

**Těžké neviditelno**  
aneb  
*jaké částice tvoří temnou hmotu ve vesmíru?*

Již dlouhá desetiletí trápí astronomy problém neviditelné hmoty ve vesmíru. Na existenci takové hmoty, která se projevuje pouze gravitačním působením, lze usuzovat z pohybu viditelné hmoty (hvězd v galaxiích, galaxiích v kupách ...). Ovšem otázka, co vlastně tvoří tuto temnou hmotu, zůstává dodnes nezodpovězena a někteří kandidáti jsou velmi exotičtí. Velkým otazníkem je obestřeno i množství takové hmoty. Je velmi pravděpodobné, že více než 90 procent hmoty ve vesmíru patří k temné hmotě a je takového druhu, který dosud neznáme. Úplně vyloučena však není ani možnost, že temná hmota neexistuje a jevy, které jí přisuzujeme, jsou způsobeny modifikací zákonů gravitace pro velké vzdálenosti a velmi řídká prostředí.

**Experimentální evidence temné hmoty**

Temná (skrytá) hmota – projevuje se pouze gravitačním působením. Náznaky její existence J. Oort (pohyb hvězd v Galaxiích) a F. Zwicky (pohyb galaxiích v kupě Coma Berenici) – třicátá léta minulého století.

**Možnosti zkoumání:**

1. Zkoumání pohybu hvězd v galaxiích, galaxiích v kupách, velkorozměrové struktury vesmíru
2. Teplota horkého plynu v galaxiích a kupách galaxiích
3. Využití efektu gravitační čočky

Až 90 % hmoty v kupách tvoří skrytá hmota

4) **Nestandardní:** ovlivnění průběhu počátku vesmíru – vliv na reliktní záření a průběh primordiální nukleosyntézy

**Pohyb hvězd v galaxiích**

**Rotační křivky galaxií** → první evidence temné hmoty - tvoří rovnoměrně rozložené halo

Studium oběžných pohybů hvězd → halo v galaxiích

Studium oběžných pohybů galaxií → halo v galaktických kupách

(vnější se pohybují rychleji než odpovídá pozorované hmotě)

Zjednodušený příklad - koule z konstantní hustotou:

$v^2 = G_N M(R)/R$  kde  $M(R)$  je hmotnost uzavřená v kouli o poloměru  $R$ ,  $G_N$  gravitační konstanta

Rychlost pohybu Místní skupiny galaxií - ~ 600 km/s

Hmotnost Velkého atraktoru  $\sim 10^{16} M_S$  (jen desetina viditelná)

Další rozsáhlé koncentrace hmoty - "lívancová", "buněčná" velkorozměrová struktura  $\rightarrow$  její gravitační vliv naznačuje značný podíl temné hmoty

Velmi vzdálené galaxie  $\rightarrow$  vzniklé krátce po Velkém třesku  $\rightarrow$  zkoumání změn v evoluci a struktuře galaxií v čase

Rozsáhlé oblasti řídkého horkého i chladného ionizovaného i neutrálního vodíku - velké objemy  $\rightarrow$  nezanedbatelná hmotnost.

Rozšiřování pozorování v radiovém, infračerveném rentgenovém oboru  $\rightarrow$  přesouvání mezi viditelnou hmotu

Rozložena v galaxiích i mezigalaktickém prostoru - vyplňuje objem kup galaxií

Pozorované množství nestačí na vysvětlení "temné" hmoty.

.....

### Temná energie

Reliktní fotony - z jejich počtu a energie dostáváme  $\Omega_\gamma = 5.8 \cdot 10^{-5}$

Reliktní neutrina (pokud  $m_\nu=0$ ) -  $\Omega_\nu = 2.6 \cdot 10^{-5}$

Reliktní gravitony - také zanedbatelný příspěvek

Energie vakua (kosmologická konstanta) - vakuum je vyplněno virtuálními páry částice a antičástice  $\rightarrow$  hustota vakua  $\rightarrow$  projevuje se jako kosmologická konstanta - urychluje rozpínání vesmíru

Experimentální náznaky existence: pozorování vzdálených supernov (známé absolutní jasnosti)  $\rightarrow$  pozorování zrychlování expanze určení závislosti rychlosti vzdalování na vzdálenosti (času)  $\rightarrow \Omega_\Lambda = 0.8 \pm 0.2$

-----

### Velkorozměrová struktura vesmíru

Temná hmota ovlivňuje vznik nehomogenit v hustotě hmoty při Velkém třesku průběh jejich vývoje a vznik i stabilitu velkorozměrové struktury vesmíru

Rozsáhlé přehledky oblohy - velký počet rudých posuvů galaxií, jednotná metodika (potlačení výběrových efektů)

Určení rozložení galaxií  $\rightarrow$  trojrozměrná mapa pozorovaného vesmíru

Porovnání s modelovými simulacemi pro různé kosmologické parametry - různý vliv temné hmoty v závislosti na složení

-----  
**Co když temná hmota neexistuje?**

Na temnou hmotu usuzujeme pouze z gravitačního působení → předpoklad platnosti Einsteinovi obecné teorie relativity (v nerelativistické limitě Newtonovi teorie gravitace)

Hypotéza modifikace gravitačního působení pro malé intenzity - zrychlení (difuzní rozložení hmoty) → hledání nové teorie gravitace (zatím neexistuje ani v náznaku)

Fenomenologické modifikace (MOD - MODified Newtonian Dynamics) → zesílení vlivu gravitace ↔ lepší popis rotačních křivek galaxií a pohybu galaxií v kupách

Dva možné způsoby modifikace (pro velmi malá zrychlení):

1. Narušení rovnosti setrvačné a gravitační hmotnosti
2. Změna gravitačního zákona

Výhody:

1. Není nutno zavádět nové částice a exotické formy hmoty či energie
2. Dobrý popis rotačních křivek galaxií

Nevýhody:

1. Zatím žádná teorie gravitace, která by takovou modifikaci obsahovala, problém se skloubením OTR a MOND
2. Zatím nepotvrzen jev, který by MOND předpovídal odlišně od současné gravitační teorie se započtením temné hmoty

-----  
**Závěr**

1. Řada experimentálních pozorování naznačuje existenci nesisvitivé hmoty
2. Velká část této temné hmoty je nebaryonové povahy
3. Většinu temné baryonové hmoty lze pravděpodobně vysvětlit pomocí bílých, černých a hnědých trpaslíků
4. Velkorozměrová struktura vesmíru preferuje jako hlavní část nebaryonové temné hmoty chladnou temnou hmotu
5. Vysvětlení formování galaxií nejspíš potřebuje i menší množství horké temné hmoty
6. Výzkumy časového průběhu rozpínání vesmíru pomocí supernov typ Ia naznačují existenci temné energie
7. Současné hodnoty kosmologických parametrů jsou:

$$\Omega_{\text{TOT}} = 1.0 \pm 0.1$$

$$\Omega_{\Lambda} = 0.8 \pm 0.2 \quad \text{a} \quad \Omega_M = 0.35 \pm 0.10$$

$$\Omega_{\text{CDM}} = 0.30 \pm 0.10 \quad \Omega_{\text{HDM}} = 0.003 - 0.10 \quad \Omega_b = 0.045 \pm 0.10$$

\*\*\*\*\*

Těžké neviditelno  
aneb

*jaké částice tvoří temnou hmotu ve vesmíru? + můj modrý komentář*

Již dlouhá desetiletí trápí astronomy problém neviditelné hmoty ve vesmíru. Na existenci takové hmoty, která **se projevuje pouze** gravitačním působením, **lze usuzovat z pohybu viditelné hmoty** (hvězd v galaxiích, galaxií v kupách ...). **Vnucuje se hned dotěrná otázka** : Ono usuzování kona-dělá-zjišťuje člověk a to na planetě Zemi s jistými parametry geneze od Třesku. To znamená, že člověk usuzuje z toho >co dostane< tj. z fotonů, které dorazí do pozorovatelného člověka s jistou volenou souřadnicovou soustavou (euklidovskou). Foton donese informace, které mohou být „zkreslené“ a donesené po křivých trajektoriích tj. z neeuklidovského časoprostoru. Jak tedy fyzikové zohledňují „zakřivené“ informace, z nichž usuzují na pohyb viditelné hmoty ? včetně doprovodných relativistických efektů ? Ovšem otázka, co vlastně tvoří tuto temnou hmotu, zůstává dodnes nezodpovězena **A zůstává především nezodpovězená otázka** >kolik že té temné hmoty< doopravdy je po eliminaci „pokřivených“ informací. a někteří kandidáti jsou velmi exotičtí. Velkým otazníkem je obestřeno i množství takové hmoty. O.K. Je velmi pravděpodobné, že více než 90 procent hmoty ve vesmíru patří k temné hmotě a je takového druhu, který dosud neznáme. **Co když „pokřivené“ informace vyhodnocujeme my- pozorovatel špatně a ona žádná temná hmota nechybí ?** Úplně vyloučena však není ani možnost, že temná hmota neexistuje O.K: a jevy, které jí přisuzujeme, jsou způsobeny modifikací zákonů gravitace pro velké vzdálenosti tj. pro zakřivený časoprostor a velmi řídká prostředí. **No, a tedy jak se na to půjde ? aby se to rozluštilo ?**

Komentoval jsem slova pana Vladimíra Wágnera

16.05.2005