי בחלל (לטובת פיתוחים עתידיים בחלל ובכדור הארץ), ויבקש מהתלמידים לעזור לו בתכנון הניסוי בחלל.

לאחר הצפייה המשותפת בסרטון, תחולק הכיתה לקבוצות על ידי המורה, (עד חמישה תלמידים ותלמידות בקבוצה), שם ידונו התלמידים בנקודות הבאות: האופן שבו חומרים בכלל, ונוזלים בפרט, מתנהגים בתנאי מיקרו-כבידה, על האלמנטים שיש להוסיף על הניסוי המקורי או להחסיר ממנו, ציוד שיש לקחת ואמצעי בטיחות שיש לנקוט. התלמידים יקבלו דף הנחיות. המורים יקבלו חומר רקע על הניסוי בכדור הארץ, ועל הכיוונים השונים שאלוהים יש להנחות את התלמידים.

בחלק השלישי יציגו התלמידים את השינויים שיש לדעתם לעשות בניסוי בחלל.

לסיכום הפעילות יוצגו מצגת ותמונות שממחישים את הניסוי שיבצע איתן – לרבות הציוד שלקח איתו – ואת הניסויים המקדימים שערכו הוא וצוות המעבדה.

### **ציוד נדרש**

בכיתה: מחשב, מקרן ומסך, דפי הנחיה לתלמיד, מערך למורה, סרטון פתיחה ומצגת סיום

## הכנות לפעילות

לפני תחילת הפעילות יש להעלות למחשב את סרטון הפתיחה ומצגת הסיכום.

מומלץ לסדר את הכיתה בקבוצות המונות עד חמישה תלמידים ותלמידות. ניתן לחלק את הכיתה לקבוצות פעילות מראש.

## מהלך הפעילות

זמן	חלק	נושא	עזרים
5 דק'	פתיח	התלמידים יצפו בסרטון שבו יפגשו את פרופ' מורן ברקוביץ' מהטכניון, שישתף בפרטי הניסוי שערכו במעבדתו על פני כדור הארץ. המדען יסביר מדוע רצה לנסות את הניסוי בחלל, יתאר את שלבי הניסוי ויבקש מהתלמידים לעזור לו בתכנון הניסוי בחלל.	<b>מצגת. שקופיות 1-4</b>
25 דק'	דיון	התלמידים יקיימו דיון בקבוצות על האופן שבו מתנהגים חומרים בתנאי מיקרו-כבידה, על האלמנטים שיש להוסיף או להחסיד מהניסוי המקורי, ציוד שיש לקחת ואמצעי בטיחות שיש לנקוט.  את המסקנות מהדיון יסכמו התלמידים על גבי דף הנחיות למשימה.  עברו בין הקבוצות ויכונו אותם במידת הצורך.	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>דף הנחיות לתלמיד הכולל תקציר</b> של הסרטון שבו צפו, והשאלות שהפנה פרופ' ברקוביץ' לתלמידים.</li> <li><b>ניתן להציג במצגת, שקופיות 5-9</b> להסבר נוסף על הניסוי שהתקיים בטכניון.</li> </ul> <p><b>במערך למורה</b> מצוינות נקודות שוני ודמיון בין הניסוי בכדור הארץ לזה שיתבצע בחלל.</p>
35 דק'	הצגה	התלמידים יציגו במליאה את השינויים שיש לדעתם לעשות בניסוי בחלל.	עדיף לבקש בשלב זה כי נציג או נציגה מכל קבוצה יציגו <u>אלמנט אחד</u> מהניסוי שנשאר בחלל כמו שהוא על כדור

<p>הארץ, ואלמנט אחד בניסוי שמשתנה. כך יוכלו כל הקבוצות לחדש משהו בהצגה שלהן.</p> <p>מומלץ לעודד דיון בין הקבוצות בזמן ההצגה.</p>			
<p><b>מצגת. שקופיות 10-19</b></p>	<p>ספרו לתלמידים, בעזרת מצגת ותמונות, על הניסוי שיבצע איתן סטיבה כולל: הציוד שלקח איתו, הניסויים המקדימים שערכו הוא וצוות המעבדה.</p>	<p>סיכום</p>	<p>15 דק'</p>
	<p>סיכום באמצעות רפלקציה יאפשר לתלמידים לבטא את מחשבותיהם ותחושותיהם לגבי משימה של אסטרונאוט ישראלי בחלל, ועל התהליך הלימודי שחוו. ניתן לשאול שאלות, כגון:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>מה הרגשתם לגבי נסיעה של אסטרונאוט ישראלי לחלל?</li> <li>מה דעתכם על כך שהוא מבצע ניסויים מדעיים בזמן השהות שלו בחלל?</li> <li>איך הרגשתם אתם עם ההתנסות בחשיבה על ההתנהלות בחלל ותכנון של ניסוי מדעי בחלל?</li> <li>האם הייתם רוצים לטוס לחלל?</li> <li>איזה ניסוי הייתם מבצעים שם?</li> </ul>	<p>דיון ורפלקציה</p>	<p>10 דק'</p>

## נקודות שוני ודמיון בין הניסוי בכדור הארץ וזה שיתבצע בתחנת החלל

בכדי לסייע בסיכום ולהגיב על הנחות התלמידים, מוצגת טבלה המצביעה על השינויים שיעבור הניסוי בתנאי מיקרו כבידה בחלל לעומת הניסוי שבוצע בטכניון על פני כדור הארץ.

כיצד משפיעה מיקרו-כבידה על מהלך הניסוי בעדשות נוזליות?		
אלמנט בניסוי	מה יישאר דומה לניסוי על פני כדור הארץ?	מה ישתנה בניסוי בחלל?
שימוש בתמיסה (מים וגליצרין)		בניסוי בכדור הארץ, התמיסה מאפשרת ציפה ניטרלית ומדמה למעשה תנאי מיקרו-כבידה. בניסוי בחלל לא יהיה צורך בתמיסה והעדשה צפויה "לצוף" באוויר בדיוק כמו ציפה במים.
היווצרות עדשה חלקה	העדשה נוצרת בניסוי בגלל מתח הפנים שבין נוזל העדשה לנוזל הציפה שסביבה. מתח פנים קיים גם בין נוזל לאוויר (למשל טיפת מים על השולחן תהיה עדיין חלקה מאוד), ולכן אנו צופים כי העדשה שתיווצר תהיה חלקה גם ללא נוכחות של נוזל סביבה.	ועדיין... אין לדעת. הניסוי בחלל אמור להוכיח את ההנחה הצפויה.  מה למשל יכול להיות שונה?  רעידות יכולות לשבש את הצורה של העדשה. כאשר יש נוזל ציפה מסביב לעדשה הוא פועל כמרסן הפרעות ומשכך אותן במהירות. בהיעדר נוזל הציפה, יכול להיות שהפרעות יבואו לידי ביטוי בצורה ניכרת יותר בפני השטח.
מתקן המייצב את הטבעת שבה יוצקים את העדשה		בכדור הארץ, מחוברות משקולות למתקן הייצוב של מסגרת העדשה, והן מונעות ממנו לצוף בתמיסה. משקולות לא יעזרו לקבע את המתקן בחלל.  גם בחלל יש צורך לקבע את מתקן הכנת העדשה. בחלל, רוב הקיבועים נעשים בעזרת סקוצ'ים (כמו אלו שבנעליים), מגנטים (כמו על המקרר), או גומיות,

המאפשרים חיבור חזק וניתוק גם בתנאי מיקרו-כבידה.		
במיקרו-כבידה העדשה יכולה להיות שימושית גם ללא מיצוק. בצורה כזו ניתן ליצור, למשל, טלסקופ חלל מתקפל עם עדשות נוזליות.	בכדי להביא את העדשה לכדור הארץ, יהיה צורך בתהליך פילמוד ומיצוק העדשה בקרינת ט.	הצורך במיצוק העדשה באמצעות קרינת ט
בהיעדר כבידה, גם אין ציפה. בועות שנכלאות בנוזל יישארו במקומן. לכן עלינו להקפיד מאוד שלא להכניס בטעות בועות.	בועות אוויר שנכלאות בטעות בנוזל פוגעות באיכות העדשה. צפיפות האוויר נמוכה במידה ניכרת מזו של הנוזל, ולכן בכדור הארץ בועות האוויר צפות מעלה אל פני המכל.	בועות
במעבדת החלל הבין-לאומית כל נוזל חייב באריזה כפולה. בניסוי הנוכחי תוכננה אריזה משולשת: פולימר העדשה יהיה בבקבוק, הבקבוק בשקית אטימה, והניסוי כולו יתקיים בתוך קופסה גמישה שקופה וסגורה שאפשר יהיה להכניס לתוכה את הידיים, וכך לבצע את הניסוי בלי להסתכן בבריחת נוזלים או גזים לשטח תחנת החלל.	התמיסה והפולימר נאדלים בבקבוקים בעלי סגירה הרמטית, הן בכדור הארץ הן בחלל.	בטיחות נוזלים
כמו כן, בכדור הארץ אם "פספסנו" בתהליך ההזרקה, טיפת הפולימר תיפול על השולחן ונספוג אותה עם מטלית. בהיעדר כבידה, טיפות פולימר יתעופפו בחלל התחנה, ויכול להיות מאתגר לתפוס אותן ולוודא שלא יגיעו לצידוד רגיש אחר.	לפעמים לפולימרים יש ריח לא נעים (כמו של דבק). בכדור הארץ אפשר לפתוח חלון ולאוויר את החדר, אבל בתחנת החלל אי אפשר לפתוח את החלון! חייבים לוודא שכל החומרים ששולחים אינם מסוכנים, וגם לא מסריחים במיוחד.	
בכדור הארץ המכסה נשאר סגור עקב המשקל שלו – אין צורך בנעילה. אבל בחלל אין שום כוח שיחזיק את המכסה על הקופסה אם רק מניחים אותו מעליה. לכן,	בסך הכול מבנה מערכת הניסוי דומה לזו שבכדור הארץ – מסגרת שלתוכה מזריקים את הפולימר,	סגירת קופסאות

חשוב שכל מכסה יחובר בסקופ' כך שיוחזק היטב במקום.	וסוגרים עם מכסה מלמעלה שמכיל את מנורות העל-סגול להתנעת תהליך הפילמור.	
--	---	--

כהעשרה למורה ובכדי לסייע לתלמידים ולקדם את הדיון במידת הצורך, מצורפים מצגת וסרטון המסבירים את תופעת המיקרו-כבידה מבחינה פיזיקלית (מיקרו-כבידה), היכן אנחנו נתקלים בה בחיי היום-יום ומדוע היא מתקיימת בתחנת החלל הבין-לאומית. חלק מהקישורים מסבירים את הידוש שבניסויים בחלל ואת המדיום המימי כמדמה תנאי מיקרו-כבידה. החומרים ניתנים כהעשרה למורה אך אפשר להשתמש בהם גם עם התלמידים ולשלבם בשיעור.

[מהו כוח כבידה? ומהי מיקרו-כבידה \(או מיקרו-כבידה?\)](#) (מצגת – קרן רמון)

[מיקרו-כבידה: סרטון הסבר קצר](#)

[השפעת תנאי מיקרו-כבידה על גוף האדם](#) (אתר מכון דוידסון)

[למה מבצעים ניסויים במיקרו-כבידה? \(NASA\)](#)

[5 הניסויים המדהימים שבוצעו בחלל](#)

[אימוני אסטרונאוטים במיקרו-כבידה... בבריכה! \(NASA'S NEUTRAL BUOYANCY LAB\)](#)

#### צוות פיתוח הפעילות:

מיכל רז בהט, תחום מייד מדע, מכון דוידסון לחינוך מדעי [MICHAL.BAHAT@WEIZMANN.AC.IL](mailto:MICHAL.BAHAT@WEIZMANN.AC.IL)

יאיר קוטין, תחום מייד מדע, מכון דוידסון לחינוך מדעי [YAIR.KUTTIN@WEIZMANN.AC.IL](mailto:YAIR.KUTTIN@WEIZMANN.AC.IL)

ד"ר נעמה חריט, יחידת החדשנות, מכון דוידסון לחינוך מדעי [NAAMA.CHARIT@WEIZMANN.AC.IL](mailto:NAAMA.CHARIT@WEIZMANN.AC.IL)

ד"ר דורית גרנות, תחום בינלאומי, מכון דוידסון לחינוך מדעי [DORIT.GRANOT@WEIZMANN.AC.IL](mailto:DORIT.GRANOT@WEIZMANN.AC.IL)