



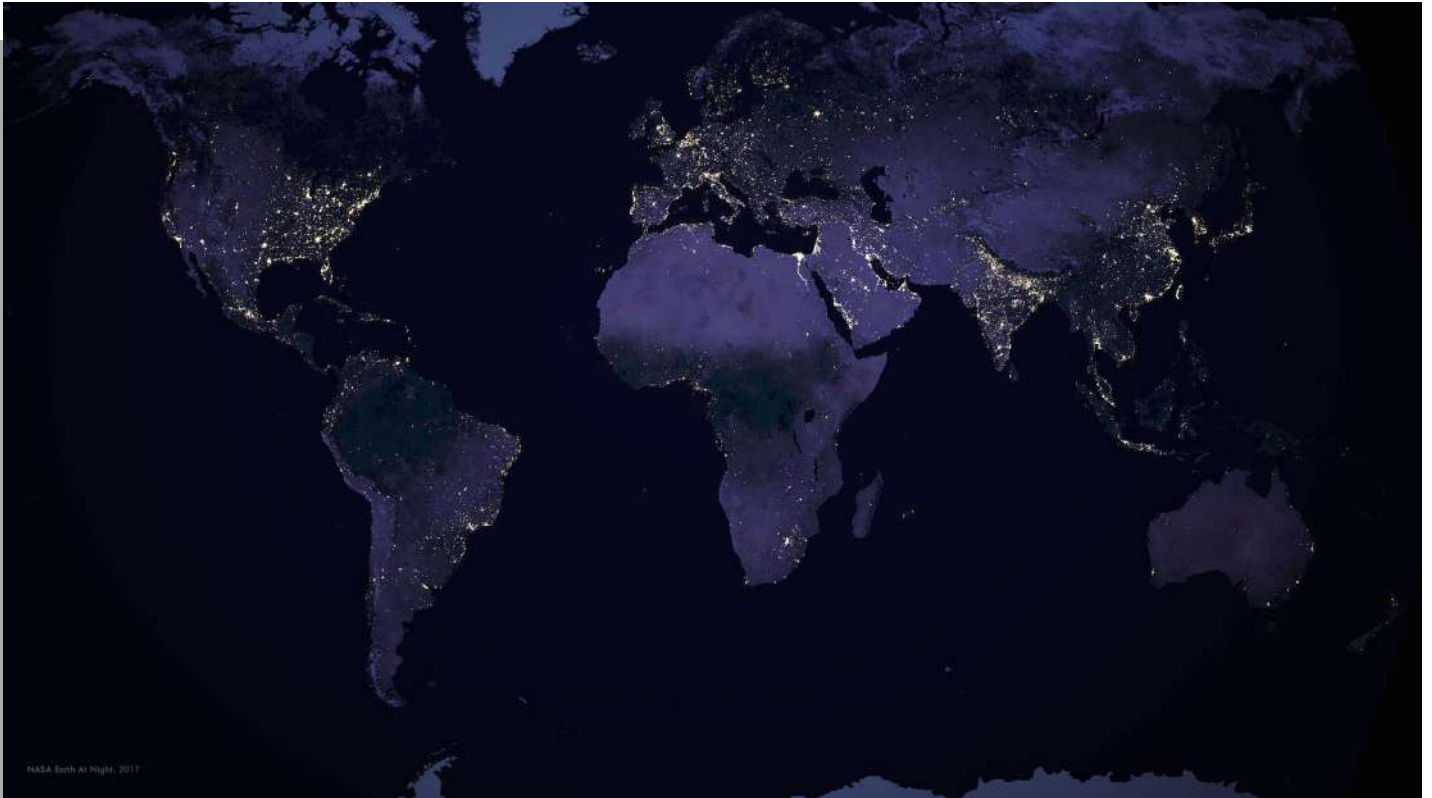
CosmoVerse Արկածներ

Մուլթ մյուլթ



Դասարանում

Ներածություն: Անորսալի մութ նյութը



Նկար 1. Աշխարհը գիշերով: Պատկերը ստեղծվել է NASA VIIRS DNB ալգորիթմի միջոցով:

Սեղմեք՝ Յկմ լուծաչափով գլոբալ պատկերը ամբողջական տեսնելու համար:

Ուսուցիչ :

(Անջատում է դասարանի լույսերը, միացնում է տեսագրիչը, որը ցուցադրում է աշխարհի քարտեզը գիշերով): Եկեք այսօր սկսենք մի պարզ դիտողական վարժությունից: Ի՞նչ եք տեսնում այս քարտեզի վրա:

Աշակերտ 1 :

Գիշերային Երկիրն է: Դուք կարող եք տեսնել որոշ քաղաքներ լուսավորված:

Ուսուցիչ :

Ճիշտ է, իսկ այն տարածքները, որտեղ լույս չկա, ի՞նչ են մեզ հուշում:

Աշակերտ 2 :

Դրանք կարող են լինել օվկիանոսներ, անտառներ, անապատներ... Վայրեր առանց մարդկանց:

Ուսուցիչ :

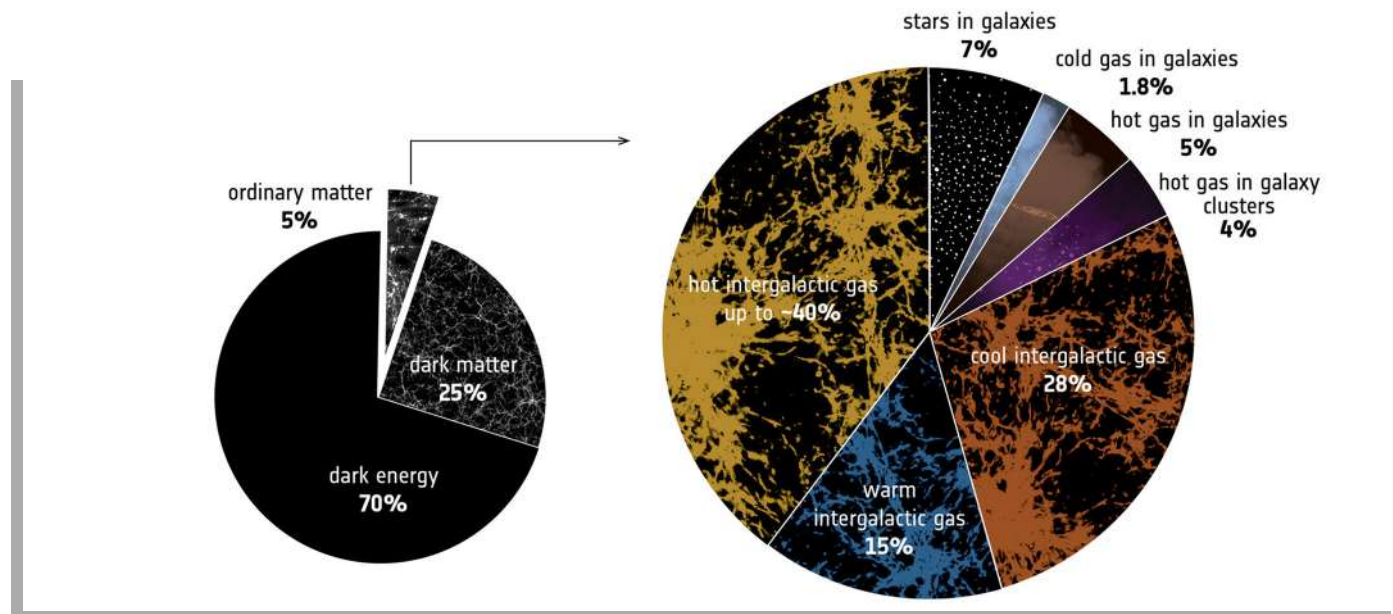
Ճիշտ այդպես: Այս քարտեզը շատ նման է տիեզերքի մեր պատկերացմանը: Դուք որոշ հուշումներ եք ստանում այնտեղից, որտեղ լույս կա: Բայց շատ բան կա, որ դուք չեք կարող տեսնել՝ մարդիկ, լեռնաշղթաներ...: Այս սահմանափակ հուշումներից դուք պետք է եզրակացնեք, թե ինչ կա:

Աշակերտ 3 :

Ուզում եք ասել, որ տիեզերքում կա շատ ավելին, քան այն, ինչ մենք կարող ենք տեսնել:

Ուսուցիչ :

Ջգալիորեն ավելին: Տիեզերագիտությունը (կամ կոսմոլոգիան) խոնարհ ուղորտ է: Պարզվում է, որ մենք հսկայական տիեզերքի շատ փոքրիկ մասն ենք: Մեր մոլորակը պտտվում է մի աստղի շուրջ, որը մեր գալակտիկայի մեջ մեկն է հարյուր միլիարդավորներից: Իսկ մեր գալակտիկան հարյուրավոր միլիարդներից մեկն է: Եվ այնուամենայնիվ, այն ամենը, ինչը բաղկացած է աստղերից, մոլորակներից և նույնիսկ մեզանից, կազմում է տիեզերքի ընդհանուր զանգվածի և էներգիայի ընդամենը 5%-ը: Սա այն է, ինչ մենք անվանում ենք բարիոնային նյութ կամ սովորական նյութ: (Տես՝ նկար 2):



Նկար 2. Մութ նյութը և մութ էներգիան կազմում են մեր տիեզերքի 95%-ը, մնացած 5%-ը կազմված է սովորական նյութից, որը կոչվում է բարիոններ: Դրանց մեծ մասը անհայտ էր մնացել մինչև վերջերս: Գիտնականներն այժմ հայտնաբերել են միջգալակտիկական նյութի մեծ մասը, որը նրանք նախկինում չէին տեսել: Պատկերը՝ ESA:

Ordinary matter 5% - Սովորական նյութ 5%, Dark matter 25% - Մութ նյութ 25%, Dark energy 70% - Մութ էներգիա 70%, Hot intergalactic gas up to 40% - Տաք միջգալակտիկական գազ մինչև 40%, Warm intergalactic gas 15% - Ջերմ միջգալակտիկական գազ 15%, Cool intergalactic gas 28% - Սառը միջգալակտիկական գազ 28%, Stars in galaxies 7% - Աստղեր գալակտիկաներում 7%, Cold gas in galaxies 1.8% - Սառը գազ գալակտիկաներում 1,8%, Hot gas in galaxies 5% - Տաք գազ գալակտիկաներում 5%, Hot gas in galaxy clusters 4% - Տաք գազ գալակտիկաների կլաստերներում 4%

Աշակերտ 4 :

Միայն 5%: Ինչի՞ց է կազմված մնացածը:

Ուսուցիչ :

Այստեղից է սկսվում մեր ճանապարհորդությունը դեպի անտեսանելիություն: Մնացածը՝ ապշեցուցիչ 25%-ը, կազմված է այն ամենից, ինչը լույս չի արձակում կամ կլանում: Մենք սա անվանում ենք «մութ նյութ»: Թեև այն կարող է վերացական կամ հեռավոր թվալ, բայց ավելի մոտ է, քան կարծում եք: Իրականում մութ նյութի մասնիկները կարող են անցնել մեր միջով հենց այս պահին, երբ մենք խոսում ենք: Մնացած 70%-ը կազմված է «մութ էներգիա» կոչվող մի բանից, որը մենք կուսումնասիրենք CosmoVerse-ի մեկ այլ արկածի ժամանակ:

Աշակերտ 1 :

Մութ նյութն անցնում է մեր միջով: Ինչպե՞ս է, որ մենք դա չենք զգում:

Ուսուցիչ :

Մութ նյութն անորսալի է: Այն չի փոխազդում լույսի կամ էլեկտրամագնիսական ճառագայթման որևէ ձևի հետ՝ ներառյալ ռադիոալիքները և միկրոալիքները: Դա մեզ համար անտեսանելի է և բացարձակապես անշոշափելի: Մենք բոլորս նման ենք նավերի, որոնք նավարկում են մութ նյութի ծովով՝ չհասկանալով դրա էությունը:

Աշակերտ 2 :

Եթե այն անտեսանելի է և չի փոխազդում լույսի հետ, ինչպե՞ս ենք մենք ընդհանրապես հասկանում, որ այն գոյություն ունի:

Ուսուցիչ :

Սա շատ հետաքրքրաշարժ հատված է: Մենք դրա գոյության մասին կարող ենք փաստել այն գրավիտացիոն ազդեցություններից, որոնցով այն ներգործում է մեզ տեսանելի իրերի վրա: Մութ նյութի ծգողականությունը ծգում է աստղերն ու գալակտիկաները՝ ազդելով նրանց շարժման վրա այնպես, որ մենք այն կարող ենք չափել:

Աշակերտ 3 :

Այսինքն՝ սա նույնն է, թե դուք քամին զգում եք ձեր դեմքին, թեև չեք տեսնում այն:

Ուսուցիչ :

Գերազանց համեմատություն է: Եվ ինչպես որ մենք օգտագործում ենք քամին նավարկելու համար, այնպես էլ գալակտիկաներն օգտագործում են մութ նյութը՝ պտտվելիս միմյանց մոտ մնալու համար: Առանց մութ նյութի տիեզերքը չէր լինի այնպիսին, ինչպիսին մենք գիտենք:

Աշակերտ 4 :

Կարո՞ղ էր մութ նյութը լինել տիեզերքի մի մասը Մեծ պայթյունից ի վեր:

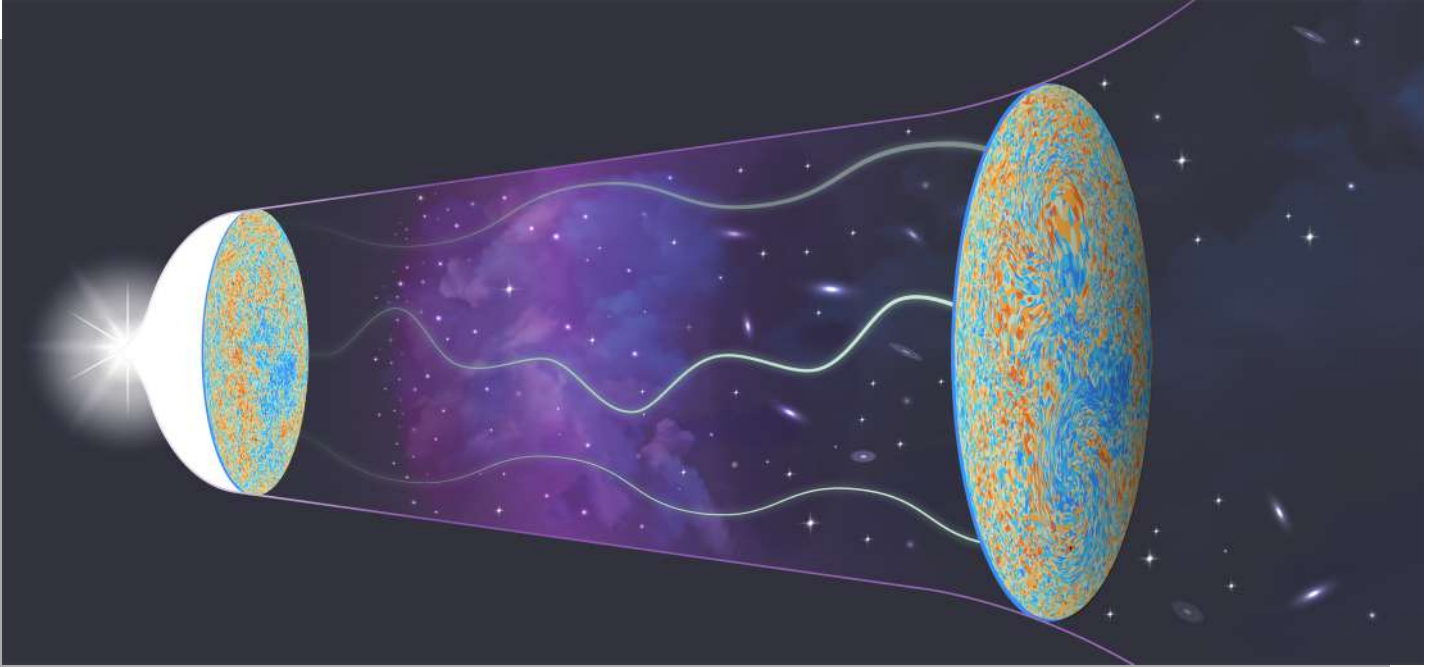
Ուսուցիչ :

Հնարավոր է՝ դա նախընտրելի սցենարներից մեկն է: Այժմ եկեք պատրաստվենք երկնային որոնումների մեր տիեզերական ընկեր Քվարկի հետ՝ Մեծ պայթյունի հետևանքներից բխող շատ հարցերի պատասխաններ գտնելու համար:



Երևակայության տիեզերանավ

Մութ նյութը վաղ տիեզերքում



Նկար 3. Տիեզերական միկրոալիքային ֆոնի (CMB) ձառագայթում: Պատկերի հեղինակ՝ Լյուսի Ռիդինգ-Իկանդա/Սիմոնս հիմնադրամ:



Քվարկ :

Լավ, աշակերտներ, եկե՛ք ժամանակը հետ տանենք մինչև Մեծ պայթյունից անմիջապես հետո ժամանակաշրջանը: Հիշո՞ւմ եք, թե ինչ տեսանք մեր վերջին ճամփորդության ժամանակ:



Աշակերտ 1 :

Տիեզերքը սկզբում շատ փոքր էր, իսկ հետո այն շատ արագ ընդլայնվեց:



Քվարկ :

Ճիշտ այդպես: Տիեզերքը շատ փոքրիկ էր, և այնուհետև այն ընդլայնվեց ավելի արագ, քան ձեր պատկերացրած որևէ այլ բան: Ինչո՞վ էր այն լցված: Կարո՞ղ է որևէ մեկը հիշել:



Աշակերտ 2 :

Այն լցված էր էներգիայով և այս փոքրիկ մասնիկներով, որոնցից մի քանիսը քվարկներ էին:



Քվարկ :

Հենց այդպես: Հիմա ես նոր բան ունեմ ավելացնելու: Քվանտային մեխանիկական մեզ ասում է, որ նյութը ստեղծվում և ոչնչացվում է անընդհատ՝ ամեն պահի: Այդ ժամանակ տիեզերքն այնքան արագ էր ընդլայնվում, որ ստեղծված նյութը չէր հասցնում ոչնչացվել:

Աշակերտ 3 :

Այսպիսով, այն ամենը, ինչից մենք ստեղծված ենք, այդ թվում՝ մութ նյութը, այն ժամանակ է ստեղծվել:

Քվարկ :

Այո՛, դուք դա հասկացել եք: Մի քիչ առաջ գնանք՝ Մեծ պայթյունից 400,000 տարի անց՝ պրոտոնների, նեյտրոնների և ջրածնի ատոմի ձևավորումից հետո ընկած ժամանակաշրջանը:

Աշակերտ 4 :

Օ՛ դա այն ժամանակ էր, երբ տիեզերքը վերջապես այնքան սառեց, որ լույսը կարողացավ թափանցել, և մենք էլ կարողացանք տեսնել տիեզերական միկրոալիքային ֆոնը (CMB):

Քվարկ :

Ճիշտ է: Տիեզերքը նման էր թանձր ապուրի՝ հարթ, բայց փոքրիկ գնդիկներով: Այդ փոքր գնդիկները չափազանց կարևոր են, քանի որ...

Աշակերտ 3 :

Դրանք այն վայրերն էին, որտեղ մի փոքր ավելի տաք էր, և մի փոքր ավելի շատ նյութ կար: Եվ հենց այստեղ էր, որ գրավիտացիան սկսեց իր կախարդանքը գործել՝ ավելի շատ ներս քաշելով և ստեղծելով առաջին աստղերը, այնպես չէ՞:

Քվարկ :

Ճշմարիտ է: Եվ այդ առաջին աստղերը միավորվեցին՝ ձևավորելով փոքրիկ գալակտիկաներ: Միլիարդավոր տարիների ընթացքում այս փոքրիկ գալակտիկաները բախվել են և միավորվել՝ ստեղծելով ավելի մեծ գալակտիկաներ, ինչպիսին մեր Ծիր Կաթինն է:

Աշակերտ 1 :

Բայց ի՞նչ է այս մութ նյութն անում այսքան ժամանակ:

Քվարկ :

Այո՛, դա հենց գաղտնի բաղադրիչն է: Գնդերը, որոնք մենք տեսնում ենք CMB-ում, չափազանց փոքր են՝ բավականաչափ գրավիտացիոն ուժ ունենալու և ձգելու նյութը, որպեսզի գալակտիկաների նման մեծ կառուցվածքներ ձևավորեն: Բայց եթե այս սովորական նյութը զուգակցվեր մութ նյութի հետ, ապա այս վաղ գոյացությունները բավականաչափ գրավիտացիոն ձգողականություն կունենային՝ ստեղծելու համար այն տիեզերքը, որը մենք տեսնում ենք այսօր:

Աշակերտ 2 :

Սա նման է պինդ կոնֆետ պատրաստելու գործընթացին. շաքարավազին անհրաժեշտ է մի բան, որին այն կարող է կապել՝ բյուրեղների վերածվելու համար:

Քվարկ :

Հիանալի համեմատություն: Մութ նյութը նման է անտեսանելի սոսնձի: Նայե՛ք այս երկու կողք

կողքի տիեզերքներին: Ի՞նչ կարող եք տեսնել տիեզերքում, որն ունի մութ նյութ (Տես՝ նկար 4):

Աշակերտ 2 :

Դուք կարող եք տեսնել, որ ամեն ինչ արագ դառնում է խճճված:

Քվարկ :

Ճիշտ է: Մութ նյութ ունեցող տիեզերքում նյութի կուտակումները կարող են մեծանալ և դառնալ գալակտիկաներ: Հիմա եթե մենք հայացք նետենք մի տիեզերքի, որտեղ քիչ մութ նյութ է...

Աշակերտ 4 :

Կարծես թե շատ բան չի փոխվում: Կուտակումները չափազանց փոքր են և չեն մեծանում:

Քվարկ :

Նորից ճիշտ է: Առանց մութ նյութի տիեզերքը շատ ձանձրալի կլիներ՝ ո՛չ Ծիր Կաթին, ո՛չ Արև, ո՛չ էլ մենք: Մութ նյութն այն անհայտ հերոսն է, որը դարձնում է մեր տիեզերքը հետաքրքիր, իսկ մեր գոյությունը՝ հնարավոր: Եկեք դա նկատի ունենանք, երբ ավելի խոր ներթափանցենք տիեզերք:

Աշակերտ 3 :

Հետաքրքիր է: Այսպիսով, տիեզերական միկրոալիքային ֆոնն այն ապացույցներից մեկն է, որը հաստատում է մութ նյութի գոյությունը: Կա՞ն ուրիշ ապացույցներ:

Քվարկ :

Իհարկե: Կան նաև այլ հուշումներ, որոնք վկայում էին մութ նյութի առկայության մասին շատ ավելի վաղ, քան մենք կարող էինք տեսնել մեծ պատկերը: Եվ գիտե՞ք ինչ, մենք հնարավորություն ունենք սովորելու մեկից, ով կարևոր դերակատարում է ունեցել այն բացահայտելու գործում: Եկե՛ք պատրաստվենք հանդիպելու լեգենդար աստղագետ Վերա Ռուբինին, որը բացահայտեց մութ նյութի գոյությունը փաստող տիեզերական պարը:



Նկար 4. Ձախ կողմում տիեզերքի մոդելն է՝ լցված մութ նյութով, իսկ աջ կողմում՝ տիեզերքի այն մոդելը, որտեղ բացակայում է մութ նյութը: Պատկերը՝ Mao, Wechsler & Kaehler / Stanford & SLAC-ից: DARK MATTER-մութ նյութ, VERY LITTLE DARK MATTER-շատ քիչ մութ նյութ



Հանդիպում գիտնականի հետ

Մութ նյութի ազդեցությունը



Քվարկ :

Բարի՝ գալուստ, աշակերտներ: Այսօր մենք պատիվ ունենք հանդիպելու իսկապես յուրահատուկ մեկին՝ մեր տիեզերական ճանապարհորդության ընթացքում: Եկե՛ք ջերմորեն ողջունենք աստղագետ Վերա Ռուբինին:



Վերա Ռուբին :

Բարև, երիտասարդ հետազոտողներ: Հաճելի է միանալ տիեզերքը հասկանալուն միտված ձեր արկածներին:



Աշակերտ 1 :

Տիկին Ռուբին, մենք լսել ենք, որ դուք ինչ-որ զարմանալի բան եք գտել գալակտիկաների մասին: Կարո՞ղ եք մի քիչ մանրամասնել:



Վերա Ռուբին :

Իհարկե: Դեռ անցյալ դարի 60-70-ական թվականներին ես շատ ժամանակ էի ծախսում պարուրածն այնպիսի գալակտիկաների ուսումնասիրության վրա, ինչպիսին է մեր Ծիր Կաթինը: Ինձ հատկապես հետաքրքրում էր, թե ինչպես են նրանք պտտվում, քանի որ դա մեզ շատ բան է պատմում նրանց զանգվածի մասին:



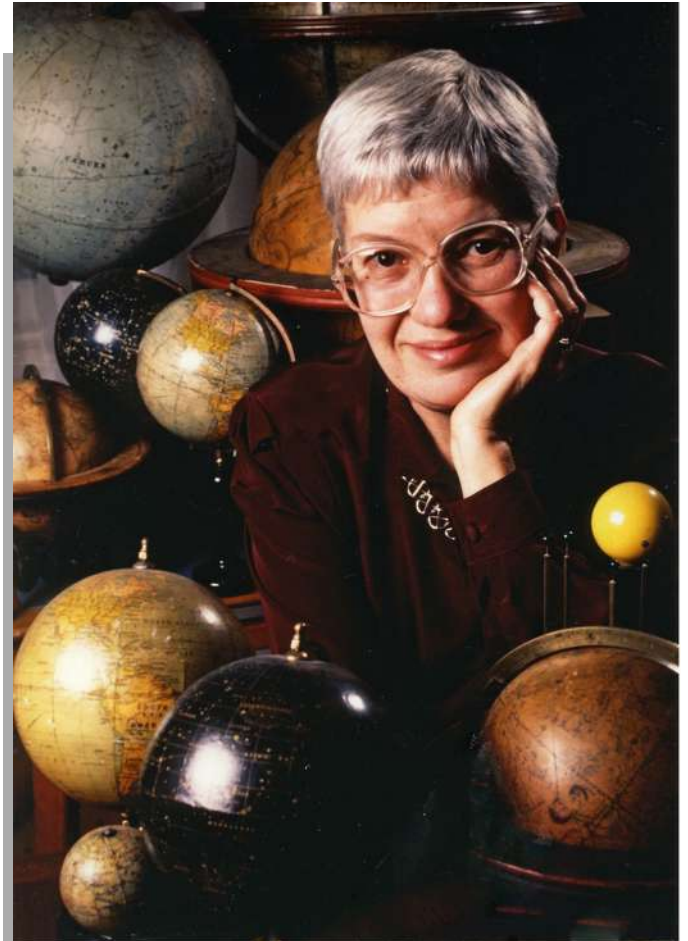
Աշակերտ 2 :

Ինչպե՞ս է դա գործում: Հիմքում այն գործո՞նն է, որ Արեգակին ավելի մոտ մոլորակներն ավելի արագ են շարժվում, ինչպես մենք

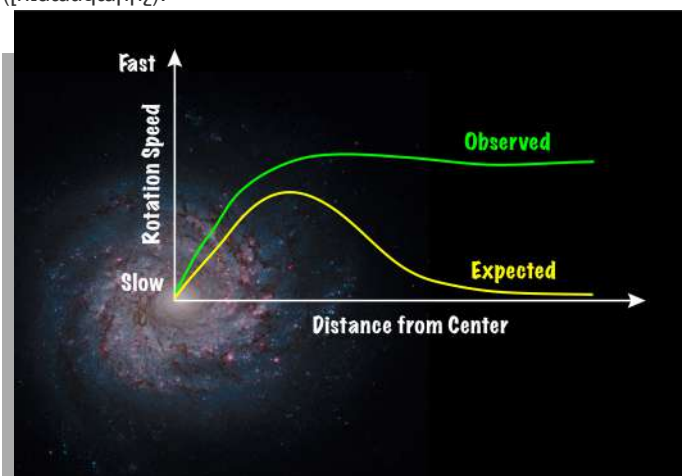


Վերա Ռուբին :

Շատ ճիշտ եք դատում: Կեպլերը և Նյուտոնը մեզ սովորեցրել են, որ որքան հեռու է մոլորակը Արեգակից, այնքան ավելի դանդաղ է այն պտտվում: Ես ականակալում էի, որ գալակտիկաներում նման բան կգտնեմ. արտաքին մասերն ավելի դանդաղ են



Նկար 5. Vera C. Rubin. Լուսանկարը՝ Մարկ Գոդֆրիի (լուսանկարիչ):



Նկար 6. Կանխատեսված և դիտարկված գալակտիկայի պտույտի կորը պարուրածն գալակտիկայում: Մութ նյութն անհրաժեշտ է «հարթ» պտտման արագության կորը բացատրելու համար նույնիսկ այն աստղերի համար, որոնք գտնվում են գալակտիկական կենտրոնից շատ մեծ հեռավորության վրա: Պատկերը՝ www.resonance.is
Fast - Արագ, Slow - Դանդաղ, Rotation speed - Պտույտի արագություն, Distance from center - Հեռավորությունը կենտրոնից, Observed - Դիտարկված, Expected - Սպասվող

Աշակերտ 3 :

Բայց դա այն չէ, ինչ դուք գտել եք, այնպես չէ՞:

Վերա Ռուբին :

Ճիշտ հակառակն էր: Նայե՛ք գծապատկերին, տեսե՛ք, թե որքան արագ են պտտվում գալակտիկայի մասերը կենտրոնից իրենց հեռավորության վրա: Դուք ակնկալում եք, որ պտույտի արագությունը կնվազի, այսինքն՝ որքան հեռանաք կենտրոնից, այնքան ավելի դանդաղ պետք է լինի պտույտը: Բայց դրա փոխարեն մենք նկատում ենք, որ պտտման արագությունները հարթվում են՝ այսինքն գրեթե հաստատուն են մնում:

Աշակերտ 3 :

Ի՞նչ է դա նշանակում:

Վերա Ռուբին :

Դա նշանակում է, որ գալակտիկաների ծայրերում գտնվող գազային ամպերը նույնքան արագ են շարժվում, երբեմն նույնիսկ ավելի արագ, քան կենտրոնին ավելի մոտ գտնվող մասերը, որը ենթադրում է, որ գրավիտացիոն ձգողականությունը նույնն է ողջ գալակտիկայի վրա: Սա տարակուսելի էր, քանի որ թվում էր, թե այնտեղ ավելի քիչ աստղեր և ավելի քիչ զանգվածներ կային:

Աշակերտ 4 :

Այսպիսով, ինչպե՞ս բացատրեցիք ձեր ուսումնասիրությունը:

Վերա Ռուբին :

Դե, եթե մենք հաշվի առնեինք միայն տեսանելի նյութը՝ աստղեր, գազ և փոշի, իմ դիտարկումները իմաստ չէին ունենա: Բայց եթե ինչ-որ անտեսանելի նյութ լիներ, դա կարող էր բացատրել ուժեղ ձգողականությունը, որը ձգում էր գազային ամպերը:

Քվարկ :

Եվ հենց այստեղ է, որ մութ նյութն ի հայտ է գալիս, չէ՞:

Վերա Ռուբին :

Ճիշտ է: Գաղափարն այն է, որ գալակտիկաները շրջապատված են մութ նյութի լուսապսակով, որը մեզ համար անտեսանելի է, բայց ունի բավականաչափ գրավիտացիոն ուժ՝ գալակտիկաների պտույտի վրա ազդելու համար: Իրականում իմ դիտարկումները ցույց տվեցին, որ գալակտիկաներում կարող է հինգ անգամ ավելի մութ նյութ լինել, քան տեսանելի նյութ:

Աշակերտ 1 :

Ինչո՞ւ ենք մենք այն անվանում «մութ նյութ»:



Վերա Ռուբին :

«Մութ նյութ» տերմինը իրականում տրվել է մեկ այլ աստղագետ Ֆրից Ցվիկի կողմից դեռ 1930-ականներին (տես՝ նկար 7): Նա ուսումնասիրում էր Կոմա կլաստերը, որը գալակտիկաների զանգվածային կուտակում է: Եվ նա նկատեց մի տարօրինակ բան:



Աշակերտ 2 :

Ի՞նչ նկատեց նա:



Վերա Ռուբին :

Ցվիկին ուսումնասիրեց Կոմայի գալակտիկաների կլաստերում գտնվող առանձին գալակտիկաների արագությունները (տես՝ նկար 8) և պարզեց, որ դրանք այնքան բարձր են, որ գերազանցում են կլաստերի փախուստի արագությունը: Սա նշանակում էր, որ կլաստերը պետք է անկայուն լիներ և քանդվեր, մինչդեռ դա ընդհանրապես այդպես չէր:



Աշակերտ 4 :

Եվ նա մտածե՞ց, որ այնտեղ անտեսանելի նյութ կա:



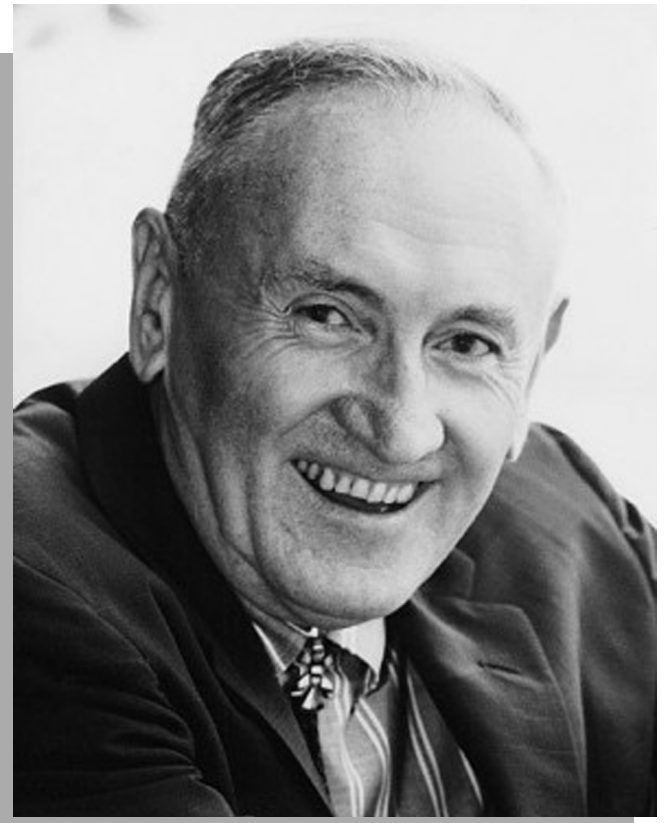
Վերա Ռուբին :

Ճիշտ է: Նա եզրակացրեց, որ կլաստերի մեջ պետք է լինի հսկայական քանակությամբ անտեսանելի զանգված, որն այն միասին պահում է գրավիտացիայի միջոցով: Այս անտեսանելի նյութը նա անվանել է «dunkle Materie», գերմաներեն՝ «մութ նյութ»: Այնուամենայնիվ, Ցվիկի տվյալները շատ անորոշ դրույթներ էին պարունակում, և մյուս ֆիզիկոսները թերահավատ էին:

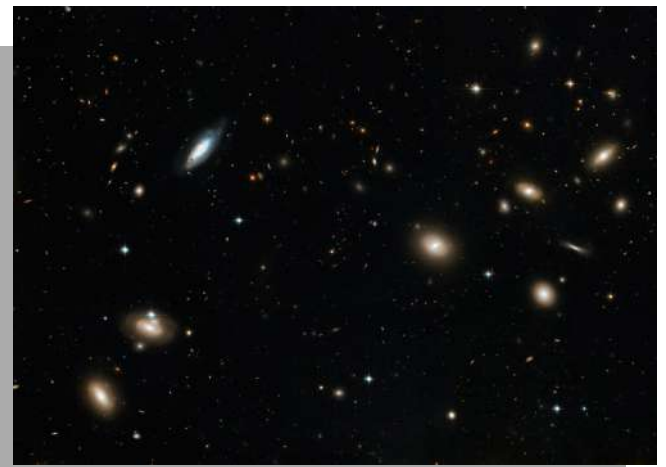


Քվարկ :

Մենք երախտապարտ ենք Ձեզ՝ հետաքրքիր բացահայտումներ անելու համար, տիկի՛ն Ռուբին: Հիմա, աշակերտներ, տեսությունից անցնենք փորձին: Ժամանակն է վերադառնալու գործնական լաբորատորիա, որտեղ մենք փորձեր կանցկացնենք՝ ուսումնասիրելու համար մութ նյութի գրավիտացիոն ազդեցությունները: Պատրաստվե՛ք տեսնելու այս անտեսանելի ուժն աշխատանքի մեջ:



Նկար 7. Ֆրից Ցվիկի: Պատկերը՝ totallyhistory:



Նկար 8. Կոմայի կլաստեր, որը ձգվում է մի քանի միլիոն լուսային տարվա լայնությամբ: Ամբողջ գնդաձև կլաստերն ունի ավելի քան 20 միլիոն լուսատարի տրամագիծ և պարունակում է հազարավոր գալակտիկաներ: Պատկերը՝ NASA-ին, ESA-ին և Hubble Heritage Team-ին (STScI/AURA): [Ընդլայնված պատկեր](#)



Գործնական լաբորատորիա

Դեմո: գրավիտացիոն ուսանյակներ



Նպատակը :

Հասկանալ և դիտարկել գրավիտացիոն ուսանյակի ազդեցությունը որպես մութ նյութի ապացույց:



Նախապատրաստման ժամանակ :

5 րոպե



Գործնական աշխատանքի ժամանակ : 10 րոպե



Պահանջվող նյութեր :

- Ուսանյակներ կամ գինու բաժակի հիմքային մաս (Նկար 9):
- Hubble Ultra Deep Field պատկերի կտավային տպագրություն (Նկար 10)
- Գրաֆիկական թուղթ

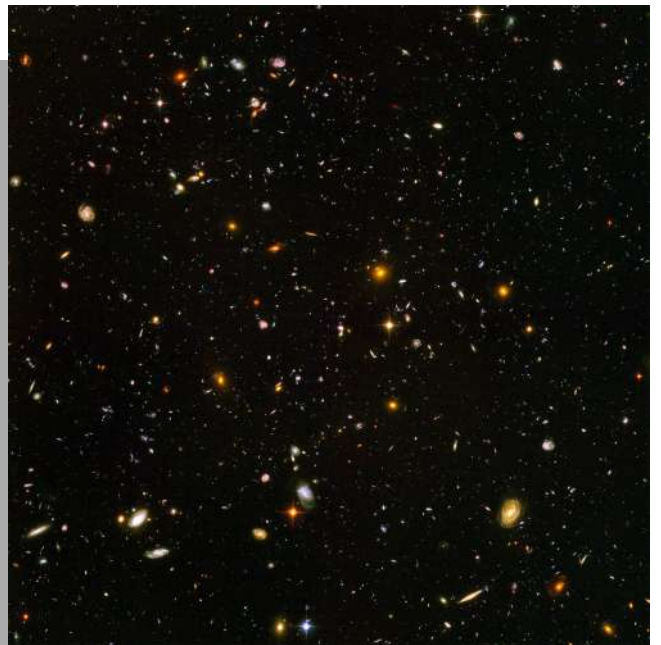


Դիտարկում :

- Գրաֆիկական թղթի վրա մեծ կետ նկարե՛ք: Խնդրե՛ք աշակերտներին գինու բաժակը դնել գրաֆիկական թղթի վրա և դիտել, թե ինչպես է այն աղավաղում գրաֆիկական թղթի ցանցը և կետը:
- Եթե կետը գտնվում է գինու բաժակի հիմքի կենտրոնում, ապա նրանք պետք է տեսնեն օղակ: Եթե այն կենտրոնում չէ, նրանք պետք է տեսնեն աղեղներ:
- Տեղադրե՛ք ուսանյակը կամ գինու բաժակի հիմքը կտավի տպագրության վրա: Դիտե՛ք ապակու տակ գտնվող պատկերների աղավաղումները:



Նկար 9. Գինու բաժակի հիմքը գրաֆիկական թղթի վրա



Նկար 10. Hubble Ultra Deep-ի կտավային տպագրություն

Ցուցադրում եմ քննարկում :

Ուսուցիչ :

Այսօր մենք մի հետաքրքիր փորձ կանենք՝ հասկանալու համար, թե ինչպես է մութ նյութն ազդում լույսի վրա: Այստեղ մենք ունենք Hubble Ultra Deep Field-ի ոսպնյակ և կտալ: Ի՞նչ է տեղի ունենում, երբ ոսպնյակը դնում ենք դրա վրա:

Աշակերտ 1 :

Պատկերը աղավաղված է թվում, մի տեսակ ձգված ու կորացած:

Ուսուցիչ :

Ճիշտ է: Սա նման է տիեզերքում գրավիտացիոն ոսպնյակին: Պատկերացրե՛ք լույս, որը ճանապարհորդում է տիեզերքով հեռավոր գալակտիկայից: Եթե ճանապարհին ոչինչ չկա, լույսը գալիս է ուղիղ դեպի մեզ: Բայց ի՞նչ կլինի, եթե մեր միջև կա գալակտիկաների կուտակում և մութ նյութ:

Աշակերտ 2 :

Ուզում եք ասել, որ մութ նյութը կարող է թեքե՞լ լույսը:

Ուսուցիչ :

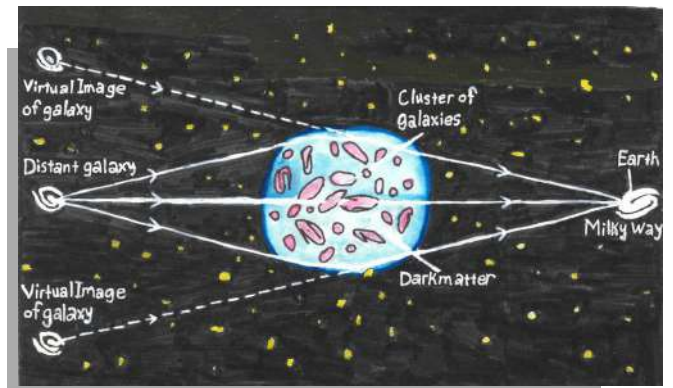
Ճիշտ է: Էյնշտեյնի ընդհանուր հարաբերականության տեսությունը, ինչպես նախկինում սովորեցիք, փաստում է, որ զանգված ունեցող մարմինները կորացնում են տարածաժամանակի հյուսվածքը, որը ներառում է լույսը: Այսպիսով, երբ հեռավոր գալակտիկայից եկող լույսն անցնում է զանգվածային օբյեկտի կողքով, ինչպես մութ մատերիայով լցված գալակտիկաների կլաստերը, այն թեքվում է:

Աշակերտ 3 :

Եվ մենք տեսնում ենք գալակտիկան ա՞յլ վայրում:

Ուսուցիչ :

Ճիշտ է: Եթե գալակտիկան, կլաստերը և մենք կատարելապես գծի վրա ենք, ապա մենք տեսնում ենք այն, ինչը կոչվում է Էյնշտեյնի օղակ: Էյնշտեյնի օղակը լույսի կատարյալ շրջան է: Սա հենց այն է, ինչ տեսել եք, երբ ձեր նկարած կետը տեղակայել եք գինու բաժակի հիմքի տակ՝ կենտրոնում: Բայց երբ ոսպնյակը կամ ապակե հիմքը տեղաշարժում եք կենտրոնից կողք, օղակը բաժանվում է աղեղների:



Նկար 11. Հեռավոր գալակտիկայի գրավիտացիոն ոսպնյակները մոտակա գալակտիկական կլաստերի պատճառով: Արվեստ Միքայիլա Կաուլինանայի կողմից: Virtual Image of galaxy-Գալակտիկայի թվացյալ պատկեր, Distant galaxy-Հեռավոր գալակտիկա, Cluster of galaxies-Գալակտիկաների կույտ, Dark Matter-Մութ նյութ, Milky Way-Շիր Կաթին, Earth-Երկիր



Նկար 12. Գրավիտացիոն ոսպնյակի ազդեցություն: Պատկերը՝ NASA-ից: Stu gif-ը այս [հղման](#) միջոցով:

Աշակերտ 4 :

Եվ այս աղեղները մեզ հուշո՞ւմ են, թե որտեղ է մութ նյութը:

Ուսուցիչ :

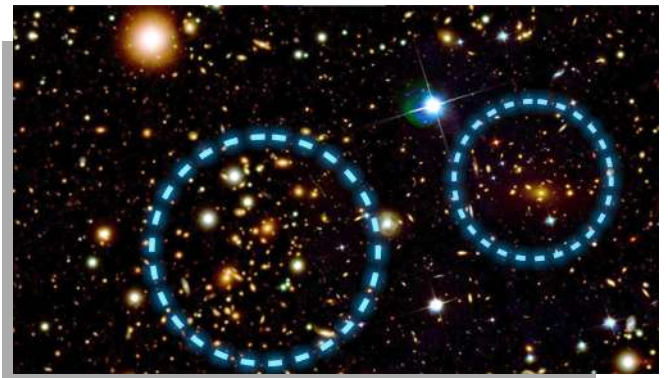
Ճիշտ է: Վերլուծելով աղեղները՝ մենք կարող ենք քարտեզագրել մութ նյութը կլաստերի մեջ, թեև ուղղակիորեն չենք կարող տեսնել այն: Սա այն է, ինչ անում են աստղագետները տիեզերքում իրական գալակտիկաների և կլաստերների հետ: Նրանք օգտագործում են աղավաղումները մութ նյութը «տեսնելու» համար:

Աշակերտ 1 :

Դա նման է տիեզերական հետախույզ լինելուն՝ գտնել հետքեր լույսի ներքո:

Ուսուցիչ :

Այո՛, հենց այդպես է: Աստղագետներն ուսումնասիրել են մի անհավանական բան, որը կոչվում է «Փամփուշտ» գալակտիկաների կույտ: Այն գտնվում է մեզանից մոտ 3,5 միլիարդ լուսատարի հեռավորության վրա և բաղկացած է երկու գալակտիկաների կույտերից, որոնք բախվում են: Երբ գալակտիկաները բախվում են, նրանք հակված են ուրվականների պես անցնելու միմյանց միջով: Բայց գալակտիկաների կույտերում, գալակտիկաների միջև հսկայական քանակությամբ գազ կա, այնպես որ երկու կույտերի գազը իսկապես բախվում է միմյանց և անհավատալիորեն տաքանում: Այնքան տաք, որ փաստորեն գազը ռենտգենյան ճառագայթներ է արձակում:



Նկար 13. «Փամփուշտ» գալակտիկաների կույտ, տեղանք, որտեղ երկու գալակտիկաների կուտակումներ բախվել են: Պատկերը՝ Veritasium-ից:

Աշակերտ 4 :

Հետևաբար եթե նրանք ռենտգենյան ճառագայթներ են արձակում, նշանակում է, որ մենք իրականում կարող ենք տեսնել դրանք:

Ուսուցիչ :

Ճիշտ է, և նրանք օգտագործում են Չանդրայի նման աստղադիտարաններ, որոնք հայտնաբերում են ռենտգենյան ճառագայթները՝ տեսնելու տաք գազը: «Փամփուշտ» գալակտիկաների կույտում գազը գտել են հենց այնտեղ, որտեղ դուք կկանխատեսեիք, այսինքն՝ բախվող գալակտիկաների միջև:

Աշակերտ 3 :

Ի՞նչ գիտելիք կտա այն մեզ մութ նյութի մասին:

Ուսուցիչ :

Օգտագործելով գրավիտացիոն ուսանյակներ՝ աստղագետները կարող են ճշգրիտ որոշել, թե իրականում որտեղ է գտնվում զանգվածը: Պարզվեց, որ այն գազի հետ կենտրոնում չէ. ավելի շուտ այն փռված է կողային հատվածներում:

Աշակերտ 2 :

Այսպիսով, մութ նյութը գազի պես չի դանդաղում, քանի որ այն չի փոխազդում դրա հետ, այնպես չէ՞:

Ուսուցիչ :

Ճիշտ է: Մութ նյութը չի փոխազդում գազի կամ ինքն իր հետ, ուստի այն պարզապես շարունակում է շարժվել, իսկ սա նշանակում է, որ ավելի շատ ձգողականություն կա այնտեղ, որտեղ ավելի քիչ տեսանելի նյութ կա: Եվ դա ենթադրում է, որ զանգվածի մեծ մասը, որն առաջացնում է ոսպնյակներ, մութ նյութն է:

Աշակերտ 1 :

Դա անհավանական է: Այսպիսով, մենք կարող ենք «տեսնել» մութ նյութը այն բանով, թե ինչպես է ձգողականությունը ազդում դրա շուրջ լույսի վրա:

Ուսուցիչ :

Ճիշտ է: Այն նման է մութ նյութի ստվերին տիեզերքում, որն անտեսանելի է, բայց նկատելի է իր գրավիտացիայի ազդեցությամբ լույսի վրա: Մութ նյութի գոյության մասին «Փամփուշտ» գալակտիկաների կույտի այս դիտարկումը լավագույն ապացույցներից մեկն է, որ մենք ունենք:

Աշակերտ 4 :

Թեև մենք տեսել ենք մութ նյութի ազդեցությունը գրավիտացիոն ոսպնյակների միջոցով, ես դեռ մտածում եմ, թե ինչի՞ց կարող է այն կազմված լինել:

Ուսուցիչ :

Մութ նյութի էության մասին տեսությունները տարբեր են: Մութ նյութը կարող է բաղկացած լինել փոքր մասնիկներից, որոնք ավելի փոքր են, քան այն ամենը, որոնց մասին մենք գիտենք, կամ այն կարող է լինել հարյուր արևի զանգված ունեցող խոշոր մարմին:

Աշակերտ 2 :

Ինչպե՞ս են գիտնականներն այդքան անորսալի մի բան փնտրում:

Ուսուցիչ :

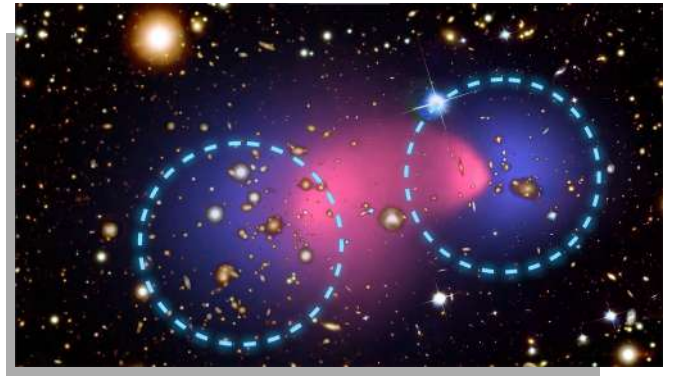
Նրանք ստեղծագործում են: Մեթոդներից մեկը ներառում է խորը ստորգետնյա դետեկտորներ հանքերում, որտեղ նրանք հույս ունեն որսալու մութ նյութի մասնիկը, որը հետք է թողնում, երբ այն բախվում է խիտ նյութին: Այս մասնիկները կոչվում են թույլ փոխազդող զանգվածային մասնիկներ (WIMP):

Աշակերտ 3 :

Ի՞նչ կասեք մութ նյութի էության պատասխանը տիեզերքում փնտրելու մասին:

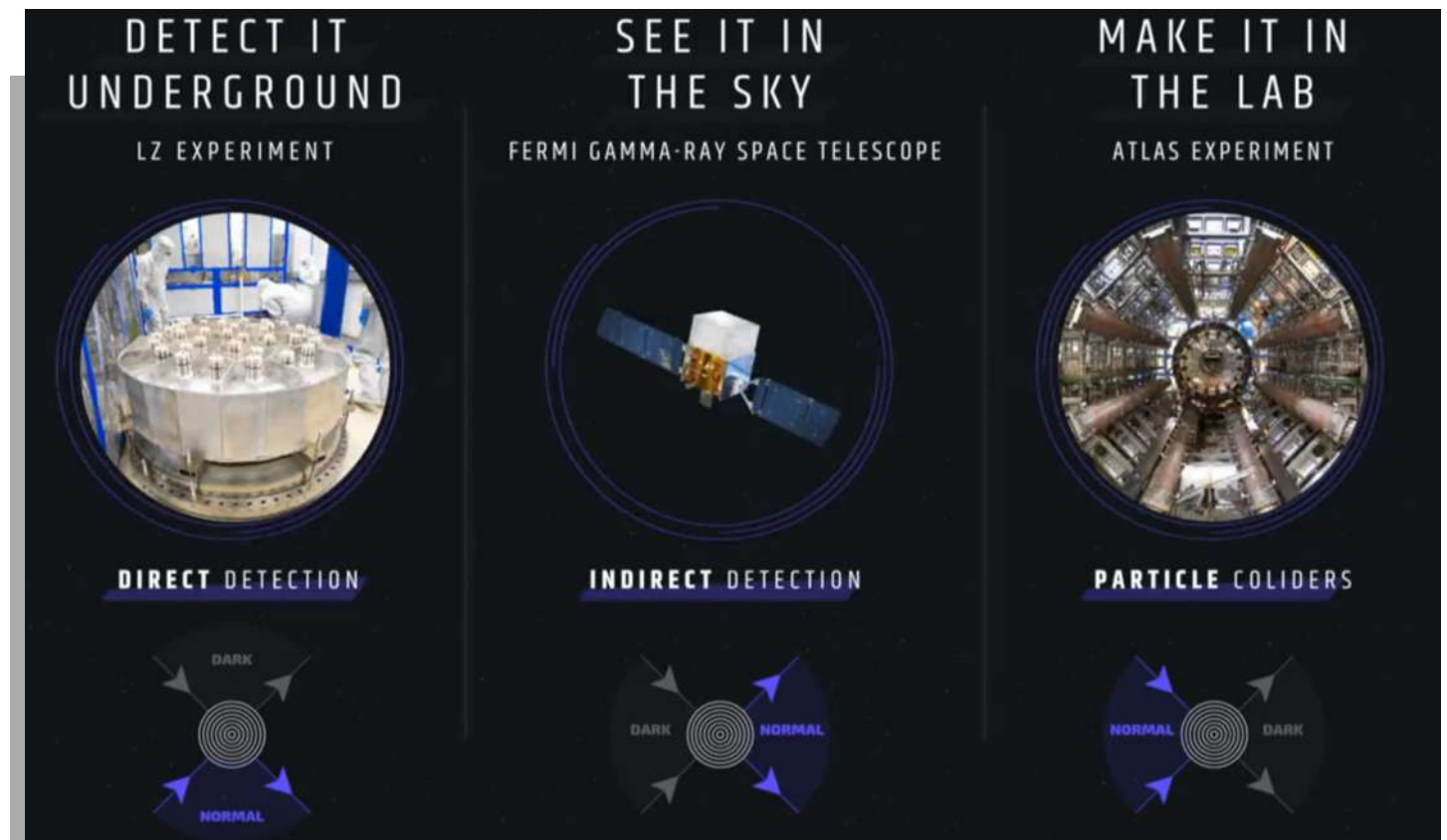
Ուսուցիչ :

Լավ դիտարկում է: Աստղագետները նաև երկնքում որոնում են մութ նյութի մասնիկների բախման և բարձր էներգիայի լույսի արձակման նշաններ, որոնք կարող են հայտնաբերել



Նկար 14. Երբ գալակտիկաների կույտերը բախվեցին, ամբողջ գազը մնաց մեջտեղում, բայց մութ նյութը անմիջապես անցավ միջով՝ ստեղծելով առավել գրավիտացիոն ոսպնյակներ: Պատկերը՝ Veritasium-ից:

հատուկ գամմա-ճառագայթների աստղադիտակները: Մութ մատերիայի մեկ այլ թեկնածու կարող են լինել զանգվածային աստղաֆիզիկական կոմպակտ հալո օբյեկտները (MACHO), ինչպիսիք են սև խոռոչները և նեյտրոնային աստղերը, որոնք ճառագայթում են քիչ կամ ընդհանրապես չեն ճառագայթում:



Նկար 15. Մութ նյութի որոնում: Պատկերը՝ Ռիսա Վեբսերին: DETECT IT UNDERGROUND- Հայտնաբերեք այն ստորգետնյա տարածքում, LZ EXPERIMENT-LZ գիտափորձ, DIRECT DETECTION-Ուղիղ գրանցում, SEE IT IN THE SYKY-Տեսեք այն երկնքում, FERMI GAMMA-RAY SPACE TELESCOPE-Ֆերմիի գամմա-ճառագայթային տիեզերական աստղադիտակ, INDIRECT DETECTION-Անուղղակի գրանցում, MAKE IT IN THE LAB-Ստեղծեք այն լաբորատորիայում, ATLAS EXPERIMENT-Ատլաս գիտափորձ, PARTICLE COLLIDERS-Մասնիկների կոլայդերներ

Աշակերտ 4 :

Կարո՞ղ ենք մութ նյութ ստեղծել այստեղ՝ Երկրի վրա:

Ուսուցիչ :

Դա գիտության մեկ այլ սահմանագիծ է: Օգտագործելով մասնիկների արագացուցիչներ, ինչպիսին է Large Hadron Collider-ը, գիտնականները փորձում են ստեղծել մութ նյութ՝ մասնիկներն իրար բախելով և հետևանքները դիտարկելով:

Աշակերտ 1 :

Դեռ չե՞ն գտել:

Ուսուցիչ :

Ոչ այնքան: Մինչ այժմ այս փորձերը մեզ չատ բան են ասել այն մասին, թե մութ նյութն ինչ չէ: Սակայն առեղծվածը, թե դա ինչ է, մնում է չբացահայտված: Մութ նյութի որոնումն ավելին է, քան պարզապես մեկ այլ տիեզերական բաղադրիչի որս. դա ճանապարհորդություն է, որը կարող է վերասահմանել ֆիզիկայի մեր պատկերացումները և մեր տեղը տիեզերքում: Սա հուզիչ, բաց որոնում է, որը շարունակում է գրավել գիտնականներին և աստղադիտողներին: Նրանց համար, ովքեր ցանկանում են ավելի խորությամբ ուսումնասիրել այս մեծ թեման, Տիեզերական գրադարանի բաժինը առաջարկում է ուսումնասիրության սպասող գիտելիքների գանձարան:



Տիեզերական գրադարան



Տեսանյութեր :

Shedding light on dark matter

The Absurd Search For Dark Matter

What Is Dark Matter? An Astrophysicist Explains

Dark Matter: Crash Course Astronomy

A Beginner's Guide to Dark Matter

Dark matter: The matter we can't see - James Gillies

Is Dark Matter Made of Particles?

The search for dark matter -- and what we've found so far

Neil deGrasse Tyson: What is Dark Matter?

The Dark Side Of The Universe – Brian Green



Ինտերակտիվ եվ ինֆոգրաֆիկա :

Gravitational Lensing by a Point Mass

How Do We See Dark Matter?

Dark matter infographic

PhD comic about dark matter

Jelly Bean Universe (Dark Matter)



Կայքեր եվ հոդվածներ :

Dark Matter: Exploring the Origin of the Universe

Science Made Simple: What Is Dark Matter?

Dark Matter: NASA

What is dark matter?: Space.com

Dark matter - CERN

Annenberg Learner's Physics for the 21st Century: Dark Matter

How Gravity Warps Light



Վավերագրական ֆիլմեր :

Mysteries of Dark Matter | Space Documentary

THE DARK SIDE - Black Holes And Invisible Matter | SPACETIME - SCIENCE SHOW

Where Did Dark Matter And Dark Energy Come From?

BBC - Horizon - 2006 - Most of our universe is missing (Dark matter)

Dark side of the Universe – Discovery Channel



Վիկտորինա :

The Age of the Universe

Hubble- Lemaître law

Hubble's Law & Hubble's Constant



Բառարան

Բարիոնային նյութ: Սովորական նյութ՝ աստղերը, մոլորակները և տիեզերքի բոլոր տեսանելի առարկաները: Սա տիեզերքի ընդհանուր զանգվածի և էներգիայի մոտ 5%-ն է:

Մեծ պայթյուն: Տեսություն, որը նկարագրում է տիեզերքի սկիզբը՝ որպես եզակի, չափազանց տաք և խիտ կետ, որն այդ ժամանակից ընդլայնվել է՝ ձևավորելով մեզ հայտնի տիեզերքը:

«Փամփուշտ» գալակտիկաների կույտ: Զույգ գալակտիկաների կուտակումներ, որոնց բախումը և դրա հետևանքով առաջացած գրավիտացիոն ազդեցությունները զգալի ապացույցներ են տալիս մութ նյութի գոյության մասին:

Կոմա կլաստեր: Գալակտիկաների մեծ կուտակում, որի ուսումնասիրությունը ֆրից Ցվիկիի կողմից հանգեցրեց մութ նյութի վաղ վարկածին՝ դրա ներսում գտնվող գալակտիկաների բարձր արագությունների պատճառով:

Տիեզերական միկրոալիքային ֆոն (CMB): Տիեզերքի վաղ փուլերից մնացած ճառագայթումը, որը վկայում է դրա ծագման և կազմի մասին:

Մութ էներգիա: էներգիայի խորհրդավոր ձև, որը կազմում է տիեզերքի մոտ 70%-ը և պատասխանատու է դրա արագացված ընդարձակման համար:

Մութ նյութ: Նյութի ձև, որը լույս չի արձակում կամ կլանում և կազմում է տիեզերքի մոտ 25%-ը և գրավիտացիոն ազդեցություն է գործում տեսանելի նյութի վրա:

Էյնշտեյնի օղակ: Գրավիտացիոն ոսպնյակի երևույթ, որը ստեղծում է հեռավոր առարկայից լույսի շրջանաձև օղակ, որն առաջանում է զանգվածային օբյեկտի ձգողության հետևանքով լույսի ձկնման հետևանքով:

Գալակտիկական պտույտի կոր: Գալակտիկայում աստղերի ուղեծրային արագությունների գալակտիկայի կենտրոնից նրանց շառավղային հեռավորության կախվածության գրաֆիկը: Այն նպաստեց մութ նյութի հայտնաբերմանը անսպասելի հարթ կորերի պատճառով:

Գրավիտացիոն ոսպնյակներ: Հեռավոր օբյեկտներից եկող լույսի ձկունը զանգվածային օբյեկտների, օրինակ՝ գալակտիկաների կլաստերների, գրավիտացիայի հետևանքով: Օգտագործվում են մութ նյութը հայտնաբերելու և քարտեզագրելու համար:

Կեպլերի օրենքներ: Արեգակի շուրջ մոլորակների շարժումը նկարագրող օրենքներ, որոնք ազդում են գալակտիկական պտույտի ուսումնասիրության և մութ նյութի հայտնաբերման վրա:

MACHO (Չանգվածային աստղաֆիզիկական կոմպակտ հալո օբյեկտ): Մութ նյութի առաջարկվող ձև, որը բաղկացած է այնպիսի զանգվածային օբյեկտներից, ինչպիսիք են սև խոռոչները կամ նեյտրոնային աստղերը, որոնք ճառագայթում են քիչ կամ ընդհանրապես չեն ճառագայթում:

Քվանտային մեխանիկա: Ֆիզիկայի հիմնարար տեսություն, որը նկարագրում է նյութի և էներգիայի վարքը ատոմային և ենթատոմային մակարդակներում:

Քվարկներ: Հիմնական մասնիկներ, որոնք պրոտոնների և նեյտրոնների բաղկացուցիչ մասնիկներ են և դերակատարում ունեն վաղ տիեզերքի ձևավորման մեջ:

Տարածաժամանակ: Տարածության և ժամանակի անընդհատ քառաչափ շարունակականությունը, որտեղ գոյություն ունեն տիեզերքի բոլոր առարկաները, ինչպես նկարագրված է Էյնշտեյնի հարաբերականության տեսության մեջ:

Սպեկտրային գծեր: Ատոմի կամ մոլեկուլի կողմից արտանետված կամ կլանված էլեկտրամագնիսական ճառագայթման հատուկ ալիքի երկարություններ, որոնք գործածվում են աստղաֆիզիկական դիտումներում:

WIMP (Թույլ փոխազդող զանգվածային մասնիկ): Հիպոթետիկ մասնիկ, որը մութ նյութի թեկնածու է և փոխազդում է միայն ձգողականության և թույլ միջուկային ուժի միջոցով:

This article/publication is based upon work from COST Action CA21136 – “Addressing observational tensions in cosmology with systematics and fundamental physics (CosmoVerse)”, supported by COST (European Cooperation in Science and Technology)

COST (European Cooperation in Science and Technology) is a funding agency for research and innovation networks. Our Actions help connect research initiatives across Europe and enable scientists to grow their ideas by sharing them with their peers. This boosts their research, career and innovation.

www.cost.eu

