GABRIEL PANKOW

Lasery namiesto do□asných opatrení: „Našli sme riešenie pre vesmírny odpad“

Priestor na obežnej dráhe je □oraz viac obmedzený kvôli množstvu vesmírneho odpadu. A niekto by naozaj mal vymyslie□ nie□o, □o by v budúcnosti zabránilo jeho zrážkam so satelitmi a vesmírnymi stanicami. Wolfgang Riede chce tento problém vyrieši□ lasermi. V princípe je to celkom jednoduché.

Pán Riede, aký ve□ký je problém na obežnej dráhe?

Riede: Momentálne je ve□kosti približne jednej a pol Eiffelovej veže. Toto je množstvo neovládate□ného odpadu, trvalo obiehajúceho okolo Zeme, konkrétne približne 13.000 ton. Ke□že sa obežná dráha □oraz rýchlejšie zap□□a satelitnou infraštruktúrou, o□akávame, že celková hmotnos□ odpadu a satelitov sa do roku 2030 – □iže len o pä□ rokov! – zdvojnásobí alebo dokonca aj strojnásobí.

□o to vlastne je ten vesmírny odpad?

Riede: Jeho ve□kos□ sa pohybuje od zrnka piesku až po naozaj ve□ké objekty: Pozostáva napríklad z približne 50 ve□kých objektov, ako sú odhodené raketové stupne zo 68 rokov histórie vesmírnych letov, alebo aj obrovský satelit na pozorovanie Zeme Envisat Európskej vesmírnej agentúry ESA, ktorý v roku 2012 z nevysvetlite□ných dôvodov jednoducho zomrel. Okrem toho množstvo malých pokazených satelitov. K tomu je tam ešte približne 40.000 malých kúskov vä□ších ako desa□ centimetrov, ktoré môžeme pozorova□ aj zo Zeme. Naviac existujú milióny a milióny menších kúskov, o ktorých vä□šinu ani nevieme, kde sú.

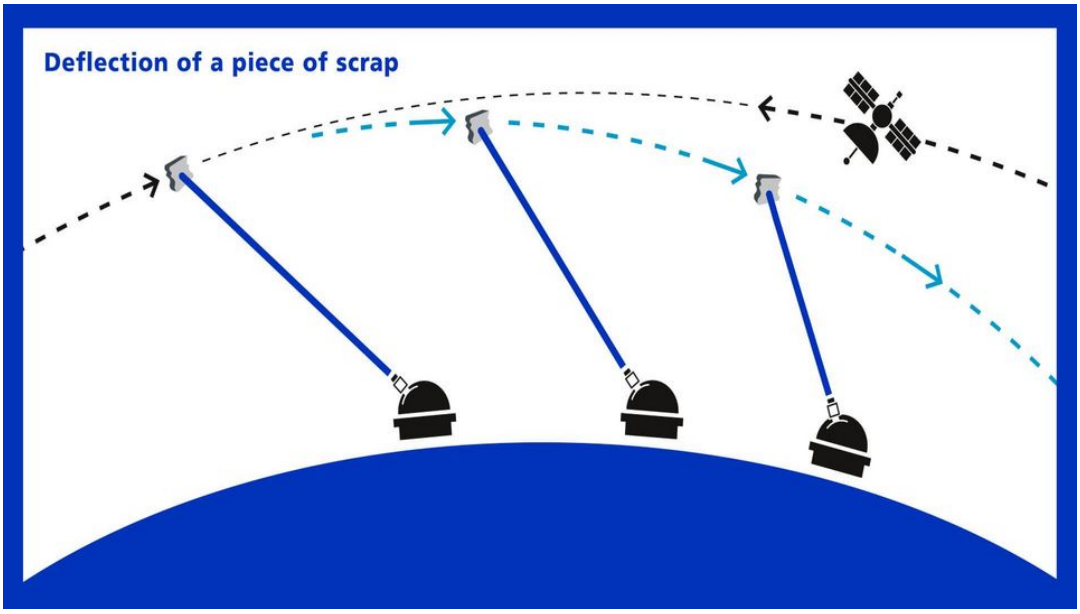
Raketové stupne a pokazené satelity majú svoje vysvetlenie. No odkia□ sa tam berú všetky tie malé úlomky odpadu?

Riede: Prí□inou sú tak nekontrolované ako aj kontrolované kolízie: Mnohé pochádzajú z takzvaných protisatelitných testov. Po□as studenej vojny si Ameri□ania a Sovieti chceli navzájom dokáza□, že dokážu zostreli□ satelity raketami. Deje sa to ešte aj dnes. V roku 2007 zostrelila □ína jeden zo svojich satelitov a v roku 2021 to isté urobilo Rusko. Obe explózie zanechali na obežnej dráhe obrovské oblaky trosiek.

No dobre, tam hore je dos□ miesta …

Riede: Miesta je síce dos□, no tento odpad je v pohybe a pohybuje sa okolo Zeme rýchlos□ou až 28.000 kilometrov za hodinu – len pre porovnanie: Je to takmer osem kilometrov za sekundu! Každá takáto vec je na svojej vlastnej obežnej dráhe, neletia synchrónne ved□a seba, ako to poznáme z prstencov Saturnu, pohybujú sa skôr v divokom zmätku. Okrem toho sa otá□ajú

a tým neustále mierne menia svoju obežnú dráhu. Takto sa môže sta□, že Medzinárodná vesmírna stanica ISS alebo jeden z mnohých fungujúcich satelitov skon□í na kolíznej dráhe s niektorým kusom trosiek. Ak sa tieto zrazia, uvo□ní sa obrovské množstvo energie, ktoré na Zemi len □ažko dokážeme napodobni□. Laseroví inžinieri budú schopní pochopi□ tieto hodnoty: □astica s priemerom jedného milimetra – teda malá □astica – vyvinie pri zrážke na obežnej dráhe energiu 70 Joulov na štvorcový milimeter – a to je príliš ve□a! V skratke: Bu□ to prestrelí zasiahnuté satelity, alebo ich to úplne rozbije. Stratia sa hodnoty v hodnote desiatok miliónov eur, pri□om sa poškodí infraštruktúra, ktorú na Zemi používame. A to už je problém.



SCENÁR: Kus trosiek na obežnej dráhe sa nachádza na kolíznej dráhe so satelitom a hrozí, že ho poškodí alebo zni□í. Desa□ pozemných staníc zapojených do série zo Zeme ožaruje tieto trosky a odklá□a ich trajektóriu pohybu, v□aka □omu je satelit chránený.

Noo.. a □o vieme proti tomu robi□?

Riede: Máme dve možnosti: Ak predpokladáme kolíziu, musí sa je satelit vyhnú□. Stanica ISS to robí takmer neustále. Tá sa ale dop□□a palivom, satelity nie. Satelity majú obmedzený po□et manévrov vyhýbania a každý z nich skracuje ich celkovú životnos□, □o stojí množstvo pe□azí. Po druhé, existujú pravidelné upratovacie vesmírne misie, v ktorých robotické rameno zachytáva stredne ve□ké kusy trosiek a takpovediac ich vrhá dole do atmosféry, aby tam zhoreli. Toto je ale drahé a pre vä□šinu trosiek to ani vôbec nepripadá do úvahy. Vidíte: Obidve metódy sú len núdzové riešenia. To, □o potrebujeme, je správne riešenie!

A Vy ste našli to správne riešenie?

Riede: Myslím si, že áno. Laser Momentum Transfer, u nás láskyplne nazývaný ako štuchanie laserom. Náš tím v Nemeckom leteckom a kozmickom centre (DLR) vyvinul koncepciu, ako to funguje. A princíp je naozaj □ahko pochopite□ný: Fotóny v laserovom svetle vyvíjajú tlak, takzvaný svetelný tlak. Ten je nízky. Ale pri rýchlo sa pohybujúcej troske na obežnej dráhe to môže znamena□ rozhodujúci rozdiel. Ak ju zasiahneme spredu vysoko výkonným laserom, spomalíme ju. Ak ju zasiahneme zozadu, posunieme ju dopredu. Má to nasledujúci zmysel: Ak spomalí, klesne. Ak zrýchli, stúpne. A tak ho môžeme jednoducho zo Zeme štuchnú□ mimo dráhu kolízie.

To ale musí ma□ nejaký há□ik!

Riede: Potrebujeme nie jednu laserovú stanicu, ale desa□. Rozmiestnené po zemeguli.

Na □o to je?

Riede: Svetelný tlak je nízky. Rýchlos□ trosiek môžeme zmeni□ iba o desa□ mikrometrov za sekundu. To znamená, že musíme na ne mieri□ dlhší □as, aby sme dosiahli ten efekt. Predstavte si, že sa na horizonte objaví cie□ový objekt, potom máme pri rýchlosti letu osem kilometrov za sekundu asi desa□ minút vizuálneho kontaktu, kým opä□ zmizne na druhej

strane. Nemôžeme ho však osvetli□ hne□, ako sa objaví na horizonte, pretože uhol je potom plochý a lú□ by prešiel cez ve□kú □as□ vzdušného priestoru. Môžeme však používa□ iba vzdušný priestor, ktorý je uzatvorený pre civilnú dopravu, a to len v ur□itom okruhu okolo pozemnej stanice. □akáme teda, kým sa nepriblíži. Potom musíme trafi□ objekt bu□ spredu, alebo zozadu, pretože ho chceme bu□ spomali□, alebo ho potla□i□ dopredu. □asový úsek sa teda opä□ skráti na polovicu, nakoniec sa dostaneme na trvanie kontaktu v trvaní iba dvoch až troch minút. Je to príliš málo na skuto□né vychýlenie. Tento proces funguje iba vtedy, ak je desa□ pozemných staníc zapojených sériovo, ktoré ožarujú objekt po□as desiatich preletov. Takpovediac roj laserov.

Ak všetko pôjde optimálne, o pä□ rokov preukážeme funk□nos□.

Wolfgang Riede, laserový fyzik a vedúci oddelenia Aktívne optické systémy na Ústave technickej fyziky v Nemeckom leteckom centre v Stuttgarte

Rozumiem. Ale ako vôbec chcete trafi□ túto malú vec na obežnej dráhe?

Riede: To nie je problém. V kozmonautike už ve□mi dlho pracujeme s extrémne presnými laserovými metódami na takéto vzdialenosti. Napríklad, aby sme vôbec našli takéto trosky. Je tu nie□o iné, □o bude zložitejšie.

Kde to ešte viazne?

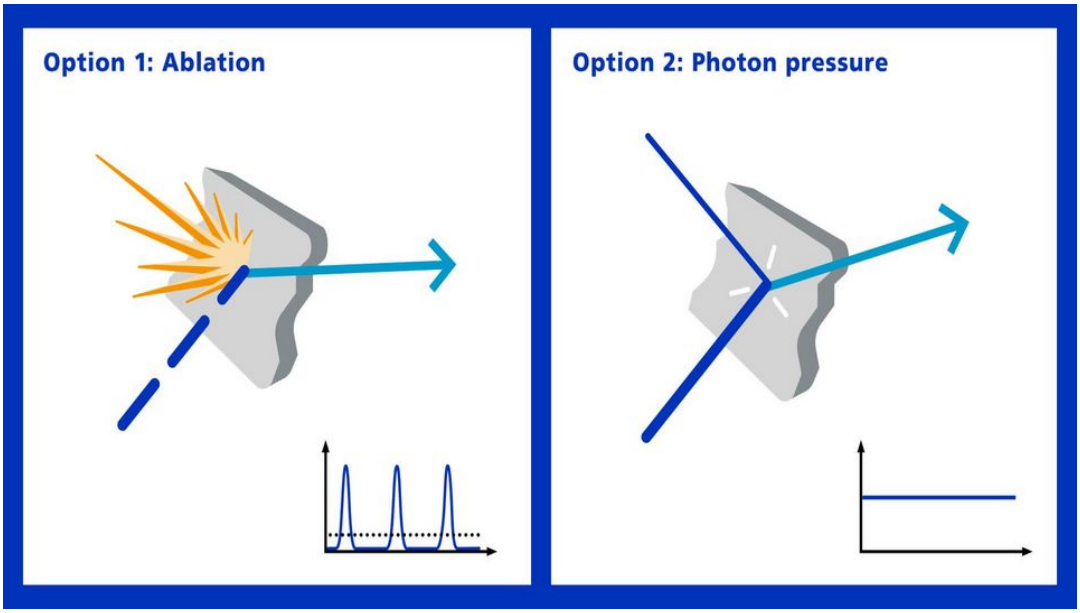
Riede: Ako dlho vopred sa dá presne predpoveda□ kolízia. Toto totiž nie je jednoduché. Rovnako ako v prípade po□asia, □ím □alej do budúcnosti sa chcete pozrie□, tým to bude □ažšie. Naše stanice by ale potrebovali nieko□ko dní náskok. Práve pracujeme na tomto probléme.

Podarilo sa už niekedy také štuchnutie laserom?

Riede: Nikdy sme to vlastne neskúsili, ale to je pri vesmírnych projektoch normálne. Vidíte, okrem pozemných staníc sú potrebné aj dva satelity v konštelácii – to znamená, že pracujú spolo□ne – aby bolo možné meranie ú□inku po□as ožiarenia a jeho hlásenie. Tieto satelity ešte nemáme.

Takže to je všetko len teoreticky ...

Riede: Vôbec nie! Úprimne povedané, sám som prekvapený, ako rýchlo náš projekt v DLR naberá na obrátkach. ESA sa ujala tejto úlohy a poverila nás návrhom pozemnej stanice. Ako partnera pre zdroj lú□a sme získali TRUMPF Scientific Lasers. Ak všetko pôjde optimálne – financovanie, výstavba, vo□ba pozemných staníc – o pä□ rokov preukážeme princíp funk□nosti. Dobre, pravdepodobne nie všetko pôjde optimálne. Stále však hovoríme o □asovom rámci do implementácie, ktorý je možné zvládnu□.



V□avo: Pulzný laserový lú□ zasahuje objekt takou silou, že vytvára plazmový oblak, ktorý ho odklá□a. Výhoda: Posta□uje jeden prelet objektu, takže □as potrebný na vychýlenie je kratší.

Nevýhoda: Existuje riziko, že sa objekt rozpadne a jeden nebezpe□ný kus odpadu sa zmení na nieko□ko.
Vpravo: Kontinuálny laserový lú□ využíva tlak fotónov na jemné vychýlenie objektu z dráhy. Výhoda: Neexistuje riziko rozbitia objektu. Nevýhoda: Na dosiahnutie dostato□ného ú□inku je potrebných až desa□ prechodov. □as potrebný na vychýlenie je preto dlhší.

Ako si vysvet□ujete náhly nárast záujmu o Váš projekt?

Riede: Ako som povedal: □udstvo masívne rozširuje infraštruktúru na obežnej dráhe, napríklad ako zdroj mobilného internetu, vi□ napríklad satelitná sie□ Starlink. Problém s odpadom je prekážkou a má tendenciu sa rádovo zhoršova□ – práve kvôli expanzii, ktorá následne vytvára nový odpad. □oskoro teda budeme potrebova□ riešenie.

A kto má zaplati□ za to štuchanie laserom?

Riede: □lenské štáty ESA teraz poskytujú svojimi príspevkami po□iato□ný impulz. V kone□nom dôsledku je ale plán ponúknu□ Laser Momentum Transfer ako službu na trhu: pre súkromné spolo□nosti, organizácie alebo štáty, ktoré chcú chráni□ svoju orbitálnu infraštruktúru. Ak všetky zainteresované strany pochopia hodnoty, ktoré sú v stávke, financovanie implementácie technológie by malo by□ tým najmenším problémom. V neposlednom rade máme teraz v Nemecku po prvýkrát ministerstvo, ktoré má vo svojom názve vesmírne cestovanie, takže o□akávame aj národnú politickú podporu.

GABRIEL PANKOW
HOVORCA PRE LASEROVÚ TECHNIKU