

Didymos „na odstřel“

Jana Ždárská¹, Petr Pravec²

¹ Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

² Astronomický ústav AV ČR, v. v. i., Fričova 298, 251 65 Ondřejov

Metodu „kinetic impactor“ (test změny trajektorie asteroidu na kolizní dráze Země) představuje Dr. Petr Pravec, pod jehož vedením česká spolupráce na tomto projektu probíhá.

„LIDÉ JSOU STVOŘENI K TOMU, ABY ROZJÍMALI A PŘEMÝŠLELI O VESMÍRU. ONI SAMI NEDOSAHUJÍ JEHO VRCHOLNÉ DOKONALOSTI, ALE JSOU SOUČÁSTÍ TÉTO DOKONALOSTI.“ *Cicero Marcus Tullius*

Kosmickým prostorem bloudí mnoho vesmírných objektů různých velikostí. Některé se pohybují po svých poměrně stabilních drahách, např. v pásu mezi Marsem a Jupiterem, jiné se nacházejí v oblasti za dráhou Neptuna. Naši Sluneční soustavu mohou navštívit i objekty z hlubokého vesmíru (‘Oumuamua), aby v něm poté opět zmizely. Tato tělesa představují pro Zemi vážnou hrozbu – vzpomeňme jen neslavného konce dinosaurů. Cílem astronomů je proto nejen pečlivě zmapovat pohyb teoreticky nebezpečných objektů, ale také umět změnit jejich trajektorii, pokud by tato směřovala k Zemi. Testování metody *kinetic impactor* proběhne za významné účasti ondřejovských astronomů. Podrobnosti tohoto programu nám objasní Dr. Petr Pravec, pracovník oddělení pro meziplanetární hmotu Astronomického ústavu AV ČR, pod jehož vedením česká spolupráce probíhá.

■ **J. Ždárská:** *Vážený pane doktore, v současné době se zabýváte výzkumem asteroidů a mj. se významně podílíte na programu testování metody kinetic impactor. Asteroidy se svým způsobem prolínají všemi oblastmi vašeho vědeckého života. Je pravda, že na začátku této kariéry stál jeden běžný vánoční dárek?*

P. Pravec: Ano, pamatuji si to docela přesně. Bylo mi devět let a pod vánočním stromečkem se na mě usmívala kniha „Trošečnicki vesmíru“ od Františka Běhounka. Tehdy jsem ještě nevěděl, že se o tuto tematiku budu v budoucnu tolik zajímat. Kniha vypráví o tom, jak se na Zemi řítí velká kometa. V té době se v autorově vyprávění chystala i mise k Marsu, a tak tato výprava místo na Marsu přistane právě na jmenované kometě a pokouší se ji odklonit.

■ **JŽ:** *Zdá se, že vám tato kniha předpověděla budoucnost. Přesto jste se již od základní školy zajímal šířeji o fyziku a matematiku. I na Masarykově univerzitě jste nestudoval astronomii, ale fyziku pevných látek. Uvažoval jste o astronomii spíše jako o koníčku?*

PP: Vesmír mě zajímal již dříve. Když jsem přečetl jmenovanou knihu, chtěl jsem jej více poznat. Vyrosl jsem také „na Grygarovi“, jeho knize Vesmír a pořadu Okna vesmíru dokořán. Naučil jsem se hvězdná souhvězdí a sledoval nebeské objekty dalekohledem, který jsem dostal od rodičů. Po gymnáziu, kde jsem byl

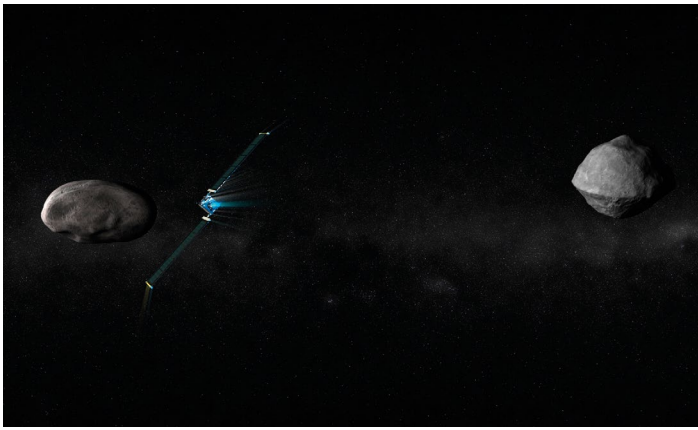


Mgr. **Petr Pravec**, Dr. (*1967) je mezinárodně uznávaný český astronom. Vystudoval obor fyzika pevných látek na Masarykově univerzitě v Brně. Postgraduálně absolvoval obor astronomie a astrofyzika na Univerzitě Karlově v Praze. Pracuje jako vedoucí vědecký pracovník na Astronomickém ústavu Akademie věd ČR v Oddělení pro meziplanetární hmotu v Ondřejově. Aktivně působí v oblasti výzkumu asteroidů od roku 1992. Pracuje jako vedoucí skupiny Asteroids a vede také skupinu stanic BinAstPhotSurvey, které hledají binární asteroidy. Objevil více než 300 planetek. Je po něm pojmenována planetka (4790) Petrpravec, kterou v roce 1988 objevila americká astronomka Eleanor F. Helinová. Účastní se programu testování odklonění asteroidu pomocí metody kinetic impactor.

v matematicko-fyzikální třídě, jsem přemýšlel o tom, jaký obor na vysoké škole studovat. Rodiče říkali, že astronomů není moc a že bych třeba později nemusel mít dobré uplatnění. Osobně jsem na studiu astronomie tehdy netrval, a tak jsem si vybral fyziku. Zdálo se mi dobré mít solidní matematické a fyzikální základy. Astronomii jako takovou jsem poté studoval až postgraduálně. Do té doby byla jen mým koníčkem, nyní už je to práce, ovšem velmi zajímavá (a pořád vlastně i trochu koníček)...

■ **JŽ:** *Astronomii jste studoval na Univerzitě Karlově v Praze. Jakým vesmírným objektům jste se při studiu nejvíce věnoval?*

PP: Já jsem vždycky spíše tíhnul ke Sluneční soustavě, více mě zajímalo to bližší než to vzdálenější. Snad



O potenciálně nebezpečném tělese potřebujeme vědět alespoň 10 let před jeho dopadem. Z asteroidů o velikostech větších než 1 km je zdokumentováno cca 95%. Zdroj: ESA

mě ovlivnila i ta Běhounkova kniha. I moji kolegové studenti byli spíše zaměřeni na Sluneční soustavu. Už od střední školy mě přitahovaly meteory a komety, o asteroidy jsem se začal zajímat až během postgraduálního studia.

■ *JŽ: Po magisterském studiu jste se hlásil na roční stáž na Astronomický ústav do Ondřejova. Ale náhoda tomu chtěla, že jste zde místo stážisty začal působit jako doktorand, že?*

PP: Náhoda nebo příležitost, každopádně zde bylo vypsané jedno místo na stáž a jedno místo na doktorát Ph.D. Já jsem se hlásil na stáž a byl jsem tedy mile překvapen z informace, že jsem byl ze všech uchazečů nejlepší. Bylo mi nabídnuto místo doktoranda – pokud bych chtěl.

■ *JŽ: A chtěl jste?*

PP: Ano, chtěl... Byla to dobrá příležitost! Zkoušel jsem různé věci a doporučuji tento přístup každému postgraduálnímu studentovi – získat rozhled. Lákaly mě meteory a komety. Jenže při studiu komet je třeba mít k dispozici poměrně velké dalekohledy, kterých není k dispozici zase tolik a pozorovací čas na nich je velice drahý. Tehdy ještě nebylo Česko v ESO, a proto i přístup k velkým dalekohledům nebyl snadný. Studium meteorů bylo zejména díky Dr. Zdeňku Ceplechovi a jeho kolegům hodně rozvinuté, zvláště v Astronomickém ústavu AV na Ondřejově. Dr. Ceplecha se pak následně stal i mým školitelem. Zdálo se tedy pravděpodobně, že se budu meteorům věnovat také. Ovšem, právě v té době se na Ondřejově objevila i první CCD kamera, kterou získal kolega Dr. Hudec. Začal jsem si „hrát“ s touto kamerou, zkoušel, co umí, a zjistil jsem, že se i s menším dalekohledem a CCD kamerou dají získat velmi dobrá data. Také jsem si tehdy všiml, že v oboru zkoumání asteroidů je poměrně velký prostor k působení a že bych mohl dělat i něco svého. Začal jsem se o asteroidy zajímat více a posléze se do nich „doslova“ ponořil. A navíc asteroidy byly „hned vedle“ meteorů...

■ *JŽ: Budeme hovořit o asteroidech – mohli byste nám prosím objasnit i další používané názvosloví, jako je planetka, trpasličí planeta a kometa?*

PP: To je zajímavá historie. Název asteroidy je starší a vychází ze skutečnosti, že na snímcích i při pohledu dalekohledem se takové těleso jeví jako světelný bod

– jako hvězda. Pojmenování asteroid tedy znamenalo hvězdě podobný. Obdobné je to i u pojmenování komety podle pozorovaného jevu „koma“ – tedy vlasy. Odtud pochází i český název pro kometu – vlasatá hvězda. Teprve postupně se zjistilo, že asteroid nemá s hvězdami nic společného, že se jedná o malá tělesa sice planetám podobná, ale podstatně, podstatně menší. Začalo se jim říkat malé planety a v češtině se toto pojmenování zdobňuje na hezky znějící planetky. Co se týče pojmu trpasličí planeta, tak takové těleso dosahuje téměř velikosti planety – například Pluto, které bylo na Valném shromáždění Mezinárodní astronomické unie v Praze roku 2006 ze skupiny planet vyřazeno. Domnívám se, že kdyby již tehdy bylo známo jeho složení, struktura a jevy probíhající na jeho povrchu, tak by patrně z planet Sluneční soustavy vyřazeno nebylo. Hranice mezi „pravou“ planetou a trpasličí planetou je opravdu velmi blízko.

■ *JŽ: Vzpomenete si, kdy jste objevil svůj první asteroid a jak jste jej pojmenoval?*

PP: Úplně ten nejprvnější, který nebyl známý? To byla zvláštní situace, on se mi totiž ten první ztratil. Takže ve skutečnosti to byl oficiálně až ten druhý. Objevil jsem jej 2. prosince 1994 s 65centimetrovým dalekohledem v Ondřejově. Dostal označení 1994 XB5 a o několik let později, až byla přesně určena jeho dráha, i katalogové číslo 100277. Ovšem první „očíslovaný“ asteroid, tedy první, u kterého se podařilo určit přesnou dráhu a byl zařazen do definitivního katalogu asteroidů, jsem objevil 3. dubna 1995, dostal číslo 7204 a pojmenoval jsem jej Ondřejov.

■ *JŽ: Hovořil jste o tom, že se vám váš první objevený asteroid ztratil. Jaké parametry je třeba co nejdříve zjistit, aby bylo možné dobře sledovat jeho dráhu?*

PP: Když na snímcích, které třeba berete za úplně jiným účelem, zaznamenáte neznámý asteroid, je třeba nejdříve prohlédnout katalog drah a zjistit, zdali opravdu není známý. A pokud ne – tak je „váš“, alespoň pro ten okamžik. Poté je třeba změřit jeho měnící se polohu a z těchto tzv. pozičních astrometrických měření stanovit parametry jeho dráhy, kterým se říká keplerovské elementy. Určitě nestačí jen pár nocí, je třeba sledovat jej typicky několik let. Pokud jste postupovali správně, tak pak i po několika letech bez dalších měření při zamíření dalekohledu na vypočtenou polohu se váš asteroid objeví přesně na tom místě, kde by měl být.

■ *JŽ: A pak vás čeká milá povinnost pojmenovat jej?*



Jedna ze dvou historických antén v areálu Ondřejovské hvězdárny. (Byly to radary typu FuMG-65 Würzburg-Riese z druhé světové války). Foto: J. Žďárská



Satelit asteroidu Didymos objevili čeští vědci na observatoři Ondřejov. Zdroj: ESA

PP: To ještě ne. Objevený asteroid je třeba dále pozorovat a měřit jeho pozice po dobu několika let. Je ovšem spousta planetek, jež byly objeveny a posléze opět ztraceny, aniž by někdo třeba stačil stanovit jejich dráhu. V takovém případě se obvykle za pět deset let zase náhodně objeví. Z pozičních měření získaných během několika roků je jeho dráha většinou spočtena již natolik dobře, že lze určit jeho pozice s velkou přesností i v budoucnu. Asteroid je poté zařazen do katalogu a dostane definitivní katalogové číslo. A v ten okamžik může objevitel navrhnout jeho jméno. Objevitel jej totiž nepojmenovává sám. K tomu existuje komise Mezinárodní astronomické unie, která návrh objevitele oficiálně schvaluje.

■ JŽ: Zní to velmi zajímavě – objevovat asteroidy. Vy se ale specializujete především na posuzování jejich fyzikálních vlastností. Přesto bych se ráda zeptala, zda jste už některou planetku někomu věnoval?

PP: Máte pravdu, objevy nových asteroidů – to není to hlavní, pro nás v Ondřejově je to vlastně takový vedlejší produkt. My se specializujeme především na to, co nám jde nejlépe, a to je zjišťování vlastností asteroidů. A jestli jsem už některé mnou objevené někomu věnoval? Samozřejmě, právě to je na tom tak milé. Například jeden „dostala darem“ moje žena a další mám připravené k nějaké zvláštní příležitosti pro své děti.

■ JŽ: Je to opravdu vznešený dárek. Není jistě tajemstvím, že i vy sám máte svoji planetku – jmenuje se 4790 Petrpravec a pojmenovala ji po vás americká astronomka Eleanor F. Helinová. Jak vaše planetka vypadá a kde se pohybuje?

PP: Musím přiznat, že jsem byl velmi poctěn. S uznávanou astronomkou E. F. Helinovou jsem v 90. letech minulého století, během mého doktorandského studia a těsně po něm (dnes se tomu říká „postdoc“), nějaký čas spolupracoval. Hovořila o mně jako o mladém nadějném vědci na dobré cestě. Asteroid mi „darovala“ k příležitosti mého Ph.D. a zároveň naší svatby s mou ženou. „Svoji“ planetku jsem zatím neměřil, ale vypadá docela běžně a pohybuje se v hlavním pásu asteroidů mezi Marsem a Jupiterem.

■ JŽ: Když pozorujete planetku, jakým způsobem zjistíte její tvar?

PP: Tvar pozorované planetky zjišťujeme nepřímými metodami. Pro naprostou většinu z nich můžeme

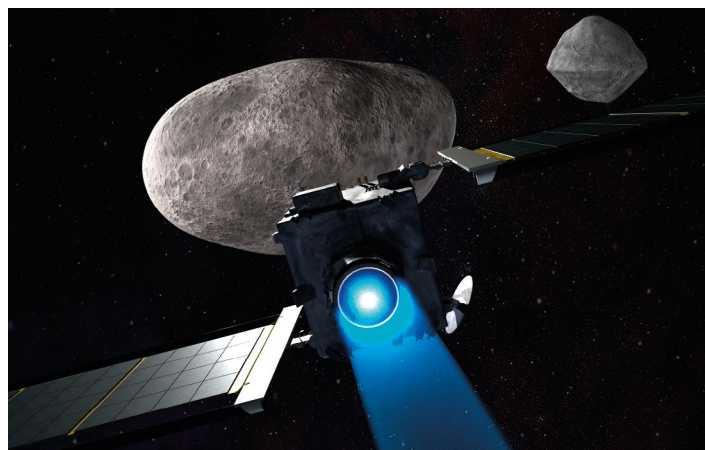
využít světelné křivky. To znamená, že měříme průběh jejich jasnosti v čase. Pokud má planetka vysokou jasnost, znamená to, že je k nám v daném okamžiku natočena svou největší stranou. Při rotaci se tak pravidelně střídá její malý a velký průřez. Další informace nám dává i tím, jakým způsobem se její světelná křivka mění při oběhu kolem Slunce. Dá se říci, že je každý rok trochu jiná. Z následné inverze světelných křivek poté můžeme odhadnout její tvar. Někdy to ovšem není tak jednoduché. Jako příklad bych uvedl asteroid ‘Oumuamua, který je umělecky zobrazován jako „doutník“, ale on může být třeba také zploštělý. Problém je v tom, že toto nejde z omezených měření, které se pro něj podařilo během jeho krátkého průletu blízko Země získat, zcela jednoznačně určit. Máme-li dostatečné množství měření, můžeme odvodit, že sledované těleso má např. tvar protáhlého elipsoidu s určitým zploštěním.

■ JŽ: Zmínil jste asteroid ‘Oumuamua, který neočekávaně proletěl Sluneční soustavou jako ta pověstná „léta-vice“ a nyní pokračuje směrem od Slunce. Jeho dráha ale neodpovídá té, jež vědci predikovali. Mohou být na vině např. negravitační efekty?

PP: Bohužel v interpretaci těch měření zůstane už asi navždy nejistota, protože ‘Oumuamua se pohybuje po hyperbolické dráze s excentricitou $e = 1,2$ a naši Sluneční soustavu už nenavštíví. Zřejmě tam skutečně nastaly nějaké negravitační efekty – snad sublimace těkavých látek. Z toho by se dalo usuzovat, že se ve skutečnosti jedná o kometární jádro, byť z velké části pokryté izolující krustou. Odhadujeme, že ve Sluneční soustavě je v každém okamžiku statisticky jedno takové obdobné meziplanetární těleso, které bohužel nevidíme, a to z toho důvodu, že nevíme, kam se podíváme, a pravděpodobnost jeho objevu stávajícími prohlídkami oblohy je stále ještě dosti malá. Ale díky neustálému zlepšování těchto prohlídek časem jistě objevíme další. Problémem je, že u každého je jen jedna šance na jeho důkladné prozkoumání, a proto na to další musíme být dobře připraveni.

■ JŽ: V našem nejbližším vesmíru se pohybují různé velké asteroidy – od těch obrovských o velikosti několika kilometrů přes střední asteroidy až po ty poměrně drobné, o velikosti jednoho metru a méně. Kolik je jich popsaných a od kterých nám hrozí největší nebezpečí?

PP: V současné době známe asi $\frac{3}{4}$ milionu asteroidů, z nichž velká většina se pohybuje v pásu mezi



Sonda k Didymosu bude startovat ve druhé polovině roku 2020. Zdroj: ESA

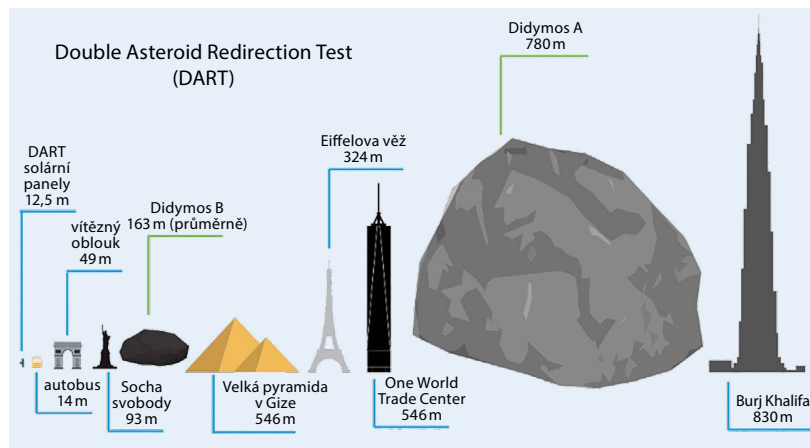
Marsem a Jupiterem. Pokud se pohybují v této oblasti, v podstatě nám v současnosti od nich nehrozí žádná nebezpečí. Potenciálně nebezpečná je jen malá část asteroidů, které křížují dráhu Země. Globálně nebezpečná jsou tělesa o velikosti více než cca 2 km, která by mohla při střetu se Zemí způsobit hromadné vymírání živočišných druhů. Z asteroidů o velikostech větších než 1 km ovšem máme zdokumentováno již cca 95%. Dále zde figuruje skupina těles o velikosti stovek metrů – z nich naopak většinu neznáme a tyto objekty představují pro Zemi podstatné riziko. Nebylo by to sice na hranici globální katastrofy, aby mohly vyhubit celé lidstvo, ale mohly by napáchat velkou škodu. Na „druhém konci spektra“ jsou tělesa o velikosti cca jednoho metru – taková tělesa dopadají na Zemi několikrát za rok, ale zbudou po nich jen v podstatě neškodné zbytky, meteority. Ovšem v každém případě platí, že většina těles nás bezpečně mine, protože Země se svým poloměrem něco přes 6 tisíc km je v porovnání se vzdáleností Země od Slunce cca 150 mil. km poměrně malý cíl.

■ **JŽ:** Ale ještě jsou tady komety a také tělesa, která k nám mohou proniknout z hlubokého vesmíru?

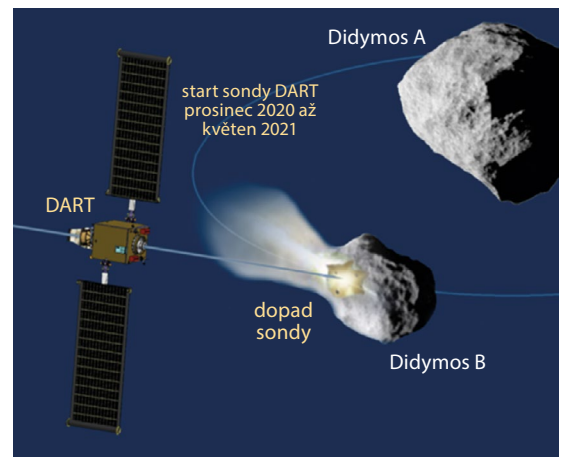
PP: U komet přilétajících z Oortova oblaku je situace jiná. My je nedokážeme na jejich vzdálenosti dobře detekovat. Přesto si myslíme, že riziko srážky s kometou je relativně malé, protože přilétají podstatně méně často než asteroidy. A intervaly srážek s tělesy, která přicestovala z mezihvězdného prostoru, jsou pak ještě mnohem delší než u komet. Naším hlavním rizikem jsou asteroidy, proto považují za nejdůležitější odstranit riziko srážky s asteroidy, až poté s kometami, a teprve nakonec s tělesy přilétajícími od jiných hvězd.

■ **JŽ:** Měl jste možnost, být ještě jako amatérský astronom, pozorovat bolid, který vás nějakým způsobem překvapil?

PP: Asi nejvíce vzpomínám na bolid, který proletěl naší atmosférou, aby ji znovu opustil a letěl dál. Nevlehl do atmosféry dostatečně hluboko, aby jej zbrzdila. Měl dostatečně vysokou rychlost i hmotnost, že opět dokázal naší atmosféru opustit. Měl dlouhý „ohon“ (tzv. wake). Letěl a letěl a stále nechtěl zhasnout. Bylo to velmi neobvyklé a krásné zároveň. Z bolidových snímků pak kolegové vypočetli, že atmosféru Země zase opustil, ovšem jeho heliocentrická dráha byla velmi změněna.



Sonda k Didymosu poletí přibližně dva roky. Zdroj: ESA



Pomocí metody *kinetic impactor* udělíme asteroidu cílený impuls. Zdroj: ESA

■ **JŽ:** Pokud by došlo ke kolizi Země s asteroidem o velikosti několika stovek metrů – tušíte, co by nejspíše následovalo?

PP: Předpokládám, že by to byla událost na hranici kontinentální katastrofy. Asteroid velikosti několika stovek metrů je pořád dost velký a případný impakt by jistě pocítila větší část kontinentu. Kráter, který by po dopadu vznikl, by měl velikost deset až dvacetkrát větší než velikost samotného tělesa. V kráteru by bylo zničeno vše, taktéž v jeho okolí. Doprovodné jevy při impaktu – tedy uvolnění velkého množství kinetické energie formou tlakové vlny, dále rozptýlení materiálu a následné požáry by zničily vše v okolí stovek kilometrů. Do atmosféry by se také dostalo velké množství prachu, vodní páry a popela. Nastal by stav, kterému se nepřesně, ale populárně říká „jaderná zima“ (protože podobné jevy by mohly nastat po jaderné válce). Materiál vyvržený do atmosféry by vedl k zastínění Slunce, jehož následkem by byla omezena fotosyntéza rostlin na rok nebo i více let.

■ **JŽ:** Omezení fotosyntézy by mělo na svědomí nedostatek potravin nejen regionálně, ale nejspíš celosvětově. Jsme na takovou situaci připraveni?

PP: Pokud se jeden rok neurodí, dá se to snad ještě nějakým způsobem zvládnout ze státních krizových zásob, přinejmenším v rozvinutých zemích, ale pokud by se neurodilo několik let po sobě, bylo by to pro lidstvo hodně špatné. Civilizace je velice křehká a zamyslete se sama nad tím, na jak dlouho máte zásoby potravin doma vy?

■ **JŽ:** Můžete nám říci, co je podle vašeho názoru nejdůležitější vědět, abychom se mohli uchránit před srážkou s asteroidem?

PP: Většina asteroidů se pohybuje po známých a stabilních drahách, ale občas dochází ke srážkám s jinými tělesy, případně je ovlivňují gravitační i negravitační efekty, a tím dochází ke změnám jejich drah. Některá tělesa se mohou dostat na dráhy, které mohou být ohrožující pro naši Zemi. O takovém potenciálně nebezpečném tělese potřebujeme vědět skutečně s co největším předstihem. Pokud možno alespoň deset let před jeho eventuálním dopadem. To proto, abychom měli čas s tím něco udělat. Vědět o dopadu třeba jen rok předem je zatraceně málo.

■ **JŽ:** Předpokládám správně, že je tato doba třeba pro úspěšný zásah metodou *kinetic impactor*, která

buďe v dohledné době za účasti českých vědců testována?

PP: Přesně tak. Na zásah proti nebezpečnému asteroidu potřebujeme mít především dostatek času. Cílem totiž není takové těleso zničit, což se prakticky ani nedá. Ale co můžeme, je nepatrně změnit jeho dráhu. Pokud to uděláme s dostatečným předstihem, stačí nám na změnu jeho trajektorie na nekolizní jen nepatrná změna jeho rychlosti v řádu cca 1 mm za sekundu.

■ JŽ: Mohl byste nám přiblížit podstatu metody kinetic impactor?

PP: Jedná se o fyzikálně jednoduchou metodu – tedy změnu dráhy asteroidu tím, že do něj určitým způsobem „udeříme“, tedy udělíme mu impuls nárazem vhodného projektilu. Průběh bude takový, že k asteroidu bude vyslána hmotná sonda, která do něj ve vhodném místě narazí. Dojde k výbuchu a ke změně vektoru hybnosti tělesa čili ke změně jeho trajektorie tak, že po dostatečně dlouhé době asteroid Zemi mine.

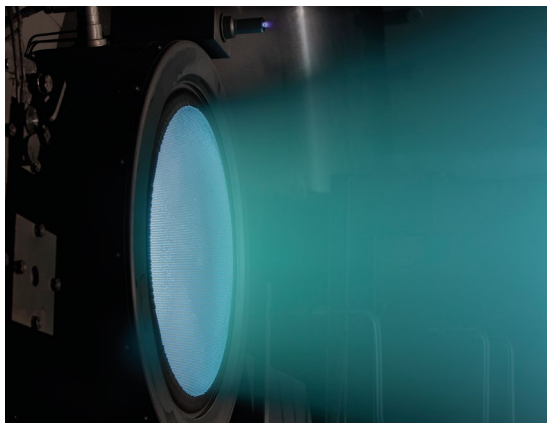
■ JŽ: Tato metoda bude testována na asteroidu Didymos¹, dvouplanetce, jejíž podvojnost byla objevena českými vědci na observatoři v Ondřejově. Proč právě dvouplanetka?

PP: Pokud bychom metodu odklonění testovali na planetce, která letí samostatně, dozvěděli bychom se výsledek až za velmi dlouhou dobu, protože změna jeho heliocentrické rychlosti o cca 1 mm/s se projeví až po mnoha měřeních za více let. Některé asteroidy jsou ale podvojně, jako právě Didymos. Obíhají kolem sebe a my se pokusíme udeřit do toho menšího z nich rychlostí cca 7 km/s. Změna jeho dráhy kolem většího tělesa v dané soustavě binárního asteroidu o cca 1 mm/s bude snadno změřitelná.

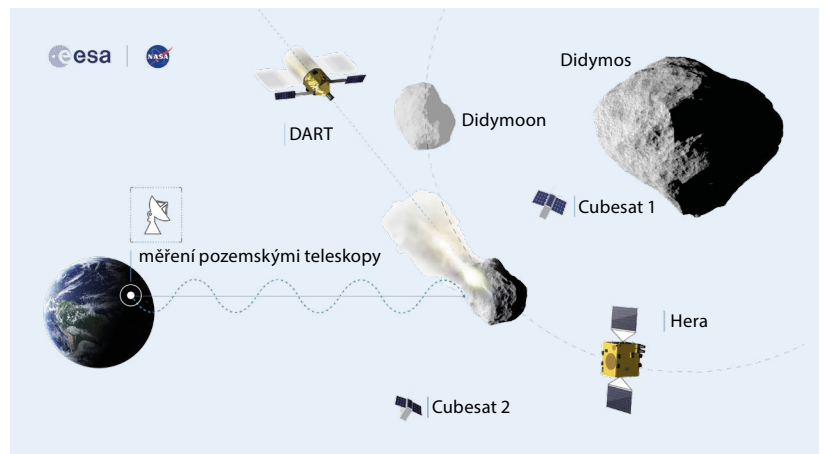
■ JŽ: Je už znám termín startu sondy a případně také další údaje provázející tuto testovací misi?

PP: Sonda bude startovat již ve druhé polovině roku 2020. K Didymosu poletí téměř dva roky. Pro zásah je již datum také stanoveno, a to na 5. října roku 2022, kdy sonda dopadne na asteroid. Na určení přesného

1 Název odvozen od řeckého slova didymos – dvojitý. V 19. století (150 let periodické tabulky prvků) byl objeven domnělý prvek didym, který se později ukázal být směsí dvou skutečných prvků praseodymu a neodymu. V této problematice se angažoval i český chemik Bohumil Brauner, ale nakonec byl jmenovaný objev připsán rakouskému vědci Carlu Auerovi von Welsbach.



Zásah asteroidu Didymos B bude proveden přibližně v tečném směru. Zdroj: ESA



Didymos B má průměr 160 metrů a je plánováno, že jej sonda zasáhne s přesností na dva metry. Nárazem sondy dojde ke změně vektoru hybnosti asteroidu. Část materiálu z kolize bude z povrchu asteroidu vyvržena, čímž dojde k zesílení uděleného impulsu. Zdroj: ESA

okamžiku dopadu budeme pracovat i my v Ondřejově a bude znám několik měsíců předem. Celá sonda pak do asteroidu narazí jako projektil.

■ JŽ: Už je známo, v jakém směru zasáhne projektil zmiňovaný asteroid? Bude to v radiálním, tečném, nebo kolmém směru? Nebo se uvažuje o kombinaci těchto směrů?

PP: Nejlepší směr k zásahu asteroidu pro jeho odchýlení z nebezpečného kurzu se liší případ od případu. Nelze toto tedy říci obecně, každý případ je v tomto individuální. V případě testu mise DART na satelitu asteroidu Didymos v roce 2022 bude ten zásah přibližně v tečném směru, což bude v tom konkrétním případě nejvýhodnější pro změření změny jeho dráhy. Ale u budoucích nebezpečných asteroidů to může být jinak.

■ JŽ: Jedná se o metodu, která je modelována zatím pouze teoreticky. Existuje něco, čeho se obáváte, co by mohlo vědce nepříjemně překvapit?

PP: Selhat může spousta věcí, jako se to ve vesmíru stalo už mnohokrát. Vzpomeňme, že některé mise selhaly zcela. Každá mise je jedinečná a ani my nemáme některé věci vyzkoušené. Budeme je dělat poprvé. V těchto případech riziko selhání skutečně hrozí. Didymos B má průměr 160 metrů a kolegové z NASA plánují, že jej sonda zasáhne s přesností na dva metry. To, co opravdu nevíme přesně, je, jak vlastně zareaguje povrch asteroidu. To je velmi důležité, protože část materiálu z výbuchu bude z povrchu asteroidu vyvržena a tím dojde k zesílení uděleného impulsu. My zatím nevíme, jak velký ten „benefit“ bude. Není to vyzkoušené a ani teoreticky se to nedá přesně spočítat. To proto, že vlastně neznáme přesné vlastnosti a reakci materiálu asteroidu. Víme, že Didymos se podobá běžným chondritům, ale problém je jinde. My máme na Zemi k dispozici mnoho materiálu z meteoritů, ale jedná se o ten nejodolnější materiál, který odolal vysokým tlakům při průletu naší atmosférou. Materiál asteroidu se bude od meteoritů lišit. Existují sice určité propočty, ale u Didymose bude toto poprvé změřeno v reálu a na tato data jsme skutečně velice zvědaví.

■ JŽ: Přejeme vám za celou redakci mnoho úspěchů při této obtížné misi. Říká se, že štěstí přeje připraveným, a tak snad lidstvo na planetě Zemi nebude muset metodu kinetic impactor brzy využít.