

12 שנה אחרי שיגורו - שיא עולמי ללווינים מסוגו - הפסיק לוויין הטכניון את פעילותו

סיכום עידן

נתונים עיקריים

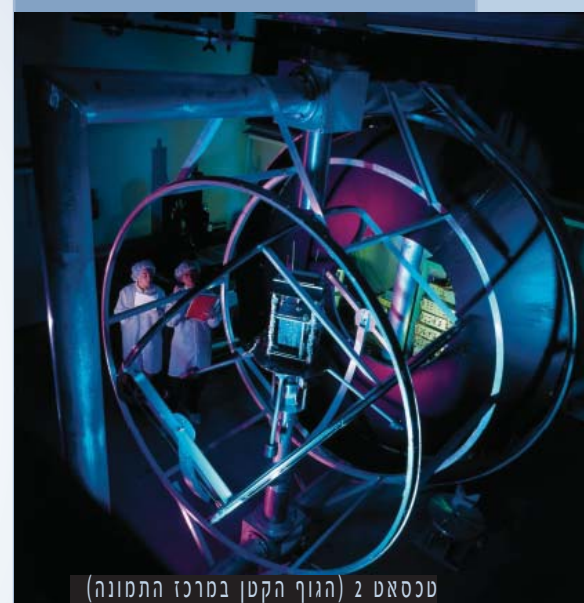
ממדים: 50 x 50 x 50 ס"מ

משקל: 48 ק"ג

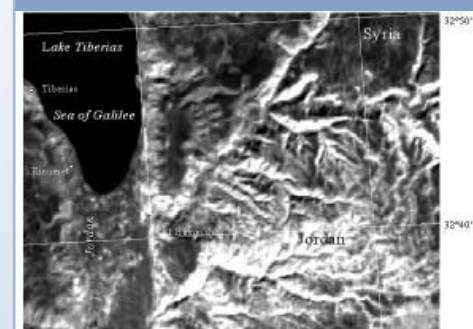
עלות: 8 מיליון דולר

גובה שיוט: 820 ק"מ (בירידה מתמדת)

הקפת כדור הארץ: 16 פעמים ביום



טכסאט 2 (הגוף הקטן במרכז התמונה)



תצלום של אזורנו שבוצע על ידי טכסאט 2

כש שנים, אחרי שסיים את כל משימותיו הרשמיות, החל הלוויין לספק שירות לחובבי רדיו ברחבי העולם, בשיתוף פעולה עם אגודת חובבי הרדיו בישראל. חובבים רבים שלחו מכתבי תודה למכון אשר לחקר החלל בטכניון, ובירכו את "הציפור החדשה".

זו, כאמור, היתה המשימה האחרונה של גורוויין טכסאט 2. עד אז בוצעו באמצעותו שישה ניסויים מדעיים ועבודות סטודנטים. בין המשימות שביצע הלוויין: בדיקה שוטפת של מצב שכבת האוזון, תפקוד של מעגלים חשמליים בחלל, מיפוי של קרינה שמקורה בחלקיקים כבדים, ובדיקת התנהגותם של מוליכי-על השוהים בחלל תקופה ממושכת.

הקשר הרוסי

לוויין הטכניון נולד, רעיונית, בשיחה בין פרופסור חיים אשד, ראש תוכנית החלל הישראלית במשרד הביטחון, לפרופסור גיורא שביב מהפקולטה לפיסיקה. נשיא הטכניון דאז, מקס רייס, תמך ברעיון שהציעו השניים: לבנות ולשגר לוויין בפרויקט שבו ישתתפו סטודנטים בטכניון. הנשיא הבא, פרופסור זאב תדמור, התלהב גם הוא וגייס תורמים.

"כמו בכל פרויקט ענק היו גם כאן מתנגדים, אבל היום כולם מודים שהלוויין קידם את הטכניון", אומר פרופסור שביב. "הרעיון שלנו היה לתכנן את הלוויין בטכניון אבל להעביר את בנייתו לגורמים תעשייתיים; ואכן, קיבלנו הצעה קוריאנית לקנות את הלוויין ולשגר אותו בשיתוף מלא עם התעשייה האווירית, אבל גורמים שונים טירפדו את הרעיון".

בשנת 1989, למרות כל הקשיים, נפתח קורס ראשון העוסק בלוויין. בקורס השתתפו שישה סטודנטים. בתחילת 1991 החלה בנייתו של הלוויין. בשנים הבאות הצטרפו לפרויקט שני "שבתוניסטים" מרפאל, פנסינור אחד, שני בוגרים שהשתתפו בפרויקט כסטודנטים. בעקבות פתיחת שערי ברית המועצות ביקר השר לקליטת עליה יאיר צבן במשרדו של פרופסור שביב, ושיתוף הפעולה ביניהם הביא לקליטתם של כעשרים מדענים עולים. מדענים אלה - רובם נקלטו בפרויקט עוד לפני שהספיקו ללמוד עברית - היוו כוח מרכזי בהמשך פיתוחו של הלוויין.

אבל בכך לא הסתיים "הקשר הרוסי" של לוויין הטכניון. בשנת 1994 נסעו נציגי הטכניון לצרפת כדי להשתתף בכנס בנושא לווינים קטנים. הגנרל הרוסי סולומונוב פגש אותם והסביר להם כי הוא וחבריו השתלטו על ארסנל של טילים בליסטיים שהיה שייך לברית המועצות לפני קריסתה. עתה, הסביר סולומונוב, בכוונתנו לנצל את המאגר הזה למכירת שיגורים. נציגי הטכניון הזמינו את הגנרל לישראל כדי לחתום על חוזה שיגור, והוסיפו כי

הם מצפים ל"מחר פרסומת". סולומונוב אכן הגיע לישראל, וכל הפרטים סוכמו. טכסאט 1 שוגר בשנת 1995 מאתר השיגור פלצסק, כ-900 קילומטרים צפונית למוסקבה. למרות האופטימיות שהפגינו הרוסים, ודיווח בטלוויזיה הרוסית ש"הכל בסדר", התברר שבטיל השיגור ארעה תקלה, והוא צלל - יחד עם טכסאט 1 ושאר הלווינים שיועדו לשיגור עמו - למצולות הים. גם הגנרל סולומונוב ואנשיו נעלמו - אולי מגודל המבוכה.

סיכוב שני

הכישלון לא ריפה את ידיהם של אנשי טכסאט. סנט הטכניון בירך אותם על הפרויקט, והם שינסו מותניים לקראת בנייתו של הלוויין השני. הודות לנחישותם, כמו גם תמיכתם הכספית של איש העסקים האמריקאי ג'וזף גורוויין, שעל שמו נקרא הלוויין השני (Gurwin-II-TechSat); הלך אשר, שהמכון לחקר החלל נקרא על שם בעלה; משרד הקליטה הישראלי; חברת IBM וגורמים נוספים בתעשייה - בזכות כל אלה הושלמה בנייתו של הלוויין.

מסגרת התקציב, שאמנם תפחה מ-300 אלף דולר (הערכה ראשונית) לכ-8 מיליון דולר, עדיין הציבה מגבלות רבות על הפרויקט. "פרויקטים תעשייתיים מאופיינים בשמרנות - הרבה כסף, מעט סיכונים", אומר פרופסור שביב. "אנחנו הבנו שלאקדמיה ישנה הפריווילגיה של החדשנות, האפשרות לפתח דברים חדשים תוך לקיחת סיכון. לדוגמה, כנגד הקרינה הקוסמית האגרסיבית נהוג בתעשיית החלל לצפות את הלווינים בשכבות חומר חזקות ויקרות (גם בטכניון נחקר נושא זה, בהקשר של שימוש בציפוי יהלום). מגבלות התקציב חיייבו אותנו למצוא דרכים מתוחכמות וזולות יותר להתמודד עם בעיית הקרינה. וכך, במקום מחשב אחד יקר המותאם לסביבת החלל קנינו עשרה מחשבים גיליים - חיסכון של אלפי אחוזים - ופיתחנו בטכניון תוכנה שידעת להשתמש בכל רגע נתון בזכרונות של המחשבים התקינים. בנוסף יצרנו אפשרות להעלות עדכונים לתוכנה בזמן שהותו של הלוויין בחלל. תוחלת החיים המפתיעה של הלוויין הוכיחה שהדרך שלנו היתה נכונה".

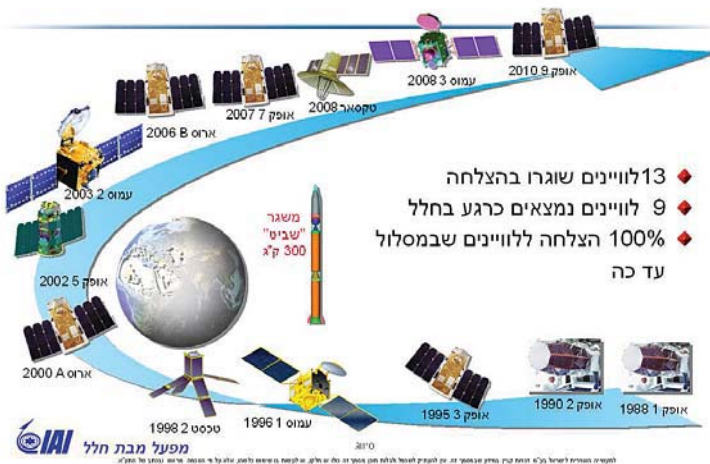
התעשייה, למרבה ההפתעה, שיתפה פעולה עם היחזמה עתירת החדשנות. מרסל קליין ז"ל, מדען ראשי ברפאל ובוגר הפקולטה לאווירונטיקה (זמהנדס בחדס עליון, "מוסיף פרופסור שביב), "נדלק" על הלוויין וסחף אחריו עובדים, חוקרים וסטודנטים. פרופסור יעל נמירובסקי מהפקולטה להנדסת חשמל פיתחה גלאים לקרינת X. פרופסור אמיל פולטורק מהפקולטה לפיזיקה בנה את הניסוי הראשון בעולם בעל-מוליכות בטמפרטורות גבוהות בתנאי חלל. "זו היתה דוגמה נפלאה לשיתוף פעולה עם התעשייה",

"ישראל היא מעצמת חלל - במידה רבה בזכות הטכניון" • כך אומר פרופסור חיים אשד, ראש תוכנית החלל הישראלית, בעקבות הגשתו של דוח בנושא זה לנשיא המדינה ולראש הממשלה

ב-9 ביולי 2010, במשרדו בלב תל אביב, קרא פרופסור חיים אשד את הכותרת הראשית בעיתון TheMarker - ונשמ לרווחה. "המרוץ לחלל: 1.5 מיליארד שקל בחמש שנים", בישרה הכותרת. פרופסור אשד, ראש תוכנית החלל הישראלית, ידע אמנם כי במובנים רבים זוהי רק תחילת הדרך, ובכל זאת - הכותרת האמורה בישרה על נקודת ציון משמעותית מאוד: הגשתו של דוח נשיאותי בנושא החלל לנשיא המדינה שמעון פרס ולראש הממשלה בנימין נתניהו. על פי הדוח תניב ההשקעה האמורה - 1.5 מיליארד שקל ב-5 שנים, דהיינו 300 מיליון שקל בשנה - הכנסות בהיקף מינימלי של 10 מיליארד דולר בשנה.

להב הגיליוטינה

"להב הגיליוטינה מחדד את המחשבה", אומר פרופסור אשד בראיון לבטאון הטכניון, "כולנו יודעים שההיי-טק הישראלי נולד מתוך אילוצי ביטחון וכיום הוא הקטר שמושך את המשק כולו. אותו דבר ראוי שיקרה עם תעשיית החלל: מניע בטחוני שיצמיד קדימה את הפיתוח והמחקר, ובעקבותיהם את הכלכלה כולה." ד"ר דפנה גץ ממכון שמואל נאמן בטכניון מאשרת את התפיסה האמורה. במחקר מקיף שערכה לאחרונה בעניין הקשר בין כלכלת ישראל לתעשיית החלל הישראלית היא כתבה כי "המכירות לעובד ממוצע בתחום החלל הן כ-500 אלף דולר בשנה - לעומת כ-200 אלף דולר לשנה לעובד בתחום ההיי-טק." מובן כי האינטרס הישראלי בפיתוחה של תוכנית חלל אינו כלכלי בלבד. ההיבט הראשי הוא המניע הבטחוני - מערך צילומי ותקשורת שיעניק לישראל רזולוציית-מידע חסרת תקדים ועומק אסטרטגי חיוני. פרופסור אשד עצמו נמנע מהרחבה בעניין יכולות הצילום של הלוויינים הישראליים, אבל גורם בכיר בפיתוחו של אופק 9, הלוויין האחרון ששיגרה מדינת ישראל, אמר לאחרונה כי מערכות הצילום המתקדמות המותקנות בלוויין יאפשרו לקהילת המודיעין "לראות קצין איראני שותה קפה טורקי."



לוויינים ישראלים בחלל. באדיבות מבת, התעשייה האווירית

לראות קצין איראני שותה קפה

אומר פרופסור שביב. "הלוויין הוא לא רק הישג טכנולוגי עצום", אומר פרופסור אשד. "הוא הישג חינוכי - כי סביב הפרויקט התחנך דור של סטודנטים. התעקשנו על כך שזה יהיה פרויקט סטודנטים, והיומרה הזאת הצדיקה את עצמה."

אל על

ב-10 ביולי 1998, שלוש שנים אחרי השיגור הכושל של טכסאט 1, עמדו אנשי הצוות הישראלי באתר השיגור במדינת קזחסטאן, ולידם ראש סוכנות החלל הרוסית בכבודו ובעצמו. הטמפרטורה במקום - 42 מעלות מתחת לאפס - לא פגעה בהתרגשות האדירה ששררה במקום. "הפעם לא לקחנו צ'אנס", אומר פרופסור אשד. טכסאט 2 הוצמד ללוויין-אם במשקל 2.7 טונות, שאליו חוברו 4 לוויינים נוספים. בהקפה ה-23 של הלוויין-האם נפרד ממנו טכסאט 2, ורק כעבור שלושים שעות מורטות עצבים הגיע לכדור הארץ אות חיים ראשון.

כשנה לפני השיגור המוצלח עזב פרופסור שביב את ראשות מכון אשר לחקר החלל, והוחלף על ידי פרופסור משה גלמן. "בשלב מסוים התברר לנו שתחנת מעקב רוסית עקבה בטעות אחר הלוויין - היא חשבה שזהו לוויין אחר ששוגר יחד עם לוויין הטכניון", מספר פרופסור גלמן. "כשהם גילו את הטעות הם עידכנו אותנו, ועקבו אחרי הלוויין במשך זמן מה, והדבר סייע לנו לדעת שהלוויין נע במסלול הנכון."

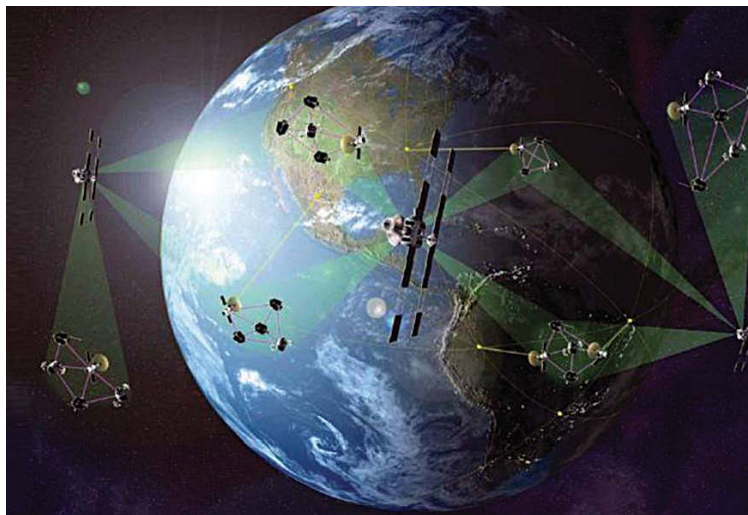
במחצית חייו של הלוויין, לפני שש שנים, פעלו כל המערכות בלוויין - הבקרה, המצלמה וניסויי הקרינה - כפי שתפקדו ביומו הראשון בחלל. תיפקודו של טכסאט 2 הפתיע אפילו את יוזמיו, שצפו לו תוחלת חיים של חודשים ספורים. פעילותה של מערכת הפאנלים הסולאריים ירדה בשש השנים ההן בכ-10% בלבד. רק השנה (2010) ירד תפקודם של הפאנלים לרמה שאילצה את כל הנוגעים בדבר "לקבוע את מותו".

הנוגעים בדבר

הפרופסורים שביב וגלמן מציינים כמה מהאנשים שמילאו תפקידים מרכזיים בשיגור הלוויין ובתיפעולו: רוני וולר מהמכון לחקר החלל, שהיה אחראי על פיתוח התוכנות בלוויין; ד"ר פרד אורטנברג, שסייע רבות בקשר עם גורמים רוסיים במעקב אחר הלוויין ועקב אחר דעיכת האנרגיה בלוויין; וד"ר אלכסנדר שירייב, שטיפל בנושא הבקרה בלוויין. גם משה שחר סייע רבות בגיבוש הרעיון ובהנחיית הסטודנטים.

ומה הלאה? הלוויין, כאמור, "מת" במהלך השנה הנוכחית, אבל ממשיך לחוג סביב כדור הארץ. מאחר שהוא מתקרב בהדרגה לכדור הארץ, בסופו של דבר הוא יחדור לאטמוספירה ויישרף. מתי זה יקרה? אולי עוד מאה שנה, אולי מאתיים.

לראות קצין אירני שותתה קפה



להמשיך להוביל

מושבות על הירח, קווי טיסה בינלאומיים העוברים בחלל, כריית מחצבים בכוכבי לכת אחרים, חופשות בחלל, אסטרונאוטים ישראלים במשימות מחקר - פרופסור אשד מדבר על הדברים האלה לא כעל מדע בדיוני אלא כעל מציאות עתידית שאינה רחוקה כפי שאנחנו עשויים לחשוב. גם הרעיון שישראל תהיה גורם משמעותי בתחום החלל העלה הרבה חיוכים בזמנו. כיום זו עובדה. האתגר שלנו הוא לשמר את העוצמה הישראלית בחלל, ולשם כך לא מספיקים האינטרסים הכלכליים של השוק החופשי. דרושה התערבות ממשלתית ונחוץ תיקצוב ארוך טווח, שיאפשר לנו להמשיך להתפתח בתחום זה בקצב תחרותי ולא להזדנב מאחור."

בין הטכניון לתל אביב

פרופסור אשד גדל בדרום תל אביב, ובנערותו לא התעניין בלימודים אלא בכדורגל. בסופו של דבר הצליח להשלים בגרויות ולהתקבל לטכניון, אבל הוא זוכר את עצמו כסטודנט פרוע. "זה היה בשנות השישים, והיינו יוצאים בפיג'מות ועושים חגיגות לילה עם בירות ורעשנים", אמר בראיון ל-y.net. פרופסור אשד פיתח קריירה צבאית מרשימה, ולצדה קריירה אקדמית בטכניון ובאוניברסיטת תל אביב. בשנות השמונים, כשהיה בערך בן ארבעים, עלתה על הפרק האפשרות שיהיה האסטרונאוט הישראלי הראשון - רעיון שנגזז על ידי האמריקאים מסיבות פוליטיות.

חיוניותה של תוכנית חלל ישראלית התגבשה במוחו של פרופסור אשד כבר בשנת 1978 - לפני יותר משלושים שנה

שיקולים בטחוניים ותועלת כלכלית. אילוסטרציה של מערכת F6 של Darpa האמריקאית, שישראל צפויה להשתתף בפיתוחה

חוצפה ישראלית

"צריך להבין את החוצפה הגדולה שבהקמת התוכנית", מסביר פרופסור אשד. "מלבד שתי המעצמות הגדולות דאז לא היתה תוכנית כזו לשום מדינה (מלבד צרפת, במידה מוגבלת). כיום, שלושה עשורים לאחר הולדת התוכנית, ישראל היא מעצמת חלל. לא כולם יודעים את זה, אבל חברת המחקר פוטרון (Futron) דירגה אותנו במקום השמיני בעולם בתחום החלל, ויש גופים שמדרגים אותנו אפילו יותר גבוה. בנושאים מסוימים יש הסכמה שישראל ניצבת במקום הראשון. לטכניון, חשוב להדגיש, מקום מרכזי בהצלחה הזאת - הן בהיבט של בניין תשתית והן, כמובן, במחקר ופיתוח ובהכשרת עיקר כוח העבודה בתחום."



עמוס 3 בחלל. חופשות על הירח, מושבות בחלל - לא רעיונות הזויים אלא עתיד קרוב.

קפה מגורטן, באדיבות NASA

הרלוונטיות של החלל בחיינו הולכת וגדלה במהירות, אנו נהנים לא רק משירותי לוויין ישירים - כגון שידורי טלוויזיה באמצעות לוויין וניווט באמצעות GPS - אלא גם מתוצרי הלוואי של תעשיית החלל: טכנולוגיית ייבוש בהקפאה, שמאפשרת את ייצור של קפה מגורטן; תוספי מזון לתינוקות; פאנלים סולאריים; בולמי זעזועים לנעלי ספורט. קסדות אופניים, מזרנים אורטופדיים ושלל פיתוחים רובוטיים גם הם בין אותם "תוצרי לוואי" שחדרו מתעשיית החלל לחיי היומיום. כמו במקרה של "טכסאט", גם בתפיסתו הכוללת מאמין פרופסור אשד שהיתרון הישראלי נעוץ במיזעור - ובפיתוח של 'להקי-לווינים' המגבים זה את זה. בראיון לאורה קורן (TheMarker) הוא אמר השנה ש"המשבר הכלכלי העולמי תפס את תעשיית החלל עם המכנסיים למטה. הכל בה גדול ויקר. בעידן החדש החלל צריך להיות נגיש, ואת זה אפשר להשיג באמצעות לווינים קטנים במחיר אטרקטיבי... הקדמנו את כל העולם בתחום הלווינות הזעירה ובנינו יכולות מדהימות בטכניון ובאוניברסיטת תל אביב, שיאפשרו בסופו של דבר ליצור לוויין שכל המידע האלקטרוני שלו יהיה על שבב אחד." התעשייה האווירית והאגודה הישראלית לננו-לווינים כבר הצליחו לפתח לוויין שמשקלו אינו עולה על קילוגרם אחד.

כאשר שירת במערך המודיעין בתפקיד ראש מחקר ופיתוח. הרקע הבטחוני המצומצם היה נחיצותו של מידע על תנועת הכוחות המצריים בסניי והכוחות הסורים בצפון. פניוניה של ישראל לארה"ב בבקשה למידע כזה נענו בשלילה, וגורמים ישראלים רבים הבינו שאין מנוס מפיתוחו של לוויין ישראלי. אבל התוכנית של פרופסור אשד היתה מקיפה ויומרתית הרבה יותר. "פניתי לשניים מהאנשים המרכזיים בתחום, פרופסור יובל נאמן ז"ל מאוניברסיטת ת"א, ופרופסור יוסף (יוזי) זינגר ז"ל מהטכניון, וכעבור שלוש שנים הגשנו לראש הממשלה ושר הביטחון מנחם בגין תוכנית מפורטת בנושא עתידה של ישראל בתחום החלל."

התוכנית אושרה, ופרופסור אשד הוצב בראשה. יחד עם פרופסור נאמן, "הזרוע המדעית" של תוכנית החלל, הוא הקים את סוכנות החלל הישראלית, ועם פרופסור זינגר, "הזרוע הטכנולוגית"