



BEYOND  
THE SKY

מעבר

ما وراء  
السماء

לירקיע



מסע לחלל



מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים  
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس  
Bloomfield Science Museum Jerusalem



# מעבר לרקיע – מסע לחלל

לאומית והיסטורית. במהלך 17 ימי המשימה בוצעו ניסויים מדעיים ייחודיים, הופקו יצירות אמנות והועברו פעילויות חינוכיות לראשונה בשפה העברית לתלמידים בישראל.

"רקיע", חברה לתועלת הציבור, ממשיכה לקדם ולפתח את תחום החלל בישראל בדגש על משימות חלל מאוישות, באמצעות שיתופי פעולה מקומיים ובינלאומיים, מתוך תפישה של "חלל לכולם" ובמטרה לטפח השראה, סקרנות וחדשנות.

בתערוכה שני מתחמים: הראשון מוקדש לחלום לצאת ולחקור את החלל ולהכנות למסע. העלייה במדרגות אל המתחם השני מדמה את הספירה לאחור ואת רגע השיגור. במתחם השני אנו חווים את החיים בתחנת החלל הבינלאומית בתנאים של מיקרו-כבידה ומתוודעים לעבודתם של האסטרונוטים כחוקרים.

מבחינתנו במוזיאון המדע, זוהי גם הזדמנות לחזור לנושאים שתמיד מעניינים אותנו במדע ובטכנולוגיה: לראות איך צורך מוליד המצאה, להתנסות בדרכים שבהן ידע נבנה ולגלות כיצד כלי מחקר חדשים מאפשרים תשובות חדשות לשאלות מוכרות.

חולמים להגיע לחלל עד גיל 21? מה יכול להפוך את החלום על חקר החלל למסע אמיתי? מה תיקחו איתכם כשהגודל והמשקל של המטען מוגבלים? איך תתכוננו לשיגור ולשהייה בתחנת החלל הבינלאומית?

תחנת החלל הבינלאומית, המאוישת ברצף מאז שנת 2000 בשיתוף פעולה בינלאומי, מקיפה את כדור הארץ בגובה כ-400 קילומטר. היא נמצאת בנפילה חופשית מתמדת ולכן מתקיימים בה תנאים של מיקרו-כבידה.

איך נראים החיים בתנאים אלו, כשפעולות יומיומיות כמו אכילה, שינה או אימוני כושר הופכות פתאום מאתגרות? מה אפשר לחקור בתנאי מיקרו-כבידה שאי-אפשר לחקור על פני כדור הארץ? על שאלות אלה ועוד ננסה לענות בתערוכה שלפניכם.

התערוכה מעבר לרקיע נולדה מתוך סיפור מעורר השראה: משימת "רקיע", ששוגרה ב-8 באפריל 2022 כחלק ממשימת AX-1 – הטיסה הראשונה לתחנת החלל הבינלאומית שהייתה פרטית במלואה. על סיפון החללית היו ארבעה אסטרונוטים, ביניהם האסטרונוט הישראלי איתן סטיבה, שהמריא למשימה

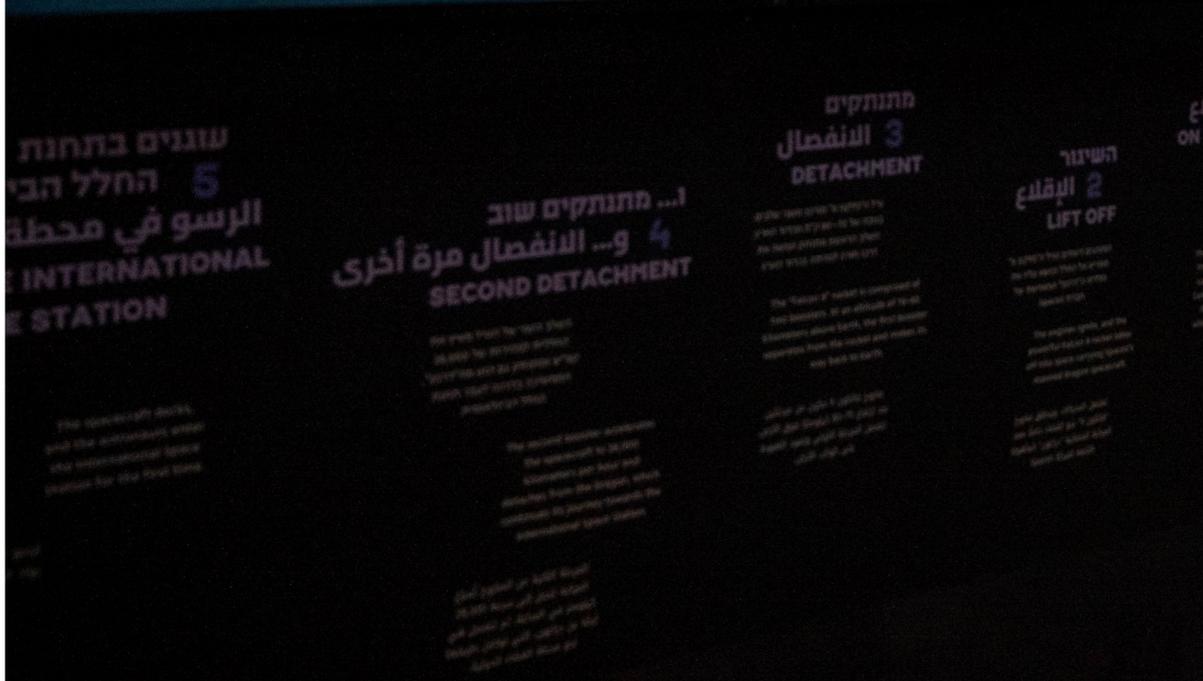
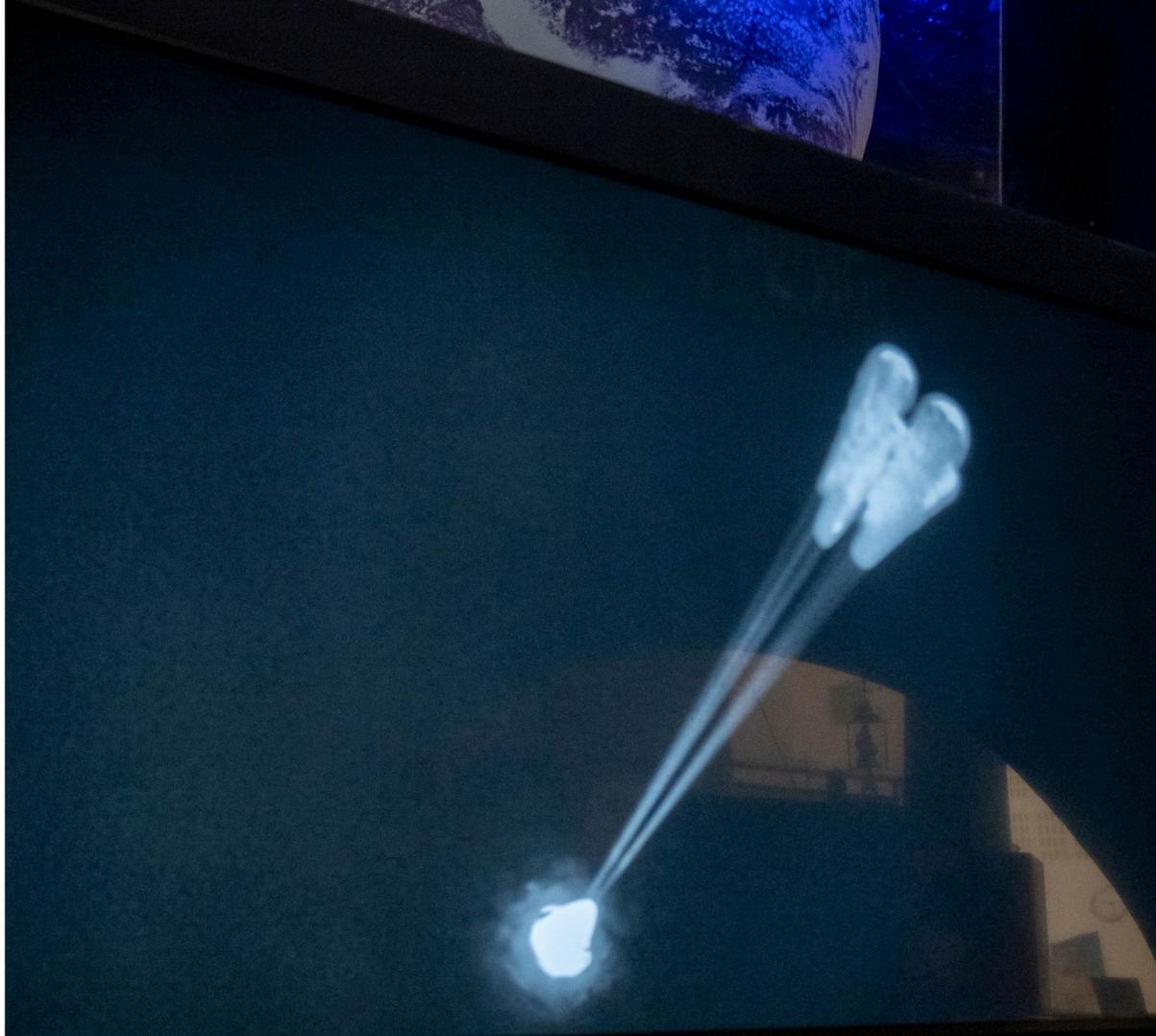


# מתחם ראשון החלום לצאת לחלל

# בנה לך אסטרונוט

מוצג משחקי המוצב מחוץ לתערוכה ומזמין את המבקרים להיכנס לתערוכה.





# קיר פתיחה

## משיגור ועד נחיתה בחזרה בכדור הארץ

צפיה בסרט המציג את השלבים בהמראה אל החלל:

### 1 – ממריאים

ההתרגשות בשיאה! חברי הצוות עולים אל כן השיגור A39 בנמל החלל קייפ קנוורל שבפלורידה – אותו נמל שממנו שוגרו בעבר האסטרונאוטים הראשונים לירח.

### 2 – השיגור

המנועים ניצתים וטיל ה"פלקון 9" ממריא אל החלל ונושא עליו את חללית ה"דרגון" המאוישת של חברת SpaceX.

### 3 – מתנתקים

טיל ה"פלקון 9" מורכב משני שלבים. בגובה של 70–80 ק"מ מכדור הארץ, השלב הראשון מתנתק ועושה את דרכו חזרה לנחיתה בכדור הארץ.

### 4 – 1... מתנתקים שוב

השלב השני של הטיל מאיץ את החללית למהירות של 28,000 קמ"ש ומתנתק גם הוא מה"דרגון", הממשיכה בדרכה לעבר תחנת החלל הבינלאומית.

### 5 – עוגנים בתחנת החלל הבינלאומית

החללית עוגנת והאסטרונאוטים נכנסים לראשונה אל תחנת החלל הבינלאומית.

### 6 – חוזרים לכדור הארץ

לאחר שהות חווייתית ומסקרנת בתחנת החלל הבינלאומית, חללית ה"דרגון", ובתוכה צוות האסטרונאוטים, עוזבת את התחנה ושבה אל כדור הארץ. ארבעה מצנחי ענק מסייעים להאט אותה ומנחיתים אותה בלב האוקיינוס.

# ספריית חלל

ספרייה למבקרים הצעירים בה מוצג מגוון ספרים בשלוש שפות (עברית, ערבית, אנגלית) אודות החלל והחלום להגיע אליו.



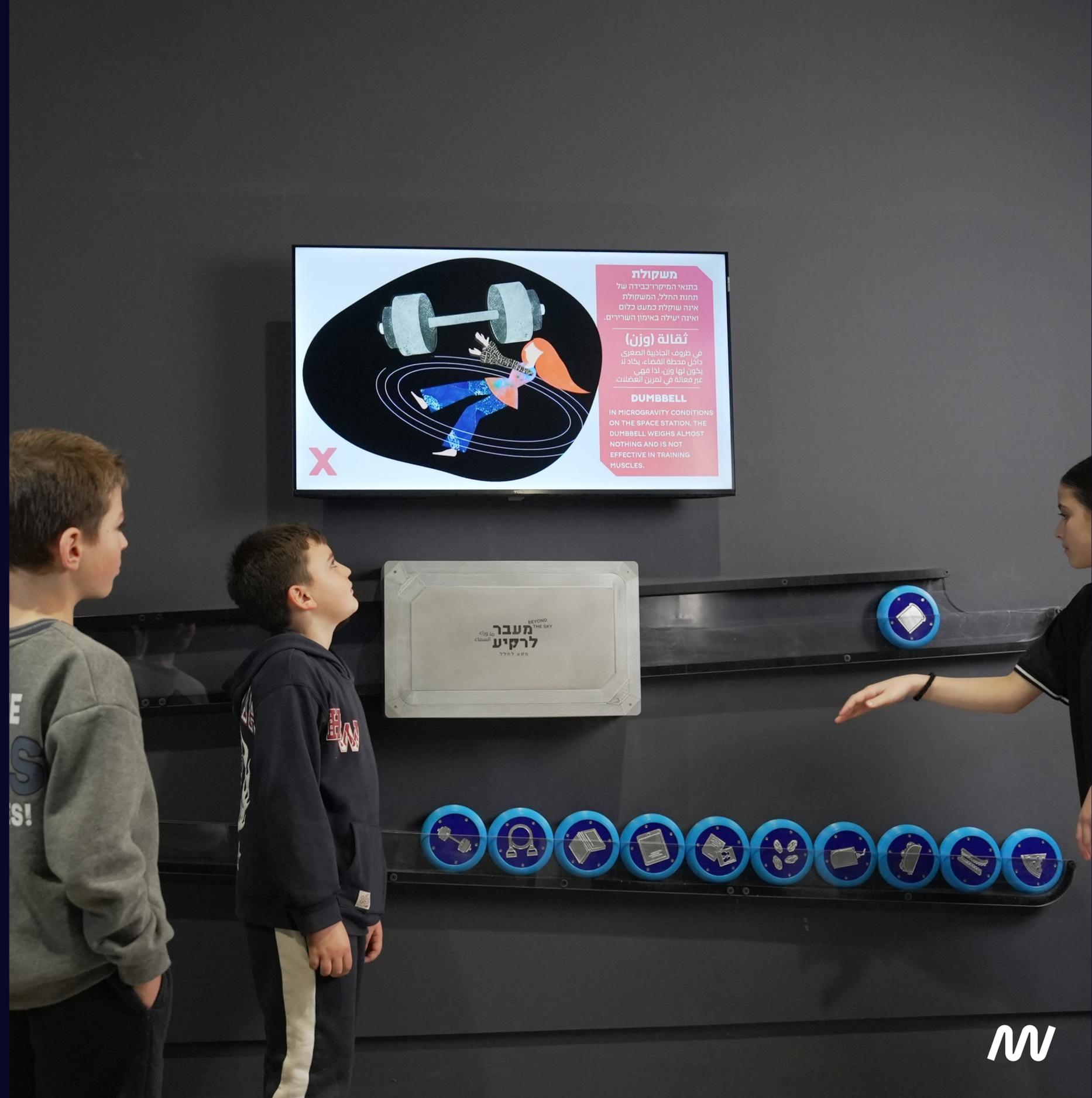
# טיל-טיפוס

מתקן טיפוס חווייתי לילדים המדמה טיל.  
המתקן מאפשר לילדים לעלות ולעבור  
לחדר השני בתערוכה.



# הישרדות בחלל מוצג אינטרקטיבי

בתחנת החלל הבינלאומית נבחנת השימושיות של כל חפץ לפי משקל, נפח, בטיחות והתנהגות בתנאי מיקרו־כבידה. במוצג דסקיות עם אייקונים של חפצים ודברי מאכל שונים. המבקרים מוזמנים לחשוב אילו מהם מתאימים לשימוש בתחנת החלל? לאחר מכן בוחרים דסקית, משחררים אותה במסלול ורואים על המסך אם החפץ שימושי לחיים בתחנה.



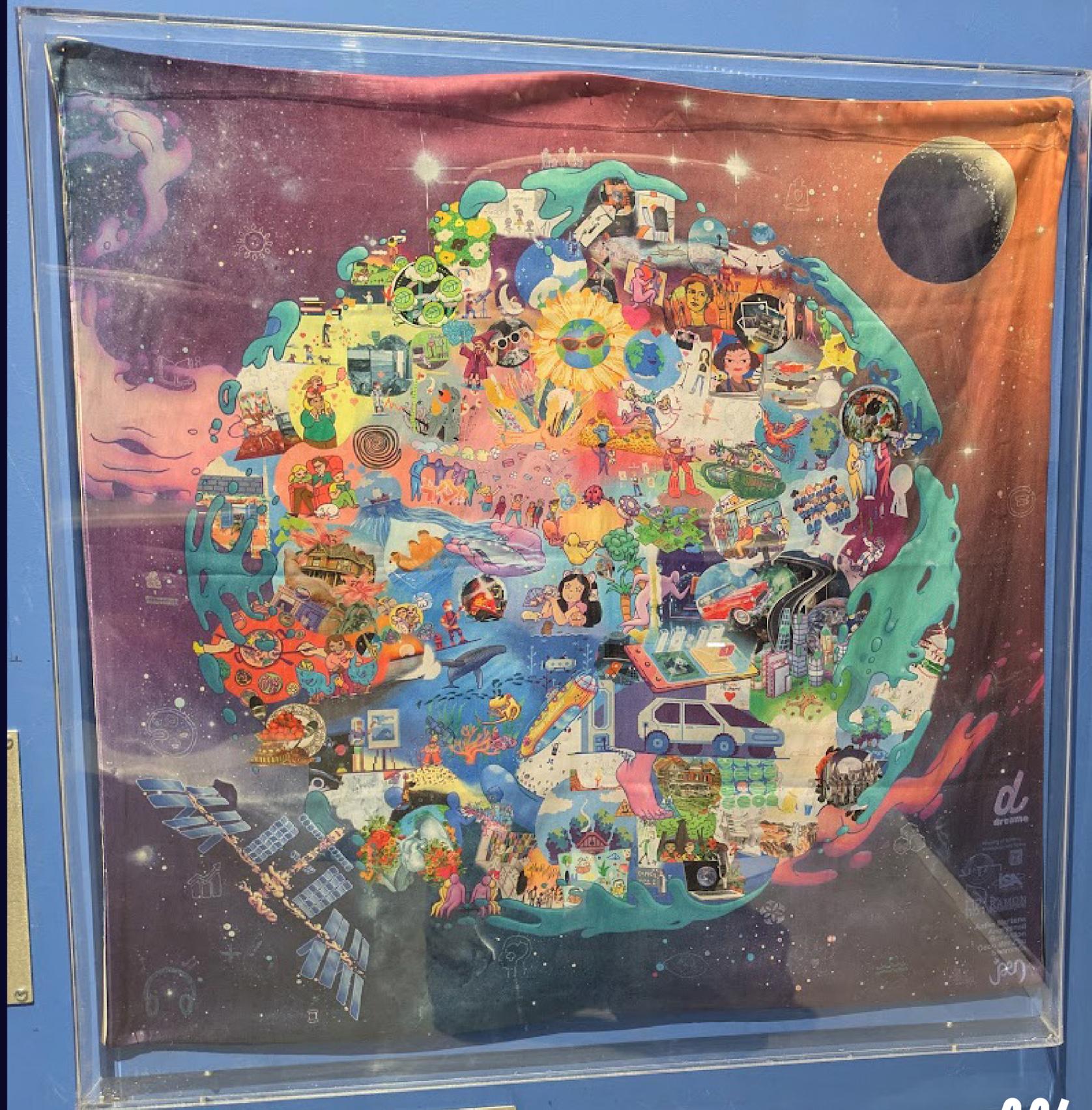


# חולמים עתיד דגל החלום הגדול

## דגל מקורי שנלקח על ידי איתן סטיבה לחלל

לחלל יש כוח לעורר השראה ולייצר שפה משותפת בין אנשים. ברוח זו, ארגון דרימי (DREAME, THE GLOBAL COLLECTIVE OF ARTISTS) ביקש מילדים וממבוגרים ברחבי העולם לכתוב להם מהם חלומותיהם על עתיד העולם. 50,000 חלומות נשלחו, ובעזרת מאיירים ומאיירות, הם הפכו ליצירת אמנות אחת גדולה.

היצירה הזאת הוצגה בכמה מקומות מרכזיים בארץ ובעולם. לאחר מכן הופק "דגל החלום הגדול", שעליו מופיע חלק מהיצירה. הדגל טס עם איתן סטיבה לחלל והוצג בתחנת החלל הבין-לאומית במסגרת משימת "רקיע". הדגל המקורי חזר מהחלל לכדור הארץ ומוצג כאן בתערוכה.



EN HE AR

מה תיקחו לחלל?

שגר!

בחרו את החפצים האישיים המועדפים עליכם

מצלמה  
תשמישי קדושה  
אוזניות  
צלף  
ציוד אמנות  
טלפון חכם  
דגל המדינה  
ספר אהוב  
יומן אישי  
מכתב מהבית  
משחקי קופסה  
כלי נגינה

# מזוודה אישית לחלל

(מסך מגע)

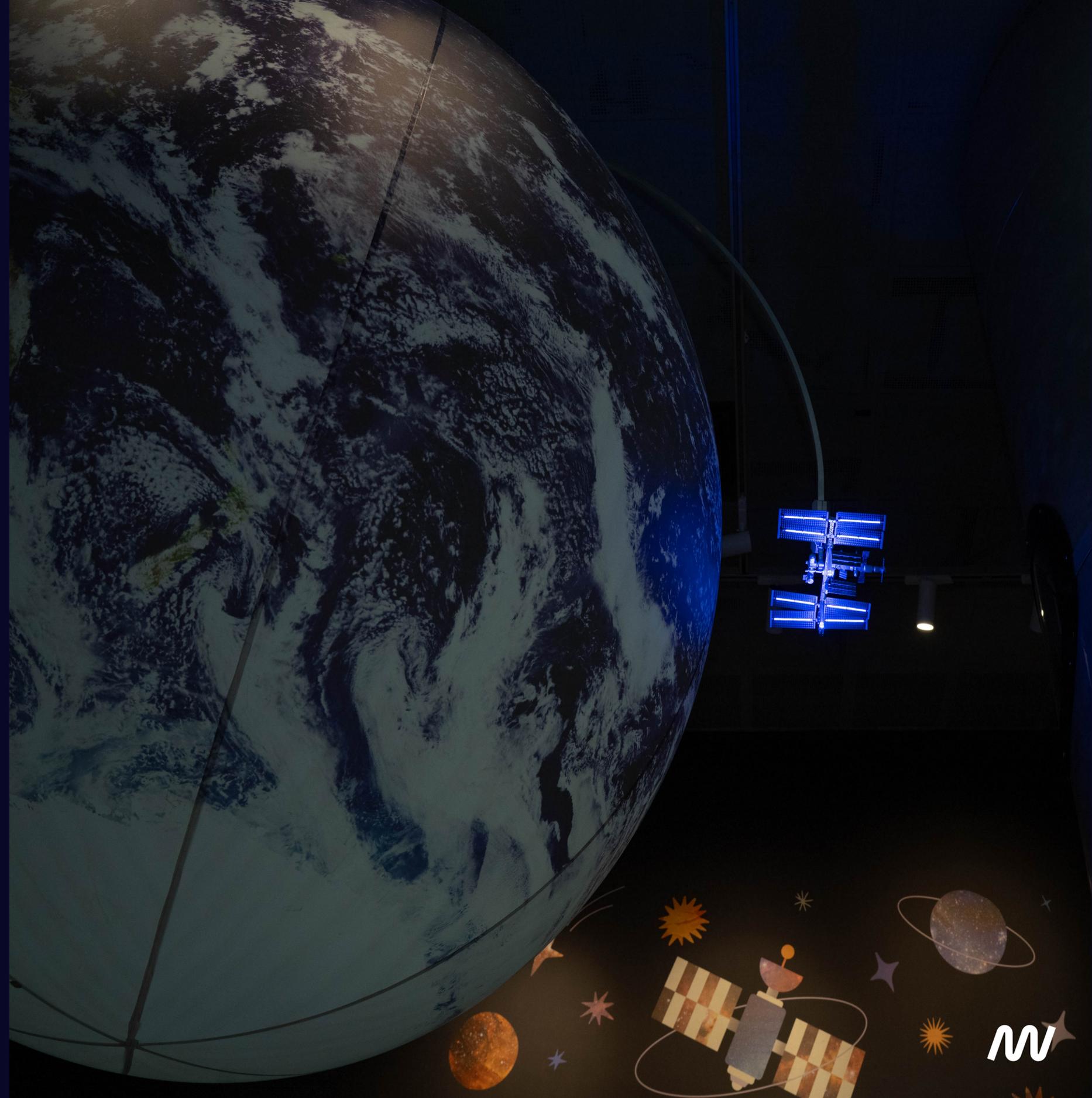
המוצג לוקח השראה מרשימת החפצים שסטיבה לקח לחלל ומחזיר את השאלה למבקרים – אילו חפצים אישיים אתם הייתם לוקחים לחלל? לאחר שהמבקר בוחר, מוצגת בפניו הסטטיסטיקה של הבחירות של כל מי שביקר בתערוכה לפניו.

DID YOU  
IF YOU COULD  
24 CM BY 24 CM  
WOULD YOU TA  
INTERNATIONAL

ב.כ.מ?

# סובב כדור הארץ (כדוה"א מרחף)

במרכז החדר מרחף כדור הארץ גדול עם דגם של תחנת החלל המסתובבת סביבו.

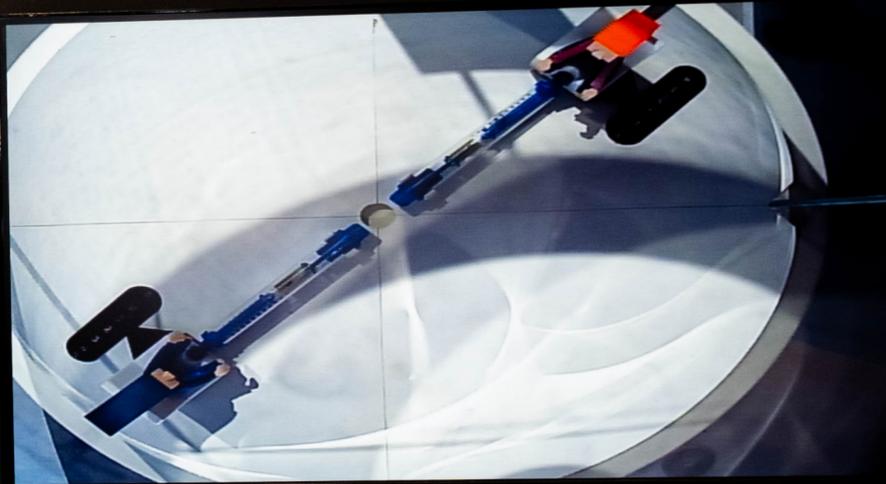


# מתאמנים לשיגור! מוצג אינטראקטיבי

במוצג נראה סרטון המתאר את אימוני האסטרונוטים לפני המסע לחלל. בסרטון ניתן לראות כי הפרצופים של האסטרונוטים נראים שונים מהרגיל במהלך האימונים במתקן הצנטריפוגה. בשיגור לחלל, המשגר מאיץ במהירות – מהירותו עולה מ-0 לכ-28,000 קמ"ש בתוך כ-9 דקות. האסטרונוטים מרגישים כבדים עד פי 4.5 מהרגיל ונמשכים מטה. כדי להתרגל לתחושה, הם מתאמנים בצנטריפוגה – מתקן המסתובב במהירות ומדמה את הכוחות הפועלים בשיגור (ובנחיתה).

## כיצד הסיבוב בצנטריפוגה מדמה את הכוחות הללו?

תא האסטרונוטים בצנטריפוגה, כמו כל חפץ בתנועה, נוטה להתמיד ולהמשיך בקו ישר. אך הוא מחובר למרכז הצנטריפוגה, ולכן פועל עליו כוח צנטריפטלי המושך אותו למרכז ומכריח אותו להסתובב. הנטייה של התא ושל האסטרונוטים שבתוכו להתמיד בתנועה בקו ישר יוצרת תחושה שהוא נדחף בכיוון הסיבוב כלפי חוץ. זהו הכוח המדומה המכונה כוח צנטריפוגלי, המוכר לנו למשל מההיצמדות לדלת המכונית בסיבוב חד. ככל שהאסטרונוט בצנטריפוגה מסתובב מהר יותר או רחוק יותר מהמרכז, כך הוא מאיץ חזק יותר ומפעיל בחזרה יותר כוח על מה שמושך אותו למרכז. מכיוון שמשקל הוא מדד לכוח, משקל האסטרונוט עולה. כך גם בחללית: בגלל ההאצה האדירה, גופיהם של האסטרונוטים לוחצים על המושבים והם מרגישים כבדים.



# מד משקל מסתובב

מסובבים את המוצג ועוקבים במסך אחר קריאת  
מדי המשקל שמחוברים אליהם חפצים.  
ככל שמסובבים מהר יותר וככל שהחפץ המחובר  
רחוק יותר מהמרכז, כך קריאת מד המשקל של  
החפץ עולה.



# קערת המים

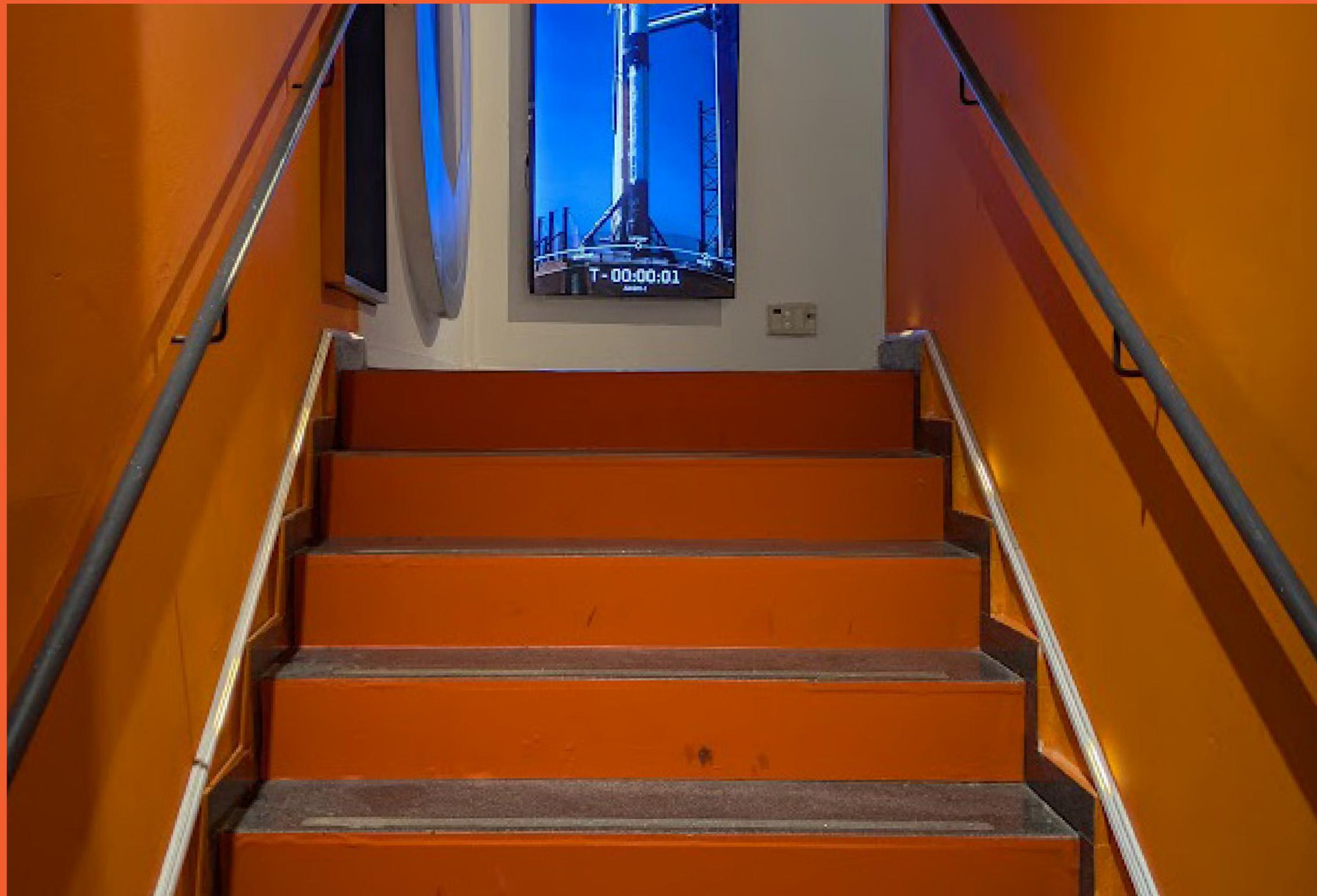
מסובבים את האקווריום במהירויות שונות. המים מתרחקים מהמרכז ועולים על הדפנות. ככל שמהירות הסיבוב עולה, המים עולים גבוה יותר. המים נדחפים לכיוון הסיבוב כלפי חוץ, כמו תא האסטרונוטים שבסרטון, אך מכיוון שדופנות האקווריום חוסמות אותם, הם עולים למעלה.

# בחזרה לכדור הארץ בלימה בלב ים

**בחזרתה לכדור הארץ, כיצד החללית בולמת עד  
לנחיתה בלב האוקיינוס?**

בחזרתה מתחנת החלל, חללית ה"דרגון" נופלת לעבר כדור הארץ במהירות 28,000 קמ"ש. כדי לא להתרסק, היא צריכה להאט. תחילה, החיכוך עם האוויר בכניסה לאטמוספירה בולם אותה למהירות של מטוס (כ-500 קמ"ש). כעת המצנחים נכנסים לפעולה: בתוך דקות הם מאיטים את החללית למהירות של רכיבה על אופניים (כ-25 קמ"ש בלבד) ומאפשרים נחיתה רכה. במוצג מסובבים את הידיות עד לשחרור החלליות ומתבוננים: החללית בלי המצנח נופלת, מאיצה בגלל כוח הכבידה ופוגעת בעוצמה ב"אוקיינוס". לעומת זאת, בחללית השנייה המצנח נפתח ובולם את נפילתה. המצנח מגדיל את שטח המגע עם האוויר ומגביר את כוח הגרר – כוח הפועל נגד כיוון הנפילה. כוח הגרר פועל על כל חפץ שנע באוויר או בנוזל, והוא תמיד מתנגד לתנועה ומאט אותה (כמו התנגדות המים כשצועדים בתוך בריכה). כוח הגרר גדל ככל שמהירות החפץ גדלה.



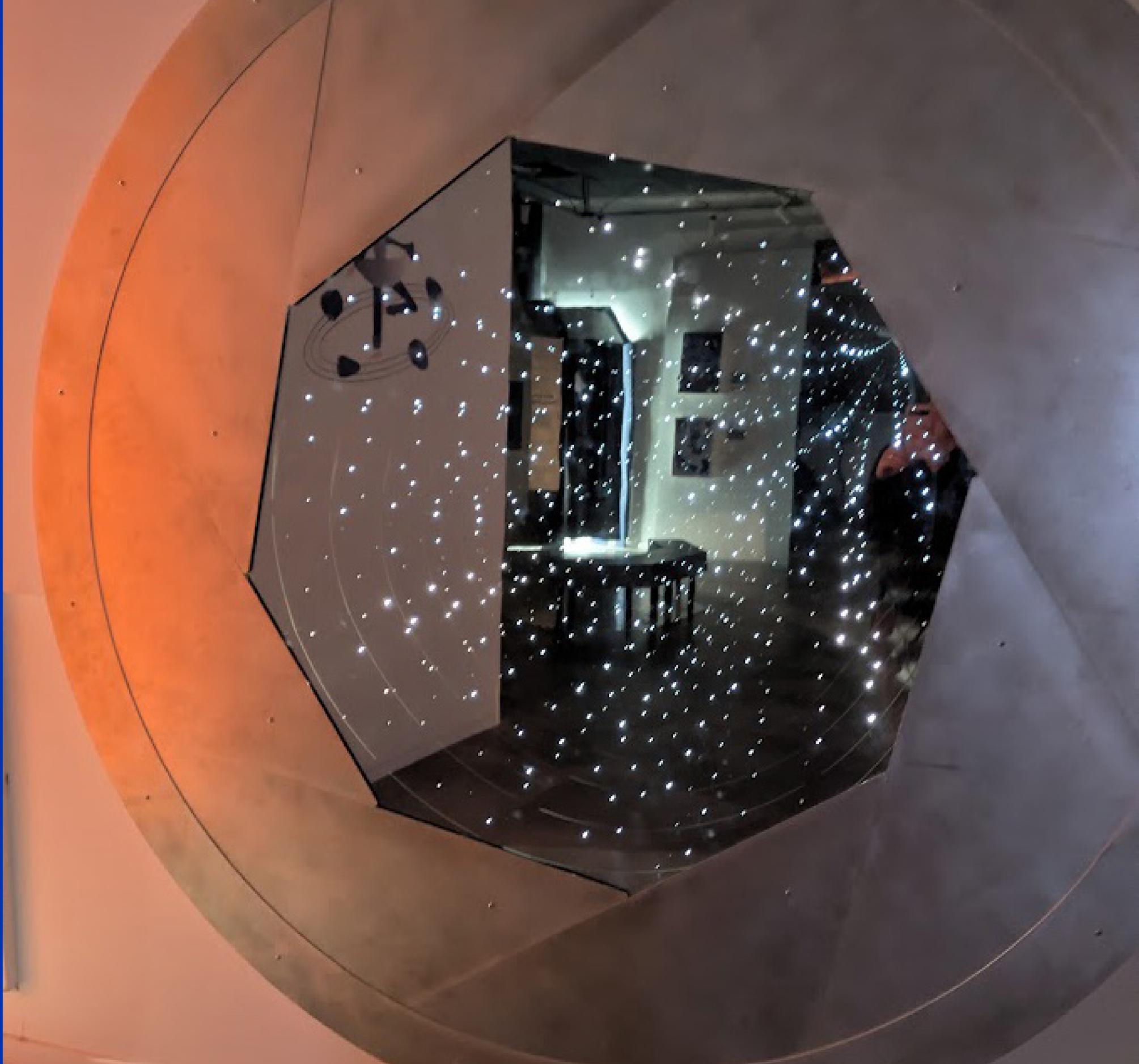


# המדרגות לשיגור המעבר בין שני המתחמים

לאחר לחיצה על כפתור השיגור, נשמעת ספירה לאחור אותנטית אשר הוקלטה בעת שיגור המשימה של איתן סטיבה. המבקרים עולים במדרגות תוך כדי צפיה בסרטון השיגור של סטיבה.



מתחם שני  
החיים בתחנת  
החלל הבינלאומית



# מראה אין סופית מבט אל האינסוף

# קפיצה לחלל

## מוצג אינטראקטיבי

שוכבים על המשטח ודוחפים את המשטח הנע עם הרגליים. זווית הצילום והתפאורה יוצרות על המסך אשליה של ריחוף, המדמה את חוויית המיקרו־כבידה שחווים אסטרונאוטים בתחנת החלל.



## תחנת החלל תא צילום שינה

### שינה בין כוכבים

האסטרונוטים ישנים בתוך שקי שינה  
המחוברים לקיר התחנה או לתא שינה.

## תחנת החלל תא צילום קופולה

### חלון לכדור הארץ

הידעתם? מחלון הקופולה המפורסם  
האסטרונוטים יכולים להביט  
לעבר כדור הארץ, לצפות בשכבת  
האטמוספירה הדקיקה המגינה על כדור  
הארץ שלנו ואפילו לראות את ישראל  
הקטנה והרחוקה!

## תחנת החלל תא צילום שירותים

### סליחה, איפה השירותים?

בתחנת החלל נמצא תא שירותים  
ובו שתי משאבות מיוחדות. מערכת  
מיוחדת מטהרת את השתן וממחזרת  
אותו למי שתייה. כמו שהאסטרונוטים  
אוהבים להגיד – הקפה של היום זה  
הקפה של מחר.



# למה לחקור את החלל בחלל?

מיני תערוכה של המחקר של פרופ' מורן ברקוביץ'  
(הפקולטה להנדסת מכונות בטכניון)

חקר החלל מרחיב את גבולות הידע והיכולות האנושיים. האנושות מציבה בחלל טכנולוגיות המשפרות את חיינו על כדור הארץ, למשל: תקשורת לוויינית, אמצעים לאיתור ולניצול של משאבים וחיישנים מתקדמים להתמודדות עם משבר האקלים.

בתחנת החלל הבינלאומית מתקיימים תנאי מיקרו־כבידה המאפשרים ביצוע ניסויים מדעיים ייחודיים. במשימת "רקיע", האסטרונאוט איתן סטיבה ביצע למעלה מ-30 ניסויים מדעיים של חוקרים ומדענים ישראלים. אחד הניסויים, המוצג בסרטון, מנצל את מתח הפנים של נוזלים בתנאי מיקרו־כבידה כדי ליצור עדשה נוזלית. השיטה מאפשרת לייצר עדשות ברמת גימור העולה על טכנולוגיות ייצור קיימות. בעתיד נוכל לבנות בחלל טלסקופי חלל ענקיים מבוססי נוזלים, בלי להיתקל במגבלות הגודל של משגרי טילים לחלל.

הפריטים המוצגים כאן פותחו בהשראת מחקר הנערך במעבדה של פרופ' מורן ברקוביץ' מהפקולטה להנדסת מכונות בטכניון בשיתוף עם נאס"א. הפריטים נוצרו בסביבת ציפה ניטרלית כדי לדמות על פני כדור הארץ את התנהגות הנוזלים בתנאי מיקרו־כבידה.



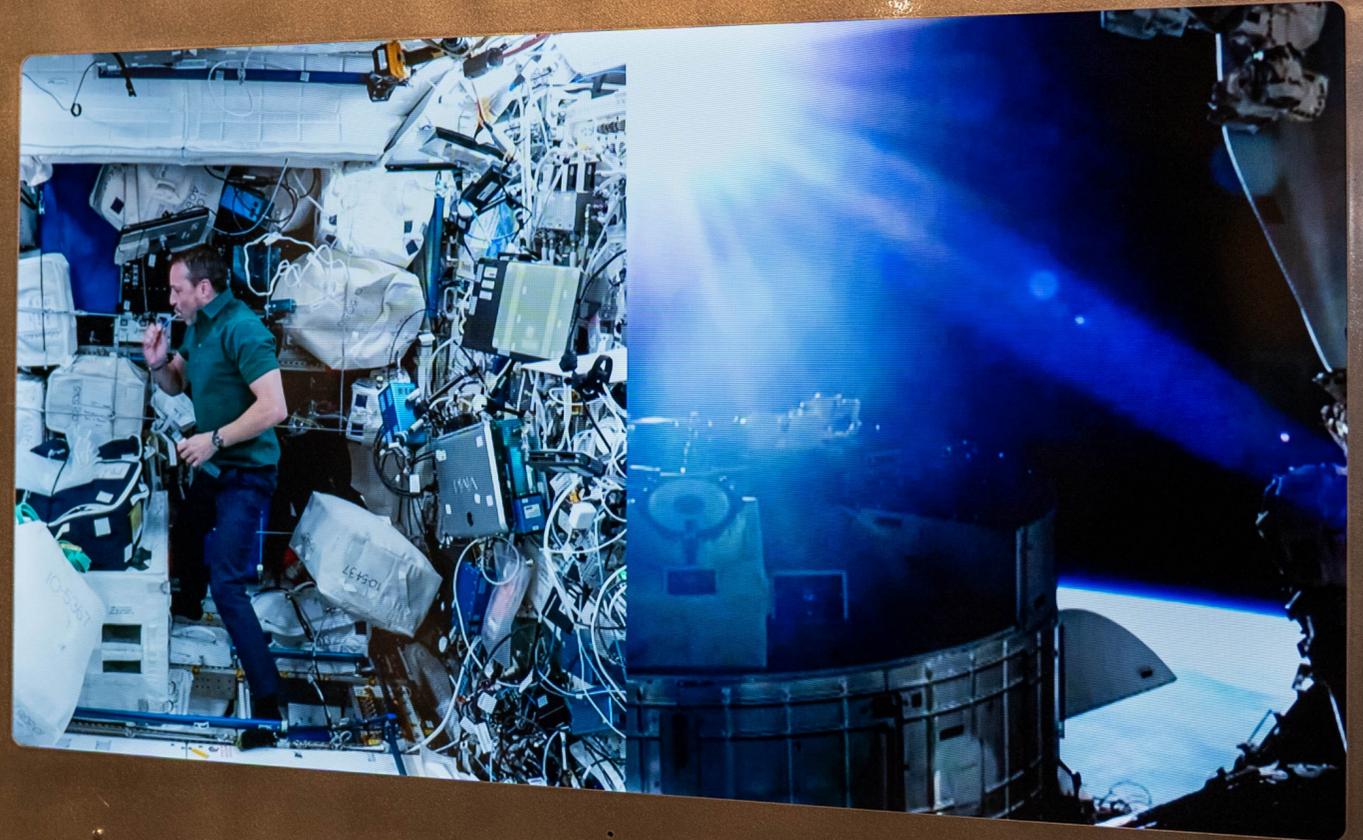
# מראת ריחוף

מוצג המזמין את המבקרים לראות את עצמם כמרחפים, בעזרת אשליה שיוצרת המראה.



# עמדת צפיה בסרט

הסרט מתאר "יום בחיי אסטרונוט", עם קטעי וידאו אותנטיים ממשימת רקיע בחלל.



# אמנות חוצת גבולות תכשיט על-חלל

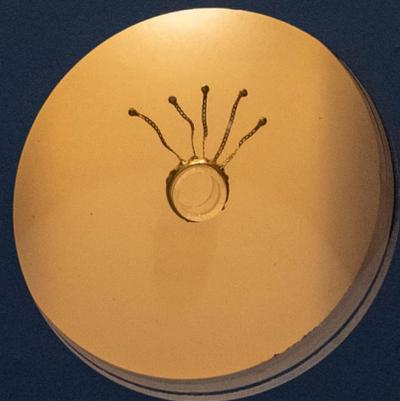
משימת "רקיע" הייתה ייחודית: היא לא קידמה רק מדע וטכנולוגיה, אלא נתנה במה גם למחקר תרבותי. במשימה הופקו עשרות עבודות אמנות ותכנים חינוכיים מגוונים.

כמה מהיצירות נשלחו לתחנת החלל כמו זו של ד"ר שחר פרדי כסלו, שהציג לראשונה תכשיטי חלל – תכשיטים המתגלים במלוא יופיים בחלל החיצון. על הטבעת חוטי מתכת דקים: בחלל הזקיקים האלה התרוממו וריחפו בעדינות מעל האצבע, כמו צמחי מים בקרקעית הים. הטבעת לכדה את הפלא של היעדר הכבידה.

**אמנות חוצת גבולות**  
משימת "רקיע" הייתה ייחודית: היא לא קידמה רק מדע וטכנולוגיה, אלא נתנה במה גם למחקר תרבותי. במשימה הופקו עשרות עבודות אמנות ותכנים חינוכיים מגוונים.

**ART WITHOUT LIMITS**  
The "Rakia" Mission was unique because it not only advanced science and technology but also provided a platform for cultural research. The mission produced dozens of works of art and educational content in various forms.

**يتخطى فن الحدود**  
مهمة "ركيع" كانت فريدة من نوعها، حيث لم تدعم العلوم والتكنولوجيا وحسب، بل ووفرت أيضًا منصة للبحث الثقافي. تم إنتاج عشرات الأعمال الفنية والمحتويات التعليمية بأشكال مختلفة في المهمة.





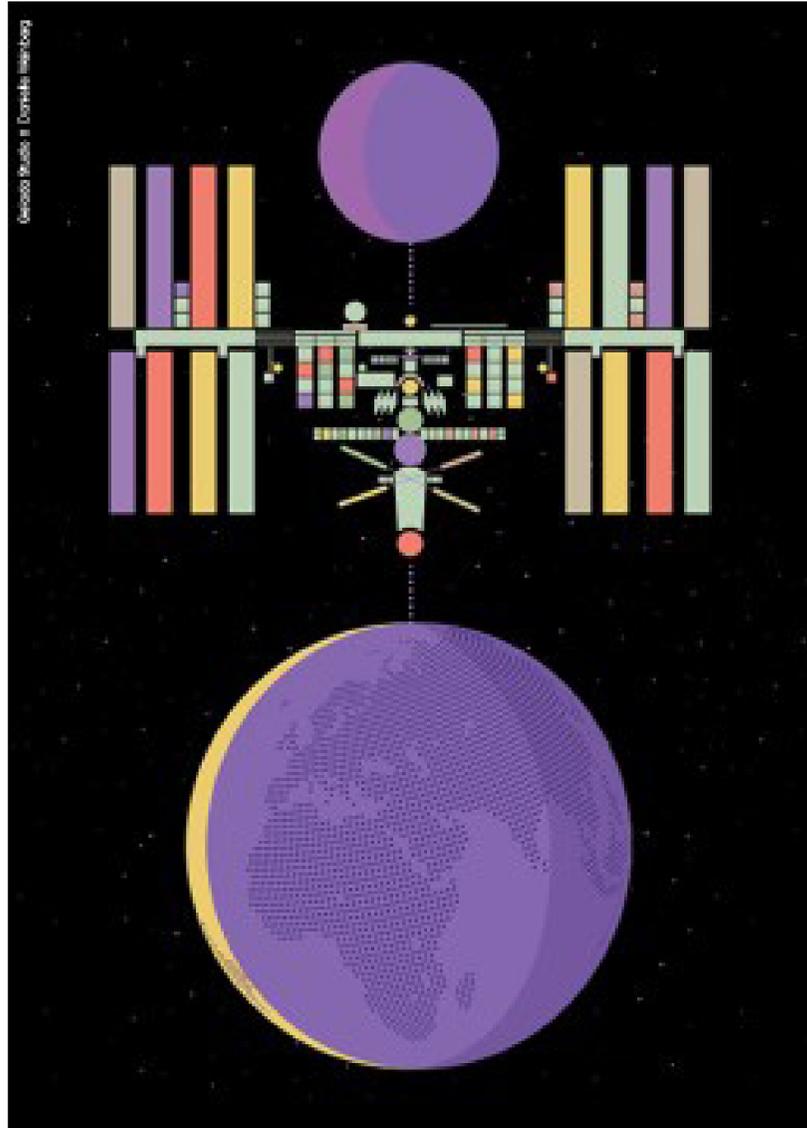
**ספירה קצרה לאחור,  
צעד ענק קדימה**  
יונתן פופר



**אין חלום רחוק מידי**  
קוקי מון

## **פוסטרים מעוצבים**

**עוצבו במיוחד לקראת  
משימת רקיע על ידי אמנים  
שונים בהשראת המסע לחלל.**



**התחנה הבאה...  
תחנת החלל הבינלאומית  
דניאל ויינברג**



**ספלאש! חזרנו הביתה  
דניאל ויינברג**



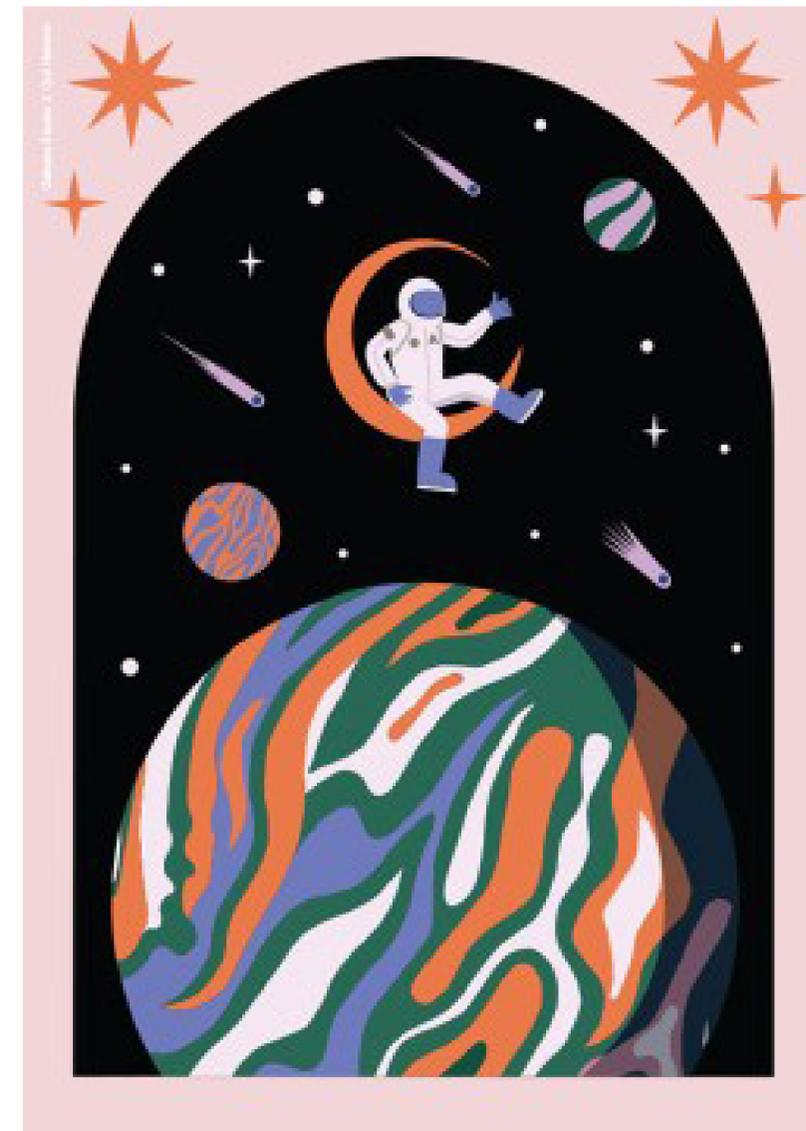
**שלום 'דרגון', ברוך הבא לחלל  
קוקי מון**



**ארוחת בוקר שאפשר לעוף עליה**  
יונתן פופר



**מדע במיקרו-כבידה**  
אמיר גלברד



**תהיו הכוכב של החלומות שלכם**  
גל מלניק

# קרדיטים

אוצרות וניהול הצוות הטכני

## אורי סיני

עיצוב התערוכה, עיצוב

ותכנון מוצגים אינטראקטיביים

## איל פוגל

ניהול פיתוח מוצגים

## ד"ר אמיר בן שלום

עיצוב ותכנון מוצגים

## עומר יצחקוב

עיצוב גרפי

## נבו ארן ללזר

עריכת תוכן מדעי

## עומר גייסט

עריכת וידאו

## אודיה גאוליוב

פיתוח ובניית מוצגים

## צוות בית המלאכה

## של מוזיאון המדע:

אורון רמתי, איתן גל,

אריאל שומכר, ברוך אונגר,

גיא קלינגר, דני שלם,

יעקב רוזנברג, נתן סבג,

סאמר עאסלה, עידו הופמן,

רון בן זאב, שמוליק אוליאל.

ניהול פרויקט

## שיר פרי



התערוכה מתקיימת  
בשיתוף פעולה עם "רקיע"



מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים  
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس  
Bloomfield Science Museum Jerusalem