

Jak vznikl Měsíc?

Mgr. Pavel Gabzdyl (Hvězdárna a planetárium Brno)

mesic.astronomie.cz / Facebook: pavel.gabzdyl / Twitter: @GabzdylPavel

Astronomové znají už téměř 300 satelitů, které obíhají kolem planet naší Sluneční soustavy. Mohlo by se zdát, že náš Měsíc je jen jedním z mnoha, a že v takovém počtu dalších exemplářů snadno najdeme jeho dvojníka. To se nám ale nejspíš nikdy nepodaří, protože způsob vzniku věrného kosmického souseda naší planety, se i podle nejnovějších poznatků jeví jako mimořádný.

Otázkou vzniku našeho Měsíce se astronomové vážně zabývají už přes 150 let. Jedno z prvních vědeckých vysvětlení tohoto problému vycházelo z představy, která popisuje i tvorbu planet naší Sluneční soustavy. Šlo o akreci ze společného zárodečného oblaku prachu a plynu, v jehož centrální části se vytvořilo Slunce a v rovině rotujícího disku pak jednotlivé planety. Předpokládáme, že podobným způsobem vznikla kolem rotujících oblaků mateřských planet i většina velkých měsíců (např. Jupiterovy satelity Ganymed, Callisto, Europa, Io nebo Saturnův Titan).

Když už ze společného zárodečného oblaku vznikly planety, a dokonce i jejich velké měsíce, proč by se tímto způsobem nemohl zrodit také náš Měsíc? S touto myšlenkou přišel v roce 1873 francouzský astronom *Édouard Roche*. Podle něj se Měsíc vytvořil z materiálu, který obíhal v prachoplynovém disku kolem naší domovské planety. Náš nebeský souputník by tak byl jakýmsi „bratrem“ Země. Tato představa ale měla už od svého počátku zásadní nedostatek. Zatímco jednotlivé planety obíhají kolem Slunce víceméně v jedné rovině (v rovině ekliptiky), a většina velkých měsíců zase poslušně obíhá podél rovníků svých mateřských planet, u našeho souputníka je tomu jinak. Oběžná rovina Měsíce vůči zemskému rovníku se totiž mění od 18,3° až do 28,6°, což je s představou společného tance stvoření neslučitelné. Proto bylo potřeba přijít s jinou, lepší teorií. S tou přišel v roce 1879 George Howard Darwin (syn proslulého přírodovědce Charlese Darwina), který předpokládal, že Země kdysi rotovala kolem své osy mnohem rychleji než dnes a že se od ní Měsíc „odtrhnul“.

Pokud by k tomu došlo, byl by Měsíc „synem“ Země, což by také elegantně vysvětlovalo nápadný rozdíl v celkové hustotě Měsíce (3,34 g/cm³) a Země (5,52 g/cm³). Náš souputník by totiž byl tvořen převážně materiálem zemské kůry a pláště, které mají nižší hustotu než zemské jádro, jež tvoří třetinu celkové hmotnosti naší planety.

Na Darwinovu teorii vzniku Měsíce postupem času navazovali další vědci. Ještě na počátku 60. let se mnozí vědci (např. Ringwood a Wise) snažili o důkladné propočty, zda k odtržení Měsíce mohlo dojít. Teorii odtržení definitivně odzvonilo až v první polovině 80. let, kdy přesné hydrodynamické simulace systému Země-Měsíc ukázaly, že Měsíc tímto způsobem vzniknout nemohl.

Další známý model vzniku Měsíce vycházel z předpokladu, že některé měsíce velkých planet mohly být zachyceny z jejich vesmírného okolí. Americký astronom Thomas Jefferson Jackson See proto v roce 1909 navrhnul, že podobným způsobem zachytila svůj satelit i naše planeta. Pokud by došlo k zachycení, stal by se náš přirozený satelit „manželem“ Země. I v tomto případě pozdější numerické simulace ukázaly, že k záchytu tak obřího tělesa, jakým je Měsíc, dojít nemohlo. Měsíc by tak těsný průlet kolem Země nepřežil, protože by jej slapové síly roztrhaly na řadu fragmentů, jež by se z velké části zřítily na Zemi nebo naopak unikly daleko do meziplanetárního prostoru.

Zvláštní kosmický pár

Vytvoření uspokojivého modelu vzniku Měsíce naráželo na problémy především proto, že spolu se Zemí vytváří poněkud zvláštní kosmický pár. Nasvědčuje tomu už prosté srovnání velikostí satelitů v naší Sluneční soustavě. Měsíc totiž zaujímá po Jupiterově Ganymedu, Saturnově Titanu, Jupiterově Callisto a Io úctyhodné páté místo v žebříčku největších známých satelitů. Náš kosmický souputník se tedy jako chudý příbuzný připeletl mezi elitní smetánku těch největších satelitů plyných obrů. Například poměr velikosti Jupiteru a jeho největšího měsíce Ganymedu je 27 : 1, zatímco u Země a Měsíce je to jen 3,6 : 1. Ještě více je tento rozdíl patrný u hmotnosti, kde se vzájemný poměr velkých planet a jejich největších měsíců pohybuje zhruba jedna ku několika tisícům. Poměr hmotnosti Země ku Měsíci je však jen 81 : 1.

Další parametr, kterým se systém Země-Měsíc odlišuje od svých velkých planetárních sousedů, je celkový moment hybnosti. Gordon MacDonald z Americké geofyzikální unie už v roce 1966 uvedl, že na oběh Měsíce připadá více než 80 % momentu hybnosti celého systému Země-Měsíc. U ostatních planet Sluneční soustavy přitom na oběh měsíců připadá méně než 1 % celkového momentu hybnosti.

Teorie velké srážky

Aby vědci mohli vytvořit uspokojivý scénář vzniku našeho Měsíce, potřebovali k tomu ještě poslední chybějící dílek celého příběhu: analýzy vzorků měsíčních hornin. To se jim díky úspěšné misi Apollo na počátku 70. let skutečně dostalo. Nový scénář na sebe nenechal dlouho čekat. Uvedli jej planetární vědci William K. Hartmann a Donald R. Davis na konferenci IAU konané v srpnu roku 1974, kde se zabývali otázkou, proč je náš kosmický souputník ochuzen o železo.

Podle této „Teorie velkého impaktu“ se naše Země zhruba 100 milionů let po svém vzniku střetla s jiným tělesem o velikosti Marsu. Na základě simulací z 90. let měl střet připomínat nepovedený tah kosmického billiardu: impaktor – později astronomy pojmenovaný *Theia* – se k Zemi přiblížil nejprve z boku. Téměř tečná srážka měla rozžhavit materiál obou těles v místě střetu a vystřelit jej na oběžnou dráhu kolem Země. Zpomalený zbytek impaktoru se už však ze spárů gravitačního působení Země nedostal, zabořil se do její kůry a tím také zanikl. Kolem Země se pak z trosek této kolize vytvořil prstenec rozžhaveného materiálu, z něhož se vytvořil zárodek našeho Měsíce.

Teorie velké srážky vyřešila hned několik problémů. Především velký moment hybnosti, který do systému Země-Měsíc mohla vnést kinetická energie velkého impaktoru. Model vysvětluje i ochuzení Měsíce o železo. Materiál, z něhož Měsíc vznikl, měl být zčásti tvořen pláštěm materiálem impaktoru a zčásti materiálem ze zemského pláště. A jelikož je železo koncentrováno v jádrech diferencovaných těles, nikoli v jejich pláštích, je jasné, proč žhavý disk, z něhož později zkondenzoval Měsíc, měl železa o poznání méně než Země.

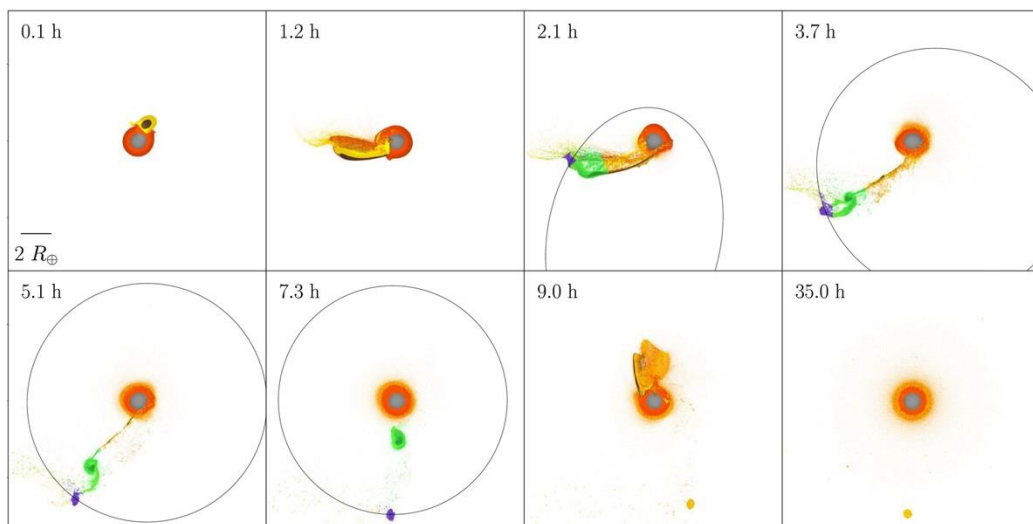
Problém s izotopy

Teorie velké srážky vyřešila mnoho otázek, avšak už neobstála ve světle přesnějších analýz lunárních hornin uskutečněných v posledních dekadách. Ty totiž ukázaly, že poměry některých izotopů v pozemských a lunárních horninách jsou si mnohem bližší, než popisovaly analýzy dřívější, na základě kterých vznikaly simulace podporující teorii Velké srážky. Z dostupných rozborů vzorků hornin z kosmických těles (Země, Mars a planetka Vesta) totiž zatím vyplývá, že se poměry některých izotopů na jednotlivých tělesech výrazně liší. Ve světle současných znalostí o Sluneční soustavě je tedy velmi málo pravděpodobné, že by *Theia* měla před srážkou totožné složení jako naše planeta.

Na scénu tak přicházely nové scénáře vzniku Měsíce, které mohly zajistit intenzivnější promísení materiálů obou těles po srážce, tak aby to odpovídalo nově zjištěným izotopickým poměrům. Ve vědecké literatuře se to řešilo např. většími rozměry Theie, vyšším počtem menších impaktorů nebo dokonce vznikem rozžhaveného oblaku, z něhož později zkondenzoval Měsíc i Země. Ani jeden z těchto scénářů ovšem vědci nepřijali bez výhrad.

Theia zpátky ve hře

Loni v říjnu ale Jacob Kegerreis publikoval výsledky založené na dosud nejpřesnějších simulacích, jaké kdy byly na vznik Měsíce použity. Zatímco v dřívějších výpočtech se pro metody jemné částicové hydrodynamiky využívalo 10^5 až 10^6 částic, nyní bylo do výpočtu zahrnuto 10^8 částic. To umožnilo simulovat srážku v mnohem větším rozlišení a s řadou aspektů, které nebyly na dřívějších simulacích s nižším rozlišením zřetelné.



*Ukázka simulace vzniku Měsíce. Údaj vlevo nahoře vyznačuje čas v hodinách po srážce.
Credit: J. Kegerreis*

Asi nejpřekvapivějším výsledkem nových simulací je, že Měsíc měl vzniknout jen za několik hodin po srážce. Ukazuje se také, že většina materiálu Měsíce (asi 60 %) by měla pocházet ze Země, zatímco dřívější modely předpokládaly, že většina hmoty Měsíce (asi 80 %) je naopak tvořena materiálem impaktoru. Nová hypotéza navíc dobře vysvětluje i současný sklon oběžné dráhy Měsíce vůči zemskému rovníku a další parametry jeho dráhy. Jestli jsou

tyto přesnější simulace vzniku Měsíce v souladu se skutečností nám ale prozradí až další, mnohem preciznější geologický průzkum měsíčního tělesa.