

Metodický list

Vesmírny web

Úvod

V tejto aktivite žiaci vytvárajú webovú stránku, ktorá bude vysvetľovať teóriu Veľkého tresku. Žiaci majú k dispozícii základný text a sú vyzvaní:

- zabezpečiť ilustrácie korešpondujúce s textom,
- identifikovať slová a frázy, ktoré potrebujú ďalšie vysvetlenie, a tak jednou z úloh bude tiež vytvoriť glosár (slovník neznámych pojmov) pre danú stránku. Text môže obsahovať ďalšie slová a frázy, ktoré budú vyžadovať vysvetlenie. Žiaci ich majú identifikovať a rozdeliť si medzi sebou úlohy vytvoriť hypertextové prepojenia medzi slovami a stránkami s vysvetlením. Tiež sa musia pozrieť na poskytnutý text a vybrať obrázky, ktoré budú vhodným spôsobom tento text dopĺňať.

Výsledkom aktivity by malo byť komplexné vysvetlenie teórie Veľkého tresku, ako aj predstavenie výskumu, ktorý sa v súčasnosti realizuje s cieľom vniesť viac svetla do ďalšieho vývoja vesmíru.

Ciele aktivity

Žiaci po absolvovaní aktivity získajú hlbšie vedomosti o teórii Veľkého tresku. Pri objasňovaní teórie o vzniku vesmíru žiaci vychádzajú z poznatkov, že:

- spektrálne čiary svetla prichádzajúceho zo vzdialených galaxií sú posunuté k červenej farbe spektra (t.j. vlnová dĺžka sa zväčšuje),
- čím ďalej od Zeme sa galaxia nachádza, tým je červený posun výraznejší.

Jedno z možných vysvetlení je, že ostatné galaxie sa od nás vzdalujú veľmi rýchlo a čím je galaxia od nás ďalej, tým je jej rýchlosť vzdalovania vyššia. Tieto poznatky by mali žiakov viesť k záveru, že vesmír sa neustále rozpína a tento proces začal pred niekoľkými miliardami rokov v okamihu nazvanom Big Bang, čo v preklade znamená Veľký tresk.

Žiaci sa naučia:

- používať vedecké hypotézy a modely na vysvetlenie javov, vytvárať a overovať teórie,
- používať vhodné metódy a prostriedky, vrátane digitálnych technológií, na komunikáciu vedeckých informácií a prispieť k diskusii o vedeckých otázkach.

Táto aktivita tiež dáva žiakom príležitosť:

- realizovať výskum, diskutovať a zdokonaľovať argumenty,
- použiť príklady z bežného života v súvislosti s vedeckými poznatkami.

Čo už musia žiaci vedieť

Pred začiatkom realizácie tejto aktivity by žiaci mali mať základné vedomosti o hviezdach a galaxiách. Veľkou výhodou sú aj vedomosti o štruktúre atómov, ako aj základné znalosti o tvorbe webových stránok

Ako postupovať pri práci



Realizácia aktivity

1. Žiaci môžu pracovať počas aktivít rôznym spôsobom. Návrh na organizáciu vyučovania s využitím danej aktivity:

Úvodné stretnutie – **Práca celej triedy;**
učiteľ predstaví tému, ciele a rozdelí úlohy

Stránky 1 – 6 – **Individuálna práca, dvojice alebo malé skupiny;**
žiaci riešia čiastkové pridelené úlohy, hľadajú ilustrácie
a tvoria hypertextové stránky

B. Časová náročnosť

Očakáva sa, že celá aktivita zaberie približne 3 vyučovacie hodiny v triede. Záleží to od nadšenia a zručností daných žiakov.

C. Aktivity

Učiteľ rozdá žiakom pracovné listy, ktoré obsahujú základné informácie o cieľoch danej aktivity, resp. informácie o tom, čo majú žiaci dosiahnuť, aké výstupy sú požadované a pod. Pracovné listy môžu tiež slúžiť ako kontrola správnosti postupu, ktorým budú žiaci realizovať jednotlivé výskumné činnosti.

Aktivita poskytuje žiakom určitý rámec/zoznam tém, na ktoré sa majú počas svojej činnosti zamerať (tzv. Štartovací balíček). Zoznam úloh, ktoré by mali žiaci splniť, závisí od času, ktorý je na celú aktivitu vyčlenený. Žiaci by však mali minimálne vytvoriť hypertextové stránky s nasledovnými témami:

Galaxie

Informácie, ktoré by žiaci mali spracovať, sú: typická veľkosť galaxie, počet hviezd v galaxii, podrobnosti o Hubblovej klasifikácii galaxií a skupín galaxií, priemerná hmotnosť galaxie.

Červený posun

Hubble meral posun absorpčných čiar v spektre žiarenia galaxie. Ak biele svetlo z hviezdy prechádza z vnútornejších častí hviezdy cez chladnejšie prostredie s nižším tlakom plynov hviezdnej atmosféry, objavujú sa v spektre tmavé čiary. Keď sa hviezdy galaxie vzdávajú vzhľadom k inému objektu, všetky čiary jej žiarenia sa posúvajú smerom k červenej časti spektra (k dlhším vlnovým dĺžkam).

Teleskop Hubble

Táto stránka môže obsahovať všeobecné informácie o ďalekohľadoch, teleskopoch, ako aj niektoré podrobnosti o objavoch, ktoré boli urobené vďaka týmto zariadeniam. Tiež by mala obsahovať nové správy a objavy zverejnené do začiatku realizácie tejto aktivity.

Albert Einstein

Informácie o Einsteinovi a jeho diele by mohli byť rozdelené do dvoch častí (stránok):

1. príspevky k pochopeniu kozmológie,
2. podrobnejšie informácie o živote, úspechoch a ostatných dielach A. Einsteina.

Miesta, kde vznikajú hviezdy

Stránka môže poskytnúť informácie o tom, ako vznikajú hviezdy, a tiež o tom, ako ich rozdeľujeme (Hertzsprungov-Russellov diagram). Podrobne môže byť tiež opísaný proces jadrovej syntézy, ktorý prebieha vo vnútri hviezd.

CERN

Žiaci môžu vytvoriť stránku o vedeckej práci v CERN-e a niektorých jej výsledkoch, objavoch a podobne.

Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické spektrum je ďalšou témou pre samostatnú stránku, na ktorej by žiaci mohli spracovať známe poznatky z tejto oblasti, vysvetliť základné vlastnosti (vlnová dĺžka, frekvencia a pod.) a použitie jednotlivých typov elektromagnetických vln.

Rádiateleskopy

Žiaci môžu zhrnúť objavy urobené použitím rádiateleskopov.

Do svojich informácií by mohli zaradiť aj poznatky o výnimočných teleskopoch, akými sú teleskopy v Jodrell Bank, Arecibo a Pole teleskopov s veľmi dlhou základňou (VLBA – Very Long Baseline Array).

Kvazary

Kvázihviezdne rádiové zdroje boli objavené v roku 1963. Patria k najvzdialenejším objektom v známom vesmíre. Astronómovia vedú polemiky o tom, ako ďaleko sa tieto objekty nachádzajú, pričom vychádzajú z poznatkov o červenom posune ich žiarenia.

Pulzary

Jocelyn Bell Burnell bola študentkou univerzity v Cambridge, keď v roku 1967 objavila pulzary. Spolu s profesorom Anthonyom Hewishom sa najprv domnievali, že tieto pravidelné pulzy sú signálom od mimozemšťanov, čo je dôvod, prečo boli nazvaní *LGM* (*Malí zelení muži* – z *angl. Little Green Men*)! Dnes sú tieto pulzy známe ako rotujúce neutrónové hviezdy.

Čierne diery

Žiaci by mohli vysvetliť, že pomenovanie *čierne diery* vzniklo kvôli tomu, že tieto objekty neumožňujú svetlu uniknúť z ich priestoru. Môžu tiež uviesť informácie o tom, kde môžu čierne diery vznikajú. Vhodným zdrojom môžu byť knihy a práce profesora Stephena Hawkinga.

Osud vesmíru

Tri možné scenáre týkajúce sa budúcnosti vesmíru sa odvíjajú od toho, koľko hmoty vesmír obsahuje. Ak je jej menej, ako je isté kritické množstvo, bude vesmír navždy expandovať. Kritická hmotnosť by viedla k postupnému zastaveniu expanzie v dôsledku vplyvu gravitačnej sily. Ak je hmotnosť väčšia ako kritická hodnota, malo by nastať postupné stláčanie vesmíru; približovanie galaxií a nakoniec návrat hmoty do jediného bodu, tento proces sa označuje pojmom Veľký kolaps (*Big Crunch*). Žiaci by mali byť vyzvaní k spracovaniu týchto troch možných scenárov.

Štartovací balíček, ktorý budú mať žiaci k dispozícii, obsahuje základné informácie k daným témam. Úlohou žiakov by tiež malo byť overiť, či v danej oblasti neexistujú novšie zistenia. Ak áno, uviesť ich aj na prislúchajúcich webových stránkach.

Text bude pravdepodobne obsahovať aj ďalšie slová a pojmy, ktoré by mohli byť uvedené ako samostatné stránky, alebo by mali byť súčasťou registra pojmov spolu s ich krátkou definíciou.

Odporúčaná literatúra

PALUŠ, Pavel a i.: *Dotyky s vesmírom. Vybrané kapitoly*. Bratislava : Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave, 2010. ISBN 978-80-223-2886-9

LIVIO, M. – RIESS, A. G.: Measuring the Hubble constant. In: *Physics Today*, Október 2013, s. 41-47.

Poznámky:

1. Jeden z možných zdrojov základných informácií k hľadaným termínom je stránka <http://www.astro.sk/~zkanuch/apvv/> - konkrétne položka *Astronomický heslár*.
2. Dokumentárny film o Veľkom tresku <http://www.dokumentarne.sk/ako-funguje-vesmir-velky-tresk/>
3. Ďalšia stránka so základnými informáciami o Veľkom tresku <http://www.kf.fpv.ukf.sk/OFyzike/VyskumVesmíru/20040116.html>

Vesmírny web

Vašou úlohou je vytvoriť webové stránky, ktoré budú vysvetľovať teóriu Veľkého tresku – teóriu o vzniku vesmíru. Začnite súborom pripravených stránok s označením *Štartovací balíček*, prostredníctvom ktorých získate prvotné informácie potrebné k tvorbe spomínaných stránok. Na začiatku je potrebné overiť aktuálnosť týchto informácií a v prípade novších zistení tieto uviesť na vytvorených webových stránkach. Dizajn ako aj samotnú štruktúru webu navrhnete vy sami.

Pri objasňovaní teórie o pôvode vesmíru sa naučíte, že:

- vlnová dĺžka svetla prichádzajúceho zo vzdialených galaxií je posunutá k červenej farbe spektra (t.j. zväčšuje sa),
- čím ďalej sa galaxia nachádza, tým je červený posun výraznejší.

Jedno z možných vysvetlení je, že ostatné galaxie sa od nás vzdiaľujú veľmi rýchlo a čím je galaxia od nás ďalej, tým je jej rýchlosť vzdiaľovania vyššia. Tieto zistenia vedú k predpokladom, že: (1) *vesmír sa neustále rozpína* a (2) *tento proces začal pred niekoľkými miliardami rokov v momente nazvanom Big Bang*, čo v preklade znamená *Veľký tresk*.

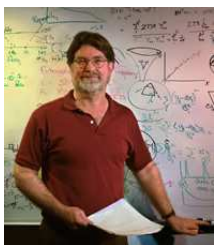
Očakávané výstupy

Výstupom vašej činnosti budú webové stránky, ktoré budú obsahovať informácie o teórii vzniku vesmíru známej ako Veľký tresk s hypertextovými odkazmi pri neznámych pojmoch, ktoré je potrebné bližšie vysvetliť. Pri vysvetľovaní neznámych pojmov môžete použiť dve možnosti. Prvou je možnosť vytvoriť samostatnú stránku objasňujúcu daný pojem. V prípade, ak k objasneniu daného pojmu postačuje krátka definícia, umiestnite pojem spolu s jeho definíciou do registra pojmov.

K textu by ste mali doplniť aj ilustrácie, ktoré súvisia s textom, aby bola vaša stránka názornejšia, zaujímavejšia a prehľadnejšia. Presvedčte sa, že počas vašej práce sa budete venovať nižšie uvedeným bodom.

Štartovací balíček: stránky 1 – 6:

- hlavná stránka s hypertextovými odkazmi na ďalšie stránky vytvorené s cieľom vysvetliť vybrané pojmy a výrazy,
- register pojmov, ktorý bude obsahovať zoznam nových pojmov spolu s ich krátkou definíciou, prípadne s odkazom na samostatnú webovú stránku obsahujúcu bližšie informácie k danému pojmu.



George F. Smoot
(zdroj: <http://www.lbl.gov/Publications/Nobel/>)

23. apríla v roku 1992 americký vedec **George Smoot** hovoril pred americkou fyzikálnou spoločnosťou o výsledkoch výskumného programu COBE (z angl. Cosmic background Explorer). Pri jednej z jeho odpovedí na otázky zaznelo: "*Ak ste veriaci, je to ako uvidieť Boha*". Čo z jeho práce a práce ostatných vedcov podieľajúcich sa na výskume COBE ho mohlo priviesť k takémuto vyjadreniu? Podľa vlastných slov Geoga Smoota mohli ako prví "*pozorovať najstaršie a najväčšie štruktúry raného vesmíru. Jednalo sa o prvotné zárodky novodobých štruktúr, ako sú galaxie, zhluky galaxií, a tak ďalej. Zárodky, ktoré mali obrovský vplyv na formovanie časopriestoru v čase jeho zrodenia*".

V rámci programu COBE vedci objavili existenciu niečoho, čo považovali za kľúčové pri vysvetľovaní teórie vzniku vesmíru s označením teória Veľkého tresku. Astronómov, ktorí skúmajú najväčšie štruktúry vesmíru, a časticových fyzikov, ktorí skúmajú najmenšie častice hmoty, spája spoločný predmet záujmu – vysvetliť pôvod vesmíru (vedný odbor má názov *kozmológia*). Hľadanie ďalších faktov potvrdzujúcich teóriu Veľkého tresku patrí k najvzrušujúcejším vedeckým projektom prebiehajúcim v súčasnosti.

V rámci tejto aktivity máte možnosť zažiť podobné nadšenie a pretaviť ho do podoby webových stránok pre vašu školu, ktorých cieľom bude sprostredkovať všetkým návštevníkom stránok bližšie informácie o teórii Veľkého tresku. Počas vašej práce sa naučíte viac o najnovších vedeckých poznatkoch, ale tiež sa budete podieľať na tom, aby sa tieto dôležité a stále rastúce vedecké poznatky dostávali k verejnosti.

Vesmírny web

Tvorba webovej stránky

World Wide Web sa zrodil v roku 1989 a bol nápadom Tima Bernersa Leeho, vedca pracujúceho v tom čase v CERN-e (Európske laboratórium časticovej fyziky v Ženeve vo Švajčiarsku). Cieľom bolo poskytnúť efektívny prostriedok komunikácie medzi časticovými fyzikmi, ktorí pracujú na rôznych miestach po celom svete. Dnes je internet s technológiou WWW najpoužívaným prostriedkom komunikácie.

V tejto aktivite budete vytvárať svoje vlastné webové stránky na tému teória Veľkého tresku. Zahrniete do nich najnovšie poznatky z astronómie a fyziky častíc, ktoré podporujú teóriu snažiacu sa vysvetliť pôvod vesmíru. Vedná oblasť, ktorá navzájom prepája poznatky z oblasti najmenších a najväčších štruktúr hmoty vo vesmíre, sa nazýva *kozmológia*.

Na začiatku ste dostali tzv. Štartovací balíček, ktorý obsahuje texty súvisiace s vybranými aspektmi teórie Veľkého tresku.

Vašou úlohou je:

- Vytvoriť hypertextové odkazy z neznámych slov a pojmov Štartovacieho balíčka a následne urobiť nové stránky, ktoré budú obsahovať vysvetlenie daných pojmov.
- Prečítať si pozorne text a vybrať ďalšie pojmy, ktoré je potrebné vysvetliť na samostatnej stránke. Môžete do toho zaradiť nielen slová, ale aj akékoľvek súvisiace témy. Mali by ste vytvoriť hypertextové odkazy na tieto ďalšie stránky. K tomuto potrebujete vykonať určitý prieskum zameraný na získanie aktuálnych informácií týkajúcich sa teórie Veľkého tresku a súvisiacich tém.
- Nájsť odkazy na ďalšie zaujímavé webové stránky s uvedenou problematikou, ktoré už na internete existujú.
- Pridať ďalší text a obrázky, ktoré podľa vás prináležia k danej téme a zvýšia názornosť a zrozumiteľnosť daného textu.

Veľký tresk

Rozpínajúci sa vesmír

V roku 1929 americký astronóm Edwin Hubble publikoval výsledky svojej práce, ktorú robil v observatóriu Mount Wilson v Kalifornii.

Pozoroval veľa **galaxií** podobných tej našej a zistil, že všetky sa pohybujú smerom od seba – inými slovami, zistil, že vesmír sa rozpína. Ak nakreslíte bodky na balón a začnete ho nafukovať, môžete vidieť, ako sa vesmír rozpína. Keď si predstavíte, že každý bod je galaxia, pri nafukovaní môžete vidieť, ako sa každý bod, či galaxia, vzdďaľuje od všetkých ostatných bodov – galaxií. Hubble vedel, že galaxie sa od seba navzájom vzdďaľujú, a to vďaka analýze svetla z galaxií. Merania preukázali **červený posun** tohto svetla. Všimol si tiež, že vzdďalenejšie galaxie sa vzdďaľujú rýchlejšie, podľa rovnice

$$z = v/c,$$

kde z = posun spektrálnej čiary; v = rýchlosť vzdďaľovania sa galaxie; c = rýchlosť svetla,

a dal do súvislosti vzdďalenosť galaxie (d) s rýchlosťou galaxie (v) cez vzťah

$$v = H d,$$

kde d = vzdďalenosť galaxie od Zeme; v = rýchlosť pohybu galaxie vzhľadom k Zemi; H = Hubblova konštanta. Jej hodnota bola známa s pomerne veľkou neistotou.

Hubble taktiež predstavil schému delenia galaxií na špirálové, špirálové s priečkou, eliptické, šošovkovité a nepravidelné. Vesmírny teleskop, ktorý vypustila NASA na obežnú dráhu v roku 1990, je pomenovaný po Edwinovi Hubbleovi.

Hubblova konštanta

Hubblova rovnica $v = H d$ vyzerá jednoducho, ale astronómom pomohla vypočítať veľkosť a vek vesmíru.

Hodnoty Hubblovej konštanty H , získané rôznymi metódami, sa pohybujú v rozpätí od 50 km/s na milión **parsekov** až po 100 km/s na milión **parsekov**. Presnejšiu hodnotu napomáha určiť vesmírny ďalekohľad Hubble meraním vzdďalenessi **premenňých hviezd** od nás.

Hodnoty získané v ostatnom desaťročí sa pohybujú medzi 70 km/s na Mpc a 75 km/s na Mpc, pričom najmodernejšie údaje dosiahli neistotu len 3 %. Cieľom vedcov je namerať Hubblovu konštantu s presnosťou 1 %.

Kozmické vlny

Ak sa galaxie od seba pohybujú veľkou rýchlosťou, znamená to, že vesmír sa rýchlo rozpína. Podobne to bolo aj v minulosti. To znamená, že ak sa vrátíme v čase dostatočne ďaleko, musel existovať stav, kedy bol celý vesmír sústredený do jediného bodu. Potom nastalo niečo ako veľká explózia – *Veľký tresk* (Big Bang). Pri tomto obrovskom výbuchu sa uvoľnilo veľké množstvo energie a hmoty.

V priebehu miliárd rokov po Veľkom tresku bola energia viac a viac rozptýlená, ale ostali isté stopy, ktoré svedčia o Veľkom tresku aj dnes. V roku 1960 objavili americkí vedci slabé stopy mikrovlnného žiarenia prichádzajúceho zo všetkých strán vesmíru. Nazvali ho **reliktné kozmické žiarenie**. Toto žiarenie má veľmi nízku teplotu, v priemere približne 2,73 kelvinov. Bolo vypočítané, že energia z Veľkého tresku by mohla byť tiež taká studená, a tak sa tento jav stal ďalším potvrdením teórie Veľkého tresku.

Astronómovia si tiež uvedomovali, že v hmote sústredenej do horúcich bodov museli vznikajú malé fluktuácie hustoty pri formovaní galaxií. V roku 1992 zachytil satelit COBE (Cosmic Background Explorer) jemné rozdiely v teplote kozmického žiarenia prichádzajúceho z rôznych smerov. Toto svedčilo v prospech existencie horúcich bodov ako budúcich zárodkov galaxií vo vesmíre a teória Veľkého tresku vyzerala byť opäť o niečo pravdepodobnejšia.

Hoci väčšina kozmológov verí, že teória Veľkého tresku je správna, nie sú o tom presvedčení všetci. Dokonca aj tí, ktorí s teóriou súhlasia, pripúšťajú, že stále existujú nezodpovedané otázky. Na tieto otázky hľadajú odpovede mnohí vedci a je možné, že ich ďalší výskum v budúcnosti zodpovie. Na druhej strane však s rozširovaním poznania môžu vzniknúť ďalšie problémy a nové nezodpovedané otázky.

Na začiatku

Po tom, ako vedci zistili, že vesmír začal Veľkým treskom, mohli začať pracovať na komplexnej teórii, ktorá by vysvetľovala, čo sa stalo a kedy. Použili pritom **Einsteinovu všeobecnú teóriu relativity**.

Teória je príliš komplikovaná a vysvetliť, čo sa udialo v okamihu začiatku, je veľmi ťažké. Vedci doteraz nemajú odpovede na všetky otázky.

Rozpracovali teóriu, čo sa mohlo udiať v čase 10^{-43} sekundy po začiatku! Vesmír bol vtedy neuveriteľne horúci (okolo 10^{32} K) a udalosti sa odohrávali v rozmeroch menších ako 10^{-35} m. Od tohto momentu do času 10^{-34} sekundy sa vesmír rozťahol a dosiahol priemer 10 cm, jeho teplota klesla na 10^{27} K.

Vznikli častice, ktoré voláme kvarky a leptóny, začala sa prejavovať gravitácia. V čase približne 10 mikrosekúnd sa kvarky začali spájať a vytvárať protóny a neutróny. Teplota dosiahla hodnotu 10^{14} K.

Keď mal vesmír 3 minúty, jeho veľkosť sa už dala uvádzať vo svetelných rokoch a jeho teplota opäť klesla na približne 10^9 K (1 miliarda kelvinov). V tomto momente sa začali spájať protóny a neutróny a začali sa formovať prvé jadrá hélia a ostatných ľahkých prvkov.

Keď mal vesmír 300 000 rokov, bol už dostatočne studený (okolo 10 000 K), aby v ňom mohli **atómové jadrá** k sebe viazať elektróny, a tak začať tvoriť atómy.

Vesmír bol teraz plný plynu tvoreného prevažne vodíkom a héliom.

Ako sa vesmír ďalej rozpínal, neustále chladol. Oblaky plynu sa postupne rozchádzali a niektoré zhluky sa začali pod vplyvom gravitácie zväčšovať. Vznikli tu miesta, kde sa vytvorili hviezdy. Tieto hviezdy sa postupne zoskupili do galaxií. Vesmír pokračuje stále ďalej vo svojej expanzii a ochladzovaní a robí tak už približne 14 miliárd rokov.

Hľadanie dôkazov vo vnútri atómu

Vytvárať teórie na vysvetlenie rôznych javov a vlastností hmoty je pri napredovaní v poznávaní len jednou časťou. Každá vedecká teória vyžaduje experimentálne dôkazy. V prípade teórie Veľkého tresku je potrebný nielen astronomický výskum, ale aj výskum v oblasti **časticovej fyziky**.

Ak kvarky a leptóny existujú, potom by sme mali byť schopní ich aj nájsť. K tomu potrebujeme veľkú energiu. Kvôli tomu sme postavili veľké zariadenia, tzv. urýchľovače častíc. Jedným z nich je urýchľovač v CERN-e v Ženeve. Zrážajú sa v ňom častice – protóny – a vedci skúmajú, čo sa pritom deje.

Urýchľovače sú drahé zariadenia, preto sa na ich financovaní podieľa viacero krajín. Na experimentoch tiež spolupracujú medzinárodné kolektívy. V niekoľkých veľkých aj menších experimentoch v CERN-e má zastúpenia aj Slovensko.

Časticoví fyzici objavili niekoľko druhov kvarkov a hľadajú ďalšie zaujímavé exotické častice. Niektoré častice sú stále neobjavené a vystupujú zatiaľ v niektorých oblastiach modernej fyziky len v teoretickej rovine. Môžu mať veľmi nezvyčajné vlastnosti. Ako príklad uvádzame časticu neutralino – časticu, ktorá je súčasťou teórie predpokladajúcej takzvanú supersymetriu. Supersymetrické teórie predpokladajú existenciu veľmi ťažkých verzií častíc odlišných od teraz známych častíc (takéto častice by mohli byť aj dobrými kandidátmi na reprezentantov tmavej hmoty). Exotické častice sú často uvádzané v sci-fi žánroch, kde sa ich vlastnosti niekedy zakladajú na reálnych poznatkoch súčasnej vedy, inokedy sú zase úplne vymyslené.

Neviditeľná astronómia

Až do 20. storočia astronómovia poznávali vesmír pozorovaním svetla zo vzdialených hviezd a galaxií. Dnes dokážu rôzne zariadenia detegovať vlny z celého **elektromagnetického spektra**, a tým umožňujú skúmanie aj tých objektov, ktoré nie sú pre nás inak viditeľné.

Rádioteleskopy boli, napríklad, použité pri objave kvazarov a pulzarov.

Infračervené detektory nám dovoľujú nazerať dovnútra molekulových oblakov plynu a umožňujú nám pochopiť, ako vznikajú hviezdy.

Ultrafialové a röntgenové lúče sú vyžarované veľmi horúcimi telesami, akými sú aj kvazary a pulzary. Ultrafialové a röntgenové teleskopy musia byť umiestnené na družiciach, pretože naša atmosféra pohlcuje tieto druhy žiarenia, a tak by sa nedostali k teleskopom umiestneným na povrchu Zeme.

Ultrafialové žiarenie sa absorbuje studeným medzihviezdnym plynom, a preto môže byť použité k štúdiu tejto hmoty. Röntgenové lúče sú vyžarované pri pohlcovaní hmoty **čiernou dierou**.

Gama žiarenie vzniká zo silných energetických zdrojov, ako sú napríklad supernovy, pulzary, kvazary. Existujú ďalšie silné zdroje, akými sú **záblesky gama žiarenia (GBR)**, ktoré sa záhadne objavujú a miznú v priebehu niekoľkých sekúnd. Nikto nevie, čo vyvoláva tieto záblesky energie.

Tmavá hmota

Odhaduje sa, že vo vesmíre existuje približne 300 miliárd galaxií. Ak vynásobíte toto číslo priemernou hmotnosťou jednej galaxie, vyjde vám celková hmotnosť všetkej pozorovanej hmoty. Toto číslo však predstavuje len menej ako 1 % z hmotnosti, ktorú by mala mať všetka hmota podľa meraní rozpínania vesmíru.

Preto musí existovať veľké množstvo hmoty, ktorú nevidíme, čo je jeden z dôvodov, prečo dostala pomenovanie „*tmavá hmota*“. Časť chýbajúcej hmotnosti môže byť vysvetlená existenciou čiernych dier a hnedých trpaslíkov. Určitá hmota je rozptýlená medzi galaxiami, aj keď väčšia časť je v samotnom vnútri galaxií. Astronómovia vypočítali, že ramená špirálových galaxií by sa odtrhli, ak by obsahovali iba hmotu, ktorú vidíme. To znamená, že viditeľná hmota musí byť obklopená hmotou, ktorú nevidíme. Ďalšia hmota je obsiahnutá v exotických časticách, akými sú neutríno a **slabo interagujúce hmotné častice, tzv. WIMP.**

Najnovšie zistenia naznačujú aj existenciu tmavej energie. V roku 1998 si vedci všimli, že náš vesmír sa nielen rozpína, ale že toto rozpínanie sa ešte aj zrýchľuje a pravdepodobným páchatelom môže byť tmavá energia. V roku 2011 práve za tento objav dostali fyzici Nobelovu cenu. Kým pri tmavej hmote majú vedci aspoň predstavu, čo by mohlo byť jej podstatou, pri tmavej energii, ktorá tvorí zhruba dve tretiny celého vesmíru, to ani netušia. Vedia len o nezvyčajnom vzd'áľovaní sa supernov a rozpínajúcom sa kozme.

Je dôležité zistiť celkovú hmotnosť vesmíru, pretože od toho závisí jeho ďalšia budúcnosť: **bude platiť teória kontinuálnej expanzie, alebo teória pevného stavu, alebo teória Veľkého kolapsu?** Toto je jedna z najdôležitejších otázok vedy, ktorá ostáva stále nezodpovedaná.