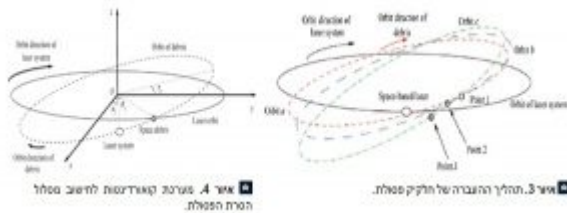


# מבוא

## מבוא

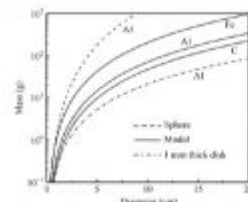
המטרה של המחקר היא להבין את התהליכים הפיזיקליים והכימיים המאפשרים את היציבות של האטמוספירה העליונה. המחקר מתמקד בתנאים של רוחות קטנות (2000-300) ורוחות גדולות (10-1). המחקר מנסה להבין את התהליכים הפיזיקליים והכימיים המאפשרים את היציבות של האטמוספירה העליונה. המחקר מתמקד בתנאים של רוחות קטנות (2000-300) ורוחות גדולות (10-1). המחקר מנסה להבין את התהליכים הפיזיקליים והכימיים המאפשרים את היציבות של האטמוספירה העליונה.

המחקר מתמקד בתנאים של רוחות קטנות (2000-300) ורוחות גדולות (10-1). המחקר מנסה להבין את התהליכים הפיזיקליים והכימיים המאפשרים את היציבות של האטמוספירה העליונה. המחקר מתמקד בתנאים של רוחות קטנות (2000-300) ורוחות גדולות (10-1). המחקר מנסה להבין את התהליכים הפיזיקליים והכימיים המאפשרים את היציבות של האטמוספירה העליונה.

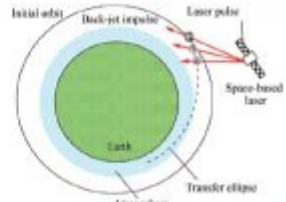


איור 4. גורמים קאורדינטיים לחישוב מרחק המרחק.

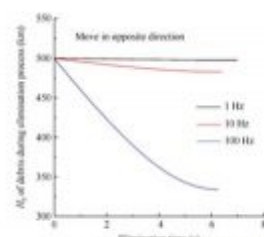
איור 3. תהליך התגובה של החלקיקים.



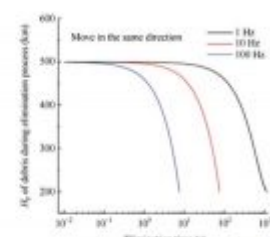
איור 2. מסה חיתוכית קטנה עבור גודל מסוים.



איור 1. תהליך החימום של החלקיקים.



איור 6. אפקט ההסחה במהלך תהליך החימום.



איור 5. אפקט ההסחה במהלך תהליך החימום.

ISS (1-10)   
 .ISS   
 ISS

,ISS   
 .ISS   
 ,ISS   
 .ISS

(1-10)   
 (1-)   
 (LEO)   
 .(ISS   
 25000   
 .ISS

(10-)   
 2009   
 ,225   
 .ISS   
 ,ISS   
 .ISS

.ISS   
 ,ISS   
 .ISS   
 :ISS   
 (350-1000)

.ISS   
 ,ISS   
 .ISS   
 .ISS

Project	Average power P (kW)	Frequency (Hz)	Pulse energy (kJ)	Coupling coefficient $C_{ij}(10^{-3} \text{N/C})$	Velocity increment $\Delta v$ (m/s)
1	1	1	1	2	8.1270
2	18	10			
3	186	100			

טבלה 1.1. מקומות סכום של חזרי לייזר חזרים

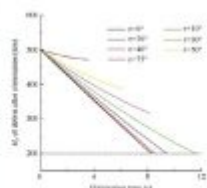
התהליך של חימום המטרה מתבצע באמצעות קרינת לייזר בעלת צפיפות אנרגטית גבוהה. המטרה ממוקמת במרחק מסוים מקרן הלייזר, והאנרגיה המועברת אליה תלויה בצפיפות האנרגיה של הקרינה ובזווית הפגיעה. המטרה מתחממת כתוצאה מהאנרגיה המועברת אליה, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה.

החום מתפשט בתוך המטרה, והמטרה מתחממת. החום מתפשט בתוך המטרה, והמטרה מתחממת. החום מתפשט בתוך המטרה, והמטרה מתחממת. החום מתפשט בתוך המטרה, והמטרה מתחממת.

המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה.

המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה.

Material	Relative angle of orbital planes (°)	Minimum distance (cm)
Aluminum	0	112.6
	10	112.9
	20	113.8
	40	117.9
	90	141.4
Carbon	0	138.1
	10	138.4
	20	139.6
	40	144.2
	90	173.4



טבלה 1.2. המרחק המינימלי בין שני מטרים במרחב בזווית זווית מסוימת

- המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה.
- (1) המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה;
  - (2) המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה;
  - (3) המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה;
  - (4) המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה.

המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה. המטרה מתחממת מהקרינה הלייזרית, והחום מתפשט בתוך המטרה.

0.1.06µm  
 Db, 'a - z, k N  
 :  
 (1)

10  
 40- 70 10  
 .2

(E)  
 $m \cdot \Delta v = C_m \cdot E$  (2)

Cm-  
 (µ)  
 -

0000 0000 00 ,00000 00000 000000 00000 000000 00000 00000  
 .0000 00000 00 0000 0000000 00000000 ,Cm ,0000 00000  
 000 0000 0000 00000000 00000 ,00000 0000 00 i 0000000 0000  
 :0000000  
 (3)

:00000  
 (4)

E-0 ,0000000 00000 0000 0000 0000 mi ,000000000 0000 0000 mθ 000  
 .0000000 0000 000000000 0000  
 000000 000000 0000 ,00000000000 0000 0000 000000 000000 000000 0000  
 000000 00 000000 .000000 000000 0000000 00 000000 00 00000 00000 00000  
 . 000000000 ,000000 0000000 00000 00000 000000000000000 000000000

00000000 00000000 0000000 00 0000000 00000  
 ,000000000 0000000000 00000 0000000 0000000 000000 0000000 00 0000000 00000  
 000000000 00000000 00000 0000000 00000 0000000 0000000 00 00000 00000  
 000000 ,a 0000 00000000 00 0000000000 00000000 .HT 00 00000000 0000000  
 .Ha 0000 00000000 00 00000000

00000000 00000000 00000 , 00000000 0000000 00 00000000 0000000 00000 3 000000  
 .00000000 00000000 00000 b 00000000 00000000 00000000 .3- 0 2 ,1 00  
 00000000 00 000000000 0000000 .val 0000 00000000 00000 00000000000 000000000  
 00000000 00 00000 ,000000 0000000 00000 00000 .Δv 0000 0000000 00 00000  
 .00 00 000000000 0000000 0000 Δv-0 000000000 0000000 0000000 0000000  
 00000000 00000000 0000000 00000000 00000000 00 0000000 00000 00 0000000000  
 0000000 ,XY 00000000 0000 00000000 0000000 .00000000-0000 000000000000000  
 .0000000000000000000000 00000000 00000 00000000

0000 000000000 00000 ,α1 0000 X 0000 00000 0000 00000000 00 00000  
 00000 000000000 0000000 .4 000000 0000000 0000 ,θ1 0000 X 00000 0000000  
 00000000 00000000 00000000 .0000000 00000000 0000000  
 00000000 0000000 000000000 (r1 cosθ1,r1 sinθ1·costθ ,r1 sinθ1·sintθ)  
 00000 00000000 00000000 00 000000000 0000000 .(rT cosα1,rT sinα1,θ)  
 .0000000000 0000000000 0000000000 00 00000000000000000 00000000 00000000

0000000000000000 000000000  
 00 00000000000 0000000000 ,00000 0000000 0000 0000 ,0000000 0000000 00 00000000  
 00000 00000 0000000 00000000 0000 .00000000 0000 00 00000000 00000000 00000000  
 .000000 000000000 0000000 00000000000 0000000 000000

0000 00000 000

.0000 00000000 00000 0000000 00 0000 000000 000 0000 000000 000  
0000 0000 0000000 0000 ,1kJ 0000 0000000 0000 00000000 00 0000  
000 .000000 000000 000000000 00000000 000000 0000000 000000 0000  
,000 00 .00000 00000 0000000 00 0000 00 ,00000 000000 00000000  
00 000000 0000 :000000 0000000 0000000 0000 000000 000000 000000  
.00000 00000000 0000000 00 000000 000000 00000 0000000 00000 000 000000  
000000000 000000 00000000 00000 000 000000 000000 0000 00 0000000 ,000  
.0000000

000000 .0" 550 00 000000 00000000 000 0000000 000000 00 0000  
000000 000000 00000 00 .0" 500 00 000000 00000000 0000000 00 00000000  
000000 00000 ,00000 000000 00 000000 00000000 000000 .000000 0000000  
00000 00 ,000000 000000 000000000 ,0" 100-0 00000 000 00000000  
.000 00000000 00000 00 000000 00000 00000 00 000000 00 0000000000  
0000000 00 00000 ,00000 0" 10 000000 000000000000 000000 000000 00000  
00000000 00000 000000000 00 000000 00000 ,2 00000 0000 ,000 70 0000  
.1kJ 00000

,00000000 000000 00000 00 000000 00000000000 000000 000000000 1 000000  
0000000 00000 .0000000 000000 000 000 0000000 0000000 00000000 0000  
,00000000 0000 0000 X 0000000000000 .5 000000 00000 0000000000 000000 00  
.00000000 0000000 0000000 0000000 00 (H\_p) 0000000000000 00000 00000  
0000 00 ,00000 00000 000000 00000000 00000 0000 00 000000 000000 0000  
00000 0000 000000 00000 0000 000000 1000-0 00000 0" .00000 0000 0000000  
00000000 00 00000 0000 000000 10-0 00000 0000000 0000 ,1Hz 00 0000000 0000  
00000000 00000000 00000000 000000 00 0000 .100Hz 00 0000000 0000 00000  
000000 00000000 000000 00000 00000 0000000 000000 ,0000000 000000 00000  
00000000 00000 00000 ,00000 00000 00000000 0000000 00 00000 0000000 000000  
.00000000 0000 00 00 0000000 0000000

0000 ,000000000 0000000000 00000 00000000 00000000 00000000 000000 00000  
00000 .0000000 0000000 00000000 000000000 00000 ,0000000 00000000  
00 ,00 0000000 0000000 00000 00000 ,6 0000000 00000 00 0000000 0000000  
00 10Hz 0000 1Hz 00 0000000 00000 000000000 00000000 0000000 00 0000000  
.0" 10 0000000 0000000 00000000 00000000

00000 0000000 000000 00000 ,00000 0000000000 000000 000000000000 000000000  
00000 00000000 00000000 0000000 000000 00 00000 0000 ,000000000000 00 00000  
00000 00000 00000 00000 000000 0000 .00000 00000 00 100Hz 0000000 0000000  
0000 0000000 00000000 00 0000000 0000000 0000 00 00 ,0000 0000000 00000

... ,... .100Hz ...

... 1kJ ... .7 ...

... 10°- ...

... 40°- ... 100 ...

... 30°- ...

... 100 ...

... 5- ... 100 ... .3200kN ...

... 400 ... .1kJ ... 100Hz ...

הם יתבצעו באמצעות מנגנון המניעה, המיועד למניעת פגיעות, ויבצעו את המשימה המיועדת. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי.

138.1- המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי.

המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי.

Assumption	Laser parameters		
Orbital height of laser	420 km	Type	Solid state
Orbital height of space station	400 km	Pulse energy	1 J
Operating distance	100 km	Repetition frequency	100 Hz
Debris size	1-10 cm	Mirror diameter	2.44 m
Debris mass	<70 g	Power density	$1.38 \times 10^7 \text{ W/cm}^2$
Interaction parameters	Debris material		
	Aluminum		Carbon
Coupling coefficient (N/c)	$1.4 \times 10^{-1}$		$2 \times 10^{-1}$
Ablation rate (g/s)	0		182

טבלה 3. מנייה של מנייה לייזר חללית להגנה מפגיעות

המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי.

### המנגנון

המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי.

המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי.

המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי. המנגנון יבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי, ויבצע את המשימה המיועדת באופן אוטומטי.



00 0000 00000 00000 00000 0000 000 .00000 100-0 0000 0000  
0000 00 00000 0"0 (1-10) 00 0000 00000 00000 000000 000000  
.0000

0000 000000 00000 000000 000000 00000 00000 0000 00000 00000  
. 0000 00000 000 000000 ,000000000 00

0000000000000

1. Kaplan, M. H., Survey of space debris reduction methods, .1 Proceedings of AIAA SPACE 2009 conference & exposition; September 2009, pp(14–17); Pasadena, California; Reston: AIAA.
2. Wu, Z. N., Hu, R. F., Qu, X., and Wu, Z., Space debris reentry analysis methods and tools, Chin J Aeronautics 2011; Volume 24 N (4): pp (387–395).
3. Campbell, J. W., Project Orion: orbital debris removal using ground based sensors and lasers, Huntsville (AL): NASA Marshall Space Flight Center; 1996 Oct. Report No.: NASA-TM-108522.
4. Phipps, C., Birkan, M., Bohn, W., Eckel, H. A., Horisawa, H., and Lippert, T., Review: laser-ablation propulsion, J Propulsion Power 2010; Volume 26(4): pp (609–637).
5. Liou, J. C., Engineering and technology challenges for active debris removal, Proceedings of 4th European conference for aerospace sciences (EUCASS); 2011.
6. Barty, C. P. J., Caird, J. A., Erlandson, A. E., Beach, R., and Rubenchik, A. M., High energy laser for space debris removal, Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL-TR-419114, 2009.
7. Early, J. T., Bibeau, C., and Phipps, C., Space debris de-orbiting by vaporization impulse using short pulse laser, Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-JC-155482, 2003.
8. Monrne, D. K., Space debris removal using a high-power ground based laser, Proceedings of AIAA space programs and technologies conference and exhibit; September 1993, pp.(21–23); Huntsville, AL; Reston: AIAA.
9. Rubenchik, A. M., Barty, C. P., Beach, R. J., Erlandson, A.C., and Caird, J. A., Laser systems for orbital debris removal, Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL-

10. Bohn, W. L., Pulsed COIL for space debris removal, Proceedings of SPIE 3612 conference on gas and chemical laser intense beam applications; June 1999; San Jose, CA: SPIE.
11. Schall, W. O., Laser radiation for cleaning space debris from lower earth orbits, J Spacecraft Rockets 2002; 39 N(1), pp (81–90).
12. Avdeev, A. V., Bashkin, A. S., Katorgin, B. I., and Parfen'ev, M. V., About possibilities of clearing near-earth space from dangerous debris by a space borne laser system with an autonomous CW chemical HF laser, Quant Electron 2011; 41 N(7), pp (669–674).
13. Nehls, M., Edwards, D. L., and Gray, P. A., Ablative laser propulsion using multi-layered material systems, Proceedings of 33rd plasma dynamics and lasers conference; May 2002, pp(20–23); Maui, Hawaii; Reston: AIAA.
14. Gray, P. A., Edwards, D. L., Carruth, M. R., and Campbell, J. W., Laser ablative force measurements on manmade space debris, Proceedings of 39th AIAA aerospace sciences meeting & exhibit; Jan.2001; pp (8–11); Reno, NV; Reston: AIAA.
15. Phipps, C. R., Luke, J. R., and Helgeson, W. D., 3ks specific impulse with a ns-pulse laser micro-thruster, Proceedings of international electric propulsion conference; 2005 Oct 30-Nov 4; Princeton, NJ.
16. Phipps, C., Luke, J., Lippert, T., Hauer, M., and Wokaun, A., Micropropulsion using a laser ablation jet, J Propul Power 2004; 20 N(6), pp (1000–1011).
17. Reilly, M. P., Miley, G. H., and Hargus, W. A., Plume expansion and ionization in a micro laser plasma thruster, Proceedings of the 41st AIAA/ASME/SAE/ASEE joint propulsion conference; 2005 July; pp (10–13); Tucson, Arizona; Reston: AIAA.
18. Shuangyan, S., Xing, J., and Hao, C., Cleaning space debris with a space-based laser system. , Chinese Journal of Aeronautics, Volume 27 N4, August 2017; pp (805-811).
19. Choi, C.Q., Space station could get LASER cannon to .destroy orbital debris, Space-News, 30 April 2015