

תמצית ההרצאות מיום העיון

הטיסה בחלל

עם ביקורו של הקוסמונאוט בוריס וולינוב
בישראל כאורח המכון

21 באוקטובר 2003

This publication was made possible through the generosity
of Patricia & Manny Gantz, New York, U.S.A.

פרסום מס' 19
דצמבר 2003

עקרונות הטיסה בחלל

להרחבת הידע של הנוכחים בארוע

יורם ליפובסקי

נע במישור קבוע, אין שום סיבה שהגוף יצא מהמישור הזה. אם ניקח את המקרה הפשוט של כדור הארץ, כל מסלול לווייני הוא מסלול מישורי, שמרכזו כדור הארץ נמצא בו. בתוך המישור הזה, כל התנועות מתבצעות בגיאומטריה של חתכי חרוט מסוגים שונים והמקובל ביותר הוא החתך האליפטי, במקרה הזה הלוויין נע במסלול אליפסה שכדור הארץ הוא אחד מהמוקדים שלה. מקרה פרטי התלכדות של שני מוקדים ביחד במקום אחד והרי לנו מסלול מעגלי. אנחנו נעים בתוך אותו מישור כל הזמן. אם יש לנו מסלול קוטבי, בתוך המסלול הקוטבי כדור הארץ מסתובב במהירות הידועה של סיבוב אחד ליממה או 15 מעלות לשעה, ובתוך המסלול הזה כדור הארץ מסתובב והלוויין נע בו כל הזמן. למדנו כאן חוק די ברור, ככל שאני מגביה את זווית ההטיה, הכיסוי של הכדור הארץ יהיה גדול יותר. רק מסלולים קוטביים יאפשרו כיסוי מלא של כדור הארץ. ישראל נמצאת באזור קו הרוחב 32-31, אם אנחנו משגרים לוויין אופקית, אנחנו לא משגרים אותו עם מהירות כלשהי כלפי צפון או כלפי דרום אלא מקביל לקו המשווה, ברור שאותו לוויין יכסה חלק מכדור הארץ, הנמצא סימטרית משני צדי הקו המשווה בין קו הרוחב צפון 32 לדרום 32 לעולם לוויין כזה לא יוכל לעבור על נקודות צפוניות יותר או דרומיות יותר. זה אומר שלוויין לעולם לא יכול להיות מעל בגדאד, כל עוד בגדאד אינה על מישור קו המשווה, וכל נקודה אחרת שאינה מעל קו, שאינו ממש במישור קו המשווה, לוויין לעולם לא יכול לצוף מעליה. אם נרצה לוויין באופן קבוע מעל בגדאד, כנראה שהפתרון הוא לא לוויין הלוויינים לא יכולים לטוס מאוד נמוך, למה? כי הרי אמרנו שאם טסים מאד נמוך מאבדים את היתרון העצום של חוסר חיכוך. הלוויינים מתחילים לפרוח באזור שנקרא LEO. כלומר מסלולי גובה נמוך, ומה היתרון של המסלולים האלה? נמצאים קרוב לאדמה, קרוב במקרה הזה, בין 200 ל-600 ק"מ, אבל החיכוך שם קטן מאוד. הלוויין "אופק"

אקדים ואומר בפתח דברי שהיום אנחנו מממשים אחד היעדים החשובים של מכון פישר - יעד חינוכי והסברתי. אני מקדם בברכה נוער מבית הספר עליה למדעים. תקוותי שנצליח להביא עוד בתי ספר במהלך השנה לימי עיון דומים.

אתחיל במספר דברים בסיסיים. אנחנו רגילים על כדור הארץ, אם זה בים, באוויר, וביבשה, שכל תנועה דורשת התגברות על אנרגיה, על חיכוך עם האוויר, וזה דורש אנרגיה. בניגוד לזה - הטיסה בחלל אינה דורשת כמעט אנרגיה לאחר שכבר הגענו לשם. אז כבר נוסעים מן התנופה, אבל כדי להבין מהי התנופה צריך כמובן לזכור, שגופים שואפים להיות במצב התמדה קבוע, זאת אומרת באותה המהירות שהייתה להם להמשיך עד אין סוף. אך ורק אם גורם חיצוני כלשהו יפעל עליהם, הם יצאו ממצב ההתמדה הזה. מצב התמדה אחד מן הרבים, הוא מצב של מהירות אפס, זה גוף שעומד אבל כל שאר הגופים, לא משנה מה מהירותם שואפים להמשיך במצב הזה. מה מפריע להם בדרך כלל? כפי שאמרתי החיכוך במים, באוויר, ביבשה ואז צריך להפעיל כוחות כדי למנוע מצב של איבוד מהירות, שגורם תאוטה עד שהכלי הזה ייעצר. כולנו יודעים שכשרוצים להפעיל תאוטות או תאוצות, יש להפעיל כוחות פרופורציוניים לגודל המסה שרוצים לשנות את מצב התמדה שלה, צריכים להפעיל כוחות שהם פרופורציוניים לגודל השינוי במצב התמדה - לתאוצה.

בחלל, בגלל שנוצר מצב מאוד מיוחד שהחיכוך שם כמעט אפסי, בגבהים בהם ניתן למצוא מולקולה אחת ל-10 ק"מ, זהו אחד המקרים היחידים שבהם ניתן לנוע כמעט ללא חיכוך. כלומר, לאחר שהגעתי לשם תוכל להמשיך לנוע במשך זמן רב.

התנועה הזאת בחלל המתאפיינת קודם כל בזה, שגוף הוא נע במישור קבוע, אין שום סיבה שהגוף יצא מהמישור

אלי"מ (מיל) יורם ליפובסקי עומד בראש המרכז לחקר החלל במכון פישר

שלנו שט כבר שבע שנים בחלל, כמעט בלי דלק. למה הכוונה כמעט? כי אם נעים במהירות כל כך גבוהה והמהירות המינימלית למסלול היא 7.6 ק"מ לשנייה, מהירות אדירה, אז למרות שהמולקולות מופיעות כל 10 ק"מ, מולקולה כשהיא פוגעת גורמת להאטה, והעניין הולך ומצטבר, בסופו של דבר לוונינים מאבדים מהירות. לווין שאין לו מנוע, אחרי זמן מסוים יאבד מהירות ויתחיל לאבד גם גובה ובסוף ינמך וישרף. לווין "אופק" הישראלי שפעל שבע שנים בחלל, היה לו מנוע שמדי פעם נתן דחיפת מנוע, הוסיף מהירות, ועוד מספר חודשים המשיך לנוע על התנופה. כלומר בניגוד למה שאנשים חושבים, ללוויינים ישנו לפחות מנוע אחד, מנוע שנקרא "טרסטר" ונותן להם את האפשרות להתקדם. רק בשביל לסבר את האוזן כשמדברים פה על מנוע, זה לא מנוע גדול. אלה מנועים קטנים, מנועים שיוצרים כוח של ניוטון, ועשירית ניוטון, הרבה פחות מאשר קילוגרם כוח. אלה מנועים מאוד חלשים, שגם צורת ההנעה שלהם שונה לחלוטין. בחלל אין אוויר והאפשרות ליצור הנעה בחלל, מבוססת על מנועים רקטיים. מנוע רקטי פועל על העיקרון שזרם סילוני מופנה לאחד הכיוונים ועל פי חוקי ניוטון יתקבל דחף לכיוון השני. במנועים רקטיים המחמצן ודלק נמצאים ביחד בתוך מכלים. ברוב הטילים הרוסיים מדובר על מכל גדול שבו יש מחמצן שיכול חמצן, ועל דלק שיכול להיות מימן, והערבוב שלהם נעשה בלחץ עצום בתוך תא הבערה. לאחר תהליך "הצתה" מתחיל להיווצר חום גבוה ויוצא סילון שיוצר את הדחף. ברוב המקומות משתמשים בחלק מהתהליך בצורה הרבה יותר פשוטה, מנוע רקטי שנקרא מנוע "מוצק". את הדלק והמחמצן מכניסים לתוך מיקסורים ענקיים, מערבבים אותם בתוך עיסה גדולה, את החומר הזה יוצקים למצב מוצק, וכשמדליקים אותו נוצר דחף בכיוון המתאים.

כיצד מגיעים אל החלל? כדי להגיע אל החלל צריכים ליצור מצב שבו מגיעים למהירות האדירה, מהירות של 7.9 או 7.6 ק"מ בשניה, כדי להגיע למסלול שמחוץ לאטמוספירה. כדי להגיע לאותה המהירות האדירה, משתמשים תחילה במנועים ענקיים כדי שהדחף יתגבר על המשקל. התאוצה התחלתית היא בערך שליש "G".

כלומר, המראה מאוד איטית, האנשים נמצאים בשכיבה, ומתחילים לנוע כלפי מעלה, הואיל והמסה הולכת ויורדת בקצב גבוה, ולעומת זאת הדחף לא יורד, התאוצה הולכת וגוברת. ממשוך תהליך שהתאוצה הולכת וגוברת ומגיעים בסוף לשלושה "G" אורכי, כמובן ואז מפסיקים המנועים את פעולתם, המהירות נשמרת ונכנסים למצב של טיסה חללית. המעבורת האמריקנית, משקלה 2200 טון, והדחף 2858 טון.

כדי לחזור לכדור הארץ האפשרות היחידה היא להפחית מהירות, כלומר להפחית את מהירות המנועים ואז עקב איבוד המהירות מתחיל תהליך ירידה שכידוע הוא דרמטי מהסיבה שחלק גדול מהבלימה מתבצע בדרך שהמהירות הופכת לחום, וכדי שמהירות תהפוך לחום שמו מתחת למעבורת לאורך כל הדופן התחתונה אריחי קרמיקה, אותם אריחים שנפגעו בטיסה האחרונה וגרמו לאסון. המעבורת היא מכונה מעניינת - היא ממריאה כרקטה, טסה כלווין והנחיתה מתבצעת בשני שלבים של דאון. דאון על קולי שידוע לעצור את המהירות עלי ידי חימום הדופן התחתונה, ובסוף דאון תת קולי שידוע לטוס כמו דאון פשוט, להגיע ולנחות.

לאופי הטיסה בחלל מספר תכונות ייחודיות: זוהי נפילה מתמדת, טייס החלל חש כאילו היה בתוך מעלית שנופלת ללא שום עצירה. הנפילה המתמדת יוצרת את התנאים שהם כל כך ייחודיים שבשפה יותר מדעית קוראים להם מיקרו-גרביטי. אזור שבו כוחות הגרביטציה הם כל כך קטנים שהרבה מהדברים מתפתחים בצורה אחרת לחלוטין. הדוגמאות הן מכל התחומים, כל חומר שנוצר על הארץ נוצר בתנאי גרביטציה, כלומר, בתנאים אסימטריים לכיוון אחד. לעומת זאת בחלל, החומר נוצר בתנאי נפילה מתמדת ויכול להתפתח לכל הכיוונים באותה מידה. דבר המאפשר לחקור נושאים בביולוגיה, איך הצמחים יודעים לאיזה כיוון לצמוח? האם בזכות השמש? האם בזכות הגרביטציה? הכניסה אל עידן החלל אפשרה ללמוד הרבה דברים בסיסיים על פיזיקה, אבל גם לייצר מוצרים ייחודיים. ביום מן הימים חלק גדול מייצור התרופות וחומרים חדשים יעשה בחלל.

תכנית החלל של ברה"מ ורוסיה

טל ענבר

רוסית, כך שגם בתחום תיירות-חלל שהולך וצובר תאוצה, רוסיה מובילה את העולם בחדשנות ניכרת. תחילתה של תוכנית החלל הרוסית היא התחלה מאוד עתיקה. קונסטנטין צאולקובסקי פרסם בשנת 1903 חוברת ובה המשוואות הראשונות שפתרו בעיות בהקשר של טיסות חלל, החל מהבעיות של דלק נוזלי, דרך חישוב של מסלולים. התברר לפני מספר שנים שהחברת וכל החישובים שלו, היו מוכנים לפרסום מספר שנים קודם, אבל לא היה אף אחד שיפרסם זאת ורק אחרי כמעט 3 שנים במגרה, הסכים כתב עת כלשהו לפרסם, כך שאפשר היה להתחיל את עידן החלל עוד במאה ה-19. קונסטנטין צאולקובסקי הוא אבי האסטרונאוטיקה. השני היה סרגיי פלבוביץ קורולוב, האבא של תוכנית החלל הרוסית מהבחינה המעשית, המתכנן הראשי שפיתח את הלוויינים, את המשגרים ואת החלליות. הסיבה העיקרית שהחברים של וולינוב לא היו הראשונים שהלכו על הירח, היא מחסור במזומנים. תוכנית "אפולו" עלתה לפחות פי 20 מהתוכנית המקבילה בברית המועצות. הסיבה השניה שלא היה ניתנת לחיזוי, קורולוב נפטר ב-1966 ממש בעיצומו של מרוץ החלל לירח, המרוץ המאויש. אני מאמין שאם לא היה נפטר, האנשים הראשונים לפחות שהיו מקיפים את הירח, אם לא נוחתים עליו היו מדברים רוסית כשפת אם.

הלוויין הראשון שהקיף את כדור הארץ, "ספוטניק 1", היה בעצם משדר רדיו עם מספר אנטנות, ששידר קולות צפצוף שאפשר היה לשמוע אותם במקלטי רדיו ביתיים. הרוסים דאגו לזה ופרסמו את התדר, בכל מקום בעולם אפשר היה לעקוב אחרי "הספוטניק". זהו הישג תעמולתי מדהים, הוא שוגר במסגרת השנה הגיאופיזית הבינלאומית שהיתה ב-1957. ארצות הברית נכנסה באמת ללחץ גדול מאוד, לא מכיוון שהלוויין היה לוויין ביון או שעשה איזושהי פעולה מועילה מעבר לצפצופים.

לקראת ביקורו של הקולונל וולינוב הכנתי סקירה מקיפה על תרומתה של ברית המועצות, ואחר כך של רוסיה לחקר החלל בעולם. ראוי לזכור כי ברית המועצות הובילה בכל מבצעי החלל. הם היו הראשונים בכל חידוש בחלל. הלוויין הראשון בעולם הוא "ספוטניק 1". ב-4 באוקטובר 1957 שיגרו הרוסים בהצלחה חללית ראשונה ובה בעל חיים, הכלבה "לייקה", בלוויין "ספוטניק 2". הם היו הראשונים ששיגרו חללית נושאת אדם (יורי גאגרין). החללית הראשונה (ללא אנשים) שהגיעה אל הירח היתה מברית המועצות, כך גם בטיסות אל נוגה ולמאדים. הם היו הראשונים בנחיתה רכה ראשונה על הירח ואחר כך בחללית הראשונה עם שלושה אנשי צוות. הקוסמונאוט אלכסיי ליאונוב היה הראשון שריחף מחוץ לחללית ו"הלך" בחלל. הפעם הראשונה בהיסטוריה ששתי חלליות מאוישות עגנו והתחברו אחת עם השניה ואנשים עברו מחללית לחללית היתה בטיסה בה היה הקוסמונאוט וולינוב מפקד החללית. זו היתה הטיסה לחלל ב"סויוז 5" בשנת 1969, הצוות שלו נשאר בחללית השנייה וולינוב חזר לבדו לכדור הארץ. המעבר הזה מחללית לחללית לא נעשה דרך דלתות או ריחוף פנימי דרך מנהרה כפי שנעשה כיום, אלא דרך הליכה בחלל, בימים ההם עדיין לא פיתחו את כל הטכניקות של פתחים שאפשר לפתוח אותם בין חללית לחללית. הרוסים הצליחו לבנות ולאיש את תחנת החלל הראשונה, הם שיגרו והפעילו את תחנת החלל הצבאית הראשונה, ורק הישג אחד שהוא גדול מאוד - הנחתת אדם על הירח היה נחלת האמריקנים. פרט לו, ברית המועצות היתה ראשונה בכל תחום בחלל. רוסיה לאחר ברית המועצות הוסיפה כמה הישגים אל רשימת ההישגים שלה בחלל: תייר החלל הראשון בחלל, המיליונר דניס טיטו ששילם 20 מיליון דולר, עלה לתחנת החלל הבין לאומית בחללית טל ענבר מומחה לנושא החלל, סגן נשיא עמותת החלל הישראלית

מקומות שהם משוננים עם אבנים חדות או כל שטח קשה אחר, הוא מצופה בגומי ובגלל המבנה הכדורי שלו גם לא שוקע, אם במקרה היה נוחת במקום שיש בו הרבה אבק. התמונות הראשונות של הירח נשלחו מפני השטח באמצעות חללית זו.

"לונה 15" זה נסיון רוסי למחטף, היא שוגרה ותוכננה לנחות שעות מספר לפני ש"אפולו 11", החללית האמריקאית המאווישת הראשונה היתה אמורה לנחות על הירח, החללית "לונה 15" התרסקה, אבל חלליות דומות המשיכו לטוס במהלך השנים, כמו 00000 חללית שמחזירה באופן אוטומטי דגימות קרקע מהירח אל כדור ארץ, בעזרת זרוע מכנית שיורדת, חופרת באדמה, מכניסה מספר מאות גרמים של אדמה ואבנים לתוך הכדור, ואחר כך כל החלק הזה ממריא, בסוף מה שחוזר לכדור ארץ זה הכדורון הקטן, עם מספר מאות גרמים של קרקע ירח. הרוסים היו החלוצים גם בתחום הזה, הפעם הראשונה שמישהו הצליח להחזיר דגימות קרקע מעולם אחר באופן אוטומטי ללא בן אדם, וכמובן בחלק זעום מהמחיר, היו הרוסים. הרכב הזה "לונחוד" הוא הישג נוסף של הרוסים, זהו כלי הרכב הראשון שאי פעם נסע על עולם אחר, "לונחוד" הוא בעברית "הולך ירח". הרכב שוגר מכדור הארץ, נחת נחיתה רכה, אחרי שכבר למדו איך לבלום בעזרת מנועים רקטיים, עם רגלי נחיתה. לונחוד סייר על הירח ברדיוס של מספר קילומטרים מאתר הנחיתה. היו לו שלוש עיניים מצלמות, 8 גלגלים, ומי שנהג בו ישב לא רחוק ממוסקבה ובאמצעות סטיק כיוון את הרכב והסיע אותו. אחת מאגדות החלל היתה שיש בן אדם בפנים, גמד, הוא היה צריך להיות מאוד גמד כדי להיכנס פנימה. האמריקאים לא ביצעו דבר כזה על הירח ועשו דבר דומה בקנה מידה קטן על מאדים. ב-1997 נחתה חללית אמריקאית על מאדים שהורידה אל פני השטח רובוט קטן שנסע בשלט רחוק.

אחת הדרכים ללמוד על תוכניות החלל של ברית המועצות בשנות ה-60 וה-70 כשכמעט ולא פורסמו תמונות, היתה דרך בולים, הרבה מאוד בולי חלל רוסיים היו הבמה הפרסומית הראשונה עם שרטוטים טובים ומדויקים של מבנה חללית כולל תחנות חלל ומשימות מאוישות שברית המועצות התמחתה בהם. בניגוד לישראל ומדינות בארצות הברית למשל, בברית המועצות מנפיקים בולים עם תמונה

מה שהדאיג את האמריקאים היה המשגר שהיה חזק מספיק כדי לשגר לוויין ואפשר היה להשתמש בו לשיגור טיל בליסטי בין יבשתי נושא ראש נפץ גרעיני. העובדים בתוכנית החלל הרוסית קראו ללוויין בחיבה או בקיצור "SP" וטענו שהוא על שם קורולוב, ראשי התיבות של סרגיי פבלוביץ.

"ספוטניק 2" הוא פיתוח של "ספוטניק 1" שהכניס אותו בתוך קונוס המעטה של הטיל, והוסיפו לו תא מדחוס עם אוויר, הספקה של אוויר, בו שהה בעל החיים הראשון אי פעם ששוגר לחלל, כלבה בשם "לייקה". קורולוב בחר אותה אישית בין כמה מועמדות ומועמדים, הכלבה היתה נוחה ולא נשכנית ועצבנית וריחפה מספר ימים בחלל, בתנאים נוחים וטובים. באותה תקופה לא ידעו להחזיר חפצים מהחלל ולכן בסופו של דבר הכלבה הזאת סיימה את חייה בלוויין כשנגמרה הספקת החמצן. מספר שבועות לאחר השיגור הלוויין נשרף באטמוספירה, כך שהיא הייתה לא רק החלוצה בבעלי חיים שטסו לחלל אלא גם קורבן החלל הראשון.

"ספוטניק 3" היה לוויין אמיתי ששקל יותר מטון. באותה תקופה כבר היה לאמריקאים לוויין משלהם "אקספלורר". הוא היה קטן והלוויין הנוסף שעבדו עליו "ונגרד" ננס לעומת הלוויינים של הרוסים. באמצעות המשגרים הגדולים שלהם הצליחו הרוסים להוביל בשנים הראשונות עד שהאמריקאים פיתחו כלי שיגור גדולים, כמו "סטרון 5", שבמשך שנים נחשב לטיל הגדול והכבד ביותר שיכול לקחת את המטען הרב ביותר. החפצים הראשונים מעשה ידי אדם שהונחתו על הירח היו מדליות. החללית "לונה 9" שנחתה על הירח פיזרה מסביב מספר מדליות, היא היתה הראשונה שנחתה נחיתה רכה על הירח. היתה היתה מחלוקת בין המדענים - אם הירח מכוסה בשכבה עבה מאוד של אבק או בעל קרקע קשה. היה חשש שחללית עם רגלי נחיתה תשקע בתוך האבק, או אם תנחת על קרקע סלעית היה סיכון שתישבר. הרוסים מצאו פתרון גאוני, החללית הורכבה משני חלקים: מעין מכל עם מנוע בלימה, ואליו חובר מוט באורך של מספר מטרים. ברגע שהמוט פגע בקרקע, העביר אות חשמלי לתוך החללית וקפיץ שיחרר את הכדור שהיה בתוך המכל. הכדור היה בעל מרכז כובד נמוך, כך שבאיזה אופן שנפל, תמיד הסתדר עם הבסיס למטה. למה כדור? הכדור יכול לקפץ

של אנשים בעודם בחיים. גם כך אפשר היה לעקוב אחר הקוסמונאוטים השונים שעולים ויורדים.

12 באפריל 1961, התאריך שבו התרחשה הטיסה הראשונה של אדם לחלל. יורי גאגארין ביצע הקפה אחת מסביב לכדור הארץ באמצעות החללית "ווסטוק". הקוסמונאוט יושב בתוך תא כדורי. באותה תקופה לא הצליחו הרוסים להנחית חללית בנחיתה רכה מספיק כשבתוכה יושב קוסמונאוט. לכן, בחזרה לאטמוספירה, בגובה של מספר קילומטרים והאטת התא באמצעות מצנח עצירה, נפלט הקוסמונאוט באמצעות כסא מפלט, וצנח אל הקרקע. מכיוון שוועדה בינלאומית להכרה בשיאים תעופתיים מחייבת המראה ונחיתה באותו כלי טיס, ומכיוון שהרוסים ידעו שלא יאשרו להם את השיא ההיסטורי הזה, הם פשוט שיקרו. הם הודו על כך בשנת 1991, אז פורסם ברוסיה באופן רשמי שגאגארין נחת באמצעות כיסא מפלט, למרות שהיה ידוע על זה שנים רבות קודם לכן.

כאשר גאגארין טס לחלל בטיסה מסלולית של הקפה אחת סביב כדור הארץ, בארצות הברית לא עלה בן אדם אפילו לשולי החלל, ושתי הטיסות הראשונות של אמריקאים היו טיסות המכונות טיסות תת-מסלוליות, מעין קשת גדולה שהשיא שלה בסביבות 120-130 ק"מ, טיסות קצרות של רבע שעה. הטיל שנשא את החללית "ווסטוק", סוס העבודה של טילים ברוסיה, מאז ראשית שנות ה-50 בעת שהתחילו לעבוד עליו ועד היום. הטיילים הללו מורכבים מגוף מרכזי ו-4 מאיצים-בוסטרים של דלק נוזלי שנמצאים בצדדים, כל הטיילים זהים, מה שמשנתנה הוא השלב האחרון שלהם. ניתן לזהות את החלליות המאושות מסדרת "סויוז" לפי מגדל המילוט, זוהי עוד רקטה עם דלק מוצק, שנועדה להרחיק את הקוסמונאוטים מהטיל במקרה של סכנה בזמן השגור. גם בזה הרוסים היו ראשונים, הפעם הראשונה בהיסטוריה שהיה צורך לנטוש טיל, דקות לפני השיגור, היתה בשנות ה-80. שני קוסמונאוטים עמדו לטוס לחלל, מסיבה כלשהי שלא התבררה עד היום, הטיל החל לבעור והם הפעילו את המנוע שהרחיק אותם לגובה מספיק כדי לצנוח בשלום. הטיסה הראשונה של גאגארין כמעט הסתיימה באסון. בחזרה לכדור הארץ החללית נשארה מחוברת בחלקה אל תא השירות, ובסופו של דבר החום הרב והלחצים של האוויר בחזרה לאטמוספירה קרעו את החיבורים האחרונים וגאגארין נחת בשלום.

החללית "ווסחוד" היא הדור השני של חלליות סובייטיות ואלוף משנה וולנוב היה טייס חלל ששימש כגיבוי לחלק ממישימות "ווסטוק" ומשימות "ווסחוד", הוא גם התאמן על החלליות המוקדמות ביותר. החללית "ווסחוד 1" היתה החללית הראשונה בעולם ששיגרה 3 אנשים. איך עשו את זה? פשוט מאוד קורלוב פנה לאחד ממנהנדסים המוכשרים שלו ואמר לו, אם תצליח לקחת את החללית "ווסטוק" לאדם אחד לדחוף פנימה 3, אתה אחד מהשלושה והם הצליחו. זו היתה חללית חד מושבית במקור, כשהוכנסו בה שלושה אנשים לא נשאר מקום לכיסאות מפלט ולחליפות חלל, לכן היה צורך להבטיח שהיא תנחת נחיתה רכה. זה היה הישג תעמולתי גדול מאוד, מכיוון שבאותה תקופה בארצות הברית עבדו על החללית "גימיני", וידעו כללית איך תראה החללית "אפולו" כחללית עם שלושה אנשים שתטוס לירח. פתאום הרוסים מפתיעים עם חללית של שלושה אנשים, הרוסים לא שיחררו תמונות מדויקות של החללית והאמריקאים חששו שהרוסים כבר נמצאים בחללית מקבילה ל"אפולו" האמריקאית, מה שלא היה נכון. אז הגיעה טיסה נוספת, עוד הישג ראשון של הרוסים, הליכה ראשונה בחלל, ריחוף ראשון של אדם מחוץ לחללית. בשנת 1965 שוגרה החללית "ווסחוד 2". במקום שלושה אנשים טסו הפעם רק שניים, היו חייבים לציידם בחליפות חלל טובות כולל אחת מהן שיכולה לשרוד בתנאים הקשים מאד ששוררים מחוץ לחללית. היה זה אלכסיי ליאונוב שכמעט איבד את חייו, כשיצא החוצה לחלל התנפחה חליפת החלל שלו והפכה מסורבלת עד שלא הצליח להיכנס לתוך השרוול בכניסה לחללית. הוא היה אמור להיכנס עם הרגלים תחילה, על מנת להשתחל לתוך החללית שהיתה מאוד מאוד צפופה, איכשהו יצא שהקוסמונאוט התחיל לפתוח את השסתום ולרוקן אוויר מתוך החליפה שלו עד שהפכה להיות מצומקת מספיק כדי שיוכל להידחק פנימה, אבל אז מצא עצמו עם הראש קדימה, כבר אי אפשר היה לצאת שוב החוצה ולחזור פנימה, בסופו של דבר אלכסיי ליאונוב הצליח להיכנס.

לאחר שנים טס ליאונוב בחללית "סויוז" שהתחברה עם החללית האמריקאית "אפולו" ב-1975 ופרש מהשירות בדרגת גנרל.

החלליות מדגם "סויוז" היו להן ארבעה דורות: "סויוז" הרגילה, "סויוז T", "סויוז TM" ו"סויוז TMA". זהו סוס

עבודה מדהים, זו חללית שהתכנון הבסיסי שלה מעולה, חלליות זולות, אמינות ואומנם לא כל כך נוחות, הן די צפופות. כל חלליות "סויוז" מורכבות משלושה חלקים, החלק שחוזר לאטמוספירה ונוחת, החלק המסלולי שהוא המקום שבו בני אדם יכולים לעבוד, ומכיל אספקה, חמצן, מים, אוכל ודברים נוספים, ויחידת השירות שכוללת מנועים, בעיקר המנוע שמשמש לבלימה ולהורדת החללית מהמסלול.

וולינב היה מפקדה של החללית "סויוז 5" שטסה בינואר 1969 למשימה היסטורית של התחברות עם חללית נוספת. יחד איתו היו בחללית עוד שני אנשים, והחללית נפגשה עם חללית נוספת "סויוז 4" ששוגרה קודם עם אדם אחד. שתי החלליות עגנו אחת עם השנייה, שני קוסמונאוטים מהחללית של וולינב עברו לחללית השנייה, עזבו אותה וחזרו עם "סויוז 4". וולינב נשאר על מנת להנחית את החללית "סויוז 5" לבדו, הוא היה האדם השני שהנחית חללית "סויוז" לבד, הראשון היה וולדימיר קומרוב, שהטיס את החללית הראשונה מסדרת "סויוז" בשנת 67 ולמרבה הצער נהרג בגלל תקלה במערכת המצנחים והתרסק על הקרקע.

וולינב היה בדרכו חזרה לכדור הארץ, לקראת החזרה החללית צריכה להתפרק לשלושת החלקים ותא החזרה לאטמוספירה צריך להתנתק ולהתייצב כאשר מגן החום שלו מופנה קדימה. זה לא קרה משום מה בגלל תקלה. תא השירות, התא המסלולי נזרק ונפל, תא השירות נשאר מחובר באופן חלקי והחללית התחילה ליפול עם הראש קדימה. לחלק הזה אין שום הגנה טרמית, הוא לא מוגן חום, זהו החלק הדק ביותר בחללית. החללית המשיכה לתוך האטמוספירה במצב כזה ועוד מספר שניות החללית היתה נשרפת. בגלל הלחצים של האוויר היחידה המסלולית התנתקה, והחללית של וולינב הסתובבה עם מגן החום לכיוון הנכון. אולם בזה לא נגמרו התלאות של החזרה לאטמוספירה, בגלל החום הגדול ניזוקו חלק מהמערכות של החללית, היא נחתה במהירות גדולה מדי, ומנועי הבלימה לא פעלו כנדרש. החללית נחתה בחבטה קשה. וולינב נפגע קשות בלסת, מאחר ולא נחת בדיוק במקום שהיה צריך לנחות, עבר זמן עד שבאו ואספו אותו. החלליות מסדרת "סויוז" נוחתות ביבשה אולם הן גם בעלות כושר ציפה וכל הקוסמונאוטים מוכשרים ומצוידים

בציוד הצלה ימי. הסיבה העיקרית שהרוסים נוחתים ביבשה ולא בים היא כי ישנם שטחים ענקיים ריקים שאין בעיה להנחית בהם חללית ויותר חשוב מזה, המקום עמוק בתוך שטח ברית המועצות (כיום רוסיה), ובמקרה של תקלה ניתן להסתיר את הפרטים, בניגוד לנחיתה במים בין-לאומיים, אז האמריקאים יכולים לחרח ולדעת מה קורה.

בשלב מסוים היה ברור שהמשימה להנחית קוסמונאוטים רוסים על הירח לא תושג, ולכן הם התמקדו בטיסות מאוישות למסלול נמוך, ושיגרו 8 תחנות חלל, 7 תחנות מסדרה שנקרא "סאליוט" (הצדעה), וחללית נוספת תחנת חלל "מיר". "סאליוט 3" ו"סאליוט 5" היו תחנות חלל שנבנו למטרות צבאיות, בין היתר ביון מהחלל, ריגול, צילום של כדור הארץ מהחלל, והשלכה של קפסולות עם פילם אל כדור הארץ. כחלק מהתוכנית פותח עוד מכלול יותר משוכלל מהחללית "סויוז" שנקרא T.K.S שנועד להביא גם ציוד וגם קוסמונאוטים אל ומתחנות החלל הצבאיות. זו היתה חללית יותר משוכללת מהחללית "סויוז". כנראה שזו "סאליוט 3" שעל פי הערכות צוידה בתוח 30 מ"מ. לשאלה למה צריך תוח בחללית, הרוסים היו בטוחים שאמריקאים מפתחים מטוס חלל צבאי, מה שבאמת היה נכון עד שהאמריקאים ביטלו את הפרויקט, וכאמצעי הגנה נגד אותו מטוס חלל הותקן החימוש.

"סאליוט 7" היתה התחנה המוצלחת ביותר מסדרת "סאליוט" שהחזיקה מעמד זמן רב ביותר, וולינב היה מפקד של תחנת חלל "סאליוט 5". טיסת החלל השנייה של וולינב היתה לא פחות בעייתית מהטיסה שלו ב"סויוז 5". הוא היה מפקד החללית "סויוז 21" בשנת 1976. בתוך תחנת החלל נערכו הרבה ניסויים, גידול של צמחים, ניסויים בכימיה וניסוי מאד מעניין של אחסון דלקים והעברת דלקים נוזליים מסוגים שונים ללא מכלים. רק על ידי מתח הפנים שיחזיק אותם כגוש בחלל.

במסגרת תוכניות חלל סובייטיות להנחית בני אדם על הירח פיתחו משגר אדיר ממדים שנקרא "N 1" עם 30 מנועים בשלב הראשון, ובסה"כ 5 שלבים. הוא לא הצליח לטוס כמו שצריך. 4 שיגורים, 4 כישלונות. המתכנן הראשי של אותה תוכנית, ווסילי מישין הודח. כל החומרה לנחיתה על הירח נבנתה. האנשים התאמנו וכל אחד מהקוסמונאוטים הותיקים טוען, אני הייתי מהאנשים

"מיר" תחנת החלל הגדולה ביותר עד היום, תהיה גדולה יותר רק תחנת החלל הבין-לאומית כשתושלם בנייתה. "מיר" היתה תחנה מודולרית, שניתן לעגון בה ולהגדילה בחלקים נוספים. "מיר" סבלה משריפה, וגם מתאונת החלל הראשונה בהיסטוריה של התנגשות שתי חלליות. היא שרדה את כל הקשיים האלה, מעבורות חלל אמריקאיות עגנו במהלך השנים בתחנת החלל הרוסית "מיר" ואמריקאים צברו ניסיון בטיסות ארוכות, המומחיות מספר אחת של הרוסים, אין להם מתחרים בתחום הזה. "מיר" שתוכננה לשהות בחלל 5-6 שנים היתה שם 15 שנים, בסופו של דבר רוסיה הורידה אותה בצורה מתוכננת. 20 טון ממנה שרדו את המעבר באטמוספירה ונחתו בים, ללא גרימת נזק. זהו סיום של פרק היסטורי בתוכנית חלל שהתחלה שלו היתה הלווין הראשון "ספוטניק". היום אנחנו ממשיכים לראות את התוכניות הרוסיות ומי שמתחזק היום את תחנת החלל הבינלאומית זאת רוסיה. כיום, ללא החלליות הישנות והותיקות מסדרת "סויוז" אין טיסות לחלל, מכיוון שמעבורות החלל האמריקאיות כרגע לא טסות. העתיד לגבי תוכנית החלל הרוסית כמובן תלוי בכסף, נצפה ונראה מה יקרה.

שהתאמנו לקראת הנחיתה על הירח. טוען את זה אלכסיי לאונוב, טוענים את זה הרבה אנשים אחרים. היה להם סימולטור מעניין, הם ביצעו כמעט נחיתות ריסוק עם מסוקים כדי לדמות את הנחיתה האנכית על הירח. "אנרגיה" הוא הטיל או המשגר החזק ביותר בהסטוריה שיכול לעלות למסלול LEO, למסלול נמוך, קרוב ל-120 טון בשיגור יחיד. אם תשוו את זה ל-300 קילו של ה"שביט" הישראלי תבינו על מה מדובר פה. אחד המטענים של הטיל "אנרגיה" היה מעבורת החלל "בורן" שנועדה במקור להגיע לתחנת החלל הרוסית "מיר", היא טסה פעם אחת בלבד. מבחינת הצורה היא מאוד דומה למעבורות האמריקאיות, לו היו ממשיכים ומטיסים אותה היתה ללא ספק חללית טובה מהמעבורות אמריקאיות שיכלה לשאת 10 אנשים לעומת 7 אצל האמריקאים. ה"בורן" טסה פעם אחת בלבד בצורה לא מאוישת, אוטומטית לחלוטין ב-1988. כדי להעביר את ה"בורן" ממקום למקום פיתחו מטוס אדיר מממדים, המטוס הגדול בעולם "אנטונוב 225" עם שישה מנועים ואין-ספור גלגלים.

הרצאתו של הקולונל (בדימוס) וולינוב

הגעתי לקבוצת הקוסמונאוטים בשנת 1960 יחד עם גאגרין, טיטוב וכל הקבוצה הראשונה. בקבוצה היו 20 איש, נכון להיום נשארו בחיים מאלו שלא טסו, אלו שלא היו בחלל סה"כ 2 אנשים ומתוך אלו שהיו בחלל נשארו בחיים 6 אנשים ואני בתוכם. עבדתי עד שנת 1990 במרכז לתכנון קוסמונאוטים בשם יורי גאגרין, הוא נקרא מרכז מדיני רוסי למידע וניסיון על שם יורי גאגרין.

לפני הטיסה של יורי גאגרין בשנת 60 אף אחד בעולם לא ידע איך צריך להכין קוסמונאוט לטיסה בחלל. אנחנו התחלנו מאפס ומהתחלה, היינו טייסי קרב, ויכולנו לטוס לבד על מטוסי הקרב, להתאמן במצבי טיסה קשים, לדעת מהי עייפות וכו'. יצרנו דגם של חללית, הוא שקל כמו חללית עליו הורכב כסאות ומכשירים רבים, גם על גב הקוסמונאוטים היו הרבה מכשירים, כל אחד מהמכשירים סיפק נתונים מסוימים. הרמנו את הדגם בעזרת מנוף וזרקנו על משטח בטון, הנפילה על הבטון נתנה הרגשה כאלו הכול בפנים מתפוצץ. הפיצוץ היה חזק מאוד. שנינו אמרנו שקוסמונאוטים לא צריכים להשתתף בניסיונות כאלו, אני סירבתי ואחר כך קמורוב גם כן. מתברר שהכסא הזה אחר כך הציל את חיי בתאונה ב-1969. בטיסה ההיא, בפעם ראשונה התחברו שתי חלליות בחלל. המפקד של חללית "סויוז 4" היה ולדימיר שקלוב על חללית "סויוז 5" המפקד הייתי אני. המהנדס של החללית היה יליסלאב אלקייסי והקוסמונאוט החוקר היה יבגני כרונוב (נפטר בשנת 2000). ב-14 בינואר 1969 המריא ולדימיר שטלוב ב"סויוז 4" ובחללית שלו היו שלושה מקומות ויום אחריו ב-15 בינואר המריא הצוות שלנו. המשימה היתה לחבר את שתי החלליות, אף אחד לא ידע מה יהיה, אחד מהמדענים אמר לנו שאחרי ההתחברות של שתי חלליות יקרה ואקום, ריתוך והניתוק לא יוכל להתבצע. רבים אמרו שבמהירות טיסה כזו בחלל בן-אדם לא יכול על להתחבר תוך כדי נהיגה על החללית. נסו לדמיין טיסה בששה מישורים (על הכביש יש לנו ארבעה: קדימה ואחורה, ימינה ושמאלה) ברגע שמתקרבים זה לזה החללית מתחילה להסתובב, האם אנחנו יכולים לטוס על מטוסים עם הזנב קדימה ועם הגלגלים למעלה, זה נורמלי? לבסוף התחלנו בחיבור מעל אפריקה, ואחרי שחזרנו ביקשו מאיתנו שנראה לכל העולם איך מחברים שתי חלליות, החיבור התחיל מעל אפריקה ובמהירות שטסנו הגענו לעד

הקולונל (בדימוס) בוריס וולינוב הוא מראשוני הקוסמונאוטים בברה"מ. בוריס וולינוב שימש כפיל לקוסמונאוטים בחמש טיסות חלל בשנים 1962-1969 ובשנת 1969 טס לחלל כמפקדה של החללית "סויוז-5". זו היתה הטיסה הראשונה במהלכה התחברו שתי חלליות אחת לשנייה (סויוז-4 וסויוז-5) ושני קוסמונאוטים מצוותו של וולינוב עברו דרך החלל לחללית השנייה. עקב תקלות טכניות בעת הנחיתה היו חייו של וולינוב נתונים בסכנה ורק בנס נשאר בחיים. בשנת 1976 טס וולינוב שנית לחלל כמפקד "סויוז-21" כדי להפעיל את תחנת החלל "סלוט-5" ששוגרה קודם לכן. בזמן שהותו של הצוות בתחנת החלל אירעה תקלה טכנית כאשר כל מערכות החשמל ומערכת יצור החמצן קרסו. הצוות הצליח לתקן את התקלה ואחרי 49 ימים חזרו לכדור הארץ.

בוריס וולינוב נולד באירקוצק וסיים לימודיו בפרוקופייבצק שבסיביר, התגייס לחיל האוויר בשנת 1953 והוסמך כטייס ב-1955. בשנת 1960 עזב וולינוב את הטייסת בה שרת והצטרף אל צוות ראשוני הקוסמונאוטים שעסקו באימונים לקראת טיסתם לחלל. האימונים התבצעו בבידוד מוחלט ואף למשפחותיהם לא נמסר היכן הם שוהים ומה עיסוקם. וולינוב שטס לחלל פעמיים ושהה שם 52 ימים, עסק בהדרכת צוותי קוסמונאוטים במרכז ע"ש יורי גאגרין במשך 30 שנים ופרש בשנת 1990.

וולינוב, יהודי במוצאו, בעל תואר שלישי בטכנולוגיה, נושא שני אותות גבורה של "גיבור ברית המועצות", הוא אחד מתוך ארבעה שזכו לשאת שני אותות גבורה אלה (104 איש נושאים את אות "גיבור ברה"מ"). בוריס וולינוב נשוי לתמרה, מהנדסת במקצועה. שליוותה אותו בביקורו בישראל.

קרים שבברה"מ, אני במו ידי נהגתי ומול העיניים של כולם קרתה ההתחברות, הייתה התרגשות רבה. אחרי ההתחברות עברו שני קוסמונאוטים מהחללית שלנו ל-"סיוז 4", ובמשך יממה טסתי לבדי. כשהתכוננתי לנחות החללית לא היתה במצבה הנכון, כלומר עם החלק המוגן מחום אל כיוון הטיסה. החום הלך ועלה ומספר מכשירים הפסיקו לפעול, התא התהפך וכל הזמן הסתובב עד לגובה 80-90 ק"מ והרגשתי שהמתכת החלה להישרף. המתכת נמסה ליד הפנים שלך, ורואים איך המתכת הופכת להיות כמו בד ומתחילה לרעוד והכל קורה מול העיניים שלך, לידך. מכלי הדלק מתחממים, לבסוף קרה פיצוץ, ואחד המכשירים עף כמו כדור, התא הסתובב והתחיל להתהפך, ואחרי כמה תנועות חזר להסתובב סביב הציר שלו בצורה נורמלית. הרגשתי שנפתח מצנח. אבל אז קרתה תקלה נוספת, התא נטה לצד אחד, החופה של המצנח התקפלה והמהירות התגברה. התא נפל על אדמה קפואה. המכה היתה חזקה ביותר, מן החבטה נשברו לי השיניים עד השורשים, אבל במשך כ-15 ימים לא יכולתי לפנות לאף אחד ולא לרופא, כי הייתי אמור להיפגש עם אמצעי התקשורת ולספר על הטיסה, להוכיח שאני חי ולא קרה לי משהו מיוחד. זאת היתה נחיתה ראשונה בלי כסא מפלט, פעם ראשונה שאסטרונאוט הגיע לקרקע בתוך תא החלל. לא נחתי בנקודה המדויקת אלא בנקודה מרוחקת כ-600 ק"מ. במקום שנחתתי אף אחד לא חיכה לי, הטמפרטורה הייתה מינוס 38 מעלות, היה חורף קשה והייתי לבוש בבגדים רגילים, ללא כיסוי ראש, טסנו בלי קסדות. קפצתי החוצה מן התא ולא הרגשתי בהתחלה את הקור הנורא, האדמה היתה קשה וקפואה. הבנתי שלא יודעים היכן אני וחזרתי לתוך התא כדי לנסות ליצור קשר ברדיו, כך סוף סוף מצאו אותי.

הייתי פצוע זמן רב, לא יכולתי לאכול, דיברתי בקושי רב. הרופאים אמרו לי שלא אטוס יותר, לא רק על מטוסי הקרב, אלא גם במטוסים רגילים. הדבר פגע בי מאד אבל נולדתי בסיביר ואומרים שמי שנולד בסיביר יש לו אופי עקשני מאד. אחרי שנתיים התחלתי שוב לטוס על מטוסי הקרב, והתחלתי להתאמן ולהדריך את הקוסמונאוטים הצעירים שלנו. בשנת 1976 טסתי לחלל פעם שנייה, אל תחנת החלל הצבאית "אלמוז". זו תחנת חלל טובה מאוד, העבודה שלנו היתה קשה אבל מבחינה טכנית התחנה

הייתה מעולה.

שהינו 42 יום בצד החשוך של כדור הארץ, לאשנב לא נכנס כלל אור, חושך מוחלט, פתאום נשמעה אזעקה חזקה מאוד בתוך התחנה, התחלנו לבדוק מה הסיבה בקושי רואים מה קורה, ממששים את המכשירים, הכרנו היטב כל פינה בתחנה. הגענו עד לשלט-רחוק וכבינו את האזעקה. האזעקה הפסיקה להרעיש, חושך מוחלט בתחנה ושקט מוחלט, אף מכשיר אינו פועל, כבה גם המאוורר של המערכת שמעבדת פחמן דו-חמצני ומספקת חמצן, זה אומר שחמצן נשאר רק בתוך התחנה ונשאר לנו לחיות רק כמה שיישאר חמצן. ניסנו ליצור קשר עם כדור הארץ ואף אחד לא שמע אותנו. ויטלי היה המהנדס הטכני, בחור מוכשר, שלחתי אותו בחזרה ל"סיוז" לחללית, הוא עבר לחללית, ישב בחללית והסתכל על כדור הארץ. היה לנו מן מכשיר אופטי שבעזרתו רואים את כדור הארץ, בזמן שיש על כדור הארץ שמש. לאט לאט התחלנו להתמצא, התחלנו להדליק מכשירים אחד אחד, כי לא ידענו איפה היה קצר חשמלי, ואיזה מכשיר היה יכול לגרום לשריפה. אחרי שעה וארבעים דקות של מאמצים קשים החזרנו את התחנה למצב נורמלי ואז יצאנו מהצל של כדור הארץ. הפעלנו מערכת טיסה אוטומטית, שיטה דומה לזו שנמצאת במטוסים, והמכונה התחילה לעבוד כשורה. לצערנו הרב לא יכולנו לסיים את כל תוכניות המחקר והמשימות, היינו המומים, עם כאבי ראש וויטלי זילובוב סבל מטרומה. היתה התייעצות בין הרופאים, והממשלה החליטה שאנחנו צריכים להפסיק את הטיסה בחלל ולחזור לנחיתה. ביום ה-49 לטיסה התחלנו בדרכנו חזרה לכדור הארץ, כל המשימות לחזרה נכונה היו עלי, שותפי לא תפקד. לא הצלחתי לישון כלל ביממה האחרונה, כי עבדתי בשביל שניים, חבשנו קסדות ועזרתי לויטלי עם הציוד שלו. נאלצנו לנחות בלילה, בפעם ראשונה נחתי בלילה. בחלון החללית לא רואים כלום, אפשר לסמוך רק על הטייס האוטומטי, המראה נפלא כאשר מגיעים לשכבת הפלזמה, החללית הלוהטת בולמת באטמוספירה, הלחץ אדיר. לעומת הנחיתה הראשונה (שבה שברתי את הלסת) בה היה לי לחץ של 9 G, היתה הטיסה השניה נוחה, לחץ של 3 G. נחתנו בלילה בשדה בזמן קציר התבואה, פתחנו את הפתח, שכבנו על הצד, ריח של אדמה, ריח של לחם, קומביינים עבדו לידנו והפעילו פנסים לצורך עבודתם,

ריח של חיים, אנחנו בחיים!
יצאנו על ארבע, לא יכולנו לעמוד, לא היה לנו כוח להוריד את הקסדות, עלה אבק מהאדמה עקב הנחיתה. זה היה בחודש אוגוסט, קיץ. הרדיו שלנו עבד, התחילו לחפש אותנו, מסוקים טסו מעלינו ולא ראו בגלל החשיכה, חיפשו אותנו 40 דקות עד שהדלקנו זיקוקים ואז זיהו אותנו ואספו אותנו. שלושה ימים שכבנו ולא יכולנו לקום מהמיטה וביום הרביעי עליתי במדרגות וזה היה ממש מעשה גבורה בשבילי. חצי שנה לא יכולתי לרוץ, רק ללכת, אך ניסיתי להכריח את עצמי לרוץ, לנסות בכל זאת להתאמן קצת, אחרי חצי שנה רק התחלתי לרוץ. לאחר 30 שנה בשירות הקוסמונאוטים עשו לי מסיבת פרידה חמה יפה.
טסתי 49 יממות ולכל יממה אני יכול לספר יותר משעה אחת, אבל הפעם נסיים.