

POODHALENÉ TAJOMSTVO VZNIKU MODREJ PLANÉTY – TEÓRIA POTVRDENÁ EXPERIMENTOM.

K. Petřík^{1,2}, I. Túnyi³ J. Sochor⁴, M. Bachratý⁴

¹Pansophia, n.o.

²Hvezdáreň a planetárium Hlohovec

³Geofyzikálny ústav SAV

⁴SOBA Lasers

Abstrakt: V článku predkladáme neortodoxnú teóriu vzniku planét Slnecnej sústavy. Aktívny a tvorivý učiteľ ju môže využiť ako názorný a pritom pre študentov veľmi zaujímavý, príklad integrácie niekoľkých vedných disciplín či preberaných učebných celkov do prekvapivej a pritom konzistentnej hypotézy, experimentálne overenej v slovenských podmienkach.

Úvod

Učivo fyziky na slovenských základných a stredných školách je momentálne preplnené encyklopedickými vedomosťami s malým dôrazom na integráciu preberaných vedomostí do jedného celku. To sa týka tak učiva rôznych prírodovedných predmetov, ktoré sa preberajú z 80-90 % ako uzavreté bloky, ako aj jednotlivých učebných celkov. Z toho sa samozrejme vymyká matematika a fyzika, keďže kvantitatívny popis fyzikálnych javov sa vyjadruje matematicky. Ale paradoxne možno práve toto spojenie robí z fyziky jeden z najneoblúbenejších predmetov. Možno by pritom stačilo urobiť len niekoľko malých zmien, ktoré sú už dnes podľa nového školského zákona v rukách samotných učiteľov.

Na osobnosť učiteľa sa zrazu kladie veľmi silný dôraz, na jeho aktivitu a jeho tvorivosť. Už nejde o rozvíjanie tvorivosti u žiakov (ako to bolo doteraz), ale učiteľom uvoľňuje ministerstvo ruky a pýta od nich zvýšenú aktivitu (akoby sa už aj tak nesnažili dosť za to ohodnotenie, ktoré pre nich ministerstvo má), zatraktívnenie vyučovacích hodín, nové didaktické prístupy a metódy práce so žiakmi. Hlavným princípom je urobiť hodiny pútavejšími, zaujímavejšími a učivo ľahšie pochopiteľným. Jednoducho – gigantická úloha so šibeničným termínom.

Tvorivosť učiteľa by sa pritom mala prejavovať práve v schopnosti integrovať vyučované poznatky a spájať ich do príťažlivých a možno aj prekvapivých súvislostí tak, aby samotní žiaci nad učivom mimovoľne premýšľali, aby ich vyučovanie zaujalo. Učiteľ však na vzťahy, súvislosti a spôsob podania poznatkov v integračnom celku má prísť sám...

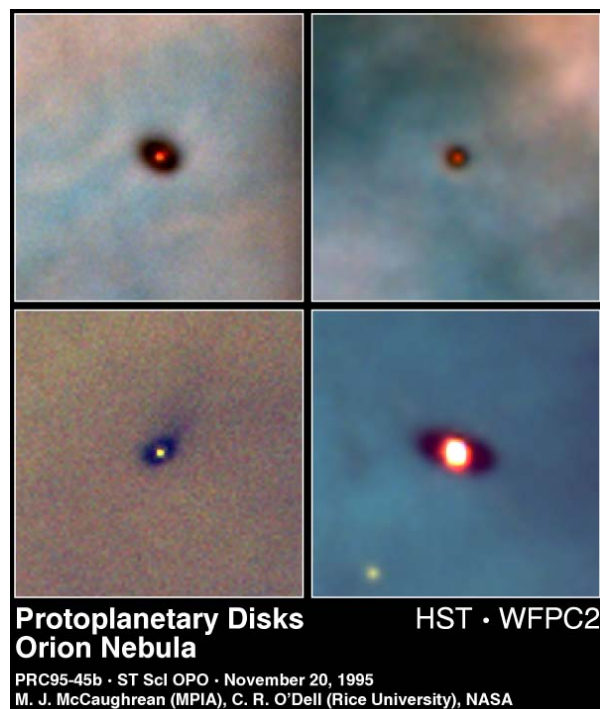
Uvádžeme jeden zaujímavý príklad, ktorý je práve takým motivačným a integrujúcim prvkom pri výuke fyziky. Spája v sebe fyzikálne poznatky z oblasti gravitácie, elektriny, magnetizmu, ako aj astronómie, geofyziky a geológie. Je to zároveň aj ukážka experimentálneho potvrdenia vypracovanej teórie. Čo viac by si mohol učiteľ fyziky priať pre demonštráciu metód a metodológie prírodných vied? ☺

Pokúsime sa jednoducho vysvetliť novú teóriu vzniku planét, na ktorej sa výraznou mierou podieľajú slovenskí vedci a ktorá bola aj experimentálne overená prístrojom vyrobeným na Slovensku.

Vývoj predstáv o vzniku Slnecnej sústavy

Vznikom a vývojom Slnecnej sústavy ako aj telies v nej sa zaoberá astronomická vedná disciplína, nazývaná *kozmogónia* (pozor, nemýliť si ju s kozmológiou, tá sa zaoberá vznikom a vývojom vesmíru ako celku).

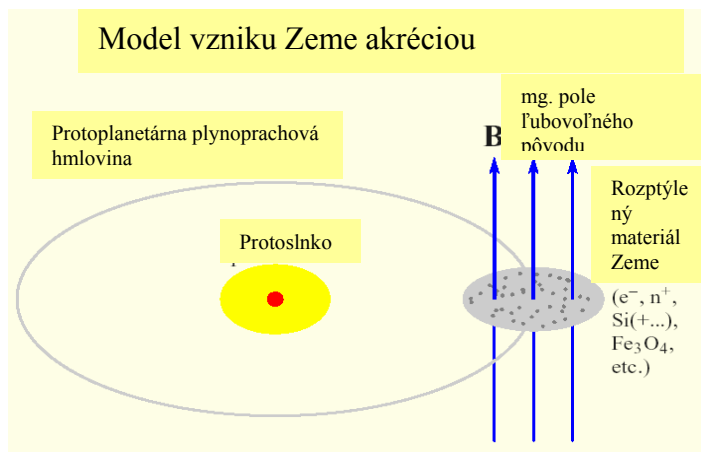
Otázka vzniku Zeme a Slnčnej sústavy trápi ľudstvo už tisícročia a prakticky každý národ si o tomto procese vytvoril vlastnú filozofickú predstavu. S vývojom reálneho poznávania sveta vedeckými metódami sa hypotézy stávali prepracovanejšími a zahŕňali aj pozorované fakty. V r. 1778 G.L. Leclerc prišiel s predstavou, že sa so Slnkom zrazila gigantická kométa, čo malo spôsobiť vyvrhnutie disku slnečného materiálu a z neho mali skondenzovať planéty. Konkurenčné teórie zase tvrdili, že vyvrhnutie materiálu zo Slnka spôsobili slapové sily pochádzajúce z tesného priblíženia inej hviezdy k Slnku (I. Kant). Avšak všetky tieto predstavy trpeli množstvom fyzikálnych nedostatkov, ako napr. nezodpovedajúcou energetickou bilanciou, rozdielnosťou zloženia hmoty Slnka a planét, ako aj nízkou štatistickou pravdepodobnosťou podobných procesov. Iný druh teórií predpokladal, že Slnko priťahovalo k sebe (akreovalo) medzihviezdny galaktický materiál, z ktorého sa tvorili planéty. To umožňovalo vysvetliť rozdielnosť zloženia medzi Slnkom a planétami, ale nie rozdiely v zložení planét samotných. Boli tu ale aj ďalšie výrazné problémy – napríklad rozdielnosť sklonov osí rotácie jednotlivých planét k ekliptike (sklon rotačnej osi Uránu je napríklad takmer 90°), doba rotácie v porovnaní s obežnou dobou okolo Slnka (deň na Merkúre je dlhší ako jeho doba obehu okolo Slnka, teda merkúrsky rok), resp. ich retrográdna rotácia (Venuša). Ale problémom bolo aj to, že moment hybnosti je v Slnčnej sústave distribuovaný veľmi zvláštne – už jednoduchý výpočet ukáže, že orbitálny moment hybnosti Jupitera je viac ako 20-násobne väčší ako rotačný moment hybnosti Slnka. Dokonca napriek 99,9 % hmotnosti Slnčnej sústavy sústredenej v Slnku, má Slnko len 1 % momentu hybnosti celej sústavy a väčšina ostatku je sústredená v Jupiteri (Carrol a Ostlie, 1996).



Obr. 1: Veľká hmlovina v Orióne – 1500 svetelných rokov vzdialené rodisko hviezd a planetárnych sústav. Na obrázku je vidieť niekoľko protoplanetárnych diskov okolo hviezd v tejto hmlovine.

Základom dnešných predstáv o vzniku planét je simultánny vznik Slnka a ostatných telies Slnčnej sústavy z počiatkovej plynoprachovej hmloviny a formovanie hmotných telies o rozmeroch mm až m. Tvorcami a zástancami tejto skupiny teórií boli v 17. až 19. storočí takí významní vedci a filozofi ako René Descartes, Immanuel Kant a aj Pierre – Simon de Laplace. Zatiaľ čo mnohé otázky sa darí vysvetliť

napríklad zrážkami planét s väčšími či menšími telesami počas viac ako 5 miliárd rokov trvajúcej histórie Slnecnej sústavy a následne zmenou sklonu ich osí či doby rotácie, sú tu aj otázky ešte málo, slabo alebo len nejasne preskúmané. Ohľadne času potrebného na tvorbu planét do súčasnej podoby panujú snád' najväčšie dohady a problémy. Hlavný prúd teórií totiž predpokladá, že zárodok dnešných planét sa vytvorili postupným procesom zrážok veľmi malých telies rádovo milimetrových a submilimetrových rozmerov – pravdepodobne silikátov a podobných zlúčenín. Počas chladnutia pôvodne horúcej hmloviny, ktorá sa rotáciou splošťovala a vytvárala tzv. protoplanetárny disk (Obr. 1), strácali chladnúce častice rýchlosť a zrážkami sa spájali – zliepali do väčších celkov. Vytvárali sa postupne väčšie granuly a chondruly a tie postupne po zväčšení rozmerov začali gravitačne priťahovať ďalšie častice a zväčšili sa tak cez štádium planetesimál až do dnešných rozmerov. Avšak čas potrebný na takéto formovanie je v rádoch $10^7 - 10^8$ rokov, dokonca za určitých podmienok viac ako 5 miliárd rokov! Na druhej strane vek niektorých kráterov na povrchu Merkúra a Mesiaca sa odhaduje na viac ako 3,8 miliárd rokov. Táto nekonzistencia by sa dala vysvetliť, pokiaľ by sme našli fyzikálny mechanizmus na urýchlenie akrécie, resp. tvorby planetesimál.

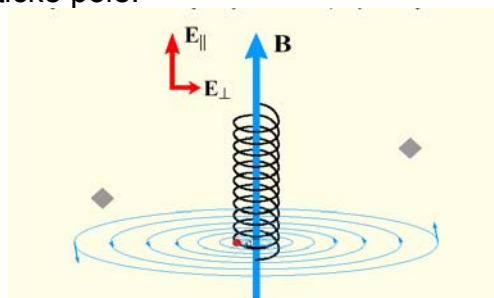


Obr. 2a.: Model tvorby Zeme akréciou. V plynoprachovej počiatkovej hmlovine sa tvorí z rozptýleného materiálu zárodok Zeme. Prítomné je aj magnetické pole rôzneho pôvodu.

Spúšťací mechanizmus tvorby planét - magnetizmus

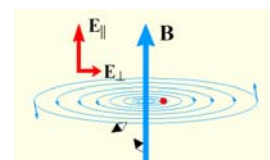
Ak na urýchlenie tvorby planét nestačí samotná gravitačná sila, môžeme sa pokúsiť pridať inú prirodzenú silu, ktorá je automaticky prítomná všade, kde máme pohybujúce sa elektricky nabitú častice – elektromagnetickú, resp. magnetickú silu (Obr. 2a.). A to je nová myšlienka vyplývajúca z niekoľkých overených faktov:

1. V galaxii, a teda aj v oblasti Slnecnej sústavy, existuje a existovalo galaktické a medzagalaktické magnetické pole.

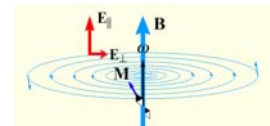


Obr. 2b: Fyzikálny princíp impulzného mg. poľa. Elektrón pohybujúci sa pozdĺž mg. siločiar (B) rotačným pohybom vytvára lineárny el. prúd ($E_{||}$). Ten generuje kruhové mg. pole, ktoré magnetizuje feromagnetické planetesimály.

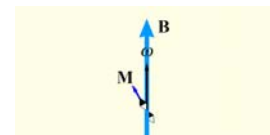
2. V protoplanetárnom disku bola počiatková látka zložená z plazmy - iónov a voľných elektrónov (plynoprachová hmlovina vznikla ako dôsledok vzplanutia supernovy) ako aj feromagnetického materiálu – železa a niklu a tiež z nemagnetických kremičitanov a ďalších prvkov (Obr. 2a.).
3. V protoplanetárnych diskoch objavených okolo iných hviezd boli detekované elektrické výboje (podobné pozemským bleskom), ktoré svedčia o existencii krátkodobého - impulzného elektrického prúdu. Takýto prúd je zdrojom silného impulzného magnetického poľa, ktoré je schopné dočasne alebo aj trvalo zmagnetizovať častice nachádzajúce sa v blízkosti výbojového kanála (Obr. 2b.).
4. Sondy, putujúce Slnecnou sústavou (napr. Pioneer 11 alebo Voyager 1 a 2) detekovali spršky relativistických elektrónov (t.j. elektrónov letiacich rýchlosťou blízkou rýchlosti svetla). Takéto elektróny môžu takisto vytvárať impulzné magnetické pole (Obr. 2b.).
5. Prieskum najstarších meteoritov, tzv. chondritov, svedčí o namagnetizovaní ich feromagnetických komponentov do nasýtenia. Na ich nasýtenie bolo potrebné pomerne silné magnetické pole. Chondrity vznikli pravdepodobne ešte v čase protoplanetárneho oblaku tak, že hmota, z ktorej sú zložené, bola roztavená a prudko schladená (tým, že chondrule chladli v beztlakovom prostredí, získali guľový tvar). Podmienky, kedy sa náhle zvýši teplota na úroveň tavenia a následné rýchle ochladenie za prítomnosti silného magnetického poľa, nastávajú len v blízkosti výbojového kanála elektrostatického výboja.
6. Stred Zeme je zložený z vnútorného kovového železného jadra a vonkajšieho jadra plastického (tekutého), zloženého zo železa a niklu. Okolo jadra sa nachádza ľahší silikátový plášť.
7. Zem samotná má svoje magnetické pole. Jeho vznik a pretrvávanie nie je doposiaľ presne objasnené.



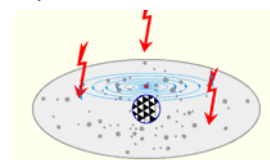
Obr. 2c. Priťahovanie zmagnetizovaných častíc



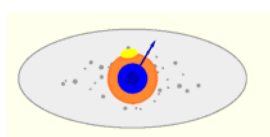
Obr. 2d. Spojenie častíc



Obr. 2e. Zachovanie mg. momentu po doznení výboja a získanie rotácie spojených častíc ako dôsledok zachovania ich momentov hybnosti.



Obr. 2f. Zväčšovanie jadra viacnásobnými výbojmi



Obr. 2g. Tvorba silikátového obalu.

Plynoprachové častice vstupujúce do procesu akrécie mali rovnaké zloženie ako dnešné horniny Zeme. Časť z nich pozostávala z ťažkého kovového, feromagnetického či paramagnetického materiálu a časť z ľahkých diamagnetických silikátov. Silný elektrický prúd výboja generoval silné magnetické pole a to namagnetizovalo do nasýtenia okolité feromagnetické planetesimály. Tie boli priťahované k osi elektrického prúdu, ale kým tam prileteli, výboj zanikol a častice sa vplyvom magnetickej sily zhluokovali. Vzniknutá konkrécia si pritom zachovala magnetický moment a získala rotáciu ako dôsledok zachovania momentu hybnosti pôvodných častíc (Obr. 2c, 2d, 2e.).

Práve popísaný dej pokladáme za prvotný impulz k tvorbe planetárnych embrií.

Všetky častice, aj pôvodné aj tie magneticky spojené, sa samozrejme v protoplanetárnom oblaku pohybujú. Aby bol zachovaný celkový moment hybnosti, novovzniknutá planetesimála sa dostáva do rotácie. Tak vzniká zárodok budúceho jadra Zeme. Proces impulznej akrécie sa môže zopakovať niekoľkokrát po sebe, pričom sa po každom raze protojadro zväčší (Obr. 2f.). Do takéhoto procesu vstupujú len feromagnetické, prípadne paramagnetické častice. Nemagnetických silikátových

častíc sa impulzné magnetické pole prakticky nedotkne. Keď je železné protojadro dostatočne hmotné, nastáva čas pre jeho gravitačné prejavy - ľahšie, silikátové, planetesimály začnú naň padať. Vzniká silikátový plášť (Obr. 2g).

Uvedený model (Tunyi a ost. 2001, 2002, 2003) zdôvodňuje existenciu dvoch najcharakteristickejších črt planéty Zem. Jednou je rozdelenie jej vnútra na ťažké metalické jadro a ľahší silikátový plášť (viď bod č. 6) a druhou existencia geomagnetického poľa (viď bod č. 7). V súčasnosti je jeho zdrojom pravdepodobne mechanizmus elektrických prúdov v jadre Zeme, avšak zárodočné magnetické pole bolo podľa práve popísanej teórie dané magnetizáciou feromagnetických a paramagnetických planetesimál impulzným magnetickým poľom.

Experiment



Obr. 3: Experimentálne zariadenie na generáciu impulzného mg. poľa.

Obr.4: Vzorka materiálu pripraveného na experiment

Na potvrdenie teórie je vždy nevyhnutné aj experimentálne overenie základných predpokladov a odvodených dôsledkov. Keďže zásadným predpokladom celej teórie je magnetizácia demagnetizovaných feromagnetických častíc, bolo nevyhnutné zostrojiť experimentálne zariadenie, ktoré by popisované podmienky simulovalo a demonštrovalo tvorbu feromagnetických konkrécií. Takýto impulzný zdroj elektrického prúdu (výboja) bol zhotovený autormi článku (J.S. a M. B.) a efekt tvorby magnetizovaných granúl úspešne demonštrovaný priamo pred účastníkmi konferencie (viď. obr. 3 a 4.). Keďže tvorba granúl, resp. uvoľnenie nahromadenej energie elektrickým výbojom, je sprevádzané silným hlukom, je tento experiment vhodný aj ako zážitková forma vzdelávania.

Záver

V predkladanom príspevku sme popísali pôvodnú teóriu vzniku zárodkov planét Slnecnej sústavy, s dôrazom na vznik Zeme. Experimentálne overenie bolo priamo demonštrované pred auditóriom konferencie „Tvorivý učiteľ fyziky“ efektným pokusom. Je dokonca možné, po dohode s učiteľmi škôl, tento experiment demonštrovať a celú teóriu objasniť priamo niektorým z autorov, aj študentom na danej škole.

Použitá literatúra

- [1] Carroll, B.W. and Ostlie, D.A., 1996: An Introduction to Modern Astrophysics, Addison Wesley Publishing Co., ISBN 0-201-54730-9.
- [2] Tunyi, I., Timko, M., Roth, L.E., 2001: Shock Magnetic Fields and Origin of the Earth, Lunar and Planet. Soc. Conf. 32, 1119-1120.

- [3] Tunyi, I., Guba, P., Roth, L.E., Timko, M., 2002: Impulse Magnetic Fields Generated by Electrostatic Discharges in Protoplanetary Nebulae, Lunar and Planet. Soc. Conf. 33, 1074-1075
- [4] Tunyi, I., Guba, P., Roth, L.E., Timko, M., 2003: Electric Discharges in the Protoplanetary Nebula as a Source of Impulse Magnetic Field to Promote Dust Aggregation. Earth, Moon and Planets 93, 65-74.

Adresa autorov

K. Petřík^{1,2}, I. Túnyi³, J. Sochor⁴, M. Bachratý⁴

¹Pansophia, n.o., Vodárenská 6, 911 01 Trenčín, kpetrik@pansophia.sk

²Hvezdáreň a planetárium Hlohovec, Sládkovičova 41, 920 01 Hlohovec

³Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská 9, 845 28 Bratislava, tunyi@up.upsav.sk

⁴SOBA Lasers, Podzámska 33, 920 01 Hlohovec